

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-03 PONTE SUL FIUME ASA  
RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

SCALA:

-

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

NN1X 00 D 09 CL VI0304 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	A. Polastri	Sett. 2020	S. Di Spigno	Sett. 2020	M. D'Avigo	Sett. 2020	A. Vittozzi Sett. 2020

ITALFERR S.p.A.  
U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti  
Dott. Ing. Saverio Vittozzi  
Codice degli Ingegneri della Provincia di Roma  
N° A20788

File: NN1X00D09CLVI0304001A.doc

n. Elab.:

## INDICE

1	GENERALITÀ.....	4
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>Sovrappinta 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	<i>Verifica a fessurazione .....</i>	22
3.2.2	<i>Verifica per le tensioni in esercizio .....</i>	23
4	CALCOLO SPALLA A .....	24
4.1.1	<i>Spinte sulla spalla in condizioni statiche.....</i>	34
4.1.2	<i>Azioni in condizione statiche trasmesse dall'impalcato .....</i>	34
4.1.3	<i>Spinte sulla spalla in condizioni sismiche:.....</i>	35
4.1.4	<i>Azioni in condizione sismiche trasmesse dall'impalcato.....</i>	35
4.2	COMBINAZIONI .....	36
4.3	SOLLECITAZIONI.....	40
4.3.1	<i>Sollecitazioni base plinto.....</i>	40
4.3.2	<i>Sollecitazioni in testa palo.....</i>	42
4.3.3	<i>Sollecitazioni muro frontale .....</i>	47
4.3.4	<i>Sollecitazioni paraghiaia.....</i>	49
4.3.5	<i>Sollecitazioni muro di risvolto.....</i>	52
4.4	VERIFICHE.....	54
4.4.1	<i>Verifiche palo di fondazione.....</i>	54
4.4.2	<i>Verifiche plinto di fondazione.....</i>	62
4.4.3	<i>Verifiche muro frontale .....</i>	66
4.4.4	<i>Verifiche paraghiaia.....</i>	71
4.4.5	<i>Verifiche muro di risvolto.....</i>	76
5	INCIDENZE.....	80
6	APPENDICE .....	81
6.1	VALIDAZIONE DEL MODELLO.....	81

## 1 GENERALITÀ

Oggetto del presente documento sono i calcoli relativi alla spalla A del Ponte sul fiume Asa al km. 6+860.27, 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 VI03.

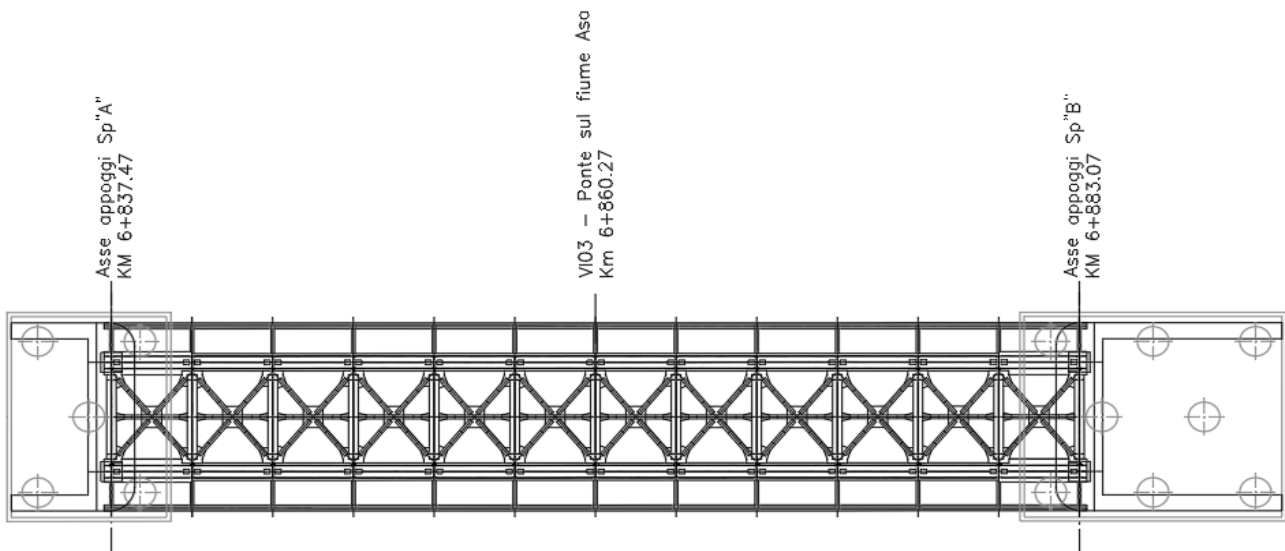


Figura 1: Pianta Impalcato – ubicazione opera d'arte

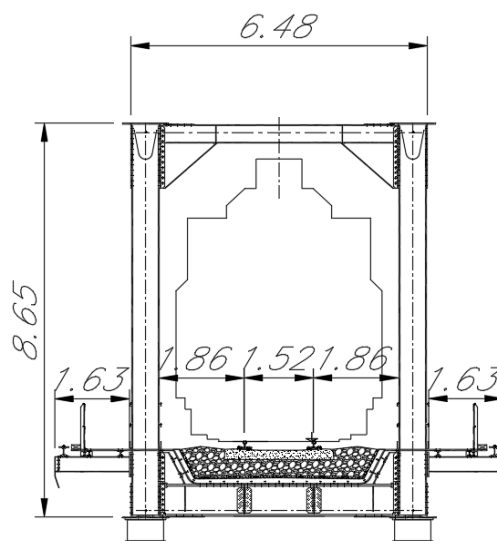
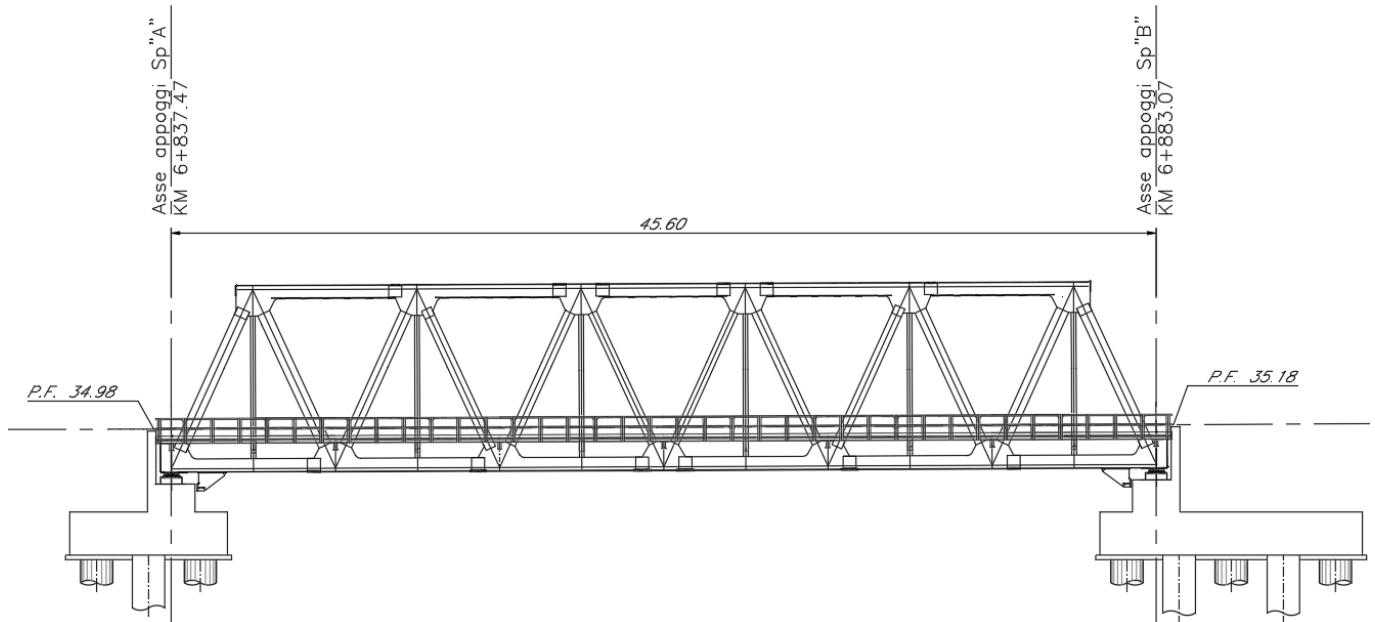


Figura 2: Sezione trasversale impalcato



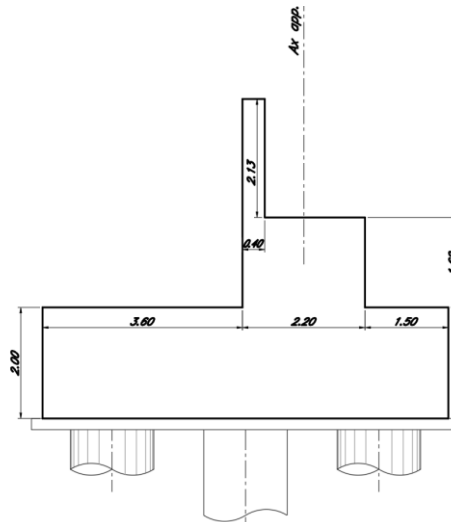
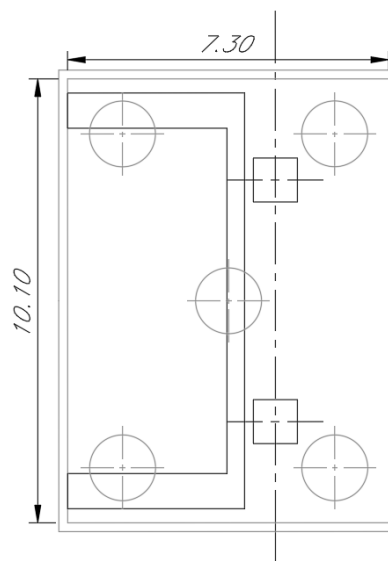
**Figura 3: Prospetto longitudinale impalcato**

Il viadotto è composto da un'unica travata in carpenteria metallica a singolo binario semplicemente appoggiata con luce teorica pari a 45.60m e armamento su ballast come riportato in Figura 2 e in Figura 3.

La spalla A alloggia n°2 appoggi e poggia su 5 pali di diametro Ø 1500.

L'altezza del paramento a tergo del terreno è di circa 1.63 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 2.13 m.

La sezione più significativa e la pianta della spalla in esame sono riportate rispettivamente in Figura 4 e Figura 5; per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici.


**Figura 4: Spalla A – sezione**

**Figura 5: Spalla A – 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					
	<b>COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO</b> <b>TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO</b>					
SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 001	A	7 di 82

## 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 –NN1X00D09RBVI0303001A
- Rif. [2] Relazione di calcolo travata metallica – NN1X00D09CLVI0309001A

### 1.3 Materiali

#### 1.3.1 Calcestruzzo per fondazioni e pali

Per le strutture in fondazione si adotta un calcestruzzo le seguenti caratteristiche riportate in Tabella 1:

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

**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 in Tabella 2:

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

**Tabella 2: Caratteristiche calcestruzzo strutture in elevazione**



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

**COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO**

**TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO**

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 001	A	10 di 82

### 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)

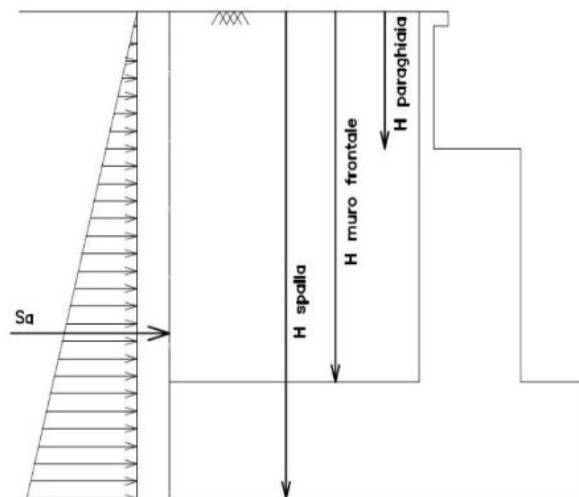
I pesi degli elementi strutturali sono dedotti utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a  $25 \text{ kN/m}^3$ , e a tergo della spalla, applicato sulla zattera posteriore, viene considerato un carico pari al peso del rinterro calcolato con un peso di volume pari a  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$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

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  $\gamma$ , 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), come riportato in Figura 6.



