

COMUNE DI MONTALCINO

Ufficio Tecnico del Genio Civile
Area vasta di Grosseto e Siena
Sede di Siena

LAVORI: LAVORI DI ABBATTIMENTO DELLE BARRIERE ARCHITETTONICHE
ALL'ISTITUTO SCOLASTICO COMPRESIVO "INSIEME" A MONTALCINO VIA LAPINI N. 2

COMMITTENTE: Comune di Montalcino

PROGETTISTA ARCHITETTONICO: Arch. David Margheriti

DIRETTORE DEI LAVORI ARCHITETTONICO: Arch. David Margheriti

PROGETTISTA DELLE STRUTTURE: Ing. Daniele Briganti

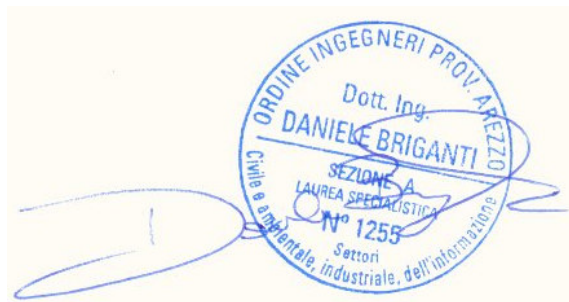
DIRETTORE DEI LAVORI DELLE STRUTTURE: Ing. Daniele Briganti

OGGETTO: INTERRATO

A6 "Relazione Geotecnica"

A7 "Relazione sulle Fondazioni"

Foiano della Chiana li 11/07/2015



Sommario

Sommario	1
1 Normativa di riferimento	2
2 Premessa	2
3 Descrizione delle opere in sito	2
4 Problemi geotecnici e scelte tipologiche.....	6
Tipologia di fondazione.....	6
4.1 Elementi di fondazione	7
4.1.1 Fondazioni di piastre	7
5 Programma delle indagini e delle prove geotecniche.....	8
5.1 Sondaggi del sito	8
6 Caratterizzazione geotecnica dei terreni in sito	9
6.1 Terreni.....	9
7 Modellazione del sottosuolo e metodi di analisi e di verifica	9
Modello di fondazione.....	9
8 Verifiche delle fondazioni	12
8.1 Verifiche piastre e pareti C.A.	12
8.2 Pressioni terreno in SLU.....	15
8.3 Pressioni terreno in SLV/SLUEcc	16
8.4 Pressioni terreno in SLE/SLD	18
8.5 Cedimenti fondazioni superficiali	19
9 Conclusioni e prescrizioni tecniche	20

1 Normativa di riferimento

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI NTC 2008
Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008.

CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI
Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.

CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI
Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

NORMA TECNICA UNI EN 1997-1:2005 (EUROCODICE 7 - PROGETTAZIONE GEOTECNICA)

Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.

EUROCODICE 8
Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

D.M. 11/03/1988

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione (norma possibile se si opera in Zona sismica 4, attuali Classi I e II).

2 Premessa

Oggetto della presente riguarda la realizzazione di un interrato in CA, sede di un vano ascensore da realizzare per conto dell'Amministrazione Comunale di Montalcino per il superamento delle barriere architettoniche presenti nell'istituto scolastico comprensivo "Insieme" sito in via Lapini n. 2.

La fondazione sarà realizzata con platea continua dello spessore di 30cm.

L'azione statica e sismica del terreno è completamente assorbita dalla berlinese di micropali.

Per quanto riguarda le azioni orizzontali prodotte dall'ascensore, si fa notare che nella direzione ortogonale alla facciata del fabbricato le azioni orizzontali sono completamente assorbite dagli ancoraggi che l'ascensore ha con il fabbricato, mentre per quanto riguarda la direzione ortogonale alla precedente, questa è assorbita dalla spinta passiva del terreno circostante e dallo scannafosso che costituisce un appoggio per la parete stessa.

3 Descrizione delle opere in sito

Descrizione delle opere in sito: contiene la descrizione delle opere esistenti in sito e da edificare, la tipologia strutturale presente, la tipologia di intervento previsto, la localizzazione geografica e la pericolosità sismica di base.

La **struttura in oggetto** è stata analizzata secondo la norma D.M. 14-01-08 (N.T.C.), considerandola come tipo di costruzione 2. In particolare si è prevista, in accordo con il committente, una vita nominale dell'opera di $V_n=50$ anni per una classe d'uso II, e quindi una vita di riferimento di 50 anni (§2.4.3).

L'opera è edificata in località Siena, Montalcino; Latitudine ED50 43,0657° (43° 3' 57"); Longitudine ED50 11,4906° (11° 29' 26"); Altitudine s.l.m. 550 m. (coordinate esatte: 43,06572 11,490638), punto che risulta corrispondere come zonazione sismica ad una Zona 3.

La pericolosità sismica di base del sito di costruzione è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa al suolo in condizioni ideali su sito di riferimento rigido e superficie topografica orizzontale. Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali, come previsto nell'allegato A della norma. I tre parametri fondamentali (accelerazione a_g , fattore di amplificazione F_0 e periodo T^*C) si ricavano per ciascun nodo del del reticolo di riferimento in funzione del periodo di ritorno dell'azione sismica TR previsto, espresso in anni; quest'ultimo è noto una volta fissate la vita di riferimento V_r della costruzione e la probabilità di superamento attesa nell'arco della vita di riferimento. Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{Vr} cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati sono riportate nella tabella 3.2.1 del §3.2.1 della norma; i valori di P_{Vr} forniti in tabella possono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere (cfr. anche il §C3.2.1).

Nella presente progettazione si sono considerati i seguenti parametri sismici:

PVr SLD (%)	63
Tr SLD	50
Ag/g SLD	0.0602
Fo SLD	2.537
Tc* SLD	0.256
PVr SLV (%)	10
Tr SLV	475
Ag/g SLV	0.141
Fo SLV	2.502
Tc* SLV	0.28

Risposta sismica locale

Le condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera e le condizioni topografiche concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il

risultato della risposta sismica locale.

Gli effetti stratigrafici sono legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno. Gli effetti topografici sono invece legati alla configurazione topografica del piano campagna ed alla possibile focalizzazione delle onde sismiche in punti particolari (pendii, creste).

Nella presente progettazione l'effetto della risposta sismica locale è stato valutato individuando la categoria di sottosuolo di riferimento corrispondente alla situazione in sito e considerando le condizioni topografiche locali (§3.2.2). Per la valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafica SS la caratterizzazione geotecnica condotta nel volume significativo consente di identificare il sottosuolo prevalente nella categoria A - roccia o terreni molto rigidi. Si riporta per completezza la corrispondente descrizione indicata nella norma (Tab. 3.2.II e Tab. 3.2.III).

Categoria A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_s , 30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

Per la valutazione del coefficiente di amplificazione topografica ST, viste le condizioni in sito e l'orografia della zona, si è attribuita la categoria topografica T2. Si riporta per completezza la corrispondente descrizione indicata nella norma (Tab. 3.2.IV).

Categoria T2: Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$

In base alle categorie scelte si sono infine adottati i seguenti coefficienti di amplificazione e spettrali:

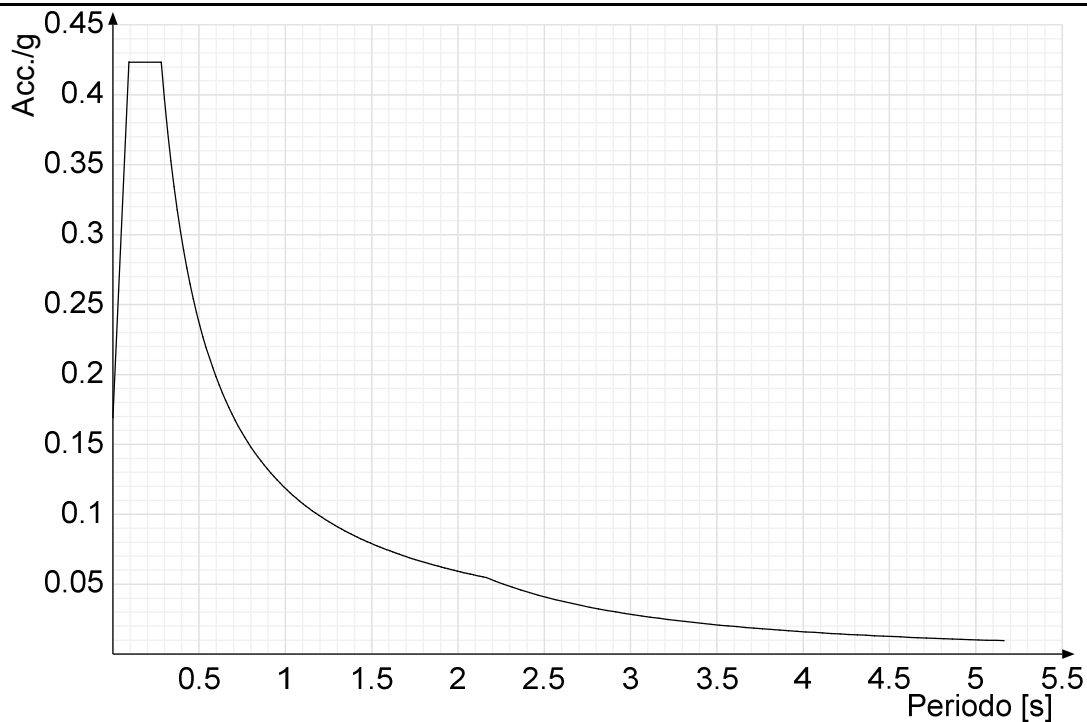
Ss orizzontale SLD	1	
Tb orizzontale SLD	0.085	[s]
Tc orizzontale SLD	0.256	[s]
Td orizzontale SLD	1.841	[s]
Ss orizzontale SLV	1	
Tb orizzontale SLV	0.093	[s]
Tc orizzontale SLV	0.28	[s]
Td orizzontale SLV	2.164	[s]

Si riportano infine gli spettri di risposta elastici delle componenti orizzontali per gli stati limite considerati.

Viene mostrato lo spettro di risposta elastico "Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali SLD § 3.2.3.2.1 (3.2.4)".



Viene mostrato lo spettro di risposta elastico "Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali SLV § 3.2.3.2.1 (3.2.4)".



Parametri di analisi

Si è condotta una analisi di tipo Lineare dinamica su una costruzione di calcestruzzoregolare in altezza.

Le parti strutturali in c.a. sono inquadrabili nella tipologia Strutture a pareti non accoppiate $q_0=3.0$, con rapporto $\alpha U/\alpha 1$ corrispondente a .

Si è considerata una classe di duttilità CD"B", a cui corrispondono per la struttura in esame i seguenti fattori di struttura:

Fattore di struttura per sisma X	3
Fattore di struttura per sisma Y	3
Fattore di struttura per sisma Z	1.5

Altri parametri che influenzano l'azione sismica di progetto sono riassunti in questo prospetto:

Smorzamento viscoso (%)	5	
Rotazione del sisma	0	[deg]
Quota dello '0' sismico	0	[cm]

Nell'analisi dinamica modale si sono analizzati 8 modi di vibrare valutati secondo il metodo di Ritz.

