

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



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

### PROGETTO DEFINITIVO

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

### OPERE D'ARTE MAGGIORI

VI-03 PONTE SUL FIUME ASA  
 RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

SCALA:

-
---

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

N	N	1	X	0	0	D	0	9	C	L	V	I	0	3	0	4	0	0	2	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

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

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

File: NN1X00D09CLV10304002A.doc

n. Elab.:

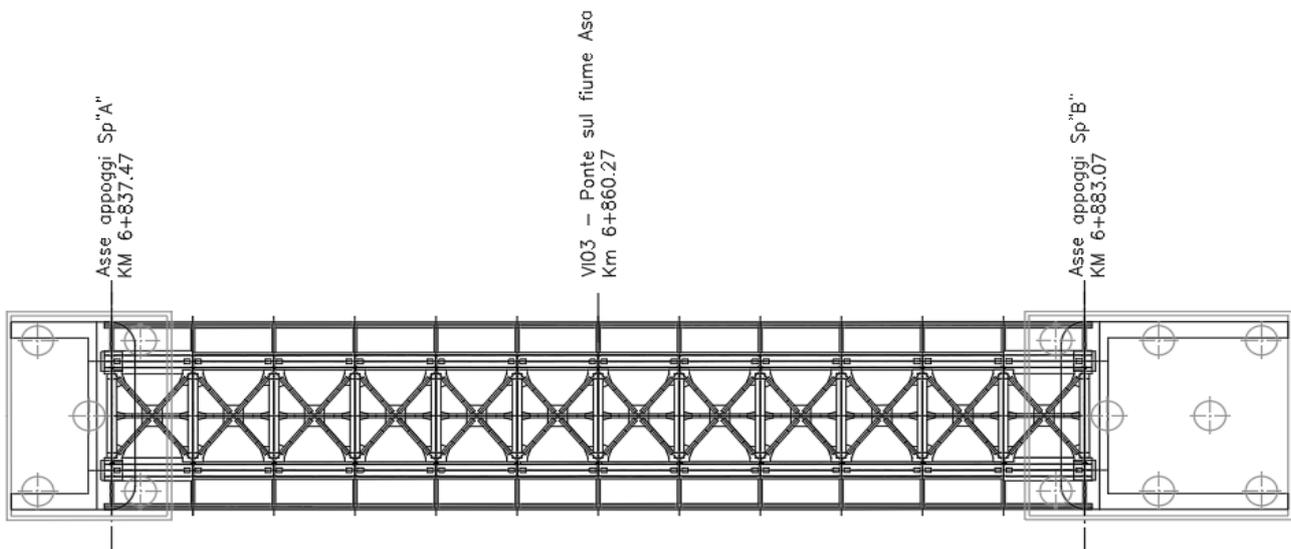
## INDICE

1	GENERALITÀ.....	4
1.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	7
1.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	7
1.3	MATERIALI.....	8
1.3.1	<i>Calcestruzzo per fondazioni e pali.....</i>	8
1.3.2	<i>Calcestruzzo per elevazione sottostrutture.....</i>	9
1.3.3	<i>Acciaio B450C.....</i>	10
1.4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	10
2	ANALISI DEI CARICHI.....	11
2.1	PERMANENTI (G1).....	11
2.2	PERMANENTI PORTATI (G2).....	12
2.3	AZIONI TERMICHE – (TEMP SLU).....	13
2.4	VENTO (Wk).....	13
2.5	AZIONI VERTICALI DA TRAFFICO FERROVIARIO (LM71-SW2).....	13
2.6	SERPEGGIO (SERP).....	15
2.7	RESISTENZE PARASSITE NEI VINCOLI (RPV).....	15
2.8	INTERAZIONE BINARIO – STRUTTURA.....	15
2.9	AZIONE SISMICA (E).....	16
2.9.1	<i>Valutazione dei parametri di pericolosità.....</i>	16
2.9.2	<i>Sovrappinta sismica.....</i>	19
2.9.3	<i>Inerzia terrapieno.....</i>	21
2.9.4	<i>Inerzie strutturali.....</i>	21
3	CRITERI DI VERIFICA.....	22
3.1	CRITERI DI VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO.....	22
3.1.1	<i>Verifica di resistenza a presso-flessione.....</i>	22
3.1.2	<i>Verifica di resistenza a taglio.....</i>	22

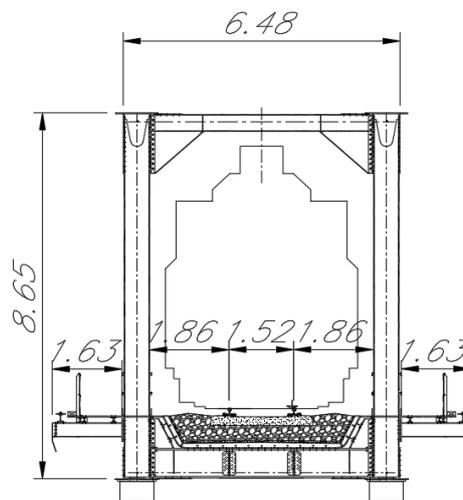
3.2	CRITERI DI VERIFICA ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO .....	22
3.2.1	<i>Verifica a fessurazione</i> .....	22
3.2.2	<i>Verifica per le tensioni in esercizio</i> .....	23
4	CALCOLO SPALLA B.....	24
4.1.1	<i>Spinte sulla spalla in condizioni statiche</i> .....	34
4.1.2	<i>Azioni in condizione statiche trasmesse dall'impalcato</i> .....	34
4.1.3	<i>Spinte sulla spalla in condizioni sismiche:</i> .....	35
4.1.4	<i>Azioni in condizione sismiche trasmesse dall'impalcato</i> .....	35
4.2	COMBINAZIONI .....	36
4.3	SOLLECITAZIONI.....	40
4.3.1	<i>Sollecitazioni base plinto</i> .....	40
4.3.2	<i>Sollecitazioni in testa palo</i> .....	42
4.3.3	<i>Sollecitazioni muro frontale</i> .....	47
4.3.4	<i>Sollecitazioni paraghiaia</i> .....	49
4.3.5	<i>Sollecitazioni muro di risvolto</i> .....	52
4.4	VERIFICHE.....	54
4.4.1	<i>Verifiche palo di fondazione</i> .....	54
4.4.2	<i>Verifiche plinto di fondazione</i> .....	62
4.4.3	<i>Verifiche muro frontale</i> .....	70
4.4.4	<i>Verifiche paraghiaia</i> .....	76
4.4.5	<i>Verifiche muro di risvolto</i> .....	81
5	INCIDENZE.....	85
6	APPENDICE .....	86
6.1	VALIDAZIONE DEL MODELLO.....	86

## 1 GENERALITÀ

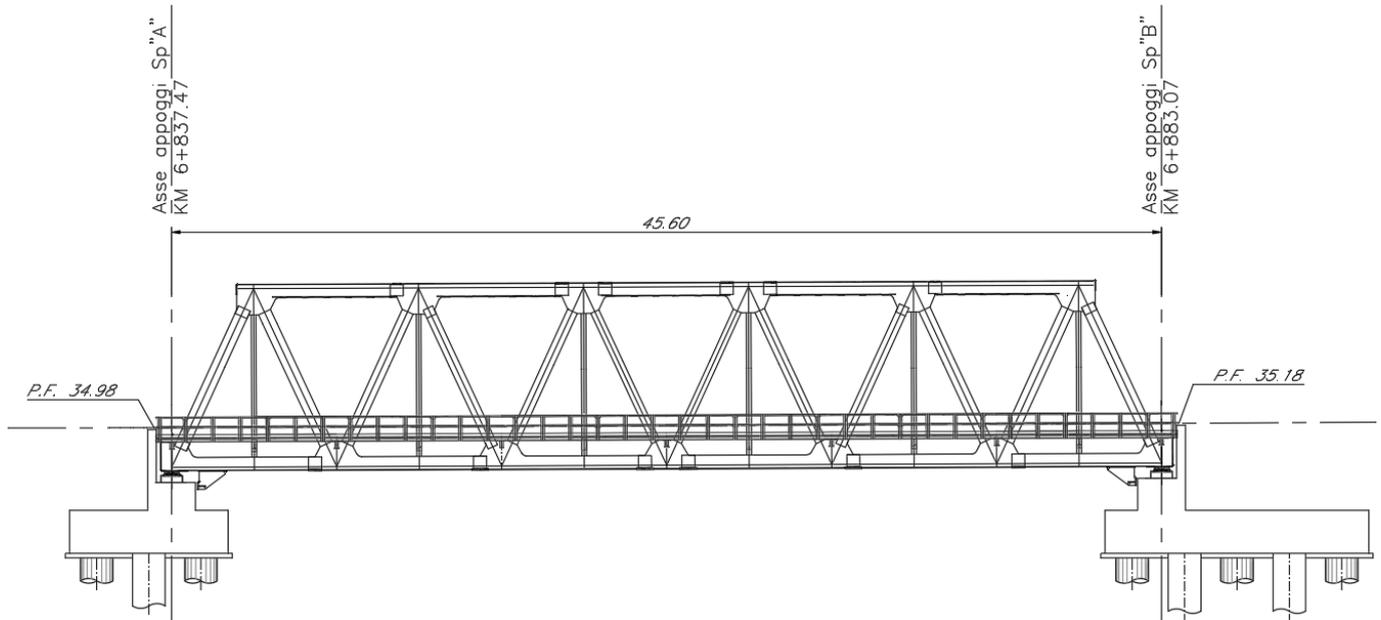
Oggetto del presente documento sono i calcoli relativi alla spalla B del Ponte sul fiume Asa al km. 6+860.27, previsto nell'ambito del progetto definitivo per A.I. del Prolungamento della Metropolitana di Salerno, in particolare della tratta Salerno- Battipaglia. L'opera in questione è individuata con la WBS VI03.



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



**Figura 2: Sezione trasversale impalcato**



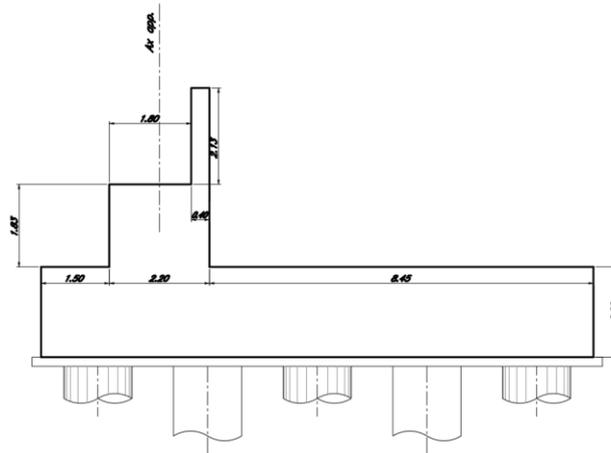
**Figura 3: Prospetto longitudinale impalcato**

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

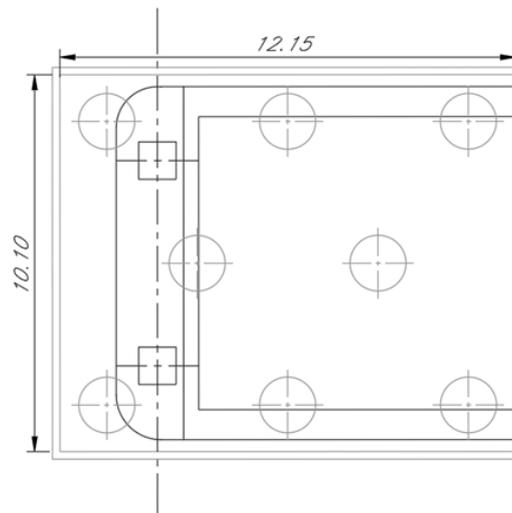
La spalla B alloggia n°2 appoggi e poggia su 8 pali di diametro Ø 1500.

L'altezza del paramento a tergo del terreno è di circa 1.83 m, spessore del fusto di 2.20 m; la zattera di fondazione ha spessore 2.00 m. La trave paraghiaia che contiene il terreno immediatamente a ridosso dell'impalcato ha uno spessore di 0.40m per un'altezza di 2.13 m.

