

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78 S.G.C. GROSSETO – FANO
Tratto Selci Lama (E45) – S. Stefano di Gaifa
Adeguamento a 2 corsie della Galleria della Guinza (lotto 2)
e del tratto Guinza – Mercatello Ovest (lotto 3)
1° stralcio

PROGETTO DEFINITIVO

cod. AN58

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTI:

Ing. *VINCENZO MARZI*
Ordine Ingegneri di Bari n. 3594

IL GEOLOGO

Geol. *FRANCESCO MATALONI*
Ordine Geologici del Lazio n. 725

IL RESPONSABILE DEL S.I.A.

Arch. *GIOVANNI MAGARO'*
Ordine Architetti di Roma n. 16183

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Geom. *FABIO QUONDAM*

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Dott. ing. ANTONIO SCALAMANDRÈ

PROTOCOLLO

DATA:

OPERE D'ARTE MAGGIORI

Imbocco lato Umbria

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| CODICE PROGETTO | | | NOME FILE | | | REVISIONE | | |
|-----------------|-------------|----------|-----------------|-----------------------|-------------|-----------|-------------|-------|
| PROGETTO | LIV. PROG. | N. PROG. | T00GA01OSTRE03A | | | | | |
| L | O | 7 | 0 | 2 | M | D | 1801 | |
| | | | CODICE ELAB. | T00GA01OSTRE03 | | | A | varie |
| D | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | |
| A | EMISSIONE | | | | Giugno 2018 | | | |
| REV. | DESCRIZIONE | | DATA | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO | | |

INDICE

| | |
|---|----|
| 1. PREMESSA..... | 3 |
| 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO..... | 4 |
| 3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI..... | 5 |
| 3.1 CALCESTRUZZO PER ELEVAZIONI REALIZZATE IN OPERA..... | 5 |
| 3.2 ACCIAIO PER C.A..... | 5 |
| 3.3 ACCIAIO PER MICROPALI..... | 6 |
| 4. DESCRIZIONE DELLE OPERE..... | 7 |
| 5. ANALISI DI VERIFICA..... | 10 |
| 5.1 SEZIONI DI VERIFICA..... | 10 |
| 5.2 MODELLO GEOTECNICO..... | 11 |
| 5.3 SUPERFICIE PIEZOMETRICA..... | 13 |
| 5.4 APPROCCIO NORMATIVO..... | 13 |
| 5.4.1 Verifiche strutturali..... | 15 |
| 5.4.2 Verifiche geotecniche..... | 20 |
| 5.5 METODI DI ANALISI E CODICE DI CALCOLO..... | 20 |
| 5.6 AZIONI SISMICHE..... | 21 |
| 5.7 CARICHI..... | 23 |
| 5.8 RISULTATI DELLE VERIFICHE STRUTTURALI..... | 24 |
| 5.9 RISULTATI DELLE VERIFICHE GEOTECNICHE..... | 27 |
| 6. VERIFICA DELLE FONDAZIONI..... | 30 |
| 6.1 CRITERI DI CALCOLO..... | 30 |
| 6.1.1 Verifica SLU al carico limite verticale..... | 31 |
| 6.1.2 Verifica SLU di instabilità dell'equilibrio elastico..... | 32 |
| 6.1.3 Verifica SLU di resistenza della sezione per carichi assiali..... | 33 |
| 6.1.4 Verifica SLU di resistenza a flessione della sezione..... | 34 |
| 6.1.5 Verifica SLU di resistenza a taglio della sezione..... | 35 |
| 6.1.6 Verifica SLU al carico limite orizzontale del palo..... | 36 |
| 6.2 RISULTATI DELLE ANALISI..... | 40 |

| | |
|--|----|
| 7. PARATIA DI MICROPALI ESISTENTE | 45 |
| 7.1 MODELLO DI CALCOLO | 46 |
| 7.2 CARATTERISTICHE SEZIONE DI VERIFICA..... | 47 |
| 7.3 RISULTATI DELLE ANALISI E VERIFICHE | 48 |
| ALLEGATO DI CALCOLO | 53 |
| MURO DI CONSOLIDAMENTO DELLA BERLINESE ESISTENTE | 53 |

1. PREMESSA

Il presente documento ha per oggetto la verifica dei muri di sostegno di sostegno previsti nell'ambito del progetto definitivo per l'adeguamento a due corsie del tratto della Galleria della Guinza (Lotto 2°) e del Tratto Guinza – Mercatello Ovest (Lotto 3°) dell'itinerario internazionale E78 S.G.C. Grosseto - Fano.

L'intervento è localizzato tra le Regioni Umbria e Marche, nei Comuni di Parnacciano (PG) e Mercatello sul Metauro (PU). Più dettagliatamente, il 2° Lotto comprende la Galleria della Guinza, mentre il 3° Lotto comprende tutte le opere dall'uscita della Guinza sul lato marchigiano, fino al termine dell'intervento.

Il muro trattato nell'ambito dell'elaborato, in particolare, sorgerà in prossimità della nuova rotonda che realizza la connessione lato Umbria del tratto già realizzato alla viabilità esistente SP200.

Il muro costituisce la struttura di sostegno definitiva con cui viene perseguito il consolidamento della berlinese di micropali esistente ubicata a ovest della futura rotonda.

Viene inoltre sottoposta ad analisi la berlinese provvisoria esistente, in modo da valutarne le condizioni di stabilità e di funzionalità, nonché di verificare la necessità di eventuali interventi di stabilizzazione.

Le lavorazioni in oggetto sono ascrivibili al primo stralcio della messa in esercizio della Galleria Guinza, comprendente la progettazione per l'appalto delle opere non soggette ad ulteriori autorizzazioni, quali il collegamento alla viabilità esistente, ripristino delle opere esistenti, impianti nelle gallerie, sistemazione della piattaforma stradale, alloggiamento delle barriere di sicurezza sui viadotti, ecc..

2. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- DM 17.01.2018 – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”
- DM 14.01.2008 – Norme tecniche per le costruzioni
- CIRCOLARE n.617 del 2.2.2009 – Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al DM.14.01.2008.

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1 CALCESTRUZZO PER ELEVAZIONI REALIZZATE IN OPERA

| DEFINIZIONE DEI MATERIALI | | | |
|---|----------------------|--------|-------|
| Calcestruzzo - Rif. UNI EN 1992 - 1 - 1 : 2005 | | | |
| Resistenza caratteristica cubica | R_{ck} | 35 | [MPa] |
| Resistenza caratteristica cilindrica | f_{ck} | 28 | [MPa] |
| Coefficiente di sicurezza parziale per il calcestruzzo | γ_c | 1.5 | [-] |
| Coefficiente che tiene conto degli effetti di lungo termine | α_{cc} | 0.85 | [-] |
| Valore medio della resistenza a compressione cilindrica | f_{cm} | 36 | [MPa] |
| Valore medio della resistenza a trazione assiale del calcestruzzo | f_{ctm} | 2.8 | [MPa] |
| Valore caratteristico della resistenza a trazione assiale (frattile 5%) | $f_{ctk;0,05}$ | 1.9 | [MPa] |
| Valore caratteristico della resistenza a trazione assiale (frattile 95%) | $f_{ctk;0,95}$ | 3.6 | [MPa] |
| Modulo di elasticità secante del calcestruzzo | E_{cm} | 32308 | [MPa] |
| Deformazione di contrazione nel calcestruzzo alla tensione f_c | ϵ_{c1} | 0.0020 | [-] |
| Deformazione ultima di contrazione nel calcestruzzo | ϵ_{cu} | 0.0035 | [-] |
| Resistenza di progetto a compressione del calcestruzzo | f_{cd} | 15.87 | [MPa] |
| Resistenza di progetto a trazione del calcestruzzo | f_{ctd} | 1.29 | [MPa] |
| Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica | $\sigma_{c,caratt.}$ | 16.8 | [MPa] |
| Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente | $\sigma_{c,q.p.}$ | 12.6 | [MPa] |

| |
|--|
| $f_{cm} = f_{ck} + 8$ |
| $f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{2/3}$ $f_{ck} \leq 50$ [MPa] $f_{ctm} = 2,12 \ln(1 + f_{cm}/10)$ $f_{ck} > 50$ [MPa] |
| $f_{ctk;0,05} = 0,7 f_{ctm}$ |
| $f_{ctk;0,95} = 1,3 f_{ctm}$ |
| $E_{cm} = 22[f_{cm}/10]^{0,3}$ in [GPa] |
| $\epsilon_{c1} = 2,0 + 0,085(f_{ck} - 50)^{0,53}$ $f_{ck} \geq 50$ [MPa] |
| $\epsilon_{cu} = 2,6 + 35[(90 - f_{ck})/100]^4$ $f_{ck} \geq 50$ [MPa] |
| $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$ |
| $f_{ctd} = f_{ctk;0,05} / \gamma_c$ |
| $\sigma_{c,caratt.} = 0,6 f_{ck}$ |
| $\sigma_{c,q.p.} = 0,45 f_{ck}$ |

3.2 ACCIAIO PER C.A.

| Acciaio - Rif. UNI EN 1992 - 1 - 1 : 2005 | | | |
|---|-----------------|----------|-------|
| Resistenza a snervamento dell'acciaio | f_{yk} | 450 | [MPa] |
| Coefficiente di sicurezza parziale per l'acciaio | γ_s | 1.15 | [-] |
| Modulo di elasticità secante dell'acciaio | E_s | 200000 | [MPa] |
| Deformazione a snervamento dell'acciaio | ϵ_{yd} | 0.001957 | [-] |
| Deformazione ultima dell'acciaio | ϵ_{su} | 0.01 | [-] |
| Resistenza di progetto a trazione dell'acciaio | f_{yd} | 391.3 | [MPa] |
| Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS | σ_s | 360 | [MPa] |

| |
|--------------------------------|
| $\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$ |
| $\epsilon_{su} = 1\%$ |
| $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$ |
| $\sigma_s = 0,8 f_{yk}$ |

3.3ACCIAIO PER MICROPALI

Acciaio per cemento armato tipo S355 J0 avente le seguenti caratteristiche:

| | |
|--|---|
| Tensione caratteristica di snervamento | $f_{yk} \geq 355 \text{ MPa}$ |
| Tensione caratteristica di rottura | $f_{tk} \geq 510 \text{ MPa}$ |
| Modulo elastico | $E_s = 206000 \text{ MPa}$ |
| Coefficiente sicurezza SLU: | $\gamma_s = 1,05$ |
| Resistenza di calcolo SLU: | $f_{sd} = f_{yk} / \gamma_c = 338.10 \text{ MPa}$ |

4. DESCRIZIONE DELLE OPERE

Il muro di sostegno previsto in progetto è del tipo in c.a. gettato in opera e sorgerà in corrispondenza della rotatoria che realizza lato Umbria la connessione alla viabilità esistente SP200.

Il muro opera nella fattispecie il consolidamento della berlinese di micropali esistente ubicata a ovest della futura rotatoria, di controripa.

Esso costituisce la struttura di sostegno definitiva in luogo della berlinese, la quale è un'opera a carattere provvisoria non in grado di esplicitare adeguate condizioni di sicurezza e di funzionalità come presidio permanente.

Di seguito si illustrano l'ubicazione planimetrica e gli schemi tipologici dei muri in oggetto.

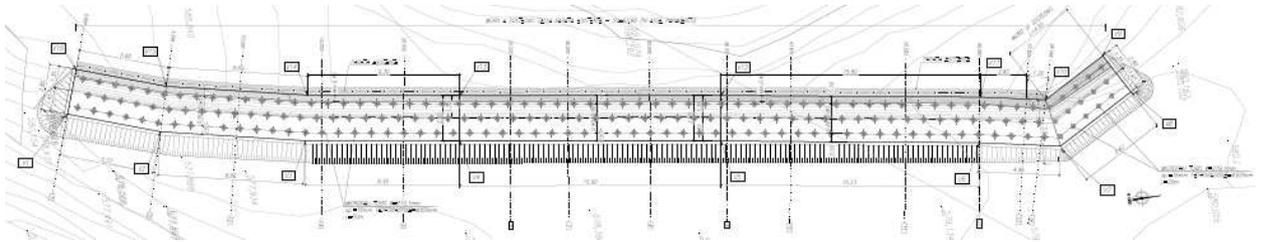


Figura 4.1 – Stralcio planimetrico muro di consolidamento della berlinese esistente.

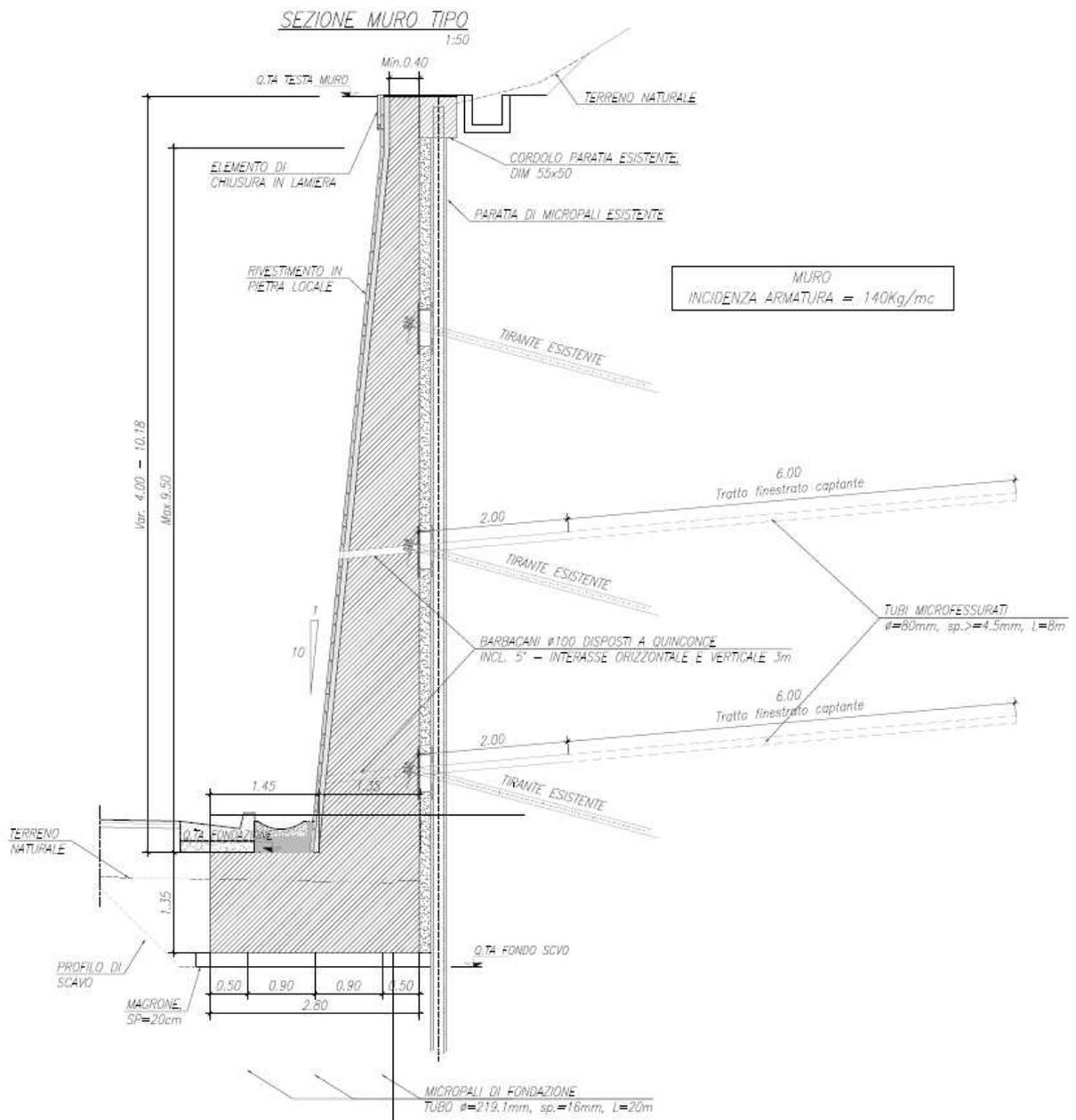


Figura 4.2 - Muro di consolidamento della berlinese esistente: sezione tipologica.

Il muro presenta una massima altezza fuori terra del paramento pari a ca 10.7m.

Il muro di interesse è fondato su micropali colati a gravità di diametro di perforazione $\phi 300$ mm, armati con profili tubolari metallici in acciaio S355 J0 di diametro esterno pari a $d_e=219.1$ mm, spessore di $s=16$ mm, disposti su n.3 file su maglia a quinconce con passo $i=1.0$ m e di lunghezza L pari a 20.0m.

L'impiego dei micropali è in particolare avvalorato alla luce del contesto geotecnico in cui si opera: l'attraversamento del substrato marnoso-arenaceo, a consistenza litoide, costituisce una

soggezione esecutiva, che rende l'applicazione con micropali preferenziale rispetto a tecnologie alternative proprio a causa delle difficoltà connesse alla perforazione del materiale lapideo.

Per i muri è stato predisposto un sistema di drenaggio atto allo smaltimento di eventuali acque di ruscellamento/infiltrazione, consistente in un sistema di canalette sagomate opportunamente raccordate in testa all'opera, nei barbacani per il convogliamento delle acque dal vespaio oltre il fronte del muro, nell'installazione dei dreni suborizzontali atti a deprimere eventuali sovrappressioni neutre destatesi in corrispondenza dell'opera.

Essi hanno lunghezza pari a 8m (6m di tratto finestrato captante più 2m cieco di convogliamento oltre il fronte del muro), inclinati di 5° verso l'alto, disposti su n.2 file a quinconce con passo pari a 3.0m.

Per ulteriori dettagli si rimanda alla consultazione degli elaborati grafici allegati al progetto.

5. ANALISI DI VERIFICA

5.1 SEZIONI DI VERIFICA

Le analisi di dimensionamento dei muri sono avvenute facendo riferimento alla sezione tipologica individuata al §4.

Ai fini della definizione delle sezioni di verifica, è stato condotto un esame di dettaglio delle condizioni geometriche (altezza del muro, inclinazione della scarpata sottesa dal muro), delle caratteristiche stratigrafiche (spessore e tipologia delle formazioni), delle condizioni idrauliche (profondità della falda), dei carichi sollecitanti l'opera di sostegno.

Tenuto conto della sostanziale costanza dell'inclinazione del pendio a tergo, del modello stratigrafico, meccanico e idraulico ipotizzato, dei carichi di verifica, l'elemento di maggior criticità è risultato l'altezza fuoriterra della struttura di sostegno.

Le verifiche dei muri, dunque, sono state effettuate riferendosi alla sezione caratterizzate dalle massime altezze di scavo.

I risultati delle analisi relativi alle sezioni di verifica sono da intendersi cautelativi per il dimensionamento delle opere lungo il loro intero sviluppo.

Le caratteristiche geometriche e le carpenterie in corrispondenza delle sezioni di verifica sono riportate nelle seguenti figure.

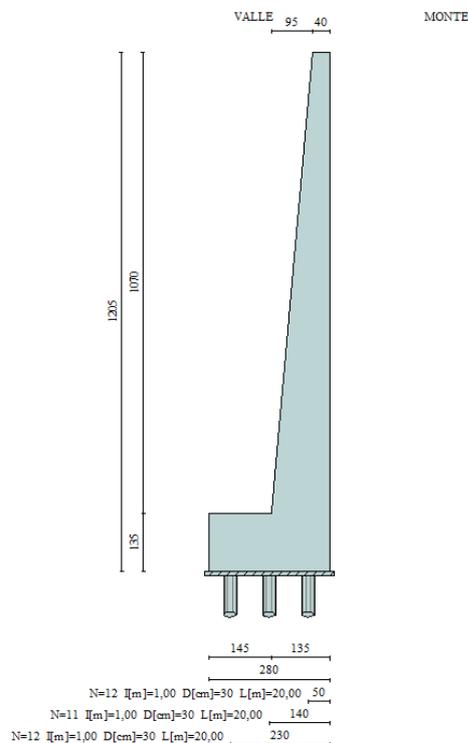


Figura 5.1 – Muro di consolidamento berlinese: geometria del muro di sostegno.

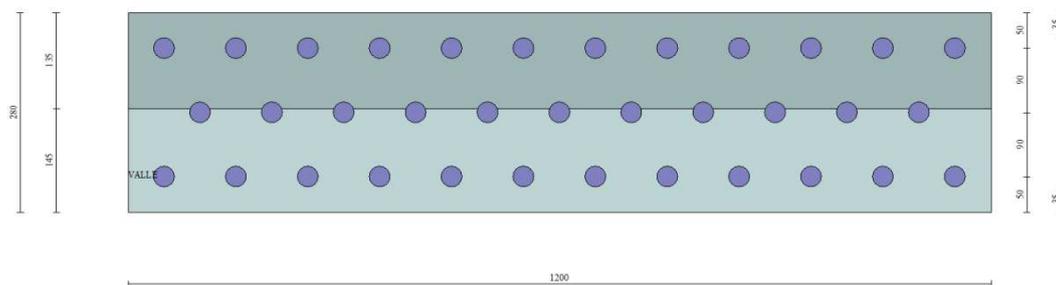


Figura 5.2 – Muro di consolidamento berlinese: disposizione dei micropali di fondazione.

La seguente tabella riepiloga le caratteristiche dei micropali.

| D PERFORO (mm) | D ESTERNO (mm) | S (mm) | LAMMORSAMENTO NELLA CIABATTA (m) | LMICROPALO DA INTRADOSSO CIABATTA (m) | LTOTALE (m) | ACCIAIO |
|-------------------|-------------------|-----------|--|--|----------------|---------|
| 300 | 219.1 | 16.0 | 0.5 | 20.0 | 20.5 | S355 J0 |

Tabella 5.1 – Caratteristiche dei micropali.

5.2 MODELLO GEOTECNICO

Le analisi vengono condotte in condizioni di lungo termine utilizzando i parametri di resistenza al taglio drenati.

Come legame costitutivo viene adottato il criterio di rottura di Mohr-Coulomb in termini di tensioni efficaci.

Dal punto di vista generale il riferimento è costituito dalla caratterizzazione geotecnica contenuta nell'elaborato "Relazione geotecnica" (rif. T00_GE00_GET_RE01).

A partire dai valori dei parametri geotecnici indicati nella "Relazione geotecnica", nelle verifiche dei muri si sono in definitiva adottati i valori caratteristici X_k dei parametri geotecnici riassunti in Tabella 5.2.

| TERRENO | γ kN/m ³ | c' kPa | ϕ' ° |
|-------------------------|-------------------------------|-------------|--------------|
| Detriti | 18.0 | 0 | 30 |
| Flysch marnoso-arenaceo | 21.0 | 100 | 35 |

Tabella 5.2 – Valori caratteristici X_k dei parametri geotecnici.

Rispetto alla parametrizzazione numerica indicata nella “Relazione Geotecnica”, nelle verifiche si è operata una significativa riduzione del valore assegnato alla coesione efficace c' , assunta pari a 100kPa in luogo dei 200kPa ivi stimati.

Le cautele adottate per c' sono dovute al fatto che, in corrispondenza dei bassi stati tensionali efficaci caratterizzanti il problema geotecnico in esame, la resistenza al taglio è molto influenzata da c' , mentre ϕ' “pesa” in misura molto più ridotta.

Inoltre, in prossimità di basse tensioni normali agenti sulla superficie di scorrimento c'è da attendersi una curvatura dell'involuppo di rottura di picco particolarmente marcata, per cui la linearizzazione dell'involuppo secondo il criterio di snervamento di Mohr-Coulomb potrebbe condurre ad una sovrastima dell'intercetta coesiva c' e della resistenza al taglio del materiale.

Tali condizioni, dunque, obbligano a scelte ragionevolmente cautelative per quanto riguarda c' .

Nella figura seguente viene schematizzata le stratigrafia di calcolo adottata nelle analisi.

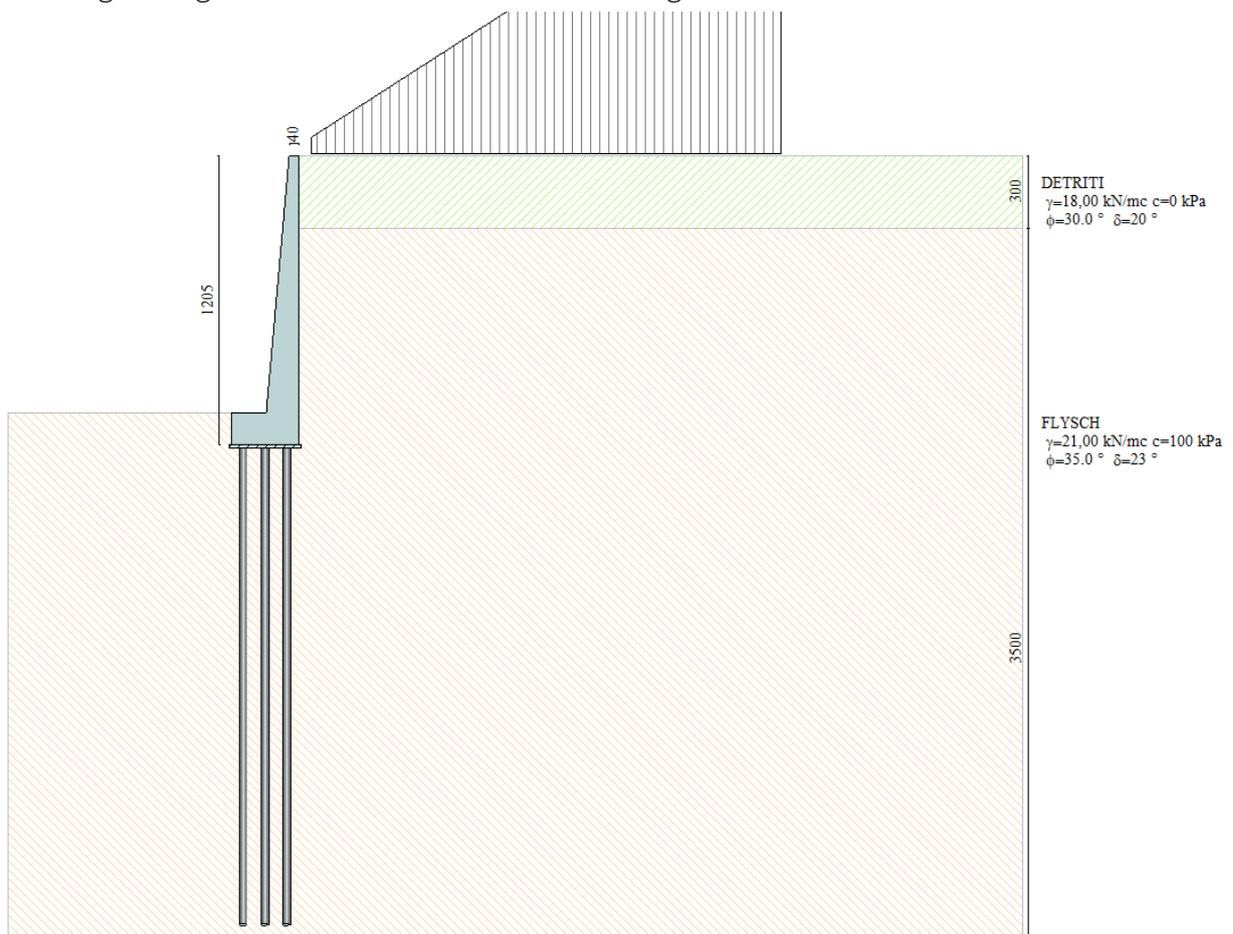


Figura 5.3 – Muro di consolidamento berlinese rotatoria: stratigrafia di progetto.

Per i terreni originari in posto si è ipotizzata una sequenza stratigrafica costituita superficialmente (0.0÷3.0m) dai detriti di versante, seguiti lungo la verticale dal substrato flyschoidale, che chiude in basso il volume di terreno “significativo” per le opere (porzione di sottosuolo che influenza e, a sua volta, viene influenzata dall’esecuzione dei manufatti).

5.3 SUPERFICIE PIEZOMETRICA

Come dettagliato in sede di “Relazione Geotecnica”, la superficie piezometrica non interviene nel “volume significativo” di sottosuolo interagente con le opere e, dunque, non viene modellata.

L’annullamento di potenziali spinte idrostatiche a tergo dell’opera, destinate da venute d’acqua localizzate e linee di drenaggio preferenziali, è in ogni caso garantita dai dispositivi drenanti predisposti per la dissipazione delle pressioni neutre, quali le canalette progettate in testa alla struttura ed i microdreni suborizzontali.

5.4 APPROCCIO NORMATIVO

Le analisi sono state eseguite conformemente al D.M. 17 Gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” (NTC 2018), con il metodo degli stati limite ultimi SLU (sicurezza nei confronti della rottura) e stati limite d’esercizio SLE (valutazione degli stati di tensione, fessurazioni e deformazioni per le condizioni relative al carico di esercizio).

Con riferimento alla sicurezza delle opere, la normativa di riferimento richiede, detto R_d , il valore della resistenza di calcolo ed E_d la risultante di calcolo dei carichi, che per ciascun stato limite ultimo deve risultare:

$$R_d \geq E_d$$

Le opere devono inoltre essere verificate nei confronti degli stati limite di esercizio.

Detto C_d , il prescritto valore limite dell’effetto delle azioni ed E_d la risultante di calcolo dei carichi in condizioni di esercizio, deve risultare:

$$C_d \geq E_d$$

Vengono svolte due tipologie di verifiche:

- Verifiche **strutturali**;
- Verifiche **geotecniche**.

Per le verifiche inerenti i micropali e per i relativi criteri, si rimanda integralmente al §6.

Le verifiche **strutturali** analizzate nell’ambito del presente capitolo sono riguardanti gli elementi costituenti il muro di sostegno, cioè la parete verticale e la ciabatta di fondazione.

Esse vengono eseguite con riferimento ai seguenti stati limite:

1. verifiche di sicurezza SLU/SLV a flessione semplice/composta;

2. verifiche di sicurezza SLU/SLV a taglio;
3. verifiche di funzionalità SLE delle tensioni in esercizio;
4. verifiche di funzionalità SLE a fessurazione.

Le verifiche **geotecniche** vengono eseguite con riferimento ai seguenti stati limite:

1. verifiche di sicurezza SLU/SLV di stabilità globale.

Dal punto di vista generale, le analisi allo stato limite ultimo possono essere condotte con riferimento tanto a condizioni statiche (SLU propriamente inteso) che sismiche (SLV).

Nel seguito la verifica verrà eseguita per il solo scenario SLU/SLV al quale competono le sollecitazioni di progetto E_d più gravose, intendendo in tal modo indirettamente conseguite le opportune condizioni di sicurezza anche nello scenario meno gravoso non direttamente sottoposto a verifica.

Le verifiche di sicurezza **strutturale** vengono effettuate con riferimento all'**Approccio 2** (Combinazione A1+M1+R3 in condizioni statiche, M1+R3 nel caso sismico, nel quale i coefficienti parziali sulle azioni γ_F sono unitari).

Per le verifiche di sicurezza di stabilità globale è da impiegarsi l'**Approccio Progettuale 1, Combinazione 2** (A2+M2+R2 per il caso statico SLU, M2+R2 per quello sismico SLV, in cui i coefficienti amplificativi delle azioni sono unitari).

La valutazione del grado di sicurezza avviene con riferimento a quanto disposto nell'impianto normativo per i muri di sostegno ai § 6.5.3.1.1 e §6.8.2 per la analisi statiche e al § 7.11.4 e § 7.11.6.2 per quelle concerne le verifiche sismiche.

Nelle analisi si è tenuto conto dei coefficienti parziali riportati in Tabella 5.3 e Tabella 5.4 (§6.2.3.1.1 e 6.2.3.1.2 del NTC2018) sulle azioni γ_F e sui parametri geotecnici γ_M , e di quelli operanti sulla resistenza globale del sistema opera-terreno rispettivamente per le verifiche di stabilità globale (Tabella 5.5, paragrafo 6.8.2 di NTC2018) e per le verifiche di resistenza interna (Tabella 5.6).

| Carichi | Effetto | Coefficiente Parziale γ_F | EQU | (A1) STR | (A2) GEO |
|----------------------------|-------------|-------------------------------------|-----|-------------|-------------|
| Permanenti | Favorevole | γ_{G1} | 0.9 | 1.0 | 1.0 |
| | Sfavorevole | | 1.1 | 1.3 | 1.0 |
| Permanenti non strutturali | Favorevole | γ_{G2} | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| | Sfavorevole | | 1.5 | 1.5 | 1.3 |
| Variabili | Favorevole | γ_{Qi} | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | Sfavorevole | | 1.5 | 1.5 | 1.3 |

Tabella 5.3 – Coefficienti parziali per le azioni γ_F .

| Parametro | Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale | Coefficiente Parziale γ_M | (M1) | (M2) |
|--|---|----------------------------------|------|------|
| Tangente dell'angolo di resistenza al taglio | $\tan \varphi'_k$ | γ_φ | 1.0 | 1.25 |
| Coesione efficace | c'_k | γ_c | 1.0 | 1.25 |
| Peso dell'unità di volume | γ | γ_γ | 1.0 | 1.0 |

Tabella 5.4 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno γ_M .

| Coefficiente | R2 | |
|--------------|-----|-----|
| | SLU | SLV |
| γ_R | 1.1 | 1.2 |

Tabella 5.5 – Coefficienti parziali sul sistema geotecnico γ_R per le verifiche di stabilità globale.

| Verifica | Coefficiente parziale γ_R (R1) | Coefficiente parziale γ_R (R2) | Coefficiente parziale γ_R (R3) |
|--------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Resistenza interna | 1.0 | 1.0 | 1.0 |

Tabella 5.6 – Coefficienti parziali sul sistema geotecnico γ_R per le verifiche di resistenza interna.

5.4.1 Verifiche strutturali

Nelle verifiche agli SLU/SLV, la parete da un punto di vista statico è schematizzabile come una mensola incastrata alla base in corrispondenza della ciabatta di fondazione. I carichi agenti determinano in ogni sezione uno stato di sollecitazione di flessione composta e taglio.

Nelle verifiche agli SLU/SLV, la ciabatta di fondazione da un punto di vista statico è schematizzabile come due mensole, una di monte ed una di valle, incastrate alla base in corrispondenza della sezione a filo parete verticale. I carichi agenti determinano in ogni sezione uno stato di sollecitazione di flessione semplice e taglio.

5.4.1.1 Verifica di sicurezza SLU/SLV a flessione

La verifica di resistenza SLU/SLV per flessione composta consiste nel controllare che il punto rappresentativo della coppia di valori delle azioni di calcolo forza normale N_{Ed} e momento flettente M_{Ed} derivante dalla combinazione di carico allo SLU/SLV risulti interno al dominio resistente della sezione.

Deve risultare $M_{Ed} \leq M_{Rd}$, con M_{Ed} massimo valore del momento flettente sollecitante e M_{Rd} momento resistente di progetto.

5.4.1.2 Verifica di sicurezza SLU/SLV a taglio

Nella verifica di resistenza agli SLU/SLV a taglio, il valore di calcolo dell'azione tagliante resistente V_{Rd} viene determinata in accordo ai criteri di cui al §§ 4.1.2.3.5.1 e 4.1.2.3.5.2 di NTC2018, rispettivamente in assenza di specifica armatura a taglio e per una sezione dotata di specifica armatura a taglio.

Il valore di calcolo dell'azione tagliante V_{Ed} deve rispettare la condizione $V_{Rd} \geq V_{Ed}$, in cui V_{Rd} è, in prima battuta, la resistenza di calcolo a taglio in assenza di specifica armatura a taglio (cfr §4.1.2.3.5.1 NTC 2018):

$$V_{Rd} = \left\{ 0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d$$

dove:

$$k = 1 + (200/d)^{0.5} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

d altezza utile della sezione (in mm)

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$ rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$ tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 f_{cd}$)

b_w larghezza minima della sezione (in mm)

Con riferimento all'armatura trasversale, invece, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" si calcola con:

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

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" si calcola con:

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta)$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd} + V_{Rcd})$$

dove:

d altezza utile della sezione (in mm)

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$ tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 f_{cd}$)

b_w larghezza minima della sezione (in mm)

A_{sw} area dell'armatura trasversale;

s interasse tra due armature trasversali consecutive;

| | |
|------------|---|
| α | angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave; |
| f'_{cd} | resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($f'=0.5f_{cd}$); |
| α_c | coefficiente amplificativo pari a 1 per membrature non compresse |
| | $1 + \sigma_{cp} / f_{cd}$ per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 \cdot f_{cd}$ $1,25$ per $0,25 \leq \sigma_{cp} < 0,5 \cdot f_{cd}$ $1 + 2,5 \cdot (1 - \sigma_{cp} / f_{cd})$ per $0,25 \leq \sigma_{cp} < 0,5 \cdot f_{cd}$ |

5.4.1.3 Verifica di funzionalità SLE delle tensioni in esercizio

Secondo quanto previsto da NTC2018 al §4.1.2.2.5 e dalla Circolare esplicativa n.617 delle NTC2008 al §C4.1.2.2.5, per la verifica allo SLE delle tensioni massime di compressione nel calcestruzzo, andrà verificato che il valore della tensione massima nel calcestruzzo $\sigma_{c,max}$ soddisfi le relazioni:

- $\sigma_{c,max} \leq 0.45 \cdot f_{ck}$ nella combinazione quasi permanente
- $\sigma_{c,max} \leq 0.60 \cdot f_{ck}$ nella combinazione rara

in cui f_{ck} è la resistenza caratteristica cubica a compressione del cls a 28 giorni.

Occorre verificare anche che la tensione massima nelle armature $\sigma_{s,max}$ soddisfi la relazione:

$$\sigma_{s,max} \leq 0.8 \cdot f_{yk}$$

con f_{yk} tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio.

Per la definizione delle caratteristiche di resistenza dei materiali si faccia riferimento al §3, nella quale sono specificati i limiti tensionali ammissibili per i materiali di lavoro in oggetto.

5.4.1.4 Verifica di funzionalità SLE a fessurazione

La verifica a fessurazione avviene ai sensi di quanto disposto al §4.1.2.2.4 di NTC 2018.

Si valuta lo stato limite di apertura delle fessure; per la combinazione di azioni prescelta, il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

- $w_1 = 0,2$ mm
- $w_2 = 0,3$ mm
- $w_3 = 0,4$ mm

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

Nel caso delle strutture in oggetto, si considerano condizioni ambientali ordinarie. I muri sono armati con armatura ordinaria, da considerarsi poco sensibili nei confronti della corrosione.

Di seguito si riporta la Tabella 4.1.IV del paragrafo 4.1.2.2.4.4 delle NTC2018, con i limiti di fessure per lo stato limite di esercizio considerato.

Tabella 4.1.IV – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

| Gruppi di esigenze | Condizioni ambientali | Combinazione di azioni | Armatura | | | |
|--------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|------------|----------------|------------|
| | | | Sensibile | | Poco sensibile | |
| | | | Stato limite | w_d | Stato limite | w_d |
| a | Ordinarie | frequente | ap. fessure | $\leq w_2$ | ap. fessure | $\leq w_3$ |
| | | quasi permanente | ap. fessure | $\leq w_1$ | ap. fessure | $\leq w_3$ |
| b | Aggressive | frequente | ap. fessure | $\leq w_1$ | ap. fessure | $\leq w_2$ |
| | | quasi permanente | decompressione | - | ap. fessure | $\leq w_1$ |
| c | Molto aggressive | frequente | formazione fessure | - | ap. fessure | $\leq w_1$ |
| | | quasi permanente | decompressione | - | ap. fessure | $\leq w_1$ |

Tabella 5.7 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione.

