

COMMITTENTE:



RETE FERROVIARIA ITALIANA S.P.A.

VICE DIREZIONE GENERALE NETWORK MANAGEMENT INFRASTRUTTURE
DIREZIONE INVESTIMENTI - PROGRAMMI SOPPRESSIONE P.L. E RISANAMENTO ACUSTICO

SOGGETTO TECNICO:

RFI - VICE DIREZIONE GENERALE NETWORK MANAGEMENT INFRASTRUTTURE
DIREZIONE INVESTIMENTI PROGRAMMI SOPPRESSIONE P.L. E RISANAMENTO ACUSTICO
PM PORTAFOGLIO NORD-EST

PROGETTAZIONE:

STUDIO CATALANO Srl

Servizi di ingegneria

Via Valloncello 109b , Vasto (Ch)

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA COLICO-SONDRIO
SOPPRESSIONE DEL PASSAGGIO A LIVELLO AL KM 26+055
COMUNE DI COLORINA (SO)

STRUTTURE
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

SCALA:	-
Foglio	- di -

PROGETTO/ANNO	SOTTOPR.	LIVELLO	NOME DOC.	PROGR.OP.	FASE FUNZ.	NUMERAZ.
3 2 6 3 2 2	0 0 4	PD	TG00	0 1	0 0	E 0 1 8

	Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato P.S.	Data	Approvato D.T.	Data	Autorizzato R.I.P.S.	Data
Appaltatore	A	Emissione	Ing. S.VIZZARRI	22/07/2022	Ing. ANICCI	22/07/2022	Ing. F. CATALANO	22/07/2022	Ing. L. SILVESTRI	22/07/2022
R.F.I.	A	Emissione			L. Dell'Osso		G. Tamburo		C. De Gregorio	

POSIZIONE ARCHIVIO	LINEA	SEDE TECN.	NOME DOC.	NUMERAZ.		
	Verificato e trasmesso	Data	Convalidato	Data	Archiviato	Data

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Sommario

1	PREMESSA.....	3
2	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI.....	5
3	NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	5
4	MATERIALI.....	6
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	7
6	CARICHI.....	8
7	STRUMENTI DI CALCOLO.....	9
8	DIMENSIONAMENTO TRAVE DI MANOVRA E ROSTRO.....	10
9	DIMENSIONAMENTO PLATEA DI VARO E MURO REGGISPINTA.....	29
10	PARATIA PALI Ø1200.....	37
10.1	SINTESI DEI RISULTATI.....	54
11	PARATIA PALI Ø1000.....	58
11.1	SINTESI DEI RISULTATI.....	70
12	PARATIA PALI Ø800.....	74
12.1	SINTESI DEI RISULTATI.....	86
13	TAPPO DI FONDO IN JET GROUTING.....	90

1 PREMESSA

Il passaggio a livello da sopprimere è posto al km 26+055 della linea ferroviaria Colico-Sondrio; l'infrastruttura ferroviaria, a singolo binario, si sviluppa in direzione est-ovest parallelamente alla Strada Statale n. 38 dello Stelvio ed è attraversata a raso da Via Piani Selvetta.

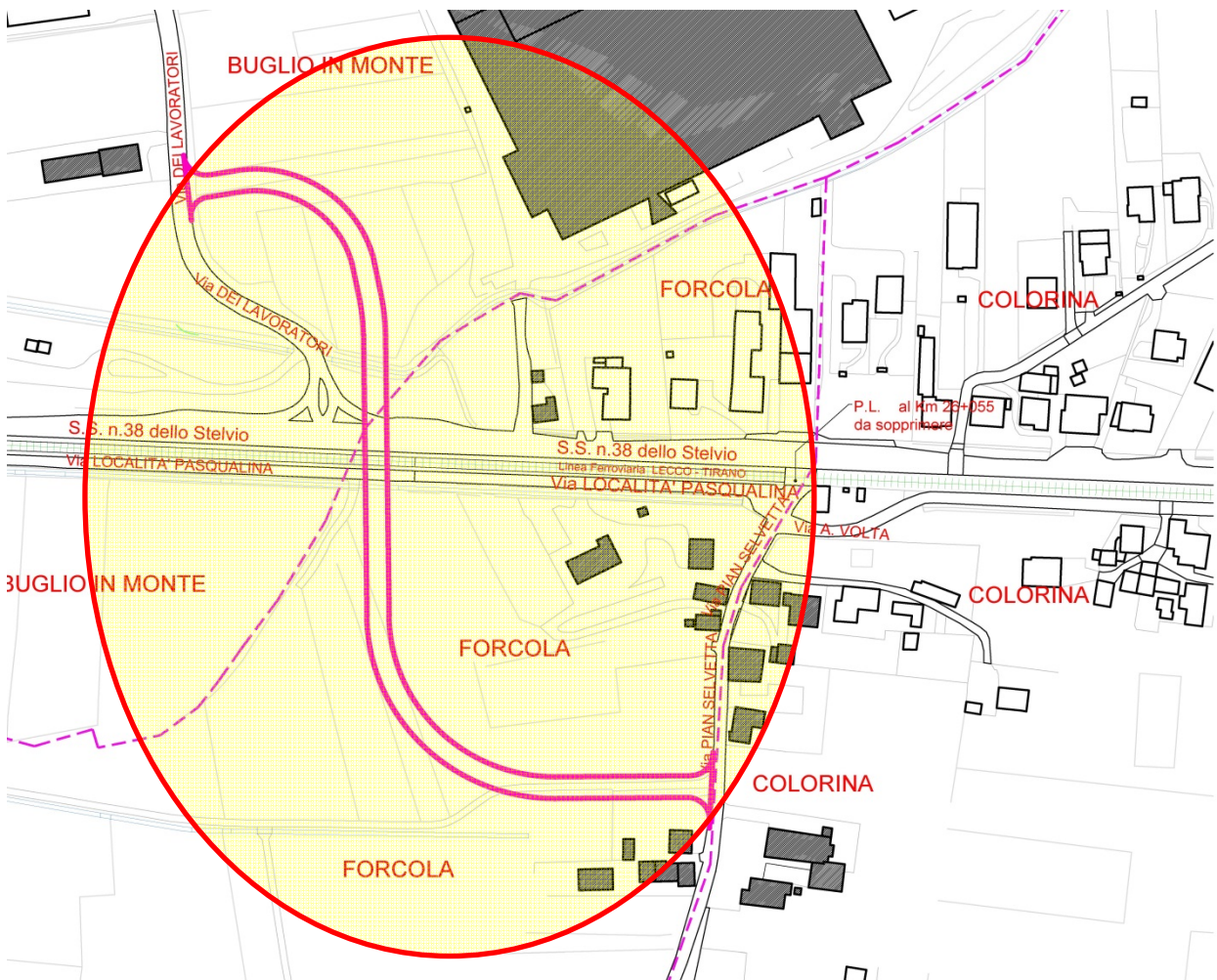


Passaggio a livello al km 26+055 da sopprimere

Come si vede nella foto, via Piani Selvetta è una viabilità locale che si immette direttamente sulla strada Statale appena dopo il passaggio a livello, creando una situazione potenzialmente pericolosa.



Inquadramento territoriale



Ambito di intervento

2 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Nella presente relazione sono descritti gli interventi strutturali provvisori previsti nel progetto, costituiti da:

- Rostro, platea di varo e muro reggispinta;
- Paratie di pali.

3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

La presente relazione fa riferimento alle seguenti Normative:

- 1) Decreto 17 gennaio 2018 Norme tecniche per le costruzioni;
- 2) Circolare 21 gennaio 2019 n.7: Istruzione per l'applicazione delle " *Norme tecniche per le costruzioni*";
- 3) UNI EN 206-1-2001: Calcestruzzo. " *Specificazione, prestazione, produzione e conformità*".
- 4) RFI DTC-INC-CS SP IFS 001 A – Specifica per la progettazione geotecnica delle opere ferroviarie;
- 5) UNI EN 206-1-2001: Calcestruzzo. " *Specificazione, prestazione, produzione e conformità*".
- 6) RFI DTC SI MA IFS 001 D – " *Manuale di progettazione delle opere civili*" del 20 12 2019;
- 7) RFI DTC SI SP IFS 001 D – " *Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili*"

4 MATERIALI

Per la realizzazione delle opere di si utilizzeranno i seguenti materiali definiti anche in base all'analisi delle caratteristiche dell'ambiente in cui verranno realizzate .Si individua come classe di esposizione del calcestruzzo secondo la UNI 11104 e UNI EN 206.

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E PRESCRIZIONI

CALCESTRUZZI A PRESTAZIONE GARANTITA(UNI EN 206:2016):

- Calcestruzzo C12/15 PER STRUTTURE DI SOTTOFONDAZIONE
 classe d'esposizione X0 (Prospetto 4 UNI 11104:2016)
 resistenza caratteristica cubica $R'_{ck} \geq 15\text{MPa}$
 rapporto A/C $\leq 0,60$
 dosaggio di cemento $\geq 200\text{kg/mc}$
 cemento TIPO II 32,5 (UNI EN 450)
 consistenza semifluida S3
 diametro massimo inerte 25 mm
 contenuto massimo di cloruri rispetto alla massa del cemento: 1,00%
- Calcestruzzo C28/35 PER FONDAZIONI RAMPE E VANO POMPE
 classe d'esposizione XC2 (Prospetto 4 UNI 11104)
 resistenza caratteristica cubica $R'_{ck} \geq 35\text{MPa}$
 rapporto A/C $\leq 0,60$
 (utilizzare nel mix-design additivo impermeabilizzante in polvere tipo "PENETRON")
 dosaggio di cemento $\geq 300\text{kg/mc}$
 cemento TIPO II 42,5 (UNI EN 450)
 consistenza fluida S4
 diametro massimo inerte 20 mm
 contenuto massimo di cloruri rispetto alla massa del cemento: 0.20%
 copriferro nominale: 40 mm
- Calcestruzzo C32/40 PER ELEVAZIONI E SCATOLARI
 classe d'esposizione XC4 (Prospetto 4 UNI 11104)
 resistenza caratteristica cubica $R'_{ck} \geq 40\text{MPa}$
 rapporto A/C $\leq 0,50$
 (utilizzare nel mix-design additivo impermeabilizzante in polvere tipo "PENETRON")
 dosaggio di cemento $\geq 340\text{kg/mc}$
 cemento TIPO II 42,5 (UNI EN 450)
 consist. fluida S4
 diametro massimo inerte 20 mm
 contenuto massimo di cloruri rispetto alla massa del cemento: 0.20%
 copriferro nominale: 40 mm
- Calcestruzzo C25/30 PER PALI, CORDOLI PARATIE, PLATEA DI VARO E MURO REGGISPIANTA
 classe d'esposizione XC2 (Prospetto 4 UNI 11104)
 resistenza caratteristica cubica $R'_{ck} \geq 30\text{MPa}$
 rapporto A/C $\leq 0,60$
 dosaggio di cemento $\geq 300\text{kg/mc}$
 cemento TIPO II 42,5 (UNI EN 450)
 consist. fluida S4
 diametro massimo inerte 20 mm
 contenuto massimo di cloruri rispetto alla massa del cemento: 0.20%
 copriferro nominale: 30 mm
- Calcestruzzo PER PALI DI TIPO PLASTICO
 dosaggio di cemento $\geq 250\text{kg/mc}$
 cemento TIPO II 42,5 (UNI EN 450)
 acqua $\geq 850\text{kg/mc}$
 bentonite $\geq 70\text{kg/mc}$
 Resistenza a compressione dopo 28gg. $\geq 1.00\text{ N/mm}^2$
 Permeabilità dopo 28gg. $< 10^{-8}\text{ m/s}$

REGOLE DI MATURAZIONE UMIDA:

- DURATA MINIMA DELLA MATURAZIONE UMIDA: 7gg dal getto
- TEMPO MINIMO DI DISARMO STRUTTURE: 28gg dal getto

PROCEDURA DI MESSA IN OPERA:

- TEMPO DI ATTESA MASSIMO DEL CLS IN BETONIERA:
 - 60 minuti dall'arrivo in cantiere
 - 90 minuti dalla preparazione dell'impasto all'impianto
- ALTEZZA MASSIMA DI CADUTA DEL GETTO: 80cm

ACCIAIO D'ARMATURA B 450 C:

- BARRE DI ACCIAIO AD ADERENZA MIGLIORATA CONTROLLATO IN STABILIMENTO

- tensione caratt. di rottura: $f_{tk} \geq 540\text{ MPa}$
 tensione caratt. di snervamento: $f_{yk} \geq 450\text{ MPa}$
 modulo di Young $E_s = 206.000,00\text{ MPa}$
 che soddisfisi i seguenti rapporti minimi:
- $f_{yk} > f_y\text{ nom}$ (frattile 5%)
 $f_{tk} > f_t\text{ nom}$ (frattile 5%)
 $(A_{gt})_k \geq 7,50\%$ (frattile 10%)
 $(f_{y,eff} / f_{y,nom})_k \leq 1,25$ (frattile 10%)
 $1,15 \leq (f_t / f_y)_k < 1,35$ (frattile 10%)

ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA PUNTONI

NORMA UNI EN 10210

- ACCIAIO S275

- tensione caratt. di rottura: $f_{tk} \geq 430\text{ MPa}$
 tensione caratt. di snervamento: $f_{yk} \geq 275\text{ MPa}$
 modulo di Young $E_s = 206.000,00\text{ MPa}$

- BULLONI VITI-DADI CLASSE 8.8

(NORMA UNI EN ISO 898-1:2013)

- $f_{tkb} =$ tensione a rottura = 800,00 MPa
 $f_{ykb} =$ tensione di snervamento = 640,00 MPa


- SALDATURE

CLASSE SECONDO UNI 5132

In riferimento alla tabella 11.3.XII del T.U.2018 si prescrive:
 $f_d =$ materiale base S275J2H = 275,00 Mpa

- livello COMPLETO dei requisiti di qualità secondo la norma UNI EN ISO 3834-2
- livello COMPLETO di conoscenza tecnica del personale di coordinamento della saldatura secondo la norma UNI EN 14731:2007

Tutte le saldature devo essere eseguite nel rispetto dell'istruzione FS44S

 Altezza di gola (a) - ove non diversamente indicato = 0.7 x spess. min dell'elemento da saldare

BARRE CORRENTI:

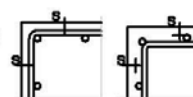
- SOVRAPPOSIZIONE MINIMA ARMATURA PRINCIPALE 50 ϕ (ove non diversamente indicato)
- SOVRAPPOSIZIONE MINIMA ARMATURA DI RIPARTIZIONE 40 ϕ
- SOVRAPPOSIZIONI ALTERNATE (max 25% nella stessa sez.)

NOTA PIEGATURA FERRI

- $D_{mandrino} = 4\phi$ PER BARRE $\leq \phi 16$
 $D_{mandrino} = 7\phi$ PER BARRE $> \phi 16$

COPRIFERRI ARMATURA LENTA

- IL COPRIFERRO E' RIFERITO AL BORDO DEL FERRO PIU' ESTERNO
- IL COPRIFERRO VIENE DEFINITO COME INDICATO NEGLI SCHEMI



- IN FASE DI REALIZZAZIONE DOVRA' ESSERE VERIFICATO PREVENTIVAMENTE IL RISCONTRO TRA LE QUOTE DI PROGETTO E QUELLE IN SITO

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Il presente progetto è stato sviluppato sulla base della relazione geologica e geotecnica allegata al progetto, redatta dal Geologo Vincenzo Tiracchia.

Opportune valutazioni, portano a considerare i successivi parametri fisico meccanico del sottosuolo, che saranno assunti per le calcolazioni delle opere interagenti con i terreni.

Livello litologico n.1 (da 0.00m a 2.80m)= Limo sabbioso variamente argilloso

- peso specifico: γ_t naturale = 14.00 kN/m³
- angolo di attrito: $\varphi' = 20.48^\circ$
- coesione: $c' = 0$ Kg/cm²

Livello litologico n.2 (da 2.80m a 12.00m)= Ghiaie e sabbie ghiaiose

- peso specifico: γ_t naturale = 17.30 kN/m³
- angolo di attrito: $\varphi' = 27.25^\circ$
- coesione: $c' = 0$ Kg/cm²

Livello litologico n.3 (da 12.00m a 24.90m)= Sabbia

- peso specifico: γ_t naturale = 18.90 kN/m³
- angolo di attrito: $\varphi' = 30.25^\circ$
- coesione: $c' = 0$ Kg/cm²

Inoltre, la quota di falda è assunta a -0.50 m dal PC.

6 CARICHI

Di seguito sono riportati i carichi necessari ai fini della verifica dei vari elementi strutturali.

- PERMANENTE STRUTTURALE

Peso C.A. 2500 kg/m³;

- PERMANENTI PORTATI

Rilevato stradale 1800 kg/m³;

- SOVRACCARICO STRADALE

Il carico relativo al traffico stradale si considera pari a 2000 Kg/m².

- SOVRACCARICO ACCIDENTALE

Sovraccarico accidentale di affollamento pari a 500 Kg/m² (par. § 3.1.4. N.T.C. 2018);

Sovraccarico accidentale mezzi di lavoro a monte delle paratie pari a 1000 Kg/m².

- SOVRACCARICO FERROVIARIO

L'azione dovuta al sovraccarico sul terrapieno sarà di tipo rettangolare e la condizione più sfavorevole è generata dagli assi del treno LM71.

Sulla base di dette considerazioni si ha:

$$q_v = 250 / (1.60 * 3.00) * 1.1 = \mathbf{57.29 \text{ KN/mq}}$$

(il carico viene ripartito su una striscia di larghezza pari a 3.00 ml come da norma specifica par. 5.2.2.2.1.5 del DM 2018).

7 STRUMENTI DI CALCOLO

La presente relazione di calcolo è stata redatta con l'utilizzo del seguente supporto: sistemi operativi e pacchetti applicativi microsoft office (word, excel), e software per l'ingegneria .

Come previsto al punto 10.2 delle norme tecniche di cui al D.M. 17.01.2018 l'affidabilità dei codici utilizzati sono stati verificati sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dai produttori stessi.

I software sono inoltre dotati di filtri e controlli di autodiagnostica che agiscono a vari livelli sia della definizione del modello che del calcolo vero e proprio.

I controlli vengono visualizzati, sotto forma di tabulati, di videate a colori o finestre di messaggi.

Analisi e Calcolo Paratie

Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto STUDIO CATALANO, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni. L'analisi strutturale è condotta con l'analisi statica non-lineare, utilizzando il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato limite indotto dai carichi statici. L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti, schematizzando la struttura in elementi lineari e nodi. Le incognite del problema sono le componenti di spostamento in corrispondenza di ogni nodo (2 spostamenti e 1 rotazioni).

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	PAC - Analisi e Calcolo Paratie
Versione	16,0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	STUDIO CATALANO S.R.L.
Licenza	AIU58027S

Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

8 DIMENSIONAMENTO TRAVE DI MANOVRA E ROSTRO

Per la verifica della trave di manovra si ipotizza che il convoglio più gravoso ammesso a transitare sulla linea sia una serie indefinita di locomotori E 656, costituiti da 6 assi $V_{E656} = 200$ KN posti alle distanze di 2.85, 2.35, 2.85, 2.35, 2.85 mt.

La distanza tra due assi adiacenti di due locomotori successivi è di 5.04 mt.

A vantaggio di sicurezza, ai fini della distribuzione longitudinale dei carichi assiali, ogni locomotore è considerato avente una lunghezza complessiva pari alla somma degli interassi $L_{E656} = 13.25$ mt e viene rappresentato come un carico lineare uniformemente distribuito

$$Q_{E656} = 6 V_{E656} / L_{E656} = 90 \text{ KN/m}$$

Tenendo inoltre presente che il locomotore viaggia sulle passerelle ESSEN che a loro volta sono appoggiate attraverso le travi di manovra sulle travi slitta, poste al di sopra delle travi di contromanovra e sulla soletta superiore del monolito, si stima che il carico su ogni trave slitta sia pari a **138.80 KN/m** uniformemente distribuito (Rif. Agg. '97 della Istruz. FS N° I/SC/PS-OM/2298 del 2-giu-'95).

Le travi di contromanovra, che collegano l'estremità dei taglianti, vengono calcolate come trave incastrata di luce teorica di $l_{ctm} = 9.50 + 0,55 + 0,55 = 10.60$ mt avente sezione trasversale rettangolare di larghezza $b_{ctm} = 80$ cm ed altezza $h_{ctm} = 140$ cm, soggetta oltre che al peso proprio, al carico lineare uniformemente distribuito $q_{slitta} = \mathbf{138.80 \text{ KN/m}}$.

Di seguito si riporta il calcolo.

PRE-RELAZIONE RELAZIONE GENERALE DI CALCOLO

RELAZIONE DI CALCOLO

Sono illustrati con la presente i risultati dei calcoli che riguardano il progetto delle armature, la verifica delle tensioni di lavoro dei materiali e del terreno.

- NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo, verifica e progettazione sono le Norme Tecniche per le Costruzioni emanate con il D.M. 17/01/2018 pubblicato nel suppl. 8 G.U. 42 del 20/02/2018, nonché la Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 21 Gennaio 2019, n. 7 "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni".

- METODI DI CALCOLO

I metodi di calcolo adottati per il calcolo sono i seguenti :

- 1) per i carichi statici: metodo delle deformazioni;
- 2) per i carichi sismici metodo dell'analisi modale o dell'analisi sismica statica equivalente.

Per lo svolgimento del calcolo si è accettata l'ipotesi che, in corrispondenza dei piani sismici, i solai siano infinitamente rigidi nel loro piano e che le masse ai fini del calcolo delle forze di piano siano concentrate alle loro quote.

- CALCOLO SPOSTAMENTI E CARATTERISTICHE

Il calcolo degli spostamenti e delle caratteristiche viene effettuato con il metodo degli elementi finiti (F.E.M.).

Possono essere inseriti due tipi di elementi:

- 1) Elemento monodimensionale asta ('beam') che unisce due nodi aventi ciascuno 6 gradi di libertà. Per maggiore precisione di calcolo, viene tenuta in conto anche la deformabilità a taglio e quella assiale di questi elementi. Queste aste inoltre non sono considerate flessibili da nodo a nodo ma hanno sulla parte iniziale e finale due tratti infinitamente rigidi formati dalla parte di trave inglobata nello spessore del pilastro; questi tratti rigidi forniscono al nodo una dimensione reale.
- 2) L'elemento bidimensionale shell ('quad') che unisce quattro nodi nello spazio. Il suo comportamento è duplice, funziona da lastra per i carichi agenti sul suo piano, da piastra per i carichi ortogonali.

Assemblate tutte le matrici di rigidezza degli elementi in quella della struttura spaziale, la risoluzione del sistema viene perseguita tramite il metodo di Cholesky.

Ai fini della risoluzione della struttura, gli spostamenti X e Y e le rotazioni attorno l'asse verticale Z di tutti i nodi che giacciono su di un impalcato dichiarato rigido sono mutuamente vincolati.

- RELAZIONE SUI MATERIALI

Le caratteristiche meccaniche dei materiali sono descritti nei tabulati riportati per ciascuna tipologia di materiale utilizzato.

- VERIFICHE

Le verifiche, svolte secondo il metodo degli stati limite ultimi e di esercizio, si ottengono invilupando tutte le condizioni di carico prese in considerazione.

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2021 - Lic. Nro: 23446

Pag. 1

PRE-RELAZIONE RELAZIONE GENERALE DI CALCOLO

In fase di verifica e' stato differenziato l'elemento trave dall'elemento pilastro. Nell'elemento trave le armature sono disposte in modo asimmetrico, mentre nei pilastri sono sempre disposte simmetricamente.

Per l'elemento trave, l'armatura si determina suddividendola in cinque conci in cui l'armatura si mantiene costante, valutando per tali conci le massime aree di armatura superiore ed inferiore richieste in base ai momenti massimi riscontrati nelle varie combinazioni di carico esaminate. Lo stesso criterio e' stato adottato per il calcolo delle staffe.

Anche l'elemento pilastro viene scomposto in cinque conci in cui l'armatura si mantiene costante. Vengono pero' riportate le armature massime richieste nella meta' superiore (testa) e inferiore (piede).

La fondazione su travi rovesce e' risolta contemporaneamente alla sovrastruttura tenendo in conto sia la rigidezza flettente che quella torcente, utilizzando per l'analisi agli elementi finiti l'elemento asta su suolo elastico alla Winkler.

Le travate possono incrociarsi con angoli qualsiasi e avere dei disassamenti rispetto ai pilastri su cui si appoggiano.

La ripartizione dei carichi, data la natura matriciale del calcolo, tiene automaticamente conto della rigidezza relativa delle varie travate convergenti su ogni nodo.

Le verifiche per gli elementi bidimensionali (setti) vengono effettuate sovrapponendo lo stato tensionale del comportamento a lastra e di quello a piastra. Vengono calcolate le armature delle due facce dell'elemento bidimensionale disponendo i ferri in due direzioni ortogonali.

- DIMENSIONAMENTO MINIMO DELLE ARMATURE.

Per il calcolo delle armature sono stati rispettati i minimi di legge di seguito riportati :

Travi: Area minima delle staffe pari a $1.5 \cdot b \cdot mmq/ml$, essendo b lo spessore minimo dell'anima misurato in mm, con passo non maggiore di 0.8 dell'altezza utile e con un minimo di 3 staffe al metro.
In prossimita' degli appoggi o di carichi concentrati per una lunghezza pari all'altezza utile della sezione, il passo minimo sara' 12 volte il diametro minimo dell'armatura longitudinale.
Armatura longitudinale in zona tesa $\geq 0.15\%$ della sezione di calcestruzzo. Alle estremita' e' disposta una armatura inferiore minima che possa assorbire, allo stato limite ultimo, uno sforzo di trazione uguale al taglio.
In zona sismica nelle zone critiche il passo staffe e' non superiore al minimo di:
- un quarto dell'altezza utile della sezione trasversale;
- 175 mm e 225 mm, rispettivamente per CDA e CDB;
- 6 volte e 8 volte il diametro minimo delle barre longitudinali considerate ai fini delle verifiche, rispettivamente per CDA e CDB
- 24 volte il diametro delle armature trasversali.
Le zone critiche si estendono, per CDB e CDA, per una lunghezza pari rispettivamente a 1 e 1,5 volte l'altezza della sezione della trave, misurata a partire dalla faccia del nodo trave-pilastro.
Nelle zone critiche della trave il rapporto fra l'armatura compressa e quella tesa e' maggiore o uguale a 0,5.

Pilastri: Armatura longitudinale compresa fra 0.3% e 4% della sezione effettiva e non minore di $0,10 \cdot Ned/fyd$. Barre longitudinali con diametro maggiore o uguale a 12 mm; diametro staffe maggiore o uguale a 6 mm e comunque maggiore o uguale a 1/4 del diametro max delle barre longitudinali, con interasse non maggiore di 30 cm.
In zona sismica l'armatura longitudinale e' almeno pari all'1% della sezione effettiva; il passo delle staffe di contenimento e' non superiore alla piu' piccola delle quantita' seguenti:
- 1/3 e 1/2 del lato minore della sezione trasversale, rispettivamente per CDA e CDB;
- 125 mm e 175 mm, rispettivamente per CDA e CDB;
- 6 e 8 volte il diametro delle barre longitudinali che collegano, rispettivamente per CDA e CDB.

- SISTEMI DI RIFERIMENTO

1) Sistema globale della struttura spaziale

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2021 - Lic. Nro: 23446

Pag. 2

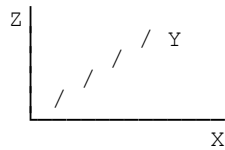
PRE-RELAZIONE RELAZIONE GENERALE DI CALCOLO

Il sistema di riferimento globale e' costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali (OXYZ) dove l'asse Z rappresenta l'asse verticale rivolto verso l'alto. Le rotazioni sono considerate positive se concordi con gli assi vettori.

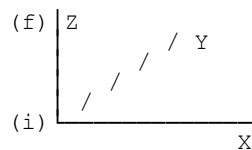
SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2021 - Lic. Nro: 23446

Pag. 3

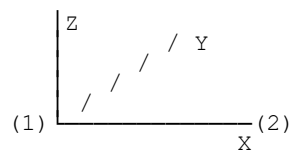
PRE-RELAZIONE RELAZIONE GENERALE DI CALCOLO

**2) Sistema locale delle aste**

Il sistema di riferimento locale delle aste, inclinate o meno, e' costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse Z coincidente con l'asse longitudinale dell'asta e orientamento dal nodo iniziale al nodo finale, gli assi X ed Y sono orientati come nell'archivio delle sezioni.

**3) Sistema locale dello shell**

Il sistema di riferimento locale dello shell e' costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse X coincidente con la direzione fra il primo ed il secondo nodo di input, l'asse Y giacente nel piano dello shell e l'asse Z in direzione dello spessore.



PRE-RELAZIONE RELAZIONE GENERALE DI CALCOLO

- UNITA' DI MISURA

Si adottano le seguenti unita' di misura:

[lunghezze] = m
[forza] = kgf / daN
[tempo] = sec
[temperat.] = °C

- CONVENZIONI SUI SEGNI

I carichi agenti sono:

- 1) - carichi e momenti distribuiti lungo gli assi coordinati;
- 2) - forze e coppie nodali concentrate sui nodi.

Le forze distribuite sono da ritenersi positive se concordi con il sistema di riferimento locale dell'asta, quelle concentrate sono positive se concordi con il sistema di riferimento globale.

I gradi di liberta' nodali sono gli omologhi agli enti forza, e quindi sono definiti positivi se concordi a questi ultimi.

PRE-RELAZIONE DATI NODI SPAZIALI

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella coordinate nodi.

Nodo3d : Numero del nodo spaziale
Coord.X : Cordinata X del punto nel sistema di riferimento globale
Coord.Y : Cordinata Y del punto nel sistema di riferimento globale
Coord.Z : Cordinata Z del punto nel sistema di riferimento globale
Filo : Numero del filo per individuare le travate in c.a.
Piano Sism.: Numero del piano rigido di appartenenza del nodo
Peso : Peso sismico del nodo; ogni canale di carico e' stato moltiplicato per il proprio coefficiente di riduzione del sovraccarico

PRE-RELAZIONE DATI ASTE SPAZIALISPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella dati di asta spaziale.

Asta3d : Numero dell'asta spaziale
Filo in. : Numero del filo del nodo iniziale
Filo fin. : Numero del filo del nodo finale
Q. iniz. : Quota del nodo iniziale
Q. fin. : Quota del nodo finale
Nod3d iniz. : Numero del nodo iniziale
Nod3d fin. : Numero del nodo finale
Cr. Pr. : Numero del criterio di progetto per la verifica
Sez. N.ro : Numero in archivio della sezione
Base x Alt : Per le sezioni rettangolari base ed altezza; per le
altre tipologie ingombro massimo della sezione
Magr. : Dimensione del magrone per sezioni di fondazione
Rot. : Angolo di rotazione della sezione
dx : Scostamento in direzione X globale dell'estremo iniziale
dell'asta dal nodo iniziale
dy : Scostamento in direzione Y globale dell'estremo iniziale
dell'asta dal nodo iniziale
dz : Scostamento in direzione Z globale dell'estremo iniziale
dell'asta dal nodo iniziale
dx : Scostamento in direzione X globale dell'estremo finale
dell'asta dal nodo finale
dy : Scostamento in direzione Y globale dell'estremo finale
dell'asta dal nodo finale
dz : Scostamento in direzione Z globale dell'estremo finale
dell'asta dal nodo finale
TipoElemento: Tipo elemento ai fini sismici
Le sigle sotto riportate hanno il significato
appresso specificato:
-Secondario NTC18: si intende un elemento asta secondario
ai sensi della NTC2018, che non viene inserito nel modello
sismico ed a cui vengono applicate le verifiche di duttilita'
-NoGerarchia: si intende un elemento asta non appartenente
ad un meccanismo dissipativo e in cui non Φ applicabile la
gerarchia delle resistenze (ad esempio aste meshate interne
a pareti o piastre o travi inclinate)

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2021 - Lic. Nro: 23446

Pag. 7

PRE-RELAZIONE CARICHI TERMICI/DISTRIBUITI/CONCENTRATI

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle carichi termici aste, carichi distribuiti aste, carichi concentrati, carichi termici shell e carichi shell.

