

PNC - PNRR: Piano Nazionale Complementare al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza nei territori colpiti dal sisma 2009-2016, Sub-misura A4, "Investimenti sulla rete stradale statale"

S.S. 502 - S.S. 78 - Belforte del Chienti - Sarnano - Lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in t.s. e potenziamento delle intersezioni. 2° Stralcio. Cod. SIL ACNOAN00114 - Codice CUP F71B22001170001

PROGETTAZIONE DEFINITIVA, ESECUTIVA ED ESECUZIONE LAVORI

cod. **PSL10/22**

PROGETTO DEFINITIVO

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Prof. Ing. Franco BRAGA
Ordine Ingegneri di Roma n. 7072/A

GEOLOGO:

Dott. Geol. Andrea RONDINARA
Albo regionale del Lazio n. 921

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Davide TALIA
Ordine Ingegneri di Roma n. 29001/B

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Marco MANCINA

PROTOCOLLO

DATA

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI IMPRESE:

Mandataria



Mandanti



RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI:

Mandataria



Mandanti



Dott. Geol. Andrea Rondinara

Prestatore del servizio di PMA



OPERE D'ARTE MAGGIORI

Viadotto VI.01

Relazione di calcolo fondazioni

CODICE PROGETTO

NOME FILE

T01VI01STRRE05A.dwg

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

CODICE ELAB. T01VI01STRRE05

A

-

A	EMISSIONE	Agosto 2023	Petrucci	Orsini	Braga
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

S.S. 502 – S.S. 78 Belforte del Chienti – Sarnano – Lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in t.s. e potenziamento intersezioni – 2° stralcio. Cod. SIL ACNOAN00114 - Codice CUP F71B22001170001 CIG 95039446B1

PROGETTO DEFINITIVO

Viadotto VI.01 – Relazione di calcolo fondazioni

INDICE

1	PREMESSA	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI.....	7
3.1	Calcestruzzo	7
3.1.1	Pali, fondazioni	7
3.1.2	Elevazioni spalle e pile.....	7
3.2	Acciaio	7
3.2.1	Acciaio per cemento armato	7
4	PARAMETRI GEOTECNICI.....	8
5	ANALISI DEI CARICHI	9
6	COMBINAZIONI DI CARICO	10
7	CRITERI DI VERIFICA SLU E SLV	12
7.1	Verifiche elementi in c.a.....	12
7.2	Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione - pressoflessione	12
7.3	Verifiche per gli stati limite ultimi a taglio	12
8	CRITERI DI VERIFICA CONDIZIONI DI ESERCIZIO	13
8.1	Verifiche SLE	13
8.1.1	Stato limite di formazione delle fessure	13
8.1.2	Verifica delle massime tensioni di esercizio CLS ed acciaio	13
9	SOLLECITAZIONI IN FONDAZIONE - SPALLE	14
9.1	Sollecitazioni ad intradosso fondazione	14
9.2	Sollecitazioni sui pali	15
10	VERIFICHE STRUTTURALI DELLA FONDAZIONE - SPALLA	17
10.1	Verifiche strutturali dei pali.....	17
10.1.1	Dimensionamento delle armature	17
10.1.2	Verifica a pressoflessione	18
10.1.3	Verifica a taglio	19
10.1.4	Verifiche SLE	21
10.2	Verifiche Strutturali del plinto di fondazione	23
10.2.1	Sollecitazioni.....	23
10.2.2	Sintesi disposta armature	23
10.2.3	Verifiche SLV	25
10.2.4	Verifiche SLU.....	28
10.2.5	Verifiche SLE	31
11	SOLLECITAZIONI IN FONDAZIONE - PILA.....	33
11.1	Sollecitazioni ad intradosso fondazione	33
11.2	Sollecitazioni sui pali.....	35
12	VERIFICHE STRUTTURALI DELLA FONDAZIONE - PILA	38
12.1	Verifiche strutturali dei pali.....	38
12.1.1	Dimensionamento delle armature	38

PROGETTO DEFINITIVO

12.1.2	Verifica a pressoflessione	39
12.1.3	Verifica a taglio	40
12.1.4	Verifiche SLE	42
12.2	Verifiche Strutturali del plinto di fondazione – direzione longitudinale.....	43
12.2.1	Dimensionamento delle armature	45
12.2.2	Verifiche a pressoflessione	46
12.2.3	Verifiche a taglio	46
12.2.4	Verifiche SLE	50

1 PREMESSA

La presente relazione riporta le verifiche strutturali delle fondazioni delle sottostrutture del viadotto VI.01.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nella redazione del progetto strutturale si fa riferimento al quadro normativo ai sensi del D. M. 17 gennaio 2018. Il riferimento principale per la determinazione dei carichi agenti sulle strutture, le verifiche di sicurezza degli elementi strutturali di impalcato sarà pertanto:

- D.M. 17 gennaio 2018 - “Norme tecniche per le costruzioni” con la relativa circolare applicativa del 21 gennaio 2019 n. 7 - “Istruzione per l’applicazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni”;
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. (G.U. n.35 del 11 febbraio 2019) - Istruzioni per l’applicazione dell’“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

Nei casi in cui le enunciate normative italiane si presentino carenti di informazioni in relazione a particolari studi specifici, si fa riferimento a normative europee ed al sistema degli eurocodici, ed in particolare:

- UNI EN 1990:2006 - EUROCODICE 0 - “Criteri generali di progettazione strutturale” con il relativo NAD del 24.09.2010;
- UNI EN 1991-1-1:2004 - EUROCODICE 1 Parte 1-1 - “Azioni sulle strutture - Pesi per unità di volume;
- pesi propri e sovraccarichi per gli edifici” con il relativo NAD del 24.09.2010;
- UNI EN 1991-1-4:2005 - EUROCODICE 1 Parte 1-4 - “Azioni in generale - Azioni del vento” con il relativo NAD del 24.09.2010;
- UNI EN 1991-1-5:2004 - EUROCODICE 1 Parte 1-5 - “Azioni in generale - Azioni termiche” con il relativo NAD del 24.09.2010;
- UNI EN 1991-2:2005 - EUROCODICE 1 Parte 2 - “Carichi da traffico sui ponti” con il relativo NAD del 24.09.2010;
- UNI EN 1992-1-1:2005 - EUROCODICE 2 Parte 1-1 - “Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Regole generali e regole per gli edifici” con il relativo NAD del 24.09.2010;
- UNI EN 1997-1:2005 - EUROCODICE 7 parte 1 - “Progettazione geotecnica - Regole generali” con il relativo NAD del 24.09.2010;
- UNI EN 1998-1:2005 - EUROCODICE 8 parte 1 - “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici” con il relativo NAD del 24.09.2010;
- UNI EN 1998-2:2011 - EUROCODICE 8 parte 2 - “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Ponti” con il relativo NAD del 24.09.2010;
- UNI EN 1998-5:2005 - EUROCODICE 8 parte 5 - “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici” con il relativo NAD del 25.02.2011.

Per quanto concerne le caratteristiche del materiale calcestruzzo armato, si considerano:

- UNI EN 206:2016 - “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”; • UNI 11104:2016 - “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206”;
- UNI EN 10080:2005 - “Acciaio saldabile per cemento armato - Generalità”;
- Normativa antisismica: L. 2.2.74 n.64; D.M. 24.1.86;
- Norme per le costruzioni dei ponti: D.M. 2.8.80; Circolare n. 20977 dell’11.11.80 Min. LL. PP;

Sono infine state recepite le indicazioni contenute nei seguenti quaderni tecnici ANAS:

- Quaderni tecnici ANAS per la salvaguardia delle infrastrutture:

PROGETTO DEFINITIVO

- Volume I – Quaderno 1 - Valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo
- Volume I – Quaderno 2 - Valutazione delle caratteristiche meccaniche dell'acciaio
- Volume I – Quaderno 3 - Definizione del piano delle indagini
- Volume I – Quaderno 4 - Interventi di ripristino delle condizioni di sicurezza di cordoli e barriere bordo ponte
- Volume II – Quaderno 5 - Interventi di rifacimento dei cordoli con calcestruzzo fibrorinforzato
- Volume II – Quaderno 6 - Interventi di ripristino corticale dei calcestruzzi ammalorati
- Volume II – Quaderno 7 - Interventi locali sugli appoggi
- Volume II – Quaderno 8 - Interventi di ripristino delle condizioni di sicurezza dei giunti

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

Si riportano di seguito le resistenze di progetto dei materiali impiegati. Per ulteriori dettagli si rimanda alla Relazione sui materiali (documento T01VI01STRRE06).

3.1 Calcestruzzo

3.1.1 Pali, fondazioni

Classe 25/30

$$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 24.90 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a compressione: } f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 24.90 \cdot 0.85 / 1.5 = 14.11 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a trazione: } f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 2.56 \text{ N/mm}^2$$

3.1.2 Elevazioni spalle e pile

Classe 30/37

$$R_{ck} = 37 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 30.71 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a compressione: } f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 30.71 \cdot 0.85 / 1.5 = 17.40 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a trazione: } f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 2.94 \text{ N/mm}^2$$

3.2 Acciaio

3.2.1 Acciaio per cemento armato

Si utilizzano barre ad aderenza migliorata in acciaio con le seguenti caratteristiche meccaniche:

acciaio	B450C
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$;
tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$;
resistenza di calcolo a trazione	$f_{yd} = 391,30 \text{ N/mm}^2$;
modulo elastico	$E_s = 206000 \text{ N/mm}^2$.

4 PARAMETRI GEOTECNICI

La stratigrafia del terreno considerata e i relativi parametri geotecnici utilizzati nel calcolo sono riportati nell'elaborato di calcolo T01VI01GETRE01.

5 ANALISI DEI CARICHI

Per l'analisi dei carichi relativa alle fondazioni delle spalle si rimanda a quanto riportato nel §6 della relazione di calcolo delle spalle (documento T01VI01STRRE04).

Per l'analisi dei carichi relativa alle fondazioni delle pile si rimanda a quanto riportato nel §6 della relazione di calcolo delle pile (documento T01VI01STRRE03).

