

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-04 PONTE SUL FOSSO DIAVOLONI  
 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	4	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. Vittozzi	Sett. 2020

ITALFERR S.p.A.  
 U.O. Opere Civili e Gestione dell'Infrastruttura  
 Dott. Ing. Angelo Vittozzi  
 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
 N° A.20788

File: NN1X00D09CLVI0404002A.doc

n. Elab.:

## INDICE

1	GENERALITÀ.....	5
1.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	7
1.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	7
1.3	MATERIALI.....	8
1.3.1	<i>Calcestruzzo per fondazioni e pali.....</i>	8
1.3.2	<i>Calcestruzzo per elevazione sottostrutture.....</i>	9
1.3.3	<i>Calcestruzzo per pozzo.....</i>	10
1.3.4	<i>Acciaio B450C.....</i>	11
1.4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	11
2	ANALISI DEI CARICHI.....	12
2.1	PERMANENTI (G1).....	12
2.2	PERMANENTI PORTATI (G2).....	13
2.3	AZIONI TERMICHE – (TEMP SLU).....	13
2.4	VENTO (Wk).....	14
2.5	AZIONI VERTICALI DA TRAFFICO FERROVIARIO ( LM71-SW2).....	14
2.6	SERPEGGIO (SERP).....	15
2.7	RESISTENZE PARASSITE NEI VINCOLI (RPV).....	15
2.8	INTERAZIONE BINARIO – STRUTTURA.....	16
2.9	AZIONE SISMICA (E).....	17
2.9.1	<i>Valutazione dei parametri di pericolosità.....</i>	17
2.9.2	<i>Sovraspinta sismica.....</i>	20
2.9.3	<i>Inerzia terrapieno.....</i>	22
2.9.4	<i>Inerzie strutturali.....</i>	22
3	CRITERI DI VERIFICA.....	23
3.1	CRITERI DI VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO.....	23
3.1.1	<i>Verifica di resistenza a presso-flessione.....</i>	23

3.1.2	Verifica di resistenza a taglio.....	23
3.2	CRITERI DI VERIFICA ALLO STATO LIMITE D’ESERCIZIO .....	23
3.2.1	Verifica a fessurazione .....	23
3.2.2	Verifica per le tensioni in esercizio .....	24
4	CALCOLO SPALLA B.....	25
4.1.1	Spinte sulla spalla in condizioni statiche.....	33
4.1.2	Azioni in condizione statiche trasmesse dall’impalcato .....	33
4.1.3	Combinazioni Manuali statiche .....	33
4.1.4	Azioni Caratteristiche statiche .....	34
4.1.5	Spinte sulla spalla in condizioni sismiche: .....	34
4.1.6	Azioni in condizione sismiche trasmesse dall’impalcato.....	34
4.1.7	Combinazioni Manuali sismiche .....	35
4.1.8	Azioni caratteristiche sismiche.....	35
4.2	COMBINAZIONI.....	36
4.3	SOLLECITAZIONI.....	40
4.3.1	Sollecitazioni base plinto.....	40
4.3.2	Sollecitazioni muro frontale .....	42
4.3.3	Sollecitazioni paraghiaia.....	44
4.3.4	Sollecitazioni muro di risvolto.....	46
4.4	VERIFICHE .....	48
4.4.1	Verifica all’interfaccia plinto fondazione-pozzo .....	48
4.4.2	Verifiche muro frontale .....	51
4.4.3	Verifiche paraghiaia.....	57
4.4.4	Verifiche muro di risvolto.....	62
5	INCIDENZE.....	66



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

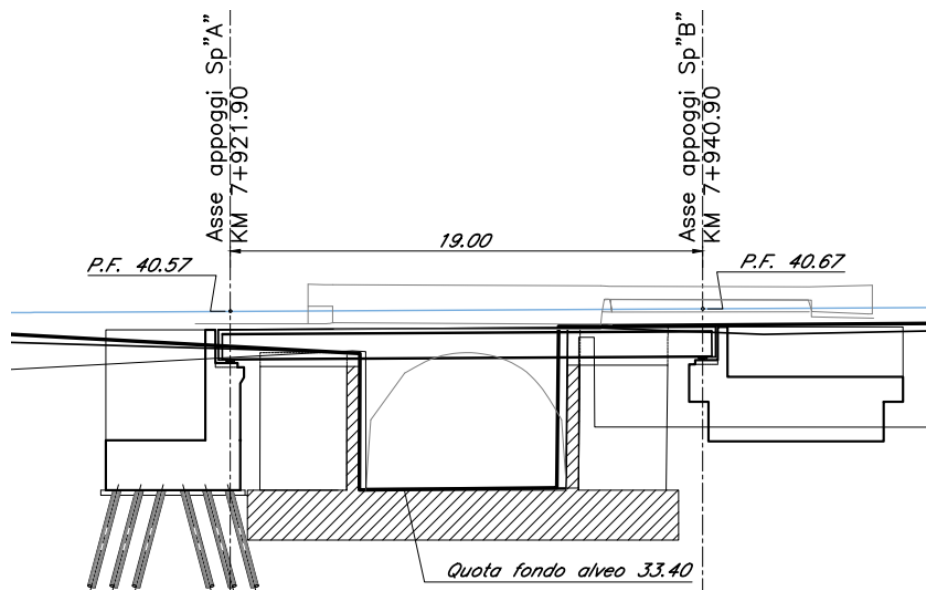
SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>NN1X</b>	00	D 09 CL	VI 04 04 002	A	4 di 68

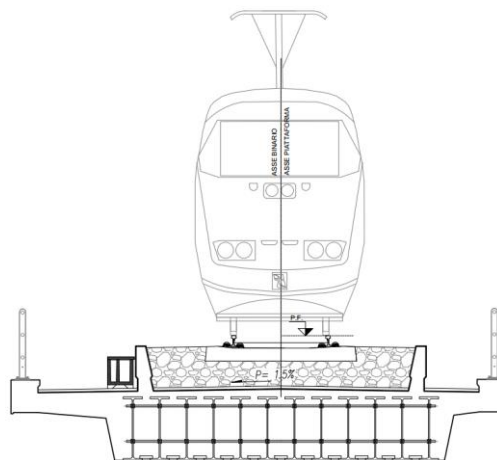
6	APPENDICE .....	67
6.1	VALIDAZIONE DEL MODELLO.....	67

## 1 GENERALITÀ

Oggetto del presente documento sono i calcoli relativi alla spalla B del Ponte sul Fosso Diavoloni al km.7+931.40, 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 VI04.



**Figura 1: Prospetto ponte sul fosso Diavoloni**



**Figura 2: Sezione trasversale impalcato**

L'opera consiste in un viadotto ad una sola campata, realizzato con impalcato in travi in acciaio incorporate nel cls, di luce 19.00m in asse appoggi. L'andamento planimetrico dell'asse di progetto del binario è in rettilineo.

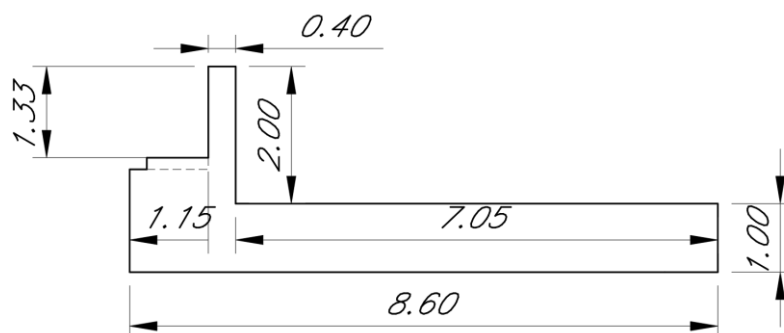
L'impalcato accoglie una piattaforma di larghezza costante pari a 7.72m. Il progetto prevede l'installazione su entrambi i marciapiedi di mancorrenti, sebbene i cordoli siano adeguati ad ospitare l'attacco di barriere antirumore che rispettano gli standard RFI.

La spalla B poggia su una fondazione su un pozzo con diametro circa 7 m.

L'altezza del paramento a tergo del terreno è di circa 0.5 m, spessore del fusto di 1.55 m.

La trave paraghiaia che contiene il terreno immediatamente a ridosso dell'impalcato ha uno spessore di 0.40m per un'altezza di 1.33 m.

La sezione rappresentante l'elevazione della spalla è riportata in Figura 3; per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici.



**Figura 3: Spalla B – sezione**

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	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NN1X	00	D 09 CL	VI 04 04 002	A	7 di 68

## 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 –NN1X00D09RBVI0403001A
- Rif. [2] Relazione di calcolo travata metallica – NN1X00D09CLVI0409001A

### 1.3 Materiali

#### 1.3.1 Calcestruzzo per fondazioni e pali

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

Classe d'esposizione: XC2

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

Classe minima di consistenza: S4

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

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

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



### 1.3.2 Calcestruzzo per elevazione sottostrutture

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

Classe d'esposizione: XC4+XS1

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

Classe minima di consistenza: S4

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

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

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

### 1.3.3 Calcestruzzo per pozzo

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

Classe d'esposizione: X0

**C15/12:**  $f_{ck} \geq 12$  MPa  $R_{ck} \geq 15$  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>15</b>	$N/mm^2$
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	12	$N/mm^2$
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	20	$N/mm^2$
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	13.3	$N/mm^2$
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	11.33	$N/mm^2$
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3}$ [Rck<50/60]	1.57	$N/mm^2$
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	1.1	$N/mm^2$
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	1.8	$N/mm^2$
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	0.73	$N/mm^2$
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	27085.2	$N/mm^2$

