

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

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

NW NUOVA VIABILITA'

NW01 - PONTE FOSSO FRESTOLA  
SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

SCALA:

-

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

NN1X 00 D 78 CL NW0100 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Da
A	Emissione Esecutiva	A. Polastri	Sett.2020	G. Romano	Sett.2020	M. D'Amico	Sett.2020	D. Tiberti

ITALFERR S.p.A.  
Gruppo Ferrovie dello Stato  
Direzione Generale  
UO Infrastrutture Sud  
Dott. Jacopo Tiberti  
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 4089

File: NN1X00D78CLNW0100002A.doc

n. Elab.:

## INDICE

1	GENERALITÀ.....	4
1.1	PREMESSA .....	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	6
2.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	<b>ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.</b>
3	MATERIALI .....	7
3.1.1	<i>Calcestruzzo per fondazioni e pali</i> .....	7
3.2	CALCESTRUZZO PER ELEVAZIONE SOTTOSTRUTTURE .....	8
3.3	ACCIAIO B450C .....	9
3.4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....	<b>ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.</b>
4	AZIONE SISMICA (E).....	10
4.1.1	<i>Valutazione dei parametri di pericolosità</i> .....	10
5	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	13
6	ANALISI DEI CARICHI .....	14
6.1	CARICHI DALL'IMPALCATO (SL) .....	14
6.2	PERMANTI (G1) .....	14
6.3	SPINTA DEL SOVRACCARICO ACCIDENTALE IN CONDIZIONI STATICHE (Q1).....	15
6.3.1	<i>Sovrappinta sismica</i> .....	16
6.3.2	<i>Inerzia terrapieno</i> .....	18
6.3.3	<i>Inerzie strutturali</i> .....	18
7	CRITERI DI VERIFICA .....	20
7.1	CRITERI DI VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO.....	20
7.1.1	<i>Verifica di resistenza a presso-flessione</i> .....	20
7.1.2	<i>Verifica di resistenza a taglio</i> .....	20
7.2	CRITERI DI VERIFICA ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO .....	20
7.2.1	<i>Verifica a fessurazione</i> .....	20
7.2.2	<i>Verifica per le tensioni in esercizio</i> .....	21

8	CALCOLO SPALLA B.....	22
8.1.1	<i>Spinte sulla spalla in condizioni statiche.....</i>	30
8.1.2	<i>Azioni in condizioni statiche trasmesse dall'impalcato.....</i>	30
8.1.3	<i>Spinte sulla spalla in condizioni sismiche .....</i>	31
8.1.4	<i>Azioni in condizione sismica trasmesse dall'impalcato.....</i>	31
8.2	COMBINAZIONI.....	32
8.3	SOLLECITAZIONI.....	36
8.3.1	<i>Sollecitazioni base plinto.....</i>	36
8.3.2	<i>Sollecitazioni in testa palo.....</i>	38
8.3.3	<i>Sollecitazioni muro frontale .....</i>	43
8.3.4	<i>Sollecitazioni paraghiaia.....</i>	45
8.3.5	<i>Sollecitazioni muro di risvolto.....</i>	48
8.4	VERIFICHE.....	50
8.4.1	<i>Verifiche palo di fondazione.....</i>	50
8.4.2	<i>Verifiche plinto di fondazione.....</i>	57
8.4.3	<i>Verifiche muro frontale .....</i>	63
8.4.4	<i>Verifiche paraghiaia.....</i>	68
8.4.5	<i>Verifiche muro di risvolto.....</i>	72
9	INCIDENZE.....	76

## 1 GENERALITÀ

### 1.1 Premessa

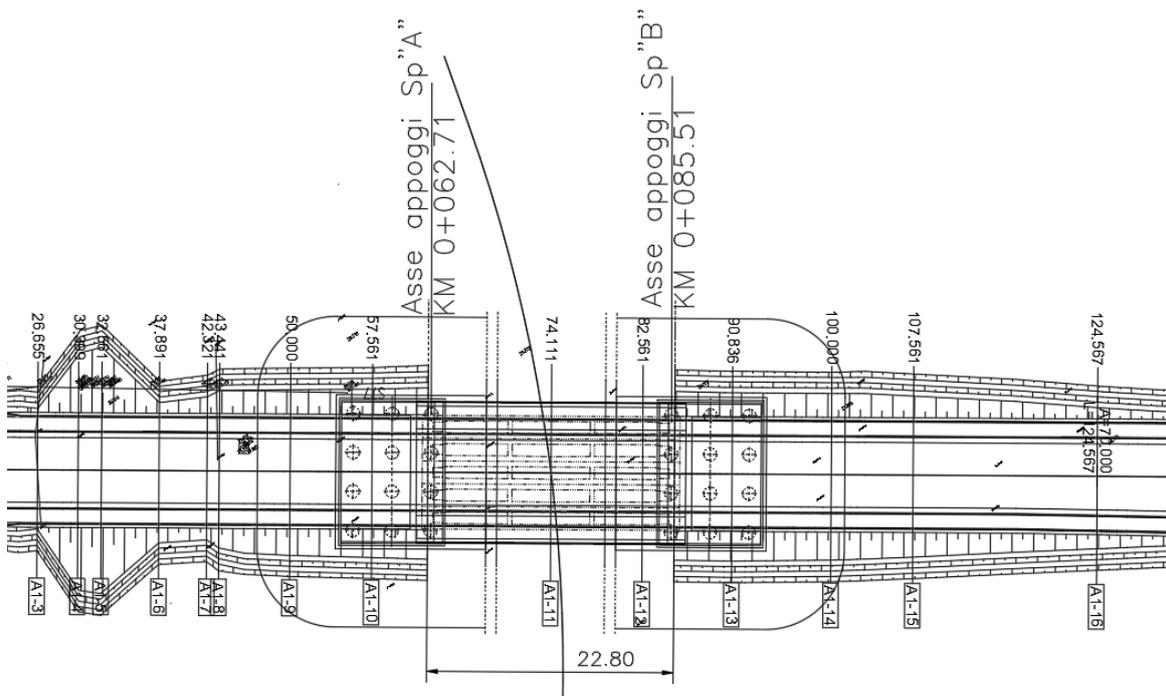
Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo del corpo stradale ferroviario, delle opere d'arte e delle opere interferite relative alla tratta Arechi - Pontecagnano Aeroporto per il completamento della Metropolitana di Salerno Linea Salerno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

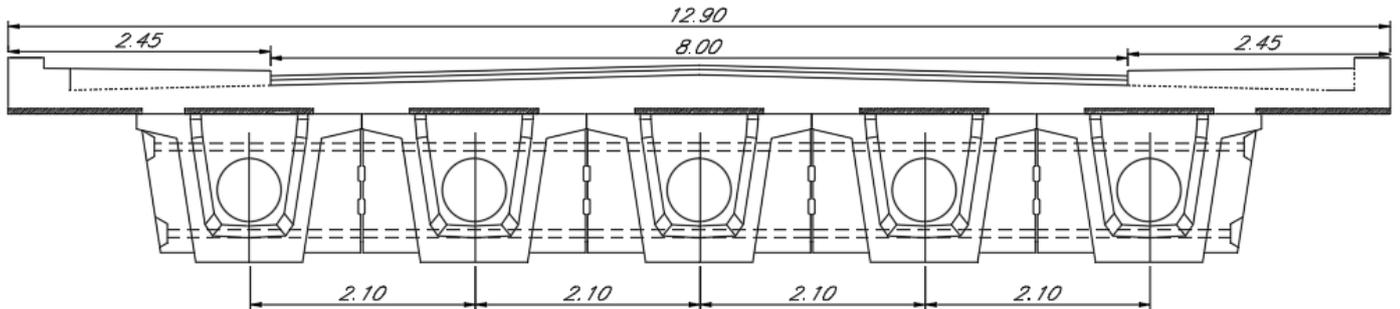
Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le disposizioni vigenti in Italia e con riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio nazionale, secondo il DM 17 gennaio 2018.

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. 14/01/2008, 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 B (Figura 1) del cavalcaferrovia sul fosso Frestola.



**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.

## 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

I documenti che verranno richiamati nel seguito sono:

- Rif. [1] Relazione geotecnica – NN1X00D78RHIV0100001A  
Rif. [2] Impalcato – Relazione di calcolo – NN1X00D78CLIV0100003A

### 3 MATERIALI

#### 3.1 Calcestruzzo per fondazioni e pali

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

Classe d'esposizione: XC2

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

Classe minima di consistenza: S4

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

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

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

### 3.2 Calcestruzzo per elevazione sottostrutture

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

Classe d'esposizione: XC4+XS1

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

Classe minima di consistenza: S4

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

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

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



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	9 di 76

### 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  $C_u$ :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

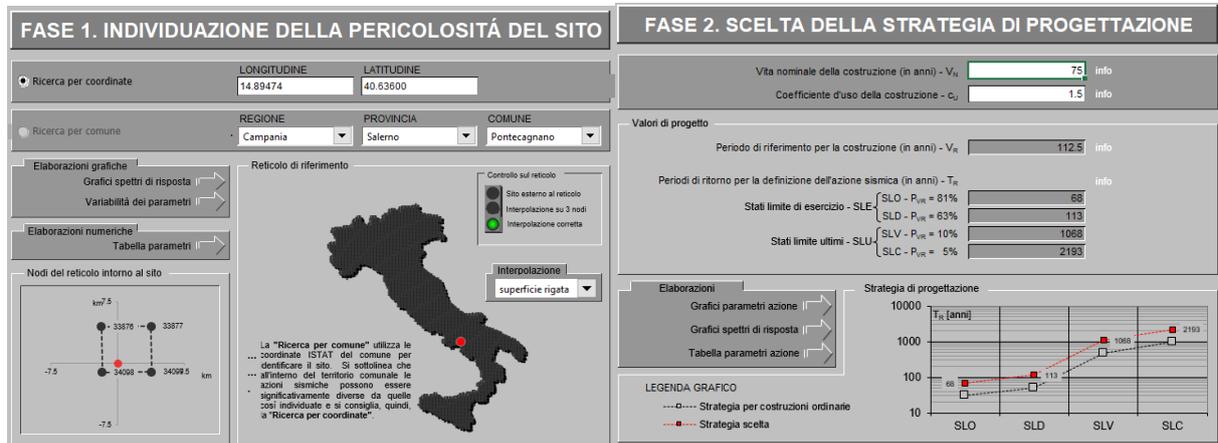
Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a  $V_R = 75 \times 1.5 = 112.5$  anni

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	2.450	0.343
SLD	113	0.063	2.518	0.371
SLV	1068	0.131	2.705	0.478
SLC	2193	0.158	2.785	0.520

