

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

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

IV VIADOTTI INTERFERENZE

IV01 - CAVALCA FERROVIA VIA WENNER Km 1+828
SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

SCALA:

-

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

NN1X 00 D 78 CL IV0100 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	A.Polastrì	Sett.2020	G. Romano	Sett.2020	M. D'Avino	Sett.2020	D. Tiberti Sett.2020

ITALFERR S.p.A.
Gruppo Ferrovie dello Stato
Direzione Generale
UO Infrastrutture Sud
Dott. Ing. Davide Tiberti
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10876

File: NN1X00D78CLIV0100001A.doc

n. Elab.:

INDICE

1	GENERALITÀ.....	4
1.1	PREMESSA.....	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
2.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	6
3	MATERIALI.....	7
3.1	CALCESTRUZZO PER FONDAZIONI E PALI.....	7
3.2	CALCESTRUZZO PER ELEVAZIONE SOTTOSTRUTTURE.....	8
3.3	ACCIAIO B450C.....	9
4	AZIONE SISMICA (E).....	10
4.1.1	<i>Valutazione dei parametri di pericolosità.....</i>	<i>10</i>
5	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	13
6	ANALISI DEI CARICHI.....	15
6.1	CARICHI DALL'IMPALCATO (SL).....	15
6.2	PERMANTI (G1).....	15
6.3	SPINTA DEL SOVRACCARICO ACCIDENTALE IN CONDIZIONI STATICHE (Q1).....	16
6.3.1	<i>Sovrappinta sismica.....</i>	<i>17</i>
6.3.2	<i>Inerzia terrapieno.....</i>	<i>19</i>
6.3.3	<i>Inerzie strutturali.....</i>	<i>19</i>
7	INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	20
8	CRITERI DI VERIFICA.....	21
8.1	CRITERI DI VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO.....	21
8.1.1	<i>Verifica di resistenza a presso-flessione.....</i>	<i>21</i>
8.1.2	<i>Verifica di resistenza a taglio.....</i>	<i>21</i>
8.2	CRITERI DI VERIFICA ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO.....	21
8.2.1	<i>Verifica a fessurazione.....</i>	<i>21</i>

8.2.2	<i>Verifica per le tensioni in esercizio</i>	22
9	CALCOLO SPALLA A	23
9.1.1	<i>Spinte sulla spalla in condizioni statiche</i>	31
9.1.2	<i>Azioni in condizioni statiche trasmesse dall'impalcato</i>	31
9.1.3	<i>Spinte sulla spalla in condizioni sismiche</i>	32
9.1.4	<i>Azioni in condizione sismica trasmesse dall'impalcato</i>	32
9.2	COMBINAZIONI	33
9.3	SOLLECITAZIONI	37
9.3.1	<i>Sollecitazioni base plinto</i>	37
9.3.2	<i>Sollecitazioni in testa palo</i>	39
9.3.3	<i>Sollecitazioni muro frontale</i>	44
9.3.4	<i>Sollecitazioni paraghiaia</i>	46
9.3.5	<i>Sollecitazioni muro di risvolto</i>	49
9.4	VERIFICHE	51
9.4.1	<i>Verifiche palo di fondazione</i>	51
9.4.2	<i>Verifiche plinto di fondazione</i>	58
9.4.3	<i>Verifiche muro frontale</i>	65
9.4.4	<i>Verifiche paraghiaia</i>	71
9.4.5	<i>Verifiche muro di risvolto</i>	75
10	INCIDENZE	80

1 GENERALITÀ

1.1 Premessa

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo del corpo stradale ferroviario, delle opere d'arte e delle opere interferite relative alla tratta Arechi - Pontecagnano Aeroporto per il completamento della Metropolitana di Salerno Linea Salerno - Pontecagnano Aeroporto.

In particolare ha per oggetto le verifiche secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) delle sottostrutture dell'impalcato da ponte di prima categoria del viadotto stradale di via Wenner.

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le disposizioni vigenti in Italia e con riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio nazionale, secondo il DM 17 gennaio 2018.

L'opera in oggetto è progettata per una vita nominale VN pari a 75 anni. Gli si attribuisce inoltre una classe d'uso III ai sensi del D. M. 17/01/2018, da cui scaturisce un coefficiente d'uso CU = 1.5.

La presente relazione riporta i calcoli statici e le verifiche di sicurezza relative alla spalla A (Figura 1) del cavalcaferrovia su Via Wenner.

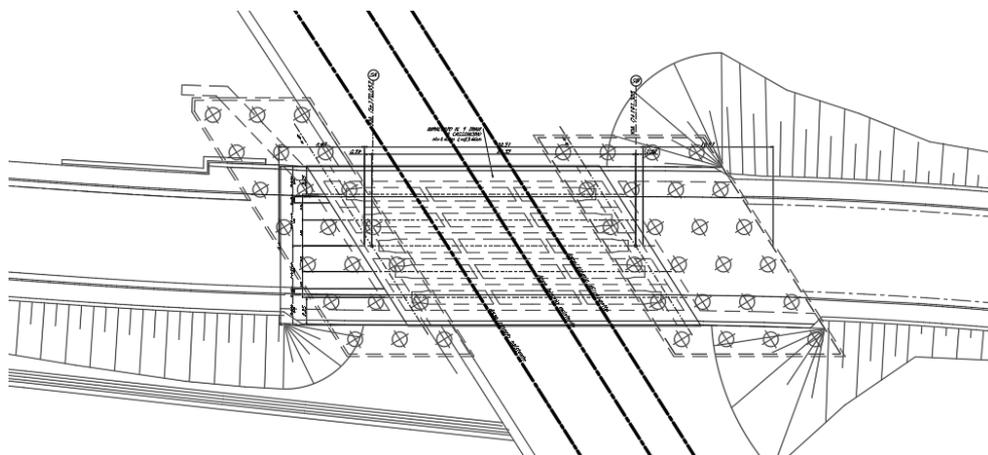


Figura 1: Stralcio planimetrico – ubicazione opera d'arte

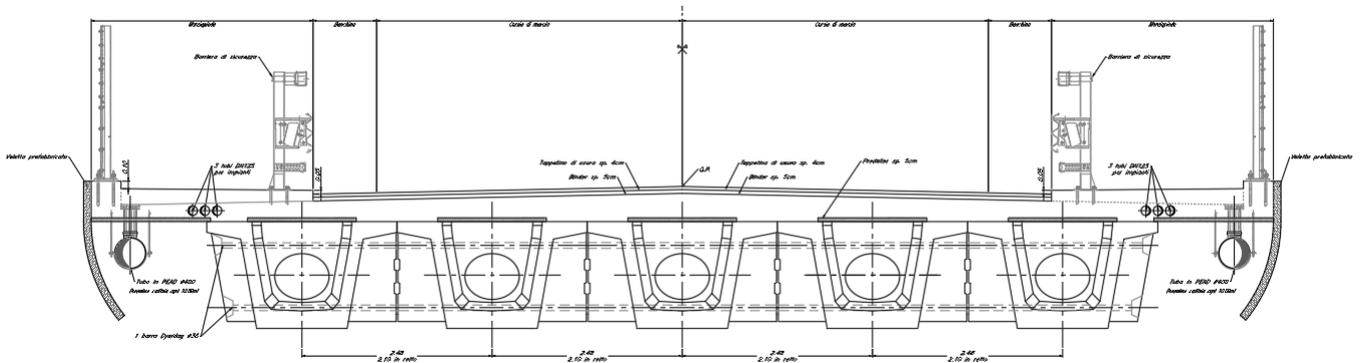


Figura 2: Sezione trasversale impalcato

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.

	<p>LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO</p>					
<p>SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<p>COMMESSA NN1X</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D78CL</p>	<p>DOCUMENTO IV 01 00 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 6 di 80</p>

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

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

1. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
2. Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
3. 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° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019
4. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2
5. RFI DTC SI MA IFS 001 D Dicembre 2019 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili

2.1 **Documenti di riferimento**

I documenti che verranno richiamati nel seguito sono:

- Rif. [1] Relazione geotecnica – NN1X00D78RHIV01000010
Rif. [2] Impalcato – Relazione di calcolo – NN1X00D78CLIV01000030

3 MATERIALI

3.1 Calcestruzzo per fondazioni e pali

Per le strutture in fondatazione 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

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

3.3 Acciaio B450C

Si adotta acciaio tipo B450C come previsto al punto 11.3.2.1 delle NTC18 (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), 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 $E_s = 210'000 \text{ MPa}.$

4 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.

Si specifica che non è stata fatta un'analisi dinamica di dettaglio ma che si sono assunte le azioni al plateau per le masse dall'impoalcato e si è assunto un fattore di struttura $q=1.5$.

4.1.1 Valutazione dei parametri di pericolosità

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

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

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

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

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

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

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

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

Per il sisma in direzione trasversale e longitudinale, si assume per le spalle e per le pile, un fattore di struttura $q=1.5$, considerando come prescritto la struttura in classe di duttilità alta "CDB".

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 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**:

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	68	0.052	2.433	0.343
SLD	113	0.063	2.502	0.369
SLV	1068	0.127	2.724	0.476
SLC	2193	0.152	2.814	0.517

Tabella 3: valori dei funzionali dello spettro di risposta sismica

In cui:

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

In **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** si riportano i valori dei funzionali e le coordinate dei punti del solo spettro di risposta sismica relativo allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV):

Parametri indipendenti

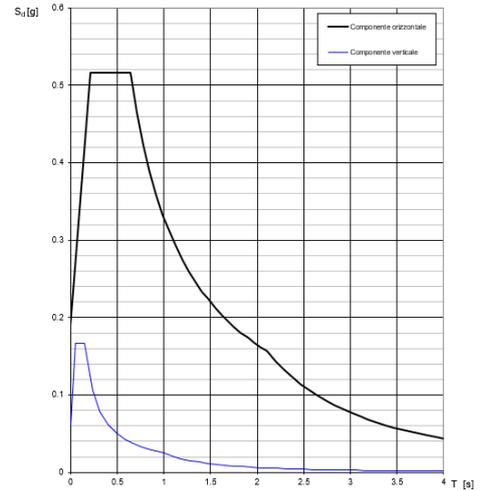
STATO LIMITE	SLV
a_g	0.127 g
F_a	2.724
T_c	0.476 s
S_s	1.493
C_c	1.341
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.493
η	1.000
T_B	0.213 s
T_C	0.639 s
T_D	2.108 s

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.190
T_B ←	0.213	0.516
T_C ←	0.639	0.516
	0.709	0.465
	0.779	0.423
	0.849	0.388
	0.918	0.359
	0.988	0.333
	1.058	0.311
	1.128	0.292
	1.198	0.275
	1.268	0.260
	1.338	0.246
	1.408	0.234
	1.478	0.223
	1.548	0.213

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

Tabella 4: Parametri spettro di risposta sismica allo SLV

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

5 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

Il cavalcaferrovia è composto da un'unica campata di luce 22.80m formata da n°5 travi in cap, come riportato in Figura 2. L'impalcato è caratterizzato da una parte pavimentata larga 8.00m e da due cordoli laterali da 2.45m, per una larghezza totale di 12.90m. La spalla A poggia su 21 pali di diametro Ø 1200. L'altezza del paramento a tergo del terreno è di circa 4.45 m, spessore del fusto di 2.20 m; la zattera di fondazione ha spessore 2.00 m. La trave paraghiaia che contiene il terreno immediatamente a ridosso dell'impalcato ha uno spessore di 0.40m per un'altezza di circa 2.20 m. Le sezioni più significative e la pianta della spalla in esame sono riportate rispettivamente in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**; per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici.