**Tabella 3: Caratteristiche calcestruzzo pozzo**

### 1.3.4 Acciaio B450C

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

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

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

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

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

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

### 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).

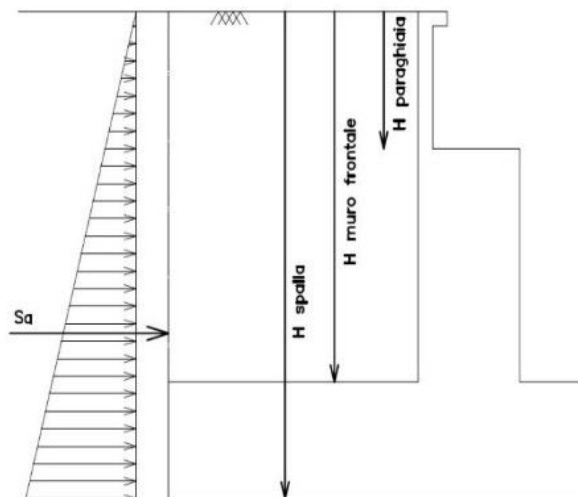


Figura 4: Spinta in quiete del terreno

## 2.2 Permanenti Portati (G2)

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

### Analisi sovraccarichi permanenti portati

	Ripetizioni	Spessore	Larghezza	Area	Lunghezza	Volume	p(KN/mc-mq)	Peso (kN/m)
Cordoli	2			0.0868		0.1736	25	4.3
Ballast+ imp. sottoballast + arm.	1	0.8	4.1			3.28	18	59.0
Muri parballast	2			0.15		0.3	25	7.5
Canalette	1			0.1		0.1	25	2.5
Impermeabilizzazione marciapiede sx	1	0.055	1.56			0.086	23	2.0
Impermeabilizzazione marciapiede dx	1	0.055	1.13			0.062	23	1.4
Barriere antirumore	2		4			8	4	32.0
varie	1		1			1	1	1.0

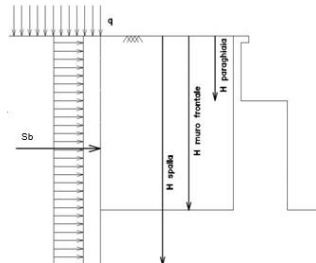
sommano permanenti portati

110

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

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

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



**Figura 5: 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.

## 2.3 Azioni Termiche – (Temp SLU)

Si considera una variazione termica uniforme volumetrica per l'impalcato in acciaio pari a  $+15 \text{ }^\circ\text{C}$ . Nel modello SAP2000 è stata creata la combinazione Temp SLU che fornisce i valori massimi delle varie condizioni.



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 04 04 002	A	14 di 68

## 2.4 Vento (Wk)

L'azione del vento è stata distinta in:

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

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

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

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

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

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

I valori caratteristici sono stati amplificati tramite il coefficiente di adattamento  $\alpha$ , 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>o</sup> )	-	1,0 SW/2
	Secondo	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> +SW/0 <sup>o</sup> )	-	1,0 SW/2
2	Primo	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> +SW/0 <sup>o</sup> )	-	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> +SW/0 <sup>o</sup> )
	Secondo	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> +SW/0 <sup>o</sup> )	-	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> +SW/0 <sup>o</sup> )
≥ 3	Primo	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> +SW/0 <sup>o</sup> )	0,75 (LM 71 <sup>++</sup> +SW/0 <sup>o</sup> )	1,0 SW/2
	Secondo	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> +SW/0 <sup>o</sup> )	0,75 (LM 71 <sup>++</sup> +SW/0 <sup>o</sup> )	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> +SW/0 <sup>o</sup> )
	Altri	-	0,75 (LM 71 <sup>++</sup> +SW/0 <sup>o</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  $H/2$ .

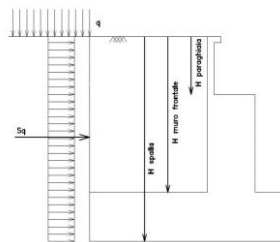


Figura 6: Spinta statica sovraccarico accidentale

## 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.



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 04 04 002	A	16 di 68

## 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 04 04 002	A	17 di 68

## 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  $C_u$ :

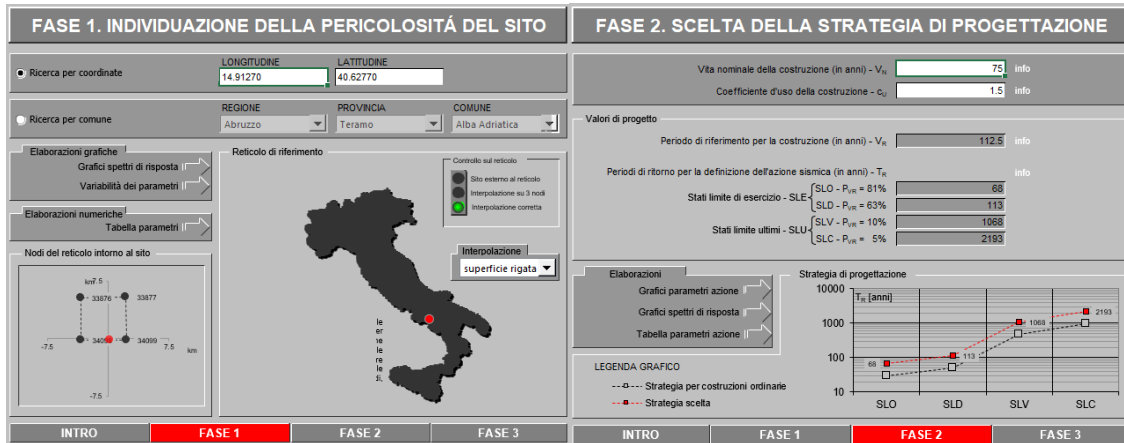
$$V_R = V_N \cdot C_U$$

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:

STATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	68	0.052	2.455	0.344
SLD	113	0.063	2.525	0.371
SLV	1068	0.131	2.701	0.480
SLC	2193	0.159	2.779	0.521

**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):

**Parametri indipendenti**

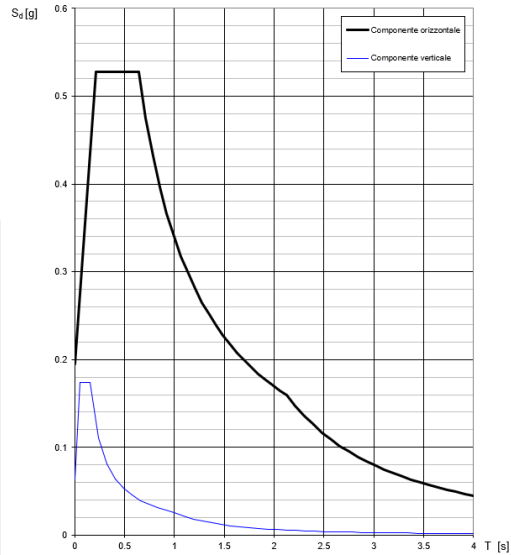
STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.131 g
$F_g$	2.701
$T_c$	0.480 s
$S_s$	1.487
$C_c$	1.338
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.487
$\eta$	1.000
$T_B$	0.214 s
$T_c$	0.642 s
$T_D$	2.125 s

**Punti dello spettro di risposta**

T [s]	Se [g]
0.000	0.195
0.214	0.528
0.642	0.528
0.712	0.475
0.783	0.432
0.854	0.397
0.924	0.366
0.995	0.340
1.066	0.318
1.136	0.298
1.207	0.281
1.278	0.265
1.348	0.251
1.419	0.239
1.490	0.227
1.560	0.217







**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 unitario. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

### 2.9.2 Sovrappinta sismica

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

Table C.1 — Ratios  $v_d/h$

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

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

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

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

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

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

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

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

$\phi$  = angolo di attrito interno del terreno

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

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

$\delta$  = angolo di attrito terra-muro

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

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

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

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

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

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

Facendo l'ipotesi che il pozzo sia impossibilitato a traslare, si assume una **sovraspinta sismica** calcolata con la **teoria di Wood**.

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



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 04 04 002	A	22 di 68

### 2.9.3 Inerzia terrapieno

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

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

### 2.9.4 Inerzie strutturali

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

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

### 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 6 si riportano le caratteristiche dei materiali e le geometrie degli elementi raffigurati in Figura 7:

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]
8.60	1.00	8.60	0.00	7.05	0.00	4.300	0.00	0.50	0.00	73.96	1'849	188

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]
1.55	0.50	1.55	6.80	0.40	-0.73	0.775	-0.73	1.25	0.00	5.27	132	13

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]
0.30	1.50	0.00	6.80	0.00	-0.73	1.40	-0.73	2.25	0.00	3.06	77	8

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	1.00	0.00	0.00	0	0

TERRENO DI RIPIANTO												
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]
7.05	2.00	7.05	7.00	0.00	sym	5.08	0.00	1.75	0.00	98.70	1'875	191

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]
7.05	2.000	7.050	0.800	-0.73	2	sym	5.08	-0.73	1.75	0.00	22.56	564	57

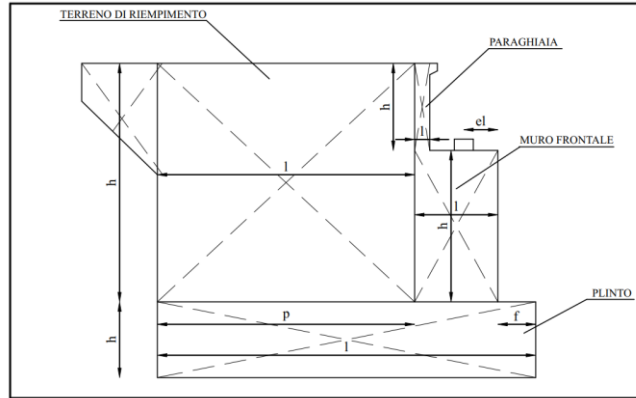
  

BANDIERA														
l [m]	ht [m]	hi [m]	t [m]	eh [m]	et [m]	n°	pos	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m <sup>3</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	P [KN]	m [t]
0.00	0.900	0.000	0.00	0.00	0.00	2	sym	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0

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]			
0.00	0.00	8.60	0.00	1.00	0.00	0.00	0	0			

Tabella 6: Geometria Sezione


**Figura 7: Sezione tipo spalla**

In Tabella 7 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	0.131	0.195	0.13	1.91	1.29

SOVRACCARICO PERMANENTE -BALLAST				SOVRACCARICO ACCIDENTALE - TRAFFICO				
$B(q)$ [m]	$q$ [KN/m <sup>2</sup> ]	$b_1$ [m]	$F_v$ [kN]	$B(q)$ [m]	$q$ [KN/m <sup>2</sup> ]	$F_q$ [kN]	$L(fr)$ [m]	$\lambda(fr)$ [kN/m]
3	14.4	5.075	304.56	3	57.3	1212	5.20	35

**Tabella 7: Parametri dei materiali e calcolo sovraccarichi**

In Tabella 8 vengono riportati i parametri caratteristici e i valori della spinta sia in condizioni di riposo che in condizioni attiva di rottura, entrambi connessi al relativo calcolo della sovraspinta in condizioni sismiche, agente lungo le direzioni principali degli elementi costituenti la spalla.

