

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

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

NW NUOVA VIABILITA'

NW01 - PONTE FOSSO FRESTOLA
SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

SCALA:

-

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

NN1X 00 D 78 CL NW0100 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	A. Polastri	Sett.2020	G. Romano	Sett.2020	M. Di Nanno	Sett.2020	D. Tiberti

File: NN1X00D78CLNW0100001A.doc

n. Elab.:

INDICE

1	GENERALITÀ.....	4
1.1	PREMESSA	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
2.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
3	MATERIALI	7
3.1	CALCESTRUZZO PER FONDAZIONI E PALI	7
3.2	CALCESTRUZZO PER ELEVAZIONE SOTTOSTRUTTURE	8
3.3	ACCIAIO B450C	9
4	AZIONE SISMICA (E).....	10
4.1.1	Valutazione dei parametri di pericolosità	10
5	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	13
6	ANALISI DEI CARICHI	14
6.1	CARICHI DALL'IMPALCATO (SL)	14
6.2	PERMANI (G1)	14
6.3	SPINTA DEL SOVRACCARICO ACCIDENTALE IN CONDIZIONI STATICHE (Q1).....	15
6.3.1	Sovrappinta sismica	16
6.3.2	Inerzia terrapieno.....	18
6.3.3	Inerzie strutturali.....	18
7	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	19
8	CRITERI DI VERIFICA	20
8.1	CRITERI DI VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO	20
8.1.1	Verifica di resistenza a presso-flessione.....	20
8.1.2	Verifica di resistenza a taglio.....	20
8.2	CRITERI DI VERIFICA ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO	20
8.2.1	Verifica a fessurazione	20
8.2.2	Verifica per le tensioni in esercizio	21

9	CALCOLO SPALLA A	22
9.1.1	Spinte sulla spalla in condizioni statiche.....	30
9.1.2	Azioni in condizioni statiche trasmesse dall'impalcato.....	30
9.1.3	Spinte sulla spalla in condizioni sismiche	31
9.1.4	Azioni in condizione sismica trasmesse dall'impalcato.....	31
9.2	COMBINAZIONI	32
9.3	SOLLECITAZIONI.....	36
9.3.1	Sollecitazioni base plinto.....	36
9.3.2	Sollecitazioni in testa palo.....	38
9.3.3	Sollecitazioni muro frontale	43
9.3.4	Sollecitazioni paraghiaia.....	45
9.3.5	Sollecitazioni muro di risvolto.....	48
9.4	VERIFICHE	50
9.4.1	Verifiche palo di fondazione.....	50
9.4.2	Verifiche plinto di fondazione.....	57
9.4.3	Verifiche muro frontale	63
9.4.4	Verifiche paraghiaia.....	68
9.4.5	Verifiche muro di risvolto.....	72
10	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. 17/01/2018, da cui scaturisce un coefficiente d'uso CU = 1.5.

La presente relazione riporta i calcoli statici e le verifiche di sicurezza relative alla spalla A (Figura 1) del cavalcaferrovia sul fosso Frestola.

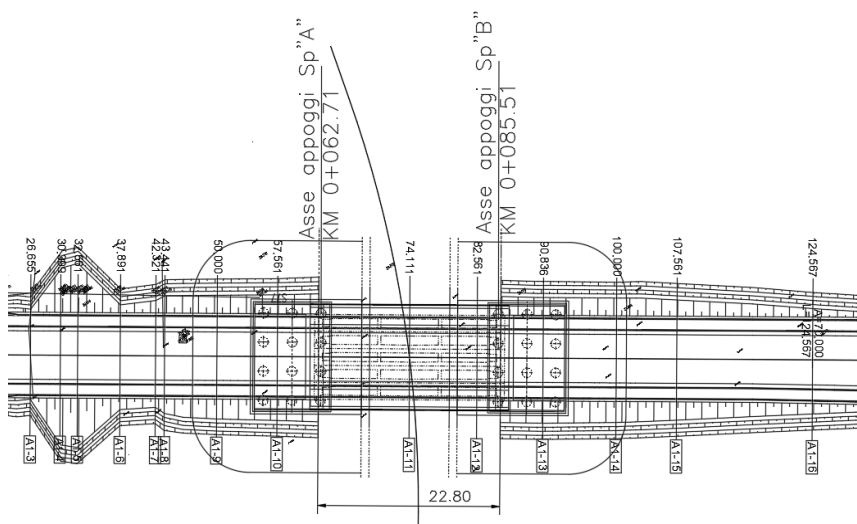


Figura 1: Stralcio planimetrico – ubicazione opera d'arte

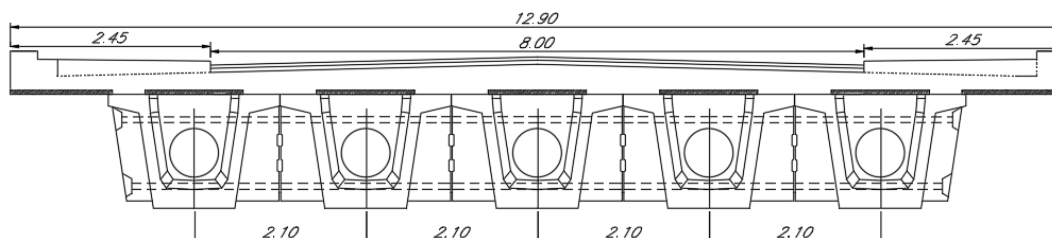


Figura 2: Sezione trasversale impalcato

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.

	LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO					
SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NN1X	LOTTO 00	CODIFICA D78CL	DOCUMENTO NW 01 00 001	REV. A	FOGLIO 6 di 76

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

1. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
2. Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
3. Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019
4. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2
5. RFI DTC SI MA IFS 001 D Dicembre 2019 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili

2.1 Documenti di riferimento

I documenti che verranno richiamati nel seguito sono:

- Rif. [1] Relazione geotecnica – NN1X00D78RHNW01000010
Rif. [2] Impalcato – Relazione di calcolo – NN1X00D78CLNW01000030

3 MATERIALI

3.1 Calcestruzzo per fondazioni e pali

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

Classe d'esposizione: XC2

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

Classe minima di consistenza: S4

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

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

Tabella 1: Caratteristiche calcestruzzo fondazione e pali

3.2 Calcestruzzo per elevazione sottostrutture

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

Classe d'esposizione: XC4+XS1

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

Classe minima di consistenza: S4

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

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

Tabella 2: Caratteristiche calcestruzzo strutture in elevazione

3.3 Acciaio B450C

Si adotta acciaio tipo B450C come previsto al punto 11.3.2.1 delle NTC18 (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), per il quale si possono assumere le seguenti caratteristiche:

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

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

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

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

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

	LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO					
SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NN1X	LOTTO 00	CODIFICA D78CL	DOCUMENTO NW 01 00 001	REV. A	FOGLIO 10 di 76

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:

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate
 LONGITUDINE: 14.89474
 LATITUDINE: 40.63600

Ricerca per comune
 REGIONE: Campania
 PROVINCIA: Salerno
 COMUNE: Pontecagnano

Elaborazioni grafiche
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

Interpolazione
 superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le ... coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che ... all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_n : 75 info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_u : 1.5 info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - T_R : 112.5 info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE
 SLO - $P_{rel} = 81\%$: 68
 SLD - $P_{rel} = 63\%$: 113

Stati limite ultimi - SLU
 SLV - $P_{rel} = 10\%$: 1068
 SLC - $P_{rel} = 5\%$: 2193

Elaborazioni
 Grafici parametri azione
 Grafici spettri di risposta
 Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO
 --- Strategie per costruzioni ordinate
 --- Strategie scelte

I valori dei funzionali dello spettro di risposta sismica (a_g , F_0 , T_c^*) per gli stati limite di normativa sono riportati in Tabella 3:

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 Tabella 4 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

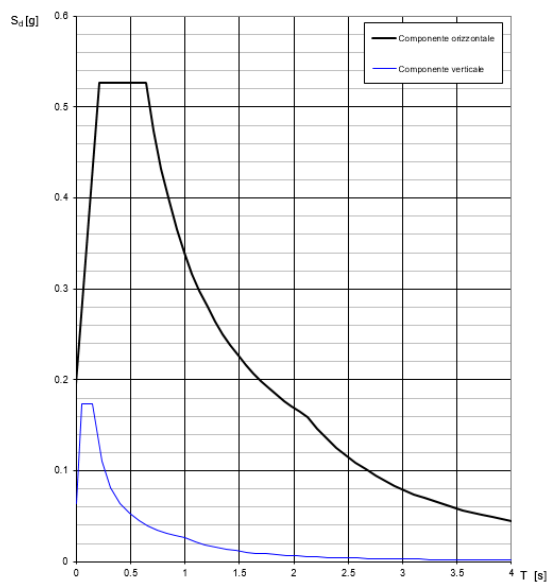
T [s]	Se [g]
0.000	0.195
0.214	0.527
0.641	0.527
0.711	0.475
0.782	0.432
0.853	0.396
0.923	0.366
0.994	0.340
1.064	0.317
1.135	0.298
1.206	0.280
1.276	0.265
1.347	0.251
1.418	0.238
1.488	0.227
1.559	0.217
1.630	0.207
1.700	0.199
1.771	0.191
1.842	0.183
1.912	0.177
1.983	0.170
2.053	0.164
2.124	0.159
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
η	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 $q=1.5$. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

5 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

Il cavalcaferrovia è composto da un'unica campata di luce 22.80m formata da n°5 travi in cap, come riportato in Figura 2. L'impalcato è caratterizzato da una parte pavimentata larga 8.00m e da due cordoli laterali da 2.45m, per una larghezza totale di 12.90m. La spalla A poggia su 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 Figura 3 e Figura 4; per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici.