6 COMBINAZIONI DI CARICO

Sulla base delle condizioni di carico elementari illustrate al §5 sono state definite le combinazioni di carico.

Le combinazioni di carico prese in considerazione nelle verifiche sono state definite in base a quanto prescritto dalle NTC-2018 al par.2.5.3:

Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots;$$

Combinazione caratteristica rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche delle tensioni d'esercizio:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} \dots;$$

Combinazione caratteristica frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili, da utilizzarsi nelle verifiche a fessurazione:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} \dots;$$

Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} \dots;$$

Combinazione sismica:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} \dots;$$

Per le verifiche SLU si adottano i valori dei coefficienti parziali e dei coefficienti di combinazione riportati nelle seguenti figure.

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

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

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

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 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
Vento q_5	Vento a ponte scarico			
	SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve q_5	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	T_k	0,6	0,6	0,5

7 CRITERI DI VERIFICA SLU E SLV

7.1 Verifiche elementi in c.a.

Le verifiche sono condotte nel rispetto di quanto dichiarato nel paragrafo 4.1.2 delle NTC-2018.

Le verifiche di resistenza delle sezioni sono eseguite secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

I coefficienti di sicurezza adottati sono i seguenti:

- coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo: 1.50;
- coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio in barre: 1.15.

Il paragrafo in oggetto illustra nel dettaglio i criteri generali adottati per le verifiche strutturali condotte nel progetto. Ulteriori dettagli specifici, laddove impiegati, sono dichiarati e motivati nelle relative risultanze delle verifiche.

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

- verifiche per gli stati limite ultimi a presso-flessione;
- verifiche per gli stati limite ultimi a taglio;
- verifiche per gli stati limite di esercizio.

7.2 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione - pressoflessione

Allo stato limite ultimo, le verifiche a flessione o presso-flessione sono condotte confrontando (per le sezioni più significative) le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando di conseguenza il corrispondente fattore di sicurezza.

7.3 Verifiche per gli stati limite ultimi a taglio

La verifica di resistenza nei confronti delle sollecitazioni taglianti è stata eseguita nel rispetto delle prescrizioni riportate al paragrafo 4.1.2.3 delle NTC-2018.

8 CRITERI DI VERIFICA CONDIZIONI DI ESERCIZIO

8.1 Verifiche SLE

8.1.1 Stato limite di formazione delle fessure

E' stato verificato che il valore caratteristico di apertura delle fessure w_k non superi i limiti di normativa. L'ampiezza caratteristica delle fessure è calcolata come 1.7 volte il prodotto della deformazione media delle barre d'armatura ε_{sm} per la distanza media tra le fessure Δ_{sm} :

$$w_k = 1.7 \cdot \varepsilon_{sm} \cdot \Delta_{sm}$$

Trattandosi di strutture soggette a diverse condizioni ambientali, si adottano i seguenti limiti, per la combinazione frequente e presenza di armature poco sensibili, come previsto dal § 4.1.2.2.4 delle NTC-2018:

- $w_2 = 0.3$ mm per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, strutture a permanente contatto con il terreno e zone non ispezionabili di tutte le strutture
- $w_3 = 0.4$ mm per strutture in condizioni ambientali ordinarie.

Per la combinazione quasi permanente e presenza di armature poco sensibili, i limiti sono i seguenti, come previsto dal § 4.1.2.2.4 delle NTC-2018:

- $w_1 = 0.2$ mm per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, strutture a permanente contatto con il terreno e zone non ispezionabili di tutte le strutture
- $w_2 = 0.3$ mm per strutture in condizioni ambientali ordinarie.

Il valore limite di tensione di trazione nel calcestruzzo per lo stato limite di formazione delle fessure vale:

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

8.1.2 Verifica delle massime tensioni di esercizio CLS ed acciaio

La massima tensione di compressione del cls e nell'acciaio deve rispettare le seguenti limitazioni (vedi §4.1.2.2.5 delle NTC-2018):

- $\sigma_{c,max} < 0.60 f_{ck}$ per combinazione caratteristica (rara);
- $\sigma_{c,max} < 0.45 f_{ck}$ per combinazione quasi permanente;

La massima tensione di trazione dell'acciaio deve rispettare la limitazione:

- $\sigma_s < 0.80 f_{yk}$ per combinazione caratteristica (rara).

9 SOLLECITAZIONI IN FONDAZIONE - SPALLE

9.1 Sollecitazioni ad intradosso fondazione

Nel seguito si riportano le sollecitazioni ad intradosso fondazione, per i dettagli del calcolo si rimanda alla relazione di calcolo delle spalle (documento T01VI01STRE04):

LC	N	Tx (trasv)	Ty (long)	Mz	Mx (long)	My (trasv)
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
RARA_1_MTRA_4	24602	379	-5888	0	7480	14180
RARA_2_MTRA_4	25221	227	-6077	0	6893	25005
FREQ_1_MTRA_4	23730	0	-5652	0	8326	0
FREQ_2_MTRA_4	24602	0	-5888	0	7480	9867
Q.PERM_MTRA_4	23730	0	-5652	0	8326	0
SLU1_MTRA_4	33212	568	-7948	0	10098	19790
SLU2_MTRA_4	34049	341	-8203	0	9305	34145
SLU3_MTRA_4	24907	568	-5970	0	7184	19790
SLU4_MTRA_4	25743	341	-6225	0	6391	34145
RARA_1_NML_1	25315	379	-5888	0	6816	11504
RARA_1_NML_2	25043	379	-5888	0	6070	11504
RARA_2_NML_1	26387	227	-6077	0	5834	0
RARA_2_NML_2	25898	227	-6077	0	4488	18728
FREQ_1_NML_1	23730	0	-5652	0	8326	0
FREQ_1_NML_2	23730	0	-5652	0	8326	0
FREQ_2_NML_1	25315	0	-5888	0	6816	7191
FREQ_2_NML_2	25043	0	-5888	0	6070	7191
Q.PERM_NML_1	23730	0	-5652	0	8326	0
Q.PERM_NML_2	23730	0	-5652	0	8326	0
SLU1_NML_1	34175	568	-7948	0	9202	16177
SLU1_NML_2	33808	568	-7948	0	8195	16177
SLU2_NML_1	35622	341	-8203	0	7875	25670
SLU2_NML_2	34962	341	-8203	0	6059	25670
SLU3_NML_1	25869	568	-5970	0	6288	16177
SLU3_NML_2	25503	568	-5970	0	5280	16177
SLU4_NML_1	27317	341	-6225	0	4961	25670
SLU4_NML_2	26656	341	-6225	0	3145	25670
RARA_1_PSCA_3	23730	12	-5652	0	8326	142
RARA_2_PSCA_3	23730	7	-5652	0	8326	85
FREQ_1_PSCA_3	23730	2	-5652	0	8326	28
FREQ_2_PSCA_3	23730	0	-5652	0	8326	0
Q.PERM_PSCA_3	23730	0	-5652	0	8326	0

PROGETTO DEFINITIVO

LC	N	Tx (trasv)	Ty (long)	Mz	Mx (long)	My (trasv)
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
SLU1_PSCA_3	32035	17	-7630	0	11241	213
SLU2_PSCA_3	32035	10	-7630	0	11241	128
SLU3_PSCA_3	23730	17	-5652	0	8326	213
SLU4_PSCA_3	23730	10	-5652	0	8326	128
SLV_PSCA_L1	21942	1517	-12994	0	-42582	7354
SLV_PSCA_L2	20425	1517	-12994	0	-44235	7354
SLV_PSCA_T1	21942	5056	-6637	0	-9846	24514
SLV_PSCA_T2	20425	5056	-6637	0	-11499	24514
SLV_PSCA_V1	23711	1517	-6637	0	-7919	7354
SLV_PSCA_V2	18655	1517	-6637	0	-13427	7354

9.2 Sollecitazioni sui pali

Di seguito si riportano le massime e le minime sollecitazioni tra tutte le combinazioni, sul palo più sollecitato (valori positivi di N indicano compressione, valori negativi di N indicano trazione):

			Mx (long)	My (trasv)	N max	N min
			kNm	kNm	kN	kN
SLU	max	SLU2_MTRA_4	-1669	69	4181	1494
	max	SLU2_MTRA_4	-1669	69	4181	1494
	min	SLU4_MTRA_4	-1266	69	3423	868
	min	SLU1_MTRA_4	-1617	116	3679	1856
SLV	max	SLV_PSCA_L1	-2643	309	4715	-1058
	max	SLV_PSCA_L1	-2643	309	4715	-1058
	min	SLV_PSCA_L2	-2643	309	4646	-1242
	min	SLV_PSCA_T1	-1350	1028	3757	-100
SLE frequente	max	FREQ_2_NML_2	-1198	0	2575	1599
	min	FREQ_2_MTRA_4	-1198	0	2563	1537
SLE q. permanente	max	Q.PERM_MTRA_4	-1150	0	2167	1788
	min	Q.PERM_MTRA_4	-1150	0	2167	1788
SLE rara	max	RARA_2_MTRA_4	-1236	46	3087	1116
	max	RARA_2_MTRA_4	-1236	46	3087	1116
	min	RARA_2_MTRA_4	-1236	46	3087	1116
	min	RARA_1_MTRA_4	-1198	77	2709	1391

Si riportano di seguito le massime sollecitazioni di taglio sul singolo palo:

Combinazione	Ved
SLU1_MTRA_4	664.04
SLU2_MTRA_4	684.20
SLU2_PSCA_3	635.87
SLU3_PSCA_3	471.01
SLV_PSCA_T1	695.27
SLV_PSCA_L1	1090.21
SLV_PSCA_L1	1090.21
SLV_PSCA_T1	695.27

Il taglio sul singolo palo è stato ottenuto dividendo il taglio totale agente a intradosso fondazione per il numero dei pali e considerando la risultante tra quello in direzione longitudinale e quello in direzione trasversale.

Nelle tabelle precedenti, le combinazioni con L1 ed L2 finali sono quelle con sisma longitudinale, mentre quelle con T1 e T2 sono con sisma trasversale (rispettivamente sommato al sisma verticale verso il basso e verso l'alto).