Carichi aste

Asta3d : Numero dell'asta spaziale
Dt : Delta termico costante
ALI.SISMICA: Coefficiente di riduzione del sovraccarico per la condizione in stampa ai fini del calcolo della massa sismica
Riferimento: Sistema di riferimento dei carichi (0 globale ; 1 locale)
Qx : Carico distribuito in direzione X sul nodo iniziale
Qy : Carico distribuito in direzione Y sul nodo iniziale
Qz : Carico distribuito in direzione Z sul nodo iniziale
Qx : Carico distribuito in direzione X sul nodo finale
Qy : Carico distribuito in direzione Y sul nodo finale
Qz : Carico distribuito in direzione Z sul nodo finale
Mt : Momento torcente distribuito

Carichi concentrati

Nodo3d : Numero del nodo spaziale
Fx : Forza in direzione X nel sistema di riferimento globale
Fy : Forza in direzione Y nel sistema di riferimento globale
Fz : Forza in direzione Z nel sistema di riferimento globale
Mx : Momento in direzione X nel sistema di riferimento globale
My : Momento in direzione Y nel sistema di riferimento globale
Mz : Momento in direzione Z nel sistema di riferimento globale

Carichi shell

Shell : Numero dello shell spaziale
Dt : Delta termico costante
Riferimento: Sistema di riferimento delle pressioni e dei carichi distribuiti; verticale e' la direzione dell'asse Z del sistema di riferimento globale, normale e' la direzione ortogonale all'elemento per le pressioni e ortogonale al lato per i carichi distribuiti.
Codici: 0 = pressione verticale e carico normale
1 = pressione normale e carico verticale
2 = pressione normale e carico normale
3 = pressione verticale e carico verticale
P.a : Pressione sul primo vertice dello shell
P.b : Pressione sul secondo vertice dello shell
P.c : Pressione sul terzo vertice dello shell
P.d : Pressione sul quarto vertice dello shell
Q.ab : Carico distribuito sul lato ab
Q.bc : Carico distribuito sul lato bc
Q.cd : Carico distribuito sul lato cd
Q.da : Carico distribuito sul lato da

DATI GENERALI DI STRUTTURA

D A T I G E N E R A L I D I S T R U T T U R A			
Massima dimens. dir. X (m)	10,60	Altezza edificio (m)	2,00
Massima dimens. dir. Y (m)	0,00	Differenza temperatura(°C)	15
P A R A M E T R I S I S M I C I			
Vita Nominale (Anni)	100	Classe d' Uso	IV Cu=2.0
Longitudine Est (Grd)	9,27551	Latitudine Nord (Grd)	45,58543
Categoria Suolo	C	Coeff. Condiz. Topogr.	1,00000
Sistema Costruttivo Dir.1	C.A.	Sistema Costruttivo Dir.2	C.A.
Regolarita' in Altezza	SI (KR=1)	Regolarita' in Pianta	SI
Direzione Sisma (Grd)	0	Sisma Verticale	ASSENTE
Effetti P/Delta	NO	Quota di Zero Sismico (m)	0,00000
Tipo Intervento	ADEGUAMENTO	Tipo Analisi Sismica	LINEARE
Livello Sicurezza Min. (%)	100		
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.D.			
Probabilita' Pvr	0,63	Periodo di Ritorno Anni	201,00
Accelerazione Ag/g	0,04	Periodo T'c (sec.)	0,25
Fo	2,59	Fv	0,71
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,50	Periodo TB (sec.)	0,14
Periodo TC (sec.)	0,41	Periodo TD (sec.)	1,76
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.V.			
Probabilita' Pvr	0,10	Periodo di Ritorno Anni	1898,00
Accelerazione Ag/g	0,08	Periodo T'c (sec.)	0,31
Fo	2,70	Fv	1,02
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,50	Periodo TB (sec.)	0,16
Periodo TC (sec.)	0,48	Periodo TD (sec.)	1,91
P A R A M E T R I S I S T E M A C O S T R U T T I V O C . A . - D I R . 1			
Classe Duttilita'	MEDIA	Sotto-Sistema Strutturale	Telaio
AlfaU/AlfaI	1,30	Fattore riduttivo KW	1,00
Fattore di comportam 'q'	3,90		
P A R A M E T R I S I S T E M A C O S T R U T T I V O C . A . - D I R . 2			
Classe Duttilita'	MEDIA	Sotto-Sistema Strutturale	Telaio
AlfaU/AlfaI	1,30	Fattore riduttivo KW	1,00
Fattore di comportam 'q'	3,90		
COEFFICIENTI DI SICUREZZA PARZIALI DEI MATERIALI			
Acciaio per CLS armato	1,15	Calcestruzzo CLS armato	1,50
Legno per comb. eccez.	1,00	Legno per comb. fondament.:	1,30
Livello conoscenza	LC2		
FRP Collasso Tipo 'A'	1,10	FRP Delaminazione Tipo 'A'	1,20
FRP Collasso Tipo 'B'	1,25	FRP Delaminazione Tipo 'B'	1,50
FRP Resist. Press/Fless	1,00	FRP Resist. Taglio/Torsione	1,20
FRP Resist. Confinamento	1,10		

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2021 - Lic. Nro: 23446

DATI GENERALI DI STRUTTURA

D A T I D I C A L C O L O		P E R A Z I O N E N E V E	
Zona Geografica	II	Coefficiente Termico	1,00
Altitudine sito s.l.m. (m)	120	Coefficiente di forma	0,80
Tipo di Esposizione	Ventosa	Coefficiente di esposizione	0,90
Carico di riferimento kg/mq	100	Carico neve di calcolo kg/mq	71,00

Il calcolo della neve e' effettuato in base al punto 3.4 del D.M. 2018 e relative modifiche e integrazioni riportate nella Circolare del 21/01/2019

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2021 - Lic. Nro: 23446

Pag. 10

COORDINATE DEI NODI

IDENT. Nodo3d N.ro	POSIZIONE NODO			ATTRIBUTI		PESO SISMICO		
	Coord.X (m)	Coord.Y (m)	Coord.Z (m)	Filo N.ro	Piano Sism.	Dir. X (t)	Dir. Y (t)	Dir. Z (t)
1	0,00	0,00	0,00	1	0	0,00	0,00	0,00
2	10,60	0,00	0,00	2	0	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	2,00	1	0	100,16	100,16	100,16
4	10,60	0,00	2,00	2	0	100,16	100,16	100,16

DATI ASTE SPAZIALI

IDENTIFICAZIONE						GEOMETRIA				SCOST. INIZIALI			SCOST. FINALI			Cri Geo	Tipo Elemento ai fini sism.	
Asta3d N.ro	Filo in.	Filo fin.	O.iniz (m)	O.fin. (m)	Nod3d iniz.	Nod3d fin.	Cr. Pr.	Sez. N.ro	Sigla Sezione	Magr. (cm)	Rot. Grd.	dx (cm)	dy (cm)	dz (cm)	dx (cm)			dy (cm)
1	1	1	2,00	0,00	3	1	3	2	Rett. 110 x 150	0	0	0	0	0	0	0	0	Filastri
2	1	2	2,00	2,00	3	4	1	1	Rett. 80 x 140	0	0	0	0	0	0	0	0	Trave telaio
3	2	2	2,00	0,00	4	2	3	2	Rett. 110 x 150	0	0	0	0	0	0	0	0	Trave telaio

CARICHI DISTRIBUITI ASTE

CONDIZIONE DI CARICO N.ro: 2								ALIQUOTA SISMICA: 100		
IDENT.		NODO INIZIALE			NODO FINALE					
Asta3d N.ro	Riferi- mento	Qx t/ml	Qy t/ml	Qz t/ml	Qx t/ml	Qy t/ml	Qz t/ml	Mt t*m/ml	Pretens t	
2	0	0,000	0,000	-13,880	0,000	0,000	-13,880	0,000	0,00	

COMBINAZIONI CARICHI A1 - S.L.V. / S.L.D.

DESCRIZIONI	1
PESO PROPRIO G2	1,30 1,50

COMBINAZIONI RARE - S.L.E.

DESCRIZIONI	1
PESO PROPRIO G2	1,00 1,00

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2021 - Lic. Nro: 23446

COMBINAZIONI FREQUENTI - S.L.E.

DESCRIZIONI	1
PESO PROPRIO	1,00
G2	1,00

COMBINAZIONI PERMANENTI - S.L.E.

DESCRIZIONI	1
PESO PROPRIO	1,00
G2	1,00

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2021 - Lic. Nro: 23446

Pag. 12

PRE-RELAZIONE STAMPA VERIFICHE S.L.U. -

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle di verifica aste in cls per gli stati limiti ultimi.

Filo Sulla prima riga numero del filo del nodo iniziale, sulla
 In/Fin seconda quello del nodo finale
 Ctg@ Cotangente Angolo del puntone compresso
 Quota Sulla prima riga quota del nodo iniziale, sulla seconda
 quota del nodo finale
 SgmT Solo per le travi di fondazione:
 Pressione di contatto sul terreno in Kg/cm² calcolata con i
 valori caratteristici delle azioni assumendo i coefficienti
 gamma pari ad uno.
 AmpC Solo per le travi di elevazione:
 Coefficiente di amplificazione dei carichi statici per tenere
 in conto della verifica locale dell'asta a sisma verticale.
 N/Nc Solo per i pilastri:
 Percentuale della resistenza massima a compressione della
 sezione di solo calcestruzzo.
 Tratto Se una trave e' suddivisa in piu' tratti sulla prima riga
 e' riportato il numero del tratto, sulla terza il numero di
 suddivisioni della trave
 Sez Sulla prima riga numero della sezione nell'archivio, sulla
 Bas seconda base della sezione, sulla terza altezza. Per sezioni
 Alt a T e' riportato l'ingombro massimo della sezione
 Concio Numero del concio
 Co Nr Numero della combinazione e in sequenza sollecitazioni ultime
 di calcolo che forniscono la massima deformazione nell'acciaio
 e nel calcestruzzo per la verifica a flessione
 GamRd Solo per le travi di fondazione:
 Coefficiente di sovraresistenza.
 MExd Momento ultimo di calcolo asse vettore X (per le travi incre-
 mentato dalla traslazione del diagramma del momento flettente)
 MEyd Momento ultimo di calcolo asse vettore Y
 N Ed Sforzo normale ultimo di calcolo
 x / d Rapporto fra la posizione dell'asse neutro e l'altezza utile
 della sezione moltiplicato per 100.
 εf% εc% deformazioni massime nell'acciaio e nel calcestruzzo multipli-
 * 100 cate per 10.000. Valore limite per l'acciaio 100 (1%), valore
 limite nel calcestruzzo 35 (0.35%).
 Area Area del ferro in centimetri quadri; per le travi rispetti-
 vamente superiore ed inferiore, per i pilastri armature lungo
 la base e l'altezza della sezione
 Co Nr Numero della combinazione e in sequenza sollecitazioni ultime
 di calcolo che forniscono la minore sicurezza per le azioni
 taglianti e torcenti
 VExd Taglio ultimo di calcolo in direzione X
 VEyd Taglio ultimo di calcolo in direzione Y
 T sdu Momento torcente ultimo di calcolo
 V Rxd Taglio resistente ultimo delle staffe in direzione X
 V Ryd Taglio resistente ultimo delle staffe in direzione Y
 T Rd Momento torcente resistente ultimo delle staffe
 T Rld Momento torcente resistente ultimo dell'armatura longitudinale
 Coe Cls Coefficiente per il controllo di sicurezza del cls alle azioni
 taglianti e torcenti moltiplicato per 100; la sezione e'
 verificata se detto valore e' minore o uguale a 100
 Coe Staf Coefficiente per il controllo di sicurezza delle staffe alle
 azioni taglianti e torcenti moltiplicato per 100; la sezione e'
 verificata se detto valore e' minore o uguale a 100
 Alon Armatura longitudinale a torsione (Nelle travi rettangolari
 per le quali e' stata effettuata la verifica a momento my in
 questo dato viene stampata anche l'armatura flessionale dei
 lati verticali).
 Staffe Passo staffe, lunghezza del tratto da armare e diametro staffe
 Moltip Solo per le stampe di riverifica:
 Ultimo Moltiplicatore dei carichi che porta a collasso la sezione.
 Il percorso dei carichi seguito e' a sforzo normale costante.
 Le deformazioni riportate sono determinate dalle sollecitazioni
 di calcolo amplificate del moltiplicatore in parola.

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2021 - Lic. Nro: 23446

Pag. 1

PRE-RELAZIONE STAMPA VERIFICHE S.L.E.

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle di verifica aste in cls per gli stati limiti di esercizio.

Filo	Sulla prima riga numero del filo del nodo iniziale, sulla seconda quello del nodo finale
Quota	Sulla prima riga quota del nodo iniziale, sulla seconda quota del nodo finale
Tratto	Se una trave e' suddivisa in piu' tratti sulla prima riga e' riportato il numero del tratto, sulla terza il numero di suddivisioni della trave
Com Cari	Indicatore della matrice di combinazione; la prima riga individua la matrice delle combinazioni rare, la seconda la matrice delle combinazioni frequenti, la terza quella permanenti. Questo indicatore vale sia per la verifica a fessurazione che per il calcolo delle frecce
Fessu	Fessura limite e fessura di calcolo espressa in mm; se la trave non risulta fessurata l'ampiezza di calcolo sara' nulla
Dist mm	Distanza fra le fessure
Concio	Numero del concio in cui si e' avuta la massima fessura
Combin	Numero della combinazione ed in sequenza sollecitazioni per cui si e' avuta la massima fessura
Mf X	Momento flettente asse vettore X
Mf Y	Momento flettente asse vettore Y
N	Sforzo normale
Frecce	Freccia limite e freccia massima di calcolo
Combin	Numero della combinazione che ha prodotto la freccia massima
Com Cari	Indicatore della matrice di combinazione; la prima riga individua la matrice delle combinazioni rare per la verifica della tensione sul cls, la seconda la matrice delle combinazioni rare per la verifica della tensione sull'acciaio, la terza la matrice delle combinazioni permanenti per la verifica della tensione sul cls
σ lim	Valore della tensione limite in Kg/cm ²
σ cal	Valore della tensione di calcolo in Kg/cm ²
Concio	Numero del concio in cui si e' avuta la massima tensione
Combin	Numero della combinazione ed in sequenza sollecitazioni per cui si e' avuta la massima tensione
Mf X	Momento flettente asse vettore X
Mf Y	Momento flettente asse vettore Y
N	Sforzo normale

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2021 - Lic. Nro: 23446

Pag. 2

PRE-RELAZIONE STAMPA VERIFICHE S.L.E.

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella per la verifica del diametro massimo utilizzabile

Nodo3D : Numero del nodo spaziale oggetto di verifica
Filo : Numero del filo del nodo spaziale
Quota : Quota del nodo spaziale

Dir Locale X

Trave rif. : Numero della trave collegata al nodo 3d nella direzione X presa a riferimento per la formula
AlfaBl : Valore risultante dalla formula di Norma
Bpil : Larghezza del pilastro nella direzione locale X
F_lmax : Diametro massimo utilizzabile sul nodo per il telaio X, arrotondato all'intero piu' vicino
Fi : Diametro utilizzato nel disegno ferri
Status : PASSANTE:se i ferri sono passanti si ritiene la verifica non necessaria
OK: diametro Φ minore del diametro massimo ammissibile
PIEGA: diametro Φ maggiore del diametro massimo (in questo caso i ferri vengono piegati dentro il nodo per garantire l'ancoraggio)

Dir Locale Y

Trave rif. : Numero della trave collegata al nodo 3d nella direzione Y presa a riferimento per la formula
AlfaBl : Valore risultante dalla formula 7.4.26
Bpil : Larghezza del pilastro nella direzione locale Y
F_lmax : Diametro massimo utilizzabile sul nodo per il telaio Y, arrotondato all'intero piu' vicino
Fi : Diametro utilizzato nel disegno ferri
Status : PASSANTE:se i ferri sono passanti si ritiene la verifica non necessaria
OK: diametro Φ minore del diametro massimo ammissibile
PIEGA: diametro Φ maggiore del diametro massimo (in questo caso i ferri vengono piegati dentro il nodo per garantire l'ancoraggio)

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2021 - Lic. Nro: 23446

Pag. 3

STAMPA PROGETTO S.L.U. - ELEVAZIONE

Filo Iniz Fin. Ctg8	Quota Iniz Final AmpC	T r a t	S e z i o n c	C o n c	VERIFICA A PRESSO-FLESSIONE								VERIFICA A TAGLIO E TORSIONE														
					Co mb	M (t*m)	Ed (t)	Moltip Ultimo	x/ /d	ef3 /100	gc3 /100	Area sup	cmg inf	Co mb	V (t)	Exd (t)	V (t)	Eyd (t)	T (t*m)	Sdu (t)	V (t)	Rxd (t)	V (t)	Ryd (t)	TRd (t*m)	TRld (t*m)	Coe Cls
1	2,00	1	1	1	-187,8	-94,1	1,03	12	100	14	27,1	36,2	1	0,0	129,6	0,0	324,6	339,2	83,9	0,0	38	27	0,0	15	135	14	
2	2,00	80	3	1	155,7	-94,1	1,10	13	100	14	18,1	22,6	1	0,0	96,3	0,0	324,6	339,2	83,9	0,0	28	20	0,0	15	686	14	
2.5	1,00	140	5	1	-187,8	-94,1	1,03	12	100	14	27,1	36,2	1	0,0	-129,6	0,0	324,6	339,2	83,9	0,0	38	27	0,0	15	135	14	

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2021 - Lic. Nro: 23446

Pag. 4

STAMPA VERIFICHE S.L.E. ELEVAZIONE

		FESSURAZIONE									FRECCHE			TENSIONI								
Filo In fi	Quota In Fi	Tra tto	Combi Caric	Fessu. lim	mm cal	dist mm	Con cio	Com bin	Mf X (t*m)	Mf Y (t*m)	N (t)	Frecce limite	mm calc	Com bin	Combinaz Carico	σ lim. Kg/cmq	σ cal. Kg/cmq	Co nc	Comb	Mf X (t*m)	Mf Y (t*m)	N (t)
1	2,00		Rara	0,4	0,000	0	5	1	-128,1	0,0	-64,2				Rara cls	192,0	104,8	5	1	-128,1	0,0	-64,2
2	2,00		Freq	0,3	0,000	0	5	1	-128,1	0,0	-64,2	42,4	6,0	1	Rara fer	3600	2671	5	1	-128,1	0,0	-64,2
			Perm	0,3	0,000	0	5	1	-128,1	0,0	-64,2				Perm cls	144,0	104,8	5	1	-128,1	0,0	-64,2

SOFTWARE: C.D.S. - Full - Rel.2021 - Lic. Nro: 23446

Pag. 5

Considerata l'elevata rigidità dei rostri il calcolo viene effettuato come mensola tozza.

Considerato che il carico dovuto al peso proprio dei rostri, verrà assorbito dalle armature poste sulle pareti, si avrà che il corrente teso viene dimensionato per il solo carico ferroviario:

$$P = (138.80) \times 11.80 / 2 = 819 \text{ KN}$$

Data l'inclinazione della parete a 45° , tale valore coincide con la trazione del corrente.

Assunto $\sigma_f = 1800 \text{ kg/cm}^2$

$$A_s = 81900 / 1800 = 46 \text{ cm}^2 \quad (12 \text{ } \varnothing 24 = 54.29 \text{ cm}^2)$$

La compressione della biella di calcestruzzo vale:

$$N = 819 \sqrt{2} = 1159 \text{ KN}$$

Considerato agente su una sezione $110 \times 110 \text{ cm}$, si ha:

$$\sigma_c = 115900 / (110 \times 110) = 9.60 \text{ kg/cm}^2.$$

9 DIMENSIONAMENTO PLATEA DI VARO E MURO REGGISPINTA

Caratteristiche dei materiali

Calcestruzzo: C25/30

Acciaio: B 450 C

Limitatamente a tale struttura reggispinta, date le caratteristiche di provvisorietà dell'opera e considerando che in caso di cedimenti o rotture non esistono pericoli di alcun genere per le persone, potrà essere sufficiente assumere un coefficiente di sicurezza allo snervamento dell'acciaio pari a 1,50.

Note geotecniche

Essendo nel caso generale il terreno stratificato e non tenendosi conto, a favore della stabilità, della eventuale coesione, si fa riferimento ad un terreno ideale omogeneo, le cui caratteristiche medie vengono desunte dagli elementi geotecnici caratteristici.

La max reazione del terreno a tergo della parete di spinta verrà valutata in funzione dell'angolo di attrito. A tale valore limite di rottura verrà applicato un coefficiente di sicurezza variabile tra 1,5 e 2,00 secondo l'affidabilità dei dati geotecnici, l'uniformità del terreno e l'escursione della falda.

Và comunque evidenziato che ad un terreno di modeste caratteristiche meccaniche, e quindi ad una limitata capacità di resistenza della spalla reggispinta, si accompagnano normalmente valori minori della spinta massima necessaria all'infissione, creando così un sistema che tende a compensare eventuali imprecisioni di valutazione sulla natura dei terreni.

Caratteristiche geometriche delle strutture

MONOLITE

bint = 9,60 m Best = 11,80 m

hint = 6,45 m Hest = 8,85 m

lunghezza della canna = 13,40 m

lunghezza totale \cong 24.50 m

peso totale monolite = $(1,20 \times 13,40 \times 9,6 + 1,20 \times 18,50 \times 9,6 + 2 \times 1,10 \times 8,85 \times 20) \times 25,00$ kN/mc
= $(154,37 + 213,12 + 389,4) \times 25,00$ kN/mc = $756,90 \times 25,00 = 18923$ kN

PLATEA

larghezza = 13,30 m

lunghezza = 27,85 m

spessore = 0,40 m

MURO SPINTA

larghezza = 13.30 m

altezza = 3.80 m

spessore = 1.20 m

peso totale platea di varo = $(0,40 \times 27,85 \times 13,30 + 2 \times 0,50 \times 27,85 \times 0,30) \times 25,00 \text{ kN} = 3913 \text{ kN}$

Valutazione della spinta

Si può distinguere:

spinta di primo stacco

spinta finale

spinta max sulla parete reggispinta

-Spinta di primo stacco

Tra la struttura del monolite ed il piano di scorrimento viene interposto un foglio di polietilene di 300 gr/mq al fine di evitare fenomeni di adesione. Con tale accorgimento, in base ai dati acquisiti dall'esperienza si può valutare, prudenzialmente, che il valore della spinta per cui il monolite inizia la sua traslazione sia circa pari al peso della struttura. Ciò equivale a fissare un coefficiente di attrito di primo stacco pari all'unità.

-Spinta finale

Durante l'infissione vengono ad aggiungersi alle forze che si oppongono all'avanzamento della struttura anche gli attriti laterali.

L'attrito di scorrimento, dopo la fase di primo stacco, scende a valori più modesti. Si considera che tale riduzione dia una "riserva" disponibile per superare la resistenza frontale.

In definitiva si è soliti porre:

$$S_{max} = 1.5 \times 18923 = 28385 \text{ kN}$$

ove:

S_{max} = spinta massima in fase di infissione

Dimensionamento platea di varo

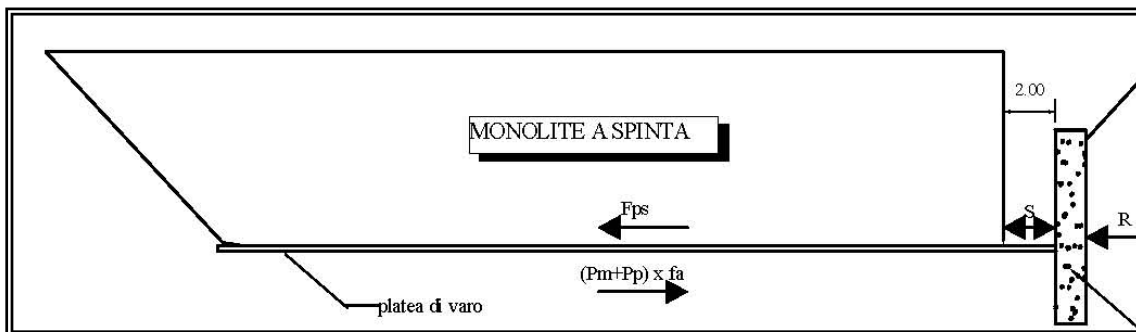
R= reazione del terreno

S= spinta massima esercitata dai martinetti

La platea è soggetta ad uno sforzo di trazione pari alla differenza di due forze aventi uguale direzione e verso opposto:

forza nella direzione di avanzamento del monolite provocata dall'attrito tra monolite e platea di varo;

forza di verso opposto, in equilibrio con la precedente, dovuta all'attrito della platea con il terreno.



Questa forza di trazione che deve sopportare la platea in fase di infissione, ammettendo la possibilità che si verifichino macrofessurazioni nel calcestruzzo, è pari:

$$T = F_{ps} - f_a (P_m + P_p)$$

Dove:

T = sollecitazione massima di trazione a cui è sottoposta la platea di varo;

F_{ps} = forza di attrito di primo stacco del monolite dalla platea = 18923 kN;

f_a = coefficiente di attrito tra platea di varo e terreno = 0.5;

P_m = peso del monolite = 18923 kN;

P_p = peso della platea di varo = 3913 kN;

Nel caso in esame tale sollecitazione risulta essere pari a:

$$T \cong 18923 - 0.5(18923 + 3913) = 7505 \text{ kN}$$

L'armatura longitudinale necessaria (a ml di platea) sarà quindi:

$$A_{sner} = (T \times 1.50 \times 1.15) / (45 \times b_{platea}) = (7505 \times 1.50 \times 1.15) / (45 \times 13.30) = 22 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Si dispongono cautelativamente 5+5 Ø20 al metro (31.42 cm²/ml).

Valutazione della massima reazione del terreno

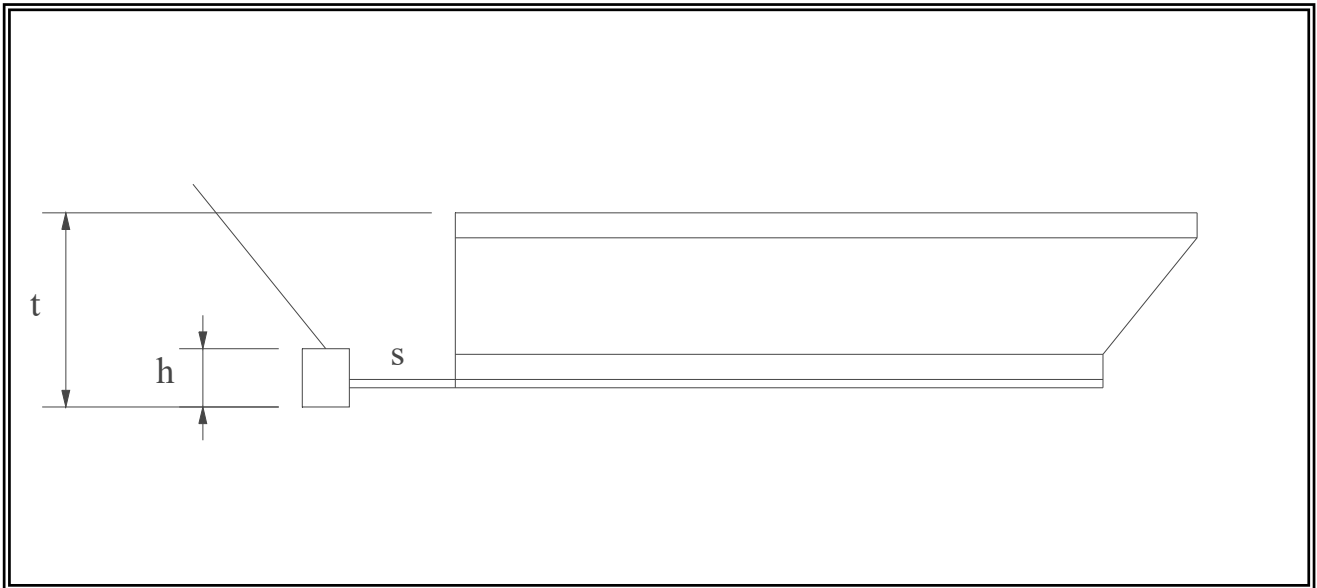


Figura n.1

Si è ottenuto R, resistenza max offerta dal terreno, con riferimento alla teoria delle piastre d'ancoraggio ed in particolare ai dati sperimentali forniti dal Bucholz (ref. "Geotecnica e Tecnica delle Fondazioni" vol 2 – Cestelli Guidi) ed alla relazione ottenuta sperimentalmente, in base alla quale:

$$R = 1/2 \gamma t^2 (\mu b + \omega h) = 1/2 \times 1.80 \times 9.50^2 \times (3.3 \times 13.30 + 4.6 \times 3.80) = 4984.78 \text{ t} = 49847 \text{ KN}$$

ove:

R = resistenza offerta dal terreno a tergo della parete

γt = peso specifico del terreno = 18.0 KN/mc

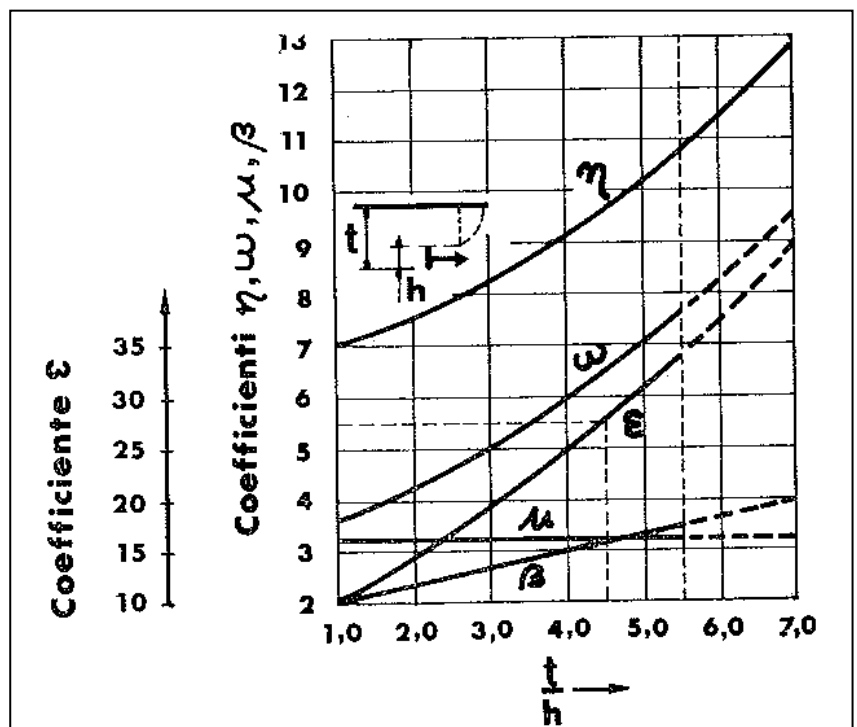
t = dislivello tra piede della parete e sommità del rilevato (vedi schema) = 9.50 m.

b = larghezza della parete = 13.30 m.

h = altezza della parete = 3.80 m.

$$t/h = 9.50/3.80 = 2.50$$

μ = coefficiente adimensionale per parete nastriforme = 3.30 (vedi grafico sperimentale Bucholz)



ω = coefficiente adimensionale in funzione di t/h relativo all'apporto di resistenza del terreno laterale alla parete = 4.60 (vedi grafico sperimentale Bucholz)

k = coefficiente di sicurezza

$S' = S_{max} - T$ = spinta che la parete deve assorbire in fase d'infissione :

$$S' = 28385 - 7505 = 20880 \text{ kN}$$

Il coefficiente di sicurezza alla rottura del terreno retrostante risulta :

$$K = 49847 / (28385 - 7505) = 2.38.$$

Calcolo e verifica parete reggispinta

Al fine di avere la sollecitazione nelle sezioni critiche della parete di spinta si fa riferimento ad un diagramma della reazione del terreno trapezio fittizio:

Figura n.2

Il valore medio della reazione del terreno sar :

$$\sigma_{tm} = S / (B_{mur} \times H_{mur}) = 28385000 / (1330 \times 380) = 56.16 \text{ N/cm}^2$$

ove:

B_{mur} = larghezza della parete reggispinta

H_{mur} = altezza della parete reggispinta.