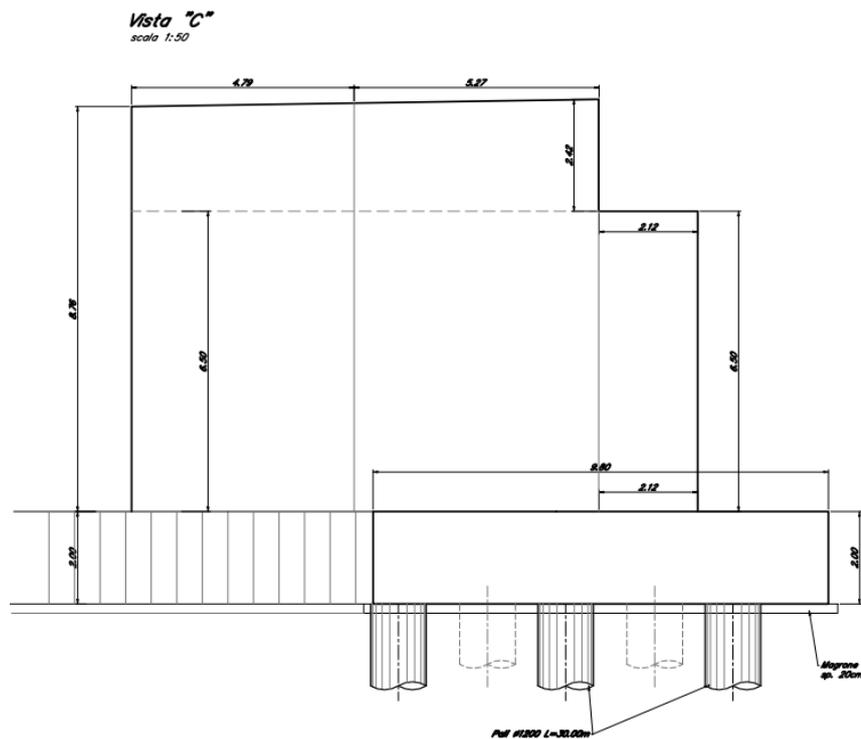


Figura 3: Spalla A – sezioni

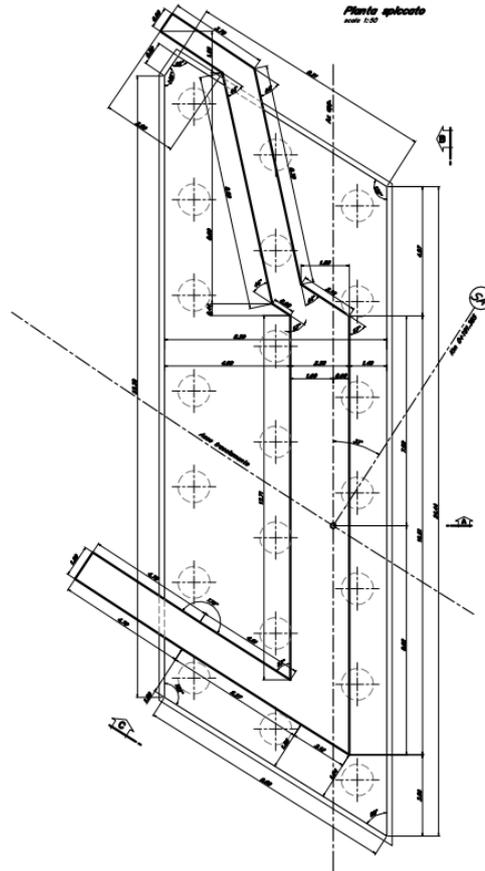


Figura 4: Spalla A – Pianta

6 ANALISI DEI CARICHI

6.1 Carichi dall'impalcato (SL)

Per una descrizione dettagliata dell'analisi dei carichi dell'impalcato si rimanda alla relazione di calcolo Rif. [2]. I carichi dall'impalcato sono applicati in testa al muro frontale. Le sollecitazioni sono già combinate per i diversi stati limite. Le sollecitazioni sono riportate in “Tabella 9: Azioni elementari provenienti dal calcolo dell'impalcato”.

6.2 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:

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

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

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

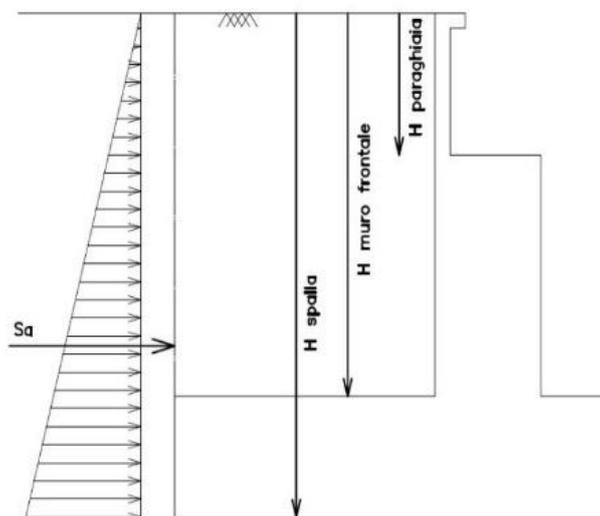


Figura 5: Spinta in quiete del terreno

6.3 Spinta del sovraccarico accidentale in condizioni statiche (Q1)

In aggiunta in condizioni statiche si considera un sovraccarico accidentale pari a $Q = 20.0 \text{ kN/m}^2$ gravante sulla spalla e sul cuneo di spinta a tergo di essa. La presenza del sovraccarico Q genera una spinta pari a: $S_q = Q H$ ko

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

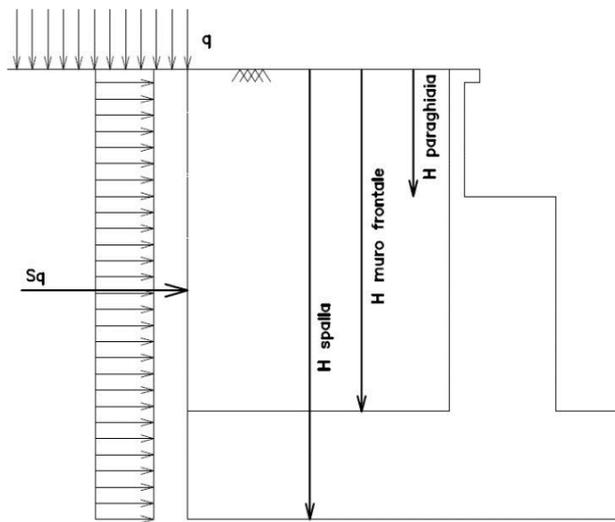


Figura 6: Spinta statica sovraccarico accidentale

6.3.1 Sovrappinta sismica

Per i valori da assumere per il calcolo del coefficiente k_h si rimanda al capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

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.

A seguito della verifica della entità degli spostamenti, pari a 6.0cm (come desumibile dalla Relazione Geotecnica Rif. [1] alla quale si rimanda per maggiori dettagli) e quindi superiori al limite di cui alla relazione $v/h = 6.0/1042 \cdot 100 = 0.57\% > 0.05\%$, si conferma la correttezza dell'ipotesi di calcolo delle spinte come somma della spinta attiva in condizioni statiche e dell'incremento di spinta attiva in condizioni sismiche.



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	IV 01 00 001	A	19 di 80

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 $a_g S$.

6.3.2 *Inerzia terrapieno*

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

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

6.3.3 *Inerzie strutturali*

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

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

7 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

8 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.

8.1 Criteri di verifica allo stato limite ultimo

8.1.1 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.

8.1.2 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.

8.2 Criteri di verifica allo stato limite d'esercizio

8.2.1 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 (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) è imposto il limite $w_1 = 0.2\text{mm}$ per le opere a permanente contatto con il terreno.

8.2.2 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

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

9 CALCOLO SPALLA A

Le azioni provenienti dal calcolo agli elementi finiti dell'impalcato, vengono proiettate lungo gli assi principali degli elementi costituenti la spalla. Ad esse va opportunamente integrato il contributo in termini di peso e di spinta del terrapieno che interagisce con la spalla. In Tabella 5 si riportano le caratteristiche dei materiali e le geometrie degli elementi raffigurati in Figura 7:

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]
9.70	2.00	20.67	0.00	5.60	1.60	4.850	0.00	1.00	0.00	401.00	10'025	1'022

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]
2.50	6.50	2.50	12.86	1.10	0.00	2.850	0.00	5.25	0.00	208.98	5'224	533

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	2.11	0.00	18.19	0.00	0.00	3.90	0.00	9.56	0.00	15.35	384	39

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]
1.00	8.61	4.84	4.00	1	sym	4.50	0.00	6.31	0.00	41.67	1'042	106

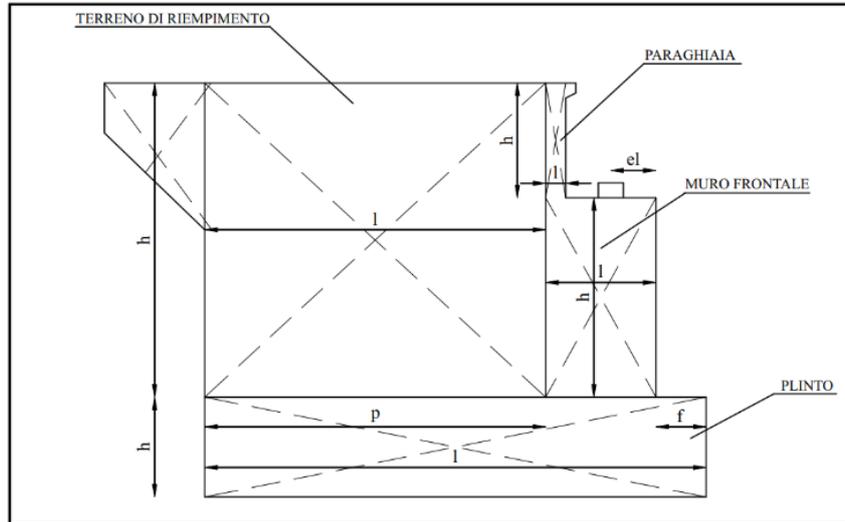
TERRENO DI RIEMPIMENTO												
li [m]	h [m]	ls [m]	t [m]	et [m]	pos	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m ³]	V [m ³]	P [KN]	m [t]
5.60	8.61	5.60	19.47	0.00	sym	6.90	0.00	7.40	0.00	938.77	17'837	1'818

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]
5.60	8.610	5.600	1.200	0.00	1	sym	6.90	0.00	7.40	0.00	57.86	1'446	147

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	0.000	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]				
1.60	0.50	20.67	0.80	2.25	0.00	16.54	314	32				

Tabella 5: Geometrie degli elementi


Figura 7: Sezione tipo spalla

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

CLS		TERRA									
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	0.27	0.5	0	30000	0.61	0
SISMA											
g [m/sec ²]	a_{g0} [g]	σ_H [g]	σ_V [g]	a_H [m/sec ²]	a_V [m/sec ²]						
9.81	0.127	0.19	0.09	1.86	0.93						
SOVRACCARICO PERMANENTE					SOVRACCARICO ACCIDENTALE - TRAFFICO						
B(q) [m]	L(fr) [m]	q [KN/m ²]	b _i [m]	F _v [kN]	B(q) [m]	q [KN/m ²]	F _v [kN]				
9	18.38	2.5	6.9	126.00	9	20	1008				

Tabella 6: Parametri dei materiali e calcolo sovraccarichi

In Tabella 7 vengono riportati i parametri caratteristici e i valori della spinta sia in condizioni di riposo che in condizioni attiva di rottura, entrambi connessi al relativo calcolo della 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	D78CL	IV 01 00 001	A	25 di 80

Direzione Longitudinale

H [m]	H1 [m]	Hma [m]	t [m]	tma [m]
10.61	8.61	8.61	12.86	4.8

	SPINTA RIPOSO				
	λ_0	F_{0h} [kN]	F_{0v} [kN]	F_0 [kN]	bh [m]
TERRENO	0.4	7318.1	0	7318.08	3.80
PERM	0.4	101.8	0	101.80	5.31
ACC	0.4	814.4	0	814.38	5.31

	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	4650.60	4650.60	3.80	0.441	7564.603	2914.000	0.340	5842.752	1192.149
PERM	0.27	64.69	64.69	5.31	0.441	105.227	40.535	0.340	81.275	16.583
ACC	0.27	517.54	517.54	5.31	0.441	841.818	324.281	0.340	650.204	132.667

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	1	sym	0	8.61	5.6	0.42642356	0	0	0	4.87
bandiere	2	sym	0	0	0	0.42642356	0	0	0	10.61
risvolti_sovr.						0.42642356	0	0	0	6.305
bandiere_sovr.						0.42642356	0	0	0	10.61

	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	4.87	0.441	0	0	0.340	0	0
bandiere	0.271	0	0	10.61	0.441	0	0	0.340	0	0
risvolti_sovr.	0.271	0	0	6.305	0.441	0	0	0.340	0	0
bandiere_sovr.	0.271	0	0	10.61	0.441	0	0	0.340	0	0

Tabella 7: Parametri caratteristici delle azioni



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	IV 01 00 001	A	26 di 80

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

Spinta sismica del terreno - NTC 2018

Terreno tipo	C
Categoria topografica	1
F_0	F_0 2.724
accelerazione orizzontale massima al suolo attesa su sito di riferimento rigido	a_g 0.127 g
	S_S 1.492431
	S_T 1
	S 1.492431
accelerazione orizzontale massima attesa	$a_{max}=S*a_g$ 0.189539
spostamenti del muro ammessi	no
	β_m 1
coefficiente sismico orizzontale	$k_h=\beta_m*a_{max}$ 0.189539
coefficiente sismico verticale	$k_v=0.5*k_h$ 0.094769
	verso basso verso l'alto
Verso dell'azione sismica	(-1/+1) 1 -1
	$k_h/(1 \pm k_v)$ 0.209382 0.173131
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 (°) 11.82585 9.822321
	$\varphi_d - \theta$ (°) 23.17415 25.17768
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} 0.402631 0.376099
Coefficiente di spinta in condizioni sismiche, per stati attivi	$(1 \pm k_v)*K_{AE}$ 0.440788 0.340456
Coefficiente di spinta (statico + dinamico), per stati passivi	K_{PE} 3.26531 3.342608
Coefficiente di spinta in condizioni sismiche, per stati passivi	$(1 \pm k_v)*K_{PE}$ 3.574761 3.025831