**Figura 6: Spinta in quiete del terreno**

## 2.2 Permanenti Portati (G2)

In Tabella 3 si riporta un quadro riassuntivo dei carichi permanenti portati presenti sull'impalcato:

### Analisi sovraccarichi permanenti portati

Voce	Area	Lungh	Volume	Peso	Peso	Peso	Elemento
-	m <sup>2</sup>	m	m <sup>3</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN/m	-
Veletta	0.10				25	2.50	Briglia
Barriere Fono assorbenti		4.00		4		16.00	Briglia
Marcia piede		1.00			5	5.00	Briglia
Ballast+Arm+Imp		0.80			18	14.40	Piastra

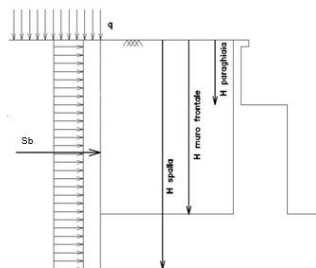
**Tabella 3 – Carichi permanenti portati**

Totale carichi permanenti portati  $\approx$  **110 kN/m**

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  $H/2$ , come riportato in Figura 7.



**Figura 7: 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 (Permanenti 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 A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 001	A	13 di 82

### 2.3 Azioni Termiche – (Temp SLU)

Si considera una variazione termica uniforme volumetrica per l’impalcato in acciaio pari a  $\pm 20^{\circ}\text{C}$ . In aggiunta alla variazione termica uniforme è stato considerato un gradiente termico pari a  $5^{\circ}\text{C}$  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  $2.5 \text{ kN/mq}$  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  $\alpha$ , che per i ponti di categoria “A” come in questo caso, valgono:

	LM71	SW0	SW2
$\alpha$	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 <sup>(2)</sup>
		caso a <sup>(1)</sup>	caso b <sup>(1)</sup>	
1	Primo	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> +SW/0 <sup>0</sup> )	-	1,0 SW/2
	Primo	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> +SW/0 <sup>0</sup> )	-	1,0 SW/2
2	secondo	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> +SW/0 <sup>0</sup> )	-	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> +SW/0 <sup>0</sup> )
	Primo	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> +SW/0 <sup>0</sup> )	0,75 (LM 71 <sup>++</sup> +SW/0 <sup>0</sup> )	1,0 SW/2
≥ 3	secondo	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> +SW/0 <sup>0</sup> )	0,75 (LM 71 <sup>++</sup> +SW/0 <sup>0</sup> )	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> +SW/0 <sup>0</sup> )
	Altri	-	0,75 (LM 71 <sup>++</sup> +SW/0 <sup>0</sup> )	-

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

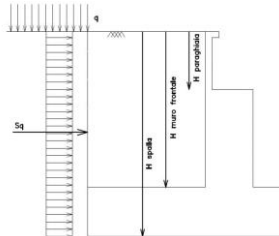
<sup>(2)</sup> Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

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  $Sq = q H k_0$ , tale spinta è applicata ad una altezza pari a  $H/2$ , come riportato in Figura 8.



**Figura 8: Spinta statica sovraccarico accidentale**

## 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					
	<b>COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO</b> <b>TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO</b>					
SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 001	A	16 di 82

## 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  $C_u$ :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

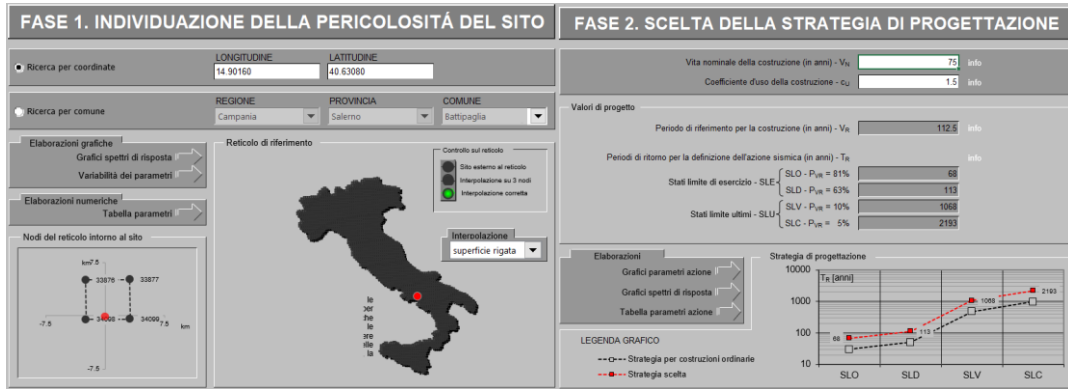
Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a  $V_R = 75 \times 1.5 = 112.5$  anni

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 4:

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	68	0.052	2.452	0.344
SLD	113	0.063	2.522	0.371
SLV	1068	0.131	2.705	0.479
SLC	2193	0.158	2.785	0.520

**Tabella 4: 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 5 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):

**Punti dello spettro di risposta**

T [s]	Se [g]
0.000	0.194
0.214	0.526
0.641	0.526
0.712	0.474
0.782	0.431
0.853	0.396
0.924	0.365
0.994	0.339
1.065	0.317
1.135	0.297
1.206	0.280
1.276	0.264
1.347	0.251
1.417	0.238
1.488	0.227
1.558	0.217
1.629	0.207
1.700	0.199
1.770	0.191
1.841	0.183
1.911	0.177
1.982	0.170
2.052	0.164
2.123	0.159
2.212	0.146
2.302	0.135
2.391	0.125
2.480	0.116
2.570	0.108
2.659	0.101

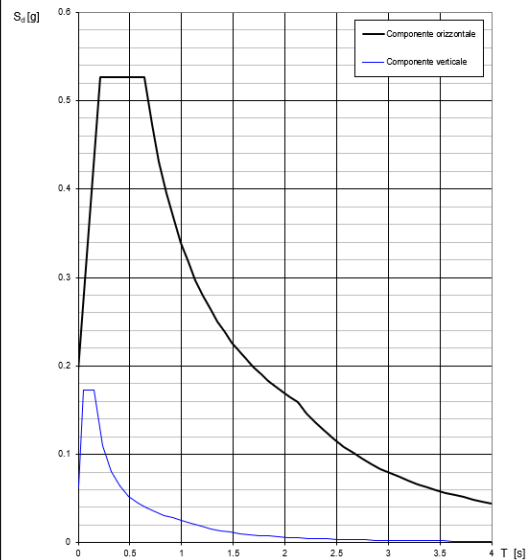
**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_0$	0.131 g
$F_0$	2.705
$T_C$	0.479 s
$S_S$	1.488
$C_C$	1.339
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.488
$\eta$	1.000
$T_B$	0.214 s
$T_C$	0.641 s
$T_D$	2.123 s

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







**Tabella 5: 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 Tabella 6 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

**Tabella 6 – Entità degli spostamenti – Mobilitazione spinta attiva**

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:

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

$\phi$  = angolo di attrito interno del terreno

$\alpha$  = inclinazione del paramento di monte rispetto alla verticale

$\beta$  = inclinazione del pendio di monte rispetto al piano orizzontale

$\delta$  = 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  $\theta$  = 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 2.4cm (come desumibile dalla Relazione Geotecnica Rif. [1] alla quale si rimanda per maggiori dettagli) e quindi superiori al limite di cui alla relazione  $v/h = 2.4/575 \cdot 100 = 0.41\% > 0.05\%$ , 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 A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 001	A	21 di 82

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:

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

	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO					
	<b>COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO</b> <b>TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO</b>					
SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NN1X	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 03 04 001	REV. A	FOGLIO 22 di 82

### 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 A

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 al 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 7 si riportano le caratteristiche dei materiali e le geometrie degli elementi raffigurati in Figura 9:

CLS			TERRENO	
g [m/sec <sup>2</sup> ]	γ [KN/m <sup>3</sup> ]	m[KNm/m <sup>3</sup> ]	γ [KN/m <sup>3</sup> ]	m[KNm/m <sup>3</sup> ]
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 <sup>3</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	P [KN]	m [t]
7.30	2.00	10.10	0.00	3.60	1.50	3.650	0.00	1.00	0.00	147.46	3,687	376

MURO FRONTALE												
li [m]	h [m]	ls [m]	t [m]	e [m]	et [m]	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m <sup>3</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	P [KN]	m [t]
2.20	1.62	2.20	9.70	1.00	0.00	2.600	0.00	2.81	0.00	34.57	864	88

PARAGHIAIA												
l [m]	h [m]	hi [m]	t [m]	el [m]	et [m]	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m <sup>3</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	P [KN]	m [t]
0.40	2.14	0.00	9.70	0.00	0.00	3.50	0.00	4.69	0.00	8.30	208	21

MURO D'ALA												
l [m]	h [m]	t [m]	el [m]	n	pos	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m <sup>3</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	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 <sup>3</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	P [KN]	m [t]
3.60	3.76	3.60	8.50	0.00	sym	5.50	0.00	3.75	0.00	115.06	2,186	223

MURI LATERALI DI RISVOLTO													
li [m]	h [m]	ls [m]	t [m]	et [m]	n°	pos	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m <sup>3</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	P [KN]	m [t]
3.60	3.760	3.600	0.800	0.00	2	sym	5.50	0.00	3.75	0.00	21.66	541	55

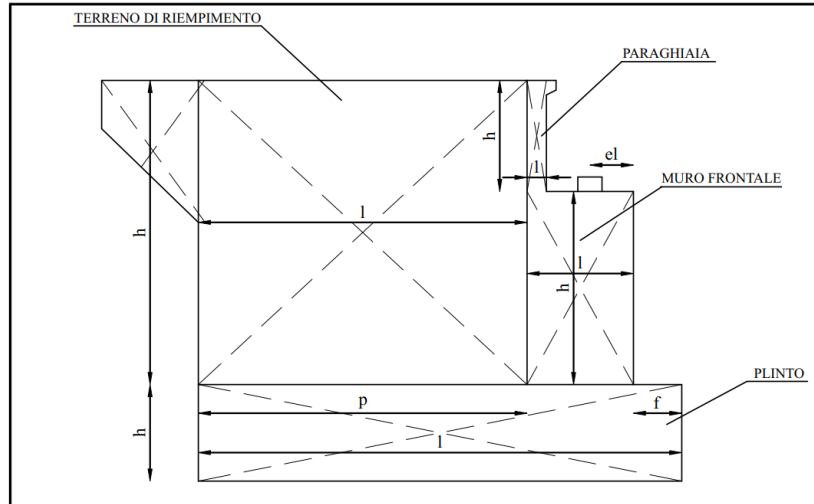
BANDIERA														
l [m]	ht [m]	hi [m]	t [m]	eh [m]	et [m]	n°	pos	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m <sup>3</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	P [KN]	m [t]
0.00	0.900	0.000	0.00	0.00	0.00	2	sym	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0

TERRENO DI RICOPRIMENTO												
l [m]	h [m]	t [m]	bl [m]	bh [m]	ΔV [m <sup>3</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	P [KN]	m [t]				
1.50	0.80	10.10	0.75	2.40	0.00	12.12	230	23				

Tabella 7: Geometria Sezione




**Figura 9: Sezione tipo spalla**

In Tabella 8 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									
$\gamma$ [KN/m <sup>3</sup> ]	$m$ [KNm/m <sup>3</sup> ]	$\gamma$ [KN/m <sup>3</sup> ]	$m$ [KNm/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	$\lambda_0$	$\lambda_a$	$f$	$\delta$ [°]	$K$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [rad]	$\delta$ [rad]
25	2.55	19	1.94	35	0.426	0.27	0.5	0	30000	0.61	0

SISMA					
$g$ [m/sec <sup>2</sup> ]	$a_{g0}$ [g]	$\sigma_H$ [g]	$\sigma_V$ [g]	$a_H$ [m/sec <sup>2</sup> ]	$a_V$ [m/sec <sup>2</sup> ]
9.81	0.13	0.19	0.06	1.88	0.63

SOVRACCARICO PERMANENTE - BALLAST				SOVRACCARICO ACCIDENTALE - TRAFFICO				
$B(q)$ [m]	$q$ [KN/m <sup>2</sup> ]	$b_i$ [m]	$F_v$ [kN]	$B(q)$ [m]	$q$ [KN/m <sup>2</sup> ]	$F_q$ [kN]	$L(fr)$ [m]	$\lambda(fr)$ [kN/m]
3	14	5.5	155.52	3	57.3	619	9.9766	35

**Tabella 8: Parametri dei materiali e calcolo sovraccarichi**

In Tabella 9 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 sovrappinta in condizioni sismiche, agente lungo le direzioni principali degli elementi costituenti la spalla.

