

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

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

OPERE D'ARTE MAGGIORI

VI-02 PONTE SUL FIUME PICENTINO
RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

SCALA:

-

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

NN1X 00 D 09 CL VI0204 001 A

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

ITALFERR S.p.A.
U.C. Opere Civili - Gestione delle varianti
Dott. Ing. Angelo Vittozzi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Salerno
N° 420783

File: NN1X00D09CLVI0204001A.doc

n. Elab.:

INDICE

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

3.2	CRITERI DI VERIFICA ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO	24
3.2.1	<i>Verifica a fessurazione</i>	24
3.2.2	<i>Verifica per le tensioni in esercizio</i>	25
4	CALCOLO SPALLA A	26
4.1.1	<i>Spinte sulla spalla in condizioni statiche</i>	35
4.1.2	<i>Azioni in condizione statiche trasmesse dall'impalcato</i>	35
4.1.3	<i>Combinazioni Manuali statiche</i>	35
4.1.4	<i>Azioni Caratteristiche statiche</i>	36
4.1.5	<i>Spinte sulla spalla in condizioni sismiche:</i>	36
4.1.6	<i>Azioni in condizione sismiche trasmesse dall'impalcato</i>	36
4.1.7	<i>Combinazioni Manuali sismiche</i>	37
4.1.8	<i>Azioni caratteristiche sismiche</i>	37
4.2	COMBINAZIONI	38
4.3	SOLLECITAZIONI.....	42
4.3.1	<i>Sollecitazioni base plinto</i>	42
4.3.2	<i>Sollecitazioni muro frontale</i>	44
4.3.3	<i>Sollecitazioni paraghiaia</i>	46
4.3.4	<i>Sollecitazioni muro di risvolto</i>	48
4.4	VERIFICHE	50
4.4.1	<i>Verifica all'interfaccia plinto fondazione-pozzo</i>	50
4.4.2	<i>Verifiche muro frontale</i>	54
4.4.3	<i>Verifiche paraghiaia</i>	60
4.4.4	<i>Verifiche muro di risvolto</i>	65
5	INCIDENZE.....	70
6	APPENDICE	71



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 02 04 001	A	4 di 72

6.1 VALIDAZIONE DEL MODELLO.....71

1 GENERALITÀ

Oggetto del presente documento sono i calcoli relativi alla spalla A del Ponte sul fiume Picentino al km. 3+593.90, previsto nell'ambito del progetto definitivo per A.I. del Prolungamento della Metropolitana di Salerno, in particolare della tratta Salerno- Battipaglia. L'opera in questione è individuata con la WBS VI02.

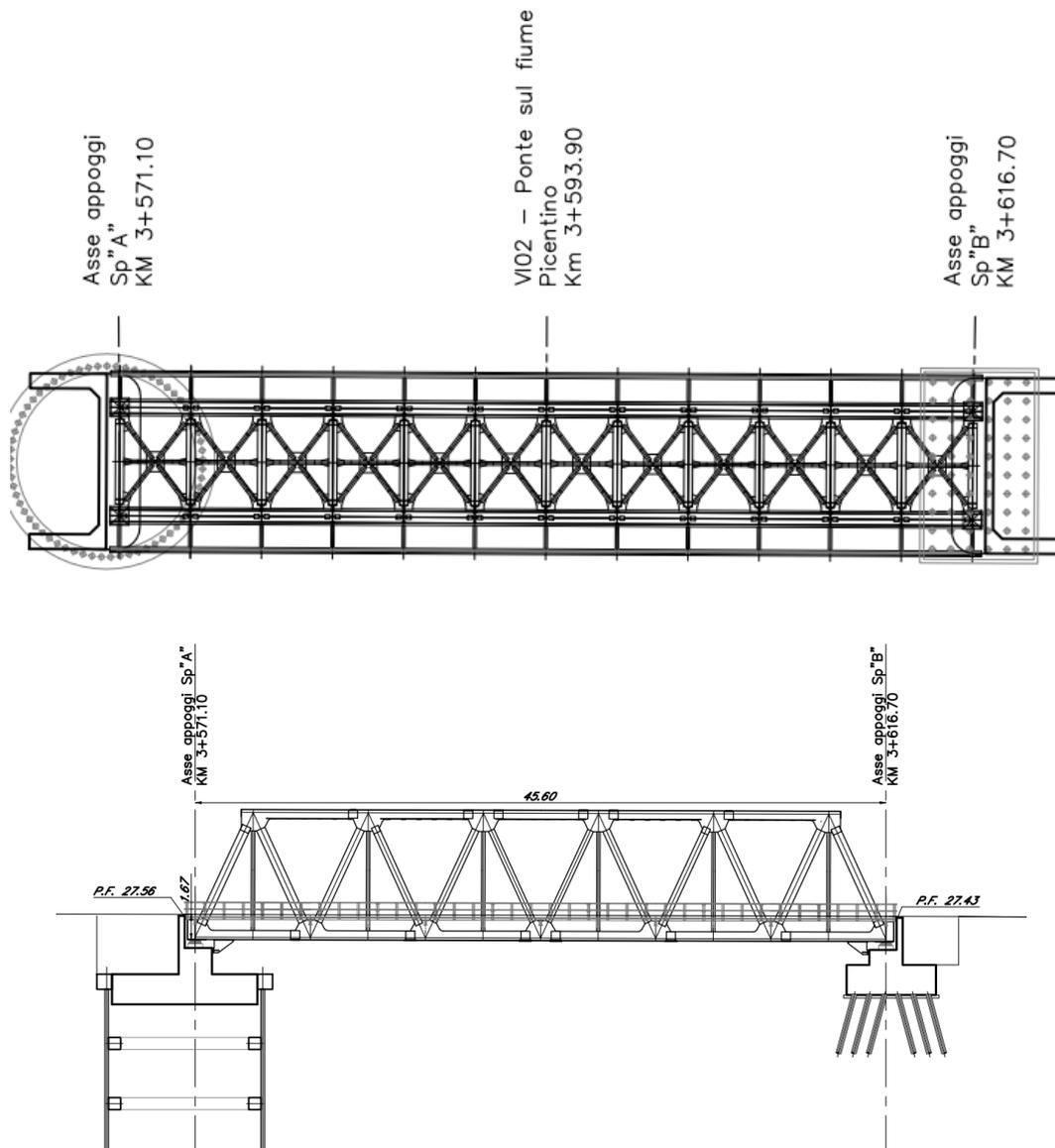


Figura 1: Pianta e prospetto ponte su fiume Picentino

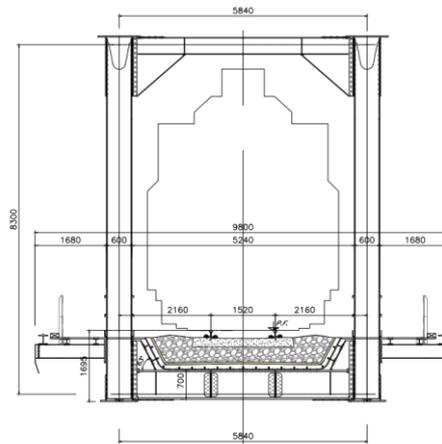


Figura 2: Sezione trasversale impalcato

Il viadotto è composto da un'unica travata in carpenteria metallica a singolo binario semplicemente appoggiata con portata teorica pari a 45.60 m e armamento su ballast, come riportato in Figura 1.

La spalla A alloggia n°2 appoggi e poggia su un pozzo di diametro 10.00m.

L'altezza del paramento a tergo del terreno è di 1.75 m, spessore del fusto di 2.20 m.

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

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

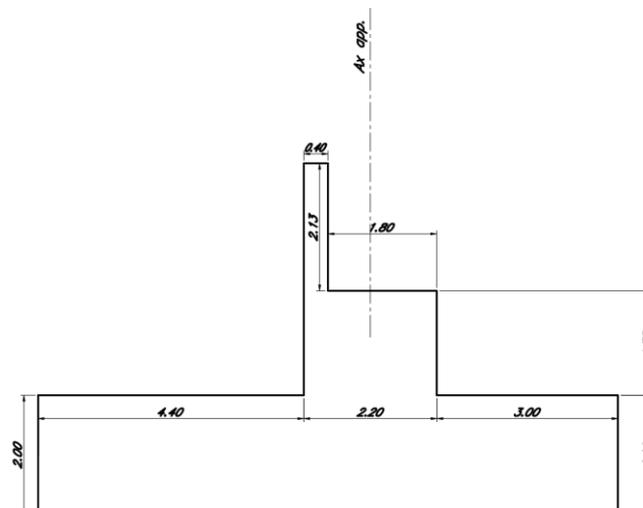


Figura 3: Spalla A – sezioni

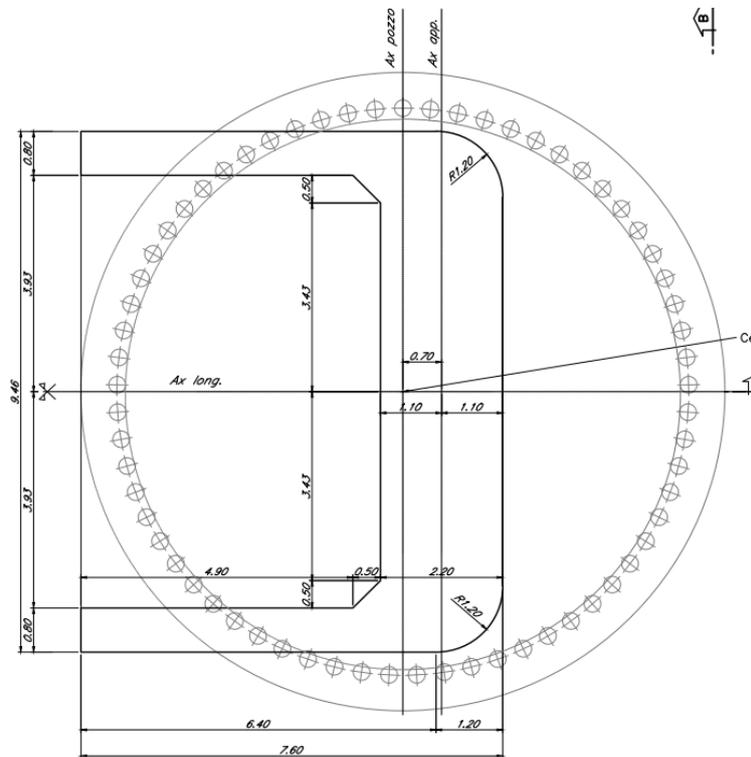


Figura 4 – Spalla A – Pianta

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

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

	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO					
	COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO					
SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NN1X	00	D 09 CL	VI 02 04 001	A	8 di 72