Tabella 8: Coefficienti di spinta

Si riportano in Tabella 9 gli scarichi non fattorizzati provenienti dall’impalcato, in accordo con le seguenti convenzioni:

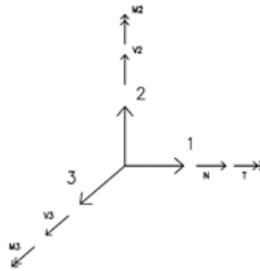


Figura 8: Sistema di riferimento convenzionale

- P, azione normale
- V2, forza longitudinale
- V3, forza trasversale
- T, momento torcente
- M2, momento lungo l’asse trasversale
- M3, momento lungo l’asse longitudinale

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	SLU	Combination	Max	6437	0	132	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.00	SLU	Combination	Max	6437	0	132	0	0	0	SA-1	0.05
SA	0.00	SLU	Combination	Min	-4170	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.00	SLU	Combination	MIn	-4222	0	0	0	0	0	SA-1	0.05
SA	0.00	Ex	LinRespSpec	Max	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.05	Ex	LinRespSpec	Max	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.05
SA	0.00	Ey	LinRespSpec	Max	0	0	1754	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.05	Ey	LinRespSpec	Max	0	0	1754	0	0	0	SA-1	0.05
SA	0.00	Ez	LinRespSpec	Max	936	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.05	Ez	LinRespSpec	Max	936	0	0	0	0	0	SA-1	0.05
SA	0.00	G1+G2	Linstatic		-3026	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.05	G1+G2	Linstatic		-3026	0	0	0	0	0	SA-1	0.05
SA	0.00	SLE-R	Linstatic		-4705	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.05	SLE-R	Linstatic		-4705	0	0	0	0	0	SA-1	0.05
SA	0.00	SLE-FR	Linstatic		-4106	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.05	SLE-FR	Linstatic		-4106	0	0	0	0	0	SA-1	0.05
SA	0.00	SLE-QP	Linstatic		-3026	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.05	SLE-QP	Linstatic		-3026	0	0	0	0	0	SA-1	0.05

Tabella 9: Azioni elementari provenienti dal calcolo dell’impalcato

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.



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	D78CL	IV 01 00 001	A	28 di 80

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

Fv, forza verticale;

Fl, forza longitudinale;

Ft, forza trasversale;

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

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

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

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

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

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

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

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	bt [m]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
PLINTO	10'025			4.85	1.00	48'621			0	0	
MURO FRONTALE	5'224			2.85	5.25	14'889		0.00	0	10'449	
PARAGHIAIA	384			3.90	9.56	1'497		0.00	0	365	
MURO D'ALA	1'042			4.50	6.31	4'688		0.00	0	365	
MURI LATERALI DI RISVOLTO	1'446			6.90	7.40	9'981		0.00	0	-2'965	
BANDIERA	0			0.00	0.00	0		0.00	0	0	
TOTALE	18'121					79'676			0	8'213	

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	17837			6.90	7.40	123'072		0.00	0	-36'565	
RICOPRIMENTO	314			0.80	-2.25	251		0.00		1'272	
TOTALE	18'151					123'324			0	-35'292	

SPINTA LONGITUDINALE TERRENO - ATTIVA

condizione	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]		Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
SPINTA ATTIVA		4'651			3.80		17'679			17'679	
SOVRACCARICO PERMANENTE	126	65		6.90	5.31	869.40	343			85	
FRENATURA		0			5.31		0			0	
SOVRACCARICO ACC	1008.00	518		6.90	5.31	6955.20	2'746			679	

SPINTA LONGITUDINALE TERRENO - RIPOSO

condizione	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]		Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
SPINTA RIPOSO	0	7'318		6.90	3.80	0	27'820			27'820	
SOVRACCARICO PERMANENTE	126	102		6.90	5.31	869	540			282	
FRENATURA		0			5.31		0			0	
SOVRACCARICO ACC	1008.00	814		6.90	5.31	6955.20	4'320			2'254	

SPINTA TRASVERSALE TERRENO - ATTIVA

condizione	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]		Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RISVOLTI			0		4.87				0	0	
BANDIERE			0		10.61				0	0	
TOTALE			0						0	0	

SPINTA TRASVERSALE TERRENO - RIPOSO

condizione	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]		Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RISVOLTI	0		0	3.65	4.87				0	0	
BANDIERE	0		0	4.85	10.61				0	0	
TOTALE			0						0	0	

SPINTA TRASVERSALE TERRENO - ATTIVA sovraccarico

condizione	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]		Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RISVOLTI			0		6.31				0	0	
BANDIERE			0		10.61				0	0	
TOTALE			0						0	0	

SPINTA TRASVERSALE TERRENO - RIPOSO sovraccarico

condizione	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]		Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RISVOLTI	0		0	3.65	6.31				0	0	
BANDIERE	0		0	4.85	10.61				0	0	
TOTALE			0						0	0	

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	IV 01 00 001	A	30 di 80

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		1'900			1.00		1'900		1'900	
M FRONTALE		990			5.25		5'199		5'199	
PARAGHIAIA		73			9.56		695		695	
MURO LATERALE DI CHIUSURA		197			6.31		1'245		1'245	
RISVOLTI		274			7.40		2'029		2'029	
BANDIERE		0			0.00		0		0	
TOTALE		3'435					11'068		11'068	

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			1'900		1.00			1'900	0	
M FRONTALE			990		5.25			5'199	0	
PARAGHIAIA			73		9.56			695	0	
MURO LATERALE DI CHIUSURA			197		6.31			1'245	0	
RISVOLTI			274		7.40			2'029	0	
BANDIERE			0		0.00			0	0	
TOTALE			3'435					11'068	0	

SISMA VERTICALE SPALLA (+/-)

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
PLINTO	950			4.85		4'608			0	
M FRONTALE	495			2.85		1'411			990	
PARAGHIAIA	36			3.90		142			35	
MURO LATERALE DI CHIUSURA	99			4.50		444			35	
RISVOLTI	137			6.90		946			-281	
BANDIERE	0			0.00		0			0	
TOTALE	1'717					7'551			778	

SOVRASPINTA SISMICA TERRENO longitudinale SV(+)

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
TERRENO		2'955			5.31		15'674		15'674	

SOVRASPINTA SISMICA TERRENO longitudinale SV(-)

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
TERRENO		1'209			5.31		6'412		6'412	

SOVRASPINTA SISMICA TERRENO trasversale SV(+)

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RISVOLTI			0		6.31			0	0	
BANDIERE			0		10.61			0	0	
TOTALE			0					0	0	

SOVRASPINTA SISMICA TERRENO trasversale SV(-)

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RISVOLTI			0		6.31			0	0	
BANDIERE			0		10.61			0	0	
TOTALE			0					0	0	

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		3'381			7.40		25'026		25'026	

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			3'381		7.40			25'026	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	1'690			6.90		11'663			-3'465	

9.1.1 Spinte sulla spalla in condizioni statiche

Nome azione	SPALLA	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	Mrl	Load Type	ϕ / ψ	Note	comb	Codice Azione
G1 p.p. CLS spalla	PP_spalla	0	9414	0	0	0	19007	82769	0		1.0			1
Peso terreno spalla	PP_terreno	0	-36328	0	0	0	18682	126933	0		1.0			2_2
Spinta a riposo long.	SR-L	7984	30174	0	0	0	0	0	30174		1.0			9a
Spinta a riposo sovraccarico long.	SR-L_sovraccarico PERM	102	282	0	0	0	126	869	540		1.0			10a
Spinta attiva trasv.	SA-T	0	0	0	0	0	0	0	0		1.0			19
Spinta a riposo trasv.	SR-T	0	0	0	0	0	0	0	0		1.0			19a
Spinta attiva sovraccarico trasv.	SA-T_sovraccarico	0	0	0	0	0	0	0	0		1.0			20.00
Spinta a riposo sovraccarico trasv.	SR-T_sovraccarico	0	0	0	0	0	0	0	0		1.0			20a
Spinta a riposo sovraccarico long.	SR-L_sovraccarico ACC	814	2254	0	0	0	1008	6955	4320		1.0			24a

9.1.2 Azioni in condizioni statiche trasmesse dall'impalcato

Nome azione	IMPALCATO	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	Mrl	Load Type	ϕ / ψ
Combinazione SLU	SLU	0	13840	132	1122	0	6437	17380	0	env	1.0

Nome azione	IMPALCATO	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	Mrl	Load Type	ϕ / ψ
Azioni dall'impalcato SLE-R	SLE-R	0	10116	0	0	0	4705	12704	0		1.0

Nome azione	IMPALCATO	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	Mrl	Load Type	ϕ / ψ
Azioni dall'impalcato SLE-FR	SLE-FR	0	8827	0	0	0	4106	11085	0		1.0

Nome azione	IMPALCATO	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	Mrl	Load Type	ϕ / ψ
Azioni Impalcato SLE-QP	SLE-QP	0	6506	0	0	0	3026	8170	0		1.0

9.1.3 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	9414	0	0	0	19007	82769	0		1.0
Peso terreno spalla	PP_terreno	0	-36328	0	0	0	18682	126933	0		1.0
Spinta attiva long.	SA-L	5074	19176	0	0	0	0	0	19176		1.0
Spinta attiva sovraccarico long.	SA-L_sovraccarico PERM	65	85	0	0	0	126	869	343		1.0
Spinta attiva trasv.	SA-T	0	0	0	0	0	0	0	0		1.0
Spinta a riposo trasv.	SR-T	0	0	0	0	0	0	0	0		1.0
Inerzia long. cls spalla	SIS-L_SPALLA	3603	11740	0	0	0	0	0	11740		1.0
Inerzia trasv. cls spalla	SIS-T_SPALLA	0	0	3603	11740	0	0	0	0		1.0
Inerzia vert. cls spalla	SIS-V_SPALLA	0	892	0	0	0	1801	7844	0		1.0
Sovrappinta sismica long. con sisma verticale +	S-SIS-L_SV(+)	0	0	0	0	0	0	0	0		0.0
Sovrappinta sismica long. con sisma verticale -	S-SIS-L_SV(-)	1317	6988	0	0	0	0	0	6988		1.0
Sovrappinta sismica trasv. con sisma verticale +	S-SIS-T_SV(+)	0	0	0	0	0	0	0	0		0.0
Sovrappinta sismica trasv. con sisma verticale -	S-SIS-T_SV(-)	0	0	0	0	0	0	0	0		1.0
Inerzia long. riempimento	SIS-L_RIEMPIMENTO	3480	25758	0	0	0	0	0	25758		1.0
Inerzia trasv. riempimento	SIS-T_RIEMPIMENTO	0	0	3480	25758	0	0	0	0		1.0
Inerzia vert. riempimento	SIS-V_RIEMPIMENTO	0	-3567	0	0	0	1740	12005	0		1.0

9.1.4 Azioni in condizione sismica trasmesse dall'impalcato

Nome azione	IMPALCATO	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	Mrl	Load Type	ϕ / ψ
Permanenti strutturali e portati	G1+G2	0	6506	0	0	0	3026	8170	0		1.0
Azione Sismica Longitudinale	EX	0	0	0	0	0	0	0	0	max	0.7
Azione Sismica Trasversale	EY	0	0	1169	9937	0	0	0	0	max	0.7
Azione Sismica Verticale	EZ	0	2012	0	0	0	936	2526	0	max	1.0



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	D78CL	IV 01 00 001	A	33 di 80

9.2 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 interrate 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

Tab. 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti g_1 e g_3	favorevoli	γ_{G1} e γ_{G3}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g_2	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{e1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

Tabella 11: Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico 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 stradali e pedonali

Si riportano le tabelle delle combinazioni effettuate per ogni stato limite. Ogni combinazione è stata ripetuta 12 volte per tener conto di tutte le sollecitazioni principali dirette dall'impalcato (P_{max} , P_{min} , V_{2max} , V_{2min} , V_{3max} , V_{3min} , M_{2max} , M_{2min} , M_{3max} , M_{3min} , T_{max} , T_{min}).

