COMMITTENTE

COMUNE DI GENOVA

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
ALBERTO BITOSSI
IL DIREGENTE ESECUTORE DEL CONTRATTO
ANTONIO ROSSA

PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)

PROGETTAZIONE

MANDANTARIA

ITALFERR
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

MANDANTE TECHNITAL

MANDANTE ETS Engineering and Technical Services S.p.A.

MANDANTE ABDR ARCHITETTI ASSOCIATI

ITALFERR SPA

PROGETTO STRUTTURALE

RIMESSA GAVETTE

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI

IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE
Dott. Ing. Luca Bernardini

SCALA: -

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
E21D	06	D	10	CL	FA1402	001	B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	P.Luciani	26.09.2021	R.Lerra	26.09.2021	A.Peresso	26.09.2021	L. Bernardini 06/10/2021
B	Riemissione per commenti	P.Luciani	06.10.2021	R.Lerra	06.10.2021	A.Peresso	06.10.2021	

File: NOME FILE E21D06D10CLFA1402001B		n. Elab.: 004

Sommario

1 PREMESSA 10

2 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA 10

2.1 FA140 - DEPOSITO (A-B) 10

2.2 FA14C – PALAZZINA SERVIZI 12

2.3 FA14D – PALAZZINA MOVIMENTO 12

2.4 FA14E – PALAZZINA SERVIZI 14

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 15

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI 16

4.1 CALCESTRUZZO 16

4.1.1 Fondazione 16

4.2 ACCIAIO 16

4.2.1 Acciaio Per Armature Ordinarie 17

4.3 COPRIFERRI MINIMI 17

5 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE 17

6 FA14A - DEPOSITO E RIMESSA 19

6.1 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA FONDAZIONE 19

6.1.1 Sollecitazioni e verifica dei plinti su pali 19

6.1.2 Sollecitazioni e verifica della platea eccentrica su pali 23

6.1.3 Tabelle di verifica dei pali 25

6.2 VERIFICHE GEOTECNICHE 28

6.2.1 Verifica a carico limite verticale 28

6.2.2 Verifica a carico limite orizzontale 31

6.2.3 Verifica a carico limite della platea eccentrica su pali 38

6.2.4 Verifica a carico limite orizzontale della platea eccentrica su pali *39*

6.2.5 Tabelle di verifica dei pali *40*

7 FA14B – TETTOIA IN ACCIAIO 44

7.1 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA FONDAZIONE 44

7.1.1 Sollecitazioni e verifica dei plinti *44*

7.2 VERIFICHE GEOTECNICHE 45

7.2.1 Verifica a carico limite verticale *45*

7.2.1 Calcolo dei cedimenti ..... ***Errore. Il segnalibro non è definito.***

8 FA14C – PALAZZINA SERVIZI 57

8.1 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA FONDAZIONE 57

8.1.1 Sollecitazioni e verifica delle platee *57*

8.2 VERIFICHE GEOTECNICHE 58

8.2.1 Verifica a carico limite verticale *58*

8.2.2 Verifica a scorrimento *60*

8.2.3 Calcolo dei cedimenti *60*

9 FA14D – PALAZZINA SERVIZI 61

9.1 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA FONDAZIONE 61

9.1.1 Sollecitazioni e verifica dei plinti *61*

9.2 VERIFICHE GEOTECNICHE 62

9.2.1 Verifica a carico limite verticale *62*

9.2.2 Verifica a scorrimento *63*

9.2.3 Calcolo dei cedimenti *64*

9.3 VERIFICHE STRUTTURALI DI FONDAZIONE - VASCA INTERRATA 65

9.3.1 Sollecitazioni e verifica della platea *65*

9.4 VERIFICHE GEOTECNICHE 66

9.4.1 Verifica a carico limite verticale *66*

9.4.1 Verifica a scorrimento *67*

9.4.1 Calcolo dei cedimenti *67*

10 FA14E – PALAZZINA SERVIZI 68

10.1 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA FONDAZIONE 68

10.1.1 Sollecitazioni e verifica della platea *68*

10.2 VERIFICHE GEOTECNICHE 68

10.2.1 Verifica a carico limite verticale *68*

VERIFICHE CARICO LIMITE FONDAZIONI DIRETTE ALLO SLU 69

ID_{FND} 69

CS 69

L_X 69

L_Y 69

RTZ 69

$Z_{P.CMP}$ 69

Z_{FLD} 69

CMP T 69

C. TERZAGHI 69

Q_{ED} 69

Q_{RD} 69

R_F 69

PER N_Q 69

PER N_C 69

PER N_γ 69

N_Q 69

Nc 69

Nγ 69

[M] 69

[M] 69

[°] 69

[M] 69

[M] 69

[N/MM²] 69

[N/MM²] 69

PLATEA 1 69

9.39 69

75.27 69

5.73 69

180.00 69

0.65 69

4.00 69

NON COESIVO 69

1.08 69

0.00 69

0.86 69

18.40 69

30.14 69

22.40 69

0.049 69

0.462 69

NO 69

LEGENDA: 69

ID_{FND} 69

DESCRIZIONE DELL'OGGETTO DI FONDAZIONE AL QUALE È RIFERITA LA VERIFICA. 69

CS 69

COEFFICIENTE DI SICUREZZA ([NS] = NON SIGNIFICATIVO SE CS ≥ 100; [VNR]= VERIFICA NON RICHIESTA; INFORMAZIONI AGGIUNTIVE SULLA CONDIZIONE: [V] = STATICA; [E] = ECCEZIONALE; [S] = SISMICA; [N] = SISMICA NON LINEARE). 69

$L_{X/Y}$ 69

DIMENSIONI DELL'ELEMENTO DI FONDAZIONE. 69

RTZ 69

ANGOLO COMPRESO TRA L'ASSE X E IL LATO PIÙ LUNGO DEL MINIMO RETTANGOLO CHE DELIMITA IL POLIGONO DELLA PLATEA. 69

$Z_{P.CMP}$ 69

PROFONDITÀ DI POSA DELL'ELEMENTO DI FONDAZIONE DAL PIANO CAMPAGNA. 69

Z_{FLD} 69

PROFONDITÀ DELLA FALDA DAL PIANO CAMPAGNA. 69

CMP T 69

CLASSIFICAZIONE DEL COMPORTAMENTO DEL TERRENO AI FINI DEL CALCOLO. 69

C. TERZAGHI 69

COEFFICIENTI CORRETTIVI PER LA FORMULA DI TERZAGHI. 69

Q_{ED} 69

CARICO DI PROGETTO SUL TERRENO. 69

Q_{RD} 69

RESISTENZA DI PROGETTO DEL TERRENO. 69

R_F 69

[SI] = ELEMENTO CON PRESENZA DI RINFORZO; [NO] = ELEMENTO SENZA RINFORZO. 69

10.2.2 Verifica a scorrimento *69*

GEOTECNICA - VERIFICHE A SCORRIMENTO 69

ELM 70

DIR 70

N_{ED} 70

M_{ED} 70

V_{ED} 70

F_{RD1} 70

F_{RD2} 70

F_{RD3} 70

F_{RD} 70

CS 70

[N] 70

[N·M] 70

[N] 70

[N] 70

[N] 70

[N] 70

[N] 70

PLATEA 1 70

B 70

14,628,858 70

-6,778,888 70

-883,011 70

7678159 70

0 70

24647 70

7702806 70

8.72 70

L 70

14,628,639 70

-4,260,351 70

986,779 70

7678044 70

0 70

323691 70

8001736 70

8.11 70

LEGENDA: 70

ELM 70

ELEMENTO DI FONDAZIONE SU CUI SI ESEGUE LA VERIFICA. 70

DIR 70

DIREZIONE DI VERIFICA: PER PLINTI [B]= ASSE LOCALE 2; [L]= ASSE LOCALE 3. PER WINKLER [B]= ASSE LOCALE 3; [L]= ASSE LOCALE 1. PER PLATEE [B]= ASSE GLOBALE Y; [L]= ASSE GLOBALE X. 70

F_{RD1} 70

ALIQUOTA DI RESISTENZA ALLO SCORRIMENTO PER ATTRITO TERRA-FONDAZIONE. 70

F_{RD2} 70

ALIQUOTA DI RESISTENZA ALLO SCORRIMENTO PER ADESIONE. 70

F_{RD3} 70

ALIQUOTA DI RESISTENZA ALLO SCORRIMENTO PER AFFONDAMENTO. 70

F_{RD} 70

RESISTENZA ALLO SCORRIMENTO. 70

CS 70

COEFFICIENTE DI SICUREZZA ([NS] = NON SIGNIFICATIVO SE CS ≥ 100; [VNR]= VERIFICA NON RICHIESTA; INFORMAZIONI AGGIUNTIVE SULLA CONDIZIONE: [V] = STATICA; [E] = ECCEZIONALE; [S] = SISMICA; [N] = SISMICA NON LINEARE). 70

N_{ED}, M_{ED}, V_{ED} 70

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO. 70

10.2.3 Calcolo dei cedimenti *70*

1 PREMESSA

La presente relazione afferisce ai calcoli e alle verifiche strutturali delle fondazioni dei fabbricati tecnologici in calcestruzzo armato e carpenteria metallica

FA14A – RIMESSA GAVETTE – COPERTURA IN C.A.

FA14B – RIMESSA GAVETTE – COPERTURA METALLICA

FA14C – PALAZZINA SERVIZI

FA!4D – PALAZZINA MOVIMENTO

FA!4E – PALAZZINA SERVIZI

Le strutture sono state progettate coerentemente con quanto previsto dalla normativa vigente, "Norme Tecniche per le Costruzioni"- DM 14.1.2018 e Circolare n .617 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni".

La modellazione dell'azione sismica e delle strutture è stata eseguita mediante il programma di calcolo agli elementi finiti EdiLus ACCA.

2 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

2.1 FA140 - Deposito (A-B)

Le fondazioni della copertura sono state dimensionate sulla base delle sollecitazioni agenti sulla struttura. Essendo fondato su terreno alluvionale il sistema di fondazioni adottato è di tipo a plinti su pali e platee su pali. I pali utilizzati hanno diametro D1000 e hanno una profondità pari a 25m; I pilastri più sollecitati avranno plinti di spessore 1,5m su 8 pali; i pali nei plinti e nelle platee sono posizionati ad interasse minimo 3m.

A ridosso del muro di contenimento esistente verrà realizzata una platea su 60pali D1000 di lunghezza 25m a filo con i bordi esterni dei pilastri, per evitare le interferenze con la struttura esistente.

Una platea di base di spessore 40cm posta ad un livello inferiore di -2m accoglie le fosse di visita che ospitano gli impianti dell'officina nella zona centrale dell'area coperta.

Le strutture in carpenteria metallica poggiano su fondazioni dirette realizzate con plinti di dimensioni 2,5x2,5m, alcuni dei pilastri gravano sulle fondazioni profonde della tettoia in c.a.; nonostante le strutture siano giuntate in elevazione si ritiene che i cedimenti differenziali dei due corpi siano contenuti in misure accettabili.

Il solaio di base sarà realizzato tramite vespaio areato di 30cm e getto di completamento di 10cm di spessore.

Di seguito viene riportata la parte della carpenteria delle fondazioni di cui è stato effettuato il modello strutturale, le cui verifiche sono valide anche per le altre porzioni del corpo di fabbrica.

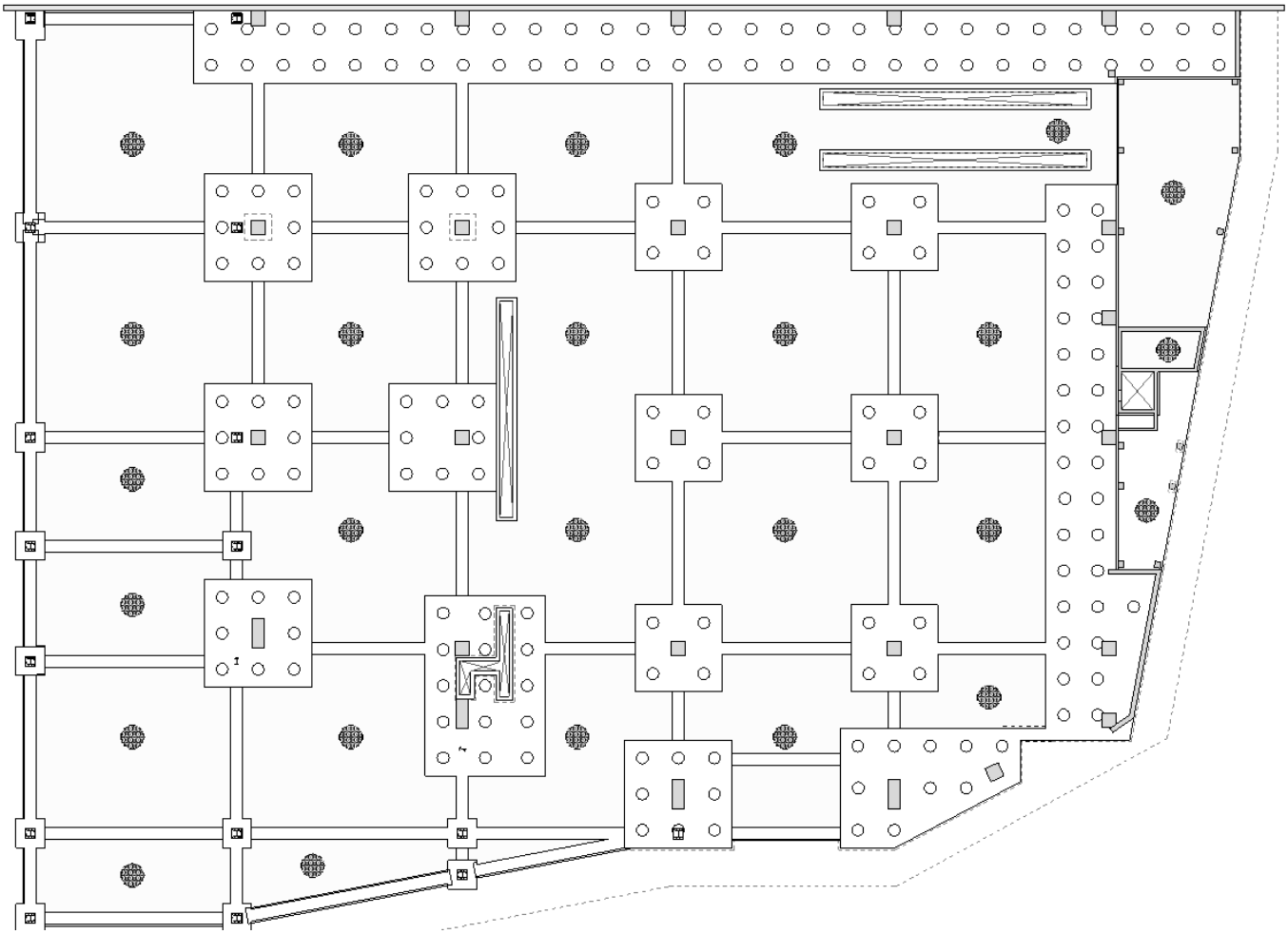


Figura 1: Pianta delle fondazioni

2.2 FA14C – Palazzina servizi

Le strutture di fondazione del corpo di fabbrica sono costituite dagli elementi di seguito descritti:

L'attacco a terra della palazzina sarà realizzato mediante fondazioni dirette con una platea continua e ancoraggi in continuità e manicotti disposti per ospitare l'alloggiamento dei pilastri prefabbricati; La platea avrà uno spessore ari a 60 cm ed è indipendente rispetto alla platea su pali e ai plinti di fondazione delle tettoie in cemento armato mediante giunto di separazione di 5cm.

L'impalcato del piano terra sarà realizzato mediante un getto armato di calcestruzzo per lo spessore di 10cm, su di un vespaio areato in cupolex di altezza 70cm.

Di seguito viene riportata la parte della carpenteria delle fondazioni di cui è stato effettuato il modello strutturale, le cui verifiche sono valide anche per le altre porzioni del corpo di fabbrica.

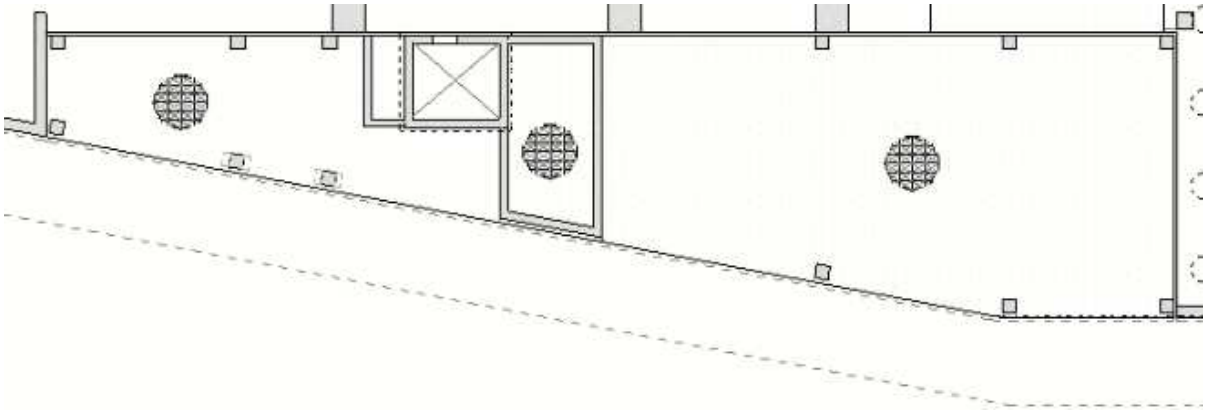


Figura 2: Pianta delle fondazioni

2.3 FA14D – Palazzina Movimento

Le strutture di fondazione del corpo di fabbrica sono costituite dagli elementi di seguito descritti:

Le fondazioni sono di tipo diretto realizzate mediante plinti di fondazione rettangolari di dimensioni 2,6x 2,6 m, di altezza 60 cm. Le pareti del corpo scala poggiano invece su di una platea di spessore ari a 60cm.

I plinti e la platea sono collegati da cordoli di fondazione di altezza pari a 60cm e larghezza 40cm.

L'impalcato del piano terra sarà realizzato mediante un getto armato di calcestruzzo per lo spessore di 10cm, su di un vespaio areato in cupolex di altezza 50cm.

Di seguito viene riportata la parte della carpenteria delle fondazioni di cui è stato effettuato il modello strutturale, le cui verifiche sono valide anche per le altre porzioni del corpo di fabbrica.

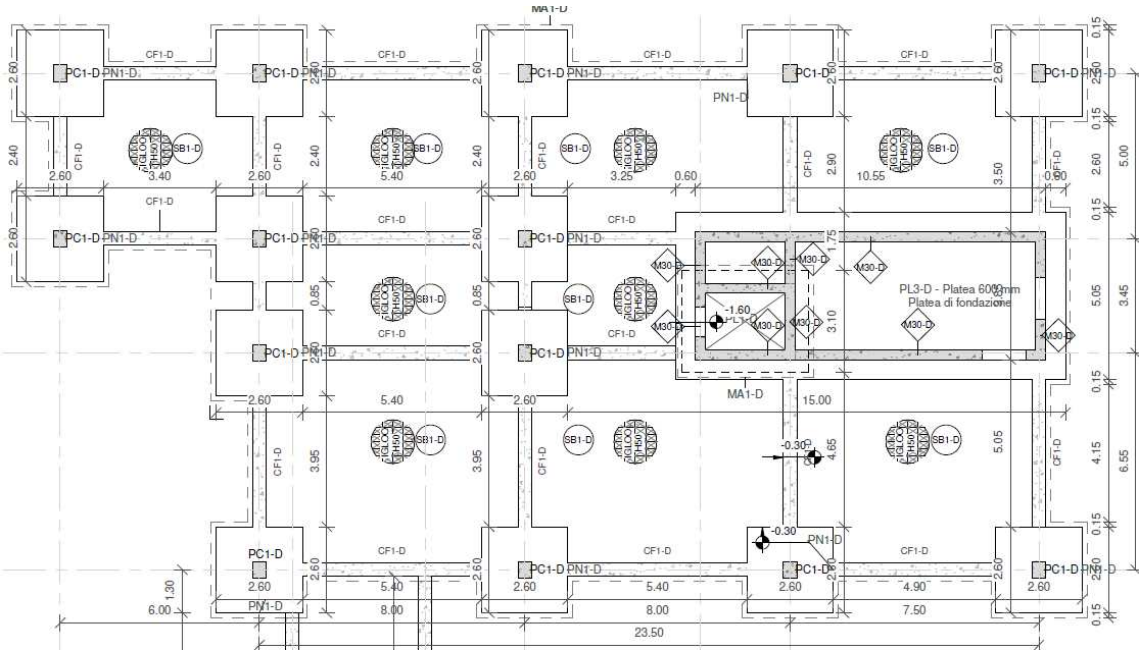


Figura 3: Pianta delle fondazioni

La fondazione della vasca antincendio sarà realizzata mediante una platea di spessore 40cm.

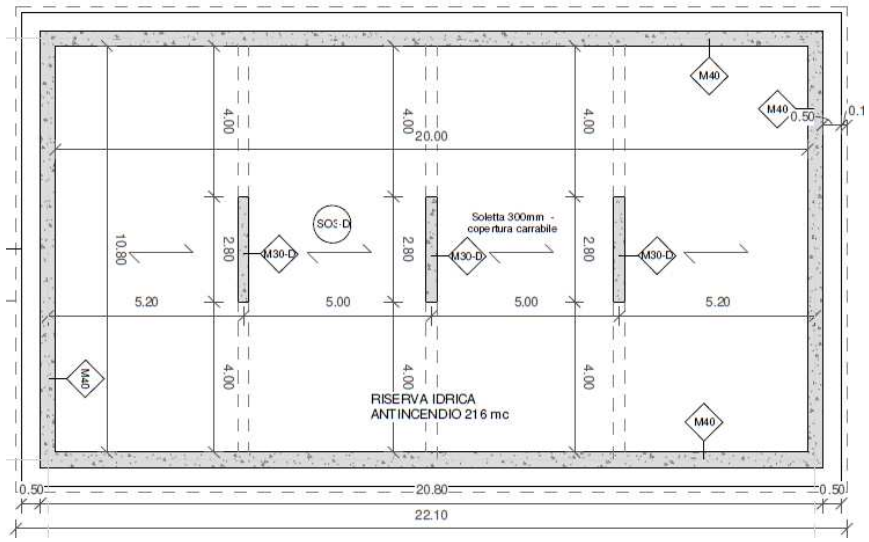


Figura 4: Pianta delle fondazioni

2.4 FA14E – Palazzina Servizi

Le strutture di fondazione del corpo di fabbrica sono costituite dagli elementi di seguito descritti:

Le fondazioni sono di tipo diretto realizzate mediante una unica platea di fondazione di spessore 50 cm, scelta dovuta al limite del muro di contenimento esistente adiacente al fabbricato, da cui dista circa 1m.

L'impalcato del piano terra sarà realizzato mediante un getto armato di calcestruzzo per lo spessore di 10cm, su di un vespaio areato in cupolex di altezza 30cm.

Di seguito viene riportata la parte della carpenteria delle fondazioni di cui è stato effettuato il modello strutturale, le cui verifiche sono valide anche per le altre porzioni del corpo di fabbrica.

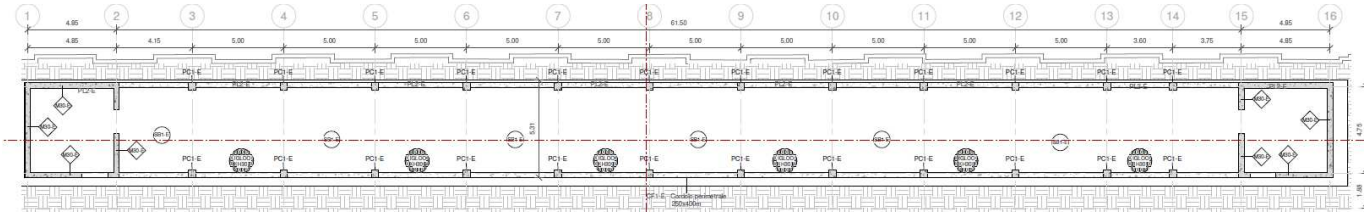


Figura 5: Pianta delle fondazioni

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 17 Gennaio 2018 e allegate "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni".
- Circolare del Consiglio Superiore del Lavori Pubblici 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".

Si è tenuto inoltre conto dei seguenti documenti:

- UNI EN 1990 – Aprile 2006: Eurocodice: Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1991-1-1 – Agosto 2004: Eurocodice 1 – Parte 1-1: Azioni in generale – Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi variabili.
- UNI EN 1991-1-4 – Luglio 2005: Eurocodice 1. Azioni sulle strutture. Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
- UNI EN 1992-1-1 – Novembre 2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI-EN 1997-1 – Febbraio 2005: Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.
- UNI-EN 1998-1 – Marzo 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- UNI-EN 1998-5 – Gennaio 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- Legge 5-1-1971 n° 1086: "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica".
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64.: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali impiegati, ricavate con riferimento alle indicazioni contenute D.M.14 gennaio 2018. Le classi di esposizione dei calcestruzzi sono coerenti con la UNI EN 206-1-2001.

