

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 ESECUTIVO

COD. AN58

PROGETTAZIONE:
RAGGRUPPAMENTO
TEMPORANEO PROGETTISTI

MANDATARIA:



MANDANTI:



sinergo

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI
SPECIALISTICHE:

Ing. Riccardo Formichi – Società Pro Iter Srl
Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. 18045

IL PROGETTISTA:

Ing. Alberto Rinaldi – Società Erre.vi.a. Srl
Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. 16951

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Massimo Mezzanzanica – Società Pro Iter Srl
Albo Geol. Lombardia n. A762

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Ing. Massimo Mangini – Società Erre.Vi.A Srl
Ordine Ingegneri Provincia di Varese n. 1502

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO:

Dott. ing. Vincenzo Catone

PROTOCOLLO:

DATA:



07 - OPERE D'ARTE MINORI

07.01 - OS.01 - MURO DI SOSTEGNO DAVANTI A PARATIA ESISTENTE

Relazione di calcolo

CODICE PROGETTO			NOME FILE		REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00OS01STRRE01A .pdf			
LO702M	E	2101	CODICE ELAB. T00OS01STRRE01		A	-
D						
C						
B						
A	EMISSIONE		FEBBRAIO 2023	BONASIO	RINALDI	RINALDI
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1.	PREMESSA	2
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	3
3.1	Calcestruzzo per elevazioni realizzate in opera	3
3.2	Acciaio per c.a.	3
3.3	Acciaio per micropali	4
4.	DESCRIZIONE DELLE OPERE	4
5.	ANALISI DI VERIFICA.....	6
5.1	Sezioni di verifica	6
5.2	Modello geotecnico	7
5.3	Superficie piezometrica	8
5.4	Approccio normativo	8
5.4.1	<i>Verifiche strutturali</i>	10
5.4.2	<i>Verifiche geotecniche</i>	14
5.5	Metodi di analisi e codice di calcolo	14
5.6	Azioni sismiche	15
5.7	Carichi	17
5.8	Risultati delle verifiche strutturali	18
5.9	Risultati delle verifiche geotecniche	20
6.	VERIFICA DELLE FONDAZIONI	22
6.1	Criteri di calcolo	22
6.1.1	<i>Verifica SLU al carico limite verticale</i>	23
6.1.2	<i>Verifica SLU di instabilità dell'equilibrio elastico</i>	24
6.1.3	<i>Verifica SLU di resistenza della sezione per carichi assiali</i>	25
6.1.4	<i>Verifica SLU di resistenza a flessione della sezione</i>	26
6.1.5	<i>Verifica SLU di resistenza a taglio della sezione</i>	27
6.1.6	<i>Verifica SLU al carico limite orizzontale del palo</i>	27
6.2	Risultati delle analisi.....	30
7.	PARATIA DI MICROPALI ESISTENTE.....	35
7.1	Modello di calcolo	36
7.2	Caratteristiche sezione di verifica	38
7.3	Risultati delle analisi e verifiche	39
	ALLEGATO DI CALCOLO.....	43
	MURO DI CONSOLIDAMENTO DELLA BERLINESE ESISTENTE.....	43

1. PREMESSA

Il presente documento ha per oggetto la verifica dei muri di sostegno di sostegno previsti nell'ambito del progetto esecutivo 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 rotatoria 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 rotatoria.

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..

Le stratigrafie riportate sui profili geologici di riferimento hanno confermato un contesto del tutto simile a quello riportato nel Progetto Definitivo.

Le profondità del contatto fra materiale sciolto (dt / r) e lapideo (FMA alterata) sono risultate più conservative rispetto al Progetto Definitivo, per tale ragione il dimensionamento delle opere è stato svolto in via cautelativa considerando la stratigrafia del Progetto Definitivo.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- DM 17.01.2018 – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”
- CIRCOLARE 21.01.2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”
- 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]

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

3.3 Acciaio 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.

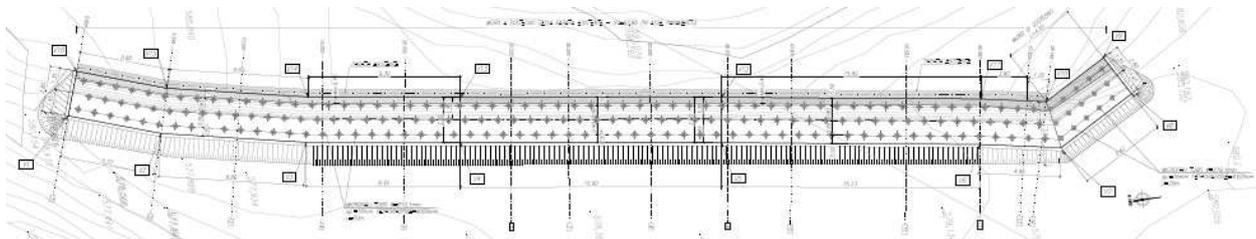


Figura 4.1 – Stralcio planimetrico muro di consolidamento della berlinese esistente.

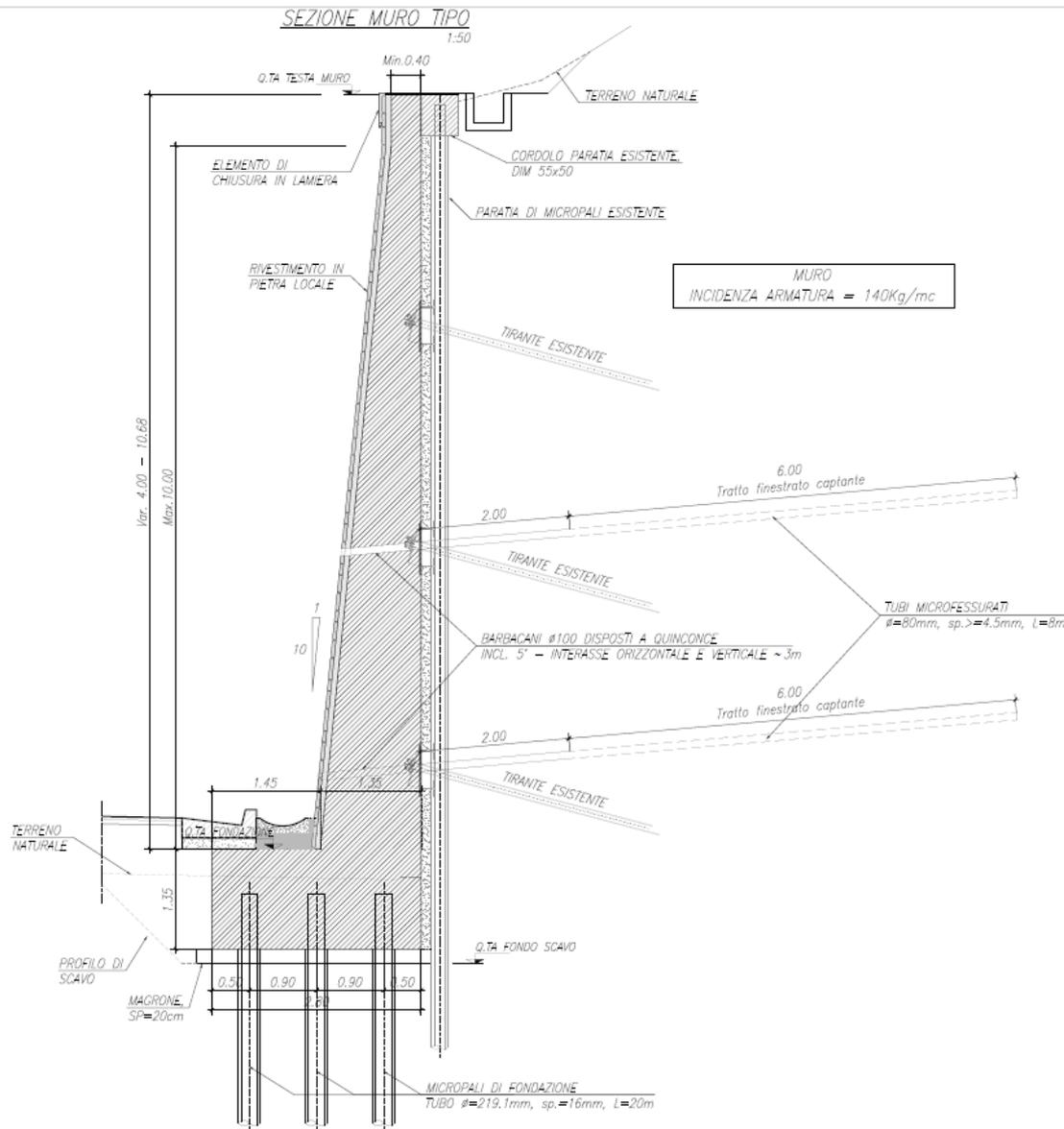


Figura 4.2 - Muro di consolidamento della berlinese esistente: sezione tipologica.