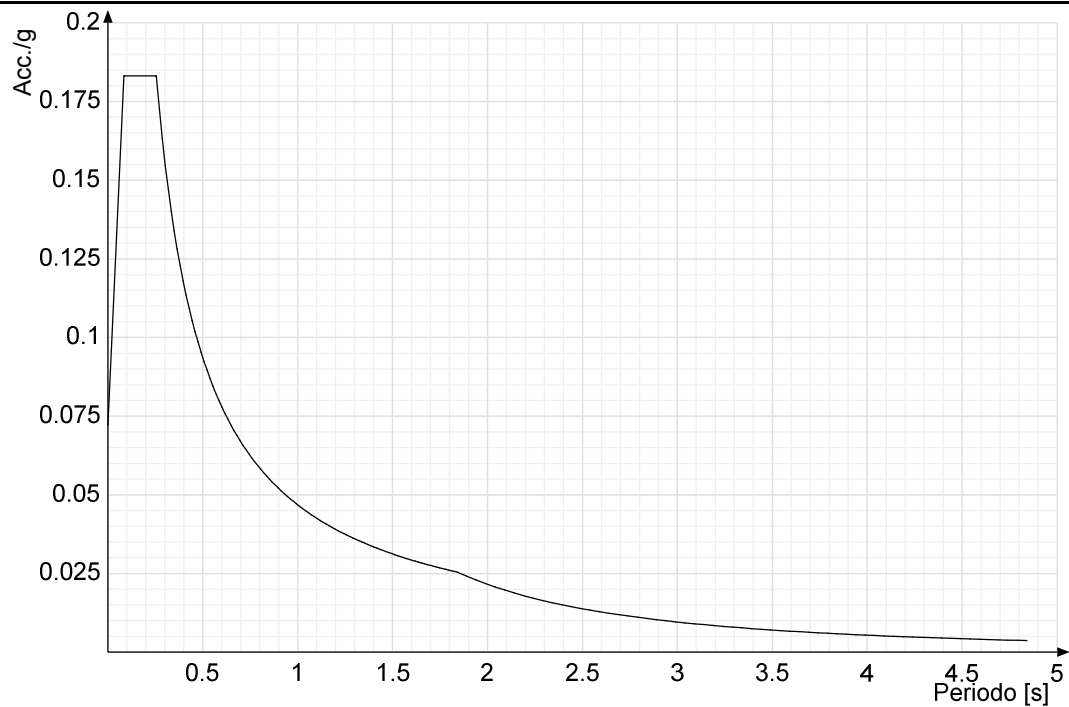
Per tenere conto della variabilità spaziale del moto sismico, nonché di eventuali incertezze nellalocalizzazione delle masse, la normativa richiede di attribuire al centro di massa una eccentricità accidentale (§7.2.6), in aggiunta alla eccentricità naturale della costruzione, mediante l'applicazione di carichi statici costituiti da momenti torcenti di valore pari alla risultante orizzontale della forza agente al piano, moltiplicata per l'eccentricità accidentale del baricentro delle masse rispetto alla sua posizione di calcolo.

Nella struttura in oggetto si è applicata una eccentricità accidentale secondo il seguente prospetto:

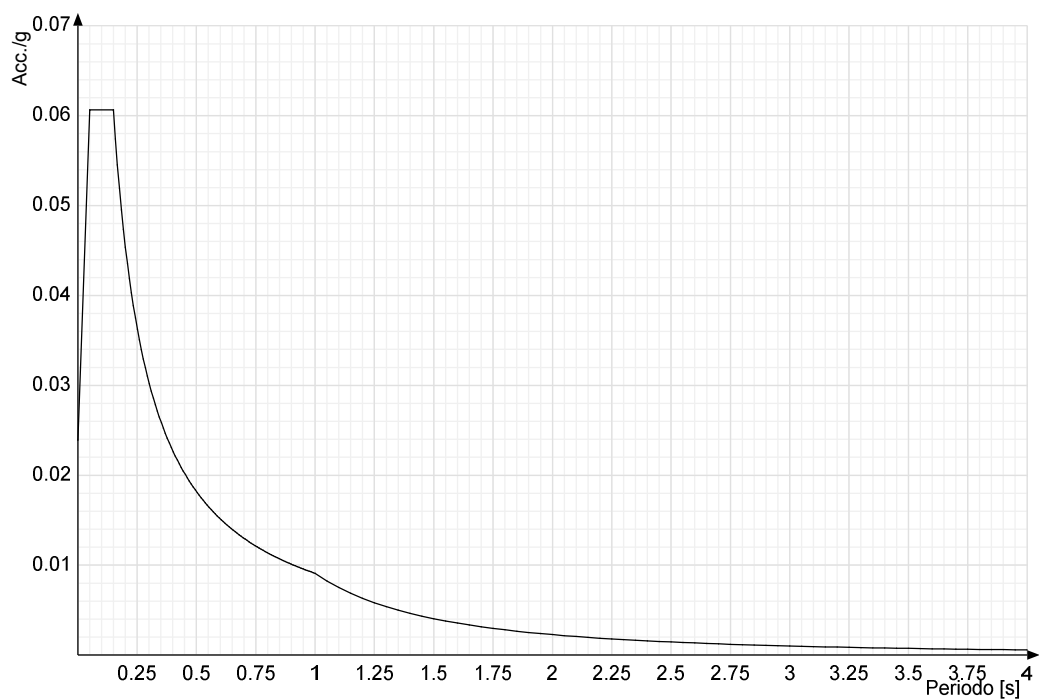
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Fondazione"	0	[cm]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Fondazione"	0	[cm]
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Piano 1"	0	[cm]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Piano 1"	0	[cm]
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Piano 2"	0	[cm]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Piano 2"	0	[cm]

Si riportano infine gli spettri di risposta di progetto delle componenti orizzontali per gli stati limite considerati.

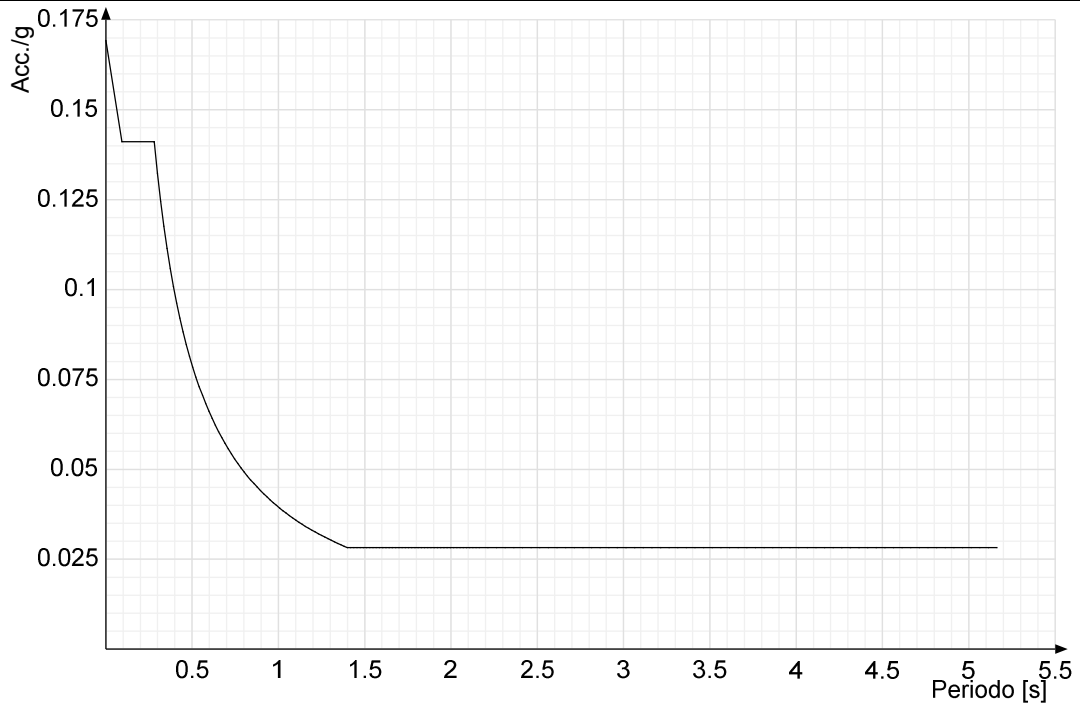
Viene mostrato lo spettro di progetto "Spettro di risposta di progetto in accelerazione delle componenti orizzontali SLD § 3.2.3.4".



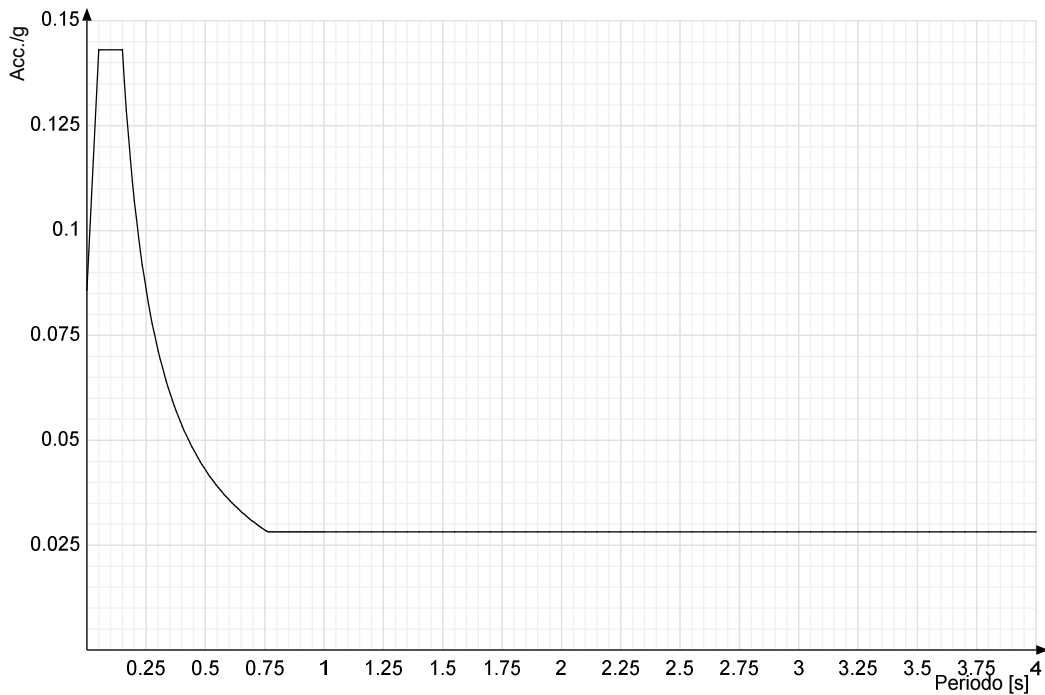
Viene mostrato lo spettro di progetto "Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente verticale SLD § 3.2.3.4".



Viene mostrato lo spettro di progetto "Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente X SLV § 3.2.3.5".
Questo spettro è valido anche per l'altra componente orizzontale, essendo coincidente.



Viene mostrato lo spettro di progetto "Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente verticale SLV § 3.2.3.5".



4 Problemi geotecnici e scelte tipologiche

Problemi geotecnici e scelte tipologiche: contiene la valutazione eseguita dal progettista sulle problematiche geotecniche inerenti l'opera in oggetto, sulla base di quanto emerso dalle documentazioni esistenti, in particolare dalla relazione geologica del sito; a questo proposito è possibile richiamare i termini presenti nella carta geologica. Viene indicata la tipologia di fondazioni previste, le modalità costruttive, gli accertamenti preliminari necessari, gli eventuali interventi aggiuntivi richiesti (sbancamenti, consolidamenti, sistemi di drenaggio, abbassamento di falda, ecc.).

Tipologia di fondazione

Nella modellazione si è considerata la presenza di fondazioni superficiali, schematizzando il suolo con un letto di molle elastiche di assegnata rigidità. In direzione orizzontale si è considerata la struttura bloccata.