10 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA FONDAZIONE - SPALLA

10.1 Verifiche strutturali dei pali

Le armature dei pali di fondazione sono state dimensionate in riferimento al palo più sollecitato.

Le massime e minime sollecitazioni sul singolo palo sono state riportate al §9.2.

10.1.1 Dimensionamento delle armature

Caratteristiche del palo		
Diametro	1.2	m
Area	1.13	m
Perimetro	3.77	m
Profondità infissione	2.8	m
n pali	12	

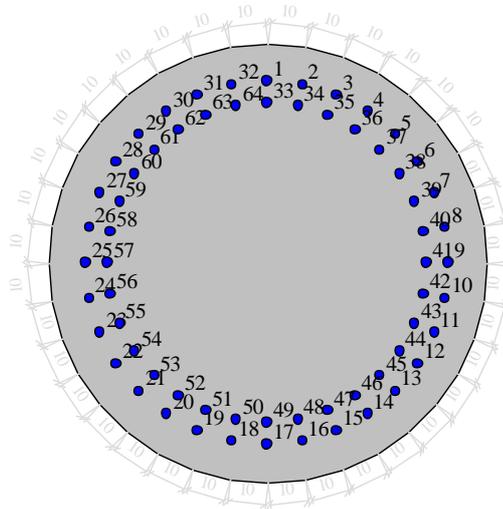
Armature palo

∅ palo	1200	mm
Area palo	1130973	mm ²
As, min	3393	mm ²
As, max	45239	mm ²

∅	30	mm
n	32	
strati	2	
As	45239	mm ²
	4.00%	ok

10.1.2 Verifica a pressoflessione

Si riportano di seguito le verifiche a pressoflessione per le combinazioni a SLU ed SLV.



Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
SLU2_MTRA_4_max	16685992	-693805	-149363	3.766>1	3.89>1
SLU2_MTRA_4_max	16685992	-693805	-149363	3.766>1	3.89>1
SLU4_MTRA_4_min	12662140	-693805	-86797	4.893>1	5.11>1
SLU1_MTRA_4_min	16166925	-1156342	-185643	3.896>1	3.959>1
SLV_PSCA_L1_max	26431015	-3085348	105850	2.212>1	2.126>1
SLV_PSCA_L1_max	26431015	-3085348	105850	2.212>1	2.126>1
SLV_PSCA_L2_min	26431015	-3085348	124228	2.199>1	2.098>1
SLV_PSCA_T1_min	13499100	-10284493	9963	3.591>1	3.568>1

Il minimo coefficiente di sicurezza a SLV è pari a **2.10**, mentre il minimo coefficiente di sicurezza a SLU è pari a 3.89, pertanto la verifica risulta soddisfatta.

10.1.3 Verifica a taglio

Si riporta di seguito la verifica a taglio per la combinazione più gravosa a SLV:

Mx	-1	▶
My	0	
N	0	
Tx	109000	
Ty	0	
<input type="checkbox"/> Aggiungi alla relazione		

Andamento delle tensioni tangenziali

Inclinazione:

Ved:

Segui asse neutro
 Manuale
 Direzione X Direzione Y
 Direzione Tmax

Passo (cm):

Verifica a taglio DM 14-01-08 e DM 17-01-18

f _{yw,k}	3913	γ _s	1.15
f _{ck}	249	γ _c	1.5
Dir.X		Dir.Y	
ø _{st} [mm]	14	14	
i _{st}	10	10	
n. br.	2	2	
Bw	66.75	66.75	
Hu	89.57	89.57	
Asl	84.82	84.82	

Ac_{ls} = 11252.4
 sigma_{cp} = 0
 f_{ck} = 249 , f_{ywk} = 3913

gamma_c = 1.5
 Alfa_{acc} = 0.85
 gamma_s = 1.15
 cotg(theta_X) = 1.85
 cotg(theta_Y) = 1.85
 ø_{staffeX} = 14
 Numero bracci_X = 2
 Passo staffe_X = 10
 Area staffe_X = 30.7876 cmq/m
 ø_{staffeY} = 14
 Numero bracci_Y = 2
 Passo staffe_Y = 10
 Area staffe_Y = 30.7876 cmq/m
 bw_X = 66.75 , hu_X = 89.57
 bw_Y = 66.75 , hu_Y = 89.57
 Asl_X = 84.82
 Asl_Y = 84.82
 Tx = 109000 , Ty = 0

Resistenza a taglio senza armature
 V_{cdX} = 34664.38
 V_{cdY} = 34664.38
 Tx/V_{cdX} + Ty/V_{cdY} = 3.14 > 1
 E' richiesta armatura a taglio.

resistenza a taglio per rottura delle bielle compresse
 V_{rd,maxX} = 158802.47
 V_{rd,maxY} = 158802.47
 Tx/V_{rd,maxX} + Ty/V_{rd,maxY} = 0.69 <= 1

Resistenza staffe in direzione x
 V_{rsdX} = 156230.12
 Tx/V_{rsdX} = 0.7 <= 1

Resistenza staffe in direzione y
 V_{rsdY} = 156230.12
 Ty/V_{rsdY} = 0 < 1

Il massimo tasso di sfruttamento è pari a **0.69**, la verifica risulta soddisfatta.

Si riporta di seguito la verifica a taglio per la combinazione più gravosa a SLU:

Mx	-1	
My	0	
N	0	
Tx	68400	
Ty	0	
<input type="checkbox"/> Aggiungi alla relazione ...		
Andamento delle tensioni tangenziali		
Inclinazione	0	
Ved	0	
<input checked="" type="radio"/> Segui asse neutro <input type="radio"/> Manuale <input type="radio"/> Direzione X <input type="radio"/> Direzione Y <input type="radio"/> Direzione Tmax		
Passo (cm)	1	
Verifica a taglio DM 14-01-08 e DM 17-01-18		
fyw,k	3913	γ_s 1.15
fck	249	γ_c 1.5
Dir.X		Dir.Y
ϕ_{st} [mm]	14	14
i st	10	10
n. br.	2	2
Bw	66.75	66.75
Hu	89.57	89.57
Asl	84.82	84.82
Acls = 11252.4 sigma_cp = 0 fck = 249 , fywk = 3913 gamma_c = 1.5 Alfacc = 0.85 gamma_s = 1.15 cotg(theta_X) = 1.85 cotg(theta_Y) = 1.85 $\phi_{staffeX}$ = 14 Numero bracciX = 2 Passo staffeX = 10 Area staffeX = 30.7876 cmq/m $\phi_{staffeY}$ = 14 Numero bracciY = 2 Passo staffeY = 10 Area staffeY = 30.7876 cmq/m bwX = 66.75 , huX = 89.57 bwY = 66.75 , huY = 89.57 AslX = 84.82 AslY = 84.82 Tx = 68400 , Ty = 0		
Resistenza a taglio senza armature V_{cdX} = 34664.38 V_{cdY} = 34664.38 $T_x/V_{cdX} + T_y/V_{cdY} = 1.97 > 1$ E' richiesta armatura a taglio. resistenza a taglio per rottura delle bielle compresse $V_{rd,maxX}$ = 158802.47 $V_{rd,maxY}$ = 158802.47 $T_x/V_{rd,maxX} + T_y/V_{rd,maxY} = 0.43 <= 1$ Resistenza staffe in direzione x V_{rsdX} = 156230.12 $T_x/V_{rsdX} = 0.44 <= 1$ Resistenza staffe in direzione y V_{rsdY} = 156230.12 $T_y/V_{rsdY} = 0 < 1$		

Il massimo tasso di sfruttamento è pari a **0.43**, la verifica risulta soddisfatta.

10.1.4 Verifiche SLE

Per le sollecitazioni utilizzate per le verifiche si rimanda al §9.2.

Verifica per lo stato limite di formazione delle fessure

fck	24.90	N/mm ²
fctm	2.56	N/mm ²
fyk	450	N/mm ²

	σt max	σt		Verifica	
Comb frequente	-2.13	-3.21	N/mm ²	Verificare ampiezza fessure	FREQ_2_NML_2
		-3.24	N/mm ²	Verificare ampiezza fessure	FREQ_2_MTRA_4
Comb quasi perm		-2.94	N/mm ²	Verificare ampiezza fessure	Q.PERM_MTRA_4
		-2.94	N/mm ²	Verificare ampiezza fessure	Q.PERM_MTRA_4

FREQ

Q. PERM.

		U. d.m.
c	89	mm
k ₁	0.8	-
k ₂	0.5	-
k ₃	3.4	-
k ₄	0.425	-
φ (o φ _{eq})	30	mm
A _s	707.0	mm ²
h _{c,ef}	335	mm
s	100	mm
A _{eff}	33500	mm ²
ρ _{eff}	0.02110	-
Δ _{sm}	320.1	mm
σ _t	21.32	kg/cm ²
σ _s	680.6	kg/cm ²
k _t	0.4	-
f _{ctm}	25.6	kg/cm ²
E _{cm}	314472	kg/cm ²
E _s	2100000	kg/cm ²
ε _{sm}	0.0001945	-
W _m	0.0623	mm
W _k	0.1058	mm

		U. d.m.
c	89	mm
k ₁	0.8	-
k ₂	0.5	-
k ₃	3.4	-
k ₄	0.425	-
φ (o φ _{eq})	30	mm
A _s	707.0	mm ²
h _{c,ef}	335	mm
s	100	mm
A _{eff}	33500	mm ²
ρ _{eff}	0.02110	-
Δ _{sm}	320.1	mm
σ _t	21.32	kg/cm ²
σ _s	587.6	kg/cm ²
k _t	0.4	-
f _{ctm}	25.6	kg/cm ²
E _{cm}	314472	kg/cm ²
E _s	2100000	kg/cm ²
ε _{sm}	0.0001679	-
W _m	0.0537	mm
W _k	0.0914	mm

w limite	0.3	mm
Verifica	OK	

w limite	0.2	mm
Verifica	OK	

Verifica per lo stato limite delle tensioni di esercizio

	$\sigma_c \text{ max}$	$\sigma_c \text{ Mmax}$	$\sigma_c \text{ Mmax}$	Verifica	
Comb rara	14.94	5.86	N/mm ²	Verifica soddisfatta	RARA_2_MTRA_4
		5.86	N/mm ²	Verifica soddisfatta	RARA_2_MTRA_4
Comb quasi perm	11.205	5.66	N/mm ²	Verifica soddisfatta	Q.PERM_MTRA_4
		5.66	N/mm ²	Verifica soddisfatta	Q.PERM_MTRA_4

	$\sigma_s \text{ max}$	σ_s		Verifica	
Comb rara	-360	71.9	N/mm ²	Verifica soddisfatta	RARA_2_MTRA_4
		71.9	N/mm ²	Verifica soddisfatta	RARA_2_MTRA_4

10.2 Verifiche Strutturali del plinto di fondazione

Nei paragrafi seguenti si riportano le sollecitazioni e le verifiche a flessione e taglio del plinto di fondazione.