**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):

**Punti dello spettro di risposta**

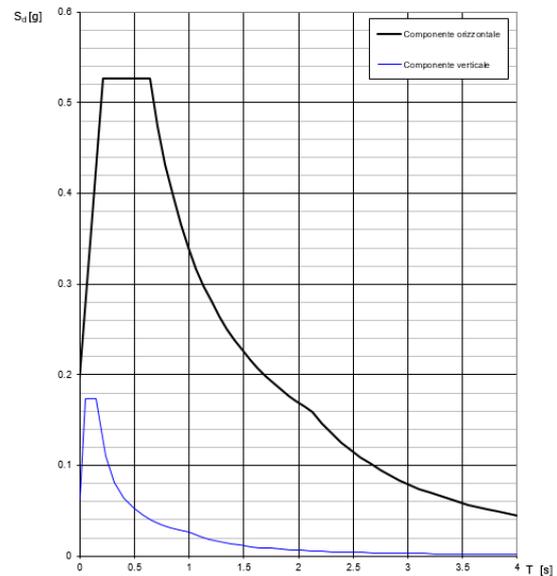
	T [s]	Se [g]
	0.000	0.195
$T_B \leftarrow$	0.214	0.527
$T_C \leftarrow$	0.641	0.527
	0.711	0.475
	0.782	0.432
	0.853	0.396
	0.923	0.366
	0.994	0.340
	1.064	0.317
	1.135	0.298
	1.206	0.280
	1.276	0.265
	1.347	0.251
	1.418	0.238
	1.488	0.227
	1.559	0.217
	1.630	0.207
	1.700	0.199
	1.771	0.191
	1.842	0.183
	1.912	0.177
	1.983	0.170
	2.053	0.164
$T_D \leftarrow$	2.124	0.159
	2.213	0.146
	2.303	0.135
	2.392	0.125
	2.481	0.117

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.131 g
$F_0$	2.705
$T_C$	0.478 s
$S_S$	1.487
$C_C$	1.339
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

S	1.487
$\eta$	1.000
$T_B$	0.214 s
$T_C$	0.641 s
$T_D$	2.124 s

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

## 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 B poggia su 12 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.

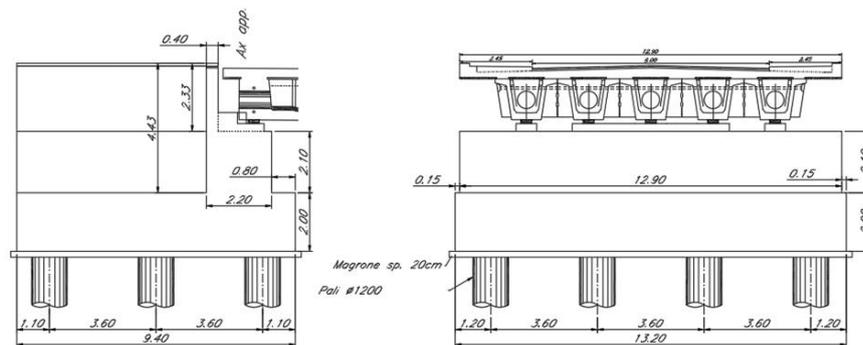


Figura 3: Spalla B – sezioni

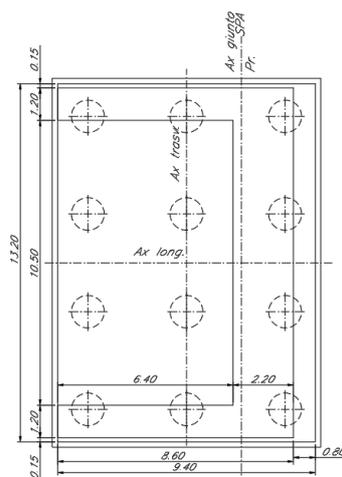


Figura 4: Spalla B – Pianta

## 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)

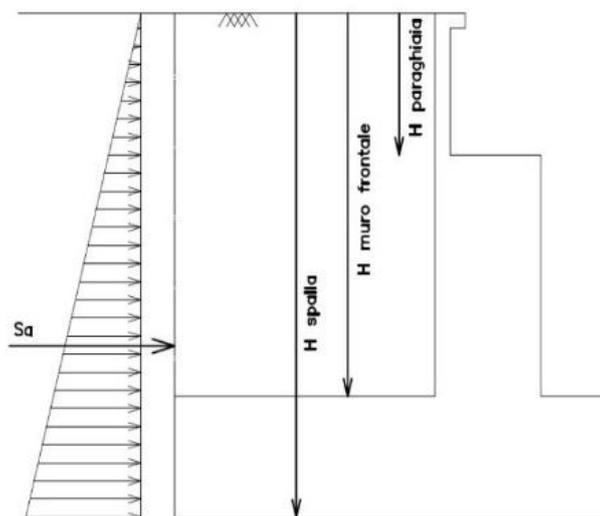
I pesi degli elementi strutturali sono dedotti utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a  $25 \text{ kN/m}^3$ , e a tergo della spalla, applicato sulla zattera posteriore, viene considerato un carico pari al peso del rinterro calcolato con un peso di volume pari a  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$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

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

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

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

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

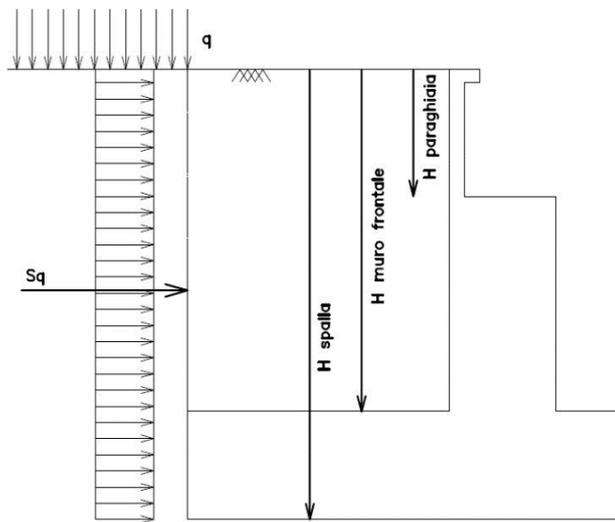


**Figura 5: Spinta in quiete del terreno**

### 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:  $S_q = Q H k_0$

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



**Figura 6: Spinta statica sovraccarico accidentale**

### 6.3.1 Sovrappinta sismica

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

Table C.1 — Ratios  $v_d/h$

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

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

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

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

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

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

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

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

$\phi$  = angolo di attrito interno del terreno

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

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

$\delta$  = angolo di attrito terra-muro

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

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

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

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

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

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

A seguito della verifica della entità degli spostamenti, pari a 2.2cm (come desumibile dalla Relazione Geotecnica Rif. [1] alla quale si rimanda per maggiori dettagli) e quindi superiori al limite di cui alla relazione  $v/h = 2.2/643 \cdot 100 = 0.34\% > 0.05\%$ , si conferma la correttezza dell'ipotesi di calcolo delle spinte come somma della spinta attiva in condizioni statiche e dell'incremento di spinta attiva in condizioni sismiche.



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	18 di 76

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:

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

## 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 B

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

PLINTO													
l [m]	h [m]	t [m]	θ plinto [°]	p [m]	f [m]	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m <sup>3</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	P [KN]	m [t]	
9.40	2.00	13.20	0.00	6.40	0.80	4.700	0.00	1.00	0.00	248.16	6'204	632	

MURO FRONTALE													
li [m]	h [m]	ls [m]	t [m]	e [m]	et [m]	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m <sup>3</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	P [KN]	m [t]	
2.20	2.10	2.20	12.90	0.60	0.00	1.900	0.00	3.05	0.00	59.60	1'490	152	

PARAGHIAIA													
l [m]	h [m]	hi [m]	t [m]	el [m]	et [m]	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m <sup>3</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	P [KN]	m [t]	
0.40	2.16	0.00	12.90	0.00	0.00	2.80	0.00	5.18	0.00	11.15	279	28	

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

TERRENO DI RIEMPIMENTO													
li [m]	h [m]	ls [m]	t [m]	et [m]	pos	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m <sup>3</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	P [KN]	m [t]	
6.40	4.26	6.40	10.80	0.00	sym	6.20	0.00	4.12	0.00	294.45	5'595	570	

MURI LATERALI DI RISVOLTO													
li [m]	h [m]	ls [m]	t [m]	et [m]	n°	pos	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m <sup>3</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	P [KN]	m [t]
6.40	4.260	6.400	1.200	0.00	2	sym	6.20	0.00	4.12	0.00	65.43	1'636	167

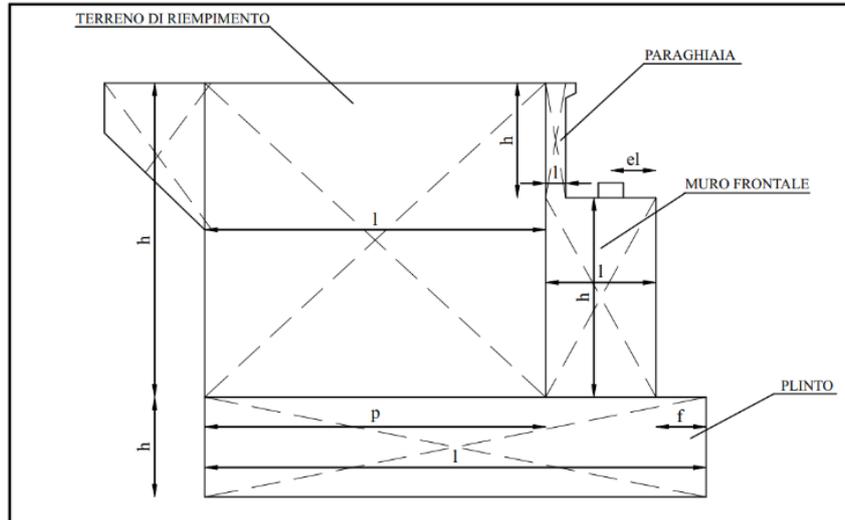
  

BANDIERA														
l [m]	ht [m]	hi [m]	t [m]	eh [m]	et [m]	n°	pos	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m <sup>3</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	P [KN]	m [t]
0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	2	sym	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0

TERRENO DI RICOPRIMENTO													
l [m]	h [m]	t [m]	bl [m]	bh [m]	ΔV [m <sup>3</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	P [KN]	m [t]					
0.80	2.10	13.20	0.40	3.05	0.00	22.18	421	43					

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

SISMA					
$g$ [m/sec <sup>2</sup> ]	$a_{g0}$ [g]	$\sigma_H$ [g]	$\sigma_V$ [g]	$a_H$ [m/sec <sup>2</sup> ]	$a_V$ [m/sec <sup>2</sup> ]
9.81	0.131	0.19	0.07	1.91	0.64

SOVRACCARICO PERMANENTE				SOVRACCARICO ACCIDENTALE - TRAFFICO			
$B(q)$ [m]	$q$ [KN/m <sup>2</sup> ]	$b_l$ [m]	$F_v$ [kN]	$B(q)$ [m]	$q$ [KN/m <sup>2</sup> ]	$F_v$ [kN]	$L(fr)$ [m]
8	2.5	6.2	128.00	8	20	1024	10.86