SLE-RARA= 12 combinazioni

SLE-FREQ= 12 combinazioni

SIS13	SIS14	SIS15	SIS16	SIS17	SIS18	SIS19	SIS20	SIS21	SIS22	SIS23	SIS24
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
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	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 17: Combinazione SLV

9.3 Sollecitazioni

9.3.1 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	56954.3	18303.9	1121.71	11131.5	131.96	0.0131	302123	44199	FVmax	SLU1	1
Fvmin	41803.4	12749	0.0457	8417.5	0	0.0131	223649	33652	FVmin	SLU2	14
Flmax	56954.3	18303.9	1121.71	11131.5	131.96	0.0131	302123	44199	FVmax	SLU1	1
Flmin	44070	17622.4	1121.71	8417.5	131.96	0.0131	229769	33652	FVmax	SLU2	2
Mlmax	56954.3	18303.9	1121.71	11131.5	131.96	0.0131	302123	44199	FVmax	SLU1	1
Mlmin	41803.4	12749	0.0457	8417.5	0	0.0131	223649	33652	FVmin	SLU2	14
Ftmax	56954.3	18303.9	1121.71	11131.5	131.96	0.0131	302123	44199	FVmax	SLU1	1
Ftmin	54687.6	13430.6	0.0457	11131.5	0	0.0131	296003	44199	FVmin	SLU1	13
Mtmax	56954.3	18303.9	1121.71	11131.5	131.96	0.0131	302123	44199	FVmax	SLU1	1
Mtmin	54687.6	13430.6	0.0457	11131.5	0	0.0131	296003	44199	FVmin	SLU1	13
Np max	56954.3	18303.9	1121.71	11131.5	131.96	0.0131	302123	44199	FVmax	SLU1	1
Np min	44070	17622.4	1121.71	8417.5	131.96	0.0131	229769	33652	FVmax	SLU2	2

COMB. SISMICA											
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	43767.6	12817.2	13809.3	7737.07	2395.34	0.00262	233780	33552.9	FVmax	SIS17	17
Fvmin	35080.9	11389.3	-13809	7213.33	-2395.3	0.00262	190299	30774.3	FVmax	SIS18	18
Flmax	40727.2	49527.5	13809.4	14576	2395.34	0.00873	218562	69790.4	FVmax	SIS1	1
Flmin	40727.2	-39878	13809.3	-2190.9	2395.34	-0.0087	218562	-18072	FVmax	SIS3	3
Mlmax	40727.2	49527.5	13809.4	14576	2395.34	0.00873	218562	69790.4	FVmax	SIS1	1
Mlmin	40727.2	-39878	-13809	-2190.9	-2395.3	-0.0087	218562	-18072	FVmax	SIS7	7
Ftmax	40727.2	13290.1	46031.1	7737.07	7984.48	0.00262	218562	33553	FVmax	SIS9	9
Ftmin	38121.2	10916.4	-46031	7213.33	-7984.5	0.00262	205517	30774.1	FVmax	SIS10	10
Mtmax	40727.2	13290.1	46031.1	7737.07	7984.48	0.00262	218562	33553	FVmax	SIS9	9
Mtmin	38121.2	-14207	-46031	2579.88	-7984.5	-0.0026	205517	7193.97	FVmax	SIS12	12
Np max	40727.2	49527.5	13809.4	14576	2395.34	0.00873	218562	69790.4	FVmax	SIS1	1
Np min	38121.2	10916.8	46031.1	7213.33	7984.48	0.00262	205517	30774.6	FVmax	SIS14	14

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	IV 01 00 001	A	38 di 80

COMB. SLE-CAR

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	41985.3	13109.8	0	8132.46	0	0	222659	32139.9	FV max	SLER1	1
Fvmin	41985.3	13109.8	0	8132.46	0	0	222659	32139.9	FV max	SLER1	1
Flmax	41985.3	13109.8	0	8132.46	0	0	222659	32139.9	FV max	SLER1	1
Flmin	41985.3	13109.8	0	8132.46	0	0	222659	32139.9	FV max	SLER1	1
Mlmax	41985.3	13109.8	0	8132.46	0	0	222659	32139.9	FV max	SLER1	1
Mlmin	41985.3	13109.8	0	8132.46	0	0	222659	32139.9	FV max	SLER1	1
Ftmax	41985.3	13109.8	0	8132.46	0	0	222659	32139.9	FV max	SLER1	1
Ftmin	41985.3	13109.8	0	8132.46	0	0	222659	32139.9	FV max	SLER1	1
Mtmax	41985.3	13109.8	0	8132.46	0	0	222659	32139.9	FV max	SLER1	1
Mtmin	41985.3	13109.8	0	8132.46	0	0	222659	32139.9	FV max	SLER1	1
Np max	41985.3	13109.8	0	8132.46	0	0	222659	32139.9	FV max	SLER1	1
Np min	41985.3	13109.8	0	8132.46	0	0	222659	32139.9	FV max	SLER1	1

COMB. SLE-FREQUENTE

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	40881.8	10694	0	7725.27	0	0	217563	29979.8	FV max	SLEFR1	1
Fvmin	40881.8	10694	0	7725.27	0	0	217563	29979.8	FV max	SLEFR1	1
Flmax	40881.8	10694	0	7725.27	0	0	217563	29979.8	FV max	SLEFR1	1
Flmin	40881.8	10694	0	7725.27	0	0	217563	29979.8	FV max	SLEFR1	1
Mlmax	40881.8	10694	0	7725.27	0	0	217563	29979.8	FV max	SLEFR1	1
Mlmin	40881.8	10694	0	7725.27	0	0	217563	29979.8	FV max	SLEFR1	1
Ftmax	40881.8	10694	0	7725.27	0	0	217563	29979.8	FV max	SLEFR1	1
Ftmin	40881.8	10694	0	7725.27	0	0	217563	29979.8	FV max	SLEFR1	1
Mtmax	40881.8	10694	0	7725.27	0	0	217563	29979.8	FV max	SLEFR1	1
Mtmin	40881.8	10694	0	7725.27	0	0	217563	29979.8	FV max	SLEFR1	1
Np max	40881.8	10694	0	7725.27	0	0	217563	29979.8	FV max	SLEFR1	1
Np min	40881.8	10694	0	7725.27	0	0	217563	29979.8	FV max	SLEFR1	1

COMB. SLE-QUASI PERMANENTE

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	39424.2	7527.67	0	7419.88	0	0	212040	28359.7	FV max	SLEQP1	1
Fvmin	39424.2	7527.67	0	7419.88	0	0	212040	28359.7	FV max	SLEQP1	1
Flmax	39424.2	7527.67	0	7419.88	0	0	212040	28359.7	FV max	SLEQP1	1
Flmin	39424.2	7527.67	0	7419.88	0	0	212040	28359.7	FV max	SLEQP1	1
Mlmax	39424.2	7527.67	0	7419.88	0	0	212040	28359.7	FV max	SLEQP1	1
Mlmin	39424.2	7527.67	0	7419.88	0	0	212040	28359.7	FV max	SLEQP1	1
Ftmax	39424.2	7527.67	0	7419.88	0	0	212040	28359.7	FV max	SLEQP1	1
Ftmin	39424.2	7527.67	0	7419.88	0	0	212040	28359.7	FV max	SLEQP1	1
Mtmax	39424.2	7527.67	0	7419.88	0	0	212040	28359.7	FV max	SLEQP1	1
Mtmin	39424.2	7527.67	0	7419.88	0	0	212040	28359.7	FV max	SLEQP1	1
Np max	39424.2	7527.67	0	7419.88	0	0	212040	28359.7	FV max	SLEQP1	1
Np min	39424.2	7527.67	0	7419.88	0	0	212040	28359.7	FV max	SLEQP1	1

9.3.2 Sollecitazioni in testa palo

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

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

Dove:

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

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

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

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

dove H_l, H_t

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

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

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

Dove:

H è il taglio massimo in testa al palo

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

EJ è la rigidezza flessionale del palo

$Es = KB$ = modulo di elasticità del suolo

$B = 1.5 D$

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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	IV 01 00 001	A	40 di 80

 $K = 1.67 E / D$ coefficiente di sottofondo

E = Modulo di rigidezza secante del terreno.

Plinto di fondazione

Altezza plinto	2.00	m
Dimensione long.fondazione	9.70	m
Dimensione trasv. fondazione	20.67	m
Inclinazione plinto	0.00	°
Sbalzo anteriore	1.60	m
Sbalzo posteriore	5.60	m
Altezza terreno ricoprimento	0.50	m
Altezza terreno riempimento	8.61	

Palificata

Diametro dei pali	1200.00	mm
Modulo di Elasticità del suolo	200.40	N/mm ²
Area palo	1.13	m ²
W flessione palo elastico	0.17	m ³
L0	5.65	m
Numero di pali totale	21.00	
Modulo long.minimo palo	33.78	m
Modulo trasv.minimo palo	90.64	m
elong	-0.06	m
etrasv	0.00	m
Inclinazione palificata	32.86	°

Inerzia Palo	1.63E+12	mm ⁴
Modulo Rigidezza Cls E	31447	N/mm ²
Modulo Rigidezza Terreno E	80	N/mm ²
Coefficiente di sottofondo Kh	111333	kN/m ³
Larghezza B	1800.00	mm