Il calcolo a fessurazione è avvenuto, quindi, nel rispetto delle prescrizioni contenute in Tabella 5.8.

| Condizioni ambientali | Combinazione di azioni | Armatura Poco sensibile | |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|--------------------|
| | | stato limite | w_d |
| Ordinarie XC2 | frequente | apertura fessure | $\leq w_3 = 0.4mm$ |
| | quasi permanente | apertura fessure | $\leq w_2 = 0.3mm$ |

Tabella 5.8 – Stato limite di fessurazione SLE: criteri di scelta.

Il valore di calcolo di apertura delle fessure (w_d) non deve superare i valori nominali w_1 , w_2 , w_3 secondo quanto riportato nella Tab. 4.1.IV. Il valore di calcolo è dato da:

$$w_d = 1,7 w_m$$

dove w_m , rappresenta l'ampiezza media delle fessure, calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d'armatura ϵ_{sm} per la distanza media delle fessure Δ_{sm} :

$$w_m = \epsilon_{sm} * \Delta_{sm}$$

ϵ_{sm} e Δ_{sm} sono calcolati secondo le disposizioni della letteratura tecnica. In alternativa il valore di w_d può essere calcolato con la seguente espressione:

$$w_d = \epsilon_{sm} * \Delta_{smax}$$

dove:

Δ_{smax} è la distanza massima tra le fessure.

La deformazione unitaria media delle ϵ_{sm} può essere calcolata con l'espressione:

$$\epsilon_{sm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ctm} (1 + \alpha_e \rho_{eff})}{\rho_{eff}}}{E_s} \leq \frac{\sigma_s}{E_s}$$

σ_s è la tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata;

α_e è il rapporto E_s/E_{cm} ;

ρ_{eff} è pari a $A_s / A_{c,eff}$

$A_{c,eff}$ è l'area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura, di altezza $h_{c,ef}$, dove $h_{c,ef}$ è il minore tra $2,5 (h - d)$, $(h - x)/3$ o $h/2$ (vedere figura C4.1.9);

k_t è un fattore dipendente dalla durata del carico e vale:

$k_t = 0,6$ per carichi di breve durata,

$k_t = 0,4$ per carichi di lunga durata.

La distanza massima tra le fessure, Δ_{smax} , può essere valutata con l'espressione:

$$\Delta_{smax} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \frac{\phi}{\rho_{eff}}$$

Dove ϕ è il diametro delle barre.

Se nella sezione considerata sono impiegate barre di diametro diverso, si raccomanda di adottare un opportuno diametro equivalente, ϕ_{eq} . Se n_1 è il numero di barre di diametro ϕ_1 ed n_2 è il numero di barre di diametro ϕ_2 , si raccomanda di utilizzare l'espressione seguente:

$$\phi_{eq} = \frac{n_1 \phi_1^2 + n_2 \phi_2^2}{n_1 \phi_1 + n_2 \phi_2}$$

c è il ricoprimento dell'armatura;

$k_1 = 0,8$ per barre ad aderenza migliorata,

$= 1,6$ per barre lisce;

$k_2 = 0,5$ nel caso di flessione semplice,

$= 1,0$ nel caso di trazione semplice.

In caso di trazione eccentrica, o per singole parti di sezione, si raccomanda di utilizzare valori intermedi di k_2 , che possono essere calcolati con la relazione:

$$k_2 = (\epsilon_1 + \epsilon_2) / 2\epsilon_1$$

in cui ϵ_1 ed ϵ_2 sono rispettivamente la più grande e la più piccola deformazione di trazione alle estremità della sezione considerata, calcolate per sezione fessurata.

$k_3 = 3,4$;

$k_4 = 0,425$.

5.4.2 Verifiche geotecniche

La resistenza di progetto R_d del sistema geotecnico viene dedotta come (cfr. §6.2.4.1 di NTC2018):

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} \cdot R \left[\gamma_F \cdot F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

Il coefficiente di sicurezza parziale γ_R che opera direttamente sulla resistenza del sistema, coerentemente con le prescrizioni normative, viene mutuato dal set R2 relativo alle condizioni di stabilità dei fronti di scavo.

Ciò sta a significare che, una volta amplificate le azioni e parzializzate le caratteristiche geotecniche dei terreni nei modi sopra precisati, si adotta un coefficiente di sicurezza minimo pari a $FS_{adm}=\gamma_R=1.1$ in condizioni statiche e $FS_{adm}=\gamma_R=1.2$ in condizioni pseudostatiche.

5.5 METODI DI ANALISI E CODICE DI CALCOLO

Le verifiche sono state condotte con programma dedicato al calcolo di muri in c.a. Max 10.0 della Aztec Informatica.

Dal punto di vista generale, il programma è stato utilizzato anche come software di verifica.

Limitatamente alle verifiche strutturali a taglio e alle verifiche strutturali e geotecniche dei micropali di fondazione, il software è stato invece utilizzato al solo scopo di fornire le sollecitazioni di verifica.

Le verifiche in questione sono state poi svolte con programmi e fogli di calcolo diversi da Max.

Le verifiche sono state eseguite con i classici metodi presenti diffusamente in letteratura e dettagliati in premessa ai tabulati di calcolo allegati al presente elaborato, al quale si rimanda per approfondimenti e delucidazioni. Qui di seguito si riportano solo delle opportune puntualizzazioni circa gli aspetti salienti.

La spinta delle terre è stata valutata con il metodo di Culmann, o metodo del cuneo di tentativo, che adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb, considerando, dunque, l'ipotesi di un cuneo di spinta a monte del muro, ipotizzato in condizioni limite attive, che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea. 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 coefficiente di spinta), il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti.

Dall'equilibrio del cuneo si ricava la spinta che il terreno esercita sull'opera di sostegno. Il procedimento di individuazione del cuneo critico è iterativo, fino a trovare l'angolo di rottura per

cui la spinta risulta massima. La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Si ammette l'esistenza di attrito fra il terreno e il paramento del muro, e quindi la retta di spinta risulta inclinata rispetto alla normale al paramento stesso di un angolo di attrito terramuro.

Si è assunto per l'angolo di resistenza al taglio terreno-muro $\delta_{t-m} = 2/3\phi'$.

Le verifiche di stabilità sono state realizzate con i metodi all'equilibrio limite.

Il codice di calcolo è in grado di fornire una soluzione generale del problema bidimensionale di stabilità, ricavandone il coefficiente di sicurezza FS come il fattore di cui deve essere ridotta la resistenza disponibile lungo la superficie di rottura per portare la massa potenzialmente instabile in uno stato di equilibrio limite.

La valutazione del coefficiente di sicurezza viene effettuata per tentativi, generando un gran numero di superfici di scivolamento con un algoritmo pseudo-casuale.

Nelle analisi di stabilità è stato utilizzato il metodo di Fellenius, che si basa sull'equilibrio dei momenti e che assume la risultante delle forze interconco parallelamente alla base del conico.

Esso fa parte della famiglia dei cosiddetti metodi delle strisce e considera un meccanismo di rottura rotazionale.

Le ipotetiche superfici di rottura sono state fornite al programma tramite una griglia di centri di rotazione e delle condizioni di vincolo, consistenti in intervalli sulla superficie topografica che fissano le zone di immersione (a monte del muro) e di riaffioramento (a valle della struttura) delle superfici di scorrimento plausibili per la geometria esaminata.

Il software sottopone a verifica tutta la famiglia di superfici cinematicamente compatibili con le condizioni a contorno imposte, fino ad individuare la superficie di minima resistenza.

5.6 AZIONI SISMICHE

Circa le analisi sismiche, si è adottato l'approccio pseudostatico, col quale l'azione dinamica del sisma viene rappresentata con una coppia di forze statiche equivalenti all'azione inerziale, proporzionali, per il tramite di due coefficienti sismici k_h e $k_v = \pm 0.5k_h$, al peso della massa potenzialmente instabile.

Il segno \pm sta ad indicare che la componente verticale dell'azione sismica viene considerata agente sia verso l'alto che verso il basso.

In Tabella 5.9 si riportano i valori delle principali grandezze sismiche per il sito di progetto relative allo stato limite di salvaguardia della vita SLV e di danno SLD, limitatamente al caso dei muri di sostegno.

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| Classe | Stato limite | V_N | C_U | V_R | P_{VR} | T_R | a_g | S_S | S_T | S | a_{max} | β_m | $k_{h,m}$ | $k_{v,m}$ |
|--------|--------------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| - | - | anni | - | anni | - | anni | g | - | - | - | g | - | - | - |
| III | SLV | 50 | 1.5 | 75 | 10% | 712 | 0.261 | 1.151 | 1.2 | 1.382 | 0.360 | 1.0 | 0.360 | ±0.180 |
| III | SLD | 50 | 1.5 | 75 | 63% | 75 | 0.109 | 1.500 | 1.2 | 1.800 | 0.196 | 1.0 | 0.196 | ±0.098 |

Tabella 5.9 – Parametri sismici.

dove:

- o V_N vita nominale;
- o C_U coefficiente d'uso;
- o V_R vita di riferimento;
- o P_{VR} probabilità di superamento nel periodo di riferimento;
- o a_g accelerazione sismica massima attesa di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale;
- o S_S coefficiente di amplificazione stratigrafica;
- o S_T coefficiente di amplificazione topografica;
- o $S = S_S \cdot S_T$;
- o $a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$;
- o β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito per i muri
- o $k_{h,m}$ coefficiente pseudostatico orizzontale per muri;
- o $k_{v,m}$ coefficiente pseudostatico verticale per muri.

Si noti in particolare che, in coerenza con quanto disposto al §7.11.6.2.1 di NTC2018, per muri non liberi di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il valore del coefficiente β_m è stato assunto unitario.

Per tener conto delle azioni sismiche, nel caso dinamico oltre alla spinta statica sono state considerate anche forze di inerzia orizzontali e verticali, proporzionali al peso della struttura e del cuneo di spinta, ed un incremento di spinta orizzontale del terreno.

L'incremento di spinta del terreno ΔP_d è pari alla differenza tra la spinta calcolata in condizioni statiche+sismiche (F_d) e quella calcolata in condizioni statiche (F):

$$\Delta P_d = F_d - F$$

La spinta di calcolo risultante del terreno, somma di quella statica e di quella dinamica, è data da:

$$F_d = \frac{1}{2} \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot K \cdot H^2$$

dove H è l'altezza del muro, γ è il peso per unità di volume del terreno, K è il coefficiente di spinta statico+dinamico del terreno, che per gli stati di spinta attiva viene ricavato a mezzo della formula di Mononobe-Okabe e k_v è il coefficiente sismico verticale.

Nelle analisi l'incremento di spinta è stato applicato a tergo del muro come un carico distribuito di forma rettangolare.

Occorre considerare inoltre le forze d'inerzia dovute alla massa del muro e del cuneo di spinta, che assumono la seguente espressione:

$$F_h = k_h \cdot W, \quad F_v = k_v \cdot W$$

in cui W è la massa inerziale equivalente del muro e del terreno soprastante la zattera di fondazione a monte del muro. Tali forze vanno applicate nel baricentro dei pesi.

5.7 CARICHI

Dati i limiti di utilizzo del metodo di Coulomb e Mononobe & Okabe, che non consentono di ricavare l'espressione di K_A ($K_{A,E}$) per pendenze maggiori di valori limite dipendenti dall'angolo di attrito del terreno, le analisi in cui tale pendenza viene superata possono essere effettuate in via equivalente considerando il pendio a tergo del muro orizzontale ed aggiungendo un sovraccarico q volto a simulare la presenza di scarpate inclinate gravanti sul cuneo di spinta.

Tale strategia di modellazione del pendio a tergo è stata appunto impiegata per il muro di consolidamento della berlinese.

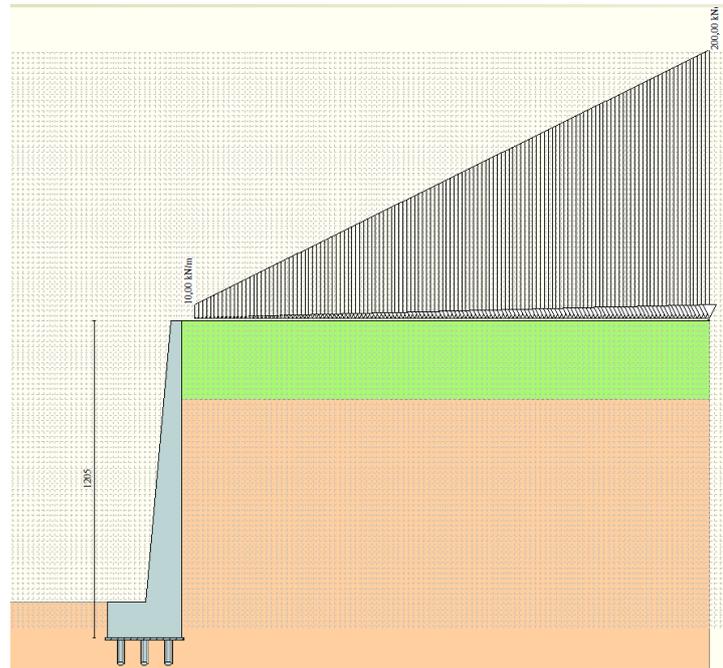


Figura 5.4 – Muro di consolidamento della berlinese provvisoria: sovraccarico che simula la scarpa.

Tale carico è stato opportunamente amplificato nelle analisi in funzione della combinazione di verifica secondo i coefficienti parziali per azioni permanenti sfavorevoli previsti dalla normativa (cfr. §5.4).

5.8 RISULTATI DELLE VERIFICHE STRUTTURALI

Le verifiche strutturali sono state condotte conformemente alla seguente distinta ferri.

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

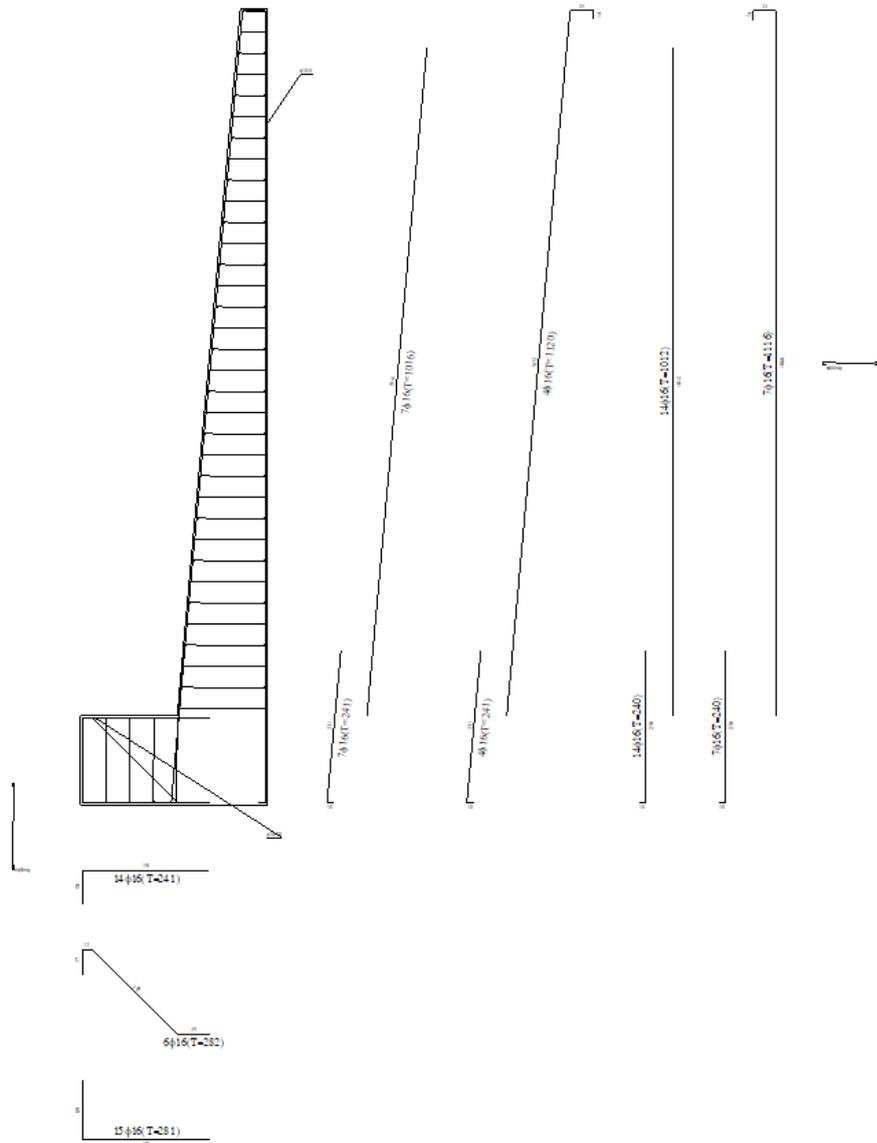


Figura 5.5 – Muro di consolidamento della berlinese esistente: distinta ferri.

I risultati delle verifiche strutturali previste da NTC 2018 (cfr. §5.4.1) sono dettagliati nei tabulati di calcolo riportati in allegato.

Le verifiche vengono eseguite rispetto a numerose sezioni di riferimento sia per il paramento che per la ciabatta di ciascun tipologico di progetto.

Esse risultano ottemperate nella totalità dei casi.

Conformemente a quanto discusso in §5.5, di seguito vengono trattate nello specifico le sole verifiche a taglio.

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

In base ai valori delle azioni sul paramento e sulla fondazione dei muri in oggetto, desunti dai tabulati di output di Max, e alle caratteristiche della sezione, si deducono i valori numerici delle resistenze al taglio di progetto V_{Rd} riportati nelle tabelle seguenti.

Si osservi come nella totalità delle verifiche il massimo taglio sollecitante V_{Ed} risulta inferiore al taglio resistente V_{Rd} in presenza di armatura a taglio, per cui le verifiche risultano soddisfatte.

| Calcestruzzo | | | Sollecitazioni | | paramento 100x135 | paramento 100x100 | paramento 100x70 |
|----------------|--------|-------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Tipo | C28/35 | | V_{Ed} | kN | 401 | 284 | 193 |
| R_{ck} | 35 | N/mm ² | N_{Ed} | kN | 250 | 143 | 79 |
| f_{ck} | 29,1 | N/mm ² | Armatura a taglio | | | | |
| γ_c | 1,5 | | Diametro | mm | 16 | 16 | 16 |
| α_{cc} | 0,85 | | Numero barre | | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| f_{cd} | 16,5 | N/mm ² | A_{sw} | cm ² | 5,03 | 5,03 | 5,03 |
| Acciaio | | | Passo s | cm | 40 | 40 | 40 |
| f_{tk} | 540 | N/mm ² | Angolo α | ° | 90 | 90 | 90 |
| f_{yk} | 450 | N/mm ² | Armatura longitudinale | | | | |
| γ_s | 1,15 | | n_1 | | 10 | 6 | 5 |
| f_{yd} | 391 | N/mm ² | \varnothing_1 | mm | 26 | 26 | 20 |
| | | | n_2 | | - | - | - |
| | | | \varnothing_2 | mm | 20 | - | - |
| | | | A_{sl} | cm ² | 53,09 | 31,86 | 15,71 |
| | | | Sezione | | | | |
| | | | b_w | cm | 100 | 100 | 100 |
| | | | H | cm | 135 | 100 | 70 |
| | | | c | cm | 7 | 7 | 7 |
| | | | d | cm | 128 | 93 | 63 |
| | | | k | N/mm ² | 1,40 | 1,46 | 1,56 |
| | | | v_{min} | N/mm ² | 0,31 | 0,33 | 0,37 |
| | | | ρ | | 0,0041 | 0,0034 | 0,0025 |
| | | | σ_{cp} | N/mm ² | 0,19 | 0,14 | 0,11 |
| | | | α_c | | 1,01 | 1,01 | 1,01 |
| | | | Resistenza senza armatura a taglio | | | | |
| | | | V_{Rd} | kN | 527 | 371 | 243 |
| | | | Resistenza con armatura a taglio | | | | |
| | | | Inclinazione puntone θ | ° | 35 | 35 | 35 |
| | | | V_{RSd} | kN | 809 | 588 | 398 |
| | | | V_{RCd} | kN | 4505 | 3265 | 2208 |
| | | | V_{Rd} | kN | 809 | 588 | 398 |

Tabella 5.10 – Muro di consolidamento della berlinese esistente: verifica a taglio parete.

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| Calcestruzzo | | | Sollecitazioni | | fondazione 100x135 | |
|----------------|--------|-------------------|---|-------------------|--------------------|--------|
| Tipo | C28/35 | | V_{Ed} | kN | | 2618 |
| R_{ck} | 35 | N/mm ² | N_{Ed} | kN | | |
| f_{ck} | 29,1 | N/mm ² | Armatura a taglio | | | |
| γ_c | 1,5 | | Diametro | mm | | 26 |
| α_{cc} | 0,85 | | Numero barre | | | 2,5 |
| f_{cd} | 16,5 | N/mm ² | A_{sw} | cm ² | | 13,27 |
| Acciaio | | | Passo s | cm | | 40 |
| f_{tk} | 540 | N/mm ² | Angolo α | ° | | 90 |
| f_{yk} | 450 | N/mm ² | Armatura longitudinale | | | |
| γ_s | 1,15 | | n_1 | | | 10 |
| f_{yd} | 391 | N/mm ² | \varnothing_1 | mm | | 26 |
| | | | n_2 | | | - |
| | | | \varnothing_2 | mm | | 20 |
| | | | A_{sl} | cm ² | | 53,09 |
| | | | Sezione | | | |
| | | | b_w | cm | | 100 |
| | | | H | cm | | 135 |
| | | | c | cm | | 7 |
| | | | d | cm | | 128 |
| | | | k | N/mm ² | | 1,40 |
| | | | v_{min} | N/mm ² | | 0,31 |
| | | | ρ | | | 0,0041 |
| | | | σ_{cp} | N/mm ² | | 0,00 |
| | | | α_c | | | 1,00 |
| | | | Resistenza senza armatura a taglio | | | |
| | | | V_{Rd} | kN | | 491 |
| | | | Resistenza con armatura a taglio | | | |
| | | | Inclinazione puntone θ | ° | | 28 |
| | | | V_{RSd} | kN | | 2813 |
| | | | V_{RCd} | kN | | 3930 |
| | | | V_{Rd} | kN | | 2813 |

Tabella 5.11 - Muro di consolidamento della berlinese esistente: verifica a taglio ciabatta di fondazione.

5.9 RISULTATI DELLE VERIFICHE GEOTECNICHE

Nelle tabelle e figure seguenti sono riportati i risultati delle verifiche di stabilità in termini di superficie critica (cinematismo più sfavorevole), centro di rotazione associato, coefficiente di sicurezza minimo FS_{min} sulla griglia dei centri delle superfici circolari analizzate.

Per ulteriori dettagli, si rimanda alla consultazione dei tabulati di calcolo allegati alla presente relazione.

A sintesi dei risultati ottenuti, si osserva che nella totalità dei casi il coefficiente di sicurezza minimo risulta superiore agli standard di sicurezza imposti dalla normativa di riferimento ($FS_{adm}=\gamma_R=1.10$ in combinazione SLU, $FS_{adm}=\gamma_R=1.20$ in combinazione SLV) e che, perciò, è assicurata la stabilità geotecnica delle opere. A movimenti di insieme più estesi e generalizzati a più ampie zone del versante, che fanno riferimento a potenziali superfici di rottura più profonde,

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

o, comunque, a superfici di scivolamento diverse da quelle graficate nelle figure di output, competono fattori di sicurezza più elevati.

| Muro | Combinazione | Fattore di sicurezza calcolato FS | Fattore di sicurezza richiesto FS _{adm} | Esito verifica |
|---|----------------------|-----------------------------------|--|----------------|
| Di consolidamento della berlinese esistente | Statica SLU A2+M2+R2 | 4.61 | 1.1 | ok |
| Di consolidamento della berlinese esistente | Sismica SLV M2+R2 | 1.91 | 1.2 | ok |

Tabella 5.12 - Risultati delle analisi di stabilità globale.

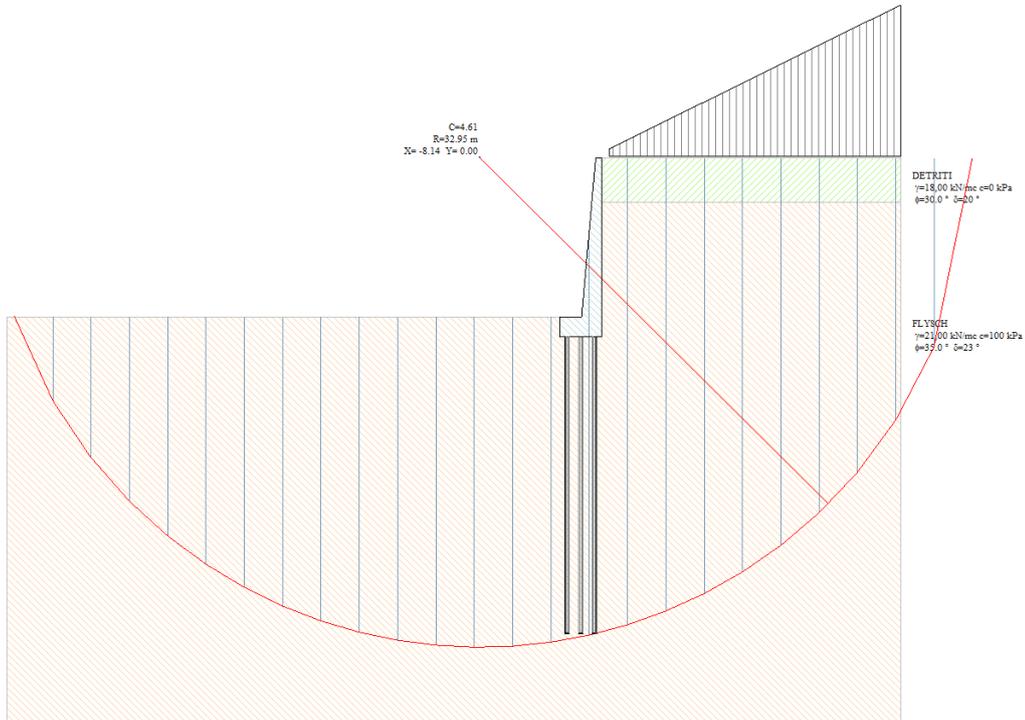


Figura 5.6 - Muri di consolidamento della berlinese esistente: verifica statica SLU A2+M2+R2.

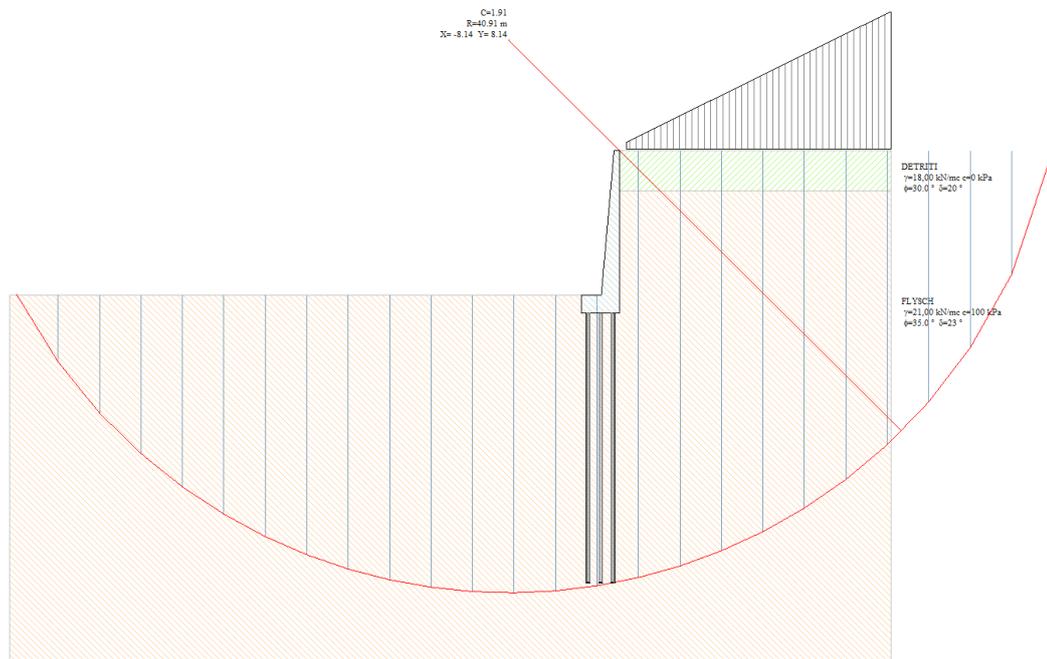


Figura 5.7 - Muro di consolidamento della berlinese esistente: verifica sismica SLV M2+R2.

6. VERIFICA DELLE FONDAZIONI

6.1 CRITERI DI CALCOLO

Le analisi dei micropali di fondazione sono state eseguite conformemente all'“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” (NTC 2018).

Nel seguito vengono analizzate esclusivamente le condizioni di sicurezza: le analisi di funzionalità relative alle condizioni di esercizio (SLE) vengono omesse, in considerazione dell'ammorsamento dei micropali per gran parte della lunghezza nel substrato marnoso arenaceo. Tale circostanza fa sì che non sono da temersi fenomeni deformativi dal punto di vista geotecnico che possano compromettere la funzionalità della struttura di interesse.

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) vengono effettuate nel rispetto dei principi e delle procedure esplicitati di seguito e nei successivi paragrafi.

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione $E_d \leq R_d$, dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, mentre R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Lo sviluppo del calcolo di progetto del singolo micropalo viene effettuato con riferimento ai seguenti stati limite ultimi:

- 1) portanza verticale a compressione/trazione;
- 2) instabilità all'equilibrio elastico;
- 3) resistenza della sezione per carichi assiali;
- 4) resistenza a flessione della sezione;
- 5) resistenza a taglio della sezione;
- 6) portanza trasversale,

accertando che la condizione $E_d \leq R_d$ sia soddisfatta per ogni stato limite considerato.

Per tutti gli SLU sopra elencati, in ottemperanza alle prescrizioni della normativa tecnica di riferimento, si è scelto di operare congruentemente all'Approccio 2 (A1+M1+R3, M1+R3 nel caso la verifica dimensionante sia quella sismica SLV).

Si è eseguita un'unica verifica per le azioni strutturali iniluppo degli stati limite statici SLU e sismici SLV.

L'entità del valore dell'azione di progetto agli SLU/SLV è stata quantificata in base agli scarichi derivanti dal calcolo strutturale sotto forma di caratteristiche di sollecitazione agenti in corrispondenza della sommità del micropalo.

I dati presentati circa le azioni strutturali sono da intendersi già opportunamente amplificati e non necessitano, quindi, di essere trattati in questa sede con i relativi coefficienti parziali di sicurezza $\gamma_{F,A1}$.

In Tabella 6.1 si riporta un quadro di riepilogo dei carichi di progetto.

| Muro | Combinazione | N_{Ed}^+ (kN) | N_{Ed}^- (kN) | V_{Ed} (kN) | M_{Ed} (kNm) |
|---|--------------|--------------------|--------------------|------------------|-------------------|
| - | - | | | | |
| Di consolidamento della berlinese esistente | n.3 | 1405 | -1049 | 160 | 82 |

Tabella 6.1 – Carichi di progetto E_d .

Nella tabella le azioni N_{Ed}^+ sono di compressione, quelle N_{Ed}^- di trazione.

Nei paragrafi seguenti si riferisce in dettaglio circa le procedure di verifica adottate per gli SLU sopra menzionati.

6.1.1 Verifica SLU al carico limite verticale

L'analisi della portanza dei micropali di fondazione è avvenuta nel rispetto dei criteri di progetto di cui al §6.6 di NTC 2018.

Come conseguenza della dipendenza della capacità portante del micropalo dall'attrito laterale che si sviluppa fra miscela cementizia ed il terreno di approdo, i micropali sono considerati geotecnicamente equivalenti in compressione ed in trazione (Tanzini, 2004).

Con riferimento allo stato limite di **compressione** per forze assiali applicate al micropalo, la verifica va effettuata confrontando la massima azione di progetto N_{Ed}^+ assegnata al micropalo, determinata valutando tutti i possibili stati limite ultimi (SLU, SLV), con la resistenza di progetto R^*_{lim} .

Per la valutazione capacità portante dei micropali si è considerato il solo contributo relativo all'attrito laterale fra miscela cementizia e foro di alloggiamento del micropalo per il tratto di connessione con il substrato flyschoidale, trascurando il contributo di attrito laterale erogato dagli strati superiori.

Il metodo di calcolo impiegato è quello messo a punto da Bustamante e Doix (1985).

La resistenza di progetto dei micropali per forze assiali è data da:

$$R^*_{lim} = \frac{R_{lim}}{F_{S1}} = \frac{\pi \times D_\alpha \times \tau_{lim} \times h}{\gamma_R \times \xi_{a3}}$$

dove R_{lim} è la capacità portante limite caratteristica del micropalo, D_α è il diametro efficace che gli autori raccomandano di ottenere dal diametro della perforazione D_p amplificato di un coefficiente migliorativo α , detto di sbulbamento, h è il tratto di micropalo connesso allo strato

meccanicamente affidabile, τ_{lim} è la tensione di attrito laterale che si sviluppa all'interfaccia palo-terreno, F_{s1} è il fattore di sicurezza per lo sfilamento/scollamento per compressione fra cilindro di malta e terreno (per micropali definitivi si assume $F_{s1} = \gamma_{Ra} \cdot \xi_{a3}$, dove $\gamma_R = 1.15$ è il coefficiente parziale pali trivellati e $\xi_{a3} = 1.7$ è il fattore di correlazione con riferimento a prove geotecniche eseguite secondo n.1 profili di indagine (per i valori di γ_R e ξ_{a3} si faccia riferimento alle tabelle 6.4.II e 6.4.IV di NTC2018).

Il valore di τ_{lim} è stato assunto pari a 180kPa, valore certamente prudenziale rispetto all'attrito mobilitabile all'interfaccia dal substrato marnoso-arenaceo.

I valori di α sono indicati dagli Autori in funzione delle caratteristiche geotecniche dei terreni e della modalità esecutiva del micropalo tramite appositi abachi. Nei calcoli di dimensionamento in oggetto α è stato assunto pari a 1.0, valore cautelativo rispetto a quello indicato per iniezione con metodologia I.G.U./a gravità e per terreni rocciosi (1.1).

Nel caso di **carichi in trazione**, vale analoga procedura, ad eccezione del fatto che $\gamma_R = 1.25$ per pali trivellati in trazione (set R3 di Tabella 6.4.II di NTC2018).

6.1.2 Verifica SLU di instabilità dell'equilibrio elastico

Il problema della stabilità dell'equilibrio elastico viene affrontato secondo l'approccio di calcolo proposto dall'Ing. Mascardi nella pubblicazione "Micropali di elevata capacità portante", Rivista Italiana di Geotecnica, anno II, n.4, 1968. L'autore, per rappresentare il carico critico associato ad un solido caricato assialmente e vincolato lateralmente da un mezzo elastico, riprende la seguente espressione ricavata da Timoshenko e Gere (1961) per elemento incernierato alle due estremità (schematizzazione a favore di sicurezza):

$$P_k = \frac{\pi^2 \cdot E_a \cdot J}{L^2} \cdot \left(m^2 + \frac{\beta \cdot L^4}{m^2 \cdot \pi^4 \cdot E_a \cdot J} \right)$$

dove:

E_a = modulo di elasticità longitudinale costituente il solido, nel nostro caso acciaio;

$J = \frac{\pi}{64} \cdot (d_e^4 - d_i^4) + \frac{\pi}{64} \cdot \frac{1}{n} \cdot d_i^4$ = momento d'inerzia della sezione trasversale;

d_e = diametro esterno dell'anima tubolare metallica;

d_i = diametro interno dell'anima tubolare metallica;

n = coefficiente di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo;

L = lunghezza fra le due estremità del micropalo, supposte vincolate a cerniera;

$\beta = k \cdot D_p$ = reazione del terreno per unità di spostamento laterale e per unità di lunghezza;

k = modulo di reazione orizzontale;

D_p = diametro perforo;

m = numero intero di semionde della deformata sinusoidale indotta da carico di punta.

Il valore del carico critico minimo può essere ottenuto imponendo nulla la derivata dell'espressione sopra riportata rispetto alla semilunghezza d'onda $\lambda = L/m$.

Si dimostra che tale minimo assume la forma:

$$P_k = 2 \cdot \sqrt{\beta \cdot E_a \cdot J}$$

Per il problema di instabilità euleriana si ritiene accettabile, infine, un valore del carico critico di progetto pari a:

$$P_k^* = P_k / 10.$$

In particolare, ai fini del dimensionamento in essere, si è assunto $k = 4000 \text{ t/m}^3$, $n = 10$ e nella definizione di J un grado di partecipazione nullo dell'alone esterno di malta all'inerzia del manufatto.

L'assunzione $n = 10$, ritenuta in genere valida per carichi di rapida applicazione, implica che si prescinde dai fenomeni lenti viscosi, in virtù dell'adozione di malte stabilizzate ai fini del ritiro e del fluage.

6.1.3 Verifica SLU di resistenza della sezione per carichi assiali

Le analisi di resistenza della sezione vengono condotte impegnando la struttura metallica ed il nocciolo di malta interno, mentre si trascura il contributo offerto dalla corteccia di malta esterna, in quanto al contatto con l'ambiente esterno le inclusioni e i dilavamenti locali sono assai probabili.

La trattazione del problema viene sviluppata a mezzo delle formule e delle grandezze di seguito introdotte:

$$P_{lim} = f_{yd} \cdot A_{aid}$$

dove:

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M1}$ = tensione di calcolo nell'acciaio costituente il tubo;

f_{yk} = resistenza di snervamento dell'acciaio;

γ_{M1} = coefficiente parziale di sicurezza per la resistenza delle membrature (Tabella 4.2.VII NTC 2018);

$$A_{aid} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_e^2 - d_i^2) + \frac{\pi}{4} \cdot \frac{1}{n} \cdot d_i^2 \cdot \psi;$$

d_e = diametro esterno dell'anima tubolare metallica;

d_i = diametro interno dell'anima tubolare metallica;

n = coefficiente di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo;

ψ = coefficiente riduttore della pressione nel calcestruzzo.

Il fattore ψ , in particolare, è un coefficiente di riduzione dell'efficacia statica attribuita al calcestruzzo.

Viene verificato anche il caso in cui non si ritiene affidabile il nocciolo di malta interno e si assume che a lavorare sia la sola componente metallica.

In tal caso può porsi:

$$A_{aid} = A_a = \frac{\pi}{4} \cdot (d_e^2 - d_i^2).$$

Infine vengono verificate le tensioni di compressione sul calcestruzzo.

Deve risultare:

$$\sigma_c = \frac{\sigma_a}{n} \leq f_{cd},$$

con :

$$\sigma_a = \frac{E_d}{A_{aid}} \quad \text{tensione nell'acciaio};$$

E_d azione sollecitante di progetto;

$$f_{cd} = \frac{f_{cd} \cdot \alpha}{\gamma_c} \quad \text{tensione di progetto a compressione del calcestruzzo.}$$

6.1.4 Verifica SLU di resistenza a flessione della sezione

Deve risultare $M_{Ed} \leq M_{Rd}$, con M_{Ed} momento flettente di progetto a taglio e M_{Rd} momento resistente di progetto.

La resistenza di calcolo a flessione della sezione M_{Rd} vale, per sezioni di classe 1 e 2 (cfr. § 4.2.4.1.2.3 di NTC 2018):

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

Di seguito vengono riepilogate le caratteristiche meccaniche dei tubolari impiegati.