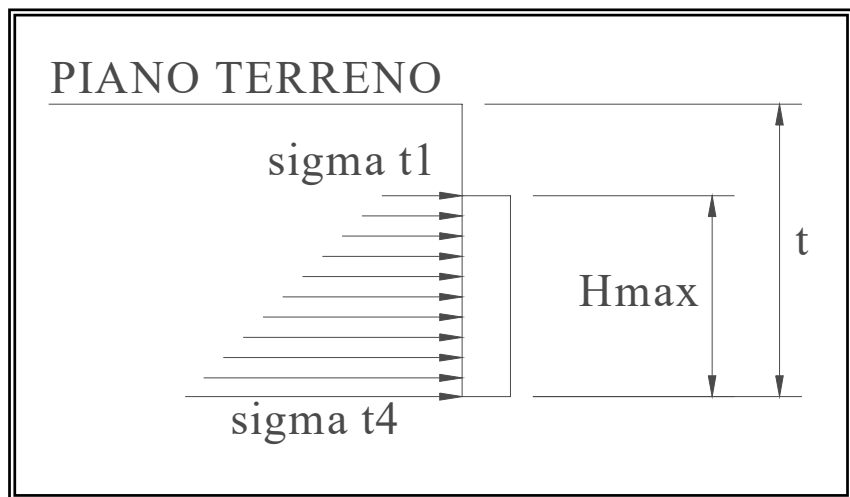


Figura n.3

Indicando con a l'altezza della fascia di azione dei martinetti e con $a' = a + S$ la dimensione dell'altezza su cui si considera ripartirsi la sollecitazione, possono determinarsi $y1$ e $y2$.

Si avr :

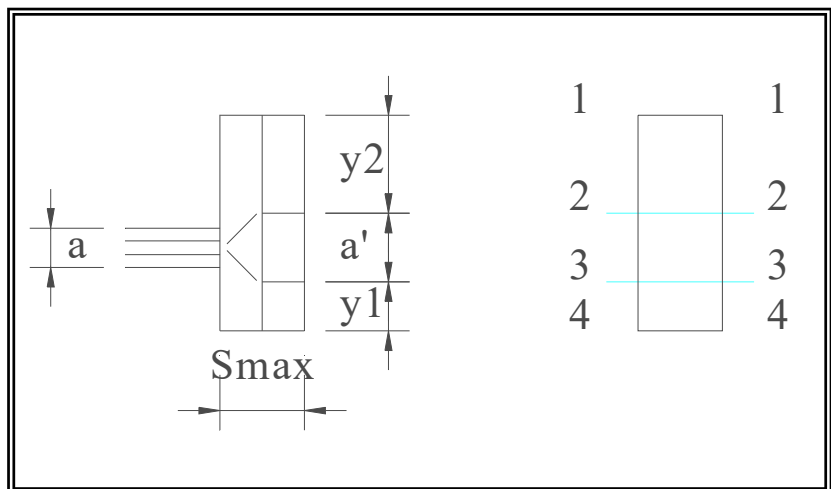
$$a' = 0.4 + 1.20 = 1.60 \text{ m.}$$

$$y1 = 0.90 \text{ m.}$$

$$y2 = 1.30 \text{ m.}$$

$$y2 + a' + y1 = 3.80 \text{ m.}$$

Vengono nel seguito determinate le sollecitazioni nelle sezioni critiche.



Essendo:

$$\sigma_{t1} = \sigma_{tm} (t - H_{mur}) (t - H_{mur}/2)^{-1} = 56.16 \times (950-380) \times (950-380/2)^{-1} = 42.12 \text{ N/cm}^2$$

$$\sigma_{t2} = \sigma_{tm} (t - H_{mur} + y_2) (t - H_{mur}/2)^{-1} = 56.16 \times (950-380+130) \times (950-380/2)^{-1} = 51.72 \text{ N/cm}^2$$

$$\sigma_{t3} = \sigma_{tm} (t - y_1) (t - H_{mur}/2)^{-1} = 56.16 \times (950-90) \times (950-380/2)^{-1} = 63.55 \text{ N/cm}^2$$

$$\sigma_{t4} = \sigma_{tm} t (t - H_{mur}/2)^{-1} = 56.16 \times 950 \times (950-380/2)^{-1} = 70.2 \text{ N/cm}^2$$

Si ottiene:

$$M_2 = \sigma_{t1} Y_2^2/2 + (\sigma_{t2} - \sigma_{t1}) Y_2^2/6 = 42.12 \times 130^2/2 + (51.72-42.12) \times 130^2/6 = 382954 \text{ Nxcm}$$

$$T_2 = (\sigma_{t1} + \sigma_{t2}) Y_2/2 = (42.12+51.72) \times 130/2 = 6100 \text{ N}$$

$$M_3 = \sigma_{t3} Y_1^2/2 + (\sigma_{t4}-\sigma_{t3}) Y_1^2/3 = 63.55 \times 90^2/2 + (70.2-63.55) \times 90^2/3 = 275333 \text{ Nxcm}$$

$$T_3 = (\sigma_{t4} + \sigma_{t3}) Y_1/2 = (70.2+63.55) \times 90/2 = 6019 \text{ N}$$

Per assorbire le sollecitazioni derivanti dai max momenti flettenti si dispone una armatura:

5 ϕ 20 /ml

Si riporta in seguito i risultati di calcolo effettuati.

DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA			
SEZIONE TRASVERSALE			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	1600	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	30	[mm]
Altezza utile della sezione	d	1570	[mm]
ARMATURA TESA			
Diametro dei ferri correnti	ϕ_1	20	[mm]
Numero dei ferri correnti	n_1	5	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	ϕ_2	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n_2	0	[-]
Area dell'armatura tesa	A_s	1571	[mm ²]
ARMATURA COMPRESSA			
Diametro dei ferri correnti	ϕ'_1	20	[mm]
Numero dei ferri correnti	n'_1	5	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	ϕ'_2	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n'_2	0	[-]
Area dell'armatura compressa	A'_s	1571	[mm ²]
DETERMINAZIONE DEL MOMENTO RESISTENTE			
Determinazione della percentuale meccanica di armatura tesa	ω_s		[-]
Rapporto tra copriferro e altezza utile	δ		[-]
Rapporto tra armatura compressa e armatura tesa	ρ		[-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 2a	ξ_{2a}		[-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 2b	ξ_{2b}		[-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 3	ξ'_3		[-]
Coefficiente di riempimento per il Campo 2a	β_{2a}		[-]
Coefficiente di riempimento per il Campo 2b	β_{2b}		[-]
Coefficiente α'_s per il Campo 2a	$\alpha'_{s(a)}$		[-]
Coefficiente α'_s per il Campo 2b	$\alpha'_{s(b)}$		[-]
Coefficiente α'_s per il Campo 3	$\alpha'_{s(3)}$		[-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 2a	ω_{2a}		[-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 2b	ω_{2b}		[-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 3	ω_3		[-]
	ω'_3		[-]
Armatura simmetrica			
Posizione adimensionale dell'asse neutro	ξ		[-]
Posizione dell'asse neutro	x		[mm]
Deformazione massima nel calcestruzzo	$\varepsilon_{c,max}$		[-]
Deformazione massima dell'acciaio	$\varepsilon_{s,max}$		[-]
Coefficiente di riempimento	β		[-]
Coefficiente di baricentro	κ		[-]
Coefficiente $\alpha'_s = \sigma'_s / f_{yd}$	α'_s		[-]
Tensione nell'armatura compressa	σ'_s		[MPa]
Deformazione dell'armatura compressa	ε'_s		[-]
Momento resistente della sezione	M_{Rd}	946,58	[kNm]
Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto	M_{Ed}	400,0	[kNm]

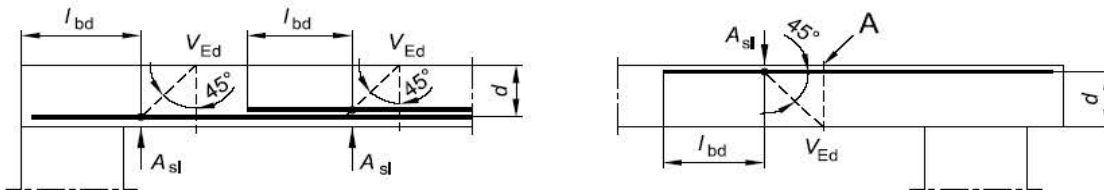
DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE**§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO**

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	610	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0,12	[-]
Coefficiente k	k	1,36	[-]
		1,36	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0,0010005	[-]
		0,0010005	[-]

figura 6.3 Definizione di A_{sl} nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	347,02	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	434,28	[kN]

Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	434,28	[kN]
--	----------------------------	---------------	-------------

§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO

Diametro delle staffe	ϕ_{sw}	14	[mm]
Numero di braccia	n_b	2	[-]
Passo delle staffe	s	200	[mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	θ	45	[°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α	90	[°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	A_{sw}	308	[mm ²]
Braccio della coppia interna	z	1413	[mm]
Cotangente di θ	cot θ	1,00	[-]
		1,00	[-]
Cotangente di α	cot α	0,00	[-]
Seno di α	sin α	1,00	[-]

Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)	V_{Rsd}	851,14	[kN]
---	-----------------------------	---------------	-------------

Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima	f_{cd}	7,08	[MPa]
--	----------	------	-------

Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)	V_{Rcd}	5004,38	[kN]
--	-----------------------------	----------------	-------------

Massima area efficace di armatura a taglio per cot $\theta = 1$	$A_{sw,max}$	2172,22	[mm ²]
---	--------------	---------	--------------------

Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente	V_{Rd}	851,14	[kN]
---	----------------------------	---------------	-------------

§ 4.1.2.1.3.3 - TAGLIO MASSIMO SOPPORTABILE DALLA TRAVE

Resistenza massima a taglio della trave	V_{Rd}	5560,42	[kN]
--	----------------------------	----------------	-------------

Si dispongono staffe ϕ 16 /20" nell'intorno dell'attacco con la platea di varo.

E' sufficiente invece un armatura trasversale minima regolamentare per assorbire le sollecitazioni taglianti nel resto di sezione.

10 PARATIA PALI Ø1200

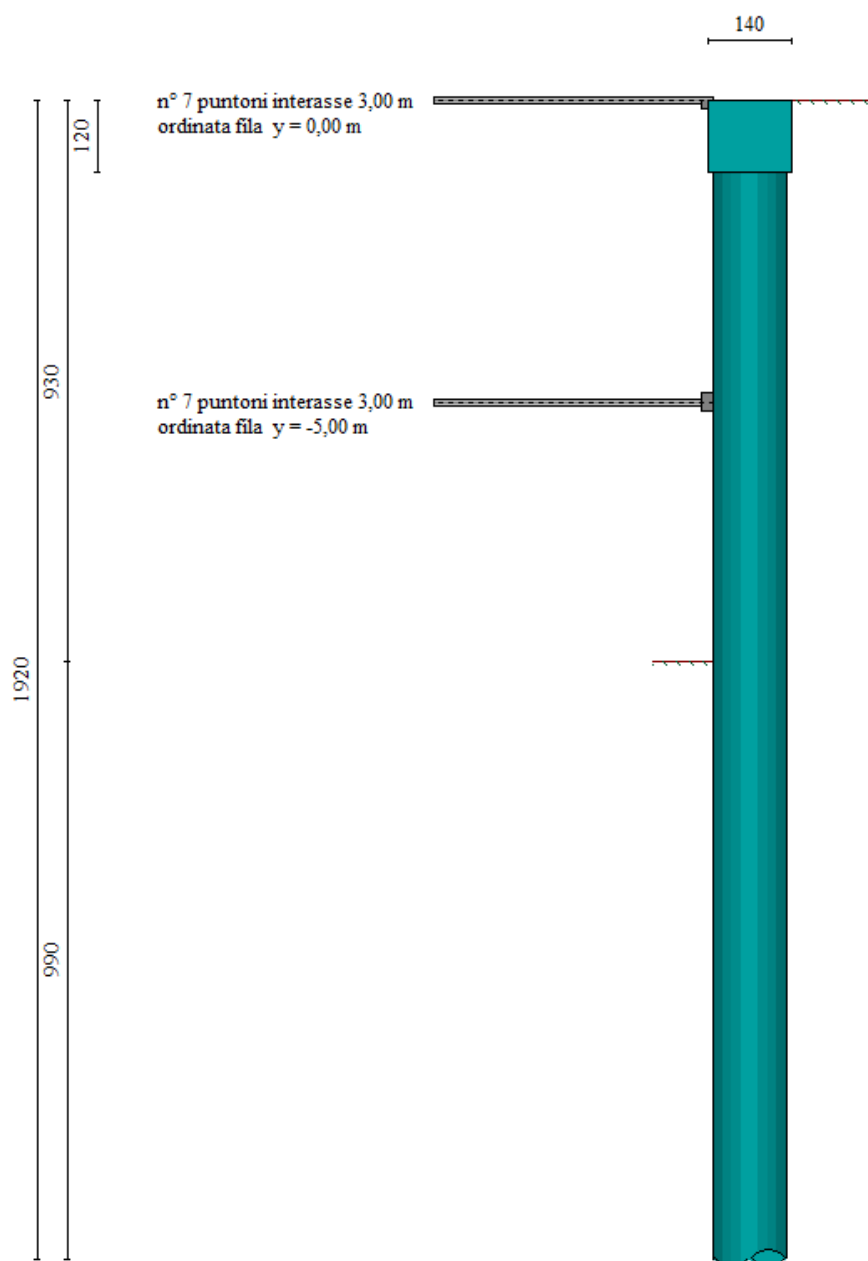
Nel seguente paragrafo viene effettuata la verifica della paratia di pali provvisionali Ø1200mm/180cm di lunghezza L=18m, per i cui dettagli si rimanda al computo metrico ed agli elaborati grafici in allegato al progetto.

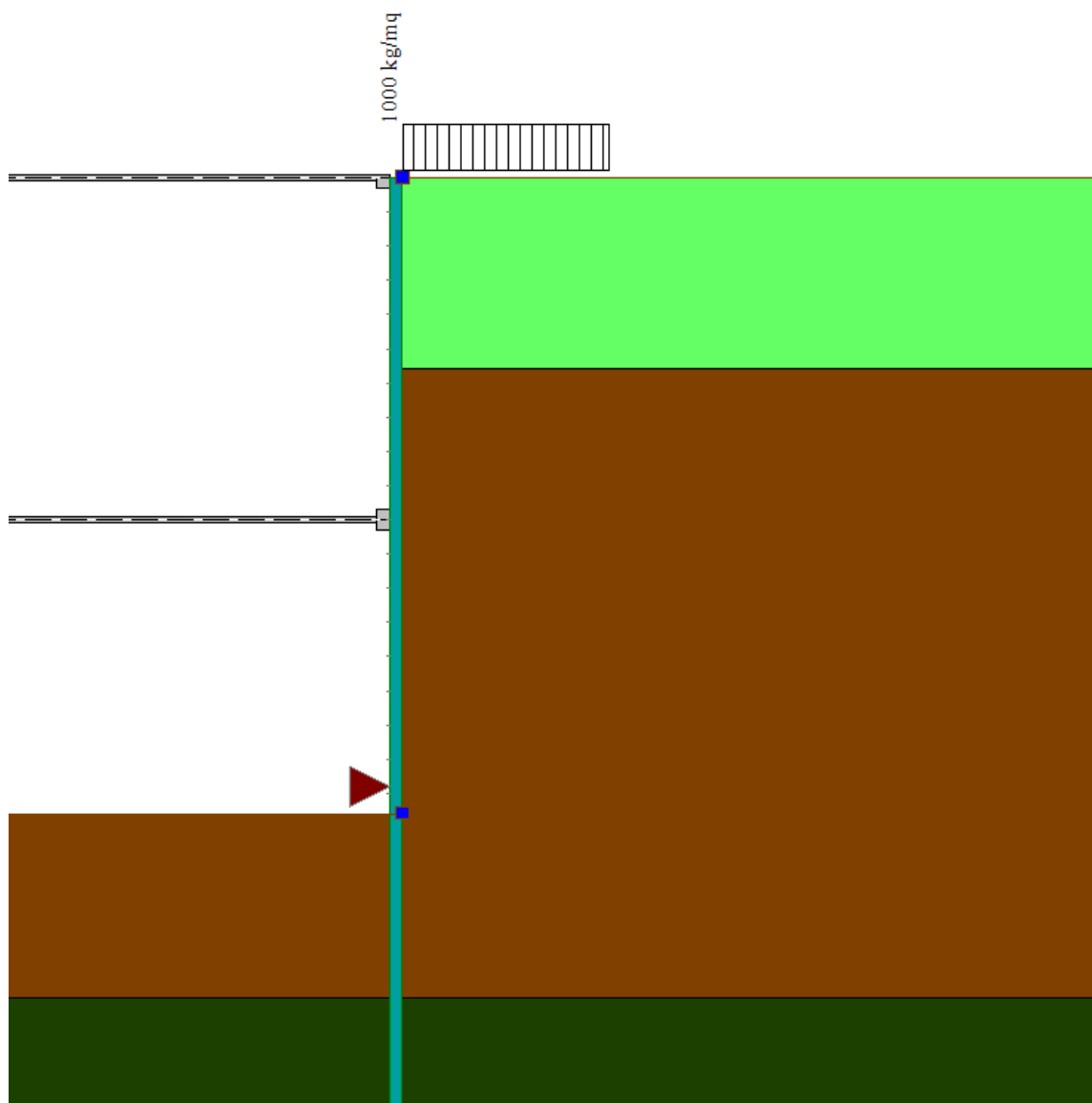
I pali sono collegati in testa con un cordolo di coronamento in c.a. di sezione 1,4 m X 1,2 m.

Con riferimento alla sezione di calcolo mostrata in seguito, è stato studiato un modello di calcolo della paratia con il software PAC di Aztec. La stratigrafia del terreno in situ è compatibile con quella determinata dal modello geotecnico di cui al §5 della presente.

Il modello si completa mediante l'applicazione del carico accidentale sul terrapieno adiacente la paratia, e due ordini di puntoni in acciaio Ø406.4mm sp.7.1mm.

GEOMETRIA, ALTEZZA DI SCAVO E QUOTA PUNTONI



CONDIZIONE DI CARICO ACCIDENTALE**FASI LAVORAZIONI**

Simbologia adottata

n° identificativo della fase nell'elenco definito

Fase Descrizione dell'i-esima fase

Tempo Tempo in cui avviene la fase

n°	Fase	Tempo
1	Realizzazione paratie di pali provvisionali, tappo di fondo e setti in jet grouting, e successivo emungimento di acqua	0
2	Scavo fino alla profondità di 1.00 metri	1
3	Inserimento puntone 1 [Hscavo=1.00]	2
4	Scavo fino alla profondità di 6.00 metri	3
5	Inserimento puntone 2 [Hscavo=6.00]	4
6	Scavo fino alla profondità di 9.30 metri	5
7	Realizzazione soletta di fondazione (X=-8.90) [Hscavo=9.30]	6
8	Rimozione puntone 2 [Hscavo=9.30]	7

A seguire si riportano i risultati di calcolo effettuati.

Richiami teorici

Metodo di analisi

Calcolo della profondità di infissione

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la controspinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.

Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la controspinta sarà assente.

Pertanto, il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, controspinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).

Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).

Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

K_{am}	diagramma della spinta attiva agente da monte
K_{av}	diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata
K_{pm}	diagramma della spinta passiva agente da monte
K_{pv}	diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$$D_m = K_{pm} K_{av} \quad e \quad D_v = K_{pv} K_{am}$$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.

Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione

si può agire con tre modalità:

1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su $\tan(\phi)$ e sulla coesione

Calcolo delle spinte

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).

La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z . Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di falda

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa, al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume efficace

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

dove γ_{sat} è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e γ_w è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione esercitata dall'acqua.

Il regime di filtrazione della falda può essere *idrostatico* o *idrocinamico*.

Nell'ipotesi di regime idrostatico sia la falda di monte che di valle viene considerata statica, la pressione in un punto a quota h al di sotto della linea freatica sarà dunque pari a:

$$\gamma_w \times h$$

Nell'ipotesi di regime idrocinamico la falda viene considerata idrocinamica, la pressione in un punto a profondità h_m dalla linea freatica se calcolata da monte risulterà pari a:

$$\gamma_w \times h_m \times (1-i)$$

oppure, se calcolata da valle, la pressione in un punto a profondità h_v dalla linea freatica da valle risulterà pari a:

$$\gamma_w \times h_v \times (1+i).$$

Il valore della pressione al piede della paratia in regime idrodinamico coincide sia se calcolata da monte che da valle. i rappresenta il gradiente idraulico nell'ipotesi di filtrazione monodimensionale.

Spinta in presenza di sisma

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana). Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con W il peso del cuneo e con C il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W \cdot C$$

Indicando con S la spinta calcolata in condizioni statiche e con S_s la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/3 dell'altezza della parete stessa (diagramma triangolare con vertice in alto).

Analisi ad elementi finiti

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia I e l'area A per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.

La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta L la lunghezza libera del tirante, A_r l'area di armatura nel tirante ed E_s il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad L , area A_r , inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico E_s . La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.

I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidità della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo, k , è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo $[F/L^3]$. È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se m è l'interasse fra le molle (in cm) e b è la larghezza della paratia in direzione longitudinale ($b=100$ cm) l'area equivalente della molla sarà $A_m = m \cdot b$.

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidità flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidità di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidità degli elementi della paratia (elementi a rigidità flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidità dei tiranti (solo rigidità assiale) e delle molle (rigidità assiale).

Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma **PAC**). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore X_{max} ; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione p_{max} . Tale pressione p_{max} può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale (K matrice di rigidità, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$$Ku = p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p_0 , fino a raggiungere il carico totale p . Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassembleta escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidità è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassembleggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).

Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti, la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre, dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate). Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tenendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con u ed u_0 gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con s ed s_0 gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con K la matrice di rigidità della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s = s_0 + K(u - u_0)$$

In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,10.

È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare.

In particolare, il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + (W_i \cos \alpha_i - u_i) \tan \varphi_i \right]}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima e c_i e φ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre u ed l rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ($l = b / \cos \alpha_i$).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo si suddivide in n strisce e dalla formula precedente si ricava η . Questo procedimento è eseguito per il numero di centri prefissato ed è assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

Verifiche idrauliche

Verifica a sifonamento

Per la verifica a sifonamento si utilizza il metodo del gradiente idraulico critico.

Il coefficiente di sicurezza nei confronti del sifonamento è dato dal rapporto tra il gradiente critico i_c e il gradiente idraulico di efflusso i_E .

$$FS_{SIF} = i_c / i_E$$

Il gradiente idraulico critico è dato dal rapporto tra il peso efficace medio γ_m del terreno interessato da filtrazione ed il peso dell'acqua γ_w .

$$i_c = \gamma_m / \gamma_w$$

Il gradiente idraulico di efflusso è dato dal rapporto tra la differenza di carico ΔH e la lunghezza della linea di flusso L .

$$i_E = \Delta H / L$$

Il moto di filtrazione è assunto essere monodimensionale.

Verifica a sollevamento del fondo scavo

Per la verifica a sollevamento si utilizza il metodo di Terzaghi.

Il coefficiente di sicurezza nei fenomeni di sollevamento del fondo scavo deriva da considerazioni di equilibrio verticale di una porzione di terreno a valle della paratia soggetta a tale fenomeno.

Secondo Terzaghi il volume interessato da sollevamento ha profondità D e larghezza $D/2$.

D rappresenta la profondità di infissione della paratia.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto tra il peso del volume di terreno sopra descritto W e la pressione idrica al piede della paratia U dovuta dalla presenza di una falda in moto idrodinamico.

$$FS_{SCAVO} = W / U$$

La pressione idrodinamica è calcolata nell'ipotesi di filtrazione monodimensionale.

Analisi dei pali

Per l'analisi della capacità portante dei pali occorre determinare alcune caratteristiche del terreno in cui si va ad operare. In particolare bisogna conoscere l'angolo d'attrito ϕ e la coesione c . Per pali soggetti a carichi trasversali è necessario conoscere il modulo di reazione laterale o il modulo elastico laterale.

La capacità portante di un palo solitamente viene valutata come somma di due contributi: portata di base (o di punta) e portata per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_T = Q_p + Q_l - W_p$$

dove:

Q_T portanza totale del palo

Q_p portanza di base del palo
 Q_L portanza per attrito laterale del palo
 W_p peso proprio del palo

e le due componenti Q_p e Q_L sono calcolate in modo indipendente fra loro.

Dalla capacità portante del palo si ricava il carico ammissibile del palo Q_A applicando il coefficiente di sicurezza della portanza alla punta η_p ed il coefficiente di sicurezza della portanza per attrito laterale η_L .

Palo compresso:

$$Q_d = \frac{Q_p}{\eta_p} + \frac{Q_L}{\eta_L} - W_p$$

Palo teso:

$$Q_d = \frac{Q_L}{\eta_L} - W_p$$

Capacità portante di punta

In generale la capacità portante di punta viene calcolata tramite l'espressione:

$$Q_p = A_p \left(cN'_c + qN'_q + \frac{1}{2} B\gamma N'_\gamma \right)$$

dove:

A_p è l'area portante efficace della punta del palo
 c è la coesione
 q è la pressione geostatica alla quota della punta del palo
 γ è il peso specifico del terreno
 D è il diametro del palo
 N'_c N'_q N'_γ sono i coefficienti di capacità portante corretti per tener conto degli effetti di forma e di profondità.

Capacità portante per resistenza laterale

La resistenza laterale è data dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali palo-terreno in condizioni limite:

$$Q_L = \int_S \tau_a ds$$

dove τ_a è dato dalla nota relazione di Coulomb

$$\tau_a = c_a + \sigma_n \tan \delta$$

dove:

c_a è l'adesione palo-terreno
 δ è l'angolo di attrito palo-terreno
 γ è il peso specifico del terreno
 z è la generica quota a partire dalla testa del palo
 L è la lunghezza del palo
 P è il perimetro del palo
 K_s è il coefficiente di spinta che dipende dalle caratteristiche meccaniche e fisiche del terreno dal suo stato di addensamento e dalle modalità di realizzazione del palo.