I valori di default dei parametri di modellazione del suolo, cioè quelli adottati dove non diversamente specificato, sono i seguenti:

Coefficiente di sottofondo verticale per fondazioni superficiali (default)	3	[daN/cm ³]
K punta palo (default)	4	[daN/cm ³]
Pressione limite punta palo (default)	10	[daN/cm ²]

Per elementi nei quali si sono valutati i parametri geotecnici in funzione della stratigrafia sottostante si sono adottate le seguenti formulazioni di letteratura:

Metodo di calcolo della K verticale	Vesic
Metodo di calcolo della capacità portante	Vesic
Metodo di calcolo della pressione limite punta palo	Vesic

La resistenza limite offerta dai pali in direzione orizzontale e verticale è funzione dell'attrito e della coesione che si può sviluppare all'interfaccia con il terreno. Oltre ai dati del suolo, descritti nelle seguenti stratigrafie, hanno influenza anche i seguenti parametri:

Coefficiente di sicurezza portanza fondazioni superficiali	2.3
Coefficiente di sicurezza scorrimento fondazioni superficiali	1.1
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali infissi, punta	1.15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali infissi, laterale compressione	1.15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali infissi, laterale trazione	1.25
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali trivellati, punta	1.35
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali trivellati, laterale compressione	1.15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali trivellati, laterale trazione	1.25
Coefficiente di sicurezza portanza verticale micropali, punta	1.35
Coefficiente di sicurezza portanza verticale micropali, laterale compressione	1.15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale micropali, laterale trazione	1.25
Fattore di correlazione resistenza caratteristica dei pali in base alle verticali indagate	1.7



Rappresentazione in pianta di tutti gli elementi strutturali di fondazione.

4.1 Elementi di fondazione

4.1.1 Fondazioni di piastre

Descrizione breve: descrizione breve usata nelle tabelle dei capitoli delle piastre di fondazione.

Stratigrafia: stratigrafia del terreno nel punto medio in pianta dell'elemento.

Sondaggio: è possibile indicare esplicitamente un sondaggio definito nelle preferenze oppure richiedere di estrapolare il sondaggio dalla definizione del sito espressa nelle preferenze.

Estradosso: distanza dalla quota superiore del sondaggio misurata in verticale con verso positivo verso l'alto. [cm]

Deformazione volumetrica: valore della deformazione volumetrica impiegato nel calcolo della pressione limite a rottura con la formula di Vesic. Il valore è adimensionale. Accetta anche il valore di default espresso nelle preferenze.

K verticale: coefficiente di sottofondo verticale del letto di molle. [daN/cm²]

Limite compressione: pressione limite di plasticizzazione a compressione del letto di molle. [daN/cm²]

Limite trazione: pressione limite di plasticizzazione a trazione del letto di molle. [daN/cm²]

Descrizione breve	Stratigrafia			K verticale	Limite compressione	Limite trazione
	Sondaggio	Estradosso	Deformazione volumetrica			
FS1	Piu' vicino in sito	0		Default (3)	Default (10)	Default (0.001)

5 Programma delle indagini e delle prove geotecniche

Programma delle indagini e delle prove geotecniche: contiene il programma delle indagini e delle prove geotecniche, definito dal progettista in base alle caratteristiche dell'opera in progetto e alle presumibili caratteristiche del sottosuolo. Le indagini geotecniche devono permettere un'adeguata caratterizzazione geotecnica del volume significativo di terreno, che è la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione dell'opera e che influenza l'opera stessa. La posizione dei punti di indagine e la loro quota assoluta devono essere rilevate topograficamente e riportate in planimetria. I risultati delle indagini e prove geotecniche in sito devono essere documentati con indicazioni sui tipi di indagine condotte e le caratteristiche delle attrezzature impiegate:

5.1 Sondaggi del sito

Vengono elencati in modo sintetico tutti i sondaggi risultanti dalle verticali di indagine condotte in sito, con l'indicazione dei terreni incontrati, degli spessori e dell'eventuale falda acquifera.

Nome attribuito al sondaggio: Sondaggio

Coordinate planimetriche del sondaggio nel sistema globale scelto: 0, 0

Quota della sommità del sondaggio (P.C.) nel sistema globale scelto: 474

I valori sono espressi in cm

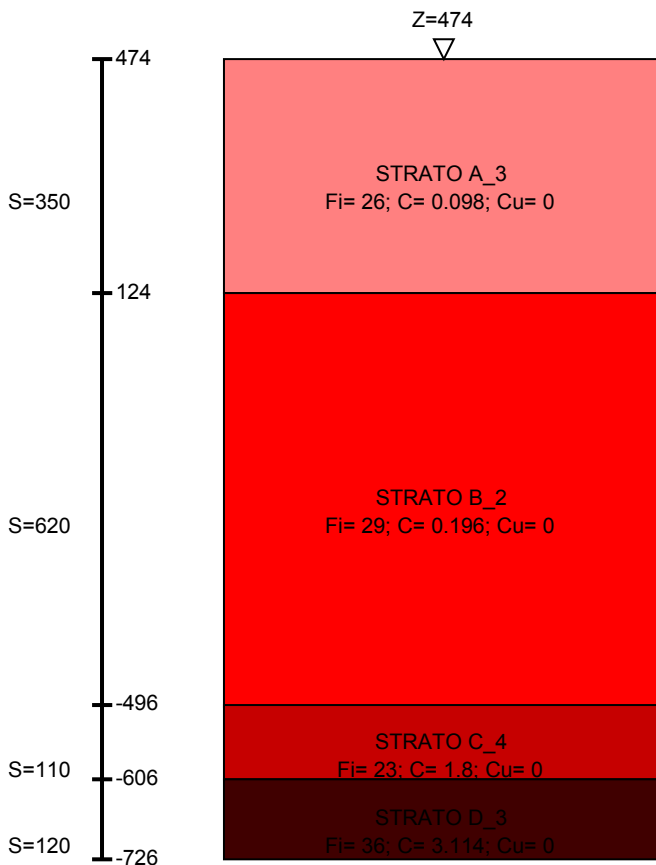


Immagine: Sondaggio

Stratigrafie

Terreno: terreno mediamente uniforme presente nello strato.

Sp.: spessore dello strato. [cm]

Kor,i: coefficiente K orizzontale al livello inferiore dello strato per modellazione palo. [daN/cm³]
Kor,s: coefficiente K orizzontale al livello superiore dello strato per modellazione palo. [daN/cm³]
Kve,i: coefficiente K verticale al livello inferiore dello strato per modellazione palo. [daN/cm³]
Kve,s: coefficiente K verticale al livello superiore dello strato per modellazione palo. [daN/cm³]
Eel,s: modulo elastico al livello superiore dello strato per calcolo cedimenti istantanei; 0 per non calcolarli. [daN/cm²]
Eel,i: modulo elastico al livello inferiore dello strato per calcolo cedimenti istantanei; 0 per non calcolarli. [daN/cm²]
Eed,s: modulo edometrico al livello superiore per calcolo cedimenti complessivi; 0 per non calcolarli. [daN/cm²]
Eed,i: modulo edometrico al livello inferiore per calcolo cedimenti complessivi; 0 per non calcolarli. [daN/cm²]
CC,s: coefficiente di compressione vergine CC al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.
CC,i: coefficiente di compressione vergine CC al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.
CR,s: coefficiente di ricomprensione CR al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.
CR,i: coefficiente di ricomprensione CR al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.
E0,s: indice dei vuoti E0 al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione. Il valore è adimensionale.
E0,i: indice dei vuoti E0 al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione. Il valore è adimensionale.
OCR,s: indice di sovraconsolidazione OCR al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 1 per terreno NC. Il valore è adimensionale.
OCR,i: indice di sovraconsolidazione OCR al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 1 per terreno NC. Il valore è adimensionale.

Terreno	Sp	Kor,i	Kor,s	Kve,i	Kve,s	Eel,s	Eel,i	Eed,s	Eed,i	CC,s	CC,i	CR,s	CR,i	E0,s	E0,i	OCR,s	OCR,i
STRATO A_3	350	1.5	1	1	1	45000	45000	45000	45000	0	0	0	0	0	0	1	1
STRATO B_2	620	1.5	1	1	1	84200	84200	84200	84200	0	0	0	0	0	0	1	1
STRATO C_4	110	1.5	1	1	1	45000	45000	45000	45000	0	0	0	0	0	0	1	1
STRATO D_3	120	1.5	1	1	1	245400	245400	245400	245400	0	0	0	0	0	0	1	1

6 Caratterizzazione geotecnica dei terreni in sito

Caratterizzazione geotecnica dei terreni in sito: contiene i profili geotecnici, cioè la successione stratigrafica considerata per la progettazione (sezioni geotecniche), il regime delle pressioni interstiziali, le caratteristiche meccaniche dei terreni e tutti gli elementi significativi del sottosuolo. L'insieme di questi dati deve permettere la determinazione dei parametri geotecnici caratteristici.

6.1 Terreni

Descrizione: descrizione o nome assegnato all'elemento.

Coesione: coesione del terreno. [daN/cm²]

Coesione non drenata: coesione non drenata (Cu) del terreno. [daN/cm²]

Attrito interno: angolo di attrito interno del terreno. [deg]

δ: angolo di attrito all'interfaccia terreno-cls. [deg]

Adesione: coeff. di adesione della coesione all'interfaccia terreno-cls. Il valore è adimensionale.

K0: coefficiente di spinta a riposo del terreno. Il valore è adimensionale.

γ naturale: peso specifico naturale del terreno in sito, assegnato alle zone non immerse. [daN/cm³]

γ saturo: peso specifico saturo del terreno in sito, assegnato alle zone immerse. [daN/cm³]

E: modulo elastico longitudinale del terreno. [daN/cm²]

Poisson: coefficiente di Poisson del terreno. Il valore è adimensionale.

Rqd: rock quality degree. Per roccia assume valori nell'intervallo (0;1]. Il valore convenzionale 0 indica che si tratta di un terreno sciolto. Il valore è adimensionale.

Descrizione	Coesione	Coesione non drenata	Attrito interno	δ	Adesione	K0	γ naturale	γ saturo	E	Poisson	Rqd
STRATO C_4	1.8	0	23	15	1	0.61	0.002	0.00215	45000	0.3	0
STRATO D_3	3.114	0	36	24	1	0.41	0.0022	0.0023	245400	0.3	0
STRATO B_2	0.196	0	29	17	1	0.52	0.0019	0.002	84200	0.3	0
STRATO A_3	0.098	0	26	17	0	0.56	0.0017	0.0019	45000	0.3	0

7 Modellazione del sottosuolo e metodi di analisi e di verifica

Modellazione del sottosuolo e metodi di analisi e di verifica: contiene la descrizione del modello di calcolo adottato per il suolo, con i relativi parametri di modellazione; sono indicati anche gli eventuali metodi adottati per ricavare i parametri di modellazione ed i metodi e le condizioni con cui sono condotte le verifiche geotecniche.

Modello di fondazione

Le travi di fondazione sono modellate tramite uno specifico elemento finito che gestisce il suolo elastico alla Winkler. Le fondazioni a plinto superficiale sono modellate con un numero elevato di molle verticali elastiche agenti su nodi collegati rigidamente al nodo centrale. Le fondazioni a platea sono modellate con l'inserimento di molle verticali elastiche agenti nei nodi delle mesh.

Verifica di scorrimento

La verifica di scorrimento della fondazione superficiale viene eseguita considerando le caratteristiche del terreno immediatamente sottostante al piano di posa della fondazione, ricavato in base alla stratigrafia associata all'elemento, e trascurando, a favore di sicurezza, l'eventuale spinta passiva laterale. Qualora l'elemento in verifica sia formato da parti non omogenee tra loro, ad esempio una travata in cui le singole travi di fondazione siano associate ad un differente sondaggio, verranno condotte verifiche geotecniche distinte sui singoli tratti.

