

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-02 PONTE SUL FIUME PICENTINO  
RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

SCALA:

-

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

NN1X 00 D 09 CL VI0204 002 A

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

ITALFERR S.p.A.  
U.O. Opere civili - Sezione delle varianti  
Dott. Ing. Angelo Vitozzi  
Ingegnere degli Ingegneri della Provincia di Salerno  
N° A2.0783

File: NN1X00D09CLVI0204002A.doc

n. Elab.:

## INDICE

1	GENERALITÀ.....	5
1.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	8
1.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	8
1.3	MATERIALI.....	9
1.3.1	<i>Calcestruzzo per fondazioni e micropali.....</i>	<i>9</i>
1.3.2	<i>Calcestruzzo per elevazione sottostrutture.....</i>	<i>10</i>
1.3.3	<i>Acciaio micropalo.....</i>	<i>11</i>
1.3.4	<i>Acciaio B450C.....</i>	<i>11</i>
1.4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	12
2	ANALISI DEI CARICHI.....	13
2.1	PERMANENTI (G1).....	13
2.2	PERMANENTI PORTATI (G2).....	14
2.3	AZIONI TERMICHE – (TEMP SLU).....	15
2.4	VENTO (WK).....	15
2.5	AZIONI VERTICALI DA TRAFFICO FERROVIARIO ( LM71-SW2).....	15
2.6	SERPEGGIO (SERP).....	17
2.7	RESISTENZE PARASSITE NEI VINCOLI (RPV).....	17
2.8	INTERAZIONE BINARIO – STRUTTURA.....	17
2.9	AZIONE SISMICA (E).....	18
2.9.1	<i>Valutazione dei parametri di pericolosità.....</i>	<i>18</i>
2.9.2	<i>Sovrappinta sismica.....</i>	<i>21</i>
2.9.3	<i>Inerzia terrapieno.....</i>	<i>23</i>
2.9.4	<i>Inerzie strutturali.....</i>	<i>23</i>
3	CRITERI DI VERIFICA.....	24
3.1	CRITERI DI VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO.....	24
3.1.1	<i>Verifica di resistenza a presso-flessione.....</i>	<i>24</i>
3.1.2	<i>Verifica di resistenza a taglio.....</i>	<i>24</i>

3.2	CRITERI DI VERIFICA ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO .....	24
3.2.1	<i>Verifica a fessurazione .....</i>	24
3.2.2	<i>Verifica per le tensioni in esercizio .....</i>	25
4	CALCOLO SPALLA B.....	26
4.1.1	<i>Spinte sulla spalla in condizioni statiche.....</i>	35
4.1.2	<i>Azioni in condizione statiche trasmesse dall'impalcato .....</i>	35
4.1.3	<i>Combinazioni Manuali statiche.....</i>	35
4.1.4	<i>Azioni Caratteristiche statiche .....</i>	36
4.1.5	<i>Spinte sulla spalla in condizioni sismiche:.....</i>	36
4.1.6	<i>Azioni in condizione sismiche trasmesse dall'impalcato.....</i>	36
4.1.7	<i>Combinazioni manuali sismiche.....</i>	37
4.1.8	<i>Azioni caratteristiche sismiche.....</i>	37
4.2	COMBINAZIONI.....	38
4.3	SOLLECITAZIONI.....	42
4.3.1	<i>Sollecitazioni base plinto.....</i>	42
4.3.2	<i>Sollecitazioni micropali.....</i>	44
4.3.3	<i>Sollecitazioni zattera fondazione.....</i>	46
4.3.4	<i>Sollecitazioni muro frontale .....</i>	48
4.3.5	<i>Sollecitazioni paraghiaia.....</i>	50
4.3.6	<i>Sollecitazioni muro di risvolto.....</i>	52
4.4	VERIFICHE.....	54
4.4.1	<i>Verifica strutturale micropalo.....</i>	54
4.4.2	<i>Verifiche plinto di fondazione.....</i>	54
4.4.3	<i>Verifiche muro frontale .....</i>	64
4.4.4	<i>Verifiche paraghiaia.....</i>	70



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

**COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO**

**TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO**

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09CL	VI 02 04 002	A	4 di 81

4.4.5	Verifiche muro di risvolto.....	75
5	INCIDENZE.....	79
6	APPENDICE .....	80
6.1	VALIDAZIONE DEL MODELLO.....	80

## 1 GENERALITÀ

Oggetto del presente documento sono i calcoli relativi alla spalla B del Ponte sul fiume Picentino al km. 3+593.90, 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 VI02.

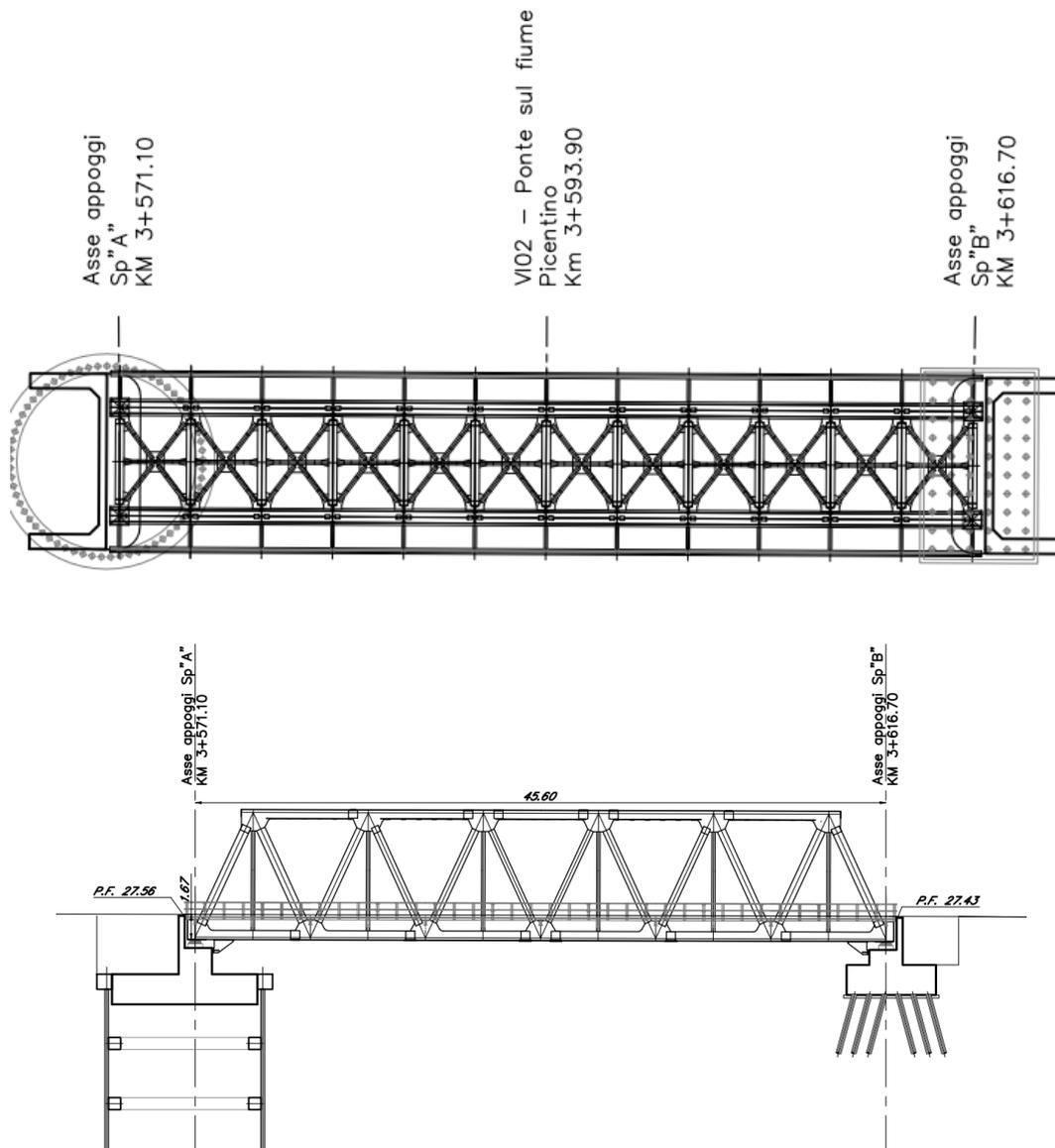
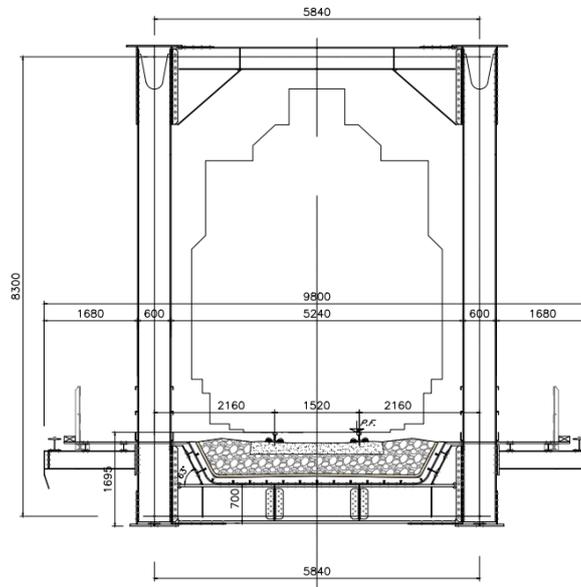


Figura 1: Pianta e prospetto ponte su fiume Picentino



**Figura 2: Sezione trasversale impalcato**

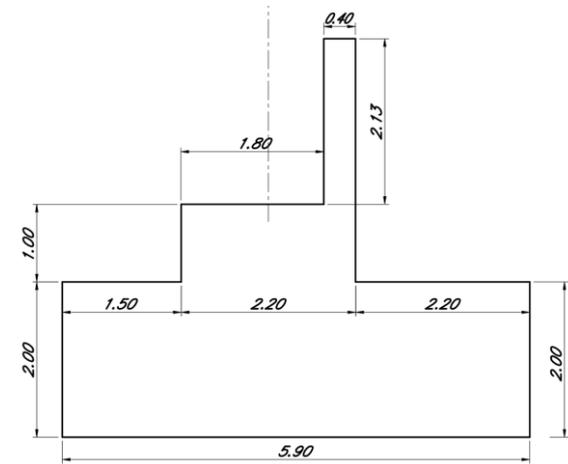
Il viadotto è composto da un'unica travata in carpenteria metallica a singolo binario semplicemente appoggiata con portata teorica pari a 45.6m e armamento su ballast, come riportato in Figura 1.

La spalla B alloggia n°2 appoggi e poggia su una fondazione con 60 micropali diametro 300mm.