Per il dimensionamento delle armature longitudinali è stato fatto riferimento alle sollecitazioni sui pali in corrispondenza della mensola di valle, schematizzata come una trave a mensola incastrata in corrispondenza del paramento di valle del muro di testata.

Le verifiche sono effettuate con il Metodo Semiprobabilistico agli Stati Limite.

Le sollecitazioni adoperate sono state ottenute con l'ausilio di un apposito foglio di calcolo.

Il momento sollecitante positivo tende le fibre inferiori.

Le tensioni di trazione sono state assunte negative mentre quelle di compressione positive, salvo diversa indicazione.

10.2.1 Sollecitazioni

In direzione longitudinale si considera la mensola lato valle, che date le dimensioni (L=2.5m da asse palo e H=1.8m) può essere considerata come mensola snella. Il calcolo delle massime sollecitazioni avviene considerando un carico in punta, corrispondente al massimo sforzo normale sul palo, depurato del peso proprio del plinto che viene scaricato direttamente sul terreno.

Il calcolo è stato effettuato considerando un copriferro netto di 4 cm.

Di seguito si riporta il calcolo delle sollecitazioni per le combinazioni più gravose:

	SLV	SLU	RARA	FREQ	Q.PERM	
N palo	4715	4181	3087	2575	2167	kN
B plinto	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	m
L plinto	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	m
H plinto	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	m
Vol plinto	211.97	211.97	211.97	211.97	211.97	m3
n pali	12	12	12	12	12	
Peso su 1 palo	442	442	442	442	442	kN
gamma Perm	1	1.35	1	1	1	
N' palo	4273	3585	2645	2133	1725	kN
Lunghezza mensola	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	m
Momento	10684	8962	6614	5334	4314	kNm
M su 1 metro	3816	3201	2362	1905	1541	kNm

Il momento all'incastro dato dal carico in testa alla mensola fa riferimento alla lunghezza di influenza del palo più caricato. A favore di sicurezza è stata considerata la minore lunghezza di influenza che corrisponde al palo di estremità.

10.2.2 Sintesi disposta armature

La sezione si considera armata con $\varnothing 26/20$ superiori e $\varnothing 26/10 + \varnothing 26/20$ inferiori.

Sintesi delle armature disposte in direzione longitudinale:

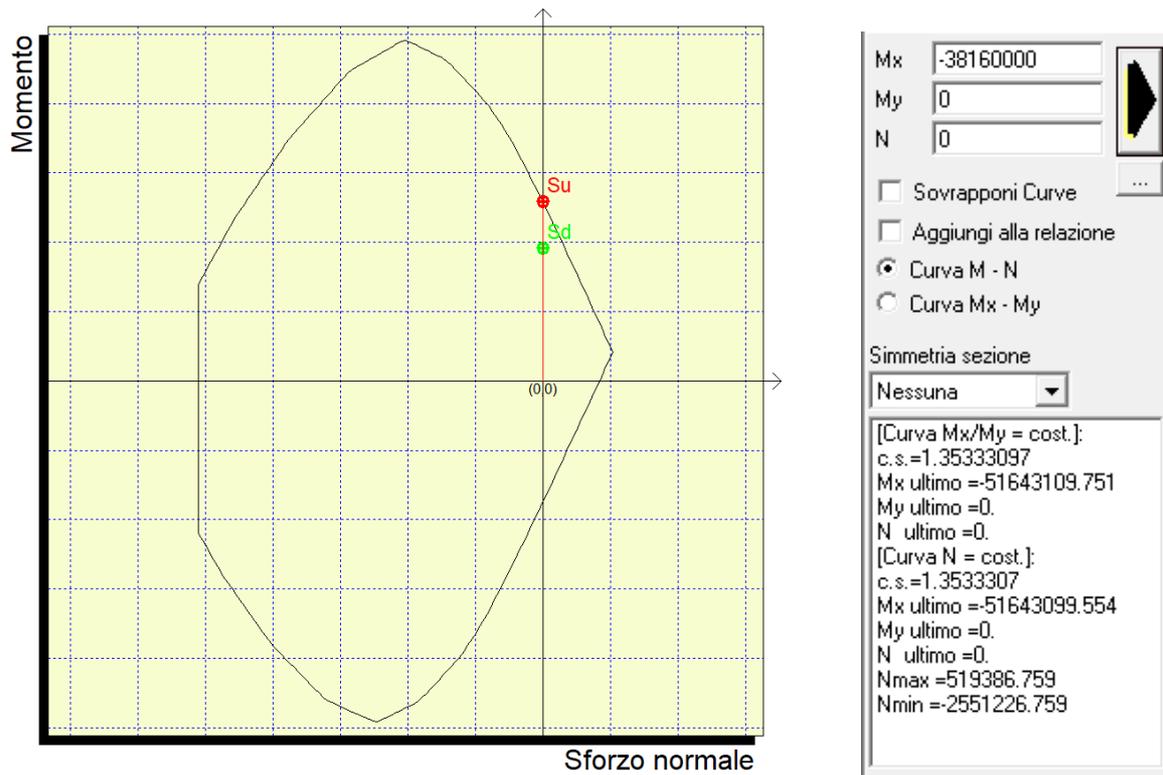
PROGETTO DEFINITIVO

	F	passo	As	As,tot	As,min
	mm	mm	mm ²	mm ²	mm ²
Intradosso	26	100	23891.81	35837.72	28000.00
Intradosso	26	200	11945.91		
Estradosso	26	200	11945.91	11945.91	-
Estradosso	-		-		

10.2.3 Verifiche SLV

Si riportano di seguito le verifiche relative alle combinazioni SLV.

10.2.3.1 Verifiche a Flessione



Il coefficiente di sicurezza minimo è pari a **1.35**, pertanto la verifica risulta soddisfatta.

10.2.3.2 Verifiche a Taglio

Si riporta di seguito la verifica a taglio per la combinazione più gravosa a SLV.

Verifica in assenza di armatura specifica a taglio

$V_{Ed} = T_{SLU}$	4273.00	kN
$V_{Ed} = T_{SLU}$	4273000	N
R_{ck}	30	MPa
f_{ck}	24.9	MPa
c netto	40	mm
Ø staffa	20	mm
Ø arm tesa	26	mm
Hsezione	1800	mm
d	1727.00	mm
k	1.340	-
b_w	2800	mm
Ø	26	mm
n	42	-
strati	1	-
A_{sl}	22299	mm ²
ρ_l	0.00461	-
N_{Ed}	0	kN
N_{Ed}	0	N
A_c	5040000	mm ²
σ_{cp}	0	MPa
$C_{Rd,c}$	0.12	-
V_{min}	0.271	-
$V_{Rd,c}$	1754609	N
$V_{Rd,c min}$	1310460	N
$V_{Rd,c effettivo}$	1754609	N
Verifica	NO	
T.S.	2.44	
C.S.	0.41	

La verifica non risulta soddisfatta, pertanto è necessario disporre armatura a taglio.

Verifica in presenza di armatura specifica a taglio

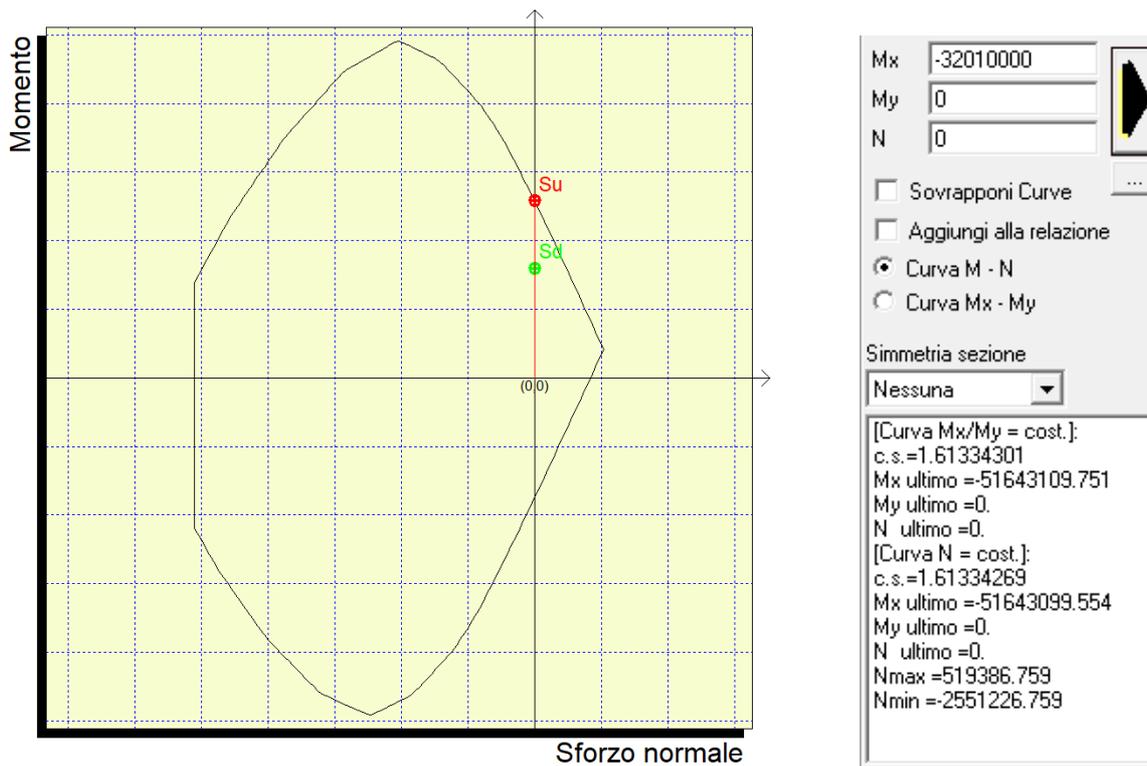
$V_{Ed} = T_{SLU}$	4273	kN
$V_{Ed} = T_{SLU}$	4273000	N
ϕ	20	mm
A_{ϕ}	314.1593	mm ²
bracci	2.5	-
A_{sw}	785.3982	mm ²
s	100	mm
f_{ywd}	391.3043	MPa
$\cot \theta$	1	-
α_c	1	-
$z = 0.9d$	1554.3	mm
v	0.54024	-
$V_{Rd,s}$	4776826	N
$V_{Rd,s \max}$	18561680	N
$V_{Rd,c}$ effettivo	4776826	N
Verifica	OK	
T.S.	0.8945	
C.S.	1.117909	

La verifica risulta soddisfatta con coefficiente di sicurezza minimo pari a **1.12**.

