

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

### PROGETTO DEFINITIVO

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

### OPERE D'ARTE MAGGIORI

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

SCALA:

-

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

NN1X 00 D 09 CL VI0104 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'Avino	Sett.2020	A. Vittozzi	

ITALFERR S.p.A. - Sede Legale  
U.O. Opere Civili e Gestione delle Varianti  
Dott. Ing. Angelo Vittozzi  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
N° A20785

File: NN1X00D09CLVI0104001A.doc

n. Elab.:

## INDICE

1	GENERALITÀ.....	5
1.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	7
1.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	7
1.3	MATERIALI.....	8
1.3.1	<i>Calcestruzzo per fondazioni e pali.....</i>	8
1.3.2	<i>Calcestruzzo per elevazione sottostrutture.....</i>	9
1.3.3	<i>Acciaio B450C.....</i>	10
1.4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	10
2	ANALISI DEI CARICHI.....	11
2.1	PERMANENTI (G1).....	11
2.2	PERMANENTI PORTATI (G2).....	12
2.3	AZIONI TERMICHE – (TEMP SLU).....	13
2.4	VENTO (WK).....	13
2.5	AZIONI VERTICALI DA TRAFFICO FERROVIARIO (LM71-SW2).....	13
2.6	SERPEGGIO (SERP).....	15
2.7	RESISTENZE PARASSITE NEI VINCOLI (RPV).....	15
2.8	INTERAZIONE BINARIO – STRUTTURA.....	15
2.9	AZIONE SISMICA (E).....	16
2.9.1	<i>Valutazione dei parametri di pericolosità.....</i>	16
2.9.2	<i>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	Verifica a fessurazione .....	22
3.2.2	Verifica per le tensioni in esercizio .....	23
4	CALCOLO SPALLA A .....	24
4.1.1	Spinte sulla spalla in condizioni statiche.....	33
4.1.2	Azioni in condizione statiche trasmesse dall'impalcato .....	33
4.1.3	Combinazioni Manuali Statiche .....	33
4.1.4	Azioni Caratteristiche statiche .....	34
4.1.5	Spinte sulla spalla in condizioni sismiche:.....	34
4.1.6	Azioni in condizione sismiche trasmesse dall'impalcato.....	35
4.1.7	Combinazioni manuali Sismiche .....	35
4.1.8	Azioni caratteristiche sismiche .....	35
4.2	COMBINAZIONI .....	36
4.3	SOLLECITAZIONI.....	40
4.3.1	Sollecitazioni base plinto.....	40
4.3.2	Sollecitazioni in testa palo.....	42
4.3.3	Sollecitazioni muro frontale .....	47
4.3.4	Sollecitazioni paraghiaia.....	49
4.3.5	Sollecitazioni muro di risvolto.....	51
4.4	VERIFICHE .....	53
4.4.1	Verifiche palo di fondazione.....	53
4.4.2	Verifiche plinto di fondazione.....	61
4.4.3	Verifiche muro frontale .....	69
4.4.4	Verifiche paraghiaia.....	75
4.4.5	Verifiche muro di risvolto.....	80
5	INCIDENZE.....	85



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

**COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO**

**TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO**

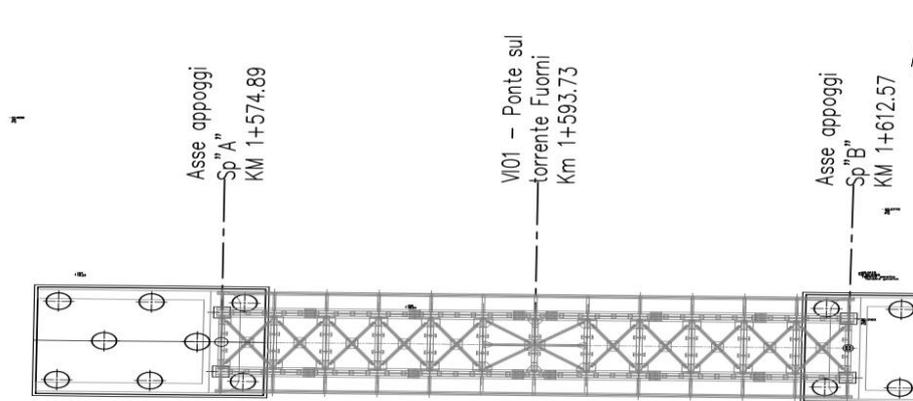
SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>NN1X</b>	00	D 09 CL	VI 01 04 001	A	4 di 87

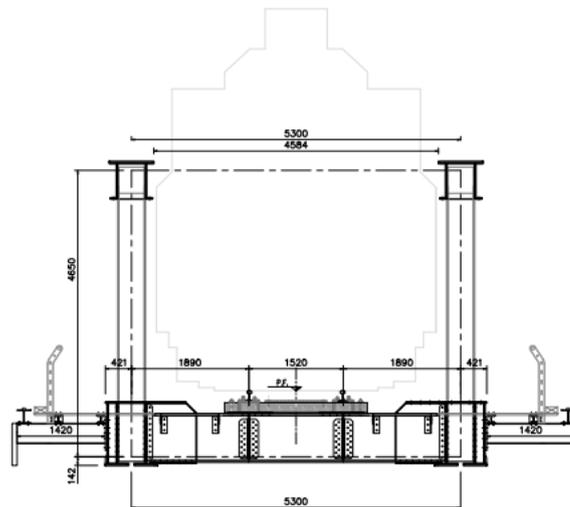
6	APPENDICE .....	86
6.1	VALIDAZIONE DEL MODELLO.....	86

## 1 GENERALITÀ

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



**Figura 1: Pianta Impalcato – ubicazione opera d'arte**



**Figura 2: Sezione trasversale impalcato**

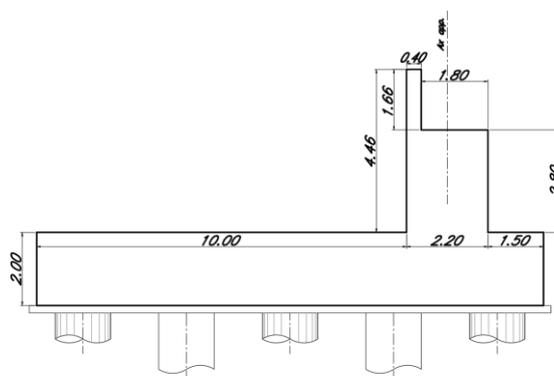
Il viadotto è composto da un'unica travata in carpenteria metallica a singolo binario semplicemente appoggiata con portata teorica pari a 37.68m, ad attacco diretto.

La spalla A alloggia n°2 appoggi e poggia su 8 pali di diametro Ø 1500.

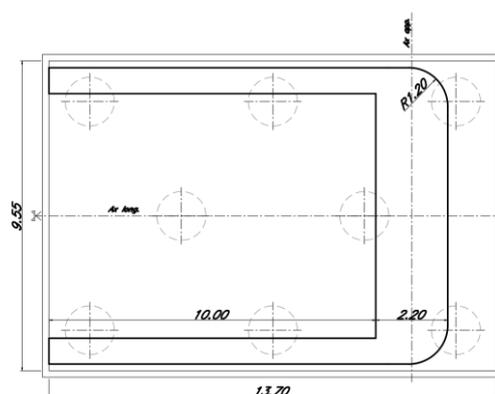
L'altezza del paramento a tergo del terreno è di circa 2.8 m, spessore del fusto di 2.20 m; la zattera di fondazione ha spessore 2.00 m.

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

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



**Figura 3: Spalla A – sezioni**



**Figura 4: 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 01 04 001	A	7 di 87

## 1.1 Normativa di riferimento

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

- [N1] Legge 5/11/1971, n.1086 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso e a struttura metallica.
- [N2] D. M. Min. II. TT. del 17 gennaio 2018 (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42) – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- [N3] CIRCOLARE 21 gennaio 2019 , n. 7 C.S.LL.PP. (G.U. n. 35 del 11 febbraio 2019) - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- [N4] RFI DTC SICS MA IFS 001 C - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- [N5] RFI DTC SICS SP IFS 001 – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.
- [N6] Eurocodice EN 1997-1: Progettazione Geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- [N7] Eurocodice EN 1998-5: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazione, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- [N8] Regolamento (UE) N° 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 776/2019 della Commissione del 16 maggio 2019.

## 1.2 Documenti di riferimento

I documenti che verranno richiamati nel seguito sono:

- Rif. [1] Relazione geotecnica e di calcolo fondazioni –NN1X00D09RBVI0103001A
- Rif. [2] Relazione di calcolo travata metallica – NN1X00D09CLVI0109001A

### 1.3 Materiali

#### 1.3.1 Calcestruzzo per fondazioni e pali

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

Classe d'esposizione: XC2

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

Classe minima di consistenza: S4

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

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	$R_{ck}$	<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 di seguito:

Classe d'esposizione: XC4+XS1

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

Classe minima di consistenza: S4

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

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	$R_{ck}$	<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**

### 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)

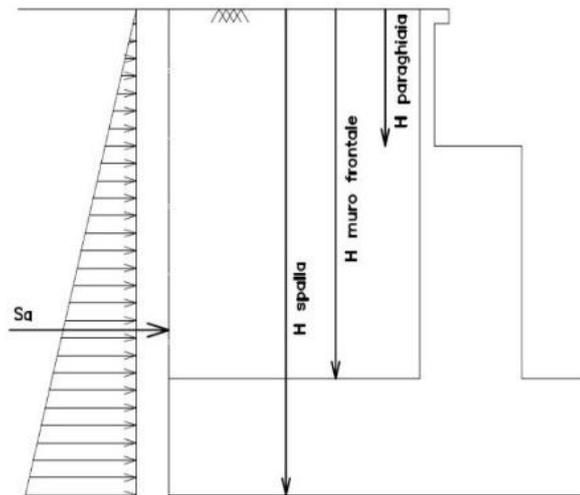
I pesi degli elementi strutturali sono dedotti utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a  $25 \text{ kN/m}^3$ , e a tergo della spalla, applicato sulla zattera posteriore, viene considerato un carico pari al peso del rinterro calcolato con un peso di volume pari a  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$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

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:

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

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

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



**Figura 5: Spinta in quiete del terreno**

## 2.2 Permanenti Portati (G2)

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

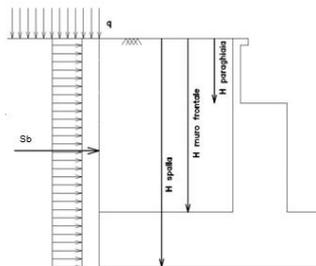
### Analisi sovraccarichi permanenti portati

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

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

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

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



**Figura 6: Spinte Sovraccarico Permanente**

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

	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO					
	<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 01 04 001	A	13 di 87

### 2.3 Azioni Termiche – (Temp SLU)

Si considera una variazione termica uniforme volumetrica per l’impalcato in acciaio pari a  $\pm 25^{\circ}\text{C}$ .  $\pm 25^{\circ}\text{C}$ . 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
	secondo	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> +SW/0 <sup>0</sup> )	-	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> +SW/0 <sup>0</sup> )
2	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
	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> )
≥ 3	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
	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

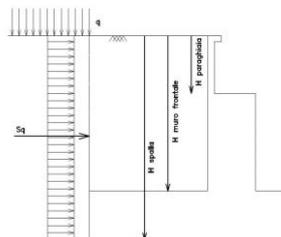
<sup>(2)</sup> Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

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  $H/2$ .