DatiGeometria paratiaTipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra	9,30	[m]
Profondità di infissione	9,90	[m]
Altezza totale della paratia	19,20	[m]
Lunghezza paratia	20,00	[m]

Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	1,80	[m]
Diámetro dei pali	120,00	[cm]
Numero totale di pali	11	
Numero di pali per metro lineare	0.55	

Geometria cordoli*Simbologia adottata*

n°	numero d'ordine del cordolo
Y	posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo

B	Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H	Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio

A	Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W	Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm ³]

N°	Y [m]	Tipo	B [cm]	H [cm]	A [cmq]	W [cm ³]
1	0,00	Calcestruzzo	140,00	120,00	--	--

Geometria profilo terreno*Simbologia adottata e sistema di riferimento*

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
2	15,00	0,00	0,00

Profilo di valle - Fase n° 1

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-25,00	8,30	--
2	-13,10	8,30	0,00
3	-13,00	-1,00	180,00
4	0,00	-1,00	0,00

Profilo di valle - Fase n° 3

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-25,00	3,30	--
2	-13,10	3,30	0,00
3	-13,00	-6,00	180,00
4	0,00	-6,00	0,00

Profilo di valle - Fase n° 5

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-25,00	0,00	--
2	-13,10	0,00	0,00
3	-13,00	-9,30	180,00
4	0,00	-9,30	0,00

Descrizione terreni*Simbologia adottata*

n°	numero d'ordine
Descrizione	Descrizione del terreno
γ	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ _{sat}	peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
φ	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cm ²]
ca	adesione terreno/paratia espressa in [kg/cm ²]

Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix

Cesp	coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato
τ ₁	tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kg/cm ²]

I parametri medi e minimi vengono usati per il calcolo di portanza di progetto dei pali e per la resistenza di progetto a sfilamento dei tiranti

N°	Descrizione	γ [kg/mc]	γ _{sat} [kg/mc]	φ [°]	δ [°]	c [kg/cm ²]	ca [kg/cm ²]	Cesp	τ ₁ [kg/cm ²]
----	-------------	--------------	-----------------------------	----------	----------	----------------------------	-----------------------------	------	---

N°	Descrizione	γ [kg/mc]	γ_{sat} [kg/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kg/cm ²]	ca [kg/cm ²]	Cesp	τ_1 [kg/cm ²]	
1	Livello 1	1400,0	1870,0	20.48	10.00	0,000	0,000	1.00	0,000	CAR
				20.48	10.00	0,000	0,000	1.00	0,000	MIN
				20.48	10.00	0,000	0,000	1.00	0,000	MED
2	Livello 2	1730,0	1920,0	27.25	13.50	0,000	0,000	1.00	0,000	CAR
				27.25	13.50	0,000	0,000	1.00	0,000	MIN
				27.25	13.50	0,000	0,000	1.00	0,000	MED
3	Terreno 3	1890,0	1950,0	30.25	15.00	0,000	0,000	1.00	0,000	CAR
				30.25	15.00	0,000	0,000	1.00	0,000	MIN
				30.25	15.00	0,000	0,000	1.00	0,000	MED

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
 sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
 kw costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm²/cm]
 α inclinazione dello strato espressa in [°] (M: strato di monte, V: strato di valle)
 Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte, V: strato di valle)

N°	sp [m]	α_M [°]	α_V [°]	Kw _M [kg/cm ² /cm]	Kw _V [kg/cm ² /cm]	Terreno M	Terreno V
1	2,80	0.00	0.00	0.21	0.21	Livello 1	Livello 1
2	9,20	0.00	0.00	1.84	1.84	Livello 2	Livello 2
3	9,60	0.00	0.00	5.20	5.20	Terreno 3	Terreno 3

Falda

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia

0,50 [m]

Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia

9,30 [m]

Regime delle pressioni neutre:

Idrodinamico

Vincoli lungo l'altezza della paratia

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine del vincolo
- Y ordinata del vincolo rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
- V_x Vincolo in direzione orizzontale
- K_x Rigidezza vincolo in direzione orizzontale espresso in [Kg/cm]
- V_r Vincolo alla rotazione
- K_r Rigidezza vincolo alla rotazione espresso in [Kgm/°]

N°	Y [m]	V _x	K _x [Kg/cm]	V _r	K _r [Kgm/°]
1	8,90	V. RIGIDO	--	LIBERO	--

Descrizione puntoni

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della fila
- Y ordinata della fila espressa in [m] misurata dalla testa della paratia
- I interasse della fila espresso in [m]
- Xa ascissa appoggio espresso in [m]
- Ya ordinata appoggio espresso in [m]
- L lunghezza puntone espressa in [m]
- alfa inclinazione dei puntoni della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
- ALL allineamento dei puntoni della fila (CENTRATI o SFALSATI)
- np numero di puntoni della fila
- f Franco laterale espresso in [m]
- A Area espressa in [cmq]
- I Inerzia espressa in [cm^4]
- Wr Modulo di resistenza espresso in [cm^3]
- Vinc Tipo vincolo appoggio
- E Modulo Elastico espresso in [kg/cmq]
- σ_d Tensione ammissibile espressa in [kg/cmqa]

N°	Y [m]	I [m]	np	Xa; Ya [m]	L [m]	Alfa [°]	f [m]	ALL
1	0,00	3,00	7	-12,00; 0,00	12,00	0,00	0,00	Centrati
2	-5,00	3,00	7	-12,00; -5,00	12,00	0,00	0,00	Centrati

n°	Vincolo	A [cmq]	I [cm^4]	W [cm^3]	E [kg/cmqa]	σ _d [kg/cmqa]
1	Rigido	89,10	17756,00	874,00	2100000	2600
2	Rigido	89,10	17756,00	874,00	2100000	2600

Caratteristiche materiali utilizzati

Simbologia adottata

- γ_{cls} Peso specifico cls, espresso in [kg/mc]
- Classe cls Classe di appartenenza del calcestruzzo
- Rck Rigidezza cubica caratteristica, espressa in [kg/cmqa]
- E Modulo elastico, espresso in [kg/cmqa]
- Acciaio Tipo di acciaio
- n Coeff. di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Descrizione	γ _{cls} [kg/mc]	Classe cls	Rck [kg/cmqa]	E [kg/cmqa]	Acciaio	n
Paratia	2500	C25/30	300	319252	B450C	15.00
Cordolo/Muro	2500	C25/30	306	320666	B450C	15.00

Coeff. di omogeneizzazione cls tesoro/compresso 1.00

Descrizione	γ _{acciaio} [kg/mc]	E [kg/cmqa]
Paratia	7850	2100000

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate

- Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
- Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
- Ig Indice di gruppo
- F_x Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle
- F_y Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso
- M Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante
- Q_x, Q_y Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espressa in [kg/mq]
- V_x, V_y Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espressa in [kg/mq], positivi da monte verso valle
- R Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]

Condizione n° 1 - Variabile da traffico - ACCIDENTALE STRADALE (I_g=0) [Ψ₀=1.00 - Ψ₁=1.00 - Ψ₂=1.00]

Carico distribuito sul profilo	X _i = 0,00	X _r = 3,00	Q _x = 1000	Q _y = 1000
--------------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Fasi di scavo

Simbologia adottata

- n° identificativo della fase nell'elenco definito
- Fase Descrizione dell'i-esima fase
- Tempo Tempo in cui avviene la fase di scavo

n°	Fase	Tempo
1	Scavo fino alla profondità di 1.00 metri	0
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=1.00]	0
3	Quota falda valle 9.30 metri - Quota falda monte 0.50 metri [Hscavo=1.00]	0
4	Inserimento puntone 1 [Hscavo=1.00]	1
5	Scavo fino alla profondità di 6.00 metri	2
6	Inserimento puntone 2 [Hscavo=6.00]	3

n°	Fase	Tempo
7	Scavo fino alla profondità di 9.30 metri	4
8	Inserimento vincolo 1 (X=-8.90) [Hscavo=9.30]	5
9	Rimozione puntone 2 [Hscavo=9.30]	6

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo: Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (17/01/2018)

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		Statici		Sismici	
			A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	γ_{Gsfav}	0.80	0.80	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qsfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	γ_{tanv}	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00	1.00	1.00

Verifica materiali: Stato Limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio

Sezione in c.a.

$$V_{Rsd} = 0.9d \frac{A_{sv}}{s} f_{yk} (\ctg \alpha + \ctg \theta) \sin \alpha$$

$$V_{Rsd} = 0.9d b_w \alpha_v f_{cd} \frac{\ctg \alpha + \ctg \theta}{1 + \ctg^2 \theta}$$

con:

d	altezza utile sezione [mm]
b_w	larghezza minima sezione [mm]
A_{sv}	area armatura trasversale [mmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
α_c	coefficiente maggiorativo, funzione di f_{cd} e σ_{cp}
σ_{cp}	tensione media di compressione [N/mmq]
$v=0.5$	

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali	Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata	

Verifica a fessurazione

Sensibilità delle armature	Poco sensibile
Valori limite delle aperture delle fessure	$w_1 = 0.20$ $w_2 = 0.30$ $w_3 = 0.40$
Metodo di calcolo aperture delle fessure	NTC 2018 - C4.1.2.2.4.5
Calcolo momento fessurazione	Formazione
Resistenza a trazione per	Trazione

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico	Rara	$\sigma_c < 0.60 f_{ck} - \sigma_f < 0.80 f_{yk}$
	Quasi permanente	$\sigma_c < 0.45 f_{ck} - \sigma_f < 1.00 f_{yk}$

Frequente

 $\sigma_c < 1.00 f_{ck} - \sigma_f < 1.00 f_{yk}$

Impostazioni di analisi

Analisi per Fasi di Scavo.

Rottura del terreno:

Pressione passiva

Impostazioni analisi per fasi di scavo:

Analisi per condizioni di esercizio

Analisi per coefficienti tipo A1-M1

Analisi per coefficienti tipo A2-M2

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta K_a e K_p che nelle inclinazioni della spinta attiva e passiva

Stabilità globale:

Metodo:

Metodo di Fellenius

Maglia dei centri

Passo maglia **Automatica**

Resistenza a taglio paratia

 V_{Rd}

Impostazioni analisi sismica

Non sono state analizzate Combinazioni/Fasi sismiche.

Risultati

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per fasi di scavo

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 186 elementi fuori terra e 198 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incrementi di carico.

Altezza fuori terra della paratia	9,30	[m]
Profondità di infissione	9,90	[m]
Altezza totale della paratia	19,20	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Pa Spinta attiva, espressa in [kg]
- Pw Spinta della falda, espressa in [kg]
- Pp Resistenza passiva, espressa in [kg]
- Pc Controspinta, espressa in [kg]

n°	Tipo	Pa [kg]	Y _{Pa} [m]	Pw [kg]	Y _{Pw} [m]	Pp [kg]	Y _{Pp} [m]	Pc [kg]	Y _{Pc} [m]
1	ESE	875	0,66	56963	9,67	-58293	9,60	454	18,88
2	ESE	875	0,66	56963	9,67	-58293	9,60	454	18,88
3	ESE	9822	3,61	56963	9,67	-56606	11,03	2060	18,58
4	ESE	9822	3,61	56963	9,67	-56606	11,03	2060	18,58
5	ESE	22750	6,33	56963	9,67	-49058	14,77	9319	18,66
6	ESE	22751	6,33	56963	9,67	-49059	14,77	9319	18,66
7	ESE	23876	6,52	56963	9,67	-41380	14,96	10144	17,66
1	SLU - STR	1195	0,67	56963	9,67	-58606	9,55	447	18,88
2	SLU - STR	1195	0,67	56963	9,67	-58606	9,55	447	18,88
3	SLU - STR	14068	3,66	56963	9,67	-59082	10,91	2286	18,55
4	SLU - STR	14068	3,66	56963	9,67	-59082	10,91	2286	18,55
5	SLU - STR	31481	6,20	56963	9,67	-58667	13,80	10285	18,48
6	SLU - STR	31481	6,20	56963	9,67	-58667	13,80	10285	18,48
7	SLU - STR	32144	6,27	56963	9,67	-51490	13,84	10677	17,94
1	SLU - GEO	1235	0,71	56963	9,67	-58643	9,55	445	18,88
2	SLU - GEO	1235	0,71	56963	9,67	-58643	9,55	445	18,88
3	SLU - GEO	12377	3,67	56963	9,67	-57626	11,29	2952	18,50
4	SLU - GEO	12377	3,67	56963	9,67	-57626	11,29	2952	18,50
5	SLU - GEO	31200	6,80	56963	9,67	-39402	16,08	4637	18,94
6	SLU - GEO	31200	6,80	56963	9,67	-39403	16,08	4637	18,94
7	SLU - GEO	33934	7,14	56963	9,67	-31287	16,56	8826	15,03

Simbologia adottata

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kg]
- Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kg]
- Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kg]
- Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kg]

n°	Tipo	Rc [kg]	Y _{Rc} [m]	Rt [kg]	Y _{Rt} [m]	Rv [kg]	Y _{Rv} [m]	Rp [kg]	Y _{Rp} [m]
1	ESE	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
2	ESE	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	ESE	0	0,00	0	0,00	0	0,00	-12239	0,00
4	ESE	0	0,00	0	0,00	0	0,00	-12239	0,00
5	ESE	0	0,00	0	0,00	0	0,00	-39978	3,60
6	ESE	0	0,00	0	0,00	0	8,90	-39978	3,60
7	ESE	0	0,00	0	0,00	-29915	8,90	-19686	0,00
1	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
2	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	0	0,00	-14236	0,00
4	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	0	0,00	-14236	0,00
5	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	0	0,00	-40064	3,15
6	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	1	8,90	-40064	3,15
7	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	-26001	8,90	-22292	0,00
1	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
2	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	0	0,00	-14668	0,00
4	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	0	0,00	-14668	0,00
5	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	0	0,00	-53402	4,07
6	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	0	8,90	-53402	4,07
7	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	-45772	8,90	-22663	0,00

Simbologia adottata

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- P_{NUL} Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
- P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
- C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
- MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
- R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicitare, espresso in [%]

n°	Tipo	P _{NUL} [m]	P _{INV} [m]	C _{ROT} [m]	MP [%]	R/R _{MAX} [%]
1	ESE	1,31	12,05	18,25	2,74	3,35
2	ESE	1,31	12,05	18,25	2,74	3,35
3	ESE	6,36	12,05	17,35	13,21	5,54
4	ESE	6,36	12,05	17,35	0,00	5,48
5	ESE	11,13	15,45	17,58	61,81	22,30
6	ESE	11,13	15,45	17,58	61,81	22,30
7	ESE	11,13	15,45	11,53	0,00	13,77
1	SLU - STR	1,33	12,05	18,25	2,74	2,49
2	SLU - STR	1,33	12,05	18,25	2,74	2,49

n°	Tipo	P _{NUL} [m]	P _{INV} [m]	C _{ROT} [m]	MP [%]	R/R _{MAX} [%]
3	SLU - STR	6,40	12,05	17,26	12,08	4,09
4	SLU - STR	6,40	12,05	17,26	12,08	4,09
5	SLU - STR	10,61	13,80	17,05	45,73	14,55
6	SLU - STR	10,61	13,80	17,05	16,08	14,55
7	SLU - STR	10,61	13,80	10,77	0,00	10,60
1	SLU - GEO	1,51	12,05	18,25	4,11	4,95
2	SLU - GEO	1,51	12,05	18,25	4,11	4,95
3	SLU - GEO	6,61	12,05	17,11	20,00	15,00
4	SLU - GEO	6,61	12,05	17,11	20,00	15,00
5	SLU - GEO	12,00	17,40	18,41	81,91	40,82
6	SLU - GEO	12,00	17,40	18,41	81,91	40,82
7	SLU - GEO	12,00	17,40	13,36	0,00	14,26

Verifiche geotecniche

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase
 Tipo Tipo della Combinazione/Fase
 P_{P,med}, P_{P,min} Portanza di punta media e minima, espressa in [kg]
 P_{L,med}, P_{L,min} Portanza laterale media e minima, espressa in [kg]
 P_d Portanza di progetto, espressa in [kg]
 N Sforzo normale alla base del palo, espressa in [kg]
 FS Fattore di sicurezza (rapporto Pd/N)

n°	Tipo	P _{P,med} [kg]	P _{L,med} [kg]	P _{P,min} [kg]	P _{L,min} [kg]	P _d [kg]	N [kg]	FS
1	SLU - STR	311987	0	311987	0	135942	54287	2.504
2	SLU - STR	311987	0	311987	0	135942	54287	2.504
3	SLU - STR	228581	0	228581	0	99599	54287	1.835
4	SLU - STR	228581	0	228581	0	99599	54287	1.835
5	SLU - STR	172434	0	172434	0	75135	54287	1.384
6	SLU - STR	172434	0	172434	0	75135	54287	1.384
7	SLU - STR	172434	0	172434	0	75135	54287	1.384

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
 Tipo Tipo della combinazione/fase
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
 M momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]
 N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)
 T taglio massimo e minimo espresso in [kg]

n°	Tipo	M [kgm]	Y _M [m]	T [kg]	Y _T [m]	N [kg]	Y _N [m]	
1	ESE	3576	14,60	5182	11,95	29858	19,20	MAX
		-9619	9,40	-3464	6,50	0	0,00	MIN
2	ESE	3576	14,60	5182	11,95	29858	19,20	MAX
		-9619	9,40	-3464	6,50	0	0,00	MIN
3	ESE	16157	13,20	10769	7,05	29858	19,20	MAX
		-35933	4,60	-12239	0,00	0	0,00	MIN
4	ESE	16157	13,20	10769	7,05	29858	19,20	MAX
		-35933	4,60	-12239	0,00	0	0,00	MIN
5	ESE	23753	15,70	22926	12,15	29858	19,20	MAX
		-81717	8,65	-25665	5,00	0	0,00	MIN
6	ESE	23751	15,70	22925	12,15	29858	19,20	MAX
		-81716	8,65	-25664	5,00	0	0,00	MIN
7	ESE	23104	15,65	22642	8,90	29858	19,20	MAX
		-75419	5,95	-19686	0,00	0	0,00	MIN
1	SLU - STR	4301	3,65	5082	11,95	29858	19,20	MAX
		-9171	9,45	-3568	6,55	0	0,00	MIN
2	SLU - STR	4301	3,65	5082	11,95	29858	19,20	MAX
		-9171	9,45	-3568	6,55	0	0,00	MIN
3	SLU - STR	17989	13,10	12883	6,90	29858	19,20	MAX
		-40299	4,45	-14236	0,00	0	0,00	MIN
4	SLU - STR	17989	13,10	12884	6,90	29858	19,20	MAX
		-40299	4,45	-14236	0,00	0	0,00	MIN
5	SLU - STR	37532	14,50	28509	11,70	29858	19,20	MAX
		-78522	7,90	-22740	5,00	0	0,00	MIN
6	SLU - STR	37532	14,50	28509	11,70	29858	19,20	MAX
		-78522	7,90	-22740	5,00	0	0,00	MIN
7	SLU - STR	38309	14,35	27933	8,90	29858	19,20	MAX
		-81740	5,80	-22292	0,00	0	0,00	MIN
1	SLU - GEO	4582	3,65	5040	11,95	29858	19,20	MAX
		-8975	9,45	-3600	6,60	0	0,00	MIN
2	SLU - GEO	4582	3,65	5040	11,95	29858	19,20	MAX
		-8975	9,45	-3600	6,60	0	0,00	MIN
3	SLU - GEO	21236	13,10	12836	7,70	29858	19,20	MAX
		-44184	4,75	-14668	0,00	0	0,00	MIN
4	SLU - GEO	21236	13,10	12836	7,70	29858	19,20	MAX
		-44185	4,75	-14668	0,00	0	0,00	MIN
5	SLU - GEO	5349	17,55	22151	13,70	29858	19,20	MAX
		-115393	9,60	-37373	5,00	0	0,00	MIN
6	SLU - GEO	5348	17,55	22151	13,70	29858	19,20	MAX
		-115392	9,60	-37373	5,00	0	0,00	MIN
7	SLU - GEO	4638	17,60	23650	8,90	29858	19,20	MAX
		-87798	6,10	-22663	0,00	0	0,00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
 Tipo Tipo della combinazione/fase
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
 U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
 V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U [cm]	Y _U [m]	V [cm]	Y _V [m]	
1	ESE	0,2689	0,00	0,0144	0,00	MAX
		-0,0183	19,20	0,0000	0,00	MIN
2	ESE	0,2689	0,00	0,0144	0,00	MAX
		-0,0183	19,20	0,0000	0,00	MIN

n°	Tipo	U [cm]	Y _v [m]	V [cm]	Y _v [m]	
3	ESE	0,6109	3,95	0,0144	0,00	MAX
		-0,0425	19,20	0,0000	0,00	MIN
4	ESE	0,6109	3,95	0,0144	0,00	MAX
		-0,0425	19,20	0,0000	0,00	MIN
5	ESE	1,2766	7,80	0,0144	0,00	MAX
		-0,2203	19,20	0,0000	0,00	MIN
6	ESE	1,2766	7,80	0,0144	0,00	MAX
		-0,2203	19,20	0,0000	0,00	MIN
7	ESE	1,3644	6,45	0,0144	0,00	MAX
		-0,2091	19,20	0,0000	0,00	MIN
1	SLU - STR	0,2892	0,00	0,0144	0,00	MAX
		-0,0181	19,20	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - STR	0,2892	0,00	0,0144	0,00	MAX
		-0,0181	19,20	0,0000	0,00	MIN
3	SLU - STR	0,6706	3,80	0,0144	0,00	MAX
		-0,0450	19,20	0,0000	0,00	MIN
4	SLU - STR	0,6706	3,80	0,0144	0,00	MAX
		-0,0450	19,20	0,0000	0,00	MIN
5	SLU - STR	1,1760	6,80	0,0144	0,00	MAX
		-0,1817	19,20	0,0000	0,00	MIN
6	SLU - STR	1,1760	6,80	0,0144	0,00	MAX
		-0,1817	19,20	0,0000	0,00	MIN
7	SLU - STR	1,2973	5,70	0,0144	0,00	MAX
		-0,1718	19,20	0,0000	0,00	MIN
1	SLU - GEO	0,2976	0,00	0,0144	0,00	MAX
		-0,0181	19,20	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - GEO	0,2976	0,00	0,0144	0,00	MAX
		-0,0181	19,20	0,0000	0,00	MIN
3	SLU - GEO	0,7257	4,15	0,0144	0,00	MAX
		-0,0536	19,20	0,0000	0,00	MIN
4	SLU - GEO	0,7257	4,15	0,0144	0,00	MAX
		-0,0536	19,20	0,0000	0,00	MIN
5	SLU - GEO	1,9467	9,05	0,0144	0,00	MAX
		-0,2244	19,20	0,0000	0,00	MIN
6	SLU - GEO	1,9467	9,05	0,0144	0,00	MAX
		-0,2244	19,20	0,0000	0,00	MIN
7	SLU - GEO	1,9746	7,70	0,0144	0,00	MAX
		-0,2080	19,20	0,0000	0,00	MIN

Verifica a spostamento

Simbologia adottata

- n° Indice combinazione/Fase
- Tipo Tipo combinazione/Fase
- Ulim spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]
- U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	Ulim [cm]	U [cm]
1	ESE	9,6000	0,2689
2	ESE	9,6000	0,2689
3	ESE	9,6000	0,6109
4	ESE	9,6000	0,6109
5	ESE	9,6000	1,2766
6	ESE	9,6000	1,2766
7	ESE	9,6000	1,3644
1	SLU - STR	9,6000	0,2892
2	SLU - STR	9,6000	0,2892
3	SLU - STR	9,6000	0,6706
4	SLU - STR	9,6000	0,6706
5	SLU - STR	9,6000	1,1760
6	SLU - STR	9,6000	1,1760
7	SLU - STR	9,6000	1,2973
1	SLU - GEO	9,6000	0,2976
2	SLU - GEO	9,6000	0,2976
3	SLU - GEO	9,6000	0,7257
4	SLU - GEO	9,6000	0,7257
5	SLU - GEO	9,6000	1,9467
6	SLU - GEO	9,6000	1,9467
7	SLU - GEO	9,6000	1,9746

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

- n° Indice della combinazione/fase
- Tipo Tipo della combinazione/fase
- S Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kg]
- R Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kg]
- W Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kg]
- T Reazione tiranti espresso in [kg]
- P Reazione puntoni espresso in [kg]
- V Reazione vincoli espresso in [kg]
- C Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kg]
- Y Punto di applicazione, espresso in [m]
- Mr Momento ribaltante, espresso in [kgm]
- Ms Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
- FS_{rib} Fattore di sicurezza a ribaltamento
- FS_{sc} Fattore di sicurezza a scorrimento

I punti di applicazione delle azioni sono riferiti alla testa della paratia.
La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y [kg]	R Y [kg]	W Y [kg]	T Y [kg]	P Y [kg]	V Y [kg]	C Y [kg]	Mr	Ms	FS _{rib}	FS _{sc}
20	SLU - GEO	88291,65 12,36	130579,57 16,44	56963,08 9,67	0,00 0,00	53402,02 4,07	0,33 8,90	0,00 0,00	1146892,49	1168726,74	1.019	1.267

Stabilità globale

Simbologia adottata

- n° Indice della combinazione/fase
- Tipo Tipo della combinazione/fase
- (X_c; Y_c) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
- R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]

(X_v, Y_v) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
 (X_m, Y_m) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
 FS Coefficiente di sicurezza
 R Coefficiente di sicurezza richiesto

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X _c , Y _c [m]	R [m]	X _v , Y _v [m]	X _m , Y _m [m]	FS	R
1	ESE	0,00; 0,00	15,90	-13,57; -8,29	15,90; 0,00	7,536	1,100
2	ESE	0,00; 0,00	15,90	-13,57; -8,29	15,90; 0,00	7,536	1,100
3	ESE	0,00; 0,00	12,60	-11,09; -5,98	12,60; 0,00	2,689	1,100
4	ESE	0,00; 0,00	12,60	-11,09; -5,98	12,60; 0,00	2,689	1,100
5	ESE	0,00; 1,92	14,52	-14,40; 0,06	14,40; 0,00	1,655	1,100
6	ESE	0,00; 1,92	14,52	-14,40; 0,06	14,40; 0,00	1,655	1,100
7	ESE	0,00; 1,92	14,52	-14,40; 0,06	14,40; 0,00	1,655	1,100
1	SLU - GEO	0,00; 0,00	15,90	-13,57; -8,29	15,90; 0,00	6,635	1,100
2	SLU - GEO	0,00; 0,00	15,90	-13,57; -8,29	15,90; 0,00	6,635	1,100
3	SLU - GEO	0,00; 0,00	12,60	-11,09; -5,98	12,60; 0,00	2,492	1,100
4	SLU - GEO	0,00; 0,00	12,60	-11,09; -5,98	12,60; 0,00	2,492	1,100
5	SLU - GEO	0,00; 0,00	19,20	-19,20; 0,00	19,20; 0,00	1,359	1,100
6	SLU - GEO	0,00; 0,00	19,20	-19,20; 0,00	19,20; 0,00	1,359	1,100
7	SLU - GEO	0,00; 0,00	19,20	-19,20; 0,00	19,20; 0,00	1,359	1,100

Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
 Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)
 Le strisce sono numerate da monte verso valle
 N° numero d'ordine della striscia
 W peso della striscia espresso in [kg]
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
 b larghezza della striscia espressa in [m]
 L sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
 Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

Fase n° 5 - SLU - GEO

Numero di strisce 50

Caratteristiche delle strisce

N°	W _i [kg]	α [°]	L [m]	φ [°]	c [kg/cmq]	u [kg/cmq]	(Ctn; Ctt) [kg]
1	3571,38	-81.87	5,43	22.39	0,000	0,000	(0; 0)
2	8570,28	-70.33	2,28	22.39	0,000	0,000	(0; 0)
3	11057,16	-64.28	1,77	22.39	0,000	0,000	(0; 0)
4	13049,13	-59.39	1,51	22.39	0,000	0,047	(0; 0)
5	14817,14	-55.14	1,34	22.39	0,000	0,167	(0; 0)
6	16339,33	-51.30	1,23	23.70	0,000	0,270	(0; 0)
7	17687,62	-47.76	1,14	25.01	0,000	0,360	(0; 0)
8	18729,32	-44.45	1,08	25.01	0,000	0,440	(0; 0)
9	17850,64	-41.32	1,02	25.01	0,000	0,512	(0; 0)
10	8558,58	-38.33	0,98	25.01	0,000	0,576	(0; 0)
11	9422,89	-35.46	0,94	25.01	0,000	0,633	(0; 0)
12	10201,63	-32.69	0,91	25.01	0,000	0,685	(0; 0)
13	10902,88	-30.01	0,89	25.01	0,000	0,732	(0; 0)
14	11533,04	-27.39	0,87	25.01	0,000	0,774	(0; 0)
15	12097,29	-24.84	0,85	25.01	0,000	0,812	(0; 0)
16	12599,83	-22.34	0,83	25.01	0,000	0,845	(0; 0)
17	13044,11	-19.88	0,82	25.01	0,000	0,875	(0; 0)
18	13432,98	-17.46	0,81	25.01	0,000	0,901	(0; 0)
19	13768,76	-15.07	0,80	25.01	0,000	0,924	(0; 0)
20	14053,36	-12.71	0,79	25.01	0,000	0,943	(0; 0)
21	14288,34	-10.37	0,78	25.01	0,000	0,958	(0; 0)
22	14474,92	-8.05	0,78	25.01	0,000	0,971	(0; 0)
23	14614,06	-5.74	0,77	25.01	0,000	0,980	(0; 0)
24	14706,45	-3.44	0,77	25.01	0,000	0,986	(0; 0)
25	14752,53	-1.15	0,77	25.01	0,000	0,989	(0; 0)
26	29061,13	1.15	0,77	25.01	0,000	1,869	(0; 0)
27	29015,05	3.44	0,77	25.01	0,000	1,866	(0; 0)
28	28922,67	5.74	0,77	25.01	0,000	1,860	(0; 0)
29	28700,73	8.05	0,78	25.01	0,000	1,851	(0; 0)
30	27713,75	10.37	0,78	25.01	0,000	1,838	(0; 0)
31	27478,77	12.71	0,79	25.01	0,000	1,823	(0; 0)
32	27194,16	15.07	0,80	25.01	0,000	1,804	(0; 0)
33	26858,39	17.46	0,81	25.01	0,000	1,781	(0; 0)
34	26469,52	19.88	0,82	25.01	0,000	1,755	(0; 0)
35	26025,24	22.34	0,83	25.01	0,000	1,725	(0; 0)
36	25522,70	24.84	0,85	25.01	0,000	1,692	(0; 0)
37	24958,45	27.39	0,87	25.01	0,000	1,654	(0; 0)
38	24328,29	30.01	0,89	25.01	0,000	1,612	(0; 0)
39	23627,04	32.69	0,91	25.01	0,000	1,565	(0; 0)
40	22848,29	35.46	0,94	25.01	0,000	1,513	(0; 0)
41	21983,98	38.33	0,98	25.01	0,000	1,456	(0; 0)
42	21023,78	41.32	1,02	25.01	0,000	1,392	(0; 0)
43	19954,12	44.45	1,08	25.01	0,000	1,320	(0; 0)
44	18756,68	47.76	1,14	25.01	0,000	1,240	(0; 0)
45	17408,38	51.30	1,23	23.70	0,000	1,150	(0; 0)
46	15886,20	55.14	1,34	22.39	0,000	1,047	(0; 0)
47	14116,35	59.39	1,51	22.39	0,000	0,927	(0; 0)
48	11983,53	64.28	1,77	22.39	0,000	0,782	(0; 0)
49	9223,53	70.33	2,28	22.39	0,000	0,595	(0; 0)
50	3712,01	81.87	5,43	19.51	0,000	0,219	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia = 0,00 [kg]
 ΣW_i = 866896,40 [kg]
 ΣW_isinα_i = 83592,30 [kg]
 ΣW_icosα_itanφ_i = 335127,14 [kg]
 Σc_ib_i/cosα_i = 0,00 [kg]

Verifiche idrauliche

Verifica al sollevamento del fondo scavo

Simbologia adottata

- Ic Indice della combinazione
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- ΔH Perdita di carico espressa in [m]
- L Lunghezza di filtrazione espressa in [m]
- i_e Gradiente idraulico di efflusso
- I Profondità di infissione espressa in [m]
- σ_t Pressione totale al piede della paratia espressa in [kg/cmq]
- u_w Pressione idrica al piede della paratia espressa in [kg/cmq]
- FS Coefficiente di sicurezza a sollevamento fondo scavo

Fase n° 1 - ESE

n°	ΔH [m]	L [m]	i_e	I [m]	σ_t [kg/cmq]	u_w [kg/cmq]	FS
1	8,80	28,60	0.31	18,20	16312	14241	1.145

Risultati puntoni

Simbologia adottata

- n° Identificativo della fila di puntoni
- N reazione del puntone della fila espresso in [kg]
- Ncr Carico critico puntone espresso in [kg]
- σ_t tensione di compressione/trazione nel puntone espressa in [kg/cmq]
- u spostamento orizzontale del puntone della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]
- FS Fattore di sicurezza (rapporto tra Ncr/N)

n°	N [kg]	Ncr [kg]	L [m]	A [cmq]	σ_t [kg/cmq]	u [cm]	FS	cmb
1	-64752	-255565	12,00	89,10	726,73	0,71286	3.947	21
2	-124083	-255565	12,00	89,10	1392,62	1,51259	2.060	19

Risultati vincoli

Simbologia adottata

- n° Indice del vincolo
- R_x reazione in direzione orizzontale a metro lineare, positiva verso valle, espressa in [kg]
- R_u reazione momento a metro lineare, positiva antioraria, espressa in [kgm]
- u spostamento orizzontale, positivo verso valle, espresso in [cm]

n°	$R_{x,min}$ [kg]	$R_{x,max}$ [kg]	$R_{u,min}$ [kgm]	$R_{u,max}$ [kgm]	u_{min} [cm]	u_{max} [cm]
1	-45772	1	--	--	1,94582	1,08248

Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della sezione
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
- A_r area di armatura del palo espressa in [cmq]
- M momento flettente agente sul palo espresso in [kgm]
- N sforzo normale agente sul palo espresso in [kg] (positivo di compressione)
- M_u momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
- N_u sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
- FS coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n° - Tipo	Y [m]	A_f [cmq]	M [kgm]	N [kg]	M_u [kgm]	N_u [kg]	FS
6 - SLU - GEO	12,05	95,57	-162549	34071	-190081	39841	1.169

Verifica a taglio

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della sezione
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
- A_{sw} area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]
- s interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]
- V_{Ed} taglio agente sul palo, espresso in [kg]
- V_{Rd} taglio resistente, espresso in [kg]
- FS coefficiente di sicurezza (rapporto tra V_{Rd}/V_{Ed})
- $\cotg\theta$ inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 102,43 cm

n° - Tipo	Y [m]	A_{sw} [cmq]	s [cm]	V_{Ed} [kg]	V_{Rd} [kg]	FS	$\cotg\theta$
5 - SLU - GEO	5,00	1,57	20,00	-67951	68752	1.012	2,50

Verifica tensioni

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della sezione
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]

Af area di armatura espressa in [cmq]
 σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
 σ_r tensione nell'acciaio espressa in [kg/cmq]