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.

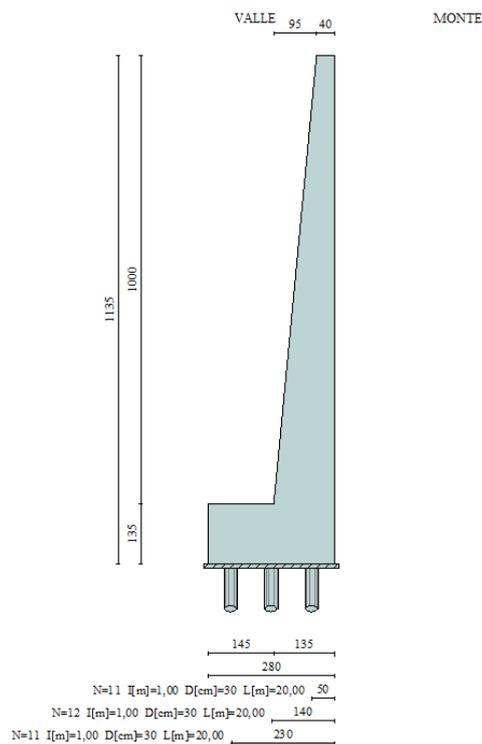


Figura 5.1 – Muro di consolidamento berlinese: geometria del muro di sostegno.

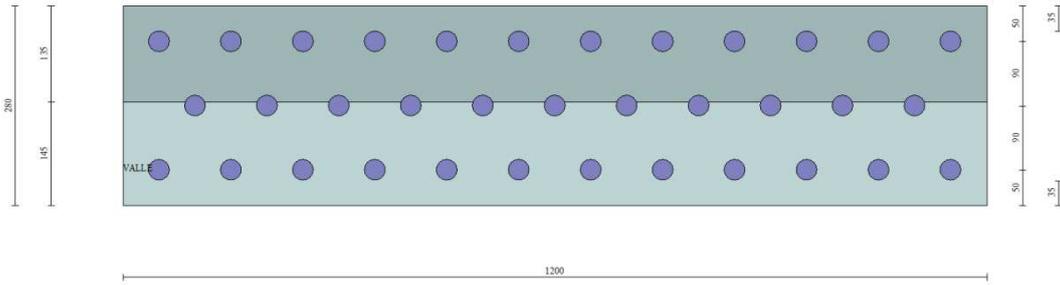


Figura 5.2 – Muro di consolidamento berlinese: disposizione dei micropali di fondazione.

La seguente tabella riepiloga le caratteristiche dei micropali.

D PERFORO (mm)	D ESTERNO (mm)	S (mm)	L AMMORSAMENTO NELLA CIABATTA (m)	L MICROPALO DA INTRADOSSO CIABATTA (m)	L TOTALE (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 la stratigrafia di calcolo adottata nelle analisi.

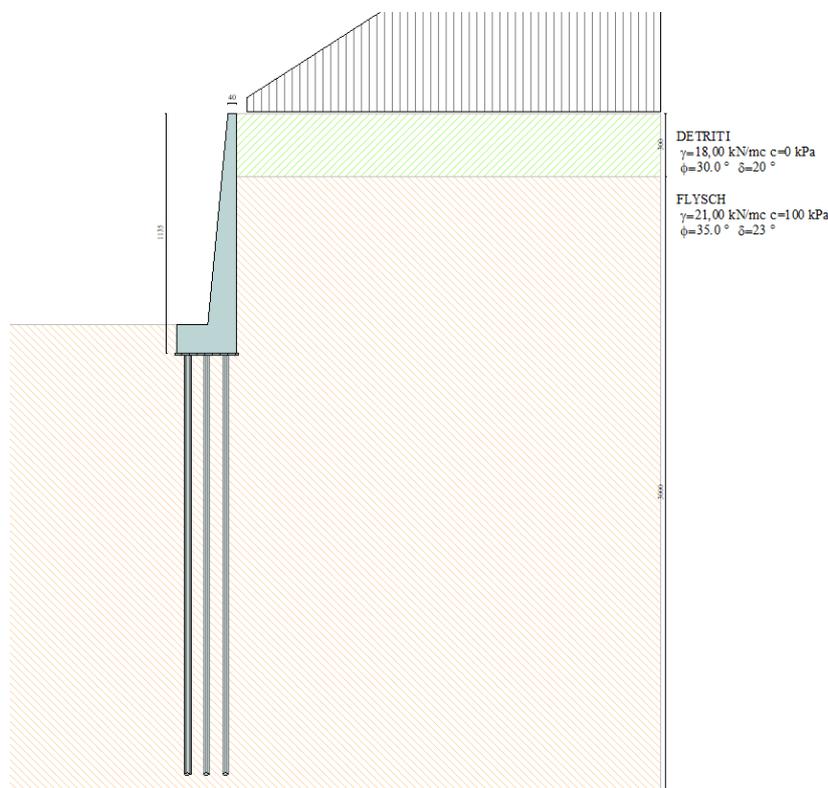


Figura 5.3 – Muro di consolidamento berlinese rotatoria: stratigrafia di progetto.

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 intergente 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 che concernono le verifiche sismiche.

È da sottolineare che l'impiego dei coefficienti M2 nelle verifiche di stabilità globale sismiche SLV costituisca un'assunzione a vantaggio di sicurezza rispetto a quanto richiesto dalle NTC2018, che prevedono nelle analisi sismiche l'utilizzo dei parametri geotecnici con il loro valore caratteristico X_k (cfr. § 7.11.4 di NTC2018).

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	Coefficiente parziale γ_R	Coefficiente parziale γ_R
	(R1)	(R2)	(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:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha$$

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

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\theta)$$

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
	$1 + \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}} \quad \text{per } 0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 \cdot f_{cd}$
	$1,25 \quad \text{per } 0,25 \leq \sigma_{cp} < 0,5 \cdot f_{cd}$
	$1 + 2,5 \cdot (1 - \sigma_{cp} / f_{cd}) \quad \text{per } 0,25 \leq \sigma_{cp} < 0,5 \cdot f_{cd}$

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	$\leq w_3$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
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:

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

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 $h_{c,er}$, dove $h_{c,er}$ 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:

Titolo relazione

13

$k_t = 0,6$ 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:

$$k_2 = (\varepsilon_1 + \varepsilon_2) / 2\varepsilon_1$$

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 terra-muro.

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 parallela 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.

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	-	-	-
IV	SLV	50	2.0	100	10%	949	0.288	1.124	1.2	1.349	0.388	1.0	0.388	±0.194
IV	SLD	50	2.0	100	63%	101	0.124	1.2	1.2	1.44	0.178	1.0	0.178	±0.089

Tabella 5.9 – Parametri sismici.

dove:

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

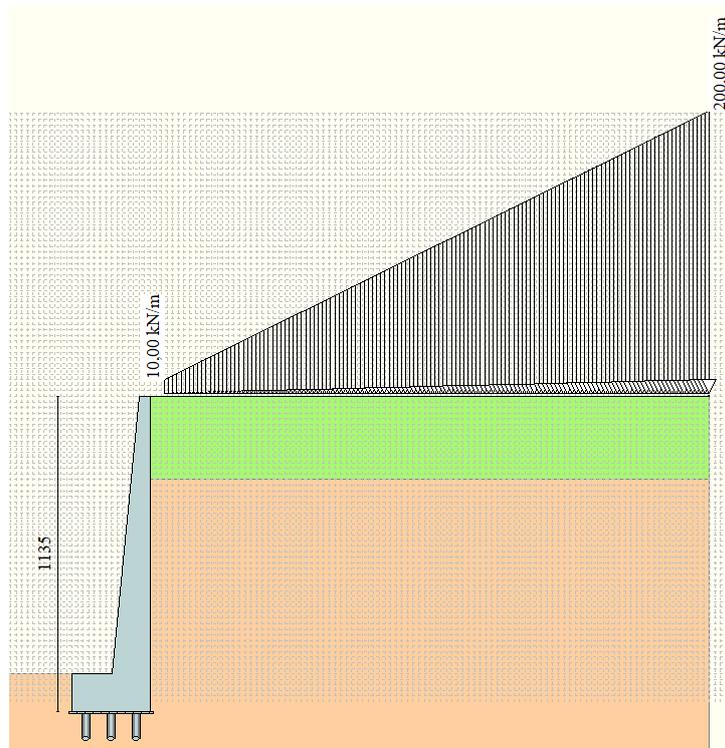


Figura 5.4 – Muro di consolidamento della berlinese provvisoria: sovraccarico che simula la scarpata.