	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 01 04 001	A	15 di 87

**Figura 7: 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 01 04 001	A	16 di 87

## 2.9 Azione Sismica (E)

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

### 2.9.1 Valutazione dei parametri di pericolosità

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

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

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

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

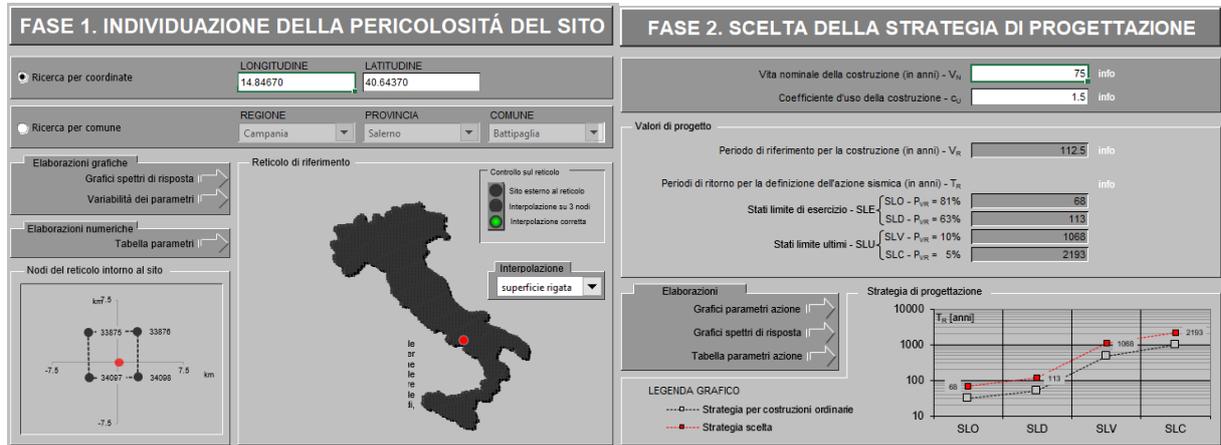
$$V_R = V_N \cdot C_U$$

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

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

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

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



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

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

**Tabella 3: valori dei funzionali dello spettro di risposta sismica**

In cui:

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

In Tabella 4 si riportano i valori dei funzionali e le coordinate dei punti del solo spettro di risposta sismica relativo allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV):

**Parametri indipendenti**

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

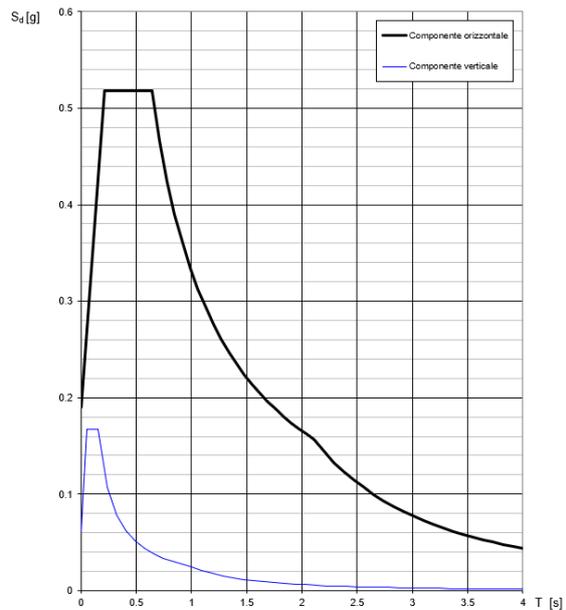
**Parametri dipendenti**

$S$	1.492
$\eta$	1.000
$T_B$	0.213 s
$T_C$	0.639 s
$T_D$	2.111 s

**Punti dello spettro di risposta**

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

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



**Tabella 4: Parametri spettro di risposta sismica allo SLV**

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

### 2.9.2 Sovrappinta sismica

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

Table C.1 — Ratios  $v_d/h$

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

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

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

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

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

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

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

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

$\phi$  = 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 2.9cm (come desumibile dalla Relazione Geotecnica Rif. [1] alla quale si rimanda per maggiori dettagli) e quindi superiori al limite di cui alla relazione  $v/h = 2.9/646 * 100 = 0.44\% > 0.05\%$ , 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 01 04 001	A	21 di 87

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  
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 01 04 001	A	22 di 87

### 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 5 si riportano le caratteristiche dei materiali e le geometrie degli elementi raffigurati in Figura 8:

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]
13.70	2.00	9.55	0.00	10.00	1.50	6.850	0.00	1.00	0.00	261.67	6'542	667

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	2.80	2.20	9.15	1.00	0.00	2.600	0.00	3.40	0.00	56.36	1'409	144

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

MURO D'ALTA												
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]
10.00	4.55	10.00	7.95	0.00	sym	8.70	0.00	4.54	0.00	361.73	6'873	701

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]
10.00	4.550	10.000	0.800	0.00	2	sym	8.70	0.00	4.54	0.00	72.80	1'820	186

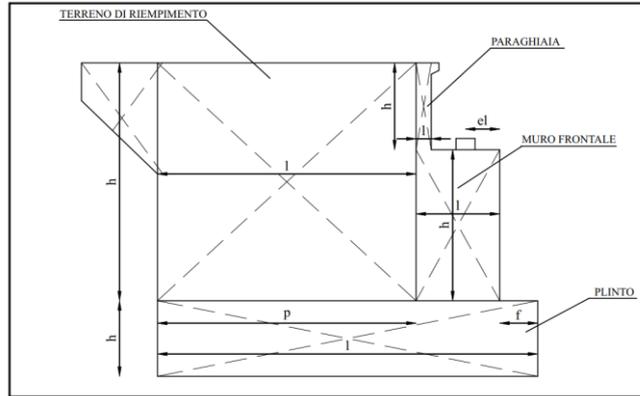
  

BANDIERA														
l [m]	ht [m]	hi [m]	t [m]	eh [m]	et [m]	n°	pos	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m <sup>3</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	P [KN]	m [t]
0.00	0.900	0.000	0.00	0.00	0.00	2	sym	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0

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	1.50	9.55	0.75	2.75	0.00	21.49	408	42				

Tabella 5: Geometria Sezione



**Figura 8: Sezione tipo spalla**

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

CLS		TERRA									
$\gamma$ [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 [kNm <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	0.128	0.19	0.04	1.87	0.38						
SOVRACCARICO PERMANENTE -BALLAST						SOVRACCARICO ACCIDENTALE - TRAFFICO					
B(q) [m]	q [KN/m <sup>2</sup> ]	$b_1$ [m]	Fv [kN]	B(q) [m]	q [KN/m <sup>2</sup> ]	Fq [kN]	L(fr) [m]	$\lambda(fr)$ [kN/m]			
3	14.4	8.7	432	3	57.3	1719	11.34	35			

**Tabella 6: Parametri dei materiali e calcolo sovraccarichi**

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

Direzione Longitudinale					SPINTA RIPOSO					
H [m]	H1 [m]	Hma [m]	t [m]	tma [m]	TERRENO	$\lambda_0$	$F_{0h}$ [kN]	$F_{0v}$ [kN]	$F_0$ [kN]	bh [m]
6.55	4.55	0	9.15	0	PERM	0.4	1590	0	1590	2.18
					ACC	0.4	480	0	480	3.28

	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	1010.60	1010.60	2.18	0.442	1650	639	0.341	1271	261
PERM	0.27	76.68	76.68	3.28	0.442	125	49	0.341	96	20
ACC	0.27	305.08	305.08	3.28	0.442	498	193	0.341	384	79

Direzione Trasversale					SPINTA RIPOSO					
n°	pos	segno	H [m]	l [m]	TERRENO	$\lambda_0$	$F_{0h}$ [kN]	$F_{0v}$ [kN]	$F_0$ [kN]	bh [m]
risvolti	2	sym	0	4.55	10	0.426	0	0	0	3.52
bandiere	2	sym	0	0.45	0	0.426	0	0	0	6.25
risvolti_sovr.						0.426	0	0	0	4.275
bandiere_sovr.						0.426	0	0	0	6.325

	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	3.52	0.442	0	0	0.341	0	0
bandiere	0.271	0	0	6.25	0.442	0	0	0.341	0	0
risvolti_sovr.	0.271	0	0	4.275	0.442	0	0	0.341	0	0
bandiere_sovr.	0.271	0	0	6.325	0.442	0	0	0.341	0	0

**Tabella 7: Parametri caratteristici delle azioni**



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 001	A	27 di 87

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

**Spinta sismica del terreno - NTC 2018**

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

**Tabella 8: Coefficienti di spinta**

Si riportano in tabella gli scarichi non fattorizzati provenienti dall'impalcato, derivanti dal modello SAP2000 descritto in Rif. [1].

**TABLE: Element Forces - Frames**

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m
SA	0.00	Peso proprio	LinStatic		-1076	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	Peso proprio	LinStatic		-1076	0	0	0	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	SW2	LinMoving	Max P	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	SW2	LinMoving	Max P	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	SW2	LinMoving	Min P	-3084	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	SW2	LinMoving	Min P	-3084	0	0	0	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	SW2	LinMoving	Max V2	-2438	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	SW2	LinMoving	Max V2	-2438	0	0	0	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	SW2	LinMoving	Min V2	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	SW2	LinMoving	Min V2	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	SW2	LinMoving	Max V3	-1321	0	19	715	966	0	SA-1	0.00
SA	0.10	SW2	LinMoving	Max V3	-1321	0	19	715	965	0	SA-1	0.10
SA	0.00	SW2	LinMoving	Min V3	-1317	0	-19	-721	-1008	0	SA-1	0.00
SA	0.10	SW2	LinMoving	Min V3	-1317	0	-19	-721	-1007	0	SA-1	0.10
SA	0.00	SW2	LinMoving	Max T	-1321	0	19	715	966	0	SA-1	0.00
SA	0.10	SW2	LinMoving	Max T	-1321	0	19	715	965	0	SA-1	0.10
SA	0.00	SW2	LinMoving	Min T	-1317	0	-19	-721	-1008	0	SA-1	0.00
SA	0.10	SW2	LinMoving	Min T	-1317	0	-19	-721	-1007	0	SA-1	0.10
SA	0.00	SW2	LinMoving	Max M2	-1542	0	19	698	1180	0	SA-1	0.00
SA	0.10	SW2	LinMoving	Max M2	-1542	0	19	698	1178	0	SA-1	0.10
SA	0.00	SW2	LinMoving	Min M2	-1542	0	-19	-698	-1180	0	SA-1	0.00
SA	0.10	SW2	LinMoving	Min M2	-1542	0	-19	-698	-1178	0	SA-1	0.10
SA	0.00	SW2	LinMoving	Max M3	-2438	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	SW2	LinMoving	Max M3	-3084	0	0	0	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	SW2	LinMoving	Min M3	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	SW2	LinMoving	Min M3	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	Ex	LinRespSpec	Max	491	2545	1	3	2	1018	SA-1	0.00
SA	0.10	Ex	LinRespSpec	Max	491	2545	1	3	2	763	SA-1	0.10
SA	0.00	Ey	LinRespSpec	Max	2	1	1204	5010	2131	0	SA-1	0.00
SA	0.10	Ey	LinRespSpec	Max	2	1	1204	5010	2026	0	SA-1	0.10
SA	0.00	Ez	LinRespSpec	Max	180	226	1	1	1	91	SA-1	0.00
SA	0.10	Ez	LinRespSpec	Max	180	226	1	1	1	68	SA-1	0.10
SA	0.00	Permanenti portati	Combination		-1066	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	Permanenti portati	Combination		-1066	0	0	0	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	Serp_LM71	Combination	Max	0	0	109	279	77	0	SA-1	0.00
SA	0.10	Serp_LM71	Combination	Max	0	0	109	279	66	0	SA-1	0.10
SA	0.00	Serp_LM71	Combination	Min	0	0	1	-23	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	Serp_LM71	Combination	Min	0	0	1	-23	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	Serp_SW2	Combination	Max	0	0	99	254	70	0	SA-1	0.00
SA	0.10	Serp_SW2	Combination	Max	0	0	99	254	60	0	SA-1	0.10
SA	0.00	Serp_SW2	Combination	Min	0	0	1	-21	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	Serp_SW2	Combination	Min	0	0	1	-21	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	Temp SLU	Combination	Max	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	Temp SLU	Combination	Max	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	Temp SLU	Combination	Min	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	Temp SLU	Combination	Min	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	Wk	Combination	Max	0	0	382	1573	957	0	SA-1	0.00
SA	0.10	Wk	Combination	Max	0	0	382	1573	919	0	SA-1	0.10
SA	0.00	Wk	Combination	Min	0	0	170	702	406	0	SA-1	0.00
SA	0.10	Wk	Combination	Min	0	0	170	702	389	0	SA-1	0.10
SA	0.00	AF-LM71	Combination	Max	13	1103	0	1	0	441	SA-1	0.00
SA	0.10	AF-LM71	Combination	Max	13	1103	0	1	0	331	SA-1	0.10
SA	0.00	AF-LM71	Combination	Min	-13	-1103	0	-1	0	-441	SA-1	0.00

TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m
SA	0.10	AF-LM71	Combination	Min	-13	-1103	0	-1	0	-331	SA-1	0.10
SA	0.00	AF-SW2	Combination	Max	16	1319	0	1	0	528	SA-1	0.00
SA	0.10	AF-SW2	Combination	Max	16	1319	0	1	0	396	SA-1	0.10
SA	0.00	AF-SW2	Combination	Min	-16	-1319	0	-1	0	-528	SA-1	0.00
SA	0.10	AF-SW2	Combination	Min	-16	-1319	0	-1	0	-396	SA-1	0.10
SA	0.00	LM71	Combination	Max P	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	LM71	Combination	Max P	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	LM71	Combination	Min P	-2678	0	3	117	216	0	SA-1	0.00
SA	0.10	LM71	Combination	Min P	-2678	0	3	117	215	0	SA-1	0.10
SA	0.00	LM71	Combination	Max V2	-2030	0	-3	-114	-164	0	SA-1	0.00
SA	0.10	LM71	Combination	Max V2	-2030	0	-3	-114	-163	0	SA-1	0.10
SA	0.00	LM71	Combination	Min V2	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	LM71	Combination	Min V2	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	LM71	Combination	Max V3	-1341	0	18	680	883	0	SA-1	0.00
SA	0.10	LM71	Combination	Max V3	-1341	0	18	680	881	0	SA-1	0.10
SA	0.00	LM71	Combination	Min V3	-1160	0	-18	-679	-982	0	SA-1	0.00
SA	0.10	LM71	Combination	Min V3	-1160	0	-18	-679	-981	0	SA-1	0.10
SA	0.00	LM71	Combination	Max T	-1341	0	18	680	883	0	SA-1	0.00
SA	0.10	LM71	Combination	Max T	-1341	0	18	680	881	0	SA-1	0.10
SA	0.00	LM71	Combination	Min T	-1160	0	-18	-679	-982	0	SA-1	0.00
SA	0.10	LM71	Combination	Min T	-1160	0	-18	-679	-981	0	SA-1	0.10
SA	0.00	LM71	Combination	Max M2	-1339	0	15	584	1132	0	SA-1	0.00
SA	0.10	LM71	Combination	Max M2	-1339	0	15	584	1130	0	SA-1	0.10
SA	0.00	LM71	Combination	Min M2	-1339	0	-15	-584	-1132	0	SA-1	0.00
SA	0.10	LM71	Combination	Min M2	-1339	0	-15	-584	-1130	0	SA-1	0.10
SA	0.00	LM71	Combination	Max M3	-2030	0	-3	-114	-164	0	SA-1	0.00
SA	0.10	LM71	Combination	Max M3	-2678	0	-3	-103	-215	0	SA-1	0.10
SA	0.00	LM71	Combination	Min M3	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	LM71	Combination	Min M3	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.10

Con il seguente significato

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

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

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

- Fv, forza verticale;
- Fl, forza longitudinale;

$F_t$ , forza trasversale;

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

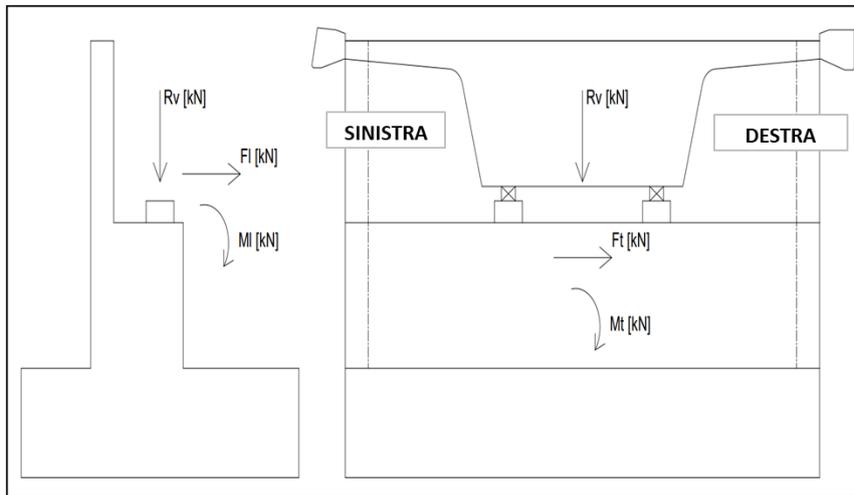
$b_h$ , braccio delle forze orizzontali, rispetto alla quota intradosso fondazione;

$M_{sl}$ , 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;



**AZIONI NON FATTORIZZATE (rispetto allo spigolo all'INTRADOSSO a valle 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>	6'542			6.85	1.00	44'811			0	0	
<b>MURO FRONTALE</b>	1'409			2.60	3.40	3'664		0.00	0	5'989	
<b>PARAGHIAIA</b>	160			3.50	5.68	560		0.00	0	536	
<b>MURO D'ALA</b>	0			0.00	2.00	0		0.00	0	0	
<b>MURI LATERALI DI RISVOLTO</b>	1'820			8.70	4.54	15'834		0.00	0	-3'367	
<b>BANDIERA</b>	0			0.00	0.00	0		0.00	0	0	
<b>TOTALE</b>	9'931					64'869			0	3'158	

**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>	6873			8.70	4.54	59'793		0.00	0	-12'715	
<b>RICOPRIMENTO</b>	408			0.75	-2.75	306		0.00		2'490	
<b>TOTALE</b>	7'281					60'099			0	-10'224	

**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>		1'011			2.18		2'206			2'206	
<b>SOVRACCARICO PERMANENTE</b>	432	77		8.70	3.28	3758.40	251			-548	
<b>FRENATURA</b>		397			3.28		1'300			1'300	
<b>SOVRACCARICO ACC</b>	1719	305		8.70	3.28		999			12'773	

**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	1'590			2.18	0	3'472			3'472	
<b>SOVRACCARICO PERMANENTE</b>	432	121		8.70	3.28	3758	395			-404	
<b>FRENATURA</b>		397			3.28		1'300			1'300	
<b>SOVRACCARICO ACC</b>	1719	480		8.70	3.28	14953	1'572			-1'607	

**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>		1'249			1.00		1'249		1'249	
<b>M FRONTALE</b>		269			3.40		914		914	
<b>PARAGHIAIA</b>		31			5.68		173		173	
<b>MURO LATERALE DI CHIUSURA</b>		0			2.00		0		0	
<b>RISVOLTI</b>		347			4.54		1'576		1'576	
<b>BANDIERE</b>		0			0.00		0		0	
<b>TOTALE</b>		1'896					3'913		3'913	

**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>			1'249		1.00			1'249	0	
<b>M FRONTALE</b>			269		3.40			914	0	
<b>PARAGHIAIA</b>			31		5.68			173	0	
<b>MURO LATERALE DI CHIUSURA</b>			0		2.00			0	0	
<b>RISVOLTI</b>			347		4.54			1'576	0	
<b>BANDIERE</b>			0		0.00			0	0	
<b>TOTALE</b>			1'896					3'913	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>	251			6.85		1'721			0	
<b>M FRONTALE</b>	54			2.60		141			230	
<b>PARAGHIAIA</b>	6			3.50		22			21	
<b>MURO LATERALE DI CHIUSURA</b>	0			0.00		0			0	
<b>RISVOLTI</b>	70			8.70		608			-129	
<b>BANDIERE</b>	0			0.00		0			0	
<b>TOTALE</b>	381					2'491			121	

**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>		726			3.28		2'505		2'505	

**SOVRASPINTA SISMICA TERRENO longitudinale SV(-)**

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

**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>		1'312			4.54		5'953		5'953	

**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>			1'312		4.54			5'953	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>	264			8.70		2'296			-488	

Tabella 9: Calcolo delle spinte del terrapieno



#### 4.1.4 Azioni Caratteristiche statiche

Descrizione azione elementare	ELEMENTARI	FI	MI	Rt	Mt	T	FV	Msl	Mrl	Sigla
Peso proprio	G1'	1590	1087	0	0	0	18288	127659	3472	G1
Carichi permanenti portati	G2	121	4233	0	0	0	1498	6424	395	G2
Traffico Carico Verticale (SW2)	SW2'	480	4139	19	1058	715	3040	18256	1572	SW2
Traffico Carico Verticale (LM71)	LM71'	480	4224	18	970	680	3059	18304	1572	LM71
Avviamento e frenatura (SW2)	AF-SW2'	1716	8228	0	0	1	16	40	8158	AFSW2
Avviamento e Frenatura (LM71)	AF-LM71'	1500	7092	0	0	1	13	34	7034	AFLM71
Serpeggio(SW2)	Serp_SW2	0	0	99	547	254	0	0	0	SSW2
Serpeggio(LM71)	Serp_LM71	0	0	109	602	279	0	0	0	SLM71
Azione del vento	Wk	0	0	382	2789	1573	0	0	0	Wk
Variazioni termiche uniformi	Twk'	0	0	0	0	0	0	0	0	Twk
Resistenze Parassite nei Vincoli	RPV	104	499	0	0	0	0	0	0	RPV

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

Nome azione	SPALLA	FI	MI	Rt	Mt	T	FV	Msl	Mrl	Load Type	φ / ψ
G1 p.p. CLS spalla	PP_spalla	0	3158	0	0	0	9931	64869	0		1.0
Peso terreno spalla	PP_terreno	0	-10224	0	0	0	7281	60099	0		1.0
Spinta attiva long.	SA-L	1011	2206	0	0	0	0	0	2206		1.0
Spinta attiva sovraccarico long.	SA-L_sovraccarico PERM	77	-548	0	0	0	432	3758	251		1.0
Spinta attiva trasv.	SA-T	0	0	0	0	0	0	0	0		1.0
Spinta a riposo trasv.	SR-T	0	0	0	0	0	0	0	0		1.0
Inerzia long. cls spalla	SIS-L_SPALLA	1896	3913	0	0	0	0	0	3913		1.0
Inerzia trasv. cls spalla	SIS-T_SPALLA	0	0	1896	3913	0	0	0	0		1.0
Inerzia vert. cls spalla	SIS-V_SPALLA	0	121	0	0	0	381	2491	0		1.0
Sovraspinta sismica long. con sisma verticale +	S-SIS-L_SV(+)	726	2505	0	0	0	0	0	2505		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	1312	5953	0	0	0	0	0	5953		1.0
Inerzia trasv. riempimento	SIS-T_RIEMPIMENTO	0	0	1312	5953	0	0	0	0		1.0
Inerzia vert. riempimento	SIS-V_RIEMPIMENTO	0	-488	0	0	0	264	2296	0		1.0
Spinta attiva sovraccarico long.	SA-L_sovraccarico ACC	305	12773	0	0	0	1719	0	999		1.0
Frenatura	FR	397	1300	0	0	0	0	0	1300		1.0