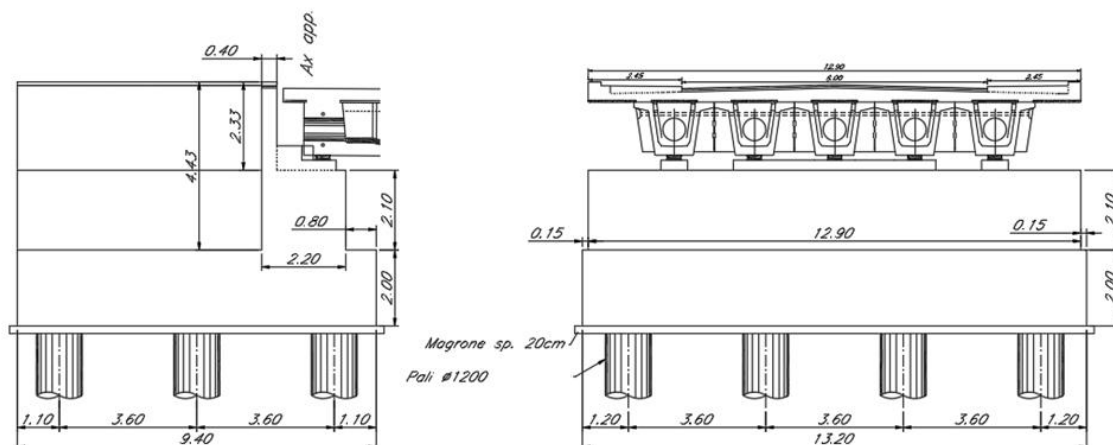


Figura 3: Spalla A – sezioni

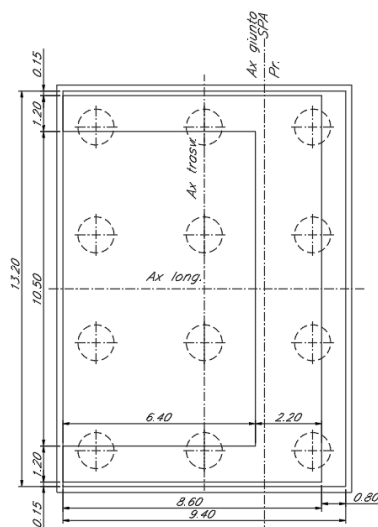


Figura 4: Spalla A – Pianta

6 ANALISI DEI CARICHI

6.1 Carichi dall'impalcato (SL)

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

6.2 Permanti (G1)

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

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

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

L'utilizzo di K_o è determinato dall'impossibilità di subire spostamenti da parte della spalla; dove $K_o = 1 - \sin \phi$.

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

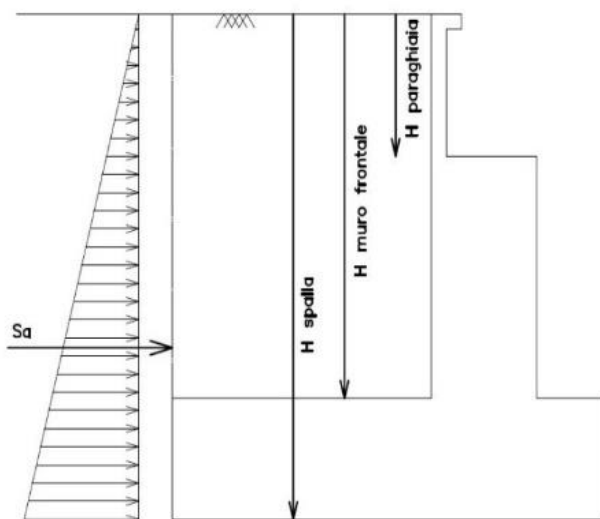


Figura 5: Spinta in quiete del terreno

6.3 Spinta del sovraccarico accidentale in condizioni statiche (Q1)

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

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

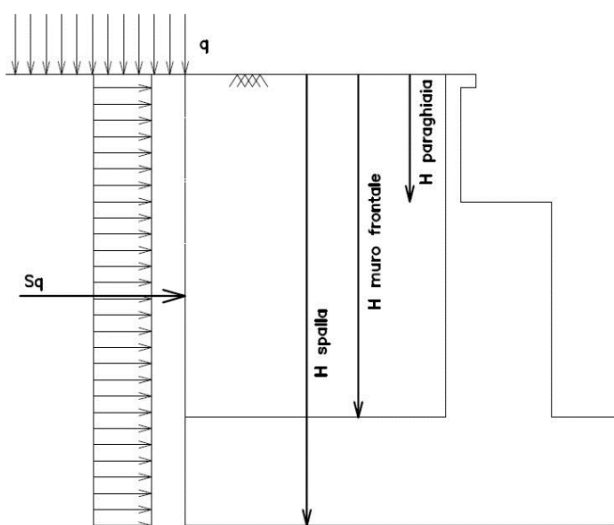


Figura 6: Spinta statica sovraccarico accidentale

6.3.1 Sovraspinta sismica

Per i valori da assumere per il calcolo del coefficiente k_h si rimanda al capitolo 4.

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:

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

ϕ = angolo di attrito interno del terreno

α = inclinazione del paramento di monte rispetto alla verticale

β = inclinazione del pendio di monte rispetto al piano orizzontale

δ = angolo di attrito terra-muro

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

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

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

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

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

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

A seguito della verifica della entità degli spostamenti, pari a 3.2cm (come desumibile dalla Relazione Geotecnica Rif. [1] alla quale si rimanda per maggiori dettagli) e quindi superiori al limite di cui alla relazione $v/h = 3.2/643 \cdot 100 = 0.49\% > 0.05\%$, 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.

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

6.3.2 Inerzia terrapieno

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

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

6.3.3 Inerzie strutturali

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

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

7 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

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

$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata

	LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO					
SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NN1X	LOTTO 00	CODIFICA D78CL	DOCUMENTO NW 01 00 001	REV. A	FOGLIO 20 di 76

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:

	LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO					
SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NN1X	LOTTO 00	CODIFICA D78CL	DOCUMENTO NW 01 00 001	REV. A	FOGLIO 21 di 76

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

8.2.2 Verifica per le tensioni in esercizio

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

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

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

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

Tensione massima dell'acciaio nelle condizioni di esercizio

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

9 CALCOLO SPALLA A

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

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

PLINTO

l [m]	h [m]	t [m]	θ plinto [°]	p [m]	f [m]	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m ³]	V [m ³]	P [KN]	m [t]
9.40	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 ³]	V [m ³]	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 ³]	V [m ³]	P [KN]	m [t]
0.40	2.17	0.00	12.90	0.00	0.00	2.80	0.00	5.19	0.00	11.20	280	29

MURO D'ALA

l [m]	h [m]	t [m]	el [m]	n	pos	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m ³]	V [m ³]	P [KN]	m [t]
0.00	0.00	0.00	0.00	0	sym	0.00	0.00	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 ³]	V [m ³]	P [KN]	m [t]
6.40	4.27	6.40	10.80	0.00	sym	6.20	0.00	4.12	0.00	295.14	5'608	572

MURI LATERALI DI RISVOLTO

li [m]	h [m]	ls [m]	t [m]	et [m]	n°	pos	bl [m]	bt [m]	bh [m]	ΔV [m ³]	V [m ³]	P [KN]	m [t]
6.40	4.270	6.400	1.200	0.00	2	sym	6.20	0.00	4.12	0.00	65.59	1'640	167

BANDIERA

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

TERRENO DI RICOPRIMENTO

l [m]	h [m]	t [m]	bl [m]	bh [m]	ΔV [m ³]	V [m ³]	P [KN]	m [t]
0.80	2.10	13.20	0.40	3.05	0.00	22.18	421	43

Tabella 5: Geometrie degli elementi

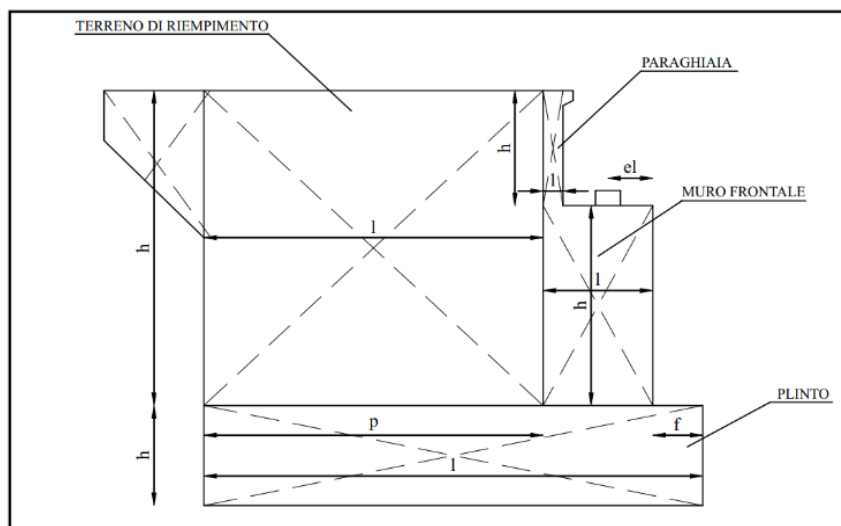


Figura 7: Sezione tipo spalla

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											
γ [KN/m ³]	m[KNm/m ³]	γ [KN/m ³]	m[KNm/m ³]	ϕ [°]	λ_0	λ_a	f	δ [°]	K[kN/m ³]	ϕ [rad]	δ [rad]		
25	2.55	19	1.94	35	0.426	0.27	0.5	0	30000	0.61	0		
SISMA													
g [m/sec ²]	a _{g0} [g]	σ_H [g]	σ_V [g]	a _H [m/sec ²]	a _V [m/sec ²]								
9.81	0.131	0.19	0.07	1.91	0.64								
SOVRACCARICO PERMANENTE						SOVRACCARICO ACCIDENTALE - TRAFFICO							
B(q) [m]	q [KN/m ²]	b _l [m]	F _v [kN]	B(q) [m]	q [KN/m ²]	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 sovraspinta in condizioni sismiche, agente lungo le direzioni principali degli elementi costituenti la spalla.