10.2.4 Verifiche SLU

Si riportano di seguito le verifiche relative alle combinazioni SLU.

10.2.4.1 Verifiche a Flessione



Il coefficiente di sicurezza minimo è pari a **1.61**, pertanto la verifica risulta soddisfatta.

10.2.4.2 Verifiche a Taglio

Si riporta di seguito la verifica a taglio per la combinazione più gravosa a SLU.

Verifica in assenza di armatura specifica a taglio

$V_{Ed} = T_{SLU}$	3585.00	kN
$V_{Ed} = T_{SLU}$	3585000	N
R_{ck}	30	MPa
f_{ck}	24.9	MPa
c netto	40	mm
Ø staffa	20	mm
Ø arm tesa	26	mm
Hsezione	1800	mm
d	1727.00	mm
k	1.340	-
b_w	2800	mm
Ø	26	mm
n	42	-
strati	1	-
A_{sl}	22299	mm ²
ρ_l	0.00461	-
N_{Ed}	0	kN
N_{Ed}	0	N
A_c	5040000	mm ²
σ_{cp}	0	MPa
$C_{Rd,c}$	0.12	-
V_{min}	0.271	-
$V_{Rd,c}$	1754609	N
$V_{Rd,c \min}$	1310460	N
$V_{Rd,c \text{ effettivo}}$	1754609	N
Verifica	NO	
T.S.	2.04	
C.S.	0.49	

La verifica non risulta soddisfatta, pertanto è necessario disporre armatura a taglio.

Verifica in presenza di armatura specifica a taglio

$V_{Ed} = T_{SLU}$	3585	kN
$V_{Ed} = T_{SLU}$	3585000	N
ϕ	20	mm
A_{ϕ}	314.1593	mm ²
bracci	2.5	-
A_{sw}	785.3982	mm ²
s	100	mm
f_{ywd}	391.3043	MPa
$\cot \theta$	1	-
α_c	1	-
$z = 0.9d$	1554.3	mm
v	0.54024	-
$V_{Rd,s}$	4776826	N
$V_{Rd,s \max}$	18561680	N
$V_{Rd,c}$ effettivo	4776826	N
Verifica	OK	
T.S.	0.7505	
C.S.	1.332448	

La verifica risulta soddisfatta con coefficiente di sicurezza minimo pari a **1.33**.

10.2.5 Verifiche SLE

Verifica per lo stato limite di formazione delle fessure

fck	24.9	N/mm ²
fctm	2.56	N/mm ²
fyk	450.00	N/mm ²

	σt max	σcls-		Verifica
Comb frequente	-2.13	-2.78	N/mm ²	Verificare ampiezza fessure
Comb quasi perm		-2.25	N/mm ²	Verificare ampiezza fessure

FREQ

	and_Z=0	U. d.m.
c	40	mm
k ₁	0.8	-
k ₂	0.5	-
k ₃	3.4	-
k ₄	0.425	-
φ (o φ _{eq})	26	mm
A _s	7963.9	mm ²
h	1800.0	mm
d	1747.0	mm
x	506.2	mm
h _{eff}	132.50	mm
A _{eff}	132500	mm ²
ρ	0.06011	-
Δ _{sm}	123.3	mm
σ _t	0.00	kg/cm ²
σ _s	1539.6	kg/cm ²
k _t	0.4	-
f _{ctm}	0	kg/cm ²
E _{cm}	314472	kg/cm ²
E _s	2100000	kg/cm ²
ε _{sm}	0.0007331	-
W _m	0.0904	mm
W _k	0.154	mm

w limite	0.300	mm
Verifica	OK	

Q. PERM.

	and_Z=0	U. d.m.
c	40	mm
k ₁	0.8	-
k ₂	0.5	-
k ₃	3.4	-
k ₄	0.425	-
φ (o φ _{eq})	26	mm
A _s	7963.9	mm ²
h	1800.0	mm
d	1747.0	mm
x	506.2	mm
h _{eff}	132.50	mm
A _{eff}	132500	mm ²
ρ	0.06011	-
Δ _{sm}	123.3	mm
σ _t	21.32	kg/cm ²
σ _s	1245.4	kg/cm ²
k _t	0.4	-
f _{ctm}	26	kg/cm ²
E _{cm}	314472	kg/cm ²
E _s	2100000	kg/cm ²
ε _{sm}	0.0004794	-
W _m	0.0591	mm
W _k	0.100	mm

w limite	0.200	mm
Verifica	OK	

Verifica per lo stato limite delle tensioni di esercizio

	σ_c max	σ_c Mmax		Verifica
Comb rara	18.426	5.19	N/mm ²	Verifica soddisfatta
Comb quasi perm	13.82	3.39	N/mm ²	Verifica soddisfatta

	σ_s max	σ_s		Verifica
Comb rara	-360	-190.89	N/mm ²	Verifica soddisfatta

11 SOLLECITAZIONI IN FONDAZIONE - PILA

11.1 Sollecitazioni ad intradosso fondazione

Nel seguito si riportano le sollecitazioni ad intradosso fondazione, per i dettagli del calcolo si rimanda alla relazione di calcolo delle pile (documento T01VI01STRRE03).

LC	N	Tx (trasv)	Ty (long)	Mz	Mx (long)	My (trasv)
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
GR00_SLU_S_0_m_01	25969	0	101	0	417	0
GR00_SLU_S_0_m_01	25969	0	101	0	417	0
GR00_SLU_S_0_m_01	25969	0	101	0	417	0
GR00_SLU_S_0_m_01	25969	0	101	0	417	0
GR00_SLU_S_0_m_01	25969	0	101	0	417	0
GR00_SLU_S_0_m_01	25969	0	101	0	417	0
GR01_SLU_C_V_m_02	53000	1345	-497	0	-1999	53333
GR2a_SLU_C_T_L_m_02	50730	0	-1075	0	-16841	4114
GR01_SLU_C_V_m_01	30698	1345	101	0	417	53333
GR00_SLU_S_0_m_01	25969	0	101	0	417	0
GR01_SLU_C_V_m_07	29663	1345	101	0	417	56234
GR2a_SLU_C_T_L_m_02	50730	0	-1075	0	-16841	4114
GR2a_S1_C_T_03	25969	0	101	0	417	0
GR00_S1_S_0_01	34778	-780	1859	0	45754	-18818
GR00_S1_S_0_02	34778	-2599	440	0	13255	-62726
GR00_S1_S_0_01	25969	0	101	0	417	0
GR00_S1_S_0_02	34778	-2599	440	0	13255	-62726
GR00_S1_S_0_01	34778	-780	1859	0	45754	-18818
GR00_S1_S_0_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_S1_S_0_01	34778	780	-2196	0	-47101	18818
GR00_S1_S_0_02	34778	2599	-777	0	-14602	62726
GR00_S1_S_0_01	25969	0	101	0	417	0
GR00_S1_S_0_02	34778	2599	-777	0	-14602	62726
GR00_S1_S_0_01	34778	780	-2196	0	-47101	18818
GR2a_S1.3_C_T_16	25969	0	101	0	417	0
GR00_S1.3_S_0_01	34778	-583	1352	0	33533	-13867
GR00_S1.3_S_0_02	34778	-1942	288	0	9589	-46222
GR00_S1.3_S_0_01	25969	0	101	0	417	0
GR00_S1.3_S_0_02	34778	-1942	288	0	9589	-46222
GR00_S1.3_S_0_01	34778	-583	1352	0	33533	-13867
GR00_S1.3_S_0_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_S1.3_S_0_01	34778	583	-1689	0	-34880	13867

PROGETTO DEFINITIVO

LC	N	Tx (trasv)	Ty (long)	Mz	Mx (long)	My (trasv)
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
GR00_S1.3_S_0_02	34778	1942	-625	0	-10935	46222
GR00_S1.3_S_0_01	25969	0	101	0	417	0
GR00_S1.3_S_0_02	34778	1942	-625	0	-10935	46222
GR00_S1.3_S_0_01	34778	583	-1689	0	-34880	13867
GR00_SLEF_S_0_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_SLEF_S_0_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_SLEF_S_0_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_SLEF_S_0_01	25969	0	101	0	417	0
GR00_SLEF_S_0_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_SLEF_S_0_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR01_SLEF_C_T_01	38280	0	-169	0	-673	5781
GR2a_SLEF_C_T_01	36599	0	-387	0	-7546	3047
GR00_SLEF_S_V_02	34778	151	-169	0	-673	5010
GR00_SLEF_S_0_01	25969	0	101	0	417	0
GR01_SLEF_C_T_04	37514	0	-169	0	-673	7930
GR2a_SLEF_C_T_01	36599	0	-387	0	-7546	3047
GR00_SLEQP_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_SLEQP_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_SLEQP_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_SLEQP_01	25969	0	101	0	417	0
GR00_SLEQP_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_SLEQP_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_SLEQP_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_SLEQP_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_SLEQP_01	25969	0	101	0	417	0
GR00_SLEQP_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_SLEQP_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_SLEQP_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_SLEQP_01	25969	0	101	0	417	0
GR00_SLEQP_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_SLEQP_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_SLER_S_0_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_SLER_S_0_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_SLER_S_0_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_SLER_S_0_01	25969	0	101	0	417	0
GR00_SLER_S_0_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_SLER_S_0_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR01_SLER_C_V_01	38280	0	-169	0	-673	5781
GR2a_SLER_L_C_T_01	36599	0	-576	0	-11255	3047
GR01_SLER_C_V_01	38280	897	-169	0	-673	36133
GR00_SLER_S_0_01	25969	0	101	0	417	0