**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 B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	24 di 76

**Direzione Longitudinale**

H [m]	H1 [m]	Hma [m]	t [m]	tma [m]
6.26	4.26	0	12.9	0

	SPINTA RIPOSO				
	$\lambda_0$	$F_{0h}$ [kN]	$F_{0v}$ [kN]	$F_0$ [kN]	bh [m]
TERRENO	0.4	2048	0	2048	2.09
PERM	0.4	53	0	53	3.13
ACC	0.4	427	0	427	3.13

	SPINTA ATTIVA				SOVRASPINTA SISMICA GLOBALE - dir longitudinale					
	$\lambda_a$	$F_{ah}$ [kN]	$F_a$ [kN]	bh [m]	verso il basso SV(+)			verso l'alto SV(-)		
					$\lambda_s$	F [kN]	$\Delta F$ [kN]	$\lambda_s$	F [kN]	$\Delta F$ [kN]
TERRENO	0.27	1301	1301	2.09	0.447	2148	847	0.342	1644	342
PERM	0.27	34	34	3.13	0.447	56	22	0.342	43	9
ACC	0.27	271	271	3.13	0.447	448	177	0.342	343	71

**Direzione Trasversale**

	n°	pos	segno	H [m]	l [m]	SPINTA RIPOSO				
						$\lambda_0$	$F_{0h}$ [kN]	$F_{0v}$ [kN]	$F_0$ [kN]	bh [m]
risvolti	2	sym	0	4.26	6.4	0.426	0	0	0	3.42
bandiere	2	sym	0	0	0	0.426	0	0	0	6.26
risvolti_sovr.						0.426	0	0	0	4.13
bandiere_sovr.						0.426	0	0	0	6.26

	SPINTA ATTIVA				SOVRASPINTA SISMICA GLOBALE - dir trasversale					
	$\lambda_a$	$F_{ah}$ [kN]	$F_a$ [kN]	bh [m]	verso il basso SV(+)			verso l'alto SV(-)		
					$\lambda_s$	F [kN]	$\Delta F$ [kN]	$\lambda_s$	F [kN]	$\Delta F$ [kN]
risvolti	0.271	0	0	3.42	0.447	0	0	0.342	0	0
bandiere	0.271	0	0	6.26	0.447	0	0	0.342	0	0
risvolti_sovr.	0.271	0	0	4.13	0.447	0	0	0.342	0	0
bandiere_sovr.	0.271	0	0	6.26	0.447	0	0	0.342	0	0

**Tabella 7: Parametri caratteristici delle azioni**

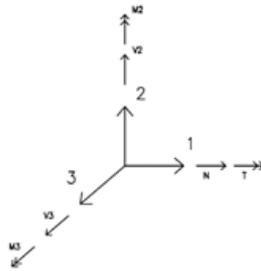
Il calcolo dei coefficienti di spinta, in condizioni attive/passive di rottura, viene riportato all'interno della Tabella 8:

**Spinta sismica del terreno - NTC 2018**

Terreno tipo	C		
Categoria topografica	1		▲
$F_0$	$F_0$	2.705	
accelerazione orizzontale massima al suolo attesa su sito di riferimento rigido	$a_g$	0.131	g
	$S_S$	1.487	
	$S_T$	1	
	$S$	1.487387	
accelerazione orizzontale massima attesa	$a_{max}=S*a_g$	0.194848	
spostamenti del muro ammessi	no		▲
	$\beta_m$	1	▲
coefficiente sismico orizzontale	$k_h=\beta_m*a_{max}$	0.195	
coefficiente sismico verticale	$k_v=0.5*k_h$	0.097	
Verso dell'azione sismica		verso basso	verso l'alto
	(-1/+1)	1	-1
	$k_h/(1 \pm k_v)$	0.216	0.178
Angolo di attrito del terreno	$\varphi$	35	°
Coefficiente parziale per l'angolo di attrito	$\gamma_{\varphi}$	1	
Angolo di attrito di progetto del terreno	$\varphi_d$	35	°
inclinazione della parete del muro rivolta a monte	$\psi=\alpha$	90	° ▲
inclinazione della superficie del terrapieno	$\beta$	0	° ▲
Angolo di attrito tra muro e terreno	$\delta$	0	°
Angolo di attrito di progetto tra muro e terreno	$\delta_d$	0	°
	$\theta$ (°)	12.18	10.07
	$\varphi_d - \theta$ (°)	22.82	24.93
Coefficiente di spinta attiva	$K_a$	0.271	
Coefficiente di spinta passiva	$K_p$	3.690	
Coefficiente di spinta (statico + dinamico), per stati attivi	$K_{AE}$	0.408	0.379
Coefficiente di spinta in condizioni sismiche, per stati attivi	$(1 \pm k_v)*K_{AE}$	0.447	0.342
Coefficiente di spinta (statico + dinamico), per stati passivi	$K_{PE}$	3.251	3.333
Coefficiente di spinta in condizioni sismiche, per stati passivi	$(1 \pm k_v)*K_{PE}$	3.568	3.009

**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
SB	0.00	SLU	Combination	Max	-6395	0	94	0	0	0	SA-1	0.00
SB	0.00	SLU	Combination	Max	-6395	0	94	0	0	0	SA-1	0.05
SB	0.00	SLU	Combination	Min	-4343	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SB	0.00	SLU	Combination	MIn	-4343	0	0	0	0	0	SA-1	0.05
SB	0.00	Ex	LinRespSpec	Max	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SB	0.05	Ex	LinRespSpec	Max	0	0	0	0	0	0	SA-1	0.05
SB	0.00	Ey	LinRespSpec	Max	0	0	1812	0	0	0	SA-1	0.00
SB	0.05	Ey	LinRespSpec	Max	0	0	1812	0	0	0	SA-1	0.05
SB	0.00	Ez	LinRespSpec	Max	897	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SB	0.05	Ez	LinRespSpec	Max	897	0	0	0	0	0	SA-1	0.05
SB	0.00	G1+G2	Linstatic		-3151	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SB	0.05	G1+G2	Linstatic		-3151	0	0	0	0	0	SA-1	0.05
SB	0.00	SLE-R	Linstatic		-4671	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SB	0.05	SLE-R	Linstatic		-4671	0	0	0	0	0	SA-1	0.05
SB	0.00	SLE-FR	Linstatic		-4101	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SB	0.05	SLE-FR	Linstatic		-4101	0	0	0	0	0	SA-1	0.05
SB	0.00	SLE-QP	Linstatic		-3151	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SB	0.05	SLE-QP	Linstatic		-3151	0	0	0	0	0	SA-1	0.05

**Tabella 9: Azioni elementari provenienti dal calcolo dell’impalcato**



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	27 di 76

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

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

Fv, forza verticale;

Fl, forza longitudinale;

Ft, forza trasversale;

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

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

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

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

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

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

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

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	bt [m]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>PLINTO</b>	6'204			4.70	1.00	29'159			0	0	
<b>MURO FRONTALE</b>	1'490			1.90	3.05	2'831		0.00	0	4'172	
<b>PARAGHIAIA</b>	279			2.80	5.18	780		0.00	0	529	
<b>MURO D'ALA</b>	0			0.00	2.00	0		0.00	0	0	
<b>MURI LATERALI DI RISVOLTO</b>	1'636			6.20	4.12	10'142		0.00	0	-2'454	
<b>BANDIERA</b>	0			0.00	0.00	0		0.00	0	0	
<b>TOTALE</b>	9'608					42'912			0	2'248	

**PESO TERRENO**

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	et [m]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>RIEMPIMENTO</b>	5595			6.20	4.12	34'686		0.00	0	-8'392	
<b>RICOPRIMENTO</b>	421			0.40	-3.05	169		0.00	0	1'812	
<b>TOTALE</b>	6'016					34'855			0	-6'580	

**SPINTA LONGITUDINALE TERRENO - ATTIVA**

condizione	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]		Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>SPINTA ATTIVA</b>		1'301			2.09		2'716			2'716	
<b>SOVRACCARICO PERMANENTE</b>	128	34		6.20	3.13	793.60	106			-86	
<b>FRENATURA</b>		0			3.13		0			0	
<b>SOVRACCARICO ACC</b>	1024.00	271		6.20	3.13		850			5'662	

**SPINTA LONGITUDINALE TERRENO - RIPOSO**

condizione	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]		Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>SPINTA RIPOSO</b>	0	2'048		6.20	2.09	0	4'273			4'273	
<b>SOVRACCARICO PERMANENTE</b>	128	53		6.20	3.13	794	167			-25	
<b>FRENATURA</b>		0			3.13		0			0	
<b>SOVRACCARICO ACC</b>	1024.00	427			3.13		1'337			6'150	

**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]
<b>RISVOLTI</b>			0		3.42				0	0	
<b>BANDIERE</b>			0		6.26				0	0	
<b>TOTALE</b>			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]
<b>RISVOLTI</b>	0		0	3.50	3.42				0	0	
<b>BANDIERE</b>	0		0	4.70	6.26				0	0	
<b>TOTALE</b>			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]
<b>RISVOLTI</b>			0		4.13				0	0	
<b>BANDIERE</b>			0		6.26				0	0	
<b>TOTALE</b>			0						0	0	

**SPINTA TRASVERSALE TERRENO - RIPOSO sovraccarico**

condizione	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]		Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>RISVOLTI</b>	0		0	3.50	4.13				0	0	
<b>BANDIERE</b>	0		0	4.70	6.26				0	0	
<b>TOTALE</b>			0						0	0	

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	29 di 76

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

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>PLINTO</b>		1'209			1.00		1'209		1'209	
<b>M FRONTALE</b>		290			3.05		885		885	
<b>PARAGHIAIA</b>		54			5.18		281		281	
<b>MURO LATERALE DI CHIUSURA</b>		0			2.00		0		0	
<b>RISVOLTI</b>		319			4.12		1'312		1'312	
<b>BANDIERE</b>		0			0.00		0		0	
<b>TOTALE</b>		1'872					3'687		3'687	

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

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>PLINTO</b>			1'209		1.00			1'209	0	
<b>M FRONTALE</b>			290		3.05			885	0	
<b>PARAGHIAIA</b>			54		5.18			281	0	
<b>MURO LATERALE DI CHIUSURA</b>			0		2.00			0	0	
<b>RISVOLTI</b>			319		4.12			1'312	0	
<b>BANDIERE</b>			0		0.00			0	0	
<b>TOTALE</b>			1'872					3'687	0	

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

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>PLINTO</b>	406			4.70		1'910			0	
<b>M FRONTALE</b>	98			1.90		185			273	
<b>PARAGHIAIA</b>	18			2.80		51			35	
<b>MURO LATERALE DI CHIUSURA</b>	0			0.00		0			0	
<b>RISVOLTI</b>	107			6.20		664			-161	
<b>BANDIERE</b>	0			0.00		0			0	
<b>TOTALE</b>	629					2'811			147	