4.1 Calcestruzzo

4.1.1 Fondazione

Per il getto in opera degli elementi di fondazione quali plinti, platee e Pali trivellati (gettata in opera) si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC2

C25/30 fck ≥ 25 MPa Rck ≥ 30 MPa

Classe minima di consistenza: S4-S5

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

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	Rck 30 N/mm2		
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	fck = 0.83Rck	24,9 N/mm2	
Valore medio della resistenza cilindrica	fcm = fck + 8	32,9 N/mm2	
Resistenza di calcolo breve durata	fcd (Breve durata) =	fck /1.5	16,60 N/mm2
Resistenza di calcolo lunga durata	fcd (Lungo durata) =	0,85 fcd	14,11 N/mm2
Resistenza media a trazione assiale	fctm = 0.3 $(fck)^{2/3}$	[Rck<50/60]	2,56 N/mm2
Resistenza caratteristica a trazione	fctk (5%) = 0.7 fctm	1,79 N/mm2	
Resistenza media a trazione per flessione	fcfm = 1.2 fctm	3,07 N/mm2	
Resistenza di calcolo a trazione	fctd = fctk (5%) / 1.5	1,19 N/mm2	
Modulo di Young	E = 22000 $(fcm/10)^{0.3}$	31447,16 N/mm2	

4.2 Acciaio

4.2.1 Acciaio Per Armature Ordinarie

Classe acciaio per armature ordinarie	B450C
Tensione di snervamento caratteristica	fyk≥ 450 MPa
Tensione caratteristica di rottura	ft ≥ 540 MPa
Modulo di elasticità	Ea=210000 Mpa

4.3 Copriferri Minimi

Si Riportano Di Seguito I Copriferri Minimi Per Le Strutture In Calcestruzzo Armato:

Strutture Di Fondazione 3,5 Cm

5 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Si riportano di seguito le coordinate dei sondaggi eseguiti sull'area di progetto, in riferimento a quanto riportato nell'elabrato specialistico E21D00 D Z1GEGE0006 002B

Nome sondaggio	Coordinata Est	Coordinata Nord	Quota
			m s.l.m.
SDGA-01	496921,4	4920310,9	34,739
SDGA-02	496878,5	4920401,8	35,014
SDGA-03	496915	4920470,4	34,983

Tabella 1 Coordinate in WGS 84-UTM 32T e le quote in m s.l.m. dei sondaggi.

L'elaborazione del calcolo Geotecnico delle fondazioni sarà eseguita sulla base degli elaborati specialistici sul tema, in grado di fornire le seguenti caratteristiche geotecniche del terreno in sito:

Rimessa e Palazzina C

Per la definizione del modello geotecnico della rimessa si è fatto riferimento principalmente ai sondaggi SDGA-02 e SDGA-03, in quanto il sondaggio SDGA-01, che indica la profondità del substrato roccioso ad una quota significativamente diversa, risulta ubicato distante dall'area in cui verrà costruita la rimessa

Unità	da	a	Spessore	γ/γ'	ν	ϕ'_k	c'_k	$c_{u,k}$	G_0	$E_{ammasso}$	E_{op}, fondaz dirette	E_{op}, fondaz profonde	r
	[m p.c.]	[m p.c.]	[m]	[kN/m³]	[-]	[°]	[kPa]	[kPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]
Ghiaia sabbiosa GS1	0	4	4	19/9	0,25	30	-	-	100	-	25	50	2,5
Limo	4	7	3	19/9	0,3	30	5	35	60	-	6	12	4
Ghiaia sabbiosa GS2	7	9	2	19/9	0,25	35	-	-	250	-	60	120	2,5
Limo argilloso	9	10	1	19/9	0,3	28	10	30	70	-	8	16	4
Calcare alterato	10	14,5	4,5	22/12	0,2	33	40	-	-	800	-	-	-
Calcare	14,5	20	5,5	25/15	0,2	40	75	-	-	2000	-	-	-

Il livello della falda di progetto è assunto a 2-3 m dal piano campagna.

Palazzina D e Palazzina E

Per la definizione del modello geotecnico dell'edificio minore a sud del principale per l'adeguamento funzionale delle postazioni di lavoro/officina presenti nella rimessa si è fatto riferimento principalmente al sondaggio SDGA-01, che corrisponde al sondaggio più vicino all'ubicazione di tale edificio.

Unità	da	a	Spessore	γ/γ'	ν	ϕ'_k	c'_k	$c_{u,k}$	G_0	$E_{ammasso}$	E_{op}, fondaz dirette	E_{op}, fondaz profonde	r
	[m p.c.]	[m p.c.]	[m]	[kN/m³]	[-]	[°]	[kPa]	[kPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]
Ghiaia sabbiosa GS1	0	8	8	19/9	0,25	30	-	-	100	-	25	50	2,5
Ghiaia sabbiosa GS2	8	23	15	19/9	0,25	35	-	-	250	-	60	120	2,5
Limo argilloso	23	28	5	19/9	0,3	28	10	80	100	-	8	16	4
Ghiaia sabbiosa GS3	28	33	5	19/9	0,25	35	-	-	350	-	80	160	2,5
Calcare alterato	33	36	3	22/12	0,2	33	40	-	-	800	-	-	-
Calcare	36	40	4	25/15	0,2	40	75	-	-	2000	-	-	-

Il livello della falda di progetto è assunto a 2-3 m dal piano campagna.

6 FA14A - DEPOSITO E RIMESSA

6.1 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA FONDAZIONE

6.1.1 Sollecitazioni e verifica dei plinti su pali

Plinti su pali - Sollecitazioni e verifiche allo SLU

Id_{Pil}	N_{Ed}	Dir A $M_{Ed,X}$	Dir A $V_{Ed,Y}$	Dir B $M_{Ed,X}$	Dir B $V_{Ed,Y}$	$A_{s,s,A}$	$A_{s,s,B}$	$A_{s,i,A}$	$A_{s,i,B}$	$A_{sw,A}$	$A_{sw,B}$	$A_{s,pz}$	CS_{pz}	$CS_{v,A}$	$CS_{v,B}$	$CS_{f,A}$	$CS_{f,B}$
	[N]	[N·m]	[N]	[N·m]	[N]	[cm²]	[cm²]	[cm²]	[cm²]	[cm²]	[cm²]	[cm²]					
024	3,526,677	4,319,529	1,439,843	-	-	12.06	12.06	141.37	141.37	0.23	0.24	0.00	1.52	1.10	1.12	1.04	1.04
	Info Palo	Diam. 100	Lung. 25	Tipo. Trivellato	Tcnl. in opera	C.Attr. 0.80	C.Coes. 0.30										
	Car. Lim.	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$	CS_V	CS_O					
		1,366,840	299,676	3,157,360	1,482,868	1,674,492	412,692	906631	Palo Lungo	3.17	2.31	1.38					
	Pfr. Dev.	N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	CS	N_u	ϕ_s	n_f	$\phi_{Asw,s}$								
		635,934	222,445	-1,033,445	1.02	11,096,788	22	15	10								
	Taglio	T_c	CS	V_{Rcd}	$V_{Rsd,s}$	V_{cd}	$V_{Rsd,p}$	$A_{sw,A/B}$	s_{Asw}	$\phi_{Asw,s}$							
		299,676	2.52	2,101,903	754,355	0	0	0.09	17	10							
14 (a)	0	8,442,621	2,814,207	-	-	77.75	-	303.95	-	0.62	-	0.00	-	1.02	-	1.03	-
	Info Palo	Diam. 100	Lung. 25	Tipo. Trivellato	Tcnl. in opera	C.Attr. 0.80	C.Coes. 0.30										
	Car. Lim.	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$	CS_V	CS_O					
		2,741,204	182,866	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	1.15	1.27					
	Pfr. Dev.	N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	CS	N_u	ϕ_s	n_f	$\phi_{Asw,s}$								
		1,642,718	-200,237	-540,587	1.61	9,809,691	16	12	10								
	Taglio	T_c	CS	V_{Rcd}	$V_{Rsd,s}$	V_{cd}	$V_{Rsd,p}$	$A_{sw,A/B}$	s_{Asw}	$\phi_{Asw,s}$							
		182,866	5.67	2,101,903	1,037,238	0	0	0.13	12	10							
015	3,774,848	3,649,077	1,216,359	-	-	12.06	12.06	120.17	120.17	0.19	0.20	0.00	1.08	1.20	1.23	1.07	1.07
	Info Palo	Diam. 100	Lung. 25	Tipo. Trivellato	Tcnl. in opera	C.Attr. 0.80	C.Coes. 0.30										
	Car. Lim.	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$	CS_V	CS_O					
		1,143,356	195,310	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	2.76	1.19					
	Pfr. Dev.	N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	CS	N_u	ϕ_s	n_f	$\phi_{Asw,s}$								
		656,007	103,129	-510,329	1.23	9,809,691	16	12	10								
	Taglio	T_c	CS	V_{Rcd}	$V_{Rsd,s}$	V_{cd}	$V_{Rsd,p}$	$A_{sw,A/B}$	s_{Asw}	$\phi_{Asw,s}$							
		195,310	5.31	2,101,903	1,037,238	0	0	0.13	12	10							
025	4,190,993	4,125,786	1,375,262	-	-	12.06	12.06	134.30	134.30	0.23	0.22	38.45	35.90	1.15	1.12	1.04	1.04
	Info Palo	Diam. 100	Lung. 25	Tipo. Trivellato	Tcnl. in opera	C.Attr. 0.80	C.Coes. 0.30										
	Car. Lim.	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$	CS_V	CS_O					
		1,302,259	221,139	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	2.42	1.05					
	Pfr. Dev.	N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	CS	N_u	ϕ_s	n_f	$\phi_{Asw,s}$								
		731,663	504,327	-232,578	1.19	9,809,691	16	12	10								
	Taglio	T_c	CS	V_{Rcd}	$V_{Rsd,s}$	V_{cd}	$V_{Rsd,p}$	$A_{sw,A/B}$	s_{Asw}	$\phi_{Asw,s}$							
		221,139	4.69	2,101,903	1,037,238	0	0	0.13	12	10							
027	4,289,676	4,170,090	1,390,030	-	-	12.06	12.06	141.37	141.37	0.23	0.22	39.58	36.11	1.14	1.11	1.07	1.07
	Info Palo	Diam. 100	Lung. 25	Tipo. Trivellato	Tcnl. in opera	C.Attr. 0.80	C.Coes. 0.30										
	Car. Lim.	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$	CS_V	CS_O					
		1,317,027	217,074	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	2.40	1.07					
	Pfr. Dev.	N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	CS	N_u	ϕ_s	n_f	$\phi_{Asw,s}$								
		746,781	531,952	-182,674	1.19	9,809,691	16	12	10								
	Taglio	T_c	CS	V_{Rcd}	$V_{Rsd,s}$	V_{cd}	$V_{Rsd,p}$	$A_{sw,A/B}$	s_{Asw}	$\phi_{Asw,s}$							

Plinti su pali - Sollecitazioni e verifiche allo SLU

Id_{Pil}	N_{Ed}	Dir A $M_{Ed,X}$	Dir A $V_{Ed,Y}$	Dir B $M_{Ed,X}$	Dir B $V_{Ed,Y}$	$A_{s,s,A}$	$A_{s,s,B}$	$A_{s,i,A}$	$A_{s,i,B}$	$A_{sw,A}$	$A_{sw,B}$	$A_{s,pz}$	CS_{pz}	$CS_{v,A}$	$CS_{v,B}$	$CS_{f,A}$	$CS_{f,B}$
	[N]	[N·m]	[N]	[N·m]	[N]	[cm²]	[cm²]	[cm²]	[cm²]	[cm²]	[cm²]	[cm²]					
		217,074	4.78	2,101,903		1,037,238		0		0		0.13		12		10	
004	4,933,647	5,339,523	1,779,841	-	-	12.06	12.06	190.85	190.85	0.31	0.29	0.00	1.09	1.03	1.01	1.05	1.05
	Info Palo	Diam. 100		Lung. 25		Tipo. Trivellato				Tcnl. in opera		C.Attr. 0.80			C.Coes. 0.30		
	Car. Lim.	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$		CS_V		CS_O			
		1,706,838	330,315	3,157,360	1,482,868	1,674,492	368,900	766214	Palo Lungo	3.00		1.85		1.12			
	Pfr. Dev.	N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	CS	N_u	ϕ_s	n_f	$\phi_{Asw,s}$								
		873,921	-973,848	-255,621	1.03	10,753,808	16	24	10								
	Taglio	T_c	CS	V_{Rcd}	$V_{Rsd,s}$	V_{cd}	$V_{Rsd,p}$	$A_{sw,A/B}$	s_{Asw}	$\phi_{Asw,s}$							
		330,315	3.14	2,101,903	1,037,238	0	0	0.13	12	10							
002	4,829,145	5,384,754	1,794,918	-	-	12.06	12.06	190.85	190.85	0.31	0.29	0.00	1.11	1.03	1.00	1.04	1.04
	Info Palo	Diam. 100		Lung. 25		Tipo. Trivellato				Tcnl. in opera		C.Attr. 0.80			C.Coes. 0.30		
	Car. Lim.	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$		CS_V		CS_O			
		1,721,915	325,457	3,157,360	1,482,868	1,674,492	389,233	830434	Palo Lungo	3.08		1.83		1.20			
	Pfr. Dev.	N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	CS	N_u	ϕ_s	n_f	$\phi_{Asw,s}$								
		867,080	-1,029,418	-292,755	1.01	10,911,161	16	26	10								
	Taglio	T_c	CS	V_{Rcd}	$V_{Rsd,s}$	V_{cd}	$V_{Rsd,p}$	$A_{sw,A/B}$	s_{Asw}	$\phi_{Asw,s}$							
		325,457	3.19	2,101,903	1,037,238	0	0	0.13	12	10							
006	4,901,665	4,879,210	1,355,336	-	-	12.06	-	162.58	-	0.23	-	0.00	1.10	1.26	-	1.05	-
	Info Palo	Diam. 120		Lung. 25		Tipo. Trivellato				Tcnl. in opera		C.Attr. 0.80			C.Coes. 0.30		
	Car. Lim.	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$		CS_V		CS_O			
		1,250,212	323,766	4,259,346	2,249,956	2,009,390	351,723	651178	Palo Lungo	2.67		3.41		1.09			
	Pfr. Dev.	N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	CS	N_u	ϕ_s	n_f	$\phi_{Asw,s}$								
		693,024	599,923	300,084	1.49	14,103,926	16	17	10								
	Taglio	T_c	CS	V_{Rcd}	$V_{Rsd,s}$	V_{cd}	$V_{Rsd,p}$	$A_{sw,A/B}$	s_{Asw}	$\phi_{Asw,s}$							
		323,766	3.87	3,047,760	1,253,329	0	0	0.13	12	10							
010	4,376,937	4,446,405	1,482,135	-	-	12.06	12.06	148.44	70.69	0.23	0.23	39.58	35.39	1.07	1.07	1.05	1.10
	Info Palo	Diam. 100		Lung. 25		Tipo. Trivellato				Tcnl. in opera		C.Attr. 0.80			C.Coes. 0.30		
	Car. Lim.	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$		CS_V		CS_O			
		1,409,132	209,525	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38		2.24		1.11			
	Pfr. Dev.	N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	CS	N_u	ϕ_s	n_f	$\phi_{Asw,s}$								
		756,613	-173,781	-537,814	1.19	9,809,691	16	12	10								
	Taglio	T_c	CS	V_{Rcd}	$V_{Rsd,s}$	V_{cd}	$V_{Rsd,p}$	$A_{sw,A/B}$	s_{Asw}	$\phi_{Asw,s}$							
		209,525	4.95	2,101,903	1,037,238	0	0	0.13	12	10							
009	0	8,042,913	2,680,971	-	-	63.62	-	289.81	-	0.56	-	0.00	-	1.00	-	1.02	-
	Info Palo	Diam. 100		Lung. 25		Tipo. Trivellato				Tcnl. in opera		C.Attr. 0.80			C.Coes. 0.30		
	Car. Lim.	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$		CS_V		CS_O			
		2,607,968	173,439	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38		1.21		1.34			
	Pfr. Dev.	N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	CS	N_u	ϕ_s	n_f	$\phi_{Asw,s}$								
		1,572,621	-520,461	152,193	1.67	9,809,691	16	12	10								
	Taglio	T_c	CS	V_{Rcd}	$V_{Rsd,s}$	V_{cd}	$V_{Rsd,p}$	$A_{sw,A/B}$	s_{Asw}	$\phi_{Asw,s}$							
		173,439	5.98	2,101,903	1,037,238	0	0	0.13	12	10							
001	4,939,926	5,451,597	1,817,199	-	-	12.06	12.06	197.92	197.92	0.31	0.32	0.00	1.09	1.02	1.05	1.06	1.06
	Info Palo	Diam. 100		Lung. 25		Tipo. Trivellato				Tcnl. in opera		C.Attr. 0.80			C.Coes. 0.30		
	Car. Lim.	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$		CS_V		CS_O			
		1,744,196	385,170	3,157,360	1,482,868	1,674,492	412,692	906631	Palo Lungo	3.17		1.81		1.07			
	Pfr. Dev.	N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	CS	N_u	ϕ_s	n_f	$\phi_{Asw,s}$								
		851,309	-1,082,365	227,625	1.03	11,096,788	22	15	10								
	Taglio	T_c	CS	V_{Rcd}	$V_{Rsd,s}$	V_{cd}	$V_{Rsd,p}$	$A_{sw,A/B}$	s_{Asw}	$\phi_{Asw,s}$							
		385,170	1.96	2,101,903	754,355	0	0	0.09	17	10							
020	0	8,667,705	2,889,235	-	-	84.82	-	311.02	-	0.69	-	0.00	-	1.08	-	1.03	-
	Info Palo	Diam. 100		Lung. 25		Tipo. Trivellato				Tcnl. in opera		C.Attr. 0.80			C.Coes. 0.30		
	Car. Lim.	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$		CS_V		CS_O			

Plinti su pali - Sollecitazioni e verifiche allo SLU

Id_{Pil}	N_{Ed}	Dir A		Dir B		$A_{s,s,A}$	$A_{s,s,B}$	$A_{s,i,A}$	$A_{s,i,B}$	$A_{sw,A}$	$A_{sw,B}$	$A_{s,pz}$	CS_{pz}	$CS_{v,A}$	$CS_{v,B}$	$CS_{f,A}$	$CS_{f,B}$
		$M_{Ed,X}$	$V_{Ed,Y}$	$M_{Ed,X}$	$V_{Ed,Y}$												
	[N]	[N·m]	[N]	[N·m]	[N]	[cm²]	[cm²]	[cm²]	[cm²]	[cm²]	[cm²]	[cm²]					
		2,816,232	208,465	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	1.12	1.11					
	Pfr. Dev.	N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	CS	N_u	ϕ_s	n_f	$\phi_{Asw,s}$								
		1,672,591	-600,385	197,967	1.48	9,809,691	16	12	10								
	Taglio	T_c	CS	V_{Rcd}	$V_{Rsd,s}$	V_{cd}	$V_{Rsd,p}$	$A_{sw,A/B}$	s_{Asw}	$\phi_{Asw,s}$							
		208,465	4.98	2,101,903	1,037,238	0	0	0.13	12	10							
012	6,249,869	5,506,248	1,835,416	-	-	12.06	12.06	197.92	197.92	0.31	0.32	56.55	35.41	1.01	1.04	1.05	1.05
	Info Palo	Diam. 100	Lung. 25	Tipo. Trivellato	Tcnl. in opera	C.Attr. 0.80	C.Coes. 0.30										
	Car. Lim.	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$	CS_V	CS_O					
		1,762,413	152,245	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	1.79	1.53					
	Pfr. Dev.	N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	CS	N_u	ϕ_s	n_f	$\phi_{Asw,s}$								
		1,089,797	-155,658	-458,477	1.60	9,809,691	16	12	10								
	Taglio	T_c	CS	V_{Rcd}	$V_{Rsd,s}$	V_{cd}	$V_{Rsd,p}$	$A_{sw,A/B}$	s_{Asw}	$\phi_{Asw,s}$							
		152,245	6.81	2,101,903	1,037,238	0	0	0.13	12	10							
008	0	7,916,442	2,638,814	-	-	63.62	-	289.81	-	0.56	-	0.00	-	1.02	-	1.03	-
	Info Palo	Diam. 100	Lung. 25	Tipo. Trivellato	Tcnl. in opera	C.Attr. 0.80	C.Coes. 0.30										
	Car. Lim.	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$	CS_V	CS_O					
		2,565,811	179,614	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	1.23	1.29					
	Pfr. Dev.	N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	CS	N_u	ϕ_s	n_f	$\phi_{Asw,s}$								
		1,516,736	546,569	174,083	1.56	9,809,691	16	12	10								
	Taglio	T_c	CS	V_{Rcd}	$V_{Rsd,s}$	V_{cd}	$V_{Rsd,p}$	$A_{sw,A/B}$	s_{Asw}	$\phi_{Asw,s}$							
		179,614	5.77	2,101,903	1,037,238	0	0	0.13	12	10							
013	0	8,107,626	2,702,542	-	-	63.62	-	289.81	-	0.62	-	0.00	-	1.07	-	1.01	-
	Info Palo	Diam. 100	Lung. 25	Tipo. Trivellato	Tcnl. in opera	C.Attr. 0.80	C.Coes. 0.30										
	Car. Lim.	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$	CS_V	CS_O					
		2,629,539	196,549	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	1.20	1.18					
	Pfr. Dev.	N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	CS	N_u	ϕ_s	n_f	$\phi_{Asw,s}$								
		1,556,550	-551,771	201,893	1.54	9,809,691	16	12	10								
	Taglio	T_c	CS	V_{Rcd}	$V_{Rsd,s}$	V_{cd}	$V_{Rsd,p}$	$A_{sw,A/B}$	s_{Asw}	$\phi_{Asw,s}$							
		196,549	5.28	2,101,903	1,037,238	0	0	0.13	12	10							
21 (a)	0	8,958,591	2,986,197	-	-	91.89	-	318.09	-	0.69	-	0.00	-	1.05	-	1.02	-
	Info Palo	Diam. 100	Lung. 25	Tipo. Trivellato	Tcnl. in opera	C.Attr. 0.80	C.Coes. 0.30										
	Car. Lim.	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$	CS_V	CS_O					
		2,913,194	207,943	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	1.08	1.12					
	Pfr. Dev.	N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	CS	N_u	ϕ_s	n_f	$\phi_{Asw,s}$								
		1,739,699	-592,876	-207,084	1.51	9,809,691	16	12	10								
	Taglio	T_c	CS	V_{Rcd}	$V_{Rsd,s}$	V_{cd}	$V_{Rsd,p}$	$A_{sw,A/B}$	s_{Asw}	$\phi_{Asw,s}$							
		207,943	4.99	2,101,903	1,037,238	0	0	0.13	12	10							
028	3,898,970	3,876,345	1,292,115	-	-	12.06	12.06	127.23	127.23	0.21	0.20	0.00	1.04	1.18	1.16	1.06	1.06
	Info Palo	Diam. 100	Lung. 25	Tipo. Trivellato	Tcnl. in opera	C.Attr. 0.80	C.Coes. 0.30										
	Car. Lim.	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$	CS_V	CS_O					
		1,219,112	202,155	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	2.59	1.15					
	Pfr. Dev.	N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	CS	N_u	ϕ_s	n_f	$\phi_{Asw,s}$								
		642,911	263,451	-450,636	1.22	9,809,691	16	12	10								
	Taglio	T_c	CS	V_{Rcd}	$V_{Rsd,s}$	V_{cd}	$V_{Rsd,p}$	$A_{sw,A/B}$	s_{Asw}	$\phi_{Asw,s}$							
		202,155	5.13	2,101,903	1,037,238	0	0	0.13	12	10							
007	4,265,380	3,976,764	1,325,588	-	-	12.06	12.06	127.23	127.23	0.21	0.20	39.58	36.31	1.15	1.13	1.03	1.03
	Info Palo	Diam. 100	Lung. 25	Tipo. Trivellato	Tcnl. in opera	C.Attr. 0.80	C.Coes. 0.30										
	Car. Lim.	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$	CS_V	CS_O					
		1,252,585	167,839	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	2.52	1.38					
	Pfr. Dev.	N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	CS	N_u	ϕ_s	n_f	$\phi_{Asw,s}$								
		699,582	-396,397	186,902	1.49	9,809,691	16	12	10								
	Taglio	T_c	CS	V_{Rcd}	$V_{Rsd,s}$	V_{cd}	$V_{Rsd,p}$	$A_{sw,A/B}$	s_{Asw}	$\phi_{Asw,s}$							
		167,839	6.18	2,101,903	1,037,238	0	0	0.13	12	10							