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 001	A	24 di 76

Direzione Longitudinale

H [m]	H1 [m]	Hma [m]	t [m]	tma [m]
6.27	4.27	0	12.9	0

	SPINTA RIPOSO				
	λ_0	F_{0h} [kN]	F_{0v} [kN]	F_0 [kN]	bh [m]
TERRENO	0.4	2054	0	2054	2.09
PERM	0.4	53	0	53	3.14
ACC	0.4	428	0	428	3.14

	SPINTA ATTIVA				SOVRASPINTA SISMICA GLOBALE - dir longitudinale					
	λ_a	F_{ah} [kN]	F_a [kN]	bh [m]	verso il basso SV(+)			verso l'alto SV(-)		
					λ_s	F [kN]	ΔF [kN]	λ_s	F [kN]	ΔF [kN]
TERRENO	0.27	1306	1306	2.09	0.447	2155	849	0.342	1649	344
PERM	0.27	34	34	3.14	0.447	56	22	0.342	43	9
ACC	0.27	272	272	3.14	0.447	449	177	0.342	343	72

Direzione Trasversale

	SPINTA RIPOSO				
	n°	pos	segno	H [m]	I [m]
risvolti	2	sym	0	4.27	6.4
bandiere	2	sym	0	0	0
risvolti_sovr.					
bandiere_sovr.					

	SPINTA ATTIVA				SOVRASPINTA SISMICA GLOBALE - dir trasversale					
	λ_a	F_{ah} [kN]	F_a [kN]	bh [m]	verso il basso SV(+)			verso l'alto SV(-)		
					λ_s	F [kN]	ΔF [kN]	λ_s	F [kN]	ΔF [kN]
risvolti	0.271	0	0	3.423333	0.447	0	0	0.342	0	0
bandiere	0.271	0	0	6.27	0.447	0	0	0.342	0	0
risvolti_sovr.	0.271	0	0	4.135	0.447	0	0	0.342	0	0
bandiere_sovr.	0.271	0	0	6.27	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		
	β_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 basso	verso l'alto
Verso dell'azione sismica	$(-1/+1)$	1	-1
	$k_h/(1 \pm k_v)$	0.216	0.178
Angolo di attrito del terreno	φ	35	°
Coefficiente parziale per l'angolo di attrito	$\gamma_{\varphi'}$	1	
Angolo di attrito di progetto del terreno	φ_d	35	°
inclinazione della parete del muro rivolta a monte	$\psi=\alpha$	90	°
inclinazione della superficie del terrapieno	β	0	°
Angolo di attrito tra muro e terreno	δ	0	°
Angolo di attrito di progetto tra muro e terreno	δ_d	0	°
	θ (°)	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:

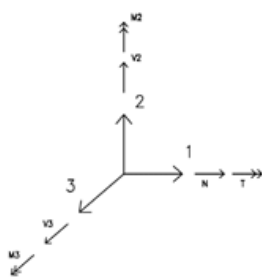


Figura 8: Sistema di riferimento convenzionale

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
SA	0.00	SLU	Combination	Max	-6395	569	94	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.00	SLU	Combination	Max	-6395	569	94	0	0	0	SA-1	0.05
SA	0.00	SLU	Combination	Min	-4343	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.00	SLU	Combination	MIn	-4343	0	0	0	0	0	SA-1	0.05
SA	0.00	Ex	LinRespSpec	Max	0	3529	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.05	Ex	LinRespSpec	Max	0	3529	0	0	0	0	SA-1	0.05
SA	0.00	Ey	LinRespSpec	Max	0	0	1812	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.05	Ey	LinRespSpec	Max	0	0	1812	0	0	0	SA-1	0.05
SA	0.00	Ez	LinRespSpec	Max	897	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.05	Ez	LinRespSpec	Max	897	0	0	0	0	0	SA-1	0.05
SA	0.00	G1+G2	Linstatic		-3151	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.05	G1+G2	Linstatic		-3151	0	0	0	0	0	SA-1	0.05
SA	0.00	SLE-R	Linstatic		-4671	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.05	SLE-R	Linstatic		-4671	0	0	0	0	0	SA-1	0.05
SA	0.00	SLE-FR	Linstatic		-4101	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	0.05	SLE-FR	Linstatic		-4101	0	0	0	0	0	SA-1	0.05
SA	0.00	SLE-QP	Linstatic		-3151	0	0	0	0	0	SA-1	0.00
SA	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 A – RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NN1X	LOTTO 00	CODIFICA D78CL	DOCUMENTO NW 01 00 001	REV. A	FOGLIO 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]
PLINTO	6'204			4.70	1.00	29'159			0	0	
MURO FRONTALE	1'490			1.90	3.05	2'831		0.00	0	4'172	
PARAGHIAIA	280			2.80	5.19	784		0.00	0	532	
MURO D'ALA	0			0.00	2.00	0		0.00	0	0	
MURI LATERALI DI RISVOLTO	1'640			6.20	4.12	10'166		0.00	0	-2'460	
BANDIERA	0			0.00	0.00	0		0.00	0	0	
TOTALE	9'614					42'940			0	2'244	

PESO TERRENO											
elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	et [m]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RIEMPIMENTO	5608			6.20	4.12	34'768		0.00	0	-8'412	
RICOPRIMENTO	421			0.40	-3.05	169		0.00	0	1'812	
TOTALE	6'029					34'936			0	-6'600	

SPINTA LONGITUDINALE TERRENO - ATTIVA											
condizione	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]		Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
SPINTA ATTIVA		1'306			2.09		2'729			2'729	
SOVRACCARICO PERMANENTE	128	34		6.20	3.14	793.60	107			-85	
FRENATURA		0			3.14		0			0	
SOVRACCARICO ACC	1024.00	272		6.20	3.14		852			5'665	

SPINTA LONGITUDINALE TERRENO - RIPOSO											
condizione	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]		Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
SPINTA RIPOSO	0	2'054		6.20	2.09	0	4'294			4'294	
SOVRACCARICO PERMANENTE	128	53		6.20	3.14	794	168			-24	
FRENATURA		0			3.14		0			0	
SOVRACCARICO ACC	1024.00	428			3.14		1'341			6'154	

SPINTA TRASVERSALE TERRENO - ATTIVA											
condizione	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]		Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RISVOLTI			0		3.42				0	0	
BANDIERE			0		6.27				0	0	
TOTALE			0						0	0	

SPINTA TRASVERSALE TERRENO - RIPOSO											
condizione	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]		Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RISVOLTI	0		0	3.50	3.42				0	0	
BANDIERE	0		0	4.70	6.27				0	0	
TOTALE			0						0	0	

SPINTA TRASVERSALE TERRENO - ATTIVA sovraccarico											
condizione	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]		Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RISVOLTI			0		4.14				0	0	
BANDIERE			0		6.27				0	0	
TOTALE			0						0	0	

SPINTA TRASVERSALE TERRENO - RIPOSO sovraccarico											
condizione	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]		Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RISVOLTI	0		0	3.50	4.14				0	0	
BANDIERE	0		0	4.70	6.27				0	0	
TOTALE			0						0	0	

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 001	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]
PLINTO		1'209			1.00		1'209		1'209	
M FRONTALE		290			3.05		885		885	
PARAGHIAIA		55			5.19		283		283	
MURO LATERALE DI CHIUSURA		0			2.00		0		0	
RISVOLTI		319			4.12		1'315		1'315	
BANDIERE		0			0.00		0		0	
TOTALE		1'873					3'693		3'693	

SISMA TRASVERSALE SPALLA (+/-)

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
PLINTO								1'209	0	
M FRONTALE								885	0	
PARAGHIAIA								283	0	
MURO LATERALE DI CHIUSURA								0	0	
RISVOLTI								1'315	0	
BANDIERE								0	0	
TOTALE			1'873					3'693	0	

SISMA VERTICALE SPALLA (+/-)

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
PLINTO	406			4.70		1'910			0	
M FRONTALE	98			1.90		185			273	
PARAGHIAIA	18			2.80		51			35	
MURO LATERALE DI CHIUSURA	0			0.00		0			0	
RISVOLTI	107			6.20		666			-161	
BANDIERE	0			0.00		0			0	
TOTALE	630					2'813			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]
TERRENO		872			3.14		2'732		2'732	

SOVRASPINTA SISMICA TERRENO longitudinale SV(-)

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
TERRENO		352			3.14		1'105		1'105	

SOVRASPINTA SISMICA TERRENO trasversale SV(+)

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RISVOLTI			0		4.14			0	0	
BANDIERE			0		6.27			0	0	
TOTALE			0					0	0	

SOVRASPINTA SISMICA TERRENO trasversale SV(-)

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RISVOLTI			0		4.14			0	0	
BANDIERE			0		6.27			0	0	
TOTALE			0					0	0	

SISMA LONGITUDINALE RIEMPIMENTO (+/-)

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RIEMPIMENTO		1'093			4.12		4'499		4'499	

SISMA TRASVERSALE RIEMPIMENTO (+/-)

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RIEMPIMENTO			1'093		4.12			4499	0	

SISMA VERTICALE RIEMPIMENTO (+/-)

elemento	FV [kN]	FI [kN]	Ft [kN]	bl [m]	bh [m]	Msl [kNm]	Mrl [kNm]	Mt [kNm]	MI [kNm]	T [kNm]
RIEMPIMENTO	367			6.20		2'277			-551	

9.1.1 Spinte sulla spalla in condizioni statiche

Nome azione	SPALLA	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	Mrl	Load Type	ϕ / ψ	Note	comb	Codice Azione
G1 p.p. CLS spalla	PP_spalla	0	2244	0	0	0	9614	42940	0		1.0			1
Peso terreno spalla	PP_terreno	0	-6600	0	0	0	6029	34936	0		1.0			2_2
Spinta a riposo long.	SR-L	2054	4294	0	0	0	0	0	4294		1.0			9a
Spinta a riposo sovraccarico long.	SR-L_sovraccarico PERM	53	-24	0	0	0	128	794	168		1.0			10a
Spinta attiva trasv.	SA-T	0	0	0	0	0	0	0	0		1.0			19
Spinta a riposo trasv.	SR-T	0	0	0	0	0	0	0	0		1.0			19a
Spinta attiva sovraccarico trasv.	SA-T_sovraccarico	0	0	0	0	0	0	0	0		1.0			20
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	428	6154	0	0	0	1024	0	1341		1.0			24a