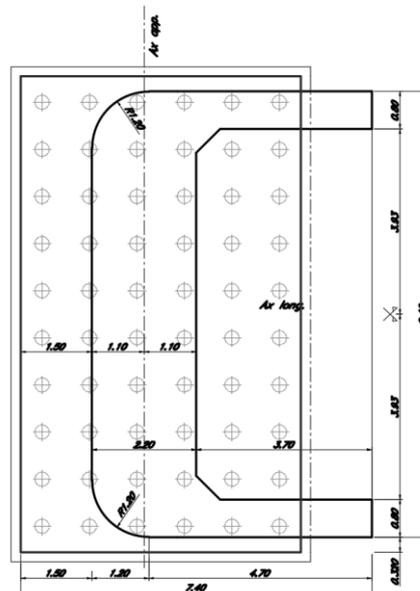
L'altezza del paramento a tergo del terreno è di circa 1.00 m, spessore del fusto di 2.20 m.

La trave paraghiaia che contiene il terreno immediatamente a ridosso dell'impalcato ha uno spessore di 0.40m per un'altezza di circa 2.13 m.

La sezione e la pianta della spalla in esame sono riportate rispettivamente in Figura 3 ed in Figura 4; per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici.



**Figura 3: Spalla B – sezioni**



**Figura 4 – Spalla B – Pianta**

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

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

	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO					
	<b>COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO</b> <b>TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO</b>					
SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NN1X	LOTTO 00	CODIFICA D 09CL	DOCUMENTO VI 02 04 002	REV. A	FOGLIO 8 di 81

## 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 –NN1X01D09RBVI0203001A
- Rif. [2] Relazione di calcolo travata metallica – NN1X01D09CLVI0209001A

### 1.3 Materiali

#### 1.3.1 Calcestruzzo per fondazioni e micropali

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 micropalo

Si adotta acciaio tipo S235 per il quale si possono assumere le seguenti caratteristiche:

Tensione caratteristica di snervamento:  $f_{yk} = 235 \text{ MPa}$ ;

Tensione di progetto:  $f_{yk} = 360 \text{ MPa}$ ;

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

in cui  $\gamma_m = 1.15$   $f_{yd} = 360 / 1.15 = 223.8 \text{ MPa}$ ;

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

### 1.3.4 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  $E_s = 210'000 \text{ MPa}$ .



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

**COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO**

**TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO**

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09CL	VI 02 04 002	A	12 di 81

#### 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)

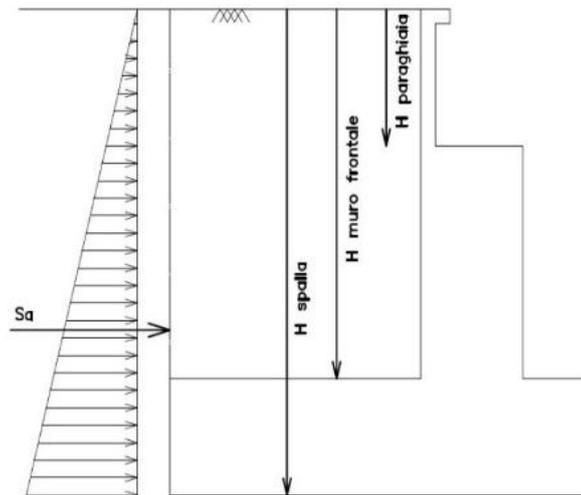
I pesi degli elementi strutturali sono dedotti utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a  $25 \text{ kN/m}^3$ , e a tergo della spalla, applicato sulla zattera posteriore, viene considerato un carico pari al peso del rinterro calcolato con un peso di volume pari a  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$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

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:

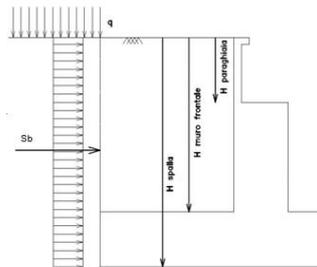
### Analisi sovraccarichi permanenti portati

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
Barriere Fono assorbenti		4.00		4		16.00	Briglia
Marciapiede		1.00			5	5.00	Briglia
Ballast+Arm+Imp		0.80			18	14.40	Piastra

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 B – RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NN1X	LOTTO 00	CODIFICA D 09CL	DOCUMENTO VI 02.04.002	REV. A	FOGLIO 15 di 81

### 2.3 Azioni Termiche – (Temp SLU)

Si considera una variazione termica uniforme volumetrica per l’impalcato in acciaio pari a  $\pm 20^{\circ}\text{C}$ . In aggiunta alla variazione termica uniforme è stato considerato un gradiente termico pari a  $5^{\circ}\text{C}$  tra intradosso ed estradosso di impalcato.

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

### 2.4 Vento (Wk)

L’azione del vento è stata distinta in:

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

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

### 2.5 Azioni verticali da traffico ferroviario ( LM71-SW2)

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

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

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

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

	LM71	SW0	SW2
$\alpha$	1.1	1.1	1.0

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

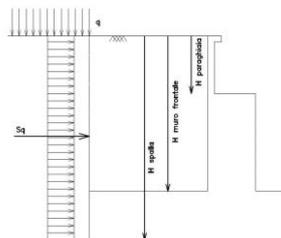


Figura 7: Spinta statica sovraccarico accidentale



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

**COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO**

**TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO**

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09CL	VI 02 04 002	A	17 di 81

## 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 B – RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NN1X	00	D 09CL	VI 02 04 002	A	18 di 81

## 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 **E**
- 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	2.441	0.343
SLD	113	0.063	2.509	0.370
SLV	1068	0.129	2.714	0.477
SLC	2193	0.155	2.798	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**

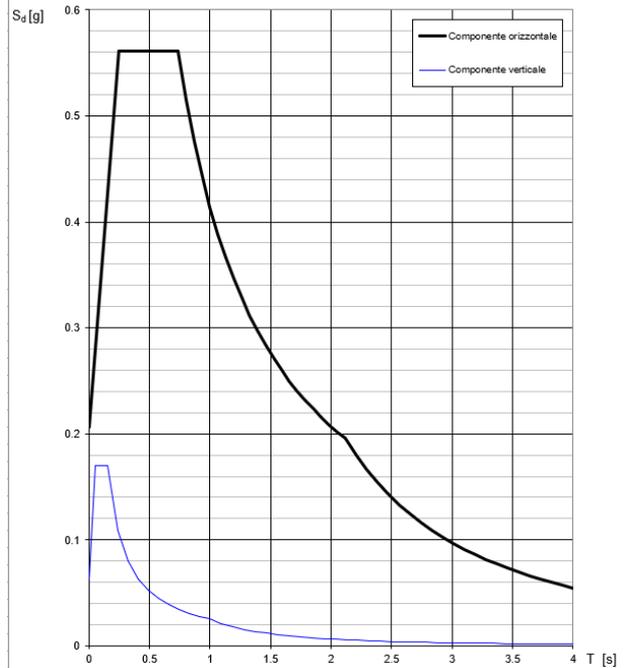
STATO LIMITE	SLV
$a_q$	0.129 g
$F_p$	2.714
$T_C$	0.477 s
$S_S$	1.600
$C_C$	1.546
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.600
$\eta$	1.000
$T_B$	0.246 s
$T_C$	0.738 s
$T_D$	2.117 s

**Punti dello spettro di risposta**

T [s]	$S_e$ [g]
0.000	0.207
0.246	0.561
0.738	0.561
0.803	0.515
0.869	0.476
0.935	0.443
1.000	0.414
1.066	0.388
1.132	0.366
1.197	0.346
1.263	0.328
1.329	0.311
1.394	0.297
1.460	0.283
1.526	0.271
1.591	0.260
1.657	0.250



**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 unitario. 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.

Facendo l'ipotesi che la fondazione su micropali sia impossibilitata a traslare, si assume una **sovrappinta sismica** calcolata con la **teoria di Wood**.

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:

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

### **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 B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09CL	VI 02 04 002	A	24 di 81

### 3 CRITERI DI VERIFICA

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

#### 3.1 Criteri di verifica allo stato limite ultimo

##### 3.1.1 Verifica di resistenza a presso-flessione

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

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

dove:

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

##### 3.1.2 Verifica di resistenza a taglio

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

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

Dove:

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

#### 3.2 Criteri di verifica allo stato limite d'esercizio

##### 3.2.1 Verifica a fessurazione

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 3.2.2 Verifica per le tensioni in esercizio

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

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

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

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

Tensione massima dell'acciaio nelle condizioni di esercizio

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

#### 4 CALCOLO SPALLA B

Il calcolo della spalla viene eseguito utilizzando un foglio di calcolo Excel. Nel foglio vengono inseriti dei dati input di geometria e sollecitazioni esterne come le reazioni agli appoggi dell'impalcato. Nel foglio in base alla geometria, alle caratteristiche del terreno, e alle condizioni al contorno, il foglio calcola le spinte applicate sul manufatto. Successivamente tutte le azioni caratteristiche vengono combinate secondo le combinazioni definite 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]
5.90	2.00	10.10	0.00	3.20	1.50	2.950	0.00	1.00	0.00	119.18	2'980	304

MURO FRONTALE												
li [m]	h [m]	ls [m]	t [m]	e [m]	et [m]	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m <sup>3</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	P [KN]	m [t]
2.20	1.00	2.20	9.46	1.00	0.00	2.600	0.00	2.50	0.00	20.81	520	53

PARAGHIAIA												
l [m]	h [m]	hi [m]	t [m]	el [m]	et [m]	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m <sup>3</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	P [KN]	m [t]
0.40	2.13	0.00	9.46	0.00	0.00	3.50	0.00	4.07	0.00	8.06	201	21

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

TERRENO DI RIEMPIMENTO												
li [m]	h [m]	ls [m]	t [m]	et [m]	pos	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m <sup>3</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	P [KN]	m [t]
2.20	3.13	2.20	8.50	0.00	sym	4.05	0.00	3.28	0.00	58.53	1'112	113

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]
2.20	3.130	2.200	0.800	0.00	2	sym	4.05	0.00	3.28	0.00	11.02	275	28

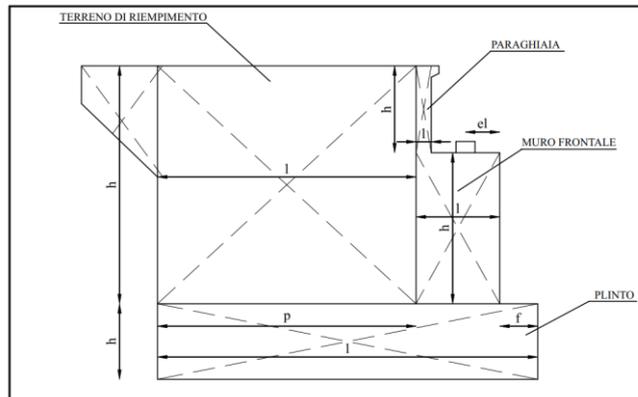
  

BANDIERA														
l [m]	ht [m]	hi [m]	t [m]	eh [m]	et [m]	n°	pos	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m <sup>3</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	P [KN]	m [t]
0.00	0.900	0.000	0.00	0.00	0.00	2	sym	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0

TERRENO DI RICOPRIMENTO												
l [m]	h [m]	t [m]	bl [m]	bh [m]	ΔV [m <sup>3</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	P [KN]	m [t]				
1.50	0.50	10.10	0.75	2.25	0.00	7.58	144	15				