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 001	A	26 di 82

**Direzione Longitudinale**

H [m]	H1 [m]	Hma [m]	t [m]	tma [m]
5.76	3.76	0	9.7	0

	SPINTA RIPOSO				
	$\lambda_0$	$F_{0h}$ [kN]	$F_{0v}$ [kN]	$F_0$ [kN]	bh [m]
TERRENO	0.4	1304	0	1304	1.92
PERM	0.4	106	0	106	2.88
ACC	0.4	422	0	422	2.88

	SPINTA ATTIVA					SOVRASPINTA SISMICA GLOBALE - dir longitudinale					
	$\lambda_a$	$F_{ah}$ [kN]	$F_a$ [kN]	bh [m]	verso il basso SV(+)			verso l'alto SV(-)			
					$\lambda_s$	F [kN]	$\Delta F$ [kN]	$\lambda_s$	F [kN]	$\Delta F$ [kN]	
TERRENO	0.27	828.50	828.50	1.92	0.444	1357	528	0.341	1043	215	
PERM	0.27	67.43	67.43	2.88	0.444	110	43	0.341	85	17	
ACC	0.27	268.28	268.28	2.88	0.444	439	171	0.341	338	70	

**Direzione Trasversale**

	n°	pos	segno	H [m]	I [m]	SPINTA RIPOSO				
						$\lambda_0$	$F_{0h}$ [kN]	$F_{0v}$ [kN]	$F_0$ [kN]	bh [m]
risvolti	2	sym	0	3.76	3.6	0.426	0	0	0	3.25
bandiere	2	sym	0	0.45	0	0.426	0	0	0	5.46
risvolti_sovr.						0.426	0	0	0	3.88
bandiere_sovr.						0.426	0	0	0	5.535

	SPINTA ATTIVA					SOVRASPINTA SISMICA GLOBALE - dir trasversale					
	$\lambda_a$	$F_{ah}$ [kN]	$F_a$ [kN]	bh [m]	verso il basso SV(+)			verso l'alto SV(-)			
					$\lambda_s$	F [kN]	$\Delta F$ [kN]	$\lambda_s$	F [kN]	$\Delta F$ [kN]	
risvolti	0.271	0	0	3.25	0.444	0	0	0.341	0	0	
bandiere	0.271	0	0	5.46	0.444	0	0	0.341	0	0	
risvolti_sovr.	0.271	0	0	3.88	0.444	0	0	0.341	0	0	
bandiere_sovr.	0.271	0	0	5.535	0.444	0	0	0.341	0	0	

**Tabella 9: Parametri caratteristici delle azioni**

Il calcolo dei coefficienti di spinta, in condizioni attive/passive di rottura, viene riportato all'interno della Tabella 10:

**Spinta sismica del terreno - NTC 2018**

Terreno tipo	C		
Categoria topografica	1.00		
$F_0$	2		
accelerazione orizzontale massima al suolo attesa su sito di riferimento rigido	$a_g$ 0.13	g	
	$S_S$ 1.500		
	$S_T$ 1		
	$S$ 1.500		
accelerazione orizzontale massima attesa	$a_{max}=S*a_g$ 0.192		
spostamenti del muro ammessi	no		
	$\beta_m$ 1.00		
coefficiente sismico orizzontale	$k_h=\beta_m*a_{max}$ 0.192		
coefficiente sismico verticale	$k_v=0.5*k_h$ 0.096		
Verso dell'azione sismica		verso basso	verso l'alto
	(-1/+1) 1.0	1.0	-1.0
	$k_h/(1 \pm k_v)$ 0.212	0.212	0.175
Angolo di attrito del terreno	$\varphi$ 35.0	°	
Coefficiente parziale per l'angolo di attrito	$\gamma_\varphi$ 1.00		
Angolo di attrito di progetto del terreno	$\varphi_d$ 35.0	°	
inclinazione della parete del muro rivolta a monte	$\psi=\alpha$ 90.0	°	
inclinazione della superficie del terrapieno	$\beta$ 0.0	°	
Angolo di attrito tra muro e terreno	$\delta$ 0.0	°	
Angolo di attrito di progetto tra muro e terreno	$\delta_d$ 0.0	°	
	$\theta$ (°) 12.0	9.9	
	$\varphi_d - \theta$ (°) 23.0	25.1	
Coefficiente di spinta attiva	$K_a$ 0.271		
Coefficiente di spinta passiva	$K_p$ 3.690		
Coefficiente di spinta (statico + dinamico), per stati attivi	$K_{AE}$ 0.405	0.378	
Coefficiente di spinta in condizioni sismiche, per stati attivi	$(1 \pm k_v)*K_{AE}$ 0.444	0.341	
Coefficiente di spinta (statico + dinamico), per stati passivi	$K_{PE}$ 3.259	3.338	
Coefficiente di spinta in condizioni sismiche, per stati passivi	$(1 \pm k_v)*K_{PE}$ 3.572	3.018	
<u>Per combinazione GEO</u>			
	$\gamma_\varphi$ 1.25		
	$\varphi_d$ 29.3	°	
	$\varphi_d - \theta$ (°) 17.3	19.3	
Coefficiente di spinta (statico + dinamico), per stati attivi	$K_{AE}$ 0.497	0.465	
Coefficiente di spinta in condizioni sismiche, per stati attivi	$(1 \pm k_v)*K_{AE}$ 0.544	0.420	
Coefficiente di spinta (statico + dinamico), per stati passivi	$K_{PE}$ 2.520	2.594	
Coefficiente di spinta in condizioni sismiche, per stati passivi	$(1 \pm k_v)*K_{PE}$ 2.762	2.345	

**Tabella 10: Coefficienti di spinta**

Si riportano in Tabella 11 gli scarichi non fattorizzati provenienti dall'impalcato, derivanti dal modello SAP2000.

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SA	0	Peso proprio	LinStatic		-1983	0	0	0	0	0
SA	0.1	Peso proprio	LinStatic		-1983	0	0	0	0	0
SA	0	LM71	LinMoving	Max P	0	0	0	0	0	0
SA	0.1	LM71	LinMoving	Max P	0	0	0	0	0	0
SA	0	LM71	LinMoving	Min P	-2741	0	0	0	0	0
SA	0.1	LM71	LinMoving	Min P	-2741	0	0	0	0	0
SA	0	LM71	LinMoving	Max V2	0	0	0	0	0	0
SA	0.1	LM71	LinMoving	Max V2	0	0	0	0	0	0
SA	0	LM71	LinMoving	Min V2	0	0	0	0	0	0
SA	0.1	LM71	LinMoving	Min V2	0	0	0	0	0	0
SA	0	LM71	LinMoving	Max V3	-1337	0	5	0	-717	0
SA	0.1	LM71	LinMoving	Max V3	-1337	0	5	0	-717	0
SA	0	LM71	LinMoving	Min V3	-1082	0	-5	0	800	0
SA	0.1	LM71	LinMoving	Min V3	-1082	0	-5	0	801	0
SA	0	LM71	LinMoving	Max T	0	0	0	0	0	0
SA	0.1	LM71	LinMoving	Max T	0	0	0	0	0	0
SA	0	LM71	LinMoving	Min T	0	0	0	0	0	0
SA	0.1	LM71	LinMoving	Min T	0	0	0	0	0	0
SA	0	LM71	LinMoving	Max M2	-1370	0	-4	0	1015	0
SA	0.1	LM71	LinMoving	Max M2	-1370	0	-4	0	1016	0
SA	0	LM71	LinMoving	Min M2	-1370	0	4	0	-1015	0
SA	0.1	LM71	LinMoving	Min M2	-1370	0	4	0	-1016	0
SA	0	LM71	LinMoving	Max M3	0	0	0	0	0	0
SA	0.1	LM71	LinMoving	Max M3	0	0	0	0	0	0
SA	0	LM71	LinMoving	Min M3	0	0	0	0	0	0
SA	0.1	LM71	LinMoving	Min M3	0	0	0	0	0	0
SA	0	SW2	LinMoving	Max P	0	0	0	0	0	0
SA	0.1	SW2	LinMoving	Max P	0	0	0	0	0	0
SA	0	SW2	LinMoving	Min P	-3208	0	0	0	0	0
SA	0.1	SW2	LinMoving	Min P	-3208	0	0	0	0	0
SA	0	SW2	LinMoving	Max V2	0	0	0	0	0	0

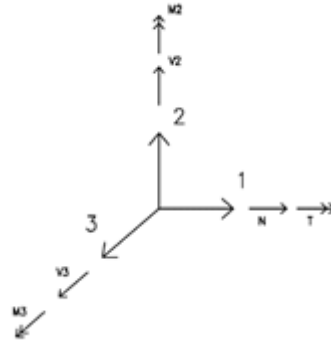
SA	0.1	SW2	LinMoving	Max V2	0	0	0	0	0	0
SA	0	SW2	LinMoving	Min V2	0	0	0	0	0	0
SA	0.1	SW2	LinMoving	Min V2	0	0	0	0	0	0
SA	0	SW2	LinMoving	Max V3	-1579	0	6	0	-984	0
SA	0.1	SW2	LinMoving	Max V3	-1579	0	6	0	-984	0
SA	0	SW2	LinMoving	Min V3	-1338	0	-6	0	989	0
SA	0.1	SW2	LinMoving	Min V3	-1338	0	-6	0	989	0
SA	0	SW2	LinMoving	Max T	0	0	0	0	0	0
SA	0.1	SW2	LinMoving	Max T	0	0	0	0	0	0
SA	0	SW2	LinMoving	Min T	0	0	0	0	0	0
SA	0.1	SW2	LinMoving	Min T	0	0	0	0	0	0
SA	0	SW2	LinMoving	Max M2	-1604	0	-6	0	1179	0
SA	0.1	SW2	LinMoving	Max M2	-1604	0	-6	0	1180	0
SA	0	SW2	LinMoving	Min M2	-1604	0	6	0	-1179	0
SA	0.1	SW2	LinMoving	Min M2	-1604	0	6	0	-1179	0
SA	0	SW2	LinMoving	Max M3	0	0	0	0	0	0
SA	0.1	SW2	LinMoving	Max M3	0	0	0	0	0	0
SA	0	SW2	LinMoving	Min M3	0	0	0	0	0	0
SA	0.1	SW2	LinMoving	Min M3	0	0	0	0	0	0
SA	0	Ex	LinRespSpe	Max	1346	0	24	0	63	0
SA	0.1	Ex	LinRespSpe	Max	1346	0	24	0	62	0
SA	0	Ey	LinRespSpe	Max	9	0	1960	0	5639	0
SA	0.1	Ey	LinRespSpe	Max	9	0	1960	0	5451	0
SA	0	Ez	LinRespSpe	Max	276	0	3	0	9	0
SA	0.1	Ez	LinRespSpe	Max	276	0	3	0	9	0
SA	0	Permanenti p	Combination		-2549	0	0	0	0	0
SA	0.1	Permanenti p	Combination		-2549	0	0	0	0	0
SA	0	Serp_LM71	Combination	Max	0	0	110	0	160	0
SA	0.1	Serp_LM71	Combination	Max	0	0	110	0	150	0
SA	0	Serp_LM71	Combination	Min	0	0	0	0	4	0
SA	0.1	Serp_LM71	Combination	Min	0	0	0	0	4	0
SA	0	Serp_SW2	Combination	Max	0	0	100	0	146	0
SA	0.1	Serp_SW2	Combination	Max	0	0	100	0	136	0