LC	N	Tx (trasv)	Ty (long)	Mz	Mx (long)	My (trasv)
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
GR01_SLER_C_V_04	37514	897	-169	0	-673	38282
GR2a_SLER_L_C_T_01	36599	0	-576	0	-11255	3047
GR00_ECC_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_ECC_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_ECC_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_ECC_01	25969	0	101	0	417	0
GR00_ECC_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_ECC_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_ECC_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_ECC_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_ECC_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_ECC_01	25969	0	101	0	417	0
GR00_ECC_01	34778	0	-169	0	-673	0
GR00_ECC_01	34778	0	-169	0	-673	0

11.2 Sollecitazioni sui pali

Di seguito si riportano le massime e le minime sollecitazioni tra tutte le combinazioni, sul palo più sollecitato (valori positivi di N indicano compressione, valori negativi di N indicano trazione):

			Mx (long)	My (trasv)	N max	N min
			kNm	kNm	kN	kN
SLU	max	GR00_SLU_S_0_m_01	23	0	-2188	-2140
	max	GR01_SLU_C_V_m_02	-113	306	-6117	-2716
	max	GR01_SLU_C_V_m_02	-113	306	-6116.9	-2716
	min	GR2a_SLU_C_T_L_m_02	-245	0	-5029	-3426
	min	GR00_SLU_S_0_m_01	23	0	-2188	-2140
	min	GR01_SLU_C_V_m_07	23	306	-4160	-784
SISMICA q=1	max	GR00_S1_S_0_01	423	-178	-5245	-551
	max	GR00_S1_S_0_02	100	592	-5340	-456
	max	GR00_S1_S_0_02	100	-592	-5418.6	-456
	min	GR00_S1_S_0_01	-500	-178	-5245	-551
	min	GR00_S1_S_0_02	100	-592	-5340	-456
	min	GR00_S1_S_0_02	100	-592	-5340	-378
SISMICA q=1.36	max	GR00_S1.3_S_0_01	308	-133	-4620	-1176
	max	GR00_S1.3_S_0_02	66	442	-4690	-1106
	max	GR00_S1.3_S_0_02	66	-442	-4768.5	-1106
	min	GR00_S1.3_S_0_01	-385	-133	-4620	-1176

PROGETTO DEFINITIVO

			Mx (long)	My (trasv)	N max	N min
			kNm	kNm	kN	kN
	min	GR00_S1.3_S_0_02	66	-442	-4690	-1106
	min	GR00_S1.3_S_0_02	66	-442	-4690	-1028
SLE frequente	max	GR00_SLEF_S_0_01	23	0	-2938	-2859
	max	GR00_SLEF_S_V_02	-38	34	-3088	-2708
	max	GR2a_SLEF_C_T_01	-88	0	-3433.3	-2666
	min	GR2a_SLEF_C_T_01	-88	0	-3433	-2666
	min	GR00_SLEF_S_0_01	-38	0	-2938	-2859
	min	GR00_SLEF_S_0_01	-38	0	-2938	-2140
	min	GR00_SLEF_S_0_01	-38	0	-2938	-2140
SLE q. permanente	max	GR00_SLEQP_01	23	0	-2938	-2859
	max	GR00_SLEQP_01	-38	0	-2938	-2859
	max	GR00_SLEQP_01	-38	0	-2937.5	-2859
	min	GR00_SLEQP_01	-38	0	-2938	-2859
	min	GR00_SLEQP_01	-38	0	-2938	-2859
	min	GR00_SLEQP_01	-38	0	-2938	-2140
SLE rara	max	GR00_SLER_S_0_01	23	0	-2938	-2859
	max	GR01_SLER_C_V_01	-38	204	-3390	-2990
	max	GR01_SLER_C_V_01	-38	0	-4301.2	-2990
	min	GR2a_SLER_L_C_T_01	-131	0	-3580	-2520
	min	GR00_SLER_S_0_01	-38	0	-2938	-2859
	min	GR01_SLER_C_V_04	-38	204	-4297	-1955
ECCEZIONALE	max	GR00_ECC_01	23	0	-2938	-2859
	max	GR00_ECC_01	-38	0	-2938	-2859
	max	GR00_ECC_01	-38	0	-2937.5	-2859
	min	GR00_ECC_01	-38	0	-2938	-2859
	min	GR00_ECC_01	-38	0	-2938	-2859
	min	GR00_ECC_01	-38	0	-2938	-2140

Si riportano di seguito le massime sollecitazioni di taglio sul singolo palo:

	Ppalo	Vpalo
GR01_SLU_C_V_m_02	-2716	120
GR00_SLU_S_0_m_01	-2140	8
GR00_SLU_S_0_m_01	-2140	8
GR00_SLU_S_0_m_01	-2140	8
GR2a_SLU_C_T_L_m_02	-3426	90
GR00_SLU_S_0_m_01	-2140	8
GR00_S1_S_0_02	-456	220
GR00_S1_S_0_01	-551	168
GR2a_S1_C_T_03	-2140	8
GR00_S1_S_0_02	-456	220
GR00_S1_S_0_01	-551	194
GR2a_S1_C_T_03	-2140	8

Il taglio sul singolo palo è stato ottenuto dividendo il taglio totale agente a intradosso fondazione per il numero dei pali e considerando la risultante tra quello in direzione longitudinale e quello in direzione trasversale.

12 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA FONDAZIONE - PILA

12.1 Verifiche strutturali dei pali

Le armature dei pali di fondazione sono state dimensionate in riferimento al palo più sollecitato.

12.1.1 Dimensionamento delle armature

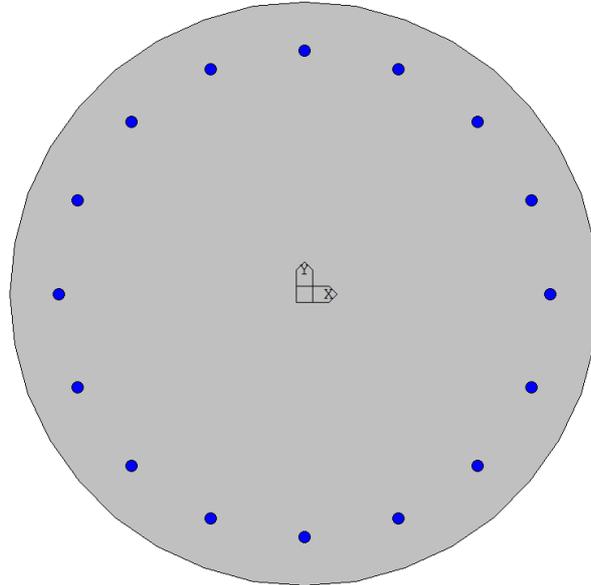
Caratteristiche del palo		
Diametro	1.2	m
Area	1.13	m ²
Perimetro	3.77	m
n pali	12	

Armature palo

∅ palo	1200	mm
Area palo	1130973	mm ²
As, min	3393	mm ²
As, max	45239	mm ²
∅	22	mm
n	16	
strati	1	
As	6082	mm ²
	0.54%	ok

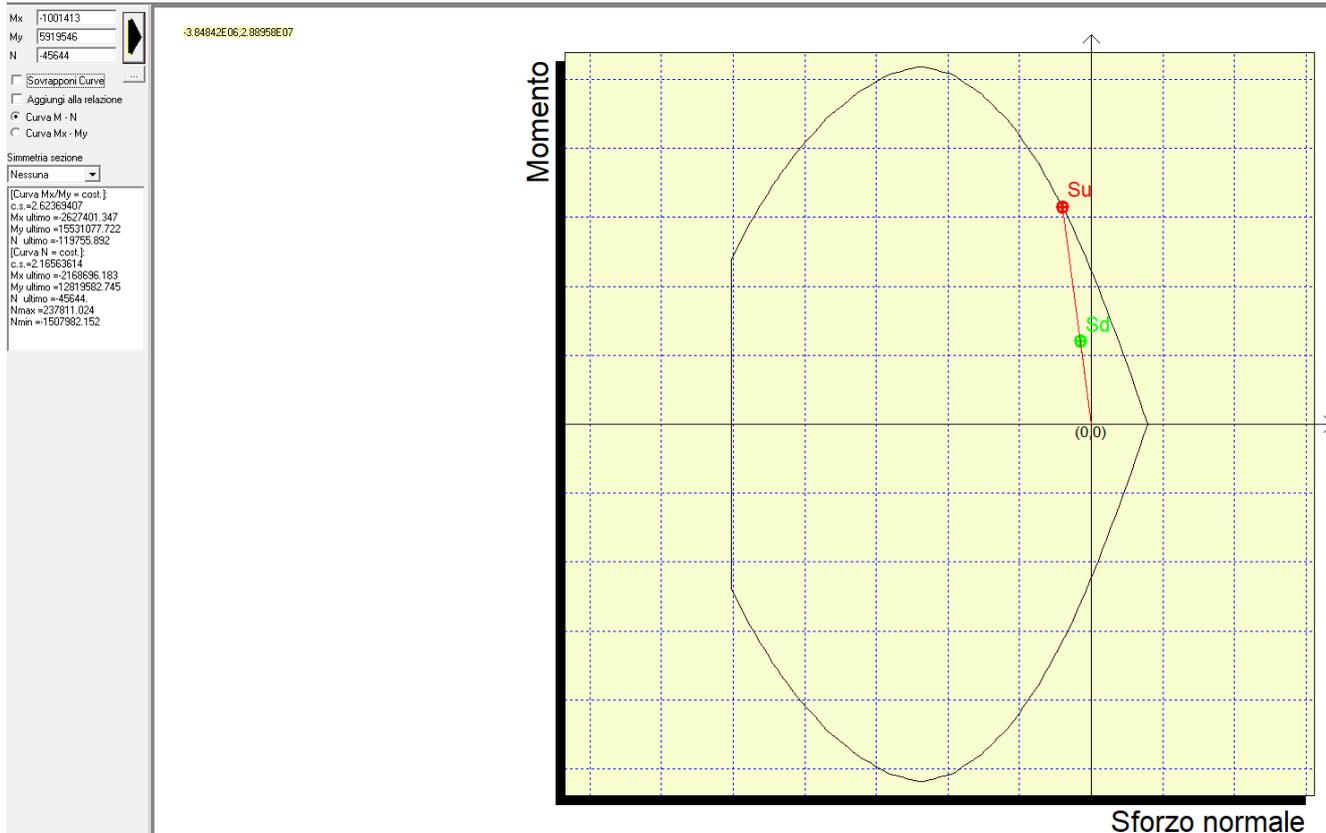
12.1.2 Verifica a pressoflessione

Si riportano di seguito le verifiche a pressoflessione sia per le combinazioni SLU che per le combinazioni SLV.