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.

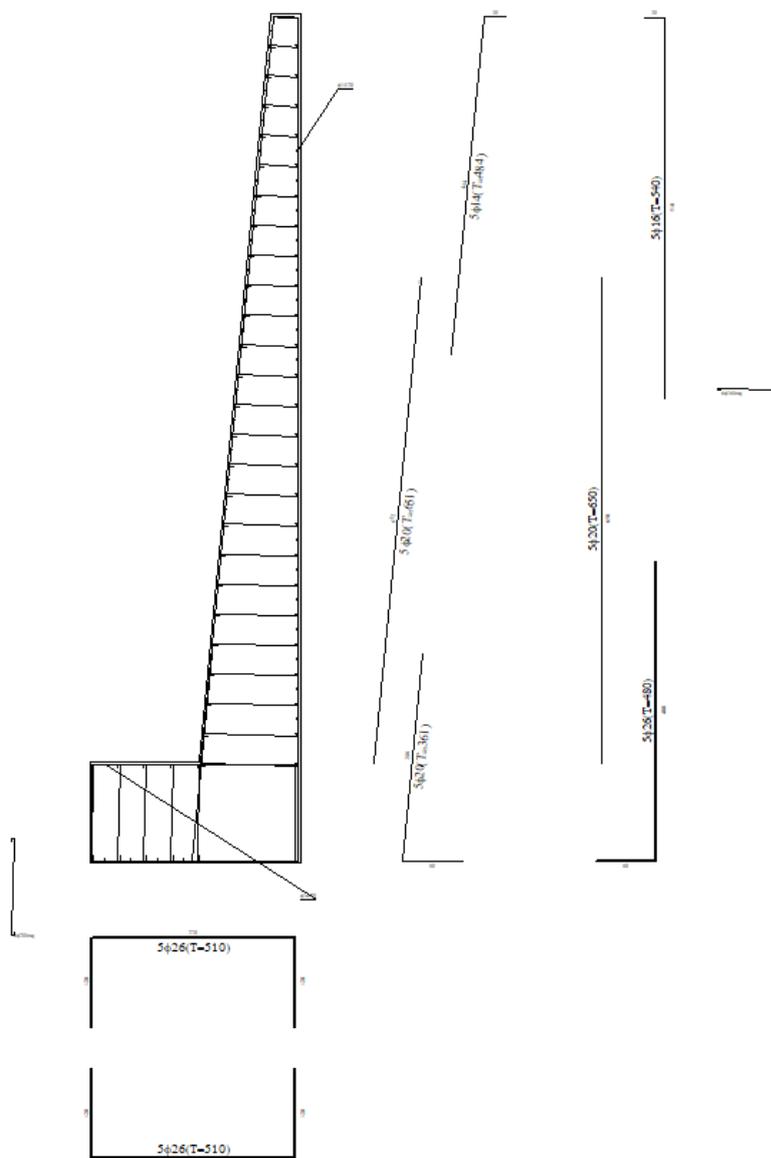


Figura 5.5 – Muro di consolidamento della berlinese esistente: distinta ferri.

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.

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	324	213	128
R_{ck}	35	N/mm ²	N_{Ed}	kN	313	181	89
f_{ck}	29,1	N/mm ²	Armatura a taglio				
γ_c	1,5		Diametro	mm	14	14	14
α_{cc}	0,85		Numero barre		2,5	2,5	2,5
f_{ctd}	16,5	N/mm ²	A_{sw}	cm ²	3,85	3,85	3,85
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		5	5	5
f_{yd}	391	N/mm ²	\varnothing_1	mm	26	20	16
			n_2		-	-	-
			\varnothing_2	mm	20	-	-
			A_{sl}	cm ²	26,55	15,71	10,05
			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		0,0021	0,0017	0,0016
			σ_{cp}	N/mm ²	0,23	0,18	0,13
			α_c		1,01	1,01	1,01
			Resistenza senza armatura a taglio				
			V_{Rd}	kN	442	336	244
			Resistenza con armatura a taglio				
			Inclinazione puntone θ	°	30	30	30
			V_{Rsd}	kN	751	546	370
			V_{Rcd}	kN	4164	3016	2036
			V_{Rd}	kN	751	546	370

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

Calcestruzzo			Sollecitazioni		fondazione 100x135	
Tipo	C28/35		V_{Ed}	kN		1460
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		20
α_{cc}	0,85		Numero barre			2,5
f_{cd}	16,5	N/mm ²	A_{sw}	cm ²		7,85
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			5
f_{yd}	391	N/mm ²	\varnothing_1	mm		26
			n_2			-
			\varnothing_2	mm		20
			A_{sl}	cm ²		26,55
			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			0,0021
			σ_{cp}	N/mm ²		0,00
			α_c			1,00
			Resistenza senza armatura a taglio			
			V_{Rd}	kN		398
			Resistenza con armatura a taglio			
			Inclinazione puntone θ	°		30
			V_{RSd}	kN		1533
			V_{RCd}	kN		4106
			V_{Rd}	kN		1533

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, 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	4.77	1.1	ok
Di consolidamento della berlinese esistente	Sismica SLV M2+R2	1.83	1.2	ok

Tabella 5.12 - Risultati delle analisi di stabilità globale.

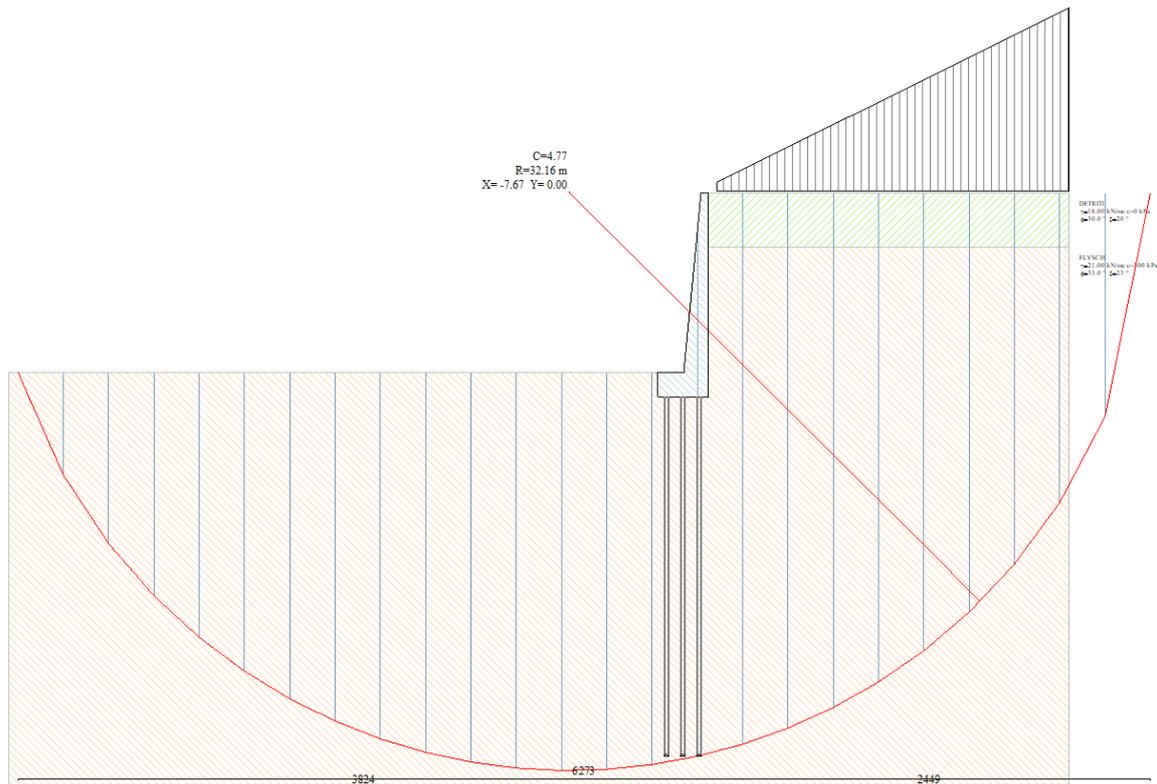


Figura 5.6 - Muri di consolidamento della berlinese esistente: verifica statica SLU A2+M2+R2.