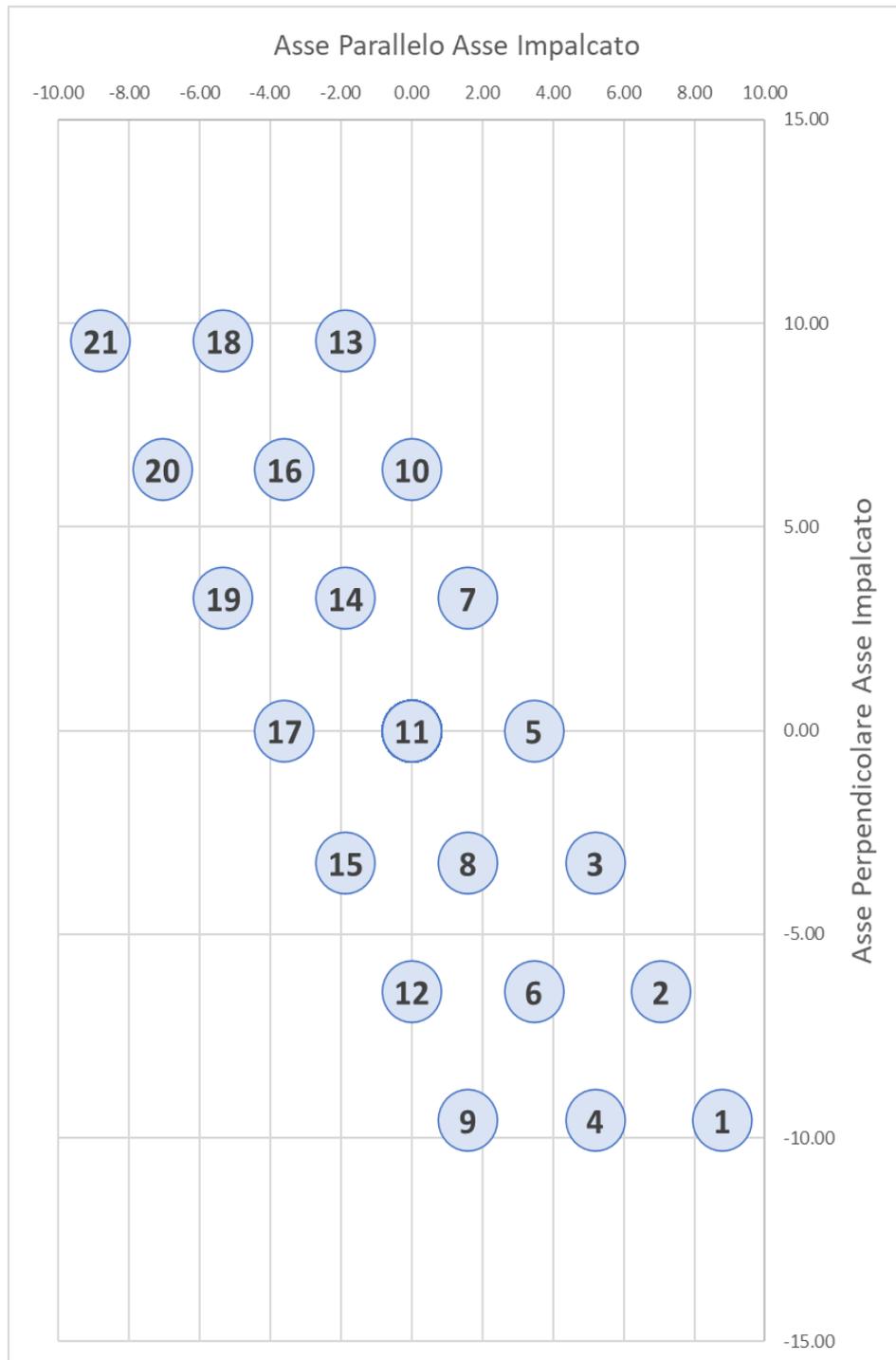


Figura 9: Disposizione Pali

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	IV 01 00 001	A	42 di 80

SLU

Cond.	Comb	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
-	-	kN																				
Fvmax	SLU1	3168	3172	3160	2700	3170	2704	3165	2692	2232	3187	2720	2254	3174	2714	2241	2719	2253	2724	2264	2269	2273
Fvmin	SLU2	2311	2311	2300	1991	2304	1991	2297	1980	1671	2309	1996	1683	2298	1989	1671	1990	1677	1990	1682	1682	1682
Fmax	SLU1	3168	3172	3160	2700	3170	2704	3165	2692	2232	3187	2720	2254	3174	2714	2241	2719	2253	2724	2264	2269	2273
Fmin	SLU2	2523	2527	2516	2087	2526	2090	2521	2080	1650	2542	2106	1671	2530	2100	1659	2105	1670	2110	1681	1686	1690
Mlmax	SLU1	3168	3172	3160	2700	3170	2704	3165	2692	2232	3187	2720	2254	3174	2714	2241	2719	2253	2724	2264	2269	2273
Mlmin	SLU2	2311	2311	2300	1991	2304	1991	2297	1980	1671	2309	1996	1683	2298	1989	1671	1990	1677	1990	1682	1682	1682
Ftmax	SLU1	3168	3172	3160	2700	3170	2704	3165	2692	2232	3187	2720	2254	3174	2714	2241	2719	2253	2724	2264	2269	2273
Ftmin	SLU1	2956	2955	2943	2605	2948	2604	2941	2592	2253	2954	2610	2267	2941	2602	2254	2603	2259	2604	2265	2266	2265
Mtmax	SLU1	3168	3172	3160	2700	3170	2704	3165	2692	2232	3187	2720	2254	3174	2714	2241	2719	2253	2724	2264	2269	2273
Mtmin	SLU1	2956	2955	2943	2605	2948	2604	2941	2592	2253	2954	2610	2267	2941	2602	2254	2603	2259	2604	2265	2266	2265
Np max	SLU1	3168	3172	3160	2700	3170	2704	3165	2692	2232	3187	2720	2254	3174	2714	2241	2719	2253	2724	2264	2269	2273
Np min	SLU2	2523	2527	2516	2087	2526	2090	2521	2080	1650	2542	2106	1671	2530	2100	1659	2105	1670	2110	1681	1686	1690

SIS

Cond.	Comb	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
-	-	kN																				
Fvmax	SIS17	2412	2462	2497	1931	2555	1981	2598	2016	1450	2667	2093	1519	2700	2134	1552	2186	1612	2237	1671	1723	1773
Fvmin	SIS18	1950	1899	1844	1824	1793	1774	1739	1718	1699	1693	1673	1653	1637	1618	1598	1567	1547	1517	1497	1447	1396
Fmax	SIS1	3025	3074	3083	1787	3151	1837	3178	1845	549	3276	1961	647	3281	1985	652	2038	724	2091	795	849	898
Fmin	SIS3	1170	1222	1293	1785	1338	1836	1402	1908	2400	1430	1928	2427	1503	1995	2501	2044	2543	2094	2586	2635	2687
Mlmax	SIS1	3025	3074	3083	1787	3151	1837	3178	1845	549	3276	1961	647	3281	1985	652	2038	724	2091	795	849	898
Mlmin	SIS7	1163	1113	1094	2092	1030	2042	996	2023	3021	910	1923	2935	894	1892	2919	1840	2852	1787	2785	2733	2683
Ftmax	SIS9	2282	2450	2590	1428	2775	1596	2932	1736	574	3134	1955	776	3271	2109	913	2280	1101	2451	1288	1459	1628
Ftmin	SIS10	2080	1911	1750	2328	1573	2159	1404	1998	2575	1226	1811	2396	1065	1643	2236	1473	2058	1303	1880	1710	1541
Mtmax	SIS9	2282	2450	2590	1428	2775	1596	2932	1736	574	3134	1955	776	3271	2109	913	2280	1101	2451	1288	1459	1628
Mtmin	SIS12	1559	1391	1248	2327	1064	2158	905	2015	3095	707	1802	2896	566	1645	2756	1475	2569	1304	2383	2213	2044
Np max	SIS1	3025	3074	3083	1787	3151	1837	3178	1845	549	3276	1961	647	3281	1985	652	2038	724	2091	795	849	898
Np min	SIS14	2105	2273	2415	1304	2600	1472	2757	1614	502	2957	1830	702	3097	1985	842	2156	1028	2327	1215	1386	1554

SLU

N _{max}	N _{min}	H _{max}
kN	kN	kN
3187	1650	530

SIS

N _{max}	N _{min}	H _{max}
kN	kN	kN
3281	502	707

Tabella 18: Scarichi dei pali in condizioni di esercizio e in sismica

Le condizioni Np max e Np min sono le condizioni che massimizzano e minimizzano il carico assiale sul palo.

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	IV 01 00 001	A	43 di 80

SLE-R

Cond.	Comb	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
-	-	kN																				
Fvmax	SLE-R1	2327	2327	2316	2000	2320	1999	2313	1988	1672	2326	2005	1685	2314	1998	1672	1998	1678	1999	1683	1683	1683
Fvmin	SLE-R1	2327	2327	2316	2000	2320	1999	2313	1988	1672	2326	2005	1685	2314	1998	1672	1998	1678	1999	1683	1683	1683
Fmax	SLE-R1	2327	2327	2316	2000	2320	1999	2313	1988	1672	2326	2005	1685	2314	1998	1672	1998	1678	1999	1683	1683	1683
Fmin	SLE-R1	2327	2327	2316	2000	2320	1999	2313	1988	1672	2326	2005	1685	2314	1998	1672	1998	1678	1999	1683	1683	1683
Mlmax	SLE-R1	2327	2327	2316	2000	2320	1999	2313	1988	1672	2326	2005	1685	2314	1998	1672	1998	1678	1999	1683	1683	1683
Mlmin	SLE-R1	2327	2327	2316	2000	2320	1999	2313	1988	1672	2326	2005	1685	2314	1998	1672	1998	1678	1999	1683	1683	1683
Ptmax	SLE-R1	2327	2327	2316	2000	2320	1999	2313	1988	1672	2326	2005	1685	2314	1998	1672	1998	1678	1999	1683	1683	1683
Ptmin	SLE-R1	2327	2327	2316	2000	2320	1999	2313	1988	1672	2326	2005	1685	2314	1998	1672	1998	1678	1999	1683	1683	1683
Mtmax	SLE-R1	2327	2327	2316	2000	2320	1999	2313	1988	1672	2326	2005	1685	2314	1998	1672	1998	1678	1999	1683	1683	1683
Mtmin	SLE-R1	2327	2327	2316	2000	2320	1999	2313	1988	1672	2326	2005	1685	2314	1998	1672	1998	1678	1999	1683	1683	1683
Np max	SLE-R1	2327	2327	2316	2000	2320	1999	2313	1988	1672	2326	2005	1685	2314	1998	1672	1998	1678	1999	1683	1683	1683
Np min	SLE-R1	2327	2327	2316	2000	2320	1999	2313	1988	1672	2326	2005	1685	2314	1998	1672	1998	1678	1999	1683	1683	1683

SLE-FR

Cond.	Comb	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
-	-	kN																				
Fvmax	SLE-FR1	2223	2223	2213	1947	2217	1947	2211	1937	1671	2222	1952	1682	2212	1945	1671	1946	1676	1946	1680	1681	1680
Fvmin	SLE-FR1	2223	2223	2213	1947	2217	1947	2211	1937	1671	2222	1952	1682	2212	1945	1671	1946	1676	1946	1680	1681	1680
Fmax	SLE-FR1	2223	2223	2213	1947	2217	1947	2211	1937	1671	2222	1952	1682	2212	1945	1671	1946	1676	1946	1680	1681	1680
Fmin	SLE-FR1	2223	2223	2213	1947	2217	1947	2211	1937	1671	2222	1952	1682	2212	1945	1671	1946	1676	1946	1680	1681	1680
Mlmax	SLE-FR1	2223	2223	2213	1947	2217	1947	2211	1937	1671	2222	1952	1682	2212	1945	1671	1946	1676	1946	1680	1681	1680
Mlmin	SLE-FR1	2223	2223	2213	1947	2217	1947	2211	1937	1671	2222	1952	1682	2212	1945	1671	1946	1676	1946	1680	1681	1680
Ptmax	SLE-FR1	2223	2223	2213	1947	2217	1947	2211	1937	1671	2222	1952	1682	2212	1945	1671	1946	1676	1946	1680	1681	1680
Ptmin	SLE-FR1	2223	2223	2213	1947	2217	1947	2211	1937	1671	2222	1952	1682	2212	1945	1671	1946	1676	1946	1680	1681	1680
Mtmax	SLE-FR1	2223	2223	2213	1947	2217	1947	2211	1937	1671	2222	1952	1682	2212	1945	1671	1946	1676	1946	1680	1681	1680
Mtmin	SLE-FR1	2223	2223	2213	1947	2217	1947	2211	1937	1671	2222	1952	1682	2212	1945	1671	1946	1676	1946	1680	1681	1680
Np max	SLE-FR1	2223	2223	2213	1947	2217	1947	2211	1937	1671	2222	1952	1682	2212	1945	1671	1946	1676	1946	1680	1681	1680
Np min	SLE-FR1	2223	2223	2213	1947	2217	1947	2211	1937	1671	2222	1952	1682	2212	1945	1671	1946	1676	1946	1680	1681	1680

SLE-QP

Cond.	Comb	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
-	-	kN																				
Fvmax	SLE-QP1	2086	2086	2079	1878	2081	1877	2077	1870	1669	2085	1881	1677	2077	1876	1669	1877	1673	1877	1676	1676	1676
Fvmin	SLE-QP1	2086	2086	2079	1878	2081	1877	2077	1870	1669	2085	1881	1677	2077	1876	1669	1877	1673	1877	1676	1676	1676
Fmax	SLE-QP1	2086	2086	2079	1878	2081	1877	2077	1870	1669	2085	1881	1677	2077	1876	1669	1877	1673	1877	1676	1676	1676
Fmin	SLE-QP1	2086	2086	2079	1878	2081	1877	2077	1870	1669	2085	1881	1677	2077	1876	1669	1877	1673	1877	1676	1676	1676
Mlmax	SLE-QP1	2086	2086	2079	1878	2081	1877	2077	1870	1669	2085	1881	1677	2077	1876	1669	1877	1673	1877	1676	1676	1676
Mlmin	SLE-QP1	2086	2086	2079	1878	2081	1877	2077	1870	1669	2085	1881	1677	2077	1876	1669	1877	1673	1877	1676	1676	1676
Ptmax	SLE-QP1	2086	2086	2079	1878	2081	1877	2077	1870	1669	2085	1881	1677	2077	1876	1669	1877	1673	1877	1676	1676	1676
Ptmin	SLE-QP1	2086	2086	2079	1878	2081	1877	2077	1870	1669	2085	1881	1677	2077	1876	1669	1877	1673	1877	1676	1676	1676
Mtmax	SLE-QP1	2086	2086	2079	1878	2081	1877	2077	1870	1669	2085	1881	1677	2077	1876	1669	1877	1673	1877	1676	1676	1676
Mtmin	SLE-QP1	2086	2086	2079	1878	2081	1877	2077	1870	1669	2085	1881	1677	2077	1876	1669	1877	1673	1877	1676	1676	1676
Np max	SLE-QP1	2086	2086	2079	1878	2081	1877	2077	1870	1669	2085	1881	1677	2077	1876	1669	1877	1673	1877	1676	1676	1676
Np min	SLE-QP1	2086	2086	2079	1878	2081	1877	2077	1870	1669	2085	1881	1677	2077	1876	1669	1877	1673	1877	1676	1676	1676

Tabella 19: Scarichi dei pali in condizioni degli Stati Limite di Esercizio

9.3.3 Sollecitazioni muro frontale

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

COMB. SLU										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	1035.63	2164.21	59.90	613.40	9.22	0.00		FVmax	SLU1	1.00
Fvmin	725.39	1638.80	0.00	464.12	0.00	0.00		FVmin	SLU2	14.00
Flmax	1035.63	2164.21	59.90	613.40	9.22	0.00		FVmax	SLU1	1.00
Flmin	883.67	1662.54	59.90	464.12	9.22	0.00		FVmax	SLU2	2.00
Mlmax	1035.63	2164.21	59.90	613.40	9.22	0.00		FVmax	SLU1	1.00
Mlmin	725.39	1638.80	0.00	464.12	0.00	0.00		FVmin	SLU2	14.00
Ftmax	1035.63	2164.21	59.90	613.40	9.22	0.00		FVmax	SLU1	1.00
Ftmin	877.34	2140.47	0.00	613.40	0.00	0.00		FVmin	SLU1	13.00
Mtmax	1035.63	2164.21	59.90	613.40	9.22	0.00		FVmax	SLU1	1.00
Mtmin	877.34	2140.47	0.00	613.40	0.00	0.00		FVmin	SLU1	13.00
Tmax	1035.63	2164.21	59.90	613.40	9.22	0.00		FVmax	SLU1	1.00
Tmin	1035.63	2164.21	59.90	613.40	9.22	0.00		FVmax	SLU1	1.00