Lo scorrimento di una fondazione avviene nel momento in cui le componenti delle forze parallele al piano di contatto tra fondazione e terreno vincono l'attrito e la coesione terreno-fondazione e, qualora fosse presente, la spinta passiva laterale.

Il coefficiente di sicurezza a scorrimento si ottiene dal rapporto tra le forze stabilizzanti di progetto (Rd) e quelle instabilizzanti (Ed):

$$Rd = (N \cdot \tan(\varphi) + c_a \cdot B \cdot L + \alpha \cdot S_p) / \gamma_{RS}$$

$$|Ed| = \sqrt{T_x^2 + T_y^2}$$

dove:

- N = risultante delle forze normali al piano di scorrimento;
- Tx, Ty = componenti delle forze tangenziali al piano di scorrimento;
- tan(phi) = coefficiente di attrito terreno-fondazione;
- ca = aderenza alla base, pari alla coesione del terreno di fondazione o ad una sua frazione;
- B, L = dimensioni della fondazione;
- alpha = fattore di riduzione della spinta passiva;
- Sp = spinta passiva dell'eventuale terreno laterale;
- gamma rs= fattore di sicurezza parziale per lo scorrimento;

Le normative prevedono che il fattore di sicurezza a scorrimento FS=Rd/Ed sia non minore di un prefissato limite.

Verifica di capacità portante

La verifica di capacità portante della fondazione superficiale viene eseguita mediante formulazioni di letteratura geotecnica considerando le caratteristiche dei terreni sottostanti al piano di posa della fondazione, ricavati in base alla stratigrafia associata all'elemento.

Qualora l'elemento in verifica sia formato da parti non omogenee tra loro, ad esempio una travata in cui le singole travi di fondazione siano associate ad un differente sondaggio, verranno condotte verifiche geotecniche distinte sui singoli tratti.

La verifica viene fatta raffrontando la portanza di progetto (Rd) con la sollecitazione di progetto (Ed); la prima deriva dalla portanza calcolata con metodi della letteratura geotecnica, ridotta da opportuni fattori di sicurezza parziali; la seconda viene valutata ricavando la risultante della sollecitazione scaricata al suolo con una integrazione delle pressioni nel tratto di calcolo. Le normative prevedono che il fattore di sicurezza alla capacità portante, espresso come rapporto tra il carico ultimo di progetto della fondazione (Rd) ed il carico agente (Ed), sia non minore di un prefissato limite.

La portanza di una fondazione rappresenta il carico ultimo trasmissibile al suolo prima di arrivare alla rottura del terreno. Le formule di calcolo presenti in letteratura sono nate per la fondazione nastriforme indefinita ma aggiungono una serie di termini correttivi per considerare le effettive condizioni al contorno della fondazione, esprimendo la capacità portante ultima in termini di pressione limite agente su di una fondazione equivalente soggetta a carico centrato.

La determinazione della capacità portante ai fini della verifica è stata condotta secondo il metodo di Vesic, che viene descritto nei paragrafi successivi.

Metodo di Vesic

La capacità portante valutata attraverso la formula di Vesic risulta, nel caso generale:

$$Q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 1/2 \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

Nel caso di terreno eminentemente coesivo (phi = 0) tale relazione diventa:

$$Q_{lim} = (2 + \pi) \cdot c_u \cdot (1 + s'_c + d'_c - i'_c - b'_c - g'_c) + q$$

dove:

- gamma' = peso di volume efficace dello strato di fondazione;
 - B = larghezza efficace della fondazione (B = Bf - 2e);
 - L = lunghezza efficace della fondazione (L = Lf - 2e);
 - c = coesione dello strato di fondazione;
 - cu = coesione non drenata dello strato di fondazione;
 - q = sovraccarico del terreno sovrastante il piano di fondazione;
 - Nc, Nq, Ny = fattori di capacità portante;
 - sc, sq, sy = fattori di forma della fondazione;
 - dc, dq, dy = fattori di profondità del piano di posa della fondazione;
 - ic, iq, iy = fattori di inclinazione del carico;
 - bc, bq, by = fattori di inclinazione della base della fondazione;
 - gc, gq, gy = fattori di inclinazione del piano campagna;
- Nel caso di piano di campagna inclinato (beta > 0) e phi = 0, Vesic propone l'aggiunta, nella formula sopra definita, del termine 0.5 * gamma' * B * N_gamma con N_gamma = -2 * sen beta
- Per la teoria di Vesic i coefficienti sopra definiti assumono le espressioni che seguono:

$$N_c = (N_q - 1) \cdot ctg\phi; \quad N_q = tg^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) \cdot e^{(\pi \cdot tg\phi)}; \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg\phi$$

$$s_c = 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c}; \quad s'_c = 0.2 \cdot \frac{B}{L}; \quad s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot tg\phi; \quad s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_c = 1 + 0.4 \cdot k; \quad d'_c = 0.4 \cdot k; \quad d_q = 1 + 2 \cdot k \cdot tg\phi \cdot (1 - \sin\phi)^2; \quad d_\gamma = 1$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}; \quad i'_c = \frac{m \cdot H}{B \cdot L \cdot c_a \cdot N_c}; \quad i_q = \left(1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot ctg\phi}\right)^m;$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot ctg\phi}\right)^{m+1}$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta^o}{147^\circ}; \quad g'_c = \frac{\beta^o}{147^\circ}; \quad g_q = (1 - tg\beta)^2; \quad g_\gamma = g_q$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^o}{147^\circ}; \quad b'_c = \frac{\eta^o}{147^\circ}; \quad b_q = (1 - \eta \cdot tg\phi)^2; \quad b_\gamma = b_q$$

$$k = \frac{D}{B_f} \quad (\text{se } \frac{D}{B_f} \leq 1); \quad k = arctg\left(\frac{D}{B_f}\right) \quad (\text{se } \frac{D}{B_f} > 1); \quad m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$$

nelle quali si sono considerati i seguenti dati:

phi = angolo di attrito dello strato di fondazione;

ca = aderenza alla base della fondazione;

nu = inclinazione del piano di posa della fondazione sull'orizzontale (nu = 0 se orizzontale);

beta = inclinazione del pendio;

H = componente orizzontale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;

V = componente verticale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;

D = profondità del piano di posa della fondazione dal piano campagna;

Influenza degli strati sulla capacità portante

Le formulazioni utilizzate per la portanza prevedono la presenza di uno stesso terreno nella zona interessata dalla potenziale rottura. In prima approssimazione lo spessore di tale zona è pari a:

$$H = \frac{1}{2} \cdot B \cdot Tan(45^\circ + \phi/2)$$

In presenza di stratificazioni di terreni diversi all'interno di tale zona, il calcolo diventa più complesso; non esiste una metodologia univoca per questi casi, differenti autori hanno proposto soluzioni diverse a seconda dei casi che si possono presentare. In prima approssimazione, nel caso di stratificazioni, viene trovata una media delle caratteristiche dei terreni, pesata sullo spessore degli strati interessati. Nel caso in cui il primo strato incontrato sia coesivo viene anche verificato che la compressione media agente sulla fondazione non superi la tensione limite di espulsione, circostanza che provocherebbe il rifluimento del terreno da sotto la fondazione, rendendo impossibile la portanza.

La tensione limite di espulsione qult per terreno coesivo viene calcolata come:

$$q_{ult} = 4c + q$$

dove c è la coesione e q è il sovraccarico agente sul piano di posa.

Influenza del sisma sulla capacità portante

La capacità portante nelle combinazioni sismiche viene valutata mediante l'estensione di procedure classiche al caso di azione sismica.

L'effetto inerziale prodotto dalla struttura in elevazione sulla fondazione può essere considerato tenendo conto dell'effetto dell'inclinazione (rapporto tra forze T parallele al piano di posa e carico normale N) e dell'eccentricità (rapporto tra momento M e carico normale N) delle azioni in fondazione, e produce variazioni di tutti i coefficienti di capacità portante del carico limite, oltre alla riduzione dell'area efficace.

L'effetto cinematico si manifesta per effetto dell'inerzia delle masse del suolo sotto la fondazione come una riduzione della resistenza teorica calcolata in condizioni statiche; tale riduzione è in funzione del coefficiente sismico orizzontale kh, cioè dell'accelerazione normalizzata massima attesa al suolo, e delle caratteristiche del suolo. L'effetto è più marcato su terreni granulari, mentre nei suoli coesivi è poco rilevante.

Per tener conto nella determinazione del carico limite di tali effetti inerziali vengono introdotti nelle combinazioni sismiche anche i fattori correttivi e (earthquake), valutati secondo **Paolucci** e **Pecker**:

$$e_q = \left(1 - \frac{k_h}{\text{tg}\phi}\right)^{0.35}; \quad e_c = 1 - 0.32 \cdot k_h; \quad e_\gamma = e_q$$

8 Verifiche delle fondazioni

Verifiche delle fondazioni: contiene la descrizione degli stati limite considerati, gli approcci e le combinazioni di calcolo adottate; vengono poi elencate le pressioni e gli spostamenti massimi e minimi raggiunti nei diversi SL e le verifiche condotte sulle fondazioni presenti, superficiali e profonde.

Nelle verifiche nei confronti degli Stati Limite ultimi SLU strutturali (STR) e geotecnici (GEO) si possono adottare, in alternativa, due diversi approcci progettuali:

DA1.1 - Approccio 1:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)
- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

DA1.2 - Approccio 2:

- Combinazione 1: (A1+M1+R3)

Le seguenti verifiche delle fondazioni sono state condotte secondo l'approccio [2].

8.1 Verifiche piastre e pareti C.A.

nod.: nodo del modello FEM

sez.: tipo di sezione (o = orizzontale, v = verticale)

B: base della sezione

H: altezza della sezione

Af+: area di acciaio dal lato B (inferiore per le piastre)

Af-: area di acciaio dal lato A (superiore per le piastre)

c+: copriferro dal lato B (inferiore per le piastre)

c-: copriferro dal lato A (superiore per le piastre)

sc: tensione sul calcestruzzo in esercizio

comb ; c: combinazione di carico

c.s.: coefficiente di sicurezza

N: sforzo normale di calcolo

M: momento flettente di calcolo

Mu: momento flettente ultimo

Nu: sforzo normale ultimo

sf: tensione sull'acciaio in esercizio

Wk: apertura caratteristica delle fessure

Sm: distanza media fra le fessure

st: sigma a trazione nel calcestruzzo in condizioni non fessurate

fck: resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo

gcd: resistenza a compressione di calcolo del calcestruzzo

fctd: resistenza a trazione di calcolo del calcestruzzo

Hcr: altezza critica

q.Hcr: *quota della sezione alla altezza critica

hw: altezza della parete

lw: lunghezza della parete

n.p.: numero di piani

hs: altezza dell'interpiano

Mxd: momento di progetto attorno all'asse x (fuori piano)

Myd: momento di progetto attorno all'asse y (nel piano)

NEd: sforzo normale di progetto

MEd: Momento flettente di progetto di progetto

VEd: sforzo di taglio di progetto

Ngrav.: sforzo normale dovuto ai carichi gravitazionali

NReale.: sforzo normale derivante dall'analisi

VRcd: resistenza a taglio dovuta alle bielle di calcestruzzo

epsilon: coefficiente di maggiorazione del taglio derivante dall'analisi

alfaS: MEd/(VEd*lw) formula 7.4.15

At: area tesa di acciaio

roh: rapporto tra area della sezione orizzontale dell'armatura di anima e l'area della sezione di calcestruzzo

rov: rapporto tra area della sezione verticale dell'armatura di anima e l'area della sezione di calcestruzzo