9.1.2 Azioni in condizioni statiche trasmesse dall'impalcato

Nome azione	IMPALCATO	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	Mrl	Load Type	ϕ / ψ
Combinazione SLU	SLU	569	23437	94	385	0	6395	8953	2333	env	1.0

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

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

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

9.1.3 Spinte sulla spalla in condizioni sismiche

Nome azione	SPALLA	FI	MI	Ft	Mt	T	FV	Msl	Mrl	Load Type	ϕ / ψ	Note	comb	Codice Azione
G1 p.p. CLS spalla	PP_spalla	0	2244	0	0	0	9614	42940	0		1.0			1
Peso terreno spalla	PP_terreno	0	-6600	0	0	0	6029	34936	0		1.0			2_2
Spinta attiva long.	SA-L	1306	2729	0	0	0	0	0	2729		1.0			9
Spinta attiva sovraccarico long.	SA-L_sovraccarico PERM	34	-85	0	0	0	128	794	107		1.0			10
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
Inerzia long. cls spalla	SIS-L_SPALLA	1873	3693	0	0	0	0	0	3693		1.0			12
Inerzia trasv. cls spalla	SIS-T_SPALLA	0	0	1873	3693	0	0	0	0		1.0			13
Inerzia vert. cls spalla	SIS-V_SPALLA	0	147	0	0	0	630	2813	0		1.0			14
Sovrappinta sismica long. con sisma verticale +	S-SIS-L_SV(+)	872	2732	0	0	0	0	0	2732		1.0			15
Sovrappinta sismica long. con sisma verticale -	S-SIS-L_SV(-)	0	0	0	0	0	0	0	0		0.0			15_1
Sovrappinta sismica trasv. con sisma verticale +	S-SIS-T_SV(+)	0	0	0	0	0	0	0	0		1.0			21
Sovrappinta sismica trasv. con sisma verticale -	S-SIS-T_SV(-)	0	0	0	0	0	0	0	0		0.0			22
Inerzia long. riempimento	SIS-L_RIEMPIMENTO	1093	4499	0	0	0	0	0	4499		1.0			16
Inerzia trasv. riempimento	SIS-T_RIEMPIMENTO	0	0	1093	4499	0	0	0	0		1.0			17
Inerzia vert. riempimento	SIS-V_RIEMPIMENTO	0	-551	0	0	0	367	2277	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	ϕ / ψ
Permanenti strutturali e portati	G1+G2	0	10400	0	0	0	3151	4412	0		1.0
Azione Sismica Longitudinale	EX	2353	9646	0	0	0	0	0	9646	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 A – RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NN1X	LOTTO 00	CODIFICA D78CL	DOCUMENTO NW 01 00 001	REV. A	FOGLIO 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 interrate si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso, determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera.

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

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

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

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

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

STR) $\gamma_{G1} G1 + \gamma_{G2} G2 + \gamma_{Q1} Qk1 + \sum_i \psi_{0i} Q_{ki}$ ($\phi_d' = \phi_k'$)

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

Rara) $G1 + G2 + Qk1 + \sum_i \psi_{0i} Q_{ki}$

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

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

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

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

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

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

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

$G1 + G2$

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

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti g ₁ e g ₃	favorevoli sfavorevoli	γ _{G1} e γ _{G3}	0,90 1,10	1,00 1,35	1,00 1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g ₂	favorevoli sfavorevoli	γ _{G2}	0,00 1,50	0,00 1,50	0,00 1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli sfavorevoli	γ _Q	0,00 1,35	0,00 1,35	0,00 1,15
Azioni variabili	favorevoli sfavorevoli	γ _{Qi}	0,00 1,50	0,00 1,50	0,00 1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli sfavorevoli	γ _{ε1}	0,90 1,00 ⁽³⁾	1,00 1,00 ⁽⁴⁾	1,00 1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli sfavorevoli	γ _{ε2} , γ _{ε3} , γ _{ε4}	0,00 1,20	0,00 1,20	0,00 1,00

Tabella 11: Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

Tab. 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

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

Tabella 12: Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Si riportano le tabelle delle combinazioni effettuate per ogni stato limite. Ogni combinazione è stata ripetuta 12 volte per tener conto di tutte le sollecitazioni principali dirette dall’impalcato (Pmax, Pmin, V2max, V2min, V3max, V3min, M2max, M2min, M3max, M3min, Tmax, Tmin).

SLE-RARA= 12 combinazioni

SLE-FREQ= 12 combinazioni



SLV= 288 combinazioni

Tabella 13: Combinazione SLE-RARA**Tabella 14: Combinazione SLE-FREQ****Tabella 15: Combinazione SLE-QP****Tabella 16: Combinazione - SLU**[illegible]

SIS13	SIS14	SIS15	SIS16	SIS17	SIS18	SIS19	SIS20	SIS21	SIS22	SIS23	SIS24
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.3	0.3	-0.3	-0.3	0.3	0.3	-0.3	-0.3	0.3	0.3	-0.3	-0.3
1	1	-1	-1	0.3	-0.3	0.3	-0.3	0.3	0.3	-0.3	-0.3
0.3	-0.3	0.3	-0.3	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 17: Combinazione SLV

9.3 Sollecitazioni

9.3.1 Sollecitazioni base plinto

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

COMB. SLU											
Cond.	FV	MI	Mt	F	R	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	29086.9	31624.5	384.544	4000.3	93.78	0.0131	115276	10191.9	FVmax	SLU1	1
Fvmin	21367.9	22577.5	0.0457	2631.94	0	0.0131	83955.9	6104.25	FVmin	SLU2	14
Ftmax	29086.9	31624.5	384.544	4000.3	93.78	0.0131	115276	10191.9	FVmax	SLU1	1
Ftmin	21367.9	22577.5	0.0457	2631.94	0	0.0131	83955.9	6104.25	FVmin	SLU2	14
Mlmax	23420	31682.7	384.544	3201.05	93.78	0.0131	86828.8	8437.6	FVmax	SLU2	2
Mlmin	27034.8	22519.3	0.0457	3431.19	0	0.0131	112403	7858.52	FVmin	SLU1	13
Ftmax	29086.9	31624.5	384.544	4000.3	93.78	0.0131	115276	10191.9	FVmax	SLU1	1
Ftmin	27034.8	22519.3	0.0457	3431.19	0	0.0131	112403	7858.52	FVmin	SLU1	13
Mtmax	29086.9	31624.5	384.544	4000.3	93.78	0.0131	115276	10191.9	FVmax	SLU1	1
Mtmin	27034.8	22519.3	0.0457	3431.19	0	0.0131	112403	7858.52	FVmin	SLU1	13
Np max	29086.9	31624.5	384.544	4000.3	93.78	0.0131	115276	10191.9	FVmax	SLU1	1
Np min	23420	31682.7	384.544	3201.05	93.78	0.0131	86828.8	8437.6	FVmax	SLU2	2

COMB. SISMICA											
Cond.	FV	MI	Mt	F	R	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	20516.7	16426.7	3943.46	3196.55	1252.18	0.00262	89008	9006.1	FVmax	SIS17	17
Fvmin	17327.4	12801.5	-3943.4	3040.82	-1252.2	0.00262	77154.8	8517.79	FVmax	SIS18	18
Ftmax	19400.4	29727.4	3943.48	7529.52	1252.18	0.00873	84859.4	23404.8	FVmax	SIS1	1
Ftmin	19400.4	-8679.4	3943.42	-3978.9	1252.18	-0.0087	84859.4	-15002	FVmax	SIS3	3
Mlmax	19400.4	29727.4	3943.48	7529.52	1252.18	0.00873	84859.4	23404.8	FVmax	SIS1	1
Mlmin	18443.6	-9620.6	-3943.5	-3978.9	-1252.2	-0.0087	81303.5	-15002	FVmax	SIS4	4
Ftmax	19400.4	15328.9	13144.8	3196.55	4173.94	0.00262	84859.4	9006.25	FVmax	SIS9	9
Ftmin	18443.6	13899.3	-13145	3040.82	-4173.9	0.00262	81303.5	8517.64	FVmax	SIS10	10
Mtmax	19400.4	15328.9	13144.8	3196.55	4173.94	0.00262	84859.4	9006.25	FVmax	SIS9	9
Mtmin	18443.6	2865.41	-13145	-255.98	-4173.9	-0.0026	81303.5	-2516.2	FVmax	SIS12	12
Np max	19400.4	29727.4	3943.48	7529.52	1252.18	0.00873	84859.4	23404.8	FVmax	SIS1	1
Np min	19400.4	29727.4	3943.48	7529.52	1252.18	0.00873	84859.4	23404.8	FVmax	SIS1	1

COMB. SLE-CAR

Cond.	FV	MI	Mt	FI	FI	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	21338.1	21507.9	0	2482.21	0	0	84415.9	5634.86	FVmax	SLEFR1	1
Fvmin	21338.1	21507.9	0	2482.21	0	0	84415.9	5634.86	FVmax	SLEFR1	1
Flmax	21338.1	21507.9	0	2482.21	0	0	84415.9	5634.86	FVmax	SLEFR1	1
Flmin	21338.1	21507.9	0	2482.21	0	0	84415.9	5634.86	FVmax	SLEFR1	1
Mlmax	21338.1	21507.9	0	2482.21	0	0	84415.9	5634.86	FVmax	SLEFR1	1
Mlmin	21338.1	21507.9	0	2482.21	0	0	84415.9	5634.86	FVmax	SLEFR1	1
Ftmax	21338.1	21507.9	0	2482.21	0	0	84415.9	5634.86	FVmax	SLEFR1	1
Ftmin	21338.1	21507.9	0	2482.21	0	0	84415.9	5634.86	FVmax	SLEFR1	1
Mtmax	21338.1	21507.9	0	2482.21	0	0	84415.9	5634.86	FVmax	SLEFR1	1
Mtmin	21338.1	21507.9	0	2482.21	0	0	84415.9	5634.86	FVmax	SLEFR1	1
Np max	21338.1	21507.9	0	2482.21	0	0	84415.9	5634.86	FVmax	SLEFR1	1
Np min	21338.1	21507.9	0	2482.21	0	0	84415.9	5634.86	FVmax	SLEFR1	1