SA	0	Serp_SW2	Combinatio	Min	0	0	0	0	4	0
SA	0.1	Serp_SW2	Combinatio	Min	0	0	0	0	4	0
SA	0	Temp SLU	Combinatio	Max	0	0	0	0	0	0
SA	0.1	Temp SLU	Combinatio	Max	0	0	0	0	0	0
SA	0	Temp SLU	Combinatio	Min	0	0	0	0	0	0
SA	0.1	Temp SLU	Combinatio	Min	0	0	0	0	0	0
SA	0	Wk	Combinatio	Max	0	0	473	0	1958	0
SA	0.1	Wk	Combinatio	Max	0	0	473	0	1911	0
SA	0	Wk	Combinatio	Min	0	0	264	0	1222	0
SA	0.1	Wk	Combinatio	Min	0	0	264	0	1196	0
SA	0	AF-LM71	Combinatio	Max	24	0	0	0	0	0
SA	0.1	AF-LM71	Combinatio	Max	24	0	0	0	0	0
SA	0	AF-LM71	Combinatio	Min	-24	0	0	0	0	0
SA	0.1	AF-LM71	Combinatio	Min	-24	0	0	0	0	0
SA	0	AF-SW2	Combinatio	Max	33	0	0	0	0	0
SA	0.1	AF-SW2	Combinatio	Max	33	0	0	0	0	0
SA	0	AF-SW2	Combinatio	Min	-33	0	0	0	0	0
SA	0.1	AF-SW2	Combinatio	Min	-33	0	0	0	0	0

**Tabella 11 – Sollecitazioni elementari impalcato**

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 12 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:

$F_v$ , forza verticale;

$F_l$ , forza longitudinale;

$F_t$ , forza trasversale;

$b_l$ , braccio delle forze verticali, rispetto al piede anteriore della fondazione;

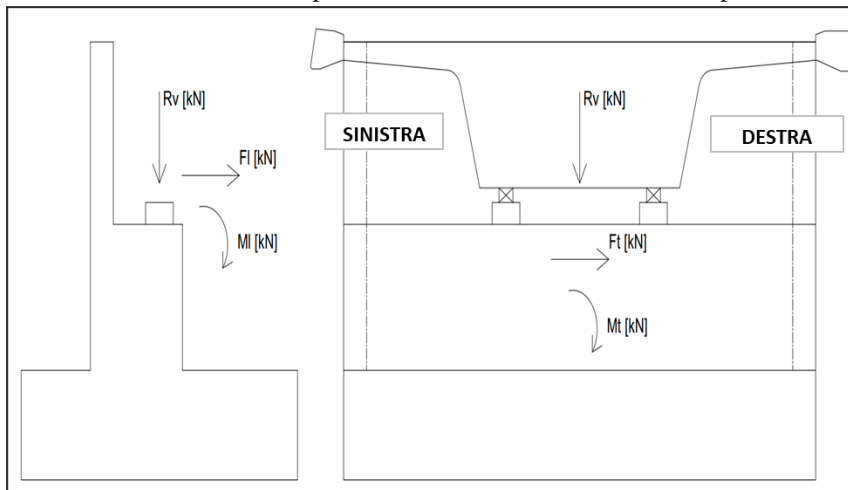
$b_h$ , braccio delle forze orizzontali, rispetto alla quota intradosso fondazione;

$M_{sl}$ , momento stabilizzante, rispetto al piede anteriore della fondazione;

$M_{rl}$ , momento ribaltante, rispetto al piede anteriore della fondazione;

$e_t$ , braccio trasversale delle forze verticali, rispetto al baricentro della fondazione;

$M_t$ , momento trasversale, rispetto al baricentro della fondazione, riportato alla quota intradosso plinto;



**Tabella 12: Calcolo delle spinte del terrapieno**
**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]
<b>PLINTO</b>	3,687			3.65	1.00	13,456			0	0	
<b>MURO FRONTALE</b>	864			2.60	2.81	2,247		0.00	0	907	
<b>PARAGHIAIA</b>	208			3.50	4.69	727		0.00	0	31	
<b>MURO D'ALA</b>	0			0.00	2.00	0		0.00	0	0	
<b>MURI LATERALI DI RISVOLTO</b>	541			5.50	3.75	2,978		0.00	0	-1,002	
<b>BANDIERA</b>	0			0.00	0.00	0		0.00	0	0	
<b>TOTALE</b>	5,300					19,407			0	-63	

**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]
<b>RIEMPIMENTO</b>	2186			5.50	3.75	12,023		0.00	0	-4,044	
<b>RICOPRIMENTO</b>	230			0.75	-2.40	173		0.00		668	
<b>TOTALE</b>	2,416					12,196			0	-3,376	

**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]
<b>SPINTA ATTIVA</b>		829			1.92		1,591			1,591	
<b>SOVRACCARICO PERMANENTE</b>	156	67		5.50	2.88	855.36	194			-94	
<b>FRENATURA</b>		349			2.88		1,006			1,006	
<b>SOVRACCARICO ACC</b>	619	268		5.50	2.88		773			3,031	

**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]
<b>SPINTA RIPOSO</b>	0	1,304		5.50	1.92	0	2,503			2,503	
<b>SOVRACCARICO PERMANENTE</b>	156	106		5.50	2.88	855	306			18	
<b>FRENATURA</b>		349			2.88		1,006			1,006	
<b>SOVRACCARICO ACC</b>	619	422		5.50	2.88		1,216			3,474	



**SISMA LONGITUDINALE SPALLA (+/-)**

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>PLINTO</b>		708			1.00		708		708	
<b>M FRONTALE</b>		166			2.81		466		466	
<b>PARAGHIAIA</b>		40			4.69		187		187	
<b>MURO LATERALE DI CHIUSURA</b>		0			2.00		0		0	
<b>RISVOLTI</b>		104			3.75		390		390	
<b>BANDIERE</b>		0			0.00		0		0	
<b>TOTALE</b>		1,018					1,751		1,751	

**SISMA TRASVERSALE SPALLA (+/-)**

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>PLINTO</b>			708		1.00			708	0	
<b>M FRONTALE</b>			166		2.81			466	0	
<b>PARAGHIAIA</b>			40		4.69			187	0	
<b>MURO LATERALE DI CHIUSURA</b>			0		2.00			0	0	
<b>RISVOLTI</b>			104		3.75			390	0	
<b>BANDIERE</b>			0		0.00			0	0	
<b>TOTALE</b>			1,018					1,751	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]
<b>PLINTO</b>	236			3.65		861			0	
<b>M FRONTALE</b>	55			2.60		144			58	
<b>PARAGHIAIA</b>	13			3.50		46			2	
<b>MURO LATERALE DI CHIUSURA</b>	0			0.00		0			0	
<b>RISVOLTI</b>	35			5.50		191			-64	
<b>BANDIERE</b>	0			0.00		0			0	
<b>TOTALE</b>	339					1,242			-4	

**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]
<b>TERRENO</b>		606			2.88		1,842		1,842	

**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]
<b>TERRENO</b>		246			2.88		750		750	

**SISMA LONGITUDINALE RIEMPIMENTO (+/-)**

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>RIEMPIMENTO</b>		420			3.75		1,574		1,574	

**SISMA TRASVERSALE RIEMPIMENTO (+/-)**

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>RIEMPIMENTO</b>			420		3.75			1574	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]
<b>RIEMPIMENTO</b>	140			5.50		769			-259	



#### 4.1.3 Spinte sulla spalla in condizioni sismiche:

Nome azione	SPALLA	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	Mri	Load Type	$\phi / \psi$
G1 p.p. CLS spalla	PP_spalla	0	-63	0	0	0	5300	19407	0		1.0
Peso terreno spalla	PP_terreno	0	-3376	0	0	0	2416	12196	0		1.0
Spinta attiva long.	SA-L	829	1591	0	0	0	0	0	1591		1.0
Spinta attiva sovraccarico long.	SA-L_sovraccarico PERM	67	-94	0	0	0	156	855	194		1.0
Spinta attiva trasv.	SA-T	0	0	0	0	0	0	0	0		1.0
Inerzia long. cls spalla	SIS-L_SPALLA	1018	1751	0	0	0	0	0	1751		1.0
Inerzia trasv. cls spalla	SIS-T_SPALLA	0	0	1018	1751	0	0	0	0		1.0
Inerzia vert. cls spalla	SIS-V_SPALLA	0	-4	0	0	0	339	1242	0		1.0
Sovraspinta sismica long. con sisma verticale +	S-SIS-L_SV(+)	606	1842	0	0	0	0	0	1842		1.0
Sovraspinta sismica long. con sisma verticale -	S-SIS-L_SV(-)	0	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		1.0
Sovraspinta sismica trasv. con sisma verticale -	S-SIS-T_SV(-)	0	0	0	0	0	0	0	0		0.0
Inerzia long. riempimento	SIS-L_RIEMPIMENTO	420	1574	0	0	0	0	0	1574		1.0
Inerzia trasv. riempimento	SIS-T_RIEMPIMENTO	0	0	420	1574	0	0	0	0		1.0
Inerzia vert. riempimento	SIS-V_RIEMPIMENTO	0	-259	0	0	0	140	769	0		1.0
Spinta attiva sovraccarico long.	SA-L_sovraccarico ACC	268	3031	0	0	0	619	0	773		1.0
Frenatura	FR	349	1006	0	0	0	0	0	1006		1.0

#### 4.1.4 Azioni in condizione sismiche trasmesse dall'impalcato

Nome azione	IMPALCATO	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	Mri	Load Type	$\phi / \psi$
Permanenti (Travi + Soletta)	Peso Proprio	0	2280	0	0	0	1983	4957	0		1.0
Permanenti Portati	Permanenti Portati	0	2931	0	0	0	2549	6373	0		1.0
Traffico Carico Verticale (SW/2)	LM71	0	3152	0	-1	0	2741	6853	0	moving	1.0
Aviamento e Frenatura	AF-LM71	0	28	0	1	0	24	61	0	env	1.0
Serpeggio	Serp_LM71	0	0	110	558	0	0	0	0	env	1.0
Interazione Binario - Carichi Verticali	I-Qk1	0	0	0	0	0	0	0	0		0.0
Variazione termica (Tk)	Temp SLU	0	0	0	0	0	0	0	0	env	1.0
Interazione Binario - Temperatura	I-Twk	0	0	0	0	0	0	0	0		0.0
Azione Sismica Longitudinale	EX	0	1032	16	100	0	897	2244	0	max	0.7
Azione Sismica Trasversale	EY	0	7	1306	8489	0	6	14	0	max	0.7
Azione Sismica Verticale	EZ	0	317	3	18	0	276	689	0	max	1.0



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 001	A	36 di 82

## 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 interrate 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 <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(5)</sup>	1,00 <sup>(6)</sup>	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	$\gamma_{Ce}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole	d	1,20	1,20	1,00

**Tabella 13: Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni agli SLU**

 Tab. 5.1.VI - Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente $\psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\psi_2$ (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 14: Coefficienti  $\psi$  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 15: 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 16: Combinazione SLE-FREQ**

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

**Tabella 17: combinazione SLE-QP**



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 NN1X 00 D 09 CL VI 03 04 001 A 39 di 82

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 18: 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 19: combinazione SLV

### 4.3 Sollecitazioni

#### 4.3.1 Sollecitazioni base plinto

In Tabella 20 ed in Tabella 21 si riportano i valori delle sollecitazioni a base plinto per ogni condizione massima e minima studiata:

<b>COMB. SLU</b>											
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	22747	16681	3670	2531	498	0	71948	5601	FVmax	SLU7	7
Fvmin	9932	1371	-3264	1463	-395	0	37843	2962	FVmin	SLU6	150
Flmax	22723	16653	4037	2531	570	0	71887	5601	FVmax	SLU1	1
Flmin	9932	1371	5503	1463	709	0	37843	2962	FVmax	SLU6	6
Mlmax	22747	16681	3670	2531	498	0	71948	5601	FVmax	SLU7	7
Mlmin	9932	1371	-3264	1463	-395	0	37843	2962	FVmin	SLU6	150
Ftmax	9932	1371	5503	1463	709	0	37843	2962	FVmax	SLU6	6
Ftmin	17150	6238	-3264	1919	-395	0	60198	3838	FVmin	SLU3	147
Mtmax	9932	1371	5503	1463	709	0	37843	2962	FVmax	SLU6	6
Mtmin	20361	13936	-3422	2531	-246	0	65982	5601	Ftmin	SLU1	241
Np max	22723	16653	4037	2531	570	0	71887	5601	FVmax	SLU1	1
Np min	10847	6428	4111	2075	584	0	37887	4724	Mlmax	SLU16	40