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

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>TERRENO</b>		869			3.13		2'719		2'719	

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

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>TERRENO</b>		351			3.13		1'100		1'100	

**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]
<b>RISVOLTI</b>			0		4.13			0	0	
<b>BANDIERE</b>			0		6.26			0	0	
<b>TOTALE</b>			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]
<b>RISVOLTI</b>			0		4.13			0	0	
<b>BANDIERE</b>			0		6.26			0	0	
<b>TOTALE</b>			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]
<b>RIEMPIMENTO</b>		1'090			4.12		4'486		4'486	

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

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>RIEMPIMENTO</b>			1'090		4.12			4'486	0	

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

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
<b>RIEMPIMENTO</b>	366			6.20		2'272			-550	

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	30 di 76

### 9.1.1 Spinte sulla spalla in condizioni statiche

Nome azione	SPALLA	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	Mrl	Load Type	$\phi / \psi$	Note	comb	Codice Azione
G1 p.p. CLS spalla	PP_spalla	0	2248	0	0	0	9608	42912	0		1.0			1
Peso terreno spalla	PP_terreno	0	-6580	0	0	0	6016	34855	0		1.0			2_2
Spinta a riposo long.	SR-L	2048	4273	0	0	0	0	0	4273		1.0			9a
Spinta a riposo sovraccarico long.	SR-L_sovraccarico PERM	53	-25	0	0	0	128	794	167		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 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	427	6150	0	0	0	1024	0	1337		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	$\phi / \psi$
Combinazione SLU	SLU	0	21103	94	385	0	6395	8953	0	env	1.0

Nome azione	IMPALCATO	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	Mrl	Load Type	$\phi / \psi$
Azioni dall'impalcato SLE-R	SLE-R	0	15416	0	0	0	4671	6540	0		1.0

Nome azione	IMPALCATO	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	Mrl	Load Type	$\phi / \psi$
Azioni dall'impalcato SLE-FR	SLE-FR	0	13532	0	0	0	4101	5741	0		1.0

Nome azione	IMPALCATO	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	Mrl	Load Type	$\phi / \psi$
Azioni Impalcato SLE-QP	SLE-QP	0	10400	0	0	0	3151	4412	0		1.0

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	31 di 76

### 9.1.3 Spinte sulla spalla in condizioni sismiche

SPALLA	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	Mrl	Load Type	$\phi / \psi$	Note	comb	Codice Azione
PP_spalla	0	2248	0	0	0	9608	42912	0		1.0			1
PP_terreno	0	-6580	0	0	0	6016	34855	0		1.0			2_2
SA-L	1301	2716	0	0	0	0	0	2716		1.0			9
SA-L_sovraccarico PERM	34	-86	0	0	0	128	794	106		1.0			10
SA-T	0	0	0	0	0	0	0	0		1.0			19
SR-T	0	0	0	0	0	0	0	0		1.0			19a
SIS-L_SPALLA	1872	3687	0	0	0	0	0	3687		1.0			12
SIS-T_SPALLA	0	0	1872	3687	0	0	0	0		1.0			13
SIS-V_SPALLA	0	147	0	0	0	629	2811	0		1.0			14
S-SIS-L_SV(+)	0	0	0	0	0	0	0	0		0.0			15
S-SIS-L_SV(-)	351	1100	0	0	0	0	0	1100		1.0			15_1
S-SIS-T_SV(+)	0	0	0	0	0	0	0	0		0.0			21
S-SIS-T_SV(-)	0	0	0	0	0	0	0	0		1.0			22
SIS-L_RIEMPIMENTO	1090	4486	0	0	0	0	0	4486		1.0			16
SIS-T_RIEMPIMENTO	0	0	1090	4486	0	0	0	0		1.0			17
SIS-V_RIEMPIMENTO	0	-550	0	0	0	366	2272	0		1.0			18

### 9.1.4 Azioni in condizione sismica trasmesse dall'impalcato

Nome azione	IMPALCATO	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	Mrl	Load Type	$\phi / \psi$
Permanenti strutturali e portati	G1+G2	0	10400	0	0	0	3151	4412	0		1.0
Azione Sismica Longitudinale	EX	0	0	0	0	0	0	0	0	max	0.7
Azione Sismica Trasversale	EY	0	0	1208	4953	0	0	0	0	max	0.7
Azione Sismica Verticale	EZ	0	2959	0	0	0	897	1255	0	max	1.0



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	32 di 76

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

G1+G2

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

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti $g_1$ e $g_3$	favorevoli	$\gamma_{G1}$ e $\gamma_{G3}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup> $g_2$	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{e1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	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  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

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

 Tabella 12: Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti 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:

<b>COMB. SLU</b>											
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	29062.2	29287.9	384.544	3421.3	93.78	0.0131	115129	7824.25	FVmax	SLU1	1
Fvmin	21349.6	22574.3	0.0457	2624.47	0	0.0131	83847.1	6077.97	FVmin	SLU2	14
Fimax	29062.2	29287.9	384.544	3421.3	93.78	0.0131	115129	7824.25	FVmax	SLU1	1
Fimin	23401.7	29346.1	384.544	2624.47	93.78	0.0131	86719.9	6077.97	FVmax	SLU2	2
Mlmax	23401.7	29346.1	384.544	2624.47	93.78	0.0131	86719.9	6077.97	FVmax	SLU2	2
Mlmin	27010.2	22516.1	0.0457	3421.3	0	0.0131	112256	7824.25	FVmin	SLU1	13
Ftmax	29062.2	29287.9	384.544	3421.3	93.78	0.0131	115129	7824.25	FVmax	SLU1	1
Ftmin	27010.2	22516.1	0.0457	3421.3	0	0.0131	112256	7824.25	FVmin	SLU1	13
Mtmax	29062.2	29287.9	384.544	3421.3	93.78	0.0131	115129	7824.25	FVmax	SLU1	1
Mtmin	27010.2	22516.1	0.0457	3421.3	0	0.0131	112256	7824.25	FVmin	SLU1	13
Np max	29062.2	29287.9	384.544	3421.3	93.78	0.0131	115129	7824.25	FVmax	SLU1	1
Np min	23401.7	29346.1	384.544	2624.47	93.78	0.0131	86719.9	6077.97	FVmax	SLU2	2

<b>COMB. SISMICA</b>											
Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	20796.1	14587.1	3937.85	2495.25	1251.12	0.00262	89310.4	6155.84	FVmax	SIS17	17
Fvmin	17011.5	8949.39	-3937.8	2333.71	-1251.1	0.00262	76634.8	5630.33	FVmax	SIS18	18
Fimax	19471.5	20577.1	3937.87	5201.7	1251.12	0.00873	84873.9	13935.1	FVmax	SIS1	1
Fimin	19471.5	1291	3937.81	-1626.9	1251.12	-0.0087	84873.9	-5351	FVmax	SIS3	3
Mlmax	19471.5	20577.1	3937.87	5201.7	1251.12	0.00873	84873.9	13935.1	FVmax	SIS1	1
Mlmin	18336.1	-242.78	-3937.9	-1626.9	-1251.1	-0.0087	81071.2	-5351.1	FVmax	SIS4	4
Ftmax	19471.5	12798	13126.1	2495.25	4170.38	0.00262	84873.9	6155.98	FVmax	SIS9	9
Ftmin	18336.1	10738.5	-13126	2333.71	-4170.4	0.00262	81071.2	5630.19	FVmax	SIS10	10
Mtmax	19471.5	12798	13126.1	2495.25	4170.38	0.00262	84873.9	6155.98	FVmax	SIS9	9
Mtmin	18336.1	5478.07	-13126	446.661	-4170.4	-0.0026	81071.2	369.744	FVmax	SIS12	12
Np max	19471.5	20577.1	3937.87	5201.7	1251.12	0.00873	84873.9	13935.1	FVmax	SIS1	1
Np min	18336.1	10738.9	13126.1	2333.71	4170.38	0.00262	81071.2	5630.61	FVmax	SIS14	14

### COMB. SLE-CAR

Cond.	FV	MI	Mt	FI	Ft	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	21319.8	21506.1	0	2474.98	0	0	84307	5610.07	FV max	SLER1	1
Fvmin	21319.8	21506.1	0	2474.98	0	0	84307	5610.07	FV max	SLER1	1
Flmax	21319.8	21506.1	0	2474.98	0	0	84307	5610.07	FV max	SLER1	1
Flmin	21319.8	21506.1	0	2474.98	0	0	84307	5610.07	FV max	SLER1	1
Mlmax	21319.8	21506.1	0	2474.98	0	0	84307	5610.07	FV max	SLER1	1
Mlmin	21319.8	21506.1	0	2474.98	0	0	84307	5610.07	FV max	SLER1	1
Ftmax	21319.8	21506.1	0	2474.98	0	0	84307	5610.07	FV max	SLER1	1
Ftmin	21319.8	21506.1	0	2474.98	0	0	84307	5610.07	FV max	SLER1	1
Mtmax	21319.8	21506.1	0	2474.98	0	0	84307	5610.07	FV max	SLER1	1
Mtmin	21319.8	21506.1	0	2474.98	0	0	84307	5610.07	FV max	SLER1	1
Np max	21319.8	21506.1	0	2474.98	0	0	84307	5610.07	FV max	SLER1	1
Np min	21319.8	21506.1	0	2474.98	0	0	84307	5610.07	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	20236.9	16547.3	0	2261.43	0	0	83507.7	4941.65	FV max	SLEFR1	1
Fvmin	20236.9	16547.3	0	2261.43	0	0	83507.7	4941.65	FV max	SLEFR1	1
Flmax	20236.9	16547.3	0	2261.43	0	0	83507.7	4941.65	FV max	SLEFR1	1
Flmin	20236.9	16547.3	0	2261.43	0	0	83507.7	4941.65	FV max	SLEFR1	1
Mlmax	20236.9	16547.3	0	2261.43	0	0	83507.7	4941.65	FV max	SLEFR1	1
Mlmin	20236.9	16547.3	0	2261.43	0	0	83507.7	4941.65	FV max	SLEFR1	1
Ftmax	20236.9	16547.3	0	2261.43	0	0	83507.7	4941.65	FV max	SLEFR1	1
Ftmin	20236.9	16547.3	0	2261.43	0	0	83507.7	4941.65	FV max	SLEFR1	1
Mtmax	20236.9	16547.3	0	2261.43	0	0	83507.7	4941.65	FV max	SLEFR1	1
Mtmin	20236.9	16547.3	0	2261.43	0	0	83507.7	4941.65	FV max	SLEFR1	1
Np max	20236.9	16547.3	0	2261.43	0	0	83507.7	4941.65	FV max	SLEFR1	1
Np min	20236.9	16547.3	0	2261.43	0	0	83507.7	4941.65	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	18775.8	10340.4	0	2047.87	0	0	82179	4273.23	FV max	SLEQP1	1
Fvmin	18775.8	10340.4	0	2047.87	0	0	82179	4273.23	FV max	SLEQP1	1
Flmax	18775.8	10340.4	0	2047.87	0	0	82179	4273.23	FV max	SLEQP1	1
Flmin	18775.8	10340.4	0	2047.87	0	0	82179	4273.23	FV max	SLEQP1	1
Mlmax	18775.8	10340.4	0	2047.87	0	0	82179	4273.23	FV max	SLEQP1	1
Mlmin	18775.8	10340.4	0	2047.87	0	0	82179	4273.23	FV max	SLEQP1	1
Ftmax	18775.8	10340.4	0	2047.87	0	0	82179	4273.23	FV max	SLEQP1	1
Ftmin	18775.8	10340.4	0	2047.87	0	0	82179	4273.23	FV max	SLEQP1	1
Mtmax	18775.8	10340.4	0	2047.87	0	0	82179	4273.23	FV max	SLEQP1	1
Mtmin	18775.8	10340.4	0	2047.87	0	0	82179	4273.23	FV max	SLEQP1	1
Np max	18775.8	10340.4	0	2047.87	0	0	82179	4273.23	FV max	SLEQP1	1
Np min	18775.8	10340.4	0	2047.87	0	0	82179	4273.23	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