Plinti su pali - Sollecitazioni e verifiche allo SLU

Id_{Pil}	N_{Ed}	Dir A $M_{Ed,X}$	Dir A $V_{Ed,Y}$	Dir B $M_{Ed,X}$	Dir B $V_{Ed,Y}$	$A_{s,s,A}$	$A_{s,s,B}$	$A_{s,i,A}$	$A_{s,i,B}$	$A_{sw,A}$	$A_{sw,B}$	$A_{s,pz}$	CS_{pz}	$CS_{v,A}$	$CS_{v,B}$	$CS_{f,A}$	$CS_{f,B}$
	[N]	[N·m]	[N]	[N·m]	[N]	[cm²]	[cm²]	[cm²]	[cm²]	[cm²]	[cm²]	[cm²]					
005	1,918,136	2,173,518	724,506	-	-	12.06	12.06	70.69	31.42	0.13	0.13	0.00	2.12	1.72	1.72	1.13	1.04
	Info Palo	Diam. 100	Lung. 25	Tipo. Trivellato	Tcnl. in opera	C.Attr. 0.80	C.Coes. 0.30										
	Car. Lim.	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$	CS_V	CS_O					
		651,503	116,676	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	4.85	1.99					
	Pfr. Dev.	N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	CS	N_u	ϕ_s	n_f	$\phi_{Asw,s}$								
		324,582	-328,307	-121,228	1.50	9,809,691	16	12	10								
	Taglio	T_c	CS	V_{Rcd}	$V_{Rsd,s}$	V_{cd}	$V_{Rsd,p}$	$A_{sw,A/B}$	s_{Asw}	$\phi_{Asw,s}$							
		116,676	8.89	2,101,903	1,037,238	0	0	0.13	12	10							
026	4,129,522	4,053,054	1,351,018	-	-	12.06	12.06	134.30	134.30	0.21	0.20	37.32	35.37	1.13	1.11	1.06	1.06
	Info Palo	Diam. 100	Lung. 25	Tipo. Trivellato	Tcnl. in opera	C.Attr. 0.80	C.Coes. 0.30										
	Car. Lim.	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$	CS_V	CS_O					
		1,278,015	224,329	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	2.47	1.04					
	Pfr. Dev.	N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	CS	N_u	ϕ_s	n_f	$\phi_{Asw,s}$								
		718,024	547,348	169,585	1.15	9,809,691	16	12	10								
	Taglio	T_c	CS	V_{Rcd}	$V_{Rsd,s}$	V_{cd}	$V_{Rsd,p}$	$A_{sw,A/B}$	s_{Asw}	$\phi_{Asw,s}$							
		224,329	4.62	2,101,903	1,037,238	0	0	0.13	12	10							
18 (a)	5,718,641	5,974,227	1,991,409	-	-	12.06	12.06	226.19	226.19	0.37	0.36	74.64	51.08	1.04	1.01	1.06	1.06
	Info Palo	Diam. 100	Lung. 25	Tipo. Trivellato	Tcnl. in opera	C.Attr. 0.80	C.Coes. 0.30										
	Car. Lim.	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$	CS_V	CS_O					
		1,918,406	329,993	3,157,360	1,482,868	1,674,492	399,261	862730	Palo Lungo	3.12	1.65	1.21					
	Pfr. Dev.	N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	CS	N_u	ϕ_s	n_f	$\phi_{Asw,s}$								
		1,038,413	-145,813	-1,118,125	1.02	10,989,837	16	27	10								
	Taglio	T_c	CS	V_{Rcd}	$V_{Rsd,s}$	V_{cd}	$V_{Rsd,p}$	$A_{sw,A/B}$	s_{Asw}	$\phi_{Asw,s}$							
		329,993	3.14	2,101,903	1,037,238	0	0	0.13	12	10							
011	5,298,481	5,680,767	1,893,589	-	-	12.06	12.06	204.99	204.99	0.34	0.32	0.00	1.01	1.03	1.00	1.04	1.04
	Info Palo	Diam. 100	Lung. 25	Tipo. Trivellato	Tcnl. in opera	C.Attr. 0.80	C.Coes. 0.30										
	Car. Lim.	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$	CS_V	CS_O					
		1,820,586	325,849	3,157,360	1,482,868	1,674,492	412,692	906631	Palo Lungo	3.17	1.73	1.27					
	Pfr. Dev.	N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	CS	N_u	ϕ_s	n_f	$\phi_{Asw,s}$								
		966,959	151,465	-1,128,715	1.02	11,096,788	22	15	10								
	Taglio	T_c	CS	V_{Rcd}	$V_{Rsd,s}$	V_{cd}	$V_{Rsd,p}$	$A_{sw,A/B}$	s_{Asw}	$\phi_{Asw,s}$							
		325,849	2.32	2,101,903	754,355	0	0	0.09	17	10							
29 (a)	2,489,443	2,665,323	888,441	-	-	12.06	12.06	84.82	84.82	0.15	0.14	0.00	1.63	1.47	1.44	1.08	1.08
	Info Palo	Diam. 100	Lung. 25	Tipo. Trivellato	Tcnl. in opera	C.Attr. 0.80	C.Coes. 0.30										
	Car. Lim.	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$	CS_V	CS_O					
		815,438	175,867	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	3.87	1.32					
	Pfr. Dev.	N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	CS	N_u	ϕ_s	n_f	$\phi_{Asw,s}$								
		397,339	206,804	-391,877	1.25	9,809,691	16	12	10								
	Taglio	T_c	CS	V_{Rcd}	$V_{Rsd,s}$	V_{cd}	$V_{Rsd,p}$	$A_{sw,A/B}$	s_{Asw}	$\phi_{Asw,s}$							
		175,867	5.90	2,101,903	1,037,238	0	0	0.13	12	10							
3 (a)	2,509,133	3,987,420	1,329,140	-	-	12.06	12.06	127.23	63.62	0.21	0.21	0.00	2.14	1.15	1.15	1.03	1.11
	Info Palo	Diam. 100	Lung. 25	Tipo. Trivellato	Tcnl. in opera	C.Attr. 0.80	C.Coes. 0.30										
	Car. Lim.	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$	CS_V	CS_O					
		1,256,137	246,478	3,157,360	1,482,868	1,674,492	368,900	766214	Palo Lungo	3.00	2.51	1.50					
	Pfr. Dev.	N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	CS	N_u	ϕ_s	n_f	$\phi_{Asw,s}$								
		409,294	-829,705	-297,442	1.01	10,753,808	16	24	10								
	Taglio	T_c	CS	V_{Rcd}	$V_{Rsd,s}$	V_{cd}	$V_{Rsd,p}$	$A_{sw,A/B}$	s_{Asw}	$\phi_{Asw,s}$							
		246,478	4.21	2,101,903	1,037,238	0	0	0.13	12	10							
019	6,635,304	5,826,645	1,942,215	-	-	12.06	12.06	212.06	212.06	0.34	0.36	61.07	36.02	1.00	1.04	1.04	1.04
	Info Palo	Diam. 100	Lung. 25	Tipo. Trivellato	Tcnl. in opera	C.Attr. 0.80	C.Coes. 0.30										
	Car. Lim.	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$	CS_V	CS_O					
		1,869,212	155,446	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	1.69	1.49					
	Pfr. Dev.	N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	CS	N_u	ϕ_s	n_f	$\phi_{Asw,s}$								
		1,154,626	-181,720	-455,903	1.61	9,809,691	16	12	10								

Plinti su pali - Sollecitazioni e verifiche allo SLU

Id_{Pil}	N_{Ed}	Dir A		Dir B		$A_{s,s,A}$	$A_{s,s,B}$	$A_{s,i,A}$	$A_{s,i,B}$	$A_{sw,A}$	$A_{sw,B}$	$A_{s,pz}$	CS_{pz}	$CS_{v,A}$	$CS_{v,B}$	$CS_{f,A}$	$CS_{f,B}$
		$M_{Ed,X}$	$V_{Ed,Y}$	$M_{Ed,X}$	$V_{Ed,Y}$												
	[N]	[N·m]	[N]	[N·m]	[N]	[cm²]	[cm²]	[cm²]	[cm²]	[cm²]	[cm²]	[cm²]					

	T_c	CS	V_{Rcd}	$V_{Rsd,s}$	V_{cd}	$V_{Rsd,p}$	$A_{sw,A/B}$	s_{Asw}	$\phi_{Asw,s}$
Taglio	155,446	6.67	2,101,903	1,037,238	0	0	0.13	12	10

LEGENDA Plinti su pali - Sollecitazioni e verifiche allo stato limite ultimo.

Id_{Pil} Identificativo della pilastrata cui il plinto è collegato.
N_{Ed}, Sollecitazioni di progetto.
$M_{Ed,X}$,
$V_{Ed,Y}$
$A_{s,s,A/B}$ Armatura superiore esecutiva nella direzione A/B.
$A_{s,i,A/B}$ Armatura inferiore esecutiva nella direzione A/B.
$A_{sw,A/B}$ Area delle staffe per unità di lunghezza, nella direzione A/B.
$A_{s,pz}$ Area di ferro per punzonamento.
CS_{pz} Coefficiente di sicurezza per punzonamento ([NS] = Non Significativo per valori di CS >= 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta).
$CS_{v,A/B}$ Coefficienti di sicurezza relativi all'armatura a taglio, nella direzione A/B ([NS] = Non Significativo per valori di CS >= 100).
$CS_{f,A/B}$ Coefficiente di sicurezza relativo all'armatura a flessione nella direzione A/B ([NS] = Non Significativo per valori di CS >= 100).

Verifiche palo a carico limite verticale ed orizzontale.

$Q_{Ed,V}$ Carico verticale di progetto.
$Q_{Ed,O}$ Carico orizzontale di progetto.
$Q_{Rd,V}$ Resistenza di progetto verticale.
$Q_{Rd,V,Pt}$ Aliquota della resistenza di progetto verticale dovuto alla resistenza alla punta.
$Q_{Rd,V,Lt}$ Aliquota della resistenza di progetto verticale dovuto alla resistenza laterale.
$Q_{Rd,O}$ Resistenza di progetto orizzontale.
$M_{max,O}$ Momento massimo lungo il palo per carichi orizzontali.
T.R. Modalità di rottura per carico limite orizzontale (Palo Corto, Palo Medio, Palo Lungo).
$Z_{c,pls}$ Profondità della seconda cerniera plastica.
CS_V Coefficiente di sicurezza per azioni verticali ([NS] = Non Significativo per valori di CS >= 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta).
CS_O Coefficiente di sicurezza per azioni orizzontali ([NS] = Non Significativo per valori di CS >= 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta).

Verifiche palo a pressoflessione deviata allo SLU.

CS Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
N_u Sforzo Normale Ultimo per compressione semplice.
ϕ_s Diametro delle barre di acciaio.
n_f Numero delle barre di acciaio.
$\phi_{Asw,s}$ Diametro delle staffe.
N_{Ed}, Sollecitazioni di progetto.
$M_{Ed,X}$,
$M_{Ed,Y}$

Verifiche palo a taglio.

T_c Valori della massima sollecitazione di taglio composta in funzione di T_x, T_y e dell'asse neutro.
CS Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
V_{Rcd} Taglio ultimo per conglomerato compresso.
$V_{Rsd,s}$ Resistenza a taglio trazione delle staffe.
V_{cd} Contributo del calcestruzzo al taglio ultimo.
$V_{Rsd,p}$ Resistenza a taglio trazione dei ferri piegati.
$A_{sw,A/B}$ Area delle staffe per unità di lunghezza, nella direzione A/B.
s_{Asw} Passo delle staffe alle estremità.
$\phi_{Asw,s}$ Diametro delle staffe.

6.1.2 Sollecitazioni e verifica della platea eccentrica su pali

Vengono riportate di seguito in forma grafica e tabellare le verifiche strutturali della platea su pali.

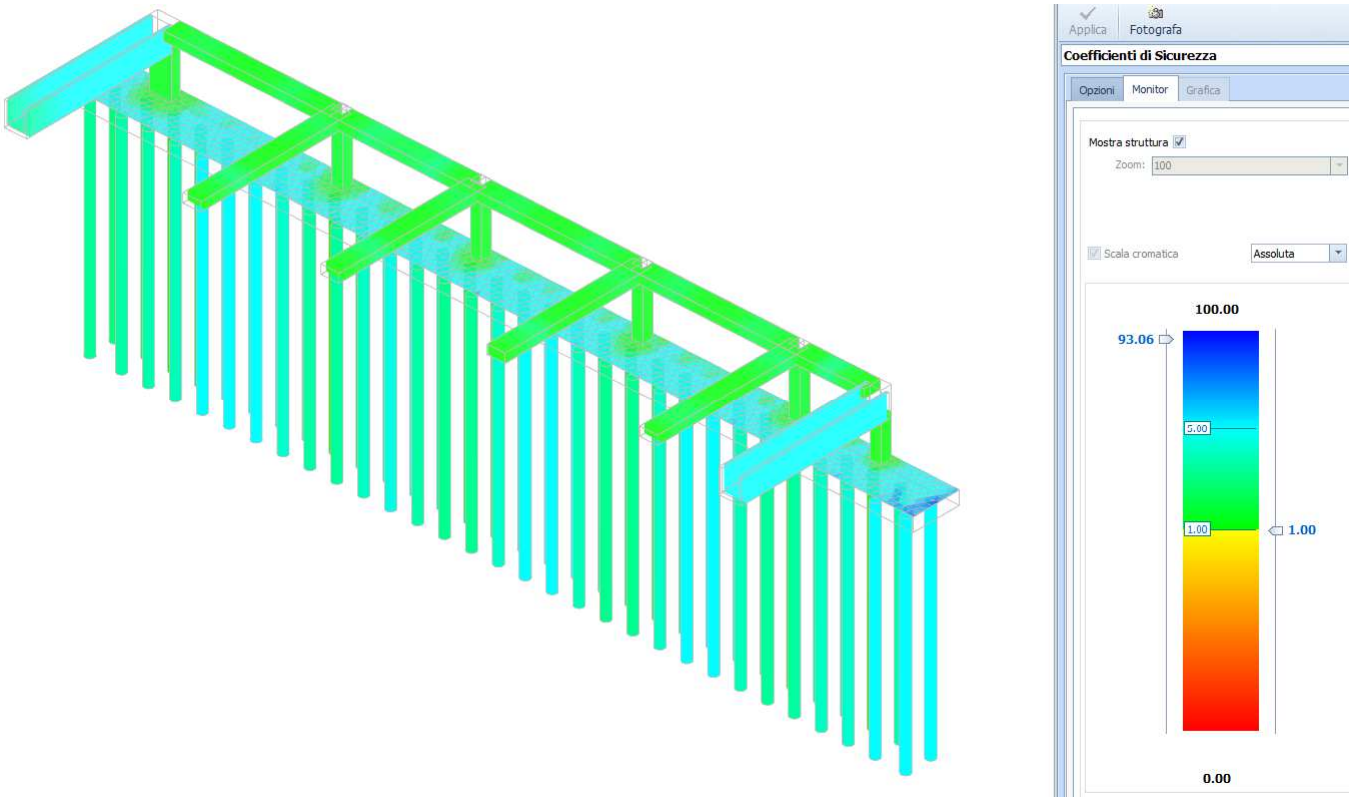


Figura 6: Verifica a flessione

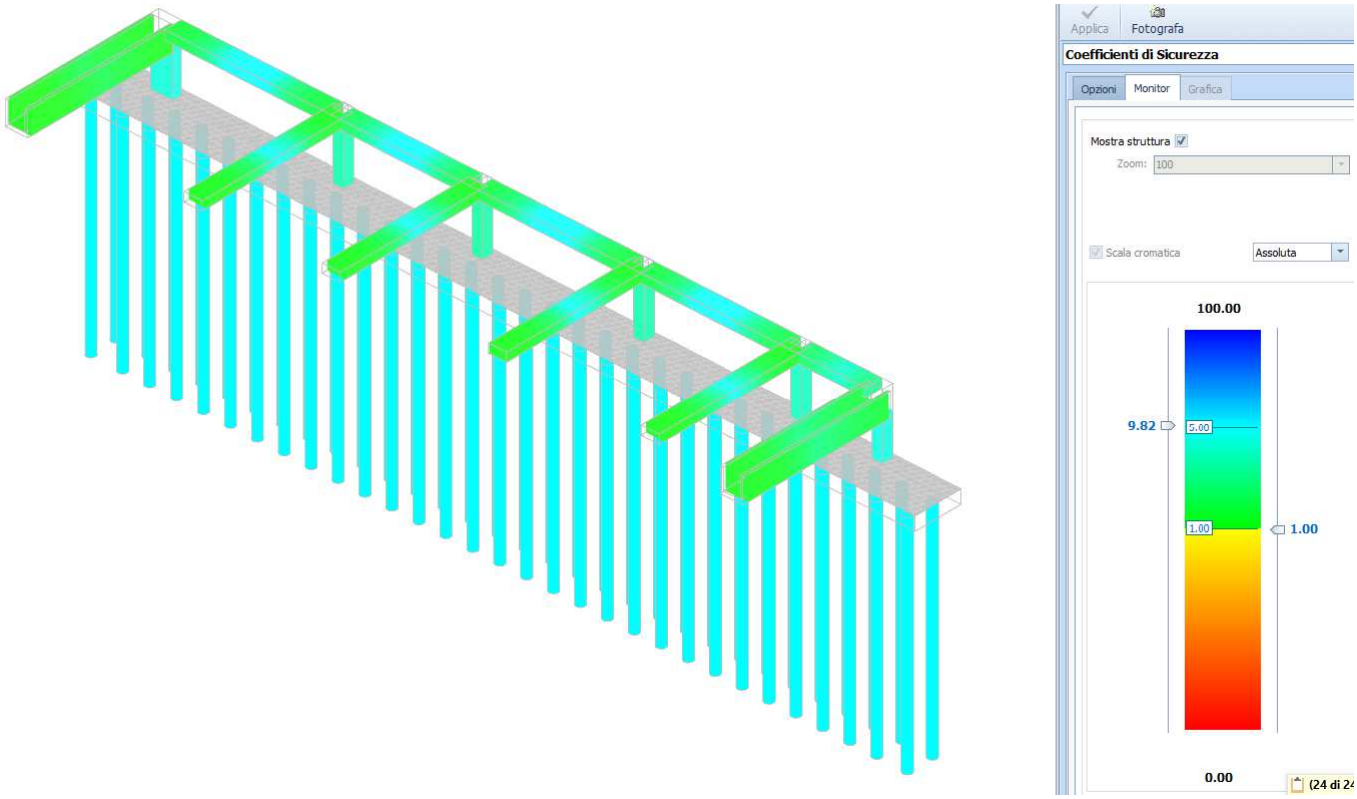


Figura 7: Verifica a taglio

6.1.3 Tabelle di verifica dei pali

Vengono riportate di seguito le verifiche a flessione e taglio di tutti i pali dell'edificio, presenti sia sotto i plinti che sotto la platea.

PALI - VERIFICHE A PRESSOFLESSIONE DEVIATA ALLO SLU (Fondazione)

Pali - Verifiche a pressoflessione deviata allo SLU

Id_{Pl}	Id_{Nd}	N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	CS	N_u	ϕ_s	n_s	$\phi_{As,st}$
		[N]	[N·m]	[N·m]		[N]	[mm]		[mm]
PALO30	00060	206,472	-64,277	151,078	2.93[S]	9,809,691	16	12	10
PALO29	00061	383,216	-113,631	-100,203	3.61[S]	9,809,691	16	12	10
PALO28	00062	266,394	-51,112	-83,964	5.13[S]	9,809,691	16	12	10
PALO27	00063	495,546	-69,425	172,013	3.16[S]	9,809,691	16	12	10
PALO21	00064	728,807	125,944	189,394	2.91[V]	9,809,691	16	12	10
PALO20	00065	1,366,924	344,629	-34,555	2.46[V]	9,809,691	16	12	10
PALO26	00066	864,489	-190,208	-111,438	3.19[S]	9,809,691	16	12	10
PALO25	00067	339,009	-81,952	-230,332	2.17[S]	9,809,691	16	12	10
PALO19	00068	331,990	107,967	-199,652	2.33[S]	9,809,691	16	12	10
PALO13	00069	384,815	77,499	-150,716	3.23[V]	9,809,691	16	12	10
PALO7	00070	105,935	35,787	-117,134	3.62[S]	9,809,691	16	12	10
PALO1	00071	81,183	40,925	-110,022	3.70[S]	9,809,691	16	12	10
PALO2	00072	216,864	80,277	-86,893	4.11[S]	9,809,691	16	12	10
PALO8	00073	291,224	-34,012	-79,094	5.96[S]	9,809,691	16	12	10
PALO14	00074	755,080	175,260	-5,244	3.82[V]	9,809,691	16	12	10

Pali - Verifiche a pressoflessione deviata allo SLU

Id_{Pl}	Id_{Nd}	N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	CS	N_u	ϕ_s	n_s	$\phi_{As,st}$
		[N]	[N·m]	[N·m]		[N]	[mm]		[mm]
PALO15	00075	466,251	93,474	100,603	4.20[V]	9,809,691	16	12	10
PALO9	00076	351,600	17,640	68,010	7.62[V]	9,809,691	16	12	10
PALO3	00077	174,818	27,068	68,863	6.35[S]	9,809,691	16	12	10
PALO4	00078	62,980	21,238	-84,961	4.88[S]	9,809,691	16	12	10
PALO5	00079	22,919	68,602	-164,310	2.31[S]	9,809,691	16	12	10
PALO6	00080	-9,112	-50,734	128,583	2.89[S]	9,809,691	16	12	10
PALO12	00081	15,374	-58,418	99,513	3.54[S]	9,809,691	16	12	10
PALO18	00082	122,329	46,734	84,639	4.65[S]	9,809,691	16	12	10
PALO24	00083	198,470	72,559	120,588	3.40[S]	9,809,691	16	12	10
PALO23	00084	437,665	148,711	-85,545	3.30[S]	9,809,691	16	12	10
PALO17	00085	255,389	68,734	-56,235	5.63[S]	9,809,691	16	12	10
PALO11	00086	160,262	-62,906	-142,750	2.98[S]	9,809,691	16	12	10
PALO10	00087	121,299	-37,532	-41,882	8.00[S]	9,809,691	16	12	10
PALO16	00088	206,734	46,785	-23,769	9.19[S]	9,809,691	16	12	10
PALO22	00093	307,705	70,972	-47,071	6.10[S]	9,809,691	16	12	10

LEGENDA:

Id_{Pl} Identificativo del palo.
Id_{Nd} Identificativo del nodo in testa al palo.
CS Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
N_u Sforzo Normale Ultimo per compressione semplice.
ϕ_s Diametro delle barre di acciaio.
n_s Numero delle barre di acciaio.
$\phi_{As,st}$ Diametro delle staffe.
N_{Ed}, $M_{Ed,X}$, $M_{Ed,Y}$ Sollecitazioni di progetto.

PALI - VERIFICHE A TAGLIO (Fondazione)

Pali - Verifiche a Taglio

Id_{Pl}	Id_{Nd}	V_{Ed}	CS	V_{Rcd}		$V_{Rsd,s}$		A_{sw}	s_{Asw}	$\phi_{As,st}$
				X	Y	X	Y			
		[N]		[N]		[N]		[cm²/cm]	[cm]	[mm]
PALO30	00060	188,341	5.87	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO29	00061	183,777	6.02	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO28	00062	170,864	6.48	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO27	00063	163,736	6.76	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO21	00064	150,801	7.34	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO20	00065	146,571	7.55	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO26	00066	162,287	6.82	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO25	00067	162,537	6.81	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO19	00068	146,188	7.57	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO13	00069	142,960	7.74	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO7	00070	149,031	7.42	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO1	00071	159,445	6.94	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO2	00072	159,537	6.94	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO8	00073	148,456	7.45	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO14	00074	142,063	7.79	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO15	00075	148,444	7.45	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO9	00076	154,305	7.17	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO3	00077	165,275	6.69	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO4	00078	174,126	6.35	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO5	00079	187,567	5.90	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO6	00080	193,891	5.71	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO12	00081	186,778	5.92	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO18	00082	182,868	6.05	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO24	00083	183,740	6.02	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO23	00084	176,116	6.28	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10

Pali - Verifiche a Taglio

Id_{Pl}	Id_{Nd}	V_{Ed}	CS	V_{Rcd}		$V_{Rsd,s}$		A_{sw}	s_{Asw}	$\phi_{As,st}$
				X	Y	X	Y			
		[N]		[N]		[N]		[cm²/cm]	[cm]	[mm]
PALO17	00085	172,467	6.42	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO11	00086	178,085	6.21	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO10	00087	163,342	6.77	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO16	00088	156,540	7.07	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10
PALO22	00093	157,639	7.02	2101903	0	1106390	0	0.13090	12	10

LEGENDA:

Id_{Pl} Identificativo del palo.
Id_{Nd} Identificativo del nodo in testa al palo.
V_{Ed} Massima sollecitazione di taglio composta in funzione di $V_{Ed,X}$, $V_{Ed,Y}$ e dell'asse neutro.
CS Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
V_{Rcd} Resistenza a taglio compressione del calcestruzzo.
$V_{Rsd,s}$ Resistenza a taglio trazione delle staffe.
A_{sw} Area delle staffe per unità di lunghezza.
s_{Asw} Passo massimo staffe da normativa.
$\phi_{As,st}$ Diametro delle staffe.

6.2 VERIFICHE GEOTECNICHE

6.2.1 Verifica a carico limite verticale

Per il calcolo del carico limite verticale viene adottato il metodo dell'equilibrio limite in base al quale il carico limite verticale qlim è dato dalla somma della resistenza laterale Pl e della resistenza alla punta Pp:

qlim = Pp + Pl

Stimando il carico limite sia in condizione drenate che non drenate è fondamentale nella stratigrafia il comportamento del singolo strato (coerente/incoerente).particolare se uno strato è stato dichiarato incoerente il suo contributo al carico limite viene sempre valutato in condizioni drenate a prescindere dal metodo di calcolo richiesto (drenato/non drenato).