**Direzione Longitudinale**

H [m]	H1 [m]	Hma [m]	t [m]	tma [m]
3	2	0	6.8	0

	SPINTA RIPOSO				
	$\lambda_0$	$F_{0h}$ [kN]	$F_{0v}$ [kN]	$F_0$ [kN]	bh [m]
TERRENO	0.4	247.9	0	247.92	1.00
PERM	0.4	55.3	0	55.26	1.50
ACC	0.4	219.9	0	219.87	1.50

	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	157.55	157.55	1.00	0.447	260.095	102.541	0.342	199.017	41.464
PERM	0.27	35.12	35.12	1.50	0.447	57.978	22.858	0.342	44.363	9.243
ACC	0.27	139.73	139.73	1.50	0.447	230.670	90.941	0.342	176.502	36.773

**Sovrappinta longitudinale - Wood**

F [kN]
337.2

**Direzione Trasversale**

	n°	pos	segno	H [m]	l [m]	SPINTA RIPOSO				
						$\lambda_0$	$F_{0h}$ [kN]	$F_{0v}$ [kN]	$F_0$ [kN]	bh [m]
risvolti	2	sym	0	2	7.05	0.42642356	0	0	0	1.666667
bandiere	2	sym	0	0.45	0	0.42642356	0	0	0	2.7
risvolti_sovr.						0.42642356	0	0	0	2
bandiere_sovr.						0.42642356	0	0	0	2.775

	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	1.666667	0.447	0	0	0.342	0	0
bandiere	0.271	0	0	2.7	0.447	0	0	0.342	0	0
risvolti_sovr.	0.271	0	0	2	0.447	0	0	0.342	0	0
bandiere_sovr.	0.271	0	0	2.775	0.447	0	0	0.342	0	0

**Tabella 8: 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 04 04 002	A	28 di 68

Il calcolo dei coefficienti di spinta, in condizioni attive/passive di rottura, viene riportato all'interno della Tabella 9:

### Spinta sismica del terreno - NTC 2018

Terreno tipo	C		
Categoria topografica	1		▼
$F_0$	$F_0$	2.7	
accelerazione orizzontale massima al suolo attesa su sito di riferimento rigido	$a_g$	0.131	g
	$S_S$	1.48778	
	$S_T$	1	
	$S$	1.48778	
accelerazione orizzontale massima attesa	$a_{max}=S*a_g$	0.194899	
spostamenti del muro ammessi		no	▼
	$\beta_m$	1	▼
coefficiente sismico orizzontale	$kh=\beta_m*a_{max}$	0.194899	
coefficiente sismico verticale	$kv=0.5*kh$	0.09745	
Verso dell'azione sismica		verso basso	verso l'alto
	(-1/+1)	1	-1
	$kh/(1 \pm kv)$	0.215943	0.177593
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	°
	$\theta$ (°)	12.1855	10.07033
	$\varphi_d - \theta$ (°)	22.8145	24.92967
Coefficiente di spinta attiva	$K_a$	0.271	
Coefficiente di spinta passiva	$K_p$	3.690	
Coefficiente di spinta (statico + dinamico), per stati attivi	$K_{AE}$	0.407636	0.379266
Coefficiente di spinta in condizioni sismiche, per stati attivi	$(1 \pm kv)*K_{AE}$	0.44736	0.342307
Coefficiente di spinta (statico + dinamico), per stati passivi	$K_{PE}$	3.251117	3.333193
Coefficiente di spinta in condizioni sismiche, per stati passivi	$(1 \pm kv)*K_{PE}$	3.567937	3.008374

Tabella 9: 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 04 04 002 A 29 di 68**

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

TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m
SB	0.00	Temp SLU	LinStatic		0	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	Temp SLU	LinStatic		0	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	LM71	LinMoving	Max P	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	LM71	LinMoving	Max P	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	LM71	LinMoving	Min P	-1252	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	LM71	LinMoving	Min P	-1252	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	LM71	LinMoving	Max V2	-319	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	LM71	LinMoving	Max V2	-319	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	LM71	LinMoving	Min V2	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	LM71	LinMoving	Min V2	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	LM71	LinMoving	Max V3	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	LM71	LinMoving	Max V3	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	LM71	LinMoving	Min V3	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	LM71	LinMoving	Min V3	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	LM71	LinMoving	Max T	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	LM71	LinMoving	Max T	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	LM71	LinMoving	Min T	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	LM71	LinMoving	Min T	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	LM71	LinMoving	Max M2	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	LM71	LinMoving	Max M2	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	LM71	LinMoving	Min M2	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	LM71	LinMoving	Min M2	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	LM71	LinMoving	Max M3	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	LM71	LinMoving	Max M3	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	LM71	LinMoving	Min M3	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	LM71	LinMoving	Min M3	-153	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	Permanenti Portati	LinStatic		-1045	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	Permanenti Portati	LinStatic		-1045	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	SW2	LinMoving	Max P	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	SW2	LinMoving	Max P	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	SW2	LinMoving	Min P	-1425	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	SW2	LinMoving	Min P	-1425	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	SW2	LinMoving	Max V2	-272	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	SW2	LinMoving	Max V2	-272	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	SW2	LinMoving	Min V2	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	SW2	LinMoving	Min V2	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	SW2	LinMoving	Max V3	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	SW2	LinMoving	Max V3	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	SW2	LinMoving	Min V3	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	SW2	LinMoving	Min V3	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	SW2	LinMoving	Max T	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	SW2	LinMoving	Max T	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	SW2	LinMoving	Min T	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	SW2	LinMoving	Min T	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	SW2	LinMoving	Max M2	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	SW2	LinMoving	Max M2	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	SW2	LinMoving	Min M2	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	SW2	LinMoving	Min M2	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	SW2	LinMoving	Max M3	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	SW2	LinMoving	Max M3	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	SW2	LinMoving	Min M3	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	SW2	LinMoving	Min M3	-174	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	Ex	LinRespSpec	Max	101	3409	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	Ex	LinRespSpec	Max	101	3409	0	0	0	2165	SB-1	0.64
SB	0.00	Ey	LinRespSpec	Max	0	0	1385	0	880	0	SB-1	0.00
SB	0.64	Ey	LinRespSpec	Max	0	0	1385	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	Ez	LinRespSpec	Max	456	9	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	Ez	LinRespSpec	Max	456	9	0	0	0	6	SB-1	0.64
SB	0.00	Peso Proprio	LinStatic		-1910	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	Peso Proprio	LinStatic		-1910	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	Serp_SW2	Combination	Max	0	0	100	0	196	0	SB-1	0.00
SB	0.64	Serp_SW2	Combination	Max	0	0	100	0	132	0	SB-1	0.64
SB	0.00	Serp_SW2	Combination	Min	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	Serp_SW2	Combination	Min	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	Serp_LM71	Combination	Max	0	0	110	0	215	0	SB-1	0.00
SB	0.64	Serp_LM71	Combination	Max	0	0	110	0	145	0	SB-1	0.64
SB	0.00	Serp_LM71	Combination	Min	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	Serp_LM71	Combination	Min	0	0	0	0	0	0	SB-1	0.64
SB	0.00	Wk	Combination	Max	0	0	141	0	240	0	SB-1	0.00
SB	0.64	Wk	Combination	Max	0	0	141	0	330	0	SB-1	0.64
SB	0.00	Wk	Combination	Min	0	0	-141	0	-240	0	SB-1	0.00
SB	0.64	Wk	Combination	Min	0	0	-141	0	-330	0	SB-1	0.64

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m
SB	0.00	AF-LM71	Combination	Max	21	627	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	AF-LM71	Combination	Max	21	627	0	0	0	398	SB-1	0.64
SB	0.00	AF-LM71	Combination	Min	-21	-627	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	AF-LM71	Combination	Min	-21	-627	0	0	0	-398	SB-1	0.64
SB	0.00	AF-SW2	Combination	Max	14	420	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	AF-SW2	Combination	Max	14	420	0	0	0	267	SB-1	0.64
SB	0.00	AF-SW2	Combination	Min	-14	-420	0	0	0	0	SB-1	0.00
SB	0.64	AF-SW2	Combination	Min	-14	-420	0	0	0	-267	SB-1	0.64

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

Fv, forza verticale;

Fl, forza longitudinale;

Ft, forza trasversale;

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

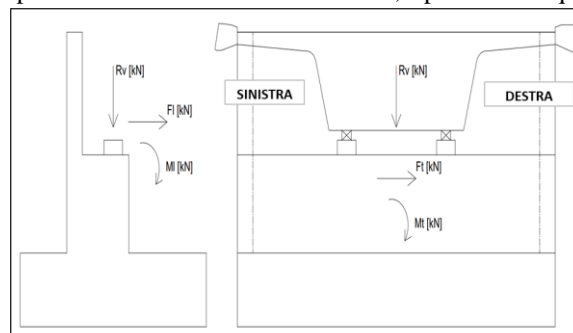
bh, braccio delle forze orizzontali, rispetto alla quota intradosso fondazione;

Msl, momento stabilizzante, rispetto al piede anteriore della fondazione;

Mrl, momento ribaltante, rispetto al piede anteriore della fondazione;

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

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



**Tabella 10: Calcolo delle spinte del terrapieno**
**AZIONI NON FATTORIZZATE (rispetto allo spigolo all'INTRADOSSO a valla anteriore plinto)**
**PESO PROPRIO SPALLA**