COMB. SISMICA										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	540.64	1985.46	343.66	505.17	65.56	0.00		FVmax	SIS17	17.00
Fvmin	327.68	1971.40	-343.66	505.17	-65.56	0.00		FVmax	SIS18	18.00
Flmax	466.10	3442.84	343.67	732.87	65.56	0.00		FVmax	SIS1	1.00
Flmin	466.10	-317.40	343.66	-82.29	65.56	0.00		FVmax	SIS3	3.00
Mlmax	466.10	3442.84	343.67	732.87	65.56	0.00		FVmax	SIS1	1.00
Mlmin	402.21	-321.63	-343.67	-82.29	-65.56	0.00		FVmax	SIS4	4.00
Ftmax	466.10	1980.56	1145.55	505.17	218.54	0.00		FVmax	SIS9	9.00
Ftmin	402.21	1976.30	#####	505.17	-218.54	0.00		FVmax	SIS10	10.00
Mtmax	466.10	1980.56	1145.55	505.17	218.54	0.00		FVmax	SIS9	9.00
Mtmin	402.21	-118.50	#####	-24.69	-218.54	0.00		FVmax	SIS12	12.00
Tmax	466.10	3442.84	343.67	732.87	65.56	0.00		FVmax	SIS1	1.00
Tmin	466.10	-317.40	343.66	-82.29	65.56	0.00		FVmax	SIS3	3.00

Tabella 20: Sollecitazioni muro frontale allo SLU e SLV

COMB. SLE-CAR										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	762.73	1599.70	0.00	453.73	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Fvmin	762.73	1599.70	0.00	453.73	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Fimax	762.73	1599.70	0.00	453.73	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Fimin	762.73	1599.70	0.00	453.73	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Mlmax	762.73	1599.70	0.00	453.73	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Mlmin	762.73	1599.70	0.00	453.73	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Ftmax	762.73	1599.70	0.00	453.73	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Ftmin	762.73	1599.70	0.00	453.73	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Mtmax	762.73	1599.70	0.00	453.73	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Mtmin	762.73	1599.70	0.00	453.73	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Tmax	762.73	1599.70	0.00	453.73	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Tmin	762.73	1599.70	0.00	453.73	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00

COMB. SLE-FREQUENTE										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	720.87	1485.03	0.00	428.55	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Fvmin	720.87	1485.03	0.00	428.55	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Fimax	720.87	1485.03	0.00	428.55	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Fimin	720.87	1485.03	0.00	428.55	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Mlmax	720.87	1485.03	0.00	428.55	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Mlmin	720.87	1485.03	0.00	428.55	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Ftmax	720.87	1485.03	0.00	428.55	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Ftmin	720.87	1485.03	0.00	428.55	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Mtmax	720.87	1485.03	0.00	428.55	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Mtmin	720.87	1485.03	0.00	428.55	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Tmax	720.87	1485.03	0.00	428.55	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Tmin	720.87	1485.03	0.00	428.55	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00

COMB. SLE-QUASI PERMANENTE										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	645.48	1383.44	0.00	407.58	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Fvmin	645.48	1383.44	0.00	407.58	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Fimax	645.48	1383.44	0.00	407.58	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Fimin	645.48	1383.44	0.00	407.58	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Mlmax	645.48	1383.44	0.00	407.58	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Mlmin	645.48	1383.44	0.00	407.58	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Ftmax	645.48	1383.44	0.00	407.58	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Ftmin	645.48	1383.44	0.00	407.58	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Mtmax	645.48	1383.44	0.00	407.58	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Mtmin	645.48	1383.44	0.00	407.58	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Tmax	645.48	1383.44	0.00	407.58	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Tmin	645.48	1383.44	0.00	407.58	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00

Tabella 21: Sollecitazioni del muro frontale per gli stati limite di esercizio

9.3.4 Sollecitazioni paraghiaia

Verifica della parete paraghiaia

Calcolo a mensola di una striscia unitaria

Larghezza muro frontale	B_MF	14.32	m
peso di volume terreno di riempimento	γ	19	kN/m ³
angolo di attrito rilevato	ϕ	35	°
coefficiente di spinta attiva	λ_0	0.271	
terreno tipo	CAT. TERR.	C	
categoria topografica	CAT. TOP.	1	
S_T		1.00	
valore max del fattore di ampl. dello spettro in acc. orizz.	F0	2.724	
acc. orizz. max al suolo attesa su sito di rif. rigido	ag	0.127	g
coefficiente di spinta (in condizioni sismiche)	λ_s	0.440	
ordinata dello spettro orizzontale	ag*S	0.190	g
altezza paraghiaia	H	2.110	m
spessore paraghiaia - quota testa spalla	s1	0.40	m
spessore paraghiaia - quota testa pavimentazione	s2	0.70	m

- AZIONI

1) SOVRACCARICO (SCHEMA DI CARICO 1) SUL RILEVATO

C5.1.3.3.7.1 Carichi verticali da traffico su rilevati e su terrapieni adiacenti al ponte

Ai fini del calcolo delle spalle, dei muri d'ala e delle altre parti del ponte a contatto con il terreno, sul rilevato o sul terrapieno si può considerare applicato lo schema di carico 1, in cui per semplicità, i carichi tandem possono essere sostituiti da carichi uniformemente distribuiti equivalenti, applicati su una superficie rettangolare larga 3,0 m e lunga 2,20 m.

In un rilevato correttamente consolidato, si può assumere una diffusione del carico con angolo di 30°.

b_l	2.2 m	larghezza di diffusione longitudinale al piano strada
b_t	3.0 m	larghezza di diffusione trasversale al piano strada
a	6.6 m ²	area di diffusione trasversale al piano strada
q0_1_2assi tandem	90.91 KN/m ²	sovraccarico a m2 a livello strada - assi tandem
q0_1_distribuito	9.00 KN/m ²	sovraccarico a m2 a livello strada - carico distribuito
q0_1	99.91 KN/m ²	sovraccarico a m2 a livello strada
σ_1	42.56 KN/m ²	spinta sovraccarico a livello strada

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

B_l	3.42 m	larghezza di diffusione longitudinale all'intradosso paraghiaia
B_t	5.44 m	larghezza di diffusione trasversale all'intradosso paraghiaia
A	18.58 m ²	area di diffusione trasversale all'intradosso paraghiaia
q0_2	35.48 KN/m ²	sovraccarico a m2 all'intradosso paraghiaia
σ_2	15.12 KN/m ²	spinta sovraccarico all'intradosso paraghiaia

S0	245 kN	Spinta totale
M0	306 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	6.33 m
S0	38.7 kN/m
M0	48.3 kNm/m

2) FRENATURA IN TESTA AL MURO PARAGHIAIA

C5.1.3.3.7.2 Carichi orizzontali da traffico su rilevati e su terrapieni adiacenti al ponte

Ai fini del calcolo delle spalle, dei muri d'ala e dei muri laterali, i carichi orizzontali da traffico sui rilevati o sui terrapieni possono essere considerati assenti.

Per il calcolo dei muri paraghiaia si deve, invece, considerare un'azione orizzontale longitudinale di frenamento, applicata alla testa del muro paraghiaia (vedi Figura C5.1.1), di valore caratteristico pari al 60% del carico asse Q_{1k} . Pertanto, in ponti di 1^a categoria si considererà un carico orizzontale di 180 kN, concomitante con un carico verticale di 300 kN, mentre in ponti di 2^a categoria si considererà un carico orizzontale di 144 kN, concomitante con un carico verticale di 240 kN.

Ipotesi di un solo asse frenante, su una ruota di impronta 40x40

Categoria ponte	1	
Q_{1k}	300 kN	
$F_l = 0.6 \cdot Q_{1k}$	180 kN	frenatura longitudinale applicata in testa alla paraghiaia
Accettando l'ipotesi di ripartizione degli sforzi a 45°, le sollecitazioni a metro lineare valgono:		
Partendo dalla dimensione trasversale dell'impronta di 40cm, si ha		
B_t	4.62 m	larghezza di diffusione trasversale all'intradosso paraghiaia
F_l/B_t	39.0 kN/m	forza di frenatura a metro lineare
$M = F_l \cdot H/B_t$	82.2 kNm/m	momento flettente allo spiccato a metro lineare

Considerando una eccentricità longitudinale dell'asse della ruota frenante rispetto al baricentro della sezione della paraghiaia, si ha:

	lato terra	lato impalcato
e	0.30	0.00 m
$M_l = Q_{1k} \cdot e$	90.0	0.0 kNm
$M_l = M_l/B_t$	19.5	0.0 kNm/m

Sommando i due contributi si ottiene quindi il momento sollecitante caratteristico

101.7	82.2 kNm/m
--------------	-------------------

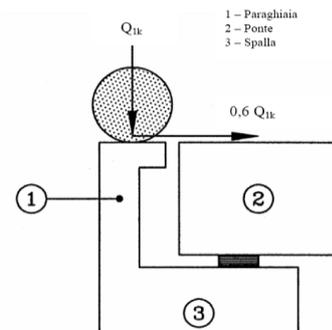


Figura C5.1.1 Carichi da traffico su muri paraghiaia

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	IV 01 00 001	A	48 di 80

VERIFICA IN FASE ESERCIZIO (SLU.1-gr2a) PARAGHIAIA

AZIONI	FATTOR	t [kN/ml]	m [kNm/ml]
SPINTA RIPOSO	1.35	24	17
SOVRACCARICO SU RILEVATO	1.0125	39	49
FRENATURA IN TESTA AL MURO	1.35	53	137
TOTALE		116	203

VERIFICA IN FASE ESERCIZIO (SLU.1-gr.1) PARAGHIAIA

AZIONI	FATTOR	t [kN/ml]	m [kNm/ml]
SPINTA RIPOSO	1.35	24	17
SOVRACCARICO SU RILEVATO	1.35	52	65
FRENATURA IN TESTA AL MURO	0.00	0	0
TOTALE		77	82

VERIFICA IN FASE SISMICA (SIS) PARAGHIAIA

AZIONI	FATTOR	t [kN/ml]	m [kNm/ml]
SPINTA ATTIVA	1.00	11	8
SOVRASPINTA SISMICA	1.00	0	0
MASSA PARAGHIAIA	1.00	4	4
TOTALE		16	13

VERIFICA IN FASE ESERCIZIO (SLE-rara.1-gr2a) PARAGHIAIA

AZIONI	FATTOR	t [kN/ml]	m [kNm/ml]
SPINTA RIPOSO	1.00	18	13
SOVRACCARICO SU RILEVATO	0.75	29	36
FRENATURA IN TESTA AL MURO	1.00	39	102
TOTALE		86	151

VERIFICA IN FASE ESERCIZIO (SLE-rara.2-gr.1) PARAGHIAIA

AZIONI	FATTOR	t [kN/ml]	m [kNm/ml]
SPINTA RIPOSO	1.00	18	13
SOVRACCARICO SU RILEVATO	1.00	39	48
FRENATURA IN TESTA AL MURO	0.00	0	0
TOTALE		57	61

VERIFICA IN FASE ESERCIZIO (SLE-frequente.1-gr2a) PARAGHIAIA

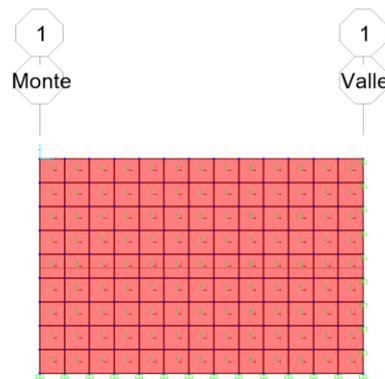
AZIONI	FATTOR	t [kN/ml]	m [kNm/ml]
SPINTA RIPOSO	1.00	18	13
SOVRACCARICO SU RILEVATO	0.00	0	0
FRENATURA IN TESTA AL MURO	0.00	0	0
TOTALE		18	13