COMB. SLE-FREQUENTE

Cond.	FV	MI	Mt	FI	FI	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	20767.1	19623.9	0	2482.21	0	0	83616.6	5634.86	FVmax	SLEFR1	1
Fvmin	20767.1	19623.9	0	2482.21	0	0	83616.6	5634.86	FVmax	SLEFR1	1
Flmax	20767.1	19623.9	0	2482.21	0	0	83616.6	5634.86	FVmax	SLEFR1	1
Flmin	20767.1	19623.9	0	2482.21	0	0	83616.6	5634.86	FVmax	SLEFR1	1
Mlmax	20767.1	19623.9	0	2482.21	0	0	83616.6	5634.86	FVmax	SLEFR1	1
Mlmin	20767.1	19623.9	0	2482.21	0	0	83616.6	5634.86	FVmax	SLEFR1	1
Ftmax	20767.1	19623.9	0	2482.21	0	0	83616.6	5634.86	FVmax	SLEFR1	1
Ftmin	20767.1	19623.9	0	2482.21	0	0	83616.6	5634.86	FVmax	SLEFR1	1
Mtmax	20767.1	19623.9	0	2482.21	0	0	83616.6	5634.86	FVmax	SLEFR1	1
Mtmin	20767.1	19623.9	0	2482.21	0	0	83616.6	5634.86	FVmax	SLEFR1	1
Np max	20767.1	19623.9	0	2482.21	0	0	83616.6	5634.86	FVmax	SLEFR1	1
Np min	20767.1	19623.9	0	2482.21	0	0	83616.6	5634.86	FVmax	SLEFR1	1

COMB. SLE-QUASI PERMANENTE

Cond.	FV	MI	Mt	FI	FI	T	Msl	Mrl	Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-	-	-
Fvmax	18794	10337.9	0	2054.42	0	0	82287.8	4293.74	FVmax	SLEQP1	1
Fvmin	18794	10337.9	0	2054.42	0	0	82287.8	4293.74	FVmax	SLEQP1	1
Flmax	18794	10337.9	0	2054.42	0	0	82287.8	4293.74	FVmax	SLEQP1	1
Flmin	18794	10337.9	0	2054.42	0	0	82287.8	4293.74	FVmax	SLEQP1	1
Mlmax	18794	10337.9	0	2054.42	0	0	82287.8	4293.74	FVmax	SLEQP1	1
Mlmin	18794	10337.9	0	2054.42	0	0	82287.8	4293.74	FVmax	SLEQP1	1
Ftmax	18794	10337.9	0	2054.42	0	0	82287.8	4293.74	FVmax	SLEQP1	1
Ftmin	18794	10337.9	0	2054.42	0	0	82287.8	4293.74	FVmax	SLEQP1	1
Mtmax	18794	10337.9	0	2054.42	0	0	82287.8	4293.74	FVmax	SLEQP1	1
Mtmin	18794	10337.9	0	2054.42	0	0	82287.8	4293.74	FVmax	SLEQP1	1
Np max	18794	10337.9	0	2054.42	0	0	82287.8	4293.74	FVmax	SLEQP1	1
Np min	18794	10337.9	0	2054.42	0	0	82287.8	4293.74	FVmax	SLEQP1	1

	LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO					
SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NN1X	LOTTO 00	CODIFICA D78CL	DOCUMENTO NW 01 00 001	REV. A	FOGLIO 38 di 76

9.3.2 Sollecitazioni in testa palo

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

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

Dove:

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

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

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

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

dove H_l, H_t

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

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

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

Dove:

H è il taglio massimo in testa al palo

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

EJ è la rigidezza flessionale del palo

$Es = KB$ = modulo di elasticità del suolo

$$B = 1.5 D$$

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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 001	A	39 di 76

 $K = 1.67 \text{ E} / D$ coefficiente di sottofondo

 E = Modulo di rigidità 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	4.27	

Palificata

Diametro dei pali	1200.00	mm
Modulo di Elasticità del suolo	145.29	N/mm ²
Area palo	1.13	m ²
W flessione palo elastico	0.17	m ³
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 ⁴
Modulo Rigidità Cls E	31447	N/mm ²
Modulo Rigidità Terreno E	58	N/mm ²
Coefficiente di sottofondo Kh	80717	kN/m ³
Larghezza B	1800.00	mm

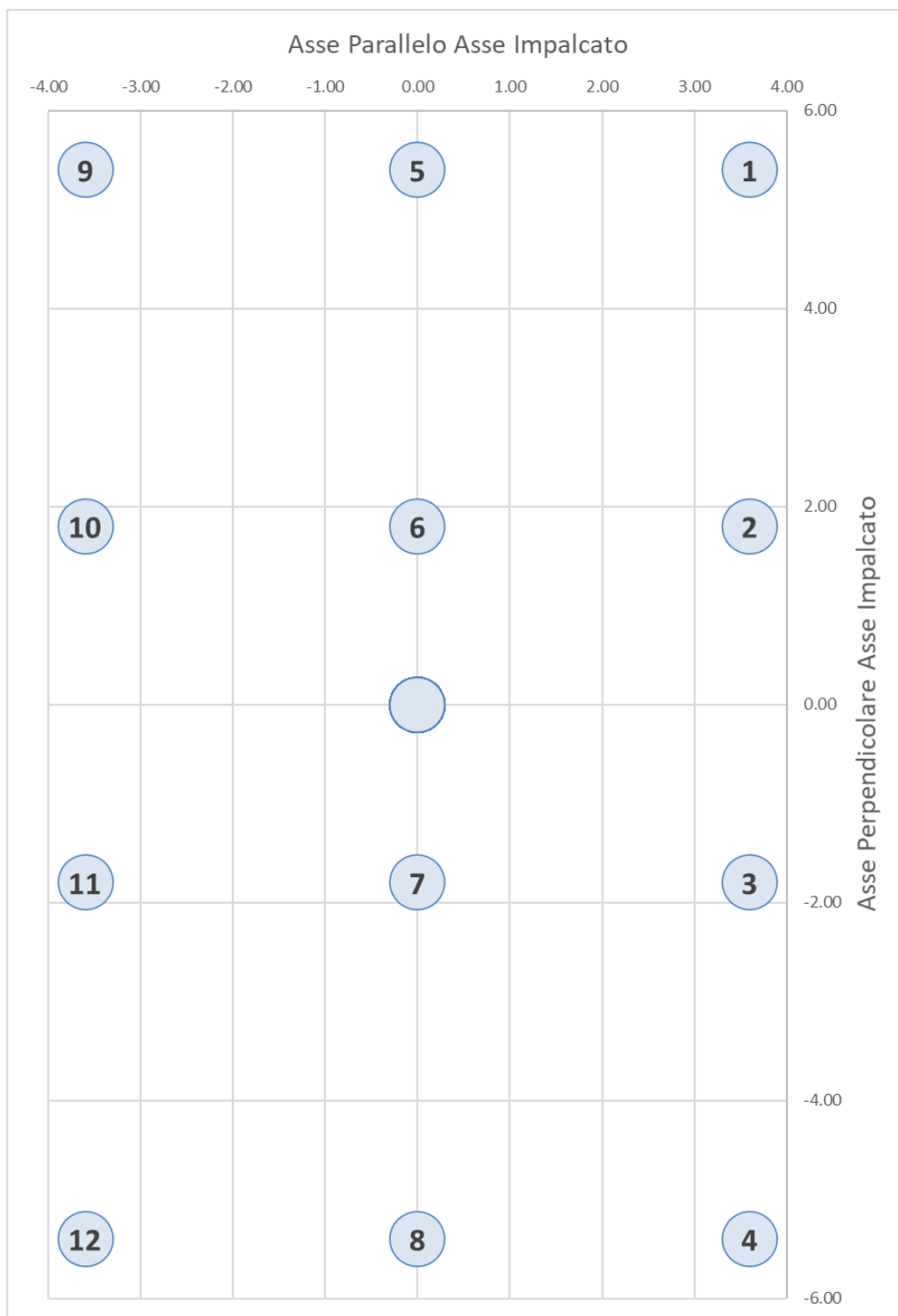


Figura 9: Disposizione Pali

SLU

Cond.	Comb	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-	-	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Fvmax	SLU1	3533	3526	3518	3511	2435	2427	2420	2413	1337	1329	1322	1315
Fvmin	SLU2	2565	2565	2565	2565	1781	1781	1781	1781	997	997	997	997
Fmax	SLU1	3533	3526	3518	3511	2435	2427	2420	2413	1337	1329	1322	1315
Fmin	SLU2	2565	2565	2565	2565	1781	1781	1781	1781	997	997	997	997
Mlmax	SLU2	3062	3055	3048	3041	1962	1955	1948	1941	862	855	848	841
Mlmin	SLU1	3035	3035	3035	3035	2253	2253	2253	2253	1471	1471	1471	1471
Ftmax	SLU1	3533	3526	3518	3511	2435	2427	2420	2413	1337	1329	1322	1315
Ftmin	SLU1	3035	3035	3035	3035	2253	2253	2253	2253	1471	1471	1471	1471
Mtmax	SLU1	3533	3526	3518	3511	2435	2427	2420	2413	1337	1329	1322	1315
Mtmin	SLU1	3035	3035	3035	3035	2253	2253	2253	2253	1471	1471	1471	1471
Np max	SLU1	3533	3526	3518	3511	2435	2427	2420	2413	1337	1329	1322	1315
Np min	SLU2	3062	3055	3048	3041	1962	1955	1948	1941	862	855	848	841