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 –NN1X00D09RBVI0203001A
- Rif. [2] Relazione di calcolo travata metallica – NN1X00D09CLVI0209001A

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

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

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}	15	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 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 γ , 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).

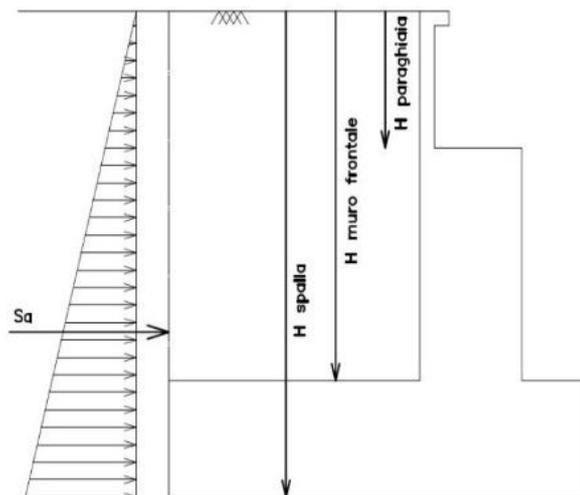


Figura 5: Spinta in quiete del terreno

2.2 Permanenti Portati (G2)

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

Analisi sovraccarichi permanenti portati

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

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

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

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

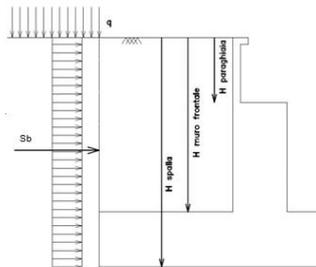


Figura 6: Spinte Sovraccarico Permanente

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

	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO					
	COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO					
SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NN1X	00	D 09 CL	VI 02 04 001	A	15 di 72

2.3 Azioni Termiche – (Temp SLU)

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

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

2.4 Vento (Wk)

L’azione del vento è stata distinta in:

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

Per l’azione del vento cautelativamente si prevedono 2.5 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 α , che per i ponti di categoria “A” come in questo caso, valgono:

	LM71	SW0	SW2
α	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 ⁽²⁾
		caso a ⁽¹⁾	caso b ⁽¹⁾	
1	Primo	1,0 (LM 71 ⁺⁺ +SW/0 ⁰)	-	1,0 SW/2
	Primo	1,0 (LM 71 ⁺⁺ +SW/0 ⁰)	-	1,0 SW/2
2	secondo	1,0 (LM 71 ⁺⁺ +SW/0 ⁰)	-	1,0 (LM 71 ⁺⁺ +SW/0 ⁰)
	Primo	1,0 (LM 71 ⁺⁺ +SW/0 ⁰)	0,75 (LM 71 ⁺⁺ +SW/0 ⁰)	1,0 SW/2
≥ 3	secondo	1,0 (LM 71 ⁺⁺ +SW/0 ⁰)	0,75 (LM 71 ⁺⁺ +SW/0 ⁰)	1,0 (LM 71 ⁺⁺ +SW/0 ⁰)
	Altri	-	0,75 (LM 71 ⁺⁺ +SW/0 ⁰)	-

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

⁽²⁾ 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 $Sq = q H k_o$, tale spinta è applicata ad una altezza pari a H/2.

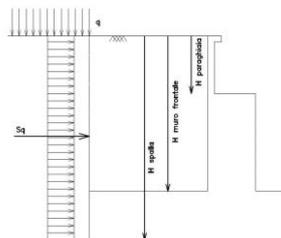


Figura 7: Spinta statica sovraccarico accidentale



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 02 04 001	A	17 di 72

2.6 Serpeggio (Serp)

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

2.7 Resistenze parassite nei vincoli (RPV)

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

2.8 Interazione binario – struttura

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

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

	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO					
	COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO					
SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NN1X	00	D 09 CL	VI 02 04 001	A	18 di 72

2.9 Azione Sismica (E)

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

2.9.1 Valutazione dei parametri di pericolosità

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

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

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

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

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

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

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

- Categoria sottosuolo **E**
- Categoria topografica **T1**

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



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

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	68	0.052	2.441	0.343
SLD	113	0.063	2.509	0.370
SLV	1068	0.129	2.714	0.477
SLC	2193	0.155	2.798	0.518

Tabella 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_q	0.129 g
F_p	2.714
T_C	0.477 s
S_S	1.600
C_C	1.546
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.600
η	1.000
T_B	0.246 s
T_C	0.738 s
T_D	2.117 s

Punti dello spettro di risposta

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

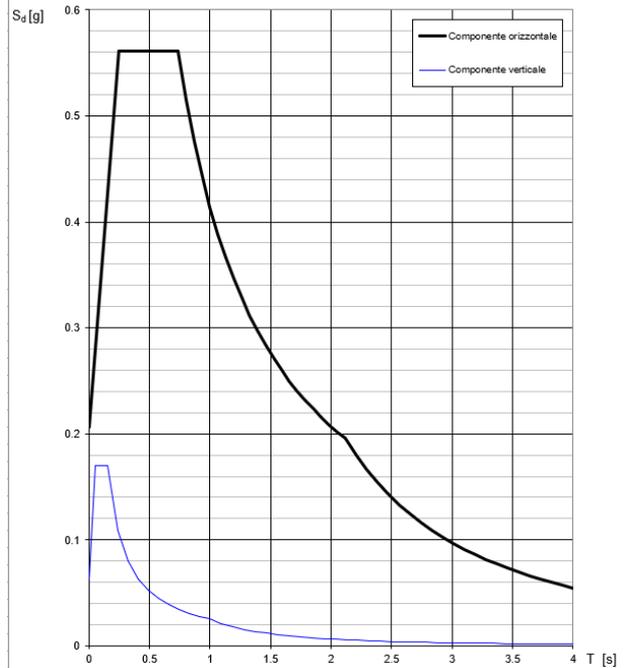


Tabella 5: Parametri spettro di risposta sismica allo SLV

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:

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

ϕ = angolo di attrito interno del terreno

α = inclinazione del paramento di monte rispetto alla verticale

β = inclinazione del pendio di monte rispetto al piano orizzontale

δ = 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 θ = 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 A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 02 04 001	A	23 di 72

2.9.3 Inerzia terrapieno

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

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

2.9.4 Inerzie strutturali

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

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

	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO					
	COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO					
SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NN1X	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 02 04 001	REV. A	FOGLIO 24 di 72

3 CRITERI DI VERIFICA

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

3.1 Criteri di verifica allo stato limite ultimo

3.1.1 Verifica di resistenza a presso-flessione

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

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

dove:

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

3.1.2 Verifica di resistenza a taglio

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

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

Dove:

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

3.2 Criteri di verifica allo stato limite d'esercizio

3.2.1 Verifica a fessurazione

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3.2.2 Verifica per le tensioni in esercizio

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

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

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

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

Tensione massima dell'acciaio nelle condizioni di esercizio

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

4 CALCOLO SPALLA A

Il calcolo della spalla viene eseguito utilizzando un foglio di calcolo Excel. Nel foglio vengono inseriti dei dati input di geometria e sollecitazioni esterne come le reazioni agli appoggi dell'impalcato. Nel foglio in base alla geometria, alle caratteristiche del terreno, e alle condizioni al contorno, il foglio calcola le spinte applicate sul manufatto. Successivamente tutte le azioni caratteristiche vengono combinate secondo le combinazioni definite al relativo paragrafo.