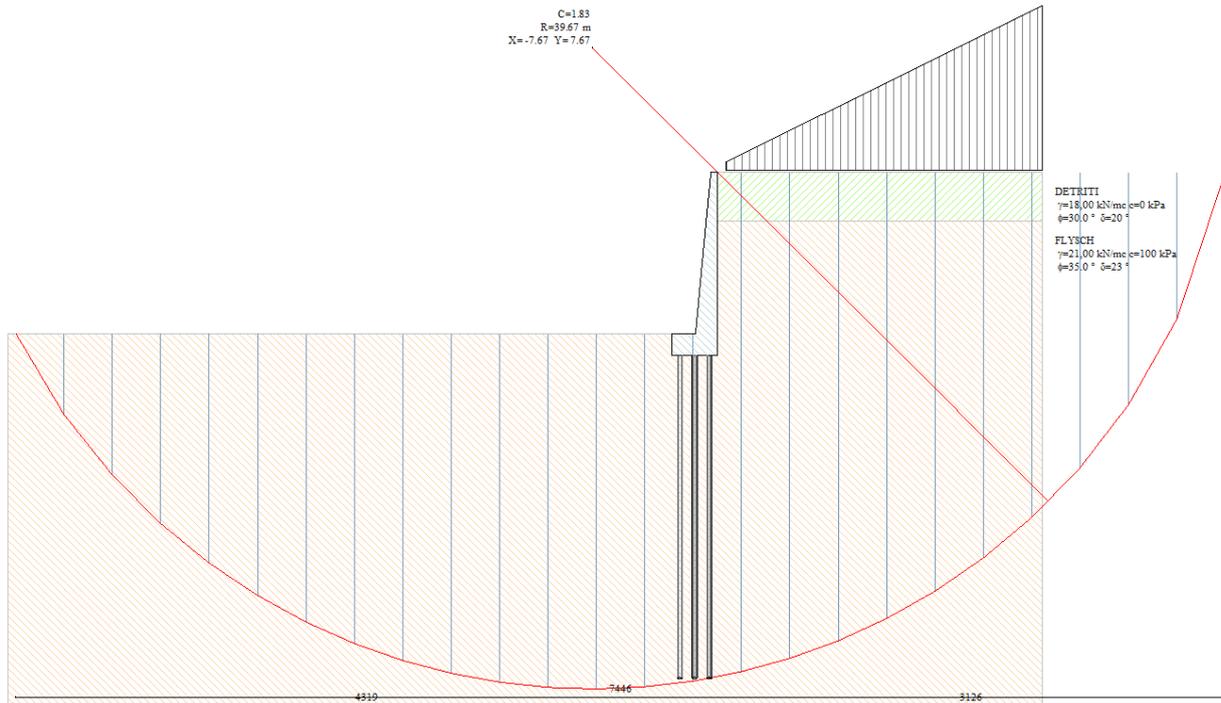


Figura 5.7 - Muro di consolidamento della berlinese esistente: verifica sismica SLV M2+R2.

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 congruamente 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 involuppo 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}^+	N_{Ed}^-	V_{Ed}	M_{Ed}
		(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)
Di consolidamento della berlinese esistente	n.7	1457	-1109	164	14

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;

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

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 $k = 4000 t/m^3$, $n = 10$ 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 cortecchia 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:

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

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

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

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

$$d_e = \text{diametro esterno dell'anima tubolare metallica};$$

$$d_i = \text{diametro interno dell'anima tubolare metallica};$$

$$n = \text{coefficiente di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo};$$

$$\psi = \text{coefficiente riduttore della pressione nel calcestruzzo}.$$

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]
Titolo relazione		26

Rapporto tra diametro e spessore	d/t	13.69 [-]
Classificazione della sezione	CLASSE 1	

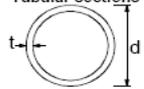
Tubular sections						
						
Class	Section in bending and/or compression					
1	$d/t \leq 50\epsilon^2$					
2	$d/t \leq 70\epsilon^2$					
3	$d/t \leq 90\epsilon^2$					
NOTE For $d/t > 90\epsilon^2$ see EN 1993-1-6.						
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
	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 ininfluenza, 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 finché 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”).

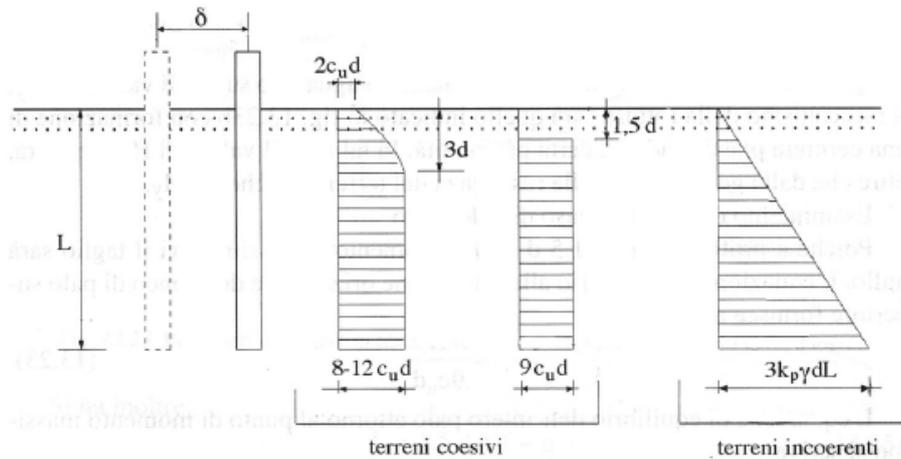


Figura 6.1 – Diagramma di distribuzione della resistenza trasversale p .

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).

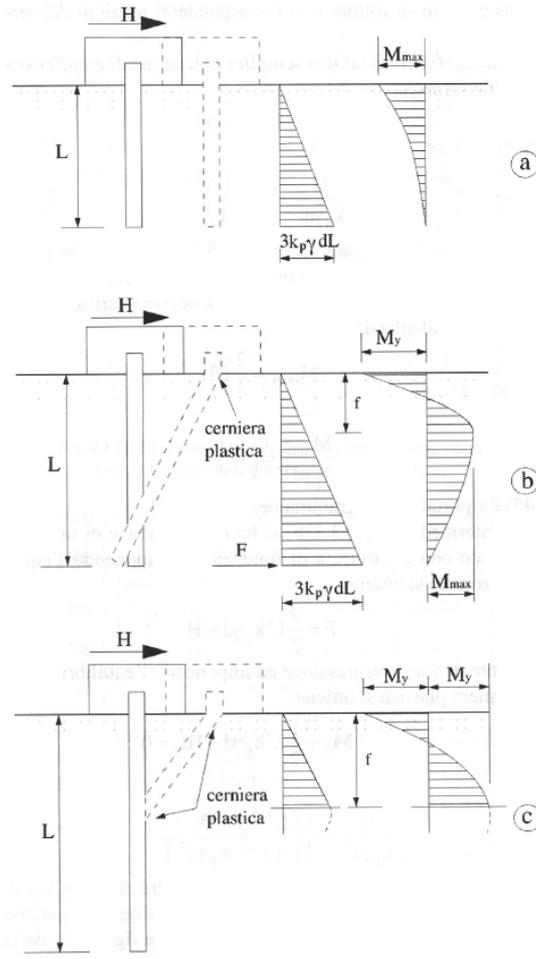


Figura 6.2 – Rottura drenata: possibili meccanismi di rottura.

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” $\frac{H}{k_p \gamma d^3} = \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}\right)^2}$.

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

LP	0,5	m	lunghezza di ammorsamento del micropalo nella fondazione della struttura supportata
L _t	0,0	m	soffice
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 COMPRESIONE

E _d	145,7	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	110,9	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	145,7	t	azione sollecitante di progetto
k	4000	t/m ³	modulo di reazione orizzontale strato non affidabile
β	1200	t/m ²	reazione del terreno per unità di spostamento laterale e per unità di lunghezza
E _a	2100000	t/m ²	
E _a	0	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	145,7 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_{MO}	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	16,4 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	145,7 t	azione sollecitante di progetto
σ_a	128,8 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 la verifica a flessione, condotta secondo i criteri di cui al §6.1.4.