La resistenza alla punta (Pp) si calcola con la seguente formula:

$$P_p = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \left(c \cdot N_c + q \cdot N_q\right)$$

dove:

per la determinazione dei valori di Nq vengono usati i grafici di Berezantzev Nq = Nq(L/D; f) in cui L è la lunghezza del palo, D è il diametro e f è l'angolo di attrito;

Nc = (Nq-1)·cotf;

c è la coesione;

q è la pressione litostatica alla punta del palo.

Nel calcolo della resistenza alla punta si fa distinzione tra condizioni drenate e non drenate.

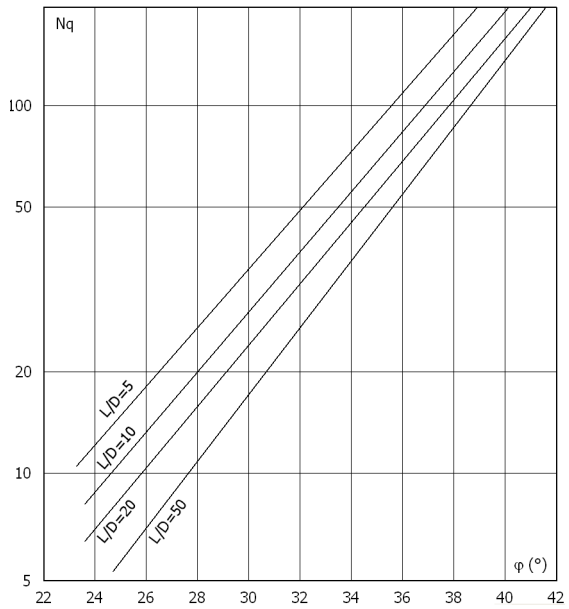
In caso di condizioni:

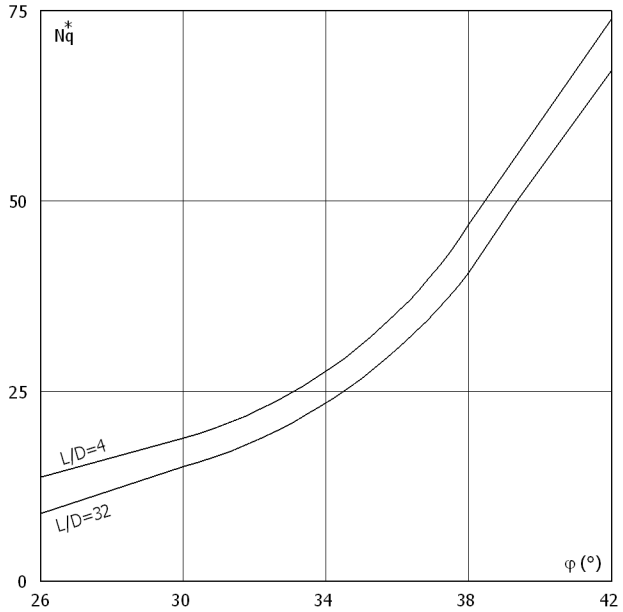
drenate si assume c = c' (coesione efficace) e q calcolata per pressioni effettive.

non drenate si assume q = qtot (pressione totale), c = cu (coesione non drenata), f = 0 e Nc = 9.

Se lo strato in cui arriva il palo è stato dichiarato coerente la stima della resistenza alla punta viene fatta in condizioni drenate o non drenate a seconda del metodo di calcolo richiesto. Viceversa, se lo strato in cui arriva il palo è stato dichiarato incoerente la stima della resistenza alla punta viene fatta sempre in condizioni drenate indipendentemente dal tipo di calcolo richiesto (drenato o non drenato).

Vengono distinti i casi di pali di medio diametro e di grande diametro (> 80 cm). Per questi ultimi, visto che la resistenza alla punta viene mobilitata dopo un cedimento che può essere anche significativo, si utilizza un valore di Nq* ridotto rispetto a Nq.





Per il calcolo della resistenza laterale (Pl) si usa invece la formula:

Pl = p·D·L·s,

in cui s è la somma di un termine di adesione a indipendente dalla tensione normale (orizzontale sh) e da un termine attritivo dipendente da quest'ultima e dalla tecnologia con cui viene realizzato il palo (battuto, trivellato, ...):

s=a+sh·m,

con m dipendente dalla scabrezza dell'interfaccia palo/terreno.

Anche per il calcolo della resistenza laterale si distingue tra condizioni drenate e non drenate. In condizioni drenate si assume a = 0, pertanto, s = sh·m [con m = tan(f·A), dove A è il coefficiente riduttivo relativo all'attrito palo-terreno]. In condizioni non drenate si assume che l'adesione sia un'aliquota della coesione non drenata, per cui a = a·cu con a dipendente dalla tecnologia esecutiva del palo stesso.

In caso di terreni stratificati la resistenza laterale è la somma delle resistenze offerte dai singoli strati, calcolate a seconda della tipologia del terreno (coerente/incoerente).

Pertanto, il calcolo del palo in condizioni non drenate, per gli strati coerenti il contributo alla portanza laterale del singolo strato viene stimato in funzione della coesione non drenata, mentre per gli strati incoerenti in funzione dell'attrito.

Invece, richiesto un calcolo del palo in condizioni drenate, sia per gli strati coerenti che per quelli incoerenti il contributo alla portanza laterale del singolo strato viene stimato in funzione dell'attrito.

È di seguito riportata una verifica grafica del carico limite:

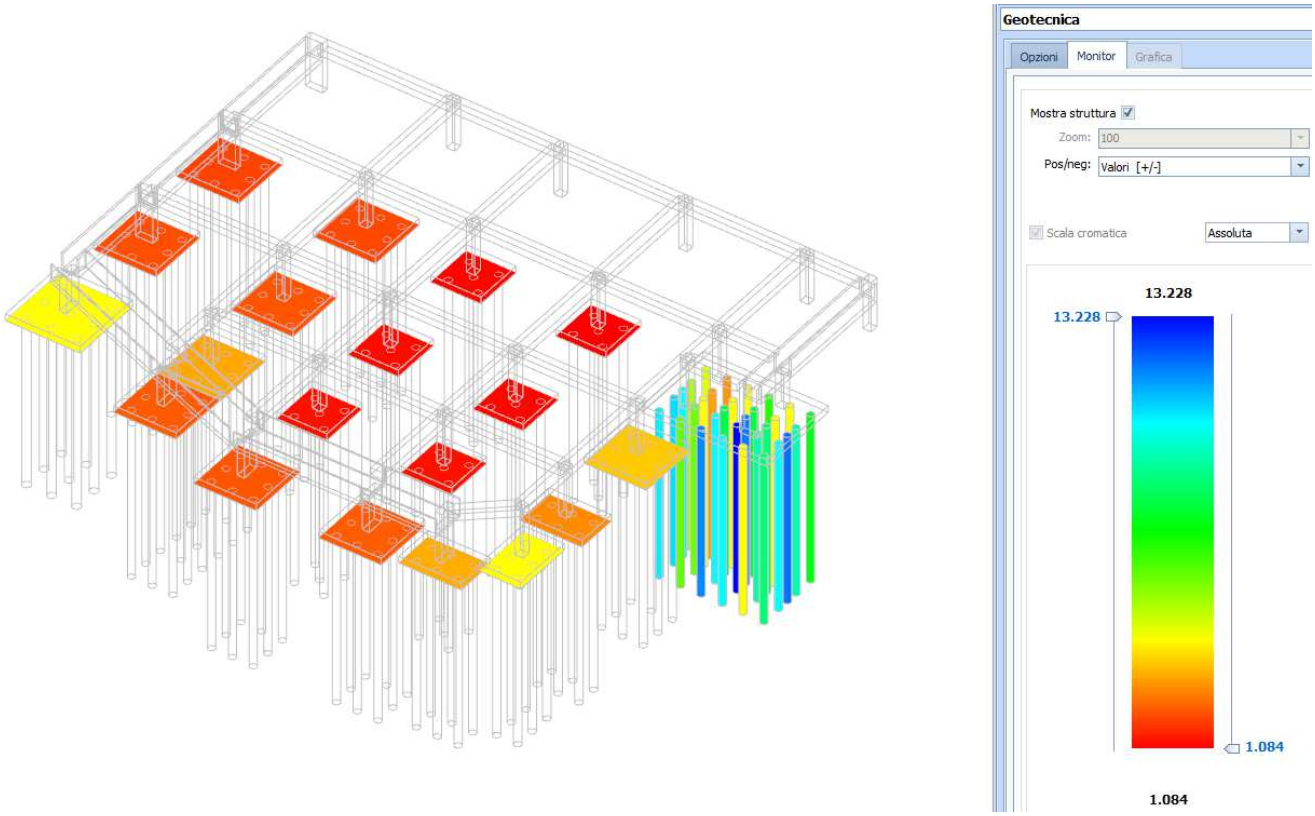


Figura 8: Verifica carico limite verticale

6.2.2 Verifica a carico limite orizzontale

Per la valutazione del carico limite orizzontale si è fatto riferimento alla teoria di Broms e al caso di pali supposti vincolati in testa (rotazione impedita).

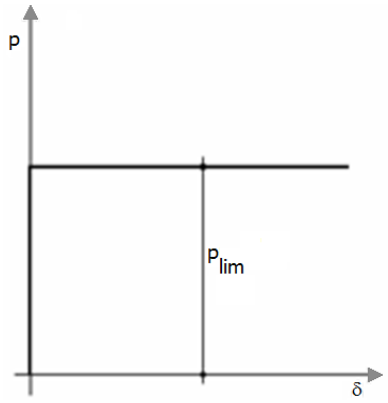
Le ipotesi assunte da Broms sono le seguenti:

comportamento dell'interfaccia palo-terreno di tipo rigido-perfettamente plastico, cioè la resistenza del terreno si mobilita interamente per un qualsiasi valore non nullo dello spostamento e resta poi costante al crescere dello spostamento;

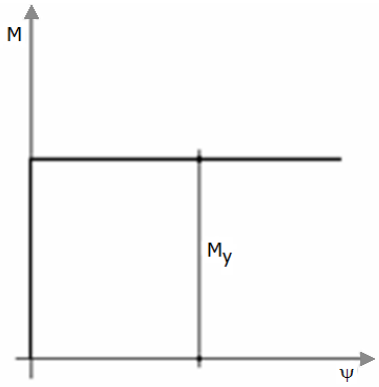
forma del palo ininfluente rispetto al carico limite orizzontale il quale risulta influenzato solo dal diametro del palo stesso;

in presenza di forze orizzontali la resistenza della sezione strutturale del palo può essere chiamata in causa poiché il regime di sollecitazione di flessione e taglio che consegue all'applicazione di forze orizzontali è molto più gravoso dello sforzo normale che consegue all'applicazione di carichi verticali;

anche il comportamento flessionale del palo è assunto di tipo rigido-perfettamente plastico, cioè le rotazioni plastiche del palo sono trascurabili finché il momento flettente non attinge al valore Mplast ovvero Momento di plasticizzazione. A questo punto nella sezione si forma una cerniera plastica ovvero la rotazione continua indefinitamente sotto momento costante.



Comportamento palo-terreno



Comportamento flessionale del palo

La resistenza limite laterale di un palo è determinata dal minimo valore fra:

il carico orizzontale necessario per produrre il collasso del terreno lungo il fusto del palo;

il carico orizzontale necessario per produrre la plasticizzazione del palo.

Il primo meccanismo (plasticizzazione del terreno) si verifica nel caso di pali molto rigidi in terreni poco resistenti (meccanismo di palo corto).

Mentre, il secondo meccanismo si verifica nel caso di pali aventi rigidezze non eccessive rispetto al terreno d'infissione (meccanismo di palo lungo o intermedio, con la formazione rispettivamente di due ed una cerniera plastica).

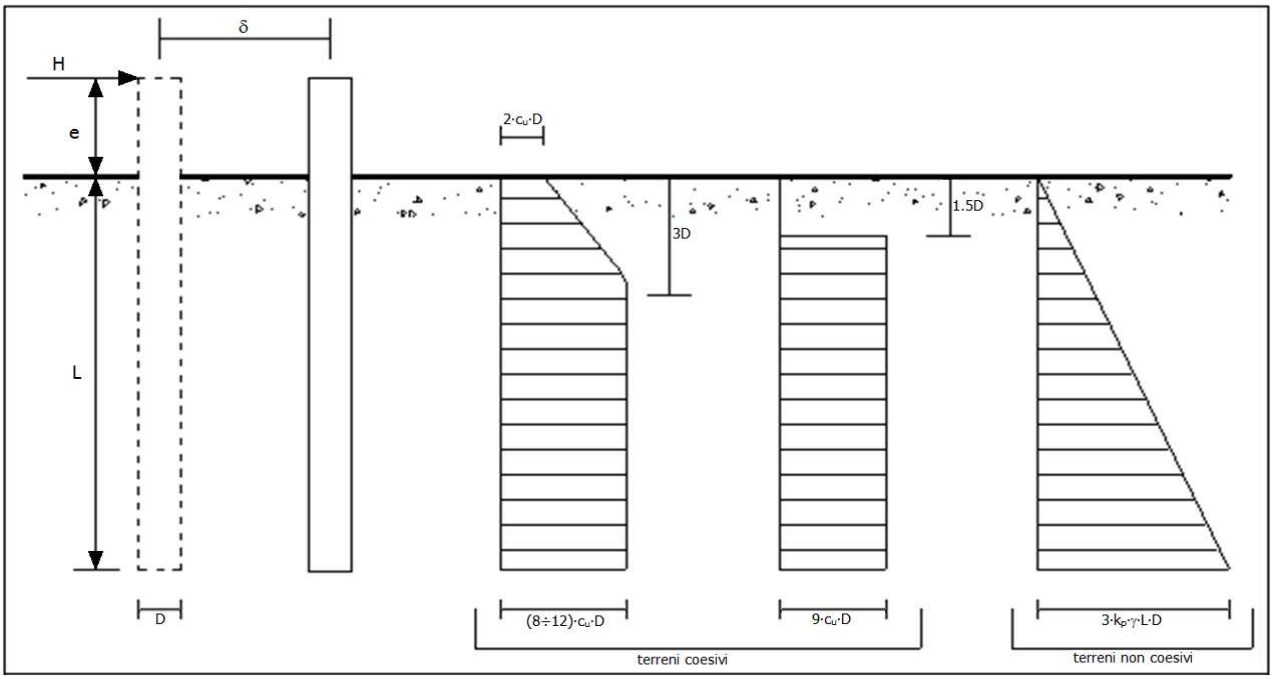
La resistenza limite del terreno rappresenta il valore limite di resistenza che esso può esplicare quando il

palo è soggetto ad un carico orizzontale e dipende dalle caratteristiche del terreno e dalla geometria del palo.

Per quanto riguarda la resistenza del terreno, secondo la teoria di Broms, si considerano separatamente i casi di:

terreni coesivi o coerenti (rottura non drenata);

terreni non coesivi o incoerenti (rottura drenata).



Andamento della resistenza del terreno, secondo la teoria di Broms

Quindi, nella fase di calcolo, occorre verificare se il meccanismo di rottura del palo e per:

- ***Palo corto*** ⇒ (plasticizzazione terreno)
- ***Palo intermedio***
- ***Palo lungo*** ⇒ (plasticizzazione palo)

Nel caso di terreni non coesivi (c=0), la teoria di Broms assume che la resistenza laterale sia variabile

linearmente con la profondità dal valore p = 0 (in testa) fino al valore p = 3·kp·g·L·D (alla base), essendo Kp il coefficiente di resistenza passiva. Nel calcolo della resistenza laterale si tiene conto dell'eventuale interramento della testa del palo rispetto al piano campagna, il che comporta che la pressione litostatica in testa al palo sia non nulla. Inoltre, un ulteriore settaggio, presente nelle preferenze del software, consente di trascurare o meno la presenza della falda nella valutazione della pressione litostatica.

Per quanto riguarda i terreni coesivi la resistenza laterale parte in testa al palo con un valore di p = 2·cu·D, cresce linearmente fino alla profondità 3D per poi rimanere costante e pari a p = (8÷12)·cu·D per tutta la lunghezza del palo. In alternativa, è possibile utilizzare un diagramma semplificato, di valore p = 0 fino alla profondità 1,5·D e con valore costante e pari a 9·cu·D per tutta la lunghezza del palo.

Oltre ai parametri meccanici del terreno viene considerato anche il Momento Ultimo Mp del palo che è funzione oltre che dell'armatura anche dello sforzo assiale agente. Se il comportamento è a palo lungo viene calcolata anche la profondità di formazione della seconda cerniera plastica.

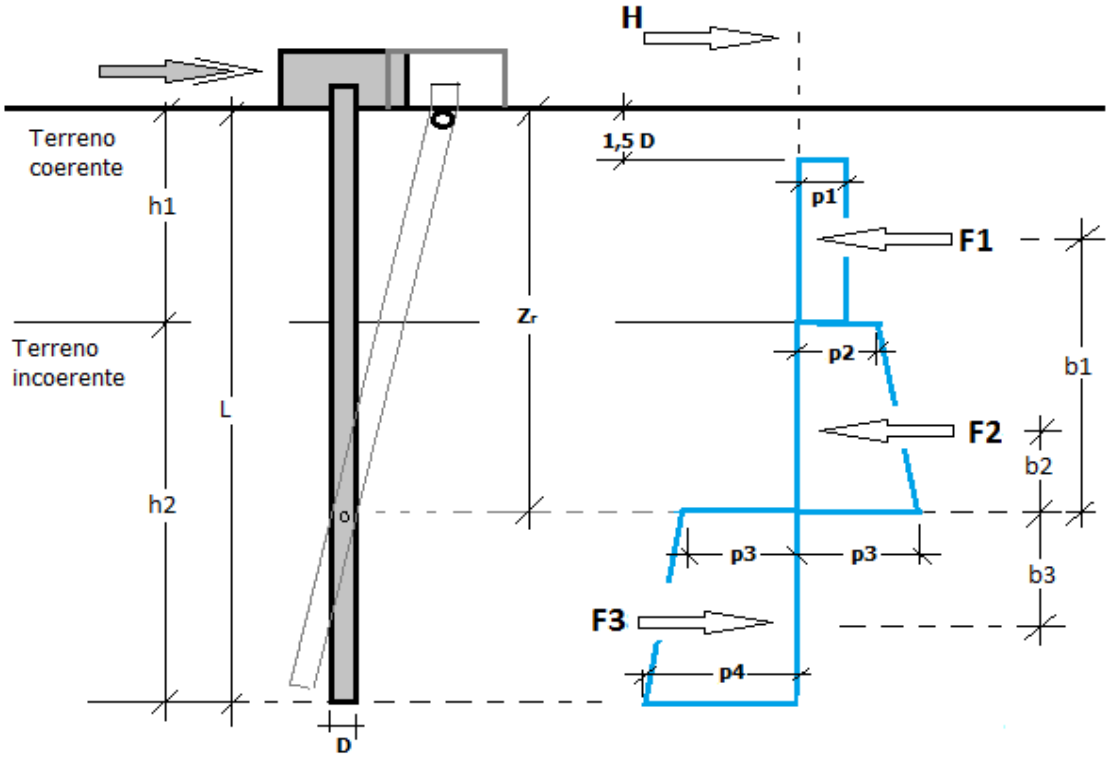
Calcolo del Carico Limite Orizzontale per terreni stratificati

La teoria di Broms è formulata per terreni omogenei, di tipo coerente o incoerente; in caso di terreni stratificati, la teoria di Broms viene generalizzata formulando le seguenti ipotesi aggiuntive, rispetto al caso del terreno monostrato:

terreno coerente: la resistenza laterale per unità di superficie pi viene considerata costante, secondo l'ipotesi di Broms, a partire da una profondità pari ad 1,5·D, ritenendo nulla la reazione per strati di altezza inferiore a 1,5·D. La resistenza pi è indipendente dalla pressione litostatica.

terreno incoerente: la resistenza laterale per unità di superficie pi varia con legge lineare lungo l'altezza, secondo l'ipotesi di Broms. La resistenza pi è dipendente dalla pressione litostatica g·z, per cui nel calcolo di tali resistenze si tiene conto del peso degli eventuali strati sovrastanti. Un ulteriore settaggio, presente nelle preferenze del software, consente di trascurare o meno la presenza della falda nella valutazione della pressione litostatica.

Per un terreno di due strati lo schema considerato è il seguente:

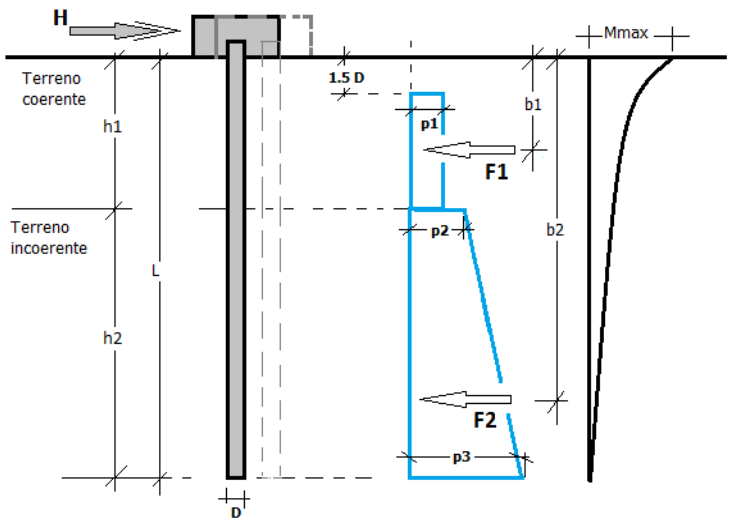


Nella fase di calcolo, si verifica se il meccanismo di rottura del palo, ipotizzato vincolato in testa (rotazione alla testa impedita) sia di:

Palo CORTO

Si valuta il diagramma dei momenti, ipotizzando che il palo non subisca plasticizzazioni. Sotto l'azione della forza H il palo subisce una traslazione rigida.

Nell'ipotesi di cui in figura seguente, le resistenze laterali valgono:



$p_1 = 9 \cdot c_u \cdot D$;

$p_2 = 3 \cdot k_{p,2} \cdot D \cdot \gamma_1 \cdot h_1$;

$p_3 = 3 \cdot k_{p,2} \cdot D \cdot (\gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2)$.

Da cui:

$F_1 = p_1 \cdot (h_1 - 1{,}5 \cdot D)$;

$F_2 = (p_1+p_2)\cdot h_2/2.$

Indicando con M_p il momento resistente del palo, se risulta $M_{max} = F_1\cdot b_1+F_2\cdot b_2 < M_p$ l'ipotesi di palo corto è soddisfatta, altrimenti occorre procedere con l'ipotesi di palo intermedio.

Palo INTERMEDIO

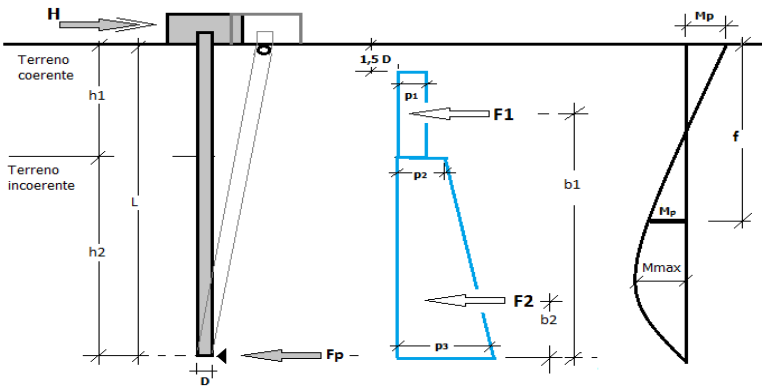
Si valuta il diagramma dei momenti, ipotizzando che il palo subisca una plasticizzazione all'attacco con la fondazione e che al piede sia presente un vincolo alla traslazione orizzontale. Sotto l'azione della forza H il palo subisce una traslazione ed una rotazione rigida.

Nell'ipotesi di cui in figura seguente, le resistenze laterali valgono:

$p_1 = 9\cdot c_u\cdot D;$

$p_2 = 3\cdot k_{p,2}\cdot D\cdot\gamma_1\cdot h_1;$

$p_3 = 3\cdot k_{p,2}\cdot D\cdot(\gamma_1\cdot h_1+\gamma_2\cdot h_2).$



Da cui:

$F_1 = p_1\cdot(h_1-1{,}5\cdot D);$

$F_2 = (p_1+p_2)\cdot h_2/2.$

Applicando l'equilibrio alla rotazione intorno al piede del palo:

$M_p + F_1\cdot b_1+F_2\cdot b_2 -H\cdot L = 0$

si determina il valore dell'azione H che sollecita il palo.

Una volta note tutte le forze in gioco, si determina il diagramma del momento lungo il fusto del palo.

Indicando con Mp il momento resistente del palo, se risulta Mmax < Mp l'ipotesi di palo intermedio è soddisfatta, altrimenti occorre procedere con l'ipotesi di palo lungo.

Palo LUNGO

Si valuta il diagramma dei momenti, ipotizzando che il palo subisca una plasticizzazione all'attacco con la fondazione e lungo il fusto. Sotto l'azione della forza H il palo subisce una traslazione ed una rotazione rigida.