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

Nome azione	IMPALCATO	FI	MI	Rt	Mt	T	FV	Msl	Mrl	Load Type	$\phi / \psi$	Note	comb
Permanenti (Travi + Soletta)	Peso Proprio	0	4681	0	0	0	1076	2690	0		1.0		
Permanenti Portati	Permanenti Portati	0	4638	0	0	0	1066	2665	0		1.0		
Traffico Carico Verticale (SW/2)	LM71	0	5831	18	970	680	1341	3351	0	moving	1.0		max Ft
Avviamento e Frenatura	AF-LM71	1103	5792	0	0	1	13	34	5733	env	1.0		max
Serpeggio	Serp_LM71	0	0	109	602	279	0	0	0	env	1.0		max
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		max
Interazione Binario - Temperatura	I-Twk	0	0	0	0	0	0	0	0		1.0		
Azione Sismica Longitudinale	EX	1696	10246	1	5	2	327	818	8822	max	0.7		max
Azione Sismica Trasversale	EY	1	9	803	5274	3340	2	4	3	max	0.7		max
Azione Sismica Verticale	EZ	151	1305	0	3	1	120	299	785	max	0.7		max

#### 4.1.7 Combinazioni manuali Sismiche

Permanenti	G1'	1011	-179	0	0	0	18288	127659	2206	
Permanenti Portati	G2	77	4089	0	0	0	1498	6424	251	
Traffico Carico Verticale (SW/2)	LM71'	305	18604	18	970	680	3059	3351	999	
Avviamento e Frenatura	AF-LM71'	1500	7092	0	0	1	13	34	7034	
Variazione termica (Tk)	Twk'	0	0	0	0	0	0	0	0	
Resistenze Parassite	RPV	64	308							0.03
Azione Sismica Longitudinale	SX'	5630	22617	1	5	2	327	818	21193	
Azione Sismica Trasversale	SY'	1	9	4010	15140	3340	2	4	3	
Azione Sismica Verticale	SZ'	151	938	0	3	1	765	5086	785	

#### 4.1.8 Azioni caratteristiche sismiche

Descrizione azione elementare	ELEMENTARI	FI	MI	Rt	Mt	T	FV	Msl	Mrl	Sigla
Peso proprio	G1'	1011	-179	0	0	0	18288	127659	2206	G1
Carichi permanenti portati	G2	77	4089	0	0	0	1498	6424	251	G2
Traffico Carico Verticale (LM71)	LM71'	305	18604	18	970	680	3059	3351	999	LM71
Avviamento e Frenatura (LM71)	AF-LM71'	1500	7092	0	0	1	13	34	7034	AF LM71
Serpeggio (LM71)	Serp_LM71	0	0	109	602	279	0	0	0	SLM71
Variazioni termiche uniformi	Twk'	0	0	0	0	0	0	0	0	Twk
Resistenze Parassite nei Vincoli	RPV	64	308	0	0	0	0	0	0	RPV
Azione Sismica SX	SX'	5630	22617	1	5	2	327	818	21193	SX
Azione Sismica SY	SY'	1	9	4010	15140	3340	2	4	3	SY
Azione Sismica SZ	SZ'	151	938	0	3	1	765	5086	785	SZ



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 01 04 001	A	36 di 87

## 4.2 Combinazioni

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$G1 + G2 + 0.2 Q_{ki}$

Coefficiente			EQU <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 10: 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
Neve	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

**Tabella 11: Coefficienti  $\psi$  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 12: Combinazione SLE-RARA**

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

**Tabella 13: Combinazione SLE-FREQ**

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

**Tabella 14: combinazione SLE-QP**



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 NN1X 00 D 09 CL VI 01 04 001 A 39 di 87

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

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

Tabella 15: combinazione SLU

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

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

Tabella 16: combinazione SLV

### 4.3 Sollecitazioni

#### 4.3.1 Sollecitazioni base plinto

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

<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	33923.7	38000.2	2907.24	5747.14	415.754	1600.24	214895	19389.1	FVmax	SLU7	7
Fvmin	18288.1	2215.8	4184.26	1825.45	572.724	2359.16	127659	3472.07	FVmax	SLU6	6
Flmax	33923.7	38000.2	2907.24	5747.14	415.754	1600.24	214895	19389.1	FVmax	SLU7	7
Flmin	23039.7	-269.48	-736.51	784.052	126.816	-395.61	154989	-2306.4	Mtmin	SLU10	202
Mlmax	33923.7	38000.2	2907.24	5747.14	415.754	1600.24	214895	19389.1	FVmax	SLU7	7
Mlmin	20803.6	-9663.3	1103.54	853.446	153.669	616.184	149399	-2306.4	FVmin	SLU10	154
Ftmax	26936.1	8946.42	4184.28	2563.03	572.725	2359.17	181975	5280.05	FVmax	SLU3	3
Ftmin	22713.2	-1640.9	-491.84	794.183	125.942	-428.59	154173	-2306.4	Ftmin	SLU10	250
Mtmax	31676	21974.8	5143.78	4433.73	514.693	2795.59	209276	13474.4	Mtmax	SLU1	49
Mtmin	23039.7	-269.48	-736.51	784.052	126.816	-395.61	154989	-2306.4	Mtmin	SLU10	202
Np max	33923.7	38000.2	2907.24	5747.14	415.754	1600.24	214895	19389.1	FVmax	SLU7	7
Np min	25275.8	31269.6	2907.22	5009.55	415.753	1600.23	160579	17581.1	FVmax	SLU10	10

<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	21531.9	18204.2	4652.14	3352.64	1215.4	1054.77	140761	11163.3	FVmax	SIS41	41
Fvmin	19267.6	-1222.3	-4545.6	-608.74	-1203.7	-1007.9	128753	-4144.4	FVmin	SIS36	324
Flmax	21095.9	32760.9	4572.18	7188.32	1214.46	1009.43	137449	25395	Flmax	SIS9	153
Flmin	19575.3	-15027	-4547.8	-4006.5	-1204.1	-1006.5	131744	-17066	FVmin	SIS12	300
Mlmax	21225.5	33325	4653.92	7188.32	1215.68	1055.61	137773	25395	FVmax	SIS9	9
Mlmin	19575.3	-15027	-4547.8	-4006.5	-1204.1	-1006.5	131744	-17066	FVmin	SIS12	300
Ftmax	20728.6	15692	15455.4	3097.44	4036.23	3532.69	136531	9923.5	Ftmax	SIS17	209
Ftmin	20035.3	-5.8314	-15356	-574.04	-4014.3	-3479.1	132894	-4045.7	Ftmin	SIS28	508
Mtmax	20728.3	15690.6	15502.7	3097.44	4035.72	3513.49	136530	9923.5	Mtmax	SIS17	113
Mtmin	20071.2	150.236	-15383	-574.04	-4013.8	-3460	132983	-4045.7	Mtmin	SIS28	412
Np max	21225.5	33325	4653.92	7188.32	1215.68	1055.61	137773	25395	FVmax	SIS9	9
Np min	21225.5	33325	4653.92	7188.32	1215.68	1055.61	137773	25395	FVmax	SIS9	9

### CARICHI PERMANENTI

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]
-	19786.2	5320.37	0.04896	1710.92	0.00043	0.0162

### COMB. SLE-CAR

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	MrI	Imp	Comb	Ind
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	24605.3	25357.5	1947.28	3906.86	278.827	1071.07	156786	13597.6	FVmax	SLER2	2
Fvmin	21172	535.075	736.961	1530.62	102.675	402.762	146072	1578.86	FVmin	SLER6	42
Flmax	23959.2	22547.2	1947.35	3906.86	278.838	1071.51	155171	13597.6	Mlmax	SLER2	8
Flmin	21521	-1774.4	735.757	1269.26	102.455	410.428	149076	-117.91	FVmin	SLER2	38
Mlmax	24605.3	25357.5	1947.28	3906.86	278.827	1071.07	156786	13597.6	FVmax	SLER2	2
Mlmin	21521	-1774.4	735.757	1269.26	102.455	410.428	149076	-117.91	FVmin	SLER2	38
Ftmax	22852.2	13090.3	3245.36	2940.78	356.533	1903.01	152404	8956.19	Ftmax	SLER4	28
Ftmin	22838	3954.41	-364.5	1269.26	83.3327	-310.1	152368	-117.91	Ftmin	SLER2	62
Mtmax	23055.1	14535.2	3489.73	3048.92	347.061	1895.46	152911	9518.53	Mtmax	SLER1	13
Mtmin	23063.2	4933.77	-533.24	1269.26	83.9357	-287.36	152931	-117.91	Mtmin	SLER2	50
Np max	24605.3	25357.5	1947.28	3906.86	278.827	1071.07	156786	13597.6	FVmax	SLER2	2
Np min	24605.3	25357.5	1947.28	3906.86	278.827	1071.07	156786	13597.6	FVmax	SLER2	2

### COMB. SLE-FREQUENTE

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	MrI	Imp	Comb	Ind
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	23745.9	26913.8	1668.34	3823.62	240.645	913.798	149310	13564.1	FVmax	SLEFR2	2
Fvmin	20484.5	869.598	614.584	1274.33	85.6434	332.517	140090	641.506	FVmin	SLEFR6	42
Flmax	23745.9	26913.8	1668.34	3823.62	240.645	913.798	149310	13564.1	FVmax	SLEFR2	2
Flmin	22203.8	5206.98	-655.62	918.698	66.9039	-357.6	145454	-1434.5	Mtmin	SLEFR2	50
Mlmax	23745.9	26913.8	1668.34	3823.62	240.645	913.798	149310	13564.1	FVmax	SLEFR2	2
Mlmin	20661.7	-1279.2	613.38	964.961	85.4229	340.183	141599	-1212.5	FVmin	SLEFR2	38
Ftmax	21992.8	14392.7	2966.41	2804.65	318.351	1745.73	144927	8668.8	Ftmax	SLEFR4	28
Ftmin	21978.6	4260.04	-486.88	925.452	66.3009	-380.35	144892	-1402.1	Ftmin	SLEFR2	62
Mtmax	22195.7	15869.4	3210.78	2919.42	308.879	1738.18	145434	9262.97	Mtmax	SLEFR1	13
Mtmin	22203.8	5206.98	-655.62	918.698	66.9039	-357.6	145454	-1434.5	Mtmin	SLEFR2	50
Np max	23745.9	26913.8	1668.34	3823.62	240.645	913.798	149310	13564.1	FVmax	SLEFR2	2
Np min	23745.9	26913.8	1668.34	3823.62	240.645	913.798	149310	13564.1	FVmax	SLEFR2	2

### COMB. SLE-QUASI PERMANENTE

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	MrI	Imp	Comb	Ind
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	19786.2	5628.84	0.04918	1775.19	0.00043	0.01633	134082	4175.71	FVmax	SLEQP1	1
Fvmin	19786.2	5320.37	0.04896	1710.92	0.00043	0.0162	134082	3867.24	FVmax	SLEQP2	2
Flmax	19786.2	5628.84	0.04918	1775.19	0.00043	0.01633	134082	4175.71	FVmax	SLEQP1	1
Flmin	19786.2	5011.89	0.04874	1646.66	0.00043	0.01607	134082	3558.77	FVmin	SLEQP1	13
Mlmax	19786.2	5628.84	0.04918	1775.19	0.00043	0.01633	134082	4175.71	FVmax	SLEQP1	1
Mlmin	19786.2	5011.89	0.04874	1646.66	0.00043	0.01607	134082	3558.77	FVmin	SLEQP1	13
Ftmax	19786.2	5628.84	0.04918	1775.19	0.00043	0.01633	134082	4175.71	FVmax	SLEQP1	1
Ftmin	19786.2	5011.89	0.04874	1646.66	0.00043	0.01607	134082	3558.77	FVmin	SLEQP1	13
Mtmax	19786.2	5628.84	0.04918	1775.19	0.00043	0.01633	134082	4175.71	FVmax	SLEQP1	1
Mtmin	19786.2	5011.89	0.04874	1646.66	0.00043	0.01607	134082	3558.77	FVmin	SLEQP1	13
Np max	19786.2	5628.84	0.04918	1775.19	0.00043	0.01633	134082	4175.71	FVmax	SLEQP1	1
Np min	19786.2	5628.84	0.04918	1775.19	0.00043	0.01633	134082	4175.71	FVmax	SLEQP1	1



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 01 04 001	A	42 di 87

#### 4.3.2 Sollecitazioni in testa palo

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

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

Dove:

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

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

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

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

dove  $H_l, H_t$

sono le forze orizzontali longitudinale e trasversale agenti al baricentro della palificata.