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



**Figura 4: Spalla B – sezione**



**Figura 5: 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 09 CL	DOCUMENTO VI 03 04 002	REV. A	FOGLIO 7 di 87

## 1.1 Normativa di riferimento

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

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

## 1.2 Documenti di riferimento

I documenti che verranno richiamati nel seguito sono:

- Rif. [1] Relazione geotecnica e di calcolo fondazioni –NN1X00D09RBVI0303001A
- Rif. [2] Relazione di calcolo travata metallica – NN1X00D09CLVI0309001A

### 1.3 Materiali

#### 1.3.1 Calcestruzzo per fondazioni e pali

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

Classe d'esposizione: XC2

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

Classe minima di consistenza: S4

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

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

**Tabella 1: Caratteristiche calcestruzzo fondazione e pali**

### 1.3.2 Calcestruzzo per elevazione sottostrutture

Per le strutture in elevazione si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate in Tabella 2:

Classe d'esposizione: XC4+XS1

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

Classe minima di consistenza: S4

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

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

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

### 1.3.3 Acciaio B450C

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

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

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

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

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

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

### 1.4 Inquadramento Geotecnico

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

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

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

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

## 2 ANALISI DEI CARICHI

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

### 2.1 Permanti (G1)

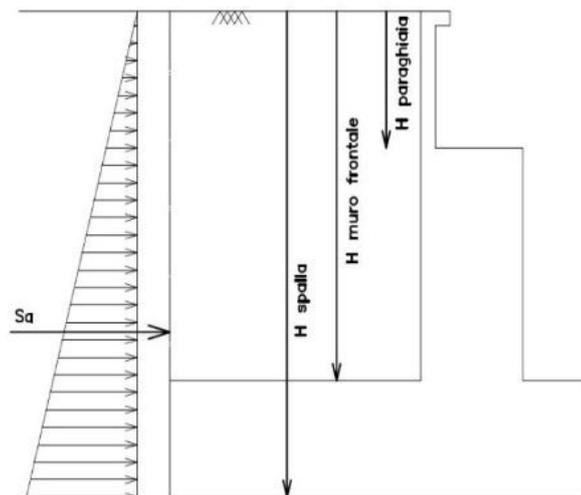
I pesi degli elementi strutturali sono dedotti utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a  $25 \text{ kN/m}^3$ , e a tergo della spalla, applicato sulla zattera posteriore, viene considerato un carico pari al peso del rinterro calcolato con un peso di volume pari a  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$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

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

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

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

Il punto di applicazione della spinta si trova in corrispondenza del baricentro del diagramma delle pressioni ( $1/3 H$  rispetto alla base della parete), come riportato in Figura 6.



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

## 2.2 Permanenti Portati (G2)

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

### Analisi sovraccarichi permanenti portati

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

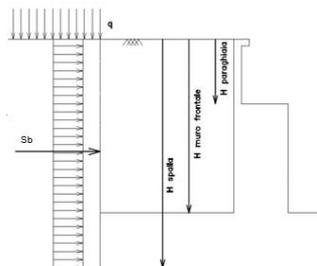
**Tabella 3 – Carichi permanenti portati**

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

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

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

Tale spinta è applicata ad una altezza pari a  $H/2$ , come riportato in Figura 7.



**Figura 7: Spinte Sovraccarico Permanente**

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



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	13 di 87

### 2.3 Azioni Termiche – (Temp SLU)

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

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

### 2.4 Vento (Wk)

L'azione del vento è stata distinta in:

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

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

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

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

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

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

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

	LM71	SW0	SW2
$\alpha$	1.1	1.1	1.0

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

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

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

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

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

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

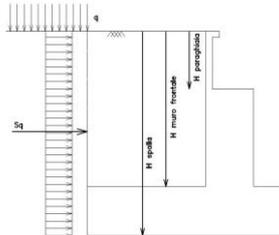
<sup>(2)</sup> Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

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

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

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

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



**Figura 8: Spinta statica sovraccarico accidentale**

## 2.6 Serpeggio (Serp)

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

## 2.7 Resistenze parassite nei vincoli (RPV)

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

## 2.8 Interazione binario – struttura

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

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

	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO					
	<b>COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO</b> <b>TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO</b>					
SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	16 di 87

## 2.9 Azione Sismica (E)

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

### 2.9.1 Valutazione dei parametri di pericolosità

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

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

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

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

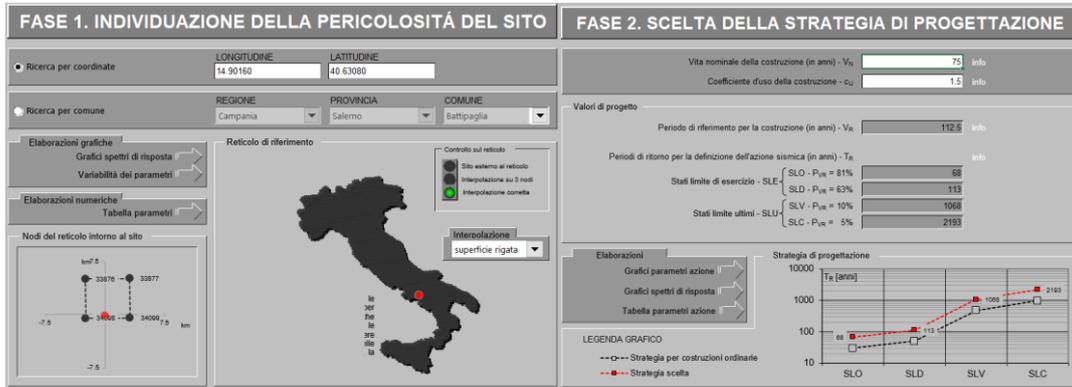
$$V_R = V_N \cdot C_U$$

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

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

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

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



I valori dei funzionali dello spettro di risposta sismica ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_C^*$ ) per gli stati limite di normativa sono riportati in Tabella 4:

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

**Tabella 4: valori dei funzionali dello spettro di risposta sismica**

In cui:

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

In Tabella 5 si riportano i valori dei funzionali e le coordinate dei punti del solo spettro di risposta sismica relativo allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV):

**Punti dello spettro di risposta**

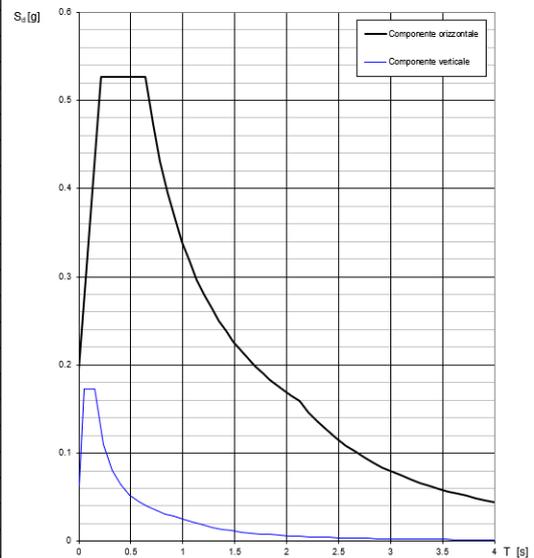
T [s]	Se [g]
0.000	0.194
0.214	0.526
0.641	0.526
0.712	0.474
0.782	0.431
0.853	0.396
0.924	0.365
0.994	0.339
1.065	0.317
1.135	0.297
1.206	0.280
1.276	0.264
1.347	0.251
1.417	0.238
1.488	0.227
1.558	0.217
1.629	0.207
1.700	0.199
1.770	0.191
1.841	0.183
1.911	0.177
1.982	0.170
2.052	0.164
2.123	0.159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

**Parametri indipendenti**

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

**Parametri dipendenti**

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

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

**Tabella 5: Parametri spettro di risposta sismica allo SLV**

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

### 2.9.2 Sovrappinta sismica

Per il calcolo della spinta del terreno sulle opere di sostegno, occorre tenere presente che la mobilitazione della spinta attiva avviene per spostamenti di entità contenuta, come si evince dalla Tabella 6 desunta dall'EC7 - Parte 1 - Annesso C (C.3 "Movements to mobilise limit earth pressures):

Table C.1 — Ratios  $v_d/h$

Kind of wall movement	$v_d/h$ loose soil %	$v_d/h$ 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

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

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

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

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

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

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

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

$\phi$  = angolo di attrito interno del terreno

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

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

$\delta$  = angolo di attrito terra-muro

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

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

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

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

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

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

A seguito della verifica della entità degli spostamenti, pari a 3.9cm (come desumibile dalla Relazione Geotecnica Rif. [1] alla quale si rimanda per maggiori dettagli) e quindi superiori al limite di cui alla relazione  $v/h = 3.9/595 \cdot 100 = 0.65\% > 0.05\%$ , si conferma la correttezza dell'ipotesi di calcolo delle spinte come somma della spinta attiva in condizioni statiche e dell'incremento di spinta attiva in condizioni sismiche.



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	21 di 87

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

### 2.9.3 Inerzia terrapieno

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

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

### 2.9.4 Inerzie strutturali

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

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

	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO					
	<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 09 CL	VI 03 04 002	A	22 di 87

### 3 CRITERI DI VERIFICA

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

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

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

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

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

dove:

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

##### 3.1.2 Verifica di resistenza a taglio

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

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

Dove:

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

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

##### 3.2.1 Verifica a fessurazione

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 3.2.2 Verifica per le tensioni in esercizio

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

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

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

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

Tensione massima dell'acciaio nelle condizioni di esercizio

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

#### 4 CALCOLO SPALLA 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 7 si riportano le caratteristiche dei materiali e le geometrie degli elementi raffigurati in Figura 9:

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

PLINTO												
l [m]	h [m]	t [m]	θ plinto [°]	p [m]	f [m]	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m <sup>3</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	P [KN]	m [t]
12.15	2.00	10.10	0.00	8.45	1.50	6.075	0.00	1.00	0.00	245.43	6,136	625

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	1.82	2.20	9.70	1.00	0.00	2.600	0.00	2.91	0.00	38.84	971	99

PARAGHIAIA												
l [m]	h [m]	hi [m]	t [m]	el [m]	et [m]	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m <sup>3</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	P [KN]	m [t]
0.40	2.14	0.00	9.70	0.00	0.00	3.50	0.00	4.89	0.00	8.30	208	21

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

TERRENO DI RIEMPIMENTO												
li [m]	h [m]	ls [m]	t [m]	et [m]	pos	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m <sup>3</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	P [KN]	m [t]
8.45	3.96	8.45	8.50	0.00	sym	7.93	0.00	3.90	0.00	284.43	5,404	551

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]
8.45	3.960	8.450	0.800	0.00	2	sym	7.93	0.00	3.90	0.00	53.54	1,338	136

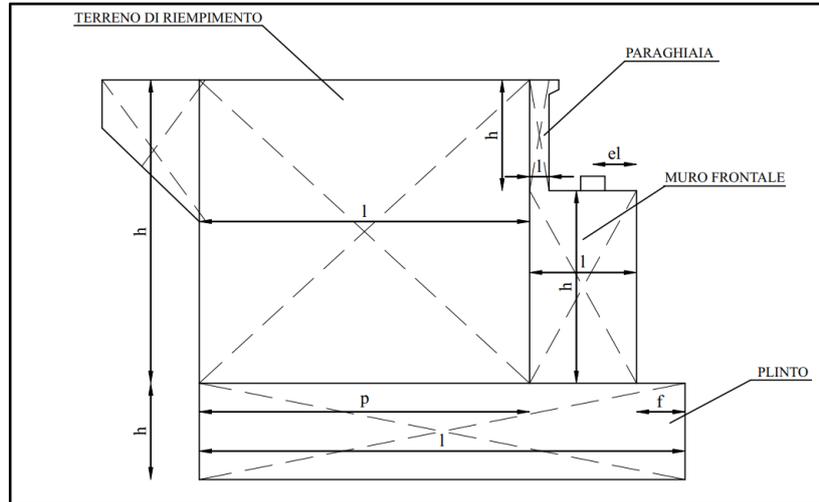
  

BANDIERA														
l [m]	ht [m]	hi [m]	t [m]	eh [m]	et [m]	n°	pos	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m <sup>3</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	P [KN]	m [t]
0.00	0.900	0.000	0.00	0.00	0.00	2	sym	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0

TERRENO DI RICOPRIMENTO												
l [m]	h [m]	t [m]	bl [m]	bh [m]	ΔV [m <sup>3</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	P [KN]	m [t]				
1.50	1.00	10.10	0.75	2.50	0.00	15.15	288	29				

Tabella 7: Geometria Sezione


**Figura 9: Sezione tipo spalla**

In Tabella 8 vengono riportati i parametri dei materiali unitamente al calcolo dei sovraccarichi permanenti, dovuti al peso del terrapieno, ed accidentali, dovuti all'azione da traffico:

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

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

SOVRACCARICO PERMANENTE -BALLAST				SOVRACCARICO ACCIDENTALE - TRAFFICO				
B(q) [m]	q [KN/m <sup>2</sup> ]	b <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]	$\lambda(fr)$ [kN/m]
3	14.4	7.925	365	3	57.3	1452	10.32	35

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

In Tabella 9 vengono riportati i parametri caratteristici e i valori della spinta sia in condizioni di riposo che in condizioni attiva di rottura, entrambi connessi al relativo calcolo della sovrappinta in condizioni sismiche, agente lungo le direzioni principali degli elementi costituenti la spalla.