VERIFICA IN FASE ESERCIZIO (SLE-frequente.2-gr.1) PARAGHIAIA

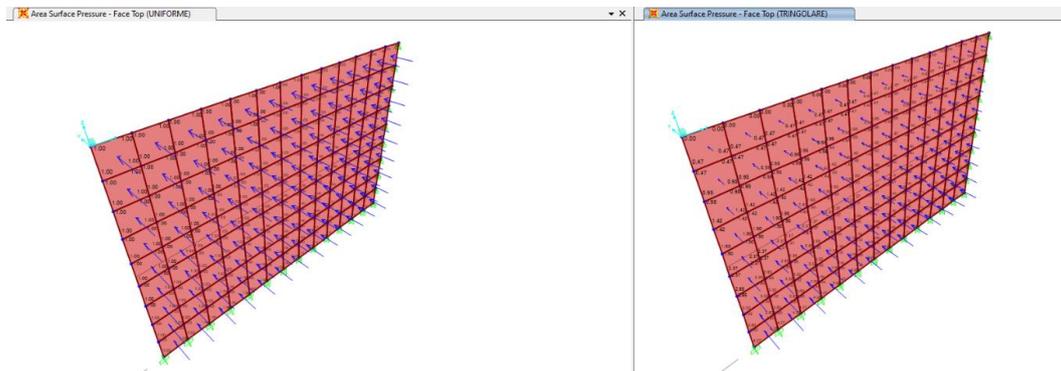
AZIONI	FATTOR	t [kN/ml]	m [kNm/ml]
SPINTA RIPOSO	1.00	18	13
SOVRACCARICO SU RILEVATO	0.75	29	36
FRENATURA IN TESTA AL MURO	0.00	0	0
TOTALE		47	49

9.3.5 Sollecitazioni muro di risvolto

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



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



I valori dei load case sono descritti nella tabella seguente:

TABLE: Case - Static 1 - Load Assignments

Case	LoadType	LoadName	LoadSF
Text	Text	Text	Unitless
DEAD	Load pattern	DEAD	1.000
So	Load pattern	TRINGOLARE	8.102
Sa	Load pattern	TRINGOLARE	5.149
Sq	Load pattern	UNIFORME	8.528
Sa,e	Load pattern	UNIFORME	13.889
Fh	Load pattern	UNIFORME	5.686

DEAD= peso proprio

So = Spinta del terreno in quiete

Sa = Spinta del terreno attiva

Sq = Spinta del terreno dovuta al sovraccarico accidentale

Sa,e= Sovraspinta sismica

Fh= Forza inerziale del muro

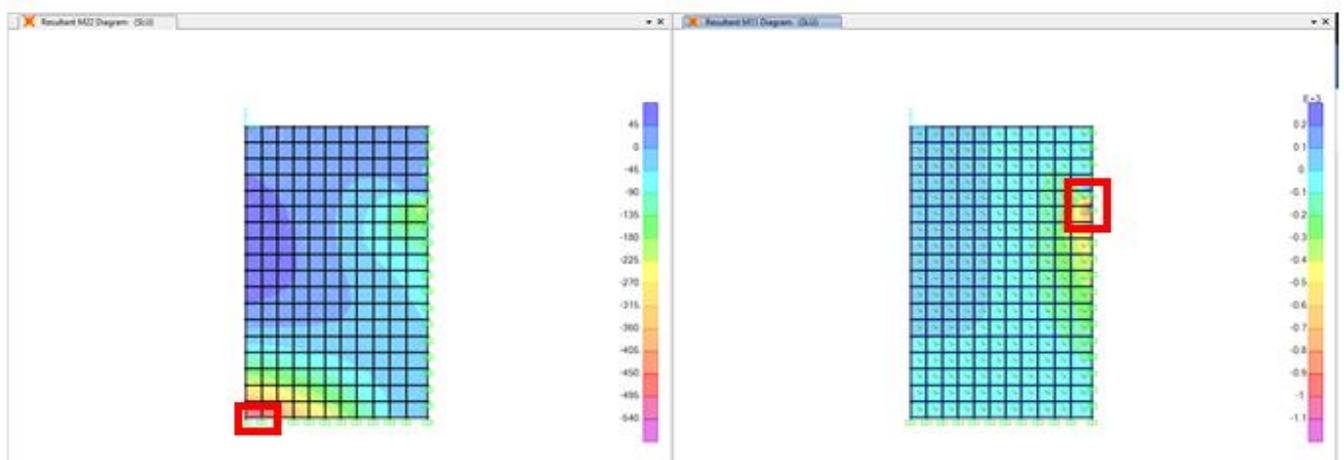
Le combinazioni sono le seguenti:

SLU : 1.35 DEAD + 1.35 So + 1.35 Sq

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

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:

	M1 [kNm]	M2[kNm]	Vmax[kN]
SLU	742	502	728
SLV	644	399	637
SLE-R	549	372	0

9.4 Verifiche

9.4.1 Verifiche palo di fondazione

Il palo viene armato con un area di acciaio pari a $\rho = 2.0\% A_c$

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	15.6	58.0
2	30.0	52.0
3	42.5	42.5
4	52.0	30.0
5	58.0	15.6
6	60.1	0.0
7	58.0	-15.6
8	52.0	-30.0
9	42.5	-42.5
10	30.0	-52.0
11	15.6	-58.0

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	IV 01 00 001	A	52 di 80

12	0.0	-60.1
13	-15.6	-58.0
14	-30.0	-52.0
15	-42.5	-42.5
16	-52.0	-30.0
17	-58.0	-15.6
18	-60.1	0.0
19	-58.0	15.6
20	-52.0	30.0
21	-42.5	42.5
22	-30.0	52.0
23	-15.6	58.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	9.9	50.0	30
2	19.5	47.1	30
3	28.3	42.4	30
4	36.1	36.1	30
5	42.4	28.3	30
6	47.1	19.5	30
7	50.0	9.9	30
8	51.0	0.0	30
9	50.0	-9.9	30
10	47.1	-19.5	30
11	42.4	-28.3	30
12	36.1	-36.1	30
13	28.3	-42.4	30
14	19.5	-47.1	30
15	9.9	-50.0	30
16	0.0	-51.0	30
17	-9.9	-50.0	30
18	-19.5	-47.1	30
19	-28.3	-42.4	30
20	-36.1	-36.1	30
21	-42.4	-28.3	30
22	-47.1	-19.5	30
23	-50.0	-9.9	30
24	-51.0	0.0	30
25	-50.0	9.9	30
26	-47.1	19.5	30
27	-42.4	28.3	30
28	-36.1	36.1	30
29	-28.3	42.4	30
30	-19.5	47.1	30
31	-9.9	50.0	30
32	0.0	51.0	30

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	IV 01 00 001	A	53 di 80

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	3186.77	1499.22	0.00	530.28	0.00
2	1649.95	1499.22	0.00	530.28	0.00
3	3280.93	1998.13	0.00	706.75	0.00
4	502.35	1998.13	0.00	706.75	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	2327.21	1094.87	0.00
2	1672.10	1094.87	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	2223.09	1040.05 (941.05)	0.00 (0.00)
2	1671.02	1040.05 (829.70)	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	2086.05	998.93 (929.49)	0.00 (0.00)
2	1669.08	998.93 (841.75)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	IV 01 00 001	A	54 di 80

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	3186.77	1499.22	0.00	3186.60	4279.40	0.00	2.86	120.2(16.5)
2	S	1649.95	1499.22	0.00	1650.00	4019.99	0.00	2.68	134.3(16.5)
3	S	3280.93	1998.13	0.00	3280.93	4292.59	0.00	2.15	120.2(16.5)
4	S	502.35	1998.13	0.00	502.10	3772.09	0.00	1.89	134.3(16.5)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.426	15.6	58.0	0.00297	0.0	51.0	-0.00471	0.0	-51.0
2	0.00350	0.369	15.6	58.0	0.00289	0.0	51.0	-0.00598	0.0	-51.0
3	0.00350	0.430	15.6	58.0	0.00297	0.0	51.0	-0.00464	0.0	-51.0
4	0.00350	0.326	15.6	58.0	0.00281	0.0	51.0	-0.00725	0.0	-51.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000075265	-0.000868251	0.426	0.973
2	0.000000000	0.000086954	-0.001546634	0.369	0.901
3	0.000000000	0.000074656	-0.000832887	0.430	0.977
4	0.000000000	0.000098566	-0.002220613	0.326	0.847

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)
Vvct	Taglio trazione resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	IV 01 00 001	A	55 di 80

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	530.28	1018.30	94.5	109.6	0.0130	2.83
2	S	530.28	803.76	94.9	108.5	0.0130	1.48
3	S	706.75	1021.81	94.2	110.4	0.0129	2.83
4	S	706.75	657.35	95.8	105.9	0.0146	0.45

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	6.93	15.6	58.0	-65.4	0.0	-51.0	948	35.3
2	S	6.82	15.6	58.0	-88.8	0.0	-51.0	1208	49.5

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00040	0	0.500	30.0	75	0.00020 (0.00020)	392	0.077 (0.20)	938.22	0.00
2	S	-0.00052	0	0.500	30.0	75	0.00027 (0.00027)	380	0.101 (0.20)	815.26	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.58	15.6	58.0	-61.7	0.0	-51.0	948	35.3
2	S	6.49	15.6	58.0	-81.2	0.0	-51.0	1164	49.5

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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	IV 01 00 001	A	56 di 80

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00038	0	0.500	30.0	75	0.00019 (0.00019)	392	0.073 (0.20)	941.05	0.00
2	S	-0.00048	0	0.500	30.0	75	0.00024 (0.00024)	375	0.091 (0.20)	829.70	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	6.31	15.6	58.0	-60.9	0.0	-51.0	948	35.3
2	S	6.24	15.6	58.0	-75.5	0.0	-51.0	1120	49.5

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	-0.00037	0	0.500	30.0	75	0.00018 (0.00018)	392	0.072 (0.20)	929.49	0.00
2	S	-0.00045	0	0.500	30.0	75	0.00023 (0.00023)	371	0.085 (0.20)	841.75	0.00

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

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

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

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

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

$$d = 60 + 2 \cdot 53 / \pi = 94 \text{ cm}$$

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

Verifica a Taglio - NTC'18 §4.1.2.3.5

Resistenza Caratteristica Calcestruzzo	R _{ck}	30	M Pa
Resistenza Caratteristica Acciaio	f _{yk}	450	M Pa
Taglio di progetto	V _{Ed}	1.00	kN
<u>Caratteristiche Sezione</u>			
Base Sezione	b	94	cm
Altezza Sezione	h	120	cm
Copriferro	c	7	cm
Altezza utile	d	94	cm
Diametro Staffe	Ø	10	mm
Passo Staffe	s	15	cm
Bracci	n	2	-

Caratteristiche Materiali

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	IV 01 00 001	A	57 di 80

Armatura Longitudinale Superiore	$A_{sl,sup}$	127.42	cm ²
Armatura Longitudinale Inferiore	$A_{sl,inf}$	127.42	cm ²
Coefficiente sicurezza	γ_c	1.5	-
Resistenza caratteristica	f_{ck}	24.90	M Pa
Resistenza di progetto	f_{cd}	14.11	M Pa
Resistenza a compressione ridotta	f'_{cd}	7.06	M Pa
Carico Assiale	N_{Ed}	0	kN
Tensione di Compressione	σ_{cp}	0	M Pa
Resistenza di progetto acciaio	f_{ywd}	391.3	M Pa
<u>Elemento non armato</u>			
Coefficiente Maggiorativo	α_C	1	-
Area staffe	A_{sw}	1.6	cm ²
Area staffe	A_{st}	10	cm ² /m
Coefficiente di altezza	k	1.46	-
Rapporto armatura tesa	ρ_l	0.011	-
Resistenza a taglio senza Armatura	V_{Rd1}	468.4	kN
<u>Elemento Armato</u>			
Angolo inclinazione puntone di calcolo	$ctg(\theta)$	3.89	-
Angolo inclinazione puntone assunto	$ctg(\theta)$	2.50	-
Resistenza a taglio dell'acciaio	V_{Rsd}	864.3	kN
Resistenza a taglio del calcestruzzo	V_{Rcd}	1924.0	kN
Resistenza della sezione a taglio	V_{Rd}	864.3	kN
Coefficiente di sicurezza	V_{Rd}/V_{Ed}	864.3	-

Il taglio massimo sul palo, risulta in condizioni sismiche $V_{sd} = 752$ kN

$V_{sd} = 752$ kN < $V_{rd} = 864$ kN verifica soddisfatta.