	Mx	My	N	c.s.	c.s. (N=cost)	
GR00_SLU	-231029.740854469		0	-213996.762465444	7.046752	81.052279
GR01_SLU	1133065.83311505	-3063656.74449872	-271644.843638821	5.023975	6.168026	
GR01_SLU	1133065.83311505	-3063656.74449872	-271644.843638821	5.023975	6.168026	
GR2a_SLU	2449253.69310007	-0.000000351	-342639.511232739	4.401075	8.935049	
GR00_SLU	-231029.740854469		0	-213996.762465444	7.046752	81.052279
GR01_SLU	-231029.740854469	-3063656.74449872	-78365.9326037828	8.340342	4.644627	
GR00_S1	-4233682.23449708	1775862.77423297	-55111.572088003	4.160577	2.911954	
GR00_S1	-1001413.56751609	-5919546.37664964	-45644.48105306	2.623702	2.165639	
GR00_S1	-1001413.56751609	5919546.37664964	-45644.48105306	2.623702	2.165639	
GR00_S1	5001371.75045542	1775862.77423297	-55111.572088003	3.353194	2.522296	
GR00_S1	-1001413.56751609	5919546.37664964	-45644.48105306	2.623702	2.165639	
GR00_S1	-1001413.56751609	5919546.37664964	-37770.2153616282	2.475759	2.112541	

Il coefficiente di sicurezza minimo per lo SLU risulta pari a 4.64, per lo SLV è pari a 2.11, la verifica risulta dunque soddisfatta.



12.1.3 Verifica a taglio

Si riporta di seguito la verifica a taglio per la combinazione più gravosa allo SLU.

VERIFICA A TAGLIO SECONDO NTC2018 SENZA ARMATURE A TAGLIO

$V_{Ed} = T_{SLU}$	120	kN
	119518	N

R_{ck}	30	MPa
f_{ck}	25	MPa
f_{ctm}	3	MPa

\varnothing palo	1200	mm
Area palo	1130973	mm ²
Lato quadrato eq.	1063	mm

c netto	75	mm
\varnothing staffa	12	mm
\varnothing arm tesa	22	mm
d	920	mm

k	1.47	
b _w	1063	mm
A _{sl}	3041	mm ²
ρ _l	0.003	

N _{Ed}	2716	kN
	2716448	N
A _c	1130973	mm ²
σ _{cp}	2.40	MPa
f _{cd}	14.11	MPa
γ _c	1.50	
C _{Rd,c}	0.12	
V _{min}	0.31	

V _{Rd,c}	692777	N
V _{Rd,c min}	655617	N

V _{Rd,c effettivo}	692777	N
-----------------------------	--------	---

Verifica	OK
coefficiente	5.80

Si riporta di seguito la verifica a taglio per la combinazione più gravosa allo SLV.

**VERIFICA A TAGLIO SECONDO NTC2018
SENZA ARMATURE A TAGLIO**

V _{Ed} = T _{SLU}	220	kN
	219670	N

R _{ck}	30	MPa
f _{ck}	25	MPa
f _{ctm}	3	MPa

Ø palo	1200	mm
Area palo	1130973	mm ²
Lato quadrato eq.	1063	mm

c netto	75	mm
Ø staffa	12	mm
Ø arm tesa	22	mm
d	920	mm

k	1.47	
b_w	1063	mm
A_{sl}	3041	mm ²
ρ_l	0.003	

N_{Ed}	456	kN
	456445	N
Ac	1130973	mm ²
σ_{cp}	0.40	MPa
f_{cd}	14.11	MPa
γ_c	1.50	
C_{Rd,c}	0.12	
V_{min}	0.31	

V_{Rd,c}	399643	N
V_{Rd,c min}	362484	N

V_{Rd,c} effettivo	399643	N
-----------------------------------	---------------	----------

Verifica	OK
coefficiente	1.82

Il coefficiente di sicurezza minimo è pari a 1.82, la verifica risulta soddisfatta.

12.1.4 Verifiche SLE

Per le sollecitazioni utilizzate per le verifiche si rimanda al §11.2.

Verifica per lo stato limite di formazione delle fessure

f_{ck}	25	N/mm ²
f_{ctm}	2.56	N/mm ²
f_{yk}	450	N/mm ²

	σ_t max [N/mm²]	σ_t [kg/cm²]	σ_t [N/mm²]	Verifica
Comb frequente	-2.13	22.22	2.22	Verifica soddisfatta
		19.47	1.95	Verifica soddisfatta
		17.18	1.72	Verifica soddisfatta
		17.18	1.72	Verifica soddisfatta
		21.41	2.14	Verifica soddisfatta
		15.51	1.55	Verifica soddisfatta
Comb quasi perm		22.22	2.22	Verifica soddisfatta

		21.41	2.14	Verifica soddisfatta Verifica soddisfatta Verifica soddisfatta Verifica soddisfatta Verifica soddisfatta
		21.41	2.14	
		21.41	2.14	
		21.41	2.14	
		15.51	1.55	

Verifica tensioni di esercizio

(non elastico)

	σ max [N/mm ²]	σ [kg/cm ²]	σ [N/mm ²]	Verifica
Comb rara	14.94	24.68	2.47	Verifica soddisfatta
		35.57	3.56	Verifica soddisfatta
		26.56	2.66	Verifica soddisfatta
		27.64	2.76	Verifica soddisfatta
		25.49	2.55	Verifica soddisfatta
		27.09	2.71	Verifica soddisfatta
Comb quasi perm	11.205	24.68	2.47	Verifica soddisfatta
		25.49	2.55	Verifica soddisfatta
		25.49	2.55	Verifica soddisfatta
		25.49	2.55	Verifica soddisfatta
		25.49	2.55	Verifica soddisfatta
		19.59	1.96	Verifica soddisfatta

	σ max [N/mm ²]	σ [kg/cm ²]	σ [N/mm ²]	Verifica
Comb rara	360	336.33	33.63	Verifica soddisfatta
		231.89	23.19	Verifica soddisfatta
		342.31	34.23	Verifica soddisfatta
		222.72	22.27	Verifica soddisfatta
		326.15	32.62	Verifica soddisfatta
		104.59	10.46	Verifica soddisfatta

12.2 Verifiche Strutturali del plinto di fondazione – direzione longitudinale

Nei paragrafi seguenti si riportano le sollecitazioni e le verifiche a pressoflessione e taglio del plinto di fondazione.

Per il dimensionamento delle armature è stato fatto riferimento alle sollecitazioni sui pali in corrispondenza di una striscia di plinto in direzione longitudinale, considerando uno schema a mensola incastrata in corrispondenza del fusto della pila. La sezione di calcolo ha larghezza pari a 1m e altezza pari a 2.5m.

Nella tabella seguente si riportano le sollecitazioni utilizzate per le verifiche.

		Combo	N max	N'	M	M su 1 metro
			kN	kN	kNm	kNm
SLU	max	GR00_SLU_S_0_m_01	-2188	-1552	-3646	-1257
	max	GR01_SLU_C_V_m_02	-6117	-5258	-12355	-4261
	max	GR01_SLU_C_V_m_02	-6117	-5258	-12355	-4261
	min	GR2a_SLU_C_T_L_m_02	-5029	-4169	-9798	-3379
	min	GR00_SLU_S_0_m_01	-2188	-1552	-3646	-1257
	min	GR01_SLU_C_V_m_07	-4160	-3524	-8281	-2855
SISMICA q=1	max	GR00_S1_S_0_01	-5245	-4609	-10830	-3735
	max	GR00_S1_S_0_02	-5340	-4703	-11053	-3811
	max	GR00_S1_S_0_02	-5419	-4782	-11238	-3875
	min	GR00_S1_S_0_01	-5245	-4609	-10830	-3735
	min	GR00_S1_S_0_02	-5340	-4703	-11053	-3811
	min	GR00_S1_S_0_02	-5340	-4703	-11053	-3811
SISMICA q=1.36	max	GR00_S1.3_S_0_01	-4620	-3984	-9362	-3228
	max	GR00_S1.3_S_0_02	-4690	-4053	-9525	-3285
	max	GR00_S1.3_S_0_02	-4769	-4132	-9710	-3348
	min	GR00_S1.3_S_0_01	-4620	-3984	-9362	-3228
	min	GR00_S1.3_S_0_02	-4690	-4053	-9525	-3285
	min	GR00_S1.3_S_0_02	-4690	-4053	-9525	-3285
SLE frequente	max	GR00_SLEF_S_0_01	-2938	-2301	-5407	-1865
	max	GR00_SLEF_S_V_02	-3088	-2452	-5761	-1987
	max	GR2a_SLEF_C_T_01	-3433	-2797	-6573	-2266
	min	GR2a_SLEF_C_T_01	-3433	-2797	-6573	-2266
	min	GR00_SLEF_S_0_01	-2938	-2301	-5407	-1865
	min	GR00_SLEF_S_0_01	-2938	-2301	-5407	-1865
SLE q. permanente	max	GR00_SLEQP_01	-2938	-2301	-5407	-1865
	max	GR00_SLEQP_01	-2938	-2301	-5407	-1865
	max	GR00_SLEQP_01	-2938	-2301	-5407	-1865
	min	GR00_SLEQP_01	-2938	-2301	-5407	-1865
	min	GR00_SLEQP_01	-2938	-2301	-5407	-1865
	min	GR00_SLEQP_01	-2938	-2301	-5407	-1865
SLE rara	max	GR00_SLER_S_0_01	-2938	-2301	-5407	-1865
	max	GR01_SLER_C_V_01	-3390	-2754	-6471	-2231
	max	GR01_SLER_C_V_01	-4301	-3665	-8612	-2970
	min	GR2a_SLER_L_C_T_01	-3580	-2944	-6917	-2385
	min	GR00_SLER_S_0_01	-2938	-2301	-5407	-1865
	min	GR01_SLER_C_V_04	-4297	-3661	-8602	-2966