VRsd: resistenza a taglio della sezione con armature

Somma(Asj)- Ai: somma delle aree delle barre verticali che attraversano la superficie di scorrimento

csi: altezza della parte compressa normalizzata all'altezza della sezione

Vdd: contributo dell'effetto spinotto delle armature verticali

Vfd: contributo della resistenza per attrito

Vid: contributo delle armature inclinate presenti alla base

VRd,s: valore di progetto della resistenza a taglio nei confronti dello scorrimento
M01: momento flettente inferiore per verifica instabilità
M02: momento flettente superiore per verifica instabilità
etot: eccentricità complessiva EC2 12.6.5.2 (12.12)
Fi: coefficiente riduttivo EC2 12.6.5.2 (12.11)
l0: lunghezza libera di inflessione
beta: coefficiente EC2 12.6.5.1 (12.9)
Nrd: resistenza di progetto EC2 12.6.5.2 (12.10)
l,lim: snellezza limite EC2 12.6.5.1 (4)
At: area di calcestruzzo del traverso in parete con blocco cassero in legno
Vr,cls: resistenza a taglio in assenza di armatura orizzontale in parete con blocco cassero in legno
Mu: momento resistente ultimo del singolo traverso in parete con blocco cassero in legno
Hp: resistenza a trazione dell'elemento teso in parete con blocco cassero in legno
R: fattore di efficienza in parete con blocco cassero in legno
Vr,s: contributo alla resistenza a taglio della armatura orizzontale in parete con blocco cassero in legno
Vrd: resistenza a taglio per trazione del diagonale in parete con blocco cassero in legno
l: luce netta della trave di collegamento
h: altezza della trave di collegamento
b: spessore della trave di collegamento
d: altezza utile della trave di collegamento
Asi: area complessiva della armatura a X
M,plast: momenti resistenti della trave a filo appoggio
T,plast: sforzi di taglio nella trave derivanti da gerarchia delle resistenze
N: fattore di capacità portante, distinto nei 3 tipi (c, q, g)
S: fattore correttivo per la forma della fondazione, distinto nei 3 tipi (c, q, g)
D: fattore correttivo per la profondità del piano di posa, distinto nei 3 tipi (c, q, g)
I: fattore correttivo per l'inclinazione del carico, distinto nei 3 tipi (c, q, g)
B: fattore correttivo per l'inclinazione del piano di posa, distinto nei 3 tipi (c, q, g)
G: fattore correttivo per l'inclinazione del pendio, distinto nei 3 tipi (c, q, g)
P: fattore correttivo per punzonamento del suolo, distinto nei 3 tipi (c, q, g)
E: fattore correttivo per l'inerzia sismica del suolo, distinto nei 3 tipi (c, q, g)
Tipo: tipologia del fattore di portanza, per coesione (c), sovraccarico (q) o attrito (g)

Platea a "Fondazione"

Valori in daN, cm
C25/30: rck 300
fyk 4500

Verifica di stato limite ultimo

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	c.s.	comb	N	M	Nu	Mu
	v	30	30	1.1	1.1	4.1	4.1	9.193	5 SLV F.	0	12869	0	118313
30	o	30	30	1.1	1.1	5.3	5.3	4.892	7 SLV F.	0	24419	0	119469
	v	30	30	1.1	1.1	4.1	4.1	1.737	15 SLV F.	0	68124	0	118313

Combinazione rara

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk (mm)	Wlim	st	Sm (mm)	c
	v	30	30	1.1	1.1	4.1	4.1	-3.4	1 ra	0.00E00	6.12E03	223.3	1 ra	0.00E00	6.12E03	0.00999	0.00	1.3	0.0	1 ra
30	o	30	30	1.1	1.1	5.3	5.3	-4.7	1 ra	0.00E00	7.72E03	294.3	1 ra	0.00E00	7.72E03	0.00999	0.00	1.7	0.0	1 ra
	v	30	30	1.1	1.1	4.1	4.1	-26.2	1 ra	0.00E00	4.72E04	1723.6	1 ra	0.00E00	4.72E04	0.00999	0.00	10.2	0.0	1 ra

Combinazione frequente

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk (mm)	Wklim	st	Sm (mm)	c
	v	30	30	1.1	1.1	4.1	4.1	-3.4	1 fr	0.00E00	6.12E03	223.3	1 fr	0.00E00	6.12E03	0.00	0.40	1.3	0.0	1 fr
30	o	30	30	1.1	1.1	5.3	5.3	-4.7	1 fr	0.00E00	7.72E03	294.3	1 fr	0.00E00	7.72E03	0.00	0.40	1.7	0.0	1 fr
	v	30	30	1.1	1.1	4.1	4.1	-26.2	1 fr	0.00E00	4.72E04	1723.6	1 fr	0.00E00	4.72E04	0.00	0.40	10.2	0.0	1 fr

Combinazione quasi permanente

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk (mm)	Wklim	st	Sm (mm)	c
	v	30	30	1.1	1.1	4.1	4.1	-3.4	1 q.	0.00E00	6.12E03	223.3	1 q.	0.00E00	6.12E03	0.00	0.30	1.3	0.0	1 q.
30	o	30	30	1.1	1.1	5.3	5.3	-4.7	1 q.	0.00E00	7.72E03	294.3	1 q.	0.00E00	7.72E03	0.00	0.30	1.7	0.0	1 q.
	v	30	30	1.1	1.1	4.1	4.1	-26.2	1 q.	0.00E00	4.72E04	1723.6	1 q.	0.00E00	4.72E04	0.00	0.30	10.2	0.0	1 q.

Verifiche geotecniche

Dati geometrici dell'impronta di calcolo
Forma dell'impronta di calcolo: rettangolare di area equivalente
Area di ingombro esterno minore: 140602
Angolo di rotazione corrispondente all'ingombro minore (deg): 0.58
Rapporto di forma trovato (area ingombro esterno/area fondazione): 1.36
Coordinata X del centro impronta: 26
Coordinata Y del centro impronta: 147
Coordinata Z del centro impronta: -30
Lato minore B dell'impronta: 269
Lato maggiore L dell'impronta: 385
Area dell'impronta rettangolare di calcolo: 103596

Verifica di capacità portante sul piano di posa - Combinazioni non sismiche

Combinazione con fattore di sicurezza minore: SLU 8
Verifica condotta in condizioni drenate (a lungo termine)
Azione di progetto (risultante del carico normale al piano di posa): -56288.49
Resistenza di progetto: 251643.98
Coefficiente parziale applicato alla resistenza: 2.3
Coefficiente di sicurezza normalizzato kp min (Rd/Ed): 4.47

Parametri utilizzati nel calcolo:

Forza risultante agente in direzione x: 0
 Forza risultante agente in direzione y: 0
 Forza risultante agente in direzione z: -56288.49
 Momento agente in direzione x: 1756264.61
 Momento agente in direzione y: 4536838.52
 Inclinazione del carico in direzione x (deg): 0
 Inclinazione del carico in direzione y (deg): 0
 Eccentricità del carico in direzione x: 80.6
 Eccentricità del carico in direzione y: 31.2
 Impronta al suolo (BxL): 385 x 269
 Larghezza efficace ($B'=B-2*e$): 206.39
 Lunghezza efficace ($L'=L-2*e$): 224.21
 Coesione di progetto: .2
 Sovraccarico di progetto: .05
 Peso specifico di progetto del suolo : 0.0019
 Angolo di attrito di progetto (deg): 29

Fattori di capacità portante

N	S	D	I	B	G	P	E	Tipo
27.86	1.54	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Coesione
16.44	1.51	1.03	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Sovraccarico
19.34	0.63	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Attrito

Verifica di capacità portante sul piano di posa - Combinazioni sismiche

Combinazione con fattore di sicurezza minore: SLV fondazioni 14
 Verifica condotta in condizioni drenate (a lungo termine)
 Azione di progetto (risultante del carico normale al piano di posa): -43493
 Resistenza di progetto: 150230.54
 Coefficiente parziale applicato alla resistenza: 2.3
 Coefficiente di sicurezza normalizzato $k_p \min (R_d/E_d)$: 3.45

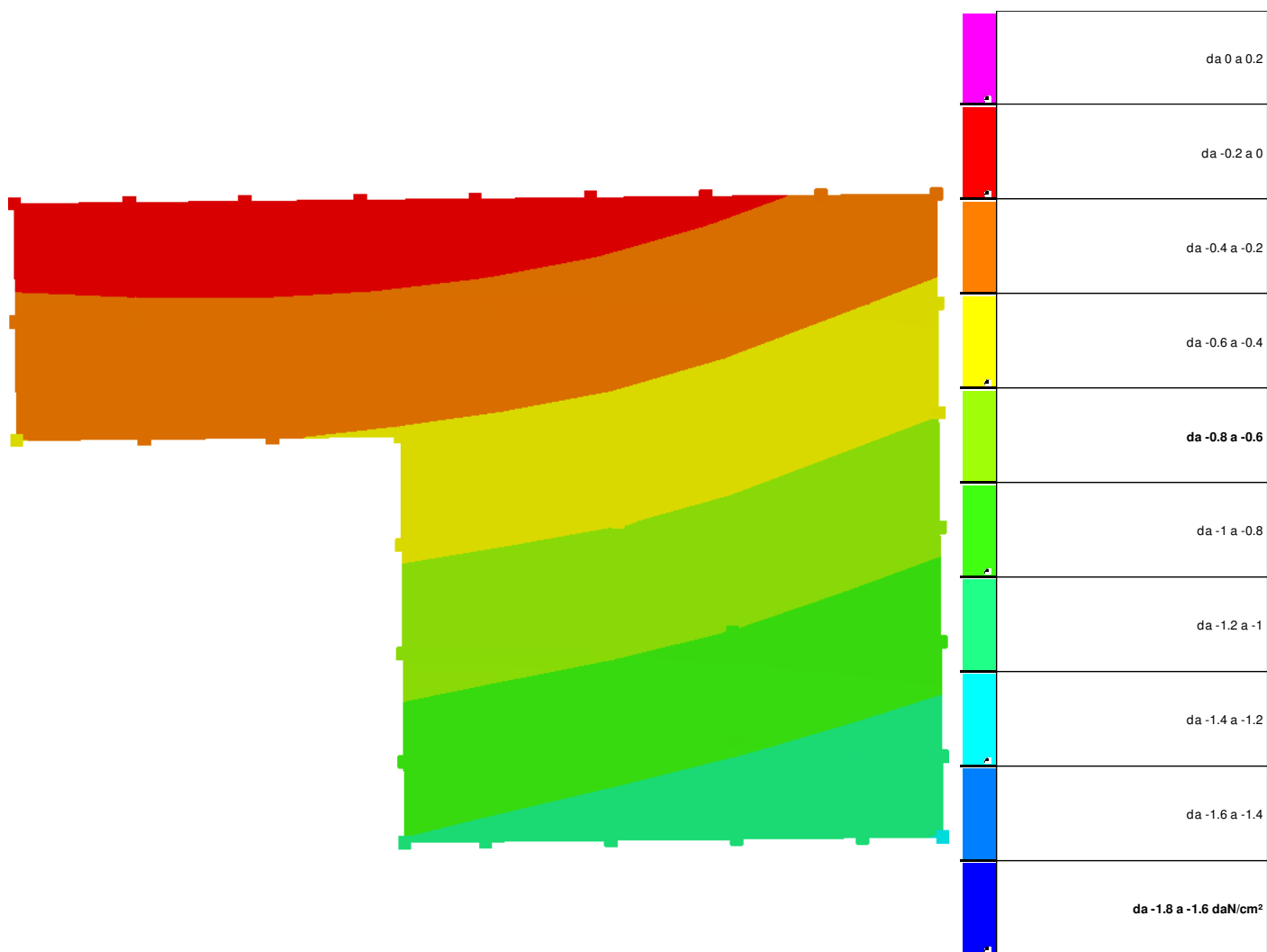
Parametri utilizzati nel calcolo:

Forza risultante agente in direzione x: 4050.65
 Forza risultante agente in direzione y: -1207.84
 Forza risultante agente in direzione z: -43493
 Momento agente in direzione x: 1571328.24
 Momento agente in direzione y: 4636216.3
 Inclinazione del carico in direzione x (deg): 5.32
 Inclinazione del carico in direzione y (deg): -1.59
 Eccentricità del carico in direzione x: 106.6
 Eccentricità del carico in direzione y: 36.13
 Impronta al suolo (BxL): 385 x 269
 Larghezza efficace ($B'=B-2*e$): 172.22
 Lunghezza efficace ($L'=L-2*e$): 196.54
 Coesione di progetto: .2
 Sovraccarico di progetto: .05
 Peso specifico di progetto del suolo : 0.0019
 Angolo di attrito di progetto (deg): 29
 Accelerazione normalizzata massima al suolo: .05

Fattori di capacità portante

N	S	D	I	B	G	P	E	Tipo
27.86	1.52	1.04	0.88	1.00	1.00	1.00	0.98	Coesione
16.44	1.49	1.03	0.89	1.00	1.00	1.00	0.97	Sovraccarico
19.34	0.65	1.00	0.82	1.00	1.00	1.00	0.97	Attrito

8.2 Pressioni terreno in SLU



Rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno in famiglia SLU.