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

$EJ$  è la rigidezza flessionale del palo

$E_s = KB$  = modulo di elasticità del suolo

$B = 1.5 D$

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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	39 di 76

 $K = 1.67 E / D$  coefficiente di sottofondo

 $E =$  Modulo di rigidezza secante del terreno.

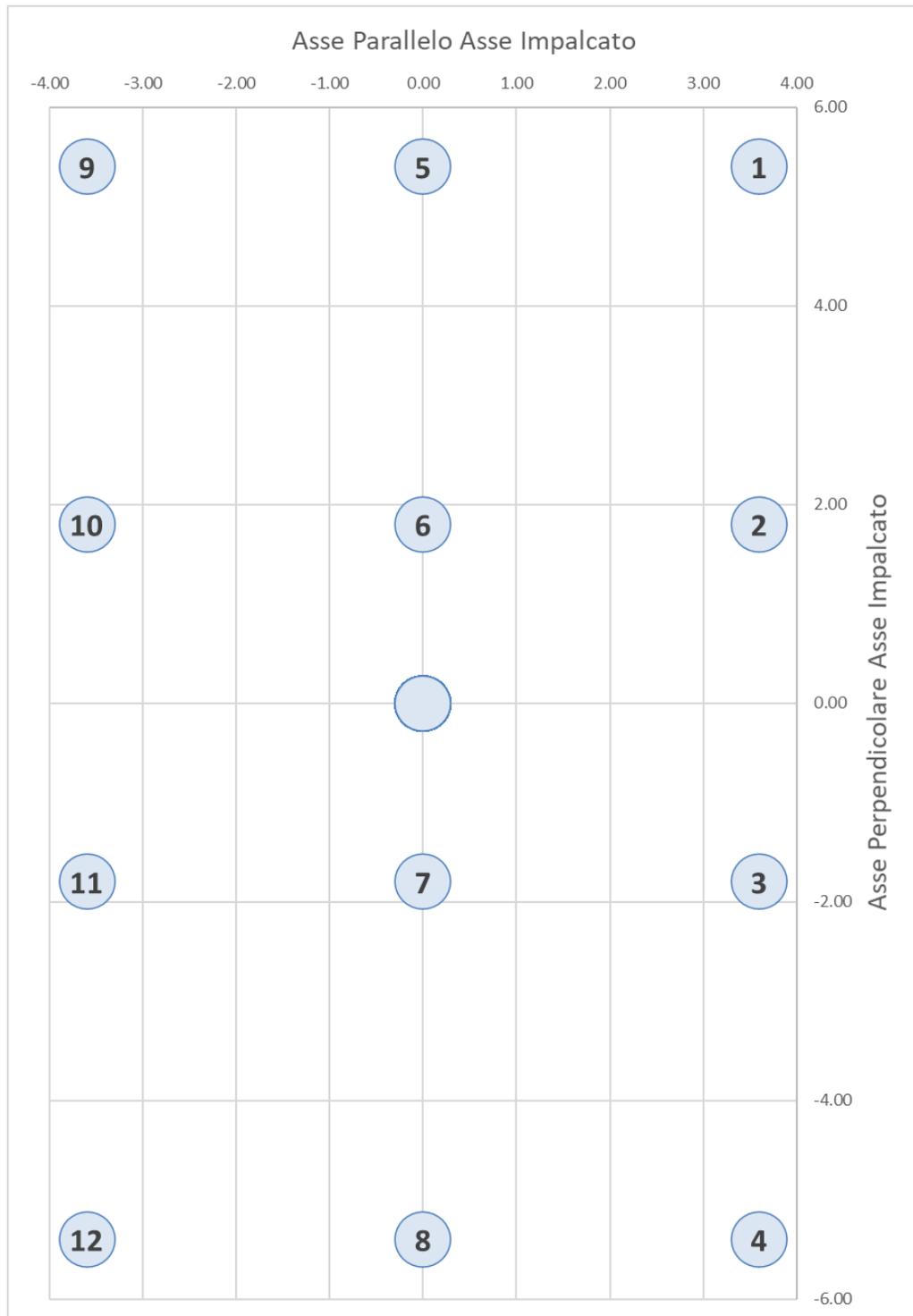
**Plinto di fondazione**

Altezza plinto	2.00	m
Dimensione long.fondazione	9.40	m
Dimensione trasv. fondazione	13.20	m
Inclinazione plinto	0.00	°
Sbalzo anteriore	0.80	m
Sbalzo posteriore	6.40	m
Altezza terreno ricoprimento	2.10	m
Altezza terreno riempimento	4.26	

**Palificata**

Diametro dei pali	1200.00	mm
Modulo di Elasticità del suolo	145.29	N/mm <sup>2</sup>
Area palo	1.13	m <sup>2</sup>
W flessione palo elastico	0.17	m <sup>3</sup>
L0	6.13	m
Numero di pali totale	12.00	
Modulo long.minimo palo	28.80	m
Modulo trasv.minimo palo	36.00	m
elong	0.00	m
etrasv	0.00	m
Inclinazione palificata	0.00	°

Inerzia Palo	1.63E+12	mm <sup>4</sup>
Modulo Rigidezza Cls E	31447	N/mm <sup>2</sup>
Modulo Rigidezza Terreno E	58	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente di sottofondo Kh	80717	kN/m <sup>3</sup>
Larghezza B	1800.00	mm



**Figura 9: Disposizione Pali**

**SLU**

Cond.	Comb	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-	-	kN											
<b>Fvmax</b>	<b>SLU1</b>	3449	3442	3435	3428	2433	2425	2418	2411	1416	1408	1401	1394
<b>Fvmin</b>	<b>SLU2</b>	2563	2563	2563	2563	1779	1779	1779	1779	995	995	995	995
<b>Fmax</b>	<b>SLU1</b>	3449	3442	3435	3428	2433	2425	2418	2411	1416	1408	1401	1394
<b>Fmin</b>	<b>SLU2</b>	2980	2973	2966	2958	1961	1954	1947	1939	942	935	928	921
<b>Mlmax</b>	<b>SLU2</b>	2980	2973	2966	2958	1961	1954	1947	1939	942	935	928	921
<b>Mlmin</b>	<b>SLU1</b>	3033	3033	3033	3033	2251	2251	2251	2251	1469	1469	1469	1469
<b>Ftmax</b>	<b>SLU1</b>	3449	3442	3435	3428	2433	2425	2418	2411	1416	1408	1401	1394
<b>Ftmin</b>	<b>SLU1</b>	3033	3033	3033	3033	2251	2251	2251	2251	1469	1469	1469	1469
<b>Mtmax</b>	<b>SLU1</b>	3449	3442	3435	3428	2433	2425	2418	2411	1416	1408	1401	1394
<b>Mtmin</b>	<b>SLU1</b>	3033	3033	3033	3033	2251	2251	2251	2251	1469	1469	1469	1469
<b>Np max</b>	<b>SLU1</b>	3449	3442	3435	3428	2433	2425	2418	2411	1416	1408	1401	1394
<b>Np min</b>	<b>SLU2</b>	2980	2973	2966	2958	1961	1954	1947	1939	942	935	928	921

**SIS**

Cond.	Comb	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-	-	kN											
<b>Fvmax</b>	<b>SIS17</b>	2349	2276	2203	2130	1842	1769	1697	1624	1336	1263	1190	1117
<b>Fvmin</b>	<b>SIS18</b>	1619	1692	1765	1838	1308	1381	1454	1527	997	1070	1143	1216
<b>Fmax</b>	<b>SIS1</b>	2446	2374	2301	2228	1732	1659	1586	1513	1018	945	872	799
<b>Fmin</b>	<b>SIS3</b>	1777	1704	1631	1558	1732	1659	1586	1513	1687	1614	1541	1468
<b>Mlmax</b>	<b>SIS1</b>	2446	2374	2301	2228	1732	1659	1586	1513	1018	945	872	799
<b>Mlmin</b>	<b>SIS4</b>	1410	1483	1556	1629	1419	1492	1564	1637	1427	1500	1573	1646
<b>Ftmax</b>	<b>SIS9</b>	2432	2189	1945	1702	1987	1744	1501	1258	1543	1300	1057	814
<b>Ftmin</b>	<b>SIS10</b>	1536	1779	2022	2265	1163	1406	1650	1893	791	1034	1277	1520
<b>Mtmax</b>	<b>SIS9</b>	2432	2189	1945	1702	1987	1744	1501	1258	1543	1300	1057	814
<b>Mtmin</b>	<b>SIS12</b>	1354	1597	1840	2083	1163	1406	1650	1893	973	1216	1459	1702
<b>Np max</b>	<b>SIS1</b>	2446	2374	2301	2228	1732	1659	1586	1513	1018	945	872	799
<b>Np min</b>	<b>SIS14</b>	2266	2022	1779	1536	1893	1650	1406	1163	1520	1277	1034	791

**SLU**

<b>N<sub>max</sub></b>	<b>N<sub>min</sub></b>	<b>H<sub>max</sub></b>
kN	kN	kN
3449	921	285

**SIS**

<b>N<sub>max</sub></b>	<b>N<sub>min</sub></b>	<b>H<sub>max</sub></b>
kN	kN	kN
2446	791	446