SIS

Cond.	Comb	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-	-	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Fvmax	SIS17	2390	2317	2244	2171	1819	1746	1673	1600	1249	1176	1103	1030
Fvmin	SIS18	1779	1852	1925	1998	1334	1407	1480	1553	890	963	1036	1109
Fmax	SIS1	2758	2685	2612	2539	1726	1653	1580	1507	694	621	548	475
Fmin	SIS3	1425	1352	1279	1206	1726	1653	1580	1507	2028	1955	1882	1809
Mlmax	SIS1	2758	2685	2612	2539	1726	1653	1580	1507	694	621	548	475
Mlmin	SIS4	1093	1166	1239	1312	1427	1500	1573	1647	1761	1835	1908	1981
Ftmax	SIS9	2514	2271	2027	1784	1982	1738	1495	1252	1450	1206	963	719
Ftmin	SIS10	1654	1898	2141	2385	1172	1415	1659	1902	689	933	1176	1419
Mtmax	SIS9	2514	2271	2027	1784	1982	1738	1495	1252	1450	1206	963	719
Mtmin	SIS12	1271	1515	1758	2002	1172	1415	1659	1902	1072	1316	1559	1803
Np max	SIS1	2758	2685	2612	2539	1726	1653	1580	1507	694	621	548	475
Np min	SIS1	2758	2685	2612	2539	1726	1653	1580	1507	694	621	548	475

SLU

N _{max}	N _{min}	H _{max}
kN	kN	kN
3533	841	333

SIS

N _{max}	N _{min}	H _{max}
kN	kN	kN
2758	475	636

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	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Fvmax	SLEFR1	2525	2525	2525	2525	1778	1778	1778	1778	1031	1031	1031	1031
Fvmin	SLEFR1	2525	2525	2525	2525	1778	1778	1778	1778	1031	1031	1031	1031
Fmax	SLEFR1	2525	2525	2525	2525	1778	1778	1778	1778	1031	1031	1031	1031
Fmin	SLEFR1	2525	2525	2525	2525	1778	1778	1778	1778	1031	1031	1031	1031
Mlmax	SLEFR1	2525	2525	2525	2525	1778	1778	1778	1778	1031	1031	1031	1031
Mlmin	SLEFR1	2525	2525	2525	2525	1778	1778	1778	1778	1031	1031	1031	1031
Rmax	SLEFR1	2525	2525	2525	2525	1778	1778	1778	1778	1031	1031	1031	1031
Rmin	SLEFR1	2525	2525	2525	2525	1778	1778	1778	1778	1031	1031	1031	1031
Mtmax	SLEFR1	2525	2525	2525	2525	1778	1778	1778	1778	1031	1031	1031	1031
Mtmin	SLEFR1	2525	2525	2525	2525	1778	1778	1778	1778	1031	1031	1031	1031
Np max	SLEFR1	2525	2525	2525	2525	1778	1778	1778	1778	1031	1031	1031	1031
Np min	SLEFR1	2525	2525	2525	2525	1778	1778	1778	1778	1031	1031	1031	1031

SLE-FR

Cond.	Comb	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-	-	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Fvmax	SLEFR1	2412	2412	2412	2412	1731	1731	1731	1731	1049	1049	1049	1049
Fvmin	SLEFR1	2412	2412	2412	2412	1731	1731	1731	1731	1049	1049	1049	1049
Fmax	SLEFR1	2412	2412	2412	2412	1731	1731	1731	1731	1049	1049	1049	1049
Fmin	SLEFR1	2412	2412	2412	2412	1731	1731	1731	1731	1049	1049	1049	1049
Mlmax	SLEFR1	2412	2412	2412	2412	1731	1731	1731	1731	1049	1049	1049	1049
Mlmin	SLEFR1	2412	2412	2412	2412	1731	1731	1731	1731	1049	1049	1049	1049
Rmax	SLEFR1	2412	2412	2412	2412	1731	1731	1731	1731	1049	1049	1049	1049
Rmin	SLEFR1	2412	2412	2412	2412	1731	1731	1731	1731	1049	1049	1049	1049
Mtmax	SLEFR1	2412	2412	2412	2412	1731	1731	1731	1731	1049	1049	1049	1049
Mtmin	SLEFR1	2412	2412	2412	2412	1731	1731	1731	1731	1049	1049	1049	1049
Np max	SLEFR1	2412	2412	2412	2412	1731	1731	1731	1731	1049	1049	1049	1049
Np min	SLEFR1	2412	2412	2412	2412	1731	1731	1731	1731	1049	1049	1049	1049

SLE-QP

Cond.	Comb	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-	-	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Fvmax	SLEQP1	1925	1925	1925	1925	1566	1566	1566	1566	1207	1207	1207	1207
Fvmin	SLEQP1	1925	1925	1925	1925	1566	1566	1566	1566	1207	1207	1207	1207
Fmax	SLEQP1	1925	1925	1925	1925	1566	1566	1566	1566	1207	1207	1207	1207
Fmin	SLEQP1	1925	1925	1925	1925	1566	1566	1566	1566	1207	1207	1207	1207
Mlmax	SLEQP1	1925	1925	1925	1925	1566	1566	1566	1566	1207	1207	1207	1207
Mlmin	SLEQP1	1925	1925	1925	1925	1566	1566	1566	1566	1207	1207	1207	1207
Rmax	SLEQP1	1925	1925	1925	1925	1566	1566	1566	1566	1207	1207	1207	1207
Rmin	SLEQP1	1925	1925	1925	1925	1566	1566	1566	1566	1207	1207	1207	1207
Mtmax	SLEQP1	1925	1925	1925	1925	1566	1566	1566	1566	1207	1207	1207	1207
Mtmin	SLEQP1	1925	1925	1925	1925	1566	1566	1566	1566	1207	1207	1207	1207
Np max	SLEQP1	1925	1925	1925	1925	1566	1566	1566	1566	1207	1207	1207	1207
Np min	SLEQP1	1925	1925	1925	1925	1566	1566	1566	1566	1207	1207	1207	1207

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	F	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	680.95	521.17	15.27	174.32	7.27	0.00		FVmax	SLU1	1.00
Fvmin	473.86	319.02	0.00	104.35	0.00	0.00		FVmin	SLU2	14.00
Fmax	680.95	521.17	15.27	174.32	7.27	0.00		FVmax	SLU1	1.00
Fmin	473.86	319.02	0.00	104.35	0.00	0.00		FVmin	SLU2	14.00
Mmax	680.95	521.17	15.27	174.32	7.27	0.00		FVmax	SLU1	1.00
Mmin	473.86	319.02	0.00	104.35	0.00	0.00		FVmin	SLU2	14.00
Ftmax	680.95	521.17	15.27	174.32	7.27	0.00		FVmax	SLU1	1.00
Ftmin	521.88	348.98	0.00	130.20	0.00	0.00		FVmin	SLU1	13.00
Mtmax	680.95	521.17	15.27	174.32	7.27	0.00		FVmax	SLU1	1.00
Mtmin	521.88	348.98	0.00	130.20	0.00	0.00		FVmin	SLU1	13.00
Tmax	680.95	521.17	15.27	174.32	7.27	0.00		FVmax	SLU1	1.00
Tmin	680.95	521.17	15.27	174.32	7.27	0.00	FVmax	SLU1	1.00	

COMB. SISMICA										
Cond.	FV	MI	Mt	F	Ft	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	215.69	471.48	99.63	219.48	50.16	0.00		FVmax	SIS17	17.00
Fvmin	58.71	404.53	-99.63	219.48	-50.16	0.00		FVmax	SIS18	18.00
Fmax	160.75	1270.33	99.63	559.26	50.16	0.00		FVmax	SIS1	1.00
Fmin	160.75	-835.41	99.63	-400.69	50.16	0.00		FVmax	SIS3	3.00
Mmax	160.75	1270.33	99.63	559.26	50.16	0.00		FVmax	SIS1	1.00
Mmin	113.65	-855.50	-99.63	-400.69	-50.16	0.00		FVmax	SIS4	4.00
Ftmax	160.75	448.07	332.10	219.48	167.21	0.00		FVmax	SIS9	9.00
Ftmin	113.65	427.94	-332.10	219.48	-167.21	0.00		FVmax	SIS10	10.00
Mtmax	160.75	448.07	332.10	219.48	167.21	0.00		FVmax	SIS9	9.00
Mtmin	113.65	-277.37	-332.10	-120.21	-167.21	0.00		FVmax	SIS12	12.00
Tmax	160.75	1270.33	99.63	559.26	50.16	0.00		FVmax	SIS1	1.00
Tmin	160.75	-835.41	99.63	-400.69	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	RI	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	499.33	314.88	0.00	96.45	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Fvmin	499.33	314.88	0.00	96.45	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
FImax	499.33	314.88	0.00	96.45	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
FImin	499.33	314.88	0.00	96.45	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
MImax	499.33	314.88	0.00	96.45	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Mimin	499.33	314.88	0.00	96.45	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Ftmax	499.33	314.88	0.00	96.45	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Ftmin	499.33	314.88	0.00	96.45	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Mtmax	499.33	314.88	0.00	96.45	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Mtmin	499.33	314.88	0.00	96.45	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Tmax	499.33	314.88	0.00	96.45	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00
Tmin	499.33	314.88	0.00	96.45	0.00	0.00		FVmax	SLER1	1.00