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		TERRA							TERRA	
$\gamma$ [KN/m <sup>3</sup> ]	m [KNm/m <sup>3</sup> ]	$\gamma$ [KN/m <sup>3</sup> ]	m [KNm/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	$\lambda_0$	$\lambda_a$	f	$\delta$ [°]	k [KN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [rad]	$\delta$ [rad]	
25	2.55	19	1.94	35	0.426	0.271	0.5	0	30000	0.61	0	

SISMA					
g [m/sec <sup>2</sup> ]	a <sub>go</sub> [g]	$\sigma_H$ [g]	$\sigma_V$ [g]	a <sub>H</sub> [m/sec <sup>2</sup> ]	a <sub>V</sub> [m/sec <sup>2</sup> ]
9.81	0.129	0.21	0.10	2.02	1.01

SOVRACCARICO PERMANENTE -BALLAST				SOVRACCARICO ACCIDENTALE - TRAFFICO				
B(q) [m]	q [KN/m <sup>2</sup> ]	b <sub>i</sub> [m]	F <sub>v</sub> [kN]	B(q) [m]	q [KN/m <sup>2</sup> ]	F <sub>q</sub> [kN]	L(fr) [m]	Q(fr) [kN/m]
3	14.4	7.4	190	3	57.3	756	6.72	35

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

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

**Direzione Longitudinale**

H [m]	H1 [m]	Hma [m]	t [m]	tma [m]
5.13	3.13	0.00	9.46	0.00

SPINTA RIPOSO					
	$\lambda_0$	$F_{0h}$ [kN]	$F_{0v}$ [kN]	$F_0$ [kN]	bh [m]
TERRENO	0.426	1'009	0	1'009	1.71
PERM	0.426	95	0	95	2.57
ACC	0.426	376	0	376	2.57

	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	0.271	641	641	1.71	0.462	1'092	452	0.346	819	178
PERM	0.271	60	60	2.57	0.462	102	42	0.346	77	17
ACC	0.271	239	239	2.57	0.462	407	168	0.346	305	66

**Sovraspinta longitudinale - Wood**

F [kN]
1562

**Direzione Trasversale**

					SPINTA RIPOSO					
	n°	pos	segno	H [m]	l [m]	$\lambda_0$	$F_{0h}$ [kN]	$F_{0v}$ [kN]	$F_0$ [kN]	bh [m]
risvolti	2	sym	0	3.13	2.20	0.426	0	0	0	3.04
bandiere	2	sym	0	0.45	0.00	0.426	0	0	0	4.83
risvolti_sovr.						0.426	0	0	0	3.57
bandiere_sovr.						0.426	0	0	0	4.91

	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	3.04	0.462	0	0	0.346	0	0
bandiere	0.271	0	0	4.83	0.462	0	0	0.346	0	0
risvolti_sovr.	0.271	0	0	3.57	0.462	0	0	0.346	0	0
bandiere_sovr.	0.271	0	0	4.91	0.462	0	0	0.346	0	0

**Tabella 7: Parametri caratteristici delle azioni**

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	E		
Categoria topografica	1		▼
$F_0$	$F_0$	2.716	
accelerazione orizzontale massima al suolo attesa su sito di riferimento rigido	$a_g$	0.129	g
	$S_S$	1.600	
	$S_T$	1	
	$S$	1.600	
accelerazione orizzontale massima attesa	$a_{max}=S*a_g$	0.206	
spostamenti del muro ammessi		no	▼
	$\beta_m$	1	▼
coefficiente sismico orizzontale	$kh=\beta_m*a_{max}$	0.2064	
coefficiente sismico verticale	$kv=0.5*kh$	0.1032	
Verso dell'azione sismica		verso basso	verso l'alto
	(-1/+1)	1	-1
	$kh/(1 \pm kv)$	0.230152	0.187092
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	° ▼
inclinazione della superficie del terrapieno	$\beta$	0	° ▼
Angolo di attrito tra muro e terreno	$\delta$	0	°
Angolo di attrito di progetto tra muro e terreno	$\delta_d$	0	°
	$\theta$ (°)	13.0	10.6
	$\varphi_d - \theta$ (°)	22.0	24.4
Coefficiente di spinta attiva	$K_a$	0.271	
Coefficiente di spinta passiva	$K_p$	3.690	
Coefficiente di spinta (statico + dinamico), per stati attivi	$K_{AE}$	0.419	0.386
Coefficiente di spinta in condizioni sismiche, per stati attivi	$(1 \pm kv)*K_{AE}$	0.462	0.346
Coefficiente di spinta (statico + dinamico), per stati passivi	$K_{PE}$	3.220	3.313
Coefficiente di spinta in condizioni sismiche, per stati passivi	$(1 \pm kv)*K_{PE}$	3.552	2.971

**Tabella 8: Coefficienti di spinta**



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09CL	VI 02.04.002	A	30 di 81

Si riportano in tabella gli scarichi non fattorizzati provenienti dall'impalcato, derivanti dal modello SAP2000 descritto in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m
SB	0	Peso proprio	LinStatic		-2088	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	Peso proprio	LinStatic		-2088	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	LM71	LinMoving	Max P	0	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	LM71	LinMoving	Max P	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	LM71	LinMoving	Min P	-2741	0	0	0	1	0	SB-1	0
SB	0.1	LM71	LinMoving	Min P	-2741	0	0	0	1	0	SB-1	0.1
SB	0	LM71	LinMoving	Max V2	0	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	LM71	LinMoving	Max V2	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	LM71	LinMoving	Min V2	0	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	LM71	LinMoving	Min V2	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	LM71	LinMoving	Max V3	-1449	0	6	0	-642	0	SB-1	0
SB	0.1	LM71	LinMoving	Max V3	-1449	0	6	0	-643	0	SB-1	0.1
SB	0	LM71	LinMoving	Min V3	-1068	0	-6	0	790	0	SB-1	0
SB	0.1	LM71	LinMoving	Min V3	-1068	0	-6	0	790	0	SB-1	0.1
SB	0	LM71	LinMoving	Max T	0	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	LM71	LinMoving	Max T	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	LM71	LinMoving	Min T	0	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	LM71	LinMoving	Min T	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	LM71	LinMoving	Max M2	-1370	0	-5	0	1019	0	SB-1	0
SB	0.1	LM71	LinMoving	Max M2	-1370	0	-5	0	1019	0	SB-1	0.1
SB	0	LM71	LinMoving	Min M2	-1370	0	5	0	-1019	0	SB-1	0
SB	0.1	LM71	LinMoving	Min M2	-1370	0	5	0	-1019	0	SB-1	0.1
SB	0	LM71	LinMoving	Max M3	0	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	LM71	LinMoving	Max M3	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	LM71	LinMoving	Min M3	0	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	LM71	LinMoving	Min M3	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	SW2	LinMoving	Max P	0	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	SW2	LinMoving	Max P	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	SW2	LinMoving	Min P	-3208	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	SW2	LinMoving	Min P	-3208	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	SW2	LinMoving	Max V2	0	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	SW2	LinMoving	Max V2	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	SW2	LinMoving	Min V2	0	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	SW2	LinMoving	Min V2	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	SW2	LinMoving	Max V3	-1615	0	7	0	-942	0	SB-1	0
SB	0.1	SW2	LinMoving	Max V3	-1615	0	7	0	-943	0	SB-1	0.1
SB	0	SW2	LinMoving	Min V3	-1292	0	-7	0	956	0	SB-1	0
SB	0.1	SW2	LinMoving	Min V3	-1292	0	-7	0	957	0	SB-1	0.1
SB	0	SW2	LinMoving	Max T	0	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	SW2	LinMoving	Max T	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	SW2	LinMoving	Min T	0	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	SW2	LinMoving	Min T	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	SW2	LinMoving	Max M2	-1604	0	-6	0	1177	0	SB-1	0
SB	0.1	SW2	LinMoving	Max M2	-1604	0	-6	0	1177	0	SB-1	0.1
SB	0	SW2	LinMoving	Min M2	-1604	0	6	0	-1177	0	SB-1	0
SB	0.1	SW2	LinMoving	Min M2	-1604	0	6	0	-1177	0	SB-1	0.1
SB	0	SW2	LinMoving	Max M3	0	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	SW2	LinMoving	Max M3	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	SW2	LinMoving	Min M3	0	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	SW2	LinMoving	Min M3	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	Ex	LinRespSpec	Max	1466	0	14	0	41	0	SB-1	0
SB	0.1	Ex	LinRespSpec	Max	1466	0	14	0	41	0	SB-1	0.1
SB	0	Ey	LinRespSpec	Max	23	0	2067	0	6032	0	SB-1	0
SB	0.1	Ey	LinRespSpec	Max	23	0	2067	0	5837	0	SB-1	0.1
SB	0	Ez	LinRespSpec	Max	275	0	6	0	8	0	SB-1	0
SB	0.1	Ez	LinRespSpec	Max	275	0	6	0	8	0	SB-1	0.1
SB	0	Permanenti portati	Combination		-2403	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	Permanenti portati	Combination		-2403	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	Serp_LM71	Combination	Max	0	0	110	0	129	0	SB-1	0
SB	0.1	Serp_LM71	Combination	Max	0	0	110	0	118	0	SB-1	0.1
SB	0	Serp_LM71	Combination	Min	0	0	0	0	6	0	SB-1	0
SB	0.1	Serp_LM71	Combination	Min	0	0	0	0	6	0	SB-1	0.1
SB	0	Serp_SW2	Combination	Max	0	0	100	0	118	0	SB-1	0
SB	0.1	Serp_SW2	Combination	Max	0	0	100	0	108	0	SB-1	0.1
SB	0	Serp_SW2	Combination	Min	0	0	0	0	5	0	SB-1	0
SB	0.1	Serp_SW2	Combination	Min	0	0	0	0	5	0	SB-1	0.1
SB	0	Temp SLU	Combination	Max	0	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	Temp SLU	Combination	Max	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	Temp SLU	Combination	Min	0	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	Temp SLU	Combination	Min	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	Wk	Combination	Max	0	0	681	0	2461	0	SB-1	0
SB	0.1	Wk	Combination	Max	0	0	681	0	2392	0	SB-1	0.1
SB	0	Wk	Combination	Min	0	0	261	0	1176	0	SB-1	0
SB	0.1	Wk	Combination	Min	0	0	261	0	1150	0	SB-1	0.1
SB	0	AF-LM71	Combination	Max	29	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	AF-LM71	Combination	Max	29	0	0	0	0	0	SB-1	0.1

**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
SB	0	AF-LM71	Combination	Min	-29	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	AF-LM71	Combination	Min	-29	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	AF-SW2	Combination	Max	40	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	AF-SW2	Combination	Max	40	0	0	0	0	0	SB-1	0.1
SB	0	AF-SW2	Combination	Min	-40	0	0	0	0	0	SB-1	0
SB	0.1	AF-SW2	Combination	Min	-40	0	0	0	0	0	SB-1	0.1