<b>COMB. SISMICA</b>											
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	14206	11422	3705	3198	851	0	48229	7308	FVmax	SIS9	9
Fvmin	11125	-2992	-3538	-1538	-818	0	39881	-3224	Mlmax	SIS4	52
Flmax	14206	11422	3705	3198	851	0	48229	7308	FVmax	SIS9	9
Flmin	12129	-2325	3561	-1538	830	0	42880	-3224	FVmax	SIS3	3
Mlmax	14206	11422	3705	3198	851	0	48229	7308	FVmax	SIS9	9
Mlmin	11125	-2992	-3538	-1538	-818	0	39881	-3224	Mlmax	SIS4	52
Ftmax	13247	6602	12124	1733	2772	0	45833	3590	Ftmax	SIS17	209
Ftmin	12016	361	-11997	-532	-2750	0	42110	-897	Ftmin	SIS20	500
Mtmax	13247	6602	12124	1733	2772	0	45833	3590	Ftmax	SIS17	209
Mtmin	12025	472	-12000	-497	-2739	0	42133	-796	Mtmax	SIS28	124
Np max	14206	11422	3705	3198	851	0	48229	7308	FVmax	SIS9	9
Np min	12581	6097	11893	1660	2759	0	43677	3363	Mlmax	SIS30	78

Tabella 20 – Sollecitazioni a base plinto per combinazione SLU e sismica



**CARICHI PERMANENTI**

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]
-	12403	4293	-1	1410	0	0

**COMB. SLE-CAR**

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	16263	12500	2455	2181	333	0	51891	5030	FVmax	SLER2	2
Fvmin	12918	7899	-1309	2027	-158	0	43837	4586	FVmin	SLER6	42
FImax	16263	12500	2455	2181	333	0	51891	5030	FVmax	SLER2	2
FImin	16247	11978	2708	2007	383	0	51849	4527	FVmax	SLER1	1
Mlmax	16263	12500	2455	2181	333	0	51891	5030	FVmax	SLER2	2
Mlmin	12918	7899	-1309	2027	-158	0	43837	4586	FVmin	SLER6	42
Ftmax	14117	9529	3578	2007	398	0	46524	4527	Ftmax	SLER4	28
Ftmin	14618	10105	-2315	2007	-164	0	47777	4527	Ftmin	SLER1	61
Mtmax	14377	9828	3719	2007	389	0	47174	4527	Ftmax	SLER1	25
Mtmin	14618	10105	-2315	2007	-164	0	47777	4527	Ftmin	SLER1	61
Np max	16263	12500	2455	2181	333	0	51891	5030	FVmax	SLER2	2
Np min	13046	8801	2480	2181	338	0	43849	5030	Mlmax	SLER5	11

**COMB. SLE-FREQUENTE**

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	15954	9758	2088	1621	286	0	51891	3417	FVmax	SLEFR2	2
Fvmin	12670	5705	-1092	1579	-132	0	43837	3295	FVmin	SLEFR6	42
FImax	15937	9738	2341	1621	336	0	51849	3417	FVmax	SLEFR1	1
FImin	15244	8665	2240	1579	316	0	50271	3295	FVmax	SLEFR3	3
Mlmax	15954	9758	2088	1621	286	0	51891	3417	FVmax	SLEFR2	2
Mlmin	12670	5705	-1092	1579	-132	0	43837	3295	FVmin	SLEFR6	42
Ftmax	13807	7289	3211	1621	351	0	46524	3417	Ftmax	SLEFR4	28
Ftmin	14308	7865	-2098	1621	-138	0	47777	3417	Ftmin	SLEFR1	61
Mtmax	14067	7588	3352	1621	342	0	47174	3417	Ftmax	SLEFR1	25
Mtmin	14308	7865	-2098	1621	-138	0	47777	3417	Ftmin	SLEFR1	61
Np max	15937	9738	2341	1621	336	0	51849	3417	FVmax	SLEFR1	1
Np min	12725	6044	2392	1621	346	0	43818	3417	Mlmax	SLEFR4	10

**COMB. SLE-QUASI PERMANENTE**

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	12403	4293	0	1410	0	0	43788	2809	FVmax	SLEQP1	1
Fvmin	12403	4293	-1	1410	0	0	43788	2809	FVmax	SLEQP2	2
FImax	12403	4293	0	1410	0	0	43788	2809	FVmax	SLEQP1	1
FImin	12403	4293	0	1410	0	0	43788	2809	FVmax	SLEQP1	1
Mlmax	12403	4293	0	1410	0	0	43788	2809	FVmax	SLEQP1	1
Mlmin	12403	4293	-1	1410	0	0	43788	2809	FVmax	SLEQP2	2
Ftmax	12403	4293	0	1410	0	0	43788	2809	FVmin	SLEQP1	13
Ftmin	12403	4293	-1	1410	0	0	43788	2809	FVmax	SLEQP2	2
Mtmax	12403	4293	0	1410	0	0	43788	2809	FVmin	SLEQP1	13
Mtmin	12403	4293	-1	1410	0	0	43788	2809	FVmax	SLEQP2	2
Np max	12403	4293	-1	1410	0	0	43788	2809	FVmax	SLEQP2	2
Np min	12403	4293	-1	1410	0	0	43788	2809	FVmax	SLEQP2	2

Tabella 21 - Sollecitazioni a base plinto per combinazioni SLE



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 001	A	42 di 82

#### 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

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

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

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

$EJ$  è la rigidezza flessionale del palo

$Es = KB$  = 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.

In Tabella 22 vengono riportate le caratteristiche geometriche del plinto e dei pali, unitamente alle proprietà meccaniche di quest'ultimi.

**Plinto di fondazione**

Altezza plinto	2.00	m
Dimensione long.fondazione	7.30	m
Dimensione trasv. fondazione	10.10	m
Inclinazione plinto	0.0	°
Sbalzo anteriore	1.50	m
Sbalzo posteriore	3.60	m
Altezza terreno ricoprimento	0.80	m
Altezza terreno riempimento	3.76	

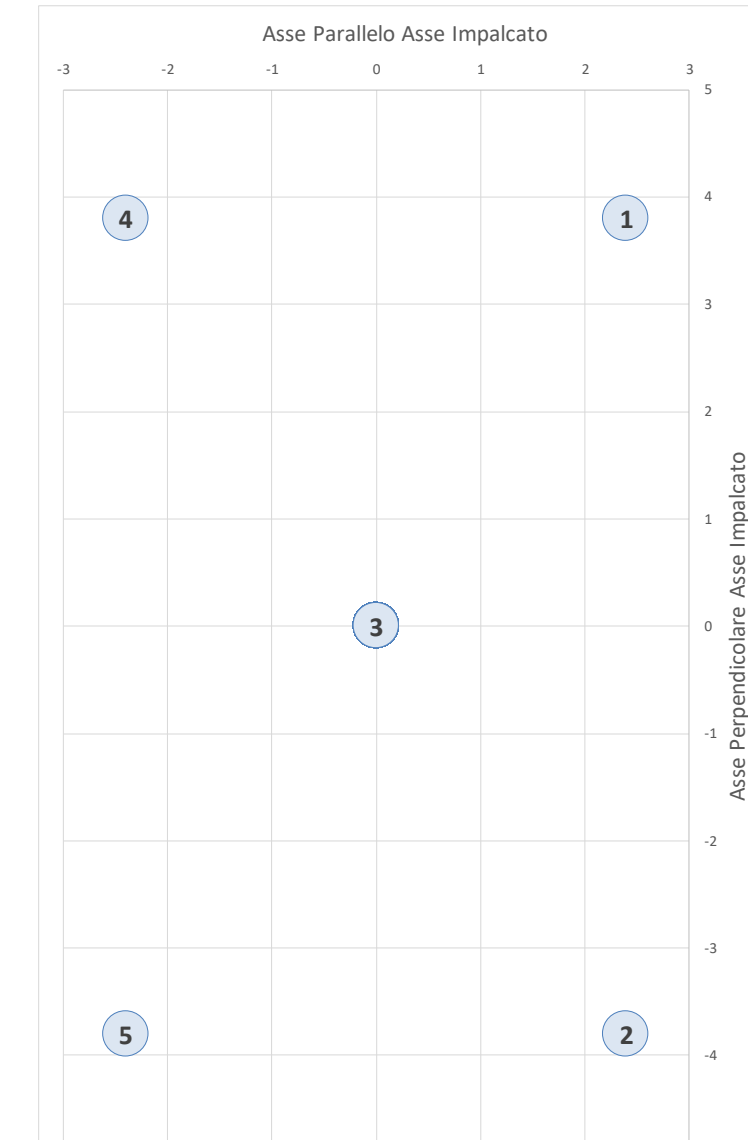
**Palificata**

Diametro dei pali	1500.00	mm
Modulo di Elasticità del suolo	100.20	N/mm <sup>2</sup>
Area palo	1.77	m <sup>2</sup>
W flessione palo elastico	0.33	m <sup>3</sup>
L0	8.41	m
Numero di pali totale	5	
Modulo long.minimo palo	9.60	m
Modulo trasv.minimo palo	15.20	m
elong	0.00	m
etrasv	0.00	m
Inclinazione palificata	0.00	°

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

**Tabella 22 – Caratteristiche geometriche e meccaniche della fondazione**

In Figura 10 viene raffigurata la disposizione in pianta dei pali.



**Figura 10: Disposizione pali**

In Tabella 23 vengono riportati gli scarichi dei pali afferenti alle combinazioni SLU e sismiche.

**SLU**

Cond.	Comb	1	2	3	4	5
-	-	kN	kN	kN	kN	kN
Fvmax	SLU7	6528	6046	4549	3053	2570
Fvmin	SLU6	1914	2344	1986	1629	2058
Fimax	SLU1	6545	6014	4545	3076	2544
Fimin	SLU6	2491	1767	1986	2206	1482
Mlmax	SLU7	6528	6046	4549	3053	2570
Mlmin	SLU6	1914	2344	1986	1629	2058
Ftmax	SLU6	2491	1767	1986	2206	1482
Ftmin	SLU3	3865	4295	3430	2566	2995
Mtmax	SLU6	2491	1767	1986	2206	1482
Mtmin	SLU1	5299	5749	4072	2395	2846
Np max	SLU1	6545	6014	4545	3076	2544
Np min	SLU16	3109	2569	2169	1770	1229

**SIS**

Cond.	Comb	1	2	3	4	5
-	-	kN	kN	kN	kN	kN
Fvmax	SIS9	4275	3787	2841	1895	1408
Fvmin	SIS4	1681	2146	2225	2304	2769
Fimax	SIS9	4275	3787	2841	1895	1408
Fimin	SIS3	2418	1949	2426	2902	2434
Mlmax	SIS9	4275	3787	2841	1895	1408
Mlmin	SIS4	1681	2146	2225	2304	2769
Ftmax	SIS17	4135	2540	2649	2759	1164
Ftmin	SIS20	1652	3230	2403	1576	3155
Mtmax	SIS17	4135	2540	2649	2759	1164
Mtmin	SIS28	1665	3244	2405	1566	3145
Np max	SIS9	4275	3787	2841	1895	1408
Np min	SIS30	3934	2369	2516	2663	1099

**SLU**

Nmax	Nmin	Hmax
kN	kN	kN
6545	1229	520

**SIS**

Nmax	Nmin	Hmax
kN	kN	kN
4275	1099	662

Tabella 23: Scarichi dei pali in condizioni SLU e sismiche

In Tabella 24 vengono riportati gli scarichi dei pali allo SLE. Con  $N_{pmax}$  e  $N_{pmin}$  si specificano le condizioni che massimizzano e minimizzano il carico assiale sul palo.