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	bt [m]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
PLINTO	1'849			4.30	0.50	7'951			0	0	
MURO FRONTALE	132			0.78	1.25	102		-0.73	-96	464	
PARAGHIAIA	77			1.40	2.25	107		-0.73	-56	222	
MURO D'ALA	0			0.00	1.00	0		0.00	0	0	
MURI LATERALI DI RISVOLTO	564			5.08	1.75	2'862		-0.73	-412	-437	
BANDIERA	0			0.00	0.00	0		0.00	0	0	
TOTALE	2'621					11'022			-564	249	

**PESO TERRENO**

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	et [m]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RIEMPIMENTO	1875			5.08	1.75	9'517		0.00	0	-1'453	
RICOPRIMENTO	0			0.00	-1.00	0		0.00	0	0	
TOTALE	1'875					9'517			0	-1'453	

**SPINTA LONGITUDINALE TERRENO - RIPOSO**

condizione	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]		Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
SPINTA RIPOSO	0	248			1.00	0	248			248	
SOVRACCARICO PERMANENTE	305	55		5.08	1.50	1546	83			-153	
FRENATURA		182			1.50		273			273	
SOVRACCARICO ACC	1211.72	220		5.08	1.50		330			5'540	

**SPINTA TRASVERSALE TERRENO - RIPOSO**

condizione	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]		Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RISVOLTI	0		0	3.50	1.67				0	0	
BANDIERE	0		0	4.30	2.70				0	0	
TOTALE			0						0	0	

**SPINTA TRASVERSALE TERRENO - RIPOSO sovraccarico**

condizione	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]		Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RISVOLTI	0		0	3.50	2.00				0	0	
BANDIERE	0		0	4.30	2.78				0	0	
TOTALE			0						0	0	

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

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>PLINTO</b>		372			0.50		186		186	
<b>M FRONTALE</b>		26			1.25		33		33	
<b>PARAGHIAIA</b>		15			2.25		35		35	
<b>MURO LATERALE DI CHIUSURA</b>		0			1.00		0		0	
<b>RISVOLTI</b>		113			1.75		198		198	
<b>BANDIERE</b>		0			0.00		0		0	
<b>TOTALE</b>		527					452		452	

**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>			372		0.50			186	0	
<b>M FRONTALE</b>			26		1.25			33	0	
<b>PARAGHIAIA</b>			15		2.25			35	0	
<b>MURO LATERALE DI CHIUSURA</b>			0		1.00			0	0	
<b>RISVOLTI</b>			113		1.75			198	0	
<b>BANDIERE</b>			0		0.00			0	0	
<b>TOTALE</b>			527					452	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>	248			4.30		1'065			0	
<b>M FRONTALE</b>	18			0.78		14			62	
<b>PARAGHIAIA</b>	10			1.40		14			30	
<b>MURO LATERALE DI CHIUSURA</b>	0			0.00		0			0	
<b>RISVOLTI</b>	76			5.08		384			-59	
<b>BANDIERE</b>	0			0.00		0			0	
<b>TOTALE</b>	351					1'477			33	

**SOVRASPINTA SISMICA TERRENO longitudinale WOOD**

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>TERRENO</b>	0	351			1.50		526		526	

**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>		377			1.75		660		660	

**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>			377		1.75			660	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>	251			5.08		1'275			-195	







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 04 04 002 A 34 di 68**

#### 4.1.4 Azioni Caratteristiche statiche

Descrizione azione elementare	ELEMENTARI	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	Mrl	Sigla
Peso proprio	G1'	248	6491	0	-2569	0	6406	21303	248	G1
Carichi permanenti portati	G2	0	4076	0	-1097	0	1045	418	0	G2
Traffico Carico Verticale (SW2)	SW2	220	11098	0	-1496	0	2637	570	330	SW2
Traffico Carico Verticale (LM71)	LM71'	220	10422	0	-1314	0	2463	501	330	LM71
Avviamento e frenatura (SW2)	AF-SW2'	602	957	0	-15	0	14	6	903	AFSW2
Avviamento e frenatura (LM71)	AF-LM71'	809	1295	0	-22	0	21	8	1213	AFLM71
Serpeggio(SW2)	Serp_SW2	0	0	100	346	0	0	0	0	SSW2
Serpeggio(LM71)	Serp_LM71	0	0	110	380	0	0	0	0	SLM71
Azione del vento	Wk	0	0	141	452	0	0	0	0	Wk
Variazioni termiche uniformi	Twk'	0	0	0	0	0	0	0	0	Twk
Resistenze Parasiste nei Vincoli	RPV	131	197	0	0	0	0	0	0	RPV

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

Nome azione	SPALLA	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	Mrl	Load Type	ψ / ψ
G1 p.p. CLS spalla	PP_spalla	0	249	0	-564	0	2621	11022	0		1.0
Peso terreno spalla	PP_terreno	0	-1453	0	0	0	1875	9517	0		1.0
Spinta attiva long.	SR-L	248	248	0	0	0	0	0	248		1.0
Spinta attiva sovraccarico long.	SR-L_sovraccarico PERM	55	-153	0	0	0	305	1546	83		1.0
Spinta a riposo trasv.	SR-T	0	0	0	0	0	0	0	0		1.0
Inerzia long. cls spalla	SIS-L_SPALLA	527	452	0	0	0	0	0	452		1.0
Inerzia trasv. cls spalla	SIS-T_SPALLA	0	0	527	452	0	0	0	0		1.0
Inerzia vert. cls spalla	SIS-V_SPALLA	0	33	0	0	0	351	1477	0		1.0
Inerzia long. riempimento	SIS-L_RIEMPIMENTO	377	660	0	0	0	0	0	660		1.0
Inerzia trasv. riempimento	SIS-T_RIEMPIMENTO	0	0	377	660	0	0	0	0		1.0
Inerzia vert. riempimento	SIS-V_RIEMPIMENTO	0	-195	0	0	0	251	1275	0		1.0
Spinta attiva sovraccarico long.	SA-L_sovraccarico ACC	140	5420	0	0	0	1212	0	210		1.0
Frenatura	FR	182	273	0	0	0	0	0	273		1.0
Sovraspinta calcolata con Wood	SIS-WOOD	351	526	0	0	0	0	0	526		1.0

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

Nome azione	IMPALCATO	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	Mrl	Load Type	ψ / ψ
Permanenti (Travi + Soletta)	Peso Proprio	0	7447	0	-2005	0	1910	764	0		1.0
Permanenti Portati	Permanenti Portati	0	4076	0	-1097	0	1045	418	0		1.0
Traffico Carico Verticale (SW2)	LM71	0	1244	0	-335	0	319	128	0	moving	1.0
Avviamento e Frenatura	AF-LM71	627	1022	0	-22	0	21	8	941	env	1.0
Serpeggio	Serp_LM71	0	0	110	380	0	0	0	0	env	1.0
Interazione Binario - Carichi Verticali	I-Qk1	0	0	0	0	0	0	0	0		0.0
Variazione termica (Tk)	Temp SLU	0	0	0	0	0	0	0	0		1.0
Interazione Binario - Temperatura	I-Twk	0	0	0	0	0	0	0	0		-1.0
Azione Sismica Longitudinale	EX	3409	5507	0	-106	0	101	40	5113	max	1.0
Azione Sismica Trasversale	EY	0	0	1385	2958	0	0	0	0	max	1.0
Azione Sismica Verticale	EZ	9	1793	0	-479	0	456	182	14	max	1.0

#### 4.1.7 Combinazioni Manuali sismiche

	MANUALI	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	Mrl	
Permanenti	G1'	248	6491	0	-2569	0	6406	21303	248	
Permanenti Portati	G2	0	4076	0	-1097	0	1045	418	0	
Traffico Carico Verticale (SW2)	LM71'	140	6664	0	-335	0	1531	128	210	
Avviamento e Frenatura	AF-LM71'	809	1295	0	-22	0	21	8	1213	
Variazione termica (Tk)	Twk'	0	0	0	0	0	0	0	0	
Resistenze Parassite	RPV	89	133							0.03
Azione Sismica Longitudinale	SX'	4663	7144	0	-106	0	101	40	6751	
Azione Sismica Trasversale	SY'	0	0	2289	4069	0	0	0	0	
Azione Sismica Verticale	SZ'	9	1631	0	-479	0	1059	2935	14	

#### 4.1.8 Azioni caratteristiche sismiche

Descrizione azione elementare	ELEMENTARI	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	Mrl	Sigla
Peso proprio	G1'	248	6491	0	-2569	0	6406	21303	248	G1
Carichi permanenti portati	G2	0	4076	0	-1097	0	1045	418	0	G2
Traffico Carico Verticale (LM71)	LM71'	140	6664	0	-335	0	1531	128	210	LM71
Avviamento e Frenatura (LM71)	AF-LM71'	809	1295	0	-22	0	21	8	1213	AF LM71
Serpeggio (LM71)	Serp_LM71	0	0	110	380	0	0	0	0	SLM71
Variazioni termiche uniformi	Twk'	0	0	0	0	0	0	0	0	Twk
Resistenze Parassite nei Vincoli	RPV	89	133	0	0	0	0	0	0	RPV
Azione Sismica SX	SX'	4663	7144	0	-106	0	101	40	6751	SX
Azione Sismica SY	SY'	0	0	2289	4069	0	0	0	0	SY
Azione Sismica SZ	SZ'	9	1631	0	-479	0	1059	2935	14	SZ



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

**COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO**

**TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO**

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 04 04 002	A	36 di 68

## 4.2 Combinazioni

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$G1 + G2 + 0.2 Q_{ki}$

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

**Tabella 11: 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 12: 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 13: 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 14: Combinazione SLE-FREQ**

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

**Tabella 15: combinazione SLE-QP**

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

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

Tabella 16: 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 17: combinazione SLV