Af	σ_c	cmb	σ_r	cmb
[cmq]	[kg/cmq]		[kg/cmq]	
180,52	93,51	5	2455,84	5

Verifica fessurazione

Simbologia adottata

Tipo Tipo della Combinazione/Fase
 Oggetto Muro/Paratia
 Y Ordinata sezione, espresso in [m]
 M Momento agente, espresso in [kgm]
 M_r Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]
 s Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]
 ϵ_{sm} Deformazione nelle fessure, espressa in [%]
 W_{lim} Apertura limite fessure, espressa in [mm]
 W_k Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y	M	M _r	s	ϵ_{sm}	W _{lim}	W _k
		[m]	[kgm]	[kgm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]
Paratia	5 - ESE	8,55	-148503	-54496	157,337	0.0981	0,300	0,263

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale
 T_h taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale
 M_v momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale
 T_v taglio espresso in [kg] nel piano verticale

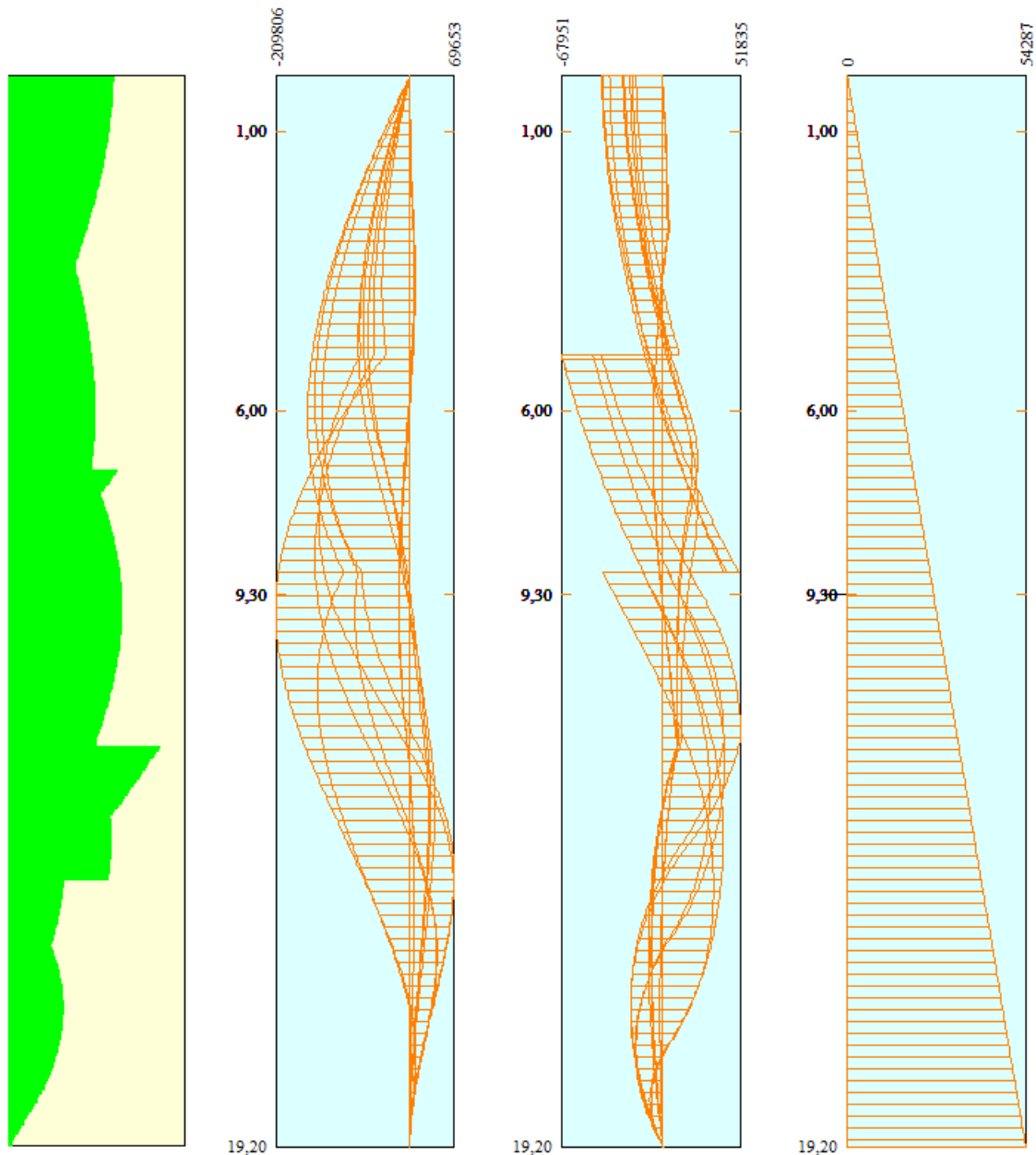
Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=140,00 [cm]	H=120,00 [cm]		
A _{fV} =25,45 [cmq]	A _{fh} =15,27 [cmq]	Staffe ϕ 18/10	Nbh=2 - Nbv=2
M _h =109947 [kgm]	M _{uh} =132954 [kgm]	FS=1.21	
T _h =219893 [kg]	T _{Rh} =243759 [kg]	FS _r =1.11	cotg θ h=1.00
M _v =6804 [kgm]	M _{uv} =90851 [kgm]	FS=13.35	
T _v =7560 [kg]	T _{Rv} =207912 [kg]	FS _{rV} =27.50	cotg θ v=1.00

10.1 SINTESI DEI RISULTATI

Si riportano di seguito una sintesi dei risultati, in forma grafica e tabellare, delle analisi condotte attraverso il modello di calcolo.

DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONE DI FLESSIONE, TAGLIO, E SFORZO NORMALE – COMBINAZIONE INVILUPPO SLU



Verifica armatura paratia (Involuppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della sezione
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
- A_r area di armatura del palo espressa in [cmq]
- M momento flettente agente sul palo espresso in [kgm]
- N sforzo normale agente sul palo espresso in [kg] (positivo di compressione)
- M_u momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
- N_u sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
- FS coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n° - Tipo	Y [m]	A _r [cmq]	M [kgm]	N [kg]	M _u [kgm]	N _u [kg]	FS
6 - SLU - GEO	12,05	95,57	-162549	34071	-190081	39841	1.169

Verifica a taglio

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della sezione
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
- A_{sw} area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]
- s interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]
- V_{Ed} taglio agente sul palo, espresso in [kg]
- V_{Rd} taglio resistente, espresso in [kg]
- FS coefficiente di sicurezza (rapporto tra V_{Rd}/V_{Ed})
- cotgθ inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 102,43 cm

n° - Tipo	Y [m]	A _{sw} [cmq]	s [cm]	V _{Ed} [kg]	V _{Rd} [kg]	FS	cotgθ
5 - SLU - GEO	5,00	1,57	20,00	-67951	68752	1.012	2,50

Le verifiche sono soddisfatte.

DIAGRAMMA SUPERFICIE DI SCIVOLAMENTO CRITICA

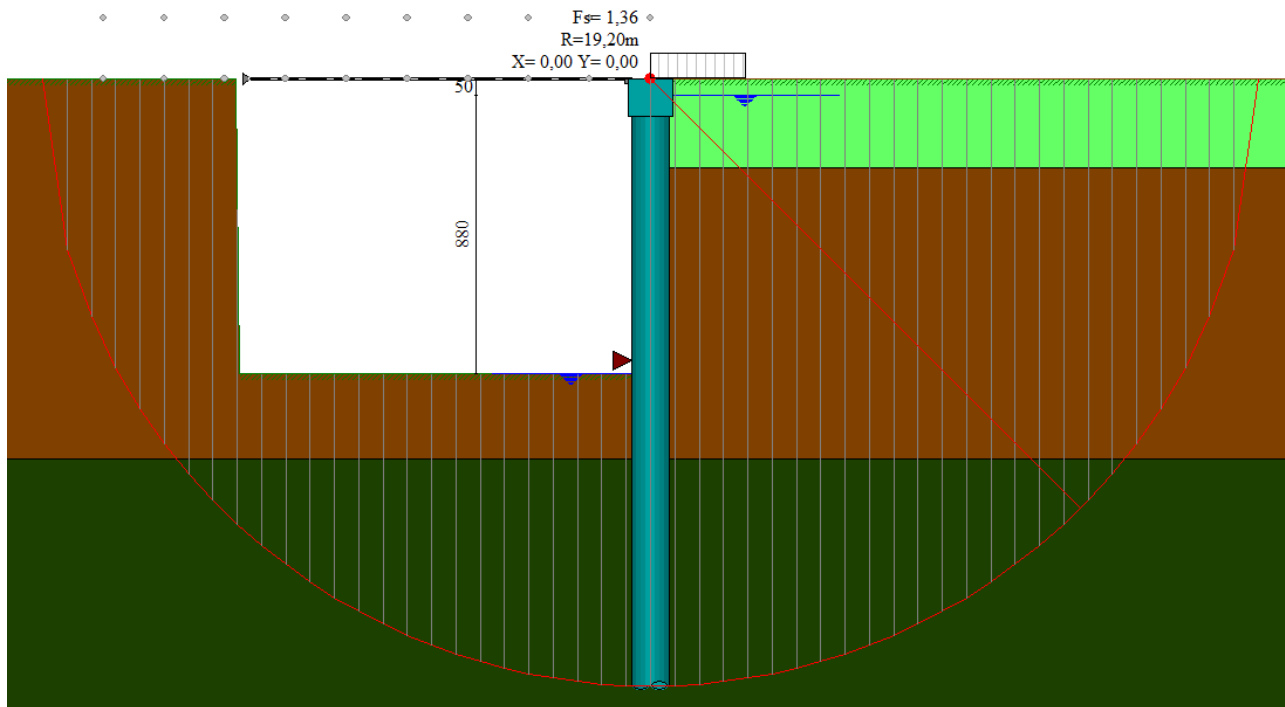
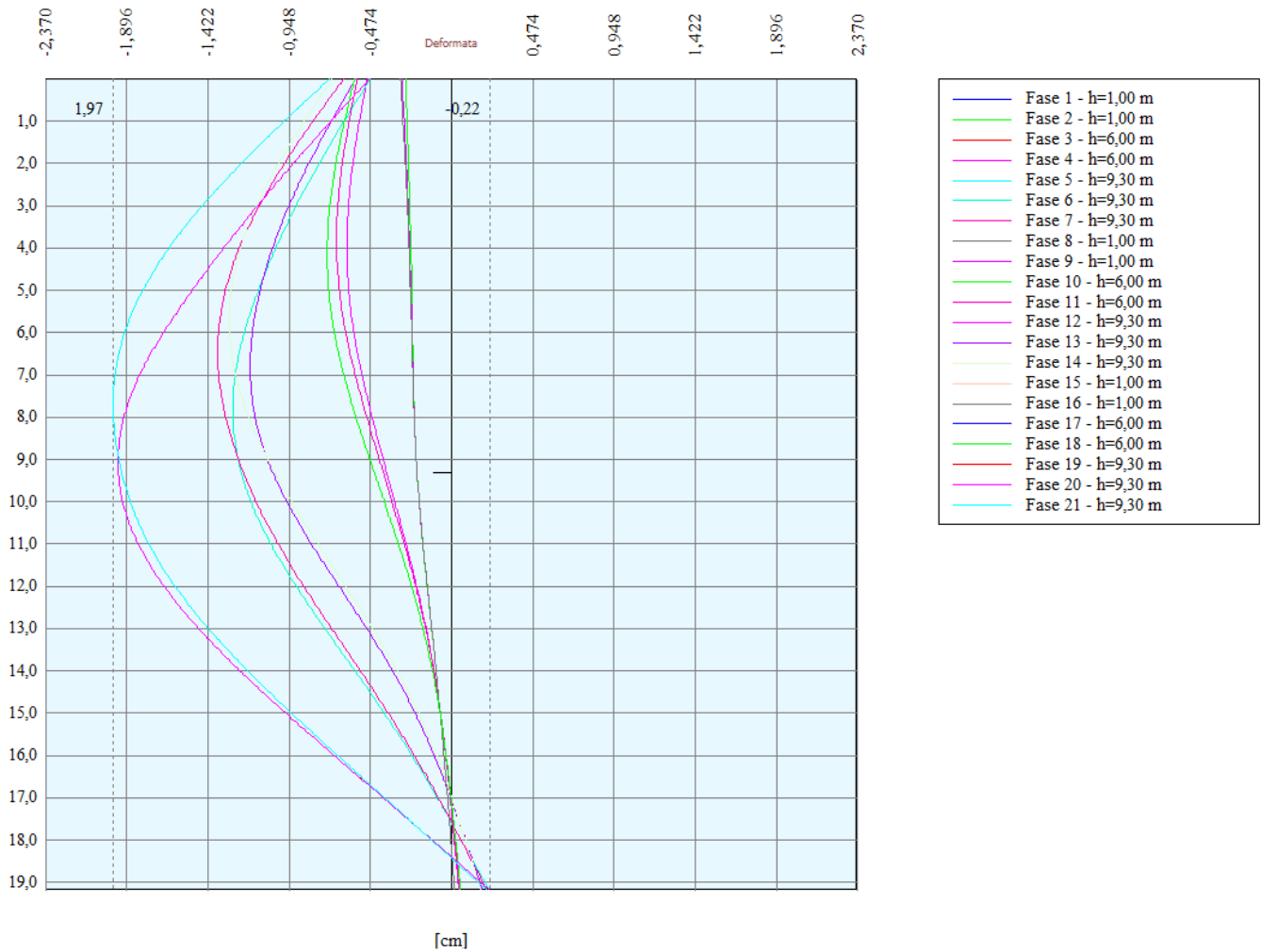


DIAGRAMMA INVILUPPO DEFORMATA



Verifica a spostamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione/Fase
 Tipo Tipo combinazione/Fase
 Ulim spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]
 U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	Ulim [cm]	U [cm]
1	ESE	9,6000	0,2689
2	ESE	9,6000	0,2689
3	ESE	9,6000	0,6109
4	ESE	9,6000	0,6109
5	ESE	9,6000	1,2766
6	ESE	9,6000	1,2766
7	ESE	9,6000	1,3644
1	SLU - STR	9,6000	0,2892
2	SLU - STR	9,6000	0,2892
3	SLU - STR	9,6000	0,6706
4	SLU - STR	9,6000	0,6706
5	SLU - STR	9,6000	1,1760
6	SLU - STR	9,6000	1,1760
7	SLU - STR	9,6000	1,2973
1	SLU - GEO	9,6000	0,2976
2	SLU - GEO	9,6000	0,2976
3	SLU - GEO	9,6000	0,7257
4	SLU - GEO	9,6000	0,7257
5	SLU - GEO	9,6000	1,9467
6	SLU - GEO	9,6000	1,9467
7	SLU - GEO	9,6000	1,9746

Verifica tensioni**Simbologia adottata**

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
Af	area di armatura espressa in [cmq]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ_r	tensione nell'acciaio espressa in [kg/cmq]

Af [cmq]	σ_c [kg/cmq]	cmb	σ_r [kg/cmq]	cmb
180,52	93,51	5	2455,84	5

Verifica fessurazione**Simbologia adottata**

Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Oggetto	Muro/Paratia
Y	Ordinata sezione, espresso in [m]
M	Momento agente, espresso in [kgm]
M _r	Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]
s	Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]
ϵ_{sm}	Deformazione nelle fessure, espressa in [%]
W _{lim}	Apertura limite fessure, espressa in [mm]
W _k	Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y [m]	M [kgm]	M _r [kgm]	s [mm]	ϵ_{sm} [%]	W _{lim} [mm]	W _k [mm]
Paratia	5 - ESE	8,55	-148503	-54496	157,337	0,0981	0,300	0,263

Le verifiche sono soddisfatte.**VERIFICA SEZIONE CORDOLI****Verifica sezione cordoli****Simbologia adottata**

M _h	momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale
T _h	taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale
M _v	momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale
T _v	taglio espresso in [kg] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=140,00 [cm]	H=120,00 [cm]		
A _{fv} =25,45 [cmq]	A _{fh} =15,27 [cmq]	Staffe ϕ 18/10	Nbh=2 - Nbv=2
M _h =109947 [kgm]	M _{uh} =132954 [kgm]	FS=1.21	
T _h =219893 [kg]	T _{Rh} =243759 [kg]	FS _r =1.11	cotg θ h=1.00
M _v =6804 [kgm]	M _{uv} =90851 [kgm]	FS=13.35	
T _v =7560 [kg]	T _{Rv} =207912 [kg]	FS _{Tv} =27.50	cotg θ v=1.00

Le verifiche sono soddisfatte.**RISULTATI PUNTONI****Simbologia adottata**

n°	Identificativo della fila di puntoni
N	reazione del puntone della fila espresso in [kg]
Ncr	Carico critico puntone espresso in [kg]
σ_r	tensione di compressione/trazione nel puntone espressa in [kg/cmq]
u	spostamento orizzontale del puntone della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra Ncr/N)

n°	N [kg]	Ncr [kg]	L [m]	A [cmq]	σ_r [kg/cmq]	u [cm]	FS	cmb
1	-64752	-255565	12,00	89,10	726,73	0,71286	3.947	21
2	-124083	-255565	12,00	89,10	1392,62	1,51259	2.060	19

Le verifiche sono soddisfatte.

11 PARATIA PALI Ø1000

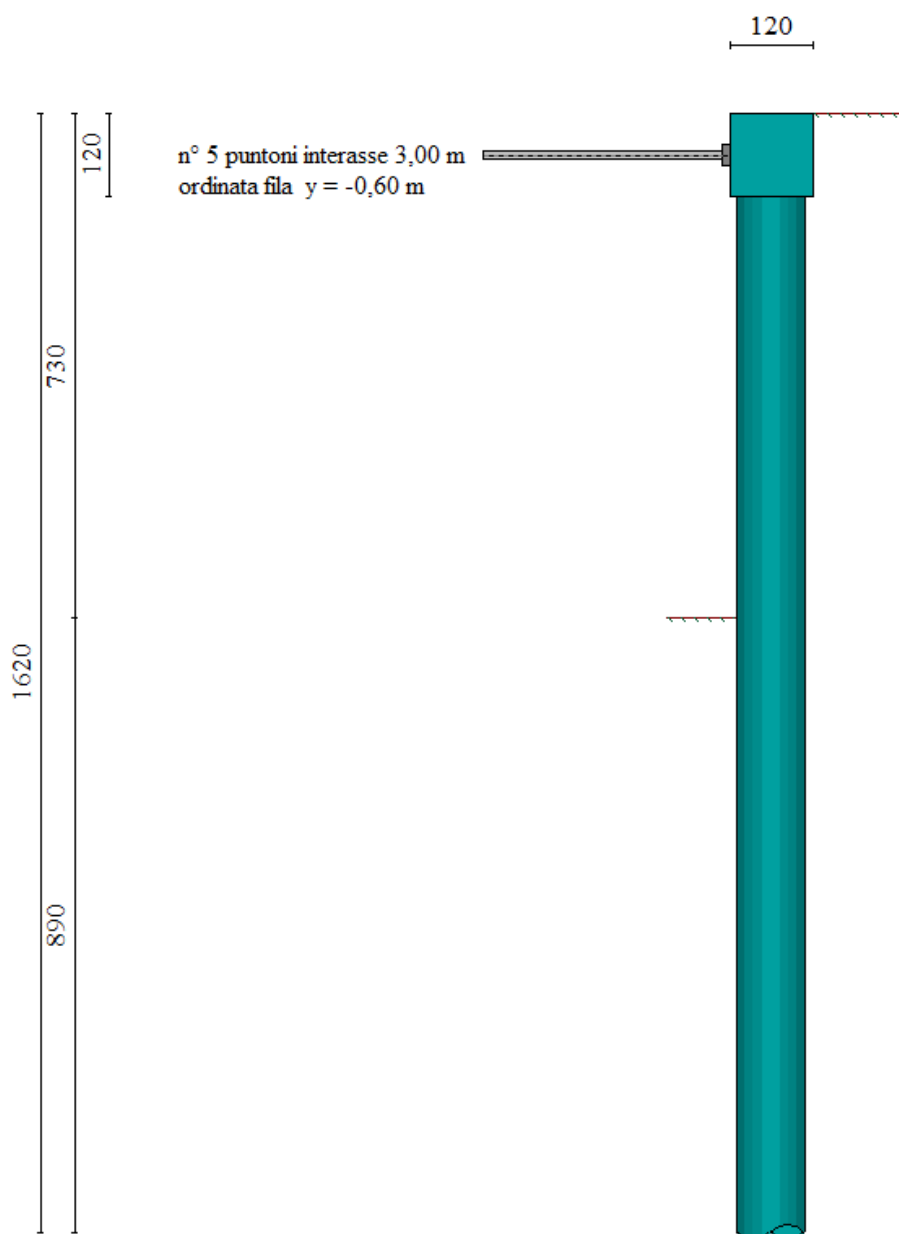
Nel seguente paragrafo viene effettuata la verifica della paratia di pali provvisionali Ø1000mm/160cm di lunghezza L=15m, per i cui dettagli si rimanda al computo metrico ed agli elaborati grafici in allegato al progetto.

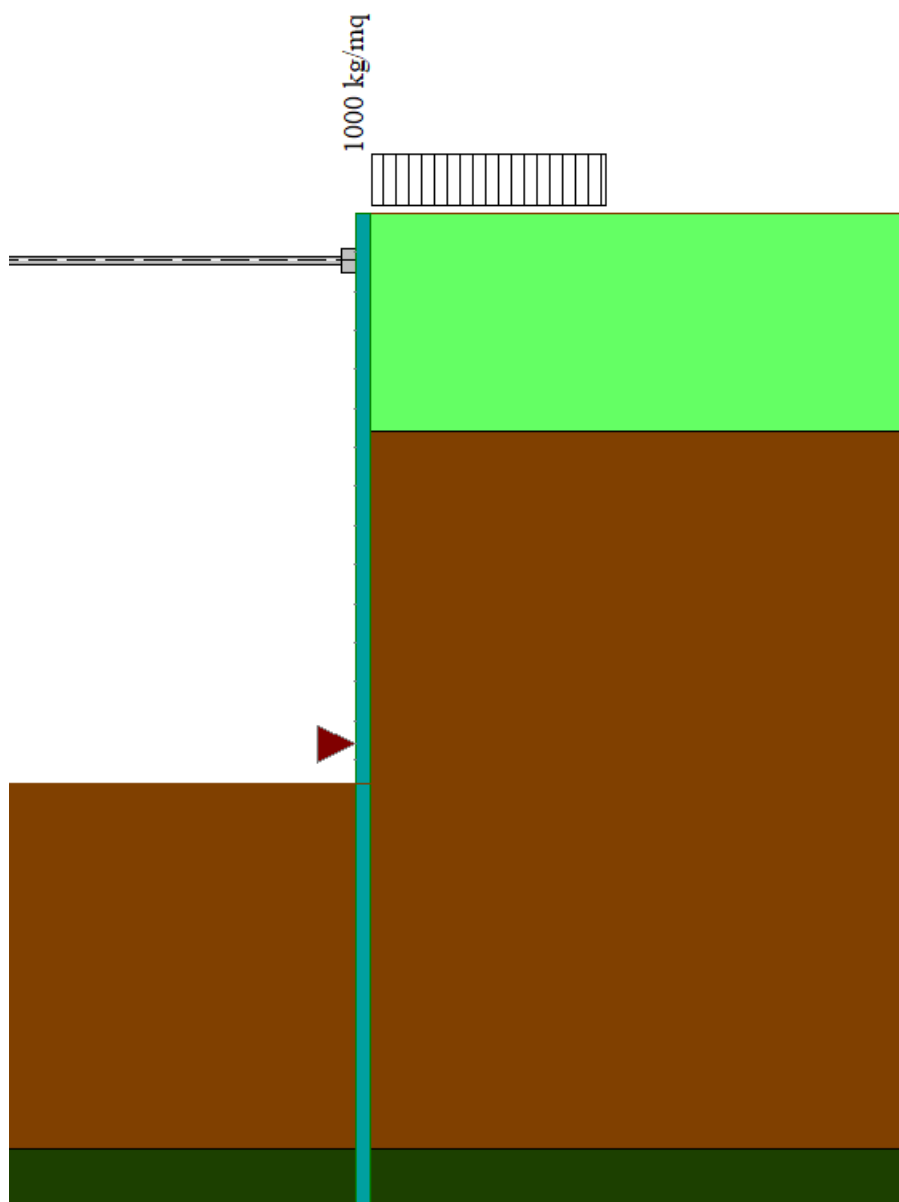
I pali sono collegati in testa con un cordolo di coronamento in c.a. di sezione 1,2 m X 1,2 m.

Con riferimento alla sezione di calcolo mostrata in seguito, è stato studiato un modello di calcolo della paratia con il software PAC di Aztec. La stratigrafia del terreno in situ è compatibile con quella determinata dal modello geotecnico di cui al §5 della presente.

Il modello si completa mediante l'applicazione del carico accidentale sul terrapieno adiacente la paratia, e una fila di puntoni in acciaio Ø406.4mm sp.7.1mm..

GEOMETRIA, ALTEZZA DI SCAVO E QUOTA PUNTONI



CONDIZIONE DI CARICO ACCIDENTALE**FASI LAVORAZIONI**

Simbologia adottata

n° identificativo della fase nell'elenco definito

Fase Descrizione dell'i-esima fase

Tempo Tempo in cui avviene la fase

n°	Fase	Tempo
1	Realizzazione paratie di pali provvisori, tappo di fondo e setti in jet grouting, e successivo emungimento di acqua	0
2	Scavo fino alla profondità di 1.00 metri	1
3	Inserimento puntone 1 [Hscavo=1.00]	2
4	Scavo fino alla profondità di 7.30 metri	3
5	Realizzazione soletta fondazione (X=-6.80) [Hscavo=7.30]	4

A seguire si riportano i risultati di calcolo effettuati.

DatiGeometria paratiaTipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra	7,30	[m]
Profondità di infissione	8,90	[m]
Altezza totale della paratia	16,20	[m]
Lunghezza paratia	17,00	[m]

Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	1,60	[m]
Diámetro dei pali	100,00	[cm]
Numero totale di pali	11	
Numero di pali per metro lineare	0,65	

Geometria cordoli*Simbologia adottata*

n°	numero d'ordine del cordolo
Y	posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo

B	Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H	Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio

A	Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cm ²]
W	Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm ³]

N°	Y [m]	Tipo	B [cm]	H [cm]	A [cm ²]	W [cm ³]
1	0,00	Calcestruzzo	120,00	120,00	--	--

Geometria profilo terreno*Simbologia adottata e sistema di riferimento*

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
2	15,00	0,00	0,00

Profilo di valle - Fase n° 1

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-25,00	8,30	--
2	-13,10	8,30	0,00
3	-13,00	-1,00	180,00
4	0,00	-1,00	0,00

Profilo di valle - Fase n° 3

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-25,00	2,00	--
2	-13,10	2,00	0,00
3	-13,00	-7,30	180,00
4	0,00	-7,30	0,00

Descrizione terreni*Simbologia adottata*

n°	numero d'ordine
Descrizione	Descrizione del terreno
γ	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ _{sat}	peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
φ	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cm ²]
ca	adesione terreno/paratia espressa in [kg/cm ²]
Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix	
Cesp	coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato
τ _i	tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kg/cm ²]

I parametri medi e minimi vengono usati per il calcolo di portanza di progetto dei pali e per la resistenza di progetto a filamento dei tiranti

N°	Descrizione	γ [ka/mc]	γ _{sat} [ka/mc]	φ [°]	δ [°]	c [ka/cm ²]	ca [ka/cm ²]	Cesp	τ _i [ka/cm ²]	
1	Livello 1	1400,0	1870,0	20.48	10.00	0,000	0,000	1.00	0,000	CAR
				20.48	10.00	0,000	0,000	1.00	0,000	MIN
				20.48	10.00	0,000	0,000	1.00	0,000	MED
2	Livello 2	1730,0	1920,0	27.25	13.50	0,000	0,000	1.00	0,000	CAR
				27.25	13.50	0,000	0,000	1.00	0,000	MIN
				27.25	13.50	0,000	0,000	1.00	0,000	MED
3	Terreno 3	1890,0	1950,0	30.25	15.00	0,000	0,000	1.00	0,000	CAR
				30.25	15.00	0,000	0,000	1.00	0,000	MIN
				30.25	15.00	0,000	0,000	1.00	0,000	MED

Descrizione stratigrafia*Simbologia adottata*

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
 sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
 kw costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm²/cm]
 α inclinazione dello strato espressa in [°] (M: strato di monte, V: strato di valle)
 Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte, V: strato di valle)

N°	sp [m]	α _M [°]	α _V [°]	Kw _M [kg/cm ² /cm]	Kw _V [kg/cm ² /cm]	Terreno M	Terreno V
1	2,80	0.00	0.00	0.21	0.21	Livello 1	Livello 1
2	9,20	0.00	0.00	1.84	1.84	Livello 2	Livello 2
3	12,90	0.00	0.00	5.77	5.77	Terreno 3	Terreno 3

Falda

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia

0,50

[m]

Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia

7,30

[m]

Regime delle pressioni neutre:

Idrodinamico

Vincoli lungo l'altezza della paratia

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine del vincolo
- Y ordinata del vincolo rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
- V_x Vincolo in direzione orizzontale
- K_x Rigidezza vincolo in direzione orizzontale espressa in [Kg/cm]
- V_r Vincolo alla rotazione
- K_r Rigidezza vincolo alla rotazione espresso in [Kgm/°]

N°	Y	V _x	K _x	V _r	K _r
	[m]		[Kg/cm]		[Kgm/°]
1	6,80	V. RIGIDO	--	LIBERO	--

Descrizione puntoni

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della fila
- Y ordinata della fila espressa in [m] misurata dalla testa della paratia
- I interasse della fila espresso in [m]
- Xa ascissa appoggio espresso in [m]
- Ya ordinata appoggio espresso in [m]
- L lunghezza puntone espressa in [m]
- alfa inclinazione dei puntoni della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
- ALL allineamento dei puntoni della fila (CENTRATI o SFALSATI)
- np numero di puntoni della fila
- f Franco laterale espresso in [m]
- A Area espressa in [cmq]
- I Inerzia espressa in [cm^4]
- Wr Modulo di resistenza espresso in [cm^3]
- Vinc Tipo vincolo appoggio
- E Modulo Elastico espresso in [kg/cmq]
- σ_d Tensione ammissibile espressa in [kg/cmq]

N°	Y	I	np	Xa; Ya	L	Alfa	f	ALL
	[m]	[m]		[m]	[m]	[°]	[m]	
1	-0,60	3,00	5	-12,00; -0,60	12,00	0,00	0,00	Centrati

n°	Vincolo	A	I	W	E	σ _d
		[cmq]	[cm^4]	[cm^3]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
1	Rigido	89,10	17756,00	874,00	2100000	2600

Caratteristiche materiali utilizzati

Simbologia adottata

- γ_{cls} Peso specifico cls, espresso in [kg/mc]
- Classe cls Classe di appartenenza del calcestruzzo
- Rck Rigidezza cubica caratteristica, espressa in [kg/cmq]
- E Modulo elastico, espresso in [kg/cmq]
- Acciaio Tipo di acciaio
- n Coeff. di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Descrizione	γ _{cls}	Classe cls	Rck	E	Acciaio	n
	[kg/mc]		[kg/cmq]	[kg/cmq]		
Paratia	2500	C25/30	300	319252	B450C	15.00
Cordolo/Muro	2500	C25/30	306	320666	B450C	15.00

Coeff. di omogeneizzazione cls tesoro/compresso 1.00

Descrizione	γ _{acciaio}	E
	[kg/mc]	[kg/cmq]
Paratia	7850	2100000

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate

- Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
- Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
- Ig Indice di gruppo
- F_x Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle
- F_y Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso
- M Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante
- Q_x, Q_r Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espressa in [kg/mq]
- V_x, V_r Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espressa in [kg/mq], positivi da monte verso valle
- R Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]

Condizione n° 1 - Variabile da traffico - ACCIDENTALE STRADALE (Ig=0) [Ψ₀=1.00 - Ψ₁=1.00 - Ψ₂=1.00]

Carico distribuito sul profilo	X _i = 0,00	X _r = 3,00	Q _x = 1000	Q _r = 1000
--------------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Fasi di scavo

Simbologia adottata

- n° identificativo della fase nell'elenco definito
- Fase Descrizione dell'i-esima fase
- Tempo Tempo in cui avviene la fase di scavo

n°	Fase	Tempo
1	Scavo fino alla profondità di 1.00 metri	0
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=1.00]	0
3	Quota falda valle 7.30 metri - Quota falda monte 0.50 metri [Hscavo=1.00]	0
4	Inserimento puntone 1 [Hscavo=1.00]	1
5	Scavo fino alla profondità di 7.30 metri	2
6	Inserimento vincolo 1 (X=-6.80) [Hscavo=7.30]	3

Impostazioni di progettoSpinte e verifiche secondo: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (17/01/2018)****Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:**

Carichi	Effetto		Statici		Sismici	
			A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{G1st}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{G1st}	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	γ_{G1st}	0.80	0.80	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	γ_{G1st}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Q1st}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Q1st}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Q1st}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Q1st}	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	γ_{tanv}	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_s	1.00	1.00	1.00	1.00

Verifica materiali: Stato Limite**Impostazioni verifiche SLU**Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio

Sezione in c.a.

$$V_{Rsd} = 0.9d \frac{A_{sw}}{s} f_{yk} (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \beta) \sin \alpha$$

$$V_{Rsd} = 0.9d b_w \alpha_c v_{f,cd} \frac{\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \beta}{1 + \text{ctg}^2 \beta}$$

con:

d	altezza utile sezione [mm]
b_w	larghezza minima sezione [mm]
A_{sw}	area armatura trasversale [mmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
α_c	coefficiente maggiorativo, funzione di f_{cd} e σ_{cp}
σ_{cp}	tensione media di compressione [N/mmq]
$v=0.5$	

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Ordinarie
 Armatura ad aderenza migliorata

Verifica a fessurazione

Sensibilità delle armature Poco sensibile
 Valori limite delle aperture delle fessure
 $w_1 = 0.20$
 $w_2 = 0.30$
 $w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure NTC 2018 - C4.1.2.2.4.5
 Calcolo momento fessurazione Formazione
 Resistenza a trazione per Trazione

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico	Rara	$\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80 f_{yk}$
	Quasi permanente	$\sigma_c < 0.45 f_{ck}$ - $\sigma_f < 1.00 f_{yk}$
	Frequente	$\sigma_c < 1.00 f_{ck}$ - $\sigma_f < 1.00 f_{yk}$

Impostazioni di analisi**Analisi per Fasi di Scavo.**Rottura del terreno:

Pressione passiva

Impostazioni analisi per fasi di scavo:

Analisi per condizioni di esercizio

Analisi per coefficienti tipo A1-M1

Analisi per coefficienti tipo A2-M2

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta K_a e K_p che nelle inclinazioni della spinta attiva e passivaStabilità globale:

Metodo:

Metodo di Fellenius

Maglia dei centri

Passo maglia **Automatica**

Resistenza a taglio paratia

 V_{Rd} Impostazioni analisi sismica

Non sono state analizzate Combinazioni/Fasi sismiche.