**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.

**SLE-R**

Cond.	Comb	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-	-	kN											
Fvmax	SLEFR1	2523	2523	2523	2523	1777	1777	1777	1777	1030	1030	1030	1030
Fvmin	SLEFR1	2523	2523	2523	2523	1777	1777	1777	1777	1030	1030	1030	1030
Fimax	SLEFR1	2523	2523	2523	2523	1777	1777	1777	1777	1030	1030	1030	1030
Fimin	SLEFR1	2523	2523	2523	2523	1777	1777	1777	1777	1030	1030	1030	1030
Mlmax	SLEFR1	2523	2523	2523	2523	1777	1777	1777	1777	1030	1030	1030	1030
Mlmin	SLEFR1	2523	2523	2523	2523	1777	1777	1777	1777	1030	1030	1030	1030
Ftmax	SLEFR1	2523	2523	2523	2523	1777	1777	1777	1777	1030	1030	1030	1030
Ftmin	SLEFR1	2523	2523	2523	2523	1777	1777	1777	1777	1030	1030	1030	1030
Mtmax	SLEFR1	2523	2523	2523	2523	1777	1777	1777	1777	1030	1030	1030	1030
Mtmin	SLEFR1	2523	2523	2523	2523	1777	1777	1777	1777	1030	1030	1030	1030
Np max	SLEFR1	2523	2523	2523	2523	1777	1777	1777	1777	1030	1030	1030	1030
Np min	SLEFR1	2523	2523	2523	2523	1777	1777	1777	1777	1030	1030	1030	1030

**SLE-FR**

Cond.	Comb	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-	-	kN											
Fvmax	SLEFR1	2261	2261	2261	2261	1686	1686	1686	1686	1112	1112	1112	1112
Fvmin	SLEFR1	2261	2261	2261	2261	1686	1686	1686	1686	1112	1112	1112	1112
Fimax	SLEFR1	2261	2261	2261	2261	1686	1686	1686	1686	1112	1112	1112	1112
Fimin	SLEFR1	2261	2261	2261	2261	1686	1686	1686	1686	1112	1112	1112	1112
Mlmax	SLEFR1	2261	2261	2261	2261	1686	1686	1686	1686	1112	1112	1112	1112
Mlmin	SLEFR1	2261	2261	2261	2261	1686	1686	1686	1686	1112	1112	1112	1112
Ftmax	SLEFR1	2261	2261	2261	2261	1686	1686	1686	1686	1112	1112	1112	1112
Ftmin	SLEFR1	2261	2261	2261	2261	1686	1686	1686	1686	1112	1112	1112	1112
Mtmax	SLEFR1	2261	2261	2261	2261	1686	1686	1686	1686	1112	1112	1112	1112
Mtmin	SLEFR1	2261	2261	2261	2261	1686	1686	1686	1686	1112	1112	1112	1112
Np max	SLEFR1	2261	2261	2261	2261	1686	1686	1686	1686	1112	1112	1112	1112
Np min	SLEFR1	2261	2261	2261	2261	1686	1686	1686	1686	1112	1112	1112	1112

**SLE-QP**

Cond.	Comb	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-	-	kN											
Fvmax	SLEQP1	1924	1924	1924	1924	1565	1565	1565	1565	1206	1206	1206	1206
Fvmin	SLEQP1	1924	1924	1924	1924	1565	1565	1565	1565	1206	1206	1206	1206
Fimax	SLEQP1	1924	1924	1924	1924	1565	1565	1565	1565	1206	1206	1206	1206
Fimin	SLEQP1	1924	1924	1924	1924	1565	1565	1565	1565	1206	1206	1206	1206
Mlmax	SLEQP1	1924	1924	1924	1924	1565	1565	1565	1565	1206	1206	1206	1206
Mlmin	SLEQP1	1924	1924	1924	1924	1565	1565	1565	1565	1206	1206	1206	1206
Ftmax	SLEQP1	1924	1924	1924	1924	1565	1565	1565	1565	1206	1206	1206	1206
Ftmin	SLEQP1	1924	1924	1924	1924	1565	1565	1565	1565	1206	1206	1206	1206
Mtmax	SLEQP1	1924	1924	1924	1924	1565	1565	1565	1565	1206	1206	1206	1206
Mtmin	SLEQP1	1924	1924	1924	1924	1565	1565	1565	1565	1206	1206	1206	1206
Np max	SLEQP1	1924	1924	1924	1924	1565	1565	1565	1565	1206	1206	1206	1206
Np min	SLEQP1	1924	1924	1924	1924	1565	1565	1565	1565	1206	1206	1206	1206

**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	680.82	427.34	15.27	129.66	7.27	0.00		FVmax	SLU1	1.00
Fvmin	473.76	318.07	0.00	103.93	0.00	0.00		FVmin	SLU2	14.00
Flmax	680.82	427.34	15.27	129.66	7.27	0.00		FVmax	SLU1	1.00
Flmin	632.83	397.61	15.27	103.93	7.27	0.00		FVmax	SLU2	2.00
Mlmax	680.82	427.34	15.27	129.66	7.27	0.00		FVmax	SLU1	1.00
Mlmin	473.76	318.07	0.00	103.93	0.00	0.00		FVmin	SLU2	14.00
Ftmax	680.82	427.34	15.27	129.66	7.27	0.00		FVmax	SLU1	1.00
Ftmin	521.74	347.80	0.00	129.66	0.00	0.00		FVmin	SLU1	13.00
Mtmax	680.82	427.34	15.27	129.66	7.27	0.00		FVmax	SLU1	1.00
Mtmin	521.74	347.80	0.00	129.66	0.00	0.00		FVmin	SLU1	13.00
Tmax	680.82	427.34	15.27	129.66	7.27	0.00		FVmax	SLU1	1.00
Tmin	680.82	427.34	15.27	129.66	7.27	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	215.58	233.86	99.61	106.88	50.16	0.00		FVmax	SIS17	17.00
Fvmin	58.62	166.89	-99.60	106.88	-50.16	0.00		FVmax	SIS18	18.00
Flmax	160.64	479.75	99.61	184.73	50.16	0.00		FVmax	SIS1	1.00
Flmin	160.64	-46.40	99.60	-26.71	50.16	0.00		FVmax	SIS3	3.00
Mlmax	160.64	479.75	99.61	184.73	50.16	0.00		FVmax	SIS1	1.00
Mlmin	113.56	-66.50	-99.61	-26.71	-50.16	0.00		FVmax	SIS4	4.00
Ftmax	160.64	210.44	332.02	106.88	167.19	0.00		FVmax	SIS9	9.00
Ftmin	113.56	190.31	-332.02	106.88	-167.19	0.00		FVmax	SIS10	10.00
Mtmax	160.64	210.44	332.02	106.88	167.19	0.00		FVmax	SIS9	9.00
Mtmin	113.56	-40.61	-332.02	-8.01	-167.19	0.00		FVmax	SIS12	12.00
Tmax	160.64	479.75	99.61	184.73	50.16	0.00		FVmax	SIS1	1.00
Tmin	160.64	-46.40	99.60	-26.71	50.16	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	499.23	314.01	0.00	96.05	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Fvmin	499.23	314.01	0.00	96.05	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Flmax	499.23	314.01	0.00	96.05	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Flmin	499.23	314.01	0.00	96.05	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Mlmax	499.23	314.01	0.00	96.05	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Mlmin	499.23	314.01	0.00	96.05	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Ftmax	499.23	314.01	0.00	96.05	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Ftmin	499.23	314.01	0.00	96.05	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Mtmax	499.23	314.01	0.00	96.05	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Mtmin	499.23	314.01	0.00	96.05	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Tmax	499.23	314.01	0.00	96.05	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Tmin	499.23	314.01	0.00	96.05	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	454.97	267.88	0.00	84.78	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Fvmin	454.97	267.88	0.00	84.78	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Flmax	454.97	267.88	0.00	84.78	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Flmin	454.97	267.88	0.00	84.78	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Mlmax	454.97	267.88	0.00	84.78	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Mlmin	454.97	267.88	0.00	84.78	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Ftmax	454.97	267.88	0.00	84.78	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Ftmin	454.97	267.88	0.00	84.78	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Mtmax	454.97	267.88	0.00	84.78	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Mtmin	454.97	267.88	0.00	84.78	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Tmax	454.97	267.88	0.00	84.78	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Tmin	454.97	267.88	0.00	84.78	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	381.40	207.10	0.00	73.52	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Fvmin	381.40	207.10	0.00	73.52	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Flmax	381.40	207.10	0.00	73.52	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Flmin	381.40	207.10	0.00	73.52	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Mlmax	381.40	207.10	0.00	73.52	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Mlmin	381.40	207.10	0.00	73.52	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Ftmax	381.40	207.10	0.00	73.52	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Ftmin	381.40	207.10	0.00	73.52	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Mtmax	381.40	207.10	0.00	73.52	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Mtmin	381.40	207.10	0.00	73.52	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Tmax	381.40	207.10	0.00	73.52	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Tmin	381.40	207.10	0.00	73.52	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	12.90	m
peso di volume terreno di riempimento	$\gamma$	19	kN/m <sup>3</sup>
angolo di attrito rilevato	$\phi$	35	°
coefficiente di spinta attiva	$\lambda_0$	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	2.705	
acc. orizz. max al suolo attesa su sito di rif. rigido	ag	0.131	g
coefficiente di spinta (in condizioni sismiche)	$\lambda_s$	0.531	
ordinata dello spettro orizzontale	ag*S	0.195	g
altezza paraghiaia	H	2.170	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 <sup>2</sup>	area di diffusione trasversale al piano strada
q0_1_2assi tandem	90.91 KN/m <sup>2</sup>	sovraccarico a m <sup>2</sup> a livello strada - assi tandem
q0_1_distribuito	9.00 KN/m <sup>2</sup>	sovraccarico a m <sup>2</sup> a livello strada - carico distribuito
q0_1	99.91 KN/m <sup>2</sup>	sovraccarico a m <sup>2</sup> a livello strada
$\sigma_0_1$	42.60 KN/m <sup>2</sup>	spinta sovraccarico a livello strada

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

B_l	3.45 m	larghezza di diffusione longitudinale all'intradosso paraghiaia
B_t	5.51 m	larghezza di diffusione trasversale all'intradosso paraghiaia
A	19.01 m <sup>2</sup>	area di diffusione trasversale all'intradosso paraghiaia
q0_2	34.69 KN/m <sup>2</sup>	sovraccarico a m <sup>2</sup> all'intradosso paraghiaia
$\sigma_0_2$	14.79 KN/m <sup>2</sup>	spinta sovraccarico all'intradosso paraghiaia

S0	252 kN	Spinta totale
M0	324 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	6.42 m
S0	39.3 kN/m
M0	50.4 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<sup>a</sup> categoria si considererà un carico orizzontale di 180 kN, concomitante con un carico verticale di 300 kN, mentre in ponti di 2<sup>a</sup> 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

$F_I = 0.6 \cdot Q_{1k}$  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

$B_t$  4.74 m larghezza di diffusione trasversale all'intradosso paraghiaia

$F_I/B_t$  38.0 kN/m forza di frenatura a metro lineare

$M = F_I \cdot H/B_t$  82.4 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
$M_I = Q_{1k} \cdot e$	90.0	0.0 kNm
$M = M_I/B_t$	19.0	0.0 kNm/m