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

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

Dove:

$H$  è il taglio massimo in testa al palo

$L_o = (4EJ / Es)^{1/4}$  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.

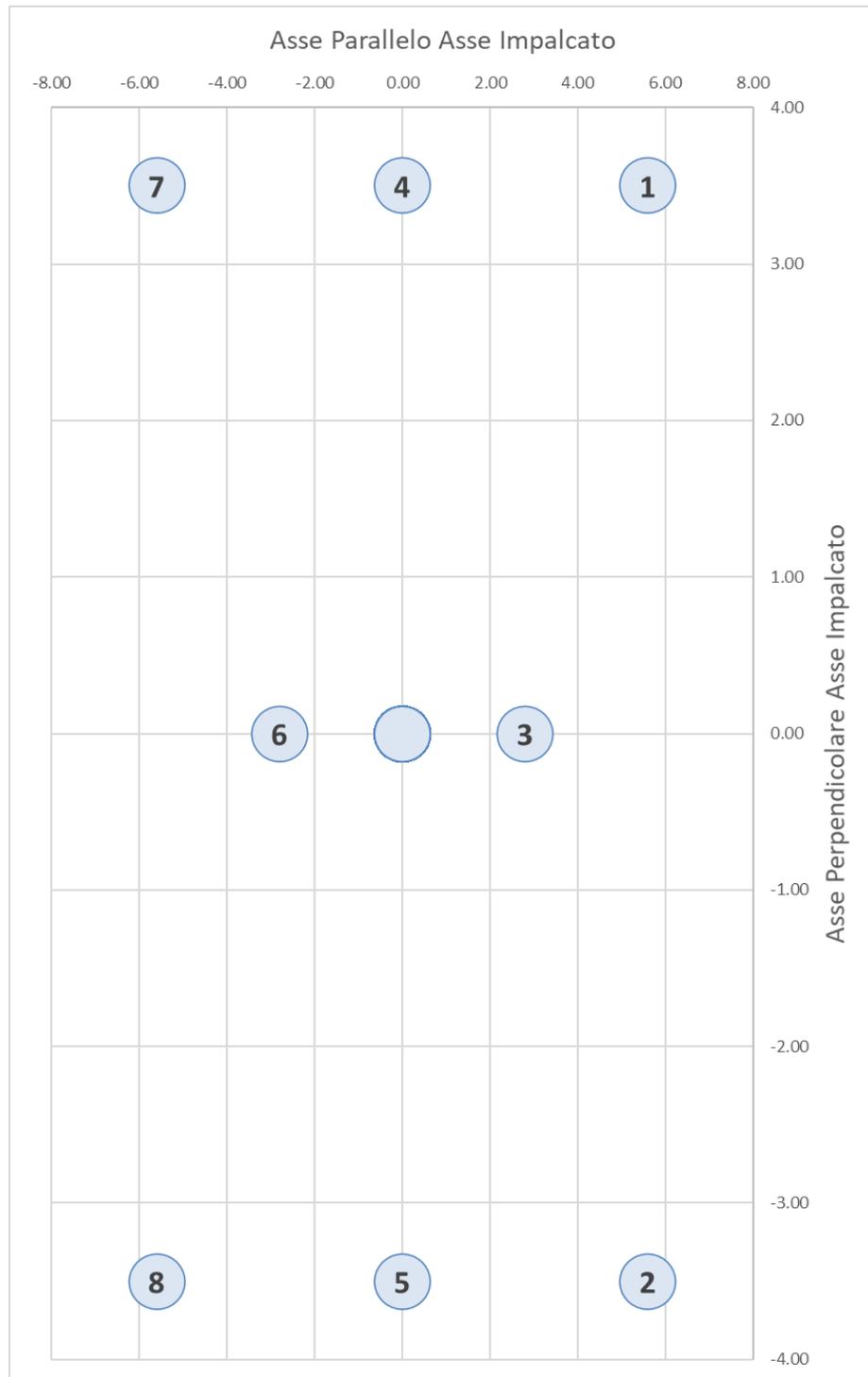
#### *Plinto di fondazione*

Altezza plinto	2.00	m
Dimensione long.fondazione	13.70	m
Dimensione trasv. fondazione	9.55	m
Inclinazione plinto	0.00	°
Sbalzo anteriore	1.50	m
Sbalzo posteriore	10.00	m
Altezza terreno ricoprimento	1.50	m
Altezza terreno riempimento	4.55	

#### *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	8.00	
Modulo long.minimo palo	25.20	m
Modulo trasv.minimo palo	21.00	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



**Figura 9: Disposizione pali**

**SLU**

Cond.	Comb	1	2	3	4	5	6	7	8
-	-	kN							
<b>Fvmax</b>	<b>SLU7</b>	5887	5610	4994	4379	4102	3486	2871	2594
<b>Fvmin</b>	<b>SLU6</b>	2573	2175	2330	2485	2087	2242	2397	1999
<b>Fmax</b>	<b>SLU7</b>	5887	5610	4994	4379	4102	3486	2871	2594
<b>Fmin</b>	<b>SLU10</b>	2834	2904	2875	2845	2915	2885	2856	2926
<b>Mlmax</b>	<b>SLU7</b>	5887	5610	4994	4379	4102	3486	2871	2594
<b>Mlmin</b>	<b>SLU10</b>	2270	2164	2409	2653	2548	2792	3036	2931
<b>Ftmax</b>	<b>SLU3</b>	3921	3523	3545	3566	3168	3190	3211	2813
<b>Ftmin</b>	<b>SLU10</b>	2751	2797	2807	2816	2863	2872	2881	2928
<b>Mtmax</b>	<b>SLU1</b>	5076	4587	4396	4204	3715	3523	3332	2843
<b>Mtmin</b>	<b>SLU10</b>	2834	2904	2875	2845	2915	2885	2856	2926
<b>Np max</b>	<b>SLU7</b>	5887	5610	4994	4379	4102	3486	2871	2594
<b>Np min</b>	<b>SLU10</b>	4539	4262	3780	3298	3021	2539	2057	1780

**SIS**

Cond.	Comb	1	2	3	4	5	6	7	8
-	-	kN							
<b>Fvmax</b>	<b>SIS41</b>	3637	3194	3054	2913	2470	2329	2189	1746
<b>Fvmin</b>	<b>SIS36</b>	2142	2575	2384	2192	2625	2433	2242	2675
<b>Fmax</b>	<b>SIS9</b>	4159	3723	3289	2855	2419	1985	1551	1115
<b>Fmin</b>	<b>SIS12</b>	1631	2064	2147	2230	2663	2747	2830	3263
<b>Mlmax</b>	<b>SIS9</b>	4201	3758	3316	2875	2432	1990	1549	1105
<b>Mlmin</b>	<b>SIS12</b>	1631	2064	2147	2230	2663	2747	2830	3263
<b>Ftmax</b>	<b>SIS17</b>	3951	2479	2903	3327	1855	2279	2703	1231
<b>Ftmin</b>	<b>SIS28</b>	1772	3234	2504	1773	3236	2505	1775	3237
<b>Mtmax</b>	<b>SIS17</b>	3953	2477	2903	3329	1853	2279	2705	1229
<b>Mtmin</b>	<b>SIS28</b>	1781	3246	2511	1776	3241	2506	1772	3237
<b>Np max</b>	<b>SIS9</b>	4201	3758	3316	2875	2432	1990	1549	1105
<b>Np min</b>	<b>SIS9</b>	4201	3758	3316	2875	2432	1990	1549	1105

**SLU**

<b>N<sub>max</sub></b>	<b>N<sub>min</sub></b>	<b>H<sub>max</sub></b>
kN	kN	kN
5887	1780	833

**SIS**

<b>N<sub>max</sub></b>	<b>N<sub>min</sub></b>	<b>H<sub>max</sub></b>
kN	kN	kN
4201	1105	968

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

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

**SLE-R**

Cond.	Comb	1	2	3	4	5	6	7	8
-	-	kN							
Fvmax	SLEFR2	4175	3989	3579	3168	2983	2573	2162	1977
Fvmin	SLEFR6	2703	2633	2657	2682	2611	2636	2660	2590
Fimax	SLEFR2	3982	3797	3442	3088	2902	2548	2193	2007
Fimin	SLEFR2	2655	2585	2655	2725	2655	2725	2796	2726
Mlmax	SLEFR2	4175	3989	3579	3168	2983	2573	2162	1977
Mlmin	SLEFR2	2655	2585	2655	2725	2655	2725	2796	2726
Ftmax	SLEFR4	3531	3221	3116	3011	2702	2597	2492	2183
Ftmin	SLEFR2	2994	3029	2933	2837	2872	2776	2680	2715
Mtmax	SLEFR1	3625	3293	3170	3048	2716	2593	2471	2139
Mtmin	SLEFR2	3053	3104	2981	2858	2908	2785	2662	2713
Np max	SLEFR2	4175	3989	3579	3168	2983	2573	2162	1977
Np min	SLEFR2	4175	3989	3579	3168	2983	2573	2162	1977

**SLE-FR**

Cond.	Comb	1	2	3	4	5	6	7	8
-	-	kN							
Fvmax	SLEFR2	4116	3957	3502	3048	2889	2434	1980	1821
Fvmin	SLEFR6	2624	2566	2578	2590	2531	2543	2555	2497
Fimax	SLEFR2	4116	3957	3502	3048	2889	2434	1980	1821
Fimin	SLEFR2	2951	3013	2879	2744	2807	2672	2538	2600
Mlmax	SLEFR2	4116	3957	3502	3048	2889	2434	1980	1821
Mlmin	SLEFR2	2561	2503	2557	2612	2553	2608	2663	2604
Ftmax	SLEFR4	3462	3179	3035	2890	2608	2464	2319	2037
Ftmin	SLEFR2	2893	2940	2832	2724	2771	2663	2555	2601
Mtmax	SLEFR1	3557	3251	3089	2927	2622	2460	2298	1992
Mtmin	SLEFR2	2951	3013	2879	2744	2807	2672	2538	2600
Np max	SLEFR2	4116	3957	3502	3048	2889	2434	1980	1821
Np min	SLEFR2	4116	3957	3502	3048	2889	2434	1980	1821