**SLE-R**

Cond.	Comb	1	2	3	4	5
-	-	kN	kN	kN	kN	kN
Fvmax	SLER2	4716	4393	3253	2112	1789
Fvmin	SLER6	3320	3493	2584	1675	1847
Fimax	SLER2	4716	4393	3253	2112	1789
Fimin	SLER1	4675	4319	3249	2180	1823
Mlmax	SLER2	4716	4393	3253	2112	1789
Mlmin	SLER6	3320	3493	2584	1675	1847
Ftmax	SLER4	4051	3581	2823	2066	1595
Ftmin	SLER1	3824	4128	2924	1719	2023
Mtmax	SLER1	4144	3654	2875	2096	1607
Mtmin	SLER1	3824	4128	2924	1719	2023
Np max	SLER2	4716	4393	3253	2112	1789
Np min	SLER5	3689	3363	2609	1856	1529

**SLE-FR**

Cond.	Comb	1	2	3	4	5
-	-	kN	kN	kN	kN	kN
Fvmax	SLEFR2	4345	4070	3191	2312	2037
Fvmin	SLEFR6	3057	3200	2534	1868	2012
Fimax	SLEFR1	4356	4048	3187	2327	2019
Fimin	SLEFR3	4099	3804	3049	2294	1999
Mlmax	SLEFR2	4345	4070	3191	2312	2037
Mlmin	SLEFR6	3057	3200	2534	1868	2012
Ftmax	SLEFR4	3732	3309	2761	2213	1791
Ftmin	SLEFR1	3543	3819	2862	1904	2180
Mtmax	SLEFR1	3824	3383	2813	2244	1803
Mtmin	SLEFR1	3543	3819	2862	1904	2180
Np max	SLEFR1	4356	4048	3187	2327	2019
Np min	SLEFR4	3332	3017	2545	2073	1758

**SLE-QP**

Cond.	Comb	1	2	3	4	5
-	-	kN	kN	kN	kN	kN
Fvmax	SLEQP1	2928	2928	2481	2033	2034
Fvmin	SLEQP2	2928	2928	2481	2033	2034
Fimax	SLEQP1	2928	2928	2481	2033	2034
Fimin	SLEQP1	2928	2928	2481	2033	2034
Mlmax	SLEQP1	2928	2928	2481	2033	2034
Mlmin	SLEQP2	2928	2928	2481	2033	2034
Ftmax	SLEQP1	2928	2928	2481	2033	2034
Ftmin	SLEQP2	2928	2928	2481	2033	2034
Mtmax	SLEQP1	2928	2928	2481	2033	2034
Mtmin	SLEQP2	2928	2928	2481	2033	2034
Np max	SLEQP2	2928	2928	2481	2033	2034
Np min	SLEQP2	2928	2928	2481	2033	2034

**Tabella 24: Scarichi dei pali allo SLE**

### 4.3.3 Sollecitazioni muro frontale

Si riportano in Tabella 25 ed in Tabella 26 le sollecitazioni agenti sulla striscia di 1 metro alla base del muro frontale, calcolate con gli stessi criteri delle forze a intradosso plinto, fatta eccezione di una diversa altezza di calcolo.

COMB. SLU										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	1304	566	276	279	51	0		FVmax	SLU7	7
Fvmin	315	73	-255	57	-41	0		FVmin	SLU6	150
Flmax	1304	566	276	279	51	0		FVmax	SLU7	7
Flmin	315	73	421	57	73	0		FVmax	SLU6	6
Mlmax	1304	566	276	279	51	0		FVmax	SLU7	7
Mlmin	315	73	-255	57	-41	0		FVmin	SLU6	150
Ftmax	315	73	421	57	73	0		FVmax	SLU6	6
Ftmin	819	203	-255	112	-41	0		FVmin	SLU3	147
Mtmax	517	376	448	208	60	0		Ftmax	SLU4	100
Mtmin	1058	509	-302	262	-25	0		Ftmin	SLU1	241
Tmax	1301	534	299	262	59	0		FVmax	SLU1	1
Tmin	1301	534	299	262	59	0		FVmax	SLU1	1

COMB. SISMICA										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	863	857	381	304	75	0		FVmax	SIS9	9
Fvmin	497	-3	-368	-16	-71	0		Mlmax	SIS4	52
Flmax	863	857	385	304	76	0		FVmax	SIS1	1
Flmin	585	4	358	-16	71	0		FVmax	SIS3	3
Mlmax	863	857	381	304	75	0		FVmax	SIS9	9
Mlmin	497	-3	-368	-16	-71	0		Mlmax	SIS4	52
Ftmax	728	464	1242	187	239	0		Ftmax	SIS17	209
Ftmin	626	52	-1234	8	-237	0		Ftmin	SIS20	500
Mtmax	728	464	1242	187	239	0		Ftmax	SIS17	209
Mtmin	626	52	-1234	8	-237	0		Ftmin	SIS20	500
Tmax	863	857	385	304	76	0		FVmax	SIS1	1
Tmin	863	857	385	304	76	0		FVmax	SIS1	1

Tabella 25 – Sollecitazioni muro frontale – combinazioni SLU e sismica

**COMB. SLE-CAR**

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	912	393	184	196	34	0	FVmax	SLER2	2
Fvmin	579	338	-102	184	-16	0	FVmin	SLER4	40
Fimax	912	393	184	196	34	0	FVmax	SLER2	2
Fimin	845	343	194	173	37	0	FVmax	SLER3	3
Mlmax	912	393	184	196	34	0	FVmax	SLER2	2
Mlmin	580	316	-102	173	-16	0	FVmin	SLER6	42
Ftmax	691	349	287	184	41	0	Ftmax	SLER4	28
Ftmin	742	354	-205	184	-17	0	Ftmin	SLER1	61
Mtmax	717	351	303	184	40	0	Ftmax	SLER1	25
Mtmin	742	354	-205	184	-17	0	Ftmin	SLER1	61
Tmax	910	371	200	184	40	0	FVmax	SLER1	1
Tmin	910	371	200	184	40	0	FVmax	SLER1	1

**COMB. SLE-FREQUENTE**

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	912	307	156	150	30	0	FVmax	SLEFR2	2
Fvmin	579	251	-85	138	-14	0	FVmin	SLEFR4	40
Fimax	912	307	156	150	30	0	FVmax	SLEFR2	2
Fimin	845	274	166	136	33	0	FVmax	SLEFR3	3
Mlmax	912	307	156	150	30	0	FVmax	SLEFR2	2
Mlmin	580	247	-85	136	-14	0	FVmin	SLEFR6	42
Ftmax	691	262	259	138	36	0	Ftmax	SLEFR4	28
Ftmin	742	268	-188	138	-14	0	Ftmin	SLEFR1	61
Mtmax	717	265	275	138	35	0	Ftmax	SLEFR1	25
Mtmin	742	268	-188	138	-14	0	Ftmin	SLEFR1	61
Tmax	910	284	172	138	35	0	FVmax	SLEFR1	1
Tmin	910	284	172	138	35	0	FVmax	SLEFR1	1

**COMB. SLE-QUASI PERMANENTE**

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	578	143	0	80	0	0	FVmax	SLEQP1	1
Fvmin	578	143	0	80	0	0	FVmax	SLEQP2	2
Fimax	578	143	0	80	0	0	FVmax	SLEQP1	1
Fimin	578	143	0	80	0	0	FVmax	SLEQP1	1
Mlmax	578	143	0	80	0	0	FVmax	SLEQP1	1
Mlmin	578	143	0	80	0	0	FVmax	SLEQP2	2
Ftmax	578	143	0	80	0	0	FVmin	SLEQP1	13
Ftmin	578	143	0	80	0	0	FVmax	SLEQP2	2
Mtmax	578	143	0	80	0	0	FVmin	SLEQP1	13
Mtmin	578	143	0	80	0	0	FVmax	SLEQP2	2
Tmax	578	143	0	80	0	0	FVmax	SLEQP1	1
Tmin	578	143	0	80	0	0	FVmax	SLEQP1	1

Tabella 26 – Sollecitazioni muro frontale – combinazioni SLE



	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO					
	<b>COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO</b> <b>TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO</b>					
SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 001	A	49 di 82

#### 4.3.4 Sollecitazioni paraghiaia

In Tabella 27 vengono riportate le caratteristiche meccaniche del terreno di riempimento e del muretto paraghiaia. In Figura 11 invece sono riportati i valori di spinta e del momento della stessa generati dal sovraccarico ferroviario e dall'azione di frenatura.

peso specifico terreno di riempimento	$\gamma$	19	KN/m <sup>3</sup>
angolo di attrito rilevato	$\phi$	35.00	°
coefficiente di spinta a riposo	$\lambda_0$	0.426	
coefficiente di spinta (sismico)	$\lambda_s$	0.442	
ordinata dello spettro orizzontale	$ag^*S$	0.194	
altezza paraghiaia	H	2.13	m
spessore paraghiaia	s	0.40	m

**Tabella 27 – Caratteristiche meccaniche del terreno di riempimento**

## AZIONI

### Sovraccarico ferroviario

b <sub>l</sub>	6.4	m	larghezza // asse strada
b <sub>t</sub>	3	m	larghezza orto asse strada
a	19.2	m <sup>2</sup>	impronta a livello testa paraghiaia
q <sub>0_1</sub>	52.08	KN/m <sup>2</sup>	sovraccarico a m <sup>2</sup> a livello testa paraghiaia
σ <sub>0_1</sub>	22.19	KN/m <sup>2</sup>	spinta sovraccarico a livello testa paraghiaia

facendo una diffusione a 30° fino al piede paraghiaia si ha

B <sub>l</sub>	7.82	m	larghezza di diffusione // asse strada
B <sub>t</sub>	5.84	m	larghezza di diffusione orto asse strada
A	45.7	m <sup>2</sup>	impronta a livello piede paraghiaia
q <sub>0_2</sub>	21.89	KN/m <sup>2</sup>	sovraccarico a m <sup>2</sup> a livello piede paraghiaia
σ <sub>0_2</sub>	9.33	KN/m <sup>2</sup>	spinta sovraccarico a livello piede paraghiaia

S <sub>0</sub>	164	kN	Spinta totale
M <sub>0</sub>	235	kNm	Momento totale all'intradosso paraghiaia

Se si suppone collaborante una larghezza di muro pari alla media tra B<sub>t</sub> e b<sub>t</sub>+2\*h

B <sub>coll</sub>	6.88	m	
S <sub>0</sub>	<b>23.8</b>	kN/m	Spinta sovraccarico a m/trasversale
M <sub>0</sub>	<b>34.2</b>	kNm/m	Momento sovraccarico a m/trasversale

### Frenatura

Q <sub>l</sub> bk	35	kN/m	per modello di carico SW2
L <sub>fr</sub>	4.26	m	lunghezza di influenza della frenatura (H/tan(30))
Q <sub>l</sub> bk'=Q <sub>l</sub> bk*L <sub>fr</sub>	149	kN	forza di frenatura totale
M=Q <sub>l</sub> bk'*H	367	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 <sub>t</sub>	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 <sub>t</sub>	5.64	m	larghezza di diffusione trasversale all'intradosso paraghiaia
Q <sub>l</sub> bk'/B <sub>t</sub>	<b>26.4</b>	kN/m	forza di frenatura a metro lineare trasversale
M=Q <sub>l</sub> bk'*H/B <sub>t</sub>	<b>65.0</b>	kNm/m	momento flettente allo spiccato a metro lineare trasversale

**Figura 11 – Azioni dovute al sovraccarico ferroviario e alla frenatura**

<b>VALORI CARATTERISTICI - PARAGHIAIA</b>			
AZIONI	FATTOR	t [KN/m]	m [KNm/m]
SPINTA A RIPOSO	1.00	18	13
SPINTA SOVRACCARICO A RIPOSO	1.00	22	28
FRENATURA RILEVATO	1.00	25	52

<b>VALORI SLU gr.3 PARAGHIAIA</b>			
AZIONI	FATTOR	t [KN/m]	m [KNm/m]
SPINTA A RIPOSO	1.35	25	18
SPINTA SOVRACCARICO A RIPOSO	1.35	30	37
FRENATURA RILEVATO	1.35	33	71
TOTALE		88	125