Sommando i due contributi si ottiene quindi il momento sollecitante caratteristico

**101.4**      **82.4 kNm/m**

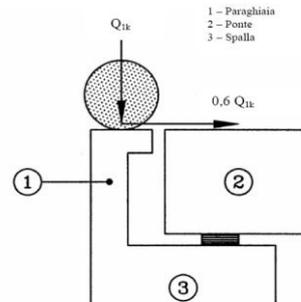


Figura C5.1.1 Carichi da traffico su muri paraghiaia

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

AZIONI	FATTOR	t [kN/ml]	m [kNm/ml]
SPINTA RIPOSO	1.35	26	19
SOVRACCARICO SU RILEVATO	1.0125	40	51
FRENATURA IN TESTA AL MURO	1.35	51	137
<b>TOTALE</b>		<b>117</b>	<b>207</b>

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

AZIONI	FATTOR	t [kN/ml]	m [kNm/ml]
SPINTA RIPOSO	1.35	26	19
SOVRACCARICO SU RILEVATO	1.35	53	68
FRENATURA IN TESTA AL MURO	0.00	0	0
<b>TOTALE</b>		<b>79</b>	<b>87</b>

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

AZIONI	FATTOR	t [kN/ml]	m [kNm/ml]
SPINTA ATTIVA	1.00	12	9
SOVRASPINTA SISMICA	1.00	3	3
MASSA PARAGHIAIA	1.00	4	5
<b>TOTALE</b>		<b>19</b>	<b>17</b>

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

AZIONI	FATTOR	t [kN/ml]	m [kNm/ml]
SPINTA RIPOSO	1.00	19	14
SOVRACCARICO SU RILEVATO	0.75	29	38
FRENATURA IN TESTA AL MURO	1.00	38	101
<b>TOTALE</b>		<b>87</b>	<b>153</b>

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

AZIONI	FATTOR	t [kN/ml]	m [kNm/ml]
SPINTA RIPOSO	1.00	19	14
SOVRACCARICO SU RILEVATO	1.00	39	50
FRENATURA IN TESTA AL MURO	0.00	0	0
<b>TOTALE</b>		<b>58</b>	<b>64</b>

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

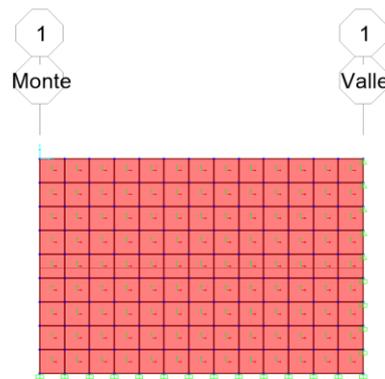
AZIONI	FATTOR	t [kN/ml]	m [kNm/ml]
SPINTA RIPOSO	1.00	19	14
SOVRACCARICO SU RILEVATO	0.00	0	0
FRENATURA IN TESTA AL MURO	0.00	0	0
<b>TOTALE</b>		<b>19</b>	<b>14</b>

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

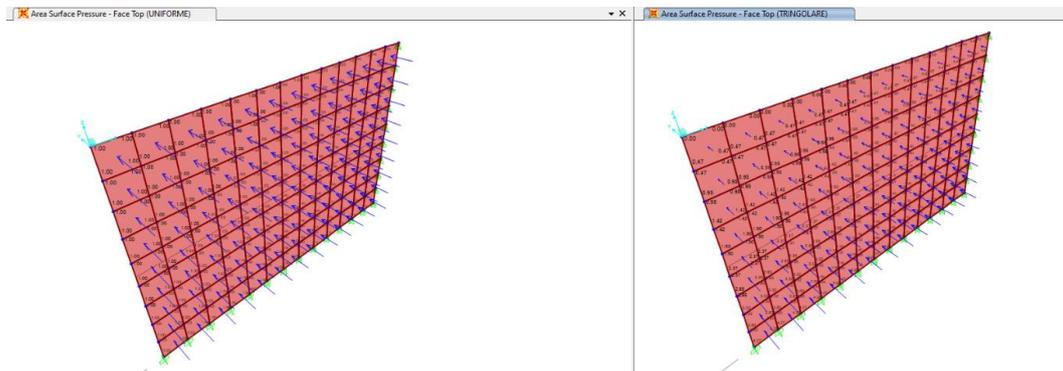
AZIONI	FATTOR	t [kN/ml]	m [kNm/ml]
SPINTA RIPOSO	1.00	19	14
SOVRACCARICO SU RILEVATO	0.75	29	38
FRENATURA IN TESTA AL MURO	0.00	0	0
<b>TOTALE</b>		<b>49</b>	<b>52</b>

### 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	7.152
Fh	Load pattern	UNIFORME	5.850

DEAD= peso proprio

So = Spinta del terreno in quiete

Sa = Spinta del terreno attiva

Sq = Spinta del terreno dovuta al sovraccarico accidentale

Sa,e= Sovrappinta sismica

Fh= Forza inerziale del muro

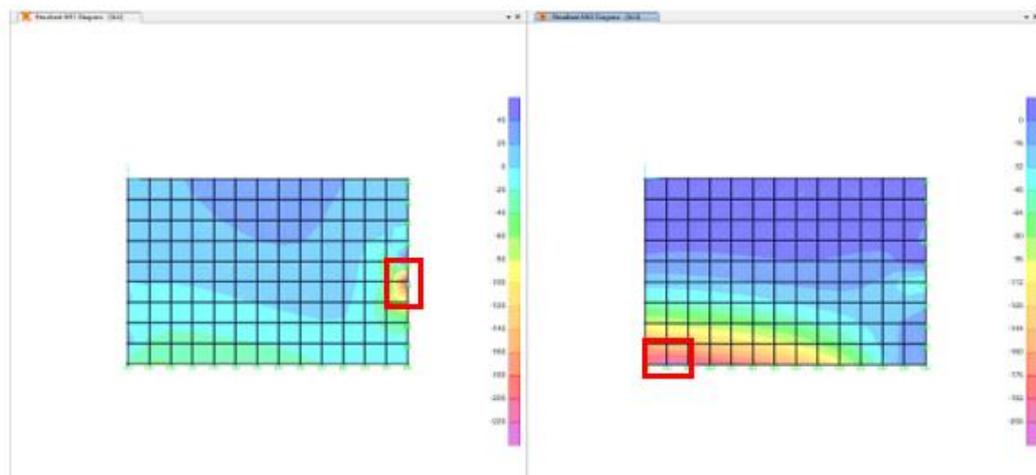
Le combinazioni sono le seguenti:

SLU : 1.35 DEAD + 1.35 So + 1.35 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	110	206	169
SLV	84	156	127
SLE-R	83	156	0

## 9.4 Verifiche

### 9.4.1 Verifiche palo di fondazione

Il palo viene armato con un area di acciaio pari a  $\rho = 1.5\% A_c$

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 <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: 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 B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	51 di 76

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	26
2	19.5	47.1	26
3	28.3	42.4	26
4	36.1	36.1	26
5	42.4	28.3	26
6	47.1	19.5	26
7	50.0	9.9	26
8	51.0	0.0	26
9	50.0	-9.9	26
10	47.1	-19.5	26
11	42.4	-28.3	26
12	36.1	-36.1	26
13	28.3	-42.4	26
14	19.5	-47.1	26
15	9.9	-50.0	26
16	0.0	-51.0	26
17	-9.9	-50.0	26
18	-19.5	-47.1	26
19	-28.3	-42.4	26
20	-36.1	-36.1	26
21	-42.4	-28.3	26
22	-47.1	-19.5	26
23	-50.0	-9.9	26
24	-51.0	0.0	26
25	-50.0	9.9	26
26	-47.1	19.5	26
27	-42.4	28.3	26
28	-36.1	36.1	26
29	-28.3	42.4	26
30	-19.5	47.1	26
31	-9.9	50.0	26
32	0.0	51.0	26

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

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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	52 di 76

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	3449.48	873.87	0.00	285.22	0.00
2	920.50	873.87	0.00	285.22	0.00
3	2438.81	1357.24	0.00	442.98	0.00
4	791.44	1357.24	0.00	442.98	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	2523.39	631.92	0.00
2	1029.91	631.92	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	2260.97	577.40 (1523.19)	0.00 (0.00)
2	1111.85	577.40 (817.10)	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	1923.69	522.87 (1381.23)	0.00 (0.00)
2	1205.61	522.87 (896.47)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.7 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm

**SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	53 di 76

**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 <sup>2</sup> ] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	3449.48	873.87	0.00	3449.30	3608.40	0.00	4.14	90.3(16.5)
2	S	920.50	873.87	0.00	920.55	3092.81	0.00	3.54	100.9(16.5)
3	S	2438.81	1357.24	0.00	2439.11	3435.39	0.00	2.53	100.9(16.5)
4	S	791.44	1357.24	0.00	791.47	3058.40	0.00	2.25	100.9(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	0.423	15.6	58.0	0.00297	0.0	51.0	-0.00477	0.0	-51.0
2	0.00350	0.315	15.6	58.0	0.00278	0.0	51.0	-0.00761	0.0	-51.0
3	0.00350	0.381	15.6	58.0	0.00291	0.0	51.0	-0.00569	0.0	-51.0
4	0.00350	0.310	15.6	58.0	0.00277	0.0	51.0	-0.00780	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	0.000075801	-0.000899349	0.423	0.969
2	0.000000000	0.000101857	-0.002411606	0.315	0.834
3	0.000000000	0.000084303	-0.001392794	0.381	0.916
4	0.000000000	0.000103649	-0.002515634	0.310	0.827

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

Ver	S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vvct	Taglio trazione resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	54 di 76

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	285.22	965.66	94.5	109.6	0.0097	2.83
2	S	285.22	660.70	95.8	105.9	0.0110	0.82
3	S	442.98	864.59	94.5	109.6	0.0097	2.18
4	S	442.98	638.77	96.3	104.5	0.0111	0.71

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.74	15.6	58.0	-12.3	0.0	-51.0	278	5.3
2	S	4.46	15.6	58.0	-61.1	0.0	-51.0	1253	37.2

**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	-0.00010	0	0.500	26.0	77	0.00004 (0.00004)	494	0.018 (0.20)	1576.17	0.00
2	S	-0.00036	0	0.500	26.0	77	0.00018 (0.00018)	411	0.075 (0.20)	764.43	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	4.31	15.6	58.0	-12.1	0.0	-51.0	296	5.3
2	S	4.07	15.6	58.0	-47.6	0.0	-51.0	1120	37.2

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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	55 di 76