### 4.3 Sollecitazioni

#### 4.3.1 Sollecitazioni base plinto

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

<b>COMB. SLU</b>											
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	14516.1	31830.4	-6647.5	1411.89	199.468	0	32539.4	2246.11	FVmax	SLU7	7
Fvmin	6862.89	5965.46	-1891.1	133.742	211.613	0	23621.6	372.268	FVmax	SLU6	6
Flmax	12459.9	24357.8	-4463.6	1776.31	206.718	0	31716.9	2696.55	Mlmax	SLU19	43
Flmin	8650.28	13245.3	-3007.2	-128.76	-126.97	0	23633.8	-117.67	FVmin	SLU22	166
Mlmax	14516.1	31830.4	-6647.5	1411.89	199.468	0	32539.4	2246.11	FVmax	SLU7	7
Mlmin	6862.89	5965.46	-1891.1	133.742	211.613	0	23621.6	372.268	FVmax	SLU6	6
Ftmax	14259.7	30401.1	-6077.9	1125.76	286.468	0	32436.8	1816.91	FVmax	SLU13	13
Ftmin	10672.5	14446.7	-5791.3	284.64	-211.61	0	31704.7	459.041	FVmin	SLU3	147
Mtmax	8635.08	15033.9	-1627.3	1103.11	286.468	0	23627.7	1730.14	Mlmax	SLU16	40
Mtmin	14516.1	31830.4	-6647.5	1411.89	199.468	0	32539.4	2246.11	FVmax	SLU7	7

<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	9341.48	16640.1	-3185.2	1989.61	697.724	0	26315.5	2654.26	FVmax	SIS41	41
Fvmin	6911.05	7719	-4302.2	-1084.7	-664.72	0	20320.8	-1544.8	Mlmax	SIS36	84
Flmax	8484.47	19771.5	-2728.2	5247.44	697.724	0	24214.8	7370.08	Flmax	SIS9	153
Flmin	7583.63	3613.49	-4641.5	-4512.4	-686.72	0	22347.7	-6515.5	FVmin	SIS12	300
Mlmax	8671	20498.9	-2924.1	5247.44	697.724	0	24289.4	7370.08	FVmax	SIS9	9
Mlmin	7583.63	3613.49	-4641.5	-4512.4	-686.72	0	22347.7	-6515.5	FVmin	SIS12	300
Ftmax	8598.28	15368.6	38.8451	1902.34	2311.08	0	24260.3	2523.35	FVmax	SIS17	17
Ftmin	7652.16	8672.93	-7562.1	-1203.7	-2289.1	0	22375.1	-1723.3	FVmin	SIS20	308
Mtmax	7712.7	13413.4	589.103	1896.86	2311.08	0	22399.3	2515.13	Mlmax	SIS22	70
Mtmin	8539.84	10945.8	-8076.5	-991.94	-2278.1	0	24236.9	-1405.7	FVmax	SIS31	31



### CARICHI PERMANENTI

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]
-	7755.61	10413.1	-3666	303.187	0	0

### COMB. SLE-CAR

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	10406.4	22468.2	-4733.2	1124.83	134.645	0	23842.4	1563.28	FVmax	SLEFR2	2
Fvmin	8736.22	15611.2	-3130.3	960.499	164.645	0	23271.3	1316.79	Mlmax	SLEFR3	9
Fimax	9307.35	18492.7	-3562	1331.93	139.645	0	23402.8	1873.93	Fimax	SLEFR5	23
Fimin	8988.29	15367.4	-3959	77.9271	-84.645	0	23275.2	-7.0706	FVmin	SLEFR5	41
Mlmax	10406.4	22468.2	-4733.2	1124.83	134.645	0	23842.4	1563.28	FVmax	SLEFR2	2
Mlmin	8741.75	14376.5	-3954.6	122.979	-84.645	0	23273.5	60.5074	FVmin	SLEFR6	42
Ftmax	10229.5	21482.5	-4340.3	927.494	194.645	0	23771.7	1267.28	FVmax	SLEFR4	4
Ftmin	8974.35	15802.2	-3944.4	404.044	-84.645	0	23269.6	482.105	FVmin	SLEFR1	37
Mtmax	8977.81	16600.9	-3026.1	927.494	194.645	0	23271	1267.28	Mlmax	SLEFR4	10
Mtmin	10406.4	22468.2	-4733.2	1124.83	134.645	0	23842.4	1563.28	FVmax	SLEFR2	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	9800.51	19501.1	-4778.3	883.505	120.538	0	23842.4	1201.3	FVmax	SLEFR2	2
Fvmin	8251.53	13262.2	-3175.5	783.914	150.538	0	23271.3	1051.91	Mlmax	SLEFR3	9
Fimax	8382.43	14345.3	-3272.2	1133.35	125.538	0	23275.2	1576.07	Mlmax	SLEFR5	11
Fimin	8382.43	12464.3	-3913.8	-120.65	-70.538	0	23275.2	-304.93	FVmin	SLEFR5	41
Mlmax	9800.51	19501.1	-4778.3	883.505	120.538	0	23842.4	1201.3	FVmax	SLEFR2	2
Mlmin	8257.07	12027.5	-3909.4	-53.606	-70.538	0	23273.5	-204.37	FVmin	SLEFR6	42
Ftmax	9623.66	18515.3	-4385.5	686.172	180.538	0	23771.7	905.297	FVmax	SLEFR4	4
Ftmin	8368.49	12899.1	-3899.2	205.472	-70.538	0	23269.6	184.247	FVmin	SLEFR1	37
Mtmax	8371.95	13697.8	-3071.2	728.922	180.538	0	23271	969.422	Mlmax	SLEFR4	10
Mtmin	9800.51	19501.1	-4778.3	883.505	120.538	0	23842.4	1201.3	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	7755.61	10280.2	-3666	214.552	0	0	23266.8	197.867	FVmax	SLEQP1	1
Fvmin	7755.61	10413.1	-3666	303.187	0	0	23266.8	330.819	FVmax	SLEQP2	2
Fimax	7755.61	10413.1	-3666	303.187	0	0	23266.8	330.819	FVmax	SLEQP2	2
Fimin	7755.61	10280.2	-3666	214.552	0	0	23266.8	197.867	FVmax	SLEQP1	1
Mlmax	7755.61	10413.1	-3666	303.187	0	0	23266.8	330.819	FVmax	SLEQP2	2
Mlmin	7755.61	10280.2	-3666	214.552	0	0	23266.8	197.867	FVmax	SLEQP1	1
Ftmax	7755.61	10280.2	-3666	214.552	0	0	23266.8	197.867	FVmax	SLEQP1	1
Ftmin	7755.61	10280.2	-3666	214.552	0	0	23266.8	197.867	FVmax	SLEQP1	1
Mtmax	7755.61	10413.1	-3666	303.187	0	0	23266.8	330.819	FVmax	SLEQP2	2
Mtmin	7755.61	10280.2	-3666	214.552	0	0	23266.8	197.867	FVmax	SLEQP1	1

### 4.3.2 Sollecitazioni muro frontale

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

COMB. SLU										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	957.80	418.43	-256.15	121.81	29.33	0.00		FVmax	SLU7	7
Fvmin	311.43	102.71	-43.68	-4.65	31.12	0.00		FVmax	SLU6	6
FImax	655.42	331.83	-156.79	175.41	30.40	0.00		MImax	SLU19	43
FImin	315.90	73.51	-154.76	-97.66	-18.67	0.00		FVmin	SLU22	166
MImax	922.33	427.20	-242.20	165.98	30.40	0.00		FVmax	SLU19	19
MImin	315.90	73.51	-154.76	-97.66	-18.67	0.00		FVmin	SLU22	166
Ftmax	920.09	392.94	-212.72	99.13	42.13	0.00		FVmax	SLU13	13
Ftmin	650.95	232.05	-293.79	10.45	-31.12	0.00		FVmin	SLU3	147
Mtmax	313.67	172.95	-14.27	102.89	42.13	0.00		MImax	SLU16	40
Mtmin	650.95	232.05	-293.79	10.45	-31.12	0.00		FVmin	SLU3	147
Tmax	956.31	395.48	-229.50	77.05	40.00	0.00		FVmax	SLU1	1
Tmin	956.31	395.48	-229.50	77.05	40.00	0.00		FVmax	SLU1	1

COMB. SISMICA										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	575.31	537.14	-122.02	639.97	64.18	0.00		FVmax	SIS41	41
Fvmin	392.65	-154.50	-200.93	-573.02	-59.32	0.00		MImax	SIS36	84
FImax	510.44	749.10	-101.54	1029.26	64.18	0.00		FImax	SIS9	153
FImin	430.39	-331.76	-220.67	-954.01	-62.56	0.00		FVmin	SIS12	300
MImax	537.87	759.38	-110.32	1029.26	64.18	0.00		FVmax	SIS9	9
MImin	430.39	-331.76	-220.67	-954.01	-62.56	0.00		FVmin	SIS12	300
Ftmax	527.18	514.53	61.03	629.81	211.76	0.00		FVmax	SIS17	17
Ftmin	440.47	-145.84	-387.85	-590.52	-208.53	0.00		FVmin	SIS20	308
Mtmax	449.37	484.04	85.69	627.64	211.76	0.00		MImax	SIS22	70
Mtmin	518.59	-102.76	-408.64	-562.05	-206.91	0.00		FVmax	SIS31	31
Tmax	537.57	754.66	-106.25	1020.04	65.79	0.00		FVmax	SIS1	1
Tmin	537.57	754.66	-106.25	1020.04	65.79	0.00		FVmax	SIS1	1

Tabella 18: Sollecitazioni muro frontale SLU e SLV

COMB. SLE-CAR										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	676.73	294.25	-183.65	85.61	19.80	0.00		FVmax	SLER2	2
Fvmin	466.14	202.99	-98.20	61.02	27.15	0.00		Mlmax	SLER1	7
Flmax	468.19	234.42	-115.12	122.35	20.54	0.00		Mlmax	SLER5	11
Flmin	468.19	142.21	-189.79	-62.06	-12.45	0.00		FVmin	SLER5	41
Mlmax	652.27	300.30	-174.03	116.06	20.54	0.00		FVmax	SLER5	5
Mlmin	468.19	142.21	-189.79	-62.06	-12.45	0.00		FVmin	SLER5	41
Ftmax	650.73	276.67	-153.69	69.96	28.62	0.00		FVmax	SLER4	4
Ftmin	467.17	157.06	-189.46	-31.61	-12.45	0.00		FVmin	SLER2	38
Mtmax	466.65	210.79	-94.79	76.25	28.62	0.00		Mlmax	SLER4	10
Mtmin	468.19	142.21	-189.79	-62.06	-12.45	0.00		FVmin	SLER5	41
Tmax	675.70	278.43	-165.26	54.73	27.15	0.00		FVmax	SLER1	1
Tmin	675.70	278.43	-165.26	54.73	27.15	0.00		FVmax	SLER1	1