**SLE-QP**

Cond.	Comb	1	2	3	4	5	6	7	8
-	-	kN							
Fvmax	SLEQP1	2697	2697	2585	2473	2473	2362	2250	2250
Fvmin	SLEQP2	2684	2684	2579	2473	2473	2368	2262	2262
Fimax	SLEQP1	2697	2697	2585	2473	2473	2362	2250	2250
Fimin	SLEQP1	2672	2672	2573	2473	2473	2374	2274	2274
Mlmax	SLEQP1	2697	2697	2585	2473	2473	2362	2250	2250
Mlmin	SLEQP1	2672	2672	2573	2473	2473	2374	2274	2274
Ftmax	SLEQP1	2697	2697	2585	2473	2473	2362	2250	2250
Ftmin	SLEQP1	2672	2672	2573	2473	2473	2374	2274	2274
Mtmax	SLEQP1	2697	2697	2585	2473	2473	2362	2250	2250
Mtmin	SLEQP1	2672	2672	2573	2473	2473	2374	2274	2274
Np max	SLEQP1	2697	2697	2585	2473	2473	2362	2250	2250
Np min	SLEQP1	2697	2697	2585	2473	2473	2362	2250	2250

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

### 4.3.3 Sollecitazioni muro frontale

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

COMB. SLU										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	1056	1125	227	415	45	175		FVmax	SLU7	7
Fvmin	289	195	332	110	63	258		FVmax	SLU6	6
Fimax	1056	1125	227	415	45	175		FVmax	SLU7	7
Fimin	536	-451	-108	-90	14	-43		Mtmin	SLU10	202
Mlmax	1056	1125	227	415	45	175		FVmax	SLU7	7
Mlmin	292	-455	87	-83	17	67		FVmin	SLU10	154
Ftmax	565	287	332	153	63	258		FVmax	SLU3	3
Ftmin	500	-452	-81	-89	14	-47		Ftmin	SLU10	250
Mtmax	811	745	450	302	56	306		Mtmax	SLU1	49
Mtmin	536	-451	-108	-90	14	-43		Mtmin	SLU10	202
Tmax	776	738	416	301	56	308		Ftmax	SLU1	97
Tmin	499	-118	-81	15	14	-48		Ftmin	SLU4	244

COMB. SISMICA										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	526	2391	203	776	49	170		FVmax	SIS9	9
Fvmin	344	-1641	-194	-554	-47	-165		FVmin	SIS4	292
Fimax	512	2390	194	776	48	165		Mlmax	SIS9	57
Fimin	344	-1673	-194	-563	-47	-165		FVmin	SIS12	300
Mlmax	526	2391	203	776	49	170		FVmax	SIS9	9
Mlmin	344	-1673	-194	-563	-47	-165		FVmin	SIS12	300
Ftmax	459	1282	672	448	160	569		Ftmax	SIS17	209
Ftmin	407	-1014	-666	-351	-158	-563		Ftmin	SIS28	508
Mtmax	459	1282	678	448	160	567		Mtmax	SIS17	113
Mtmin	411	-1014	-669	-351	-158	-561		Mtmin	SIS28	412
Tmax	459	1282	672	448	160	569		Ftmax	SIS17	209
Tmin	407	-983	-666	-342	-158	-563		Ftmin	SIS20	500

Tabella 19: Sollecitazioni muro frontale SLU e SLV

COMB. SLE-CAR										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	744	829	152	312	30	117		FVmax	SLER2	2
Fvmin	406	40	58	68	11	44		FVmin	SLER4	40
FImax	744	829	152	312	30	117		FVmax	SLER2	2
FImin	576	-192	-77	-6	9	-31		Mtmin	SLER2	50
MImax	744	829	152	312	30	117		FVmax	SLER2	2
MImin	407	-194	58	-1	11	45		FVmin	SLER2	38
Ftmax	553	491	277	207	39	208		Ftmax	SLER4	28
Ftmin	551	-192	-58	-5	9	-34		Ftmin	SLER2	62
Mtmax	575	533	306	220	38	207		Mtmax	SLER1	13
Mtmin	576	-192	-77	-6	9	-31		Mtmin	SLER2	50
Tmax	551	529	282	219	38	209		Ftmax	SLER1	25
Tmin	550	4	-58	52	9	-35		Ftmin	SLER1	61

COMB. SLE-FREQUENTE										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	744	788	130	294	26	100		FVmax	SLEFR2	2
Fvmin	406	-2	48	50	9	36		FVmin	SLEFR4	40
FImax	744	788	130	294	26	100		FVmax	SLEFR2	2
FImin	576	-233	-86	-24	7	-39		Mtmin	SLEFR2	50
MImax	744	788	130	294	26	100		FVmax	SLEFR2	2
MImin	407	-236	48	-19	9	37		FVmin	SLEFR2	38
Ftmax	553	450	255	189	35	191		Ftmax	SLEFR4	28
Ftmin	551	-234	-68	-23	7	-42		Ftmin	SLEFR2	62
Mtmax	575	492	283	201	34	190		Mtmax	SLEFR1	13
Mtmin	576	-233	-86	-24	7	-39		Mtmin	SLEFR2	50
Tmax	551	488	260	201	34	192		Ftmax	SLEFR1	25
Tmin	550	-37	-68	34	7	-43		Ftmin	SLEFR1	61

COMB. SLE-QUASI PERMANENTE										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	406	155	0	91	0	0		FVmax	SLEQP1	1
Fvmin	406	135	0	84	0	0		FVmax	SLEQP2	2
FImax	406	155	0	91	0	0		FVmax	SLEQP1	1
FImin	406	115	0	77	0	0		FVmin	SLEQP1	13
MImax	406	155	0	91	0	0		FVmax	SLEQP1	1
MImin	406	115	0	77	0	0		FVmin	SLEQP1	13
Ftmax	406	155	0	91	0	0		FVmax	SLEQP1	1
Ftmin	406	115	0	77	0	0		FVmin	SLEQP1	13
Mtmax	406	155	0	91	0	0		FVmax	SLEQP1	1
Mtmin	406	115	0	77	0	0		FVmin	SLEQP1	13
Tmax	406	155	0	91	0	0		FVmax	SLEQP1	1
Tmin	406	115	0	77	0	0		FVmin	SLEQP1	13

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

#### 4.3.4 Sollecitazioni paraghiaia

##### AZIONI

##### Sovraccarico ferroviario

b <sub>l</sub>	6.4	m	larghezza di diffusione longitudinale al piano strada
b <sub>t</sub>	3	m	larghezza di diffusione trasversale al piano strada
a	19.2	m <sup>2</sup>	area di diffusione trasversale al piano strada
q <sub>0_1</sub>	52.08	KN/m <sup>2</sup>	sovraccarico a m <sup>2</sup> a livello strada
σ <sub>0_1</sub>	22.19	KN/m <sup>2</sup>	spinta sovraccarico a livello strada

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

B <sub>l</sub>	7.41	m	larghezza di diffusione longitudinale all'intradosso paraghiaia
B <sub>t</sub>	5.02	m	larghezza di diffusione trasversale all'intradosso paraghiaia
A	37.2	m <sup>2</sup>	area di diffusione trasversale all'intradosso paraghiaia
q <sub>0_2</sub>	26.88	KN/m <sup>2</sup>	sovraccarico a m <sup>2</sup> all'intradosso paraghiaia
σ <sub>0_2</sub>	11.45	KN/m <sup>2</sup>	spinta sovraccarico all'intradosso paraghiaia

S <sub>0</sub>	115	kN	Spinta totale
M <sub>0</sub>	118	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>	5.76	m	
S <sub>0</sub>	<b>19.9</b>	kN/m	Spinta sovraccarico a m/trasversale
M <sub>0</sub>	<b>20.4</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>	3.03	m	lunghezza di influenza della frenatura (H/tan(30))
Q <sub>l</sub> bk'=Q <sub>l</sub> bk*L <sub>fr</sub>	106	kN	forza di frenatura totale
M=Q <sub>l</sub> bk'*H	186	kNm	momento flettente totale allo spiccato

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

b <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>	4.82	m	larghezza di diffusione trasversale all'intradosso paraghiaia
Q <sub>l</sub> bk'/B <sub>t</sub>	<b>22.0</b>	kN/m	forza di frenatura a metro lineare trasversale
M=Q <sub>l</sub> bk'*H/B <sub>t</sub>	<b>38.5</b>	kNm/m	momento flettente allo spiccato a metro lineare trasversale

**Verifica della parete paraghiaia**
*Calcolo a mensola di una striscia unitaria*

peso specifico terreno di riempimento	$\gamma$	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	$ag^*S$	0.191	
altezza paraghiaia	H	1.75	m
spessore paraghiaia	s	0.40	m

**VALORI CARATTERISTICI - PARAGHIAIA**

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

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

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

**VERIFICA IN FASE SISMICA (SIS) PARAGHIAIA**

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

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

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

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

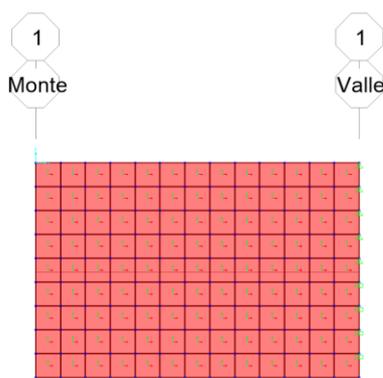
AZIONI	FATTOR	t [KN/m]	m [KNm/ml]
SPINTA A RIPOSO	1.00	12	7
SPINTA SOVRACCARICO A RIPOSO	0.60	12	12
FRENATURA RILEVATO	0.60	13	23
TOTALE		38	43

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

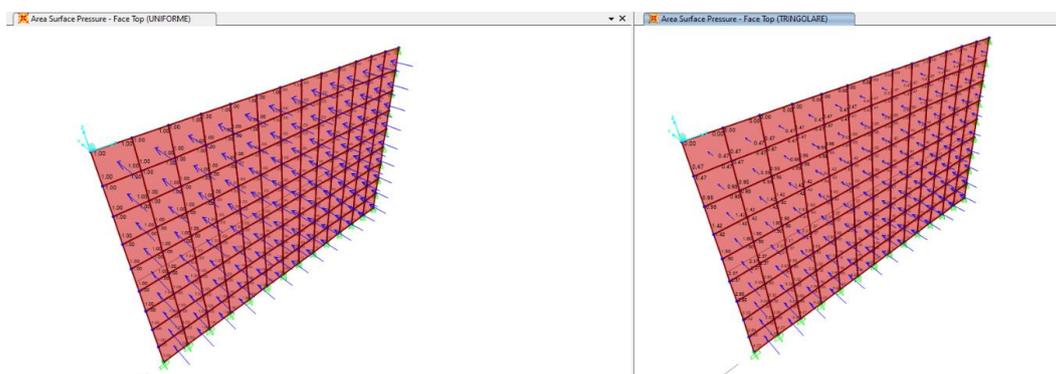
AZIONI	FATTOR	t [KN/m]	m [KNm/ml]
SPINTA A RIPOSO	1.00	12	7
TOTALE		12	7

### 4.3.5 Sollecitazioni muro di risvolto

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



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



I valori dei load case sono descritti nella tabella seguente:

**TABLE: Case - Static 1 - Load Assignments**

Case	LoadType	LoadName	LoadSF
Text	Text	Text	Unitless
DEAD	Load pattern	DEAD	1.000
So	Load pattern	TRINGOLARE	8.102
Sa	Load pattern	TRINGOLARE	5.149
Sq	Load pattern	UNIFORME	24.431
Sa,e	Load pattern	UNIFORME	5.407
Fh	Load pattern	UNIFORME	5.850