Le azioni provenienti dal calcolo agli elementi finiti dell'impalcato, vengono proiettate lungo gli assi principali degli elementi costituenti la spalla. Ad esse va opportunamente integrato il contributo in termini di peso e di spinta del terrapieno che interagisce con la spalla. In Tabella 6 si riportano le caratteristiche dei materiali e le geometrie degli elementi raffigurati in Figura 8:

CLS			TERRENO		
g [m/sec ²]	γ [KN/m ³]	m [KNm/m ³]	γ [KN/m ³]	m [KNm/m ³]	
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 ³]	V [m ³]	P [KN]	m [t]
9.60	0.00	9.60	0.00	4.40	3.00	4.800	0.00	0.00	0.00	0.09	2	0

MURO FRONTALE												
li [m]	h [m]	ls [m]	t [m]	e [m]	et [m]	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m ³]	V [m ³]	P [KN]	m [t]
2.20	1.75	2.20	9.46	1.10	0.00	4.100	0.00	0.88	0.00	36.42	911	93

PARAGHIAIA												
l [m]	h [m]	hi [m]	t [m]	el [m]	et [m]	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m ³]	V [m ³]	P [KN]	m [t]
0.40	2.13	0.00	9.46	0.00	0.00	5.00	0.00	2.82	0.00	8.06	201	21

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

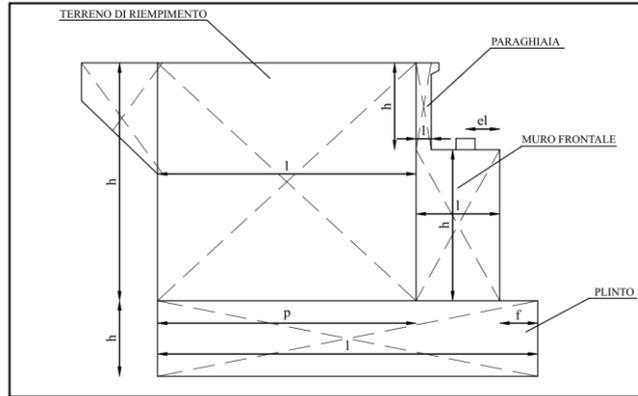
TERRENO DI RIEMPIMENTO												
li [m]	h [m]	ls [m]	t [m]	et [m]	pos	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m ³]	V [m ³]	P [KN]	m [t]
4.40	3.88	4.40	8.00	0.00	sym	7.40	0.00	1.85	0.00	136.58	2595	265

MURI LATERALI DI RISVOLTO													
li [m]	h [m]	ls [m]	t [m]	et [m]	n°	pos	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m ³]	V [m ³]	P [KN]	m [t]
4.40	3.880	4.400	0.800	0.00	2	sym	7.40	0.00	1.85	0.00	27.32	683	70

BANDIERA														
l [m]	ht [m]	hi [m]	t [m]	eh [m]	et [m]	n°	pos	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m ³]	V [m ³]	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 ³]	V [m ³]	P [KN]	m [t]				
3.00	0.80	9.60	1.50	0.40	0.00	23.04	438	45				

Tabella 6: Geometria Sezione


Figura 8: 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		TERRA							TERRA	
γ [KN/m ³]	m [KNm/m ³]	γ [KN/m ³]	m [KNm/m ³]	ϕ [°]	λ_0	λ_a	f	δ [°]	K [KN/m ³]	ϕ [rad]	δ [rad]	
25	2.55	19	1.94	35	0.426	0.271	0.5	0	30000	0.61	0	

SISMA					
g [m/sec ²]	a _{go} [g]	σ_H [g]	σ_V [g]	a _H [m/sec ²]	a _V [m/sec ²]
9.81	0.129	0.21	0.10	2.02	1.01

SOVRACCARICO PERMANENTE - BALLAST				SOVRACCARICO ACCIDENTALE - TRAFFICO				
B(q) [m]	q [KN/m ²]	b _i [m]	F _v [kN]	B(q) [m]	q [KN/m ²]	F _q [kN]	L(fr) [m]	Q(fr) [kN/m]
3	14.4	7.4	190	3	57.3	756	6.72	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 sovrappinta in condizioni sismiche, agente lungo le direzioni principali degli elementi costituenti la spalla.

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 02 04 001	A	28 di 72

Direzione Longitudinale

H [m]	H1 [m]	Hma [m]	t [m]	tma [m]
3.88	3.88	0	9.46	0

	SPINTA RIPOSO				
	λ_0	F_{0h} [kN]	F_{0v} [kN]	F_0 [kN]	bh [m]
TERRENO	0.426	577	0	577	1.29
PERM	0.426	71	0	71	1.94
ACC	0.426	284	0	284	1.94

	SPINTA ATTIVA				SOVRASPINTA SISMICA GLOBALE - dir longitudinale					
	λ_a	F_{ah} [kN]	F_a [kN]	bh [m]	verso il basso SV(+)			verso l'alto SV(-)		
					λ_s	F [kN]	ΔF [kN]	λ_s	F [kN]	ΔF [kN]
TERRENO	0.27	367	367	1.29	0.462	625	258	0.346	469	102
PERM	0.27	45	45	1.94	0.462	77	32	0.346	58	13
ACC	0.27	181	181	1.94	0.462	308	127	0.346	231	50

Sovraspinta longitudinale - Wood

F [kN]
894.0

Direzione Trasversale

	n°	pos	segno	H [m]	l [m]	SPINTA RIPOSO				
						λ_0	F_{0h} [kN]	F_{0v} [kN]	F_0 [kN]	bh [m]
risvolti	2	sym	0	3.88	4.4	0.426	0	0	0	1.29
bandiere	2	sym	0	0.45	0	0.426	0	0	0	3.58
risvolti_sovr.						0.426	0	0	0	1.94
bandiere_sovr.						0.426	0	0	0	3.66

	SPINTA ATTIVA				SOVRASPINTA SISMICA GLOBALE - dir trasversale					
	λ_a	F_{ah} [kN]	F_a [kN]	bh [m]	verso il basso SV(+)			verso l'alto SV(-)		
					λ_s	F [kN]	ΔF [kN]	λ_s	F [kN]	ΔF [kN]
risvolti	0.271	0	0	1.294333	0.462	0	0	0.346	0	0
bandiere	0.271	0	0	3.581	0.462	0	0	0.346	0	0
risvolti_sovr.	0.271	0	0	1.941	0.462	0	0	0.346	0	0
bandiere_sovr.	0.271	0	0	3.656	0.462	0	0	0.346	0	0

Tabella 8: Parametri caratteristici delle azioni



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 02 04 001	A	29 di 72

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	E		
Categoria topografica	1		▼
F_0	F_0	2.716	
accelerazione orizzontale massima al suolo attesa su sito di riferimento rigido	a_g	0.129	g
	S_S	1.600	
	S_T	1	
	S	1.600	
accelerazione orizzontale massima attesa	$a_{max}=S*a_g$	0.206	
spostamenti del muro ammessi		no	▼
	β_m	1	▼
coefficiente sismico orizzontale	$kh=\beta_m*a_{max}$	0.2064	
coefficiente sismico verticale	$kv=0.5*kh$	0.1032	
Verso dell'azione sismica		verso basso (-1/+1)	verso l'alto (-1)
		1	-1
	$kh/(1 \pm kv)$	0.230152	0.187092
Angolo di attrito del terreno	φ	35	°
Coefficiente parziale per l'angolo di attrito	γ_φ	1	
Angolo di attrito di progetto del terreno	φ_d	35	°
inclinazione della parete del muro rivolta a monte	$\psi=\alpha$	90	° ▼
inclinazione della superficie del terrapieno	β	0	° ▼
Angolo di attrito tra muro e terreno	δ	0	°
Angolo di attrito di progetto tra muro e terreno	δ_d	0	°
	θ (°)	13.0	10.6
	$\varphi_d - \theta$ (°)	22.0	24.4
Coefficiente di spinta attiva	K_a	0.271	
Coefficiente di spinta passiva	K_p	3.690	
Coefficiente di spinta (statico + dinamico), per stati attivi	K_{AE}	0.419	0.386
Coefficiente di spinta in condizioni sismiche, per stati attivi	$(1 \pm kv)*K_{AE}$	0.462	0.346
Coefficiente di spinta (statico + dinamico), per stati passivi	K_{PE}	3.220	3.313
Coefficiente di spinta in condizioni sismiche, per stati passivi	$(1 \pm kv)*K_{PE}$	3.552	2.971

Tabella 9: Coefficienti di spinta



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NN1X 00 D 09 CL VI 02 04 001 A 30 di 72