COMB. SLE-FREQUENTE										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	676.73	283.47	-188.21	74.83	17.73	0.00		FVmax	SLEFR2	2
Fvmin	466.14	192.21	-102.77	50.24	25.08	0.00		Mlmax	SLEFR1	7
Flmax	468.19	223.64	-119.69	111.57	18.46	0.00		Mlmax	SLEFR5	11
Flmin	468.19	131.44	-185.22	-72.84	-10.37	0.00		FVmin	SLEFR5	41
Mlmax	652.27	289.53	-178.59	105.28	18.46	0.00		FVmax	SLEFR5	5
Mlmin	468.19	131.44	-185.22	-72.84	-10.37	0.00		FVmin	SLEFR5	41
Ftmax	650.73	265.90	-158.26	59.18	26.55	0.00		FVmax	SLEFR4	4
Ftmin	467.17	146.28	-184.90	-42.38	-10.37	0.00		FVmin	SLEFR2	38
Mtmax	466.65	200.01	-99.35	65.47	26.55	0.00		Mlmax	SLEFR4	10
Mtmin	676.73	283.47	-188.21	74.83	17.73	0.00		FVmax	SLEFR2	2
Tmax	675.70	267.65	-169.83	43.95	25.08	0.00		FVmax	SLEFR1	1
Tmin	675.70	267.65	-169.83	43.95	25.08	0.00		FVmax	SLEFR1	1

COMB. SLE-QUASI PERMANENTE										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	465.11	165.60	-161.39	8.59	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1
Fvmin	465.11	172.12	-161.39	21.62	0.00	0.00		FVmax	SLEQP2	2
Flmax	465.11	172.12	-161.39	21.62	0.00	0.00		FVmax	SLEQP2	2
Flmin	465.11	165.60	-161.39	8.59	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1
Mlmax	465.11	172.12	-161.39	21.62	0.00	0.00		FVmax	SLEQP2	2
Mlmin	465.11	165.60	-161.39	8.59	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1
Ftmax	465.11	165.60	-161.39	8.59	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1
Ftmin	465.11	165.60	-161.39	8.59	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1
Mtmax	465.11	172.12	-161.39	21.62	0.00	0.00		FVmax	SLEQP2	2
Mtmin	465.11	165.60	-161.39	8.59	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1
Tmax	465.11	165.60	-161.39	8.59	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1
Tmin	465.11	165.60	-161.39	8.59	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1

Tabella 19: Sollecitazioni del Muro Frontale per gli stati limite di esercizio

### 4.3.3 Sollecitazioni paraghiaia

#### AZIONI

##### Sovraccarico ferroviario

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

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

B <sub>l</sub>	7.27	m	larghezza di diffusione longitudinale all'intradosso paraghiaia
B <sub>t</sub>	4.73	m	larghezza di diffusione trasversale all'intradosso paraghiaia
A	34.4	m <sup>2</sup>	area di diffusione trasversale all'intradosso paraghiaia
q <sub>0_2</sub>	29.08	KN/m <sup>2</sup>	sovraccarico a m <sup>2</sup> all'intradosso paraghiaia
σ <sub>0_2</sub>	12.39	KN/m <sup>2</sup>	spinta sovraccarico all'intradosso paraghiaia

S <sub>0</sub>	98	kN	Spinta totale
M <sub>0</sub>	86	kNm	Momento totale all'intradosso paraghiaia

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

B <sub>coll</sub>	5.37	m	
S <sub>0</sub>	<b>18.3</b>	kN/m	Spinta sovraccarico a m/trasversale
M <sub>0</sub>	<b>16.0</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>	2.60	m	lunghezza di influenza della frenatura (H/tan(30))
Q <sub>l</sub> bk'=Q <sub>l</sub> bk*L <sub>fr</sub>	91	kN	forza di frenatura totale
M=Q <sub>l</sub> bk'*H	136	kNm	momento flettente totale allo spiccato

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

b <sub>t</sub>	2.80	m	larghezza di diffusione trasversale all'estradosso paraghiaia
----------------	------	---	---------------------------------------------------------------

Accettando l'ipotesi di ripartizione del carico nel terreno con un angolo di 30°, le sollecitazioni a metro lineare valgono:

B <sub>t</sub>	4.53	m	larghezza di diffusione trasversale all'intradosso paraghiaia
Q <sub>l</sub> bk'/B <sub>t</sub>	<b>20.1</b>	kN/m	forza di frenatura a metro lineare trasversale
M=Q <sub>l</sub> bk'*H/B <sub>t</sub>	<b>30.1</b>	kNm/m	momento flettente allo spiccato a metro lineare trasversale

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

peso specifico terreno di riempimento	$\gamma$	19	KN/m <sup>3</sup>
angolo di attrito rilevato	$\phi$	35.00	°
coefficiente di spinta a riposo	$\lambda_0$	0.426	
coefficiente di spinta (sismico)	$\lambda_s$	0.442	
ordinata dello spettro orizzontale	$ag^*S$	0.195	
altezza paraghia	H	1.50	m
spessore paraghiaia	s	0.40	m

VALORI CARATTERISTICI - PARAGHIAIA			
AZIONI	FATTOR	t [KN/ml]	m [KNm/ml]
SPINTA A RIPOSO	1.00	9	5
SPINTA SOVRACCARICO A RIPOSO	1.00	18	16
FRENATURA RILEVATO	1.00	20	30

Valori IN FASE DI ESERCIZIO (SLU gr.3) PARAGHIAIA			
AZIONI	FATTOR	t [KN/ml]	m [KNm/ml]
SPINTA A RIPOSO	1.35	12	6
SPINTA SOVRACCARICO A RIPOSO	1.35	25	22
FRENATURA RILEVATO	1.35	27	41
TOTALE		64	68

Valori IN FASE SISMICA (SIS) PARAGHIAIA			
AZIONI	FATTOR	t [KNm/ml]	m [KNm/ml]
SPINTA ATTIVA	1.00	6	3
SOVRASPINTA SISMICA	1.00	5	4
SPINTA SOVRACCARICO ACCIDENTALE	0.20	2	2
MASSA PARAGHIAIA	1.00	3	2
TOTALE		16	11

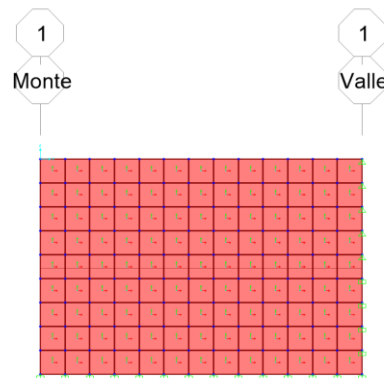
Valori IN FASE DI ESERCIZIO (SLE rara gr.3) PARAGHIAIA			
AZIONI	FATTOR	t [KN/ml]	m [KNm/ml]
SPINTA A RIPOSO	1.00	9	5
SPINTA SOVRACCARICO A RIPOSO	1.00	18	16
FRENATURA RILEVATO	1.00	20	30
TOTALE		47	51

Valori IN FASE DI ESERCIZIO (SLE rara gr.4 fessurazione) PARAGHIAIA			
AZIONI	FATTOR	t [KN/ml]	m [KNm/ml]
SPINTA A RIPOSO	1.00	9	5
SPINTA SOVRACCARICO A RIPOSO	0.60	11	10
FRENATURA RILEVATO	0.60	12	18
TOTALE		32	32

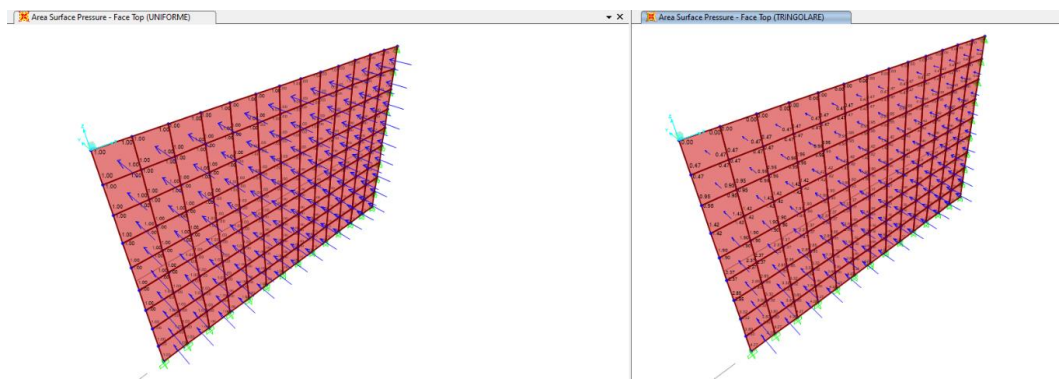
Valori IN FASE DI ESERCIZIO (SLE q.p.) PARAGHIAIA			
AZIONI	FATTOR	t [KN/ml]	m [KNm/ml]
SPINTA A RIPOSO	1.00	9	5
TOTALE		9	5