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	26 di 87

Direzione Longitudinale

H [m]	H1 [m]	Hma [m]	t [m]	tma [m]
5.96	3.96	0	9.7	0

	SPINTA RIPOSO				
	$\lambda_0$	$F_{0h}$ [kN]	$F_{0v}$ [kN]	$F_0$ [kN]	bh [m]
TERRENO	0.4	1396	0	1396	1.99
PERM	0.4	110	0	110	2.98
ACC	0.4	437	0	437	2.98

	SPINTA ATTIVA				SOVRASPINTA SISMICA GLOBALE - dir longitudinale					
	$\lambda_a$	$F_{ah}$ [kN]	$F_a$ [kN]	bh [m]	verso il basso SV(+)			verso l'alto SV(-)		
					$\lambda_s$	F [kN]	$\Delta F$ [kN]	$\lambda_s$	F [kN]	$\Delta F$ [kN]
TERRENO	0.27	887.04	887.04	1.99	0.444	1453	566	0.341	1117	230
PERM	0.27	69.77	69.77	2.98	0.444	114	44	0.341	88	18
ACC	0.27	277.60	277.60	2.98	0.444	455	177	0.341	350	72

Direzione Trasversale

	n°	pos	segno	H [m]	I [m]	SPINTA RIPOSO				
						$\lambda_0$	$F_{0h}$ [kN]	$F_{0v}$ [kN]	$F_0$ [kN]	bh [m]
risvolti	2	sym	0	3.96	8.45	0.426	0	0	0	3.32
bandiere	2	sym	0	0.45	0	0.426	0	0	0	5.66
risvolti_sovr.						0.426	0	0	0	3.98
bandiere_sovr.						0.426	0	0	0	5.735

	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	3.32	0.444	0	0	0.341	0	0
bandiere	0.271	0	0	5.66	0.444	0	0	0.341	0	0
risvolti_sovr.	0.271	0	0	3.98	0.444	0	0	0.341	0	0
bandiere_sovr.	0.271	0	0	5.735	0.444	0	0	0.341	0	0

**Tabella 9: Parametri caratteristici delle azioni**



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	27 di 87

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

**Spinta sismica del terreno - NTC 2018**

Terreno tipo	C	
Categoria topografica	1	▼
$F_0$	$F_0$	2
accelerazione orizzontale massima al suolo attesa su sito di riferimento rigido	$a_g$	0.13 g
	$S_S$	1.5
	$S_T$	1
	$S$	1.5
accelerazione orizzontale massima attesa	$a_{max}=S*a_g$	0.192
spostamenti del muro ammessi		no ▼
	$\beta_m$	1 ▼
coefficiente sismico orizzontale	$kh=\beta_m*a_{max}$	0.192
coefficiente sismico verticale	$k_v=0.5*kh$	0.096
Verso dell'azione sismica		verso basso    verso l'alto
	(-1/+1)	1 ▼    -1
	$kh/(1 \pm k_v)$	0.212389    0.175182
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 °
	$\theta$ (°)	11.99083    9.93639
	$\varphi_d - \theta$ (°)	23.00917    25.06361
Coefficiente di spinta attiva	$K_a$	0.27099
Coefficiente di spinta passiva	$K_p$	3.690172
Coefficiente di spinta (statico + dinamico), per stati attivi	$K_{AE}$	0.404918    0.377552
Coefficiente di spinta in condizioni sismiche, per stati attivi	$(1 \pm k_v)*K_{AE}$	0.44379    0.341307
Coefficiente di spinta (statico + dinamico), per stati passivi	$K_{PE}$	3.258812    3.338282
Coefficiente di spinta in condizioni sismiche, per stati passivi	$(1 \pm k_v)*K_{PE}$	3.571657    3.017807

**Tabella 10: 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 09 CL VI 03 04 002 A 28 di 87**

Si riportano in Tabella 11 gli scarichi non fattorizzati provenienti dall'impalcato.

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SB	0.00	Peso proprio	LinStatic		-1990	0	0	-2	0	0
SB	0.10	Peso proprio	LinStatic		-1990	0	0	-2	0	0
SB	0.00	LM71	LinMoving	Max P	0	0	0	0	0	0
SB	0.10	LM71	LinMoving	Max P	0	0	0	0	0	0
SB	0.00	LM71	LinMoving	Min P	-2741	0	0	4	0	0
SB	0.10	LM71	LinMoving	Min P	-2741	0	0	4	0	0
SB	0.00	LM71	LinMoving	Max V2	0	0	0	0	0	0
SB	0.10	LM71	LinMoving	Max V2	0	0	0	0	0	0
SB	0.00	LM71	LinMoving	Min V2	0	0	0	0	0	0
SB	0.10	LM71	LinMoving	Min V2	0	0	0	0	0	0
SB	0.00	LM71	LinMoving	Max V3	-1400	0	5	231	843	0
SB	0.10	LM71	LinMoving	Max V3	-1400	0	5	231	842	0
SB	0.00	LM71	LinMoving	Min V3	-1241	0	-5	-233	-942	0
SB	0.10	LM71	LinMoving	Min V3	-1241	0	-5	-233	-942	0
SB	0.00	LM71	LinMoving	Max T	-1400	0	5	231	843	0
SB	0.10	LM71	LinMoving	Max T	-1400	0	5	231	842	0
SB	0.00	LM71	LinMoving	Min T	-1241	0	-5	-233	-942	0
SB	0.10	LM71	LinMoving	Min T	-1241	0	-5	-233	-942	0
SB	0.00	LM71	LinMoving	Max M2	-1370	0	5	212	1045	0
SB	0.10	LM71	LinMoving	Max M2	-1370	0	5	212	1045	0
SB	0.00	LM71	LinMoving	Min M2	-1370	0	-5	-213	-1045	0
SB	0.10	LM71	LinMoving	Min M2	-1370	0	-5	-213	-1045	0
SB	0.00	LM71	LinMoving	Max M3	0	0	0	0	0	0
SB	0.10	LM71	LinMoving	Max M3	0	0	0	0	0	0
SB	0.00	LM71	LinMoving	Min M3	0	0	0	0	0	0
SB	0.10	LM71	LinMoving	Min M3	0	0	0	0	0	0
SB	0.00	SW2	LinMoving	Max P	0	0	0	0	0	0
SB	0.10	SW2	LinMoving	Max P	0	0	0	0	0	0
SB	0.00	SW2	LinMoving	Min P	-3208	0	0	-2	0	0
SB	0.10	SW2	LinMoving	Min P	-3208	0	0	-2	0	0
SB	0.00	SW2	LinMoving	Max V2	0	0	0	0	0	0
SB	0.10	SW2	LinMoving	Max V2	0	0	0	0	0	0
SB	0.00	SW2	LinMoving	Min V2	0	0	0	0	0	0
SB	0.10	SW2	LinMoving	Min V2	0	0	0	0	0	0



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	29 di 87

SB	0.00	SW2	LinMoving	Max V3	-1616	0	6	271	1185	0
SB	0.10	SW2	LinMoving	Max V3	-1616	0	6	271	1184	0
SB	0.00	SW2	LinMoving	Min V3	-1551	0	-6	-274	-1173	0
SB	0.10	SW2	LinMoving	Min V3	-1551	0	-6	-274	-1173	0
SB	0.00	SW2	LinMoving	Max T	-1616	0	6	271	1185	0
SB	0.10	SW2	LinMoving	Max T	-1616	0	6	271	1184	0
SB	0.00	SW2	LinMoving	Min T	-1551	0	-6	-274	-1173	0
SB	0.10	SW2	LinMoving	Min T	-1551	0	-6	-274	-1173	0
SB	0.00	SW2	LinMoving	Max M2	-1604	0	6	270	1217	0
SB	0.10	SW2	LinMoving	Max M2	-1604	0	6	270	1217	0
SB	0.00	SW2	LinMoving	Min M2	-1604	0	-6	-272	-1217	0
SB	0.10	SW2	LinMoving	Min M2	-1604	0	-6	-272	-1217	0
SB	0.00	SW2	LinMoving	Max M3	0	0	0	0	0	0
SB	0.10	SW2	LinMoving	Max M3	0	0	0	0	0	0
SB	0.00	SW2	LinMoving	Min M3	0	0	0	0	0	0
SB	0.10	SW2	LinMoving	Min M3	0	0	0	0	0	0
SB	0.00	Ex	LinRespSpec	Max	1369	4127	21	63	66	1651
SB	0.10	Ex	LinRespSpec	Max	1369	4127	21	63	65	1238
SB	0.00	Ey	LinRespSpec	Max	7	27	2301	8550	6825	11
SB	0.10	Ey	LinRespSpec	Max	7	27	2301	8550	6601	8
SB	0.00	Ez	LinRespSpec	Max	268	495	2	7	8	198
SB	0.10	Ez	LinRespSpec	Max	268.33	494.63	2.19	6.52	8.51	148.39
SB	0.00	Permanenti portati	Combination		-2549.04	0.00	-0.04	-1.95	-0.14	0.00
SB	0.10	Permanenti portati	Combination		-2549.04	0.00	-0.04	-1.95	-0.14	0.00
SB	0.00	Serp_LM71	Combination	Max	0.00	0.00	109.82	266.38	160.91	0.00
SB	0.10	Serp_LM71	Combination	Max	0.00	0.00	109.82	266.38	149.92	0.00
SB	0.00	Serp_LM71	Combination	Min	0.00	0.00	0.31	-8.32	4.51	0.00
SB	0.10	Serp_LM71	Combination	Min	0.00	0.00	0.31	-8.32	4.48	0.00
SB	0.00	Serp_SW2	Combination	Max	0.00	0.00	99.83	242.16	146.28	0.00
SB	0.10	Serp_SW2	Combination	Max	0.00	0.00	99.83	242.16	136.30	0.00
SB	0.00	Serp_SW2	Combination	Min	0.00	0.00	0.28	-7.56	4.10	0.00
SB	0.10	Serp_SW2	Combination	Min	0.00	0.00	0.28	-7.56	4.07	0.00
SB	0.00	Temp SLU	Combination	Max	0.00	0.00	0.06	2.64	0.19	0.00

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

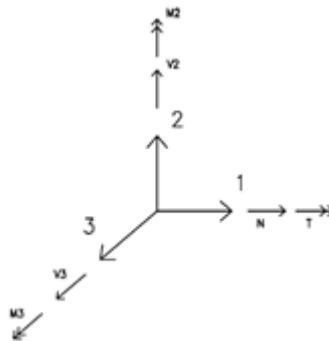
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	30 di 87

SB	0.10	Temp SLU	Combination	Max	0.00	0.00	0.06	2.64	0.18	0.00
SB	0.00	Temp SLU	Combination	Min	0.00	0.00	-0.04	-1.88	-0.13	0.00
SB	0.10	Temp SLU	Combination	Min	0.00	0.00	-0.04	-1.88	-0.13	0.00
SB	0.00	Wk	Combination	Max	0.00	0.00	559.15	1972.55	2240.83	0.00
SB	0.10	Wk	Combination	Max	0.00	0.00	559.15	1972.55	2184.91	0.00
SB	0.00	Wk	Combination	Min	0.00	0.00	312.23	1110.10	1381.10	0.00
SB	0.10	Wk	Combination	Min	0.00	0.00	312.23	1110.10	1349.88	0.00
SB	0.00	AF-LM71	Combination	Max	24.20	1003.20	0.09	3.87	0.28	401.28
SB	0.10	AF-LM71	Combination	Max	24.20	1003.20	0.09	3.87	0.27	300.96
SB	0.00	AF-LM71	Combination	Min	-24.20	-1003.20	-0.09	-3.87	-0.28	-401.28
SB	0.10	AF-LM71	Combination	Min	-24.20	-1003.20	-0.09	-3.87	-0.27	-300.96
SB	0.00	AF-SW2	Combination	Max	33.44	1386.24	0.12	5.35	0.38	554.50
SB	0.10	AF-SW2	Combination	Max	33.44	1386.24	0.12	5.35	0.37	415.87
SB	0.00	AF-SW2	Combination	Min	-33.44	-1386.24	-0.12	-5.35	-0.38	-554.50
SB	0.10	AF-SW2	Combination	Min	-33.44	-1386.24	-0.12	-5.35	-0.37	-415.87