Nodo: Nodo che interagisce col terreno.

Ind.: indice del nodo.

Pressione minima: situazione in cui si verifica la pressione minima nel nodo.

Cont.: nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione minima.

uz: spostamento massimo verticale del nodo. [cm]

Valore: pressione minima sul terreno del nodo. [daN/cm²]

Pressione massima: situazione in cui si verifica la pressione massima nel nodo.

Cont.: nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione massima.

uz: spostamento minimo verticale del nodo. [cm]

Valore: pressione massima sul terreno del nodo. [daN/cm²]

Compressione estrema massima -1.20574 al nodo di indice 7, di coordinate x = 252, y = -7, z = -15, nel contesto SLU 5.

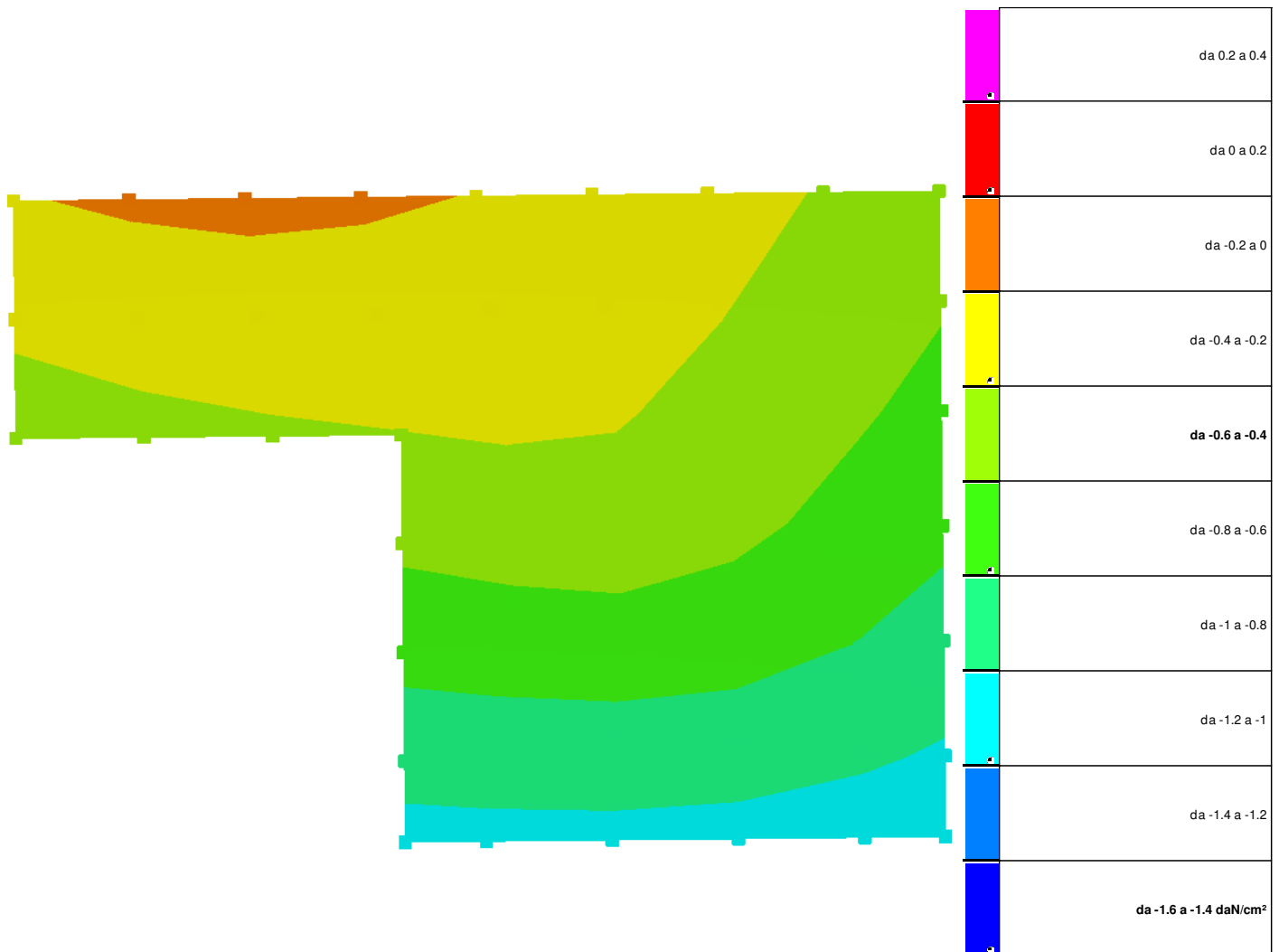
Spostamento estremo minimo -0.40191 al nodo di indice 7, di coordinate x = 252, y = -7, z = -15, nel contesto SLU 5.

Spostamento estremo massimo -0.01685 al nodo di indice 64, di coordinate x = -88, y = 302, z = -15, nel contesto SLU 1.

Nodo Ind.	Cont.	Pressione minima		Pressione massima	
		uz	Valore	uz	Valore
2	SLU 5	-0.33563	-1.00689	-0.25818	-0.77453
3	SLU 5	-0.34518	-1.03553	-0.26552	-0.79656
4	SLU 5	-0.36034	-1.08102	-0.27719	-0.83156
5	SLU 5	-0.37576	-1.12727	-0.28904	-0.86713
6	SLU 5	-0.39151	-1.17454	-0.30116	-0.90349
7	SLU 5	-0.40191	-1.20574	-0.30916	-0.92749
14	SLU 5	-0.29616	-0.88848	-0.22781	-0.68344
16	SLU 5	-0.30506	-0.91519	-0.23466	-0.70399
17	SLU 5	-0.35164	-1.05493	-0.2705	-0.81149
19	SLU 5	-0.36281	-1.08844	-0.27909	-0.83726
20	SLU 5	-0.32584	-0.97752	-0.25065	-0.75194
21	SLU 5	-0.30968	-0.92903	-0.23821	-0.71464
22	SLU 5	-0.24347	-0.73041	-0.18728	-0.56185
25	SLU 5	-0.30767	-0.92301	-0.23667	-0.71001
26	SLU 5	-0.29018	-0.87053	-0.22321	-0.66963
27	SLU 5	-0.26814	-0.80443	-0.20626	-0.61879
28	SLU 5	-0.24912	-0.74735	-0.19163	-0.57488
29	SLU 5	-0.22732	-0.68197	-0.17486	-0.52459
30	SLU 5	-0.19073	-0.57219	-0.14672	-0.44015
32	SLU 5	-0.2528	-0.7584	-0.19446	-0.58339
33	SLU 5	-0.23467	-0.70402	-0.18052	-0.54156
34	SLU 5	-0.21366	-0.64099	-0.16436	-0.49307

Nodo Ind.	Cont.	Pressione minima		Pressione massima		
		uz	Valore	uz	Valore	
36	SLU 5	-0.18798	-0.56395	SLU 1	-0.1446	-0.43381
37	SLU 5	-0.19743	-0.5923	SLU 1	-0.15187	-0.45562
38	SLU 5	-0.13356	-0.40068	SLU 1	-0.10274	-0.30822
40	SLU 5	-0.13098	-0.39295	SLU 1	-0.10076	-0.30227
41	SLU 5	-0.13178	-0.39534	SLU 1	-0.10137	-0.30411
42	SLU 5	-0.13821	-0.41462	SLU 1	-0.10631	-0.31894
43	SLU 5	-0.13808	-0.41425	SLU 1	-0.10622	-0.31866
44	SLU 5	-0.14551	-0.43653	SLU 1	-0.11193	-0.3358
45	SLU 5	-0.16098	-0.48294	SLU 1	-0.12383	-0.37149
46	SLU 5	-0.18374	-0.55121	SLU 1	-0.14134	-0.42401
48	SLU 5	-0.19796	-0.59388	SLU 1	-0.15228	-0.45683
50	SLU 5	-0.08035	-0.24104	SLU 1	-0.06181	-0.18542
52	SLU 5	-0.07746	-0.23237	SLU 1	-0.05958	-0.17874
53	SLU 5	-0.07668	-0.23004	SLU 1	-0.05898	-0.17695
54	SLU 5	-0.07926	-0.23779	SLU 1	-0.06097	-0.18292
55	SLU 5	-0.0833	-0.2499	SLU 1	-0.06408	-0.19223
56	SLU 5	-0.09207	-0.27622	SLU 1	-0.07082	-0.21247
57	SLU 5	-0.10707	-0.3212	SLU 1	-0.08236	-0.24708
58	SLU 5	-0.12701	-0.38103	SLU 1	-0.0977	-0.2931
60	SLU 5	-0.1456	-0.43679	SLU 1	-0.112	-0.33599
61	SLU 5	-0.02707	-0.08121	SLU 1	-0.02082	-0.06247
63	SLU 5	-0.02384	-0.07151	SLU 1	-0.01834	-0.05501
64	SLU 5	-0.02191	-0.06573	SLU 1	-0.01685	-0.05056
65	SLU 5	-0.02307	-0.06921	SLU 1	-0.01774	-0.05323
66	SLU 5	-0.02813	-0.0844	SLU 1	-0.02164	-0.06492
67	SLU 5	-0.03781	-0.11342	SLU 1	-0.02908	-0.08725
68	SLU 5	-0.05281	-0.15844	SLU 1	-0.04063	-0.12188
69	SLU 5	-0.07242	-0.21725	SLU 1	-0.0557	-0.16711
71	SLU 5	-0.09317	-0.27952	SLU 1	-0.07167	-0.21502

8.3 Pressioni terreno in SLVf/SLUEcc



Rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno in famiglie SLVf/SLUEcc.

Nodo: Nodo che interagisce col terreno.

Ind.: indice del nodo.

Pressione minima: situazione in cui si verifica la pressione minima nel nodo.

Cont.: nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione minima.

uz: spostamento massimo verticale del nodo. [cm]

Valore: pressione minima sul terreno del nodo. [daN/cm²]

Pressione massima: situazione in cui si verifica la pressione massima nel nodo.