<b>VALORI IN FASE SISMICA (SIS) PARAGHIAIA</b>			
AZIONI	FATTOR	t [KNm/m]	m [KNm/m]
SPINTA ATTIVA	1.00	12	8
SOVRASPINTA SISMICA	1.00	9	10
SPINTA SOVRACCARICO ACCIDENTALE	0.20	3	3
MASSA PARAGHIAIA	1.00	4	4
TOTALE		28	25

<b>VALORI IN FASE DI ESERCIZIO (SLE rara gr.3) PARAGHIAIA</b>			
AZIONI	FATTOR	t [KN/m]	m [KNm/m]
SPINTA A RIPOSO	1.00	18	13
SPINTA SOVRACCARICO A RIPOSO	1.00	22	28
FRENATURA RILEVATO	1.00	25	52
TOTALE		65	93

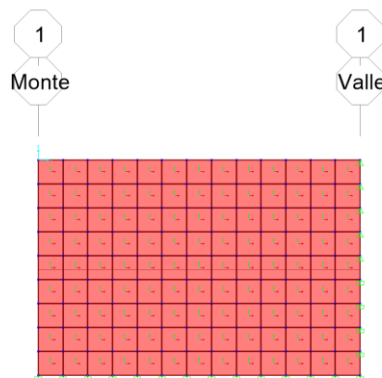
<b>VALORI IN FASE DI ESERCIZIO (SLE rara gr.4 fessurazione) PARAGHIAIA</b>			
AZIONI	FATTOR	t [KN/m]	m [KNm/m]
SPINTA A RIPOSO	1.00	18	13
SPINTA SOVRACCARICO A RIPOSO	0.60	13	17
FRENATURA RILEVATO	0.60	15	31
TOTALE		46	61

<b>VALORI IN FASE DI ESERCIZIO (SLE q.p.) PARAGHIAIA</b>			
AZIONI	FATTOR	t [KN/m]	m [KNm/m]
SPINTA A RIPOSO	1.00	18	13
TOTALE		18	13

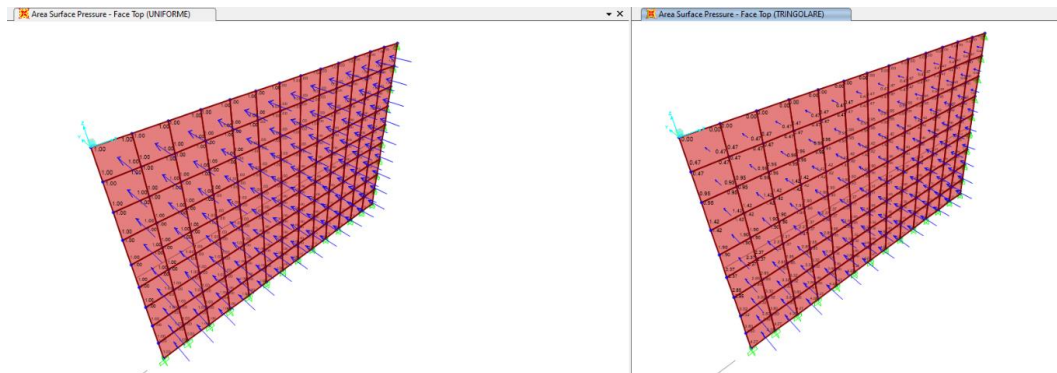
Tabella 28 – Valori di spinta e relativo momento dovuto al sovraccarico (SLU – SLE)

#### 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	1.0
So	Load pattern	TRINGOLARE	8.1
Sa	Load pattern	TRINGOLARE	5.1
Sq	Load pattern	UNIFORME	24.4
Sa,e	Load pattern	UNIFORME	6.2
Fh	Load pattern	UNIFORME	5.9

DEAD= peso proprio

So = Spinta del terreno in quiete

Sa = Spinta del terreno attiva

Sq = Spinta del terreno dovuta al sovraccarico accidentale

Sa,e= Sovraspinta sismica

Fh= Forza inerziale del muro

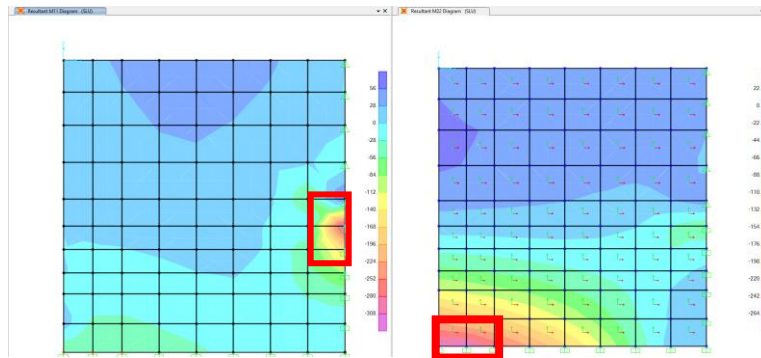
Le combinazioni sono le seguenti:

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	-11.391	-199.931	29.15	70.6951	5.8288	111.6611
ORIZZONTALE	SLV	Combination	-8.438	-81.508	21.593	28.5902	4.3176	45.4092
ORIZZONTALE	SLE-R	Combination	-8.438	-148.097	21.593	52.3667	4.3176	82.7119
VERTICALE	SLU	Combination	5.455	-195.246	107.056	195.5423	2.0243	10.7326
VERTICALE	SLV	Combination	4.041	-80.371	79.301	79.6819	1.4995	4.3572
VERTICALE	SLE-R	Combination	4.041	-144.627	79.301	144.8461	1.4995	7.95

## 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 40 $\phi$ 30 esterni piú 20 $\phi$ 30 interni.

L'armatura a taglio consiste in una spirale  $\phi$ 10/20. 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 <sup>2</sup>
	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 <sup>2</sup>
	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
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
31	62.8	-20.4	30
32	58.8	-30.0	30
33	53.4	-38.8	30

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 001	A	56 di 82

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	6545.00	2185.00	0.00	520.00	0.00
2	1229.00	2185.00	0.00	520.00	0.00
3	4275.00	2782.00	0.00	662.00	0.00
4	1099.00	2782.00	0.00	662.00	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





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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 001	A	57 di 82

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	4716.00	1856.00	0.00
2	1529.00	1856.00	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	4356.00	1394.00 (3650.10)	0.00 (0.00)
2	1758.00	1394.00 (1721.44)	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	2928.00	1185.00 (2620.09)	0.00 (0.00)
2	2033.00	1185.00 (1976.06)	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]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	6545.00	2185.00	0.00	6545.04	9713.29	0.00	4.45	197.9(25.8)



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 001	A	58 di 82

2	S	1229.00	2185.00	0.00	1229.11	8732.96	0.00	4.00	240.3(25.8)
3	S	4275.00	2782.00	0.00	4274.78	9399.13	0.00	3.38	226.2(25.8)
4	S	1099.00	2782.00	0.00	1099.11	8700.99	0.00	3.13	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	0.462	19.4	72.4	0.00315	0.0	66.0	-0.00407	0.0	-66.0
2	0.00350	0.348	19.4	72.4	0.00303	0.0	66.0	-0.00655	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	0.346	19.4	72.4	0.00303	0.0	66.0	-0.00662	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	0.000054705	-0.000462982	0.462	1.000
2	0.000000000	0.000072580	-0.001757851	0.348	0.875
3	0.000000000	0.000061161	-0.000930649	0.413	0.957
4	0.000000000	0.000073115	-0.001796643	0.346	0.872

**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	5.88	19.4	72.4	-27.9	0.0	-66.0	795	35.3
2	S	5.29	19.4	72.4	-84.6	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 $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	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

**SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 001	A	59 di 82

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00017	0	0.500	30.0	74	0.00008 (0.00008)	367	0.029 (0.20)	2701.78	0.00
2	S	-0.00045	0	0.500	30.0	74	0.00024 (0.00024)	359	0.087 (0.20)	1531.55	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.65	19.4	72.4	-12.2	0.0	-66.0	459	21.2
2	S	4.08	19.4	72.4	-50.3	0.0	-66.0	1727	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	-0.00008	0	0.500	30.0	74	0.00003 (0.00003)	363	0.013 (0.20)	3650.10	0.00
2	S	-0.00027	0	0.500	30.0	74	0.00014 (0.00014)	356	0.051 (0.20)	1721.44	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	3.73	19.4	72.4	-18.9	0.0	-66.0	836	35.3
2	S	3.56	19.4	72.4	-32.4	0.0	-66.0	1408	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	-0.00011	0	0.500	30.0	74	0.00005 (0.00005)	373	0.020 (0.20)	2620.09	0.00
2	S	-0.00018	0	0.500	30.0	74	0.00009 (0.00009)	354	0.033 (0.20)	1976.06	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 rs, 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	$s$	20	cm
Bracci	$n$	2	-

#### Caratteristiche Materiali

Armatura Longitudinale Superiore	$A_{sl,sup}$	127.42	cm <sup>2</sup>
Armatura Longitudinale Inferiore	$A_{sl,inf}$	127.42	cm <sup>2</sup>
Coefficiente sicurezza	$\gamma_c$	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	$\sigma_{cp}$	0	M Pa
Resistenza di progetto acciaio	$f_{ywd}$	391.3	M Pa

#### Elemento non armato

Coefficiente Maggiorativo	$\alpha_c$	1	-
Area staffe	$A_{sw}$	1.6	cm <sup>2</sup>
Area staffe	$A_{st}$	8	cm <sup>2</sup> /m
Coefficiente di altezza	$k$	1.41	-
Rapporto armatura tesa	$\rho_l$	0.007	-
Resistenza a taglio senza Armatura	$V_{Rd1}$	620.5	kN

#### Elemento Armato

Angolo inclinazione puntone di calcolo	$ctg(\theta)$	5.11	-
Angolo inclinazione puntone assunto	$ctg(\theta)$	2.50	-
Resistenza a taglio dell'acciaio	$V_{Rsd}$	818.0	kN
Resistenza a taglio del calcestruzzo	$V_{Rcd}$	3063.6	kN



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

**COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO**

**TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO**

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 001	A	61 di 82

Resistneza della sezione a taglio

$V_{Rd}$  818.0 kN

Coefficiente di sicurezza

$V_{Rd}/V_{Ed}$  818.0 -

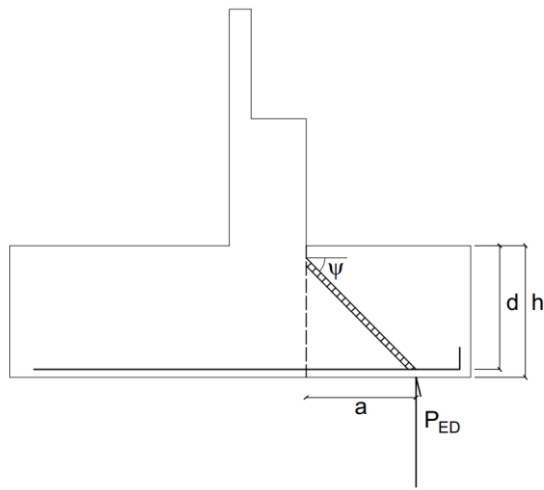
Il taglio massimo sul palo, risulta in condizioni sismiche  $V_{sd} = 662$  kN

$V_{sd} = 662$  kN <  $V_{rd} = 818$  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 sul fiume Asa Spalla A**