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

TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m
SA	0.00	Peso proprio	LinStatic		-2088	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	Peso proprio	LinStatic		-2088	0	0	0	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	LM71	LinMoving	Max P	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	LM71	LinMoving	Max P	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	LM71	LinMoving	Min P	-2741	0	0	12	1	0	SA-1	0.00
SA	0.10	LM71	LinMoving	Min P	-2741	0	0	12	1	0	SA-1	0.10
SA	0.00	LM71	LinMoving	Max V2	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	LM71	LinMoving	Max V2	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	LM71	LinMoving	Min V2	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	LM71	LinMoving	Min V2	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	LM71	LinMoving	Max V3	-1393	0	6	267	826	0	SA-1	0.00
SA	0.10	LM71	LinMoving	Max V3	-1393	0	6	267	826	0	SA-1	0.10
SA	0.00	LM71	LinMoving	Min V3	-1209	0	-6	-267	-914	0	SA-1	0.00
SA	0.10	LM71	LinMoving	Min V3	-1209	0	-6	-267	-914	0	SA-1	0.10
SA	0.00	LM71	LinMoving	Max T	-1393	0	6	267	826	0	SA-1	0.00
SA	0.10	LM71	LinMoving	Max T	-1393	0	6	267	826	0	SA-1	0.10
SA	0.00	LM71	LinMoving	Min T	-1209	0	-6	-267	-914	0	SA-1	0.00
SA	0.10	LM71	LinMoving	Min T	-1209	0	-6	-267	-914	0	SA-1	0.10
SA	0.00	LM71	LinMoving	Max M2	-1370	0	5	237	1049	0	SA-1	0.00
SA	0.10	LM71	LinMoving	Max M2	-1370	0	5	237	1048	0	SA-1	0.10
SA	0.00	LM71	LinMoving	Min M2	-1370	0	-5	-233	-1048	0	SA-1	0.00
SA	0.10	LM71	LinMoving	Min M2	-1370	0	-5	-233	-1048	0	SA-1	0.10
SA	0.00	LM71	LinMoving	Max M3	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	LM71	LinMoving	Max M3	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	LM71	LinMoving	Min M3	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	LM71	LinMoving	Min M3	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	SW2	LinMoving	Max P	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	SW2	LinMoving	Max P	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	SW2	LinMoving	Min P	-3208	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	SW2	LinMoving	Min P	-3208	0	0	0	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	SW2	LinMoving	Max V2	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	SW2	LinMoving	Max V2	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	SW2	LinMoving	Min V2	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	SW2	LinMoving	Min V2	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	SW2	LinMoving	Max V3	-1672	0	7	309	1152	0	SA-1	0.00
SA	0.10	SW2	LinMoving	Max V3	-1672	0	7	309	1152	0	SA-1	0.10
SA	0.00	SW2	LinMoving	Min V3	-1498	0	-7	-313	-1127	0	SA-1	0.00
SA	0.10	SW2	LinMoving	Min V3	-1498	0	-7	-313	-1126	0	SA-1	0.10
SA	0.00	SW2	LinMoving	Max T	-1672	0	7	309	1152	0	SA-1	0.00
SA	0.10	SW2	LinMoving	Max T	-1672	0	7	309	1152	0	SA-1	0.10
SA	0.00	SW2	LinMoving	Min T	-1498	0	-7	-313	-1127	0	SA-1	0.00
SA	0.10	SW2	LinMoving	Min T	-1498	0	-7	-313	-1126	0	SA-1	0.10
SA	0.00	SW2	LinMoving	Max M2	-1604	0	7	304	1215	0	SA-1	0.00
SA	0.10	SW2	LinMoving	Max M2	-1604	0	7	304	1214	0	SA-1	0.10
SA	0.00	SW2	LinMoving	Min M2	-1604	0	-7	-305	-1215	0	SA-1	0.00
SA	0.10	SW2	LinMoving	Min M2	-1604	0	-7	-305	-1214	0	SA-1	0.10
SA	0.00	SW2	LinMoving	Max M3	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	SW2	LinMoving	Max M3	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	SW2	LinMoving	Min M3	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	SW2	LinMoving	Min M3	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	Ex	LinRespSpec	Max	1480	4331	12	43	42	1732	SA-1	0.00
SA	0.10	Ex	LinRespSpec	Max	1480	4331	12	43	41	1299	SA-1	0.10
SA	0.00	Ey	LinRespSpec	Max	20	17	2418	8771	7096	7	SA-1	0.00
SA	0.10	Ey	LinRespSpec	Max	20	17	2418	8771	6864	5	SA-1	0.10
SA	0.00	Ez	LinRespSpec	Max	269	496	6	5	7	198	SA-1	0.00
SA	0.10	Ez	LinRespSpec	Max	269	496	6	5	7	149	SA-1	0.10
SA	0.00	Permanenti portati	Combination		-2403	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	Permanenti portati	Combination		-2403	0	0	0	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	Serp_LM71	Combination	Max	0	0	110	254	130	0	SA-1	0.00
SA	0.10	Serp_LM71	Combination	Max	0	0	110	254	119	0	SA-1	0.10
SA	0.00	Serp_LM71	Combination	Min	0	0	0	-11	6	0	SA-1	0.00
SA	0.10	Serp_LM71	Combination	Min	0	0	0	-11	6	0	SA-1	0.10
SA	0.00	Serp_SW2	Combination	Max	0	0	100	231	118	0	SA-1	0.00
SA	0.10	Serp_SW2	Combination	Max	0	0	100	231	108	0	SA-1	0.10
SA	0.00	Serp_SW2	Combination	Min	0	0	0	-10	5	0	SA-1	0.00
SA	0.10	Serp_SW2	Combination	Min	0	0	0	-10	5	0	SA-1	0.10
SA	0.00	Temp SLU	Combination	Max	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	Temp SLU	Combination	Max	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	Temp SLU	Combination	Min	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.10	Temp SLU	Combination	Min	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.10
SA	0.00	Wk	Combination	Max	0	0	801	2736	2812	0	SA-1	0.00
SA	0.10	Wk	Combination	Max	0	0	801	2736	2732	0	SA-1	0.10
SA	0.00	Wk	Combination	Min	0	0	308	1081	1315	0	SA-1	0.00
SA	0.10	Wk	Combination	Min	0	0	308	1081	1284	0	SA-1	0.10
SA	0.00	AF-LM71	Combination	Max	29	2006	0	4	0	803	SA-1	0.00
SA	0.10	AF-LM71	Combination	Max	29	2006	0	4	0	602	SA-1	0.10
SA	0.00	AF-LM71	Combination	Min	-29	-2006	0	-4	0	-803	SA-1	0.00
SA	0.10	AF-LM71	Combination	Min	-29	-2006	0	-4	0	-602	SA-1	0.10
SA	0.00	AF-SW2	Combination	Max	40	2772	0	6	0	1109	SA-1	0.00



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 02 04 001	A	31 di 72

SA	0.10	AF-SW2	Combination	Max	40	2772	0	6	0	832	SA-1	0.10
SA	0.00	AF-SW2	Combination	Min	-40	-2772	0	-6	0	-1109	SA-1	0.00
SA	0.10	AF-SW2	Combination	Min	-40	-2772	0	-6	0	-832	SA-1	0.10

Con il seguente significato

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

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

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

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

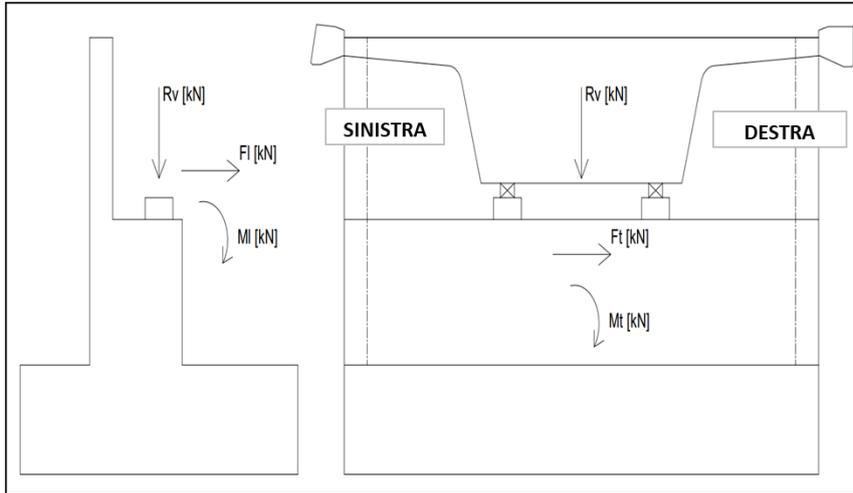


Tabella 10: Calcolo delle spinte del terrapieno
AZIONI NON FATTORIZZATE (rispetto allo spigolo all'INTRADOSSO a valle anteriore plinto)
PESO PROPRIO SPALLA

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	bt [m]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
PLINTO	2			4.80	0.00	11			0	0	
MURO FRONTALE	911			4.10	0.88	3'733		0.00	0	637	
PARAGHIAIA	201			5.00	2.82	1'007		0.00	0	-40	
MURO D'ALA	0			0.00	0.00	0		0.00	0	0	
MURI LATERALI DI RISVOLTO	683			7.40	1.85	5'053		0.00	0	-1'775	
BANDIERA	0			0.00	0.00	0		0.00	0	0	
TOTALE	1'797					9'805			0	-1'178	

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	2595			7.40	1.85	19'203		0.00	0	-6'747	
RICOPRIMENTO	438			1.50	-0.40	657		0.00		1'445	
TOTALE	3'033					19'859			0	-5'302	

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		577			1.29		747			747	
SOVRACCARICO PERMANENTE	190	71		7.40	1.94	1407	139			-355	
FRENATURA		235			1.94		457			457	
SOVRACCARICO ACC	756	284		7.40	1.94	5596	552			-1'414	

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	4.00	1.29				0	0	
BANDIERE	0		0	4.80	3.58				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	4.00	1.94				0	0	
BANDIERE	0		0	4.80	3.66				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]
PLINTO		0			0.00		0		0	
M FRONTALE		188			0.88		165		165	
PARAGHIAIA		42			2.82		117		117	
MURO LATERALE DI CHIUSURA		0			0.00		0		0	
RISVOLTI		141			1.85		260		260	
BANDIERE		0			0.00		0		0	
TOTALE		371					542		542	

SISMA TRASVERSALE SPALLA (+/-)

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
PLINTO			0		0.00			0	0	
M FRONTALE			188		0.88			165	0	
PARAGHIAIA			42		2.82			117	0	
MURO LATERALE DI CHIUSURA			0		0.00			0	0	
RISVOLTI			141		1.85			260	0	
BANDIERE			0		0.00			0	0	
TOTALE			371					542	0	

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]
TERRENO	0	894			1.94		1735		1735	

SISMA LONGITUDINALE RIEMPIMENTO (+/-)

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RIEMPIMENTO		536			1.85		989		989	

SISMA TRASVERSALE RIEMPIMENTO (+/-)