Nell'ipotesi di cui in figura seguente, le resistenze laterali valgono:

$p_1 = 9 \cdot c_u \cdot D$;

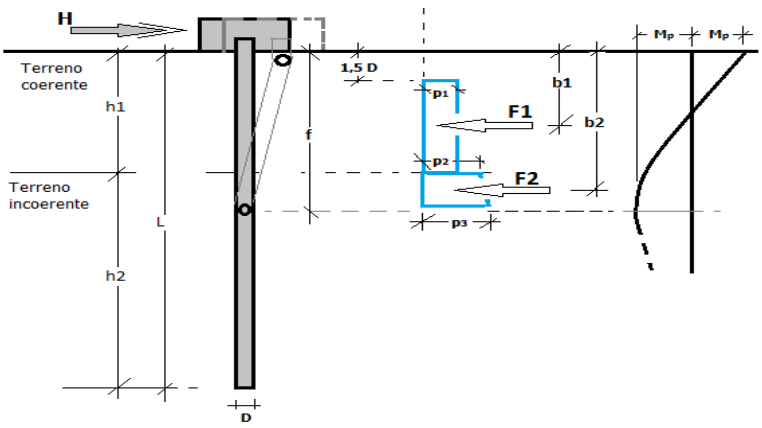
$p_2 = 3 \cdot k_{p,2} \cdot D \cdot \gamma_1 \cdot h_1$;

$p_3 = 3 \cdot k_{p,2} \cdot D \cdot (\gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2)$.

Da cui:

$F_1 = p_1 \cdot (h_1 - 1{,}5 \cdot D)$;

$F_2 = (p_1 + p_2) \cdot h_2 / 2$.



Applicando l'equilibrio alla traslazione si ha:

$H = F_1 + F_2$

Imponendo l'equilibrio alla rotazione intorno alla seconda cerniera plastica:

$H\,f - F_1 \cdot (f - b_1) - F_2 \cdot (f - b_2) - 2M_p = 0$

si determina la profondità f della seconda cerniera plastica.

Viene riportata di seguito la verifica grafica a carico limite orizzontale.

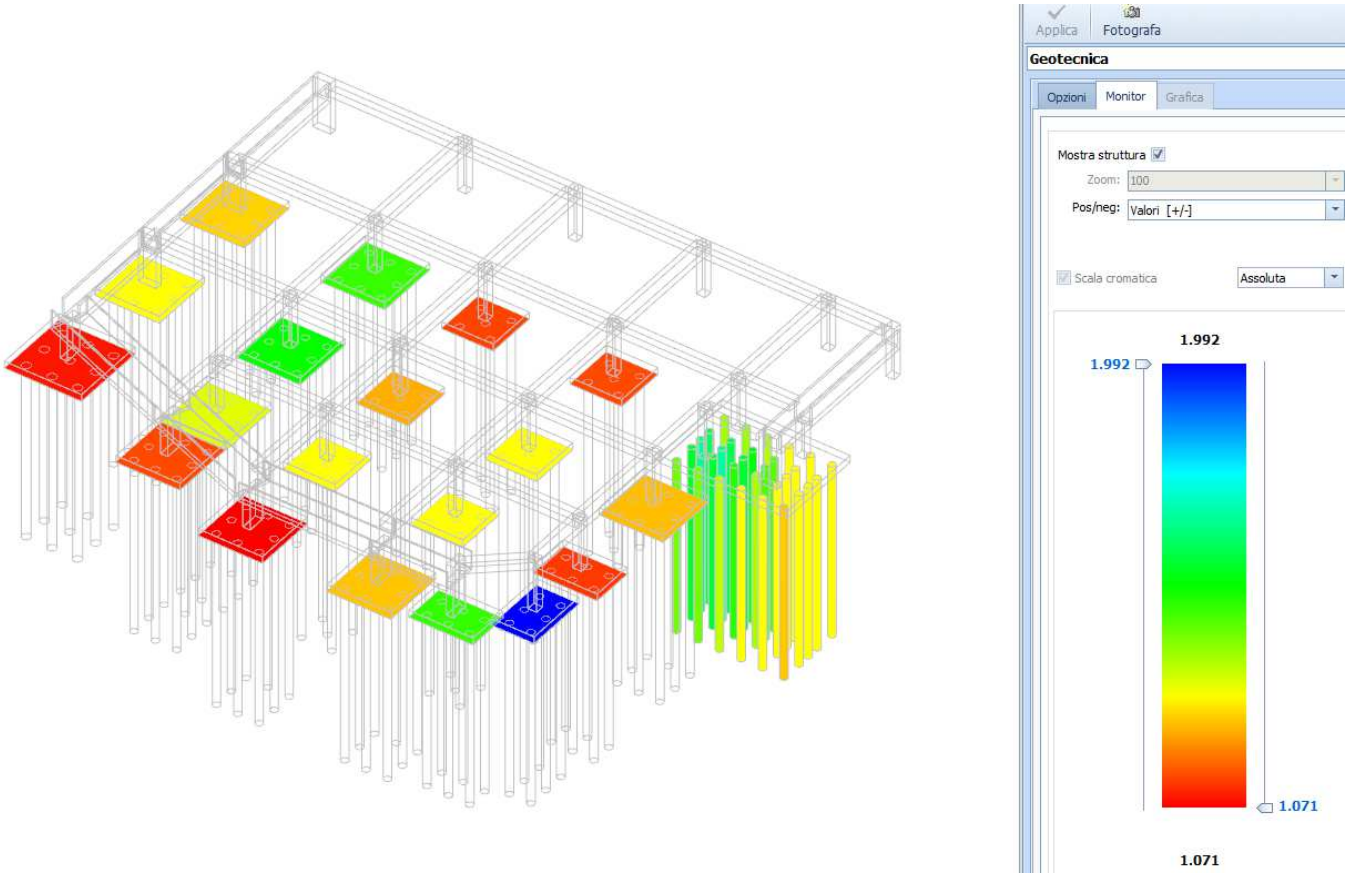


Figura 9: Verifica carico limite orizzontale

6.2.3 Verifica a carico limite della platea eccentrica su pali

Nella figura seguente viene riportata la verifica grafica a carico limite della platea su pali.

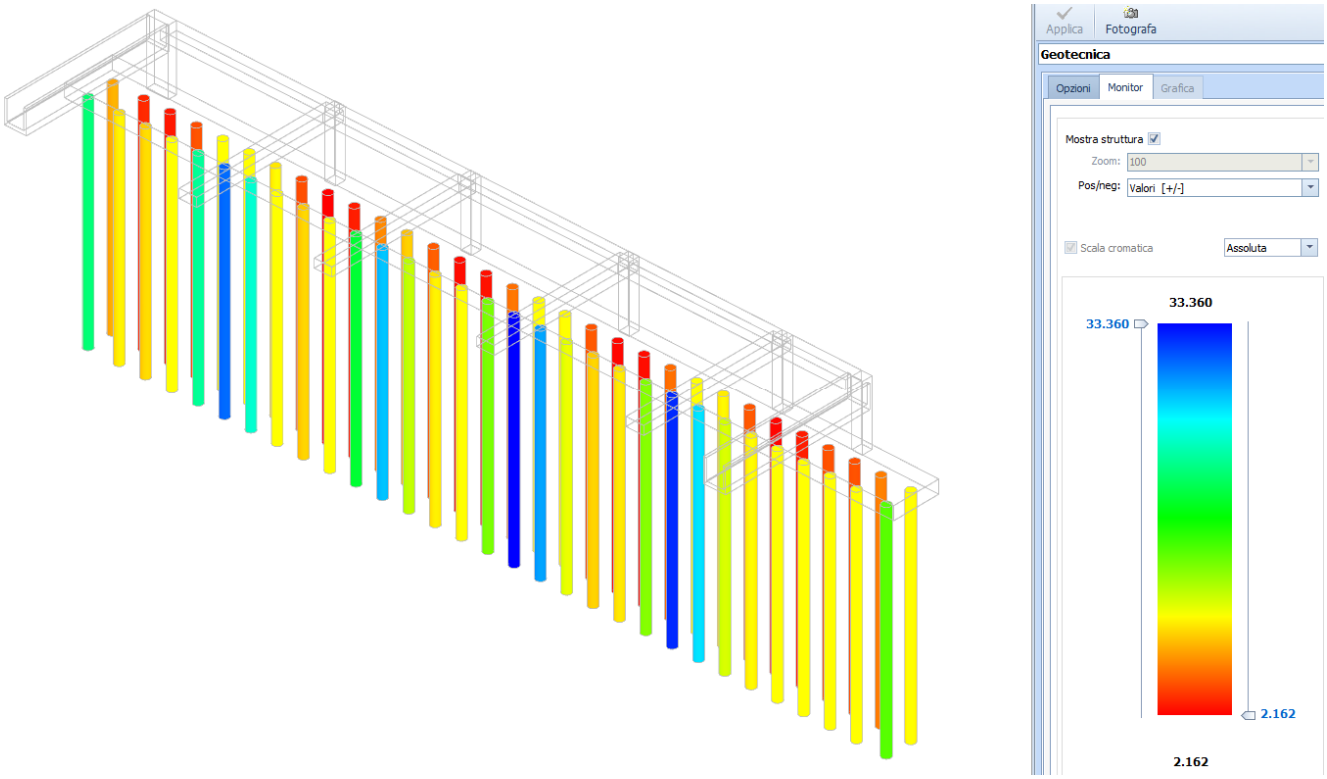


Figura 10: Verifica carico limite verticale

6.2.4 Verifica a carico limite orizzontale della platea eccentrica su pali

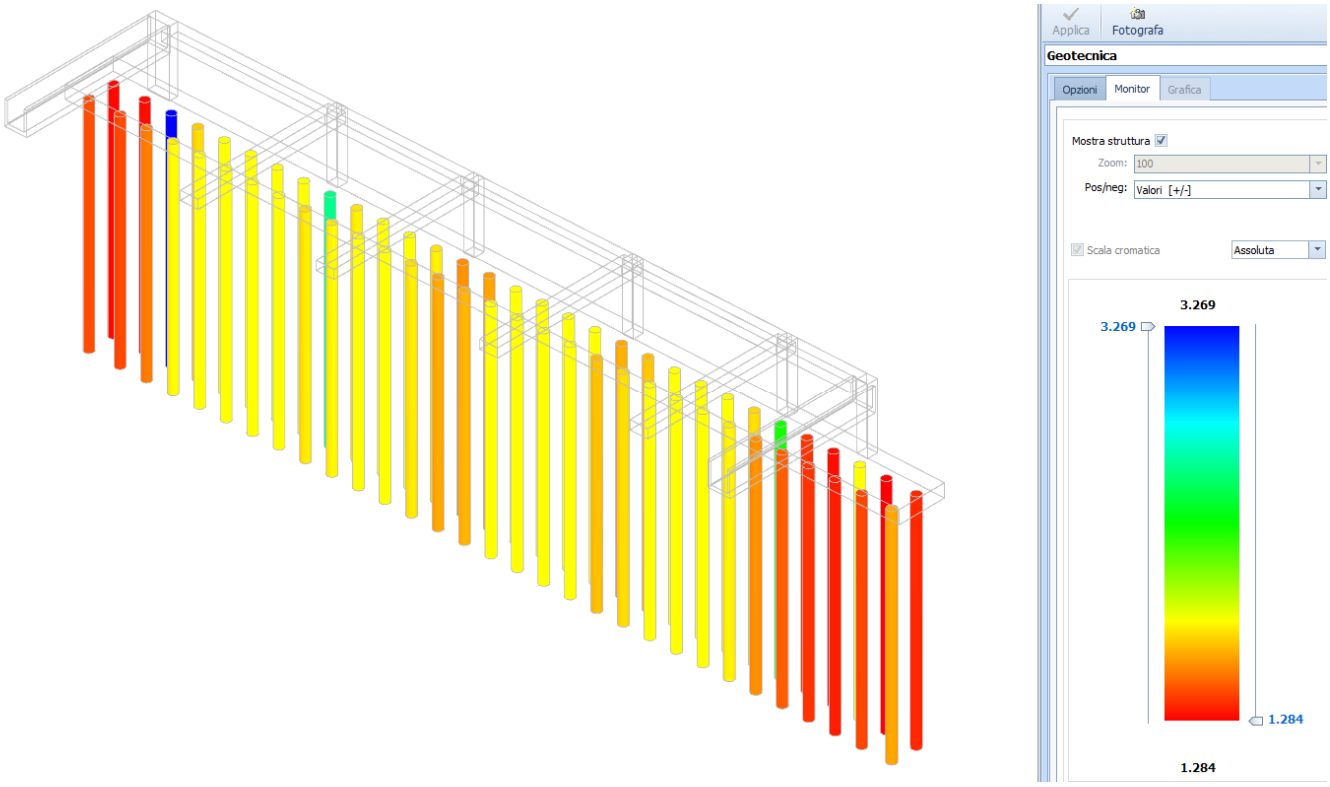


Figura 11: Verifica carico limite verticale

6.2.5 Tabelle di verifica dei pali

Vengono riportate di seguito le verifiche a carico limite di tutti i pali dell'edificio, presenti sia sotto i plinti che sotto la platea.

Pali - Verifiche a carico limite verticale e orizzontale allo SLU

$Id_{Pl/Pnt\ Pl}$	$Id_{Nd,sup}$	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$	CS_V	CS_O
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N·m]		[m]		
PALO30	00060	429,424	188,341	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	7.35	1.23
PALO29	00061	813,462	183,777	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	3.88	1.26
PALO28	00062	460,737	170,864	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	6.85	1.36
PALO27	00063	746,765	163,736	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	4.23	1.42
PALO21	00064	668,356	150,801	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	4.72	1.54
PALO20	00065	1,306,348	146,571	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	2.42	1.59
PALO26	00066	1,353,404	162,287	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	2.33	1.43
PALO25	00067	600,265	162,537	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	5.26	1.43
PALO19	00068	552,591	146,188	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	5.71	1.59
PALO13	00069	323,704	142,960	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	9.75	1.63
PALO7	00070	278,085	149,031	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	11.35	1.56
PALO1	00071	280,759	159,445	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	11.25	1.46
PALO2	00072	498,368	159,537	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	6.34	1.46
PALO8	00073	508,560	148,456	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	6.21	1.57
PALO14	00074	693,701	142,063	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	4.55	1.64
PALO15	00075	405,021	148,444	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	7.80	1.57
PALO9	00076	291,123	154,305	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	10.85	1.51

Pali - Verifiche a carico limite verticale e orizzontale allo SLU

$Id_{Pl/Pnt\ Pl}$	$Id_{Nd,sup}$	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$	CS_V	CS_O
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N·m]		[m]		
PALO3	00077	261,132	165,275	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	12.09	1.41
PALO4	00078	320,700	174,126	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	9.85	1.33
PALO5	00079	632,279	187,567	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	4.99	1.24
PALO6	00080	385,118	193,891	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	8.20	1.20
PALO12	00081	315,504	186,778	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	10.01	1.24
PALO18	00082	256,967	182,868	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	12.29	1.27
PALO24	00083	362,986	183,740	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	8.70	1.26
PALO23	00084	691,127	176,116	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	4.57	1.32
PALO17	00085	385,672	172,467	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	8.19	1.35
PALO11	00086	366,304	178,085	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	8.62	1.30
PALO10	00087	238,685	163,342	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	13.23	1.42
PALO16	00088	259,089	156,540	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	12.19	1.48
PALO22	00093	407,861	157,639	3,157,360	1,482,868	1,674,492	232,390	383107	Palo Lungo	2.38	7.74	1.47

LEGENDA:

$Id_{Pl/Pnt\ Pl}$ Identificativo del palo o del plinto su pali.
$Id_{Nd,sup}$ Identificativo del nodo all'estremo superiore del palo o della pilastrata cui il plinto è collegato.
$Q_{Ed,V}$ Carico verticale di progetto.
$Q_{Ed,O}$ Carico orizzontale di progetto.
$Q_{Rd,V}$ Resistenza di progetto verticale.
$Q_{Rd,V,Pt}$ Aliquota della resistenza di progetto verticale dovuto alla resistenza alla punta.
$Q_{Rd,V,Lt}$ Aliquota della resistenza di progetto verticale dovuto alla resistenza laterale.
$Q_{Rd,O}$ Resistenza di progetto orizzontale.
$M_{max,O}$ Momento massimo lungo il palo per carichi orizzontali.
T.R. Modalità di rottura per carico limite orizzontale (Palo Corto, Palo Medio, Palo Lungo).
$Z_{c,pls}$ Profondità della seconda cerniera plastica.
CS_V Coefficiente di sicurezza per azioni verticali ([NS] = Non Significativo per valori di CS >= 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta).
CS_O Coefficiente di sicurezza per azioni orizzontali ([NS] = Non Significativo per valori di CS >= 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta).

Vengono riportati di seguito e separatamente i pali della platea eccentrica:

Pali - Verifiche a carico limite verticale e orizzontale allo SLU

$Id_{Pl/Pnt\ Pl}$	$Id_{Nd,sup}$	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$	CS_V	CS_O
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N·m]		[m]		
PALO2	00057	451.465	168.376	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	7,14	1,38
PALO3	00058	485.586	160.851	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	6,64	1,44
PALO4	00059	348.393	143.249	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	9,25	1,62
PALO5	00060	153.718	130.407	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	20,96	1,78
PALO6	00061	103.516	126.864	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	31,13	1,83
PALO7	00062	145.844	126.821	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	22,09	1,83
PALO8	00063	304.317	134.251	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	10,59	1,73
PALO9	00085	494.093	145.437	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	6,52	1,60
PALO10	00064	389.207	144.535	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	8,28	1,61
PALO11	00065	170.161	139.218	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	18,94	1,67
PALO12	00066	109.911	139.096	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	29,32	1,67
PALO13	00067	235.061	145.422	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	13,71	1,60

Pali - Verifiche a carico limite verticale e orizzontale allo SLU

$Id_{Pl/Pnt\ Pl}$	$Id_{Nd,sup}$	$Q_{Ed,V}$ [N]	$Q_{Ed,O}$ [N]	$Q_{Rd,V}$ [N]	$Q_{Rd,V,Pt}$ [N]	$Q_{Rd,V,Lt}$ [N]	$Q_{Rd,O}$ [N]	$M_{max,O}$ [N·m]	T.R.	$Z_{c,pls}$ [m]	CS_V	CS_O
PALO14	00068	445.868	154.119	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	7,23	1,51
PALO15	00069	424.272	152.052	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	7,59	1,53
PALO16	00070	212.229	138.728	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	15,18	1,68
PALO17	00071	96.589	128.696	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	33,36	1,81
PALO18	00072	107.602	130.786	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	29,95	1,78
PALO19	00073	251.577	140.470	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	12,81	1,65
PALO20	00074	486.924	150.650	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	6,62	1,54
PALO21	00075	459.219	147.282	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	7,02	1,58
PALO22	00076	216.953	137.071	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	14,85	1,70
PALO23	00077	99.232	134.954	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	32,47	1,72
PALO24	00078	112.923	139.161	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	28,53	1,67
PALO25	00079	245.416	144.005	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	13,13	1,61
PALO26	00080	434.019	156.857	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	7,42	1,48
PALO27	00081	390.769	165.135	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	8,25	1,41
PALO28	00082	281.212	171.185	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	11,46	1,36
PALO29	00083	293.031	176.044	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	11,00	1,32
PALO30	00084	300.529	168.715	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	10,72	1,38
PALO61	00086	660.912	181.013	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	4,88	1,28
PALO60	00054	818.588	196.169	3.222.241	1.502.089	1.720.152	337.476	670437	Palo Lungo	2,87	3,94	1,72
PALO59	00087	836.833	178.643	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	3,85	1,30
PALO58	00088	1.167.461	171.854	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	2,76	1,35
PALO57	00089	1.416.438	173.293	3.222.241	1.502.089	1.720.152	389.233	830434	Palo Lungo	3,08	2,27	2,25
PALO56	00090	806.764	146.762	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	3,99	1,58
PALO55	00091	439.572	139.055	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	7,33	1,67
PALO54	00092	406.091	135.440	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	7,93	1,72
PALO53	00093	722.195	138.877	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	4,46	1,67
PALO52	00094	1.339.078	150.269	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	2,41	1,55
PALO51	00095	1.423.992	153.371	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	2,26	1,52
PALO50	00096	795.834	138.273	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	4,05	1,68

Pali - Verifiche a carico limite verticale e orizzontale allo SLU

$Id_{Pl/Pnt\ Pl}$	$Id_{Nd,sup}$	$Q_{Ed,V}$ [N]	$Q_{Ed,O}$ [N]	$Q_{Rd,V}$ [N]	$Q_{Rd,V,Pt}$ [N]	$Q_{Rd,V,Lt}$ [N]	$Q_{Rd,O}$ [N]	$M_{max,O}$ [N·m]	T.R.	$Z_{c,pls}$ [m]	CS_V	CS_O
PALO49	00097	422.739	129.483	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	7,62	1,79
PALO48	00098	392.175	129.182	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	8,22	1,80
PALO47	00099	691.619	139.870	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	4,66	1,66
PALO46	00100	1.271.355	154.761	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	2,53	1,50
PALO45	00101	1.371.731	157.201	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	2,35	1,48
PALO44	00102	793.167	145.166	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	4,06	1,60
PALO43	00103	501.350	138.725	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	6,43	1,68
PALO42	00104	645.763	138.736	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	4,99	1,68
PALO41	00105	1.165.476	145.173	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	2,76	1,60
PALO40	00106	1.490.144	157.919	3.222.241	1.502.089	1.720.152	389.233	830434	Palo Lungo	3,08	2,16	2,46
PALO39	00107	864.744	135.268	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	3,73	1,72
PALO38	00108	442.825	130.284	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	7,28	1,78
PALO37	00109	305.525	130.736	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	10,55	1,78
PALO36	00110	404.137	136.427	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	7,97	1,70
PALO35	00111	841.568	148.094	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	3,83	1,57
PALO34	00112	1.210.083	187.348	3.222.241	1.502.089	1.720.152	612.517	1639336	Palo Lungo	3,86	2,66	3,27
PALO33	00113	1.084.678	178.423	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	2,97	1,30
PALO32	00114	549.178	180.220	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	5,87	1,29
PALO1	00115	158.887	167.315	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	20,28	1,39
PALO62	00116	419.655	173.149	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	7,68	1,34
PALO31	00121	202.612	153.691	3.222.241	1.502.089	1.720.152	232.390	383107	Palo Lungo	2,38	15,90	1,51

LEGENDA:

$Id_{Pl/Pnt\ Pl}$ Identificativo del palo o del plinto su pali.
$Id_{Nd,sup}$ Identificativo del nodo all'estremo superiore del palo o della pilastrata cui il plinto è collegato.
$Q_{Ed,V}$ Carico verticale di progetto.
$Q_{Ed,O}$ Carico orizzontale di progetto.
$Q_{Rd,V}$ Resistenza di progetto verticale.
$Q_{Rd,V,Pt}$ Aliquota della resistenza di progetto verticale dovuto alla resistenza alla punta.
$Q_{Rd,V,Lt}$ Aliquota della resistenza di progetto verticale dovuto alla resistenza laterale.
$Q_{Rd,O}$ Resistenza di progetto orizzontale.
$M_{max,O}$ Momento massimo lungo il palo per carichi orizzontali.
T.R. Modalità di rottura per carico limite orizzontale (Palo Corto, Palo Medio, Palo Lungo).
$Z_{c,pls}$ Profondità della seconda cerniera plastica.
CS_V Coefficiente di sicurezza per azioni verticali ([NS] = Non Significativo per valori di CS >= 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta).
CS_O Coefficiente di sicurezza per azioni orizzontali ([NS] = Non Significativo per valori di CS >= 100; [VNR]= Verifica Non Ri-

Pali - Verifiche a carico limite verticale e orizzontale allo SLU

$Id_{Pl/Pnt\ Pl}$	$Id_{Nd,sup}$	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$	CS_V	CS_O
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N·m]		[m]		

chiesta).

7 FA14B – TETTOIA IN ACCIAIO

7.1 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA FONDAZIONE

Saranno di seguito esposte le sollecitazioni e le verifiche relative ai plinti isolati che compongono la fondazione. Per quanto riguarda i pali e i pinti di fondazione su cui la tettoia insiste, si faccia riferimento alle verifiche strutturali del corpo A, nelle quali sono state prese in considerazione le sollecitazioni derivanti dalla struttura metallica sottoforma di forze concentrate e emomenti applicati in corrispondenza della posizione dei pilastri metallici.