In particolare la sezione trasversale degli elementi strutturali in oggetto appartiene alla classe 1.

| Calcolo delle caratteristiche meccaniche dei profili tubolari - UNI EN 10219 - 2 -1999 | | | |
|--|---|--------|------|
| Diametro esterno nominale | D | 219.10 | [mm] |
| Spessore nominale | T | 16.00 | [mm] |
| Diametro interno nominale | d | 187.10 | [mm] |

| CARATTERISTICHE MECCANICHE | | | |
|--|--------------------|-------|--------------------|
| Area della sezione trasversale | A | 102.1 | [cm ²] |
| Momento d'inerzia | I | 5297 | [cm ⁴] |
| Raggio d'inerzia | i | 7.20 | [cm] |
| Modulo di resistenza elastico | W _{el,yy} | 483 | [cm ³] |
| Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte | W _{pl,yy} | 661 | [cm ³] |
| Momento d'inerzia torsionale | I _t | 10593 | [cm ⁴] |
| Modulo di torsione | C _t | 967 | [cm ³] |

| CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE | | | |
|------------------------------------|-----------------|--------|-------|
| Valore di snervamento dell'acciaio | f _y | 355 | [MPa] |
| Coefficiente ε | ε | 0.81 | [-] |
| Classificazione | | | |
| Diametro | d | 219.10 | [mm] |
| Spessore | t | 16.00 | [mm] |
| Rapporto tra diametro e spessore | d/t | 13.69 | [-] |
| Classificazione della sezione | CLASSE 1 | | |

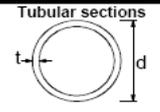
| Tubular sections | | | | | | |
|---|---------------------------------------|------|------|------|------|------|
|  | | | | | | |
| Class | Section in bending and/or compression | | | | | |
| 1 | d / t ≤ 50ε ² | | | | | |
| 2 | d / t ≤ 70ε ² | | | | | |
| 3 | d / t ≤ 90ε ² | | | | | |
| NOTE For d / t > 90ε ² see EN 1993-1-6. | | | | | | |
| ε = √(235 / f _y) | f _y | 235 | 275 | 355 | 420 | 460 |
| | ε | 1.00 | 0.92 | 0.81 | 0.75 | 0.71 |
| | ε ² | 1.00 | 0.85 | 0.66 | 0.56 | 0.51 |

Tabella 6.2 - Calcolo delle caratteristiche meccaniche dei profili tubolari.

6.1.5 Verifica SLU di resistenza a taglio della sezione

Deve risultare $V_{Ed} \leq V_{Rd}$, con V_{Ed} sollecitazione di progetto a taglio e V_{Rd} resistenza di calcolo a taglio.

La resistenza di calcolo V_{Rd} vale, in assenza di torsione (cfr. § 4.2.4.1.2.4 di NTC 2018):

$$V_{Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

dove:

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (d_e^2 - d_i^2)$$

area lorda della sezione del profilo;

d_e diametro esterno dell'anima tubolare metallica;

d_i diametro interno dell'anima tubolare metallica;

$$A_v = 2A/\pi$$

area resistente a taglio.

In particolare, la formulazione per ottenere A_v , valida per sezioni circolari cave, è desunta sempre dal § 4.2.4.1.2.4 di NTC 2018.

6.1.6 Verifica SLU al carico limite orizzontale del palo

Per pali sottoposti a carichi orizzontali, viene impiegato l'Approccio 2" (SLU diventa A1+M1+R3).

La verifica viene condotta con riferimento al palo isolato.

Deve essere rispettata la condizione $E_d \leq R_d$, dove:

E_d valore di progetto del carico orizzontale;

R_d valore di progetto della capacità portante del palo per carichi orizzontali.

Si è adottata la procedura di seguito riportata.

1. Determinazione del valore di calcolo del carico limite per azioni orizzontali $R_{tr,cal}$. Tale grandezza è da intendersi come valore medio. Pertanto, sussiste la corrispondenza

$$R_{tr,cal} = (R_{tr,cal})_{media}$$

2. Il valore caratteristico $R_{tr,k}$ è determinato a mezzo delle relazione:

$$R_{tr,k} = \frac{(R_{tr,cal})_{media}}{\xi_3}$$

I coefficienti di riduzione ξ_3 , tratti dalla Tabella 6.4.IV al §6.4.3.1.1 di NTC 2018, permettono di tenere in conto, tramite il numero di verticali di prova indagate n , la variabilità dei terreni di fondazione. Essi vengono di seguito tabulati.

| Numero di verticali indagate | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | ≥ 10 |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| ξ_3 | 1,70 | 1,65 | 1,60 | 1,55 | 1,50 | 1,45 | 1,40 |
| ξ_4 | 1,70 | 1,55 | 1,48 | 1,42 | 1,34 | 1,28 | 1,21 |

Si è adottato per $\xi_3 = 1.70$, corrispondente a $n = 1$.

3. La capacità portante di progetto per azioni orizzontali $R_{tr,d}$ è ottenuta applicando i coefficienti parziali di sicurezza γ_T del set R3 di cui in Tabella 6.4.IV al §6.4.3.1.2 di NTC 2018 al valore caratteristico $R_{tr,k}$, riportata nel seguito.

| |
|----------------------------------|
| COEFFICIENTE PARZIALE (R3) |
| $\gamma_T = 1,3$ |

Si è dunque adottato $\gamma_T = 1.3$.

Il valore della portata limite di progetto per carichi trasversali del singolo palo viene dunque valutata secondo la seguente espressione:

$$R_{tr,d} = \frac{R_{tr,k}}{\gamma_T}$$

Le analisi sono svolte mediante l'utilizzo del foglio di calcolo i calcoli sono stati eseguiti con il programma PALI_CARICO LIMITE AZIONI ORIZZONTALI - PROGETTI E CALCOLI DI GEOTECNICA CON EXCEL VOL 1 - ED. DEI, che permette di valutare le interazioni fra il palo sollecitato da azioni laterali ed il terreno.

È stata utilizzata la teoria sviluppata da Broms (1964), che si basa sulle seguenti ipotesi:

- palo immerso in un terreno omogeneo
- comportamento dell'interfaccia palo-terreno di tipo rigido perfettamente plastico;
- forma della sezione trasversale del palo ininfluenta, è importante solo da dimensione d della sezione del palo.
- comportamento flessione del palo di tipo rigido-perfettamente plastico e cioè assume che le rotazioni elastiche del palo siano trascurabili finchè il momento flettente non attinga il valore M_y di plasticizzazione. A questo punto si forma nella sezione una "cerniera plastica", perciò la rotazione continua indefinitamente sotto momento costante.

Si è considerata la testa del palo impedita di ruotare.

La verifica viene effettuata con riferimento alle **condizioni drenate**.

Nel caso di **rottura drenata**, la resistenza viene espressa in termini di tensioni efficaci.

Il diagramma di distribuzione della resistenza lungo il fusto del palo è illustrato in Figura 6.1 (“terreni incoerenti”).

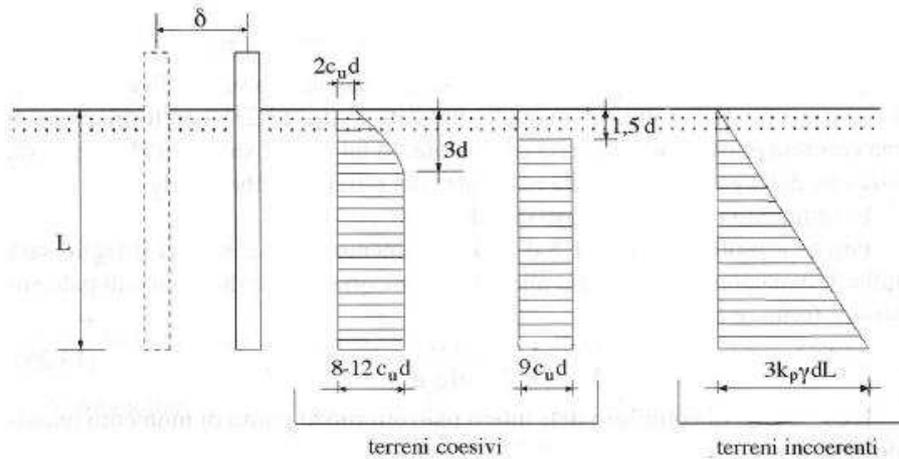


Figura 6.1 – Diagramma di distribuzione della resistenza trasversale p .

I possibili meccanismi di rottura sono presentati in Figura 6.2 e possono essere indicati come rottura a palo “corto” (non si raggiunge il momento di plasticizzazione M_y in nessuna sezione del palo), “intermedio” (si raggiunge M_y all’attacco palo-fondazione) e “lungo” (M_y raggiunto anche in una sezione lungo il fusto).

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

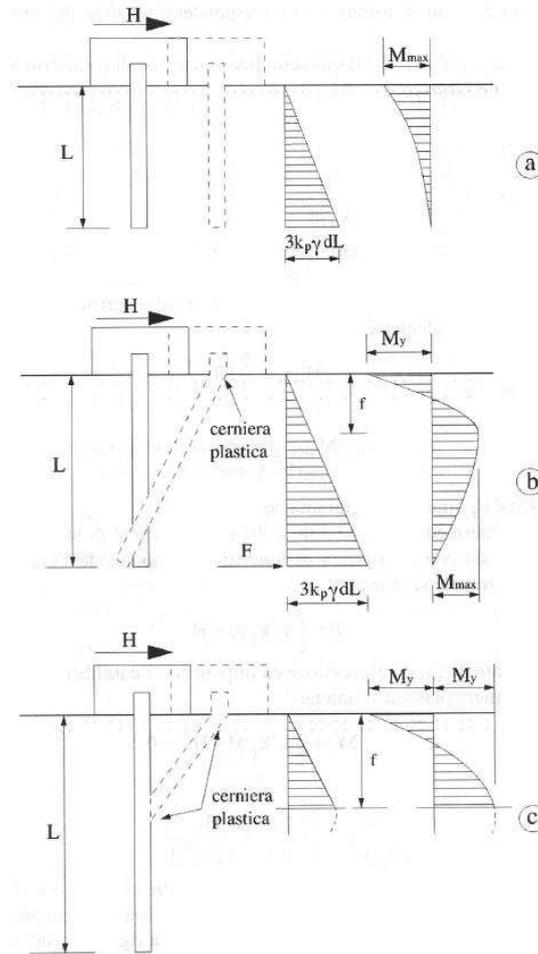


Figura 6.2 – Rottura drenata: possibili meccanismi di rottura.

Le equazioni risolventi per il carico limite drenato nei tre casi vengono di seguito riportate.

- palo "corto" $\frac{H}{k_p \gamma d^3} = 1.5 \left(\frac{L}{d}\right)^2$;
- palo "intermedio" $\frac{H}{k_p \gamma d^3} = \frac{1}{2} \left(\frac{L}{d}\right)^2 + \frac{M_y}{k_p \gamma d^4} \frac{d}{L}$;
- palo "lungo" $\frac{H}{k_p \gamma d^3} = \sqrt[3]{(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4})^2}$.

6.2 RISULTATI DELLE ANALISI

Si riportano di seguito il dettaglio dei calcoli di dimensionamento per i micropali previsti in progetto.

Nelle tabelle vengono illustrate le verifiche di portanza verticale a compressione/trazione, di instabilità all'equilibrio elastico e di resistenza della sezione per carichi assiali e a taglio. Successivamente si riportano le verifiche a flessione e le analisi della portanza trasversale.

| MURO CONSOLIDAMENTO PARATIA | | |
|--|-----------------------|---|
| L_p | 0,5 m | lunghezza di ammorsamento del micropalo nella fondazione della struttura supportata |
| L_t | 0,0 m | tragitto micropalo nello strato sofficce |
| α | 1,0 - | coefficiente di sbulbamento |
| D_p | 0,3 m | diametro perforo |
| D_α | 0,300 m | diametro alone di penetrazione |
| CARICO LIMITE VERTICALE - CARICHI IN COMPRESSIONE | | |
| E_d | 140,5 t | azione sollecitante di progetto |
| h | 20,0 m | lunghezza di incastro nello strato affidabile |
| L | 20,5 m | lunghezza totale micropalo |
| τ_{lim} | 18 t/m ² | attrito laterale unitario limite che si esercita lungo la superficie laterale della malta |
| R_{lim} | 339 t | portanza limite a rottura dell'interfaccia micropalo-terreno |
| ξ_{3a} | 1,7 - | coefficiente di riduzione Tabella 6.4.IV NTC 2018 |
| γ_R | 1,15 - | coefficiente parziale Tabella 6.4.II NTC 2018 (carichi in compressione) |
| R^*_{lim} | 173,6 t | carico limite verticale di progetto per carichi in compressione |
| $R^*_{lim} > E_d?$ | ok - | |
| CARICO LIMITE VERTICALE - CARICHI IN TRAZIONE | | |
| E_d | 104,9 t | azione sollecitante di progetto |
| h | 20,0 m | lunghezza di incastro nello strato affidabile |
| L | 20,5 m | lunghezza totale micropalo |
| τ_{lim} | 18 t/m ² | attrito laterale unitario limite che si esercita lungo la superficie laterale della malta |
| R_{lim} | 339 t | portanza limite a rottura dell'interfaccia micropalo-terreno |
| ξ_{3a} | 1,7 - | coefficiente di riduzione Tabella 6.4.IV NTC 2018 |
| γ_R | 1,25 - | coefficiente parziale Tabella 6.4.II NTC 2018 (carichi in trazione) |
| R^*_{lim} | 159,7 t | carico limite verticale di progetto per carichi in trazione |
| $R^*_{lim} > E_d?$ | ok - | |
| INSTABILITA' DELL'EQUILIBRIO ELASTICO | | |
| E_d | 140,5 t | azione sollecitante di progetto |
| k | 4000 t/m ³ | modulo di reazione orizzontale strato non affidabile |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | |
|----------------|----------|------------------|---|
| β | 1200 | t/m ² | reazione del terreno per unità di spostamento laterale e per unità di lunghezza |
| E_a | 21000000 | t/m ² | modulo di elasticità longitudinale acciaio |
| E_{cls} | 3000000 | t/m ² | modulo di elasticità longitudinale calcestruzzo |
| n | 10 | | coefficiente di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo |
| d_e | 21,91 | cm | diametro esterno dell'anima tubolare metallica |
| s | 1,6 | cm | spessore dell'anima tubolare metallica |
| d_i | 18,71 | cm | diametro interno dell'anima tubolare metallica |
| J | 5898 | cm ⁴ | |
| P_k | 2438 | t | carico critico per solido caricato assialmente in un mezzo elastico |
| P^*_k | 243,8 | t | resistenza all'instabilità per asta caricata assialmente in un mezzo elastico |
| $P^*_k > E_d?$ | ok | - | |

RESISTENZA A COMPRESSIONE

| | | | |
|---|--------|-------------------|---|
| E_d | 140,5 | t | azione sollecitante di progetto |
| ψ | 0,4 | - | coefficiente riduttore della pressione nel calcestruzzo |
| A_{aid} | 113,09 | cm ² | area sezione ideale |
| f_{yk} | 355 | N/mm ² | resistenza di snervamento dell'acciaio |
| γ_{M0} | 1,05 | | coefficiente parziale Tabella 4.2.V NTC 2018 |
| f_{yd} | 338 | N/mm ² | tensione di calcolo nell'acciaio costituente il tubo |
| P_{lim} | 382 | t | resistenza di progetto della sezione tubo-malta interna |
| $P_{lim} > E_d?$ | ok | - | |
| In caso si volesse far lavorare la sola sezione metallica | | | |
| A_{aid} | 102,09 | cm ² | area sezione ideale |
| P_{lim} | 345 | t | resistenza di progetto della sola armatura metallica |
| $P_{lim} > E_d?$ | ok | - | |

RESISTENZA A TAGLIO

| | | | |
|-----------------|--------|-----------------|--|
| E_d | 16,0 | t | azione sollecitante di progetto |
| A | 102,09 | cm ² | area del tubolare |
| A_v | 65,0 | cm ² | area resistente a taglio del tubolare |
| V_{Rd} | 126,9 | t | resistenza di progetto a taglio del tubolare |
| $V_{Rd} > E_d?$ | ok | - | |

CONTROLLO DELLE TENSIONI NEL CALCESTRUZZO

| | | | |
|------------|-------|-------------------|--|
| E_d | 140,5 | t | azione sollecitante di progetto |
| σ_a | 124,2 | N/mm ² | tensione nell'acciaio |
| σ_c | 10,2 | N/mm ² | tensione nel calcestruzzo |
| f_{ck} | 25 | N/mm ² | resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo |
| γ_c | 1,5 | - | coefficiente parziale di sicurezza sul calcestruzzo |
| α_c | 0,85 | N/mm ² | coefficiente che tiene conto degli effetti a lungo termine |

| | | |
|-----------------------|------------------------|--|
| f_{cd} | 14,2 N/mm ² | resistenza di progetto a compressione del calcestruzzo |
| $f_{cd} > \sigma_c$? | ok | - |

Tabella 6.3 – Muro di consolidamento berlinese esistente: risultati delle verifiche dei micropali.

A sintesi dei risultati ottenuti, emerge che la resistenza di progetto R_d risulta superiore al valore di progetto delle azioni sollecitanti E_d in tutte le verifiche e che, pertanto, le verifiche risultano soddisfatte.

Di seguito si riporta una tabella che riepiloga le verifiche a flessione, condotte secondo i criteri di cui al §6.1.4.

| | |
|---------------|------|
| γ_{M0} | 1.05 |
|---------------|------|

| Muro tipo | $d_{e,tubolare}$ mm | sp. mm | $d_{i,tubolare}$ mm | A cm ² | W_{pl} cm ³ | f_{yk} N/mm ² | M_{Rd} kNm | M_{Ed} kNm | M_{Rd} / M_{Ed} |
|---------------------------------------|------------------------|-----------|------------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| di consolidamento berlinese esistente | 219.1 | 16 | 187.10 | 102.1 | 661 | 355 | 224 | 82 | 2.727 |

Tabella 6.4 – Verifiche a flessione.

Dal confronto incrociato fra il valore del momento sollecitante di progetto M_{Ed} di cui in Tabella 6.1 di pag.31, con il valore di $M_{Rd}=224\text{kNm}$, risulta nella totalità dei casi $M_{Ed} < M_{Rd}$.

Anche la verifica a flessione, pertanto, risulta ottemperata.

Di seguito si riportano i risultati del calcolo del momento di plasticizzazione M_y del micropalo e del suo carico limite orizzontale di progetto $R_{tr,d}$.

Risulta $R_{tr,d} > E_d$, con E_d azioni orizzontali di progetto (cfr. Tabella 6.1 di pag.31).

Anche le verifiche al carico limite orizzontale sono dunque soddisfatte.

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

Calcolo del momento di plasticizzazione di un micropalo

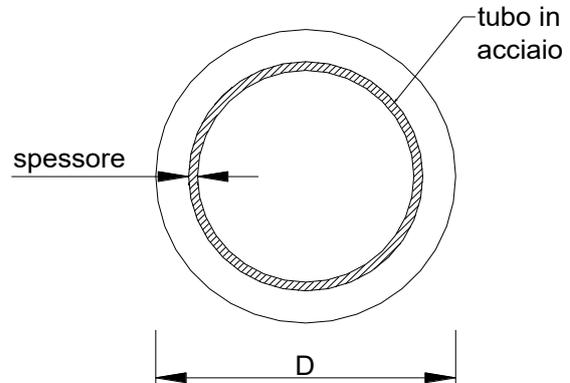
Diametro = 300 (mm)

Tubo

Diametro esterno = 219,1 (mm)

Spessore = 16,0 (mm)

Sforzo Normale = 0 (kN)



Caratteristiche dei Materiali

malta

Rck = 30 (Mpa)

fck = 25 (Mpa)

γ_c = 1,5

α_{cc} = 0,85

$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 14,17$ (N/mm²)

Acciaio

tipo di acciaio

f_{yk} = 355 (Mpa)

γ_m = 1,15

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_m = 308,7$ (Mpa)

Es = 210000 (Mpa)

ϵ_{ys} = 0,147%

ϵ_{uk} = 1,000%

Calcolo

Momento di Plasticizzazione

My = 217,0 (kN m)

Inserisci

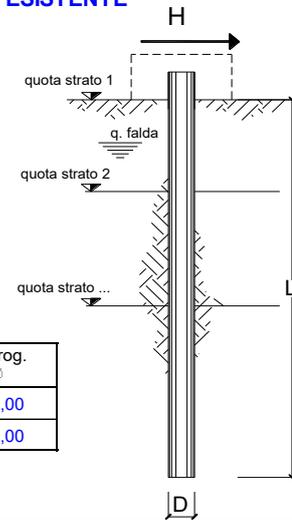
Figura 6.3 – Calcolo del momento di plasticizzazione My del palo.

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

opera **MICROPALI DI FONDAZIONE MURO DI CONSOLIDAMENTO BERLINESE ESISTENTE**

| coefficienti parziali | | | A | | M | | R |
|--------------------------|----------|-----------------------|----------------------------------|------------|------------------|---------------|------------|
| Metodo di calcolo | | | permanenti | variabili | $\gamma_{\phi'}$ | γ_{cu} | γ_T |
| | | | γ_G | γ_Q | | | |
| SLU | A1+M1+R1 | <input type="radio"/> | 1,30 | 1,50 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | A2+M1+R2 | <input type="radio"/> | 1,00 | 1,30 | 1,00 | 1,00 | 1,60 |
| | A1+M1+R3 | <input type="radio"/> | 1,30 | 1,50 | 1,00 | 1,00 | 1,30 |
| | SISMA | <input type="radio"/> | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,30 |
| DM88 | | | <input type="radio"/> | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| definiti dal progettista | | | <input checked="" type="radio"/> | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,30 |



| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | ≥10 | T.A. | prog. |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| ξ_3 | 1,70 | 1,65 | 1,60 | 1,55 | 1,50 | 1,45 | 1,40 | 1,00 | 1,00 |
| ξ_4 | 1,70 | 1,55 | 1,48 | 1,42 | 1,34 | 1,28 | 1,21 | 1,00 | 1,00 |

| strati terreno | descrizione | quote (m) | γ (kN/m ³) | γ' (kN/m ³) | ϕ (°) | Parametri medi | | Parametri minimi | | |
|----------------|-------------|-----------|-------------------------------|--------------------------------|------------|----------------|-------------|------------------|-------|-------------|
| | | | | | | k_p | c_u (kPa) | ϕ (°) | k_p | c_u (kPa) |
| p.c.=strato 1 | | 20,00 | 21 | 21 | 35 | 3,69 | | 35 | 3,69 | |
| □ strato 2 | | | | | | 1,00 | | | 1,00 | |
| □ strato 3 | | | | | | 1,00 | | | 1,00 | |
| □ strato 4 | | | | | | 1,00 | | | 1,00 | |
| □ strato 5 | | | | | | 1,00 | | | 1,00 | |
| □ strato 6 | | | | | | 1,00 | | | 1,00 | |

Quota falda **0** (m)
 Diametro del palo D **0,30** (m)
 Lunghezza del palo L **20,00** (m)
 Momento di plasticizzazione palo My **217,03** (kNm)
 Step di calcolo **0,01** (m)

palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo
(ctrl+r)

| | H medio | | H minimo | |
|--------------------------------|---|--------------------|-----------------------------------|-------------------|
| Palo lungo | 486,5 (kN) | | 486,5 (kN) | |
| Palo intermedio | 3672,1 (kN) | | 3672,1 (kN) | |
| Palo corto | 13948,9 (kN) | | 13948,9 (kN) | |
| | H_{med} 486,5 (kN) | Palo lungo | H_{min} 486,5 (kN) | Palo lungo |
| | H_k = Min(H_{med}/ξ₃ ; R_{min}/ξ₄) | | 286,16 (kN) | |
| | H_d = H_k/γ_T | | 220,12 (kN) | |
| Carico Assiale Permanente (G): | G = | 160 (kN) | | |
| Carico Assiale variabile (Q): | Q = | (kN) | | |
| | F_d = G · γ_G + Q · γ_Q = | 160,00 (kN) | | |
| | FS = H_d / F_d = | 1,38 | | |

Figura 6.4 – Muro di consolidamento berlinese esistente: verifica per carichi trasversali.

7. PARATIA DI MICROPALI ESISTENTE

Nel presente capitolo viene sottoposta ad analisi la berlinese provvisionale esistente, in modo da valutarne le condizioni di stabilità e di funzionalità, nonché di verificare la necessità di eventuali interventi di stabilizzazione.

Come si evince dai disegni contabili, la paratia esistente è costituita da micropali diametro $\Phi 220$, passo 0,75m. Vi sono 3 ordini di tiranti nel tratto di paratia con altezza massima fuori terra con inclinazione pari a circa 15° sull'orizzontale ed interasse pari a 3m.

Gli ancoraggi hanno lunghezza complessiva variabile tra i 12 e i 14 m.

La trave di ripartizione è costituita da un doppio profilato HEA180 in acciaio Fe430.

I pali che costituiscono la paratia sono armati con tubi $\Phi 114.3$ mm spessore 8mm in acciaio Fe510.

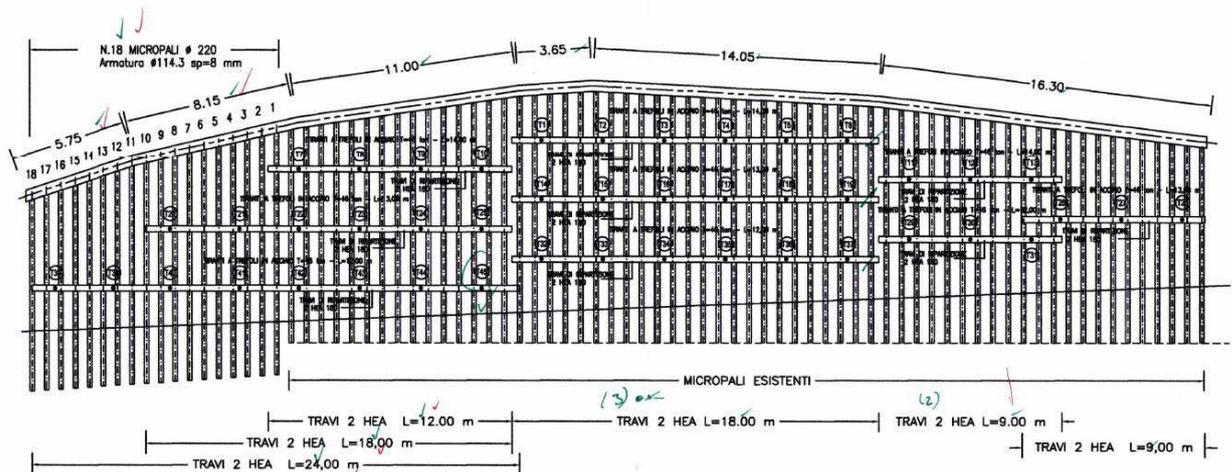
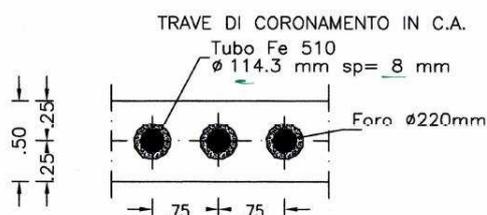


Figura 7.1 - Sviluppata paratia esistente in prossimità della rotatoria: disegni contabili

PARTICOLARE BERLINESE
 VISTA DALL' ALTO



DETTAGLIO TIRANTE

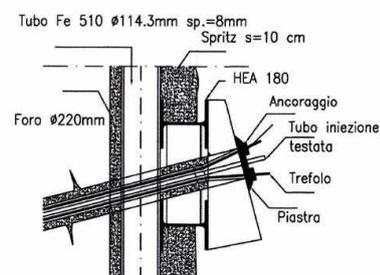


Figura 7.2 - Disegni contabili: particolari paratia esistente in prossimità della rotatoria.

7.1 MODELLO DI CALCOLO

Le analisi di stabilità locale delle opere di sostegno e quelle per la valutazione delle sollecitazioni negli elementi resistenti (pali e tiranti) sono state condotte mediante l'ausilio del codice di calcolo PARATIE PLUS (release 2012 – CeAS). In tale codice la schematizzazione dell'interazione tra paratia e terreno avviene considerando:

- la paratia come una serie di elementi il cui comportamento è caratterizzato dalla rigidità flessionale EJ ,
- il terreno come una serie di molle di tipo elasto-plastico connesse ai nodi della paratia.

Questo modello numerico consente una simulazione del comportamento del terreno adeguata agli scopi progettuali. In particolare vengono superate le limitazioni dei più tradizionali metodi dell'equilibrio limite, non idonei a seguire il comportamento della struttura al variare delle configurazioni di carico, delle fasi esecutive e di esercizio. Nel caso in esame, in una generica fase di calcolo dell'analisi di interazione tra paratia e terreno la soluzione viene a dipendere dal percorso tensio-deformativo seguito dagli elementi schematizzanti il terreno nelle fasi precedenti; dalle variazioni di spinta o reazione del terreno indotte dalla progressione degli scavi, dall'inserimento di tiranti, dalle variazioni delle condizioni idrostatiche e di sovraccarico, etc.

La legge costitutiva, rappresentativa del comportamento elasto-plastico del terreno, è identificata dai parametri di spinta e di deformabilità del terreno.

I parametri di spinta del terreno sono:

- il coefficiente di spinta a riposo K_0 , corrispondente alla condizione iniziale in deformata per terreni normal consolidati, calcolato mediante l'espressione $K_0 = 1 - \tan \varphi'$;
- i coefficienti di spinta attiva K_A e passiva K_P , corrispondenti alle condizioni di equilibrio limite attivo e passivo, calcolati rispettivamente mediante le espressioni di Coulomb e Caquot e Kerisel, tenendo conto di un angolo di attrito tra terreno e paratia.

I parametri di deformabilità del terreno, che compaiono nella definizione della rigidità delle molle, sono assegnati sulla base dei valori di modulo di Young (E) dei vari strati, tenendo conto della diversa rigidità in fase di carico vergine oppure di scarico e ricarico. In particolare il modulo di ricarico è assunto pari al doppio del modulo vergine.

Nella tabella seguente è riportata la successione delle fasi di modellazione della paratia esistente:

| FASE | DESCRIZIONE |
|------|--|
| 1 | Condizione iniziale geostatica |
| 2 | Realizzazione paratia esistente |
| 3 | I fase di scavo |
| 4 | Applicazione del I ordine di tiranti esistenti |
| 5 | II fase di scavo |
| 6 | Applicazione del II ordine di tiranti esistenti |
| 7 | III fase di scavo |
| 8 | Applicazione del III ordine di tiranti esistenti |
| 9 | Ultima fase di scavo |

Tabella 7.1 – Fasi di calcolo.

7.2 CARATTERISTICHE SEZIONE DI VERIFICA

Al fine di modellare e verificare le condizioni statiche della paratia esistente è stata scelta una sezione di calcolo avente la massima altezza fuori terra; tale quota non è riportata esplicitamente all'interno degli elaborati contabili. Si è ipotizzata una lunghezza dei pali pari a 13m con altezza di scavo di 10m e lunghezza di infissione pari a 3m.

È stata ipotizzata una pendenza del terreno a monte della paratia pari a circa 25° modellata all'interno dei calcoli attraverso un carico permanente distribuito.

Il modello geotecnico di riferimento è quello già precisato per il muro al §5.2.

Nel seguito è riportata la sezione di calcolo utilizzata all'interno delle modellazioni numeriche.

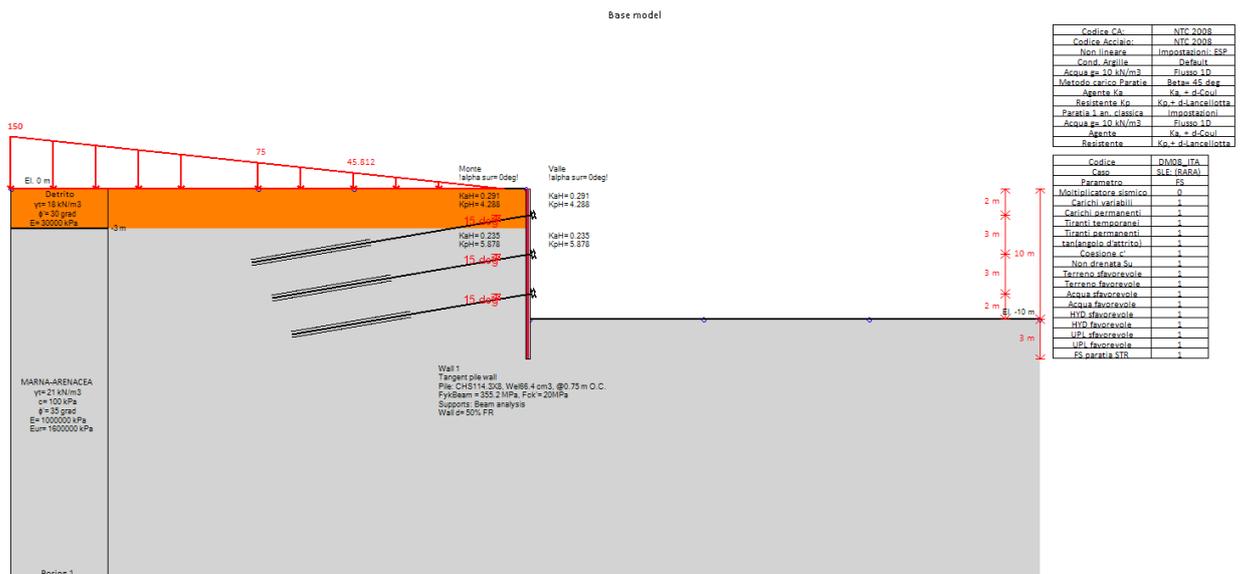


Figura 7.3 - Sezione di calcolo della paratia esistente in prossimità della rotatoria.

Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche della paratia verificata con i dati di input inseriti all'interno del software di calcolo.

| DATI MATERIALI | | Unità di misura [kN - m] | |
|----------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| | Tipologia | | |
| Calcestruzzo | C20/25 | | |
| Acciaio tubolari | Fe510 | | |
| Acciaio profilati | Fe430 | | |
| Acciaio trefoli | Strands 270ksi | | |
| DATI PARATIA | | | |
| Tipo | Berlinese | | |
| Interasse | 0.75 | | |
| D palo | 0.22 | | |
| H scavo | 10 | | |
| L paratia | 13 | | |
| L infissione | 3 | | |
| Tubolare | Φ114.3 sp.8 | | |
| DATI ANCORAGGI | ORDINE 1 (Esistente) | ORDINE 2 (Esistente) | ORDINE 3 (Esistente) |
| Profondità | -2 | -5 | -8 |
| Angolo | 15 | 15 | 15 |
| n. trefoli | 4 | 4 | 4 |
| F iniziale | 150 | 150 | 150 |
| Interasse | 3 | 3 | 3 |
| L libera | 8 | 7 | 6 |
| L fondazione | 6 | 6 | 6 |
| DATI TRAVE DI RIPARTIZIONI | | | |
| Tipo | 2 HEA 180 | | |

Tabella 7.2 - Paratia esistente: dati in input.

Al fine di modellare e verificare lo stato attuale della paratia esistente in termini di stabilità dell'opera le modellazioni sono state effettuate considerando pari ad 1 i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici.

7.3 RISULTATI DELLE ANALISI E VERIFICHE

Si riporta nella tabella seguente un quadro di sintesi dei risultati ottenuti.

In particolare, da sinistra verso destra sono riportati l'approccio di calcolo esaminato, lo spostamento massimo registrato in seno alla paratia, i valori massimi delle sollecitazioni nelle paratie (momento flettente e taglio), i tassi di sfruttamento massimi (rapporto azioni di progetto-resistenze di progetto), la massima reazione dei vincoli e il rapporto tra la spinta passiva totale e la spinta passiva mobilitata.

Di seguito si riporta il dettaglio del significato delle colonne.

- Spostamento paratia: valore dello spostamento massimo in seno alla paratia.
- Momento paratia (kNm/m): momento massimo riscontrato sul singolo palo, distribuito su un metro di sviluppo.

- Taglio paratia (kN/m): taglio massimo riscontrato sul singolo palo, distribuito su un metro di sviluppo.
- Verifica presso-flessione (TSF): verifica paratia soggetta a presso-flessione; valore peggiore tra N costante ed eccentricità costante in termini di tasso di sfruttamento.
- Verifica taglio (TSF) paratia: tasso di sfruttamento della paratia soggetta a taglio.
- Max. reazione vincoli (kN): massimo carico assiale riscontrato sugli ancoraggi.
- Passiva/Vera (analisi NL): rappresenta il rapporto tra la spinta passiva e la spinta effettivamente mobilitata a valle.

Per illustrare in dettaglio la situazione, sono riportate nel seguito le seguenti rappresentazioni grafiche:

- diagrammi involuppo dei massimi valori delle deformazioni in seno alla paratia – valori in cm;
- diagramma involuppo dei massimi valori del momento flettente sulla paratia - valori in kNm a metro lineare - per la combinazione in cui è massimo il valore del momento flettente sollecitante; viene riportato anche il grafico con il momento resistente di progetto (linee verticali rosse). La verifica a pressoflessione risulta soddisfatta, in quanto $M_{Ed} < M$.
- diagramma involuppo dei massimi valori della forza di taglio sulla paratia - valori in kN a metro lineare - per la combinazione in cui è massimo il valore del taglio sollecitante; viene riportato anche il grafico con il taglio resistente di progetto (linee verticali rosse). La verifica a taglio risulta soddisfatta, in quanto $V_{Ed} < V_{Rd}$.
- variazione in funzione della storia di carico del coefficiente di sicurezza globale della struttura FS, definito in termini di rapporto tra spinta passiva e spinta effettiva mobilitata nel tratto infisso. Risulta, nel pieno rispetto dei vincoli prefissati in precedenza:

$$FS_{SLE\ 1} = 8.236 > FS_{SLE,adm} = 1.5$$

Nell'analisi della sezione effettuata, gli spostamenti massimi nelle varie combinazioni di calcolo risultano nell'ordine dei 12 cm; tali spostamenti si verificano nella prima fase di modellazione della paratia esistente, al primo sbancamento di circa 2.5m prima dell'installazione del primo ordine di ancoraggi esistenti. Tale entità di spostamento viene poi conservata durante tutti i successivi step di realizzazione dell'opera.

C'è da sottolineare che tali entità di spostamenti sono sicuramente un'anomalia in quanto sovrastimati rispetto la situazione reale dell'opera che allo stato attuale risulta stabile e senza deformazioni riscontrate.

Molto probabilmente i parametri geotecnici a disposizione ed utilizzati all'interno delle modellazioni numeriche (parametri ricavati dal certificato di colludo) risultano sostanzialmente sottostimati rispetto alla situazione reale.

Date le premesse, si è proceduto alla verifica dell'opera esistente nelle condizioni di esercizio. Per quanto riguarda gli spostamenti ottenuti si è verificato che nelle varie fasi di modellazione non ci fossero sostanziali modifiche rispetto allo spostamento riscontrato nella prima fase di scavo.

Quanto dedotto numericamente risulta compatibile con le condizioni di lavoro delle opere in oggetto.

Per ulteriori dettagli, si rimanda alla consultazione dei tabulati di calcolo allegati alla presente relazione.

| SLE | Base model | Spostamento X paratia (cm) | Momento paratia (kN-m/m) | Taglio paratia (kN/m) | Verifica presso flessione (TSF) | Verifica taglio (TSF) | Max. reazione vincoli (kN) | Passiva/Vera (analisi NL) |
|-----|------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------------------|----------------------------|---------------------------|
| | | 12.22 | 40.69 | 94.63 | 0.996 | 0.214 | 189.85 | 8.236 |

Tabella 7.3 – SLE: riepilogo risultati.