γ_{MO}	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	14	15,972
---------------------------------------	-------	----	--------	-------	-----	-----	-----	----	---------------

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.23, con il valore di $M_{Rd} = 224\text{kNm}$, risulta $M_{Ed} < M_{Rd}$.

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.23).

Anche le verifiche al carico limite orizzontale sono dunque soddisfatte.

Calcolo del momento di plasticizzazione di un micropalo

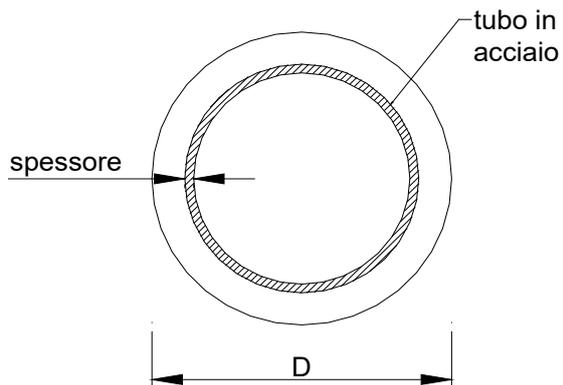
Diametro = 300 (mm)

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

$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 14,17 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

Acciaio

tipo di acciaio

f_{yk} = 355 (Mpa)

γ_m = 1,15

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

Es = 210000 (Mpa)

ϵ_{ys} = 0,147%

ϵ_{uk} = 1,000%

Calcolo

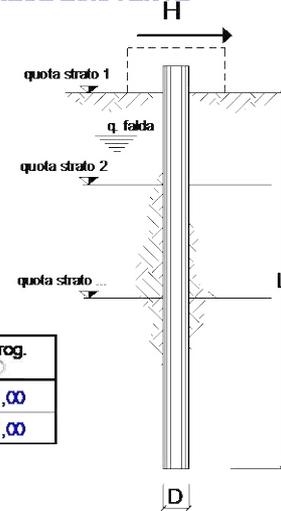
Momento di Plasticizzazione

My = 217,0 (kN m)

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

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

coefficienti parziali Metodo di calcolo			A		M		R
			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_F	γ_{cw}	γ_T
SUD	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	1,00
definiti dal progettista		<input checked="" type="radio"/>	1,00	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)	Parametri medi			Parametri minimi		
					φ (°)	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 M_y **217,03** (kNm)
 Step di calcolo **0,01** (m)

- palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo
(ctrl+r)

	<u>H medio</u>		<u>H minimo</u>	
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
	$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4)$		286,16 (kN)	
	$H_d = H_k/\gamma_T$		220,12 (kN)	
	Carico Assiale Permanente (G):	G =	164 (kN)	
	Carico Assiale variabile (Q):	Q =	(kN)	
	$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q =$		164,00 (kN)	
	$FS = H_d / F_d =$		1,34	

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 provvisoria 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.

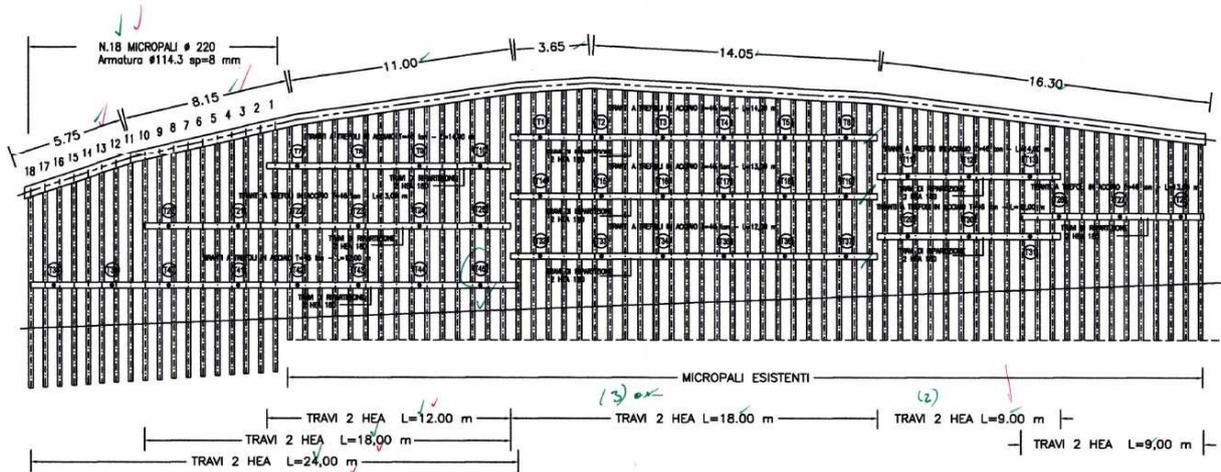


Figura 7.1 - Sviluppata paratia esistente in prossimità della rotatoria: disegni contabili



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 $K_0 = 1 - \text{sen } \varphi'$;
- 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 rigidezza delle molle, sono assegnati sulla base dei valori di modulo di Young (E) dei vari strati, tenendo conto della diversa rigidezza 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.

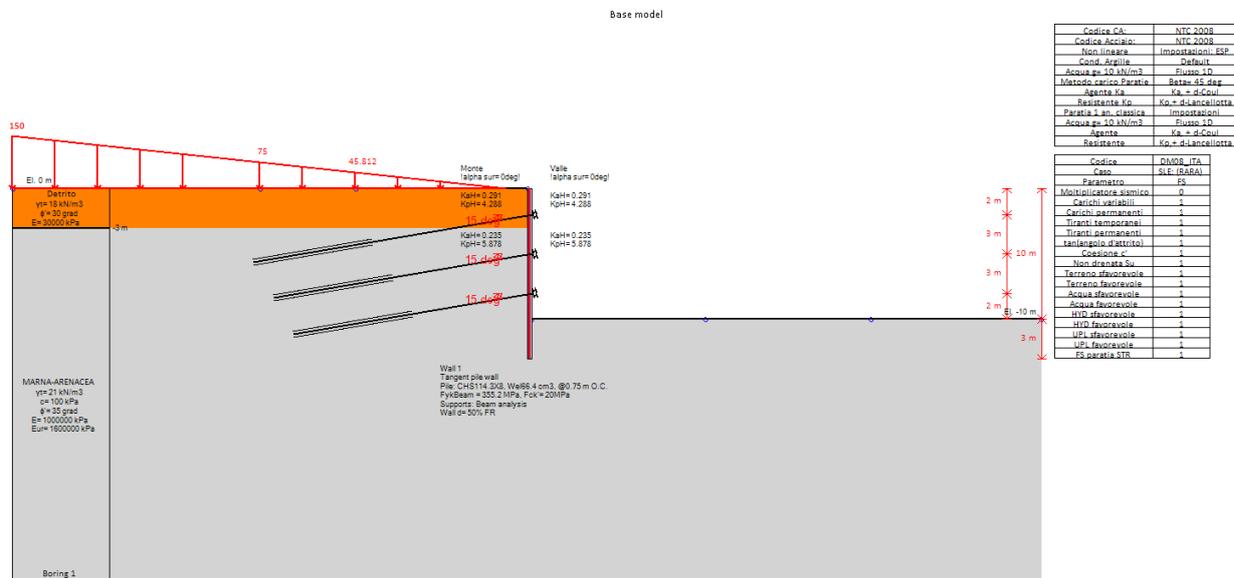


Figura 7.3 - Sezione di calcolo della paratia esistente in prossimità della rotatoria.

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]	
Calcestruzzo	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)
Profondità		-2	-5
Angolo		15	15
n. trefoli		4	4
F iniziale		150	150
Interasse		3	3
L libera		8	7
L fondazione		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 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.

		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)
SLE	Base model	12.22	40.69	94.63	0.996	0.214	189.85	8.236

Tabella 7.3 – SLE: riepilogo risultati.