7.1.1 *Sollecitazioni e verifica dei plinti*

Plinti - Sollecitazioni e verifiche

Id_{Pil}	Lv	Soll. Plinto Basso					Soll. Plinto Alto			$A_{s,s}$	$A_{s,i}$	$A_{s,pz}$	CS_f	CS_{pz}
		N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	$V_{Ed,X}$	$V_{Ed,Y}$	Dir	Cmp.	Trz.					
		[N]	[N·m]	[N·m]	[N]	[N]		[N]	[N]	[cm²]	[cm²]	[cm²]		
001	Fondazione	291496	41961	52154	10840	23643	A	-	-	30,16	30,16	8,04	15,38	NS
							B	-	-	30,16	30,16	8,04	12,38	NS
002	Fondazione	504576	68867	85683	8892	20186	A	-	-	30,16	30,16	8,04	9,37	NS
							B	-	-	30,16	30,16	8,04	7,53	NS
003	Fondazione	451695	62632	76826	9005	26249	A	-	-	30,16	30,16	8,04	10,31	NS
							B	-	-	30,16	30,16	8,04	8,40	NS
004	Fondazione	355708	57886	62556	9494	31325	A	-	-	30,16	30,16	8,04	11,15	NS
							B	-	-	30,16	30,16	8,04	10,32	NS
005	Fondazione	624685	90887	107919	9779	24329	A	-	-	30,16	30,16	8,04	7,10	NS
							B	-	-	30,16	30,16	8,04	5,98	NS
006	Fondazione	271363	45796	51825	12901	28808	A	-	-	30,16	30,16	8,04	14,09	NS
							B	-	-	30,16	30,16	8,04	12,45	NS
009	Fondazione	399632	54754	68346	8903	25313	A	-	-	30,16	30,16	8,04	11,79	NS
							B	-	-	30,16	30,16	8,04	9,44	NS
011	Fondazione	299871	45162	51881	9167	26329	A	-	-	30,16	30,16	8,04	14,29	NS
							B	-	-	30,16	30,16	8,04	12,44	NS
012	Fondazione	278077	40526	47148	8372	20071	A	-	-	30,16	30,16	8,04	15,93	NS
							B	-	-	30,16	30,16	8,04	13,69	NS
013	Fondazione	440459	70263	75489	9353	31887	A	-	-	30,16	30,16	8,04	9,19	NS
							B	-	-	30,16	30,16	8,04	8,55	NS

Plinti - Sollecitazioni e verifiche

Id_{Pil}	Lv	Soll. Plinto Basso					Soll. Plinto Alto			$A_{s,s}$	$A_{s,i}$	$A_{s,pz}$	CS_f	CS_{pz}
		N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	$V_{Ed,X}$	$V_{Ed,Y}$	Dir	Cmp.	Trz.					
		[N]	[N·m]	[N·m]	[N]	[N]		[N]	[N]	[cm²]	[cm²]	[cm²]		
015	Fondazione	542659	78080	92827	9906	24459	A	-	-	30,16	30,16	8,04	8,27	NS
							B	-	-	30,16	30,16	8,04	6,95	NS
017	Fondazione	312402	91269	53884	10479	45311	A	-	-	30,16	30,16	8,04	7,07	NS
							B	-	-	30,16	30,16	8,04	11,98	NS

LEGENDA:

Id_{Pil}	Identificativo della pilastrata cui il plinto è collegato.
Lv	Livello o piano di appartenenza dell'elemento strutturale.
$A_{s,s}$	Armatura superiore esecutiva nella direzione A/B.
$A_{s,i}$	Armatura superiore esecutiva nella direzione A/B.
$A_{s,pz}$	Armatura a punzonamento esecutiva in direzione A/B.
CS_f	Coefficiente di sicurezza relativo all'armatura a flessione nella direzione A/B ([NS] = Non Significativo per valori di CS >= 100).
CS_{pz}	Coefficiente di sicurezza per punzonamento ([NS] = Non Significativo per valori di CS >= 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta).
N_{Ed}, $M_{Ed,x}$, $M_{Ed,y}$, $V_{Ed,x}$, $V_{Ed,y}$	Sollecitazioni di progetto.
Cmp., Trz.	Componenti di compressione e di trazione del modello strut and tie nelle direzioni A e B

7.2 VERIFICHE GEOTECNICHE

7.2.1 Verifica a carico limite verticale

La formula del carico limite esprime l'equilibrio fra il carico applicato alla fondazione e la resistenza limite del terreno. Il carico limite è dato dalla seguente espressione:

$$q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot \Psi_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot \Psi_q + \frac{B'}{2} \cdot \gamma_f \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot \Psi_\gamma \cdot r_\gamma$$

in cui:

c = coesione del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

q = g·D = pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione;

g = peso unità di volume del terreno al di sopra del piano di posa della fondazione;

D = profondità del piano di posa della fondazione;

B' = larghezza ridotta della suola di fondazione (vedi **NB**);

L = lunghezza della fondazione;

g_f = peso unità di volume del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

N_c, N_q, N_g = fattori di capacità portante;

s, d, i, g, b, y, r = coefficienti correttivi.

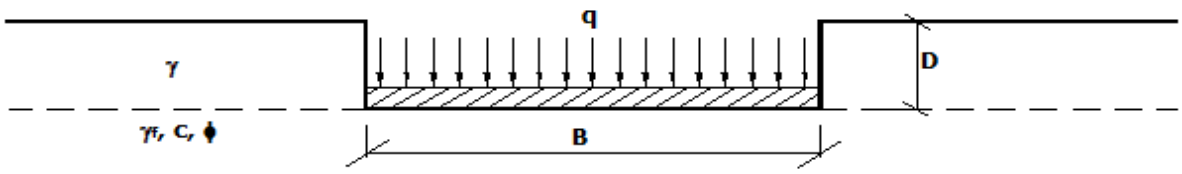
NB: Se la risultante dei carichi verticali è eccentrica, B e L saranno ridotte rispettivamente di:

$B' = B - 2 \cdot e_B$ $\quad$ e_B = eccentricità parallela al lato di dimensione B;

$L' = L - 2 \cdot e_L$ $\quad$ e_L = eccentricità parallela al lato di dimensione L;

con $B' \leq L'$.

dove:



Calcolo dei fattori N_c, N_q, N_g

Terreni puramente coesivi (c≠0, f=0)	Terreni dotati di attrito e coesione (c≠0, f≠0)
$N_c = 2+p$	$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot f$
$N_q = 1$	$N_q = K_p \cdot e^{p \cdot \tan f}$
$N_g = 0$ se $w = 0$ $N_g = -2 \cdot \sin w$ se $w \neq 0$	$N_g = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan f$

dove:

$k_p = \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$ è il coefficiente di spinta passiva di Rankine;

f = angolo di attrito del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

w = angolo di inclinazione del piano campagna.

Calcolo dei fattori di forma s_c, s_q, s_g

Terreni puramente coesivi (c≠0, f=0)	Terreni dotati di attrito e coesione (c≠0, f≠0)
$s_c = 1 + \frac{B'}{(2+\pi)\cdot L'}$	$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c}\cdot\frac{B'}{L'}$
$s_q = 1$	$s_q = 1 + \frac{B'}{L'}\cdot\tan\phi$
$s_\gamma = 1 - 0.40\cdot\frac{B'}{L'}$	$s_\gamma = 1 - 0.40\cdot\frac{B'}{L'}$

con B'/L'<1.

Calcolo dei fattori di profondità del piano di posa d_c, d_q, d_g

Si definisce il seguente parametro:

$$K = \frac{D}{B'} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B'} \le 1;$$

$$K = \mathrm{arctg}\left(\frac{D}{B'}\right) \quad \text{se} \quad \frac{D}{B'} > 1.$$

Terreni puramente coesivi (c≠0, f=0)	Terreni dotati di attrito e coesione (c≠0, f≠0)
$d_c = 1+0{,}4\cdot K$	$d_c = d_q - \frac{1-d_q}{N_c\cdot\tan\phi}$

$d_q = 1$	$d_q = 1+2\cdot\tan f\cdot(1-\sin f)^2\cdot K$
$d_g = 1$	$d_g = 1$

Calcolo dei fattori di inclinazione del carico i_c, i_q, i_g

Si definisce il seguente parametro:

$$m = m_B = \frac{2+B/L}{1+B/L}$$ se la forza H è parallela alla direzione trasversale della fondazione

$$m = m_L = \frac{2+L/B}{1+L/B}$$ se la forza H è parallela alla direzione longitudinale della fondazione

$$m = m_q = m_L\cdot\cos^2 q + m_B\cdot\mathrm{sen}^2 q$$ se la forza H forma un angolo q con la direzione longitudinale della fondazione

Terreni coesivi (c≠0, f=0)	**Terreni incoerenti** (c=0, f≠0)	**Terreni dotati di attrito e coesione** (c≠0, f≠0)
$i_c = 1 - \frac{m\cdot H}{c\cdot N_c\cdot B\cdot L}$	$i_c = 0$	$i_c = i_q - \frac{1-i_q}{N_c\cdot\tan\phi}$
$i_q = 1$	$i_q = \left(1-\frac{H}{V}\right)^m$	$i_q = \left(1-\frac{H}{V+B\cdot L\cdot c\cdot\cot\phi}\right)^m$
$i_g = 0$	$i_\gamma = \left(1-\frac{H}{V}\right)^{m+1}$	$i_\gamma = \left(1-\frac{H}{V+B\cdot L\cdot c\cdot\cot\phi}\right)^{m+1}$

dove:

H = componente orizzontale dei carichi agente sul piano di posa della fondazione;

V = componente verticale dei carichi agente sul piano di posa della fondazione.

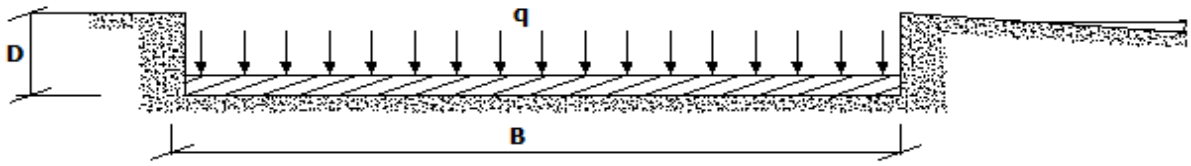
Calcolo dei fattori di inclinazione del piano di campagna b_c, b_q, b_g

Indicando con **w** la pendenza del piano campagna, si ha:

Terreni puramente coesivi (c≠0, f=0)	Terreni dotati di attrito e coesione (c≠0, f≠0)
$b_c = 1 - \frac{2 \cdot \omega}{(2+\pi)}$	$b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \cdot \tan\phi}$
$b_q = (1-\tan w)^2 \cdot \cos w$	$b_q = (1-\tan w)^2 \cdot \cos w$
$b_g = b_q / \cos w$	$b_g = b_q / \cos w$

Per poter applicare tali coefficienti correttivi deve essere verificata la seguente condizione:

$$w < f; \qquad w < 45°.$$



Calcolo dei fattori di inclinazione del piano di posa g_c, g_q, g_g

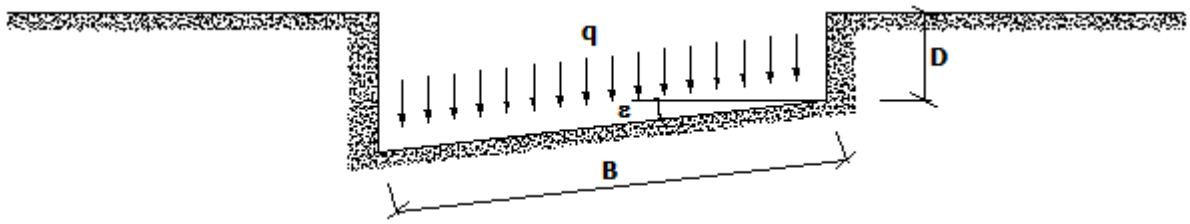
Indicando con **e** la pendenza del piano di posa della fondazione, si ha:

Terreni puramente coesivi (c≠0, f=0)	Terreni dotati di attrito e coesione (c≠0, f≠0)
$g_c = 1 - \frac{2 \cdot \varepsilon}{(2+\pi)}$	$g_c = g_q - \frac{1 - g_q}{N_c \cdot \tan\phi}$
$g_q = 1$	$g_q = (1 - e \cdot \tan f)^2$

$g_g = 1$	$g_g = g_q$

Per poter applicare tali coefficienti correttivi deve essere verificata la seguente condizione:

$$e < 45°$$



Calcolo dei fattori di riduzione per rottura a punzonamento y_c, y_q, y_g

Si definisce l'*indice di rigidezza* del terreno come:

$$I_r = \frac{G}{c + \sigma \cdot \tan\phi}$$

dove:

$G = \frac{E}{2 \cdot (1+\nu)}$ = modulo d'elasticità tangenziale del terreno;

E= modulo elastico del terreno (nei calcoli è utilizzato il modulo edometrico);

n = modulo di Poisson. Sia in condizioni non drenate che drenate è assunto pari a 0,5 (a vantaggio di sicurezza);

s= tensione litostatica alla profondità D+B/2.

La rottura a punzonamento si verifica quando i coefficienti di punzonamento y_c, y_q, y_g sono inferiori all'unità; ciò accade quando l'indice di rigidezza I_r si mantiene inferiore al valore critico:

$$I_r < I_{r,crit} = \frac{1}{2} \cdot e^{\left[\left(3.3 - 0.45 \cdot \frac{B}{L}\right) \cdot \cot\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)\right]}.$$

Terreni puramente coesivi (c≠0, f=0)	Terreni dotati di attrito e coesione (c≠0, f≠0)
$\psi_c = 0.32 + 0.12 \cdot \frac{B'}{L'} + 0.6 \cdot Log(I_r)$	$\psi_c = \psi_q - \frac{1-\psi_q}{N_c \cdot \tan\phi}$
$Y_q = 1$	$\psi_q = e^{\left\{\left(0,6 \cdot \frac{B'}{L'} - 4,4\right) \cdot \tan\phi + \frac{3,07 \cdot \sin\phi \cdot Log(2 \cdot I_r)}{1+\sin\phi}\right\}}$
$Y_g = 1$	$Y_g = Y_q$

Correzione per fondazione tipo piastra

Bowles, al fine di limitare il contributo del termine "$B \cdot N_g$", che per valori elevati di B porterebbe ad ottenere valori del carico limite prossimi a quelli di una fondazione profonda, propone il seguente fattore di riduzione $\mathbf{r_g}$:

$$r_g = 1 - 0,25 \cdot Log(B/2) \qquad \text{con } B \geq 2 \text{ m}$$

Nella tabella sottostante sono riportati una serie di valori del coefficiente r_g al variare della larghezza dell'elemento di fondazione.

B [m]	2	2.5	3	3.5	4	5	10	20	100
$\mathbf{r_g}$	1,00	0,97	0,95	0,93	0,92	0,90	0,82	0,75	0,57

Questo coefficiente assume particolare importanza per fondazioni larghe con rapporto D/B basso, caso nel quale il termine "$B \cdot N_g$" è predominante.

Calcolo del carico limite in condizioni non drenate

L'espressione generale del carico limite, valutato in termini di *tensioni totale*, diventa:

$$q_{lim} = c_u \cdot (2+\pi) \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + q + \frac{B'}{2} \cdot \gamma_{sat} \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot r_\gamma$$

dove:

c_u = coesione non drenata;

g_{sat} = peso unità di volume del terreno in condizioni di saturazione.

N.B: Nel calcolo in condizioni non drenate (situazione molto rara per un terreno incoerente) si assume, sempre e comunque, che l'angolo di attrito f sia nullo (f = 0).

6.2 Fattori correttivi al carico limite in presenza di sisma

L'azione del sisma si traduce in accelerazioni nel sottosuolo (**effetto cinematico**) e nella fondazione, per l'azione delle forze d'inerzia generate nella struttura in elevazione (**effetto inerziale**).

Nell'analisi pseudo-statica, modellando l'azione sismica attraverso la sola componente orizzontale, tali effetti possono essere portati in conto mediante l'introduzione di coefficienti sismici rispettivamente denominati $\mathbf{K}_{hi}$ e $\mathbf{K}_{hk}$, il primo definito dal rapporto tra le componenti orizzontale e verticale dei carichi trasmessi in fondazione ed il secondo funzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

La formula generale del carico limite si modifica nel seguente modo:

$$q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot \Psi_c \cdot z_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot \Psi_q \cdot z_q + \frac{B'}{2} \cdot \gamma_f \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot \Psi_\gamma \cdot r_\gamma \cdot z_\gamma \cdot c_\gamma$$

in cui, oltre ai termini già precedentemente indicati, si sono introdotti i seguenti termini:

z_c, z_q, z_g = coefficienti correttivi dovuti all'effetto inerziale;

c_g = coefficiente correttivo dovuto all'effetto cinematico.

Calcolo del fattore correttivo dovuto all'effetto cinematico c_g

L'effetto cinematico modifica il solo coefficiente Ng in funzione del coefficiente sismico K_{hk} che è pari a:

$$K_{hk} = b_s \cdot S_S \cdot S_T \cdot a_g / g;$$

dove:

b_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità;

S_S = coefficiente di amplificazione stratigrafica;

S_T = coefficiente di amplificazione topografica;

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

I valori di b_s sono riportati nella seguente tabella:

	7.2.1.1.1 *CATEGORIA DI SOTTOSUOLO*	
	A	**B,C,D,E**
	b_s	**b_s**
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Il fattore correttivo dovuto all'effetto cinematico $\mathbf{c_g}$ è stato, pertanto, determinato con la seguente relazione:

Terreni puramente coesivi	**Terreni dotati di attrito e coesione**
($c \neq 0$, $f = 0$)	($c \neq 0$, $f \neq 0$)

$c_g = 1$	$c_\gamma = \left(1 - \frac{K_{hk}}{\tan\phi}\right)^{0.45}$ se $\frac{K_{hk}}{\tan\phi} < 1$, altrimenti $c_g = 0$

Calcolo dei fattori correttivi dovuti all'effetto inerziale z_c, z_q, z_g

L'effetto inerziale produce variazioni di tutti i coefficienti di capacità portante del carico limite in funzione del coefficiente sismico K_{hi}.

Tali effetti correttivi vengono valutati con la teoria di **Paolucci - Pecker** attraverso le seguenti relazioni:

Terreni puramente coesivi (c≠0, f=0)	**Terreni dotati di attrito e coesione** (c≠0, f≠0)		
$Z_c = Z_q = Z_g = 1$	$Z_c = 1\text{-}0{,}32 \cdot K_{hi}$	se $z_c > 0$	altrimenti $z_c = 0$
	$z_\gamma = z_q = \left(1 - \frac{K_{hi}}{\tan\phi}\right)^{0.35}$	se $\frac{K_{hi}}{\tan\phi} < 1$	altrimenti $z_g = z_q = 0$

dove:

K_{hi} è ricavato dallo spettro di progetto allo SLV attraverso la relazione:

$$K_{hi} = S_S \cdot S_T \cdot a_g / g;$$

i cui termini sono stati precedentemente precisati.

Si fa notare che il coefficiente sismico K_{hi} coincide con l'ordinata dello spettro di progetto allo SLU per T = 0 ed è indipendente dalle combinazioni di carico.

Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU)

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa relativa alla verifica dello stato limite di collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno.

Si precisa che il valore relativo alla colonna $Q_{d,Rd}$, di cui nella tabella seguente, è da intendersi come il valore di progetto della resistenza R_d, ossia il rapporto fra il carico limite q_{lim} (calcolato come sopra esposto) ed il valore del coefficiente parziale di sicurezza $\mathbf{g}_R$ relativo alla capacità portante del complesso terreno-fondazione, in relazione all'approccio utilizzato. Nel caso in esame il coefficiente parziale di sicurezza $\mathbf{g}_R$ è stato assunto pari a 2,3 (tabella 6.4.I del D.M. 2018).

Si precisa che, nella sottostante tabella:

- la coppia Q_{Ed} e $Q_{d,Rd}$ è relativa alla combinazione di carico, fra tutte quelle esaminate, che da luogo al minimo coefficiente di sicurezza (CS);
- nelle colonne "***per N_q, per N_c*** e ***per N_g***", relative ai "***Coef. Cor. Terzaghi***", viene riportato il prodotto tra i vari coefficienti correttivi presenti nell'espressione generale del carico limite. Ad esempio si è posto:

$$\text{Coef. Cor. Terzaghi per } N_q = s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot y_q \cdot z_q$$

$$\text{Coef. Cor. Terzaghi per } N_c = s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot y_c \cdot z_c$$

$$\text{Coef. Cor. Terzaghi per } N_g = s_g \cdot d_g \cdot i_g \cdot g_g \cdot b_g \cdot y_g \cdot r_g\ z_g \cdot c_g$$

Nella figura seguente viene riportata la verifica grafica a carico limite verticale.

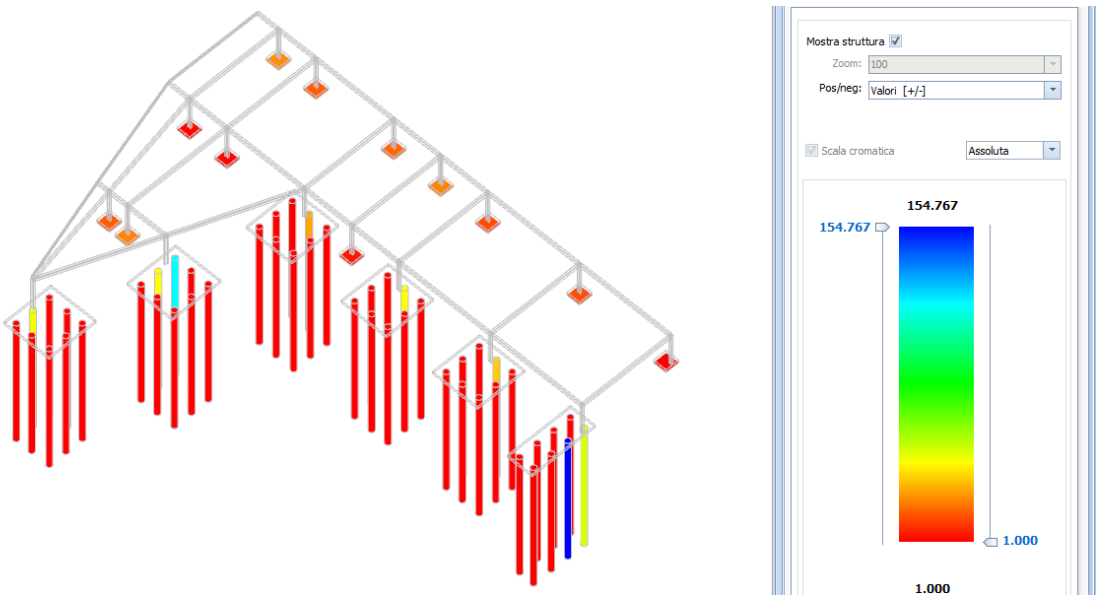


Figura 12: Verifica carico limite verticale

Verifiche Carico Limite fondazioni dirette allo SLU

Id_{Fnd}	CS	L_X	L_Y	Rtz	$Z_{P.cmp}$	Z_{Fld}	Cmp T	C. Terzaghi per N_q	per N_c	per N_g	N_q	N_c	N_g	Q_{Ed}	Q_{Rd}	R_f
		[m]	[m]	[°]	[m]	[m]								[N/mm²]	[N/mm²]	
Plinto 4	10,90	2,70	2,70	0,00	0,75	4,00	NON Coesivo	1,62	0,00	0,51	33,30	46,12	48,03	0,054	0,586	NO
Plinto 1	15,78	2,70	2,70	0,00	0,75	4,00	NON Coesivo	1,76	0,00	0,56	33,30	46,12	48,03	0,041	0,654	NO
Plinto 9	12,02	2,70	2,70	0,00	0,75	4,00	NON Coesivo	1,77	0,00	0,56	33,30	46,12	48,03	0,055	0,663	NO
Plinto 13	9,13	2,70	2,70	0,00	0,75	4,00	NON Coesivo	1,63	0,00	0,52	33,30	46,12	48,03	0,065	0,596	NO
Plinto 11	14,81	2,70	2,70	0,00	0,75	4,00	NON Coesivo	1,73	0,00	0,56	33,30	46,12	48,03	0,043	0,644	NO
Plinto 15	8,60	2,70	2,70	0,00	0,75	4,00	NON Coesivo	1,77	0,00	0,57	33,30	46,12	48,03	0,077	0,661	NO
Plinto 3	10,84	2,70	2,70	0,00	0,75	4,00	NON Coesivo	1,81	0,00	0,58	33,30	46,12	48,03	0,063	0,679	NO
Plinto 6	15,06	2,70	2,70	0,00	0,75	4,00	NON Coesivo	1,69	0,00	0,52	33,30	46,12	48,03	0,041	0,612	NO
Plinto 17	1,14	2,70	2,70	0,00	0,75	4,00	NON Coesivo	1,12	0,00	0,61	33,30	46,12	48,03	0,252	0,286	NO
Plinto 5	1,40	2,70	2,70	0,00	0,75	-	NON Coesivo	1,59	1,29	0,57	1,00	5,14	0,00	0,089	0,125	NO
Plinto 2	1,82	2,70	2,70	0,00	0,75	-	NON Coesivo	1,61	1,31	0,57	1,00	5,14	0,00	0,070	0,127	NO
Plinto 12	3,24	2,70	2,70	0,00	0,75	-	NON Coesivo	1,61	1,32	0,58	1,00	5,14	0,00	0,039	0,128	NO

LEGENDA:

Id_{Fnd}	Descrizione dell'oggetto di fondazione al quale è riferita la verifica.
CS	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
$L_{X/Y}$	Dimensioni dell'elemento di fondazione.
Rtz	Angolo compreso tra l'asse X e il lato più lungo del minimo rettangolo che delimita il poligono della platea.
$Z_{P.cmp}$	Profondità di posa dell'elemento di fondazione dal piano campagna.
Z_{Fld}	Profondità della falda dal piano campagna.
Cmp T	Classificazione del comportamento del terreno ai fini del calcolo.
C. Terzaghi	Coefficienti correttivi per la formula di Terzaghi.
Q_{Ed}	Carico di progetto sul terreno.
Q_{Rd}	Resistenza di progetto del terreno.
R_f	[SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.