9.4.2 Verifiche plinto di fondazione

9.4.2.1 Sbalzo anteriore

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

Via Wenner Spalla A Mobile				
Descrizione (Parametro/Caratteristica)		Formule	Unità	Valore
Meccanismo 1				
1	Diametro armatura resistente	φ	mm	24
2	Area dell'armatura resistente a trazione	A_s	mm ²	452
3	Numero di ferri	n_w	-	10
4	Profondità dell'elemento	b	mm	1000
5	Altezza elemento	h	mm	2000
6	Resistenza caratteristica del calcestruzzo	f_{ck}	Mpa	25
7	Coefficiente di sicurezza sul calcestruzzo	γ_c	-	1.5
8	Coeff. riduttivo per le resistenze di lunga durata	α_{cc}		0.85
9	Resistenza caratteristica dell'acciaio	f_{yk}	MPa	450
10	Coefficiente di sicurezza sull'acciaio	γ_a	-	1.15
11	Resistenza di calcolo del calcestruzzo	f_{cd}	MPa	14.17
12	Resistenza di calcolo dell'acciaio	f_{yd}	MPa	391
13	Forza Assiale nel nodo 1	P_{Ed}	kN	3281
14	Forza Orizzontale nel nodo 1	H_{Ed}	kN	0
15	Altezza utile dell'armatura	d	mm	1948
16	Braccio della forza di applicazione	a	mm	350
17	Proiez. Orizz. lunghezza del puntone	l	mm	740
18	Coefficiente di Geometria	λ		0.42
19	Inclinazione del Puntone	ψ	rad	1.17
20	Coefficiente di armatura a taglio	c	-	1
21	Resistenza dell'armatura	$P_{R,s}$	kN	4196
22	Coefficiente di Sicurezza $P_{R,s}$	$P_{R,s} / P_{Ed}$		1.28
23	Verifica 1	$P_{R,s} > P_{Ed}$		OK
24	Resistenza del calcestruzzo	$P_{R,c}$	kN	9371
25	Verifica 2	$P_{R,c} > P_{R,s}$		OK

9.4.2.2 Sbalzo posteriore

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

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

	N	Mx	Vy
	kN	kNm	kN
SLU	0	-264	529
SLV	0	-1213	317
SLE-R	0	-257	0
SLE-FR	0	-294	0
SLEQP	0	-343	0

Questi valori si ottengono dalla differenza dei momenti indotti dal peso proprio del rinterro più il peso proprio della mensola (M1) e le reazioni dei pali che si possono vedere nelle Tabella 18 e Tabella 19 (M2); opportunamente coefficientati per ogni combinazione:

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

Dove:

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

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

$$l = \text{lunghezza mensola} = 5.6 \text{ m}$$

$$M2 = \sum N_i B_i$$

Dove:

N_i = reazione i-esimo palo

B_i = distanza dell'i-esimo palo dalla sezione di verifica (vedi Figura 9: Disposizione Pali)

Si riporta di seguito la verifica eseguita per il plinto di fondazione, armato con $\phi 24/20$ superiormente e $2 \times \phi 24/20$ inferiormente.

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00	daN/cm 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:	C25/30	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	200.0
3	50.0	200.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-40.0	6.4	24
2	40.0	6.4	24
3	-40.0	193.6	24
4	40.0	193.6	24
5	-40.0	11.2	24
6	40.0	11.2	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	IV 01 00 001	A	61 di 80

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	24
2	3	4	3	24
3	5	6	3	24

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	-264.06	0.00	528.56	0.00
2	0.00	-1212.83	0.00	317.07	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	-257.22	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	-293.99 (-1899.02)	0.00 (0.00)

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

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



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	IV 01 00 001	A	62 di 80

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-343.06 (-1899.02)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.4 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-264.06	0.00	0.00	-1705.30	0.00	6.46	45.2(28.5)
2	S	0.00	-1212.83	0.00	0.00	-1705.30	0.00	1.41	45.2(28.5)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00313	0.044	-50.0	0.0	0.00080	-40.0	6.4	-0.06750	-40.0	193.6
2	0.00313	0.044	-50.0	0.0	0.00080	-40.0	6.4	-0.06750	-40.0	193.6

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000364830	0.003131111	0.044	0.700
2	0.000000000	-0.000364830	0.003131111	0.044	0.700

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	IV 01 00 001	A	63 di 80

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	528.56	551.96	193.0	100.0	0.0023	0.00
2	S	317.07	551.96	193.0	100.0	0.0023	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	0.73	50.0	0.0	-61.7	20.0	193.6	1600	22.6

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00032	0	0.500	24.0	52	0.00019 (0.00019)	465	0.086 (0.20)	-1899.02	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.83	-50.0	0.0	-70.6	20.0	193.6	1600	22.6

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



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	IV 01 00 001	A	64 di 80

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00037	0	0.500	24.0	52	0.00021 (0.00021)	465	0.099 (0.20)	-1899.02	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	0.97	-50.0	0.0	-82.3	20.0	193.6	1600	22.6

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00043	0	0.500	24.0	52	0.00025 (0.00025)	465	0.115 (0.20)	-1899.02	0.00

9.4.3 Verifiche muro frontale

Viene verificata la sezione di incastro con la platea di fondazione. Nella determinazione dei momenti flettenti di verifica il muro frontale viene considerato come una mensola incastrata nella platea di fondazione, trascurando a favore di sicurezza gli effetti dovuti alla eventuale presenza dei muri di risvolto. Si verifica la sezione solo per le sollecitazioni più gravose di quelle riportate in Tabella 20 e Tabella 21. La sezione armata con $2x\phi 22/20$ controterra e $\phi 14/20$ lato esterno.

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	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

DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ [mm]
1	-40.0	6.3	22

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	IV 01 00 001	A	66 di 80

2	40.0	6.3	22
3	-40.0	214.1	14
4	40.0	214.1	14
5	-40.0	10.7	22
6	40.0	10.7	22

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
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
3	5	6	3	22

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	6.3
11	0.0	213.7

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	1036.00	2164.00	0.00	613.00	0.00
2	541.00	1985.00	0.00	733.00	0.00
3	175.00	206.00	0.00	-153.00	0.00
4	135.00	157.00	0.00	-108.00	0.00

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



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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	IV 01 00 001	A	67 di 80

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	763.00	1600.00	0.00
2	135.00	156.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	721.00	1485.00 (3266.13)	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	645.00	1383.00 (3238.11)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.2 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)
As Tesa Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	IV 01 00 001	A	68 di 80

1	N	1036.00	2164.00	0.00	1036.04	4126.66	0.00	1.89	38.0(38.4)
2	N	541.00	1985.00	0.00	540.78	3635.71	0.00	1.83	38.0(38.4)
3	N	175.00	206.00	0.00	175.04	3264.98	0.00	15.50	38.0(38.4)
4	N	135.00	157.00	0.00	134.99	3223.96	0.00	20.06	38.0(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	0.00350	0.071	-50.0	220.0	0.00204	-40.0	213.7	-0.04590	-40.0	6.3
2	0.00350	0.056	-50.0	220.0	0.00167	-40.0	213.7	-0.05851	-40.0	6.3
3	0.00335	0.047	-50.0	220.0	0.00126	-40.0	213.7	-0.06750	-40.0	6.3
4	0.00329	0.046	-50.0	220.0	0.00120	-40.0	213.7	-0.06750	-40.0	6.3

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000231148	-0.047352546	0.071	0.700
2	0.000000000	0.000290151	-0.060333294	0.056	0.700
3	0.000000000	0.000331544	-0.069588730	0.047	0.700
4	0.000000000	0.000331266	-0.069586973	0.046	0.700

VERIFICHE A TAGLIO

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

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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	IV 01 00 001	A	69 di 80

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	N	613.00	6130.60	2114.95	212.4	100.0	2.500	1.026	3.3	11.3(3.8)
2	N	733.00	6056.45	2114.95	212.4	100.0	2.500	1.014	3.9	11.3(3.8)
3	N	153.00	6001.62	2114.95	212.4	100.0	2.500	1.004	0.8	11.3(3.8)
4	N	108.00	5995.62	2114.95	212.4	100.0	2.500	1.003	0.6	11.3(3.8)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.74	-50.0	220.0	-129.2	20.0	6.3	2103	38.0
2	S	0.35	-50.0	220.0	-7.0	20.0	6.3	2150	38.0

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00067	0	0.500	22.0	52	0.00039 (0.00039)	384	0.149 (0.20)	3253.41	0.00
2	S	-0.00004	0	0.500	22.0	52	0.00002 (0.00002)	388	0.008 (0.20)	3943.27	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.47	-50.0	220.0	-118.6	20.0	6.3	2100	38.0

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	-0.00062	0	0.500	22.0	52	0.00036 (0.00036)	383	0.136 (0.20)	3266.13	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	D78CL	IV 01 00 001	A	70 di 80

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.23	-50.0	220.0	-113.2	20.0	6.3	2100	38.0

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	-0.00059	0	0.500	22.0	52	0.00034 (0.00034)	383	0.130 (0.20)	3238.11	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	D78CL	IV 01 00 001	A	72 di 80

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	8	18
2	3	4	3	14

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	203.00	0.00	116.00	0.00
2	0.00	13.00	0.00	77.00	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	151.00	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	13.00 (98.72)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.1 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.2 cm



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	D78CL	IV 01 00 001	A	73 di 80

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	Norale 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	203.00	0.00	0.00	295.03	0.00	1.45	25.4(5.8)
2	S	0.00	13.00	0.00	0.00	295.03	0.00	22.69	25.4(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	0.00104	0.347	-50.0	40.0	0.00052	-40.0	34.1	-0.00196	-45.0	6.1
2	0.00104	0.347	-50.0	40.0	0.00052	-40.0	34.1	-0.00196	-45.0	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	0.000088374	-0.002495580	0.347	0.874
2	0.000000000	0.000088374	-0.002495580	0.347	0.874

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	116.00	205.01	33.0	100.0	0.0077	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	D78CL	IV 01 00 001	A	74 di 80

2 S 77.00 205.01 33.0 100.0 0.0077 0.00

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

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm 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	7.56	-50.0	40.0	-200.1	35.0	6.1	900	25.4

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00128	0	0.500	18.0	52	0.00063 (0.00060)	285	0.178 (0.20)	98.72	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.65	50.0	40.0	-17.2	35.0	6.1	900	25.4

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	-0.00011	0	0.500	18.0	52	0.00005 (0.00005)	285	0.015 (0.20)	98.72	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	D78CL	IV 01 00 001	A	76 di 80

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	20
2	3	4	3	20
3	5	6	3	20

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	6.2
11	0.0	113.8

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	742.00	0.00	-728.00	0.00
2	0.00	644.00	0.00	-637.00	0.00
3	235.00	502.00	0.00	-360.00	0.00
4	174.00	399.00	0.00	-279.00	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	549.00	0.00
2	174.00	372.00	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	D78CL	IV 01 00 001	A	77 di 80

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.2 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.0 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 4.0 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	742.00	0.00	0.00	1244.97	0.00	1.68	31.4(19.7)
2	S	0.00	644.00	0.00	0.00	1244.97	0.00	1.93	31.4(19.7)
3	S	235.00	502.00	0.00	235.17	1355.81	0.00	2.69	31.4(20.9)
4	S	174.00	399.00	0.00	173.91	1327.18	0.00	3.31	31.4(20.9)

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	0.00052	0.219	-50.0	120.0	0.00039	-40.0	113.8	-0.00186	-40.0	6.2
2	0.00052	0.219	-50.0	120.0	0.00039	-40.0	113.8	-0.00186	-40.0	6.2
3	0.00058	0.238	50.0	120.0	0.00045	40.0	113.8	-0.00186	-40.0	6.2
4	0.00057	0.233	50.0	120.0	0.00043	40.0	113.8	-0.00186	-40.0	6.2

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	0.000020953	-0.001993239	0.219	0.713
2	0.000000000	0.000020953	-0.001993239	0.219	0.713



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	D78CL	IV 01 00 001	A	78 di 80

3	0.000000000	0.000021483	-0.001996528	0.238	0.737
4	0.000000000	0.000021347	-0.001995686	0.233	0.731

VERIFICHE A TAGLIO

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

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Ved Taglio di progetto [kN] = proiezz. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
 Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[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	N	728.00	3179.00	1125.18	113.0	100.0	2.500	1.000	7.3	11.3(3.8)
2	N	637.00	3179.00	1125.18	113.0	100.0	2.500	1.000	6.4	11.3(3.8)
3	N	360.00	3213.34	1125.18	113.0	100.0	2.500	1.011	3.6	11.3(3.8)
4	N	279.00	3204.43	1125.18	113.0	100.0	2.500	1.008	2.8	11.3(3.8)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.52	-50.0	120.0	-173.1	20.0	6.2	2048	31.4
2	S	2.49	-50.0	120.0	-92.0	20.0	6.2	2048	31.4

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

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm
 Esito della verifica
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
 k2 = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
 Cf Coprifero [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]



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	D78CL	IV 01 00 001	A	79 di 80

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00088	0	0.500	20.0	52	0.00049 (0.00049)	398	0.197 (0.20)	835.17	0.00
2	S	-0.00047	0	0.500	20.0	52	0.00026 (0.00026)	398	0.105 (0.20)	925.38	0.00

10 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	
-			
Pali	0.00	1.20	170
Fondazione Spalle	2.00	1.00	100
Elevazione Spalle	var	1.00	100