**Tabella 11 – Sollecitazioni elementari impalcato**

Con il seguente significato

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



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

In Tabella 12 vengono illustrati i pesi del terreno e della spalla unitamente ai valori di spinta in condizioni di riposo e attiva agenti su entrambe le direzioni principali, con il seguente significato:

$F_v$ , forza verticale;

$F_l$ , forza longitudinale;

$F_t$ , forza trasversale;

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

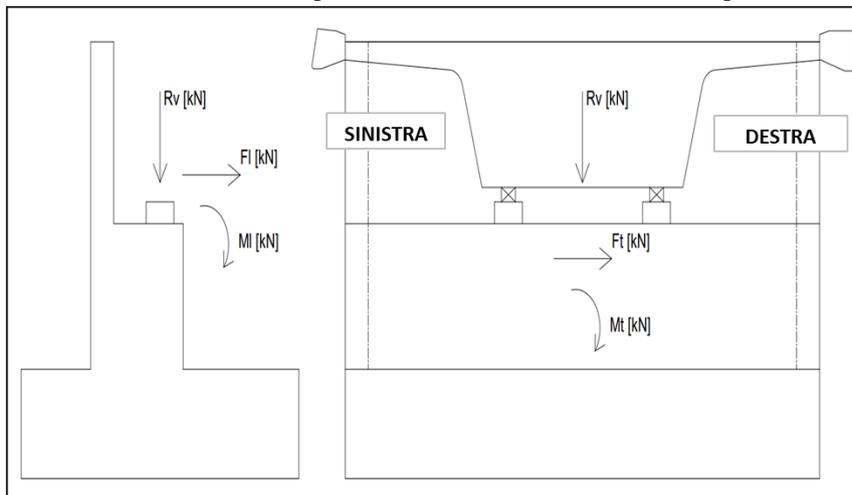
$b_h$ , braccio delle forze orizzontali, rispetto alla quota intradosso fondazione;

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

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

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

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



**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>	6,136			6.08	1.00	37,275			0	0	
<b>MURO FRONTALE</b>	971			2.60	2.91	2,525		0.00	0	3,374	
<b>PARAGHIAIA</b>	208			3.50	4.89	727		0.00	0	535	
<b>MURO D'ALA</b>	0			0.00	2.00	0		0.00	0	0	
<b>MURI LATERALI DI RISVOLTO</b>	1,338			7.93	3.90	10,607		0.00	0	-2,476	
<b>BANDIERA</b>	0			0.00	0.00	0		0.00	0	0	
<b>TOTALE</b>	8,653					51,133			0	1,432	

**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>	5404			7.93	3.90	42,828		0.00	0	-9,998	
<b>RICOPRIMENTO</b>	288			0.75	-2.50	216		0.00		1,533	
<b>TOTALE</b>	5,692					43,043			0	-8,465	

**SPINTA LONGITUDINALE TERRENO - ATTIVA**

condizione	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]		Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>SPINTA ATTIVA</b>		887			1.99					1,762	
<b>SOVRACCARICO PERMANENTE</b>	365	70		7.93	2.98	2892.94	208			-467	
<b>FRENATURA</b>		361			2.98		1,077			1,077	
<b>SOVRACCARICO ACC</b>		278			2.98		827			827	

**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	1,396		7.93	1.99	0	2,773			2,773	
<b>SOVRACCARICO PERMANENTE</b>	365	110		7.93	2.98	2893	327			-348	
<b>FRENATURA</b>		361			2.98		1,077			1,077	
<b>SOVRACCARICO ACC</b>		437			2.98		1,302			1,302	

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

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>PLINTO</b>		1,178			1.00		1,178		1,178	
<b>M FRONTALE</b>		186			2.91		543		543	
<b>PARAGHIAIA</b>		40			4.89		195		195	
<b>MURO LATERALE DI CHIUSURA</b>		0			2.00		0		0	
<b>RISVOLTI</b>		257			3.90		1,002		1,002	
<b>BANDIERE</b>		0			0.00		0		0	
<b>TOTALE</b>		1,661					2,918		2,918	

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

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>PLINTO</b>		1,178			1.00			1,178	0	
<b>M FRONTALE</b>		186			2.91			543	0	
<b>PARAGHIAIA</b>		40			4.89			195	0	
<b>MURO LATERALE DI CHIUSURA</b>		0			2.00			0	0	
<b>RISVOLTI</b>		257			3.90			1,002	0	
<b>BANDIERE</b>		0			0.00			0	0	
<b>TOTALE</b>		1,661						2,918	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>	393			6.08		2,386			0	
<b>M FRONTALE</b>	62			2.60		162			216	
<b>PARAGHIAIA</b>	13			3.50		46			34	
<b>MURO LATERALE DI CHIUSURA</b>	0			0.00		0			0	
<b>RISVOLTI</b>	86			7.93		679			-158	
<b>BANDIERE</b>	0			0.00		0			0	
<b>TOTALE</b>	554					3,273			92	

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

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>TERRENO</b>		646			2.98		2,029		2,029	

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

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>TERRENO</b>		263			2.98		826		826	

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

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>RIEMPIMENTO</b>		1,038			3.90		4,047		4,047	

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

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>RIEMPIMENTO</b>			1,038		3.90			4047	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>	346			7.93		2,741			-640	

Tabella 12: Calcolo delle spinte del terrapieno



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

Nome azione	SPALLA	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	Mri	Load Type	$\phi / \psi$
G1 p.p. CLS spalla	PP_spalla	0	1432	0	0	0	8653	51133	0		1.0
Peso terreno spalla	PP_terreno	0	-8465	0	0	0	5692	43043	0		1.0
Spinta attiva long.	SA-L	887	1762	0	0	0	0	0	1762		1.0
Spinta attiva sovraccarico long.	SA-L_sovraccarico PERM	70	-467	0	0	0	365	2893	208		1.0
Spinta attiva trasv.	SA-T	0	0	0	0	0	0	0	0		1.0
Inerzia long. cls spalla	SIS-L_SPALLA	1661	2918	0	0	0	0	0	2918		1.0
Inerzia trasv. cls spalla	SIS-T_SPALLA	0	0	1661	2918	0	0	0	0		1.0
Inerzia vert. cls spalla	SIS-V_SPALLA	0	92	0	0	0	554	3273	0		1.0
Sovraspinta sismica long. con sisma verticale +	S-SIS-L_SV(+)	646	2029	0	0	0	0	0	2029		1.0
Sovraspinta sismica long. con sisma verticale -	S-SIS-L_SV(-)	0	0	0	0	0	0	0	0		0.0
Sovraspinta sismica trasv. con sisma verticale +	S-SIS-T_SV(+)	0	0	0	0	0	0	0	0		1.0
Sovraspinta sismica trasv. con sisma verticale -	S-SIS-T_SV(-)	0	0	0	0	0	0	0	0		0.0
Inerzia long. riempimento	SIS-L_RIEMPIMENTO	1038	4047	0	0	0	0	0	4047		1.0
Inerzia trasv. riempimento	SIS-T_RIEMPIMENTO	0	0	1038	4047	0	0	0	0		1.0
Inerzia vert. riempimento	SIS-V_RIEMPIMENTO	0	-640	0	0	0	346	2741	0		1.0
Spinta attiva sovraccarico long.	SA-L_sovraccarico ACC	278	827	0	0	0	0	0	827		1.0
frenatura	FR	361	1077	0	0	0	0	0	1077		1.0

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

Nome azione	IMPALCATO	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	Mri	Load Type	$\phi / \psi$
Permanenti (Travi + Soletta)	Peso Proprio	0	7115	0	0	-2	1990	4975	0		1.0
Permanenti Portati	Permanenti Portati	0	9113	0	0	-2	2549	6373	0		1.0
Traffico Carico Verticale	LM71	0	0	0	0	0	0	0	0	moving	1.0
Awiamiento e Frenatura	AF-LM71	1003	4320	0	1	4	24	61	4234	env	1.0
Serpeggio	Serp_LM71	0	0	110	580	266	0	0	0	env	1.0
Interazione Binario - Carichi Verticali	I-Qk1	0	0	0	0	0	0	0	0		0.0
Variazione termica (Tk)	Temp SLU	0	0	0	0	3	0	0	0	env	1.0
Interazione Binario - Temperatura	I-Twk	0	0	0	0	0	0	0	0		1.0
Azione Sismica Longitudinale	EX	2751	14872	14	98	42	913	2281	11610	max	0.7
Azione Sismica Trasversale	EY	18	93	1534	10411	5700	5	12	75	max	0.7
Azione Sismica Verticale	EZ	495	3047	2	17	7	268	671	2087	max	1.0



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	36 di 87

## 4.2 Combinazioni

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente $\psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

**Tabella 14: Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti ferroviari**

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

SLE-RARA= 72 combinazioni

SLE-FREQ= 72 combinazioni

SLE-QP= 24 combinazioni

SLU= 288 combinazioni

SLV= 576 combinazioni

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

**Tabella 15: Combinazione SLE-RARA**

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

**Tabella 16: Combinazione SLE-FREQ**

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

**Tabella 17: combinazione SLE-QP**



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 NN1X 00 D 09 CL VI 03 04 002 A 39 di 87

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

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

Tabella 18: combinazione SLU

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

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

Tabella 19: combinazione SLV

### 4.3 Sollecitazioni

#### 4.3.1 Sollecitazioni base plinto

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

<b>COMB. SLU</b>											
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	34501.7	53142.5	4321.64	3390.25	575.613	1950.84	164979	7192.28	FVmax	SLU7	7
Fvmin	16334.9	4743.39	2323.44	2086.89	281.346	984.828	99152.1	5441.12	FVmin	SLU4	148
Flmax	29898.8	45169.7	4361.52	5400.3	583.08	1978.86	153472	15674.7	FVmax	SLU19	19
Flmin	18370.6	4043.23	777.752	266.603	274.229	673.566	104241	-2260.68	Mtmin	SLU22	214
Mlmax	34501.7	53142.5	4321.64	3390.25	575.613	1950.84	164979	7192.28	FVmax	SLU7	7
Mlmin	16383.4	-2785.07	2318.86	338.785	280.993	981.997	99273.4	-2260.68	FVmin	SLU22	166
Ftmax	16334.9	4187.31	6565.28	1744.44	838.739	2959.6	99152.1	2773.03	FVmax	SLU6	6
Ftmin	29923.6	34397.4	-810.433	2767.57	264.932	251.122	153534	7192.28	Ftmin	SLU7	247
Mtmax	20647.5	22777.6	7660.54	2829.53	590.954	2650.43	109933	6221.72	Mtmax	SLU10	58
Mtmin	30188.7	35335.9	-1020.19	2765.19	265.662	284.442	154197	7192.28	Mtmin	SLU7	199
Np max	34501.7	53142.5	4321.64	3390.25	575.613	1950.84	164979	7192.28	FVmax	SLU7	7
Np min	20358	30501	4362.06	4911.76	583.157	1982.35	109210	14704.1	FVmax	SLU22	22

<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	21245.3	23685.6	5316.78	3677.76	1287.32	1755.07	117173	11273	FVmax	SIS41	41
Fvmin	17443.2	30.1096	-5143.06	-2170.82	-1254.43	-1677.73	98158.4	-7258.64	Mlmax	SIS36	84
Flmax	21066.5	38642.4	5373.7	7598.38	1295.67	1779.78	114091	24234	FVmax	SIS9	9
Flmin	17624.4	-14767.6	-5316.02	-5940.54	-1284.79	-1759.98	101247	-20069.3	FVmin	SIS12	300
Mlmax	21066.5	38642.4	5373.7	7598.38	1295.67	1779.78	114091	24234	FVmax	SIS9	9
Mlmin	17624.4	-14767.6	-5316.02	-5940.54	-1284.79	-1759.98	101247	-20069.3	FVmin	SIS12	300
Ftmax	20160.6	20610.8	17697.8	3243.63	4260.93	5812.51	111826	9441	Ftmax	SIS17	209
Ftmin	18507.8	1339.84	-17602.2	-2137.96	-4239.09	-5767.53	103455	-7119.99	Ftmin	SIS28	508
Mtmax	20154.6	20589.4	17738	3243.63	4260.84	5808.63	111811	9441	Mtmax	SIS17	113
Mtmin	18533.8	1432.7	-17622.4	-2137.96	-4239	-5763.44	103520	-7119.99	Mtmin	SIS28	412
Np max	21066.5	38642.4	5373.7	7598.38	1295.67	1779.78	114091	24234	FVmax	SIS9	9
Np min	21066.5	38642.4	5373.7	7598.38	1295.67	1779.78	114091	24234	FVmax	SIS9	9

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

**CARICHI PERMANENTI**

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]
-	19249	11620.3	-0.55296	1505.61	-0.078	-3.5633