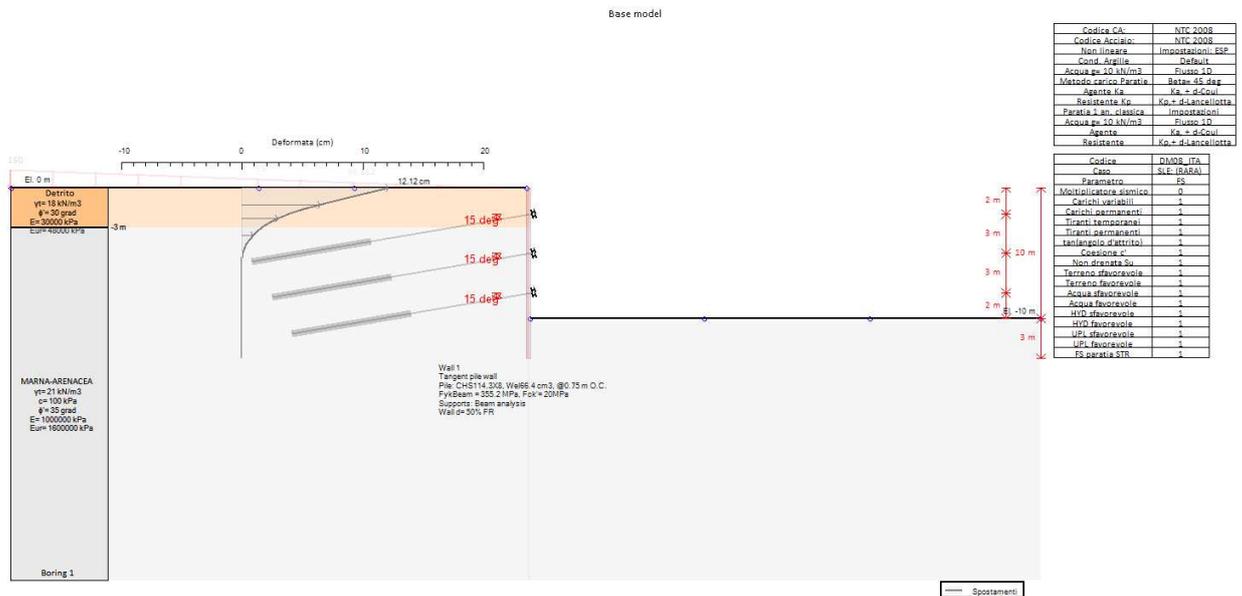


Figura 7.4 - SLE - diagramma involucro spostamenti.

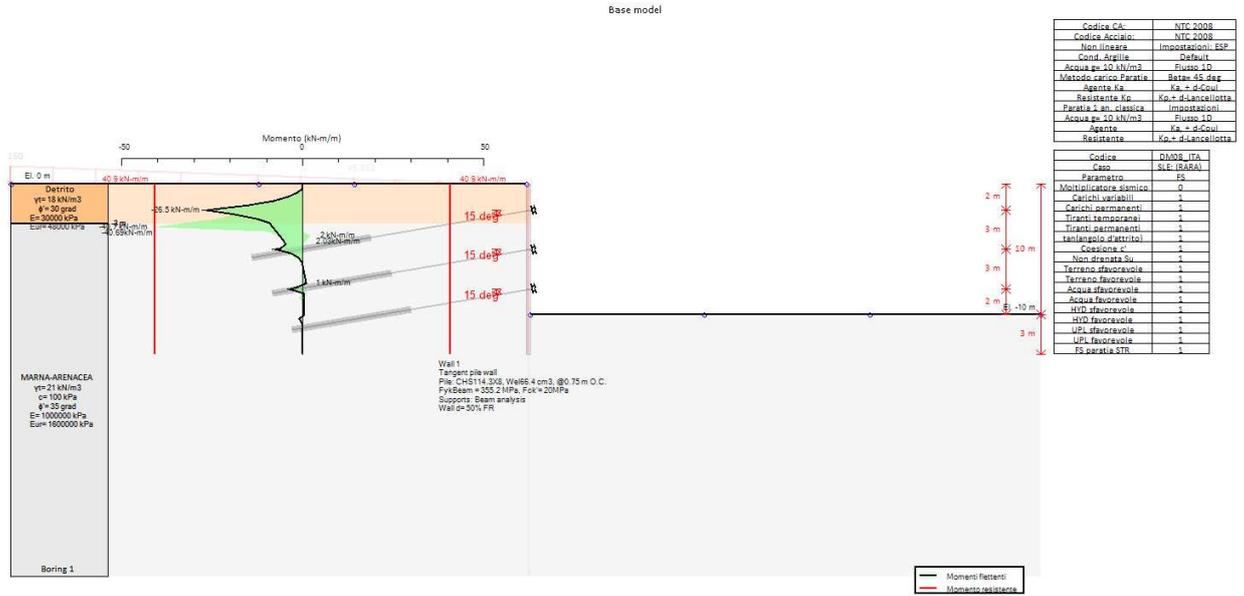


Figura 7.5 – SLE: diagramma involucro momento flettente.

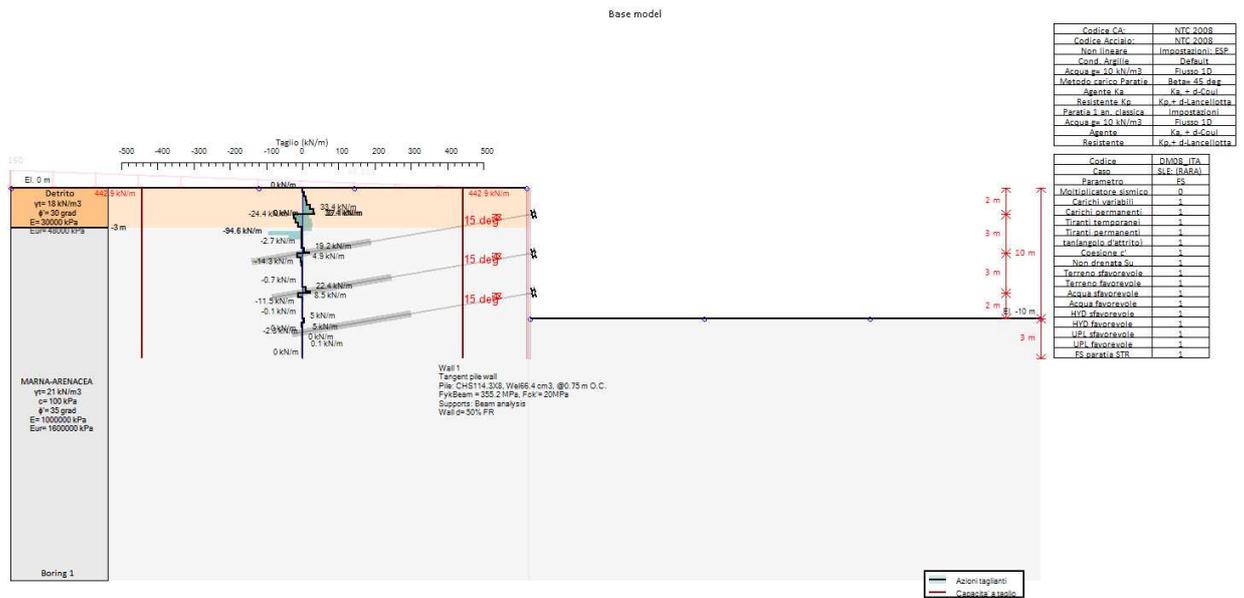


Figura 7.6 – SLE: diagramma involucro taglio.

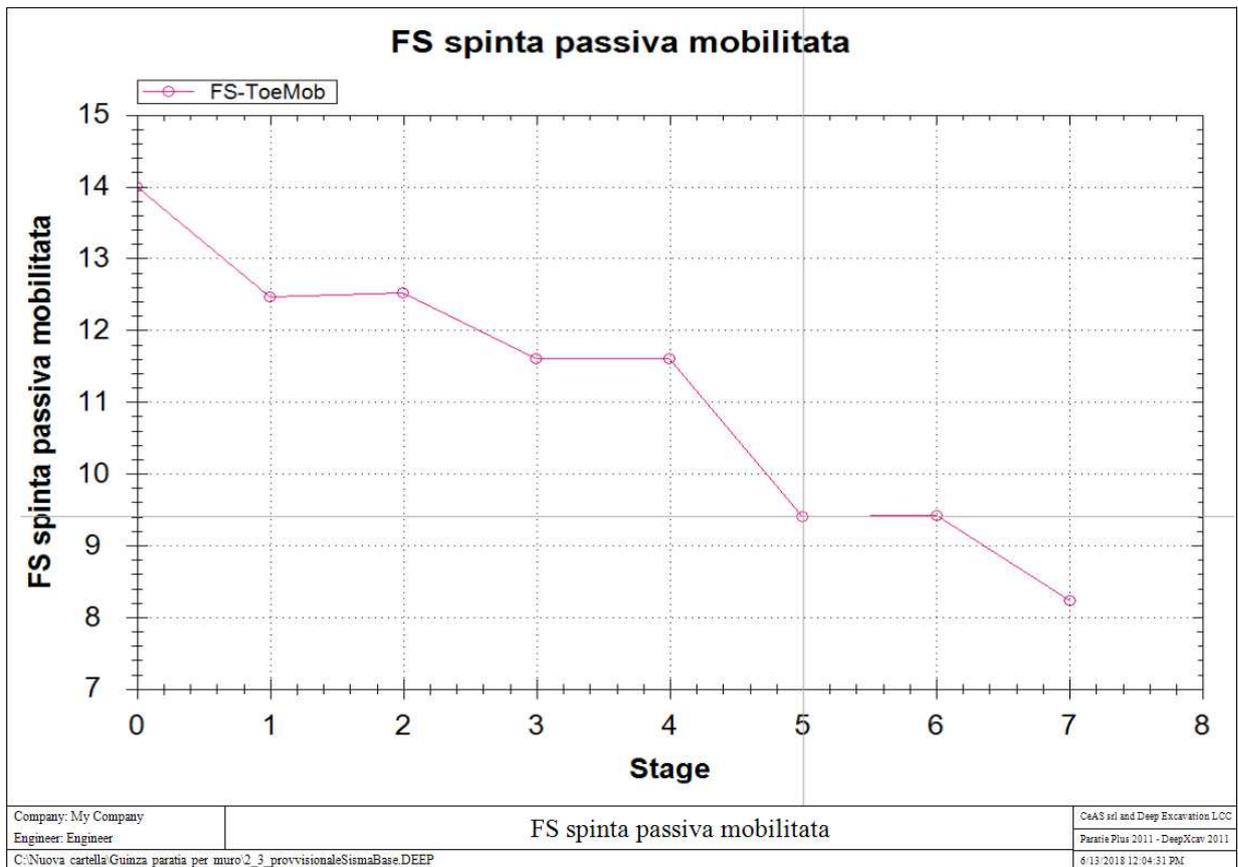


Figura 7.7 - FS spinta passiva/vera.

ALLEGATO DI CALCOLO

MURO DI CONSOLIDAMENTO DELLA BERLINESE ESISTENTE

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)
- Circolare 617 del 02/02/2009
- Circolare C.S.L.P. 02/02/2009 n.617 - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 Gennaio 2018)

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica della stabilità globale

Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali

Calcolo della spinta sul muro

Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali γ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. 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 coefficiente di 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). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione p 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.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

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

Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parete pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$ essendo k_h il coefficiente sismico orizzontale e k_v il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di k_h .

In presenza di falda a monte, θ assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctg[(\gamma_{sat}/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) \cdot (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \arctg[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) \cdot (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Detta S la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente A vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente A si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di θ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente A viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{IH} = k_h W \quad F_{IV} = \pm k_v W$$

dove W è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a η_g

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_g \geq 1.0$

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si

determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

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

$$\eta = \frac{\sum^n_i \left(\frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i] \operatorname{tg} \phi_i \right)}{\sum^n_i W_i \sin \alpha_i}$$

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_i ed l_i rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ($l_i = b_i / \cos \alpha_i$).

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

Analisi dei pali

Determinazione degli scarichi sul palo.

Gli scarichi sui pali vengono determinati mediante il metodo delle rigidzze.

La piastra di fondazione viene considerata infinitamente rigida (3 gradi di libertà) ed i pali vengono considerati incastrati o incernierati (la scelta del vincolo viene fatta dall'Utente nella tabella CARATTERISTICHE del sottomenu PALI) a tale piastra.

Viene effettuata una prima analisi di ogni palo di ciascuna fila (i pali di ogni fila hanno le stesse caratteristiche) per costruire una curva carichi-spostamenti del palo. Questa curva viene costruita considerando il palo elastico. Si tratta, in definitiva, della matrice di rigidzza del palo K_e , costruita imponendo traslazioni e rotazioni unitarie per determinare le corrispondenti sollecitazioni in testa al palo.

Nota la matrice di rigidzza di ogni palo si assembla la matrice globale (di dimensioni 3x3) della palificata, K .

A questo punto, note le forze agenti in fondazione (N, T, M) si possono ricavare gli spostamenti della piastra (abbassamento, traslazione e rotazione) e le forze che si scaricano su ciascun palo. Infatti indicando con p il vettore dei carichi e con u il vettore degli spostamenti della piastra abbiamo:

$$u = K^{-1}p$$

Noti gli spostamenti della piastra, e quindi della testa dei pali, abbiamo gli scarichi su ciascun palo. Allora per ciascun palo viene effettuata un'analisi elastoplastica incrementale (tramite il metodo degli elementi finiti) che, tenendo conto della plasticizzazione del terreno, calcola le sollecitazioni in tutte le sezioni del palo., le caratteristiche del terreno (rappresentate da K_h) sono tali che se non è possibile raggiungere l'equilibrio si ha collasso per rottura del terreno.

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

Normativa

N.T.C. 2018 - Approccio 2

Simbologia adottata

| | |
|--------------------|---|
| γ_{Gsfav} | Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti |
| γ_{Gfav} | Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti |
| γ_{Qsfav} | Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili |
| γ_{Qfav} | Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili |
| $\gamma_{tan\phi}$ | Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato |
| γ_c | Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata |
| γ_{cu} | Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata |
| γ_{qu} | Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo |
| γ_r | Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce |

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

| <i>Carichi</i> | <i>Effetto</i> | | <i>A1</i> | <i>A2</i> | <i>EQU</i> | <i>HYD</i> |
|----------------|----------------|------------------|-----------|-----------|------------|------------|
| Permanenti | Favorevole | γ_{Gfav} | 1,00 | 1,00 | 0,90 | 0,90 |
| Permanenti | Sfavorevole | γ_{Gsfav} | 1,30 | 1,00 | 1,10 | 1,30 |
| Variabili | Favorevole | γ_{Qfav} | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 |
| Variabili | Sfavorevole | γ_{Qsfav} | 1,50 | 1,30 | 1,50 | 1,50 |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

| <i>Parametri</i> | | | <i>M1</i> | <i>M2</i> | <i>M2</i> | <i>M1</i> |
|--------------------------------------|--------------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Tangente dell'angolo di attrito | $\gamma_{tan\phi}$ | | 1,00 | 1,25 | 1,25 | 1,00 |
| Coesione efficace | γ_c | | 1,00 | 1,25 | 1,25 | 1,00 |
| Resistenza non drenata | γ_{cu} | | 1,00 | 1,40 | 1,40 | 1,00 |
| Resistenza a compressione uniassiale | γ_{qu} | | 1,00 | 1,60 | 1,60 | 1,00 |
| Peso dell'unità di volume | γ_r | | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

| <i>Carichi</i> | <i>Effetto</i> | | <i>A1</i> | <i>A2</i> | <i>EQU</i> | <i>HYD</i> |
|----------------|----------------|------------------|-----------|-----------|------------|------------|
| Permanenti | Favorevole | γ_{Gfav} | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,90 |
| Permanenti | Sfavorevole | γ_{Gsfav} | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,30 |
| Variabili | Favorevole | γ_{Qfav} | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Variabili | Sfavorevole | γ_{Qsfav} | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,50 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

| Parametri | | M1 | M2 | M2 | M1 |
|--------------------------------------|---------------------|------|------|------|------|
| Tangente dell'angolo di attrito | $\gamma_{\tan\phi}$ | 1,00 | 1,25 | 1,25 | 1,00 |
| Coesione efficace | γ_c | 1,00 | 1,25 | 1,25 | 1,00 |
| Resistenza non drenata | γ_{cu} | 1,00 | 1,40 | 1,40 | 1,00 |
| Resistenza a compressione uniassiale | γ_{qu} | 1,00 | 1,60 | 1,60 | 1,00 |
| Peso dell'unità di volume | γ_γ | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

STABILITA' GLOBALE

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

| Verifica statica | Coefficienti parziali | | |
|-------------------|-----------------------|------|----|
| | R1 | R2 | R3 |
| Stabilità globale | | 1,10 | |
| Verifica sismica | Coefficienti parziali | | |
| | R1 | R2 | R3 |
| Stabilità globale | | 1,20 | |

Geometria muro e fondazione

| Descrizione | Muro a mensola in c.a. |
|---|------------------------|
| Altezza del paramento | 10,70 [m] |
| Spessore in sommità | 0,40 [m] |
| Spessore all'attacco con la fondazione | 1,35 [m] |
| Inclinazione paramento esterno | 5,10 [°] |
| Inclinazione paramento interno | 0,00 [°] |
| Lunghezza del muro | 12,00 [m] |
| Fondazione | |
| Lunghezza mensola fondazione di valle | 1,45 [m] |
| Lunghezza mensola fondazione di monte | 0,00 [m] |
| Lunghezza totale fondazione | 2,80 [m] |
| Inclinazione piano di posa della fondazione | 0,00 [°] |
| Spessore fondazione | 1,35 [m] |
| Spessore magrone | 0,10 [m] |

Descrizione pali di fondazione

Pali armati con profilato tubolare

| | |
|-------------------------|---------------------------------------|
| Numero di file di pali | 3 |
| Vincolo pali/fondazione | Incastro |
| Tipo di portanza | Portanza laterale e portanza di punta |

Simbologia adottata

| | |
|------|--|
| N | numero d'ordine della fila |
| X | ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m] |
| nr. | Numero di pali della fila |
| D | diametro dei pali della fila espresso in [cm] |
| L | lunghezza dei pali della fila espressa in [m] |
| alfa | inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°] |
| ALL | allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI) |
| Dt | diametro esterno del tubolare espresso in [mm] |
| St | spessore del tubolare espresso in [mm] |

| N | X | nr. | D | L | alfa | ALL | Dt | St |
|---|------|-----|-------|-------|------|----------|--------|-------|
| 1 | 0,50 | 11 | 30,00 | 20,00 | 0,00 | Centrati | 219,10 | 16,00 |
| 2 | 1,40 | 12 | 30,00 | 20,00 | 0,00 | Sfalsati | 219,10 | 16,00 |
| 3 | 2,30 | 11 | 30,00 | 20,00 | 0,00 | Centrati | 219,10 | 16,00 |

Materiali utilizzati per la struttura

Calcestruzzo

| | |
|---|----------------|
| Peso specifico | 24,517 [kN/mc] |
| Classe di Resistenza | C28/35 |
| Resistenza caratteristica a compressione R_{ck} | 35000 [kPa] |
| Modulo elastico E | 32587986 [kPa] |

Acciaio

| | |
|---------------------------------------|--------------|
| Tipo | B450C |
| Tensione di snervamento σ_{fa} | 449936 [kPa] |

Calcestruzzo utilizzato per i pali

| | |
|---|----------------|
| Classe di Resistenza | Rck 250 |
| Resistenza caratteristica a compressione R_{ck} | 24517 [kPa] |
| Modulo elastico E | 30073438 [kPa] |

Acciaio utilizzato per i pali

| | |
|---------------------------------------|--------------|
| Tipo | Fe 510 |
| Tensione ammissibile σ_{fa} | 235363 [kPa] |
| Tensione di snervamento σ_{fa} | 353045 [kPa] |

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, 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 [°]

| N | X | Y | A |
|---|-------|------|------|
| 1 | 20,00 | 0,00 | 0,00 |

Terreno a valle del muro

| | | |
|--|------|-----|
| Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale | 0,00 | [°] |
| Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento | 0,00 | [m] |

Descrizione terreni

Simbologia adottata

| | |
|-------------|---|
| Nr. | Indice del terreno |
| Descrizione | Descrizione terreno |
| γ | Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc] |
| γ_s | Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc] |
| ϕ | Angolo d'attrito interno espresso in [°] |
| δ | Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°] |
| c | Coesione espressa in [kPa] |
| c_a | Adesione terra-muro espressa in [kPa] |

| Descrizione | γ | γ_s | ϕ | δ | c | c_a |
|-------------|----------|------------|--------|----------|-------|-------|
| DETRITI | 18,00 | 18,00 | 30,00 | 20,00 | 0,0 | 0,0 |
| FLYSCH | 21,00 | 21,00 | 35,00 | 23,33 | 100,0 | 0,0 |

Parametri medi

| Descrizione | γ | γ_s | ϕ | δ | c | c_a |
|-------------|----------|------------|--------|----------|-------|-------|
| DETRITI | 18,00 | 18,00 | 30,00 | 20,00 | 0,0 | 0,0 |
| FLYSCH | 21,00 | 21,00 | 35,00 | 23,33 | 100,0 | 0,0 |

Parametri minimi

| Descrizione | γ | γ_s | ϕ | δ | c | c_a |
|-------------|----------|------------|--------|----------|-------|-------|
| DETRITI | 18,00 | 18,00 | 30,00 | 20,00 | 0,0 | 0,0 |
| FLYSCH | 21,00 | 21,00 | 35,00 | 23,33 | 100,0 | 0,0 |

Stratigrafia

Simbologia adottata

| | |
|----------|--|
| N | Indice dello strato |
| H | Spessore dello strato espresso in [m] |
| α | Inclinazione espressa in [°] |
| Kw | Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm |
| Ks | Coefficiente di spinta |
| Terreno | Terreno dello strato |

| Nr. | H | α | Kw | Ks | Terreno |
|-----|-------|----------|-------|------|---------|
| 1 | 3,00 | 0,00 | 4,00 | 0,50 | DETRITI |
| 2 | 35,00 | 0,00 | 50,00 | 0,50 | FLYSCH |

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

| | |
|-------|--|
| X | Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m] |
| F_x | Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN] |
| F_y | Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN] |
| M | Momento espresso in [kNm] |
| X_i | Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m] |
| X_f | Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m] |
| Q_i | Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN/m] |
| Q_f | Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kN/m] |
| D/C | Tipo carico : D=distribuito C=concentrato |

Condizione n° 1 (Condizione 1)

| | | | | | |
|---|---------|------------|-------------|---------------|----------------|
| D | Profilo | $X_i=0,50$ | $X_f=20,00$ | $Q_i=10,0000$ | $Q_f=200,0000$ |
|---|---------|------------|-------------|---------------|----------------|

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

| | |
|----------|--|
| F/S | Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole) |
| γ | Coefficiente di partecipazione della condizione |
| Ψ | Coefficiente di combinazione della condizione |

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | FAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,30 | 1,00 | 1,30 |
| Condizione 1 | SFAV | 1,30 | 1,00 | 1,30 |

Combinazione n° 2 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Condizione 1 | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Combinazione n° 3 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Condizione 1 | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Condizione 1 | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Combinazione n° 5 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Condizione 1 | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Combinazione n° 6 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Condizione 1 | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Combinazione n° 7 - Quasi Permanente (SLE)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | -- | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | -- | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | -- | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Condizione 1 | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Combinazione n° 8 - Frequente (SLE)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|------|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | -- | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | -- | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Spinta terreno | -- | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Condizione 1 | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Combinazione n° 9 - Rara (SLE)

| | S/F | γ | Ψ | $\gamma * \Psi$ |
|-------------------------|-----|----------|--------|-----------------|
| Peso proprio muro | -- | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Peso proprio terrapieno | -- | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

| | | | | |
|----------------|------|------|------|------|
| Spinta terreno | -- | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Condizione 1 | SFAV | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Impostazioni analisi pali

| | |
|-----------------------------|-----------|
| <u>Numero elementi palo</u> | 40 |
| <u>Costante di Winkler</u> | da Strato |

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Stato limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

| | |
|---|------|
| Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione | 1.50 |
| Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione | 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 |

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali

Ordinarie

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica 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

Circ. Min. 252 (15/10/1996)

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

Rara $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80 f_{yk}$

Quasi permanente $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$

Impostazioni avanzate

Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

| | |
|--------------------|---|
| C | Identificativo della combinazione |
| Tipo | Tipo combinazione |
| Sisma | Combinazione sismica |
| CS _{SCO} | Coeff. di sicurezza allo scorrimento |
| CS _{RIB} | Coeff. di sicurezza al ribaltamento |
| CS _{QLIM} | Coeff. di sicurezza a carico limite |
| CS _{STAB} | Coeff. di sicurezza a stabilità globale |

| C | Tipo | Sisma | CS _{SCO} | CS _{RIB} | CS _{QLIM} | CS _{STAB} |
|---|-------------|----------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | A1-M1 - [1] | -- | -- | -- | -- | -- |
| 2 | STAB - [1] | -- | -- | -- | -- | 4,08 |
| 3 | A1-M1 - [2] | Orizzontale + Verticale positivo | -- | -- | -- | -- |
| 4 | A1-M1 - [2] | Orizzontale + Verticale negativo | -- | -- | -- | -- |
| 5 | STAB - [2] | Orizzontale + Verticale positivo | -- | -- | -- | 2,11 |
| 6 | STAB - [2] | Orizzontale + Verticale negativo | -- | -- | -- | 1,91 |
| 7 | SLEQ - [1] | -- | -- | -- | -- | -- |
| 8 | SLEF - [1] | -- | -- | -- | -- | -- |
| 9 | SLER - [1] | -- | -- | -- | -- | -- |

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

| | |
|---------------------------------------|---------------------|
| Calcolo della spinta | metodo di Culmann |
| Calcolo della stabilità globale | metodo di Fellenius |
| Calcolo della spinta in condizioni di | Spinta attiva |

Sisma

Combinazioni SLU

| | |
|---|--------------------------|
| Accelerazione al suolo a_g | 2.56 [m/s ²] |
| Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S) | 1.15 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | |
|--|------------------------------------|---------------|--|--|
| Coefficiente di amplificazione topografica (St) | 1.20 | | | |
| Coefficiente riduzione (β_m) | 1.00 | | | |
| Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale | 0.50 | | | |
| Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento) | $k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 35.90$ | | | |
| Coefficiente di intensità sismica verticale (percento) | $k_v=0.50 * k_h = 17.95$ | | | |
| Combinazioni SLE | | | | |
| Accelerazione al suolo a_g | 0.00 [m/s ²] | | | |
| Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S) | 1.20 | | | |
| Coefficiente di amplificazione topografica (St) | 1.20 | | | |
| Coefficiente riduzione (β_m) | 1.00 | | | |
| Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale | 0.50 | | | |
| Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento) | $k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 0.00$ | | | |
| Coefficiente di intensità sismica verticale (percento) | $k_v=0.50 * k_h = 0.00$ | | | |
| Forma diagramma incremento sismico | Rettangolare | | | |
| Partecipazione spinta passiva (percento) | 0,0 | | | |
| Lunghezza del muro | 12,00 [m] | | | |
| Peso muro | 323,0279 [kN] | | | |
| Baricentro del muro | X=-0,75 Y=-7,77 | | | |
| <u>Superficie di spinta</u> | | | | |
| Punto inferiore superficie di spinta | X = 0,00 Y = -12,05 | | | |
| Punto superiore superficie di spinta | X = 0,00 Y = 0,00 | | | |
| Altezza della superficie di spinta | 12,05 [m] | | | |
| Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale) | 0,00 [°] | | | |
| <u>COMBINAZIONE n° 1</u> | | | | |
| Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole | | | | |
| Valore della spinta statica | 50,1731 [kN] | | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 47,0921 [kN] | | | |
| Componente verticale della spinta statica | 17,3112 [kN] | | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 0,00 [m] | Y = -2,52 [m] | | |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 20,18 [°] | | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 57,55 [°] | | | |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 0,0000 [kN] | | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 0,00 [m] | Y = 0,00 [m] | | |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

Risultanti

| | | |
|---|----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 47,0921 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 340,3391 | [kN] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 340,3391 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 47,0921 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0,62 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 2,33 | [m] |
| Risultante in fondazione | 343,5817 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 7,88 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 212,6708 | [kNm] |

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|-------|----------|----------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,53 | 6,0513 | 0,0638 | 1,3528 |
| 3 | 1,07 | 13,8582 | 1,2173 | 5,8126 |
| 4 | 1,60 | 23,3770 | 5,0468 | 13,2600 |
| 5 | 2,14 | 34,5019 | 12,9979 | 23,4038 |
| 6 | 2,67 | 47,2042 | 26,4166 | 36,1655 |
| 7 | 3,21 | 59,9512 | 46,5954 | 46,9411 |
| 8 | 3,74 | 69,5778 | 70,3894 | 47,6827 |
| 9 | 4,28 | 79,5092 | 94,1166 | 47,6827 |
| 10 | 4,81 | 90,0652 | 117,5982 | 47,6827 |
| 11 | 5,35 | 101,2458 | 140,8193 | 47,6827 |
| 12 | 5,88 | 113,0510 | 163,7649 | 47,6827 |
| 13 | 6,42 | 125,4809 | 186,4201 | 47,6827 |
| 14 | 6,95 | 138,5354 | 208,7697 | 47,6827 |
| 15 | 7,49 | 152,2146 | 230,7989 | 47,6827 |
| 16 | 8,02 | 166,5184 | 252,4926 | 47,6827 |
| 17 | 8,56 | 181,4468 | 273,8358 | 47,6827 |
| 18 | 9,09 | 196,9998 | 294,8137 | 47,6827 |
| 19 | 9,63 | 213,1775 | 315,4110 | 47,6827 |
| 20 | 10,16 | 229,9798 | 335,6130 | 47,6827 |
| 21 | 10,70 | 247,4067 | 355,4045 | 47,6827 |

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 1

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

| | |
|------------------|--|
| B | base della sezione espressa in [cm] |
| H | altezza della sezione espressa in [cm] |
| A _{fs} | area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq] |
| A _{fi} | area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq] |
| N _u | sforzo normale ultimo espresso in [kN] |
| M _u | momento ultimo espresso in [kNm] |
| CS | coefficiente sicurezza sezione |
| V _{Rcd} | Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN] |
| V _{Rsd} | Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN] |
| V _{Rd} | Resistenza al taglio, espresso in [kN] |

| Nr. | Y | B, H | A _{fs} | A _{fi} | N _u | M _u | CS | V _{Rd} | V _{Rcd} | V _{Rsd} |
|-----|-------|----------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|-----------------|------------------|------------------|
| 1 | 0,00 | 100, 40 | 14,07 | 8,04 | 0,00 | 0,00 | 1000,00 | 172,84 | -- | -- |
| 2 | 0,53 | 100, 45 | 14,07 | 8,04 | 6648,25 | -70,12 | 1098,64 | 183,58 | -- | -- |
| 3 | 1,07 | 100, 50 | 42,22 | 22,12 | 6677,98 | -586,58 | 481,88 | 279,12 | -- | -- |
| 4 | 1,60 | 100, 54 | 42,22 | 22,12 | 4838,75 | -1044,62 | 206,99 | 293,54 | -- | -- |
| 5 | 2,14 | 100, 59 | 42,22 | 22,12 | 3608,25 | -1359,34 | 104,58 | 307,72 | -- | -- |
| 6 | 2,67 | 100, 64 | 42,22 | 22,12 | 2584,21 | -1446,19 | 54,75 | 321,72 | -- | -- |
| 7 | 3,21 | 100, 69 | 42,22 | 22,12 | 1906,72 | -1481,94 | 31,80 | 335,36 | -- | -- |
| 8 | 3,74 | 100, 73 | 42,22 | 22,12 | 1500,50 | -1518,00 | 21,57 | 348,23 | -- | -- |
| 9 | 4,28 | 100, 78 | 42,22 | 22,12 | 1332,93 | -1577,82 | 16,76 | 360,85 | -- | -- |
| 10 | 4,81 | 100, 83 | 42,22 | 22,12 | 1275,57 | -1665,51 | 14,16 | 373,28 | -- | -- |
| 11 | 5,35 | 100, 88 | 42,22 | 22,12 | 1271,82 | -1768,93 | 12,56 | 385,56 | -- | -- |
| 12 | 5,88 | 100, 93 | 42,22 | 22,12 | 1300,47 | -1883,85 | 11,50 | 397,70 | -- | -- |
| 13 | 6,42 | 100, 97 | 42,22 | 22,12 | 1352,11 | -2008,75 | 10,78 | 409,73 | -- | -- |
| 14 | 6,95 | 100, 102 | 42,22 | 22,12 | 1422,24 | -2143,28 | 10,27 | 421,65 | -- | -- |
| 15 | 7,49 | 100, 107 | 42,22 | 22,12 | 1508,79 | -2287,74 | 9,91 | 433,48 | -- | -- |
| 16 | 8,02 | 100, 112 | 42,22 | 22,12 | 1611,06 | -2442,85 | 9,67 | 445,24 | -- | -- |
| 17 | 8,56 | 100, 116 | 42,22 | 22,12 | 1729,21 | -2609,69 | 9,53 | 456,93 | -- | -- |
| 18 | 9,09 | 100, 121 | 42,22 | 22,12 | 1864,12 | -2789,69 | 9,46 | 468,56 | -- | -- |
| 19 | 9,63 | 100, 126 | 42,22 | 22,12 | 2017,25 | -2984,66 | 9,46 | 480,14 | -- | -- |
| 20 | 10,16 | 100, 131 | 42,22 | 22,12 | 2190,63 | -3196,82 | 9,53 | 491,68 | -- | -- |
| 21 | 10,70 | 100, 135 | 42,22 | 22,12 | 2386,99 | -3428,96 | 9,65 | 503,19 | -- | -- |

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 1

Simbologia adottata

| | |
|-----------|--|
| B | base della sezione espressa in [cm] |
| H | altezza della sezione espressa in [cm] |
| A_{ri} | area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cm ²] |
| A_{rs} | area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cm ²] |
| N_u | sforzo normale ultimo espresso in [kN] |
| M_u | momento ultimo espresso in [kNm] |
| CS | coefficiente sicurezza sezione |
| V_{Rcd} | Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN] |
| V_{Rsd} | Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN] |
| V_{Rd} | Resistenza al taglio, espresso in [kN] |

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

| Nr. | Y | B, H | A_{rs} | A_{ri} | N_u | M_u | CS | V_{Rd} | V_{Rcd} | V_{Rsd} |
|-----|------|----------|----------|----------|-------|----------|---------|----------|-----------|-----------|
| 1 | 0,00 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 9974,69 | 412,02 | -- | -- |
| 2 | 0,05 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 363,24 | 412,02 | -- | -- |
| 3 | 0,10 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 232,59 | 412,02 | -- | -- |
| 4 | 0,15 | 100, 135 | 40,21 | 30,16 | 0,00 | -2011,56 | 173,99 | 412,02 | -- | -- |
| 5 | 0,20 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 138,67 | 412,02 | -- | -- |
| 6 | 0,25 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 114,65 | 412,02 | -- | -- |
| 7 | 0,30 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 96,80 | 412,02 | -- | -- |
| 8 | 0,35 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 82,91 | 412,02 | -- | -- |
| 9 | 0,40 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 71,96 | 412,02 | -- | -- |
| 10 | 0,45 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 63,01 | 412,02 | -- | -- |
| 11 | 0,50 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 55,61 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 12 | 0,55 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 49,43 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 13 | 0,60 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 44,24 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 14 | 0,65 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 39,86 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 15 | 0,70 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 36,15 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 16 | 0,75 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 29,81 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 17 | 0,80 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 24,52 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 18 | 0,85 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 20,96 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 19 | 0,90 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 18,36 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 20 | 0,95 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 16,36 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 21 | 1,00 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 14,76 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 22 | 1,05 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 13,44 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 23 | 1,10 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 12,34 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 24 | 1,15 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 11,39 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | | | | | |
|----|------|---------|-------|-------|------|---------|-------|---------|---------|----------|
| 25 | 1,20 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 10,57 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 26 | 1,25 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 9,85 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 27 | 1,30 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 9,22 | 412,02 | -- | -- |
| 28 | 1,35 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 8,66 | 412,02 | -- | -- |
| 29 | 1,40 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 8,01 | 412,02 | -- | -- |
| 30 | 1,45 | 100,135 | 28,15 | 42,22 | 0,00 | 2109,09 | 10,00 | 412,02 | -- | -- |

Armature e tensioni piastre

Combinazione n° 1

| | |
|-----------------|--|
| X | ascissa sezione espressa in [m] |
| A _{fs} | area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq] |
| A _{ft} | area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq] |
| N _u | sforzo normale ultimo espresso in [kN] |
| M _u | momento ultimo espresso in [kNm] |
| CS | coefficiente sicurezza sezione |

Piastra fondazione valle

| Nr. | X | A _{fs} | A _{ft} | N _u | M _u | CS |
|-----|------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------|
| 1 | 0,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 10,60 |
| 2 | 0,07 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 12,11 |
| 3 | 0,15 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 24,32 |
| 4 | 0,25 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 49,30 |
| 5 | 0,35 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 21,46 |
| 6 | 0,42 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 17,82 |
| 7 | 0,50 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 16,91 |
| 8 | 0,58 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 17,84 |
| 9 | 0,65 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 21,52 |
| 10 | 0,75 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 49,78 |
| 11 | 0,85 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 24,16 |
| 12 | 0,93 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 12,06 |
| 13 | 1,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 10,56 |
| 14 | 1,07 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 12,04 |
| 15 | 1,15 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 24,01 |
| 16 | 1,25 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 50,90 |
| 17 | 1,35 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 21,81 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | |
|----|------|------|------|------|---------|-------|
| 18 | 1,43 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 18,08 |
| 19 | 1,50 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 17,18 |
| 20 | 1,57 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 18,16 |
| 21 | 1,65 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 22,04 |
| 22 | 1,75 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 53,04 |
| 23 | 1,85 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 23,38 |
| 24 | 1,93 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 11,85 |
| 25 | 2,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 10,38 |
| 26 | 2,08 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 11,79 |
| 27 | 2,15 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 22,92 |
| 28 | 2,25 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 57,19 |
| 29 | 2,35 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 23,02 |
| 30 | 2,43 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 18,98 |
| 31 | 2,50 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 18,06 |
| 32 | 2,58 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 19,24 |
| 33 | 2,65 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 23,79 |
| 34 | 2,75 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 66,15 |
| 35 | 2,85 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 21,16 |
| 36 | 2,93 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 11,24 |
| 37 | 3,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 9,87 |
| 38 | 3,08 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 11,09 |
| 39 | 3,15 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 20,04 |
| 40 | 3,25 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 50,21 |
| 41 | 3,35 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 27,61 |
| 42 | 3,43 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 22,30 |
| 43 | 3,50 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 21,33 |
| 44 | 3,58 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 23,38 |
| 45 | 3,65 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 31,19 |
| 46 | 3,75 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 33,18 |
| 47 | 3,85 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 16,59 |
| 48 | 3,93 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 9,79 |
| 49 | 4,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 8,66 |
| 50 | 4,08 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 9,48 |
| 51 | 4,15 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 14,87 |
| 52 | 4,25 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 23,42 |
| 53 | 4,35 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 33,47 |
| 54 | 4,42 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 40,17 |
| 55 | 4,50 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 38,63 |
| 56 | 4,58 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 37,10 |
| 57 | 4,65 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 28,76 |
| 58 | 4,75 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 19,68 |
| 59 | 4,85 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 11,77 |
| 60 | 4,92 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 7,89 |
| 61 | 5,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 7,17 |
| 62 | 5,08 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 7,78 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | |
|----|------|------|------|------|---------|--------|
| 63 | 5,15 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 11,44 |
| 64 | 5,25 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 27,60 |
| 65 | 5,35 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 70,20 |
| 66 | 5,42 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 55,29 |
| 67 | 5,50 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 36,48 |
| 68 | 5,58 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 26,97 |
| 69 | 5,65 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 22,89 |
| 70 | 5,74 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 21,97 |
| 71 | 5,83 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 24,31 |
| 72 | 5,91 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 32,41 |
| 73 | 6,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 480,68 |