Con il seguente significato

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

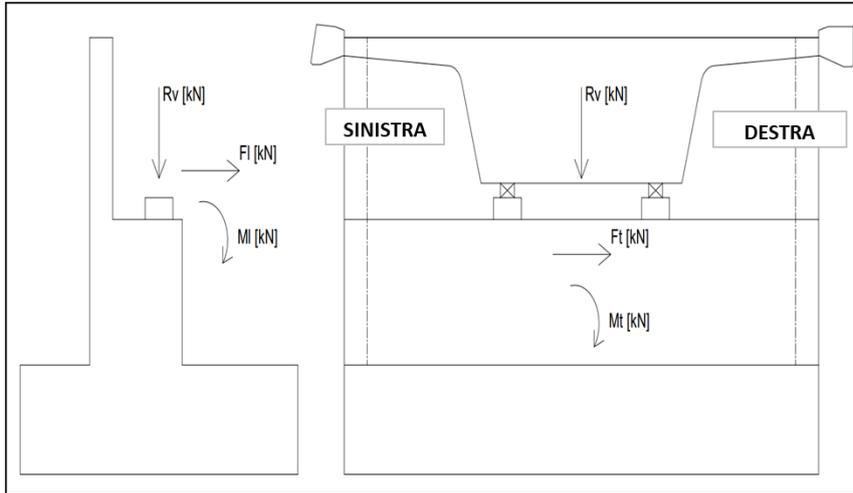
In generale per gli elementi modellati come monodimensionali, salvo ove diversamente specificato, l'asse 1 coincide con la direzione di prevalente sviluppo dell'elemento stesso, gli assi 2 e 3 con le direzioni ad esso ortogonali. Per il plinto di fondazione, l'asse 2 è quello coincidente con la direzione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

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

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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09CL	VI 02 04 002	A	32 di 81



**Tabella 9: Calcolo delle spinte del terrapieno**
**AZIONI NON FATTORIZZATE (rispetto allo spigolo all'INTRADOSSO a valla anteriore plinto)**
**PESO PROPRIO SPALLA**

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	bt [m]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>PLINTO</b>	2'980			2.95	1.00	8'790			0	0	
<b>MURO FRONTALE</b>	520			2.60	2.50	1'353		0.00	0	182	
<b>PARAGHIAIA</b>	201			3.50	4.07	705		0.00	0	-111	
<b>MURO D'ALA</b>	0			0.00	2.00	0		0.00	0	0	
<b>MURI LATERALI DI RISVOLTO</b>	275			4.05	3.28	1'116		0.00	0	-303	
<b>BANDIERA</b>	0			0.00	0.00	0		0.00	0	0	
<b>TOTALE</b>	3'977					11'963			0	-232	

**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>	1112			4.05	3.28	4'504		0.00	0	-1'223	
<b>RICOPRIMENTO</b>	443			0.75	-2.77	332		0.00		975	
<b>TOTALE</b>	1'555					4'836			0	-248	

**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	1'009			1.71	0				1'725	
<b>SOVRACCARICO PERMANENTE</b>	95	95		4.05	2.57	385	242			138	
<b>FRENATURA</b>		311			2.57		798			798	
<b>SOVRACCARICO ACC</b>	550.00	376		4.05	2.57	2227.50	964			359	

**SPINTA TRASVERSALE TERRENO - RIPOSO**

condizione	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]		Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>RISVOLTI</b>	0		0	2.15	3.04				0	0	
<b>BANDIERE</b>	0		0	2.95	4.83				0	0	
<b>TOTALE</b>			0						0	0	

**SPINTA TRASVERSALE TERRENO - RIPOSO sovraccarico**

condizione	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]		Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>RISVOLTI</b>	0		0	2.15	3.57				0	0	
<b>BANDIERE</b>	0		0	2.95	4.91				0	0	
<b>TOTALE</b>			0						0	0	

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

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>PLINTO</b>		615			1.00		615		615	
<b>M FRONTALE</b>		107			2.50		268		268	
<b>PARAGHIAIA</b>		42			4.07		169		169	
<b>MURO LATERALE DI CHIUSURA</b>		0			2.00		0		0	
<b>RISVOLTI</b>		57			3.28		187		187	
<b>BANDIERE</b>		0			0.00		0		0	
<b>TOTALE</b>		821					1239		1239	

**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>			615		1.00			615	0	
<b>M FRONTALE</b>			107		2.50			268	0	
<b>PARAGHIAIA</b>			42		4.07			169	0	
<b>MURO LATERALE DI CHIUSURA</b>			0		2.00			0	0	
<b>RISVOLTI</b>			57		3.28			187	0	
<b>BANDIERE</b>			0		0.00			0	0	
<b>TOTALE</b>			821					1239	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>	115			2.95		340			0	
<b>M FRONTALE</b>	20			2.60		52			7	
<b>PARAGHIAIA</b>	8			3.50		27			-4	
<b>MURO LATERALE DI CHIUSURA</b>	0			0.00		0			0	
<b>RISVOLTI</b>	11			4.05		43			-12	
<b>BANDIERE</b>	0			0.00		0			0	
<b>TOTALE</b>	154					463			-9	

**SOVRASPINTA SISMICA TERRENO longitudinale WOOD**

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>TERRENO</b>	0	1562			2.57		4007		4007	

**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>		230			3.28		753		753	

**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>			230		3.28			753	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>	43			4.05		174			-47	

#### 4.1.1 Spinte sulla spalla in condizioni statiche

Nome azione	SPALLA	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	MrI	Load Type	$\phi / \psi$
G1 p.p. CLS spalla	PP_spalla	0	-232	0	0	0	3977	11963	0		1
Peso terreno spalla	PP_terreno	0	-248	0	0	0	1555	4836	0		1
Spinta a riposo long.	SR-L	1009	1725	0	0	0	0	0	1725		1
a a riposo sovraccarico	SR-L_sovraccarico PERM	95	138	0	0	0	95	385	242		1
Spinta a riposo trasv.	SR-T	0	0	0	0	0	0	0	0		1
a a riposo sovraccarico	SR-T_sovraccarico	0	0	0	0	0	0	0	0		1
a a riposo sovraccarico	SR-L_sovraccarico ACC	376	359	0	0	0	550	2228	964		1
frenatura	FR	311	798	0	0	0	0	0	798		1

#### 4.1.2 Azioni in condizione statiche trasmesse dall'impalcato

Nome azione	IMPALCATO	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	MrI	Load Type	$\phi / \psi$	Note	comb
Permanenti (Travi + Soletta)	Peso Proprio	0	940	0	0	0	2088	5221	0		1		
Permanenti Portati	Permanenti Portati	0	1081	0	0	0	2403	6007	0		1		
Traffico Carico Verticale (SW2)	SW2	0	1444	0	0	0	3208	8020	0	moving	1		max FV
Traffico Carico Verticale (LM71)	LM71	0	1234	0	-2	0	2741	6853	0	moving	1		max FV
Avviamento e Frenatura (SW2)	AF-SW2	0	18	0	1	0	40	99	0	env	1		max
Avviamento e Frenatura (LM71)	AF-LM71	0	13	0	1	0	29	72	0	env	1		max
Serpeggio (SW2)	Serp_SW2	0	0	100	417	0	0	0	0	env	1		max
Serpeggio (LM71)	Serp_LM71	0	0	110	458	0	0	0	0	env	1		max
one Binario - Carichi V	I-Qk1	0	0	0	0	0	0	0	0		-1		
Vento (Wk)	Wk	0	0	681	4502	0	0	0	0	env	1		max
Variazione termica (Tk)	Temp SLU	0	0	0	0	0	0	0	0	env	1		max
Interazione Binario - Temperatura	I-Twk	0	0	0	0	0	0	0	0		0		

#### 4.1.3 Combinazioni Manuali statiche

	MANUALI	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	MrI		$\phi / \psi$
Permanenti	G1'	1009	2185	0	0	0	7621	22021	1725		
Permanenti Portati	G2	95	1219	0	0	0	2498	6392	242		
Traffico Carico Verticale (SW2)	SW2'	376	359	0	0	0	550	2228	964		
Traffico Carico Verticale (LM71)	LM71'	376	359	0	0	0	550	2228	964		
Avviamento e Frenatura (SW2)	AF-SW2'	311	815	0	1	0	40	99	798		
Avviamento e Frenatura (LM71)	AF-LM71'	311	811	0	1	0	29	72	798		
Variazione termica (Tk)	Twk'	0	0	0	0	0	0	0	0		
Resistenze Parassite	RPV	135	404							0.03	1

#### 4.1.4 Azioni Caratteristiche statiche

Descrizione azione elementare	ELEMENTARI	FI	MI	Rt	Mt	T	FV	Msl	Mrl	Sigla
Peso proprio	G1'	1009	2185	0	0	0	7621	22021	1725	G1
Carichi permanenti portati	G2	95	1219	0	0	0	2498	6392	242	G2
Traffico Carico Verticale (SW2)	SW2'	376	359	0	0	0	550	2228	964	SW2
Traffico Carico Verticale (LM71)	LM71'	376	359	0	0	0	550	2228	964	LM71
Avviamento e frenatura (SW2)	AF-SW2	0	18	0	1	0	40	99	0	AFSW2
Avviamento e Frenatura (LM71)	AF-LM71	0	13	0	1	0	29	72	0	AFLM71
Serpeggio(SW2)	Serp_SW2	0	0	100	417	0	0	0	0	SSW2
Serpeggio(LM71)	Serp_LM71	0	0	110	458	0	0	0	0	SLM71
Azione del vento	Wk	0	0	681	4502	0	0	0	0	Wk
Variazioni termiche uniformi	Twk'	0	0	0	0	0	0	0	0	Twk
Resistenze Parassite nei Vincoli	RPV	135	404	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	ψ / ψ
G1 p.p. CLS spalla	PP_spalla	0	-232	0	0	0	3977	11963	0		1
Peso terreno spalla	PP_terreno	0	-248	0	0	0	1555	4836	0		1
Spinta riposo long.	SR-L	1009	1725	0	0	0	0	1725			1
Spinta riposo sovraccarico long.	SR-L_sovraccarico PERM	95	138	0	0	0	95	385	242		1
Spinta a riposo trasv.	SR-T	0	0	0	0	0	0	0	0		1
Inerzia long. cls spalla	SIS-L_SPALLA	821	1239	0	0	0	0	1239			1
Inerzia trasv. cls spalla	SIS-T_SPALLA	0	0	821	1239	0	0	0	0		1
Inerzia vert. cls spalla	SIS-V_SPALLA	0	-9	0	0	0	154	463	0		1
Inerzia long. riempimento	SIS-L_RIEMPIMENTO	230	753	0	0	0	0	753			1
Inerzia trasv. riempimento	SIS-T_RIEMPIMENTO	0	0	230	753	0	0	0	0		1
Inerzia vert. riempimento	SIS-V_RIEMPIMENTO	0	-47	0	0	0	43	174	0		1
Spinta attiva sovraccarico long.	SR-L_sovraccarico ACC	376	359	0	0	0	550	2228	964		1
Frenatura	FR	311	798	0	0	0	0	798			1
Sovraspinta con Wood	SIS-WOOD	1562	4007	0	0	0	0	4007			1