**COMB. SLE-CAR**

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
-											
Fvmax	22490.3	31436.1	2890.12	3689.97	385.439	1306.13	116521	11328.5	FVmax	SLER2	2
Fvmin	19261.1	11386.8	1548.96	1621.48	187.504	651.116	108448	2823.52	FVmin	SLER4	40
Flmax	22490.3	31436.1	2890.12	3689.97	385.439	1306.13	116521	11328.5	FVmax	SLER2	2
Flmin	19282.5	8268.29	1545.33	917.494	187.261	652.235	108501	-371.318	FVmin	SLER2	38
Mlmax	22490.3	31436.1	2890.12	3689.97	385.439	1306.13	116521	11328.5	FVmax	SLER2	2
Mlmin	19282.5	8268.29	1545.33	917.494	187.261	652.235	108501	-371.318	FVmin	SLER2	38
Ftmax	20661.4	20626.5	4068.7	2624.68	450.382	1681.35	111949	7057.02	Ftmax	SLER4	28
Ftmin	20833.5	13813.5	348.926	917.494	181.247	378.019	112379	-371.318	Ftmin	SLER2	62
Mtmax	20869.5	22178.6	4393.68	2816.2	441.255	1696.22	112469	7865.24	Mtmax	SLER1	13
Mtmin	20886.5	14002.7	305.177	917.494	181.303	380.551	112511	-371.318	Mtmin	SLER2	50
Np max	22490.3	31436.1	2890.12	3689.97	385.439	1306.13	116521	11328.5	FVmax	SLER2	2
Np min	22490.3	31436.1	2890.12	3689.97	385.439	1306.13	116521	11328.5	FVmax	SLER2	2

**COMB. SLE-FREQUENTE**

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
-											
Fvmax	22490.3	30596.4	2452.44	3342.67	329.524	1108.88	116521	10488.8	FVmax	SLEFR2	2
Fvmin	19261.1	9677.43	1291.58	1086.24	156.281	540.106	108448	1114.12	FVmin	SLEFR4	40
Flmax	22490.3	30596.4	2452.44	3342.67	329.524	1108.88	116521	10488.8	FVmax	SLEFR2	2
Flmin	20886.5	11571.1	47.7928	153.482	150.08	269.541	112511	-2802.88	Mtmin	SLEFR2	50
Mlmax	22490.3	30596.4	2452.44	3342.67	329.524	1108.88	116521	10488.8	FVmax	SLEFR2	2
Mlmin	19282.5	6020.54	1287.95	201.603	156.038	541.225	108501	-2619.06	FVmin	SLEFR2	38
Ftmax	20661.4	20142.7	3631.02	2410.28	394.467	1484.1	111949	6573.21	Ftmax	SLEFR4	28
Ftmin	20833.5	11388	91.5418	155.07	150.024	267.009	112379	-2796.82	Ftmin	SLEFR2	62
Mtmax	20869.5	21693.4	3956	2601.43	385.34	1498.96	112469	7380.02	Mtmax	SLEFR1	13
Mtmin	20886.5	11571.1	47.7928	153.482	150.08	269.541	112511	-2802.88	Mtmin	SLEFR2	50
Np max	22490.3	30596.4	2452.44	3342.67	329.524	1108.88	116521	10488.8	FVmax	SLEFR2	2
Np min	22490.3	30596.4	2452.44	3342.67	329.524	1108.88	116521	10488.8	FVmax	SLEFR2	2

**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	19249	12140.5	-0.34758	1641.79	-0.049	-2.2411	108418	3620.4	FVmax	SLEQP1	1
Fvmin	19249	11620.3	-0.55296	1505.61	-0.078	-3.5633	108418	3100.21	FVmax	SLEQP2	2
Flmax	19249	12140.5	-0.34758	1641.79	-0.049	-2.2411	108418	3620.4	FVmax	SLEQP1	1
Flmin	19249	11100.1	-0.69862	1369.43	-0.0985	-4.5046	108418	2580.01	FVmin	SLEQP1	13
Mlmax	19249	12140.5	-0.34758	1641.79	-0.049	-2.2411	108418	3620.4	FVmax	SLEQP1	1
Mlmin	19249	11100.1	-0.69862	1369.43	-0.0985	-4.5046	108418	2580.01	FVmin	SLEQP1	13
Ftmax	19249	12140.5	-0.34758	1641.79	-0.049	-2.2411	108418	3620.4	FVmax	SLEQP1	1
Ftmin	19249	11100.1	-0.69862	1369.43	-0.0985	-4.5046	108418	2580.01	FVmin	SLEQP1	13
Mtmax	19249	12140.5	-0.34758	1641.79	-0.049	-2.2411	108418	3620.4	FVmax	SLEQP1	1
Mtmin	19249	11100.1	-0.69862	1369.43	-0.0985	-4.5046	108418	2580.01	FVmin	SLEQP1	13
Np max	19249	12140.5	-0.34758	1641.79	-0.049	-2.2411	108418	3620.4	FVmax	SLEQP1	1
Np min	19249	12140.5	-0.34758	1641.79	-0.049	-2.2411	108418	3620.4	FVmax	SLEQP1	1

Tabella 21 - Sollecitazioni a base plinto per combinazioni SLE

#### 4.3.2 Sollecitazioni in testa palo

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

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

Dove:

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

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

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

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

dove  $H_l, H_t$

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

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

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

Dove:

$H$  è il taglio massimo in testa al palo

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

$EJ$  è la rigidezza flessionale del palo

$E_s = KB$  = modulo di elasticità del suolo

$B = 1.5 D$

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

$K = 1.67 E / D$  coefficiente di sottofondo

E = Modulo di rigidezza secante del terreno.

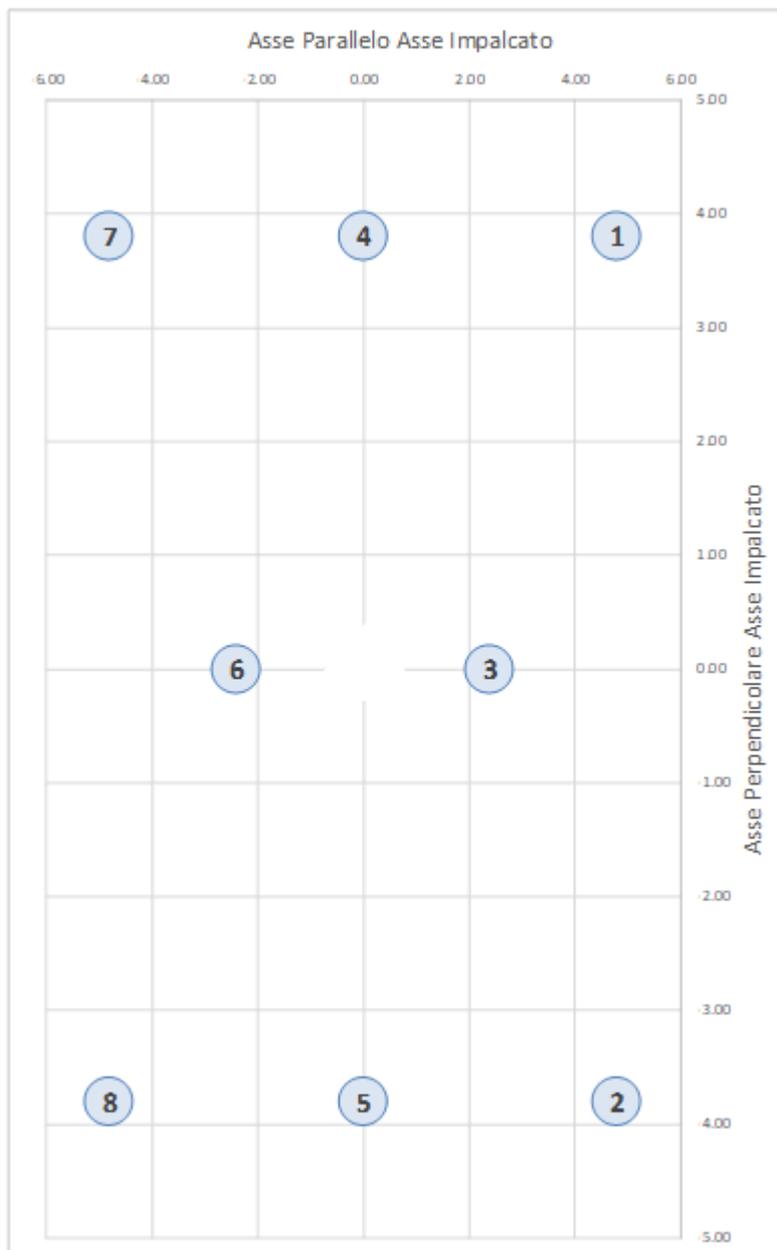
In Tabella 22 vengono riportate le caratteristiche geometriche del plinto e dei pali, unitamente alle proprietà meccaniche di quest'ultimi.

<i>Plinto di fondazione</i>		
Altezza plinto	2.00	m
Dimensione long.fondazione	12.15	m
Dimensione trasv. fondazione	10.10	m
Inclinazione plinto	0.00	°
Sbalzo anteriore	1.50	m
Sbalzo posteriore	8.45	m
Altezza terreno ricoprimento	1.00	m
Altezza terreno riempimento	3.96	
<i>Palificata</i>		
Diametro dei pali	1500.00	mm
Modulo di Elasticità del suolo	100.20	N/mm <sup>2</sup>
Area palo	1.77	m <sup>2</sup>
W flessione palo elastico	0.33	m <sup>3</sup>
L0	8.41	m
Numero di pali totale	8.00	
Modulo long.minimo palo	21.60	m
Modulo trasv.minimo palo	22.80	m
elong	0.00	m
etrasv	0.00	m
Inclinazione palificata	0.00	°

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

Tabella 22 – Caratteristiche geometriche e meccaniche della fondazione

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



**Figura 10: Disposizione pali**

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

**SLU**

Cond.	Comb	1	2	3	4	5	6	7	8
-	-	kN							
Fvmax	SLU7	6963	6583	5543	4502	4123	3083	2042	1663
Fvmin	SLU4	2363	2160	2152	2144	1940	1932	1924	1720
Fimax	SLU19	6020	5637	4783	3929	3546	2692	1837	1455
Fimin	SLU22	2518	2449	2390	2330	2262	2203	2143	2075
Mlmax	SLU7	6963	6583	5543	4502	4123	3083	2042	1663
Mlmin	SLU22	2021	1817	1983	2150	1946	2112	2279	2075
Ftmax	SLU6	2524	1948	2139	2330	1754	1945	2136	1560
Ftmin	SLU7	5297	5368	4537	3705	3776	2944	2112	2184
Mtmax	SLU10	3971	3299	3108	2917	2245	2054	1862	1190
Mtmin	SLU7	5365	5454	4592	3729	3818	2956	2093	2182
Np max	SLU7	6963	6583	5543	4502	4123	3083	2042	1663
Np min	SLU22	4148	3766	3251	2736	2353	1839	1324	941

**SIS**

Cond.	Comb	1	2	3	4	5	6	7	8
-	-	kN							
Fvmax	SIS41	3985	3519	3204	2889	2422	2107	1792	1326
Fvmin	SIS36	1956	2407	2181	1955	2406	2180	1953	2405
Fimax	SIS9	4658	4187	3528	2869	2398	1739	1080	609
Fimin	SIS12	1286	1753	1861	1970	2436	2545	2654	3120
Mlmax	SIS9	4658	4187	3528	2869	2398	1739	1080	609
Mlmin	SIS12	1286	1753	1861	1970	2436	2545	2654	3120
Ftmax	SIS17	4250	2698	2997	3296	1744	2043	2342	790
Ftmin	SIS28	1603	3148	2344	1541	3086	2282	1479	3023
Mtmax	SIS17	4251	2695	2996	3297	1741	2043	2344	788
Mtmin	SIS28	1610	3156	2350	1544	3090	2284	1477	3023
Np max	SIS9	4658	4187	3528	2869	2398	1739	1080	609
Np min	SIS9	4658	4187	3528	2869	2398	1739	1080	609