#### 4.3.4 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	2.519
Fh	Load pattern	UNIFORME	5.850

DEAD = peso proprio

So = Spinta del terreno in quiete

Sa = Spinta del terreno attiva

Sq = Spinta del terreno dovuta al sovraccarico accidentale

Sa,e= Sovraspinta sismica

Fh= Forza inerziale del muro

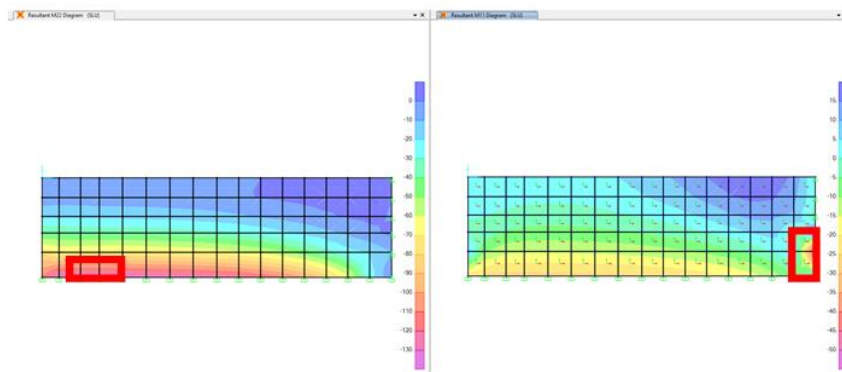
Le combinazioni sono le seguenti:

SLU : 1.35 DEAD + 1.35 So + 1.35 Sq

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

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

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



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

**TABLE: Section Cut Forces - Analysis**

SectionCut	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
ORIZZONTALE	SLU	Combination	-9.281	-62.722	19.941	29.2873	2.3731	20.103
ORIZZONTALE	SLV	Combination	-6.874	-23.149	14.771	10.6608	1.7579	7.3513
ORIZZONTALE	SLE-R	Combination	-6.874	-46.461	14.771	21.6943	1.7579	14.8911
VERTICALE	SLU	Combination	3.081	-124.1	68.971	114.9156	-0.3336	-1.4979
VERTICALE	SLV	Combination	2.282	-45.841	51.089	41.892	-0.2471	-0.5567
VERTICALE	SLE-R	Combination	2.282	-91.926	51.089	85.1226	-0.2471	-1.1095

## 4.4 Verifiche

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

### 4.4.1 Verifica all'interfaccia plinto fondazione-pozzo

Si riporta di seguito la verifica eseguita all'interfaccia tra il plinto di Fondazione e del pozzo. Il pozzo sarà armato con 8 gabbie con 4φ26 necessarie sia per la verifica a flessione della sezione sia per la verifica a taglio seguendo le prescrizioni dell'Eurocodice per verifiche ad azione tagliante nell'interfaccia tra calcestruzzi gettati in tempi diversi (EC2-par.6.2.5).

La combinazione a flessione dimensionante è la combinazione SLU7 con uno sforzo assiale  $N = 14516 \text{ kN}$  e un momento longitudinale  $M = 31830 \text{ kNm}$ . Per la verifica a taglio, il taglio sollecitante Massimo è pari a  $V = 5247 \text{ kN}$ .

#### 4.4.1.1 Verifica a presso-flessione

Si riporta la verifica a presso-flessione eseguita in RC-SEC.

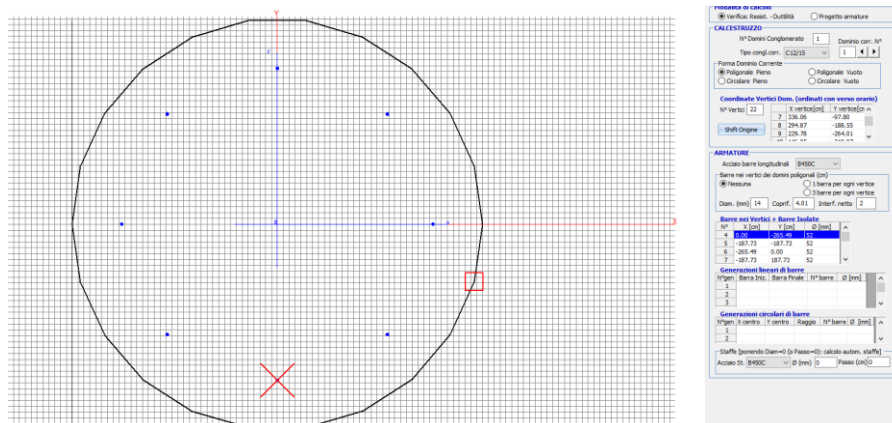


Figura 8: Dati input per RC-SEC

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C12/15	
	Resis. compr. di progetto fcd:	6.800	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	27085.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	1.800	MPa

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	

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C12/15

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-471.6	89.5
2	-413.3	244.0
3	-306.2	369.7
4	-162.7	451.6
5	27.9	479.2
6	188.7	441.4
7	327.1	351.3
8	426.8	219.6
9	476.0	61.9
10	468.8	-103.1
11	406.1	-255.9
12	295.3	-378.4
13	149.5	-456.1
14	-14.0	-479.8
15	-175.8	-446.7
16	-316.8	-360.6
17	-420.3	-231.9
18	-474.0	-75.7

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-281.7	-281.7	52
2	-398.4	0.0	52
3	-281.7	281.7	52
4	0.0	398.4	52
5	281.7	281.7	52

Il momento resistente è pari a MRd= 61206 kNm. La verifica risulta soddisfatta.

#### 4.4.1.2 Verifica a taglio

Azione tagliante nell'interfaccia tra calcestruzzi gettati in tempi diversi

**Punto 6.2.5 EC 2-1-1:2005**

Caratteristiche dei materiali

calcestruzzo:

fck(cube)=	15	MPa
fck=	12	MPa
γc=	1.50	
fcm=	20	MPa
αcc=	0.85	
fcd=	7	MPa
fctm=	1.57	MPa

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 04 04 002	A	50 di 68

$f_{ctk_{0,05}} = 1.10$  MPa  
 $f_{ctk_{0,95}} = 2.04$  MPa  
 $\alpha_{ct} = 0.85$   
 $f_{ctd} = 0.62$  MPa

armatura ordinaria

$f_{yk} = 450$  MPa  
 $\gamma_s = 1.15$   
 $f_{yd} = 391$  MPa

armatura da precompressione :

$f_{yk} = 0$  MPa  
 $\gamma_s = 1.15$   
 $f_{yd} = 0$  MPa

Forza di taglio trasversale

$V_{Ed} = 5247$  kN

Caratteristiche geometriche

$\beta = 1$  è il rapporto tra la forza longitudinale nell'ultimo getto di cls., e la forza longitudinale totale in zona compressa o tesa, entrambe calcolate nella sezione considerata  
 $z = 0.60$  m braccio della coppia interna della sezione composita  $= 0,9 \cdot d$  (SLU)  
 $b_i = 7.60$  m larghezza dell'interfaccia (vd. Figura 6.8)  
 $A_i = 58.00$  m<sup>2</sup> Area del giunto  
 $v_{edi} = 1.15$  MPa Valore di progetto della tensione tangenziale all'interfaccia

Caratteristiche della scabrezza dell'interfaccia

Tipo:	Cat.	Superficie	c	$\mu$
A	A	molto liscia	0.25	0.5
	B	liscia	0.35	0.6
	C	scabra	0.45	0.7
	D	dentata	0.5	0.7

Tensione di compressione all'interfaccia

$\sigma_n = 6.80$  MPa + compr.  $< 0,6 f_{cd}$   $4.08$  Mpa

Tensione prodotta dalla forza esterna minima agente nell'interfaccia che può agire simultaneamente alla forza di taglio. Se  $\sigma_n$  è di trazione, si raccomanda di assumere  $c \cdot f_{cd} = 0$

Armatura ordinaria

$A_s = 0.00212$  m<sup>2</sup> Area di armatura che attraversa l'interfaccia, compresa l'armatura ordinaria a taglio (se presente), adeguatamente ancorata ad entrambi i lati dell'interfaccia  
 $\alpha = 90$  gradi inclinazione dell'armatura rispetto alla superficie di giunto  $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$   
 $\rho = 3.662E-05$   $= A_s / A_i$

Armatura da precompressione

$A_p = 0.00000$  m<sup>2</sup> Area di armatura che attraversa l'interfaccia, compresa l'armatura ordinaria a taglio (se presente), adeguatamente ancorata ad entrambi i lati dell'interfaccia  
 $\alpha = 90$  gradi inclinazione dell'armatura rispetto alla superficie di giunto  $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$   
 $\rho = 0.0$   $= A_p / A_i$

Resistenza di progetto a taglio dell'interfaccia

$0.16$  MPa  $= c \cdot f_{ctd}$   
 $2.04$  MPa  $= \mu \cdot \sigma_n$   
 $0.01$  MPa  $= \rho \cdot f_{yd} \cdot (\mu \sin \alpha + \cos \alpha)$  arm. ordinaria  
 $0.00$  MPa  $= \rho \cdot f_{pd} \cdot (\mu \sin \alpha + \cos \alpha)$  arm. precompressione  
 $v_{rdi} = 2.20$  MPa  $< 0,5 v_{fcd}$   $1.94$  Mpa  
 $v_{Edi} = 1.15$  minore di (uguale a)  $v_{rdi} = 1.94$  verifica soddisfatta

#### 4.4.2 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 18 e Tabella 19.

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	155.0
3	50.0	155.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 04 04 002	A	52 di 68

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-40.0	6.5	26
2	40.0	6.5	26
3	-40.0	148.5	26
4	40.0	148.5	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:	6.6 cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale
N° Legature:	1
Diam. Legature:	8

**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	148.5

**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	922.00	427.00	0.00	175.00	0.00
2	538.00	759.00	0.00	1029.00	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**



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 04 04 002	A	53 di 68

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	652.00	300.00	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	652.00	290.00 (3631.09)	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	465.00	172.00 (5467.32)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata**

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

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
--------	-----	---	----	----	-------	--------	--------	----------	---------



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 04 04 002	A	54 di 68

1	S	922.00	427.00	0.00	921.77	2165.14	0.00	5.07	26.5(27.0)
2	S	538.00	759.00	0.00	537.80	1894.06	0.00	2.50	26.5(27.0)
3	S	175.00	206.00	0.00	175.10	1636.28	0.00	7.94	26.5(27.0)
4	S	135.00	157.00	0.00	134.91	1607.60	0.00	10.24	26.5(27.0)