Risultati

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per fasi di scavo

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 146 elementi fuori terra e 178 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incrementi di carico.

Altezza fuori terra della paratia	7,30	[m]
Profondità di infissione	8,90	[m]
Altezza totale della paratia	16,20	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Pa Spinta attiva, espressa in [kg]
- Pw Spinta della falda, espressa in [kg]
- Pp Resistenza passiva, espressa in [kg]
- Pc Controspinta, espressa in [kg]

n°	Tipo	Pa [kg]	Y _{Pa} [m]	Pw [kg]	Y _{Pw} [m]	Pp [kg]	Y _{Pp} [m]	Pc [kg]	Y _{Pc} [m]
1	ESE	871	0,66	38625	8,00	-40067	7,95	571	15,90
2	ESE	871	0,66	38625	8,00	-40067	7,95	571	15,90
3	ESE	14352	4,76	38625	8,00	-42055	12,49	10198	15,74
4	ESE	14353	4,76	38625	8,00	-42056	12,49	10197	15,74
1	SLU - STR	1191	0,67	38625	8,00	-40380	7,89	565	15,90
2	SLU - STR	1191	0,67	38625	8,00	-40380	7,89	565	15,90
3	SLU - STR	20053	4,69	38625	8,00	-47283	11,66	10330	15,61
4	SLU - STR	20053	4,69	38625	8,00	-47284	11,66	10330	15,61
1	SLU - GEO	1227	0,71	38625	8,00	-40414	7,89	563	15,90
2	SLU - GEO	1227	0,71	38625	8,00	-40414	7,89	563	15,90
3	SLU - GEO	19529	5,13	38625	8,00	-34104	13,66	4624	16,00
4	SLU - GEO	19529	5,13	38625	8,00	-34105	13,66	4623	16,00

Simbologia adottata

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kg]
- Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kg]
- Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kg]
- Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kg]

n°	Tipo	Rc [kg]	Y _{Rc} [m]	Rt [kg]	Y _{Rt} [m]	Rv [kg]	Y _{Rv} [m]	Rp [kg]	Y _{Rp} [m]
1	ESE	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
2	ESE	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,60
3	ESE	0	0,00	0	0,00	0	0,00	-21121	0,60
4	ESE	0	0,00	0	0,00	-1	6,80	-21121	0,60
1	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
2	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,60
3	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	0	0,00	-21726	0,60
4	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	1	6,80	-21726	0,60
1	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
2	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,60
3	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	0	0,00	-28676	0,60
4	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	-2	6,80	-28676	0,60

Simbologia adottata

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- P_{NUL} Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
- P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
- C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
- MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
- R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]

n°	Tipo	P _{NUL} [m]	P _{INV} [m]	C _{ROT} [m]	MP [%]	R/R _{MAX} [%]
1	ESE	1,31	12,05	15,30	3,28	3,29
2	ESE	1,31	12,05	15,30	3,28	3,29
3	ESE	8,61	13,35	14,81	67,60	29,10
4	ESE	8,61	13,35	14,81	67,60	29,11
1	SLU - STR	1,33	12,05	15,30	3,28	2,46
2	SLU - STR	1,33	12,05	15,30	3,28	2,46
3	SLU - STR	8,27	12,05	14,44	39,11	17,33
4	SLU - STR	8,27	12,05	14,44	39,11	17,33
1	SLU - GEO	1,50	2,85	15,30	5,25	4,95
2	SLU - GEO	1,50	2,85	15,30	5,25	4,95
3	SLU - GEO	9,75	15,00	15,59	86,59	50,86
4	SLU - GEO	9,75	15,00	15,59	86,59	50,86

Verifiche geotecniche

Simbologia adottata

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- P_{P,medr}, P_{P,min} Portanza di punta media e minima, espressa in [kg]
- P_{L,medr}, P_{L,min} Portanza laterale media e minima, espressa in [kg]
- Pd Portanza di progetto, espressa in [kg]
- N Sforzo normale alla base del palo, espressa in [kg]
- FS Fattore di sicurezza (rapporto Pd/N)

n°	Tipo	P _{p,med} [kg]	P _{L,med} [kg]	P _{p,min} [kg]	P _{L,min} [kg]	P ₀ [kg]	N [kg]	FS
1	SLU - STR	180056	0	180056	0	78456	31809	2.466
2	SLU - STR	180056	0	180056	0	78456	31809	2.466
3	SLU - STR	106775	0	106775	0	46525	31809	1.463
4	SLU - STR	106775	0	106775	0	46525	31809	1.463

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
 Tipo Tipo della combinazione/fase
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
 M momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]
 N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)
 T taglio massimo e minimo espresso in [kg]

n°	Tipo	M [kgm]	Y _M [m]	T [kg]	Y _T [m]	N [kg]	Y _N [m]	
1	ESE	3508	3,55	2604	11,95	20582	16,20	MAX
		-4494	8,65	-2605	5,90	0	0,00	MIN
2	ESE	3508	3,55	2604	11,95	20582	16,20	MAX
		-4494	8,65	-2605	5,90	0	0,00	MIN
3	ESE	20766	13,30	19075	10,15	20582	16,20	MAX
		-70864	6,15	-20751	0,60	0	0,00	MIN
4	ESE	20765	13,30	19075	10,15	20582	16,20	MAX
		-70863	6,15	-20750	0,60	0	0,00	MIN
1	SLU - STR	4310	3,60	2533	11,95	20582	16,20	MAX
		-4110	8,80	-2715	5,90	0	0,00	MIN
2	SLU - STR	4310	3,60	2533	11,95	20582	16,20	MAX
		-4110	8,80	-2715	5,90	0	0,00	MIN
3	SLU - STR	27719	12,50	21485	9,15	20582	16,20	MAX
		-64995	5,65	-21231	0,60	0	0,00	MIN
4	SLU - STR	27719	12,50	21485	9,15	20582	16,20	MAX
		-64995	5,65	-21231	0,60	0	0,00	MIN
1	SLU - GEO	4599	3,65	2500	11,95	20582	16,20	MAX
		-3937	8,85	-2749	5,95	0	0,00	MIN
2	SLU - GEO	4599	3,65	2500	11,95	20582	16,20	MAX
		-3937	8,85	-2749	5,95	0	0,00	MIN
3	SLU - GEO	3956	14,95	21154	11,55	20582	16,20	MAX
		-109025	6,90	-28198	0,60	0	0,00	MIN
4	SLU - GEO	3954	14,95	21153	11,55	20582	16,20	MAX
		-109022	6,90	-28197	0,60	0	0,00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
 Tipo Tipo della combinazione/fase
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
 U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
 V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U [cm]	Y _U [m]	V [cm]	Y _V [m]	
1	ESE	0,3104	0,00	0,0103	0,00	MAX
		-0,0221	16,20	0,0000	0,00	MIN
2	ESE	0,3104	0,00	0,0103	0,00	MAX
		-0,0221	16,20	0,0000	0,00	MIN
3	ESE	1,5591	5,95	0,0103	0,00	MAX
		-0,2535	16,20	0,0000	0,00	MIN
4	ESE	1,5591	5,95	0,0103	0,00	MAX
		-0,2535	16,20	0,0000	0,00	MIN
1	SLU - STR	0,3369	0,00	0,0103	0,00	MAX
		-0,0218	16,20	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - STR	0,3369	0,00	0,0103	0,00	MAX
		-0,0218	16,20	0,0000	0,00	MIN
3	SLU - STR	1,3454	5,30	0,0103	0,00	MAX
		-0,2018	16,20	0,0000	0,00	MIN
4	SLU - STR	1,3454	5,30	0,0103	0,00	MAX
		-0,2018	16,20	0,0000	0,00	MIN
1	SLU - GEO	0,3482	0,00	0,0103	0,00	MAX
		-0,0217	16,20	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - GEO	0,3482	0,00	0,0103	0,00	MAX
		-0,0217	16,20	0,0000	0,00	MIN
3	SLU - GEO	2,7090	6,95	0,0103	0,00	MAX
		-0,2617	16,20	0,0000	0,00	MIN
4	SLU - GEO	2,7090	6,95	0,0103	0,00	MAX
		-0,2617	16,20	0,0000	0,00	MIN

Verifica a spostamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione/Fase
 Tipo Tipo combinazione/Fase
 U_{lim} spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]
 U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	U _{lim} [cm]	U [cm]
1	ESE	8,1000	0,3104
2	ESE	8,1000	0,3104
3	ESE	8,1000	1,5591
4	ESE	8,1000	1,5591
1	SLU - STR	8,1000	0,3369
2	SLU - STR	8,1000	0,3369
3	SLU - STR	8,1000	1,3454
4	SLU - STR	8,1000	1,3454
1	SLU - GEO	8,1000	0,3482
2	SLU - GEO	8,1000	0,3482
3	SLU - GEO	8,1000	2,7090
4	SLU - GEO	8,1000	2,7090

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

- n° Indice della combinazione/fase
 - Tipo Tipo della combinazione/fase
 - S Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kg]
 - R Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kg]
 - W Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kg]
 - T Reazione tiranti espresso in [kg]
 - P Reazione puntoni espresso in [kg]
 - V Reazione vincoli espresso in [kg]
 - C Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kg]
 - Y Punto di applicazione, espresso in [m]
 - Mr Momento ribaltante, espresso in [kgm]
 - Ms Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
 - FS_{rib} Fattore di sicurezza a ribaltamento
 - FS_{sc} Fattore di sicurezza a scorrimento
- I punti di applicazione delle azioni sono riferiti alla testa della paratia.
La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y	R Y	W Y	T Y	P Y	V Y	C Y	Mr	Ms	FS _{rib}	FS _{sc}
		[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]		
11	SLU - GEO	63059,10 10,33	96605,79 13,64	38624,55 8,00	0,00 0,00	28676,14 0,60	0,00 0,00	0,00 0,00	686691,83	694987,28	1.012	1.232

Stabilità globale

Simbologia adottata

- n° Indice della combinazione/fase
- Tipo Tipo della combinazione/fase
- (X_c; Y_c) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
- R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
- (X_v; Y_v) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
- (X_m; Y_m) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
- FS Coefficiente di sicurezza
- R Coefficiente di sicurezza richiesto

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X _c , Y _c [m]	R [m]	X _v , Y _v [m]	X _m , Y _m [m]	FS	R
1	ESE	0,00; 0,00	16,20	-13,92; -8,29	16,20; 0,00	5.023	1.100
2	ESE	0,00; 0,00	16,20	-13,92; -8,29	16,20; 0,00	5.023	1.100
3	ESE	0,00; 0,00	16,20	-16,09; -1,93	16,20; 0,00	1.477	1.100
4	ESE	0,00; 0,00	16,20	-16,09; -1,93	16,20; 0,00	1.477	1.100
1	SLU - GEO	0,00; 0,00	16,20	-13,92; -8,29	16,20; 0,00	4.020	1.100
2	SLU - GEO	0,00; 0,00	16,20	-13,92; -8,29	16,20; 0,00	4.020	1.100
3	SLU - GEO	0,00; 0,00	16,20	-16,09; -1,93	16,20; 0,00	1.184	1.100
4	SLU - GEO	0,00; 0,00	16,20	-16,09; -1,93	16,20; 0,00	1.184	1.100

Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo

Simbologia adottata

- Le ascisse X sono considerate positive verso monte
- Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
- Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)
- Le strisce sono numerate da monte verso valle
- N° numero d'ordine della striscia
- W peso della striscia espresso in [kg]
- α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
- φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
- b larghezza della striscia espressa in [m]
- L sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
- Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

Fase n° 3 - SLU - GEO

Numero di strisce 51

Caratteristiche delle strisce

N°	W _i [kg]	α [°]	L [m]	φ [°]	c [kg/cm ²]	u [kg/cm ²]	(Ctn; Ctt) [kg]
1	6024,85	-77.78	3,04	22.39	0,000	0,000	(0; 0)
2	8621,14	-69.19	1,81	22.39	0,000	0,000	(0; 0)
3	10295,85	-63.44	1,44	22.39	0,000	0,000	(0; 0)
4	11720,94	-58.71	1,24	22.39	0,000	0,111	(0; 0)
5	10004,77	-54.55	1,11	22.39	0,000	0,209	(0; 0)
6	3626,66	-50.79	1,02	22.39	0,000	0,294	(0; 0)
7	4544,63	-47.31	0,95	22.39	0,000	0,368	(0; 0)
8	5359,93	-44.05	0,90	22.39	0,000	0,434	(0; 0)
9	6093,83	-40.96	0,85	25.01	0,000	0,493	(0; 0)
10	6759,61	-38.01	0,82	25.01	0,000	0,546	(0; 0)
11	7359,49	-35.17	0,79	25.01	0,000	0,594	(0; 0)
12	7900,40	-32.43	0,76	25.01	0,000	0,637	(0; 0)
13	8387,78	-29.77	0,74	25.01	0,000	0,676	(0; 0)
14	8825,97	-27.18	0,72	25.01	0,000	0,711	(0; 0)
15	9218,50	-24.65	0,71	25.01	0,000	0,742	(0; 0)
16	9568,22	-22.17	0,69	25.01	0,000	0,770	(0; 0)
17	9877,49	-19.73	0,68	25.01	0,000	0,795	(0; 0)
18	10148,25	-17.33	0,67	25.01	0,000	0,816	(0; 0)
19	10382,10	-14.96	0,67	25.01	0,000	0,835	(0; 0)
20	10580,34	-12.62	0,66	25.01	0,000	0,851	(0; 0)
21	10744,04	-10.30	0,65	25.01	0,000	0,864	(0; 0)
22	10874,04	-7.99	0,65	25.01	0,000	0,874	(0; 0)
23	10970,98	-5.70	0,65	25.01	0,000	0,882	(0; 0)
24	11035,36	-3.42	0,64	25.01	0,000	0,887	(0; 0)
25	11067,47	-1.14	0,64	25.01	0,000	0,889	(0; 0)
26	19934,30	1.10	0,62	25.01	0,000	1,569	(0; 0)
27	19905,13	3.31	0,62	25.01	0,000	1,567	(0; 0)
28	19846,68	5.52	0,63	25.01	0,000	1,562	(0; 0)
29	19758,68	7.74	0,63	25.01	0,000	1,555	(0; 0)

N°	W _i [kg]	α [°]	L [m]	φ [°]	c [kg/cm²]	u [kg/cm²]	(C _{tn} ; C _{tt}) [kg]
30	19508,02	9.97	0,63	25.01	0,000	1,545	(0; 0)
31	18775,71	12.21	0,64	25.01	0,000	1,533	(0; 0)
32	18596,01	14.48	0,64	25.01	0,000	1,518	(0; 0)
33	18384,20	16.77	0,65	25.01	0,000	1,501	(0; 0)
34	18139,16	19.09	0,66	25.01	0,000	1,481	(0; 0)
35	17859,58	21.44	0,67	25.01	0,000	1,458	(0; 0)
36	17543,82	23.82	0,68	25.01	0,000	1,432	(0; 0)
37	17189,95	26.26	0,69	25.01	0,000	1,403	(0; 0)
38	16795,62	28.74	0,71	25.01	0,000	1,370	(0; 0)
39	16357,97	31.29	0,73	25.01	0,000	1,334	(0; 0)
40	15873,50	33.91	0,75	25.01	0,000	1,294	(0; 0)
41	15337,90	36.61	0,78	25.01	0,000	1,250	(0; 0)
42	14745,72	39.41	0,81	25.01	0,000	1,201	(0; 0)
43	14091,62	42.32	0,84	23.70	0,000	1,147	(0; 0)
44	13373,44	45.38	0,89	22.39	0,000	1,087	(0; 0)
45	12572,73	48.62	0,94	22.39	0,000	1,020	(0; 0)
46	11671,35	52.08	1,01	22.39	0,000	0,945	(0; 0)
47	10643,89	55.83	1,11	22.39	0,000	0,859	(0; 0)
48	9449,27	60.00	1,25	22.39	0,000	0,759	(0; 0)
49	8012,00	64.79	1,46	22.39	0,000	0,639	(0; 0)
50	6154,89	70.72	1,89	22.39	0,000	0,484	(0; 0)
51	2463,60	82.03	4,49	19.51	0,000	0,172	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia = 0,00 [kg]
 ΣW_i = 612977,41 [kg]
 ΣW_isinα_i = 64387,03 [kg]
 ΣW_icosα_itanφ_i = 235429,21 [kg]
 Σc_b/cosα_i = 0,00 [kg]

Verifiche idrauliche

Verifica al sollevamento del fondo scavo

Simbologia adottata

- Ic Indice della combinazione
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- ΔH Perdita di carico espressa in [m]
- L Lunghezza di filtrazione espressa in [m]
- i_e Gradiente idraulico di efflusso
- I Profondità di infissione espressa in [m]
- σ_t Pressione totale al piede della paratia espressa in [kg/cm²]
- u_w Pressione idrica al piede della paratia espressa in [kg/cm²]
- FS Coefficiente di sicurezza a sollevamento fondo scavo

Fase n° 1 - ESE

n°	ΔH [m]	L [m]	i _e	I [m]	σ _t [kg/cm²]	u _w [kg/cm²]	FS
1	6,80	24,60	0.28	15,20	14603	12496	1.169

Risultati puntoni

Simbologia adottata

- n° Identificativo della fila di puntoni
- N reazione del puntone della fila espressa in [kg]
- N_{cr} Carico critico puntone espressa in [kg]
- σ_r tensione di compressione/trazione nel puntone espressa in [kg/cm²]
- u spostamento orizzontale del puntone della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]
- FS Fattore di sicurezza (rapporto tra N_{cr}/N)

n°	N [kg]	N _{cr} [kg]	L [m]	A [cm²]	σ _r [kg/cm²]	u [cm]	FS	cmb
1	-97499	-255565	12,00	89,10	1094,26	0,95680	2.621	11

Risultati vincoli

Simbologia adottata

- n° Indice del vincolo
- R_x reazione in direzione orizzontale a metro lineare, positiva verso valle, espressa in [kg]
- R₀ reazione momento a metro lineare, positiva antioraria, espressa in [kgm]
- u spostamento orizzontale, positivo verso valle, espresso in [cm]

n°	R _{x,min} [kg]	R _{x,max} [kg]	R _{0,min} [kgm]	R _{0,max} [kgm]	u _{min} [cm]	u _{max} [cm]
1		-2	1	--	--	2,70799

Verifica armatura paratia (Involuppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della sezione
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
- A_r area di armatura del palo espressa in [cm²]
- M momento flettente agente sul palo espresso in [kgm]
- N sforzo normale agente sul palo espresso in [kg] (positivo di compressione)
- M_u momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
- N_u sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
- FS coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n° - Tipo	Y	A _r	M	N	M _u	N _u	FS
-----------	---	----------------	---	---	----------------	----------------	----

	[m]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	[kg]
4 - SLU - GEO	10,05	84,95	-114757	19733	-132434	22773	1.154

Verifica a taglio

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della sezione
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
- A_{sw} area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]
- s interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]
- V_{Ed} taglio agente sul palo, espresso in [kg]
- V_{Ed} taglio resistente, espresso in [kg]
- FS coefficiente di sicurezza (rapporto tra V_{Ed}/V_{Ed})
- cotgθ inclinazione delle bielle compresse, θ

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 85,36 cm

n° - Tipo	Y [m]	A _{sw} [cmq]	s [cm]	V _{Ed} [kg]	V _{Ed} [kg]	FS	cotgθ
3 - SLU - GEO	0,60	1,57	20,00	-43578	56948	1.307	2,50

Verifica tensioni

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della sezione
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
- Af area di armatura espressa in [cmq]
- σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
- σ_t tensione nell'acciaio espressa in [kg/cmq]

A _f [cmq]	σ _c [kg/cmq]	cmb	σ _t [kg/cmq]	cmb
159,28	105,90	3	2603,41	3

Verifica fessurazione

Simbologia adottata

- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Oggetto Muro/Paratia
- Y Ordinata sezione, espresso in [m]
- M Momento agente, espresso in [kgm]
- M_f Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]
- s Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]
- ε_{sm} Deformazione nelle fessure, espressa in [%]
- W_{lim} Apertura limite fessure, espressa in [mm]
- W_k Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y [m]	M [kgm]	M _f [kgm]	s [mm]	ε _{sm} [%]	W _{lim} [mm]	W _k [mm]
Paratia	3 - ESE	6,05	-109471	-32725	146,452	0.1074	0,300	0,267

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

- M_h momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale
- T_h taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale
- M_v momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale
- T_v taglio espresso in [kg] nel piano verticale

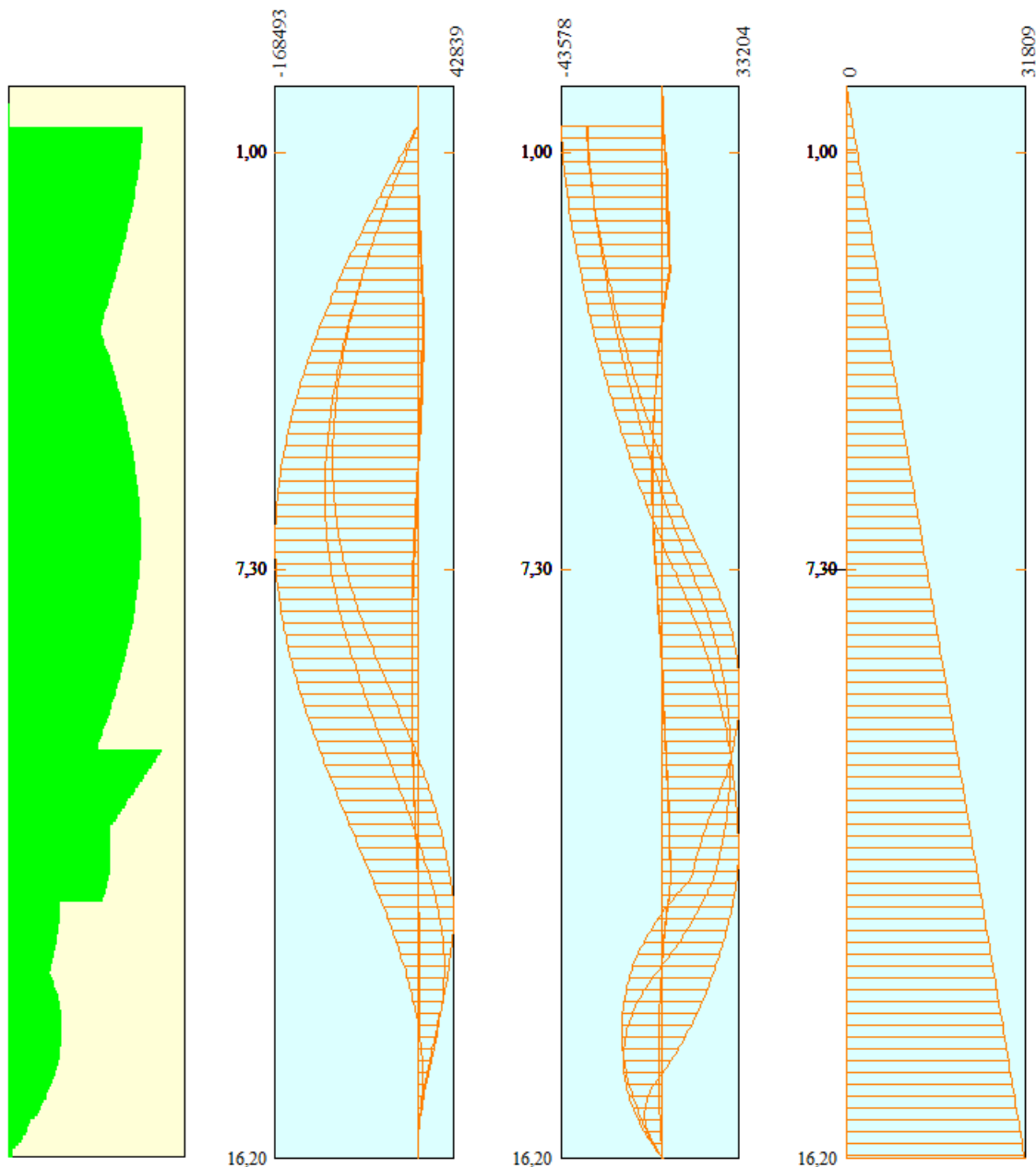
Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=120,00 [cm]	H=120,00 [cm]		
A _{fV} =12,06 [cmq]	A _{fH} =8,04 [cmq]	Staffe φ16/15	Nbh=2 - Nbv=2
M _h =51335 [kgm]	M _{uh} =53997 [kgm]	FS=1.05	
T _h =102671 [kg]	T _{Rh} =107629 [kg]	FS _T =1.05	cotgθh=1.00
M _v =4608 [kgm]	M _{uv} =53997 [kgm]	FS=11.72	
T _v =5760 [kg]	T _R =107629 [kg]	FS _{Tv} =18.69	cotgθv=1.00

11.1 SINTESI DEI RISULTATI

Si riportano di seguito una sintesi dei risultati, in forma grafica e tabellare, delle analisi condotte attraverso il modello di calcolo.

DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONE DI FLESSIONE, TAGLIO, E SFORZO NORMALE – COMBINAZIONE INVILUPPO SLU



Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della sezione
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
- A_r area di armatura del palo espressa in [cmq]
- M momento flettente agente sul palo espresso in [kgm]
- N sforzo normale agente sul palo espresso in [kg] (positivo di compressione)
- M_u momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
- N_u sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
- Fs coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n° - Tipo	Y [m]	A _r [cmq]	M [kgm]	N [kg]	M _u [kgm]	N _u [kg]	FS
4 - SLU - GEO	10,05	84,95	-114757	19733	-132434	22773	1.154

Verifica a taglio

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della sezione
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
- A_{sw} area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]
- s interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]
- V_{Ed} taglio agente sul palo, espresso in [kg]
- V_{Rd} taglio resistente, espresso in [kg]
- FS coefficiente di sicurezza (rapporto tra V_{Rd}/V_{Ed})
- cotgθ inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 85,36 cm

n° - Tipo	Y [m]	A _{sw} [cmq]	s [cm]	V _{Ed} [kg]	V _{Rd} [kg]	FS	cotgθ
3 - SLU - GEO	0,60	1,57	20,00	-43578	56948	1.307	2,50

Le verifiche sono soddisfatte.