COMB. SLE-FREQUENTE										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	FR	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	455.07	268.64	0.00	85.15	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Fvmin	455.07	268.64	0.00	85.15	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
FImax	455.07	268.64	0.00	85.15	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
FImin	455.07	268.64	0.00	85.15	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
MImax	455.07	268.64	0.00	85.15	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Mimin	455.07	268.64	0.00	85.15	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Ftmax	455.07	268.64	0.00	85.15	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Ftmin	455.07	268.64	0.00	85.15	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Mtmax	455.07	268.64	0.00	85.15	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Mtmin	455.07	268.64	0.00	85.15	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Tmax	455.07	268.64	0.00	85.15	0.00	0.00		FVmax	SLEFR1	1.00
Tmin	455.07	268.64	0.00	85.15	0.00	0.00	FVmax	SLEFR1	1.00	

COMB. SLE-QUASI PERMANENTE										
Cond.	FV	MI	Mt	FI	FI	T		Imp	Comb	Ind
-	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]		-	-	-
Fvmax	381.50	207.75	0.00	73.86	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Fvmin	381.50	207.75	0.00	73.86	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
FImax	381.50	207.75	0.00	73.86	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
FImin	381.50	207.75	0.00	73.86	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
MImax	381.50	207.75	0.00	73.86	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Mimin	381.50	207.75	0.00	73.86	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Ftmax	381.50	207.75	0.00	73.86	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Ftmin	381.50	207.75	0.00	73.86	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Mtmax	381.50	207.75	0.00	73.86	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Mtmin	381.50	207.75	0.00	73.86	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Tmax	381.50	207.75	0.00	73.86	0.00	0.00		FVmax	SLEQP1	1.00
Tmin	381.50	207.75	0.00	73.86	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	γ	19	kN/m ³
angolo di attrito rilevato	ϕ	35	°
coefficiente di spinta attiva	λ_0	0.271	
terreno tipo	CAT. TERR.	C	
categoria topografica	CAT. TOP.	1	
S_T		1.00	
valore max del fattore di ampl. dello spettro in acc. orizz.	F0	2.705	
acc. orizz. max al suolo attesa su sito di rif. rigido	ag	0.131	g
coefficiente di spinta (in condizioni sismiche)	λ_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 ²	area di diffusione trasversale al piano strada
q0_1_2assi tandem	90.91 KN/m ²	sovraccarico a m2 a livello strada - assi tandem
q0_1_distribuito	9.00 KN/m ²	sovraccarico a m2 a livello strada - carico distribuito
q0_1	99.91 KN/m ²	sovraccarico a m2 a livello strada
σ_0_1	42.60 KN/m ²	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 ²	area di diffusione trasversale all'intradosso paraghiaia
q0_2	34.69 KN/m ²	sovraccarico a m2 all'intradosso paraghiaia
σ_0_2	14.79 KN/m ²	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^a categoria si considererà un carico orizzontale di 180 kN, concomitante con un carico verticale di 300 kN, mentre in ponti di 2^a categoria si considererà un carico orizzontale di 144 kN, concomitante con un carico verticale di 240 kN.

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

Categoria ponte 1

Q_{1k} 300 kN

$F_l = 0.6 \cdot Q_{1k}$ 180 kN frenatura longitudinale applicata in testa alla paraghiaia

Accettando l'ipotesi di ripartizione degli sforzi a 45°, le sollecitazioni a metro lineare valgono:

Partendo dalla dimensione trasversale dell'impronta di 40cm, si ha

B_t 4.74 m larghezza di diffusione trasversale all'intradosso paraghiaia

F_l/B_t 38.0 kN/m forza di frenatura a metro lineare

$M = F_l \cdot H/B_t$ 82.4 kNm/m momento flettente allo spiccatto a metro lineare

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

	lato terra	lato impalcato
e	0.30	0.00 m
$M_l = Q_{1k} \cdot e$	90.0	0.0 kNm
$M_l = M_l/B_t$	19.0	0.0 kNm/m

Sommando i due contributi si ottiene quindi il momento sollecitante caratteristico

101.4 82.4 kNm/m

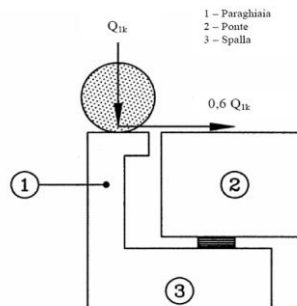


Figura C5.1.1 Carichi da traffico su muri paraghiaia

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 001	A	47 di 76

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
TOTALE		117	207

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
TOTALE		79	87

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
TOTALE		19	17

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
TOTALE		87	153

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
TOTALE		58	64

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

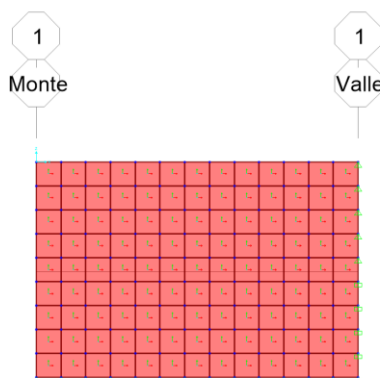
AZIONI	FATTOR	t [kN/ml]	m [kNm/ml]
SPINTA RIPOSO	1.00	19	14
SOVRACCARICO SU RILEVATO	0.00	0	0
FRENATURA IN TESTA AL MURO	0.00	0	0
TOTALE		19	14

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

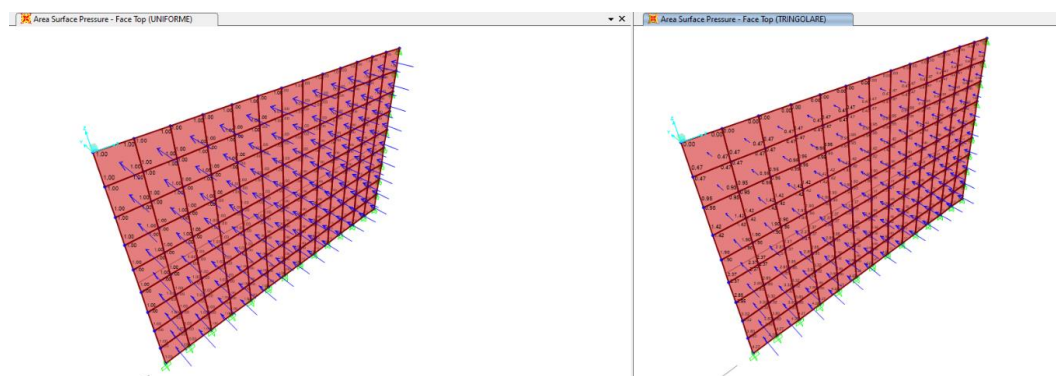
AZIONI	FATTOR	t [kN/ml]	m [kNm/ml]
SPINTA RIPOSO	1.00	19	14
SOVRACCARICO SU RILEVATO	0.75	29	38
FRENATURA IN TESTA AL MURO	0.00	0	0
TOTALE		49	52

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

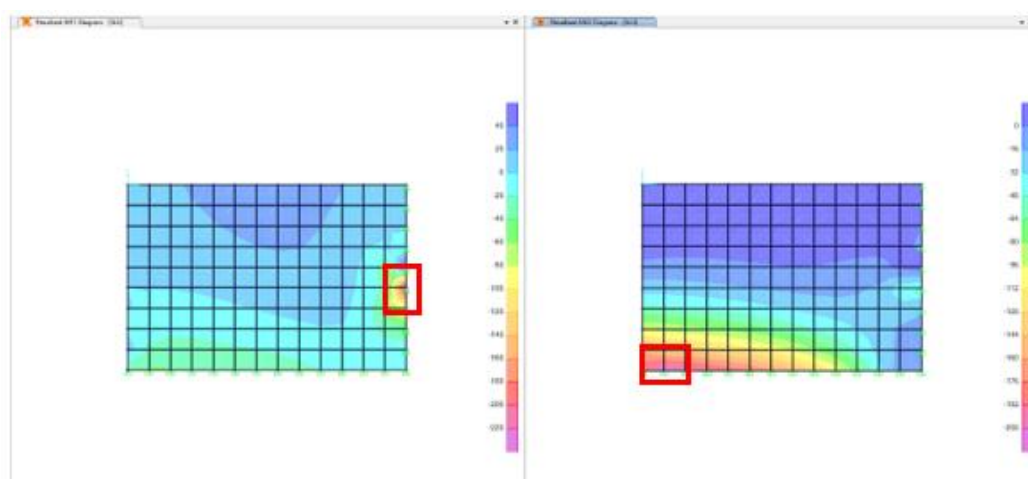
Le combinazioni sono le seguenti:

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 $\rho = 2.25\% A_c$

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 f_{cd} :	14.160 MPa
	Def.unit. max resistenza $ec2$:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu :	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale E_c :	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione f_{ctm} :	2.560 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. f_{yk} :	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura f_{tk} :	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto f_{yd} :	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto f_{td} :	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto E_{pu} :	0.068
	Modulo Elastico E_f :	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$:	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C25/30

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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 001	A	51 di 76

10	30.0	-52.0
11	15.6	-58.0
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	17.2	41.6	26
2	31.8	31.8	26
3	41.6	17.2	26
4	45.0	0.0	26
5	41.6	-17.2	26
6	31.8	-31.8	26
7	17.2	-41.6	26
8	0.0	-45.0	26
9	-17.2	-41.6	26
10	-31.8	-31.8	26
11	-41.6	-17.2	26
12	-45.0	0.0	26
13	-41.6	17.2	26
14	-31.8	31.8	26
15	-17.2	41.6	26
16	0.0	45.0	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
33	-9.9	-50.0	26
34	-19.5	-47.1	26
35	-28.3	-42.4	26
36	-36.1	-36.1	26
37	-42.4	-28.3	26
38	-47.1	-19.5	26

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 001	A	52 di 76

39	-50.0	-9.9	26
40	-51.0	0.0	26
41	-50.0	9.9	26
42	-47.1	19.5	26
43	-42.4	28.3	26
44	-36.1	36.1	26
45	-28.3	42.4	26
46	-19.5	47.1	26
47	-9.9	50.0	26
48	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.				
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	3382.18	1021.66	0.00	333.45	0.00
2	991.37	1021.66	0.00	333.45	0.00
3	2776.19	1948.88	0.00	636.08	0.00
4	472.16	1948.88	0.00	636.08	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	2421.21	642.45	0.00
2	1156.47	642.45	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	2300.51	633.77 (1497.60)	0.00 (0.00)
2	1160.68	633.77 (879.30)	0.00 (0.00)