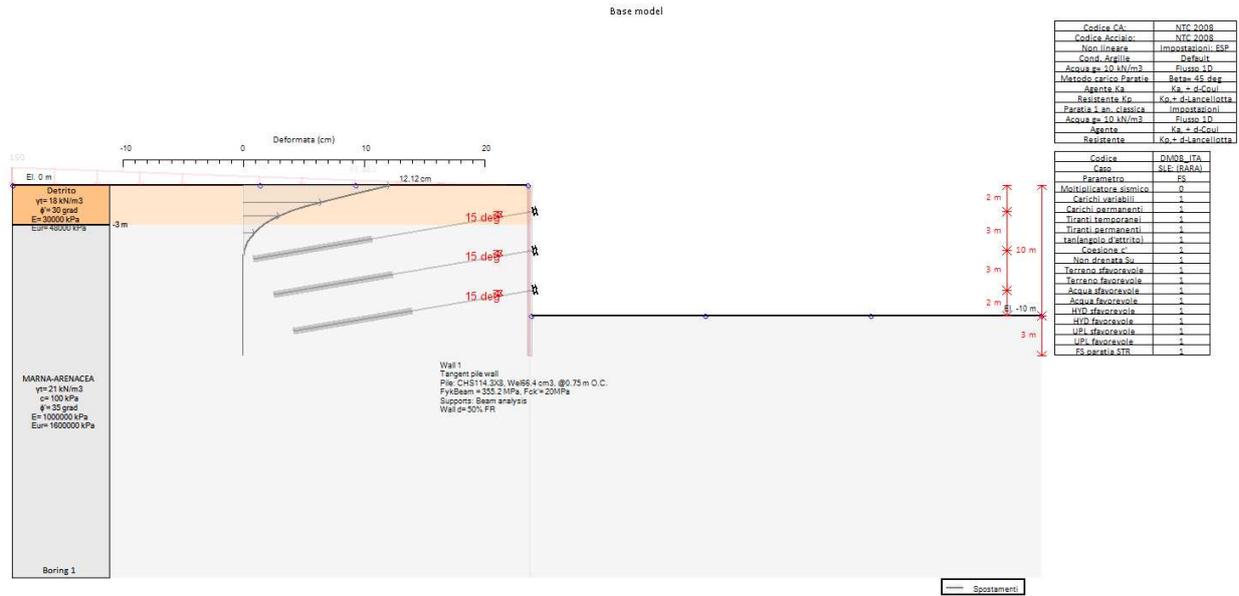


Figura 7.4 - SLE - diagramma involuppo spostamenti.

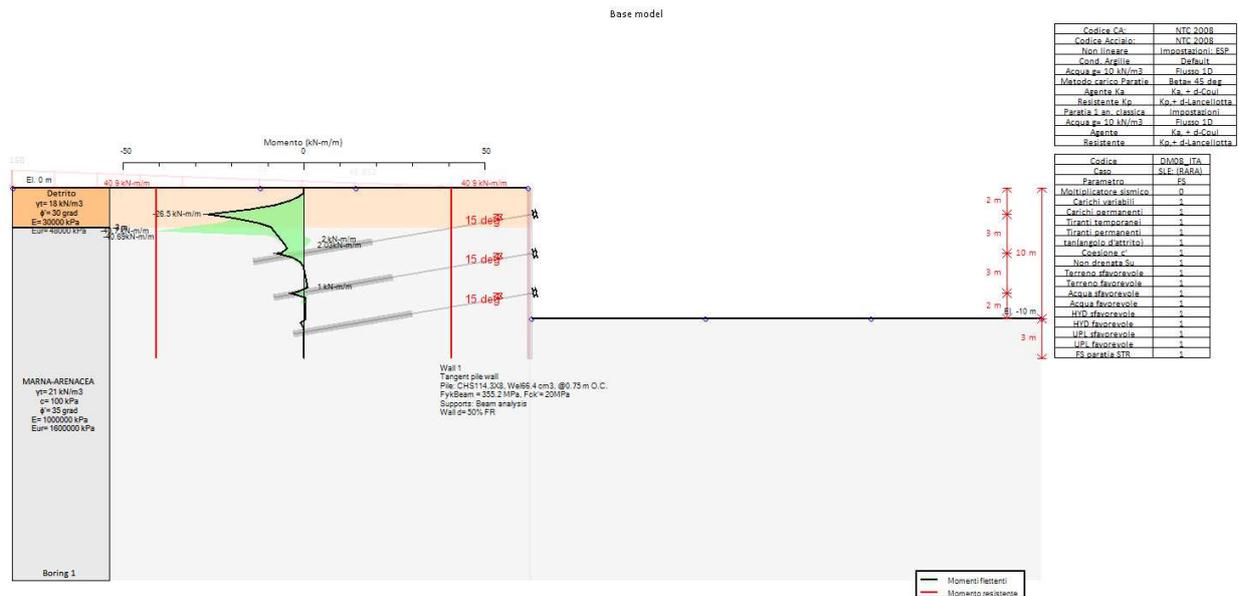


Figura 7.5 – SLE: diagramma involuppo momento flettente.

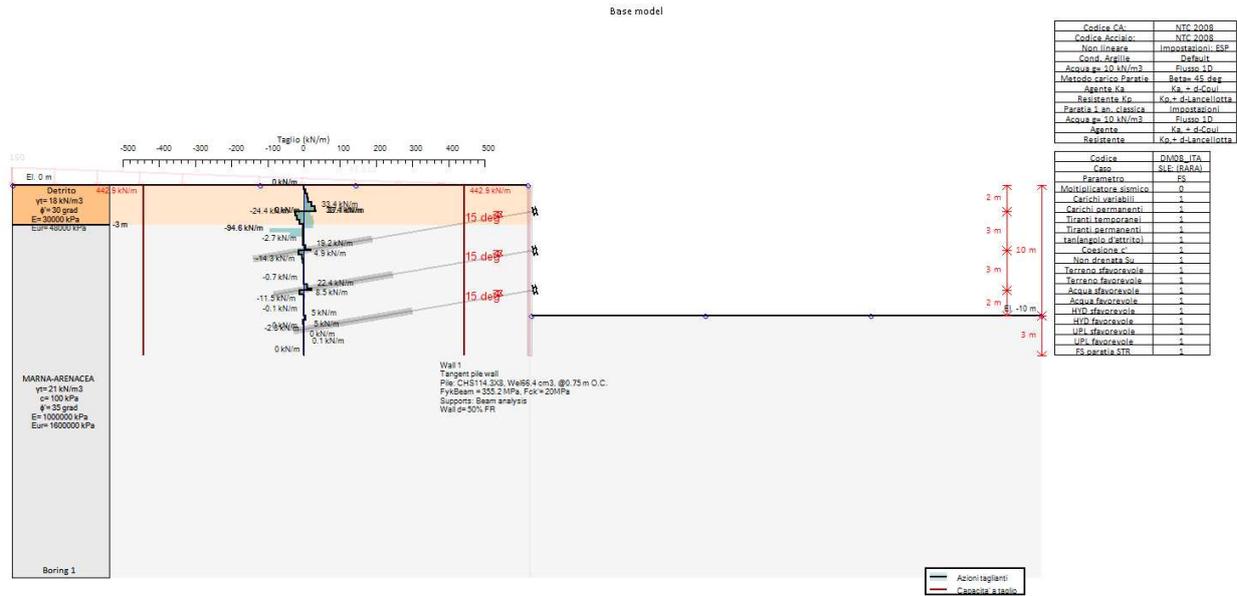


Figura 7.6 – SLE: diagramma involuppo taglio.