Cont.: nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione massima.

uz: spostamento minimo verticale del nodo. [cm]

Valore: pressione massima sul terreno del nodo. [daN/cm²]

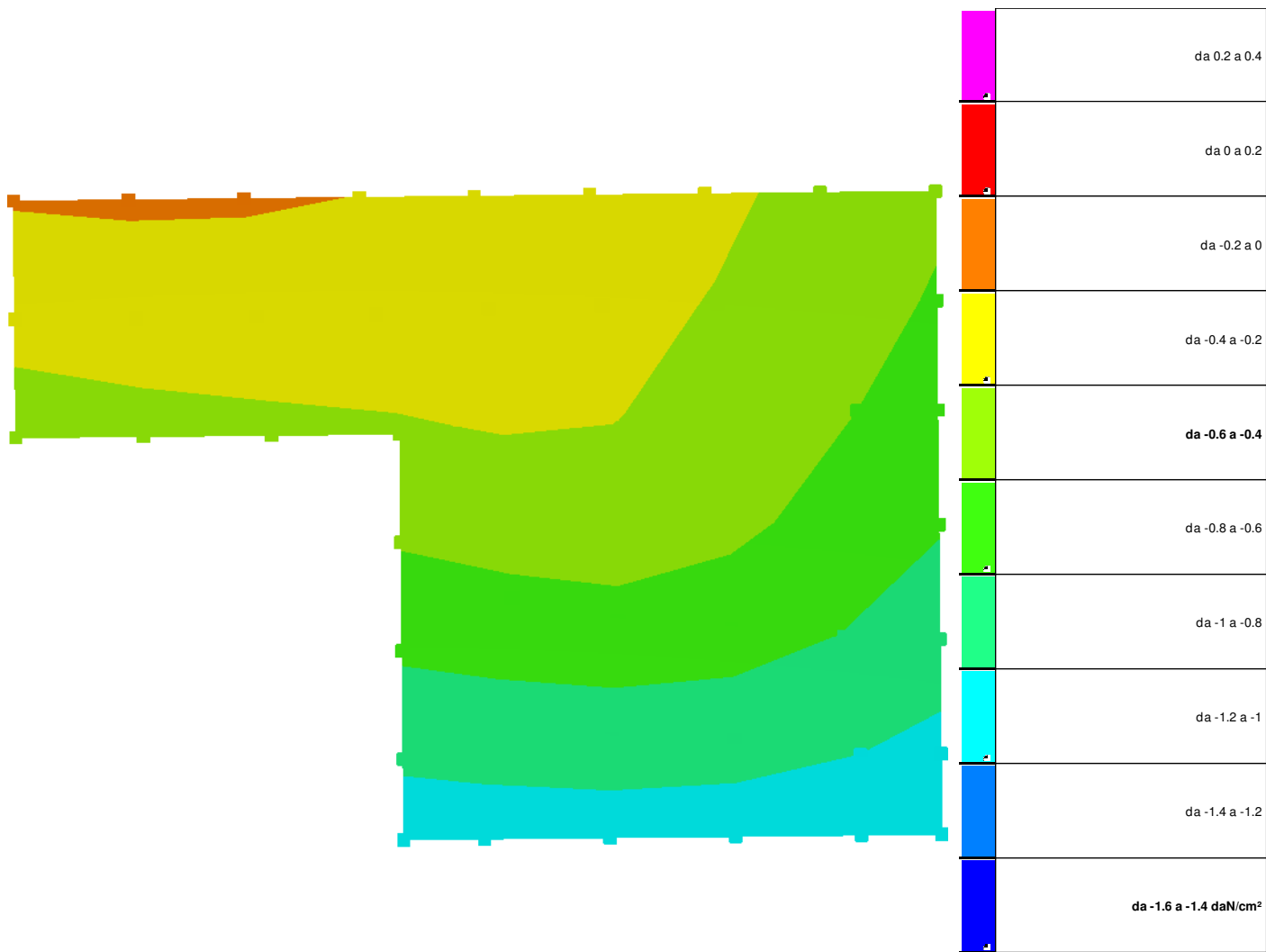
Compressione estrema massima -1.14341 al nodo di indice 7, di coordinate x = 252, y = -7, z = -15, nel contesto SLV fondazioni 9.

Spostamento estremo minimo -0.38114 al nodo di indice 7, di coordinate x = 252, y = -7, z = -15, nel contesto SLV fondazioni 9.

Spostamento estremo massimo 0.02856 al nodo di indice 61, di coordinate x = -200, y = 301, z = -15, nel contesto SLV fondazioni 13.

Nodo Ind.	Cont.	Pressione minima		Pressione massima		
		uz	Valore	Cont.	uz	Valore
2	SLV FO 5	-0.3562	-1.0686	SLV FO 11	-0.16016	-0.48047
3	SLV FO 5	-0.3532	-1.05959	SLV FO 11	-0.17784	-0.53353
4	SLV FO 5	-0.35175	-1.05525	SLV FO 11	-0.20262	-0.60787
5	SLV FO 9	-0.3558	-1.06739	SLV FO 7	-0.22229	-0.66688
6	SLV FO 9	-0.36868	-1.10603	SLV FO 7	-0.23365	-0.70095
7	SLV FO 9	-0.38114	-1.14341	SLV FO 7	-0.23719	-0.71158
14	SLV FO 5	-0.30893	-0.92679	SLV FO 11	-0.1467	-0.4401
16	SLV FO 5	-0.30487	-0.91462	SLV FO 11	-0.16445	-0.49336
17	SLV FO 9	-0.32427	-0.97282	SLV FO 7	-0.21672	-0.65015
19	SLV FO 13	-0.34109	-1.02327	SLV FO 3	-0.21709	-0.65126
20	SLV FO 9	-0.29759	-0.89276	SLV FO 7	-0.20371	-0.61113
21	SLV FO 5	-0.29076	-0.87229	SLV FO 11	-0.18566	-0.55698
22	SLV FO 5	-0.24639	-0.73918	SLV FO 11	-0.12817	-0.38452
25	SLV FO 13	-0.29237	-0.87711	SLV FO 3	-0.18097	-0.54291
26	SLV FO 13	-0.26244	-0.78733	SLV FO 3	-0.18398	-0.55194
27	SLV FO 9	-0.23229	-0.69687	SLV FO 7	-0.18024	-0.54071
28	SLV FO 5	-0.2179	-0.65371	SLV FO 11	-0.16535	-0.49606
29	SLV FO 5	-0.208	-0.62399	SLV FO 11	-0.14173	-0.42519
30	SLV FO 1	-0.18761	-0.56282	SLV FO 15	-0.10583	-0.31748
32	SLV FO 15	-0.25216	-0.75648	SLV FO 1	-0.13677	-0.4103
33	SLV FO 15	-0.21903	-0.65709	SLV FO 1	-0.14201	-0.42602
34	SLV FO 13	-0.18237	-0.5471	SLV FO 3	-0.14635	-0.43904
36	SLV FO 1	-0.16451	-0.49352	SLV FO 15	-0.1247	-0.3741
37	SLV FO 5	-0.15674	-0.47022	SLV FO 11	-0.147	-0.44101
38	SLV FO 1	-0.17245	-0.51734	SLV FO 15	-0.03303	-0.0991
40	SLV FO 1	-0.15324	-0.45971	SLV FO 15	-0.04827	-0.14482
41	SLV FO 1	-0.14197	-0.42592	SLV FO 15	-0.06077	-0.1823
42	SLV FO 3	-0.13471	-0.40412	SLV FO 13	-0.07792	-0.23376
43	SLV FO 7	-0.12266	-0.36797	SLV FO 9	-0.08978	-0.26934
44	SLV FO 15	-0.12836	-0.38508	SLV FO 1	-0.0955	-0.28651
45	SLV FO 15	-0.15343	-0.4603	SLV FO 1	-0.09423	-0.28268
46	SLV FO 15	-0.19306	-0.57919	SLV FO 1	-0.08961	-0.26883
48	SLV FO 15	-0.21991	-0.65972	SLV FO 1	-0.08465	-0.25394
50	SLV FO 1	-0.1174	-0.35221	SLV FO 15	-0.00621	-0.01863
52	SLV FO 3	-0.10125	-0.30376	SLV FO 13	-0.01791	-0.05373
53	SLV FO 3	-0.09236	-0.27707	SLV FO 13	-0.02561	-0.07683
54	SLV FO 7	-0.09046	-0.27138	SLV FO 9	-0.03149	-0.09446
55	SLV FO 7	-0.09382	-0.28146	SLV FO 9	-0.03434	-0.10301
56	SLV FO 11	-0.10726	-0.32179	SLV FO 5	-0.03439	-0.10316
57	SLV FO 11	-0.1294	-0.38821	SLV FO 5	-0.03532	-0.10595
58	SLV FO 15	-0.16077	-0.48231	SLV FO 1	-0.03463	-0.10388
60	SLV FO 15	-0.19396	-0.58189	SLV FO 1	-0.03003	-0.0901
61	SLV FO 3	-0.07021	-0.21063	SLV FO 13	0.02856	0.08569
63	SLV FO 3	-0.05866	-0.17597	SLV FO 13	0.02198	0.06595
64	SLV FO 7	-0.05439	-0.16318	SLV FO 9	0.02069	0.06206
65	SLV FO 7	-0.05925	-0.17775	SLV FO 9	0.02376	0.07129
66	SLV FO 7	-0.06794	-0.20383	SLV FO 9	0.02466	0.07399
67	SLV FO 11	-0.08514	-0.25542	SLV FO 5	0.02698	0.08093
68	SLV FO 11	-0.10725	-0.32175	SLV FO 5	0.026	0.07799
69	SLV FO 11	-0.13729	-0.41187	SLV FO 5	0.02588	0.07765
71	SLV FO 11	-0.17152	-0.51455	SLV FO 5	0.02817	0.08452

8.4 Pressioni terreno in SLE/SLD



Rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno in famiglie SLE/SLD.

Nodo: Nodo che interagisce col terreno.

Ind.: indice del nodo.

Pressione minima: situazione in cui si verifica la pressione minima nel nodo.

Cont.: nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione minima.

uz: spostamento massimo verticale del nodo. [cm]

Valore: pressione minima sul terreno del nodo. [daN/cm²]

Pressione massima: situazione in cui si verifica la pressione massima nel nodo.

Cont.: nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione massima.

uz: spostamento minimo verticale del nodo. [cm]

Valore: pressione massima sul terreno del nodo. [daN/cm²]

Compressione estrema massima -1.18267 al nodo di indice 7, di coordinate x = 252, y = -7, z = -15, nel contesto SLD 9.

Spostamento estremo minimo -0.39422 al nodo di indice 7, di coordinate x = 252, y = -7, z = -15, nel contesto SLD 9.

Spostamento estremo massimo 0.04501 al nodo di indice 71, di coordinate x = 249, y = 306, z = -15, nel contesto SLD 5.