DEAD= peso proprio

So = Spinta del terreno in quiete

Sa = Spinta del terreno attiva

Sq = Spinta del terreno dovuta al sovraccarico accidentale

Sa,e= Sovrappinta sismica

Fh= Forza inerziale del muro

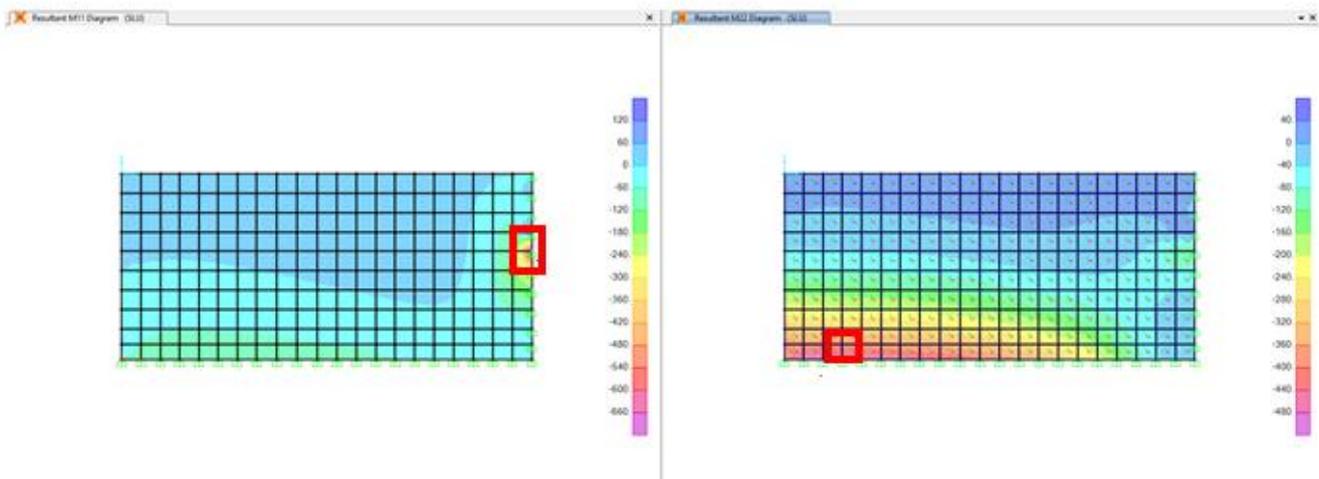
Le combinazioni sono le seguenti:

SLU : 1.35 DEAD + 1.35 So + 1.45 Sq

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

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

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



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

TABLE: Section Cut Forces - Analysis								
SectionCut	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
ORIZZONTALE	SLU	Combination	-18.923	-463.399	62.586	209.9593	14.1038	339.3144
ORIZZONTALE	SLV	Combination	-14.017	-177.766	46.36	79.4072	10.4473	129.8367
ORIZZONTALE	SLE-R	Combination	-14.017	-343.258	46.36	155.5254	10.4473	251.344
VERTICALE	SLU	Combination	23.322	-157.371	148.317	324.4718	-8.0209	-62.9019
VERTICALE	SLV	Combination	17.276	-63.041	109.864	125.0977	-5.9414	-24.2474
VERTICALE	SLE-R	Combination	17.276	-116.571	109.864	240.3495	-5.9414	-46.594

#### 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 più 20 $\phi$ 30 interni.

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

##### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00	daN/cm <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: 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

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	5886.85	3501.04	0.00	833.05	0.00
2	1780.17	3501.04	0.00	833.05	0.00
3	4201.15	4066.13	0.00	967.51	0.00
4	1105.24	4066.13	0.00	967.51	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 01 04 001	A	56 di 87

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	4174.63	2405.90	0.00
2	1976.68	2405.90	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	4115.69	2299.60 (2024.92)	0.00 (0.00)
2	1820.78	2299.60 (1519.28)	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	2696.64	932.57 (3201.30)	0.00 (0.00)
2	2249.90	932.57 (2555.79)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

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	5886.85	3501.04	0.00	5887.08	9604.41	0.00	2.75	226.2(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 01 04 001	A	57 di 87

2	S	1780.17	3501.04	0.00	1780.28	8838.74	0.00	2.53	240.3(25.8)
3	S	4201.15	4066.13	0.00	4201.31	9362.45	0.00	2.30	226.2(25.8)
4	S	1105.24	4066.13	0.00	1105.37	8672.85	0.00	2.13	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	0.448	19.4	72.4	0.00314	0.0	66.0	-0.00431	0.0	-66.0
2	0.00350	0.360	19.4	72.4	0.00305	0.0	66.0	-0.00623	0.0	-66.0
3	0.00350	0.412	19.4	72.4	0.00310	0.0	66.0	-0.00499	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	0.000056409	-0.000586386	0.448	1.000
2	0.000000000	0.000070257	-0.001589572	0.360	0.890
3	0.000000000	0.000061357	-0.000944841	0.412	0.955
4	0.000000000	0.000073076	-0.001793805	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 [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	7.23	19.4	72.4	-65.0	0.0	-66.0	1358	70.7
2	S	6.86	19.4	72.4	-109.8	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
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]

**SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 001	A	58 di 87

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	-0.00038	0	0.500	30.0	74	0.00019 (0.00019)	350	0.068 (0.20)	1988.72	0.00
2	S	-0.00062	0	0.500	30.0	74	0.00034 (0.00033)	359	0.122 (0.20)	1530.70	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.93	19.4	72.4	-59.9	0.0	-66.0	1358	70.7
2	S	6.55	19.4	72.4	-106.5	0.0	-66.0	2118	99.0

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00035	0	0.500	30.0	74	0.00018 (0.00018)	350	0.063 (0.20)	2024.92	0.00
2	S	-0.00060	0	0.500	30.0	74	0.00032 (0.00032)	361	0.115 (0.20)	1519.28	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	3.04	19.4	72.4	-10.3	0.0	-66.0	552	21.2
2	S	2.93	19.4	72.4	-15.6	0.0	-66.0	878	42.4

**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	-0.00007	0	0.500	30.0	74	0.00003 (0.00003)	385	0.012 (0.20)	3201.30	0.00
2	S	-0.00010	0	0.500	30.0	74	0.00005 (0.00005)	358	0.017 (0.20)	2555.79	0.00

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

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

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

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

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

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

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

#### Verifica a Taglio - NTC'18 §4.1.2.3.5

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

#### Caratteristiche Sezione

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

#### Caratteristiche Materiali

Armatura Longitudinale Superiore	$A_{sl,sup}$	212.06	cm <sup>2</sup>
Armatura Longitudinale Inferiore	$A_{sl,inf}$	212.06	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	$A_{st}$	10	cm <sup>2</sup> /m
Coefficiente di altezza	$k$	1.41	-
Rapporto armatura tesa	$\rho_l$	0.012	-

Resistenza a taglio senza Armatura  $V_{Rd1}$  735.3 kN

Elemento Armato

Angolo inclinazione puntone di calcolo  $\text{ctg}(\theta)$  4.40 -

Angolo inclinazione puntone assunto  $\text{ctg}(\theta)$  2.50 -

Resistenza a taglio dell'acciaio  $V_{Rsd}$  1090.6 kN

Resistenza a taglio del calcestruzzo  $V_{Rcd}$  3063.6 kN

Resistenza della sezione a taglio  $V_{Rd}$  1090.6 kN

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

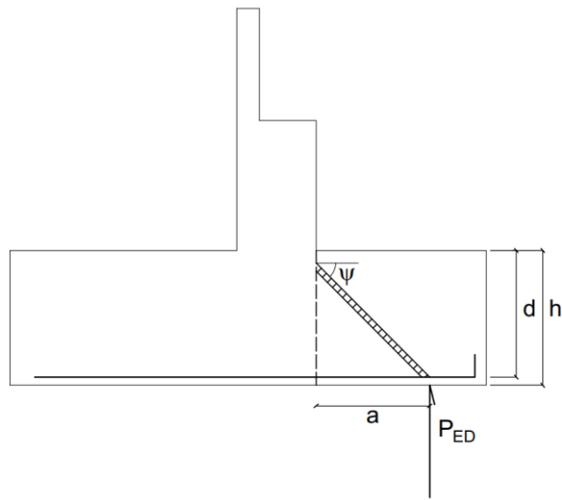
Il taglio massimo sul palo, risulta in condizioni sismiche  $V_{sd} = 968$  kN

$V_{sd} = 968$  kN <  $V_{rd} = 1090$  kN verifica soddisfatta.

#### 4.4.2 Verifiche plinto di fondazione

##### 4.4.2.1 Sbalzo anteriore

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



**Ponte Torrente Fuorni Spalla A**

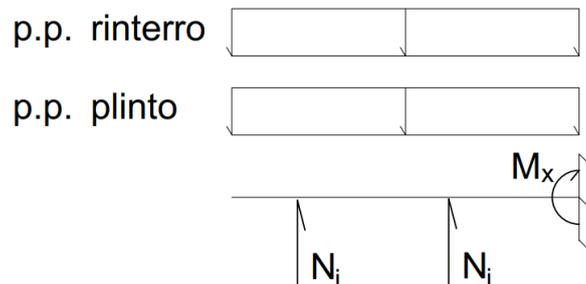
Descrizione (Parametro/Caratteristica)		Formule	Unità	Valore
<b>Meccanismo 1</b>				
1	Diametro armatura resistente	$\varphi$	mm	<b>30</b>
2	Area dell'armatura resistente a trazione	$A_s$	mm <sup>2</sup>	<b>707</b>
3	Numero di ferri	$n_w$	-	<b>10</b>
4	Profondità dell'elemento	$b$	mm	<b>1000</b>
5	Altezza 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>5887</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>1.29</b>
23	<b>Verifica 1</b>			<b>OK</b>
24	Resistenza del calcestruzzo	$P_{R,c}$	kN	<b>9726</b>
25	<b>Verifica 2</b>			<b>OK</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	196	1070
SLV	0	-1295	341
SLE-R	0	653	0
SLE-FR	0	236	0
SLEQP	0	498	0

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



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

Dove:

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

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

$$l = \text{lunghezza mensola} = 10.0\text{m}$$

$$M2 = \sum N_i B_i$$

### 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	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:	C25/30

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	200.0
3	50.0	200.0
4	50.0	0.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-40.0	6.7	30
2	40.0	6.7	30
3	-40.0	193.3	24
4	40.0	193.3	24
5	-40.0	12.7	30
6	40.0	12.7	30

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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



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 01 04 001	A	65 di 87

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	30
2	3	4	3	24
3	5	6	3	30

### ARMATURE A TAGLIO

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

### Indicazione Barre Longitudinali di estremità delle legature:

N°Legat.	Barra 1	Barra 2
1	8	11

### Coordinate Barre generate di estremità delle legature:

N°Barra	X[cm]	Y[cm]
8	0.0	6.7
11	0.0	193.3

### 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	195.72	0.00	1070.37	0.00
2	0.00	-1294.82	0.00	341.18	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	652.67	0.00

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



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 01 04 001	A	66 di 87

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	236.39 (2060.65)	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	0.00	498.04 (2060.65)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.2 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 4.0 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
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	N	0.00	195.72	0.00	0.00	5075.92	0.00	25.93	70.7(28.5)
2	S	0.00	-1294.82	0.00	0.00	-1733.79	0.00	1.34	58.0(28.5)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrip. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrip. 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 corrip. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrip. 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 corrip. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrip. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)



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 01 04 001	A	67 di 87

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.085	-50.0	200.0	0.00207	-40.0	193.3	-0.03774	-40.0	6.7
2	0.00343	0.048	-50.0	0.0	0.00097	-40.0	6.7	-0.06750	-40.0	193.3

**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	0.000213326	-0.039165146	0.085	0.700
2	0.000000000	-0.000366947	0.003430935	0.048	0.700