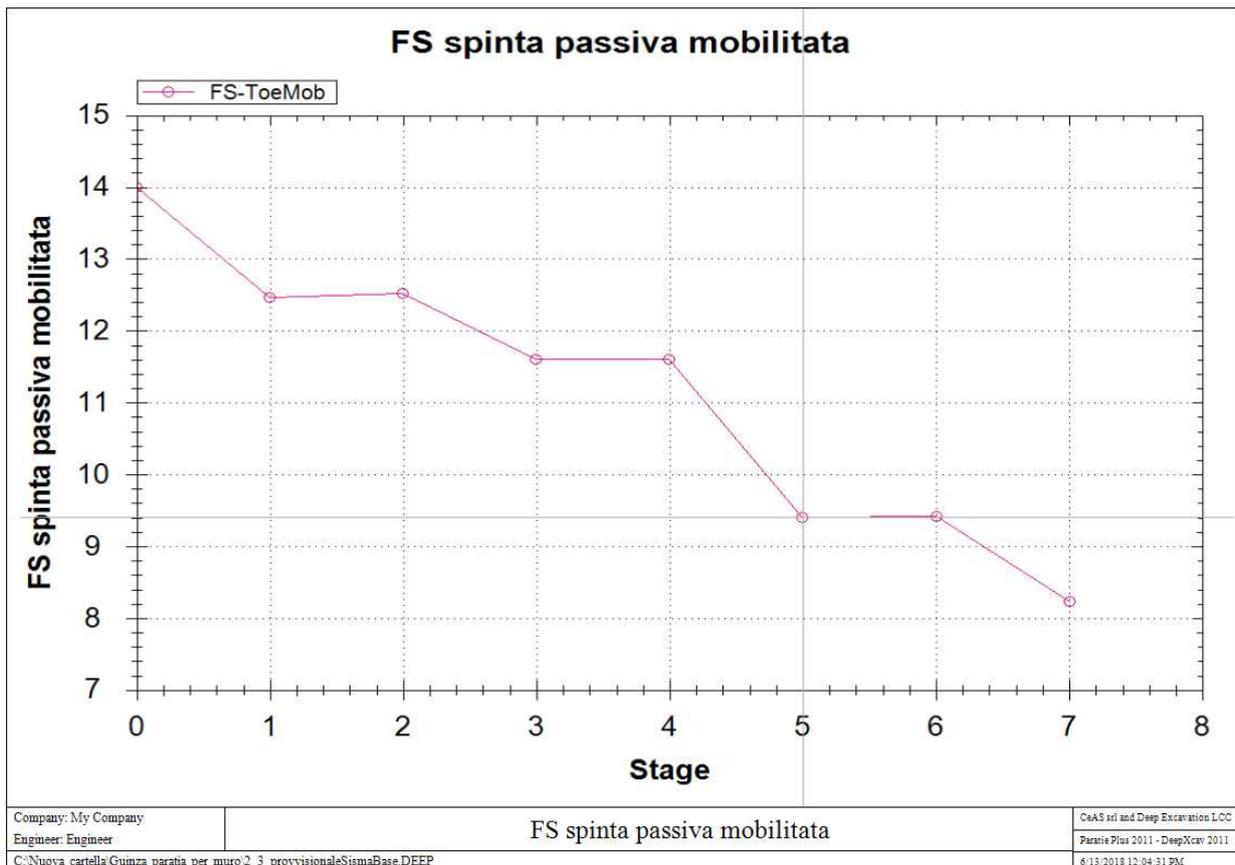


Figura 7.7 - FS spinta passiva/vera.

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

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

- Calcolo della spinta del terreno

- Verifica a ribaltamento

- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa

- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)

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

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

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 parte 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

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

Terreno a permeabilità elevata

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

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

Eseguito 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:

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

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

Inoltre u_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.

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 uniaassiale 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
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

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 uniaassiale	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
---------------------------	------------	------	------	------	------

STABILITA' GLOBALE

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

<i>Verifica statica</i>	<i>Coefficienti parziali</i>		
	R1	R2	R3
Stabilità globale		1,10	
<i>Verifica sismica</i>	<i>Coefficienti parziali</i>		
	R1	R2	R3
Stabilità globale		1,20	

Geometria muro e fondazione

Descrizione	Muro a mensola in c.a.
Altezza del paramento	10.00 [m]
Spessore in sommità	0.40 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1.35 [m]
Inclinazione paramento esterno	5.45 [°]
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

Titolo relazione

48

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	Rck 250
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	24517 [kPa]
Modulo elastico E	30073438 [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	B450C
Tensione ammissibile σ_{fa}	449936 [kPa]
Tensione di snervamento σ_{fa}	449936 [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)

Titolo relazione

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]
a	Inclinazione espressa in [°]
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Terreno	Terreno dello strato

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	3.00	0.00	4.00	0.50	DETRITI
2	30.00	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 A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.30	1.00	1.30
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Condizione 1	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 3 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.30	1.00	1.30
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° 4 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Condizione 1	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 5 - Caso A2-M2 (GEO)

	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)

	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

Titolo relazione

Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 - Caso A1-M1 (STR) - 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° 8 - 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° 9 - 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° 10 - 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° 11 - 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° 12 - 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° 13 - 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	A1-M1 - [1]	--	--	--	--	--
3	A1-M1 - [1]	--	--	--	--	--
4	A1-M1 - [1]	--	--	--	--	--
5	A2-M2 - [1]	--	--	--	--	--
6	STAB - [1]	--	--	--	--	4,77
7	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	--
8	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	--
9	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	2,05
10	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,83
11	SLEQ - [1]	--	--	--	--	--
12	SLEF - [1]	--	--	--	--	--
13	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	2.88 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.12
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)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 39.40$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 19.70$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g	1.24 [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)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 18.20$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 9.10$

Forma diagramma incremento sismico Rettangolare

Partecipazione spinta passiva (percento) 0,0
Lunghezza del muro 12,00 [m]

Peso muro 307,8340 [kN]

Titolo relazione

56

Baricentro del muro X=-0,76 Y=-7,34

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta X = 0,00 Y = -11,35
 Punto superiore superficie di spinta X = 0,00 Y = 0,00
 Altezza della superficie di spinta 11,35 [m]
 Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale) 0,00 [°]

COMBINAZIONE n° 1

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica 47,9552 [kN]
 Componente orizzontale della spinta statica 45,0631 [kN]
 Componente verticale della spinta statica 16,4016 [kN]
 Punto d'applicazione della spinta X = 0,00 [m] Y = -2,01 [m]
 Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie 20,00 [°]
 Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche 57,67 [°]
 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 45,0631 [kN]
 Risultante dei carichi applicati in dir. verticale 324,2356 [kN]
 Sforzo normale sul piano di posa della fondazione 324,2356 [kN]
 Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione 45,0631 [kN]
 Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione 0,62 [m]
 Lunghezza fondazione reagente 2,35 [m]
 Risultante in fondazione 327,3521 [kN]
 Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) 7,91 [°]
 Momento rispetto al baricentro della fondazione 200,1393 [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	0,50	5,6073	0,0326	1,1331
3	1,00	12,7925	0,8955	4,9995
4	1,50	21,5381	3,9031	11,5513
5	2,00	31,7262	10,2548	20,4643
6	2,50	43,3386	21,0450	31,6889
7	3,00	56,2540	37,3535	44,8917
8	3,50	66,0791	58,9076	47,5163
9	4,00	75,3552	80,9751	47,5163
10	4,50	85,2142	102,8134	47,5163
11	5,00	95,6563	124,4085	47,5163
12	5,50	106,6814	145,7464	47,5163
13	6,00	118,2895	166,8131	47,5163
14	6,50	130,4806	187,5946	47,5163
15	7,00	143,2547	208,0769	47,5163
16	7,50	156,6119	228,2461	47,5163
17	8,00	170,5521	248,0881	47,5163
18	8,50	185,0752	267,5889	47,5163
19	9,00	200,1814	286,7346	47,5163
20	9,50	215,8707	305,5111	47,5163
21	10,00	232,1429	323,9046	47,5163

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]
VRd	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	0,00	0,00	0,00	0,00	1000,00	134,93	--	--
2	0,50	100, 45	10,05	7,70	4781,95	-27,82	852,80	147,45	--	--
3	1,00	100, 50	10,05	7,70	4531,20	-317,18	354,21	159,97	--	--
4	1,50	100, 54	10,05	7,70	3151,77	-571,16	146,33	172,52	--	--
5	2,00	100, 59	10,05	7,70	1800,72	-582,04	56,76	185,12	--	--
6	2,50	100, 64	10,05	7,70	1026,19	-498,31	23,68	197,78	--	--
7	3,00	100, 69	10,05	7,70	664,58	-441,29	11,81	210,51	--	--
8	3,50	100, 73	10,05	7,70	460,52	-410,54	6,97	222,68	--	--
9	4,00	100, 78	10,05	7,70	385,10	-413,83	5,11	234,67	--	--
10	4,50	100, 83	25,76	15,71	880,15	-1061,93	10,33	283,62	--	--
11	5,00	100, 88	15,71	15,71	544,78	-708,53	5,70	258,64	--	--
12	5,50	100, 92	15,71	15,71	549,82	-751,16	5,15	270,63	--	--
13	6,00	100, 97	15,71	15,71	566,49	-798,87	4,79	282,63	--	--
14	6,50	100, 102	15,71	15,71	592,05	-851,20	4,54	294,66	--	--
15	7,00	100, 107	15,71	15,71	625,21	-908,12	4,36	306,71	--	--
16	7,50	100, 112	15,71	15,71	665,49	-969,89	4,25	318,79	--	--
17	8,00	100, 116	15,71	15,71	712,85	-1036,92	4,18	330,90	--	--
18	8,50	100, 121	42,25	15,71	1854,48	-2681,28	10,02	417,58	--	--
19	9,00	100, 126	42,25	15,71	1990,46	-2851,08	9,94	427,97	--	--
20	9,50	100, 131	26,55	15,71	1463,78	-2071,61	6,78	379,96	--	--
21	10,00	100, 135	26,55	15,71	1594,26	-2224,44	6,87	389,16	--	--