Analisi dei pali

Combinazione n° 1

Risultanti sulla base della fondazione (per metro lineare di muro)

| | | |
|-------------|-------|----------|
| Orizzontale | [kN] | 47,092 |
| Verticale | [kN] | 340,339 |
| Momento | [kNm] | -212,671 |

Spostamenti della piastra di fondazione

| | | |
|-------------|------|----------|
| Orizzontale | [cm] | 0,02974 |
| Verticale | [cm] | 0,03579 |
| Rotazione | [°] | -0,02215 |

Scarichi in testa ai pali

| Fila nr. | N.pali | N [kN] | T [kN] | M [kNm] | Tu [kN] | Mu [kNm] |
|----------|--------|--------|--------|---------|---------|----------|
| 1 | 11 | 3,03 | 16,62 | -7,17 | 147,73 | -63,71 |
| 2 | 12 | 120,12 | 16,62 | -7,17 | 147,73 | -63,71 |
| 3 | 11 | 237,21 | 16,62 | -7,17 | 147,73 | -63,71 |

Verifica a punzonamento della fondazione

| | |
|----------------|--|
| D | di diametro dei pali della fila espresso in [cm] |
| H _f | altezza della fondazione in corrispondenza della fila espressa in [cm] |
| S _i | superficie di aderenza palo-fondazione (H _f ID) espressa in [cmq] |
| N | sforzo normale trasmesso dal palo alla fondazione espresso in [kN] |
| τ _c | tensione tangenziale palo-fondazione espressa in [kPa] |

| Fila | D | H _f | S _I | N | τ _c |
|------|------|----------------|----------------|--------|----------------|
| 1 | 30,0 | 1205,0 | 113568,6 | 3,03 | 0 |
| 2 | 30,0 | 135,0 | 12723,5 | 120,12 | 94 |
| 3 | 30,0 | 135,0 | 12723,5 | 237,21 | 186 |

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 2

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

| | |
|---|---|
| W | peso della striscia espresso in [kN] |
| α | angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario) |
| φ | angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia |
| c | coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa] |
| b | larghezza della striscia espressa in [m] |
| u | pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa] |

Metodo di Fellenius

| | |
|-----------------------------|----|
| Numero di cerchi analizzati | 36 |
| Numero di strisce | 25 |

Cerchio critico

| | | |
|-----------------------------|---------------------------|------------|
| Coordinate del centro | X[m]= 0,00 | Y[m]= 8,14 |
| Raggio del cerchio | R[m]= 20,38 | |
| Ascissa a valle del cerchio | X _i [m]= -7,81 | |
| Ascissa a monte del cerchio | X _s [m]= 18,70 | |
| Larghezza della striscia | dx[m]= 1,06 | |
| Coefficiente di sicurezza | C= 4.08 | |

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

| Striscia | W | α(°) | Wsinα | b/cosα | φ | c | u |
|----------|----------|-------|----------|--------|-------|----|---|
| 1 | 212,9269 | 62.97 | 189,6662 | 0,0229 | 24.79 | 0 | 0 |
| 2 | 237,9828 | 57.17 | 199,9710 | 0,0192 | 26.75 | 35 | 0 |
| 3 | 259,6040 | 52.00 | 204,5670 | 0,0169 | 29.26 | 80 | 0 |
| 4 | 276,5809 | 47.38 | 203,5140 | 0,0154 | 29.26 | 80 | 0 |
| 5 | 289,5098 | 43.13 | 197,9372 | 0,0142 | 29.26 | 80 | 0 |
| 6 | 299,2294 | 39.17 | 188,9945 | 0,0134 | 29.26 | 80 | 0 |
| 7 | 306,2847 | 35.42 | 177,5009 | 0,0128 | 29.26 | 80 | 0 |
| 8 | 311,0528 | 31.83 | 164,0699 | 0,0122 | 29.26 | 80 | 0 |
| 9 | 313,8059 | 28.39 | 149,1872 | 0,0118 | 29.26 | 80 | 0 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | | |
|----|----------|--------|----------|--------|-------|----|---|
| 10 | 314,7470 | 25.05 | 133,2526 | 0,0115 | 29.26 | 80 | 0 |
| 11 | 314,0301 | 21.80 | 116,6059 | 0,0112 | 29.26 | 80 | 0 |
| 12 | 311,7744 | 18.62 | 99,5435 | 0,0110 | 29.26 | 80 | 0 |
| 13 | 308,0721 | 15.50 | 82,3300 | 0,0108 | 29.26 | 80 | 0 |
| 14 | 302,9943 | 12.43 | 65,2065 | 0,0106 | 29.26 | 80 | 0 |
| 15 | 296,5954 | 9.39 | 48,3963 | 0,0105 | 29.26 | 80 | 0 |
| 16 | 288,9156 | 6.38 | 32,1099 | 0,0105 | 29.26 | 80 | 0 |
| 17 | 279,9827 | 3.39 | 16,5488 | 0,0104 | 29.26 | 80 | 0 |
| 18 | 284,5551 | 0.41 | 2,0130 | 0,0104 | 29.26 | 80 | 0 |
| 19 | 167,7032 | -2.58 | -7,5396 | 0,0104 | 29.26 | 80 | 0 |
| 20 | 37,1134 | -5.57 | -3,5997 | 0,0104 | 29.26 | 80 | 0 |
| 21 | 30,5691 | -8.57 | -4,5555 | 0,0105 | 29.26 | 80 | 0 |
| 22 | 24,9502 | -11.60 | -5,0164 | 0,0106 | 29.26 | 80 | 0 |
| 23 | 19,4405 | -14.66 | -4,9203 | 0,0107 | 29.26 | 80 | 0 |
| 24 | 12,5717 | -17.77 | -3,8360 | 0,0109 | 29.26 | 80 | 0 |
| 25 | 4,2775 | -20.93 | -1,5278 | 0,0111 | 29.26 | 80 | 0 |

$\Sigma W_i = 5505,2697$ [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 2240,4188$ [kN]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 2620,9470$ [kN]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 2257,9850$ [kN]

COMBINAZIONE n° 3

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 36,4708 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 34,2714 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 12,4738 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 0,00 | [m] | Y = -2,00 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 20,00 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 58,73 | [°] | | |
| Incremento sismico della spinta | 323,0614 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta | X = 0,00 | [m] | Y = -6,00 | [m] |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche | 42,55 | [°] | | |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 0,0000 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 0,00 | [m] | Y = 0,00 | [m] |
| Inerzia del muro | 115,9602 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del muro | 57,9801 | [kN] | | |
| Inerzia del terrapieno fondazione di monte | 0,0000 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte | 0,0000 | [kN] | | |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

Risultanti

| | | |
|---|-----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 453,8100 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 503,9753 | [kN] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 503,9753 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 453,8100 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 4,48 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | -9,22 | [m] |
| Risultante in fondazione | 678,1847 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 42,00 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 2255,5089 | [kNm] |

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 3

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|-------|----------|-----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,53 | 9,6704 | 2,4655 | 13,2916 |
| 3 | 1,07 | 20,8353 | 12,1728 | 29,1974 |
| 4 | 1,60 | 33,4613 | 30,4587 | 47,6256 |
| 5 | 2,14 | 47,4668 | 58,5516 | 68,3522 |
| 6 | 2,67 | 62,8299 | 97,6035 | 91,3168 |
| 7 | 3,21 | 78,6435 | 148,6045 | 112,8709 |
| 8 | 3,74 | 92,7717 | 208,8978 | 126,7090 |
| 9 | 4,28 | 107,2385 | 276,0208 | 140,2142 |
| 10 | 4,81 | 122,2824 | 349,9908 | 153,9608 |
| 11 | 5,35 | 137,9177 | 430,9211 | 167,9438 |
| 12 | 5,88 | 154,1534 | 518,9224 | 182,1601 |
| 13 | 6,42 | 170,9957 | 614,1032 | 196,6075 |
| 14 | 6,95 | 188,4488 | 716,5713 | 211,2844 |
| 15 | 7,49 | 206,5156 | 826,4335 | 226,1898 |
| 16 | 8,02 | 225,1983 | 943,7963 | 241,3228 |
| 17 | 8,56 | 244,4986 | 1068,7656 | 256,6828 |
| 18 | 9,09 | 264,4177 | 1201,4474 | 272,2693 |
| 19 | 9,63 | 284,9565 | 1341,9472 | 288,0820 |
| 20 | 10,16 | 306,1160 | 1490,3705 | 304,1206 |
| 21 | 10,70 | 327,8966 | 1646,8227 | 320,3847 |

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 3

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

| | |
|------------------|--|
| B | base della sezione espressa in [cm] |
| H | altezza della sezione espressa in [cm] |
| A _{fs} | area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq] |
| A _{fi} | area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq] |
| N _u | sforzo normale ultimo espresso in [kN] |
| M _u | momento ultimo espresso in [kNm] |
| CS | coefficiente sicurezza sezione |
| V _{Rcd} | Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN] |
| V _{Rsd} | Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN] |
| V _{Rd} | Resistenza al taglio, espresso in [kN] |

| Nr. | Y | B, H | A _{fs} | A _{fi} | N _u | M _u | CS | V _{Rd} | V _{Rcd} | V _{Rsd} |
|-----|-------|----------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|-----------------|------------------|------------------|
| 1 | 0,00 | 100, 40 | 14,07 | 8,04 | 0,00 | 0,00 | 1000,00 | 172,84 | -- | -- |
| 2 | 0,53 | 100, 45 | 14,07 | 8,04 | 2004,70 | -511,11 | 207,30 | 184,09 | -- | -- |
| 3 | 1,07 | 100, 50 | 42,22 | 22,12 | 1650,59 | -964,34 | 79,22 | 280,10 | -- | -- |
| 4 | 1,60 | 100, 54 | 42,22 | 22,12 | 1100,78 | -1002,00 | 32,90 | 294,97 | -- | -- |
| 5 | 2,14 | 100, 59 | 42,22 | 22,12 | 852,24 | -1051,26 | 17,95 | 309,57 | -- | -- |
| 6 | 2,67 | 100, 64 | 42,22 | 22,12 | 718,59 | -1116,29 | 11,44 | 323,96 | -- | -- |
| 7 | 3,21 | 100, 69 | 42,22 | 22,12 | 627,84 | -1186,36 | 7,98 | 338,04 | -- | -- |
| 8 | 3,74 | 100, 73 | 42,22 | 22,12 | 558,86 | -1258,42 | 6,02 | 351,57 | -- | -- |
| 9 | 4,28 | 100, 78 | 42,22 | 22,12 | 519,08 | -1336,05 | 4,84 | 364,85 | -- | -- |
| 10 | 4,81 | 100, 83 | 42,22 | 22,12 | 495,08 | -1416,99 | 4,05 | 377,94 | -- | -- |
| 11 | 5,35 | 100, 88 | 42,22 | 22,12 | 480,06 | -1499,94 | 3,48 | 390,87 | -- | -- |
| 12 | 5,88 | 100, 93 | 42,22 | 22,12 | 470,63 | -1584,27 | 3,05 | 403,67 | -- | -- |
| 13 | 6,42 | 100, 97 | 42,22 | 22,12 | 464,90 | -1669,60 | 2,72 | 416,35 | -- | -- |
| 14 | 6,95 | 100, 102 | 42,22 | 22,12 | 461,73 | -1755,73 | 2,45 | 428,92 | -- | -- |
| 15 | 7,49 | 100, 107 | 42,22 | 22,12 | 460,42 | -1842,50 | 2,23 | 441,40 | -- | -- |
| 16 | 8,02 | 100, 112 | 42,22 | 22,12 | 460,48 | -1929,84 | 2,04 | 453,80 | -- | -- |
| 17 | 8,56 | 100, 116 | 42,22 | 22,12 | 461,58 | -2017,67 | 1,89 | 466,14 | -- | -- |
| 18 | 9,09 | 100, 121 | 42,22 | 22,12 | 463,48 | -2105,94 | 1,75 | 478,42 | -- | -- |
| 19 | 9,63 | 100, 126 | 42,22 | 22,12 | 466,02 | -2194,61 | 1,64 | 490,65 | -- | -- |
| 20 | 10,16 | 100, 131 | 42,22 | 22,12 | 469,06 | -2283,67 | 1,53 | 502,84 | -- | -- |
| 21 | 10,70 | 100, 135 | 42,22 | 22,12 | 472,50 | -2373,09 | 1,44 | 515,00 | -- | -- |

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 3

Simbologia adottata

| | |
|-----------|--|
| B | base della sezione espressa in [cm] |
| H | altezza della sezione espressa in [cm] |
| A_{ri} | area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cm ²] |
| A_{rs} | area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cm ²] |
| N_u | sforzo normale ultimo espresso in [kN] |
| M_u | momento ultimo espresso in [kNm] |
| CS | coefficiente sicurezza sezione |
| V_{Rcd} | Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN] |
| V_{Rsd} | Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN] |
| V_{Rd} | Resistenza al taglio, espresso in [kN] |

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

| Nr. | Y | B, H | A_{rs} | A_{ri} | N_u | M_u | CS | V_{Rd} | V_{Rcd} | V_{Rsd} |
|-----|------|----------|----------|----------|-------|----------|---------|----------|-----------|-----------|
| 1 | 0,00 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 1608,53 | 412,02 | -- | -- |
| 2 | 0,05 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 60,69 | 412,02 | -- | -- |
| 3 | 0,10 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 38,35 | 412,02 | -- | -- |
| 4 | 0,15 | 100, 135 | 40,21 | 30,16 | 0,00 | -2011,56 | 28,29 | 412,02 | -- | -- |
| 5 | 0,20 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 22,22 | 412,02 | -- | -- |
| 6 | 0,25 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 18,11 | 412,02 | -- | -- |
| 7 | 0,30 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 15,09 | 412,02 | -- | -- |
| 8 | 0,35 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 12,77 | 412,02 | -- | -- |
| 9 | 0,40 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 10,96 | 412,02 | -- | -- |
| 10 | 0,45 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 9,50 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 11 | 0,50 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 8,31 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 12 | 0,55 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 7,32 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 13 | 0,60 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 6,50 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 14 | 0,65 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 5,82 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 15 | 0,70 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 5,24 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 16 | 0,75 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 4,35 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 17 | 0,80 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 3,61 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 18 | 0,85 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 3,10 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 19 | 0,90 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 2,72 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 20 | 0,95 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 2,43 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 21 | 1,00 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 2,19 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 22 | 1,05 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 2,00 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 23 | 1,10 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 1,84 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 24 | 1,15 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 1,70 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | | | | | |
|----|------|---------|-------|-------|------|---------|------|---------|---------|----------|
| 25 | 1,20 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 1,58 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 26 | 1,25 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 1,47 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 27 | 1,30 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 1,38 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 28 | 1,35 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 1,30 | 412,02 | -- | -- |
| 29 | 1,40 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 1,22 | 412,02 | -- | -- |
| 30 | 1,45 | 100,135 | 28,15 | 42,22 | 0,00 | 2109,09 | 1,60 | 412,02 | -- | -- |

Armature e tensioni piastre

Combinazione n° 3

| | |
|-----------------|--|
| X | ascissa sezione espressa in [m] |
| A _{fs} | area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq] |
| A _{ft} | area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq] |
| N _u | sforzo normale ultimo espresso in [kN] |
| M _u | momento ultimo espresso in [kNm] |
| CS | coefficiente sicurezza sezione |

Piastra fondazione valle

| Nr. | X | A _{fs} | A _{ft} | N _u | M _u | CS |
|-----|------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|------|
| 1 | 0,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,78 |
| 2 | 0,07 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 2,04 |
| 3 | 0,15 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 4,09 |
| 4 | 0,25 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 8,34 |
| 5 | 0,35 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,60 |
| 6 | 0,42 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 2,99 |
| 7 | 0,50 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 2,84 |
| 8 | 0,58 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 2,99 |
| 9 | 0,65 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,61 |
| 10 | 0,75 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 8,42 |
| 11 | 0,85 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 4,06 |
| 12 | 0,93 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 2,03 |
| 13 | 1,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,78 |
| 14 | 1,07 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 2,03 |
| 15 | 1,15 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 4,03 |
| 16 | 1,25 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 8,61 |
| 17 | 1,35 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,66 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | |
|----|------|------|------|------|---------|-------|
| 18 | 1,43 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,03 |
| 19 | 1,50 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 2,88 |
| 20 | 1,57 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,05 |
| 21 | 1,65 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,70 |
| 22 | 1,75 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 8,97 |
| 23 | 1,85 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 3,93 |
| 24 | 1,93 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,99 |
| 25 | 2,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,75 |
| 26 | 2,08 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,98 |
| 27 | 2,15 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 3,85 |
| 28 | 2,25 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 9,68 |
| 29 | 2,35 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,86 |
| 30 | 2,43 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,18 |
| 31 | 2,50 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,03 |
| 32 | 2,58 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,23 |
| 33 | 2,65 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,99 |
| 34 | 2,75 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 11,20 |
| 35 | 2,85 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 3,56 |
| 36 | 2,93 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,89 |
| 37 | 3,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,66 |
| 38 | 3,08 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,87 |
| 39 | 3,15 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 3,37 |
| 40 | 3,25 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 8,46 |
| 41 | 3,35 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 4,63 |
| 42 | 3,43 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 3,74 |
| 43 | 3,50 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,57 |
| 44 | 3,58 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 3,92 |
| 45 | 3,65 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 5,23 |
| 46 | 3,75 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 5,60 |
| 47 | 3,85 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 2,79 |
| 48 | 3,93 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,65 |
| 49 | 4,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,46 |
| 50 | 4,08 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,60 |
| 51 | 4,15 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 2,51 |
| 52 | 4,25 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 3,95 |
| 53 | 4,35 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 5,67 |
| 54 | 4,42 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 6,66 |
| 55 | 4,50 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 6,39 |
| 56 | 4,58 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 6,29 |
| 57 | 4,65 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 4,87 |
| 58 | 4,75 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 3,33 |
| 59 | 4,85 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,98 |
| 60 | 4,92 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,33 |
| 61 | 5,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,21 |
| 62 | 5,08 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,31 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | |
|----|------|------|------|------|---------|-------|
| 63 | 5,15 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,93 |
| 64 | 5,25 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 4,69 |
| 65 | 5,35 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 13,65 |
| 66 | 5,42 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 9,03 |
| 67 | 5,50 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 6,02 |
| 68 | 5,58 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 4,51 |
| 69 | 5,65 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,84 |
| 70 | 5,74 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,69 |
| 71 | 5,83 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 4,09 |
| 72 | 5,91 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 5,46 |
| 73 | 6,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 77,72 |

Analisi dei pali

Combinazione n° 3

Risultanti sulla base della fondazione (per metro lineare di muro)

| | | |
|-------------|-------|-----------|
| Orizzontale | [kN] | 453,810 |
| Verticale | [kN] | 503,975 |
| Momento | [kNm] | -2255,509 |

Spostamenti della piastra di fondazione

| | | |
|-------------|------|----------|
| Orizzontale | [cm] | 0,30208 |
| Verticale | [cm] | 0,05385 |
| Rotazione | [°] | -0,23215 |

Scarichi in testa ai pali

| Fila nr. | N.pali | N [kN] | T [kN] | M [kNm] | Tu [kN] | Mu [kNm] |
|----------|--------|----------|--------|---------|---------|----------|
| 1 | 11 | -1049,40 | 160,17 | -81,79 | 143,84 | -73,45 |
| 2 | 12 | 177,87 | 160,17 | -81,79 | 143,84 | -73,45 |
| 3 | 11 | 1405,15 | 160,17 | -81,79 | 143,84 | -73,45 |

Verifica a punzonamento della fondazione

| | |
|----------------|--|
| D | diámetro dei pali della fila espresso in [cm] |
| H _f | altezza della fondazione in corrispondenza della fila espressa in [cm] |
| S _i | superficie di aderenza palo-fondazione (H _f ID) espressa in [cmq] |
| N | sforzo normale trasmesso dal palo alla fondazione espresso in [kN] |
| τ _c | tensione tangenziale palo-fondazione espressa in [kPa] |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| Fila | D | H _f | S _I | N | τ _c |
|------|------|----------------|----------------|----------|----------------|
| 1 | 30,0 | 1205,0 | 113568,6 | -1049,40 | -92 |
| 2 | 30,0 | 135,0 | 12723,5 | 177,87 | 140 |
| 3 | 30,0 | 135,0 | 12723,5 | 1405,15 | 1104 |

COMBINAZIONE n° 4

| | | | | |
|--|-----------|-------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 36,4708 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 34,2714 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 12,4738 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 0,00 | [m] | Y = -2,00 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 20,00 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 58,73 | [°] | | |
| Incremento sismico della spinta | 242,1101 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta | X = 0,00 | [m] | Y = -6,00 | [m] |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche | 38,17 | [°] | | |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 0,0000 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 0,00 | [m] | Y = 0,00 | [m] |
| Inerzia del muro | 115,9602 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del muro | -57,9801 | [kN] | | |
| Inerzia del terrapieno fondazione di monte | 0,0000 | [kN] | | |
| Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte | 0,0000 | [kN] | | |
| <u>Risultanti</u> | | | | |
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 377,7406 | [kN] | | |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 360,3281 | [kN] | | |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 360,3281 | [kN] | | |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 377,7406 | [kN] | | |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 5,30 | [m] | | |
| Lunghezza fondazione reagente | -11,69 | [m] | | |
| Risultante in fondazione | 522,0386 | [kN] | | |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 46,35 | [°] | | |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 1909,9878 | [kNm] | | |

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 4

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|-------|----------|-----------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,53 | 8,6795 | 1,9591 | 10,5692 |
| 3 | 1,07 | 18,8536 | 9,7508 | 23,7527 |
| 4 | 1,60 | 30,4887 | 24,7120 | 39,4585 |
| 5 | 2,14 | 43,5033 | 48,0711 | 57,4627 |
| 6 | 2,67 | 57,8756 | 80,9798 | 77,7049 |
| 7 | 3,21 | 72,6369 | 124,4523 | 96,5611 |
| 8 | 3,74 | 85,6176 | 175,8729 | 107,7390 |
| 9 | 4,28 | 98,9369 | 232,7549 | 118,5841 |
| 10 | 4,81 | 112,8333 | 295,1154 | 129,6705 |
| 11 | 5,35 | 127,3211 | 363,0679 | 140,9934 |
| 12 | 5,88 | 142,4094 | 436,7228 | 152,5495 |
| 13 | 6,42 | 158,1042 | 516,1890 | 164,3367 |
| 14 | 6,95 | 174,4098 | 601,5741 | 176,3535 |
| 15 | 7,49 | 191,3291 | 692,9848 | 188,5987 |
| 16 | 8,02 | 208,8643 | 790,5278 | 201,0716 |
| 17 | 8,56 | 227,0171 | 894,3089 | 213,7714 |
| 18 | 9,09 | 245,7887 | 1004,4340 | 226,6978 |
| 19 | 9,63 | 265,1801 | 1121,0088 | 239,8503 |
| 20 | 10,16 | 285,1921 | 1244,1387 | 253,2287 |
| 21 | 10,70 | 305,8252 | 1373,9291 | 266,8327 |

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 4

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

| | |
|------------------|--|
| B | base della sezione espressa in [cm] |
| H | altezza della sezione espressa in [cm] |
| A _{fs} | area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq] |
| A _{fi} | area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq] |
| N _u | sforzo normale ultimo espresso in [kN] |
| M _u | momento ultimo espresso in [kNm] |
| CS | coefficiente sicurezza sezione |
| V _{Rcd} | Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN] |
| V _{Rsd} | Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN] |
| V _{Rd} | Resistenza al taglio, espresso in [kN] |

| Nr. | Y | B, H | A _{fs} | A _{fi} | N _u | M _u | CS | V _{Rd} | V _{Rcd} | V _{Rsd} |
|-----|-------|----------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|-----------------|------------------|------------------|
| 1 | 0,00 | 100, 40 | 14,07 | 8,04 | 0,00 | 0,00 | 1000,00 | 172,84 | -- | -- |
| 2 | 0,53 | 100, 45 | 14,07 | 8,04 | 2387,70 | -538,94 | 275,10 | 183,95 | -- | -- |
| 3 | 1,07 | 100, 50 | 42,22 | 22,12 | 1909,59 | -987,62 | 101,29 | 279,82 | -- | -- |
| 4 | 1,60 | 100, 54 | 42,22 | 22,12 | 1277,33 | -1035,31 | 41,90 | 294,55 | -- | -- |
| 5 | 2,14 | 100, 59 | 42,22 | 22,12 | 974,70 | -1077,04 | 22,41 | 309,00 | -- | -- |
| 6 | 2,67 | 100, 64 | 42,22 | 22,12 | 813,58 | -1138,36 | 14,06 | 323,25 | -- | -- |
| 7 | 3,21 | 100, 69 | 42,22 | 22,12 | 703,66 | -1205,62 | 9,69 | 337,18 | -- | -- |
| 8 | 3,74 | 100, 73 | 42,22 | 22,12 | 620,95 | -1275,53 | 7,25 | 350,54 | -- | -- |
| 9 | 4,28 | 100, 78 | 42,22 | 22,12 | 574,97 | -1352,65 | 5,81 | 363,65 | -- | -- |
| 10 | 4,81 | 100, 83 | 42,22 | 22,12 | 548,24 | -1433,91 | 4,86 | 376,57 | -- | -- |
| 11 | 5,35 | 100, 88 | 42,22 | 22,12 | 532,22 | -1517,66 | 4,18 | 389,34 | -- | -- |
| 12 | 5,88 | 100, 93 | 42,22 | 22,12 | 522,74 | -1603,08 | 3,67 | 401,96 | -- | -- |
| 13 | 6,42 | 100, 97 | 42,22 | 22,12 | 517,55 | -1689,73 | 3,27 | 414,47 | -- | -- |
| 14 | 6,95 | 100, 102 | 42,22 | 22,12 | 515,29 | -1777,34 | 2,95 | 426,87 | -- | -- |
| 15 | 7,49 | 100, 107 | 42,22 | 22,12 | 515,12 | -1865,73 | 2,69 | 439,18 | -- | -- |
| 16 | 8,02 | 100, 112 | 42,22 | 22,12 | 516,48 | -1954,81 | 2,47 | 451,42 | -- | -- |
| 17 | 8,56 | 100, 116 | 42,22 | 22,12 | 518,98 | -2044,48 | 2,29 | 463,58 | -- | -- |
| 18 | 9,09 | 100, 121 | 42,22 | 22,12 | 522,36 | -2134,68 | 2,13 | 475,69 | -- | -- |
| 19 | 9,63 | 100, 126 | 42,22 | 22,12 | 526,42 | -2225,38 | 1,99 | 487,75 | -- | -- |
| 20 | 10,16 | 100, 131 | 42,22 | 22,12 | 531,02 | -2316,54 | 1,86 | 499,77 | -- | -- |
| 21 | 10,70 | 100, 135 | 42,22 | 22,12 | 536,03 | -2408,13 | 1,75 | 511,76 | -- | -- |

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 4

Simbologia adottata

| | |
|------------------|---|
| B | base della sezione espressa in [cm] |
| H | altezza della sezione espressa in [cm] |
| A _{ri} | area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq] |
| A _{rs} | area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq] |
| N _u | sforzo normale ultimo espresso in [kN] |
| M _u | momento ultimo espresso in [kNm] |
| CS | coefficiente sicurezza sezione |
| V _{Rcd} | Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN] |
| V _{Rsd} | Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN] |
| VRd | Resistenza al taglio, espresso in [kN] |

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

| Nr. | Y | B, H | A _{rs} | A _{ri} | N _u | M _u | CS | V _{Rd} | V _{Rcd} | V _{Rsd} |
|-----|------|----------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|-----------------|------------------|------------------|
| 1 | 0,00 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 1943,25 | 412,02 | -- | -- |
| 2 | 0,05 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 73,22 | 412,02 | -- | -- |
| 3 | 0,10 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 46,30 | 412,02 | -- | -- |
| 4 | 0,15 | 100, 135 | 40,21 | 30,16 | 0,00 | -2011,56 | 34,17 | 412,02 | -- | -- |
| 5 | 0,20 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 26,86 | 412,02 | -- | -- |
| 6 | 0,25 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 21,91 | 412,02 | -- | -- |
| 7 | 0,30 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 18,26 | 412,02 | -- | -- |
| 8 | 0,35 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 15,45 | 412,02 | -- | -- |
| 9 | 0,40 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 13,27 | 412,02 | -- | -- |
| 10 | 0,45 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 11,51 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 11 | 0,50 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 10,07 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 12 | 0,55 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 8,88 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 13 | 0,60 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 7,89 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 14 | 0,65 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 7,06 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 15 | 0,70 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 6,36 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 16 | 0,75 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 5,28 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 17 | 0,80 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 4,38 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 18 | 0,85 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 3,76 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 19 | 0,90 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 3,30 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 20 | 0,95 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 2,94 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 21 | 1,00 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 2,66 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 22 | 1,05 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 2,42 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 23 | 1,10 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 2,23 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 24 | 1,15 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 2,06 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | | | | | |
|----|------|---------|-------|-------|------|---------|------|---------|---------|----------|
| 25 | 1,20 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 1,91 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 26 | 1,25 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 1,78 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 27 | 1,30 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 1,67 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 28 | 1,35 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 1,57 | 412,02 | -- | -- |
| 29 | 1,40 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 1,48 | 412,02 | -- | -- |
| 30 | 1,45 | 100,135 | 28,15 | 42,22 | 0,00 | 2109,09 | 1,95 | 412,02 | -- | -- |

Armature e tensioni piastre

Combinazione n° 4

| | |
|-----------------|--|
| X | ascissa sezione espressa in [m] |
| A _{fs} | area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq] |
| A _{ft} | area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq] |
| N _u | sforzo normale ultimo espresso in [kN] |
| M _u | momento ultimo espresso in [kNm] |
| CS | coefficiente sicurezza sezione |

Piastra fondazione valle

| Nr. | X | A _{fs} | A _{ft} | N _u | M _u | CS |
|-----|------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------|
| 1 | 0,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 2,15 |
| 2 | 0,07 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 2,46 |
| 3 | 0,15 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 4,93 |
| 4 | 0,25 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 10,06 |
| 5 | 0,35 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 4,35 |
| 6 | 0,42 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,61 |
| 7 | 0,50 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,42 |
| 8 | 0,58 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,61 |
| 9 | 0,65 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 4,36 |
| 10 | 0,75 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 10,16 |
| 11 | 0,85 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 4,89 |
| 12 | 0,93 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 2,45 |
| 13 | 1,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 2,14 |
| 14 | 1,07 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 2,44 |
| 15 | 1,15 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 4,86 |
| 16 | 1,25 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 10,38 |
| 17 | 1,35 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 4,42 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | |
|----|------|------|------|------|---------|-------|
| 18 | 1,43 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,66 |
| 19 | 1,50 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,47 |
| 20 | 1,57 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,67 |
| 21 | 1,65 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 4,46 |
| 22 | 1,75 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 10,82 |
| 23 | 1,85 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 4,74 |
| 24 | 1,93 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 2,40 |
| 25 | 2,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 2,11 |
| 26 | 2,08 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 2,39 |
| 27 | 2,15 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 4,65 |
| 28 | 2,25 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 11,67 |
| 29 | 2,35 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 4,66 |
| 30 | 2,43 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,84 |
| 31 | 2,50 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,65 |
| 32 | 2,58 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,89 |
| 33 | 2,65 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 4,82 |
| 34 | 2,75 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 13,51 |
| 35 | 2,85 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 4,29 |
| 36 | 2,93 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 2,28 |
| 37 | 3,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 2,00 |
| 38 | 3,08 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 2,25 |
| 39 | 3,15 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 4,07 |
| 40 | 3,25 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 10,21 |
| 41 | 3,35 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 5,59 |
| 42 | 3,43 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 4,50 |
| 43 | 3,50 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 4,31 |
| 44 | 3,58 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 4,72 |
| 45 | 3,65 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 6,30 |
| 46 | 3,75 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 6,75 |
| 47 | 3,85 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 3,37 |
| 48 | 3,93 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,99 |
| 49 | 4,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,76 |
| 50 | 4,08 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,93 |
| 51 | 4,15 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 3,02 |
| 52 | 4,25 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 4,77 |
| 53 | 4,35 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 6,83 |
| 54 | 4,42 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 8,02 |
| 55 | 4,50 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 7,70 |
| 56 | 4,58 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 7,59 |
| 57 | 4,65 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 5,87 |
| 58 | 4,75 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 4,01 |
| 59 | 4,85 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 2,39 |
| 60 | 4,92 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,60 |
| 61 | 5,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,46 |
| 62 | 5,08 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,58 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | |
|----|------|------|------|------|---------|-------|
| 63 | 5,15 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 2,33 |
| 64 | 5,25 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 5,66 |
| 65 | 5,35 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 16,57 |
| 66 | 5,42 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 10,87 |
| 67 | 5,50 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 7,26 |
| 68 | 5,58 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 5,44 |
| 69 | 5,65 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 4,63 |
| 70 | 5,74 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 4,45 |
| 71 | 5,83 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 4,93 |
| 72 | 5,91 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 6,59 |
| 73 | 6,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 93,91 |

Analisi dei pali

Combinazione n° 4

Risultanti sulla base della fondazione (per metro lineare di muro)

| | | |
|-------------|-------|-----------|
| Orizzontale | [kN] | 377,741 |
| Verticale | [kN] | 360,328 |
| Momento | [kNm] | -1909,988 |

Spostamenti della piastra di fondazione

| | | |
|-------------|------|----------|
| Orizzontale | [cm] | 0,25397 |
| Verticale | [cm] | 0,03864 |
| Rotazione | [°] | -0,19628 |

Scarichi in testa ai pali

| Fila nr. | N.pali | N [kN] | T [kN] | M [kNm] | Tu [kN] | Mu [kNm] |
|----------|--------|---------|--------|---------|---------|----------|
| 1 | 11 | -910,47 | 133,32 | -70,15 | 143,09 | -75,29 |
| 2 | 12 | 127,17 | 133,32 | -70,15 | 143,09 | -75,29 |
| 3 | 11 | 1164,82 | 133,32 | -70,15 | 143,09 | -75,29 |

Verifica a punzonamento della fondazione

| | |
|----------------|--|
| D | diámetro dei pali della fila espresso in [cm] |
| H _f | altezza della fondazione in corrispondenza della fila espressa in [cm] |
| S _i | superficie di aderenza palo-fondazione (H _f A _{ID}) espressa in [cmq] |
| N | sforzo normale trasmesso dal palo alla fondazione espresso in [kN] |
| τ _c | tensione tangenziale palo-fondazione espressa in [kPa] |

| Fila | D | H _f | S _i | N | τ _c |
|------|------|----------------|----------------|---------|----------------|
| 1 | 30,0 | 1205,0 | 113568,6 | -910,47 | -80 |
| 2 | 30,0 | 135,0 | 12723,5 | 127,17 | 100 |
| 3 | 30,0 | 135,0 | 12723,5 | 1164,82 | 915 |

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 5

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

| | |
|---|---|
| W | peso della striscia espresso in [kN] |
| α | angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario) |
| φ | angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia |
| c | coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa] |
| b | larghezza della striscia espressa in [m] |
| u | pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa] |

Metodo di Fellenius

| | |
|-----------------------------|----|
| Numero di cerchi analizzati | 36 |
| Numero di strisce | 25 |

Cerchio critico

| | | |
|-----------------------------|----------------------------|------------|
| Coordinate del centro | X[m]= -8,14 | Y[m]= 8,14 |
| Raggio del cerchio | R[m]= 40,91 | |
| Ascissa a valle del cerchio | X _i [m]= -44,46 | |
| Ascissa a monte del cerchio | X _s [m]= 31,96 | |
| Larghezza della striscia | dx[m]= 3,06 | |
| Coefficiente di sicurezza | C= 2.11 | |

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

| Striscia | W | α(°) | W sin α | b/cos α | φ | c | u |
|----------|-----------|-------|-----------|---------|-------|----|---|
| 1 | 272,9893 | 71.66 | 259,1277 | 0,0953 | 27.80 | 54 | 0 |
| 2 | 738,1786 | 60.53 | 642,6781 | 0,0609 | 29.26 | 80 | 0 |
| 3 | 1040,3537 | 52.65 | 826,9731 | 0,0494 | 29.26 | 80 | 0 |
| 4 | 1323,8129 | 46.03 | 952,7558 | 0,0432 | 29.26 | 80 | 0 |
| 5 | 2012,9143 | 40.14 | 1297,7433 | 0,0392 | 29.26 | 80 | 0 |
| 6 | 2072,6455 | 34.74 | 1180,9989 | 0,0365 | 29.26 | 80 | 0 |
| 7 | 2105,5157 | 29.67 | 1042,1176 | 0,0345 | 29.26 | 80 | 0 |
| 8 | 2115,7789 | 24.84 | 888,8816 | 0,0330 | 29.26 | 80 | 0 |
| 9 | 2106,2565 | 20.20 | 727,3179 | 0,0319 | 29.26 | 80 | 0 |
| 10 | 2078,8810 | 15.70 | 562,3756 | 0,0311 | 29.26 | 80 | 0 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | | |
|----|-----------|--------|-----------|--------|-------|----|---|
| 11 | 1912,4804 | 11.29 | 374,3337 | 0,0306 | 29.26 | 80 | 0 |
| 12 | 1400,9883 | 6.95 | 169,4508 | 0,0302 | 29.26 | 80 | 0 |
| 13 | 1412,0680 | 2.65 | 65,1992 | 0,0300 | 29.26 | 80 | 0 |
| 14 | 1413,7954 | -1.64 | -40,4405 | 0,0300 | 29.26 | 80 | 0 |
| 15 | 1400,7900 | -5.93 | -144,8163 | 0,0301 | 29.26 | 80 | 0 |
| 16 | 1372,8280 | -10.26 | -244,5859 | 0,0305 | 29.26 | 80 | 0 |
| 17 | 1329,4122 | -14.65 | -336,2708 | 0,0310 | 29.26 | 80 | 0 |
| 18 | 1269,7252 | -19.13 | -416,1390 | 0,0317 | 29.26 | 80 | 0 |
| 19 | 1192,5451 | -23.74 | -480,0509 | 0,0327 | 29.26 | 80 | 0 |
| 20 | 1096,0996 | -28.51 | -523,2386 | 0,0341 | 29.26 | 80 | 0 |
| 21 | 977,8127 | -33.52 | -539,9598 | 0,0360 | 29.26 | 80 | 0 |
| 22 | 833,8379 | -38.84 | -522,9028 | 0,0385 | 29.26 | 80 | 0 |
| 23 | 658,1182 | -44.59 | -462,0474 | 0,0421 | 29.26 | 80 | 0 |
| 24 | 440,2054 | -51.01 | -342,1287 | 0,0476 | 29.26 | 80 | 0 |
| 25 | 158,8487 | -58.51 | -135,4567 | 0,0574 | 29.26 | 80 | 0 |

$\Sigma W_i = 32736,8816$ [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 4801,9157$ [kN]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 16038,6404$ [kN]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 7803,9295$ [kN]