Pali - Verifiche a carico limite verticale e orizzontale allo SLU

$Id_{Pl/Pnt\ Pl}$	$Id_{Nd,sup}$	$Q_{Ed,V}$	$Q_{Ed,O}$	$Q_{Rd,V}$	$Q_{Rd,V,Pt}$	$Q_{Rd,V,Lt}$	$Q_{Rd,O}$	$M_{max,O}$	T.R.	$Z_{c,pls}$	CS_V	CS_O
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N·m]		[m]		
PALO2	00044	33.168	3.556	1.707.236	308.105	1.399.131	252.443	391088	Palo Lungo	2,23	51,47	70,99
PALO7	00058	40.399	10.716	1.707.236	308.105	1.399.131	252.443	391088	Palo Lungo	2,23	42,26	23,56
PALO6	00056	13.552	12.233	1.707.236	308.105	1.399.131	252.443	391088	Palo Lungo	2,23	NS	20,64
PALO36	00074	74.795	4.427	1.707.236	308.105	1.399.131	252.443	391088	Palo Lungo	2,23	22,83	57,02
PALO28	00086	58.886	5.596	1.707.236	308.105	1.399.131	252.443	391088	Palo Lungo	2,23	28,99	45,11
PALO20	00098	91.502	4.889	1.707.23	308.105	1.399.131	252.443	391088	Palo Lungo	2,23	18,66	51,63

Pali - Verifiche a carico limite verticale e orizzontale allo SLU

$Id_{Pl/Pnt\ Pl}$	$Id_{Nd,sup}$	$Q_{Ed,V}$ [N]	$Q_{Ed,O}$ [N]	$Q_{Rd,V}$ [N]	$Q_{Rd,V,Pt}$ [N]	$Q_{Rd,V,Lt}$ [N]	$Q_{Rd,O}$ [N]	$M_{max,O}$ [N·m]	T.R.	$Z_{c,pls}$ [m]	CS_V	CS_O
PALO45	00099	31.983	12.789	1.707.236	308.105	1.399.131	252.443	391088	Palo Lungo	2,23	53,38	19,74
PALO46	00101	11.031	8.209	1.707.236	308.105	1.399.131	252.443	391088	Palo Lungo	2,23	NS	30,75

LEGENDA:

$Id_{Pl/Pnt\ Pl}$ Identificativo del palo o del plinto su pali.
$Id_{Nd,sup}$ Identificativo del nodo all'estremo superiore del palo o della pilastrata cui il plinto è collegato.
$Q_{Ed,V}$ Carico verticale di progetto.
$Q_{Ed,O}$ Carico orizzontale di progetto.
$Q_{Rd,V}$ Resistenza di progetto verticale.
$Q_{Rd,V,Pt}$ Aliquota della resistenza di progetto verticale dovuto alla resistenza alla punta.
$Q_{Rd,V,Lt}$ Aliquota della resistenza di progetto verticale dovuto alla resistenza laterale.
$Q_{Rd,O}$ Resistenza di progetto orizzontale.
$M_{max,O}$ Momento massimo lungo il palo per carichi orizzontali.
T.R. Modalità di rottura per carico limite orizzontale (Palo Corto, Palo Medio, Palo Lungo).
$Z_{c,pls}$ Profondità della seconda cerniera plastica.
CS_V Coefficiente di sicurezza per azioni verticali ([NS] = Non Significativo per valori di CS >= 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta).
CS_O Coefficiente di sicurezza per azioni orizzontali ([NS] = Non Significativo per valori di CS >= 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta).

8 FA14C – PALAZZINA SERVIZI

8.1 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA FONDAZIONE

8.1.1 *Sollecitazioni e verifica delle platee*

Si riporta di seguito la verifica a flessione della fondazione.

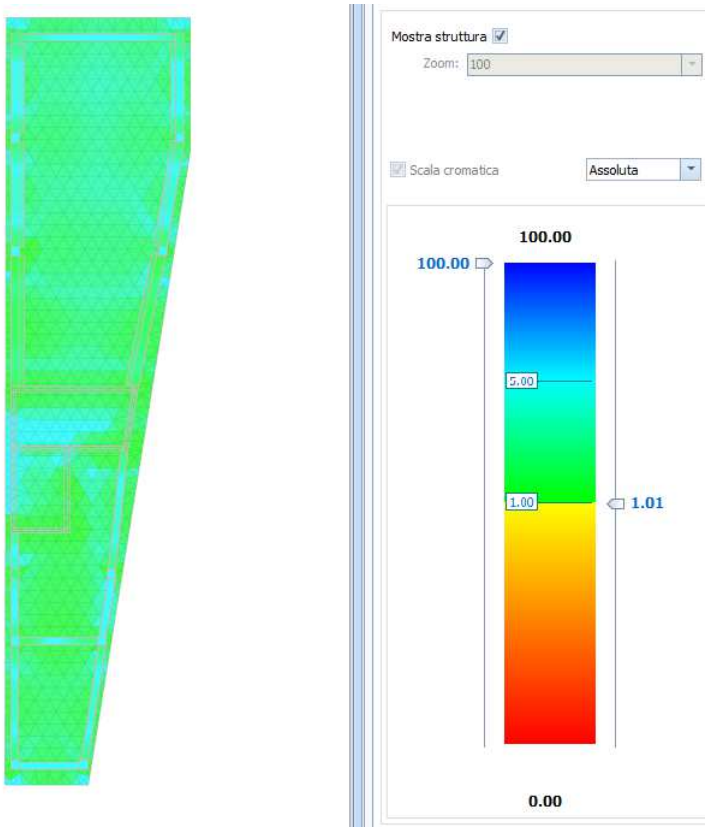


Figura 13: Verifica a flessione

8.2 VERIFICHE GEOTECNICHE

8.2.1 Verifica a carico limite verticale

Per la trattazione teorica si rimanda al §7.2.1 della presente relazione. Di seguito si riporta la verifica in forma grafica e tabellare.

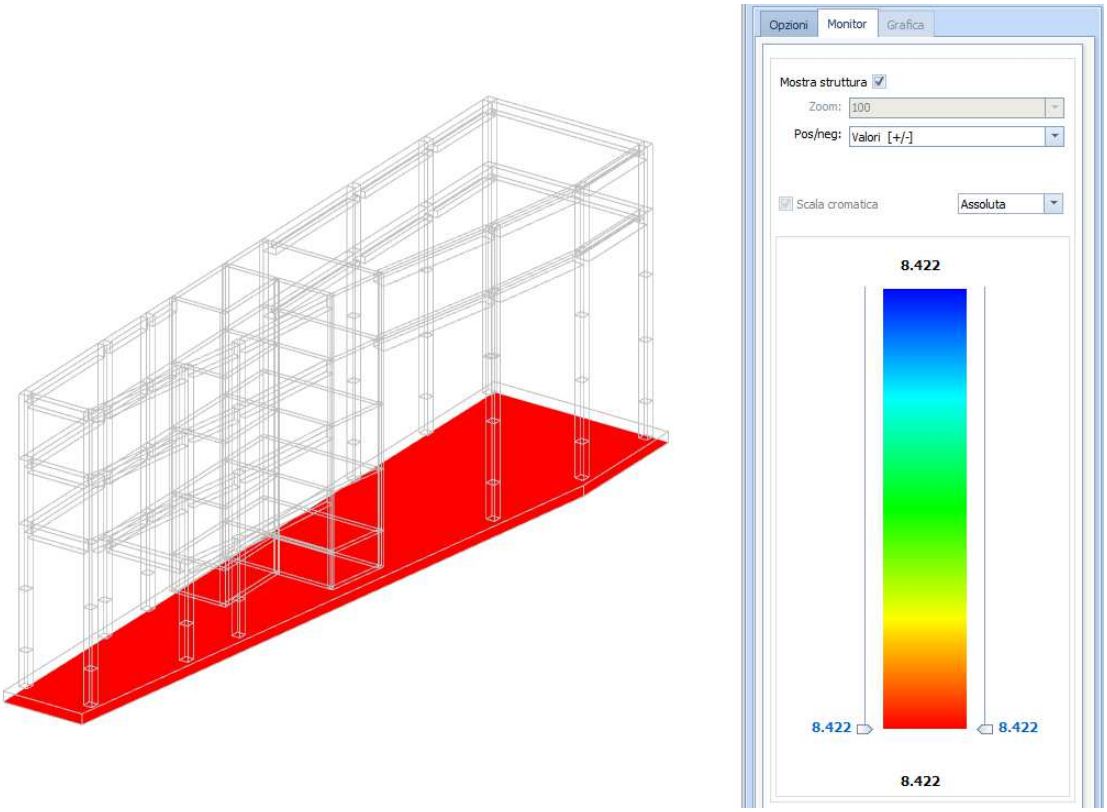


Figura 14: Verifica a carico limite verticale (coefficiente di sicurezza)

Verifiche Carico Limite fondazioni dirette allo SLU

Id_{Fnd}	CS	L_X	L_Y	Rtz	$Z_{P.cmp}$	Z_{Fld}	Cmp T	C. Terzaghi per N_q	C. Terzaghi per N_c	C. Terzaghi per N_γ	C. Terzaghi N_q	C. Terzaghi N_c	C. Terzaghi N_γ	Q_{Ed}	Q_{Rd}	R_f
		[m]	[m]	[°]	[m]	[m]								[N/mm²]	[N/mm²]	
Platea 1	8,42	43,83	10,52	90,10	0,75	4,00	NON Coesivo	1,16	0,00	0,73	18,40	30,14	22,40	0,067	0,564	NO

LEGENDA:

Id_{Fnd} Descrizione dell'oggetto di fondazione al quale è riferita la verifica.
CS Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
$L_{X/Y}$ Dimensioni dell'elemento di fondazione.
Rtz Angolo compreso tra l'asse X e il lato più lungo del minimo rettangolo che delimita il poligono della platea.
$Z_{P.cmp}$ Profondità di posa dell'elemento di fondazione dal piano campagna.
Z_{Fld} Profondità della falda dal piano campagna.
Cmp T Classificazione del comportamento del terreno ai fini del calcolo.
C. Terzaghi Coefficienti correttivi per la formula di Terzaghi.
Q_{Ed} Carico di progetto sul terreno.
Q_{Rd} Resistenza di progetto del terreno.
R_f [SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.

8.2.2 Verifica a scorrimento

Per la trattazione teorica si rimanda al §7.2.1 della presente relazione. Di seguito si riporta la verifica in forma tabellare.

Geotecnica - Verifiche a scorrimento

Elm	Dir	N_{Ed}	M_{Ed}	V_{Ed}	F_{RD1}	F_{RD2}	F_{RD3}	F_{RD}	CS
		[N]	[N·m]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	
Platea 1	B	18.834.068	70.314.544	1.903.687	9885322	0	46539	9931861	5,22
	L	18.817.708	-13.295.613	1.017.411	9876735	0	193807	10070542	9,90

LEGENDA:

Elm Elemento di fondazione su cui si esegue la verifica.
Dir Direzione di verifica: per Plinti [B]= asse locale 2; [L]= asse locale 3. Per Winkler [B]= asse locale 3; [L]= asse locale 1. Per Platee [B]= asse globale Y; [L]= asse globale X.
F_{RD1} Aliquota di resistenza allo scorrimento per attrito terra-fondazione.
F_{RD2} Aliquota di resistenza allo scorrimento per adesione.
F_{RD3} Aliquota di resistenza allo scorrimento per affondamento.
F_{RD} Resistenza allo scorrimento.
CS Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
N_{Ed}, M_{Ed}, V_{Ed} Sollecitazioni di progetto.

8.2.3 Calcolo dei cedimenti

Viene riportato di seguito il calcolo dei cedimenti assoluti della fondazione.

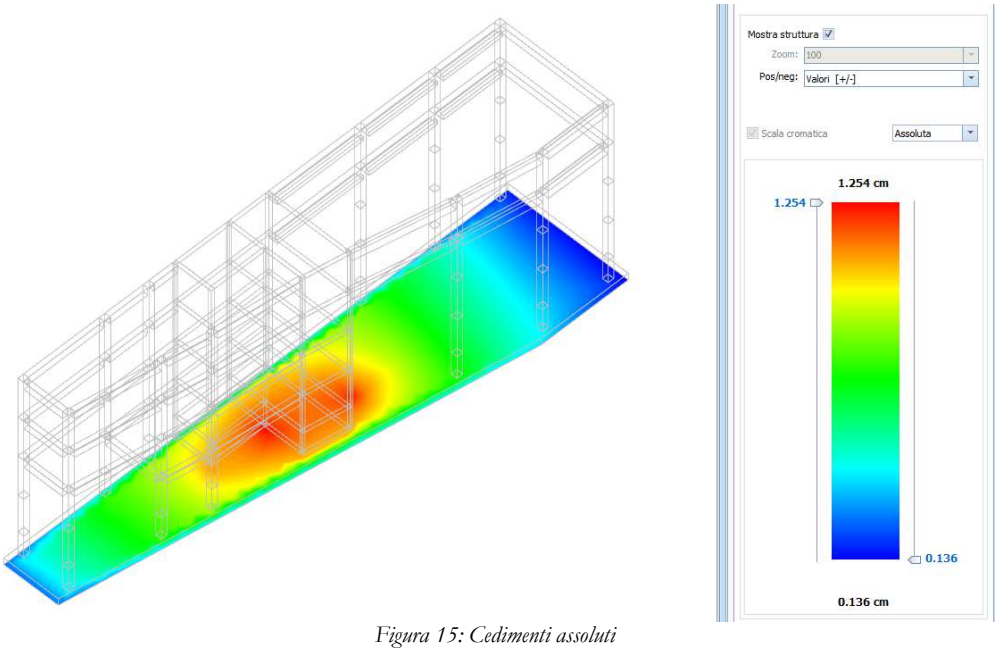


Figura 15: Cedimenti assoluti

9 FA14D – PALAZZINA SERVIZI

9.1 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA FONDAZIONE

9.1.1 *Sollecitazioni e verifica dei plinti*

Plinti - Sollecitazioni e verifiche

Id_{Pil}	Lv	Soll. Plinto Basso					Soll. Plinto Alto			$A_{s,s}$	$A_{s,i}$	$A_{s,pz}$	CS_f	CS_{pz}
		N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	$V_{Ed,X}$	$V_{Ed,Y}$	Dir	Cmp.	Trz.					
		[N]	[N·m]	[N·m]	[N]	[N]		[N]	[N]	[cm²]	[cm²]	[cm²]		
001	Fondazione	260173	48324	46306	19611	8061	A	-	-	38.17	38.17	10.18	16.90	NS
							B	-	-	33.08	33.08	10.18	15.35	NS
002	Fondazione	260375	48637	47256	21693	8661	A	-	-	38.17	38.17	10.18	16.79	NS
							B	-	-	33.08	33.08	10.18	15.05	NS
003	Fondazione	421322	74121	64954	19903	6257	A	-	-	38.17	38.17	10.18	11.02	NS
							B	-	-	33.08	33.08	10.18	10.95	NS
004	Fondazione	494832	88300	77916	24712	8330	A	-	-	38.17	38.17	10.18	9.25	NS
							B	-	-	33.08	33.08	10.18	9.13	NS
005	Fondazione	431515	81643	68167	23921	16953	A	-	-	38.17	38.17	10.18	10.01	NS
							B	-	-	33.08	33.08	10.18	10.43	NS
006	Fondazione	337749	64684	53121	22088	14748	A	-	-	38.17	38.17	10.18	12.63	NS
							B	-	-	33.08	33.08	10.18	13.38	NS
007	Fondazione	466069	80018	72069	18822	3934	A	-	-	38.17	38.17	10.18	10.21	NS
							B	-	-	33.08	33.08	10.18	9.87	NS
008	Fondazione	665752	114183	101694	17839	4839	A	-	-	38.17	38.17	10.18	7.15	NS
							B	-	-	33.08	33.08	10.18	6.99	NS
009	Fondazione	810781	139022	124310	17827	5334	A	-	-	38.17	38.17	10.18	5.88	NS
							B	-	-	33.08	33.08	10.18	5.72	NS
010	Fondazione	808098	139271	126491	17371	6251	A	-	-	38.17	38.17	10.18	5.87	NS
							B	-	-	33.08	33.08	10.18	5.62	NS
011	Fondazione	467440	79530	72244	18057	3371	A	-	-	38.17	38.17	10.18	10.27	NS
							B	-	-	33.08	33.08	10.18	9.84	NS
012	Fondazione	971525	165248	150377	13807	4287	A	-	-	38.17	38.17	10.18	4.94	NS
							B	-	-	33.08	33.08	10.18	4.73	NS
013	Fondazione	299698	54198	48424	18741	7773	A	-	-	38.17	38.17	10.18	15.07	NS
							B	-	-	33.08	33.08	10.18	14.68	NS
014	Fondazione	588000	103892	93259	15642	9454	A	-	-	38.17	38.17	10.18	7.86	NS
							B	-	-	33.08	33.08	10.18	7.62	NS

LEGENDA:

Id_{Pil} Identificativo della pilastrata cui il plinto è collegato.
Lv Livello o piano di appartenenza dell'elemento strutturale.
$A_{s,s}$ Armatura superiore esecutiva nella direzione A/B.

Plinti - Sollecitazioni e verifiche

Id_{Pil}	Lv	Soll. Plinto Basso					Soll. Plinto Alto			$A_{s,s}$	$A_{s,i}$	$A_{s,pz}$	CS_f	CS_{pz}
		N_{Ed}	$M_{Ed,X}$	$M_{Ed,Y}$	$V_{Ed,X}$	$V_{Ed,Y}$	Dir	Cmp.	Trz.					
		[N]	[N·m]	[N·m]	[N]	[N]		[N]	[N]	[cm²]	[cm²]	[cm²]		

$A_{s,i}$ Armatura superiore esecutiva nella direzione A/B.
$A_{s,pz}$ Armatura a punzonamento esecutiva in direzione A/B.
CS_f Coefficiente di sicurezza relativo all'armatura a flessione nella direzione A/B ([NS] = Non Significativo per valori di CS >= 100).
CS_{pz} Coefficiente di sicurezza per punzonamento ([NS] = Non Significativo per valori di CS >= 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta).
N_{Ed}, $M_{Ed,x}$, $M_{Ed,y}$, $V_{Ed,x}$, $V_{Ed,y}$ Sollecitazioni di progetto.
Cmp., Trz. Componenti di compressione e di trazione del modello strut and tie nelle direzioni A e B

9.2 VERIFICHE GEOTECNICHE

9.2.1 Verifica a carico limite verticale

Per la trattazione teorica si rimanda al §7.2.1 della presente relazione. Di seguito si riporta la verifica in forma grafica e tabellare.

Verifiche Carico Limite fondazioni dirette allo SLU

Id_{Fnd}	CS	L_X	L_Y	Rtz	$Z_{P.cmp}$	Z_{Fld}	Cmp T	C. Terzaghi						Q_{Ed}	Q_{Rd}	R_f
								per N_q	per N_c	per N_γ	N_q	N_c	N_γ			
		[m]	[m]	[°]	[m]	[m]								[N/mm²]	[N/mm²]	
Plinto 13	8.91	2.90	2.90	0.00	0.75	4.00	NON Coesivo	1.63	0.00	0.55	18.40	30.14	22.40	0.037	0.329	NO
Plinto 14	4.65	2.90	2.90	0.00	0.75	4.00	NON Coesivo	1.66	0.00	0.56	18.40	30.14	22.40	0.072	0.336	NO
Plinto 12	2.96	2.90	2.90	0.00	0.75	4.00	NON Coesivo	1.68	0.00	0.57	18.40	30.14	22.40	0.116	0.344	NO
Plinto 11	6.13	2.90	2.90	0.00	0.75	4.00	NON Coesivo	1.68	0.00	0.57	18.40	30.14	22.40	0.056	0.343	NO
Plinto 7	6.12	2.90	2.90	0.00	0.75	4.00	NON Coesivo	1.68	0.00	0.57	18.40	30.14	22.40	0.056	0.342	NO
Plinto 8	4.34	2.90	2.90	0.00	0.75	4.00	NON Coesivo	1.68	0.00	0.57	18.40	30.14	22.40	0.080	0.345	NO
Plinto 9	3.56	2.90	2.90	0.00	0.75	4.00	NON Coesivo	1.69	0.00	0.57	18.40	30.14	22.40	0.097	0.345	NO
Plinto 10	3.49	2.90	2.90	0.00	0.75	4.00	NON Coesivo	1.67	0.00	0.57	18.40	30.14	22.40	0.098	0.341	NO
Plinto 3	6.65	2.90	2.90	0.00	0.75	4.00	NON Coesivo	1.66	0.00	0.56	18.40	30.14	22.40	0.051	0.339	NO
Plinto 4	5.51	2.90	2.90	0.00	0.75	4.00	NON Coesivo	1.65	0.00	0.55	18.40	30.14	22.40	0.061	0.334	NO
Plinto 5	5.83	2.90	2.90	0.00	0.75	4.00	NON Coesivo	1.58	0.00	0.53	18.40	30.14	22.40	0.054	0.317	NO
Plinto 6	7.23	2.90	2.90	0.00	0.75	4.00	NON Coesivo	1.58	0.00	0.52	18.40	30.14	22.40	0.043	0.314	NO
Plinto 2	9.73	2.90	2.90	0.00	0.75	4.00	NON Coesivo	1.61	0.00	0.53	18.40	30.14	22.40	0.033	0.321	NO
Plinto 1	10.02	2.90	2.90	0.00	0.75	4.00	NON Coesivo	1.61	0.00	0.54	18.40	30.14	22.40	0.032	0.323	NO
Platea 1	3.95	12.70	5.33	90.00	0.65	4.00	NON Coesivo	1.28	0.00	0.74	18.40	30.14	22.40	0.104	0.411	NO

Verifiche Carico Limite fondazioni dirette allo SLU

Id_{Fnd}	CS	L_X	L_Y	Rtz	$Z_{P.cmp}$	Z_{Fld}	Cmp T	C. Terzaghi						Q_{Ed}	Q_{Rd}	R_f
								per N_q	per N_c	per N_γ	N_q	N_c	N_γ			
		[m]	[m]	[°]	[m]	[m]								[N/mm²]	[N/mm²]	

LEGENDA:

Id_{Fnd} Descrizione dell'oggetto di fondazione al quale è riferita la verifica.
CS Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
$L_{X/Y}$ Dimensioni dell'elemento di fondazione.
Rtz Angolo compreso tra l'asse X e il lato più lungo del minimo rettangolo che delimita il poligono della platea.
$Z_{P.cmp}$ Profondità di posa dell'elemento di fondazione dal piano campagna.
Z_{Fld} Profondità della falda dal piano campagna.
Cmp T Classificazione del comportamento del terreno ai fini del calcolo.
C. Terzaghi Coefficienti correttivi per la formula di Terzaghi.
Q_{Ed} Carico di progetto sul terreno.
Q_{Rd} Resistenza di progetto del terreno.
R_f [SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.

9.2.2 Verifica a scorrimento

La verifica a scorrimento sul piano di posa della fondazione, eseguita allo SLU (SLV), consiste nel confronto fra la forza agente parallelamente al piano di scorrimento (azione, F_d) e la resistenza (R_d), ossia la risultante delle tensioni tangenziali limite sullo stesso piano, sommata, in casi particolari, alla risultante delle tensioni limite agenti sulle superfici laterali della fondazione.

La resistenza R_d della fondazione allo scorrimento è data dalla somma di tre componenti:
Componente dovuta all'attrito F_{RD1}, pari a:
$F_{RD1} = N_d \cdot \tan f$;
dove:
N_d = carico efficace di progetto, normale alla base della fondazione;
f = angolo di resistenza a taglio (d'attrito) del terreno a contatto con la fondazione.
Componente dovuta all'adesione F_{RD2}, pari a:
$F_{RD2} = A' \cdot c$;
dove:
A' = superficie efficace della base della fondazione;
c = coesione del terreno, pari alla coesione efficace (c') in condizioni drenate o alla coesione non drenata (c_u) in condizioni non drenate.
Componente dovuta all'affondamento F_{RD3} della fondazione. Tale eventuale contributo resistente è dovuto alla spinta passiva che si genera sul lato verticale della fondazione quando le forze orizzontali la spingono contro lo scavo (incasso).

Si evidenzia che nel caso in cui lo sforzo normale sia di trazione i primi due contributi vengono annullati. Inoltre, nel caso in cui il terreno sia dotato di coesione non drenata e attrito, il programma esegue la verifica a scorrimento ignorando il contributo dovuto all'attrito terra-fondazione e calcola l'aliquota dovuta all'adesione con riferimento alla coesione non drenata.

Si precisa che il valore relativo alla colonna F_{Rd}, di cui nella tabella seguente, è da intendersi come il valore di progetto della resistenza allo scorrimento R_d, ossia il rapporto fra la resistenza ed il valore del coefficiente parziale di sicurezza $\mathbf{g}_R$ relativo allo scorrimento della struttura di fondazione su piano di posa, in relazione all'approccio utilizzato. Nel caso in esame il coefficiente parziale di sicurezza $\mathbf{g}_R$ è stato assunto pari a **1,10** (tabella 6.4.I del D.M. 2018).