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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 001	A	53 di 76

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	1925.12	524.55 (1521.51)	0.00 (0.00)
2	1207.22	524.55 (985.66)	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: 3.4 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	3382.18	1021.66	0.00	3382.36	4538.14	0.00	4.45 138.0(16.5)	
2	S	991.37	1021.66	0.00	991.47	4145.86	0.00	4.06 148.7(16.5)	
3	S	2776.19	1948.88	0.00	2776.45	4452.08	0.00	2.29 138.0(16.5)	
4	S	472.16	1948.88	0.00	472.02	4046.60	0.00	2.08 148.7(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	0.443	15.6	58.0	0.00299	0.0	51.0	-0.00440	0.0	-51.0
2	0.00350	0.360	15.6	58.0	0.00287	0.0	51.0	-0.00622	0.0	-51.0
3	0.00350	0.421	15.6	58.0	0.00296	0.0	51.0	-0.00481	0.0	-51.0
4	0.00350	0.343	15.6	58.0	0.00284	0.0	51.0	-0.00669	0.0	-51.0

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 001	A	54 di 76

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	0.000072491	-0.000707255	0.443	0.993
2	0.000000000	0.000089125	-0.001672678	0.360	0.890
3	0.000000000	0.000076171	-0.000920815	0.421	0.967
4	0.000000000	0.000093469	-0.001924767	0.343	0.869

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	333.45	1027.14	94.2	110.4	0.0133	2.83
2	S	333.45	746.49	94.9	108.5	0.0155	0.89
3	S	636.08	984.01	94.5	109.6	0.0144	2.48
4	S	636.08	684.42	95.3	107.3	0.0166	0.42

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	4.31	15.6	58.0	-13.1	0.0	-51.0	278	5.3
2	S	3.95	15.6	58.0	-44.3	0.0	-51.0	1077	53.1

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

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
 e1 Esito della verifica
 e2 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 k1 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 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; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ 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
 Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 001	A	55 di 76

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	-0.00010	0	0.500	26.0	77	0.00004 (0.00004)	494	0.019 (0.20)	1583.56	0.00
2	S	-0.00026	0	0.500	26.0	77	0.00013 (0.00013)	352	0.047 (0.20)	873.03	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	4.22	15.6	58.0	-14.5	0.0	-51.0	315	5.3
2	S	3.90	15.6	58.0	-43.1	0.0	-51.0	1077	42.5

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00010	0	0.500	26.0	77	0.00004 (0.00004)	524	0.023 (0.20)	1497.60	0.00
2	S	-0.00026	0	0.500	26.0	77	0.00013 (0.00013)	374	0.048 (0.20)	879.30	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	3.50	15.6	58.0	-11.6	0.0	-51.0	296	5.3
2	S	3.28	15.6	58.0	-28.0	0.0	-51.0	861	31.9

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	26.0	77	0.00003 (0.00003)	509	0.018 (0.20)	1521.51	0.00
2	S	-0.00017	0	0.500	26.0	77	0.00008 (0.00008)	382	0.032 (0.20)	985.66	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 ²
Armatura Longitudinale Inferiore	$A_{sl,inf}$	127.42	cm ²
Coefficiente sicurezza	γ_c	1.5	-
Resistenza caratteristica	f_{ck}	24.90	M Pa
Resistenza di progetto	f_{cd}	14.11	M Pa
Resistenza a compressione ridotta	f'_{cd}	7.06	M Pa
Carico Assiale	N_{Ed}	0	kN
Tensione di Compressione	σ_{cp}	0	M Pa
Resistenza di progetto acciaio	f_{ywd}	391.3	M Pa

Elemento non armato

Coefficiente Maggiorativo	α_c	1	-
Area staffe	A_{sw}	1.6	cm ²
Area staffe	A_{st}	10	cm ² /m
Coefficiente di altezza	k	1.46	-
Rapporto armatura tesa	ρ_l	0.011	-
Resistenza a taglio senza Armatura	V_{Rd1}	468.4	kN

Elemento Armato

Angolo inclinazione puntone di calcolo	$\text{ctg}(\theta)$	3.89	-
Angolo inclinazione puntone assunto	$\text{ctg}(\theta)$	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 $V_{sd} = 636$ kN

$V_{sd} = 636$ 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:

	N	Mx	Vy
	kN	kNm	kN
SLU	0	-312	297
SLV	0	-940	232
SLE-R	0	-113	0
SLE-FR	0	-109	0
SLEQP	0	60	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 = peso specifico del cls = 25 kN/m³

pr = peso specifico del rinterro = 19 kN/m³

l = lunghezza mensola = 6.4m

$$M2 = \sum N_i B_i$$

Dove:

Ni = reazione i-esimo palo

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

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta 1^* \beta 2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta 1^* \beta 2$:	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C25/30	
N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	200.0
3	50.0	200.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 001	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	-312.46	0.00	297.05	0.00
2	0.00	-939.86	0.00	231.91	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	-113.07	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	-108.93 (-1858.86)	0.00 (0.00)

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 001	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	60.13 (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	S	0.00	-312.46	0.00	0.00	-1683.92	0.00	5.39	22.6(28.5) 6)
2	S	0.00	-939.86	0.00	0.00	-1683.92	0.00	1.79	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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 001	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 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	297.05	513.33	193.0	100.0	0.0012	0.00 6)
2	S	231.91	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	-27.2	20.0	193.6	1600	22.6

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

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
 e1 Esito della verifica
 e2 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 k1 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 kt = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
 k2 = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
 k3 = 0.5 per flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ 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 = $s_r \max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(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
-------	-----	----	----	----	---	----	-------------	--------	----	---------	---------

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 001	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	0.33	-50.0	0.0	-26.2	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	-0.00014	0	0.500	24.0	52	0.00008 (0.00008)	465	0.037 (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	-14.5	-40.0	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 ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	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:		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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 001	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	521.00	0.00	174.00	0.00
2	216.00	471.00	0.00	559.00	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	315.00	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 A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 001	A	65 di 76

1	455.00	269.00 (6905.44)	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	381.00	208.00 (8042.67)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO
Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.2 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 18.0 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	681.00	521.00	0.00	680.95	2016.13	0.00	3.84	15.7(38.4)
2	S	216.00	471.00	0.00	215.75	1530.10	0.00	3.24	15.7(38.4)
3	S	175.00	206.00	0.00	175.04	1487.25	0.00	7.18	15.7(38.4)
4	S	135.00	157.00	0.00	135.02	1445.02	0.00	9.15	15.7(38.4)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00278	0.040	-50.0	220.0	0.00084	-40.0	214.1	-0.06750	-40.0	6.2
2	0.00211	0.030	-50.0	220.0	0.00018	-40.0	214.1	-0.06750	-40.0	6.2

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 001	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 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	174.00	638.12	212.4	100.0	0.0007	0.31 6)
2	S	559.00	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 [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	0.67	-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
 = 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]

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 001	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 = $0.6 S_{max} / E_s$ [(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	-0.00002	0	0.500	20.0	52	0.00001 (0.00001)	512	0.007 (0.20)	6231.35	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)	6905.44	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	0.003 (0.20)	8042.67	0.00

9.4.4 Verifiche paraghiaia

Si riporta di seguito la verifica eseguita per il paraghiaia, armato con $\phi 18/10$ 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 ²
ACCIAIO -	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	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:	C32/40

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

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	6.1	18
2	45.0	6.1	18
3	-40.0	34.1	14
4	40.0	34.1	14

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 001	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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 001	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,M_x Res,My Res) e (N,M_x,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	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

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 001	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 [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	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]

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; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ 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 = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
 Mx fess. Massima distanza tra le fessure [mm]
 My fess. Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(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	-0.00130	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	
ACCIAIO -	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$:	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	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	6.0	16
2	40.0	6.0	16
3	-40.0	114.0	16
4	40.0	114.0	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 A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 001	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
Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.2 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)
 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]

SPALLA A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 001	A	74 di 76

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	110.00	0.00	0.00	428.65	0.00	3.90	10.1(19.7)
2	S	0.00	84.00	0.00	0.00	428.65	0.00	5.10	10.1(19.7)
3	S	175.00	206.00	0.00	175.02	519.95	0.00	2.52	10.1(20.9)
4	S	135.00	157.00	0.00	135.04	499.33	0.00	3.18	10.1(20.9)

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

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00029	0.128	-50.0	120.0	0.00017	-40.0	114.0	-0.00196	-40.0	6.0
2	0.00029	0.128	-50.0	120.0	0.00017	-40.0	114.0	-0.00196	-40.0	6.0
3	0.00035	0.152	-50.0	120.0	0.00023	-40.0	114.0	-0.00196	-40.0	6.0
4	0.00034	0.147	-50.0	120.0	0.00022	-40.0	114.0	-0.00196	-40.0	6.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000019673	-0.002074536	0.128	0.700
2	0.000000000	0.000019673	-0.002074536	0.128	0.700
3	0.000000000	0.000020250	-0.002077999	0.152	0.700
4	0.000000000	0.000020125	-0.002077249	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 A – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 001	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 [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	0.84	-50.0	120.0	-76.1	20.0	6.0	1443	10.1
2	S	1.56	-50.0	120.0	-81.1	20.0	6.0	1443	10.1

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

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a 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	-0.00040	0	0.500	16.0	52	0.00023 (0.00023)	567	0.129 (0.20)	769.07	0.00
2	S	-0.00043	0	0.500	16.0	52	0.00024 (0.00024)	567	0.138 (0.20)	936.91	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	190
Fondazione Spalle	2.00	1.00	100
Elevazione Spalle	var	1.00	100