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

Nome azione	IMPALCATO	FI	MI	Rt	Mt	T	FV	Msl	Mrl	Load Type	ψ / ψ	Note	comb
Permanenti (Travi + Soletta)	Peso Proprio	0	940	0	0	0	2088	5221	0		1		
Permanenti Portati	Permanenti Portati	0	1081	0	0	0	2403	6007	0		1		
Traffico Carico Verticale (SW/2)	LM71	0	1234	0	-2	0	2741	6853	0	moving	1		max FV
Avviamento e Frenatura	AF-LM71	0	13	0	1	0	29	72	0	env	1		max
Serpeggio	Serp_LM71	0	0	110	458	0	0	0	0	env	1		max
Interazione Binario - Carichi Verticali	I-Qk1	0	0	0	0	0	0	0	0		0		
Variazione termica (Tk)	Temp SLU	0	0	0	0	0	0	0	0	env	1		max
Interazione Binario - Temperatura	I-Twk	0	0	0	0	0	0	0	0		0		
Azione Sismica Longitudinale	EX	0	660	14	82	0	1466	3666	0	max	1		max
Azione Sismica Trasversale	EY	0	10	2067	12232	0	23	58	0	max	1		max
Azione Sismica Verticale	EZ	0	124	6	27	0	275	689	0	max	1		max

#### 4.1.7 Combinazioni manuali sismiche

	MANJALI	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	Mrl	
Permanenti	G1'	1009	2185	0	0	0	7621	22021	1725	
Permanenti Portati	G2	0	1081	0	0	0	2403	6007	0	
Ballast	B'	95	138	0	0	0	95	385	242	
Traffico Carico Verticale (SW/2)	LM71'	376	359	0	0	0	550	2228	964	
Variazione termica (Tk)	Twk'	0	0	0	0	0	0	0	0	
Resistenze Parassite	RPV	135	404							0.03
Azione Sismica Longitudinale	SX'	2612	2652	14	82	0	1466	3666	1993	
Azione Sismica Trasversale	SY'	0	10	3117	14225	0	23	58	0	
Azione Sismica Verticale	SZ'	0	68	6	27	0	472	1326	0	

#### 4.1.8 Azioni caratteristiche sismiche

Descrizione azione elementare	ELEMENTARI	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	Mrl	Sigma
Peso proprio	G1'	1009	2185	0	0	0	7621	22021	1725	G1
Carichi permanenti portati	G2	0	1081	0	0	0	2403	6007	0	G2
Traffico Carico Verticale (LM71)	LM71'	376	359	0	0	0	550	2228	964	LM71
Avviamento e Frenatura (LM71)	AF-LM71	0	13	0	1	0	29	72	0	AFLM71
Serpeggio (LM71)	Serp_LM71	0	0	0	-6	0	0	0	0	SLM71
Variazioni termiche uniformi	Twk'	0	0	0	0	0	0	0	0	Twk
Resistenze Parassite nei Vincoli	RPV	135	404	0	0	0	0	0	0	RPV
Azione Sismica SX	SX'	2612	2652	14	82	0	1466	3666	1993	SX
Azione Sismica SY	SY'	0	10	3117	14225	0	23	58	0	SY
Azione Sismica SZ	SZ'	0	68	6	27	0	472	1326	0	SZ

## 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)  $\gamma_{G1} G1 + \gamma_{G2} G2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} Q_{ki}$  ( $\varphi_d' = \varphi_k'$ )

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)  $E + G1 + G2 + \sum_i \psi_{0i} Q_{ki}$  ( $\varphi_d' = \varphi_k'$ )

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	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	0.6	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**

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	0.1	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	19541	7418	4355	2048	685	0	54318	4090	FVmax	SLU7	7
Fvmin	7763	2391	6754	1150	1021	0	22598	2088	FVmax	SLU6	6
Flmax	19512	7405	4657	2048	757	0	54246	4090	FVmax	SLU1	1
Flmin	7763	2391	6754	1150	1021	0	22598	2088	FVmax	SLU6	6
Mlmax	19541	7418	4355	2048	685	0	54318	4090	FVmax	SLU7	7
Mlmin	7763	2391	6754	1150	1021	0	22598	2088	FVmax	SLU6	6
Ftmax	14035	4778	6754	1503	1021	0	39316	2692	FVmax	SLU3	3
Ftmin	7763	2391	-2939	1150	-391	0	22598	2088	FVmin	SLU6	150
Mtmax	14035	4778	6754	1503	1021	0	39316	2692	FVmax	SLU3	3
Mtmin	10930	3979	-3167	1695	-245	0	31752	3487	Ftmin	SLU4	244
Np max	19512	7405	4657	2048	757	0	54246	4090	FVmax	SLU1	1
Np min	7763	2391	6754	1150	1021	0	22598	2088	FVmax	SLU6	6

<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	12397	6805	4404	3925	962	0	34324	4152	FVmax	SIS9	9
Fvmin	8616	397	-4359	-1569	-951	0	24784	167	FVmin	SIS4	292
Flmax	12395	6804	4449	3925	973	0	34317	4152	FVmax	SIS1	1
Flmin	9462	690	4285	-1569	945	0	26985	167	FVmax	SIS3	3
Mlmax	12397	6805	4404	3925	962	0	34324	4152	FVmax	SIS9	9
Mlmin	8616	397	-4359	-1569	-951	0	24784	167	FVmin	SIS4	292
Ftmax	11050	4804	14511	2097	3146	0	30955	2758	Ftmax	SIS17	209
Ftmin	9917	2377	-14391	260	-3124	0	28035	1562	Ftmin	SIS20	500
Mtmax	11050	4804	14511	2097	3146	0	30955	2758	Ftmax	SIS17	209
Mtmin	9904	2371	-14418	260	-3113	0	28003	1562	Mtmax	SIS28	124
Np max	11384	4954	14349	2097	3145	0	31791	2758	FVmax	SIS17	17
Np min	10553	4667	14333	2097	3141	0	29625	2758	Mlmax	SIS22	70

Tabella 17: Sollecitazioni base plinto SLU e SLV

**CARICHI PERMANENTI**

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]
-	10119	3404	0	1103	0	0

**COMB. SLE-CAR**

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
-											
Fvmax	11199	6981	1319	2037	254	0	36818	4087	FVmax	SLER2	2
Fvmin	8620	3604	-572	1960	-91	0	30885	4087	FVmin	SLER4	40
Flmax	11199	6981	1319	2037	254	0	36818	4087	FVmax	SLER2	2
Flmin	8624	3192	-571	1795	-91	0	30894	3670	FVmin	SLER6	42
Mlmax	11199	6981	1319	2037	254	0	36818	4087	FVmax	SLER2	2
Mlmin	8624	3192	-571	1795	-91	0	30894	3670	FVmin	SLER6	42
Ftmax	9586	4876	2442	1991	314	0	33108	4087	Ftmax	SLER4	28
Ftmin	9638	4937	-1420	1991	-91	0	33227	4087	Ftmin	SLER1	61
Mtmax	9906	5288	2615	1999	304	0	33844	4087	Tmax	SLER1	31
Mtmin	9906	5288	-1650	1999	-91	0	33844	4087	Tmin	SLER1	67
Np max	11191	6971	1536	2037	304	0	36799	4087	FVmax	SLER1	1
Np min	9586	4876	2442	1991	314	0	33108	4087	Ftmax	SLER4	28

**COMB. SLE-FREQUENTE**

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
-											
Fvmax	11199	5939	1101	1625	220	0	36818	3560	FVmax	SLEFR2	2
Fvmin	8620	2562	-477	1548	-76	0	30885	3278	FVmin	SLEFR4	40
Flmax	11199	5939	1101	1625	220	0	36818	3560	FVmax	SLEFR2	2
Flmin	8624	2358	-476	1465	-76	0	30894	3070	FVmin	SLEFR6	42
Mlmax	11199	5939	1101	1625	220	0	36818	3560	FVmax	SLEFR2	2
Mlmin	8624	2358	-476	1465	-76	0	30894	3070	FVmin	SLEFR6	42
Ftmax	9586	3834	2225	1578	280	0	33108	3390	Ftmax	SLEFR4	28
Ftmin	9638	3895	-1324	1578	-76	0	33227	3389	Ftmin	SLEFR1	61
Mtmax	9906	4246	2397	1586	270	0	33844	3419	Tmax	SLEFR1	31
Mtmin	9906	4246	-1555	1586	-76	0	33844	3419	Tmin	SLEFR1	67
Np max	11191	5929	1319	1625	270	0	36799	3560	FVmax	SLEFR1	1
Np min	9586	3834	2225	1578	280	0	33108	3390	Ftmax	SLEFR4	28

**COMB. SLE-QUASI PERMANENTE**

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
-											
Fvmax	8613	1512	0	1135	0	0	30869	2236	FVmax	SLEQP1	1
Fvmin	8613	1279	0	1071	0	0	30869	2003	FVmax	SLEQP2	2
Flmax	8613	1512	0	1135	0	0	30869	2236	FVmax	SLEQP1	1
Flmin	8613	1279	0	1071	0	0	30869	2003	FVmax	SLEQP2	2
Mlmax	8613	1512	0	1135	0	0	30869	2236	FVmax	SLEQP1	1
Mlmin	8613	1279	0	1071	0	0	30869	2003	FVmax	SLEQP2	2
Ftmax	8613	1512	0	1135	0	0	30869	2236	FVmin	SLEQP1	13
Ftmin	8613	1279	0	1071	0	0	30869	2003	FVmax	SLEQP2	2
Mtmax	8613	1512	0	1135	0	0	30869	2236	FVmin	SLEQP1	13
Mtmin	8613	1279	0	1071	0	0	30869	2003	FVmax	SLEQP2	2
Np max	8613	1512	0	1135	0	0	30869	2236	FVmax	SLEQP1	1
Np min	8613	1512	0	1135	0	0	30869	2236	FVmax	SLEQP1	1

Tabella 18: Sollecitazioni base plinto agli stati limite di esercizio

#### 4.3.2 Sollecitazioni micropali

Le sollecitazioni di calcolo per le verifiche in fondazione sono state ottenute calcolando le risultanti di tutte le azioni normali, taglianti e flettenti rispetto al piano della palificata e ripartendo poi gli sforzi secondo gli interessi.

**Tabella 19: Dati fondazione su micropali**

<b>Plinto di fondazione</b>		
Altezza plinto	2.00	m
Dimensione long.fondazione	5.90	m
Dimensione trasv. fondazione	10.10	m
Inclinazione plinto	0.0	°
Sbalzo anteriore	1.50	m
Sbalzo posteriore	3.20	m
Rientro muri laterali - plinto	0.00	m
Altezza terreno ricoprimento	0.50	m
Altezza terreno riempimento	3.13	
<b>Caratteristiche Micropali</b>		
Diametro dei micropali	300	mm
Numero di micropali tot	60	
Modulo long. min micropalo	70.00	m
Modulo trasv. min micropalo	110.00	m
elong	0.00	m
etrasv	0.00	m
Inclinazione palificata	0.00	°
	0.00	rad

Tutti i micropali hanno un inclinazione longitudinale e trasversale in direzione esterna di 15°.