**SLU**

N <sub>max</sub>	N <sub>min</sub>	H <sub>max</sub>
kN	kN	kN
6963	941	793

**SIS**

N <sub>max</sub>	N <sub>min</sub>	H <sub>max</sub>
kN	kN	kN
4658	609	1062

Tabella 23: Scarichi dei pali in condizioni SLU e sismiche

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

**SLE-R**

Cond.	Comb	1	2	3	4	5	6	7	8
-	-	kN							
Fvmax	SLE2	4393	4140	3539	2938	2685	2084	1483	1229
Fvmin	SLE4	3003	2867	2671	2476	2340	2144	1948	1813
Fimax	SLE2	4393	4140	3539	2938	2685	2084	1483	1229
Fimin	SLE2	2861	2725	2602	2478	2343	2219	2095	1960
Mimax	SLE2	4393	4140	3539	2938	2685	2084	1483	1229
Mimin	SLE2	2861	2725	2602	2478	2343	2219	2095	1960
Ftmax	SLE4	3716	3359	3060	2761	2404	2105	1806	1449
Ftmin	SLE2	3259	3228	2924	2619	2589	2284	1980	1949
Mtmax	SLE1	3828	3443	3122	2801	2416	2095	1775	1389
Mtmin	SLE2	3272	3246	2935	2624	2597	2287	1976	1949
Np max	SLE2	4393	4140	3539	2938	2685	2084	1483	1229
Np min	SLE2	4393	4140	3539	2938	2685	2084	1483	1229

**SLE-FR**

Cond.	Comb	1	2	3	4	5	6	7	8
-	-	kN							
Fvmax	SLEFR2	4335	4120	3520	2919	2704	2103	1502	1287
Fvmin	SLEFR4	2912	2799	2632	2464	2351	2184	2016	1903
Fimax	SLEFR2	4335	4120	3520	2919	2704	2103	1502	1287
Fimin	SLEFR2	3149	3144	2879	2613	2609	2343	2077	2073
Mimax	SLEFR2	4335	4120	3520	2919	2704	2103	1502	1287
Mimin	SLEFR2	2746	2633	2550	2467	2354	2271	2188	2075
Ftmax	SLEFR4	3674	3356	3049	2742	2423	2116	1809	1491
Ftmin	SLEFR2	3135	3127	2868	2608	2600	2341	2081	2073
Mtmax	SLEFR1	3787	3440	3111	2782	2435	2107	1778	1431
Mtmin	SLEFR2	3149	3144	2879	2613	2609	2343	2077	2073
Np max	SLEFR2	4335	4120	3520	2919	2704	2103	1502	1287
Np min	SLEFR2	4335	4120	3520	2919	2704	2103	1502	1287

**SLE-QP**

Cond.	Comb	1	2	3	4	5	6	7	8
-	-	kN							
Fvmax	SLEQP1	2968	2968	2687	2406	2406	2125	1844	1844
Fvmin	SLEQP2	2944	2944	2675	2406	2406	2137	1868	1868
Fimax	SLEQP1	2968	2968	2687	2406	2406	2125	1844	1844
Fimin	SLEQP1	2920	2920	2663	2406	2406	2149	1892	1892
Mimax	SLEQP1	2968	2968	2687	2406	2406	2125	1844	1844
Mimin	SLEQP1	2920	2920	2663	2406	2406	2149	1892	1892
Ftmax	SLEQP1	2968	2968	2687	2406	2406	2125	1844	1844
Ftmin	SLEQP1	2920	2920	2663	2406	2406	2149	1892	1892
Mtmax	SLEQP1	2968	2968	2687	2406	2406	2125	1844	1844
Mtmin	SLEQP1	2920	2920	2663	2406	2406	2149	1892	1892
Np max	SLEQP1	2968	2968	2687	2406	2406	2125	1844	1844
Np min	SLEQP1	2968	2968	2687	2406	2406	2125	1844	1844

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

### 4.3.3 Sollecitazioni muro frontale

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

COMB. SLU										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	1320	1078	327	506	59	201		FVmax	SLU7	7
Fvmin	327	47	301	42	48	171		FVmin	SLU6	150
FImax	1320	1078	327	506	59	201		FVmax	SLU7	7
FImin	571	-125	-3	-32	28	61		Mtmin	SLU10	202
MImax	1320	1078	327	506	59	201		FVmax	SLU7	7
MImin	332	-135	181	-24	29	101		FVmin	SLU10	154
Ftmax	327	151	504	99	86	305		FVmax	SLU6	6
Ftmin	1072	17	4	27	28	60		Ftmin	SLU7	247
Mtmax	569	669	535	336	68	260		Mtmax	SLU4	52
Mtmin	1080	17	-3	27	28	60		Mtmin	SLU7	199
Tmax	327	151	504	99	86	305		FVmax	SLU6	6
Tmin	1070	246	4	131	28	60		Ftmin	SLU1	241

COMB. SISMICA										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	798	2594	364	1186	82	274		FVmax	SIS9	9
Fvmin	439	-2193	-361	-988	-80	-272		FVmin	SIS4	286
FImax	798	2594	364	1186	82	274		FVmax	SIS9	9
FImin	439	-2262	-361	-1022	-80	-272		Mlmin	SIS12	341
MImax	798	2594	364	1186	82	274		FVmax	SIS9	9
MImin	439	-2262	-361	-1022	-80	-272		Mlmin	SIS12	341
Ftmax	671	1524	1193	756	264	894		Ftmax	SIS17	205
Ftmin	563	-1205	-1188	-597	-261	-889		Ftmin	SIS28	498
Mtmax	671	1295	1198	658	264	893		Mtmax	SIS17	111
Mtmin	565	-1146	-1190	-612	-261	-889		Mtmin	SIS28	404
Tmax	671	1524	1193	756	264	894		Ftmax	SIS17	205
Tmin	562	-1187	-1188	-589	-261	-889		Ftmin	SIS20	490

Tabella 25 – Sollecitazioni muro frontale – combinazioni SLU e sismica

COMB. SLE-CAR										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	1155	500	220	233	40	136		FVmax	SLER5	5
Fvmin	589	350	121	183	19	67		FVmin	SLER4	40
Flmax	924	794	218	376	40	135		FVmax	SLER2	2
Flmin	758	65	-6	47	19	39		Mtmin	SLER2	50
Mlmax	924	794	218	376	40	135		FVmax	SLER2	2
Mlmin	593	58	121	52	19	67		FVmin	SLER2	38
Ftmax	806	432	370	216	47	185		Ftmax	SLER4	28
Ftmin	845	391	-75	191	18	20		Ftmin	SLER5	65
Mtmax	872	463	437	228	41	179		Mtmax	SLER5	17
Mtmin	872	394	-96	190	18	24		Mtmin	SLER5	53
Tmax	806	432	370	216	47	185		Ftmax	SLER4	28
Tmin	845	391	-75	191	18	20		Ftmin	SLER5	65

COMB. SLE-FREQUENTE										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	924	650	185	303	34	114		FVmax	SLEFR2	2
Fvmin	591	115	101	70	16	56		FVmin	SLEFR4	40
Flmax	924	650	185	303	34	114		FVmax	SLEFR2	2
Flmin	758	-80	-26	-26	15	28		Mtmin	SLEFR2	50
Mlmax	924	650	185	303	34	114		FVmax	SLEFR2	2
Mlmin	593	-87	101	-21	16	56		FVmin	SLEFR2	38
Ftmax	735	419	293	207	41	153		Ftmax	SLEFR4	28
Ftmin	753	-80	-21	-26	15	28		Ftmin	SLEFR2	62
Mtmax	757	465	328	227	40	155		Mtmax	SLEFR1	13
Mtmin	758	-80	-26	-26	15	28		Mtmin	SLEFR2	50
Tmax	758	465	325	227	40	155		Ftmax	SLEFR1	25
Tmin	751	79	-21	46	15	27		Ftmin	SLEFR1	61

COMB. SLE-QUASI PERMANENTE										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	589	185	0	102	0	0		FVmax	SLEQP1	1
Fvmin	589	160	0	88	0	0		FVmax	SLEQP2	2
Flmax	589	185	0	102	0	0		FVmax	SLEQP1	1
Flmin	589	134	0	74	0	0		FVmin	SLEQP1	13
Mlmax	589	185	0	102	0	0		FVmax	SLEQP1	1
Mlmin	589	134	0	74	0	0		FVmin	SLEQP1	13
Ftmax	589	185	0	102	0	0		FVmax	SLEQP1	1
Ftmin	589	134	0	74	0	0		FVmin	SLEQP1	13
Mtmax	589	185	0	102	0	0		FVmax	SLEQP1	1
Mtmin	589	134	0	74	0	0		FVmin	SLEQP1	13
Tmax	589	185	0	102	0	0		FVmax	SLEQP1	1
Tmin	589	134	0	74	0	0		FVmin	SLEQP1	13.0

Tabella 26 – Sollecitazioni muro frontale – combinazioni SLE

	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 09 CL	DOCUMENTO VI 03 04 002	REV. FOGLIO A 49 di 87

#### 4.3.4 Sollecitazioni paraghiaia

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

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

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

## AZIONI

### Sovraccarico ferroviario

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

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

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

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

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

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

### Frenatura

Q <sub>l</sub> bk	35	kN/m	per modello di carico SW2
L <sub>fr</sub>	4.26	m	lunghezza di influenza della frenatura (H/tan(30))
Q <sub>l</sub> bk'=Q <sub>l</sub> bk*L <sub>fr</sub>	149	kN	forza di frenatura totale
M=Q <sub>l</sub> bk'*H	367	kNm	momento flettente totale allo spiccato

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

b <sub>t</sub>	2.80	m	larghezza di diffusione trasversale all'estradosso paraghiaia
Accettando l'ipotesi di ripartizione del carico nel terreno con un angolo di 30°, le sollecitazioni a metro lineare valgono:			
B <sub>t</sub>	5.64	m	larghezza di diffusione trasversale all'intradosso paraghiaia
Q <sub>l</sub> bk'/B <sub>t</sub>	<b>26.4</b>	kN/m	forza di frenatura a metro lineare trasversale
M=Q <sub>l</sub> bk'*H/B <sub>t</sub>	<b>65.0</b>	kNm/m	momento flettente allo spiccato a metro lineare trasversale

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

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

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

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

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

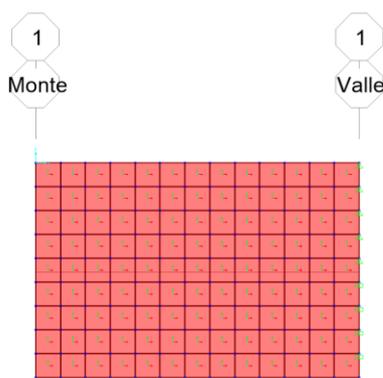
<b>VALORI IN FASE DI ESERCIZIO (SLE rara gr.4 fessurazione) PARAGHIAIA</b>			
AZIONI	FATTOR	t [KN/m]	m [KNm/m]
SPINTA A RIPOSO	1.00	18	13
SPINTA SOVRACCARICO A RIPOSO	0.60	13	17
FRENATURA RILEVATO	0.60	15	31
TOTALE		46	61

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

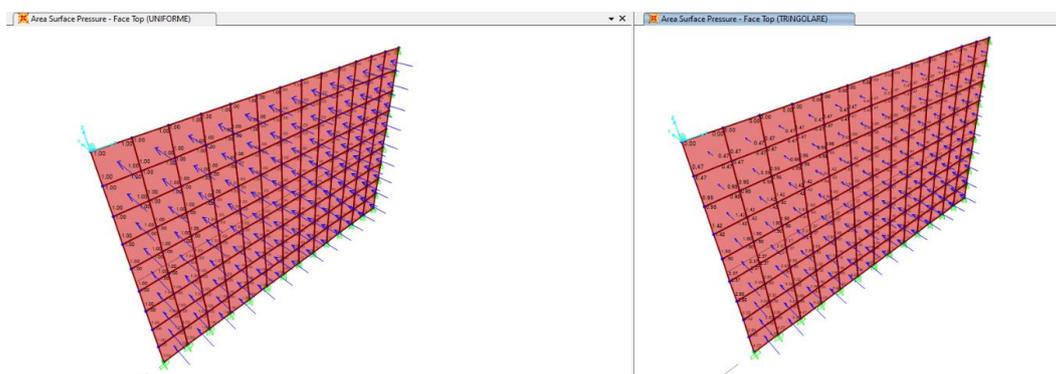
Tabella 28 – Valori di spinta e relativo momento dovuto al sovraccarico (SLU – SLE)

### 4.3.5 Sollecitazioni muro di risvolto

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



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



I valori dei load case sono descritti nella tabella seguente:

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

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

DEAD= peso proprio

So = Spinta del terreno in quiete

Sa = Spinta del terreno attiva

Sq = Spinta del terreno dovuta al sovraccarico accidentale

Sa,e= Sovrappinta sismica

Fh= Forza inerziale del muro

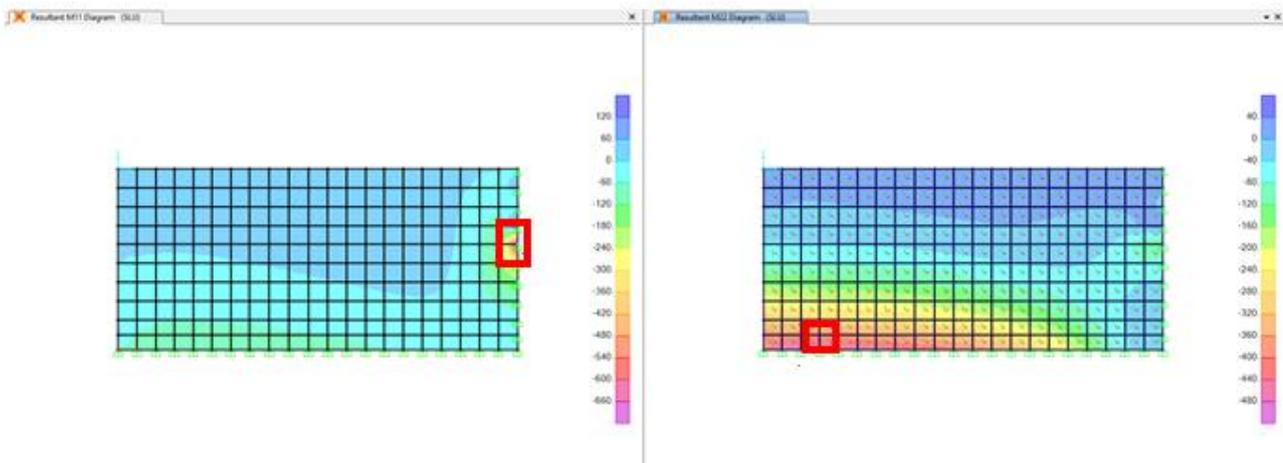
Le combinazioni sono le seguenti:

SLU : 1.35 DEAD + 1.35 So + 1.45 Sq

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

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

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



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

TABLE: Section Cut Forces - Analysis								
SectionCut	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
ORIZZONTALE	SLU	Combination	-13.5	-286.0	32.2	103.1	6.6	168.7
ORIZZONTALE	SLV	Combination	-10.0	-112.5	23.8	40.2	4.9	66.2
ORIZZONTALE	SLE-R	Combination	-10.0	-211.8	23.8	76.4	4.9	124.9
VERTICALE	SLU	Combination	18.3	-224.9	164.5	374.7	6.3	-34.4
VERTICALE	SLV	Combination	13.5	-90.3	121.9	147.4	4.6	-13.4
VERTICALE	SLE-R	Combination	13.5	-166.6	121.9	277.5	4.6	-25.5

## 4.4 Verifiche

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

### 4.4.1 Verifiche palo di fondazione

Il palo viene armato con un area di acciaio pari a  $\rho = 2.4\% A_c$ ; 40 fi 30 esterni più 20 fi 30 interni.

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2100000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1*\beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C25/30

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	19.4	72.4
2	37.5	65.0
3	53.0	53.0
4	65.0	37.5

## SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	55 di 87

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

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	18.5	57.1	30
2	35.3	48.5	30
3	48.5	35.3	30
4	57.1	18.5	30
5	60.0	0.0	30
6	57.1	-18.5	30
7	48.5	-35.3	30
8	35.3	-48.5	30
9	18.5	-57.1	30
10	0.0	-60.0	30
11	-18.5	-57.1	30
12	-35.3	-48.5	30
13	-48.5	-35.3	30
14	-57.1	-18.5	30
15	-60.0	0.0	30
16	-57.1	18.5	30
17	-48.5	35.3	30
18	-35.3	48.5	30
19	-18.5	57.1	30
20	10.3	65.2	30
21	20.4	62.8	30
22	30.0	58.8	30
23	38.8	53.4	30
24	46.7	46.7	30
25	53.4	38.8	30
26	58.8	30.0	30
27	62.8	20.4	30
28	65.2	10.3	30
29	66.0	0.0	30
30	65.2	-10.3	30
31	62.8	-20.4	30
32	58.8	-30.0	30
33	53.4	-38.8	30

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	56 di 87

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

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 10 mm  
 Passo staffe: 7.5 cm  
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	6962.56	3330.89	0.00	792.56	0.00
2	941.35	3330.89	0.00	792.56	0.00
3	4657.99	4464.39	0.00	1062.27	0.00
4	608.62	4464.39	0.00	1062.27	0.00

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

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



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	57 di 87

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	4393.42	2300.04	0.00
2	1229.15	2300.04	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	4335.35	2045.76 (2274.85)	0.00 (0.00)
2	1287.22	2045.76 (1459.89)	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	2968.20	862.93 (4502.34)	0.00 (0.00)
2	1844.05	862.93 (2290.12)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata**

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

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	6962.56	3330.89	0.00	6962.57	9758.32	0.00	2.93	197.9(25.8)



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	58 di 87

2	S	941.35	3330.89	0.00	941.38	8662.09	0.00	2.60	240.3(25.8)
3	S	4657.99	4464.39	0.00	4658.12	9467.79	0.00	2.12	226.2(25.8)
4	S	608.62	4464.39	0.00	608.77	8564.88	0.00	1.92	254.5(25.8)

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

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.471	19.4	72.4	0.00315	0.0	66.0	-0.00393	0.0	-66.0
2	0.00350	0.343	19.4	72.4	0.00302	0.0	66.0	-0.00671	0.0	-66.0
3	0.00350	0.422	19.4	72.4	0.00311	0.0	66.0	-0.00479	0.0	-66.0
4	0.00350	0.335	19.4	72.4	0.00301	0.0	66.0	-0.00694	0.0	-66.0

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000053666	-0.000387696	0.471	1.000
2	0.000000000	0.000073772	-0.001844221	0.343	0.868
3	0.000000000	0.000059901	-0.000839413	0.422	0.968
4	0.000000000	0.000075429	-0.001964246	0.335	0.859

#### 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	6.98	19.4	72.4	-55.3	0.0	-66.0	1257	70.7
2	S	6.43	19.4	72.4	-120.5	0.0	-66.0	2291	113.1

#### 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 09 CL	VI 03 04 002	A	59 di 87

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00031	0	0.500	30.0	74	0.00016 (0.00016)	343	0.054 (0.20)	2109.63	0.00
2	S	-0.00064	0	0.500	30.0	74	0.00038 (0.00034)	356	0.134 (0.20)	1427.36	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.29	19.4	72.4	-42.5	0.0	-66.0	1112	56.5
2	S	5.76	19.4	72.4	-102.5	0.0	-66.0	2233	99.0

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00024	0	0.500	30.0	74	0.00012 (0.00012)	353	0.043 (0.20)	2274.85	0.00
2	S	-0.00055	0	0.500	30.0	74	0.00029 (0.00029)	367	0.108 (0.20)	1459.89	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	2.97	19.4	72.4	-5.1	0.0	-66.0	459	21.2
2	S	2.66	19.4	72.4	-17.7	0.0	-66.0	1065	56.5

**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	-0.00004	0	0.500	30.0	74	0.00001 (0.00001)	363	0.005 (0.20)	4502.34	0.00
2	S	-0.00010	0	0.500	30.0	74	0.00005 (0.00005)	348	0.018 (0.20)	2290.12	0.00

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### Caratteristiche Sezione

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

#### Caratteristiche Materiali

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

#### Elemento non armato

Coefficiente Maggiorativo	$\alpha_c$	1	-
Area staffe	$A_{sw}$	1.6	cm <sup>2</sup>
Area staffe	$A_{st}$	10	cm <sup>2</sup> /m
Coefficiente di altezza	$k$	1.41	-
Rapporto armatura tesa	$\rho_l$	0.012	-
Resistenza a taglio senza Armatura	$V_{Rd1}$	735.3	kN

#### Elemento Armato

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



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	61 di 87

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

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

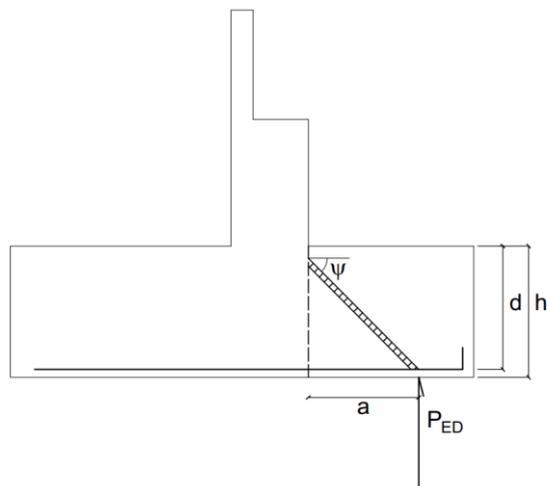
Il taglio massimo sul palo, risulta in condizioni sismiche  $V_{sd} = 1062$  kN

$V_{sd} = 1062$  kN <  $V_{rd} = 1090$  kN      verifica soddisfatta.

#### 4.4.2 Verifiche plinto di fondazione

##### 4.4.2.1 Sbalzo anteriore

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



**Ponte sul fiume Asa Spalla B**

Descrizione (Parametro/Caratteristica)		Formule	Unità	Valore
<b>Meccanismo 1</b>				
1	Diametro armatura resistente	$\varphi$	mm	<b>30</b>
2	Area dell'armatura resistente a trazione	$A_s$	mm <sup>2</sup>	<b>707</b>
3	Numero di ferri	$n_w$	-	<b>10</b>
4	Profondità dell'elemento	$b$	mm	<b>1000</b>
5	Altezza elemento	$h$	mm	<b>2000</b>
6	Resistenza caratteristica del calcestruzzo	$f_{ck}$	Mpa	<b>25</b>
7	Coefficiente di sicurezza sul calcestruzzo	$\gamma_c$	-	<b>1.5</b>
8	Coeff. riduttivo per le resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$		<b>0.85</b>
9	Resistenza caratteristica dell'acciaio	$f_{yk}$	MPa	<b>450</b>
10	Coefficiente di sicurezza sull'acciaio	$\gamma_a$	-	<b>1.15</b>
11	Resistenza di calcolo del calcestruzzo	$f_{cd}$	MPa	<b>14.17</b>
12	Resistenza di calcolo dell'acciaio	$f_{yd}$	MPa	<b>391</b>
13	Forza Assiale nel nodo 1	$P_{Ed}$	kN	<b>6963</b>
14	Forza Orizzontale nel nodo 1	$H_{Ed}$	kN	<b>0</b>
15	Altezza utile dell'armatura	$d$	mm	<b>1945</b>
16	Braccio della forza di applicazione	$a$	mm	<b>250</b>
17	Proiez. Orizz. lunghezza del puntone	$l$	mm	<b>639</b>
18	Coefficiente di Geometria	$\lambda$		<b>0.37</b>
19	Inclinazione del Puntone	$\psi$	rad	<b>1.22</b>
20	Coefficiente di armatura a taglio	$c$	-	<b>1</b>
21	Resistenza dell'armatura	$P_{R,s}$	kN	<b>7577</b>
22	<b>Coefficiente di Sicurezza <math>P_{R,s}</math></b>			<b>1.09</b>
23	<b>Verifica 1</b>			<b>OK</b>
24	Resistenza del calcestruzzo	$P_{R,c}$	kN	<b>9726</b>

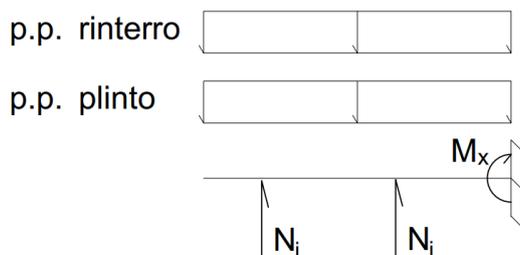
#### 4.4.2.2 Sbalzo Posteriore

Il calcolo dell'armatura viene svolto, in favore di sicurezza, con lo schema di calcolo a trave.