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 6

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -8,14 Y[m]= 8,14

Raggio del cerchio R[m]= 40,91

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -44,46

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

Ascissa a monte del cerchio $X_s[m]= 31,96$

Larghezza della striscia $dx[m]= 3,06$

Coefficiente di sicurezza $C= 1.91$

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

| Striscia | W | $\alpha(^{\circ})$ | $W\sin\alpha$ | $b/\cos\alpha$ | ϕ | c | u |
|----------|-----------|--------------------|---------------|----------------|--------|----|---|
| 1 | 272,9893 | 71.66 | 259,1277 | 0,0953 | 27.80 | 54 | 0 |
| 2 | 738,1786 | 60.53 | 642,6781 | 0,0609 | 29.26 | 80 | 0 |
| 3 | 1040,3537 | 52.65 | 826,9731 | 0,0494 | 29.26 | 80 | 0 |
| 4 | 1323,8129 | 46.03 | 952,7558 | 0,0432 | 29.26 | 80 | 0 |
| 5 | 2012,9143 | 40.14 | 1297,7433 | 0,0392 | 29.26 | 80 | 0 |
| 6 | 2072,6455 | 34.74 | 1180,9989 | 0,0365 | 29.26 | 80 | 0 |
| 7 | 2105,5157 | 29.67 | 1042,1176 | 0,0345 | 29.26 | 80 | 0 |
| 8 | 2115,7789 | 24.84 | 888,8816 | 0,0330 | 29.26 | 80 | 0 |
| 9 | 2106,2565 | 20.20 | 727,3179 | 0,0319 | 29.26 | 80 | 0 |
| 10 | 2078,8810 | 15.70 | 562,3756 | 0,0311 | 29.26 | 80 | 0 |
| 11 | 1912,4804 | 11.29 | 374,3337 | 0,0306 | 29.26 | 80 | 0 |
| 12 | 1400,9883 | 6.95 | 169,4508 | 0,0302 | 29.26 | 80 | 0 |
| 13 | 1412,0680 | 2.65 | 65,1992 | 0,0300 | 29.26 | 80 | 0 |
| 14 | 1413,7954 | -1.64 | -40,4405 | 0,0300 | 29.26 | 80 | 0 |
| 15 | 1400,7900 | -5.93 | -144,8163 | 0,0301 | 29.26 | 80 | 0 |
| 16 | 1372,8280 | -10.26 | -244,5859 | 0,0305 | 29.26 | 80 | 0 |
| 17 | 1329,4122 | -14.65 | -336,2708 | 0,0310 | 29.26 | 80 | 0 |
| 18 | 1269,7252 | -19.13 | -416,1390 | 0,0317 | 29.26 | 80 | 0 |
| 19 | 1192,5451 | -23.74 | -480,0509 | 0,0327 | 29.26 | 80 | 0 |
| 20 | 1096,0996 | -28.51 | -523,2386 | 0,0341 | 29.26 | 80 | 0 |
| 21 | 977,8127 | -33.52 | -539,9598 | 0,0360 | 29.26 | 80 | 0 |
| 22 | 833,8379 | -38.84 | -522,9028 | 0,0385 | 29.26 | 80 | 0 |
| 23 | 658,1182 | -44.59 | -462,0474 | 0,0421 | 29.26 | 80 | 0 |
| 24 | 440,2054 | -51.01 | -342,1287 | 0,0476 | 29.26 | 80 | 0 |
| 25 | 158,8487 | -58.51 | -135,4567 | 0,0574 | 29.26 | 80 | 0 |

$\Sigma W_i= 32736,8816$ [kN]

$\Sigma W_i\sin\alpha_i= 4801,9157$ [kN]

$\Sigma W_i\cos\alpha_i\tan\phi_i= 16038,6404$ [kN]

$\Sigma c_i b_i/\cos\alpha_i= 7803,9295$ [kN]

COMBINAZIONE n° 7

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | |
|--|----------|-------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 36,4708 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 34,2714 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 12,4738 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 0,00 | [m] | Y = -2,00 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 20,00 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 58,73 | [°] | | |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 0,0000 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 0,00 | [m] | Y = 0,00 | [m] |
| <i>Risultanti</i> | | | | |
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 34,2714 | [kN] | | |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 335,5017 | [kN] | | |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 335,5017 | [kN] | | |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 34,2714 | [kN] | | |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0,34 | [m] | | |
| Lunghezza fondazione reagente | 2,80 | [m] | | |
| Risultante in fondazione | 337,2475 | [kN] | | |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 5,83 | [°] | | |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 115,1420 | [kNm] | | |

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 7

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|------|----------|----------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,53 | 5,9377 | 0,0340 | 1,0406 |
| 3 | 1,07 | 13,3699 | 0,8738 | 4,4713 |
| 4 | 1,60 | 22,2633 | 3,7362 | 10,2000 |
| 5 | 2,14 | 32,5361 | 9,7297 | 18,0029 |
| 6 | 2,67 | 44,1666 | 19,8861 | 27,8196 |
| 7 | 3,21 | 55,9755 | 35,1964 | 36,1085 |
| 8 | 3,74 | 65,5283 | 53,2379 | 36,6790 |
| 9 | 4,28 | 75,4597 | 71,1747 | 36,6790 |
| 10 | 4,81 | 86,0157 | 88,8661 | 36,6790 |
| 11 | 5,35 | 97,1963 | 106,2969 | 36,6790 |
| 12 | 5,88 | 109,0015 | 123,4522 | 36,6790 |

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | |
|----|-------|----------|----------|---------|
| 13 | 6,42 | 121,4314 | 140,3170 | 36,6790 |
| 14 | 6,95 | 134,4859 | 156,8764 | 36,6790 |
| 15 | 7,49 | 148,1651 | 173,1152 | 36,6790 |
| 16 | 8,02 | 162,4688 | 189,0187 | 36,6790 |
| 17 | 8,56 | 177,3972 | 204,5716 | 36,6790 |
| 18 | 9,09 | 192,9503 | 219,7591 | 36,6790 |
| 19 | 9,63 | 209,1279 | 234,5662 | 36,6790 |
| 20 | 10,16 | 225,9302 | 248,9779 | 36,6790 |
| 21 | 10,70 | 243,3572 | 262,9791 | 36,6790 |

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 7

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

| | |
|-----------------|--|
| B | base della sezione espressa in [cm] |
| H | altezza della sezione espressa in [cm] |
| A _{fs} | area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq] |
| A _{fi} | area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq] |
| σ _c | tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa] |
| τ _c | tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa] |
| σ _{fs} | tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa] |
| σ _{fi} | tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa] |

| Nr. | Y | B, H | A _{fs} | A _{fi} | σ _c | τ _c | σ _{fs} | σ _{fi} |
|-----|------|----------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 0,00 | 100, 40 | 14,07 | 8,04 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0,53 | 100, 45 | 14,07 | 8,04 | 14 | 3 | -167 | -204 |
| 3 | 1,07 | 100, 50 | 42,22 | 22,12 | 41 | 11 | -122 | -578 |
| 4 | 1,60 | 100, 54 | 42,22 | 22,12 | 97 | 23 | 313 | -1357 |
| 5 | 2,14 | 100, 59 | 42,22 | 22,12 | 196 | 38 | 1799 | -2691 |
| 6 | 2,67 | 100, 64 | 42,22 | 22,12 | 335 | 54 | 4574 | -4554 |
| 7 | 3,21 | 100, 69 | 42,22 | 22,12 | 510 | 65 | 8790 | -6895 |
| 8 | 3,74 | 100, 73 | 42,22 | 22,12 | 676 | 61 | 13484 | -9138 |
| 9 | 4,28 | 100, 78 | 42,22 | 22,12 | 808 | 57 | 17395 | -10940 |
| 10 | 4,81 | 100, 83 | 42,22 | 22,12 | 912 | 54 | 20579 | -12388 |
| 11 | 5,35 | 100, 88 | 42,22 | 22,12 | 994 | 51 | 23140 | -13556 |
| 12 | 5,88 | 100, 93 | 42,22 | 22,12 | 1058 | 48 | 25168 | -14498 |
| 13 | 6,42 | 100, 97 | 42,22 | 22,12 | 1109 | 46 | 26733 | -15255 |
| 14 | 6,95 | 100, 102 | 42,22 | 22,12 | 1148 | 44 | 27892 | -15859 |
| 15 | 7,49 | 100, 107 | 42,22 | 22,12 | 1178 | 42 | 28693 | -16334 |
| 16 | 8,02 | 100, 112 | 42,22 | 22,12 | 1200 | 40 | 29177 | -16700 |
| 17 | 8,56 | 100, 116 | 42,22 | 22,12 | 1215 | 38 | 29377 | -16972 |
| 18 | 9,09 | 100, 121 | 42,22 | 22,12 | 1225 | 37 | 29322 | -17163 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | | | |
|----|-------|---------|-------|-------|------|----|-------|--------|
| 19 | 9,63 | 100,126 | 42,22 | 22,12 | 1229 | 35 | 29038 | -17282 |
| 20 | 10,16 | 100,131 | 42,22 | 22,12 | 1229 | 34 | 28546 | -17337 |
| 21 | 10,70 | 100,135 | 42,22 | 22,12 | 1226 | 33 | 27868 | -17336 |

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 7

Simbologia adottata

| | |
|---------------|--|
| B | base della sezione espressa in [cm] |
| H | altezza della sezione espressa in [cm] |
| A_{fi} | area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq] |
| A_{fs} | area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq] |
| σ_c | tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa] |
| τ_c | tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa] |
| σ_{fi} | tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kPa] |
| σ_{fs} | tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kPa] |

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

| Nr. | X | B, H | A_{fs} | A_{fi} | σ_c | τ_c | σ_{fi} | σ_{fs} |
|-----|------|---------|----------|----------|------------|----------|---------------|---------------|
| 1 | 0,00 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 1 | -5 | 16 | 31 |
| 2 | 0,05 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 15 | -4 | 860 | 323 |
| 3 | 0,10 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 23 | -5 | 1337 | 585 |
| 4 | 0,15 | 100,135 | 40,21 | 30,16 | 29 | -9 | 1772 | 569 |
| 5 | 0,20 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 38 | -16 | 2219 | 982 |
| 6 | 0,25 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 46 | -23 | 2670 | 1107 |
| 7 | 0,30 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 55 | -31 | 3146 | 1261 |
| 8 | 0,35 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 63 | -34 | 3656 | 2002 |
| 9 | 0,40 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 73 | 26 | 4193 | 2722 |
| 10 | 0,45 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 83 | 36 | 4769 | 2682 |
| 11 | 0,50 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 93 | 61 | 5384 | 2027 |
| 12 | 0,55 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 105 | 85 | 6036 | -1398 |
| 13 | 0,60 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 117 | 109 | 6722 | -1557 |
| 14 | 0,65 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 129 | 132 | 7438 | -1723 |
| 15 | 0,70 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 142 | 132 | 8179 | -1894 |
| 16 | 0,75 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 173 | 130 | 9948 | -2304 |
| 17 | 0,80 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 211 | 129 | 12140 | -2811 |
| 18 | 0,85 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 247 | 127 | 14230 | -3295 |
| 19 | 0,90 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 282 | 126 | 16261 | -3766 |
| 20 | 0,95 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 317 | 124 | 18260 | -4228 |
| 21 | 1,00 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 351 | 123 | 20243 | -4688 |
| 22 | 1,05 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 386 | 121 | 22227 | -5147 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | | | |
|----|------|---------|-------|-------|-----|-----|-------|-------|
| 23 | 1,10 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 420 | 120 | 24223 | -5609 |
| 24 | 1,15 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 455 | 118 | 26244 | -6077 |
| 25 | 1,20 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 491 | 116 | 28297 | -6553 |
| 26 | 1,25 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 527 | 115 | 30383 | -7036 |
| 27 | 1,30 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 564 | 140 | 32488 | -7523 |
| 28 | 1,35 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 600 | 168 | 34591 | -8010 |
| 29 | 1,40 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 655 | 195 | 37745 | -8741 |
| 30 | 1,45 | 100,135 | 28,15 | 42,22 | 661 | 219 | 31002 | -8980 |

Armature e tensioni piastre

Combinazione n° 7

| | |
|----------|--|
| X | ascissa sezione espressa in [m] |
| A_{fs} | area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq] |
| A_{fi} | area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq] |
| N_u | sforzo normale ultimo espresso in [kN] |
| M_u | momento ultimo espresso in [kNm] |
| CS | coefficiente sicurezza sezione |

Piastra fondazione valle

| Nr. | X | A_{fs} | A_{fi} | σ_{fs} | σ_{fi} | σ_c | τ_c |
|-----|------|----------|----------|---------------|---------------|------------|----------|
| 1 | 0,00 | 3,93 | 3,93 | 29047 | -2046 | 185 | 8 |
| 2 | 0,07 | 3,93 | 3,93 | 25427 | -1791 | 162 | 21 |
| 3 | 0,15 | 3,93 | 3,93 | 12657 | 1596 | 80 | 42 |
| 4 | 0,25 | 3,93 | 3,93 | 784 | 6259 | 40 | 35 |
| 5 | 0,35 | 3,93 | 3,93 | 1093 | 14342 | 91 | 25 |
| 6 | 0,42 | 3,93 | 3,93 | 3881 | 17267 | 110 | 12 |
| 7 | 0,50 | 3,93 | 3,93 | 4158 | 18189 | 116 | -6 |
| 8 | 0,58 | 3,93 | 3,93 | 3881 | 17249 | 110 | -12 |
| 9 | 0,65 | 3,93 | 3,93 | 1094 | 14305 | 91 | -25 |
| 10 | 0,75 | 3,93 | 3,93 | 915 | 6198 | 39 | -36 |
| 11 | 0,85 | 3,93 | 3,93 | 12743 | 1592 | 81 | -42 |
| 12 | 0,93 | 3,93 | 3,93 | 25532 | -1798 | 162 | -20 |
| 13 | 1,00 | 3,93 | 3,93 | 29172 | -2055 | 185 | -8 |
| 14 | 1,07 | 3,93 | 3,93 | 25573 | -1801 | 163 | 21 |
| 15 | 1,15 | 3,93 | 3,93 | 12824 | 1589 | 81 | 41 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | | |
|----|------|------|------|-------|-------|-----|-----|
| 16 | 1,25 | 3,93 | 3,93 | 1210 | 6063 | 39 | 35 |
| 17 | 1,35 | 3,93 | 3,93 | 1099 | 14114 | 90 | 24 |
| 18 | 1,43 | 3,93 | 3,93 | 3887 | 17014 | 108 | 11 |
| 19 | 1,50 | 3,93 | 3,93 | 4169 | 17909 | 114 | -6 |
| 20 | 1,57 | 3,93 | 3,93 | 3888 | 16941 | 108 | -12 |
| 21 | 1,65 | 3,93 | 3,93 | 1102 | 13968 | 89 | -25 |
| 22 | 1,75 | 3,93 | 3,93 | 1721 | 5818 | 37 | -36 |
| 23 | 1,85 | 3,93 | 3,93 | 13170 | 1574 | 84 | -39 |
| 24 | 1,93 | 3,93 | 3,93 | 25997 | -1831 | 165 | -19 |
| 25 | 2,00 | 3,93 | 3,93 | 29677 | -2090 | 189 | -9 |
| 26 | 2,08 | 3,93 | 3,93 | 26122 | -1840 | 166 | 21 |
| 27 | 2,15 | 3,93 | 3,93 | 13436 | 1563 | 85 | 42 |
| 28 | 2,25 | 3,93 | 3,93 | 2585 | 5396 | 34 | 36 |
| 29 | 2,35 | 3,93 | 3,93 | 1117 | 13371 | 85 | 24 |
| 30 | 2,43 | 3,93 | 3,93 | 3907 | 16208 | 103 | 10 |
| 31 | 2,50 | 3,93 | 3,93 | 4210 | 17034 | 108 | -7 |
| 32 | 2,58 | 3,93 | 3,93 | 3913 | 15991 | 102 | -12 |
| 33 | 2,65 | 3,93 | 3,93 | 1128 | 12937 | 82 | -26 |
| 34 | 2,75 | 3,93 | 3,93 | 3956 | 4667 | 30 | -34 |
| 35 | 2,85 | 3,93 | 3,93 | 14559 | 1509 | 93 | -38 |
| 36 | 2,93 | 3,93 | 3,93 | 27393 | -1929 | 174 | -21 |
| 37 | 3,00 | 3,93 | 3,93 | 31193 | -2197 | 198 | -10 |
| 38 | 3,08 | 3,93 | 3,93 | 27768 | -1956 | 176 | 21 |
| 39 | 3,15 | 3,93 | 3,93 | 15370 | 1464 | 98 | 42 |
| 40 | 3,25 | 3,93 | 3,93 | 6138 | 3400 | 39 | 34 |
| 41 | 3,35 | 3,93 | 3,93 | 1959 | 11144 | 71 | 23 |
| 42 | 3,43 | 3,93 | 3,93 | 3989 | 13791 | 88 | 10 |
| 43 | 3,50 | 3,93 | 3,93 | 4375 | 14413 | 92 | -9 |
| 44 | 3,58 | 3,93 | 3,93 | 4016 | 13151 | 84 | -14 |
| 45 | 3,65 | 3,93 | 3,93 | 3889 | 9861 | 63 | -26 |
| 46 | 3,75 | 3,93 | 3,93 | 9290 | 2433 | 59 | -34 |
| 47 | 3,85 | 3,93 | 3,93 | 18571 | -1308 | 118 | -41 |
| 48 | 3,93 | 3,93 | 3,93 | 31476 | -2217 | 200 | -24 |
| 49 | 4,00 | 3,93 | 3,93 | 35577 | -2506 | 226 | -13 |
| 50 | 4,08 | 3,93 | 3,93 | 32520 | -2290 | 207 | 23 |
| 51 | 4,15 | 3,93 | 3,93 | 20720 | -1459 | 132 | 44 |
| 52 | 4,25 | 3,93 | 3,93 | 13169 | 2247 | 84 | 35 |
| 53 | 4,35 | 3,93 | 3,93 | 9223 | 5334 | 59 | 22 |
| 54 | 4,42 | 3,93 | 3,93 | 7479 | 7626 | 48 | 11 |
| 55 | 4,50 | 3,93 | 3,93 | 7140 | 7925 | 50 | -11 |
| 56 | 4,58 | 3,93 | 3,93 | 8327 | 6371 | 53 | -15 |
| 57 | 4,65 | 3,93 | 3,93 | 10731 | 2843 | 68 | -25 |
| 58 | 4,75 | 3,93 | 3,93 | 15677 | 1933 | 100 | -35 |
| 59 | 4,85 | 3,93 | 3,93 | 26202 | -1845 | 167 | -42 |
| 60 | 4,92 | 3,93 | 3,93 | 39049 | -2750 | 248 | -24 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | | |
|----|------|------|------|-------|-------|-----|-----|
| 61 | 5,00 | 3,93 | 3,93 | 43013 | -3030 | 273 | -13 |
| 62 | 5,08 | 3,93 | 3,93 | 39598 | -2789 | 252 | 33 |
| 63 | 5,15 | 3,93 | 3,93 | 26961 | -1899 | 171 | 60 |
| 64 | 5,25 | 3,93 | 3,93 | 11197 | 1643 | 71 | 52 |
| 65 | 5,35 | 3,93 | 3,93 | 4607 | 1302 | 29 | 41 |
| 66 | 5,42 | 3,93 | 3,93 | 5327 | 5509 | 35 | 32 |
| 67 | 5,50 | 3,93 | 3,93 | 5729 | 8386 | 53 | 24 |
| 68 | 5,58 | 3,93 | 3,93 | 5314 | 11397 | 72 | 18 |
| 69 | 5,65 | 3,93 | 3,93 | 2848 | 13441 | 85 | 11 |
| 70 | 5,74 | 3,93 | 3,93 | 1396 | 14012 | 89 | -14 |
| 71 | 5,83 | 3,93 | 3,93 | 1429 | 12668 | 81 | -12 |
| 72 | 5,91 | 3,93 | 3,93 | 3117 | 9508 | 60 | -13 |
| 73 | 6,00 | 3,93 | 3,93 | 632 | 291 | 4 | -14 |

Verifiche a fessurazione

Combinazione n° 7

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

| | |
|--------------|--|
| A_{fs} | area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq] |
| A_{fi} | area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq] |
| M_{pr} | Momento di prima fessurazione espressa in [kNm] |
| M | Momento agente nella sezione espressa in [kNm] |
| ϵ_m | deformazione media espressa in [%] |
| S_m | Distanza media tra le fessure espressa in [mm] |
| w | Apertura media della fessura espressa in [mm] |

Verifica fessurazione paramento

| N° | Y | A_{fs} | A_{fi} | M_{pr} | M | ϵ_m | S_m | w |
|----|------|----------|----------|----------|---------|--------------|-------|-------|
| 1 | 0,00 | 14,07 | 8,04 | -47,75 | 0,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 2 | 0,53 | 14,07 | 8,04 | -59,24 | -0,03 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 3 | 1,07 | 42,22 | 22,12 | -87,58 | -0,87 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 4 | 1,60 | 42,22 | 22,12 | -103,31 | -3,74 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 5 | 2,14 | 42,22 | 22,12 | -120,24 | -9,73 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 6 | 2,67 | 42,22 | 22,12 | -138,35 | -19,89 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 7 | 3,21 | 42,22 | 22,12 | -157,66 | -35,20 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 8 | 3,74 | 42,22 | 22,12 | -178,15 | -53,24 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 9 | 4,28 | 42,22 | 22,12 | -199,84 | -71,17 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 10 | 4,81 | 42,22 | 22,12 | -222,72 | -88,87 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 11 | 5,35 | 42,22 | 22,12 | -246,78 | -106,30 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 12 | 5,88 | 42,22 | 22,12 | -272,04 | -123,45 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 13 | 6,42 | 42,22 | 22,12 | -298,48 | -140,32 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 14 | 6,95 | 42,22 | 22,12 | -326,12 | -156,88 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 15 | 7,49 | 42,22 | 22,12 | -354,94 | -173,12 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|---------|---------|--------|------|-------|
| 16 | 8,02 | 42,22 | 22,12 | -384,95 | -189,02 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 17 | 8,56 | 42,22 | 22,12 | -416,15 | -204,57 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 18 | 9,09 | 42,22 | 22,12 | -448,54 | -219,76 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 19 | 9,63 | 42,22 | 22,12 | -482,12 | -234,57 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 20 | 10,16 | 42,22 | 22,12 | -516,89 | -248,98 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 21 | 10,70 | 42,22 | 22,12 | -552,85 | -262,98 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |

Verifica fessurazione fondazione

| N° | Y | A _{fs} | A _{fi} | M _{pr} | M | ε _m | S _m | W |
|----|-------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|----------------|----------------|-------|
| 1 | -2,80 | 28,15 | 30,16 | -530,37 | -0,11 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 2 | -2,75 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 3,22 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 3 | -2,70 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 5,01 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 4 | -2,65 | 40,21 | 30,16 | 537,28 | 6,68 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 5 | -2,60 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 8,32 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 6 | -2,55 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 10,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 7 | -2,50 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 11,79 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 8 | -2,45 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 13,70 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 9 | -2,40 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 15,71 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 10 | -2,35 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 17,87 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 11 | -2,30 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 20,17 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 12 | -2,25 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 22,61 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 13 | -2,20 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 25,19 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 14 | -2,15 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 27,87 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 15 | -2,10 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 30,64 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 16 | -2,05 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 37,27 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 17 | -2,00 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 45,49 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 18 | -1,95 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 53,32 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 19 | -1,90 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 60,93 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 20 | -1,85 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 68,41 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 21 | -1,80 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 75,85 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 22 | -1,75 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 83,28 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 23 | -1,70 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 90,76 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 24 | -1,65 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 98,33 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 25 | -1,60 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 106,02 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 26 | -1,55 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 113,84 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 27 | -1,50 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 121,72 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 28 | -1,45 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 129,60 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 29 | -1,40 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 141,42 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 30 | -1,35 | 28,15 | 42,22 | 551,44 | 160,77 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |

Analisi dei pali

Combinazione n° 7

Risultanti sulla base della fondazione (per metro lineare di muro)

| | | |
|-------------|-------|----------|
| Orizzontale | [kN] | 34,271 |
| Verticale | [kN] | 335,502 |
| Momento | [kNm] | -115,142 |

Spostamenti della piastra di fondazione

| | | |
|-------------|------|----------|
| Orizzontale | [cm] | 0,01857 |
| Verticale | [cm] | 0,03524 |
| Rotazione | [°] | -0,01242 |

Scarichi in testa ai pali

| Fila nr. | N.pali | N [kN] | T [kN] | M [kNm] |
|----------|--------|--------|--------|---------|
| 1 | 11 | 52,76 | 12,10 | -2,70 |
| 2 | 12 | 118,41 | 12,10 | -2,70 |
| 3 | 11 | 184,06 | 12,10 | -2,70 |

COMBINAZIONE n° 8

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 36,4708 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 34,2714 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 12,4738 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 0,00 | [m] | Y = -2,00 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 20,00 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 58,73 | [°] | | |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 0,0000 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 0,00 | [m] | Y = 0,00 | [m] |

Risultanti

| | | |
|---|----------|------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 34,2714 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 335,5017 | [kN] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 335,5017 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 34,2714 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0,34 | [m] |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | |
|---|----------|-------|
| Lunghezza fondazione reagente | 2,80 | [m] |
| Risultante in fondazione | 337,2475 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 5,83 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 115,1420 | [kNm] |

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 8

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|-------|----------|----------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,53 | 5,9377 | 0,0340 | 1,0406 |
| 3 | 1,07 | 13,3699 | 0,8738 | 4,4713 |
| 4 | 1,60 | 22,2633 | 3,7362 | 10,2000 |
| 5 | 2,14 | 32,5361 | 9,7297 | 18,0029 |
| 6 | 2,67 | 44,1666 | 19,8861 | 27,8196 |
| 7 | 3,21 | 55,9755 | 35,1964 | 36,1085 |
| 8 | 3,74 | 65,5283 | 53,2379 | 36,6790 |
| 9 | 4,28 | 75,4597 | 71,1747 | 36,6790 |
| 10 | 4,81 | 86,0157 | 88,8661 | 36,6790 |
| 11 | 5,35 | 97,1963 | 106,2969 | 36,6790 |
| 12 | 5,88 | 109,0015 | 123,4522 | 36,6790 |
| 13 | 6,42 | 121,4314 | 140,3170 | 36,6790 |
| 14 | 6,95 | 134,4859 | 156,8764 | 36,6790 |
| 15 | 7,49 | 148,1651 | 173,1152 | 36,6790 |
| 16 | 8,02 | 162,4688 | 189,0187 | 36,6790 |
| 17 | 8,56 | 177,3972 | 204,5716 | 36,6790 |
| 18 | 9,09 | 192,9503 | 219,7591 | 36,6790 |
| 19 | 9,63 | 209,1279 | 234,5662 | 36,6790 |
| 20 | 10,16 | 225,9302 | 248,9779 | 36,6790 |
| 21 | 10,70 | 243,3572 | 262,9791 | 36,6790 |

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 8

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

| | |
|---------------|--|
| B | base della sezione espressa in [cm] |
| H | altezza della sezione espressa in [cm] |
| A_{fs} | area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq] |
| A_{fi} | area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq] |
| σ_c | tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa] |
| τ_c | tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa] |
| σ_{fs} | tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa] |
| σ_{fi} | tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa] |

| Nr. | Y | B, H | A_{fs} | A_{fi} | σ_c | τ_c | σ_{fs} | σ_{fi} |
|-----|-------|----------|----------|----------|------------|----------|---------------|---------------|
| 1 | 0,00 | 100, 40 | 14,07 | 8,04 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0,53 | 100, 45 | 14,07 | 8,04 | 14 | 3 | -167 | -204 |
| 3 | 1,07 | 100, 50 | 42,22 | 22,12 | 41 | 11 | -122 | -578 |
| 4 | 1,60 | 100, 54 | 42,22 | 22,12 | 97 | 23 | 313 | -1357 |
| 5 | 2,14 | 100, 59 | 42,22 | 22,12 | 196 | 38 | 1799 | -2691 |
| 6 | 2,67 | 100, 64 | 42,22 | 22,12 | 335 | 54 | 4574 | -4554 |
| 7 | 3,21 | 100, 69 | 42,22 | 22,12 | 510 | 65 | 8790 | -6895 |
| 8 | 3,74 | 100, 73 | 42,22 | 22,12 | 676 | 61 | 13484 | -9138 |
| 9 | 4,28 | 100, 78 | 42,22 | 22,12 | 808 | 57 | 17395 | -10940 |
| 10 | 4,81 | 100, 83 | 42,22 | 22,12 | 912 | 54 | 20579 | -12388 |
| 11 | 5,35 | 100, 88 | 42,22 | 22,12 | 994 | 51 | 23140 | -13556 |
| 12 | 5,88 | 100, 93 | 42,22 | 22,12 | 1058 | 48 | 25168 | -14498 |
| 13 | 6,42 | 100, 97 | 42,22 | 22,12 | 1109 | 46 | 26733 | -15255 |
| 14 | 6,95 | 100, 102 | 42,22 | 22,12 | 1148 | 44 | 27892 | -15859 |
| 15 | 7,49 | 100, 107 | 42,22 | 22,12 | 1178 | 42 | 28693 | -16334 |
| 16 | 8,02 | 100, 112 | 42,22 | 22,12 | 1200 | 40 | 29177 | -16700 |
| 17 | 8,56 | 100, 116 | 42,22 | 22,12 | 1215 | 38 | 29377 | -16972 |
| 18 | 9,09 | 100, 121 | 42,22 | 22,12 | 1225 | 37 | 29322 | -17163 |
| 19 | 9,63 | 100, 126 | 42,22 | 22,12 | 1229 | 35 | 29038 | -17282 |
| 20 | 10,16 | 100, 131 | 42,22 | 22,12 | 1229 | 34 | 28546 | -17337 |
| 21 | 10,70 | 100, 135 | 42,22 | 22,12 | 1226 | 33 | 27868 | -17336 |

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 8

Simbologia adottata

| | |
|---------------|--|
| B | base della sezione espressa in [cm] |
| H | altezza della sezione espressa in [cm] |
| A_{fi} | area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq] |
| A_{fs} | area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq] |
| σ_c | tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa] |
| τ_c | tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa] |
| σ_{fi} | tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kPa] |
| σ_{fs} | tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kPa] |

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

| Nr. | X | B, H | A_{fs} | A_{fi} | σ_c | τ_c | σ_{fi} | σ_{fs} |
|-----|------|----------|----------|----------|------------|----------|---------------|---------------|
| 1 | 0,00 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 1 | -5 | 16 | 31 |
| 2 | 0,05 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 15 | -4 | 860 | 323 |
| 3 | 0,10 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 23 | -5 | 1337 | 585 |
| 4 | 0,15 | 100, 135 | 40,21 | 30,16 | 29 | -9 | 1772 | 569 |
| 5 | 0,20 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 38 | -16 | 2219 | 982 |
| 6 | 0,25 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 46 | -23 | 2670 | 1107 |
| 7 | 0,30 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 55 | -31 | 3146 | 1261 |
| 8 | 0,35 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 63 | -34 | 3656 | 2002 |
| 9 | 0,40 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 73 | 26 | 4193 | 2722 |
| 10 | 0,45 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 83 | 36 | 4769 | 2682 |
| 11 | 0,50 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 93 | 61 | 5384 | 2027 |
| 12 | 0,55 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 105 | 85 | 6036 | -1398 |
| 13 | 0,60 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 117 | 109 | 6722 | -1557 |
| 14 | 0,65 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 129 | 132 | 7438 | -1723 |
| 15 | 0,70 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 142 | 132 | 8179 | -1894 |
| 16 | 0,75 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 173 | 130 | 9948 | -2304 |
| 17 | 0,80 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 211 | 129 | 12140 | -2811 |
| 18 | 0,85 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 247 | 127 | 14230 | -3295 |
| 19 | 0,90 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 282 | 126 | 16261 | -3766 |
| 20 | 0,95 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 317 | 124 | 18260 | -4228 |
| 21 | 1,00 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 351 | 123 | 20243 | -4688 |
| 22 | 1,05 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 386 | 121 | 22227 | -5147 |
| 23 | 1,10 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 420 | 120 | 24223 | -5609 |
| 24 | 1,15 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 455 | 118 | 26244 | -6077 |
| 25 | 1,20 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 491 | 116 | 28297 | -6553 |
| 26 | 1,25 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 527 | 115 | 30383 | -7036 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | | | |
|----|------|---------|-------|-------|-----|-----|-------|-------|
| 27 | 1,30 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 564 | 140 | 32488 | -7523 |
| 28 | 1,35 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 600 | 168 | 34591 | -8010 |
| 29 | 1,40 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 655 | 195 | 37745 | -8741 |
| 30 | 1,45 | 100,135 | 28,15 | 42,22 | 661 | 219 | 31002 | -8980 |

Armature e tensioni piastre

Combinazione n° 8

| | |
|----------|--|
| X | ascissa sezione espressa in [m] |
| A_{fs} | area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq] |
| A_{fi} | area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq] |
| N_u | sforzo normale ultimo espresso in [kN] |
| M_u | momento ultimo espresso in [kNm] |
| CS | coefficiente sicurezza sezione |

Piastra fondazione valle

| Nr. | X | A_{fs} | A_{fi} | σ_{fs} | σ_{fi} | σ_c | τ_c |
|-----|------|----------|----------|---------------|---------------|------------|----------|
| 1 | 0,00 | 3,93 | 3,93 | 29047 | -2046 | 185 | 8 |
| 2 | 0,07 | 3,93 | 3,93 | 25427 | -1791 | 162 | 21 |
| 3 | 0,15 | 3,93 | 3,93 | 12657 | 1596 | 80 | 42 |
| 4 | 0,25 | 3,93 | 3,93 | 784 | 6259 | 40 | 35 |
| 5 | 0,35 | 3,93 | 3,93 | 1093 | 14342 | 91 | 25 |
| 6 | 0,42 | 3,93 | 3,93 | 3881 | 17267 | 110 | 12 |
| 7 | 0,50 | 3,93 | 3,93 | 4158 | 18189 | 116 | -6 |
| 8 | 0,58 | 3,93 | 3,93 | 3881 | 17249 | 110 | -12 |
| 9 | 0,65 | 3,93 | 3,93 | 1094 | 14305 | 91 | -25 |
| 10 | 0,75 | 3,93 | 3,93 | 915 | 6198 | 39 | -36 |
| 11 | 0,85 | 3,93 | 3,93 | 12743 | 1592 | 81 | -42 |
| 12 | 0,93 | 3,93 | 3,93 | 25532 | -1798 | 162 | -20 |
| 13 | 1,00 | 3,93 | 3,93 | 29172 | -2055 | 185 | -8 |
| 14 | 1,07 | 3,93 | 3,93 | 25573 | -1801 | 163 | 21 |
| 15 | 1,15 | 3,93 | 3,93 | 12824 | 1589 | 81 | 41 |
| 16 | 1,25 | 3,93 | 3,93 | 1210 | 6063 | 39 | 35 |
| 17 | 1,35 | 3,93 | 3,93 | 1099 | 14114 | 90 | 24 |
| 18 | 1,43 | 3,93 | 3,93 | 3887 | 17014 | 108 | 11 |
| 19 | 1,50 | 3,93 | 3,93 | 4169 | 17909 | 114 | -6 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | | |
|----|------|------|------|-------|-------|-----|-----|
| 20 | 1,57 | 3,93 | 3,93 | 3888 | 16941 | 108 | -12 |
| 21 | 1,65 | 3,93 | 3,93 | 1102 | 13968 | 89 | -25 |
| 22 | 1,75 | 3,93 | 3,93 | 1721 | 5818 | 37 | -36 |
| 23 | 1,85 | 3,93 | 3,93 | 13170 | 1574 | 84 | -39 |
| 24 | 1,93 | 3,93 | 3,93 | 25997 | -1831 | 165 | -19 |
| 25 | 2,00 | 3,93 | 3,93 | 29677 | -2090 | 189 | -9 |
| 26 | 2,08 | 3,93 | 3,93 | 26122 | -1840 | 166 | 21 |
| 27 | 2,15 | 3,93 | 3,93 | 13436 | 1563 | 85 | 42 |
| 28 | 2,25 | 3,93 | 3,93 | 2585 | 5396 | 34 | 36 |
| 29 | 2,35 | 3,93 | 3,93 | 1117 | 13371 | 85 | 24 |
| 30 | 2,43 | 3,93 | 3,93 | 3907 | 16208 | 103 | 10 |
| 31 | 2,50 | 3,93 | 3,93 | 4210 | 17034 | 108 | -7 |
| 32 | 2,58 | 3,93 | 3,93 | 3913 | 15991 | 102 | -12 |
| 33 | 2,65 | 3,93 | 3,93 | 1128 | 12937 | 82 | -26 |
| 34 | 2,75 | 3,93 | 3,93 | 3956 | 4667 | 30 | -34 |
| 35 | 2,85 | 3,93 | 3,93 | 14559 | 1509 | 93 | -38 |
| 36 | 2,93 | 3,93 | 3,93 | 27393 | -1929 | 174 | -21 |
| 37 | 3,00 | 3,93 | 3,93 | 31193 | -2197 | 198 | -10 |
| 38 | 3,08 | 3,93 | 3,93 | 27768 | -1956 | 176 | 21 |
| 39 | 3,15 | 3,93 | 3,93 | 15370 | 1464 | 98 | 42 |
| 40 | 3,25 | 3,93 | 3,93 | 6138 | 3400 | 39 | 34 |
| 41 | 3,35 | 3,93 | 3,93 | 1959 | 11144 | 71 | 23 |
| 42 | 3,43 | 3,93 | 3,93 | 3989 | 13791 | 88 | 10 |
| 43 | 3,50 | 3,93 | 3,93 | 4375 | 14413 | 92 | -9 |
| 44 | 3,58 | 3,93 | 3,93 | 4016 | 13151 | 84 | -14 |
| 45 | 3,65 | 3,93 | 3,93 | 3889 | 9861 | 63 | -26 |
| 46 | 3,75 | 3,93 | 3,93 | 9290 | 2433 | 59 | -34 |
| 47 | 3,85 | 3,93 | 3,93 | 18571 | -1308 | 118 | -41 |
| 48 | 3,93 | 3,93 | 3,93 | 31476 | -2217 | 200 | -24 |
| 49 | 4,00 | 3,93 | 3,93 | 35577 | -2506 | 226 | -13 |
| 50 | 4,08 | 3,93 | 3,93 | 32520 | -2290 | 207 | 23 |
| 51 | 4,15 | 3,93 | 3,93 | 20720 | -1459 | 132 | 44 |
| 52 | 4,25 | 3,93 | 3,93 | 13169 | 2247 | 84 | 35 |
| 53 | 4,35 | 3,93 | 3,93 | 9223 | 5334 | 59 | 22 |
| 54 | 4,42 | 3,93 | 3,93 | 7479 | 7626 | 48 | 11 |
| 55 | 4,50 | 3,93 | 3,93 | 7140 | 7925 | 50 | -11 |
| 56 | 4,58 | 3,93 | 3,93 | 8327 | 6371 | 53 | -15 |
| 57 | 4,65 | 3,93 | 3,93 | 10731 | 2843 | 68 | -25 |
| 58 | 4,75 | 3,93 | 3,93 | 15677 | 1933 | 100 | -35 |
| 59 | 4,85 | 3,93 | 3,93 | 26202 | -1845 | 167 | -42 |
| 60 | 4,92 | 3,93 | 3,93 | 39049 | -2750 | 248 | -24 |
| 61 | 5,00 | 3,93 | 3,93 | 43013 | -3030 | 273 | -13 |
| 62 | 5,08 | 3,93 | 3,93 | 39598 | -2789 | 252 | 33 |
| 63 | 5,15 | 3,93 | 3,93 | 26961 | -1899 | 171 | 60 |
| 64 | 5,25 | 3,93 | 3,93 | 11197 | 1643 | 71 | 52 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | | |
|----|------|------|------|------|-------|----|-----|
| 65 | 5,35 | 3,93 | 3,93 | 4607 | 1302 | 29 | 41 |
| 66 | 5,42 | 3,93 | 3,93 | 5327 | 5509 | 35 | 32 |
| 67 | 5,50 | 3,93 | 3,93 | 5729 | 8386 | 53 | 24 |
| 68 | 5,58 | 3,93 | 3,93 | 5314 | 11397 | 72 | 18 |
| 69 | 5,65 | 3,93 | 3,93 | 2848 | 13441 | 85 | 11 |
| 70 | 5,74 | 3,93 | 3,93 | 1396 | 14012 | 89 | -14 |
| 71 | 5,83 | 3,93 | 3,93 | 1429 | 12668 | 81 | -12 |
| 72 | 5,91 | 3,93 | 3,93 | 3117 | 9508 | 60 | -13 |
| 73 | 6,00 | 3,93 | 3,93 | 632 | 291 | 4 | -14 |