Descrizione (Parametro/Caratteristica)		Formule	Unità	Valore
<b>Meccanismo 1</b>				
1	Diametro armatura resistente	$\varphi$	mm	<b>30</b>
2	Area dell'armatura resistente a trazione	$A_s$	mm <sup>2</sup>	<b>707</b>
3	Numero di ferri	$n_w$	-	<b>10</b>
4	Profondità dell'elemento	$b$	mm	<b>1000</b>
5	Altezza elemento	$h$	mm	<b>2000</b>
6	Resistenza caratteristica del calcestruzzo	$f_{ck}$	Mpa	<b>25</b>
7	Coefficiente di sicurezza sul calcestruzzo	$\gamma_c$	-	<b>1.5</b>
8	Coeff. riduttivo per le resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$		<b>0.85</b>
9	Resistenza caratteristica dell'acciaio	$f_{yk}$	MPa	<b>450</b>
10	Coefficiente di sicurezza sull'acciaio	$\gamma_a$	-	<b>1.15</b>
11	Resistenza di calcolo del calcestruzzo	$f_{cd}$	MPa	<b>14.17</b>
12	Resistenza di calcolo dell'acciaio	$f_{yd}$	MPa	<b>391</b>
13	Forza Assiale nel nodo 1	$P_{Ed}$	kN	<b>6545</b>
14	Forza Orizzontale nel nodo 1	$H_{Ed}$	kN	<b>0</b>
15	Altezza utile dell'armatura	$d$	mm	<b>1945</b>
16	Braccio della forza di applicazione	$a$	mm	<b>250</b>
17	Proiez. Orizz. lunghezza del puntone	$l$	mm	<b>639</b>
18	Coefficiente di Geometria	$\lambda$		<b>0.37</b>
19	Inclinazione del Puntone	$\psi$	rad	<b>1.22</b>
20	Coefficiente di armatura a taglio	$c$	-	<b>1</b>
21	Resistenza dell'armatura	$P_{R,s}$	kN	<b>7577</b>
22	<b>Coefficiente di Sicurezza <math>P_{R,s}</math></b>			<b>1.16</b>
23	<b>Verifica 1</b>			<b>OK</b>
24	Resistenza del calcestruzzo	$P_{R,c}$	kN	<b>9726</b>

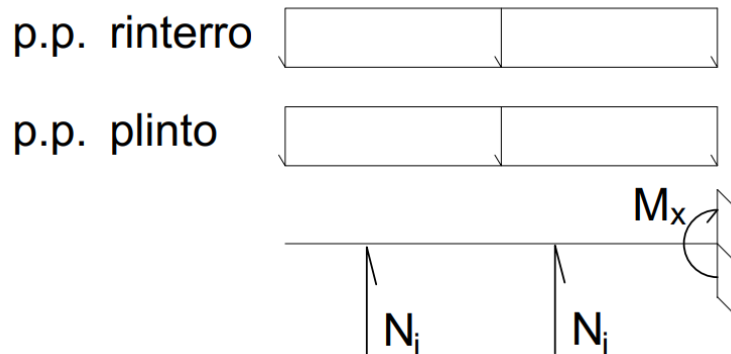
#### 4.4.2.2 Sbalzo posteriore

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:

	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>Vy</b>
	<b>kN</b>	<b>kNm</b>	<b>kN</b>
SLU	0	-89	140
SLV	0	-39	119
SLE-R	0	1	0
SLE-FR	0	104	0
SLEQP	0	159	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 23 e Tabella 24 (M2); opportunamente coefficientati per ogni combinazione:



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

Dove:

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

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





LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

**COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO**

**TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO**

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 001	A	65 di 82

$l = \text{lunghezza mensola} = 3.6\text{m}$

$M2 = \sum N_i B_i$

Le sollecitazioni sono molto basse, si inserisce l'armatura minima da Normativa:  $\phi 24/20$  superiormente e 2 strati  $\phi 30/20$  inferiormente.

#### 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 25 e Tabella 26.

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.

#### 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 <sup>2</sup>
	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 <sup>2</sup>
	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
3	50.0	220.0
4	50.0	0.0



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 001	A	67 di 82

**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

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	1304.00	566.00	279.00
2	863.00	857.00	304.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	912.00	393.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	912.00	307.00 (0.00)	0.00 (0.00)



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 001	A	68 di 82

**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 di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	578.00	143.00 (0.00)	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

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	1304.00	566.00	1304.00	3531.42	6.24	26.5(38.4)
2	S	863.00	857.00	863.03	3078.93	3.59	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	0.00350	0.051	-50.0	220.0	0.00141	-40.0	213.5	-0.06524	-40.0	6.5
2	0.00316	0.045	-50.0	220.0	0.00101	-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.



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 001	A	69 di 82

1	0.000000000	0.000321962	-0.067331603	0.051	0.700
2	0.000000000	0.000330959	-0.069651236	0.045	0.700

**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	279.00	717.57	212.4	100.0	0.0012	0.59 6)
2	S	304.00	653.71	212.4	100.0	0.0012	0.39 6)

**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	0.85	-50.0	220.0	-0.3	20.0	6.5	750	26.5

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

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
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 Smax / Es [(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	0.00000	0	0.500	26.0	52	0.00000 (0.00000)	302	0.000 (0.20)	26734.17	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.
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 001	A	70 di 82

1	S	0.75	-50.0	220.0	1.1	20.0	6.5	----	----
---	---	------	-------	-------	-----	------	-----	------	------

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

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

**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	220.0	1.5	20.0	6.5	----	----

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

Si riporta di seguito la verifica eseguita come element tozzo:

**Verifica MURO FRONTALE**

h	1.62	m	
l	2.20	m	
h/l	0.736		ELEMENTO TOZZO
c	400	mm	copriferro di calcolo
d	1.8	m	altezza utile
s	0.40	m	spessore biella compressa
b	1.60	m	braccio schema tirante puntone

	Ø(mm)	pas (cm)	N°s	As (mq)
Rck	40	Mpa		
fyk	450	Mpa		
armature (+)	26	20	1.0	0.003
	26	20	1.0	0.003
				0.005

	Ø(mm)	pas (cm)	N°s	As (mq)
armature (-)	26	20	1.0	0.003
	26	20	1.0	0.003
				0.005

**Condizione SLU**

IND	FV	FI	MI
-	[kN]	[kN]	[kNm]
1	1301	262	534

**Condizione SIS**

IND	FV	FI	MI
-	[kN]	[kN]	[kNm]
1	783	192	444

	T	C		T	C
	[kN/m]	[kN/m]		[kN/m]	[kN/m]
	333.5	468.8		277.3	389.8
F <sub>Ed</sub> =	334	469	F <sub>Ed</sub> =	277	390
F <sub>Rd</sub> =	2078	5354	F <sub>Rd</sub> =	2078	5354
C/D	6.23	11.42	C/D	7.49	13.74
<b>C/D MIN</b>	<b>6.23</b>	✓	<b>C/D MIN</b>	<b>7.49</b>	✓

#### 4.4.4 Verifiche paraghiaia

Si riporta di seguito la verifica eseguita per il paraghiaia, armato con  $\phi 22/20$  controterra e  $\phi 14/20$  lato esterno, è dimensionante la verifica a fessurazione.

#### 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 <sup>2</sup>
	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 <sup>2</sup>
	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	6.3	22
2	40.0	6.3	22
3	-40.0	34.1	14
4	40.0	34.1	14

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 001	A	72 di 82

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	22
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	125.00	0.00	88.00	0.00
2	0.00	25.00	0.00	28.00	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	93.00	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	61.00 (94.34)	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





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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 001	A	73 di 82

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	13.00 (94.34)	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: 17.8 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	125.00	0.00	0.00	235.73	0.00	1.89	19.0(5.8)
2	S	0.00	25.00	0.00	0.00	235.73	0.00	9.43	19.0(5.8)

**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	0.161	-50.0	40.0	-0.00032	-40.0	34.1	-0.01830	-40.0	6.3
2	0.00350	0.161	-50.0	40.0	-0.00032	-40.0	34.1	-0.01830	-40.0	6.3

**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	0.000646808	-0.022372306	0.161	0.700



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 001	A	74 di 82

2      0.000000000      0.000646808      -0.022372306      0.161      0.700

**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	88.00	208.33	33.0	100.0	0.0081	0.00
2	S	28.00	208.33	33.0	100.0	0.0081	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 [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.                      Area barre [cm<sup>2</sup>] 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	5.21	-50.0	40.0	-163.8	20.0	6.3	950	19.0

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

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

Ver.                      Esito della verifica  
e1                        Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
e2                        Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
k1                        = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
kt                        = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k2                        = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2)/(2 * e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
k3                        = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
k4                        = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Ø                        Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace 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	-0.00100	0	0.500	22.0	52	0.00047 (0.00047)	364	0.170 (0.20)	94.34	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.42	-50.0	40.0	-107.4	20.0	6.3	950	19.0



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 001	A	75 di 82

**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	-0.00065	0	0.500	22.0	52	0.00031 (0.00031)	364	0.112 (0.20)	94.34	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	0.73	-50.0	40.0	-22.9	20.0	6.3	950	19.0

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00014	0	0.500	22.0	52	0.00007 (0.00007)	364	0.024 (0.20)	94.34	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  $\phi 20/20$  controterra e  $\phi 18/20$  lato esterno. è dimensionante la verifica a fessurazione.

#### 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	
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 <sup>2</sup>
	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	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	6.2	20
2	40.0	6.2	20
3	-40.0	73.9	18
4	40.0	73.9	18

#### 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



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 001	A	77 di 82

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	18

**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	112.00	0.00	-200.00	0.00
2	0.00	45.00	0.00	-82.00	0.00
3	107.00	196.00	0.00	-195.00	0.00
4	79.00	80.00	0.00	-80.00	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	83.00	0.00
2	79.00	145.00	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: 2.5 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)

## SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 001	A	78 di 82

As Tesa Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
 Area armature trave [cm<sup>2</sup>] 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	112.00	0.00	0.00	447.21	0.00	3.99	28.5(12.7)
2	S	0.00	45.00	0.00	0.00	447.21	0.00	9.94	28.5(12.7)
3	S	107.00	196.00	0.00	107.16	484.28	0.00	2.47	15.7(14.0)
4	S	79.00	80.00	0.00	78.72	474.44	0.00	5.92	15.7(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	0.071	-50.0	80.0	-0.00059	-40.0	73.9	-0.04592	-40.0	6.2
2	0.00350	0.071	-50.0	80.0	-0.00059	-40.0	73.9	-0.04592	-40.0	6.2
3	0.00350	0.075	-50.0	80.0	-0.00036	-40.0	73.9	-0.04314	-40.0	6.2
4	0.00350	0.074	-50.0	80.0	-0.00042	-40.0	73.9	-0.04389	-40.0	6.2

**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	0.000669707	-0.050076571	0.071	0.700
2	0.000000000	0.000669707	-0.050076571	0.071	0.700
3	0.000000000	0.000632042	-0.047063368	0.075	0.700
4	0.000000000	0.000642131	-0.047870476	0.074	0.700

**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	200.00	309.55	73.0	100.0	0.0039	0.00
2	S	82.00	309.55	73.0	100.0	0.0039	0.00
3	S	195.00	324.20	73.0	100.0	0.0039	0.13
4	S	80.00	320.36	73.0	100.0	0.0039	0.10



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 001	A	79 di 82

**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 [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.36	50.0	80.0	-76.9	20.0	6.2	1550	15.7
2	S	2.44	-50.0	80.0	-110.9	20.0	6.2	1550	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	-0.00043	0	0.500	19.1	52	0.00023 (0.00023)	496	0.115 (0.20)	360.65	0.00
2	S	-0.00062	0	0.500	19.1	52	0.00033 (0.00033)	496	0.165 (0.20)	390.42	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 / $\phi$	
- Pali	0.00	1.50	200
Fondazione Spalle	2.00	1.00	60
Elevazione Spalle	var	1.00	60



## 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:

$H = 5.76\text{m}$  altezza totale della spalla

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

$k_0 = 0.426$  coefficiente di spinta a riposo

$t = 9.70\text{m}$  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:

$$S_o = [1/2 * \gamma * H^2 * k_0] t = 1302\text{kN}$$

#### **G2:**

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



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 001	A	82 di 82

$$S_b = [Q_b H k_0] b = 106 \text{ kN}$$

### TRENO DI CARICO:

La presenza del sovraccarico accidentale  $Q = 57.29 \text{ kN/m}^2$  genera un taglio alla base del plinto pari a:

$$S_q = [q H k_0] b = 421 \text{ kN} \quad kN = 421 \text{ kN}$$

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

$$G_1 \gamma_{G1} + G_2 \gamma_{G2} + S_q \gamma_q = 1302 \cdot 1.35 + 106 \cdot 1.5 + 770 \cdot 1.45 = 2330 \text{ kN}$$

### Output taglio alla base del plinto da foglio di calcolo

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

$$F_1 = 2531 \text{ kN}$$