Si è assunto con approssimazione che i micropali sub-orizzontali assorbono la totalità delle azioni taglianti sul piano di fondazione (Figura 9):

$$N_{palo,i} = i \left[ \frac{\left( \frac{N}{n} + \frac{M}{w_i} \right)}{\cos(\alpha)} + \frac{T}{n \sin(\alpha)} \right]$$

Dove:

$N_{palo,i}$  è il carico assiale sull'iesimo palo

N è il carico assiale totale nel baricentro della fondazione

M è il momento longitudinale nel baricentro della fondazione

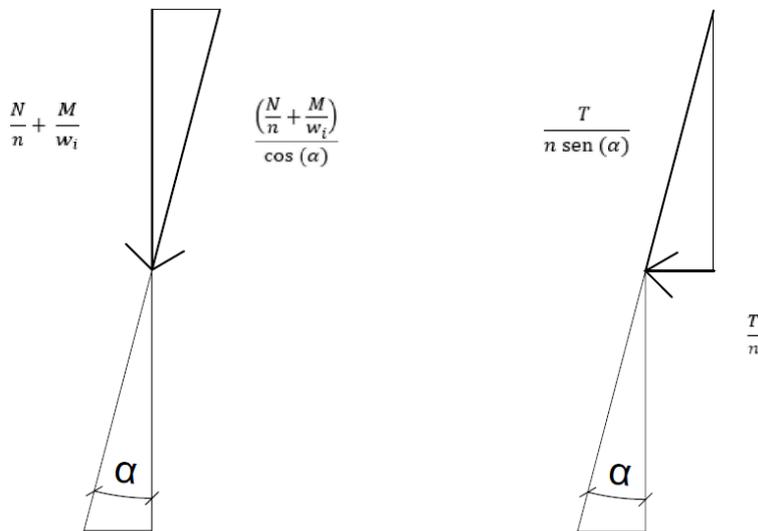
T è il taglio totale nel baricentro della fondazione

$n$  è il numero totale di pali

$W_i$  è l'inerzia della fondazione rispetto dell'iesimo palo

$\alpha$  è l'inclinazione dei micropali rispetto alla verticale

$i$  è l'interasse dei pali



**Figura 9: Contributo carico su micropali.**

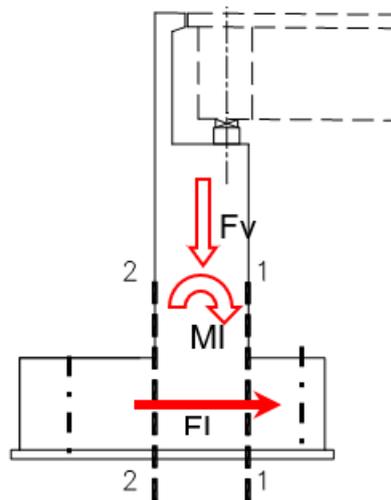
Le combinazioni che massimizzano lo sforzo assiale sul palo sono riportate in Tabella 17.

<b>COMB. SLU</b>	
Np max	Np min
689	-103

<b>COMB. SIS</b>	
Np max	Np min
757	-360

### 4.3.3 Sollecitazioni zattera fondazione

Il calcolo dell'armatura viene svolto, in favore di sicurezza, con lo schema di calcolo a trave. Questi valori si ottengono dalla differenza dei momenti in sezione indotti dal peso proprio del rinterro più il peso proprio della mensola e le reazioni dei pali. Si riporta di seguito le combinazioni che massimizzano le sezioni della zattera a valle del muro frontale (sez 1) e a monte del muro frontale (sez2).



**Figura 10: schema plinto**

Si riportano le tabelle delle sollecitazioni agli SLU e SLV a intradosso plinto che massimizzano le sezioni:

Sp	Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-	-
SB	V1max	19541	7418	4355	2048	685	0	54318	4090	FVmax	SLU7	7
SB	V2max	8439	2715	4717	1554	772	0	25302	3123	Mlmax	SLU16	40
SB	M1max	19540.8	7418	4355.4	2048.5	685.02	0	54318	4090.2	FVmax	SLU7	7
SB	M1min	7620.57	2184.6	6753.6	1008.5	1020.9	0	22021	1724.6	FVmax	SLU6	6
SB	M2max	19540.8	7418	4355.4	2048.5	685.02	0	54318	4090.2	FVmax	SLU7	7
SB	M2min	8438.8	2715.1	4716.9	1553.7	771.58	0	25302	3123	Mlmax	SLU16	40

Sp	Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	MrI	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-	-
SB	V1max	12397	6805	4404	3925	962	0	34324	4152	FVmax	SIS9	9
SB	V2max	11549	6510	-4194	3925	-923	0	32116	4152	FVmin	SIS2	290
SB	M1max	12397.5	6805	4403.6	3925.4	961.77	0	34324	4152.4	FVmax	SIS9	9
SB	M1min	8616.36	396.9	-4359	-1569	-950.9	0	24784	167.31	FVmin	SIS4	292
SB	M2max	9464.72	691.7	4238.9	-1569	934.28	0	26992	167.31	FVmax	SIS11	11
SB	M2min	11549.1	6510.2	-4194	3925.4	-923.4	0	32116	4152.4	FVmin	SIS2	290

Di seguito una tabella riassuntiva delle sollecitazioni in sezione 1 e sezione 2:

Sezione 1:

	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>Vy</b>
	<b>kN</b>	<b>kNm</b>	<b>kN</b>
SLU	0	512	937
SLV	0	496	909
SLE-R	0	340	0
SLE-FR	0	320	0
SLEQP	0	218	0

Sezione 2:

	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>Vy</b>
	<b>kN</b>	<b>kNm</b>	<b>kN</b>
SLU	0	-464	278
SLV	0	-1145	642
SLE-R	0	-306	0
SLE-FR	0	-261	0
SLEQP	0	-217	0

#### 4.3.4 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	1280	354	316	222	72	0		FVmax	SLU7	7
Fvmin	297	44	498	40	108	0		FVmax	SLU6	6
Flmax	1280	354	316	222	72	0		FVmax	SLU7	7
Flmin	297	44	498	40	108	0		FVmax	SLU6	6
Mlmax	1277	360	332	208	80	0		FVmax	SLU1	1
Mlmin	297	44	498	40	108	0		FVmax	SLU6	6
Ftmax	782	143	498	82	108	0		FVmax	SLU3	3
Ftmin	297	44	-228	40	-41	0		FVmin	SLU6	150
Mtmax	782	143	498	82	108	0		FVmax	SLU3	3
Mtmin	548	237	-283	165	-26	0		Ftmin	SLU4	244
Tmax	1277	360	332	208	80	0		FVmax	SLU1	1
Tmin	1277	360	332	208	80	0		FVmax	SLU1	1

COMB. SISMICA										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	776	285	269	159	72	0		FVmax	SIS9	9
Fvmin	385	-14	-266	-24	-71	0		FVmin	SIS4	292
Flmax	776	285	269	159	72	0		FVmax	SIS9	9
Flmin	465	-7	260	-24	70	0		FVmax	SIS3	3
Mlmax	775	286	271	157	73	0		FVmax	SIS1	1
Mlmin	386	-15	-266	-22	-71	0		FVmin	SIS12	300
Ftmax	633	183	891	110	233	0		Ftmax	SIS17	209
Ftmin	523	8	-883	-16	-231	0		Ftmin	SIS20	500
Mtmax	633	183	891	110	233	0		Ftmax	SIS17	209
Mtmin	522	7	-888	-14	-230	0		Mtmax	SIS28	124
Tmax	775	286	271	157	73	0		FVmax	SIS1	1
Tmin	775	286	271	157	73	0		FVmax	SIS1	1

**Tabella 20: Sollecitazioni muro frontale SLU e SLV**

COMB. SLE-CAR										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	FR	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	894	245	211	155	48	0		FVmax	SLEFR2	2
Fvmin	553	215	225	145	55	0		Mlmax	SLEFR4	10
FImax	894	245	211	155	48	0		FVmax	SLEFR2	2
FImin	826	216	218	136	52	0		FVmax	SLEFR3	3
Mlmax	892	249	222	145	54	0		FVmax	SLEFR1	1
Mlmin	553	189	219	136	52	0		Mlmax	SLEFR6	12
Ftmax	665	227	309	145	55	0		Ftmax	SLEFR4	28
Ftmin	724	232	-192	145	-17	0		Ftmin	SLEFR1	61
Mtmax	690	229	324	145	54	0		Ftmax	SLEFR1	25
Mtmin	724	232	-192	145	-17	0		Ftmin	SLEFR1	61
Tmax	892	249	222	145	54	0		FVmax	SLEFR1	1
Tmin	892	249	222	145	54	0		FVmax	SLEFR1	1

COMB. SLE-FREQUENTE										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	FR	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	894	185	178	117	41	0		FVmax	SLEFR2	2
Fvmin	553	155	191	107	48	0		Mlmax	SLEFR4	10
FImax	894	185	178	117	41	0		FVmax	SLEFR2	2
FImin	826	168	184	106	44	0		FVmax	SLEFR3	3
Mlmax	892	189	189	107	47	0		FVmax	SLEFR1	1
Mlmin	553	141	186	106	45	0		Mlmax	SLEFR6	12
Ftmax	665	167	275	107	48	0		Ftmax	SLEFR4	28
Ftmin	724	173	-177	107	-15	0		Ftmin	SLEFR1	61
Mtmax	690	169	291	107	47	0		Ftmax	SLEFR1	25
Mtmin	724	173	-177	107	-15	0		Ftmin	SLEFR1	61
Tmax	892	189	189	107	47	0		FVmax	SLEFR1	1
Tmin	892	189	189	107	47	0		FVmax	SLEFR1	1

COMB. SLE-QUASI PERMANENTE										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	FR	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	551	100	0	59	0	0		FVmax	SLEQP1	1
Fvmin	551	100	0	59	0	0		FVmax	SLEQP2	2
FImax	551	100	0	59	0	0		FVmax	SLEQP1	1
FImin	551	100	0	59	0	0		FVmax	SLEQP1	1
Mlmax	551	100	0	59	0	0		FVmax	SLEQP1	1
Mlmin	551	100	0	59	0	0		FVmax	SLEQP2	2
Ftmax	551	100	0	59	0	0		FVmin	SLEQP1	13
Ftmin	551	100	0	59	0	0		FVmax	SLEQP2	2
Mtmax	551	100	0	59	0	0		FVmin	SLEQP1	13
Mtmin	551	100	0	59	0	0		FVmax	SLEQP2	2
Tmax	551	100	0	59	0	0		FVmax	SLEQP1	1
Tmin	551	100	0	59	0	0		FVmax	SLEQP1	1

Tabella 21: Sollecitazioni del Muro Frontale per gli stati limite di esercizio

#### 4.3.5 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>	7.63	m	larghezza di diffusione longitudinale all'intradosso paraghiaia
B <sub>t</sub>	5.46	m	larghezza di diffusione trasversale all'intradosso paraghiaia
A	41.7	m <sup>2</sup>	area di diffusione trasversale all'intradosso paraghiaia
q <sub>0_2</sub>	24.01	KN/m <sup>2</sup>	sovraccarico a m <sup>2</sup> all'intradosso paraghiaia
σ <sub>0_2</sub>	10.23	KN/m <sup>2</sup>	spinta sovraccarico all'intradosso paraghiaia