Verifiche a fessurazione

Combinazione n° 8

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

M_{pf} Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]

M Momento agente nella sezione espressa in [kNm]

ϵ_m deformazione media espressa in [%]

s_m Distanza media tra le fessure espressa in [mm]

w Apertura media della fessura espressa in [mm]

Verifica fessurazione paramento

| N° | Y | A_{fs} | A_{fi} | M_{pf} | M | ϵ_m | s_m | w |
|----|------|----------|----------|----------|---------|--------------|-------|-------|
| 1 | 0,00 | 14,07 | 8,04 | -47,75 | 0,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 2 | 0,53 | 14,07 | 8,04 | -59,24 | -0,03 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 3 | 1,07 | 42,22 | 22,12 | -87,58 | -0,87 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 4 | 1,60 | 42,22 | 22,12 | -103,31 | -3,74 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 5 | 2,14 | 42,22 | 22,12 | -120,24 | -9,73 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 6 | 2,67 | 42,22 | 22,12 | -138,35 | -19,89 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 7 | 3,21 | 42,22 | 22,12 | -157,66 | -35,20 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 8 | 3,74 | 42,22 | 22,12 | -178,15 | -53,24 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 9 | 4,28 | 42,22 | 22,12 | -199,84 | -71,17 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 10 | 4,81 | 42,22 | 22,12 | -222,72 | -88,87 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 11 | 5,35 | 42,22 | 22,12 | -246,78 | -106,30 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 12 | 5,88 | 42,22 | 22,12 | -272,04 | -123,45 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 13 | 6,42 | 42,22 | 22,12 | -298,48 | -140,32 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 14 | 6,95 | 42,22 | 22,12 | -326,12 | -156,88 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 15 | 7,49 | 42,22 | 22,12 | -354,94 | -173,12 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 16 | 8,02 | 42,22 | 22,12 | -384,95 | -189,02 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 17 | 8,56 | 42,22 | 22,12 | -416,15 | -204,57 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 18 | 9,09 | 42,22 | 22,12 | -448,54 | -219,76 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 19 | 9,63 | 42,22 | 22,12 | -482,12 | -234,57 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|---------|---------|--------|------|-------|
| 20 | 10,16 | 42,22 | 22,12 | -516,89 | -248,98 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 21 | 10,70 | 42,22 | 22,12 | -552,85 | -262,98 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |

Verifica fessurazione fondazione

| N° | Y | A _{fs} | A _{fi} | M _{pr} | M | ε _m | S _m | W |
|----|-------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|----------------|----------------|-------|
| 1 | -2,80 | 28,15 | 30,16 | -530,37 | -0,11 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 2 | -2,75 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 3,22 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 3 | -2,70 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 5,01 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 4 | -2,65 | 40,21 | 30,16 | 537,28 | 6,68 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 5 | -2,60 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 8,32 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 6 | -2,55 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 10,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 7 | -2,50 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 11,79 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 8 | -2,45 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 13,70 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 9 | -2,40 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 15,71 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 10 | -2,35 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 17,87 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 11 | -2,30 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 20,17 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 12 | -2,25 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 22,61 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 13 | -2,20 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 25,19 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 14 | -2,15 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 27,87 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 15 | -2,10 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 30,64 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 16 | -2,05 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 37,27 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 17 | -2,00 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 45,49 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 18 | -1,95 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 53,32 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 19 | -1,90 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 60,93 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 20 | -1,85 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 68,41 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 21 | -1,80 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 75,85 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 22 | -1,75 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 83,28 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 23 | -1,70 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 90,76 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 24 | -1,65 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 98,33 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 25 | -1,60 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 106,02 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 26 | -1,55 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 113,84 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 27 | -1,50 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 121,72 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 28 | -1,45 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 129,60 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 29 | -1,40 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 141,42 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 30 | -1,35 | 28,15 | 42,22 | 551,44 | 160,77 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |

Analisi dei pali

Combinazione n° 8

Risultanti sulla base della fondazione (per metro lineare di muro)

| | | |
|-------------|-------|----------|
| Orizzontale | [kN] | 34,271 |
| Verticale | [kN] | 335,502 |
| Momento | [kNm] | -115,142 |

Spostamenti della piastra di fondazione

| | | |
|-------------|------|----------|
| Orizzontale | [cm] | 0,01857 |
| Verticale | [cm] | 0,03524 |
| Rotazione | [°] | -0,01242 |

Scarichi in testa ai pali

| Fila nr. | N.pali | N [kN] | T [kN] | M [kNm] |
|----------|--------|--------|--------|---------|
| 1 | 11 | 52,76 | 12,10 | -2,70 |
| 2 | 12 | 118,41 | 12,10 | -2,70 |
| 3 | 11 | 184,06 | 12,10 | -2,70 |

COMBINAZIONE n° 9

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 36,4708 | [kN] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 34,2714 | [kN] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 12,4738 | [kN] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 0,00 | [m] | Y = -2,00 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 20,00 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 58,73 | [°] | | |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 0,0000 | [kN] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 0,00 | [m] | Y = 0,00 | [m] |

Risultanti

| | | |
|---|----------|------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 34,2714 | [kN] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 335,5017 | [kN] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 335,5017 | [kN] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 34,2714 | [kN] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0,34 | [m] |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | |
|---|----------|-------|
| Lunghezza fondazione reagente | 2,80 | [m] |
| Risultante in fondazione | 337,2475 | [kN] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 5,83 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 115,1420 | [kNm] |

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 9

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

| Nr. | Y | N | M | T |
|-----|-------|----------|----------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,53 | 5,9377 | 0,0340 | 1,0406 |
| 3 | 1,07 | 13,3699 | 0,8738 | 4,4713 |
| 4 | 1,60 | 22,2633 | 3,7362 | 10,2000 |
| 5 | 2,14 | 32,5361 | 9,7297 | 18,0029 |
| 6 | 2,67 | 44,1666 | 19,8861 | 27,8196 |
| 7 | 3,21 | 55,9755 | 35,1964 | 36,1085 |
| 8 | 3,74 | 65,5283 | 53,2379 | 36,6790 |
| 9 | 4,28 | 75,4597 | 71,1747 | 36,6790 |
| 10 | 4,81 | 86,0157 | 88,8661 | 36,6790 |
| 11 | 5,35 | 97,1963 | 106,2969 | 36,6790 |
| 12 | 5,88 | 109,0015 | 123,4522 | 36,6790 |
| 13 | 6,42 | 121,4314 | 140,3170 | 36,6790 |
| 14 | 6,95 | 134,4859 | 156,8764 | 36,6790 |
| 15 | 7,49 | 148,1651 | 173,1152 | 36,6790 |
| 16 | 8,02 | 162,4688 | 189,0187 | 36,6790 |
| 17 | 8,56 | 177,3972 | 204,5716 | 36,6790 |
| 18 | 9,09 | 192,9503 | 219,7591 | 36,6790 |
| 19 | 9,63 | 209,1279 | 234,5662 | 36,6790 |
| 20 | 10,16 | 225,9302 | 248,9779 | 36,6790 |
| 21 | 10,70 | 243,3572 | 262,9791 | 36,6790 |

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 9

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

| | |
|---------------|--|
| B | base della sezione espressa in [cm] |
| H | altezza della sezione espressa in [cm] |
| A_{fs} | area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq] |
| A_{fi} | area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq] |
| σ_c | tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa] |
| τ_c | tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa] |
| σ_{fs} | tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa] |
| σ_{fi} | tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa] |

| Nr. | Y | B, H | A_{fs} | A_{fi} | σ_c | τ_c | σ_{fs} | σ_{fi} |
|-----|-------|----------|----------|----------|------------|----------|---------------|---------------|
| 1 | 0,00 | 100, 40 | 14,07 | 8,04 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0,53 | 100, 45 | 14,07 | 8,04 | 14 | 3 | -167 | -204 |
| 3 | 1,07 | 100, 50 | 42,22 | 22,12 | 41 | 11 | -122 | -578 |
| 4 | 1,60 | 100, 54 | 42,22 | 22,12 | 97 | 23 | 313 | -1357 |
| 5 | 2,14 | 100, 59 | 42,22 | 22,12 | 196 | 38 | 1799 | -2691 |
| 6 | 2,67 | 100, 64 | 42,22 | 22,12 | 335 | 54 | 4574 | -4554 |
| 7 | 3,21 | 100, 69 | 42,22 | 22,12 | 510 | 65 | 8790 | -6895 |
| 8 | 3,74 | 100, 73 | 42,22 | 22,12 | 676 | 61 | 13484 | -9138 |
| 9 | 4,28 | 100, 78 | 42,22 | 22,12 | 808 | 57 | 17395 | -10940 |
| 10 | 4,81 | 100, 83 | 42,22 | 22,12 | 912 | 54 | 20579 | -12388 |
| 11 | 5,35 | 100, 88 | 42,22 | 22,12 | 994 | 51 | 23140 | -13556 |
| 12 | 5,88 | 100, 93 | 42,22 | 22,12 | 1058 | 48 | 25168 | -14498 |
| 13 | 6,42 | 100, 97 | 42,22 | 22,12 | 1109 | 46 | 26733 | -15255 |
| 14 | 6,95 | 100, 102 | 42,22 | 22,12 | 1148 | 44 | 27892 | -15859 |
| 15 | 7,49 | 100, 107 | 42,22 | 22,12 | 1178 | 42 | 28693 | -16334 |
| 16 | 8,02 | 100, 112 | 42,22 | 22,12 | 1200 | 40 | 29177 | -16700 |
| 17 | 8,56 | 100, 116 | 42,22 | 22,12 | 1215 | 38 | 29377 | -16972 |
| 18 | 9,09 | 100, 121 | 42,22 | 22,12 | 1225 | 37 | 29322 | -17163 |
| 19 | 9,63 | 100, 126 | 42,22 | 22,12 | 1229 | 35 | 29038 | -17282 |
| 20 | 10,16 | 100, 131 | 42,22 | 22,12 | 1229 | 34 | 28546 | -17337 |
| 21 | 10,70 | 100, 135 | 42,22 | 22,12 | 1226 | 33 | 27868 | -17336 |

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 9

Simbologia adottata

| | |
|---------------|--|
| B | base della sezione espressa in [cm] |
| H | altezza della sezione espressa in [cm] |
| A_{fi} | area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq] |
| A_{fs} | area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq] |
| σ_c | tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa] |
| τ_c | tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa] |
| σ_{fi} | tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kPa] |
| σ_{fs} | tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kPa] |

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

| Nr. | X | B, H | A_{fs} | A_{fi} | σ_c | τ_c | σ_{fi} | σ_{fs} |
|-----|------|----------|----------|----------|------------|----------|---------------|---------------|
| 1 | 0,00 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 1 | -5 | 16 | 31 |
| 2 | 0,05 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 15 | -4 | 860 | 323 |
| 3 | 0,10 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 23 | -5 | 1337 | 585 |
| 4 | 0,15 | 100, 135 | 40,21 | 30,16 | 29 | -9 | 1772 | 569 |
| 5 | 0,20 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 38 | -16 | 2219 | 982 |
| 6 | 0,25 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 46 | -23 | 2670 | 1107 |
| 7 | 0,30 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 55 | -31 | 3146 | 1261 |
| 8 | 0,35 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 63 | -34 | 3656 | 2002 |
| 9 | 0,40 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 73 | 26 | 4193 | 2722 |
| 10 | 0,45 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 83 | 36 | 4769 | 2682 |
| 11 | 0,50 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 93 | 61 | 5384 | 2027 |
| 12 | 0,55 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 105 | 85 | 6036 | -1398 |
| 13 | 0,60 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 117 | 109 | 6722 | -1557 |
| 14 | 0,65 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 129 | 132 | 7438 | -1723 |
| 15 | 0,70 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 142 | 132 | 8179 | -1894 |
| 16 | 0,75 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 173 | 130 | 9948 | -2304 |
| 17 | 0,80 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 211 | 129 | 12140 | -2811 |
| 18 | 0,85 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 247 | 127 | 14230 | -3295 |
| 19 | 0,90 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 282 | 126 | 16261 | -3766 |
| 20 | 0,95 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 317 | 124 | 18260 | -4228 |
| 21 | 1,00 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 351 | 123 | 20243 | -4688 |
| 22 | 1,05 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 386 | 121 | 22227 | -5147 |
| 23 | 1,10 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 420 | 120 | 24223 | -5609 |
| 24 | 1,15 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 455 | 118 | 26244 | -6077 |
| 25 | 1,20 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 491 | 116 | 28297 | -6553 |
| 26 | 1,25 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 527 | 115 | 30383 | -7036 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | | | |
|----|------|---------|-------|-------|-----|-----|-------|-------|
| 27 | 1,30 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 564 | 140 | 32488 | -7523 |
| 28 | 1,35 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 600 | 168 | 34591 | -8010 |
| 29 | 1,40 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 655 | 195 | 37745 | -8741 |
| 30 | 1,45 | 100,135 | 28,15 | 42,22 | 661 | 219 | 31002 | -8980 |

Armature e tensioni piastre

Combinazione n° 9

| | |
|----------|--|
| X | ascissa sezione espressa in [m] |
| A_{fs} | area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq] |
| A_{fi} | area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq] |
| N_u | sforzo normale ultimo espresso in [kN] |
| M_u | momento ultimo espresso in [kNm] |
| CS | coefficiente sicurezza sezione |

Piastra fondazione valle

| Nr. | X | A_{fs} | A_{fi} | σ_{fs} | σ_{fi} | σ_c | τ_c |
|-----|------|----------|----------|---------------|---------------|------------|----------|
| 1 | 0,00 | 3,93 | 3,93 | 29047 | -2046 | 185 | 8 |
| 2 | 0,07 | 3,93 | 3,93 | 25427 | -1791 | 162 | 21 |
| 3 | 0,15 | 3,93 | 3,93 | 12657 | 1596 | 80 | 42 |
| 4 | 0,25 | 3,93 | 3,93 | 784 | 6259 | 40 | 35 |
| 5 | 0,35 | 3,93 | 3,93 | 1093 | 14342 | 91 | 25 |
| 6 | 0,42 | 3,93 | 3,93 | 3881 | 17267 | 110 | 12 |
| 7 | 0,50 | 3,93 | 3,93 | 4158 | 18189 | 116 | -6 |
| 8 | 0,58 | 3,93 | 3,93 | 3881 | 17249 | 110 | -12 |
| 9 | 0,65 | 3,93 | 3,93 | 1094 | 14305 | 91 | -25 |
| 10 | 0,75 | 3,93 | 3,93 | 915 | 6198 | 39 | -36 |
| 11 | 0,85 | 3,93 | 3,93 | 12743 | 1592 | 81 | -42 |
| 12 | 0,93 | 3,93 | 3,93 | 25532 | -1798 | 162 | -20 |
| 13 | 1,00 | 3,93 | 3,93 | 29172 | -2055 | 185 | -8 |
| 14 | 1,07 | 3,93 | 3,93 | 25573 | -1801 | 163 | 21 |
| 15 | 1,15 | 3,93 | 3,93 | 12824 | 1589 | 81 | 41 |
| 16 | 1,25 | 3,93 | 3,93 | 1210 | 6063 | 39 | 35 |
| 17 | 1,35 | 3,93 | 3,93 | 1099 | 14114 | 90 | 24 |
| 18 | 1,43 | 3,93 | 3,93 | 3887 | 17014 | 108 | 11 |
| 19 | 1,50 | 3,93 | 3,93 | 4169 | 17909 | 114 | -6 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | | |
|----|------|------|------|-------|-------|-----|-----|
| 20 | 1,57 | 3,93 | 3,93 | 3888 | 16941 | 108 | -12 |
| 21 | 1,65 | 3,93 | 3,93 | 1102 | 13968 | 89 | -25 |
| 22 | 1,75 | 3,93 | 3,93 | 1721 | 5818 | 37 | -36 |
| 23 | 1,85 | 3,93 | 3,93 | 13170 | 1574 | 84 | -39 |
| 24 | 1,93 | 3,93 | 3,93 | 25997 | -1831 | 165 | -19 |
| 25 | 2,00 | 3,93 | 3,93 | 29677 | -2090 | 189 | -9 |
| 26 | 2,08 | 3,93 | 3,93 | 26122 | -1840 | 166 | 21 |
| 27 | 2,15 | 3,93 | 3,93 | 13436 | 1563 | 85 | 42 |
| 28 | 2,25 | 3,93 | 3,93 | 2585 | 5396 | 34 | 36 |
| 29 | 2,35 | 3,93 | 3,93 | 1117 | 13371 | 85 | 24 |
| 30 | 2,43 | 3,93 | 3,93 | 3907 | 16208 | 103 | 10 |
| 31 | 2,50 | 3,93 | 3,93 | 4210 | 17034 | 108 | -7 |
| 32 | 2,58 | 3,93 | 3,93 | 3913 | 15991 | 102 | -12 |
| 33 | 2,65 | 3,93 | 3,93 | 1128 | 12937 | 82 | -26 |
| 34 | 2,75 | 3,93 | 3,93 | 3956 | 4667 | 30 | -34 |
| 35 | 2,85 | 3,93 | 3,93 | 14559 | 1509 | 93 | -38 |
| 36 | 2,93 | 3,93 | 3,93 | 27393 | -1929 | 174 | -21 |
| 37 | 3,00 | 3,93 | 3,93 | 31193 | -2197 | 198 | -10 |
| 38 | 3,08 | 3,93 | 3,93 | 27768 | -1956 | 176 | 21 |
| 39 | 3,15 | 3,93 | 3,93 | 15370 | 1464 | 98 | 42 |
| 40 | 3,25 | 3,93 | 3,93 | 6138 | 3400 | 39 | 34 |
| 41 | 3,35 | 3,93 | 3,93 | 1959 | 11144 | 71 | 23 |
| 42 | 3,43 | 3,93 | 3,93 | 3989 | 13791 | 88 | 10 |
| 43 | 3,50 | 3,93 | 3,93 | 4375 | 14413 | 92 | -9 |
| 44 | 3,58 | 3,93 | 3,93 | 4016 | 13151 | 84 | -14 |
| 45 | 3,65 | 3,93 | 3,93 | 3889 | 9861 | 63 | -26 |
| 46 | 3,75 | 3,93 | 3,93 | 9290 | 2433 | 59 | -34 |
| 47 | 3,85 | 3,93 | 3,93 | 18571 | -1308 | 118 | -41 |
| 48 | 3,93 | 3,93 | 3,93 | 31476 | -2217 | 200 | -24 |
| 49 | 4,00 | 3,93 | 3,93 | 35577 | -2506 | 226 | -13 |
| 50 | 4,08 | 3,93 | 3,93 | 32520 | -2290 | 207 | 23 |
| 51 | 4,15 | 3,93 | 3,93 | 20720 | -1459 | 132 | 44 |
| 52 | 4,25 | 3,93 | 3,93 | 13169 | 2247 | 84 | 35 |
| 53 | 4,35 | 3,93 | 3,93 | 9223 | 5334 | 59 | 22 |
| 54 | 4,42 | 3,93 | 3,93 | 7479 | 7626 | 48 | 11 |
| 55 | 4,50 | 3,93 | 3,93 | 7140 | 7925 | 50 | -11 |
| 56 | 4,58 | 3,93 | 3,93 | 8327 | 6371 | 53 | -15 |
| 57 | 4,65 | 3,93 | 3,93 | 10731 | 2843 | 68 | -25 |
| 58 | 4,75 | 3,93 | 3,93 | 15677 | 1933 | 100 | -35 |
| 59 | 4,85 | 3,93 | 3,93 | 26202 | -1845 | 167 | -42 |
| 60 | 4,92 | 3,93 | 3,93 | 39049 | -2750 | 248 | -24 |
| 61 | 5,00 | 3,93 | 3,93 | 43013 | -3030 | 273 | -13 |
| 62 | 5,08 | 3,93 | 3,93 | 39598 | -2789 | 252 | 33 |
| 63 | 5,15 | 3,93 | 3,93 | 26961 | -1899 | 171 | 60 |
| 64 | 5,25 | 3,93 | 3,93 | 11197 | 1643 | 71 | 52 |

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | | |
|----|------|------|------|------|-------|----|-----|
| 65 | 5,35 | 3,93 | 3,93 | 4607 | 1302 | 29 | 41 |
| 66 | 5,42 | 3,93 | 3,93 | 5327 | 5509 | 35 | 32 |
| 67 | 5,50 | 3,93 | 3,93 | 5729 | 8386 | 53 | 24 |
| 68 | 5,58 | 3,93 | 3,93 | 5314 | 11397 | 72 | 18 |
| 69 | 5,65 | 3,93 | 3,93 | 2848 | 13441 | 85 | 11 |
| 70 | 5,74 | 3,93 | 3,93 | 1396 | 14012 | 89 | -14 |
| 71 | 5,83 | 3,93 | 3,93 | 1429 | 12668 | 81 | -12 |
| 72 | 5,91 | 3,93 | 3,93 | 3117 | 9508 | 60 | -13 |
| 73 | 6,00 | 3,93 | 3,93 | 632 | 291 | 4 | -14 |

Verifiche a fessurazione

Combinazione n° 9

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

M_{pf} Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]

M Momento agente nella sezione espressa in [kNm]

ϵ_m deformazione media espressa in [%]

s_m Distanza media tra le fessure espressa in [mm]

w Apertura media della fessura espressa in [mm]

Verifica fessurazione paramento

| N° | Y | A_{fs} | A_{fi} | M_{pf} | M | ϵ_m | s_m | w |
|----|------|----------|----------|----------|---------|--------------|-------|-------|
| 1 | 0,00 | 14,07 | 8,04 | -47,75 | 0,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 2 | 0,53 | 14,07 | 8,04 | -59,24 | -0,03 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 3 | 1,07 | 42,22 | 22,12 | -87,58 | -0,87 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 4 | 1,60 | 42,22 | 22,12 | -103,31 | -3,74 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 5 | 2,14 | 42,22 | 22,12 | -120,24 | -9,73 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 6 | 2,67 | 42,22 | 22,12 | -138,35 | -19,89 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 7 | 3,21 | 42,22 | 22,12 | -157,66 | -35,20 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 8 | 3,74 | 42,22 | 22,12 | -178,15 | -53,24 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 9 | 4,28 | 42,22 | 22,12 | -199,84 | -71,17 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 10 | 4,81 | 42,22 | 22,12 | -222,72 | -88,87 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 11 | 5,35 | 42,22 | 22,12 | -246,78 | -106,30 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 12 | 5,88 | 42,22 | 22,12 | -272,04 | -123,45 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 13 | 6,42 | 42,22 | 22,12 | -298,48 | -140,32 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 14 | 6,95 | 42,22 | 22,12 | -326,12 | -156,88 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 15 | 7,49 | 42,22 | 22,12 | -354,94 | -173,12 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 16 | 8,02 | 42,22 | 22,12 | -384,95 | -189,02 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 17 | 8,56 | 42,22 | 22,12 | -416,15 | -204,57 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 18 | 9,09 | 42,22 | 22,12 | -448,54 | -219,76 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 19 | 9,63 | 42,22 | 22,12 | -482,12 | -234,57 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|---------|---------|--------|------|-------|
| 20 | 10,16 | 42,22 | 22,12 | -516,89 | -248,98 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 21 | 10,70 | 42,22 | 22,12 | -552,85 | -262,98 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |

Verifica fessurazione fondazione

| N° | Y | A _{fs} | A _{fi} | M _{pr} | M | ε _m | S _m | W |
|----|-------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|----------------|----------------|-------|
| 1 | -2,80 | 28,15 | 30,16 | -530,37 | -0,11 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 2 | -2,75 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 3,22 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 3 | -2,70 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 5,01 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 4 | -2,65 | 40,21 | 30,16 | 537,28 | 6,68 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 5 | -2,60 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 8,32 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 6 | -2,55 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 10,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 7 | -2,50 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 11,79 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 8 | -2,45 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 13,70 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 9 | -2,40 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 15,71 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 10 | -2,35 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 17,87 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 11 | -2,30 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 20,17 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 12 | -2,25 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 22,61 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 13 | -2,20 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 25,19 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 14 | -2,15 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 27,87 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 15 | -2,10 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 30,64 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 16 | -2,05 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 37,27 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 17 | -2,00 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 45,49 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 18 | -1,95 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 53,32 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 19 | -1,90 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 60,93 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 20 | -1,85 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 68,41 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 21 | -1,80 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 75,85 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 22 | -1,75 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 83,28 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 23 | -1,70 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 90,76 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 24 | -1,65 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 98,33 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 25 | -1,60 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 106,02 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 26 | -1,55 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 113,84 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 27 | -1,50 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 121,72 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 28 | -1,45 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 129,60 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 29 | -1,40 | 28,15 | 30,16 | 532,72 | 141,42 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |
| 30 | -1,35 | 28,15 | 42,22 | 551,44 | 160,77 | 0,0000 | 0,00 | 0,000 |

Analisi dei pali

Combinazione n° 9

Risultanti sulla base della fondazione (per metro lineare di muro)

| | | |
|-------------|-------|----------|
| Orizzontale | [kN] | 34,271 |
| Verticale | [kN] | 335,502 |
| Momento | [kNm] | -115,142 |

Spostamenti della piastra di fondazione

| | | |
|-------------|------|----------|
| Orizzontale | [cm] | 0,01857 |
| Verticale | [cm] | 0,03524 |
| Rotazione | [°] | -0,01242 |

Scarichi in testa ai pali

| Fila nr. | N.pali | N [kN] | T [kN] | M [kNm] |
|----------|--------|--------|--------|---------|
| 1 | 11 | 52,76 | 12,10 | -2,70 |
| 2 | 12 | 118,41 | 12,10 | -2,70 |
| 3 | 11 | 184,06 | 12,10 | -2,70 |

Inviluppo Sollecitazioni paramento

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in [kNm]

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kN]

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in [kN]

Inviluppo combinazioni SLU

| Nr. | Y | Nmin | Nmax | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|-------|----------|----------|----------|-----------|---------|----------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,53 | 6,0513 | 9,6704 | 0,0638 | 2,4655 | 1,3528 | 13,2916 |
| 3 | 1,07 | 13,8582 | 20,8353 | 1,2173 | 12,1728 | 5,8126 | 29,1974 |
| 4 | 1,60 | 23,3770 | 33,4613 | 5,0468 | 30,4587 | 13,2600 | 47,6256 |
| 5 | 2,14 | 34,5019 | 47,4668 | 12,9979 | 58,5516 | 23,4038 | 68,3522 |
| 6 | 2,67 | 47,2042 | 62,8299 | 26,4166 | 97,6035 | 36,1655 | 91,3168 |
| 7 | 3,21 | 59,9512 | 78,6435 | 46,5954 | 148,6045 | 46,9411 | 112,8709 |
| 8 | 3,74 | 69,5778 | 92,7717 | 70,3894 | 208,8978 | 47,6827 | 126,7090 |
| 9 | 4,28 | 79,5092 | 107,2385 | 94,1166 | 276,0208 | 47,6827 | 140,2142 |
| 10 | 4,81 | 90,0652 | 122,2824 | 117,5982 | 349,9908 | 47,6827 | 153,9608 |
| 11 | 5,35 | 101,2458 | 137,9177 | 140,8193 | 430,9211 | 47,6827 | 167,9438 |
| 12 | 5,88 | 113,0510 | 154,1534 | 163,7649 | 518,9224 | 47,6827 | 182,1601 |
| 13 | 6,42 | 125,4809 | 170,9957 | 186,4201 | 614,1032 | 47,6827 | 196,6075 |
| 14 | 6,95 | 138,5354 | 188,4488 | 208,7697 | 716,5713 | 47,6827 | 211,2844 |
| 15 | 7,49 | 152,2146 | 206,5156 | 230,7989 | 826,4335 | 47,6827 | 226,1898 |
| 16 | 8,02 | 166,5184 | 225,1983 | 252,4926 | 943,7963 | 47,6827 | 241,3228 |
| 17 | 8,56 | 181,4468 | 244,4986 | 273,8358 | 1068,7656 | 47,6827 | 256,6828 |
| 18 | 9,09 | 196,9998 | 264,4177 | 294,8137 | 1201,4474 | 47,6827 | 272,2693 |
| 19 | 9,63 | 213,1775 | 284,9565 | 315,4110 | 1341,9472 | 47,6827 | 288,0820 |
| 20 | 10,16 | 229,9798 | 306,1160 | 335,6130 | 1490,3705 | 47,6827 | 304,1206 |
| 21 | 10,70 | 247,4067 | 327,8966 | 355,4045 | 1646,8227 | 47,6827 | 320,3847 |

Inviluppo combinazioni SLE

| Nr. | Y | Nmin | Nmax | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 0,53 | 5,9377 | 5,9377 | 0,0340 | 0,0340 | 1,0406 | 1,0406 |
| 3 | 1,07 | 13,3699 | 13,3699 | 0,8738 | 0,8738 | 4,4713 | 4,4713 |
| 4 | 1,60 | 22,2633 | 22,2633 | 3,7362 | 3,7362 | 10,2000 | 10,2000 |
| 5 | 2,14 | 32,5361 | 32,5361 | 9,7297 | 9,7297 | 18,0029 | 18,0029 |
| 6 | 2,67 | 44,1666 | 44,1666 | 19,8861 | 19,8861 | 27,8196 | 27,8196 |
| 7 | 3,21 | 55,9755 | 55,9755 | 35,1964 | 35,1964 | 36,1085 | 36,1085 |
| 8 | 3,74 | 65,5283 | 65,5283 | 53,2379 | 53,2379 | 36,6790 | 36,6790 |
| 9 | 4,28 | 75,4597 | 75,4597 | 71,1747 | 71,1747 | 36,6790 | 36,6790 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | | |
|----|-------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|
| 10 | 4,81 | 86,0157 | 86,0157 | 88,8661 | 88,8661 | 36,6790 | 36,6790 |
| 11 | 5,35 | 97,1963 | 97,1963 | 106,2969 | 106,2969 | 36,6790 | 36,6790 |
| 12 | 5,88 | 109,0015 | 109,0015 | 123,4522 | 123,4522 | 36,6790 | 36,6790 |
| 13 | 6,42 | 121,4314 | 121,4314 | 140,3170 | 140,3170 | 36,6790 | 36,6790 |
| 14 | 6,95 | 134,4859 | 134,4859 | 156,8764 | 156,8764 | 36,6790 | 36,6790 |
| 15 | 7,49 | 148,1651 | 148,1651 | 173,1152 | 173,1152 | 36,6790 | 36,6790 |
| 16 | 8,02 | 162,4688 | 162,4688 | 189,0187 | 189,0187 | 36,6790 | 36,6790 |
| 17 | 8,56 | 177,3972 | 177,3972 | 204,5716 | 204,5716 | 36,6790 | 36,6790 |
| 18 | 9,09 | 192,9503 | 192,9503 | 219,7591 | 219,7591 | 36,6790 | 36,6790 |
| 19 | 9,63 | 209,1279 | 209,1279 | 234,5662 | 234,5662 | 36,6790 | 36,6790 |
| 20 | 10,16 | 225,9302 | 225,9302 | 248,9779 | 248,9779 | 36,6790 | 36,6790 |
| 21 | 10,70 | 243,3572 | 243,3572 | 262,9791 | 262,9791 | 36,6790 | 36,6790 |

Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

| | |
|------------------|--|
| B | base della sezione espressa in [cm] |
| H | altezza della sezione espressa in [cm] |
| A _{fs} | area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq] |
| A _{fi} | area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq] |
| σ _c | tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa] |
| τ _c | tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa] |
| σ _{fs} | tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa] |
| σ _{fi} | tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa] |
| N _u | sforzo normale ultimo espresso in [kN] |
| M _u | momento ultimo espresso in [kNm] |
| CS | coefficiente sicurezza sezione |
| V _{Rcd} | Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN] |
| V _{Rsd} | Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN] |
| V _{Rd} | Resistenza al taglio, espresso in [kN] |

Inviluppo SLU

| Nr. | Y | B, H | A _{fs} | A _{fi} | N _u | M _u | CS | V _{Rd} | V _{Rcd} | V _{Rsd} |
|-----|------|---------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------|-----------------|------------------|------------------|
| 1 | 0,00 | 100, 40 | 14,07 | 8,04 | 0,00 | 0,00 | 1000,00 | 172,84 | -- | -- |
| 2 | 0,53 | 100, 45 | 14,07 | 8,04 | 2004,70 | -70,12 | 207,30 | 183,58 | -- | -- |
| 3 | 1,07 | 100, 50 | 42,22 | 22,12 | 1650,59 | -586,58 | 79,22 | 279,12 | -- | -- |
| 4 | 1,60 | 100, 54 | 42,22 | 22,12 | 1100,78 | -1002,00 | 32,90 | 293,54 | -- | -- |
| 5 | 2,14 | 100, 59 | 42,22 | 22,12 | 852,24 | -1051,26 | 17,95 | 307,72 | -- | -- |
| 6 | 2,67 | 100, 64 | 42,22 | 22,12 | 718,59 | -1116,29 | 11,44 | 321,72 | -- | -- |
| 7 | 3,21 | 100, 69 | 42,22 | 22,12 | 627,84 | -1186,36 | 7,98 | 335,36 | -- | -- |
| 8 | 3,74 | 100, 73 | 42,22 | 22,12 | 558,86 | -1258,42 | 6,02 | 348,23 | -- | -- |
| 9 | 4,28 | 100, 78 | 42,22 | 22,12 | 519,08 | -1336,05 | 4,84 | 360,85 | -- | -- |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | | | | | |
|----|-------|----------|-------|-------|--------|----------|------|--------|----|----|
| 10 | 4,81 | 100, 83 | 42,22 | 22,12 | 495,08 | -1416,99 | 4,05 | 373,28 | -- | -- |
| 11 | 5,35 | 100, 88 | 42,22 | 22,12 | 480,06 | -1499,94 | 3,48 | 385,56 | -- | -- |
| 12 | 5,88 | 100, 93 | 42,22 | 22,12 | 470,63 | -1584,27 | 3,05 | 397,70 | -- | -- |
| 13 | 6,42 | 100, 97 | 42,22 | 22,12 | 464,90 | -1669,60 | 2,72 | 409,73 | -- | -- |
| 14 | 6,95 | 100, 102 | 42,22 | 22,12 | 461,73 | -1755,73 | 2,45 | 421,65 | -- | -- |
| 15 | 7,49 | 100, 107 | 42,22 | 22,12 | 460,42 | -1842,50 | 2,23 | 433,48 | -- | -- |
| 16 | 8,02 | 100, 112 | 42,22 | 22,12 | 460,48 | -1929,84 | 2,04 | 445,24 | -- | -- |
| 17 | 8,56 | 100, 116 | 42,22 | 22,12 | 461,58 | -2017,67 | 1,89 | 456,93 | -- | -- |
| 18 | 9,09 | 100, 121 | 42,22 | 22,12 | 463,48 | -2105,94 | 1,75 | 468,56 | -- | -- |
| 19 | 9,63 | 100, 126 | 42,22 | 22,12 | 466,02 | -2194,61 | 1,64 | 480,14 | -- | -- |
| 20 | 10,16 | 100, 131 | 42,22 | 22,12 | 469,06 | -2283,67 | 1,53 | 491,68 | -- | -- |
| 21 | 10,70 | 100, 135 | 42,22 | 22,12 | 472,50 | -2373,09 | 1,44 | 503,19 | -- | -- |

Inviluppo SLE

| Nr. | Y | B, H | A _{fs} | A _{fi} | σ _c | τ _c | σ _{fs} | σ _{fi} |
|-----|-------|----------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 0,00 | 100, 40 | 14,07 | 8,04 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0,53 | 100, 45 | 14,07 | 8,04 | 14 | 3 | -167 | -204 |
| 3 | 1,07 | 100, 50 | 42,22 | 22,12 | 41 | 11 | -122 | -578 |
| 4 | 1,60 | 100, 54 | 42,22 | 22,12 | 97 | 23 | 313 | -1357 |
| 5 | 2,14 | 100, 59 | 42,22 | 22,12 | 196 | 38 | 1799 | -2691 |
| 6 | 2,67 | 100, 64 | 42,22 | 22,12 | 335 | 54 | 4574 | -4554 |
| 7 | 3,21 | 100, 69 | 42,22 | 22,12 | 510 | 65 | 8790 | -6895 |
| 8 | 3,74 | 100, 73 | 42,22 | 22,12 | 676 | 61 | 13484 | -9138 |
| 9 | 4,28 | 100, 78 | 42,22 | 22,12 | 808 | 57 | 17395 | -10940 |
| 10 | 4,81 | 100, 83 | 42,22 | 22,12 | 912 | 54 | 20579 | -12388 |
| 11 | 5,35 | 100, 88 | 42,22 | 22,12 | 994 | 51 | 23140 | -13556 |
| 12 | 5,88 | 100, 93 | 42,22 | 22,12 | 1058 | 48 | 25168 | -14498 |
| 13 | 6,42 | 100, 97 | 42,22 | 22,12 | 1109 | 46 | 26733 | -15255 |
| 14 | 6,95 | 100, 102 | 42,22 | 22,12 | 1148 | 44 | 27892 | -15859 |
| 15 | 7,49 | 100, 107 | 42,22 | 22,12 | 1178 | 42 | 28693 | -16334 |
| 16 | 8,02 | 100, 112 | 42,22 | 22,12 | 1200 | 40 | 29177 | -16700 |
| 17 | 8,56 | 100, 116 | 42,22 | 22,12 | 1215 | 38 | 29377 | -16972 |
| 18 | 9,09 | 100, 121 | 42,22 | 22,12 | 1225 | 37 | 29322 | -17163 |
| 19 | 9,63 | 100, 126 | 42,22 | 22,12 | 1229 | 35 | 29038 | -17282 |
| 20 | 10,16 | 100, 131 | 42,22 | 22,12 | 1229 | 34 | 28546 | -17337 |
| 21 | 10,70 | 100, 135 | 42,22 | 22,12 | 1226 | 33 | 27868 | -17336 |

Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Simbologia adottata

| | |
|---------------|--|
| B | base della sezione espressa in [cm] |
| H | altezza della sezione espressa in [cm] |
| A_{fi} | area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cm ²] |
| A_{fs} | area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cm ²] |
| σ_c | tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa] |
| τ_c | tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa] |
| σ_{fi} | tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kPa] |
| σ_{fs} | tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kPa] |
| N_u | sforzo normale ultimo espresso in [kN] |
| M_u | momento ultimo espresso in [kNm] |
| CS | coefficiente sicurezza sezione |
| V_{Rcd} | Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN] |
| V_{Rsd} | Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN] |
| V_{Rd} | Resistenza al taglio, espresso in [kN] |