DIAGRAMMA SUPERFICIE DI SCIVOLAMENTO CRITICA

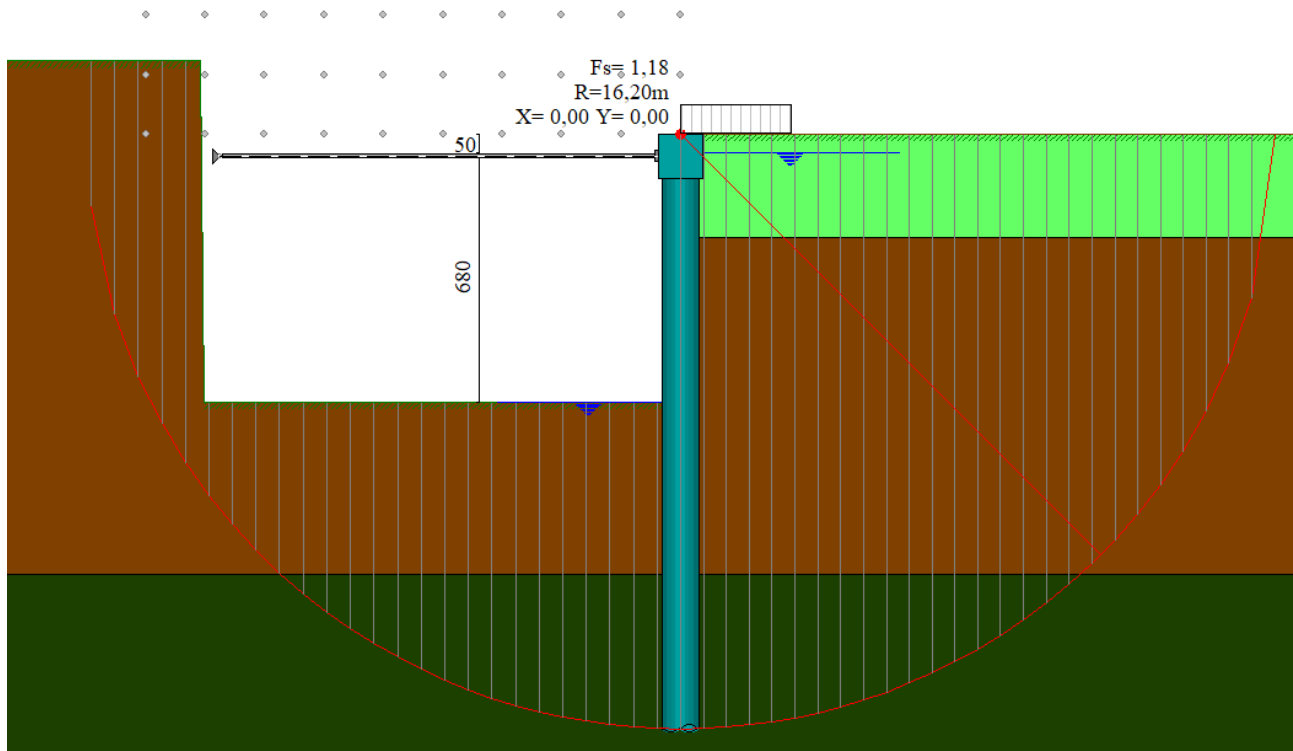
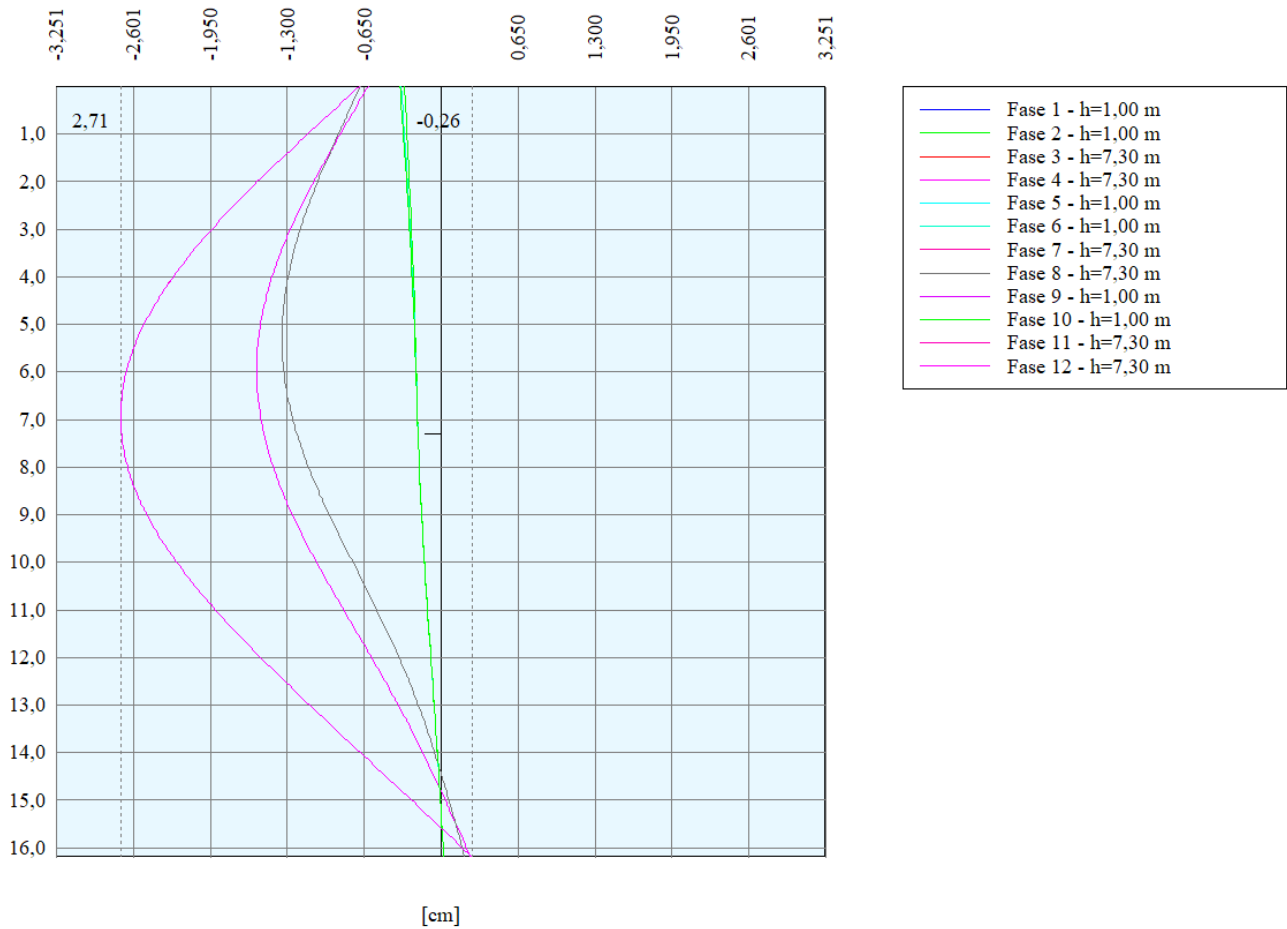


DIAGRAMMA INVILUPPO DEFORMATA



Verifica a spostamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione/Fase
 Tipo Tipo combinazione/Fase
 Ulim spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]
 U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	Ulim [cm]	U [cm]
1	ESE	8,1000	0,3104
2	ESE	8,1000	0,3104
3	ESE	8,1000	1,5591
4	ESE	8,1000	1,5591
1	SLU - STR	8,1000	0,3369
2	SLU - STR	8,1000	0,3369
3	SLU - STR	8,1000	1,3454
4	SLU - STR	8,1000	1,3454
1	SLU - GEO	8,1000	0,3482
2	SLU - GEO	8,1000	0,3482
3	SLU - GEO	8,1000	2,7090
4	SLU - GEO	8,1000	2,7090

Verifica tensioni

Simbologia adottata

n° numero d'ordine della sezione
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
 Af area di armatura espressa in [cmq]
 σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
 σ_r tensione nell'acciaio espressa in [kg/cmq]

Af [cmq]	σ_c [kg/cmq]	cmb	σ_r [kg/cmq]	cmb
159,28	105,90	3	2603,41	3

Verifica fessurazione*Simbologia adottata*

Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Oggetto	Muro/Paratia
Y	Ordinata sezione, espresso in [m]
M	Momento agente, espresso in [kgm]
M _f	Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]
s	Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]
ε _{sm}	Deformazione nelle fessure, espressa in [%]
W _{lim}	Apertura limite fessure, espressa in [mm]
W _k	Apertura fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y [m]	M [kgm]	M _f [kgm]	s [mm]	ε _{sm} [%]	W _{lim} [mm]	W _k [mm]
Paratia	3 - ESE	6,05	-109471	-32725	146,452	0,1074	0,300	0,267

Le verifiche sono soddisfatte.**VERIFICA SEZIONE CORDOLI***Simbologia adottata*

M _h	momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale
T _h	taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale
M _v	momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale
T _v	taglio espresso in [kg] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=120,00 [cm]	H=120,00 [cm]		
A _v =12,06 [cmq]	A _{fh} =8,04 [cmq]	Staffe φ16/15	Nbh=2 - Nbv=2
M _h =51335 [kgm]	M _{uh} =53997 [kgm]	FS=1.05	
T _h =102671 [kg]	T _{Rh} =107629 [kg]	FS _T =1.05	cotgθh=1.00
M _v =4608 [kgm]	M _{uv} =53997 [kgm]	FS=11.72	
T _v =5760 [kg]	T _R =107629 [kg]	FS _{Tv} =18.69	cotgθv=1.00

Le verifiche sono soddisfatte.**RISULTATI PUNTONI***Simbologia adottata*

n°	Identificativo della fila di puntoni
N	reazione del puntone della fila espresso in [kg]
Ncr	Carico critico puntone espresso in [kg]
σ _r	tensione di compressione/trazione nel puntone espressa in [kg/cmq]
u	spostamento orizzontale del puntone della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra Ncr/N)

n°	N [kg]	Ncr [kg]	L [m]	A [cmq]	σ _r [kg/cm ²]	u [cm]	FS	cmb
1	-97499	-255565	12,00	89,10	1094,26	0,95680	2,621	11

Le verifiche sono soddisfatte.

12 PARATIA PALI Ø800

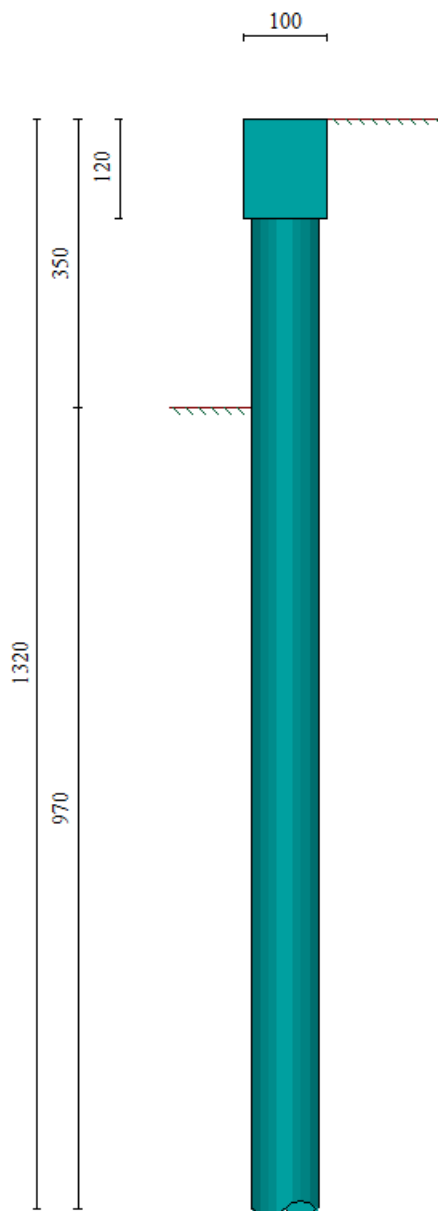
Nel seguente paragrafo viene effettuata la verifica della paratia di pali provvisionali Ø800mm/130cm di lunghezza L=12m, per i cui dettagli si rimanda al computo metrico ed agli elaborati grafici in allegato al progetto.

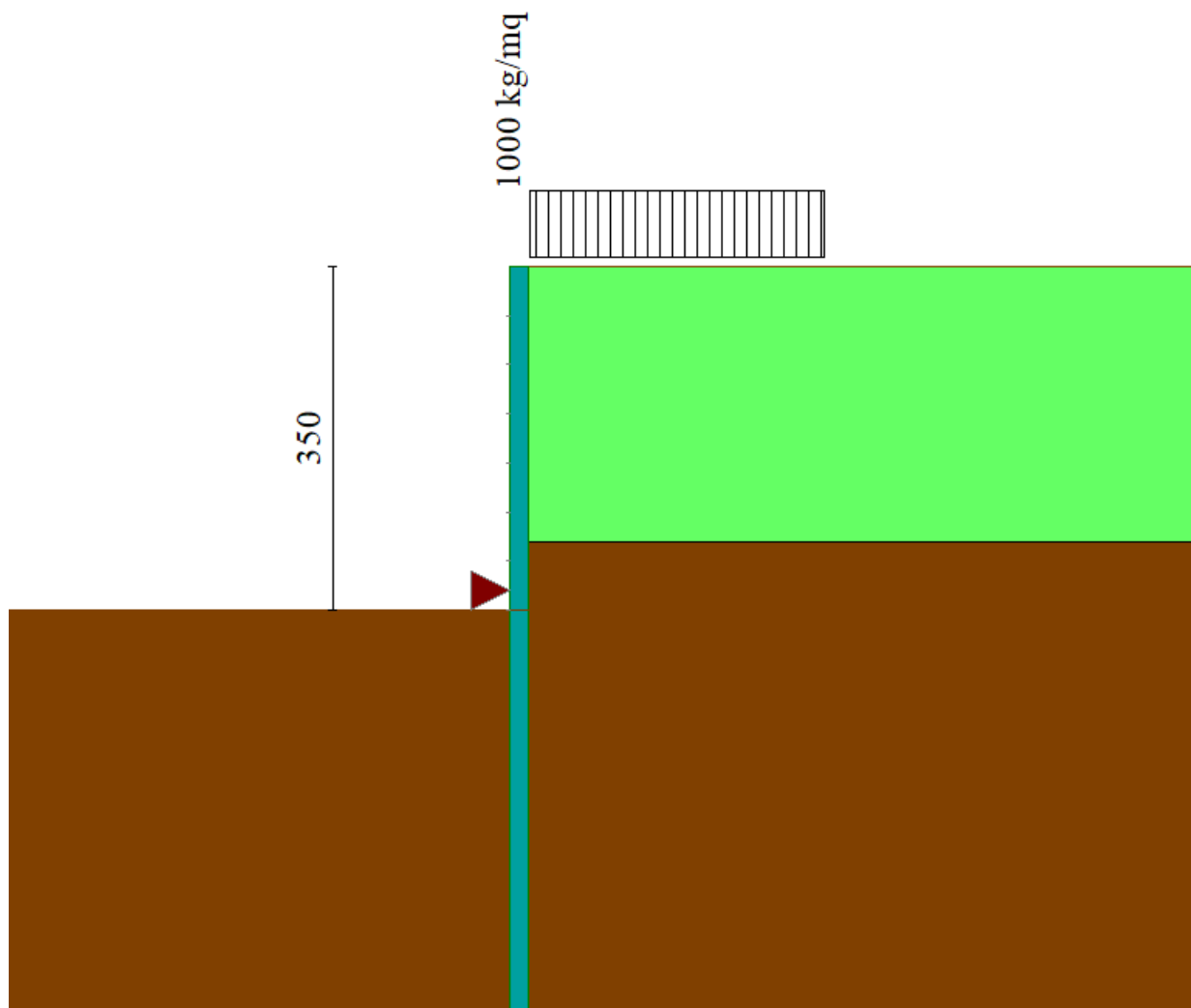
I pali sono collegati in testa con un cordolo di coronamento in c.a. di sezione 1,0 m X 1,2 m.

Con riferimento alla sezione di calcolo mostrata in seguito, è stato studiato un modello di calcolo della paratia con il software PAC di Aztec. La stratigrafia del terreno in situ è compatibile con quella determinata dal modello geotecnico di cui al §5 della presente.

Il modello si completa mediante l'applicazione del carico accidentale sul terrapieno adiacente la paratia.

GEOMETRIA E ALTEZZA DI SCAVO



CONDIZIONE DI CARICO ACCIDENTALE**FASI LAVORAZIONI**

Simbologia adottata

n° identificativo della fase nell'elenco definito

Fase Descrizione dell'i-esima fase

Tempo Tempo in cui avviene la fase

n°	Fase	Tempo
1	Realizzazione paratie di pali provvisori, tappo di fondo e setti in jet grouting, e successivo emungimento di acqua	0
2	Scavo fino alla profondità di 3.50 metri	1
3	Realizzazione soletta di fondazione (X=-3.30) [Hscavo=3.50]	2

A seguire si riportano i risultati di calcolo effettuati.

DatiGeometria paratiaTipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra	3,50	[m]
Profondità di infissione	9,70	[m]
Altezza totale della paratia	13,20	[m]
Lunghezza paratia	17,00	[m]

Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	1,30	[m]
Diámetro dei pali	80,00	[cm]
Numero totale di pali	13	
Numero di pali per metro lineare	0.76	

Geometria cordoli*Simbologia adottata*

n°	numero d'ordine del cordolo
Y	posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo

B	Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H	Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio

A	Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cm ²]
W	Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm ³]

N°	Y [m]	Tipo	B [cm]	H [cm]	A [cm ²]	W [cm ³]
1	0,00	Calcestruzzo	100,00	120,00	--	--

Geometria profilo terreno*Simbologia adottata e sistema di riferimento*

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
2	15,00	0,00	0,00

Profilo di valle - Fase n° 1

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-25,00	8,50	--
2	-13,10	8,50	0,00
3	-13,00	-0,80	180,00
4	0,00	-0,80	0,00

Profilo di valle - Fase n° 2

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-25,00	5,80	--
2	-13,10	5,80	0,00
3	-13,00	-3,50	180,00
4	0,00	-3,50	0,00

Descrizione terreni*Simbologia adottata*

n°	numero d'ordine
Descrizione	Descrizione del terreno
γ	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ _{sat}	peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
φ	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cm ²]
ca	adesione terreno/paratia espressa in [kg/cm ²]
Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix	
Cesp	coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato
τ _i	tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kg/cm ²]

I parametri medi e minimi vengono usati per il calcolo di portanza di progetto dei pali e per la resistenza di progetto a filamento dei tiranti

N°	Descrizione	γ [ka/mc]	γ _{sat} [ka/mc]	φ [°]	δ [°]	c [ka/cm ²]	ca [ka/cm ²]	Cesp	τ _i [ka/cm ²]	
1	Livello 1	1400,0	1870,0	20.48	10.00	0,000	0,000	1.00	0,000	CAR
				20.48	10.00	0,000	0,000	1.00	0,000	MIN
				20.48	10.00	0,000	0,000	1.00	0,000	MED
2	Livello 2	1730,0	1920,0	27.25	13.50	0,000	0,000	1.00	0,000	CAR
				27.25	13.50	0,000	0,000	1.00	0,000	MIN
				27.25	13.50	0,000	0,000	1.00	0,000	MED
3	Terreno 3	1890,0	1950,0	30.25	15.00	0,000	0,000	1.00	0,000	CAR
				30.25	15.00	0,000	0,000	1.00	0,000	MIN
				30.25	15.00	0,000	0,000	1.00	0,000	MED

Descrizione stratigrafia*Simbologia adottata*

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
 sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
 kw costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm²/cm]
 α inclinazione dello strato espressa in [°] (M: strato di monte, V: strato di valle)
 Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte, V: strato di valle)

N°	sp [m]	α _M [°]	α _V [°]	Kw _M [kg/cm ² /cm]	Kw _V [kg/cm ² /cm]	Terreno M	Terreno V
1	2,80	0.00	0.00	0.21	0.21	Livello 1	Livello 1
2	9,20	0.00	0.00	1.84	1.84	Livello 2	Livello 2
3	12,90	0.00	0.00	5.77	5.77	Terreno 3	Terreno 3

Falda

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia

0,50

[m]

Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia

3,50

[m]

Regime delle pressioni neutre:

Idrodinamico

Vincoli lungo l'altezza della paratia

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine del vincolo
- Y ordinata del vincolo rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
- V_x Vincolo in direzione orizzontale
- K_x Rigidezza vincolo in direzione orizzontale espressa in [Kg/cm]
- V_r Vincolo alla rotazione
- K_r Rigidezza vincolo alla rotazione espressa in [Kgm/°]

N°	Y [m]	V _x	K _x [Kg/cm]	V _r	K _r [Kgm/°]
1	3,30	V. RIGIDO	--	LIBERO	--

Caratteristiche materiali utilizzati

Simbologia adottata

- γ_{cs} Peso specifico cls, espresso in [kg/mc]
- Classe cls Classe di appartenenza del calcestruzzo
- Rck Rigidezza cubica caratteristica, espressa in [kg/cmq]
- E Modulo elastico, espresso in [kg/cmq]
- Acciaio Tipo di acciaio
- n Coeff. di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Descrizione	γ _{cs} [kg/mc]	Classe cls	Rck [kg/cmq]	E [kg/cmq]	Acciaio	n
Paratia	2500	C25/30	300	319252	B450C	15.00
Cordolo/Muro	2500	C25/30	306	320666	B450C	15.00

Coeff. di omogeneizzazione cls tesoro/compresso 1.00

Descrizione	γ _{acciaio} [kg/mc]	E [kg/cmq]
Paratia	7850	2100000

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate

- Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
- Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
- Ig Indice di gruppo
- F_x Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle
- F_y Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso
- M Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante
- Q_x, Q_y Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]
- V_x, V_y Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kg/mq], positivi da monte verso valle
- R Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]

Condizione n° 1 - Variabile da traffico - ACCIDENTALE STRADALE (Ig=0) [Ψ₀=1.00 - Ψ₁=1.00 - Ψ₂=1.00]

Carico distribuito sul profilo	X _i = 0,00	X _i = 3,00	Q _i = 1000	Q _r = 1000
--------------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Fasi di scavo

Simbologia adottata

- n° identificativo della fase nell'elenco definito
- Fase Descrizione dell'i-esima fase
- Tempo Tempo in cui avviene la fase di scavo

n°	Fase	Tempo
1	Scavo fino alla profondità di 0.80 metri	0
2	Quota falda valle 3.50 metri - Quota falda monte 0.50 metri [Hscavo=0.80]	0
3	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=0.80]	0
4	Scavo fino alla profondità di 3.50 metri	1
5	Inserimento vincolo 1 (X=-3.30) [Hscavo=3.50]	2

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo: Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (17/01/2018)

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		Statici		Sismici	
			A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ _{stat}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ _{stat}	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	γ _{stat}	0.80	0.80	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	γ _{stat}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ _{stat}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ _{stat}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	γ _{stat}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ _{stat}	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	γ _{tang}	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	γ _c	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ _{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Resistenza a compressione uniaassiale	γ_{cu}	1.00	1.60	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_c	1.00	1.00	1.00	1.00

Verifica materiali: Stato Limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio

Sezione in c.a.

$$V_{Rsd} = 0.9d \frac{A_{sv}}{s} f_{yk} (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta) \sin \alpha$$

$$V_{Rsd} = 0.9d b_w \alpha_c v_{cd} \frac{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}{1 + \operatorname{ctg}^2 \beta}$$

con:

d	altezza utile sezione [mm]
b_w	larghezza minima sezione [mm]
A_{sv}	area armatura trasversale [mmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
α_c	coefficiente maggiorativo, funzione di f_{cd} e σ_{cp}
σ_{cp}	tensione media di compressione [N/mmq]
$v=0.5$	

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Ordinarie

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica a fessurazione

Sensibilità delle armature	Poco sensibile
Valori limite delle aperture delle fessure	$w_1 = 0.20$ $w_2 = 0.30$ $w_3 = 0.40$
Metodo di calcolo aperture delle fessure	NTC 2018 - C4.1.2.2.4.5
Calcolo momento fessurazione	Formazione
Resistenza a trazione per	Trazione

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico	Rara	$\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80 f_{yk}$
	Quasi permanente	$\sigma_c < 0.45 f_{ck}$ - $\sigma_f < 1.00 f_{yk}$
	Frequente	$\sigma_c < 1.00 f_{ck}$ - $\sigma_f < 1.00 f_{yk}$

Impostazioni di analisi

Analisi per Fasi di Scavo.

Rottura del terreno:

Spostamento limite (spostamento limite molle pari a 10.00)

Impostazioni analisi per fasi di scavo:

Analisi per condizioni di esercizio

Analisi per coefficienti tipo A1-M1

Analisi per coefficienti tipo A2-M2

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta K_a e K_p che nelle inclinazioni della spinta attiva e passiva

Stabilità globale:

Metodo:	Metodo di Fellenius
Maglia dei centri	Passo maglia Automatica
Resistenza a taglio paratia	V_{Rd}

Impostazioni analisi sismica

Non sono state analizzate Combinazioni/Fasi sismiche.

Risultati

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per fasi di scavo

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 70 elementi fuori terra e 194 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunto lo spostamento limite di 10.00 [cm] non reagiscono ad ulteriori incrementi di carico.

Altezza fuori terra della paratia	3,50	[m]
Profondità di infissione	9,70	[m]
Altezza totale della paratia	13,20	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Pa Spinta attiva, espressa in [kg]
- Pw Spinta della falda, espressa in [kg]
- Pp Resistenza passiva, espressa in [kg]
- Pc Controspinta, espressa in [kg]

n°	Tipo	Pa [kg]	Y _{Pa} [m]	Pw [kg]	Y _{Pw} [m]	Pp [kg]	Y _{Pp} [m]	Pc [kg]	Y _{Pc} [m]
1	ESE	645	0,52	16499	5,73	-17214	5,57	70	13,06
2	ESE	4557	2,18	16499	5,73	-22008	5,29	952	12,58
3	ESE	4557	2,18	16499	5,73	-22008	5,29	952	12,58
1	SLU - STR	879	0,53	16499	5,73	-17450	5,50	73	13,06
2	SLU - STR	6431	2,19	16499	5,73	-24303	5,17	1374	12,43
3	SLU - STR	6431	2,19	16499	5,73	-24303	5,17	1374	12,43
1	SLU - GEO	916	0,57	16499	5,73	-17488	5,49	73	13,05
2	SLU - GEO	6038	2,29	16499	5,73	-23783	5,21	1246	12,48
3	SLU - GEO	6038	2,29	16499	5,73	-23783	5,21	1246	12,48

Simbologia adottata

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kg]
- Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kg]
- Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kg]
- Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kg]

n°	Tipo	Rc [kg]	Y _{Rc} [m]	Rt [kg]	Y _{Rt} [m]	Rv [kg]	Y _{Rv} [m]	Rp [kg]	Y _{Rp} [m]
1	ESE	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
2	ESE	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	ESE	0	0,00	0	0,00	0	3,30	0	0,00
1	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
2	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	0	3,30	0	0,00
1	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
2	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	0	3,30	0	0,00

Simbologia adottata

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- P_{NUL} Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
- P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
- C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
- MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
- R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicitare, espresso in [%]

n°	Tipo	P _{NUL} [m]	P _{INV} [m]	C _{ROT} [m]	MP [%]	R/R _{MAX} [%]
1	ESE	1,06	2,85	12,78	0,00	100,00
2	ESE	4,05	4,05	11,01	0,00	100,00
3	ESE	4,05	4,05	11,01	0,00	100,00
1	SLU - STR	1,08	2,85	12,76	0,00	100,00
2	SLU - STR	3,96	4,00	10,35	0,00	100,00
3	SLU - STR	3,96	4,00	10,35	0,00	100,00
1	SLU - GEO	1,23	2,85	12,76	0,00	100,00
2	SLU - GEO	4,41	4,45	10,56	0,00	100,00
3	SLU - GEO	4,41	4,45	10,56	0,00	100,00

Verifiche geotecniche

Simbologia adottata

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- P_{P,med}, P_{P,min} Portanza di punta media e minima, espressa in [kg]
- P_{L,med}, P_{L,min} Portanza laterale media e minima, espressa in [kg]
- Pd Portanza di progetto, espressa in [kg]
- N Sforzo normale alla base del palo, espressa in [kg]
- FS Fattore di sicurezza (rapporto Pd/N)

n°	Tipo	P _{P,med} [kg]	P _{L,med} [kg]	P _{P,min} [kg]	P _{L,min} [kg]	P _d [kg]	N [kg]	FS
1	SLU - STR	93241	0	93241	0	40628	16588	2,449
2	SLU - STR	73646	0	73646	0	32090	16588	1,935
3	SLU - STR	73646	0	73646	0	32090	16588	1,935

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
 Tipo Tipo della combinazione/fase
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
 M momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]
 N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)
 T taglio massimo e minimo espresso in [kg]

n°	Tipo	M [kgm]	Y _M [m]	T [kg]	Y _T [m]	N [kg]	Y _N [m]	
1	ESE	3137	4,40	1715	2,75	12685	13,20	MAX
		0	0,00	-685	6,80	0	0,00	MIN
2	ESE	15995	5,20	8027	3,50	12685	13,20	MAX
		0	0,00	-3227	7,65	0	0,00	MIN
3	ESE	15995	5,20	8027	3,50	12685	13,20	MAX
		0	0,00	-3227	7,65	0	0,00	MIN
1	SLU - STR	3670	4,30	1883	2,75	12685	13,20	MAX
		0	0,00	-790	6,75	0	0,00	MIN
2	SLU - STR	19758	5,15	9793	3,50	12685	13,20	MAX
		0	0,00	-3971	7,65	0	0,00	MIN
3	SLU - STR	19758	5,15	9793	3,50	12685	13,20	MAX
		0	0,00	-3971	7,65	0	0,00	MIN
1	SLU - GEO	3730	4,30	1913	2,75	12685	13,20	MAX
		0	0,00	-802	6,75	0	0,00	MIN
2	SLU - GEO	18472	5,20	9036	3,50	12685	13,20	MAX
		0	13,20	-3718	7,70	0	0,00	MIN
3	SLU - GEO	18472	5,20	9036	3,50	12685	13,20	MAX
		0	0,00	-3718	7,70	0	0,00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
 Tipo Tipo della combinazione/fase
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
 U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
 V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U [cm]	Y _U [m]	V [cm]	Y _V [m]	
1	ESE	0,3583	0,00	0,0068	0,00	MAX
		-0,0057	13,20	0,0000	0,00	MIN
2	ESE	1,1675	0,00	0,0068	0,00	MAX
		-0,0167	13,20	0,0000	0,00	MIN
3	ESE	1,1675	0,00	0,0068	0,00	MAX
		-0,0167	13,20	0,0000	0,00	MIN
1	SLU - STR	0,3843	0,00	0,0068	0,00	MAX
		-0,0058	13,20	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - STR	1,3946	0,00	0,0068	0,00	MAX
		-0,0193	13,20	0,0000	0,00	MIN
3	SLU - STR	1,3946	0,00	0,0068	0,00	MAX
		-0,0193	13,20	0,0000	0,00	MIN
1	SLU - GEO	0,3874	0,00	0,0068	0,00	MAX
		-0,0058	13,20	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - GEO	1,3249	0,00	0,0068	0,00	MAX
		-0,0188	13,20	0,0000	0,00	MIN
3	SLU - GEO	1,3249	0,00	0,0068	0,00	MAX
		-0,0188	13,20	0,0000	0,00	MIN

Verifica a spostamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione/Fase
 Tipo Tipo combinazione/Fase
 Ulim spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]
 U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	Ulim [cm]	U [cm]
1	ESE	6,6000	0,3583
2	ESE	6,6000	1,1675
3	ESE	6,6000	1,1675
1	SLU - STR	6,6000	0,3843
2	SLU - STR	6,6000	1,3946
3	SLU - STR	6,6000	1,3946
1	SLU - GEO	6,6000	0,3874
2	SLU - GEO	6,6000	1,3249
3	SLU - GEO	6,6000	1,3249

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
 Tipo Tipo della combinazione/fase
 S Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kg]
 R Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kg]
 W Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kg]
 T Reazione tiranti espresso in [kg]
 P Reazione puntoni espresso in [kg]
 V Reazione vincoli espresso in [kg]
 C Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kg]
 Y Punto di applicazione, espresso in [m]
 Mr Momento ribaltante, espresso in [kgm]
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
 FS_{RB} Fattore di sicurezza a ribaltamento
 FS_{SCO} Fattore di sicurezza a scorrimento
 I punti di applicazione delle azioni sono riferiti alla testa della paratia.
 La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y [kg]	R Y [kg]	W Y [kg]	T Y [kg]	P Y [kg]	V Y [kg]	C Y [kg]	Mr [kgm]	Ms [kgm]	FS _{RB}	FS _{SCO}
----	------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	-------------	-------------	------------------	-------------------

n°	Tipo	S Y [kg]	R Y [kg]	W Y [kg]	T Y [kg]	P Y [kg]	V Y [kg]	C Y [kg]	Mr	Ms	FS _{R1B}	FS _{SCO}
9	SLU - GEO	39315,90 8,30	132870,44 10,43	16498,66 5,73	0,00 0,00	0,00 0,00	-0,28 3,30	0,00 0,00	315847,93	368510,03	1.167	2.381