Si riporta qui sotto la tabella riassuntiva delle sollecitazioni che minimizzano il coefficiente di sicurezza per ogni verifica eseguita ad ogni stato limite analizzato:

	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>Vy</b>
	<b>kN</b>	<b>kNm</b>	<b>kN</b>
SLU	0	-838	468
SLV	0	-1223	233
SLE-R	0	-306	0
SLE-FR	0	-213	0
SLEQP	0	285	0

Questi valori si ottengono dalla differenza dei momenti indotti dal peso proprio del rinterro più il peso proprio della mensola (M1) e le reazioni dei pali che si possono vedere nelle Tabella 23 e Tabella 24 (M2); opportunamente coefficientati per ogni combinazione:



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

Dove:

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

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

$$l = \text{lunghezza mensola} = 8.4 \text{ m}$$

$$M2 = \sum N_i \cdot B_i$$

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00	daN/cm <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	6.7	30
2	40.0	6.7	30
3	-40.0	193.6	24
4	40.0	193.6	24
5	-40.0	12.7	30
6	40.0	12.7	30

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	66 di 87

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

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

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-837.82	0.00	467.74	0.00
2	0.00	-1222.76	0.00	233.49	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	-305.58	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	-212.95 (-1941.39)	0.00 (0.00)

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

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



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	67 di 87

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	285.09 (2061.07)	0.00 (0.00)

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-837.82	0.00	0.00	-1736.52	0.00	2.07	58.0(28.5)
2	S	0.00	-1222.76	0.00	0.00	-1736.52	0.00	1.42	58.0(28.5)

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

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra 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	0.00343	0.048	-50.0	0.0	0.00097	-40.0	6.7	-0.06750	-40.0	193.6
2	0.00343	0.048	-50.0	0.0	0.00097	-40.0	6.7	-0.06750	-40.0	193.6

### 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	-0.000366351	0.003425518	0.048	0.700
2	0.000000000	-0.000366351	0.003425518	0.048	0.700



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	68 di 87

**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	467.74	599.49	193.0	100.0	0.0030	0.00
2	S	233.49	599.49	193.0	100.0	0.0030	0.00

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

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.81	-50.0	0.0	-73.2	20.0	193.6	1600	22.6

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00038	0	0.500	24.0	52	0.00022 (0.00022)	465	0.102 (0.20)	-1941.39	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	0.56	-50.0	0.0	-51.0	20.0	193.6	1600	22.6

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



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	69 di 87

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	0.00015 (0.00015)	465	0.071 (0.20)	-1941.39	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	0.57	-50.0	200.0	-23.6	20.0	6.7	2400	70.7

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00012	0	0.500	30.0	52	0.00007 (0.00007)	350	0.025 (0.20)	2061.07	0.00

#### 4.4.3 Verifiche muro frontale

Viene verificata la sezione di incastro con la platea di fondazione. Nella determinazione dei momenti flettenti di verifica il muro frontale viene considerato come una mensola incastrata nella platea di fondazione, trascurando a favore di sicurezza gli effetti dovuti alla eventuale presenza dei muri di risvolto. Si verifica la sezione solo per le sollecitazioni più gravose di quelle riportate in Tabella 25 e Tabella 26.

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.065	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta 1 * \beta 2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta 1 * \beta 2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

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



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	71 di 87

**DATI BARRE ISOLATE**

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

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

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

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

**ARMATURE A TAGLIO**

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

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

N°Legat.	Barra 1	Barra 2
1	6	9

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

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

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	439.00	-2262.00	0.00	1186.00	0.00
2	798.00	2594.00	0.00	1186.00	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**

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	72 di 87

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	1155.00	500.00	0.00
2	135.00	156.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	924.00	650.00 (5952.42)	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	589.00	185.00 (0.00)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata**

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

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

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



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	73 di 87

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	439.00	-2262.00	0.00	439.25	-2641.26	0.00	1.17	26.5(38.4)
2	S	798.00	2594.00	0.00	798.14	3012.09	0.00	1.16	26.5(38.4)
3	S	175.00	206.00	0.00	174.94	2366.98	0.00	11.49	26.5(38.4)
4	S	135.00	157.00	0.00	134.96	2325.39	0.00	14.81	26.5(38.4)

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

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00276	0.039	-50.0	0.0	0.00062	-40.0	6.5	-0.06750	-40.0	213.5
2	0.00310	0.044	-50.0	220.0	0.00095	-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	-0.000329064	0.002755180	0.039	0.700
2	0.000000000	0.000330670	-0.069649356	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

#### VERIFICHE A TAGLIO

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

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



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	74 di 87

Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
 L'area della legatura è ridotta col fattore  $L/d_{max}$  con  $L=lungh.legat.proiettata$  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	1186.00	6041.17	2114.95	212.4	100.0	2.500	1.011	6.3	11.3(3.8)
2	S	1186.00	6094.95	2114.95	212.4	100.0	2.500	1.020	6.3	11.3(3.8)
3	S	153.00	6001.62	2114.95	212.4	100.0	2.500	1.004	0.8	11.3(3.8)
4	S	108.00	5995.62	2114.95	212.4	100.0	2.500	1.003	0.6	11.3(3.8)

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

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.08	-50.0	220.0	-0.5	40.0	6.5	650	26.5
2	S	0.35	-50.0	220.0	-8.5	20.0	6.5	1603	26.5

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

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata = 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	0.00000	0	0.500	26.0	52	0.00000 (0.00000)	285	0.000 (0.20)	25676.22	0.00
2	S	-0.00004	0	0.500	26.0	52	0.00003 (0.00003)	444	0.011 (0.20)	4019.58	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.29	-50.0	220.0	-10.2	20.0	6.5	1600	26.5

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
-------	-----	----	----	----	---	----	-------------	--------	----	---------	---------

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	75 di 87

1	S	-0.00006	0	0.500	26.0	52	0.00003 (0.00003)	443	0.014 (0.20)	5952.42	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	0.47	-50.0	220.0	0.9	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 la verifica eseguita come element tozzo.

**Verifica MURO FRONTALE**

h	1.82	m	
l	2.2	m	
h/l	0.827273		<input checked="" type="checkbox"/> ELEMENTO TOZZO
c	400	mm	copriferro di calcolo
d	1.8	m	altezza utile
s	0.4	m	spessore biella compressa
b	1.6	m	braccio schema tirante puntone

	φ(mm)	pas (cm)	N°s	As (mq)
Rck	40	Mpa		
	450	Mpa		
fyk	26	20	1	0.003
	26	20	1	0.003
				0.005

	φ(mm)	pas (cm)	N°s	As (mq)
armature (+)	26	20	1	0.003
	26	20	1	0.003
				0.005

**Condizione SLU**

IND	FV	FI	MI
-	[kN]	[kN]	[kNm]
7	1320	506	1078

**Condizione SIS**

IND	FV	FI	MI
-	[kN]	[kN]	[kNm]
9	798	1186	2594

	T	C
	[kN/m]	[kN/m]
	673.9	897.2
F <sub>Ed</sub> =	673.9	897.2
F <sub>Rd</sub> =	2077.5	5651.8
C/D	3.1	6.3
<b>C/D MIN</b>	<b>3.08</b>	<input checked="" type="checkbox"/>

	T	C
	[kN/m]	[kN/m]
	1621.2	2158.6
F <sub>Ed</sub> =	1621.2	2158.6
F <sub>Rd</sub> =	2077.5	5651.8
C/D	1.3	2.6
<b>C/D MIN</b>	<b>1.28</b>	<input checked="" type="checkbox"/>

#### 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. La verifica dimensionante l'armatura sopra descritta è dovuta dalla verifica a fessurazione.

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2100000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta 1 * \beta 2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta 1 * \beta 2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

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

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-40.0	6.3	22
2	40.0	6.3	22
3	-40.0	34.1	14
4	40.0	34.1	14



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	77 di 87

**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	22
2	3	4	3	14

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	125.00	0.00	88.00	0.00
2	0.00	25.00	0.00	28.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	93.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	61.00 (94.34)	0.00 (0.00)

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



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	78 di 87

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	13.00 (94.34)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

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

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	125.00	0.00	0.00	235.73	0.00	1.89	19.0(5.8)
2	S	0.00	25.00	0.00	0.00	235.73	0.00	9.43	19.0(5.8)

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

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.161	-50.0	40.0	-0.00032	-40.0	34.1	-0.01830	-40.0	6.3
2	0.00350	0.161	-50.0	40.0	-0.00032	-40.0	34.1	-0.01830	-40.0	6.3

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

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



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	79 di 87

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000646808	-0.022372306	0.161	0.700
2	0.000000000	0.000646808	-0.022372306	0.161	0.700

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

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	88.00	208.33	33.0	100.0	0.0081	0.00
2	S	28.00	208.33	33.0	100.0	0.0081	0.00

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

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.21	-50.0	40.0	-163.8	20.0	6.3	950	19.0

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00100	0	0.500	22.0	52	0.00047 (0.00047)	364	0.170 (0.20)	94.34	0.00

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

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



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	80 di 87

1 S 3.42 -50.0 40.0 -107.4 20.0 6.3 950 19.0

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00065	0	0.500	22.0	52	0.00031 (0.00031)	364	0.112 (0.20)	94.34	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.73	-50.0	40.0	-22.9	20.0	6.3	950	19.0

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00014	0	0.500	22.0	52	0.00007 (0.00007)	364	0.024 (0.20)	94.34	0.00

#### 4.4.5 Verifiche muro di risvolto

Si riporta di seguito la verifica eseguita per il muro di risvolto, armato con una maglia  $2 \times \phi 18/20$  controterra e  $\phi 18/20$  lato esterno. La verifica dimensionante l'armatura sopra descritta è dovuta dalla verifica a fessurazione.

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$ :	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	80.0
3	50.0	80.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

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

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 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 09 CL	VI 03 04 002	A	82 di 87

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

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

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	169.00	0.00	-286.00	0.00
2	0.00	66.00	0.00	-113.00	0.00
3	165.00	375.00	0.00	-225.00	0.00
4	122.00	147.00	0.00	-90.00	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	125.00	0.00
2	122.00	278.00	0.00

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

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

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

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

## SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	83 di 87

As Tesa Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
 Area armature trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	169.00	0.00	0.00	689.53	0.00	4.08	25.4(12.7)
2	S	0.00	66.00	0.00	0.00	689.53	0.00	10.45	25.4(12.7)
3	S	165.00	375.00	0.00	165.06	745.90	0.00	1.98	25.4(14.0)
4	S	122.00	147.00	0.00	121.79	731.16	0.00	4.94	25.4(14.0)

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

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.087	-50.0	80.0	0.00019	-40.0	73.9	-0.03660	-40.0	6.1
2	0.00350	0.087	-50.0	80.0	0.00019	-40.0	73.9	-0.03660	-40.0	6.1
3	0.00350	0.096	-50.0	80.0	0.00048	-40.0	73.9	-0.03308	-40.0	6.1
4	0.00350	0.093	-50.0	80.0	0.00041	-40.0	73.9	-0.03396	-40.0	6.1

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000542664	-0.039913122	0.087	0.700
2	0.000000000	0.000542664	-0.039913122	0.087	0.700
3	0.000000000	0.000494978	-0.036098226	0.096	0.700
4	0.000000000	0.000506955	-0.037056428	0.093	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	286.00	298.18	73.0	100.0	0.0035	0.00
2	S	113.00	298.18	73.0	100.0	0.0035	0.00
3	S	225.00	320.76	73.0	100.0	0.0035	0.21
4	S	90.00	314.88	73.0	100.0	0.0035	0.15



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	84 di 87

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

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.77	-50.0	80.0	-77.1	20.0	6.1	1930	25.4
2	S	4.04	-50.0	80.0	-148.5	20.0	6.1	1930	25.4

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

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
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	-0.00043	0	0.500	18.0	52	0.00023 (0.00023)	409	0.095 (0.20)	374.50	0.00
2	S	-0.00083	0	0.500	18.0	52	0.00045 (0.00045)	409	0.182 (0.20)	398.63	0.00

## 5 INCIDENZE

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

Elemento Strutturale	Dimensione sezione [m]		Incidenza di progetto [kg/mc]
	H	B / $\phi$	
-			
Pali	0.00	1.50	200
Fondazione Spalle	2.00	1.00	70
Elevazione Spalle	var	1.00	80

## 6 APPENDICE

### 6.1 Validazione del modello

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

• *Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.*  
Spetta al progettista il compito di sottoporre i risultati delle elaborazioni a controlli che ne comprovino l'attendibilità.

[...]

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

#### Carichi elementari:

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

Dove:

H = 5.96m altezza totale della spalla

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

$k_0 = 0.426$  coefficiente di spinta a riposo

t = 9.7m larghezza muro frontale

b = 3.0m impronta di carico del binario

#### **G1:**

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

$$S_o = [1/2 * \gamma * H^2 * k_0] t = 1394 \text{ kN}$$

#### **G2:**

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



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 03 04 002	A	87 di 87

$$S_b = [Q_b H k_0] b = 110 \text{ kN}$$

### TRENO DI CARICO:

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

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

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

$$G1 \gamma_{G1} + G2 \gamma_{G2} + S_q \gamma_q = 1394 \cdot 1.35 + 110 \cdot 1.5 + 2200 \cdot 1.45 = 5237 \text{ kN}$$

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

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

$$F_l = 5400 \text{ kN}$$