**VERIFICHE A TAGLIO**

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

Ver                    S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved                    Taglio di progetto [kN] = proiezione di  $V_x$  e  $V_y$  sulla normale all'asse neutro  
Vcd                    Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
Vwd                    Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
Dmed                  Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.  
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
bw                    Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg                    Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw                    Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast                    Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff                  Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
L'area della legatura è ridotta col fattore  $L/d_{max}$  con  $L$ =lunghezza legatura, proiezione sulla direzione del taglio e  $d_{max}$ = massima altezza utile nella direzione del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	1070.37	4240.68	1921.77	193.0	100.0	2.500	1.000	6.3	11.3(3.8)
2	S	341.18	4240.68	1921.77	193.0	100.0	2.500	1.000	2.0	11.3(3.8)

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

Ver                    S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max                Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max      Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min                Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min      Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.                Area di calcestruzzo [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	1.31	-50.0	200.0	-54.1	20.0	6.7	2414	70.7



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 01 04 001	A	68 di 87

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00028	0	0.500	30.0	52	0.00016 (0.00016)	351	0.057 (0.20)	2060.65	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.47	-50.0	200.0	-19.6	20.0	6.7	2400	70.7

**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	-0.00010	0	0.500	30.0	52	0.00006 (0.00006)	350	0.021 (0.20)	2060.65	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.00	-50.0	200.0	-41.3	20.0	6.7	2450	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	-0.00022	0	0.500	30.0	52	0.00012 (0.00012)	354	0.044 (0.20)	2060.65	0.00

#### 4.4.3 Verifiche muro frontale

Viene verificata la sezione di incastro con la platea di fondazione. Nella determinazione dei momenti flettenti di verifica il muro frontale viene considerato come una mensola incastrata nella platea di fondazione, trascurando a favore di sicurezza gli effetti dovuti alla eventuale presenza dei muri di risvolto. Si verifica la sezione solo per le sollecitazioni più gravose di quelle riportate in Tabella 19 e Tabella 20. Si prevede di inserire un minimo di armatura verticale dello 0.15% Ac sia a trazione sia a compressione; equivalenti ad uno strato  $\phi 26/20$  più un secondo strato  $\phi 26/40$ . Si riporta però la verifica eseguita con solo il primo strato di armatura, sufficiente a rispettare le verifiche.

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.065	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm <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

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
---------	--------	--------	-----------



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 01 04 001	A	70 di 87

1	-40.0	6.5	26
2	40.0	6.5	26
3	-40.0	213.5	26
4	40.0	213.5	26

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

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

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

**ARMATURE A TAGLIO**

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

**Indicazione Barre Longitudinali di estremità delle legature:**

N°Legat.	Barra 1	Barra 2
1	6	9

**Coordinate Barre generate di estremità delle legature:**

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

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	344.00	-1673.00	0.00	776.00	0.00
2	526.00	2391.00	0.00	776.00	0.00
3	175.00	206.00	0.00	-153.00	0.00
4	135.00	157.00	0.00	-108.00	0.00

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

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



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 01 04 001	A	71 di 87

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	744.00	829.00	0.00
2	135.00	156.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	744.00	788.00 (4213.38)	0.00 (0.00)

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	406.00	155.00 (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  
 Copriferro netto minimo staffe: 4.0 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
 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	344.00	-1673.00	0.00	343.83	-2542.35	0.00	1.52	26.5(38.4)
2	S	526.00	2391.00	0.00	526.25	2731.32	0.00	1.14	26.5(38.4)



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 01 04 001	A	72 di 87

3	S	175.00	206.00	0.00	174.94	2366.98	0.00	11.49	26.5(38.4)
4	S	135.00	157.00	0.00	134.96	2325.39	0.00	14.81	26.5(38.4)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00266	0.038	-50.0	0.0	0.00053	-40.0	6.5	-0.06750	-40.0	213.5
2	0.00284	0.040	-50.0	220.0	0.00070	-40.0	213.5	-0.06750	-40.0	6.5
3	0.00250	0.036	-50.0	220.0	0.00037	-40.0	213.5	-0.06750	-40.0	6.5
4	0.00247	0.035	-50.0	220.0	0.00034	-40.0	213.5	-0.06750	-40.0	6.5

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000328638	0.002664177	0.038	0.700
2	0.000000000	0.000329452	-0.069641440	0.040	0.700
3	0.000000000	0.000327887	-0.069631264	0.036	0.700
4	0.000000000	0.000327707	-0.069630093	0.035	0.700

**VERIFICHE A TAGLIO**

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

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = proiezz. di $V_x$ e $V_y$ sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm <sup>2</sup> /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm <sup>2</sup> /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore $L/d_{max}$ con $L$ =lungh.legat.proietta- ta sulla direz. del taglio e $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
--------	-----	-----	-----	-----	------	----	-----	-----	-----	-------

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 001	A	73 di 87

1	S	776.00	6026.93	2114.95	212.4	100.0	2.500	1.009	4.1	11.3(3.8)
2	S	776.00	6054.20	2114.95	212.4	100.0	2.500	1.013	4.1	11.3(3.8)
3	S	153.00	6001.62	2114.95	212.4	100.0	2.500	1.004	0.8	11.3(3.8)
4	S	108.00	5995.62	2114.95	212.4	100.0	2.500	1.003	0.6	11.3(3.8)

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

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [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	1.85	-50.0	220.0	-42.0	20.0	6.5	1600	26.5
2	S	0.35	-50.0	220.0	-8.5	20.0	6.5	1603	26.5

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

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
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 = $sr \max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00022	0	0.500	26.0	52	0.00013 (0.00013)	443	0.056 (0.20)	4096.31	0.00
2	S	-0.00004	0	0.500	26.0	52	0.00003 (0.00003)	444	0.011 (0.20)	4019.58	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.74	-50.0	220.0	-36.2	20.0	6.5	1600	26.5

**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	-0.00019	0	0.500	26.0	52	0.00011 (0.00011)	443	0.048 (0.20)	4213.38	0.00

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



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 01 04 001	A	74 di 87

N°Comb Ver Sc max Xc max Yc max Sf min Xs min Ys min Ac eff. As eff.

1 S 0.35 -50.0 220.0 0.2 40.0 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

#### 4.4.4 Verifiche paraghiaia

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm <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	6.0	20
2	40.0	6.0	20
3	-40.0	33.8	14
4	40.0	33.8	14

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 001	A	76 di 87

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

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

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	89.00	0.00	73.00	0.00
2	0.00	15.00	0.00	20.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	66.00	0.00

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

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

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

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

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



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 001	A	77 di 87

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	7.00 (92.54)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

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

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

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

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

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00074	0.285	-50.0	40.0	0.00027	-40.0	33.8	-0.00186	-40.0	6.0
2	0.00074	0.285	-50.0	40.0	0.00027	-40.0	33.8	-0.00186	-40.0	6.0

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

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

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



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 001	A	78 di 87

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00082	0	0.500	20.0	50	0.00040 (0.00040)	386	0.153 (0.20)	92.54	0.00

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

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



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 001	A	79 di 87

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00054	0	0.500	20.0	50	0.00026 (0.00026)	386	0.099 (0.20)	92.54	0.00

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

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00009	0	0.500	20.0	50	0.00004 (0.00004)	386	0.016 (0.20)	92.54	0.00

#### 4.4.5 Verifiche muro di risvolto

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.065	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <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	6.1	18
2	40.0	6.1	18
3	-40.0	73.9	18
4	40.0	73.9	18
5	-40.0	9.7	18
6	40.0	9.7	18

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 001	A	81 di 87

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

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

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 12 mm  
 Passo staffe e legature: 6.6 cm  
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale  
 N° Legature: 1  
 Diam. Legature: 12

**Indicazione Barre Longitudinali di estremità delle legature:**

N°Legat.	Barra 1	Barra 2
1	8	11

**Coordinate Barre generate di estremità delle legature:**

N°Barra	X[cm]	Y[cm]
8	0.0	6.1
11	0.0	73.9

**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	339.00	0.00	-463.00	0.00
2	0.00	130.00	0.00	-178.00	0.00
3	148.00	324.00	0.00	-157.00	0.00
4	110.00	125.00	0.00	-63.00	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	251.00	0.00
2	110.00	240.00	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 01 04 001	A	82 di 87

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.2 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 1.8 cm  
 Copriferro netto minimo staffe: 4.0 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	339.00	0.00	0.00	689.53	0.00	2.03	25.4(12.7)
2	S	0.00	130.00	0.00	0.00	689.53	0.00	5.30	25.4(12.7)
3	S	148.00	324.00	0.00	147.84	740.03	0.00	2.28	25.4(14.0)
4	S	110.00	125.00	0.00	110.24	727.22	0.00	5.78	25.4(14.0)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.087	-50.0	80.0	0.00019	-40.0	73.9	-0.03660	-40.0	6.1
2	0.00350	0.087	-50.0	80.0	0.00019	-40.0	73.9	-0.03660	-40.0	6.1
3	0.00350	0.095	-50.0	80.0	0.00045	-40.0	73.9	-0.03343	-40.0	6.1
4	0.00350	0.093	-50.0	80.0	0.00039	-40.0	73.9	-0.03420	-40.0	6.1

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000542664	-0.039913122	0.087	0.700
2	0.000000000	0.000542664	-0.039913122	0.087	0.700
3	0.000000000	0.000499791	-0.036483298	0.095	0.700

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 01 04 001	A	83 di 87

4      0.000000000      0.000510090      -0.037307172      0.093      0.700

**VERIFICHE A TAGLIO**

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

Ver                    S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
 Ved                    Taglio di progetto [kN] = proiezz. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro  
 Vcd                    Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
 Vwd                    Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
 Dmed                    Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.  
                                   Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
                                   I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
 bw                    Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
                                   E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
 Ctg                    Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
 Acw                    Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
 Ast                    Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
 A.Eff                    Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
                                   Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
                                   L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proietta-  
                                   sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	463.00	2053.69	726.89	73.0	100.0	2.500	1.000	7.2	11.3(3.8)
2	S	178.00	2053.69	726.89	73.0	100.0	2.500	1.000	2.8	11.3(3.8)
3	S	157.00	2074.65	726.89	73.0	100.0	2.500	1.010	2.4	11.3(3.8)
4	S	63.00	2069.27	726.89	73.0	100.0	2.500	1.008	1.0	11.3(3.8)

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

Ver                    S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max                    Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
 Xc max, Yc max            Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Sf min                    Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
 Xs min, Ys min            Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff.                    Area di calcestruzzo [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	3.55	-50.0	80.0	-154.8	20.0	6.1	1930	25.4
2	S	3.49	-50.0	80.0	-127.4	20.0	6.1	1930	25.4

**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  
                                   = 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]



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 01 04 001	A	84 di 87

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	-0.00086	0	0.500	18.0	52	0.00046 (0.00046)	409	0.190 (0.20)	374.50	0.00
2	S	-0.00071	0	0.500	18.0	52	0.00038 (0.00038)	409	0.156 (0.20)	399.77	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 Spalla	2.00	1.00	70
Elevazione Spalla	var	1.00	80

## 6 APPENDICE

### 6.1 Validazione del modello

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

- *Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.*

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

[...]

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

#### Carichi elementari:

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

Dove:

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

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

$k_0 = 0.426$  coefficiente di spinta a riposo

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

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

#### **G1:**

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

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

#### **G2:**

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

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

### **TRENO DI CARICO:**

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

$$S_q = [q H k_0] b + Fr = 480 \text{ kN} + 1717 \text{ kN} = 2200 \text{ kN}$$

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

$$G1 \gamma_{G1} + G2 \gamma_{G2} + S_q \gamma_q = 1590 \cdot 1.35 + 121 \cdot 1.5 + 2200 \cdot 1.45 = 5518 \text{ kN}$$

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

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

$$F_l = 5747 \text{ kN}$$