Stabilità globale

Simbologia adottata

- n° Indice della combinazione/fase
- Tipo Tipo della combinazione/fase
- (X_c; Y_c) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
- R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
- (X_v; Y_v) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
- (X_m; Y_m) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
- FS Coefficiente di sicurezza
- R Coefficiente di sicurezza richiesto

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X _c Y _c [m]	R [m]	X _v Y _v [m]	X _m Y _m [m]	FS	R
1	ESE	-2,64; 0,00	13,46	-13,10; -8,47	10,82; 0,00	2.448	1.100
2	ESE	0,00; 0,00	13,20	-12,73; -3,47	13,20; 0,00	1.510	1.100
3	ESE	0,00; 0,00	13,20	-12,73; -3,47	13,20; 0,00	1.510	1.100
1	SLU - GEO	-2,64; 0,00	13,46	-13,10; -8,47	10,82; 0,00	1.957	1.100
2	SLU - GEO	0,00; 0,00	13,20	-12,73; -3,47	13,20; 0,00	1.211	1.100
3	SLU - GEO	0,00; 0,00	13,20	-12,73; -3,47	13,20; 0,00	1.211	1.100

Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo

Simbologia adottata

- Le ascisse X sono considerate positive verso monte
- Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
- Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)
- Le strisce sono numerate da monte verso valle
- N° numero d'ordine della striscia
- W peso della striscia espresso in [kg]
- α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
- φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
- b larghezza della striscia espressa in [m]
- L sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
- Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

Fase n° 2 - SLU - GEO

Numero di strisce 51

Caratteristiche delle strisce

N°	Wl [kg]	α [°]	L [m]	φ [°]	c [kg/cmq]	u [kg/cmq]	(Ctn; Ctt) [kg]
1	709,18	-71.30	1,59	22.39	0,000	0,073	(0; 0)
2	1984,35	-65.21	1,21	22.39	0,000	0,203	(0; 0)
3	2961,11	-60.34	1,03	22.39	0,000	0,303	(0; 0)
4	3769,49	-56.12	0,91	22.39	0,000	0,385	(0; 0)
5	4463,10	-52.33	0,83	22.39	0,000	0,456	(0; 0)
6	5070,65	-48.84	0,77	22.39	0,000	0,518	(0; 0)
7	5609,77	-45.58	0,73	22.39	0,000	0,574	(0; 0)
8	6092,21	-42.50	0,69	22.39	0,000	0,623	(0; 0)
9	6526,28	-39.56	0,66	22.39	0,000	0,667	(0; 0)
10	6918,13	-36.75	0,64	22.39	0,000	0,707	(0; 0)
11	7272,41	-34.04	0,61	22.39	0,000	0,744	(0; 0)
12	7592,76	-31.41	0,60	22.39	0,000	0,776	(0; 0)
13	7882,08	-28.85	0,58	22.39	0,000	0,806	(0; 0)
14	8142,71	-26.35	0,57	22.39	0,000	0,833	(0; 0)
15	8377,62	-23.91	0,56	25.01	0,000	0,856	(0; 0)
16	8589,43	-21.51	0,55	25.01	0,000	0,878	(0; 0)
17	8777,02	-19.15	0,54	25.01	0,000	0,897	(0; 0)
18	8941,41	-16.83	0,53	25.01	0,000	0,913	(0; 0)
19	9083,50	-14.53	0,53	25.01	0,000	0,928	(0; 0)
20	9204,04	-12.26	0,52	25.01	0,000	0,940	(0; 0)
21	9303,62	-10.00	0,52	25.01	0,000	0,950	(0; 0)
22	9382,74	-7.76	0,51	25.01	0,000	0,958	(0; 0)
23	9441,76	-5.54	0,51	25.01	0,000	0,964	(0; 0)
24	9480,96	-3.32	0,51	25.01	0,000	0,968	(0; 0)
25	9500,52	-1.11	0,51	25.01	0,000	0,970	(0; 0)
26	13273,86	1.10	0,51	25.01	0,000	1,270	(0; 0)
27	13254,50	3.31	0,51	25.01	0,000	1,268	(0; 0)
28	13215,69	5.52	0,51	25.01	0,000	1,264	(0; 0)
29	13157,26	7.74	0,51	25.01	0,000	1,258	(0; 0)
30	13078,94	9.97	0,52	25.01	0,000	1,250	(0; 0)
31	12927,29	12.21	0,52	25.01	0,000	1,240	(0; 0)
32	12277,22	14.48	0,52	25.01	0,000	1,228	(0; 0)
33	12136,59	16.77	0,53	25.01	0,000	1,214	(0; 0)
34	11973,91	19.09	0,54	25.01	0,000	1,197	(0; 0)
35	11788,28	21.44	0,55	25.01	0,000	1,178	(0; 0)
36	11578,70	23.82	0,55	25.01	0,000	1,157	(0; 0)
37	11346,22	26.26	0,57	22.39	0,000	1,134	(0; 0)
38	11088,44	28.74	0,58	22.39	0,000	1,107	(0; 0)
39	10802,34	31.29	0,59	22.39	0,000	1,078	(0; 0)
40	10485,64	33.91	0,61	22.39	0,000	1,045	(0; 0)
41	10135,51	36.61	0,63	22.39	0,000	1,009	(0; 0)
42	9748,40	39.41	0,66	22.39	0,000	0,970	(0; 0)
43	9319,77	42.32	0,69	22.39	0,000	0,926	(0; 0)
44	8843,68	45.38	0,72	22.39	0,000	0,877	(0; 0)
45	8312,07	48.62	0,77	22.39	0,000	0,822	(0; 0)
46	7713,63	52.08	0,83	22.39	0,000	0,761	(0; 0)
47	7031,47	55.83	0,90	22.39	0,000	0,691	(0; 0)
48	6238,33	60.00	1,02	22.39	0,000	0,610	(0; 0)
49	5284,10	64.79	1,19	22.39	0,000	0,512	(0; 0)
50	4051,11	70.72	1,54	22.39	0,000	0,385	(0; 0)
51	1612,37	82.03	3,66	16.64	0,000	0,131	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia = 0,00 [kg]

 $\Sigma W_i = 435752,19$ [kg] $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 40729,61$ [kg] $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 167453,50$ [kg] $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 0,00$ [kg]

Verifiche idrauliche

Verifica al sollevamento del fondo scavo

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
ΔH	Perdita di carico espressa in [m]
L	Lunghezza di filtrazione espressa in [m]
i_e	Gradiente idraulico di efflusso
I	Profondità di infissione espressa in [m]
σ_t	Pressione totale al piede della paratia espressa in [kg/cm ²]
u_w	Pressione idrica al piede della paratia espressa in [kg/cm ²]
FS	Coefficiente di sicurezza a sollevamento fondo scavo

Fase n° 1 - ESE

n°	ΔH [m]	L [m]	i_e	I [m]	σ_t [kg/cm ²]	u_w [kg/cm ²]	FS
1	3,00	22,40	0.13	12,40	15824	12099	1.308

Risultati vincoli

Simbologia adottata

n°	Indice del vincolo
R_x	reazione in direzione orizzontale a metro lineare, positiva verso valle, espressa in [kg]
R_u	reazione momento a metro lineare, positiva antioraria, espressa in [kgm]
u	spostamento orizzontale, positivo verso valle, espresso in [cm]

n°	$R_{x,min}$ [kg]	$R_{x,max}$ [kg]	$R_{u,min}$ [kgm]	$R_{u,max}$ [kgm]	u_{min} [cm]	u_{max} [cm]
1	0	0	--	--	0,56301	0,63167

Verifica armatura paratia (Involuppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
A_r	area di armatura del palo espressa in [cm ²]
M	momento flettente agente sul palo espresso in [kgm]
N	sfuerzo normale agente sul palo espresso in [kg] (positivo di compressione)
M_u	momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
N_u	sfuerzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n° - Tipo	Y [m]	Af [cm ²]	M [kgm]	N [kg]	M_u [kgm]	N_u [kg]	FS
2 - SLU - STR	5,15	95,57	25838	6472	109125	27333	4.223

Verifica a taglio

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
A_{sw}	area dell'armatura trasversale, espressa in [cm ²]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]
V_{Ed}	taglio agente sul palo, espresso in [kg]
V_{Rd}	taglio resistente, espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza (rapporto tra V_{Rd} e V_{Ed})
$\cotg \theta$	inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 68,28 cm

n° - Tipo	Y [m]	A_{sw} [cm ²]	s [cm]	V_{Ed} [kg]	V_{Rd} [kg]	FS	$\cotg \theta$
3 - SLU - STR	3,50	1,57	20,00	12806	45143	3.525	2,50

Verifica tensioni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
Af	area di armatura espressa in [cm ²]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cm ²]
σ_t	tensione nell'acciaio espressa in [kg/cm ²]

Af [cm ²]	σ_c [kg/cm ²]	cmb	σ_t [kg/cm ²]	cmb
95,57	42,86	2	1006,90	2

Verifica fessurazione**Simbologia adottata**

Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Oggetto	Muro/Paratia
Y	Ordinata sezione, espresso in [m]
M	Momento agente, espresso in [kgm]
M _f	Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]
s	Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]
ε _{sm}	Deformazione nelle fessure, espressa in [%]
W _{lim}	Apertura limite fessure, espressa in [mm]
W _k	Apertura fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y	M	M _f	s	ε _{sm}	W _{lim}	W _k
		[m]	[kgm]	[kgm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]
Paratia	2 - ESE	5,10	20904	15986	170,008	0.0288	0,300	0,083

Verifica sezione cordoli**Simbologia adottata**

M _h	momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale
T _h	taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale
M _v	momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale
T _v	taglio espresso in [kg] nel piano verticale

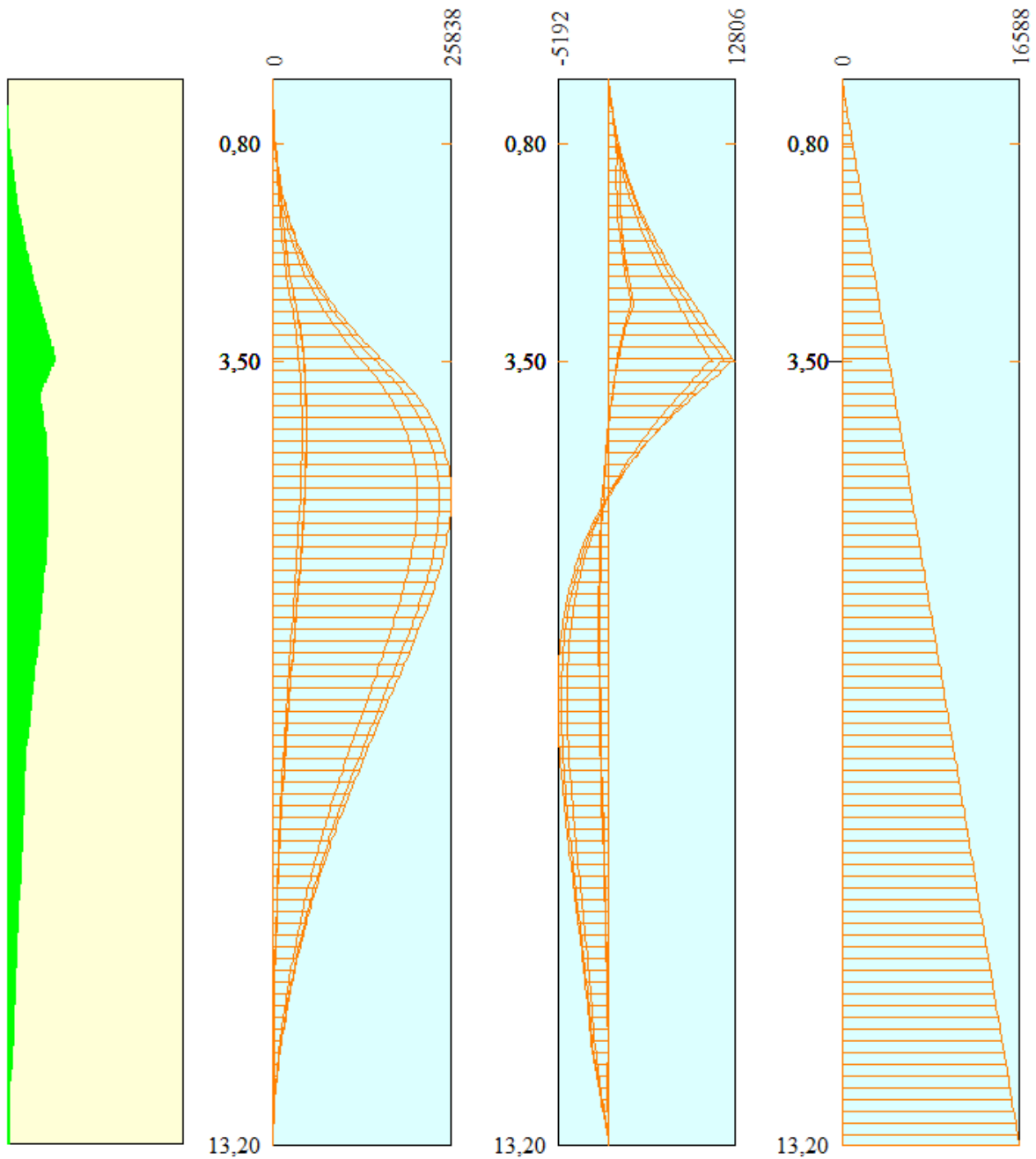
Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=100,00 [cm]	H=120,00 [cm]	Staffe φ14/20	Nbh=2 - Nbv=2
A _v =10,05 [cmq]	A _{fh} =8,04 [cmq]	FS=3.43	
M _h =10868 [kgm]	M _{uh} =37260 [kgm]	FS _r =2.34	cotgθ _h =1.00
T _h =21737 [kg]	T _{Rh} =50960 [kg]	FS=21.27	
M _v =2535 [kgm]	M _{uv} =53918 [kgm]	FS _r =15.85	cotgθ _v =1.00
T _v =3900 [kg]	T _R =61803 [kg]		

12.1 SINTESI DEI RISULTATI

Si riportano di seguito una sintesi dei risultati, in forma grafica e tabellare, delle analisi condotte attraverso il modello di calcolo.

DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONE DI FLESSIONE, TAGLIO, E SFORZO NORMALE – COMBINAZIONE INVILUPPO SLU



Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della sezione
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
- A_r area di armatura del palo espressa in [cmq]
- M momento flettente agente sul palo espresso in [kgm]
- N sforzo normale agente sul palo espresso in [kg] (positivo di compressione)
- M_u momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
- N_u sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
- FS coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n° - Tipo	Y [m]	A _r [cmq]	M [kgm]	N [kg]	M _u [kgm]	N _u [kg]	FS
2 - SLU - STR	5,15	95,57	25838	6472	109125	27333	4,223

Verifica a taglio

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della sezione
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
- A_{sw} area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]
- s interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]
- V_{Ed} taglio agente sul palo, espresso in [kg]
- V_{Rd} taglio resistente, espresso in [kg]
- FS coefficiente di sicurezza (rapporto tra V_{Rd}/V_{Ed})
- cotgθ inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 68,28 cm

n° - Tipo	Y [m]	A _{sw} [cmq]	s [cm]	V _{Ed} [kg]	V _{Rd} [kg]	FS	cotgθ
3 - SLU - STR	3,50	1,57	20,00	12806	45143	3,525	2,50

Le verifiche sono soddisfatte.

DIAGRAMMA SUPERFICIE DI SCIVOLAMENTO CRITICA

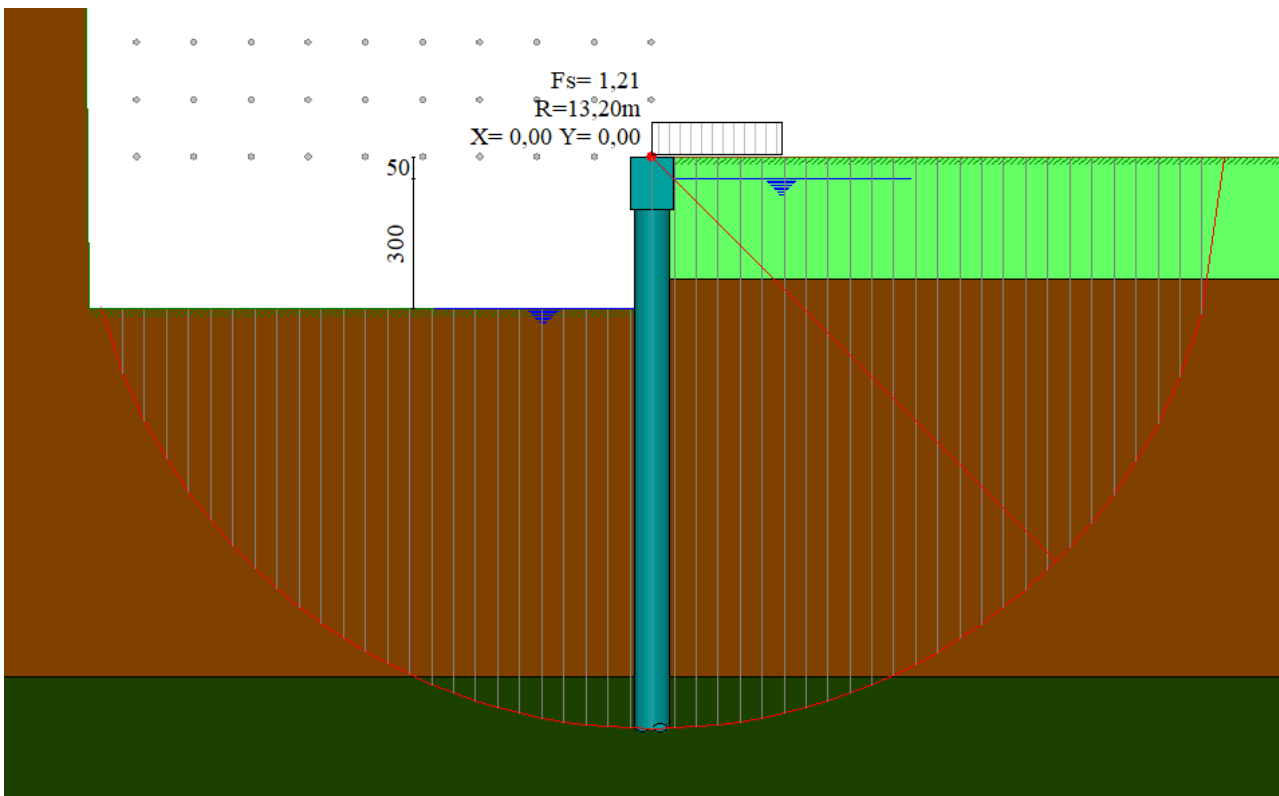
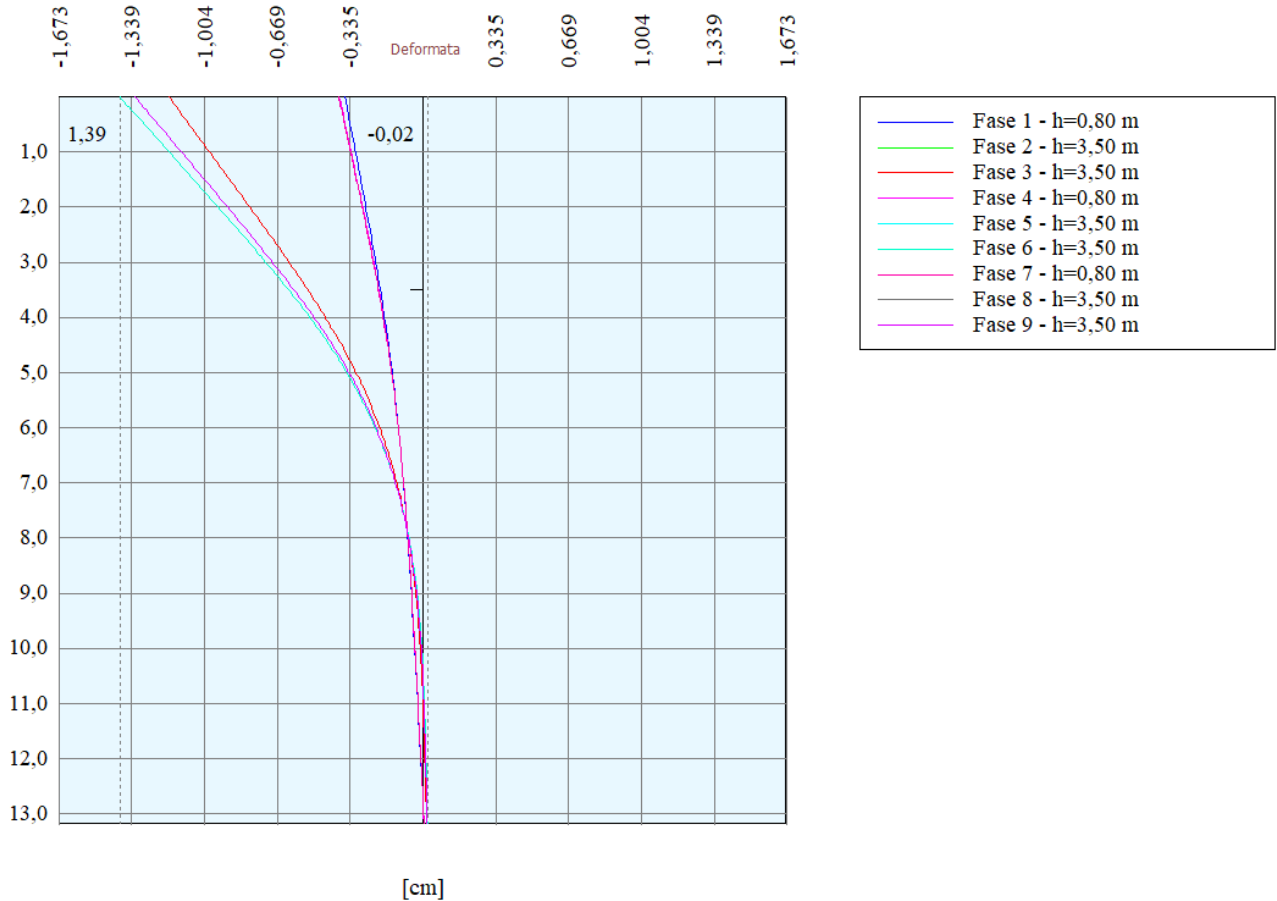


DIAGRAMMA INVILUPPO DEFORMATA



Verifica a spostamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione/Fase
 Tipo Tipo combinazione/Fase
 Ulim spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]
 U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	Ulim [cm]	U [cm]
1	ESE	6,6000	0,3583
2	ESE	6,6000	1,1675
3	ESE	6,6000	1,1675
1	SLU - STR	6,6000	0,3843
2	SLU - STR	6,6000	1,3946
3	SLU - STR	6,6000	1,3946
1	SLU - GEO	6,6000	0,3874
2	SLU - GEO	6,6000	1,3249
3	SLU - GEO	6,6000	1,3249

Verifica tensioni

Simbologia adottata

n° numero d'ordine della sezione
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
 Af area di armatura espressa in [cmq]
 σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cm²]
 σ_r tensione nell'acciaio espressa in [kg/cm²]

Af [cmq]	σ_c [kg/cm ²]	cmb	σ_r [kg/cm ²]	cmb
95,57	42,86	2	1006,90	2

Verifica fessurazione

Simbologia adottata

Tipo Tipo della Combinazione/Fase
 Oggetto Muro/Paratia
 Y Ordinata sezione, espresso in [m]
 M Momento agente, espresso in [kgm]
 M_f Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]
 s Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]
 ϵ_{sm} Deformazione nelle fessure, espressa in [%]
 W_{lim} Apertura limite fessure, espressa in [mm]
 W_k Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y [m]	M [kgm]	M _f [kgm]	s [mm]	ϵ_{sm} [%]	W _{lim} [mm]	W _k [mm]
Paratia	2 - ESE	5,10	20904	15986	170,008	0.0288	0,300	0,083

Le verifiche sono soddisfatte.

VERIFICA SEZIONE CORDOLI*Simbologia adottata*

M_h	momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale
T_h	taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale
M_v	momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale
T_v	taglio espresso in [kg] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

$B=100,00$ [cm]	$H=120,00$ [cm]		
$A_v=10,05$ [cmq]	$A_{rh}=8,04$ [cmq]	Staffe $\phi 14/20$	$N_{bh}=2 - N_{bv}=2$
$M_h=10868$ [kgm]	$M_{rh}=37260$ [kgm]	$FS=3.43$	
$T_h=21737$ [kg]	$T_{rh}=50960$ [kg]	$FS_r=2.34$	$\cotg\theta_h=1.00$
$M_v=2535$ [kgm]	$M_{lv}=53918$ [kgm]	$FS=21.27$	
$T_v=3900$ [kg]	$T_r=61803$ [kg]	$FS_{TV}=15.85$	$\cotg\theta_v=1.00$

Le verifiche sono soddisfatte.

13 TAPPO DI FONDO IN JET GROUTING

Il tappo di fondo sarà realizzato con l'esecuzione di platea in jet grouting di spessori variabili nelle diverse zone strutturali, come riportato nelle tavole specifiche.

Le colonne di Jet grouting saranno realizzate in modo da ottenere un'ideale sovrapposizione con garanzia di impermeabilità.

Le colonne saranno tutte di diametro 1200 mm. Con compenetrazione di 200 mm in direzione longitudinale e mm 330 trasversalmente come meglio individuato nelle tavole.

Nella zona del sottovia ferroviario, il tappo di fondo avrà uno spessore di m.3.00 e sarà realizzato a 253.08 mslm; i setti di impermeabilizzazione jet-grouting hanno uno spessore di 240cm.

Nella zona della fossa di varo e sottovia in opera, il tappo di fondo avrà uno spessore di m.3.00 e sarà realizzato a 245.23 mslm; i diaframmi di compartizione jet-grouting hanno uno spessore di 180cm.

Proseguendo a est ed ovest con lo sviluppo delle rampe, il tappo di fondo avrà uno spessore di m.2.00; i diaframmi di compartizione jet-grouting hanno uno spessore di 180cm.

Parte del setto trasversale sarà demolito per la costruzione delle successive opere, fondazione ed elevazione dei muri.

Di seguito si riportano le verifiche effettuate.

ZONA SOTTOVIA

DATI TERRENO E JG

\emptyset°	27
$\emptyset d$	22,18
γ terreno [t/mc]	1,73
γ jg [t/mc]	2,00
γ_m coeff.	1,25

PARAMETRI DI SPINTA

Ko spinta attiva	0,623
Ka spinta attiva	0,452
K usato	0,623
μ_a attrito lat su tappo	0,462

DIMENSIONI TAPPO

B jg [m]	12
H jg [m]	3

QUOTE DI CALCOLO [m]

Q1 piano campagna	262,83
Q2 falda	261
Q3 estradosso jg	253,1
Q4 fondo jg	250,1
Q5 fondo scavo	253,1

PRESSIONE LAT TAPPO

$p' h_1$ [t/mq] estradosso	5,56
$p' h_2$ [t/mq] fondo tappo	6,92
$R'p$ [t/m] risultante	18,7

Δh battente idraulico [m]	10,9
p_w sottospinta [t/mq]	10,9
U_w [t/m]	130,8

EQUILIBRIO TAPPO

U_{wd} ($F_s=1,1$)	143,9
G_{jg_d} ($F_s=0,9$)	64,8
Sovracc su tappo	0,0
Al_d (2Rp) ($F_s_{1,25}$ su $TAN(\emptyset)$)	15,3
peso monolite	91,8

VERIFICA

V_{res_d}	171,9
V_{inst_d}	143,9
FS	1,19

ZONA FOSSA DI VARO

DATI TERRENO E JG

\emptyset°	27
$\emptyset d$	22,18
γ terreno [t/mc]	1,73
γ jg [t/mc]	2,00
γ_m coeff.	1,25

PARAMETRI DI SPINTA

Ko spinta attiva	0,623
Ka spinta attiva	0,452
K usato	0,623
μ_a attrito lat su tappo	0,462

DIMENSIONI TAPPO

B jg [m]	14,5
H jg [m]	3

QUOTE DI CALCOLO [m]

Q1 piano campagna	262
Q2 falda	261
Q3 estradosso jg	244,2
Q4 fondo jg	241,2
Q5 fondo scavo	252,85

PRESSIONE LAT TAPPO

p' h1 [t/mq] estradosso	8,71
p' h2 [t/mq] fondo tappo	10,08
R'p [t/m] risultante	28,2

Δh battente idraulico [m]	19,8
pw sottospinta [t/mq]	19,8
Uw [t/m]	287,1

EQUILIBRIO TAPPO

Uwd (Fs=1,1)	315,8
Gjg_d (Fs=0,9)	78,3
Sovracc su tappo	217,0
Al_d (2Rp) (Fs_1,25 su TAN(\emptyset))	23,0

VERIFICA

Vres_d	318,3
Vinst_d	315,8
FS	1,01

ZONA PALI 1000

DATI TERRENO E JG

ϕ°	27
ϕd	22,18
γ terreno [t/mc]	1,73
γ jg [t/mc]	2,00
γ_m coeff.	1,25

PARAMETRI DI SPINTA

Ko spinta attiva	0,623
Ka spinta attiva	0,452
K usato	0,623
μ_a attrito lat su tappo	0,462

DIMENSIONI TAPPO

B jg [m]	12
H jg [m]	2

QUOTE DI CALCOLO [m]

Q1 piano campagna	262,52
Q2 falda	261
Q3 estradosso jg	247,22
Q4 fondo jg	245,22
Q5 fondo scavo	254,8

PRESSIONE LAT TAPPO

$p' h_1$ [t/mq] estradosso	7,90
$p' h_2$ [t/mq] fondo tappo	8,81
R'p [t/m] risultante	16,7

Δh battente idraulico [m]	15,78
p_w sottospinta [t/mq]	15,78
U_w [t/m]	189,36

EQUILIBRIO TAPPO

U_{wd} ($F_s=1,1$)	208,3
G_{jg_d} ($F_s=0,9$)	43,2
Sovracc su tappo	157,4
Al_d (2Rp) (F_s 1,25 su TAN(ϕ))	13,6

VERIFICA

V_{res_d}	214,2
V_{inst_d}	208,3
FS	1,03

ZONA PALI 800

DATI TERRENO E JG		PARAMETRI DI SPINTA	
\varnothing°	27		
$\varnothing d$	22,18	Ko spinta attiva	0,623
γ terreno [t/mc]	1,73	Ka spinta attiva	0,452
γ jg [t/mc]	2,00	K usato	0,623
γm coeff.	1,25	μa attrito lat su tappo	0,462
DIMENSIONI TAPPO			
B jg [m]	12		
H jg [m]	2		
QUOTE DI CALCOLO [m]		PRESSIONE LAT TAPPO	
Q1 piano campagna	262,17	p' h1 [t/mq] estradosso	6,30
Q2 falda	261	p' h2 [t/mq] fondo tappo	7,21
Q3 estradosso jg	249,9	R'p [t/m] risultante	13,5
Q4 fondo jg	247,9		
Q5 fondo scavo	258,52		
Δh battente idraulico [m]	13,1		
pw sottospinta [t/mq]	13,1		
Uw [t/m]	157,2		
EQUILIBRIO TAPPO		VERIFICA	
Uwd (Fs=1,1)	172,9	Vres_d	233,2
Gjg_d (Fs=0,9)	43,2	Vinst_d	172,9
Sovracc su tappo	179,0		
Al_d (2Rp) (Fs_1,25 su TAN(\varnothing))	11,0	FS	1,35