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RIEMPIMENTO			536		1.85			989	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]
RIEMPIMENTO	268			7.40		1'982			-696	

4.1.4 Azioni Caratteristiche statiche

Descrizione azione elementare	ELEMENTARI	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	Mrl	Sigla
Peso proprio	G1'	577	-4272	0	0	0	6918	38227	747	G1
Carichi permanenti portati	G2	71	1327	0	0	0	2593	11259	139	G2
Traffico Carico Verticale (SW2)	SW2'	284	831	0	0	0	3964	18748	552	SW2
Traffico Carico Verticale (LM71)	LM71'	284	505	0	1	12	3497	16835	552	LM71
Avviamento e frenatura (SW2)	AF-SW2'	3008	6448	0	1	6	40	162	6420	AFSW2
Avviamento e Frenatura (LM71)	AF-LM71'	2242	4792	0	0	4	29	117	4772	AFLM71
Serpeggio(SW2)	Serp_SW2	0	0	100	293	231	0	0	0	SSW2
Serpeggio(LM71)	Serp_LM71	0	0	110	322	254	0	0	0	SLM71
Azione del vento	Wk	0	0	801	4214	2736	0	0	0	Wk
Variazioni termiche uniformi	Tw k'	0	0	0	0	0	0	0	0	Twk
Resistenze Parassite nei Vincoli	RPV	231	404	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	φ / ψ
G1 p.p. CLS spalla	PP_spalla	0	-1178	0	0	0	1797	9805	0		1.0
Peso terreno spalla	PP_terreno	0	-5302	0	0	0	3033	19859	0		1.0
Spinta riposo long.	SR-L	577	747	0	0	0	0	0	747		1.0
Spinta riposo sovraccarico long.	SR-L_sovraccarico PERM	71	-355	0	0	0	190	1407	139		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	371	542	0	0	0	0	0	542		1.0
Inerzia trasv. cls spalla	SIS-T_SPALLA	0	0	371	542	0	0	0	0		1.0
Inerzia vert. cls spalla	SIS-V_SPALLA	0	-122	0	0	0	185	1012	0		1.0
Sovraspinta sismica long.	SIS-WOOD	894	1735	0	0	0	0	0	1735		1.0
Inerzia long. riempimento	SIS-L_RIEMPIMENTO	536	989	0	0	0	0	0	989		1.0
Inerzia trasv. riempimento	SIS-T_RIEMPIMENTO	0	0	536	989	0	0	0	0		1.0
Inerzia vert. riempimento	SIS-V_RIEMPIMENTO	0	-696	0	0	0	268	1982	0		1.0
Spinta riposo sovraccarico long.	SR-L_sovraccarico ACC	284	-1414	0	0	0	756	5596	552		1.0
Frenatura	FR	235	457	0	0	0	0	0	457		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	φ / ψ	Note	comb
Permanenti (Travi + Soletta)	Peso Proprio	0	1462	0	0	0	2088	8563	0		1.0		
Permanenti Portati	Permanenti Portati	0	1682	0	0	0	2403	9852	0		1.0		
Traffico Carico Verticale (SW2)	LM71	0	1919	0	1	12	2741	11239	0	moving	1.0		max FV
Avviamento e Frenatura	AF-LM71	2006	4336	0	0	4	29	117	4316	env	1.0		max
Serpeggio	Serp_LM71	0	0	110	322	254	0	0	0	env	1.0		max
Interazione Binario - Carichi Verticali	I-Qk1	0	0	0	0	0	0	0	0		0.0		
Variazione termica (Tk)	Temp SLU	0	0	0	0	0	0	0	0	env	1.0		max
Interazione Binario - Temperatura	I-Twk	0	0	0	0	0	0	0	0		1.0		
Azione Sismica Longitudinale	EX	4331	10352	12	63	43	1480	6067	9316	max	1.0		max
Azione Sismica Trasversale	EY	17	51	2418	11330	8771	20	80	37	max	1.0		max
Azione Sismica Verticale	EZ	496	1255	6	18	5	269	1102	1067	max	1.0		max

4.1.7 Combinazioni Manuali sismiche

	MANUALI	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	MrI	
Permanenti	G1'	577	-4272	0	0	0	6918	38227	747	
Permanenti Portati	G2	71	1327	0	0	0	2593	11259	139	
Traffico Carico Verticale (SW/2)	LM71'	284	505	0	1	12	3497	16835	552	
Frenatura	AF-LM71'	2242	4792	0	0	4	29	117	4772	
Variazione termica (Tk)	Twk'	0	0	0	0	0	0	0	0	
Resistenze Parassite	RPV	135	236							0.03
Azione Sismica Longitudinale	SX'	6132	13618	12	63	43	1480	6067	12582	
Azione Sismica Trasversale	SY'	17	51	3325	12861	8771	20	80	37	
Azione Sismica Verticale	SZ'	496	437	6	18	5	722	4095	1067	

4.1.8 Azioni caratteristiche sismiche

Descrizione azione elementare	ELEMENTARI	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	MrI	Sigla
Peso proprio	G1'	577	-4272	0	0	0	6918	38227	747	G1
Carichi permanenti portati	G2	71	1327	0	0	0	2593	11259	139	G2
Traffico Carico Verticale (LM71)	LM71'	284	505	0	1	12	3497	16835	552	LM71
Avviamento e Frenatura(LM71)	AF-LM71'	2242	4792	0	0	4	29	117	4772	AF LM71
Serpeggio(LM71)	Serp_LM71	0	0	110	322	254	0	0	0	SLM71
Variazioni termiche uniformi	Twk'	0	0	0	0	0	0	0	0	Twk
Resistenze Parassite nei Vincoli	RPV	135	236	0	0	0	0	0	0	RPV
Azione Sismica SX	SX'	6132	13618	12	63	43	1480	6067	12582	SX
Azione Sismica SY	SY'	17	51	3325	12861	8771	20	80	37	SY
Azione Sismica SZ	SZ'	496	437	6	18	5	722	4095	1067	SZ



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 02.04.001	A	38 di 72

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 ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁵⁾	1,00 ⁽⁶⁾	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	γ_{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 ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_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 ψ 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



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
 NN1X 00 D 09 CL VI 02 04 001 A 41 di 72

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:

COMB. SLU											
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	19034	7384	4005	6007	793	2638	95914	11326	FVmax	SLU7	7
Fvmin	6918	-4626	2782	375	463	1621	38227	747	FVmin	SLU6	150
Flmax	19034	7384	4005	6007	793	2638	95914	11326	FVmax	SLU7	7
Flmin	10398	-13120	-106	-2964	268	515	56113	-6438	Mtmin	SLU10	202
Mlmax	19034	7384	4005	6007	793	2638	95914	11326	FVmax	SLU7	7
Mlmin	8072	-14622	1673	-2891	278	957	46576	-6438	FVmin	SLU10	154
Ftmax	13229	-3171	6321	1233	1201	4105	68494	1216	FVmax	SLU3	3
Ftmin	10245	-13219	21	-2959	268	503	55484	-6438	Ftmin	SLU10	250
Mtmax	13229	-3171	6321	1233	1201	4105	68494	1216	FVmax	SLU3	3
Mtmin	10398	-13120	-106	-2964	268	515	56113	-6438	Mtmin	SLU10	202

COMB. SISMICA											
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	11919	12114	3959	7575	1022	2705	60195	14864	FVmax	SIS9	9
Fvmin	7963	-15878	-3925	-4998	-1011	-2679	43297	-10568	FVmin	SIS4	292
Flmax	11919	12114	3959	7575	1022	2705	60195	14864	FVmax	SIS9	9
Flmin	7966	-16261	-3926	-5175	-1011	-2678	43309	-10954	FVmin	SIS12	300
Mlmax	11919	12114	3959	7575	1022	2705	60195	14864	FVmax	SIS9	9
Mlmin	7966	-16261	-3926	-5175	-1011	-2678	43309	-10954	FVmin	SIS12	300
Ftmax	10624	1949	13117	3070	3353	8890	54887	5605	Ftmax	SIS17	209
Ftmin	9230	-7810	-13070	-1521	-3331	-8841	48490	-3388	Ftmin	SIS28	508
Mtmax	10620	1946	13161	3070	3353	8884	54869	5605	Mtmax	SIS17	113
Mtmin	9262	-7787	-13096	-1521	-3331	-8834	48623	-3388	Mtmin	SIS28	412

CARICHI PERMANENTI

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]
-	9511	-2945	0	649	0	0

COMB. SLE-CAR

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	MrI	Imp	Comb	Ind
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	13515	3877	2675	3706	530	1763	68396	7401	FV max	SLEFR2	2
Fvmin	10139	-7513	1118	-729	185	637	54056	-2126	FV min	SLEFR6	42
Flmax	13515	3877	2675	3706	530	1763	68396	7401	FV max	SLEFR2	2
Flmin	10307	-10296	1115	-1839	185	638	55244	-4526	FV min	SLEFR2	38
Mlmax	13515	3877	2675	3706	530	1763	68396	7401	FV max	SLEFR2	2
Mlmin	10307	-10296	1115	-1839	185	638	55244	-4526	FV min	SLEFR2	38
Ftmax	11675	-1217	3687	1936	596	2164	60850	3595	Ft max	SLEFR4	28
Ftmin	11805	-9247	-24	-1839	178	325	61387	-4526	Ft min	SLEFR2	62
Mtmax	11891	-242	4048	2319	587	2180	61738	4419	Mt max	SLEFR1	13
Mtmin	11911	-9173	-111	-1839	178	333	61821	-4526	Mt min	SLEFR2	50