S <sub>0</sub>	141	kN	Spinta totale
M <sub>0</sub>	175	kNm	Momento totale all'intradosso paraghiaia

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

B <sub>coll</sub>	6.36	m	
S <sub>0</sub>	<b>22.1</b>	kN/m	Spinta sovraccarico a m/trasversale
M <sub>0</sub>	<b>27.5</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>	3.69	m	lunghezza di influenza della frenatura (H/tan(30))
Q <sub>l</sub> bk'=Q <sub>l</sub> bk*L <sub>fr</sub>	129	kN	forza di frenatura totale
M=Q <sub>l</sub> bk'*H	275	kNm	momento flettente totale allo spiccato

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

b <sub>t</sub>	2.80	m	larghezza di diffusione trasversale all'estradosso paraghiaia
Accettando l'ipotesi di ripartizione del carico nel terreno con un angolo di 30°, le sollecitazioni a metro lineare valgono:			
B <sub>t</sub>	5.26	m	larghezza di diffusione trasversale all'intradosso paraghiaia
Q <sub>l</sub> bk'/B <sub>t</sub>	<b>24.6</b>	kN/m	forza di frenatura a metro lineare trasversale
M=Q <sub>l</sub> bk'*H/B <sub>t</sub>	<b>52.3</b>	kNm/m	momento flettente allo spiccato a metro lineare trasversale

**Azioni sulla 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	$ag^*S$	0.210	
altezza paraghiaia	H	2.13	m
spessore paraghiaia	s	0.40	m

**VALORI CARATTERISTICI - PARAGHIAIA**

AZIONI	FATTOR	t [KN/m]	m [KNm/m]
SPINTA A RIPOSO	1.00	18	13
SPINTA SOVRACCARICO A RIPOSO	1.00	22	28
FRENATURA RILEVATO	1.00	25	52

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

AZIONI	FATTOR	t [KN/m]	m [KNm/m]
SPINTA A RIPOSO	1.35	25	18
SPINTA SOVRACCARICO A RIPOSO	1.35	30	37
FRENATURA RILEVATO	1.35	33	71
TOTALE		88	125

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

AZIONI	FATTOR	t [KNm/ml]	m [KNm/ml]
SPINTA ATTIVA	1.00	12	8
SOVRASPINTA SISMICA	1.00	9	10
SPINTA SOVRACCARICO ACCIDENTALE	0.20	3	3
MASSA PARAGHIAIA	1.00	4	5
TOTALE		28	26

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

AZIONI	FATTOR	t [KN/m]	m [KNm/m]
SPINTA A RIPOSO	1.00	18	13
SPINTA SOVRACCARICO A RIPOSO	1.00	22	28
FRENATURA RILEVATO	1.00	25	52
TOTALE		65	93

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

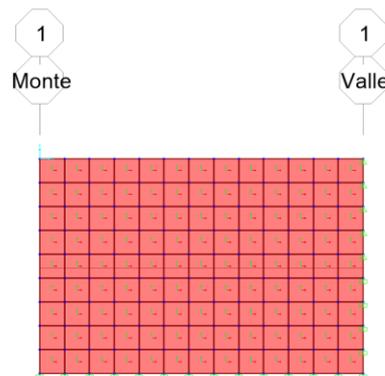
AZIONI	FATTOR	t [KN/m]	m [KNm/m]
SPINTA A RIPOSO	1.00	18	13
SPINTA SOVRACCARICO A RIPOSO	0.60	13	17
FRENATURA RILEVATO	0.60	15	31
TOTALE		46	61

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

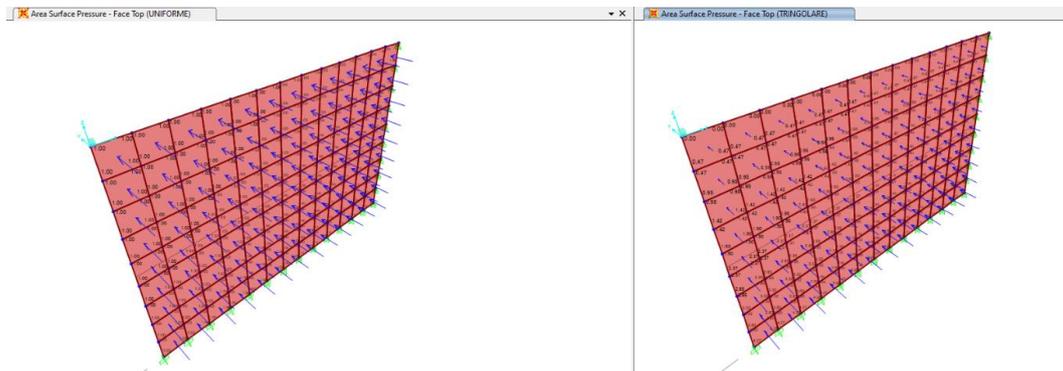
AZIONI	FATTOR	t [KN/m]	m [KNm/m]
SPINTA A RIPOSO	1.00	18	13
TOTALE		18	13

#### 4.3.6 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 paragliaia.



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	3.756
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= Sovraspinta sismica

Fh= Forza inerziale del muro

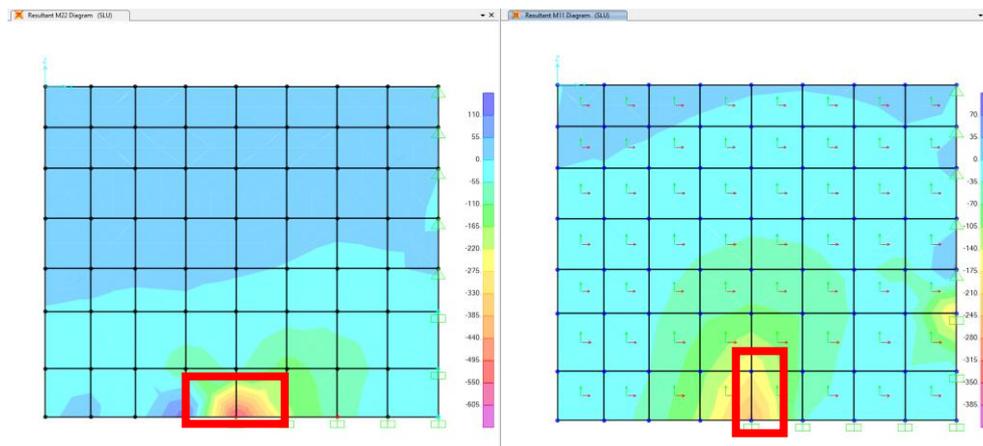
Le combinazioni sono le seguenti:

SLU : 1.35 DEAD + 1.35 So + 1.45 Sq

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

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

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



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

TABLE: Section Cut Forces - Analysis								
SectionCut	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
ORIZZONTALE	SLU	Combination	-75.488	-221.779	122.989	63.9526	52.2141	186.6872
ORIZZONTALE	SLV	Combination	-55.917	-77.875	91.103	19.4264	38.6771	64.7227
ORIZZONTALE	SLE-R	Combination	-55.917	-164.281	91.103	47.3723	38.6771	138.2868
VERTICALE	SLU	Combination	-86.953	-491.348	197.983	289.3493	-30.1856	116.765
VERTICALE	SLV	Combination	-64.41	-168.53	146.654	97.7994	-22.3597	39.0882
VERTICALE	SLE-R	Combination	-64.41	-363.961	146.654	214.3328	-22.3597	86.4926

#### 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 Verifica strutturale micropalo

La verifica strutturale micropalo è eseguita in Rif. [1].

##### 4.4.2 Verifiche plinto di fondazione

###### 4.4.2.1 Sezione 1 a valle

###### 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 $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

###### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C25/30

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



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09CL	VI 02 04 002	A	55 di 81

3	50.0	200.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-40.0	6.4	24
2	40.0	6.4	24
3	-40.0	193.6	24
4	40.0	193.6	24

**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	24
2	3	4	3	24

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 8 mm  
 Passo staffe: 6.6 cm  
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	512.00	0.00	937.00	0.00
2	0.00	496.00	0.00	909.00	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
---------	---	----	----



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09CL	VI 02 04 002	A	56 di 81

1                      0.00                      340.00                      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	320.00 (1858.86)	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	218.00 (1858.86)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:                      5.2 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali:                      17.6 cm  
Copriferro netto minimo staffe:                      4.4 cm

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

Ver                      S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N                      Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx                      Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
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	512.00	0.00	0.00	1683.92	0.00	3.29	22.6(28.5)
2	S	0.00	496.00	0.00	0.00	1683.92	0.00	3.40	22.6(28.5)

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

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

**SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09CL	VI 02 04 002	A	57 di 81

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	0.00260	0.037	-50.0	200.0	0.00028	-40.0	193.6	-0.06750	-40.0	6.4
2	0.00260	0.037	-50.0	200.0	0.00028	-40.0	193.6	-0.06750	-40.0	6.4

**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	0.000362097	-0.069817418	0.037	0.700
2	0.000000000	0.000362097	-0.069817418	0.037	0.700

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe:	8 mm
Passo staffe:	6.6 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
1	S	937.00	4240.68	2588.25	193.0	100.0	2.500	1.000	5.5	15.2(0.0)
2	S	909.00	4240.68	2588.25	193.0	100.0	2.500	1.000	5.3	15.2(0.0)

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

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



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09CL	VI 02 04 002	A	58 di 81

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.03	50.0	200.0	-81.7	-40.0	6.4	1600	22.6

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

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

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(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	-0.00042	0	0.500	24.0	52	0.00025 (0.00025)	465	0.114 (0.20)	1858.86	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	0.97	-50.0	200.0	-76.9	20.0	6.4	1600	22.6

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00040	0	0.500	24.0	52	0.00023 (0.00023)	465	0.107 (0.20)	1858.86	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	0.66	-50.0	200.0	-52.4	20.0	6.4	1600	22.6

**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	-0.00027	0	0.500	24.0	52	0.00016 (0.00016)	465	0.073 (0.20)	1858.86	0.00

#### 4.4.2.2 Sezione 2 a monte

#### 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 $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: 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	6.4	24
2	40.0	6.4	24
3	-40.0	193.6	24
4	40.0	193.6	24

#### 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 B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09CL	VI 02 04 002	A	60 di 81

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	24
2	3	4	3	24

**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	6.7
9	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	-464.00	0.00	278.00	0.00
2	0.00	-1145.00	0.00	642.00	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	-306.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09CL	VI 02 04 002	A	61 di 81

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	-261.00 (-1857.89)	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	-217.00 (-1857.89)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.5 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 17.6 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 4.3 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As 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	-464.00	0.00	0.00	-1681.13	0.00	3.62	22.6(28.5)
2	S	0.00	-1145.00	0.00	0.00	-1681.13	0.00	1.47	22.6(28.5)

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

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



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09CL	VI 02 04 002	A	62 di 81

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00267	0.038	-50.0	0.0	0.00023	-40.0	6.7	-0.06750	-40.0	193.3
2	0.00267	0.038	-50.0	0.0	0.00023	-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	-0.000362986	0.002665260	0.038	0.700
2	0.000000000	-0.000362986	0.002665260	0.038	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  $L=lungh.legat.proietta-$   
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	278.00	4240.68	1921.77	193.0	100.0	2.500	1.000	1.6	11.3(3.8)
2	S	642.00	4240.68	1921.77	193.0	100.0	2.500	1.000	3.8	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	0.93	-50.0	0.0	-73.7	20.0	193.3	1650	22.6

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

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

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6\ S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max*(e_{sm} - e_{cm})$ [(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	24.0	55	0.00022 (0.00022)	485	0.107 (0.20)	-1857.89	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	0.79	-50.0	0.0	-62.8	20.0	193.3	1650	22.6

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00033	0	0.500	24.0	55	0.00019 (0.00019)	485	0.091 (0.20)	-1857.89	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	0.66	-50.0	0.0	-52.3	20.0	193.3	1650	22.6

**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	-0.00027	0	0.500	24.0	55	0.00016 (0.00016)	485	0.076 (0.20)	-1857.89	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 20 e Tabella 21. Si prevede di inserire un minimo di armatura verticale dello 0.15% Ac sia a trazione sia a compressione; equivalenti ad uno strato  $\phi 26/20$  più un secondo strato  $\phi 26/40$ . Si riporta però la verifica eseguita con solo il primo strato di armatura, sufficiente a rispettare le verifiche.