Nodo Ind.	Cont.	Pressione minima		Pressione massima		
		uz	Valore	uz	Valore	
2	SLD 5	-0.37341	-1.12023	SLD 11	-0.14295	-0.42884
3	SLD 5	-0.36859	-1.10576	SLD 11	-0.16245	-0.48736
4	SLD 5	-0.36484	-1.09452	SLD 11	-0.18953	-0.5686
5	SLD 9	-0.36803	-1.10408	SLD 7	-0.21006	-0.63018
6	SLD 9	-0.38099	-1.14298	SLD 7	-0.22133	-0.664
7	SLD 9	-0.39422	-1.18267	SLD 7	-0.22411	-0.67232
14	SLD 5	-0.32326	-0.96979	SLD 11	-0.13236	-0.39709
16	SLD 5	-0.31729	-0.95188	SLD 11	-0.15204	-0.45611
17	SLD 9	-0.33397	-1.00191	SLD 7	-0.20702	-0.62106
19	SLD 13	-0.35224	-1.05672	SLD 3	-0.20594	-0.61781
20	SLD 9	-0.30607	-0.91821	SLD 7	-0.19523	-0.58568
21	SLD 5	-0.30011	-0.90032	SLD 11	-0.17632	-0.52895
22	SLD 5	-0.25699	-0.77097	SLD 11	-0.11758	-0.35273
25	SLD 13	-0.30167	-0.905	SLD 3	-0.17168	-0.51503
26	SLD 13	-0.26885	-0.80656	SLD 3	-0.17757	-0.53271
27	SLD 9	-0.2368	-0.71039	SLD 7	-0.17573	-0.5272
28	SLD 5	-0.22279	-0.66836	SLD 11	-0.16047	-0.4814
29	SLD 5	-0.21411	-0.64234	SLD 11	-0.13561	-0.40684
30	SLD 1	-0.19557	-0.5867	SLD 15	-0.09787	-0.2936
32	SLD 15	-0.26108	-0.78325	SLD 1	-0.12784	-0.38353
33	SLD 15	-0.22455	-0.67366	SLD 1	-0.13649	-0.40946
34	SLD 13	-0.18424	-0.55271	SLD 3	-0.14448	-0.43343

Nodo Ind.	Cont.	Pressione minima		Pressione massima		
		uz	Valore	uz	Valore	
36	SLD 1	-0.16919	-0.50758	SLD 15	-0.12001	-0.36003
37	SLD 5	-0.15802	-0.47405	SLD 11	-0.14573	-0.43719
38	SLD 1	-0.16719	-0.50158	SLD 15	-0.03829	-0.11486
40	SLD 1	-0.15519	-0.46558	SLD 15	-0.04632	-0.13895
41	SLD 1	-0.14785	-0.44354	SLD 15	-0.05489	-0.16468
42	SLD 3	-0.14102	-0.42305	SLD 13	-0.07161	-0.21484
43	SLD 3	-0.12631	-0.37893	SLD 13	-0.08613	-0.25839
44	SLD 11	-0.1305	-0.39151	SLD 5	-0.09336	-0.28008
45	SLD 11	-0.15679	-0.47036	SLD 5	-0.09088	-0.27263
46	SLD 15	-0.20021	-0.60062	SLD 1	-0.08247	-0.2474
48	SLD 15	-0.22989	-0.68967	SLD 1	-0.07467	-0.224
50	SLD 1	-0.11011	-0.33034	SLD 15	-0.0135	-0.0405
52	SLD 3	-0.10139	-0.30418	SLD 13	-0.01777	-0.05331
53	SLD 3	-0.09698	-0.29095	SLD 13	-0.02099	-0.06296
54	SLD 7	-0.09623	-0.28868	SLD 9	-0.02572	-0.07716
55	SLD 7	-0.09995	-0.29986	SLD 9	-0.0282	-0.08461
56	SLD 11	-0.11288	-0.33864	SLD 5	-0.02877	-0.08631
57	SLD 11	-0.13694	-0.41081	SLD 5	-0.02778	-0.08334
58	SLD 11	-0.17107	-0.51321	SLD 5	-0.02433	-0.07298
60	SLD 15	-0.20583	-0.61749	SLD 1	-0.01817	-0.0545
61	SLD 3	-0.06253	-0.18758	SLD 13	0.02088	0.06264
63	SLD 3	-0.0589	-0.17669	SLD 13	0.02222	0.06667
64	SLD 7	-0.06082	-0.18246	SLD 9	0.02711	0.08133
65	SLD 7	-0.06734	-0.20201	SLD 9	0.03185	0.09554
66	SLD 7	-0.07729	-0.23187	SLD 9	0.03401	0.10203
67	SLD 11	-0.09401	-0.28203	SLD 5	0.03585	0.10754
68	SLD 11	-0.11805	-0.35414	SLD 5	0.0368	0.11039
69	SLD 11	-0.15083	-0.45248	SLD 5	0.03942	0.11826
71	SLD 11	-0.18836	-0.56507	SLD 5	0.04501	0.13504

8.5 Cedimenti fondazioni superficiali

Nodo: nodo che interagisce col terreno.

Ind.: indice del nodo.

spostamento nodale massimo: situazione in cui si verifica lo spostamento massimo verticale nel nodo calcolato dal solutore ad elementi finiti. Lo spostamento massimo con segno è quello con valore massimo lungo l'asse Z, dove valori positivi rappresentano spostamenti verso l'alto.

Cont.: nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce lo spostamento.

uz: spostamento verticale del nodo calcolato dal solutore ad elementi finiti. Lo spostamento è dotato di segno. [cm]

Press.: pressione sul terreno corrispondente allo spostamento. Valori positivi indicano trazione, valori negativi indicano compressione. [daN/cm²]

spostamento nodale minimo: situazione in cui si verifica lo spostamento minimo verticale del nodo calcolato dal solutore ad elementi finiti. Lo spostamento minimo con segno è quello con valore minimo lungo l'asse Z, dove valori negativi rappresentano spostamenti verso il basso.

Cont.: nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce lo spostamento.

uz: spostamento verticale del nodo calcolato dal solutore ad elementi finiti. Lo spostamento è dotato di segno. [cm]

Press.: pressione sul terreno corrispondente allo spostamento. Valori positivi indicano trazione, valori negativi indicano compressione. [daN/cm²]

Cedimento elastico: cedimento teorico elastico massimo.

Cont.: nome breve della combinazione di carico in cui è stato calcolato il cedimento teorico elastico massimo.

v.: valore del cedimento teorico elastico massimo. [cm]

Cedimento edometrico: cedimento teorico edometrico massimo.

Cont.: nome breve della combinazione di carico in cui è stato calcolato il cedimento teorico edometrico massimo.

v.: valore del cedimento teorico edometrico massimo. [cm]

Cedimento di consolidazione: cedimento teorico di consolidazione massimo.

Cont.: nome breve della combinazione di carico in cui è stato calcolato il cedimento teorico di consolidazione massimo.

v.: valore del cedimento teorico di consolidazione massimo. [cm]

Spostamento estremo minimo -0.39422 al nodo di indice 7, di coordinate x = 252, y = -7, z = -15, nel contesto SLD 9.

Spostamento estremo massimo 0.04501 al nodo di indice 71, di coordinate x = 249, y = 306, z = -15, nel contesto SLD 5.

Nodo Ind.	spostamento nodale massimo			spostamento nodale minimo			Cedimento elastico		Cedimento edometrico		Cedimento di consolidazione	
	Cont.	uz	Press.	Cont.	uz	Press.	Cont.	v.	Cont.	v.	Cont.	v.
2	SLD 11	-0.14295	-0.42884	SLD 5	-0.37341	-1.12023						
3	SLD 11	-0.16245	-0.48736	SLD 5	-0.36859	-1.10576						
4	SLD 11	-0.18953	-0.5686	SLD 5	-0.36484	-1.09452						
5	SLD 7	-0.21006	-0.63018	SLD 9	-0.36803	-1.10408						
6	SLD 7	-0.22133	-0.664	SLD 9	-0.38099	-1.14298						
7	SLD 7	-0.22411	-0.67232	SLD 9	-0.39422	-1.18267						
14	SLD 11	-0.13236	-0.39709	SLD 5	-0.32326	-0.96979						
16	SLD 11	-0.15204	-0.45611	SLD 5	-0.31729	-0.95188						
17	SLD 7	-0.20702	-0.62106	SLD 9	-0.33397	-1.00191						
19	SLD 3	-0.20594	-0.61781	SLD 13	-0.35224	-1.05672						
20	SLD 7	-0.19523	-0.58568	SLD 9	-0.30607	-0.91821						
21	SLD 11	-0.17632	-0.52895	SLD 5	-0.30011	-0.90032						
22	SLD 11	-0.11758	-0.35273	SLD 5	-0.25699	-0.77097						
25	SLD 3	-0.17168	-0.51503	SLD 13	-0.30167	-0.905						
26	SLD 3	-0.17757	-0.53271	SLD 13	-0.26885	-0.80656						
27	SLD 7	-0.17573	-0.5272	SLD 9	-0.2368	-0.71039						
28	SLD 11	-0.16047	-0.4814	SLD 5	-0.22279	-0.66836						
29	SLD 11	-0.13561	-0.40684	SLD 5	-0.21411	-0.64234						
30	SLD 15	-0.09787	-0.2936	SLD 1	-0.19557	-0.5867						
32	SLD 1	-0.12784	-0.38353	SLD 15	-0.26108	-0.78325						
33	SLD 1	-0.13649	-0.40946	SLD 15	-0.22455	-0.67366						
34	SLD 3	-0.14448	-0.43343	SLD 13	-0.18424	-0.55271						
36	SLD 15	-0.12001	-0.36003	SLD 1	-0.16919	-0.50758						
37	SLD 11	-0.14573	-0.43719	SLD 5	-0.15802	-0.47405						
38	SLD 15	-0.03829	-0.11486	SLD 1	-0.16719	-0.50158						
40	SLD 15	-0.04632	-0.13895	SLD 1	-0.15519	-0.46558						
41	SLD 15	-0.05489	-0.16468	SLD 1	-0.14785	-0.44354						
42	SLD 13	-0.07161	-0.21484	SLD 3	-0.14102	-0.42305						
43	SLD 13	-0.08613	-0.25839	SLD 3	-0.12631	-0.37893						
44	SLD 5	-0.09336	-0.28008	SLD 11	-0.1305	-0.39151						
45	SLD 5	-0.09088	-0.27263	SLD 11	-0.15679	-0.47036						
46	SLD 1	-0.08247	-0.2474	SLD 15	-0.20021	-0.60062						
48	SLD 1	-0.07467	-0.224	SLD 15	-0.22989	-0.68967						
50	SLD 15	-0.0135	-0.0405	SLD 1	-0.11011	-0.33034						

Nodo Ind.	spostamento nodale massimo			spostamento nodale minimo			Cedimento elastico		Cedimento edometrico		Cedimento di consolidazione	
	Cont.	uz	Press.	Cont.	uz	Press.	Cont.	v.	Cont.	v.	Cont.	v.
52	SLD 13	-0.01777	-0.05331	SLD 3	-0.10139	-0.30418						
53	SLD 13	-0.02099	-0.06296	SLD 3	-0.09698	-0.29095						
54	SLD 9	-0.02572	-0.07716	SLD 7	-0.09623	-0.28868						
55	SLD 9	-0.02882	-0.08461	SLD 7	-0.09995	-0.29986						
56	SLD 5	-0.02877	-0.08631	SLD 11	-0.11288	-0.33864						
57	SLD 5	-0.02778	-0.08334	SLD 11	-0.13694	-0.41081						
58	SLD 5	-0.02433	-0.07298	SLD 11	-0.17107	-0.51321						
60	SLD 1	-0.01817	-0.0545	SLD 15	-0.20583	-0.61749						
61	SLD 13	0.02088	0.06264	SLD 3	-0.06253	-0.18758						
63	SLD 13	0.02222	0.06667	SLD 3	-0.0589	-0.17669						
64	SLD 9	0.02711	0.08133	SLD 7	-0.06082	-0.18246						
65	SLD 9	0.03185	0.09554	SLD 7	-0.06734	-0.20201						
66	SLD 9	0.03401	0.10203	SLD 7	-0.07729	-0.23187						
67	SLD 5	0.03585	0.10754	SLD 11	-0.09401	-0.28203						
68	SLD 5	0.0368	0.11039	SLD 11	-0.11805	-0.35414						
69	SLD 5	0.03942	0.11826	SLD 11	-0.15083	-0.45248						
71	SLD 5	0.04501	0.13504	SLD 11	-0.18836	-0.56507						

9 Conclusioni e prescrizioni tecniche

Da quanto sopra, si può asserire che la fondazione così progettata è adeguata a sostenere i carichi geotecnici della struttura.