Geotecnica - Verifiche a scorrimento

Elm	Dir	N_{Ed}	M_{Ed}	V_{Ed}	F_{RD1}	F_{RD2}	F_{RD3}	F_{RD}	CS
		[N]	[N·m]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	
Plinto 13	B	415,132	-426	18,605	217888	0	14886	232774	12.51
	L	678,599	11,926	-29,038	356172	0	14886	371058	12.78
Plinto 14	B	643,270	3,891	29,866	337629	0	14886	352515	11.80
	L	617,327	11,892	-29,038	324013	0	14886	338899	11.67
Plinto 12	B	584,470	3,865	29,866	306767	0	14886	321653	10.77
	L	513,604	11,646	-28,390	269572	0	14886	284458	10.02
Plinto 11	B	346,720	-459	18,605	181981	0	14886	196867	10.58
	L	347,141	-23,951	19,282	182202	0	14886	197088	10.22
Plinto 7	B	273,671	-499	18,605	143640	0	14886	158526	8.52
	L	271,659	-27,572	32,811	142584	0	14886	157470	4.80
Plinto 8	B	429,537	1,000	18,873	225448	0	14886	240335	12.73
	L	449,390	14,266	-38,828	235869	0	14886	250755	6.46
Plinto 9	B	469,289	1,198	21,167	246313	0	14886	261199	12.34
	L	437,736	14,257	-38,828	229752	0	14886	244638	6.30
Plinto 10	B	521,685	3,837	29,866	273814	0	14886	288700	9.67
	L	415,505	14,248	-38,828	218084	0	14886	232970	6.00
Plinto 3	B	200,915	-536	18,605	105453	0	14886	120339	6.47
	L	179,815	-32,457	48,939	94378	0	14886	109265	2.23
Plinto 4	B	372,576	974	18,873	195552	0	14886	210438	11.15
	L	310,946	-32,385	48,939	163204	0	14886	178090	3.64
Plinto 5	B	406,753	1,165	21,167	213490	0	14886	228376	10.79
	L	346,467	18,123	-51,872	181848	0	14886	196734	3.79
Plinto 6	B	324,234	-1,004	22,518	170179	0	14886	185065	8.22
	L	324,234	18,115	-51,872	170179	0	14886	185065	3.57
Plinto 2	B	330,487	952	18,873	173461	0	14886	188347	9.98
	L	243,083	-36,007	60,854	127585	0	14886	142472	2.34
Plinto 1	B	147,152	-567	18,605	77235	0	14886	92121	4.95
	L	111,955	-36,074	60,855	58761	0	14886	73647	1.21
Platea 1	B	3,857,697	-1,022,966	-496,022	2024766	0	22921	2047687	4.13
	L	3,593,052	-299,703	880,918	1885863	0	54616	1940479	2.20

LEGENDA:

Elm Elemento di fondazione su cui si esegue la verifica.
Dir Direzione di verifica: per Plinti [B]= asse locale 2; [L]= asse locale 3. Per Winkler [B]= asse locale 3; [L]= asse locale 1. Per Platee [B]= asse globale Y; [L]= asse globale X.
F_{RD1} Aliquota di resistenza allo scorrimento per attrito terra-fondazione.
F_{RD2} Aliquota di resistenza allo scorrimento per adesione.
F_{RD3} Aliquota di resistenza allo scorrimento per affondamento.
F_{RD} Resistenza allo scorrimento.
CS Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
N_{Ed}, M_{Ed}, V_{Ed} Sollecitazioni di progetto.

9.2.3 Calcolo dei cedimenti

Viene riportato di seguito il calcolo dei cedimenti assoluti della fondazione.

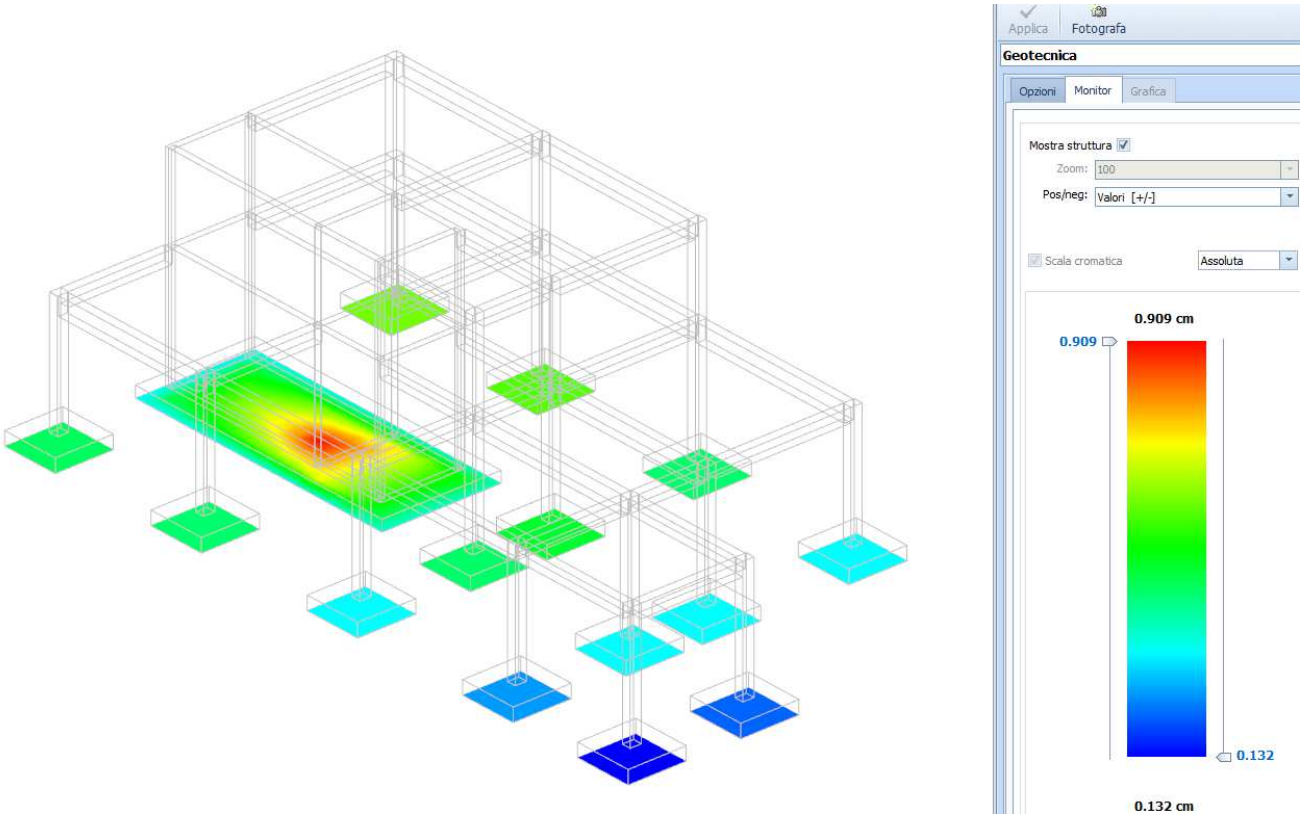


Figura 16: Cedimenti

9.3 VERIFICHE STRUTTURALI DI FONDAZIONE - VASCA INTERRATA

9.3.1 *Sollecitazioni e verifica della platea*

Viene riportata di seguito la verifica strutturale a flessione della platea in forma grafica.

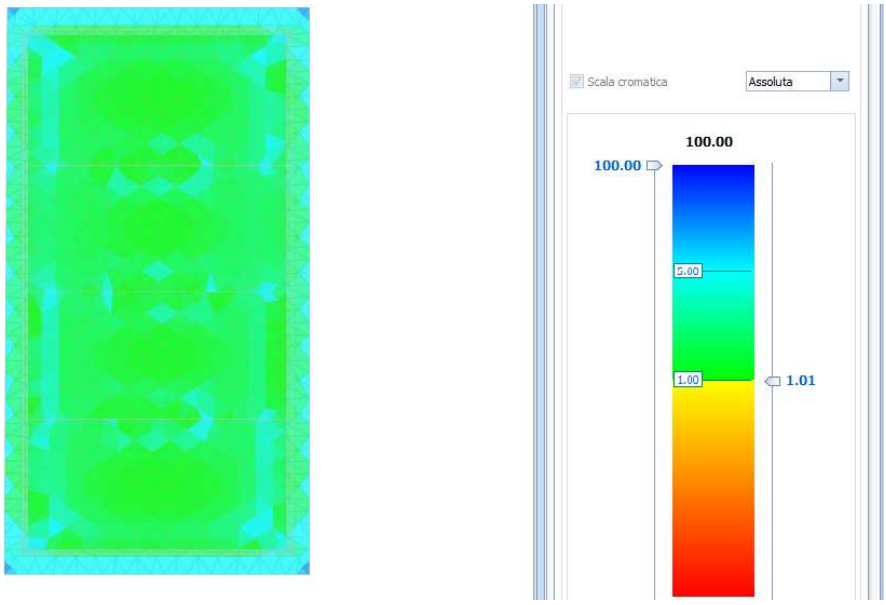


Figura 17: Verifica a flessione (Coefficiente di sicurezza)

9.4 VERIFICHE GEOTECNICHE

9.4.1 Verifica a carico limite verticale

Per la trattazione teorica si rimanda al §7.2.1 della presente relazione. Di seguito si riporta la verifica in forma grafica e tabellare.

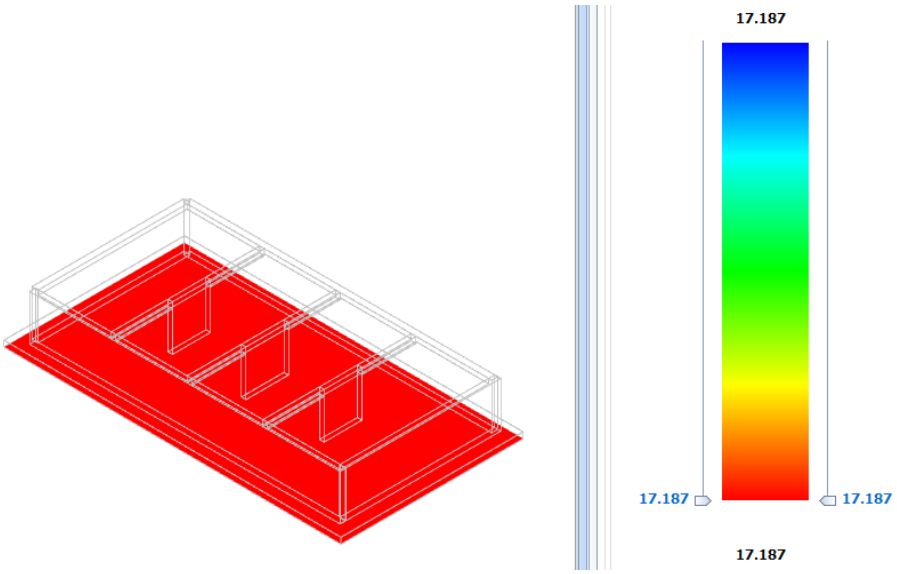


Figura 18: Verifica a carico limite

Verifiche Carico Limite fondazioni dirette allo SLU

Id_{Fnd}	CS	L_X	L_Y	Rtz	$Z_{P.cmp}$	Z_{Fld}	Cmp T	C. Terzaghi per N_q	per N_c	per N_γ	N_q	N_c	N_γ	Q_{Ed}	Q_{Rd}	R_f
		[m]	[m]	[°]	[m]	[m]								[N/mm²]	[N/mm²]	
Platea 1	17,19	22,35	12,02	90,00	2,60	4,00	NON Coesivo	1,39	0,00	0,63	18,40	30,14	22,40	0,054	0,925	NO

LEGENDA:

Id_{Fnd} Descrizione dell'oggetto di fondazione al quale è riferita la verifica.
CS Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
$L_{X/Y}$ Dimensioni dell'elemento di fondazione.
Rtz Angolo compreso tra l'asse X e il lato più lungo del minimo rettangolo che delimita il poligono della platea.
$Z_{P.cmp}$ Profondità di posa dell'elemento di fondazione dal piano campagna.
Z_{Fld} Profondità della falda dal piano campagna.
Cmp T Classificazione del comportamento del terreno ai fini del calcolo.
C. Terzaghi Coefficienti correttivi per la formula di Terzaghi.
Q_{Ed} Carico di progetto sul terreno.
Q_{Rd} Resistenza di progetto del terreno.
R_f [SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.

9.4.1 Verifica a scorrimento

Per la trattazione teorica si rimanda al §7.2.1 della presente relazione. Di seguito si riporta la verifica in forma tabellare.

Geotecnica - Verifiche a scorrimento

Elm	Dir	N_{Ed}	M_{Ed}	V_{Ed}	F_{RD1}	F_{RD2}	F_{RD3}	F_{RD}	CS
		[N]	[N·m]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	
Platea 1	B	10.098.397	-2.144.925	-593.165	5300284	0	311340	5611624	9,46
	L	10.099.646	-2.683.344	710.524	5300939	0	578907	5879846	8,28

LEGENDA:

Elm Elemento di fondazione su cui si esegue la verifica.
Dir Direzione di verifica: per Plinti [B]= asse locale 2; [L]= asse locale 3. Per Winkler [B]= asse locale 3; [L]= asse locale 1. Per Platee [B]= asse globale Y; [L]= asse globale X.
F_{RD1} Aliquota di resistenza allo scorrimento per attrito terra-fondazione.
F_{RD2} Aliquota di resistenza allo scorrimento per adesione.
F_{RD3} Aliquota di resistenza allo scorrimento per affondamento.
F_{RD} Resistenza allo scorrimento.
CS Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
N_{Ed}, M_{Ed}, V_{Ed} Sollecitazioni di progetto.

9.4.1 Calcolo dei cedimenti

I cedimenti della struttura sono da intendersi nulli o trascurabili

10 FA14E – PALAZZINA SERVIZI

10.1 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA FONDAZIONE

10.1.1 *Sollecitazioni e verifica della platea*

Viene riportata di seguito la verifica strutturale a flessione della platea in forma grafica.

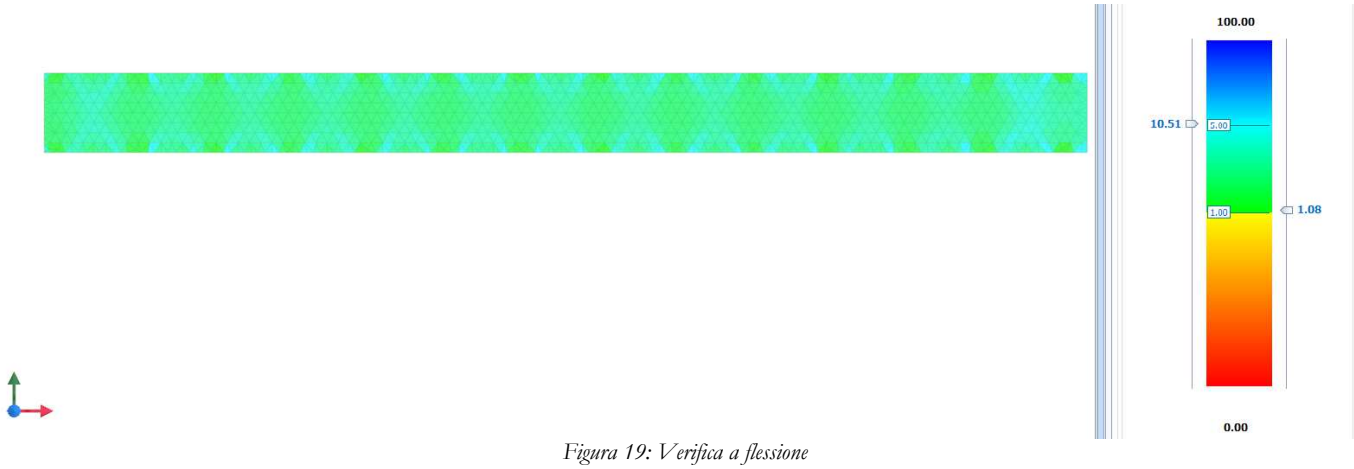


Figura 19: Verifica a flessione

10.2 VERIFICHE GEOTECNICHE

10.2.1 Verifica a carico limite verticale

Per la trattazione teorica si rimanda al §7.2.1 della presente relazione. Di seguito si riporta la verifica in forma grafica e tabellare.

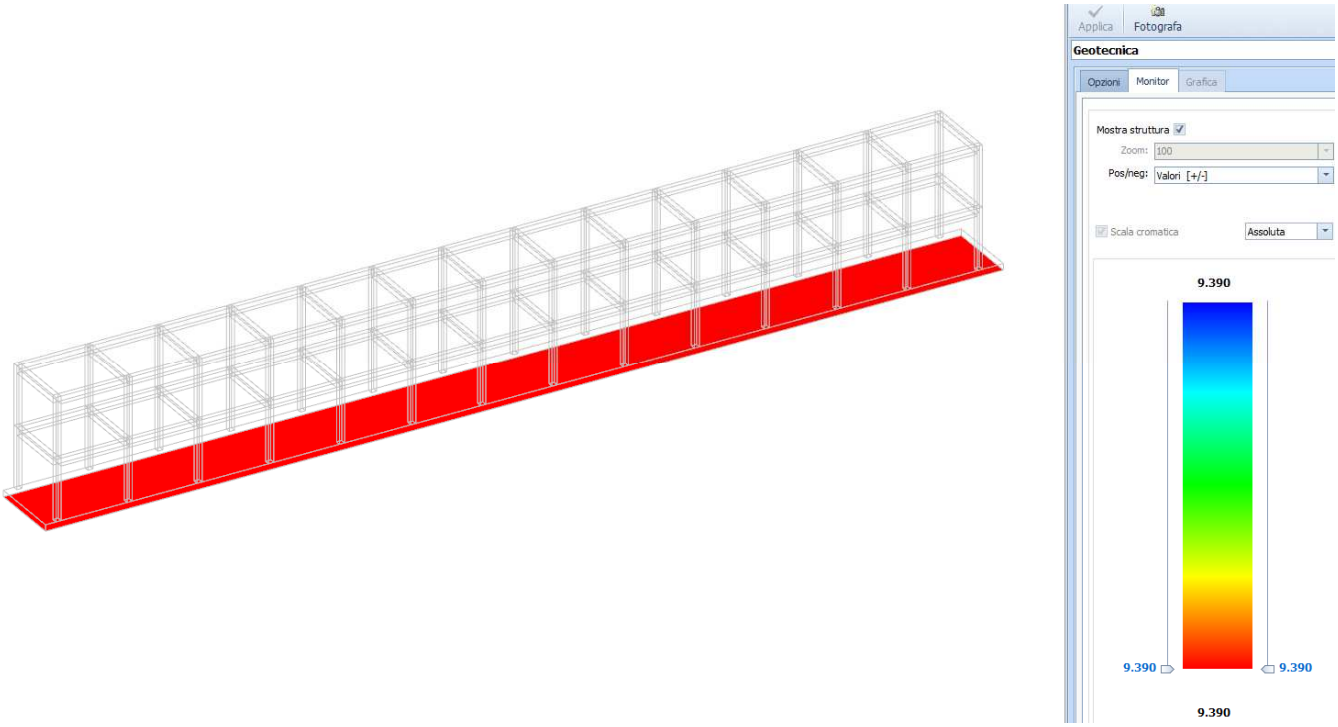


Figura 20: Verifica a carico limite verticale

Verifiche Carico Limite fondazioni dirette allo SLU

Id_{Fnd}	CS	L_X	L_Y	Rtz	$Z_{P.cmp}$	Z_{Fld}	Cmp T	C. Terzaghi per N_q	per N_c	per N_γ	N_q	N_c	N_γ	Q_{Ed}	Q_{Rd}	R_f
		[m]	[m]	[°]	[m]	[m]								[N/mm²]	[N/mm²]	
Platea 1	9.39	75.27	5.73	180.00	0.65	4.00	NON Coesivo	1.08	0.00	0.86	18.40	30.14	22.40	0.049	0.462	NO

LEGENDA:

Id_{Fnd} Descrizione dell'oggetto di fondazione al quale è riferita la verifica.
CS Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
$L_{X/Y}$ Dimensioni dell'elemento di fondazione.
Rtz Angolo compreso tra l'asse X e il lato più lungo del minimo rettangolo che delimita il poligono della platea.
$Z_{P.cmp}$ Profondità di posa dell'elemento di fondazione dal piano campagna.
Z_{Fld} Profondità della falda dal piano campagna.
Cmp T Classificazione del comportamento del terreno ai fini del calcolo.
C. Terzaghi Coefficienti correttivi per la formula di Terzaghi.
Q_{Ed} Carico di progetto sul terreno.
Q_{Rd} Resistenza di progetto del terreno.
R_f [SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.

10.2.2 Verifica a scorrimento

Per la trattazione teorica si rimanda al §7.2.1 della presente relazione. Di seguito si riporta la verifica in forma tabellare.

Geotecnica - Verifiche a scorrimento

Elm	Dir	N_{Ed}	M_{Ed}	V_{Ed}	F_{RD1}	F_{RD2}	F_{RD3}	F_{RD}	CS
		[N]	[N·m]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	
Platea 1	B	14,628,858	-6,778,888	-883,011	7678159	0	24647	7702806	8.72
	L	14,628,639	-4,260,351	986,779	7678044	0	323691	8001736	8.11

LEGENDA:

Elm Elemento di fondazione su cui si esegue la verifica.
Dir Direzione di verifica: per Plinti [B]= asse locale 2; [L]= asse locale 3. Per Winkler [B]= asse locale 3; [L]= asse locale 1. Per Platee [B]= asse globale Y; [L]= asse globale X.
F_{RD1} Aliquota di resistenza allo scorrimento per attrito terra-fondazione.
F_{RD2} Aliquota di resistenza allo scorrimento per adesione.
F_{RD3} Aliquota di resistenza allo scorrimento per affondamento.
F_{RD} Resistenza allo scorrimento.
CS Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
N_{Ed}, M_{Ed}, V_{Ed} Sollecitazioni di progetto.

10.2.3 Calcolo dei cedimenti

Viene riportato di seguito il calcolo dei cedimenti assoluti della fondazione.

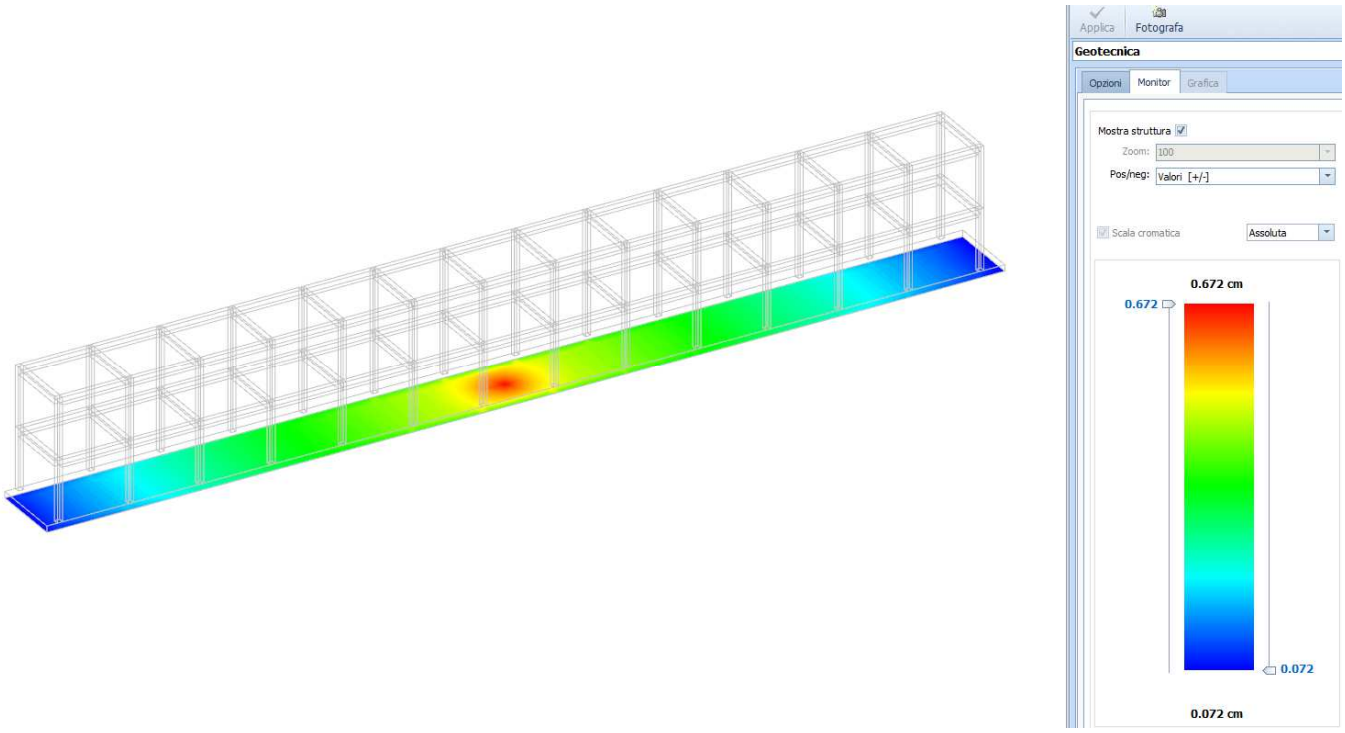


Figura 21: Cedimenti