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta 1 * \beta 2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta 1 * \beta 2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	220.0
3	50.0	220.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09CL	VI 02 04 002	A	65 di 81

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

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

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

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [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	1277.00	360.00	0.00	222.00	0.00
2	776.00	285.00	0.00	159.00	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) 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	894.00	245.00	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



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09CL	VI 02 04 002	A	66 di 81

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	894.00	185.00 (0.00)	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	551.00	100.00 (0.00)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata

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

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
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	1277.00	360.00	0.00	1277.05	3503.95	0.00	9.73	26.5(38.4)
2	S	776.00	285.00	0.00	776.07	2989.35	0.00	10.49	26.5(38.4)
3	S	175.00	206.00	0.00	174.94	2366.98	0.00	11.49	26.5(38.4)
4	S	135.00	157.00	0.00	134.96	2325.39	0.00	14.81	26.5(38.4)

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

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

**SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09CL	VI 02 04 002	A	67 di 81

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	0.050	-50.0	220.0	0.00139	-40.0	213.5	-0.06590	40.0	6.5
2	0.00308	0.044	-50.0	220.0	0.00093	-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	0.000325054	-0.068011892	0.050	0.700
2	0.000000000	0.000330574	-0.069648729	0.044	0.700
3	0.000000000	0.000327887	-0.069631264	0.036	0.700
4	0.000000000	0.000327707	-0.069630093	0.035	0.700

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

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	222.00	713.66	212.4	100.0	0.0012	0.58 6)
2	S	159.00	641.11	212.4	100.0	0.0012	0.35 6)
3	S	153.00	630.80	212.4	100.0	0.0012	0.08 6)
4	S	108.00	630.22	212.4	100.0	0.0012	0.06 6)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.67	-50.0	220.0	2.0	20.0	6.5	----	----
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  
                   = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09CL	VI 02 04 002	A	68 di 81

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	Coprifero [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
2	S	-0.00004	0	0.500	26.0	52	0.00003 (0.00003)	444	0.011 (0.20)	4019.58	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.60	-50.0	220.0	2.9	20.0	6.5	----	----

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

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.35	-50.0	220.0	2.0	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

Si riporta di seguito anche la verifica eseguita come elemento tozzo del muro frontale, la verifica risulta soddisfatta.

### Verifica MURO FRONTALE

h 1.00 m  
 l 2.20 m  
 h/l 0.455 

ELEMENTO TOZZO

c 400 mm copriferro di calcolo  
 d 1.8 m altezza utile  
 s 0.40 m spessore biella compressa  
 b 1.60 m braccio schema tirante puntone

			$\phi$ (mm)	pas (cm)	N°s	As (mq)
Rck	40	Mpa	26	20	1.0	0.003
	fyk	450				Mpa
						0.005

			$\phi$ (mm)	pas (cm)	N°s	As (mq)
armature (+)	26	20	1.0	0.003		
	26	20	1.0	0.003		
						0.005

### Condizione SLU

### Condizione SIS

IND	FV	FI	MI
-	[kN]	[kN]	[kNm]
1	1277	208	360

IND	FV	FI	MI
-	[kN]	[kN]	[kNm]
1	775	157	286

	T	C
	[kN/m]	[kN/m]
	224.8	424.2
F <sub>Ed</sub> =	225	424
F <sub>Rd</sub> =	2078	3988
C/D	9.24	9.40
<b>C/D MIN</b>	<b>9.24</b>	

	T	C
	[kN/m]	[kN/m]
	178.8	337.4
F <sub>Ed</sub> =	179	337
F <sub>Rd</sub> =	2078	3988
C/D	11.62	11.82
<b>C/D MIN</b>	<b>11.62</b>	

#### 4.4.4 Verifiche paraghiaia

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

#### 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	22
2	40.0	6.0	22
3	-40.0	33.8	14
4	40.0	33.8	14

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09CL	VI 02 04 002	A	71 di 81

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	22
2	3	4	3	14

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	125.00	0.00	88.00	0.00
2	0.00	26.00	0.00	28.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	93.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	61.00 (94.67)	0.00 (0.00)

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

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



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09CL	VI 02 04 002	A	72 di 81

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	13.00 (94.67)	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: 17.8 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	125.00	0.00	0.00	224.26	0.00	1.79	19.0(5.8)
2	S	0.00	26.00	0.00	0.00	224.26	0.00	8.63	19.0(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	0.00084	0.310	-50.0	40.0	0.00034	-40.0	33.8	-0.00186	-40.0	6.0
2	0.00084	0.310	-50.0	40.0	0.00034	-40.0	33.8	-0.00186	-40.0	6.0

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

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

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



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09CL	VI 02 04 002	A	73 di 81

1	0.000000000	0.000079423	-0.002339870	0.310	0.827
2	0.000000000	0.000079423	-0.002339870	0.310	0.827

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

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	88.00	186.01	33.0	100.0	0.0058	0.00
2	S	28.00	186.01	33.0	100.0	0.0058	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	5.16	-50.0	40.0	-162.4	-20.0	6.0	950	19.0

**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]
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	-0.00097	0	0.500	22.0	49	0.00046 (0.00046)	354	0.164 (0.20)	94.67	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.38	-50.0	40.0	-106.5	20.0	6.0	950	19.0



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09CL	VI 02 04 002	A	74 di 81

**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	-0.00064	0	0.500	22.0	49	0.00030 (0.00030)	354	0.108 (0.20)	94.67	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	0.72	-50.0	40.0	-22.7	20.0	6.0	950	19.0

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00014	0	0.500	22.0	49	0.00006 (0.00006)	354	0.023 (0.20)	94.67	0.00

#### 4.4.5 Verifiche muro di risvolto

Si riporta di seguito la verifica eseguita per il muro di risvolto, armato con una maglia  $\phi 22/20$  controterra e  $\phi 22/20$  lato esterno.

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.065	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <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	6.3	22
2	40.0	6.3	22
3	-40.0	73.7	22
4	40.0	73.7	22

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09CL	VI 02 04 002	A	76 di 81

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	22
2	3	4	3	22

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 8 mm  
 Passo staffe: 6.6 cm  
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	187.00	0.00	-222.00	0.00
2	0.00	65.00	0.00	-78.00	0.00
3	198.00	289.00	0.00	-491.00	0.00
4	147.00	98.00	0.00	-169.00	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	138.00	0.00
2	147.00	214.00	0.00

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.2 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 17.8 cm  
 Copriferro netto minimo staffe: 4.4 cm

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

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



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09CL	VI 02 04 002	A	77 di 81

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	187.00	0.00	0.00	534.33	0.00	2.86	19.0(12.7)
2	S	0.00	65.00	0.00	0.00	534.33	0.00	8.22	19.0(12.7)
3	S	198.00	289.00	0.00	197.83	602.02	0.00	2.08	19.0(14.0)
4	S	147.00	98.00	0.00	146.77	584.59	0.00	5.97	19.0(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	0.079	-50.0	80.0	-0.00029	-40.0	73.7	-0.04083	-40.0	6.3
2	0.00350	0.079	-50.0	80.0	-0.00029	-40.0	73.7	-0.04083	-40.0	6.3
3	0.00350	0.086	-50.0	80.0	0.00003	-40.0	73.7	-0.03714	-40.0	6.3
4	0.00350	0.084	-50.0	80.0	-0.00005	-40.0	73.7	-0.03805	-40.0	6.3

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000601446	-0.044615696	0.079	0.700
2	0.000000000	0.000601446	-0.044615696	0.079	0.700
3	0.000000000	0.000551379	-0.040610342	0.086	0.700
4	0.000000000	0.000563728	-0.041598209	0.084	0.700

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 8 mm  
 Passo staffe: 6.6 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.

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09CL	VI 02 04 002	A	78 di 81

I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
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
1	S	222.00	2053.69	978.97	73.0	100.0	2.500	1.000	3.5	15.2(0.0)
2	S	78.00	2053.69	978.97	73.0	100.0	2.500	1.000	1.2	15.2(0.0)
3	S	491.00	2081.73	978.97	73.0	100.0	2.500	1.014	7.6	15.2(0.0)
4	S	169.00	2074.51	978.97	73.0	100.0	2.500	1.010	2.6	15.2(0.0)

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

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [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	2.04	50.0	80.0	-106.6	20.0	6.3	1550	19.0
2	S	3.26	-50.0	80.0	-129.5	20.0	6.3	1550	19.0

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

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00059	0	0.500	22.0	52	0.00032 (0.00032)	482	0.154 (0.20)	371.02	0.00
2	S	-0.00072	0	0.500	22.0	52	0.00039 (0.00039)	482	0.187 (0.20)	411.55	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	
Fondazione Spalla	2.00	1.00	40
Elevazione Spalla	var	1.00	60

## 6 APPENDICE

### 6.1 Validazione del modello

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

- *Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.*

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

[...]

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

#### Carichi elementari:

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

Dove:

$H = 5.13\text{m}$  altezza totale della spalla

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

$k_0 = 0.426$  coefficiente di spinta a riposo

$t = 9.46\text{m}$  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:

$$S_o = [1/2 * \gamma * H^2 * k_0] t = 1007\text{kN}$$

#### **G2:**

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

$$S_b = [Q_b H k_0] b = 94 \text{ kN}$$

### **TRENO DI CARICO:**

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

$$S_q = [q H k_0] b = 375 \text{ kN}$$

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

$$G_1 \gamma_{G1} + G_2 \gamma_{G2} + S_q \gamma_q = 1007 \cdot 1.35 + 94 \cdot 1.5 + 375 \cdot 1.45 = 2046 \text{ kN}$$

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

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

$$F_1 = 2048 \text{ kN}$$