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00009	0	0.500	26.0	77	0.00004 (0.00004) 509	0.018 (0.20)	1523.19	0.00
2	S	-0.00028	0	0.500	26.0	77	0.00014 (0.00014) 395	0.056 (0.20)	817.10	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	3.85	15.6	58.0	-13.4	0.0	-51.0	315	5.3
2	S	3.69	15.6	58.0	-34.6	0.0	-51.0	936	26.5

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00010	0	0.500	26.0	77	0.00004 (0.00004) 524	0.021 (0.20)	1381.23	0.00
2	S	-0.00021	0	0.500	26.0	77	0.00010 (0.00010) 418	0.043 (0.20)	896.47	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

Caratteristiche Sezione

Base Sezione	$b$	94	cm
Altezza Sezione	$h$	120	cm
Copriferro	$c$	7	cm
Altezza utile	$d$	94	cm
Diametro Staffe	$\emptyset$	10	mm
Passo Staffe	$s$	15	cm
Bracci	$n$	2	-

Caratteristiche Materiali

Armatura Longitudinale Superiore	$A_{sl,sup}$	127.42	cm <sup>2</sup>
Armatura Longitudinale Inferiore	$A_{sl,inf}$	127.42	cm <sup>2</sup>
Coefficiente sicurezza	$\gamma_c$	1.5	-
Resistenza caratteristica	$f_{ck}$	24.90	M Pa
Resistenza di progetto	$f_{cd}$	14.11	M Pa
Resistenza a compressione ridotta	$f'_{cd}$	7.06	M Pa
Carico Assiale	$N_{Ed}$	0	kN
Tensione di Compressione	$\sigma_{cp}$	0	M Pa
Resistenza di progetto acciaio	$f_{ywd}$	391.3	M Pa

Elemento non armato

Coefficiente Maggiorativo	$\alpha_c$	1	-
Area staffe	$A_{sw}$	1.6	cm <sup>2</sup>
Area staffe	$A_{st}$	10	cm <sup>2</sup> /m
Coefficiente di altezza	$k$	1.46	-
Rapporto armatura tesa	$\rho_l$	0.011	-
Resistenza a taglio senza Armatura	$V_{Rd1}$	468.4	kN

Elemento Armato

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  $V_{sd} = 446$  kN

$V_{sd} = 446$  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. Data la distanza ridotta del palo dalla sezione di verifica, la biella compressa di calcestruzzo è praticamente verticale, quindi si omette la verifica e si utilizza la stessa armatura della mensola posteriore.

##### 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:

	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>Vy</b>
	<b>kN</b>	<b>kNm</b>	<b>kN</b>
SLU	0	-181	322
SLV	0	-405	132
SLE-R	0	-112	0
SLE-FR	0	-27	0
SLEQP	0	61	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:

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

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

$$l = \text{lunghezza mensola} = 6.4 \text{ m}$$

$$M2 = \sum N_i B_i$$

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	58 di 76

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  $\phi 24/10$  superiormente e  $\phi 24/20$  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 <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C25/30

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	200.0
3	50.0	200.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ [mm]
1	-40.0	6.4	24



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	59 di 76

2	40.0	6.4	24
3	-40.0	193.6	24
4	40.0	193.6	24

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

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

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

**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	-181.50	0.00	321.61	0.00
2	0.00	-404.74	0.00	131.81	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	-112.31	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	-27.20 (-1858.86)	0.00 (0.00)



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	60 di 76

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	60.66 (1858.86)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata**

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

**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	N	0.00	-181.50	0.00	0.00	-1683.92	0.00	9.28	22.6(28.5) 6)
2	N	0.00	-404.74	0.00	0.00	-1683.92	0.00	4.16	22.6(28.5) 6)

**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	0.00260	0.037	-50.0	0.0	0.00028	-40.0	6.4	-0.06750	-40.0	193.6
2	0.00260	0.037	-50.0	0.0	0.00028	-40.0	6.4	-0.06750	-40.0	193.6

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



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	61 di 76

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000362097	0.002601883	0.037	0.700
2	0.000000000	-0.000362097	0.002601883	0.037	0.700

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

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	321.61	513.33	193.0	100.0	0.0012	0.00 6)
2	S	131.81	513.33	193.0	100.0	0.0012	0.00 6)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.34	-50.0	0.0	-27.0	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
-------	-----	----	----	----	---	----	-------------	--------	----	---------	---------



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	62 di 76

1	S	-0.00014	0	0.500	24.0	52	0.00008 (0.00008)	465	0.038 (0.20)	-1858.86	0.00
---	---	----------	---	-------	------	----	-------------------	-----	--------------	----------	------

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.09	-50.0	0.0	-6.2	20.0	193.6	1600	22.6

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00003	0	0.500	24.0	52	0.00002 (0.00002)	465	0.009 (0.20)	-1858.86	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.18	-50.0	200.0	-14.6	20.0	6.4	1600	22.6

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00008	0	0.500	24.0	52	0.00004 (0.00004)	465	0.020 (0.20)	1858.86	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  $\phi 20/20$  controterra e  $\phi 14/20$  lato esterno.

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

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

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-40.0	6.2	20
2	40.0	6.2	20



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	64 di 76

3	-40.0	214.1	14
4	40.0	214.1	14

**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	20
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	681.00	427.00	0.00	130.00	0.00
2	216.00	234.00	0.00	185.00	0.00
3	175.00	206.00	0.00	-153.00	0.00
4	135.00	157.00	0.00	-108.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	499.00	314.00	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
---------	---	----	----



**SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	66 di 76

3	0.00205	0.029	-50.0	220.0	0.00013	-40.0	214.1	-0.06750	-40.0	6.2
4	0.00199	0.029	-50.0	220.0	0.00007	-40.0	214.1	-0.06750	-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	0.000328719	-0.069538057	0.040	0.700
2	0.000000000	0.000325565	-0.069518500	0.030	0.700
3	0.000000000	0.000325299	-0.069516851	0.029	0.700
4	0.000000000	0.000325025	-0.069515154	0.029	0.700

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

Ver                S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata  
 Ved               Taglio agente [daN] uguale al taglio  $V_y$  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	130.00	638.12	212.4	100.0	0.0007	0.31 6)
2	S	185.00	631.39	212.4	100.0	0.0007	0.10 6)
3	S	153.00	630.80	212.4	100.0	0.0007	0.08 6)
4	S	108.00	630.22	212.4	100.0	0.0007	0.06 6)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.67	-50.0	220.0	-4.3	20.0	6.2	1550	15.7
2	S	0.43	50.0	220.0	-12.9	20.0	6.2	1550	15.7

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

Ver.                La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
 e1                 Esito della verifica  
 e2                 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 k1                 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 k2                 = 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]  
 k3                 = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2)/(2 * e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
 k4                 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 k4                 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 Ø                 Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]

**SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	67 di 76

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00002	0	0.500	20.0	52	0.00001 (0.00001)	512	0.007 (0.20)	6260.07	0.00
2	S	-0.00007	0	0.500	20.0	52	0.00004 (0.00004)	512	0.020 (0.20)	3768.01	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	0.57	-50.0	220.0	-2.9	20.0	6.2	1550	15.7

**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	-0.00002	0	0.500	20.0	52	0.00001 (0.00001)	512	0.004 (0.20)	6949.65	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	0.44	-50.0	220.0	-1.6	20.0	6.2	1550	15.7

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00001	0	0.500	20.0	52	0.00000 (0.00000)	512	0.002 (0.20)	8127.10	0.00



SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	69 di 76

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	207.00	0.00	117.00	0.00
2	0.00	17.00	0.00	79.00	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	153.00	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	14.00 (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 B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	70 di 76

**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 [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	207.00	0.00	0.00	295.03	0.00	1.43	25.4(5.8)
2	S	0.00	17.00	0.00	0.00	295.03	0.00	17.35	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	117.00	205.01	33.0	100.0	0.0077	0.00



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	71 di 76

2 S 79.00 205.01 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<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.66	-50.0	40.0	-202.8	35.0	6.1	900	25.4

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

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

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 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	-0.00130	0	0.500	18.0	52	0.00064 (0.00061)	285	0.182 (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	0.70	50.0	40.0	-18.6	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	-0.00012	0	0.500	18.0	52	0.00006 (0.00006)	285	0.016 (0.20)	98.72	0.00

### 9.4.5 Verifiche muro di risvolto

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	120.0
3	50.0	120.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-40.0	6.2	16
2	40.0	6.2	16
3	-40.0	113.8	16
4	40.0	113.8	16

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	73 di 76

Ø Diametro in mm delle barre della generazione

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

**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	110.00	0.00	-169.00	0.00
2	0.00	84.00	0.00	-127.00	0.00
3	175.00	206.00	0.00	-153.00	0.00
4	135.00	157.00	0.00	-108.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	83.00	0.00
2	135.00	156.00	0.00

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.4 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 18.4 cm

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

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

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



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

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	74 di 76

1	N	0.00	110.00	0.00	0.00	427.98	0.00	3.89	10.1(19.7)	6)
2	N	0.00	84.00	0.00	0.00	427.98	0.00	5.09	10.1(19.7)	6)
3	N	175.00	206.00	0.00	174.95	519.05	0.00	2.52	10.1(20.9)	6)
4	N	135.00	157.00	0.00	135.00	498.44	0.00	3.17	10.1(20.9)	6)

**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	0.00029	0.128	-50.0	120.0	0.00016	-40.0	113.8	-0.00196	-40.0	6.2
2	0.00029	0.128	-50.0	120.0	0.00016	-40.0	113.8	-0.00196	-40.0	6.2
3	0.00035	0.153	-50.0	120.0	0.00023	-40.0	113.8	-0.00196	-40.0	6.2
4	0.00034	0.147	-50.0	120.0	0.00021	-40.0	113.8	-0.00196	-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	0.000019714	-0.002078724	0.128	0.700
2	0.000000000	0.000019714	-0.002078724	0.128	0.700
3	0.000000000	0.000020291	-0.002082303	0.153	0.700
4	0.000000000	0.000020166	-0.002081526	0.147	0.700

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

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	169.00	378.86	113.0	100.0	0.0009	0.00 6)
2	S	127.00	378.86	113.0	100.0	0.0009	0.00 6)
3	S	153.00	381.33	113.0	100.0	0.0009	0.15 6)
4	S	108.00	380.76	113.0	100.0	0.0009	0.11 6)

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

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
-----	--

SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 002	A	75 di 76

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.85	-50.0	120.0	-76.2	20.0	6.2	1480	10.1
2	S	1.56	50.0	120.0	-81.3	-40.0	6.2	1480	10.1

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

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$ 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	Copri ferro [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	-0.00041	0	0.500	16.0	54	0.00023 (0.00023)	584	0.134 (0.20)	768.74	0.00
2	S	-0.00043	0	0.500	16.0	54	0.00024 (0.00024)	584	0.142 (0.20)	936.42	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	140
Fondazione Spalle	2.00	1.00	100
Elevazione Spalle	var	1.00	100