COMB. SLE-FREQUENTE

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	MrI	Imp	Comb	Ind
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	13137	4989	2254	3794	450	1489	65598	7529	FV max	SLEFR2	2
Fvmin	9837	-7184	932	-977	154	528	51818	-2582	FV min	SLEFR6	42
Flmax	13137	4989	2254	3794	450	1489	65598	7529	FV max	SLEFR2	2
Flmin	11533	-8786	-297	-2164	148	225	59023	-5122	Mt min	SLEFR2	50
Mlmax	13137	4989	2254	3794	450	1489	65598	7529	FV max	SLEFR2	2
Mlmin	9929	-9824	930	-2116	154	530	52446	-5038	FV min	SLEFR2	38
Ftmax	11297	-186	3265	1979	516	1891	58052	3643	Ft max	SLEFR4	28
Ftmin	11427	-8854	-209	-2161	147	217	58589	-5117	Ft min	SLEFR2	62
Mtmax	11513	786	3627	2360	507	1906	58940	4463	Mt max	SLEFR1	13
Mtmin	11533	-8786	-297	-2164	148	225	59023	-5122	Mt min	SLEFR2	50

COMB. SLE-QUASI PERMANENTE

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	MrI	Imp	Comb	Ind
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	9511	-2710	0	783	0	0	49485	1121	FV max	SLEQP1	1
Fvmin	9511	-2945	0	649	0	0	49485	885	FV max	SLEQP2	2
Flmax	9511	-2710	0	783	0	0	49485	1121	FV max	SLEQP1	1
Flmin	9511	-3181	0	514	0	0	49485	650	FV min	SLEQP1	13
Mlmax	9511	-2710	0	783	0	0	49485	1121	FV max	SLEQP1	1
Mlmin	9511	-3181	0	514	0	0	49485	650	FV min	SLEQP1	13
Ftmax	9511	-2710	0	783	0	0	49485	1121	FV max	SLEQP1	1
Ftmin	9511	-3181	0	514	0	0	49485	650	FV min	SLEQP1	13
Mtmax	9511	-2710	0	783	0	0	49485	1121	FV max	SLEQP1	1
Mtmin	9511	-3181	0	514	0	0	49485	650	FV min	SLEQP1	13

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	1335	1235	423	635	84	279		FVmax	SLU7	7
Fvmin	338	22	294	40	49	171		FVmin	SLU6	150
FImax	1335	1235	423	635	84	279		FVmax	SLU7	7
FImin	590	-750	-11	-313	28	54		Mtmin	SLU10	202
MImax	1335	1235	423	635	84	279		FVmax	SLU7	7
MImin	590	-750	-11	-313	28	54		Mtmin	SLU10	202
Ftmax	838	167	668	130	127	434		FVmax	SLU3	3
Ftmin	574	-749	2	-313	28	53		Ftmin	SLU10	250
Mtmax	838	167	668	130	127	434		FVmax	SLU3	3
Mtmin	590	-750	-11	-313	28	54		Mtmin	SLU10	202
Tmax	838	167	668	130	127	434		FVmax	SLU3	3
Tmin	571	-327	3	-118	28	53		Ftmin	SLU4	244

COMB. SISMICA										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	818	1428	376	670	85	286		FVmax	SIS9	9
Fvmin	426	-1131	-373	-456	-83	-283		FVmin	SIS4	292
FImax	818	1428	376	670	85	286		FVmax	SIS9	9
FImin	426	-1171	-373	-475	-83	-283		FVmin	SIS12	300
MImax	818	1428	376	670	85	286		FVmax	SIS9	9
MImin	426	-1171	-373	-475	-83	-283		FVmin	SIS12	300
Ftmax	681	553	1246	285	276	940		Ftmax	SIS17	209
Ftmin	560	-401	-1241	-143	-274	-935		Ftmin	SIS28	508
Mtmax	680	553	1251	285	276	939		Mtmax	SIS17	113
Mtmin	563	-401	-1244	-143	-274	-934		Mtmin	SIS28	412
Tmax	681	553	1246	285	276	940		Ftmax	SIS17	209
Tmin	559	-360	-1241	-125	-274	-935		Ftmin	SIS20	500

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	936	854	283	441	56	186		FVmax	SLER2	2
Fvmin	594	-96	118	-9	20	67		FVmin	SLER4	40
Flmax	936	854	283	441	56	186		FVmax	SLER2	2
Flmin	766	-483	-12	-189	19	35		Mtmin	SLER2	50
Mlmax	936	854	283	441	56	186		FVmax	SLER2	2
Mlmin	766	-483	-12	-189	19	35		Mtmin	SLER2	50
Ftmax	741	419	390	237	63	229		Ftmax	SLER4	28
Ftmin	755	-482	-3	-189	19	34		Ftmin	SLER2	62
Mtmax	764	506	428	277	62	230		Mtmax	SLER1	13
Mtmin	766	-483	-12	-189	19	35		Mtmin	SLER2	50
Tmax	771	506	421	277	62	231		Ftmax	SLER1	25
Tmin	753	-192	-2	-54	19	34		Ftmin	SLER1	61

COMB. SLE-FREQUENTE										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	936	854	238	441	48	157		FVmax	SLEFR2	2
Fvmin	594	-96	99	-9	16	56		FVmin	SLEFR4	40
Flmax	936	854	238	441	48	157		FVmax	SLEFR2	2
Flmin	766	-483	-31	-189	16	24		Mtmin	SLEFR2	50
Mlmax	936	854	238	441	48	157		FVmax	SLEFR2	2
Mlmin	766	-483	-31	-189	16	24		Mtmin	SLEFR2	50
Ftmax	741	419	345	237	55	200		Ftmax	SLEFR4	28
Ftmin	755	-482	-22	-189	16	23		Ftmin	SLEFR2	62
Mtmax	764	506	383	277	54	202		Mtmax	SLEFR1	13
Mtmin	766	-483	-31	-189	16	24		Mtmin	SLEFR2	50
Tmax	771	506	377	277	54	202		Ftmax	SLEFR1	25
Tmin	753	-192	-22	-54	16	23		Ftmin	SLEFR1	61

COMB. SLE-QUASI PERMANENTE										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	592	99	0	83	0	0		FVmax	SLEQP1	1
Fvmin	592	74	0	69	0	0		FVmax	SLEQP2	2
Flmax	592	99	0	83	0	0		FVmax	SLEQP1	1
Flmin	592	49	0	54	0	0		FVmin	SLEQP1	13
Mlmax	592	99	0	83	0	0		FVmax	SLEQP1	1
Mlmin	592	49	0	54	0	0		FVmin	SLEQP1	13
Ftmax	592	99	0	83	0	0		FVmax	SLEQP1	1
Ftmin	592	49	0	54	0	0		FVmin	SLEQP1	13
Mtmax	592	99	0	83	0	0		FVmax	SLEQP1	1
Mtmin	592	49	0	54	0	0		FVmin	SLEQP1	13
Tmax	592	99	0	83	0	0		FVmax	SLEQP1	1
Tmin	592	49	0	54	0	0		FVmin	SLEQP1	13

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

4.3.3 Sollecitazioni paraghiaia

AZIONI

Sovraccarico ferroviario

b _l	6.4	m	larghezza di diffusione longitudinale al piano strada
b _t	3	m	larghezza di diffusione trasversale al piano strada
a	19.2	m ²	area di diffusione trasversale al piano strada
q _{0_1}	52.08	KN/m ²	sovraccarico a m ² a livello strada
σ _{0_1}	22.19	KN/m ²	spinta sovraccarico a livello strada

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

B _l	7.63	m	larghezza di diffusione longitudinale all'intradosso paraghiaia
B _t	5.46	m	larghezza di diffusione trasversale all'intradosso paraghiaia
A	41.7	m ²	area di diffusione trasversale all'intradosso paraghiaia
q _{0_2}	24.01	KN/m ²	sovraccarico a m ² all'intradosso paraghiaia
σ _{0_2}	10.23	KN/m ²	spinta sovraccarico all'intradosso paraghiaia

S ₀	141	kN	Spinta totale
M ₀	175	kNm	Momento totale all'intradosso paraghiaia

Se si suppone collaborante una larghezza di muro pari alla media tra B_t e b_t+2*h

B _{coll}	6.36	m	
S ₀	22.1	kN/m	Spinta sovraccarico a m/trasversale
M ₀	27.5	kNm/m	Momento sovraccarico a m/trasversale

Frenatura

Q _l bk	35	kN/m	per modello di carico SW2
L _{fr}	3.69	m	lunghezza di influenza della frenatura (H/tan(30))
Q _l bk'=Q _l bk*L _{fr}	129	kN	forza di frenatura totale
M=Q _l bk'*H	275	kNm	momento flettente totale allo spiccato

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

b _t	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 _t	5.26	m	larghezza di diffusione trasversale all'intradosso paraghiaia
Q _l bk'/B _t	24.6	kN/m	forza di frenatura a metro lineare trasversale
M=Q _l bk'*H/B _t	52.3	kNm/m	momento flettente allo spiccato a metro lineare trasversale

Azioni sulla parete paraghiaia
Calcolo a mensola di una striscia unitaria

peso specifico terreno di riempimento	γ	19	KN/m ³
angolo di attrito rilevato	ϕ	35.00	°
coefficiente di spinta a riposo	λ_0	0.426	
coefficiente di spinta (sismico)	λ_s	0.442	
ordinata dello spettro orizzontale	ag^*S	0.210	
altezza paraghiaia	H	2.13	m
spessore paraghiaia	s	0.40	m