#### 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	0.063	-50.0	155.0	0.00109	-40.0	148.5	-0.05165	-40.0	6.5
2	0.00350	0.055	-50.0	155.0	0.00071	-40.0	148.5	-0.06017	-40.0	6.5
3	0.00342	0.048	-50.0	155.0	0.00032	-40.0	148.5	-0.06750	-40.0	6.5
4	0.00337	0.048	-50.0	155.0	0.00027	-40.0	148.5	-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	0.000371349	-0.054059054	0.063	0.700
2	0.000000000	0.000428735	-0.062953975	0.055	0.700
3	0.000000000	0.000477586	-0.070604306	0.048	0.700
4	0.000000000	0.000477268	-0.070602243	0.048	0.700

#### VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe:	12 mm
Diam. Legature:	8 mm
Passo staffe e legature:	6.6 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

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

**SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 04 04 002	A	55 di 68

Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
 L'area della legatura è ridotta col fattore  $L/d_{max}$  con  $L=lungh.legat.proietta-$   
 ta sulla direz. del taglio e  $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	175.00	4282.82	5435.99	147.4	100.0	2.500	1.033	1.3	41.9(7.6)
2	S	1029.00	4226.16	5435.99	147.4	100.0	2.500	1.019	7.9	41.9(7.6)
3	S	153.00	4172.59	5435.99	147.4	100.0	2.500	1.006	1.2	41.9(7.6)
4	S	108.00	4166.69	5435.99	147.4	100.0	2.500	1.005	0.8	41.9(7.6)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.15	-50.0	155.0	-6.3	20.0	6.5	1550	26.5
2	S	0.67	-50.0	155.0	-20.3	20.0	6.5	1600	26.5

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

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ 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	-0.00004	0	0.500	26.0	52	0.00002 (0.00002)	435	0.008 (0.20)	3440.84	0.00
2	S	-0.00011	0	0.500	26.0	52	0.00006 (0.00006)	443	0.027 (0.20)	1797.31	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	1.11	-50.0	155.0	-5.4	20.0	6.5	1400	26.5

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

**SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 04 04 002	A	56 di 68

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00003	0	0.500	26.0	52	0.00002 (0.00002)	410	0.007 (0.20)	3631.09	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	0.68	-50.0	155.0	-1.4	40.0	6.5	850	26.5

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00001	0	0.500	26.0	52	0.00000 (0.00000)	318	0.001 (0.20)	5467.32	0.00

Si riporta di seguito la verifica come elemento tozzo del muro frontale:

**Verifica MURO FRONTALE**

h	0.50	m	
l	1.55	m	
h/l	0.32		<input checked="" type="checkbox"/> ELEMENTO TOZZO
c	400	mm	copriferro di calcolo
d	1.15	m	altezza utile
s	0.23	m	spessore biella compressa
b	1.04	m	braccio schema tirante puntone

			Ø (mm)	pas (cm)	N°s	As (mq)	
Rck	40	Mpa	armature	26	20	1	0.00
fyk	450	Mpa	(+)	26	20	1	0.00
							0.01

			Ø (mm)	pas (cm)	N°s	As (mq)	
			armature	26	20	1	0.00
			(-)	26	20	1	0.00
							0.01

**Condizione SLU**

IND	FV	FI	MI
-	[kN]	[kN]	[kNm]
19	922	166	427

**Condizione SIS**

IND	FV	FI	MI
-	[kN]	[kN]	[kNm]
9	538	1029	759

	T	C	T	C
	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
	413	949	734	1687
F <sub>Ed</sub> =	413	949	734	1687
F <sub>Rd</sub> =	2078	1882	2078	1882
C/D	5.03	1.98	2.83	1.12
<b>C/D MIN</b>	<b>1.98</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>1.12</b>	<input checked="" type="checkbox"/>



#### 4.4.3 Verifiche paraghiaia

Si riporta di seguito la verifica eseguita per il paraghiaia, armato con  $\phi 18/20$  controterra e  $\phi 14/20$  lato esterno.

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2100000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta 1 * \beta 2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta 1 * \beta 2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	40.0
3	50.0	40.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-40.0	6.1	18
2	40.0	6.1	18
3	-40.0	33.8	14
4	40.0	33.8	14

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 04 04 002	A	58 di 68

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	18
2	3	4	3	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	68.00	0.00	64.00	0.00
2	0.00	11.00	0.00	16.00	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	51.00	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	32.00 (90.50)	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)



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 04 04 002	A	59 di 68

con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	5.00 (90.50)	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:	18.2 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	68.00	0.00	0.00	152.65	0.00	2.24	12.7(5.8)
2	S	0.00	11.00	0.00	0.00	152.65	0.00	13.88	12.7(5.8)

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

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00066	0.260	-50.0	40.0	0.00019	-40.0	33.8	-0.00186	-40.0	6.1
2	0.00066	0.260	-50.0	40.0	0.00019	-40.0	33.8	-0.00186	-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	0.000074287	-0.002316485	0.260	0.765
2	0.000000000	0.000074287	-0.002316485	0.260	0.765



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 04 04 002	A	60 di 68

**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	64.00	162.72	33.0	100.0	0.0039	0.00
2	S	16.00	162.72	33.0	100.0	0.0039	0.00

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.31	50.0	40.0	-131.2	20.0	6.1	1000	12.7

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00078	0	0.500	18.0	52	0.00037 (0.00037)	417	0.156 (0.20)	90.50	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.08	-50.0	40.0	-82.3	20.0	6.1	1000	12.7

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



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 04 04 002	A	61 di 68

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00049	0	0.500	18.0	52	0.00024 (0.00024)	417	0.098 (0.20)	90.50	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	0.32	-50.0	40.0	-12.9	20.0	6.1	1000	12.7

**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	-0.00008	0	0.500	18.0	52	0.00004 (0.00004)	417	0.015 (0.20)	90.50	0.00

#### 4.4.4 Verifiche muro di risvolto

Si riporta di seguito la verifica eseguita per il muro di risvolto, armato con una maglia  $\phi 16/20$  controterra e  $\phi 16/20$  lato esterno. È dimensionante la verifica a fessurazione.

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C32/40

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

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-40.0	6.1	16
2	40.0	6.1	16
3	-40.0	73.9	16
4	40.0	73.9	16

#### 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 04 04 002	A	63 di 68

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	16
2	3	4	3	16

**ARMATURE A TAGLIO**

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

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	20.00	0.00	-63.00	0.00
2	0.00	7.00	0.00	-23.00	0.00
3	69.00	115.00	0.00	-124.00	0.00
4	51.00	42.00	0.00	-46.00	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	15.00	0.00
2	51.00	85.00	0.00

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.3 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.8 cm  
 Copriferro netto minimo staffe: 4.5 cm

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

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



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 04 04 002	A	64 di 68

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	20.00	0.00	0.00	294.45	0.00	14.72	20.1(12.7)
2	S	0.00	7.00	0.00	0.00	294.45	0.00	42.06	20.1(12.7)
3	S	69.00	115.00	0.00	68.84	318.46	0.00	2.77	20.1(14.0)
4	S	51.00	42.00	0.00	50.75	312.16	0.00	7.43	20.1(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	0.060	-50.0	80.0	-0.00130	-40.0	73.9	-0.05463	-40.0	6.1
2	0.00350	0.060	-50.0	80.0	-0.00130	-40.0	73.9	-0.05463	-40.0	6.1
3	0.00350	0.063	-50.0	80.0	-0.00109	-40.0	73.9	-0.05215	-40.0	6.1
4	0.00350	0.062	-50.0	80.0	-0.00115	-40.0	73.9	-0.05281	-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	0.000786580	-0.059426403	0.060	0.700
2	0.000000000	0.000786580	-0.059426403	0.060	0.700
3	0.000000000	0.000752998	-0.056739856	0.063	0.700
4	0.000000000	0.000761953	-0.057456269	0.062	0.700

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 8 mm  
 Passo staffe: 6.6 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

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





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 04 04 002	A	65 di 68

I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
 Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proietta-  
 ta sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	63.00	2053.69	978.97	73.0	100.0	2.500	1.000	1.0	15.2(0.0)
2	S	23.00	2053.69	978.97	73.0	100.0	2.500	1.000	0.4	15.2(0.0)
3	S	124.00	2063.46	978.97	73.0	100.0	2.500	1.005	1.9	15.2(0.0)
4	S	46.00	2060.91	978.97	73.0	100.0	2.500	1.004	0.7	15.2(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.30	50.0	80.0	-21.5	20.0	6.1	1475	10.1
2	S	1.72	-50.0	80.0	-97.5	40.0	6.1	1475	10.1

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

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

Ver. Esito della verifica  
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
 k2 = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2\*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
 Cf Coprifero [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
 Tra parentesi: valore minimo = 0.6 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	-0.00012	0	0.500	15.9	53	0.00006 (0.00006)	577	0.037 (0.20)	348.30	0.00
2	S	-0.00054	0	0.500	15.9	53	0.00029 (0.00029)	577	0.169 (0.20)	379.97	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 / $\phi$	
-	H	B / $\phi$	
Pozzo	-	7.00	30
Elevazione Spalle	var	1.00	60

## 6 APPENDICE

### 6.1 Validazione del modello

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

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

[...]

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

#### Carichi elementari:

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

Dove:

$H = 3.0\text{m}$  altezza totale della spalla

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

$k_0 = 0.426$  coefficiente di spinta a riposo

$t = 6.8\text{m}$  larghezza muro frontale

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

#### **G1:**

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

$$S_o = [1/2 * \gamma * H^2 * k_0] t = 248\text{kN}$$

#### **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 04 04 002	A	68 di 68

$$S_b = [Q_b H k_0] b = 55 \text{ kN}$$

### 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:

$$S_q = [q H k_0] b + Fr = 1029 \text{ kN}$$

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

$$G1 \gamma_{G1} + G2 \gamma_{G2} + S_q \gamma_q = 248 \cdot 1.35 + 55 \cdot 1.5 + 1029 \cdot 1.45 = 1766 \text{ kN}$$

### 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:

$$F_l = 1766 \text{ kN}$$