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Inviluppo SLU

| Nr. | Y | B, H | A_{fs} | A_{fi} | N_u | M_u | CS | V_{Rd} | V_{Rcd} | V_{Rsd} |
|-----|------|----------|----------|----------|-------|----------|---------|----------|-----------|-----------|
| 1 | 0,00 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 1608,53 | 412,02 | -- | -- |
| 2 | 0,05 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 60,69 | 412,02 | -- | -- |
| 3 | 0,10 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 38,35 | 412,02 | -- | -- |
| 4 | 0,15 | 100, 135 | 40,21 | 30,16 | 0,00 | -2011,56 | 28,29 | 412,02 | -- | -- |
| 5 | 0,20 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 22,22 | 412,02 | -- | -- |
| 6 | 0,25 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 18,11 | 412,02 | -- | -- |
| 7 | 0,30 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 15,09 | 412,02 | -- | -- |
| 8 | 0,35 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 12,77 | 412,02 | -- | -- |
| 9 | 0,40 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 10,96 | 412,02 | -- | -- |
| 10 | 0,45 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 9,50 | 412,02 | -- | -- |
| 11 | 0,50 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 8,31 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 12 | 0,55 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 7,32 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 13 | 0,60 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 6,50 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 14 | 0,65 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 5,82 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 15 | 0,70 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 5,24 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 16 | 0,75 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 4,35 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 17 | 0,80 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 3,61 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 18 | 0,85 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 3,10 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 19 | 0,90 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 2,72 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 20 | 0,95 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 2,43 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 21 | 1,00 | 100, 135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 2,19 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | | | | | |
|----|------|---------|-------|-------|------|---------|------|---------|---------|----------|
| 22 | 1,05 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 2,00 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 23 | 1,10 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 1,84 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 24 | 1,15 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 1,70 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 25 | 1,20 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 1,58 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 26 | 1,25 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 1,47 | 4816,86 | 4816,86 | 27754,52 |
| 27 | 1,30 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 1,38 | 412,02 | -- | -- |
| 28 | 1,35 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 1,30 | 412,02 | -- | -- |
| 29 | 1,40 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 0,00 | 1514,20 | 1,22 | 412,02 | -- | -- |
| 30 | 1,45 | 100,135 | 28,15 | 42,22 | 0,00 | 2109,09 | 1,60 | 412,02 | -- | -- |

Inviluppo SLE

| Nr. | X | B, H | A_{fs} | A_{fi} | σ_c | τ_c | σ_{fi} | σ_{fs} |
|-----|------|---------|----------|----------|------------|----------|---------------|---------------|
| 31 | 0,00 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 1 | 4 | 16 | 31 |
| 32 | 0,05 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 15 | 3 | 860 | 323 |
| 33 | 0,10 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 23 | 2 | 1337 | 585 |
| 34 | 0,15 | 100,135 | 40,21 | 30,16 | 29 | 4 | 1772 | 569 |
| 35 | 0,20 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 38 | 7 | 2219 | 982 |
| 36 | 0,25 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 46 | 11 | 2670 | 1107 |
| 37 | 0,30 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 55 | 17 | 3146 | 1261 |
| 38 | 0,35 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 63 | 22 | 3656 | 2002 |
| 39 | 0,40 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 73 | 26 | 4193 | 2722 |
| 40 | 0,45 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 83 | 36 | 4769 | 2682 |
| 41 | 0,50 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 93 | 61 | 5384 | 2027 |
| 42 | 0,55 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 105 | 85 | 6036 | -1398 |
| 43 | 0,60 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 117 | 109 | 6722 | -1557 |
| 44 | 0,65 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 129 | 132 | 7438 | -1723 |
| 45 | 0,70 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 142 | 132 | 8179 | -1894 |
| 46 | 0,75 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 173 | 130 | 9948 | -2304 |
| 47 | 0,80 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 211 | 129 | 12140 | -2811 |
| 48 | 0,85 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 247 | 127 | 14230 | -3295 |
| 49 | 0,90 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 282 | 126 | 16261 | -3766 |
| 50 | 0,95 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 317 | 124 | 18260 | -4228 |
| 51 | 1,00 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 351 | 123 | 20243 | -4688 |
| 52 | 1,05 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 386 | 121 | 22227 | -5147 |
| 53 | 1,10 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 420 | 120 | 24223 | -5609 |
| 54 | 1,15 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 455 | 118 | 26244 | -6077 |
| 55 | 1,20 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 491 | 116 | 28297 | -6553 |
| 56 | 1,25 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 527 | 115 | 30383 | -7036 |
| 57 | 1,30 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 564 | 140 | 32488 | -7523 |
| 58 | 1,35 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 600 | 168 | 34591 | -8010 |
| 59 | 1,40 | 100,135 | 28,15 | 30,16 | 655 | 195 | 37745 | -8741 |
| 60 | 1,45 | 100,135 | 28,15 | 42,22 | 661 | 219 | 31002 | -8980 |

Inviluppo armature e tensioni piastre

| | |
|-----------------|--|
| X | ascissa sezione espressa in [m] |
| A _{fs} | area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq] |
| A _{fi} | area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq] |
| N _u | sforzo normale ultimo espresso in [kN] |
| M _u | momento ultimo espresso in [kNm] |
| CS | coefficiente sicurezza sezione |

Piastra fondazione valle

| Nr. | X | A _{fs} | A _{fi} | N _u | M _u | CS |
|-----|------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|------|
| 1 | 0,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,78 |
| 2 | 0,07 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 2,04 |
| 3 | 0,15 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 4,09 |
| 4 | 0,25 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 8,34 |
| 5 | 0,35 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,60 |
| 6 | 0,42 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 2,99 |
| 7 | 0,50 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 2,84 |
| 8 | 0,58 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 2,99 |
| 9 | 0,65 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,61 |
| 10 | 0,75 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 8,42 |
| 11 | 0,85 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 4,06 |
| 12 | 0,93 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 2,03 |
| 13 | 1,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,78 |
| 14 | 1,07 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 2,03 |
| 15 | 1,15 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 4,03 |
| 16 | 1,25 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 8,61 |
| 17 | 1,35 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,66 |
| 18 | 1,43 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,03 |
| 19 | 1,50 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 2,88 |
| 20 | 1,57 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,05 |
| 21 | 1,65 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,70 |
| 22 | 1,75 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 8,97 |
| 23 | 1,85 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 3,93 |
| 24 | 1,93 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,99 |
| 25 | 2,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,75 |
| 26 | 2,08 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,98 |
| 27 | 2,15 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 3,85 |
| 28 | 2,25 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 9,68 |
| 29 | 2,35 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,86 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | |
|----|------|------|------|------|---------|-------|
| 30 | 2,43 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,18 |
| 31 | 2,50 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,03 |
| 32 | 2,58 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,23 |
| 33 | 2,65 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,99 |
| 34 | 2,75 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 11,20 |
| 35 | 2,85 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 3,56 |
| 36 | 2,93 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,89 |
| 37 | 3,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,66 |
| 38 | 3,08 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,87 |
| 39 | 3,15 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 3,37 |
| 40 | 3,25 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 8,46 |
| 41 | 3,35 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 4,63 |
| 42 | 3,43 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 3,74 |
| 43 | 3,50 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,57 |
| 44 | 3,58 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 3,92 |
| 45 | 3,65 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 5,23 |
| 46 | 3,75 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 5,60 |
| 47 | 3,85 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 2,79 |
| 48 | 3,93 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,65 |
| 49 | 4,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,46 |
| 50 | 4,08 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,60 |
| 51 | 4,15 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 2,51 |
| 52 | 4,25 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 3,95 |
| 53 | 4,35 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 5,67 |
| 54 | 4,42 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 6,66 |
| 55 | 4,50 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 6,39 |
| 56 | 4,58 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 6,29 |
| 57 | 4,65 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 4,87 |
| 58 | 4,75 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 3,33 |
| 59 | 4,85 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,98 |
| 60 | 4,92 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,33 |
| 61 | 5,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,21 |
| 62 | 5,08 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,31 |
| 63 | 5,15 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 1,93 |
| 64 | 5,25 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 4,69 |
| 65 | 5,35 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 13,65 |
| 66 | 5,42 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 9,03 |
| 67 | 5,50 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 6,02 |
| 68 | 5,58 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 4,51 |
| 69 | 5,65 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,84 |
| 70 | 5,74 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 3,69 |
| 71 | 5,83 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 4,09 |
| 72 | 5,91 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | 200,13 | 5,46 |
| 73 | 6,00 | 3,93 | 3,93 | 0,00 | -200,13 | 77,72 |

Inviluppo sollecitazioni nei pali e verifiche delle sezioni

| | |
|----------------|--|
| Nr. | numero d'ordine della sezione a partire dall'attacco palo-fondazione |
| Y | ordinata della sezione a partire dall'attacco palo-fondazione positiva verso il basso (in [m]) |
| M | momento flettente espresso in [kNm] |
| N | sforzo normale espresso in [kN] |
| T | taglio espresso in [kN] |
| M _u | momento ultimo espresso in [kNm] |
| N _u | sforzo normale ultimo espresso in [kN] |
| T _u | taglio ultimo espresso in [kN] |
| CS | coefficiente di sicurezza |

Inviluppo sollecitazioni fila di pali nr. 1

| Nr. | Y | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax | Nmin | Nmax |
|-----|-------|-----------|---------|-----------|----------|------------|---------|
| 1 | 0,00 | -81,7949 | -2,6990 | 12,0958 | 160,1682 | -1049,4015 | 52,7607 |
| 2 | 0,50 | -153,3675 | -5,3319 | -4,0517 | 94,2151 | -1047,2288 | 53,8489 |
| 3 | 1,00 | -200,4751 | -4,6619 | -6,3705 | 31,7286 | -1042,9200 | 54,9043 |
| 4 | 1,50 | -216,3394 | -2,9895 | -45,5485 | -3,0535 | -1036,4752 | 55,9268 |
| 5 | 2,00 | -197,2602 | -1,4628 | -103,9362 | -2,0120 | -1027,8942 | 56,9165 |
| 6 | 2,50 | -145,2921 | -0,4568 | -119,0640 | -1,0153 | -1017,1772 | 57,8733 |
| 7 | 3,00 | -85,7601 | 0,2202 | -95,9395 | -0,3400 | -1004,3241 | 58,7973 |
| 8 | 3,50 | -37,7903 | 0,4304 | -63,4599 | 0,1099 | -989,3349 | 59,6884 |
| 9 | 4,00 | -6,0604 | 0,6026 | -27,8536 | 0,2701 | -972,2096 | 60,5467 |
| 10 | 4,50 | 0,1474 | 7,8664 | -5,3653 | 0,2460 | -952,9482 | 61,3721 |
| 11 | 5,00 | 0,0775 | 10,5491 | 0,0986 | 4,4986 | -931,5508 | 62,1646 |
| 12 | 5,50 | 0,0282 | 8,2998 | 0,0533 | 6,7272 | -908,0173 | 62,9243 |
| 13 | 6,00 | -0,0042 | 4,9362 | 0,0204 | 5,4821 | -882,3477 | 63,6512 |
| 14 | 6,50 | -0,0178 | 2,1952 | -0,0010 | 3,3484 | -854,5420 | 64,3452 |
| 15 | 7,00 | -0,0174 | 0,5210 | -0,0110 | 1,5431 | -824,6002 | 65,0063 |
| 16 | 7,50 | -0,2649 | -0,0072 | -0,0113 | 0,4107 | -792,5224 | 65,6346 |
| 17 | 8,00 | -0,4559 | -0,0040 | -0,1557 | -0,0048 | -758,3084 | 66,2300 |
| 18 | 8,50 | -0,3914 | -0,0016 | -0,2869 | -0,0027 | -721,9584 | 66,7926 |
| 19 | 9,00 | -0,2480 | -0,0001 | -0,2567 | -0,0012 | -683,4723 | 67,3223 |
| 20 | 9,50 | -0,1196 | 0,0007 | -0,1671 | -0,0002 | -642,8501 | 67,8192 |
| 21 | 10,00 | -0,0361 | 0,0008 | -0,0832 | 0,0004 | -600,0919 | 68,2832 |
| 22 | 10,50 | 0,0003 | 0,0092 | -0,0270 | 0,0005 | -555,1975 | 68,7144 |
| 23 | 11,00 | 0,0002 | 0,0190 | 0,0002 | 0,0050 | -508,1671 | 69,1127 |
| 24 | 11,50 | 0,0001 | 0,0181 | 0,0001 | 0,0118 | -459,0006 | 69,4782 |
| 25 | 12,00 | 0,0000 | 0,0123 | 0,0001 | 0,0118 | -407,6980 | 69,8108 |
| 26 | 12,50 | 0,0000 | 0,0064 | 0,0000 | 0,0082 | -354,2594 | 70,1105 |
| 27 | 13,00 | 0,0000 | 0,0023 | 0,0000 | 0,0044 | -298,6846 | 70,3774 |
| 28 | 13,50 | -0,0003 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0016 | -240,9738 | 70,6115 |
| 29 | 14,00 | -0,0008 | 0,0000 | -0,0001 | 0,0001 | -181,1268 | 70,8127 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | | |
|----|-------|---------|--------|---------|--------|-----------|----------|
| 30 | 14,50 | -0,0008 | 0,0000 | -0,0005 | 0,0000 | -119,1439 | 70,9810 |
| 31 | 15,00 | -0,0006 | 0,0000 | -0,0005 | 0,0000 | -55,0248 | 71,1165 |
| 32 | 15,50 | -0,0003 | 0,0000 | -0,0004 | 0,0000 | 8,3041 | 71,2191 |
| 33 | 16,00 | -0,0001 | 0,0000 | -0,0002 | 0,0000 | 24,4492 | 79,6216 |
| 34 | 16,50 | 0,0000 | 0,0000 | -0,0001 | 0,0000 | 24,6699 | 150,1490 |
| 35 | 17,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 24,8634 | 222,8124 |
| 36 | 17,50 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 25,0297 | 297,6119 |
| 37 | 18,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 25,1688 | 374,5474 |
| 38 | 18,50 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 25,2807 | 453,6191 |
| 39 | 19,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 25,3654 | 534,8268 |
| 40 | 19,50 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 25,4229 | 618,1706 |
| 41 | 20,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 25,4532 | 703,6505 |

Inviluppo verifiche fila di pali nr. 1

| Nr. | Y | A _r | M _u | N _u | T _u | CS |
|-----|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| 1 | 0,00 | 102,09 | 112,76 | 89,45 | 1567,05 | 1,39 |
| 2 | 0,50 | 102,09 | 142,84 | 87,15 | 1567,05 | 0,94 |
| 3 | 1,00 | 102,09 | 153,22 | 137,62 | 1567,05 | 0,78 |
| 4 | 1,50 | 102,09 | 123,76 | 275,11 | 1567,05 | 0,74 |
| 5 | 2,00 | 102,09 | 77,59 | 688,40 | 1567,05 | 0,79 |
| 6 | 2,50 | 102,09 | 28,72 | -1005,73 | 1567,05 | 0,99 |
| 7 | 3,00 | 102,09 | 3,26 | -1383,64 | 1567,05 | 1,38 |
| 8 | 3,50 | 102,09 | 13,78 | -2001,44 | 1567,05 | 2,02 |
| 9 | 4,00 | 102,09 | 2,22 | 2772,72 | 1567,05 | 2,95 |
| 10 | 4,50 | 102,09 | 9,00 | -2788,06 | 1567,05 | 2,93 |
| 11 | 5,00 | 102,09 | 4,69 | -2683,82 | 1567,05 | 2,88 |
| 12 | 5,50 | 102,09 | 1,69 | -2760,29 | 1567,05 | 3,04 |
| 13 | 6,00 | 102,09 | 0,09 | -2894,21 | 1567,05 | 3,28 |
| 14 | 6,50 | 102,09 | 0,51 | -3019,19 | 1567,05 | 3,53 |
| 15 | 7,00 | 102,09 | 0,46 | -3105,03 | 1567,05 | 3,77 |
| 16 | 7,50 | 102,09 | 0,41 | -3116,29 | 1567,05 | 3,94 |
| 17 | 8,00 | 102,09 | 0,23 | -3106,42 | 1567,05 | 4,10 |
| 18 | 8,50 | 102,09 | 0,09 | -3109,12 | 1567,05 | 4,31 |
| 19 | 9,00 | 102,09 | 0,02 | -3117,34 | 1567,05 | 4,56 |
| 20 | 9,50 | 102,09 | 0,02 | -3125,48 | 1567,05 | 4,86 |
| 21 | 10,00 | 102,09 | 0,02 | -3131,31 | 1567,05 | 5,22 |
| 22 | 10,50 | 102,09 | 0,02 | -3133,21 | 1567,05 | 5,64 |
| 23 | 11,00 | 102,09 | 0,01 | -3132,36 | 1567,05 | 6,16 |
| 24 | 11,50 | 102,09 | 0,01 | -3132,26 | 1567,05 | 6,82 |
| 25 | 12,00 | 102,09 | 0,00 | -3132,70 | 1567,05 | 7,68 |
| 26 | 12,50 | 102,09 | 0,00 | -3133,26 | 1567,05 | 8,84 |
| 27 | 13,00 | 102,09 | 0,00 | -3133,74 | 1567,05 | 10,49 |
| 28 | 13,50 | 102,09 | 0,00 | -3134,04 | 1567,05 | 13,01 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | |
|----|-------|--------|------|----------|---------|-------|
| 29 | 14,00 | 102,09 | 0,00 | -3133,90 | 1567,05 | 17,30 |
| 30 | 14,50 | 102,09 | 0,00 | -3133,77 | 1567,05 | 26,30 |
| 31 | 15,00 | 102,09 | 0,00 | -3133,59 | 1567,05 | 53,24 |
| 32 | 15,50 | 102,09 | 0,00 | 3785,65 | 1567,05 | 53,16 |
| 33 | 16,00 | 102,09 | 0,00 | 3786,14 | 1567,05 | 47,55 |
| 34 | 16,50 | 102,09 | 0,00 | 3786,16 | 1567,05 | 25,22 |
| 35 | 17,00 | 102,09 | 0,00 | 3786,16 | 1567,05 | 16,99 |
| 36 | 17,50 | 102,09 | 0,00 | 3786,16 | 1567,05 | 12,72 |
| 37 | 18,00 | 102,09 | 0,00 | 3786,16 | 1567,05 | 10,11 |
| 38 | 18,50 | 102,09 | 0,00 | 3786,17 | 1567,05 | 8,35 |
| 39 | 19,00 | 102,09 | 0,00 | 3786,17 | 1567,05 | 7,08 |
| 40 | 19,50 | 102,09 | 0,00 | 3786,17 | 1567,05 | 6,12 |
| 41 | 20,00 | 102,09 | 0,00 | 3786,17 | 1567,05 | 5,38 |

Inviluppo sollecitazioni fila di pali nr. 2

| Nr. | Y | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax | Nmin | Nmax |
|-----|-------|-----------|---------|-----------|----------|----------|----------|
| 1 | 0,00 | -81,7949 | -2,6990 | 12,0958 | 160,1682 | 118,4124 | 177,8736 |
| 2 | 0,50 | -153,3675 | -5,3319 | -4,0517 | 94,2151 | 119,4895 | 178,9143 |
| 3 | 1,00 | -200,4751 | -4,6619 | -6,3705 | 31,7286 | 120,5115 | 179,8271 |
| 4 | 1,50 | -216,3394 | -2,9895 | -45,5485 | -3,0535 | 121,4784 | 180,6119 |
| 5 | 2,00 | -197,2602 | -1,4628 | -103,9362 | -2,0120 | 122,3902 | 181,2688 |
| 6 | 2,50 | -145,2921 | -0,4568 | -119,0640 | -1,0153 | 123,2469 | 181,7978 |
| 7 | 3,00 | -85,7601 | 0,2202 | -95,9395 | -0,3400 | 124,0485 | 182,1989 |
| 8 | 3,50 | -37,7903 | 0,4304 | -63,4599 | 0,1099 | 124,7950 | 182,4720 |
| 9 | 4,00 | -6,0604 | 0,6026 | -27,8536 | 0,2701 | 125,4864 | 182,6172 |
| 10 | 4,50 | 0,1474 | 7,8664 | -5,3653 | 0,2460 | 126,1227 | 182,6345 |
| 11 | 5,00 | 0,0775 | 10,5491 | 0,0986 | 4,4986 | 126,4335 | 182,5238 |
| 12 | 5,50 | 0,0282 | 8,2998 | 0,0533 | 6,7272 | 126,5443 | 182,2853 |
| 13 | 6,00 | -0,0042 | 4,9362 | 0,0204 | 5,4821 | 126,5604 | 181,9187 |
| 14 | 6,50 | -0,0178 | 2,1952 | -0,0010 | 3,3484 | 126,4818 | 181,4243 |
| 15 | 7,00 | -0,0174 | 0,5210 | -0,0110 | 1,5431 | 126,3086 | 180,8019 |
| 16 | 7,50 | -0,2649 | -0,0072 | -0,0113 | 0,4107 | 126,0408 | 180,0516 |
| 17 | 8,00 | -0,4559 | -0,0040 | -0,1557 | -0,0048 | 125,6783 | 179,1734 |
| 18 | 8,50 | -0,3914 | -0,0016 | -0,2869 | -0,0027 | 125,2211 | 178,1673 |
| 19 | 9,00 | -0,2480 | -0,0001 | -0,2567 | -0,0012 | 124,6693 | 177,0332 |
| 20 | 9,50 | -0,1196 | 0,0007 | -0,1671 | -0,0002 | 124,0228 | 175,7712 |
| 21 | 10,00 | -0,0361 | 0,0008 | -0,0832 | 0,0004 | 123,2817 | 174,3812 |
| 22 | 10,50 | 0,0003 | 0,0092 | -0,0270 | 0,0005 | 122,4459 | 172,8634 |
| 23 | 11,00 | 0,0002 | 0,0190 | 0,0002 | 0,0050 | 121,5154 | 171,2176 |
| 24 | 11,50 | 0,0001 | 0,0181 | 0,0001 | 0,0118 | 120,4903 | 169,4439 |
| 25 | 12,00 | 0,0000 | 0,0123 | 0,0001 | 0,0118 | 119,3706 | 167,5422 |
| 26 | 12,50 | 0,0000 | 0,0064 | 0,0000 | 0,0082 | 118,1562 | 165,5127 |
| 27 | 13,00 | 0,0000 | 0,0023 | 0,0000 | 0,0044 | 116,8471 | 163,3551 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | | |
|----|-------|---------|--------|---------|--------|----------|----------|
| 28 | 13,50 | -0,0003 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0016 | 115,4434 | 161,0697 |
| 29 | 14,00 | -0,0008 | 0,0000 | -0,0001 | 0,0001 | 113,9450 | 158,6564 |
| 30 | 14,50 | -0,0008 | 0,0000 | -0,0005 | 0,0000 | 112,3519 | 156,1151 |
| 31 | 15,00 | -0,0006 | 0,0000 | -0,0005 | 0,0000 | 110,6643 | 153,4459 |
| 32 | 15,50 | -0,0003 | 0,0000 | -0,0004 | 0,0000 | 108,8819 | 150,6487 |
| 33 | 16,00 | -0,0001 | 0,0000 | -0,0002 | 0,0000 | 107,0049 | 147,7236 |
| 34 | 16,50 | 0,0000 | 0,0000 | -0,0001 | 0,0000 | 105,0332 | 144,6706 |
| 35 | 17,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 102,9669 | 141,4897 |
| 36 | 17,50 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 100,8059 | 138,1809 |
| 37 | 18,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 98,5503 | 134,7441 |
| 38 | 18,50 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 96,2000 | 131,1794 |
| 39 | 19,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 93,7551 | 127,4867 |
| 40 | 19,50 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 91,2155 | 123,6662 |
| 41 | 20,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 88,5812 | 119,7177 |

Inviluppo verifiche fila di pali nr. 2

| Nr. | Y | A _F | M _u | N _u | T _u | CS |
|-----|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| 1 | 0,00 | 102,09 | 70,89 | 383,64 | 1567,05 | 2,58 |
| 2 | 0,50 | 102,09 | 111,91 | 213,64 | 1567,05 | 1,39 |
| 3 | 1,00 | 102,09 | 102,62 | 170,06 | 1567,05 | 1,06 |
| 4 | 1,50 | 102,09 | 75,14 | 164,99 | 1567,05 | 0,98 |
| 5 | 2,00 | 102,09 | 41,65 | 192,21 | 1567,05 | 1,08 |
| 6 | 2,50 | 102,09 | 13,80 | 265,76 | 1567,05 | 1,46 |
| 7 | 3,00 | 102,09 | 1,55 | 448,10 | 1567,05 | 2,46 |
| 8 | 3,50 | 102,09 | 6,65 | 952,81 | 1567,05 | 5,22 |
| 9 | 4,00 | 102,09 | 6,45 | 2799,74 | 1567,05 | 15,33 |
| 10 | 4,50 | 102,09 | 4,40 | 2345,54 | 1567,05 | 13,93 |
| 11 | 5,00 | 102,09 | 2,31 | 2230,11 | 1567,05 | 12,22 |
| 12 | 5,50 | 102,09 | 0,84 | 2486,74 | 1567,05 | 13,64 |
| 13 | 6,00 | 102,09 | 0,04 | 2974,79 | 1567,05 | 16,35 |
| 14 | 6,50 | 102,09 | 0,26 | 3479,25 | 1567,05 | 19,18 |
| 15 | 7,00 | 102,09 | 0,29 | 3736,78 | 1567,05 | 20,67 |
| 16 | 7,50 | 102,09 | 0,21 | 3751,80 | 1567,05 | 20,89 |
| 17 | 8,00 | 102,09 | 0,12 | 3742,48 | 1567,05 | 20,89 |
| 18 | 8,50 | 102,09 | 0,05 | 3748,40 | 1567,05 | 21,04 |
| 19 | 9,00 | 102,09 | 0,00 | 3762,00 | 1567,05 | 21,25 |
| 20 | 9,50 | 102,09 | 0,01 | 3774,39 | 1567,05 | 21,47 |
| 21 | 10,00 | 102,09 | 0,01 | 3782,58 | 1567,05 | 21,69 |
| 22 | 10,50 | 102,09 | 0,01 | 3784,93 | 1567,05 | 21,90 |
| 23 | 11,00 | 102,09 | 0,01 | 3784,24 | 1567,05 | 22,10 |
| 24 | 11,50 | 102,09 | 0,00 | 3784,31 | 1567,05 | 22,33 |
| 25 | 12,00 | 102,09 | 0,00 | 3784,90 | 1567,05 | 22,59 |
| 26 | 12,50 | 102,09 | 0,00 | 3785,50 | 1567,05 | 22,87 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | |
|----|-------|--------|------|---------|---------|-------|
| 27 | 13,00 | 102,09 | 0,00 | 3785,93 | 1567,05 | 23,18 |
| 28 | 13,50 | 102,09 | 0,00 | 3786,13 | 1567,05 | 23,51 |
| 29 | 14,00 | 102,09 | 0,00 | 3786,08 | 1567,05 | 23,86 |
| 30 | 14,50 | 102,09 | 0,00 | 3786,07 | 1567,05 | 24,25 |
| 31 | 15,00 | 102,09 | 0,00 | 3786,10 | 1567,05 | 24,67 |
| 32 | 15,50 | 102,09 | 0,00 | 3786,13 | 1567,05 | 25,13 |
| 33 | 16,00 | 102,09 | 0,00 | 3786,15 | 1567,05 | 25,63 |
| 34 | 16,50 | 102,09 | 0,00 | 3786,16 | 1567,05 | 26,17 |
| 35 | 17,00 | 102,09 | 0,00 | 3786,16 | 1567,05 | 26,76 |
| 36 | 17,50 | 102,09 | 0,00 | 3786,16 | 1567,05 | 27,40 |
| 37 | 18,00 | 102,09 | 0,00 | 3786,16 | 1567,05 | 28,10 |
| 38 | 18,50 | 102,09 | 0,00 | 3786,16 | 1567,05 | 28,86 |
| 39 | 19,00 | 102,09 | 0,00 | 3786,17 | 1567,05 | 29,70 |
| 40 | 19,50 | 102,09 | 0,00 | 3786,17 | 1567,05 | 30,62 |
| 41 | 20,00 | 102,09 | 0,00 | 3786,17 | 1567,05 | 31,63 |

Involuppo sollecitazioni fila di pali nr. 3

| Nr. | Y | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax | Nmin | Nmax |
|-----|-------|-----------|---------|-----------|----------|----------|-----------|
| 1 | 0,00 | -81,7949 | -2,6990 | 12,0958 | 160,1682 | 184,0640 | 1405,1488 |
| 2 | 0,50 | -153,3675 | -5,3319 | -4,0517 | 94,2151 | 185,1300 | 1405,8359 |
| 3 | 1,00 | -200,4751 | -4,6619 | -6,3705 | 31,7286 | 186,1186 | 1405,6882 |
| 4 | 1,50 | -216,3394 | -2,9895 | -45,5485 | -3,0535 | 187,0299 | 1404,7054 |
| 5 | 2,00 | -197,2602 | -1,4628 | -103,9362 | -2,0120 | 187,8638 | 1402,8877 |
| 6 | 2,50 | -145,2921 | -0,4568 | -119,0640 | -1,0153 | 188,6204 | 1400,2351 |
| 7 | 3,00 | -85,7601 | 0,2202 | -95,9395 | -0,3400 | 189,2997 | 1396,7475 |
| 8 | 3,50 | -37,7903 | 0,4304 | -63,4599 | 0,1099 | 189,9016 | 1392,4249 |
| 9 | 4,00 | -6,0604 | 0,6026 | -27,8536 | 0,2701 | 190,4261 | 1387,2674 |
| 10 | 4,50 | 0,1474 | 7,8664 | -5,3653 | 0,2460 | 190,8733 | 1381,2750 |
| 11 | 5,00 | 0,0775 | 10,5491 | 0,0986 | 4,4986 | 191,2431 | 1374,4475 |
| 12 | 5,50 | 0,0282 | 8,2998 | 0,0533 | 6,7272 | 191,5356 | 1366,7851 |
| 13 | 6,00 | -0,0042 | 4,9362 | 0,0204 | 5,4821 | 191,7508 | 1358,2878 |
| 14 | 6,50 | -0,0178 | 2,1952 | -0,0010 | 3,3484 | 191,8886 | 1348,9555 |
| 15 | 7,00 | -0,0174 | 0,5210 | -0,0110 | 1,5431 | 191,9490 | 1338,7882 |
| 16 | 7,50 | -0,2649 | -0,0072 | -0,0113 | 0,4107 | 191,9321 | 1327,7860 |
| 17 | 8,00 | -0,4559 | -0,0040 | -0,1557 | -0,0048 | 191,8378 | 1315,9489 |
| 18 | 8,50 | -0,3914 | -0,0016 | -0,2869 | -0,0027 | 191,6662 | 1303,2767 |
| 19 | 9,00 | -0,2480 | -0,0001 | -0,2567 | -0,0012 | 191,4173 | 1289,7697 |
| 20 | 9,50 | -0,1196 | 0,0007 | -0,1671 | -0,0002 | 191,0910 | 1275,4276 |
| 21 | 10,00 | -0,0361 | 0,0008 | -0,0832 | 0,0004 | 190,6873 | 1260,2506 |
| 22 | 10,50 | 0,0003 | 0,0092 | -0,0270 | 0,0005 | 190,2063 | 1244,2387 |
| 23 | 11,00 | 0,0002 | 0,0190 | 0,0002 | 0,0050 | 189,6480 | 1227,3918 |
| 24 | 11,50 | 0,0001 | 0,0181 | 0,0001 | 0,0118 | 189,0122 | 1209,7099 |
| 25 | 12,00 | 0,0000 | 0,0123 | 0,0001 | 0,0118 | 188,2992 | 1191,1931 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | | |
|----|-------|---------|--------|---------|--------|----------|-----------|
| 26 | 12,50 | 0,0000 | 0,0064 | 0,0000 | 0,0082 | 187,5088 | 1171,8413 |
| 27 | 13,00 | 0,0000 | 0,0023 | 0,0000 | 0,0044 | 186,6410 | 1151,6546 |
| 28 | 13,50 | -0,0003 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0016 | 185,6959 | 1130,6329 |
| 29 | 14,00 | -0,0008 | 0,0000 | -0,0001 | 0,0001 | 184,6735 | 1108,7762 |
| 30 | 14,50 | -0,0008 | 0,0000 | -0,0005 | 0,0000 | 183,5737 | 1086,0846 |
| 31 | 15,00 | -0,0006 | 0,0000 | -0,0005 | 0,0000 | 182,3965 | 1062,5580 |
| 32 | 15,50 | -0,0003 | 0,0000 | -0,0004 | 0,0000 | 181,1420 | 1038,1965 |
| 33 | 16,00 | -0,0001 | 0,0000 | -0,0002 | 0,0000 | 179,8102 | 1013,0000 |
| 34 | 16,50 | 0,0000 | 0,0000 | -0,0001 | 0,0000 | 178,4010 | 986,9686 |
| 35 | 17,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 176,9144 | 960,1022 |
| 36 | 17,50 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 175,3505 | 932,4009 |
| 37 | 18,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 171,9318 | 903,8646 |
| 38 | 18,50 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 167,1193 | 874,4933 |
| 39 | 19,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 162,1447 | 844,2871 |
| 40 | 19,50 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 157,0080 | 813,2459 |
| 41 | 20,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 151,7092 | 781,3698 |

Inviluppo verifiche fila di pali nr. 3

| Nr. | Y | A _F | M _u | N _u | T _u | CS |
|-----|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|
| 1 | 0,00 | 102,09 | 49,65 | 2184,77 | 1567,05 | 1,58 |
| 2 | 0,50 | 102,09 | 84,24 | 1533,96 | 1567,05 | 1,09 |
| 3 | 1,00 | 102,09 | 76,13 | 1272,28 | 1567,05 | 0,91 |
| 4 | 1,50 | 102,09 | 53,37 | 1201,47 | 1567,05 | 0,86 |
| 5 | 2,00 | 102,09 | 28,37 | 1285,62 | 1567,05 | 0,92 |
| 6 | 2,50 | 102,09 | 8,40 | 1588,69 | 1567,05 | 1,13 |
| 7 | 3,00 | 102,09 | 1,02 | 2163,25 | 1567,05 | 1,55 |
| 8 | 3,50 | 102,09 | 4,38 | 2974,61 | 1567,05 | 2,14 |
| 9 | 4,00 | 102,09 | 1,98 | 3711,79 | 1567,05 | 2,68 |
| 10 | 4,50 | 102,09 | 2,91 | 3684,18 | 1567,05 | 2,67 |
| 11 | 5,00 | 102,09 | 1,53 | 3647,83 | 1567,05 | 2,65 |
| 12 | 5,50 | 102,09 | 0,56 | 3683,56 | 1567,05 | 2,70 |
| 13 | 6,00 | 102,09 | 0,03 | 3724,09 | 1567,05 | 2,74 |
| 14 | 6,50 | 102,09 | 0,17 | 3758,11 | 1567,05 | 2,79 |
| 15 | 7,00 | 102,09 | 0,19 | 3779,42 | 1567,05 | 2,82 |
| 16 | 7,50 | 102,09 | 0,14 | 3782,00 | 1567,05 | 2,85 |
| 17 | 8,00 | 102,09 | 0,08 | 3780,16 | 1567,05 | 2,87 |
| 18 | 8,50 | 102,09 | 0,03 | 3780,96 | 1567,05 | 2,90 |
| 19 | 9,00 | 102,09 | 0,00 | 3782,83 | 1567,05 | 2,93 |
| 20 | 9,50 | 102,09 | 0,01 | 3784,54 | 1567,05 | 2,97 |
| 21 | 10,00 | 102,09 | 0,01 | 3785,67 | 1567,05 | 3,00 |
| 22 | 10,50 | 102,09 | 0,01 | 3786,01 | 1567,05 | 3,04 |
| 23 | 11,00 | 102,09 | 0,00 | 3785,90 | 1567,05 | 3,08 |
| 24 | 11,50 | 102,09 | 0,00 | 3785,91 | 1567,05 | 3,13 |

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

| | | | | | | |
|----|-------|--------|------|---------|---------|------|
| 25 | 12,00 | 102,09 | 0,00 | 3785,99 | 1567,05 | 3,18 |
| 26 | 12,50 | 102,09 | 0,00 | 3786,07 | 1567,05 | 3,23 |
| 27 | 13,00 | 102,09 | 0,00 | 3786,13 | 1567,05 | 3,29 |
| 28 | 13,50 | 102,09 | 0,00 | 3786,16 | 1567,05 | 3,35 |
| 29 | 14,00 | 102,09 | 0,00 | 3786,15 | 1567,05 | 3,41 |
| 30 | 14,50 | 102,09 | 0,00 | 3786,15 | 1567,05 | 3,49 |
| 31 | 15,00 | 102,09 | 0,00 | 3786,16 | 1567,05 | 3,56 |
| 32 | 15,50 | 102,09 | 0,00 | 3786,16 | 1567,05 | 3,65 |
| 33 | 16,00 | 102,09 | 0,00 | 3786,16 | 1567,05 | 3,74 |
| 34 | 16,50 | 102,09 | 0,00 | 3786,17 | 1567,05 | 3,84 |
| 35 | 17,00 | 102,09 | 0,00 | 3786,17 | 1567,05 | 3,94 |
| 36 | 17,50 | 102,09 | 0,00 | 3786,17 | 1567,05 | 4,06 |
| 37 | 18,00 | 102,09 | 0,00 | 3786,17 | 1567,05 | 4,19 |
| 38 | 18,50 | 102,09 | 0,00 | 3786,17 | 1567,05 | 4,33 |
| 39 | 19,00 | 102,09 | 0,00 | 3786,17 | 1567,05 | 4,48 |
| 40 | 19,50 | 102,09 | 0,00 | 3786,17 | 1567,05 | 4,66 |
| 41 | 20,00 | 102,09 | 0,00 | 3786,17 | 1567,05 | 4,85 |

Elenco ferri

Simbologia adottata

| | |
|--------------|---|
| Destinazione | Destinazione ferro |
| ϕ | Diametro ferro espresso in [mm] |
| n | Numero tondini |
| L | Lunghezza totale ferro espressa in [cm] |
| P | Peso singolo ferro espresso in [kN] |
| P_g | Peso gruppo espresso in [kN] |

| Destinazione | ϕ | n | L | P | P_g |
|--------------|--------|-----|---------|--------|--------|
| Fondazione | 16,00 | 14 | 241,20 | 0,0373 | 0,5227 |
| Fondazione | 16,00 | 6 | 281,63 | 0,0436 | 0,2616 |
| Fondazione | 16,00 | 15 | 281,00 | 0,0435 | 0,6524 |
| Paramento | 16,00 | 7 | 240,72 | 0,0373 | 0,2608 |
| Paramento | 16,00 | 7 | 1015,83 | 0,1572 | 1,1006 |
| Paramento | 16,00 | 4 | 240,72 | 0,0373 | 0,1490 |
| Paramento | 16,00 | 4 | 1120,24 | 0,1734 | 0,6936 |
| Paramento | 16,00 | 14 | 240,00 | 0,0371 | 0,5201 |
| Paramento | 16,00 | 14 | 1012,00 | 0,1566 | 2,1930 |
| Paramento | 16,00 | 7 | 240,00 | 0,0371 | 0,2600 |
| Paramento | 16,00 | 7 | 1116,00 | 0,1727 | 1,2092 |
| Fondazione | 8,00 | 6 | 145,03 | 0,0056 | 0,0337 |
| Paramento | 8,00 | 6 | 97,80 | 0,0038 | 0,0227 |

Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

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

Il sottoscritto, 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.

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

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 | MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno |
| Versione | 10.10 |
| Produttore | Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS) |
| Utente | ANAS S.P.A.- DIREZIONE GENERALE |
| Licenza | AIR01039Y |

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

Relazione di calcolo - Muro di sostegno a ridosso paratia esistente

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.

Luogo e data

Il progettista
()