VALORI CARATTERISTICI - PARAGHIAIA

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

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

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

VALORI IN FASE SISMICA (SIS) PARAGHIAIA

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

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

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

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

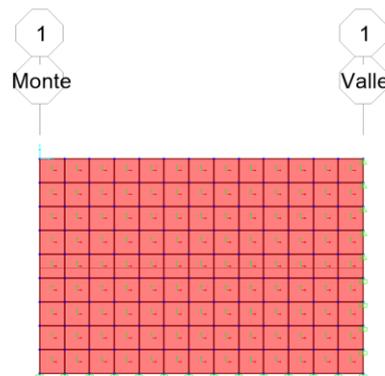
AZIONI	FATTOR	t [KN/ml]	m [KNm/ml]
SPINTA A RIPOSO	1.00	18	13
SPINTA SOVRACCARICO A RIPOSO	0.60	13	17
FRENATURA RILEVATO	0.60	15	31
TOTALE		46	61

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

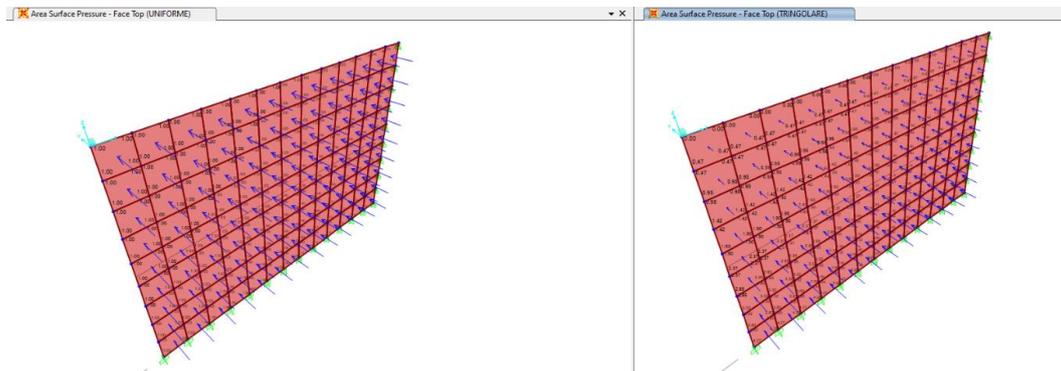
AZIONI	FATTOR	t [KN/ml]	m [KNm/ml]
SPINTA A RIPOSO	1.00	18	13
TOTALE		18	13

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	5.407
Fh	Load pattern	UNIFORME	5.850

DEAD= peso proprio

So = Spinta del terreno in quiete

Sa = Spinta del terreno attiva

Sq = Spinta del terreno dovuta al sovraccarico accidentale

Sa,e= Sovrappinta sismica

Fh= Forza inerziale del muro

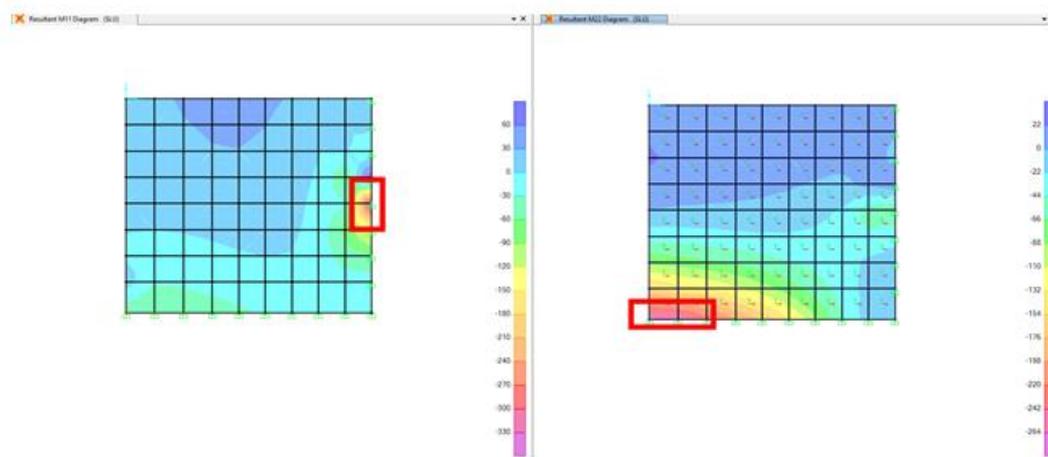
Le combinazioni sono le seguenti:

SLU : 1.35 DEAD + 1.35 So + 1.45 Sq

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

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

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



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

TABLE: Section Cut Forces - Analysis

SectionCut	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
ORIZZONTALE	SLU	Combination	-17.08	-250.713	49.076	117.1714	10.6572	162.4081
ORIZZONTALE	SLV	Combination	-12.652	-92.084	36.353	42.0604	7.8942	59.2446
ORIZZONTALE	SLE-R	Combination	-12.652	-185.713	36.353	86.7936	7.8942	120.3023
VERTICALE	SLU	Combination	8.207	-233.962	161.217	266.8226	4.4988	17.7165
VERTICALE	SLV	Combination	6.079	-88.385	119.42	97.911	3.3324	6.4591
VERTICALE	SLE-R	Combination	6.079	-173.305	119.42	197.6463	3.3324	13.1233

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 $4\phi 26$ necessarie sia per la verifica pressoflessione 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 pressoflessione dimensionante è la combinazione SIS12 con uno sforzo assiale $N = 7966\text{kN}$ e un momento longitudinale $M = 16261\text{ kNm}$. Per la verifica a taglio, il taglio sollecitante Massimo è pari a $V = 7575\text{ kN}$.

4.4.1.1 Verifica a presso-flessione

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

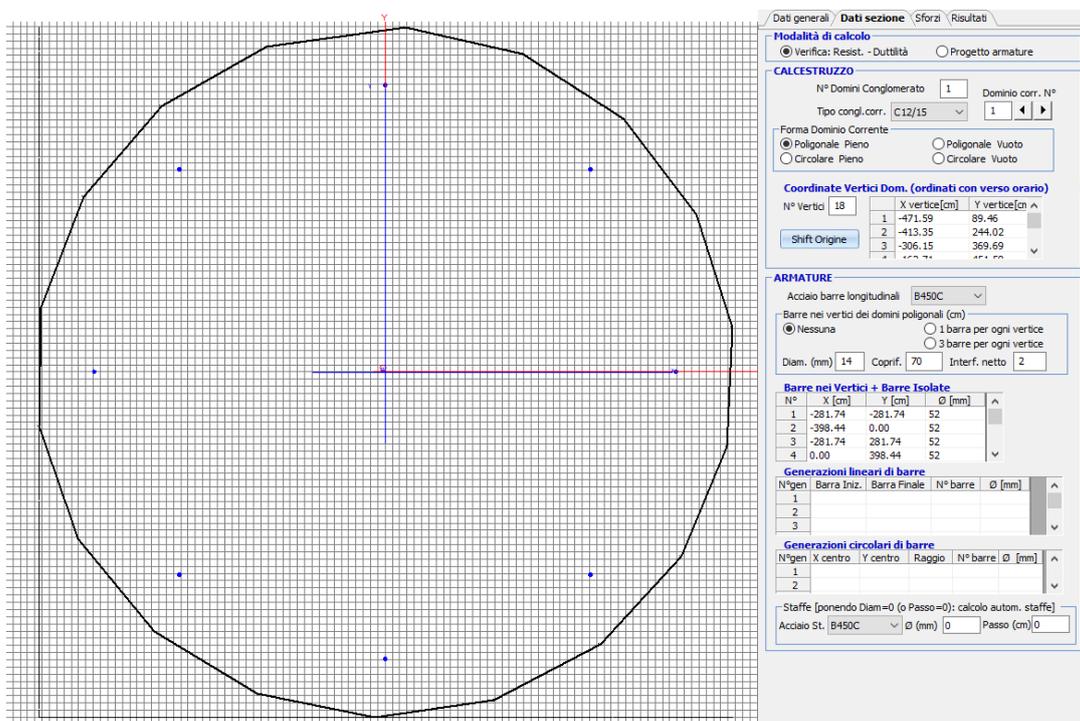


Figura 9: Dati input per RC-SEC

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 ²
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= 63311 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
γ_C =	1.50	
fcm=	20	MPa
α_{CC} =	0.85	
fcd=	7	MPa
fctm=	1.57	MPa
fctk _{0,05} =	1.10	MPa
fctk _{0,95} =	2.04	MPa
α_{ct} =	0.85	
fctd=	0.62	MPa

armatura ordinaria

fyk=	450	MPa
γ_S =	1.15	
fyd=	391	MPa

armatura da precompressione :

fyk=	0	MPa
γ_S =	1.15	
fyd=	0	MPa

Forza di taglio trasversale

VEd	7575	kN
-----	-------------	----

Caratteristiche geometriche

β =	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 composta =0,9*d (SLU)
bi=	8.50	m	larghezza dell'interfaccia (vd. Figura 6.8)
Ai=	72.00	m ²	Area del giunto
vedi=	1.49	MPa	Valore di progetto della tensione tangenziale all'interfaccia

Caratteristiche della scabrezza dell'interfaccia

Tipo:	Cat.	Superficie	c	μ
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. <math>< 0,6 f_{cd}</math> 4.08 Mpa

Tensione prodotta dalla forza esterna minima agente nell'interfaccia che può agire simultaneamente alla forza di taglio.