		Combo	N max	N'	M	M su 1 metro
			kN	kN	kNm	kNm
ECCEZIONALE	max	GR00_ECC_01	-2938	-2301	-5407	-1865
	max	GR00_ECC_01	-2938	-2301	-5407	-1865
	max	GR00_ECC_01	-2938	-2301	-5407	-1865
	min	GR00_ECC_01	-2938	-2301	-5407	-1865
	min	GR00_ECC_01	-2938	-2301	-5407	-1865
	min	GR00_ECC_01	-2938	-2301	-5407	-1865

Le verifiche sono effettuate con il Metodo Semiprobabilistico agli Stati Limite.

Il momento sollecitante positivo tende le fibre inferiori.

Le tensioni di trazione sono state assunte negative mentre quelle di compressione positive, salvo diversa indicazione.

12.2.1 Dimensionamento delle armature

Sintesi delle armature disposte sia in direzione trasversale che longitudinale del plinto

Sezione di verifica

B	100	cm
H	250	cm
copriferro	4	cm
d	241.6	cm
As,min	3571	mm ²
As,min	3141	mm ²
As,min	3571	mm ²
As,max	100000	mm ²

Armatura inferiore

ϕ	26	mm
passo strato 1	10	-
n° strato 1	10.0	-
As inf	5309.3	mm ²

Verificato

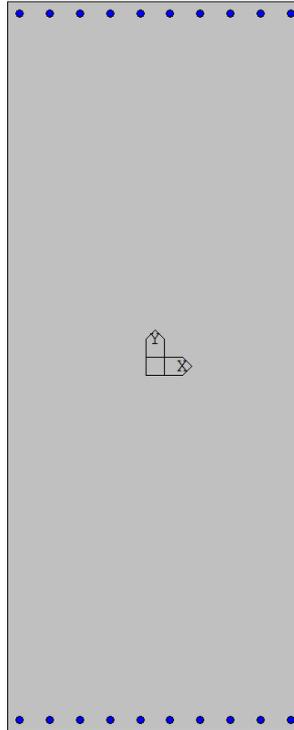
Armatura superiore

ϕ	26	mm
passo	10	-
n	10	-
As sup	5309.3	mm ²

Verificato

12.2.2 Verifiche a pressoflessione

Si riportano di seguito le verifiche a pressoflessione sia per le combinazioni SLU che per le combinazioni SLV.



	Mx	My	N		c.s.	c.s. (N=cost)
GR00_SLU_	-12574093.6691772		0	0	3.964206	3.964206
GR01_SLU_	-42605060.5557579		0	0	1.169962	1.169962
GR01_SLU_	-42605060.5557579		0	0	1.169962	1.169962
GR2a_SLU_	-33785811.0872387		0	0	1.475362	1.475362
GR00_SLU_	-12574093.6691772		0	0	3.964206	3.964206
GR01_SLU_	-28554401.8332661		0	0	1.745661	1.745661
GR00_S1_	-37346243.4687354		0	0	1.334707	1.334707
GR00_S1_	-38113404.2939808		0	0	1.307842	1.307842
GR00_S1_	-38751491.3413899		0	0	1.286306	1.286306
GR00_S1_	-37346243.4687354		0	0	1.334707	1.334707
GR00_S1_	-38113404.2939808		0	0	1.307842	1.307842
GR00_S1_	-38113404.2939808		0	0	1.307842	1.307842

Il minimo coefficiente di sicurezza allo SLU è pari a 1.17 mentre allo SLV è pari a 1.28, la verifica risulta soddisfatta.

12.2.3 Verifiche a taglio

Si riportano di seguito le verifiche rispettivamente per SLU e SLV:

Taglio SLU

VERIFICA A TAGLIO SECONDO NTC2018

SENZA ARMATURE A TAGLIO

$V_{Ed} = T_{SLU}$	1812.98	kN
--------------------	---------	----

1812981.30	N
------------	---

R_{ck}	30	MPa
f_{ck}	25	MPa
f_{ctm}	2.56	MPa

Area	2500000	mm ²
c netto	40	mm

d	2416.00	mm
k	1.29	
b_w	1000.00	mm
A_{sl}	5309.29	mm ²
ρ_l	0.002	

N_{Ed}	0	kN
	0.00	N
Ac	2500000.00	mm ²
σ_{cp}	0.00	MPa
f_{cd}	14.11	MPa
γ_c	1.50	
C_{Rd,c}	0.12	
v_{min}	0.26	

V_{Rd,c}	657877.70	N
V_{Rd,c min}	616588.80	N

V_{Rd,c effettivo}	657877.70	N
-----------------------------------	-----------	---

Verifica	NO
coefficiente	0.36

Essendo il coefficiente inferiore a 1 è necessario inserire anche armature a taglio:

**VERIFICA A TAGLIO SECONDO EC2
CON ARMATURE A TAGLIO**

V_{Ed} = T_{SLU}	1812.98	kN
	1812981.30	N

∅ staffa	18	mm
passo nella sez.	400.00	mm
A _{sw}	636	mm ²
s	200.00	mm

f _{ywd}	391.30	MPa
------------------	--------	-----

cot θ	1.00
-------	------

α _c	1.00
----------------	------

z = 0.9d	2174.40	mm
----------	---------	----

v	0.54
---	------

V _{Rd,s}	2706443.83	N
V _{Rd,s max}	8287493.37	N

V _{Rd,c effettivo}	2706443.83	N
-----------------------------	------------	---

Verifica	OK
coefficiente	1.49

Medesima analisi è stata svolta per lo SLV:

VERIFICA A TAGLIO SECONDO NTC2018 SENZA ARMATURE A TAGLIO

V _{Ed} = T _{SLU}	1649.00	kN
	1648999.63	N

R _{ck}	30	MPa
f _{ck}	25	MPa
f _{ctm}	2.56	MPa

Area	2500000.00	mm ²
c netto	40	mm

d	2416.00	mm
---	---------	----

k	1.29	
b_w	1000.00	mm
A_{sl}	5309.29	mm ²
ρ_l	0.002	

N_{Ed}	0	kN
	0.00	N
A_c	2500000.00	mm ²
σ_{cp}	0.00	MPa
f_{cd}	14.11	MPa
γ_c	1.50	
C_{Rd,c}	0.12	
v_{min}	0.26	

V_{Rd,c}	657877.70	N
V_{Rd,c min}	616588.80	N

V_{Rd,c effettivo}	657877.70	N
-----------------------------------	-----------	---

Verifica	NO
coefficiente	0.40

VERIFICA A TAGLIO SECONDO EC2 CON ARMATURE A TAGLIO

V_{Ed} = T_{SLU}	1649.00	kN
	1648999.63	N

∅ staffa	18.00	mm
passo nella sez.	200.00	mm
A_{sw}	1272.35	mm ²
s	400.00	mm

f_{ywd}	391.30	MPa
------------------------	--------	-----

cot θ	1.00
--------------	------

α_c	1.00
----------------------	------

z = 0.9d	2174.40	mm
-----------------	---------	----

v	0.54
---	------

V _{Rd,s}	2706443.83	N
V _{Rd,s max}	8287493.37	N

V _{Rd,c effettivo}	2706443.83	N
-----------------------------	------------	---

Verifica	OK
coefficiente	1.64

12.2.4 Verifiche SLE

Verifica per lo stato limite di formazione delle fessure

fck	24.9	N/mm ²
fctm	2.56	N/mm ²
fyk	450	N/mm ²

	σ max [N/mm ²]	σ [kg/cm ²]	σ [N/mm ²]	Verifica
Comb frequente	-2.13	-14.84	-1.48	Verifica soddisfatta
		-15.81	-1.58	Verifica soddisfatta
		-18.04	-1.80	Verifica soddisfatta
		-18.04	-1.80	Verifica soddisfatta
		-14.84	-1.48	Verifica soddisfatta
Comb quasi perm		-14.84	-1.48	Verifica soddisfatta
		-14.84	-1.48	Verifica soddisfatta
		-14.84	-1.48	Verifica soddisfatta
		-14.84	-1.48	Verifica soddisfatta
		-14.84	-1.48	Verifica soddisfatta

Verifica per lo stato limite delle tensioni di esercizio

	σ max [N/mm ²]	σ [kg/cm ²]	σ [N/mm ²]	Verifica
Comb rara	14.94	22.44	2.24	Verifica soddisfatta
		26.85	2.69	Verifica soddisfatta
		35.74	3.57	Verifica soddisfatta
		28.70	2.87	Verifica soddisfatta
		22.44	2.24	Verifica soddisfatta
		35.70	3.57	Verifica soddisfatta

PROGETTO DEFINITIVO

Comb quasi perm	11.205	22.44	2.24	Verifica soddisfatta
		22.44	2.24	
		22.44	2.24	
		22.44	2.24	
		22.44	2.24	
		22.44	2.24	

	σ max [N/mm2]	σ [kg/cm2]	σ [N/mm2]	Verifica
Comb rara	360	-973.33	-97.33	Verifica soddisfatta
		-1164.73	-116.47	Verifica soddisfatta
		-1550.17	-155.02	Verifica soddisfatta
		-1245.09	-124.51	Verifica soddisfatta
		-973.33	-97.33	Verifica soddisfatta
		-1548.40	-154.84	Verifica soddisfatta