Se σ_n è di trazione, si raccomanda di assumere $c \cdot f_{cd} = 0$

Armatura ordinaria

$A_s = 0.00212$ m² 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 $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$
 $\rho = 2.95E-05$ = A_s / A_i

Armatura da precompressione

$A_p = 0.00000$ m² 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
vr _{di} =	2.20	MPa		<math>< 0,5 v_{fcd}</math> 1.94 Mpa
v_{E_{di}} =	1.49		minore di(uguale a)	vr_{di} = 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% A_c 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 ²
	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 ²
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1*\beta_2$:		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$:		0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	220.0
3	50.0	220.0
4	50.0	0.0



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 02 04 001	A	55 di 72

DATI BARRE ISOLATE

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

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

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

ARMATURE A TAGLIO

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

Indicazione Barre Longitudinali di estremità delle legature:

N°Legat.	Barra 1	Barra 2
1	6	9

Coordinate Barre generate di estremità delle legature:

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

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	818.00	-1171.00	0.00	670.00	0.00
2	818.00	1428.00	0.00	670.00	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 A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 02 04 001	A	56 di 72

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	936.00	854.00	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	936.00	854.00 (4645.08)	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	592.00	99.00 (0.00)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

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

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

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

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



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 02 04 001	A	57 di 72

1	S	818.00	-1171.00	0.00	818.27	-3032.82	0.00	2.59	26.5(38.4)
2	S	818.00	1428.00	0.00	818.27	3032.82	0.00	2.12	26.5(38.4)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00312	0.044	-50.0	0.0	0.00097	-40.0	6.5	-0.06750	-40.0	213.5
2	0.00312	0.044	-50.0	220.0	0.00097	-40.0	213.5	-0.06750	-40.0	6.5

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000330759	0.003117027	0.044	0.700
2	0.000000000	0.000330759	-0.069649933	0.044	0.700

VERIFICHE A TAGLIO

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

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

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	670.00	6097.94	2114.95	212.4	100.0	2.500	1.021	3.6	11.3(3.8)
2	S	670.00	6097.94	2114.95	212.4	100.0	2.500	1.021	3.6	11.3(3.8)



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 02 04 001	A	58 di 72

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 ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] 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	1.80	-50.0	220.0	-27.9	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
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	-0.00015	0	0.500	26.0	52	0.00008 (0.00008)	443	0.037 (0.20)	4645.08	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	1.80	-50.0	220.0	-27.9	20.0	6.5	1600	26.5

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00015	0	0.500	26.0	52	0.00008 (0.00008)	443	0.037 (0.20)	4645.08	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	0.37	-50.0	220.0	2.3	20.0	6.5	---	---

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

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

1 S 0.00000 0.00000 --- --- --- --- --- 0.000 (0.20) 0.00 0.00

Di seguito si riporta anche una verifica eseguita nell'ipotesi di comportamento come un elemento tozzo del muro frontale:

Verifica MURO FRONTALE

h	1.75	m	
l	2.20	m	
h/l	0.80	1.00	ELEMENTO TOZZO
c	400	mm	copriferro di calcolo
d	1.80	m	altezza utile
s	0.40	m	spessore biella compressa
b	1.60	m	braccio schema tirante puntone

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

	ϕ (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]
7	1335	635	1235

Condizione SIS

IND	FV	FI	MI
-	[kN]	[kN]	[kNm]
9	760	670	1428

	T	C
	[kN/m]	[kN/m]
	772	1046
F _{Ed} =	772	1046
F _{Rd} =	2078	5554
C/D	2.69	5.31
C/D MIN	2.69	1.00

	T	C
	[kN/m]	[kN/m]
	892	1209
F _{Ed} =	892	1209
F _{Rd} =	2078	5554
C/D	2.33	4.59
C/D MIN	2.33	1.00

4.4.3 Verifiche paraghiaia

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm ²
	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 ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta 1 * \beta 2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta 1 * \beta 2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

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

DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ [mm]
1	-40.0	6.0	22
2	40.0	6.0	22
3	-40.0	33.8	14
4	40.0	33.8	14

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 02 04 001	A	61 di 72

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

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

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

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

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	93.00	0.00

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

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

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

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

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



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 02 04 001	A	62 di 72

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	13.00 (94.67)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.9 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 17.8 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	125.00	0.00	0.00	224.26	0.00	1.79	19.0(5.8)
2	S	0.00	26.00	0.00	0.00	224.26	0.00	8.63	19.0(5.8)

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

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00084	0.310	-50.0	40.0	0.00034	-40.0	33.8	-0.00186	-40.0	6.0
2	0.00084	0.310	-50.0	40.0	0.00034	-40.0	33.8	-0.00186	-40.0	6.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

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



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 02 04 001	A	63 di 72

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

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

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	88.00	186.01	33.0	100.0	0.0058	0.00
2	S	28.00	186.01	33.0	100.0	0.0058	0.00

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.16	-50.0	40.0	-162.4	-20.0	6.0	950	19.0

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00097	0	0.500	22.0	49	0.00046 (0.00046)	354	0.164 (0.20)	94.67	0.00

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

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



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 02 04 001	A	64 di 72

1 S 3.38 -50.0 40.0 -106.5 20.0 6.0 950 19.0

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00064	0	0.500	22.0	49	0.00030 (0.00030)	354	0.108 (0.20)	94.67	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.72	-50.0	40.0	-22.7	20.0	6.0	950	19.0

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

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

4.4.4 Verifiche muro di risvolto

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C32/40

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

DATI BARRE ISOLATE

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

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 02.04.001	A	66 di 72

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

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

ARMATURE A TAGLIO

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

Indicazione Barre Longitudinali di estremità delle legature:

N°Legat.	Barra 1	Barra 2
1	8	11

Coordinate Barre generate di estremità delle legature:

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

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	162.00	0.00	-251.00	0.00
2	0.00	59.00	0.00	-92.00	0.00
3	161.00	267.00	0.00	-234.00	0.00
4	119.00	98.00	0.00	-88.00	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	120.00	0.00
2	119.00	198.00	0.00



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 02 04 001	A	67 di 72

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

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

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm ²] 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	162.00	0.00	0.00	689.53	0.00	4.26	25.4(12.7)
2	S	0.00	59.00	0.00	0.00	689.53	0.00	11.69	25.4(12.7)
3	S	161.00	267.00	0.00	161.07	744.54	0.00	2.78	25.4(14.0)
4	S	119.00	98.00	0.00	118.91	730.18	0.00	7.38	25.4(14.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.087	-50.0	80.0	0.00019	-40.0	73.9	-0.03660	-40.0	6.1
2	0.00350	0.087	-50.0	80.0	0.00019	-40.0	73.9	-0.03660	-40.0	6.1
3	0.00350	0.095	-50.0	80.0	0.00047	-40.0	73.9	-0.03316	-40.0	6.1
4	0.00350	0.093	-50.0	80.0	0.00040	-40.0	73.9	-0.03402	-40.0	6.1

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

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



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 02 04 001	A	68 di 72

3	0.000000000	0.000496097	-0.036187778	0.095	0.700
4	0.000000000	0.000507739	-0.037119114	0.093	0.700

VERIFICHE A TAGLIO

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

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Ved Taglio di progetto [kN] = proiezz. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
 Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallele. 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.[cm²/m]
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/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	251.00	2053.69	726.89	73.0	100.0	2.500	1.000	3.9	11.3(3.8)
2	S	92.00	2053.69	726.89	73.0	100.0	2.500	1.000	1.4	11.3(3.8)
3	S	234.00	2076.49	726.89	73.0	100.0	2.500	1.011	3.6	11.3(3.8)
4	S	88.00	2070.54	726.89	73.0	100.0	2.500	1.008	1.4	11.3(3.8)

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

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [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	1.70	-50.0	80.0	-74.0	20.0	6.1	1942	25.4
2	S	2.90	-50.0	80.0	-99.9	20.0	6.1	1890	25.4

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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 02 04 001	A	69 di 72

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	-0.00041	0	0.500	18.0	52	0.00022 (0.00022)	410	0.091 (0.20)	374.50	0.00
2	S	-0.00056	0	0.500	18.0	52	0.00030 (0.00030)	404	0.121 (0.20)	408.35	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	
-	H	B	
Pozzo	-	9.60	30
Elevazione Spalle	var	1.00	80

6 APPENDICE

6.1 Validazione del modello

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

- *Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.*

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

[...]

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

Carichi elementari:

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

Dove:

$H = 3.90\text{m}$ altezza totale della spalla

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

$k_0 = 0.426$ coefficiente di spinta a riposo

$t = 9.46\text{m}$ larghezza muro frontale

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

G1:

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

$$S_o = [1/2 * \gamma * H^2 * k_0] t = 582\text{kN}$$

G2:

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



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO

COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO

TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 09 CL	VI 02 04 001	A	72 di 72

$$S_b = [Q_b H k_0] b = 72 \text{ kN}$$

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:

$$S_q = [q H k_0] b + Fr = 285 \text{ kN} + 3007 \text{ kN} = 3292 \text{ kN}$$

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

$$G1 \gamma_{G1} + G2 \gamma_{G2} + S_q \gamma_q = 582 \cdot 1.35 + 72 \cdot 1.5 + 3007 \cdot 1.45 = 5667 \text{ kN}$$

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:

$$F_l = 6007 \text{ kN}$$