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 _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A _{fs}	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 _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0,00	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	9521,21	354,53	--	--
2	0,05	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	322,84	354,53	--	--
3	0,10	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	206,72	354,53	--	--
4	0,15	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	154,35	354,53	--	--
5	0,20	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	123,33	354,53	--	--
6	0,25	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	102,01	354,53	--	--
7	0,30	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	86,16	354,53	--	--
8	0,35	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	73,82	354,53	--	--
9	0,40	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	64,08	354,53	--	--
10	0,45	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	56,12	354,53	--	--
11	0,50	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	49,53	354,53	--	--
12	0,55	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	44,03	354,53	--	--
13	0,60	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	39,41	354,53	--	--
14	0,65	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	35,51	354,53	--	--
15	0,70	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	32,20	354,53	--	--
16	0,75	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	26,56	354,53	--	--
17	0,80	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	21,84	354,53	--	--
18	0,85	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	18,67	354,53	--	--
19	0,90	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	16,36	354,53	--	--
20	0,95	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	14,57	354,53	--	--
21	1,00	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	13,15	354,53	--	--
22	1,05	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	11,98	354,53	--	--
23	1,10	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	11,00	354,53	--	--
24	1,15	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	10,15	354,53	--	--

Titolo relazione

60

RTP di progettazione:

Mandataria:



Mandanti:



25	1,20	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	9,42	354,53	--	--
26	1,25	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	8,78	354,53	--	--
27	1,30	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	8,22	354,53	--	--
28	1,35	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	7,73	354,53	--	--
29	1,40	100, 135	26,55	42,25	0,00	2103,24	11,30	354,53	--	--
30	1,45	100, 135	26,55	42,25	0,00	2103,24	10,14	354,53	--	--

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 _{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	10,05	10,05	0,00	-507,59	27,19
2	0,07	10,05	10,05	0,00	-507,59	31,06
3	0,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	62,37
4	0,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	126,51
5	0,35	10,05	10,05	0,00	507,59	55,05
6	0,42	10,05	10,05	0,00	507,59	45,70
7	0,50	10,05	10,05	0,00	507,59	43,38
8	0,58	10,05	10,05	0,00	507,59	45,75
9	0,65	10,05	10,05	0,00	507,59	55,19
10	0,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	127,76
11	0,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	61,94
12	0,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	30,93
13	1,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	27,08
14	1,07	10,05	10,05	0,00	-507,59	30,89
15	1,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	61,55
16	1,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	130,63
17	1,35	10,05	10,05	0,00	507,59	55,94

**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 Esecutivo**

18	1,43	10,05	10,05	0,00	507,59	46,38
19	1,50	10,05	10,05	0,00	507,59	44,05
20	1,57	10,05	10,05	0,00	507,59	46,58
21	1,65	10,05	10,05	0,00	507,59	56,52
22	1,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	136,15
23	1,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	59,94
24	1,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	30,38
25	2,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	26,61
26	2,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	30,23
27	2,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	58,77
28	2,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	146,85
29	2,35	10,05	10,05	0,00	507,59	59,05
30	2,43	10,05	10,05	0,00	507,59	48,69
31	2,50	10,05	10,05	0,00	507,59	46,32
32	2,58	10,05	10,05	0,00	507,59	49,35
33	2,65	10,05	10,05	0,00	507,59	61,04
34	2,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	169,94
35	2,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	54,23
36	2,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	28,83
37	3,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	25,32
38	3,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	28,44
39	3,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	51,37
40	3,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	128,65
41	3,35	10,05	10,05	0,00	-507,59	70,87
42	3,43	10,05	10,05	0,00	-507,59	57,22
43	3,50	10,05	10,05	0,00	507,59	54,74
44	3,58	10,05	10,05	0,00	-507,59	60,00
45	3,65	10,05	10,05	0,00	-507,59	80,09
46	3,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	85,03
47	3,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	42,52
48	3,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	25,10
49	4,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	22,20
50	4,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	24,29
51	4,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	38,12
52	4,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	60,01
53	4,35	10,05	10,05	0,00	-507,59	85,90
54	4,42	10,05	10,05	0,00	-507,59	103,18
55	4,50	10,05	10,05	0,00	-507,59	99,21
56	4,58	10,05	10,05	0,00	-507,59	95,31
57	4,65	10,05	10,05	0,00	-507,59	73,81
58	4,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	50,44
59	4,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	30,16
60	4,92	10,05	10,05	0,00	-507,59	20,24
61	5,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	18,37
62	5,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	19,96

Titolo relazione

62

RTP di progettazione:

Mandataria:



Mandanti:



63	5,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	29,34
64	5,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	70,80
65	5,35	10,05	10,05	0,00	-507,59	180,77
66	5,42	10,05	10,05	0,00	507,59	141,48
67	5,50	10,05	10,05	0,00	507,59	93,35
68	5,58	10,05	10,05	0,00	507,59	68,96
69	5,65	10,05	10,05	0,00	507,59	58,53
70	5,74	10,05	10,05	0,00	507,59	56,20
71	5,83	10,05	10,05	0,00	507,59	62,20
72	5,91	10,05	10,05	0,00	507,59	82,92
73	6,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	1000,00

Analisi dei pali

Combinazione n° 1

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

Orizzontale	[kN]	45,063
Verticale [kN]		324,236
Momento [kNm]		-200,139

Spostamenti della piastra di fondazione

Orizzontale	[cm]	0,03970
Verticale [cm]		0,03408
Rotazione	[°]	-0,02271

Scarichi in testa ai pali

Fila nr.	N.pali	N [kN]	T [kN]	M [kNm]	Tu [kN]	Mu [kNm]
1	11	-5,63	15,90	-0,95	167,03	-10,00
2	12	114,44	15,90	-0,95	167,03	-10,00
3	11	234,50	15,90	-0,95	167,03	-10,00

Verifica a punzonamento della fondazione

D	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 TID) 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	1135,0	106971,2	-5,63	-1
2	30,0	135,0	12723,5	114,44	90
3	30,0	135,0	12723,5	234,50	184

COMBINAZIONE n° 2

Peso muro sfavorevole e Peso terrapieno sfavorevole

Valore della spinta statica	47,9552	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	45,0631	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	16,4016	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,00	[m]	Y = -2,01	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57,67	[°]		
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	45,0631	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	416,5858	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	416,5858	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	45,0631	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,34	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,80	[m]
Risultante in fondazione	419,0160	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	6,17	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	140,7747	[kNm]

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 2

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	0,50	7,1658	0,0143	1,1331
3	1,00	16,0844	0,8195	4,9995
4	1,50	26,7382	3,7258	11,5513
5	2,00	39,0095	9,9285	20,4643
6	2,50	52,8800	20,5176	31,6889
7	3,00	68,2284	36,5689	44,8917
8	3,50	80,6615	57,8054	47,5163
9	4,00	92,7203	79,4908	47,5163
10	4,50	105,5371	100,8782	47,5163
11	5,00	119,1118	121,9494	47,5163
12	5,50	133,4444	142,6862	47,5163
13	6,00	148,5349	163,0705	47,5163
14	6,50	164,3833	183,0840	47,5163
15	7,00	180,9897	202,7086	47,5163
16	7,50	198,3540	221,9260	47,5163
17	8,00	216,4763	240,7182	47,5163
18	8,50	235,3564	259,0669	47,5163
19	9,00	254,9945	276,9538	47,5163
20	9,50	275,3905	294,3609	47,5163
21	10,00	296,5444	311,2700	47,5163

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 2

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]
VRd	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	0,00	0,00	0,00	0,00	1000,00	134,93	--	--
2	0,50	100, 45	10,05	7,70	4809,80	-9,61	671,22	147,67	--	--
3	1,00	100, 50	10,05	7,70	4923,36	-250,84	306,10	160,44	--	--
4	1,50	100, 54	10,05	7,70	3748,57	-522,34	140,20	173,26	--	--
5	2,00	100, 59	10,05	7,70	2566,80	-653,29	65,80	186,16	--	--
6	2,50	100, 64	10,05	7,70	1556,19	-603,81	29,43	199,15	--	--
7	3,00	100, 69	10,05	7,70	996,92	-534,33	14,61	212,23	--	--
8	3,50	100, 73	10,05	7,70	658,90	-472,20	8,17	224,78	--	--
9	4,00	100, 78	10,05	7,70	544,38	-466,71	5,87	237,18	--	--
10	4,50	100, 83	25,76	15,71	1233,28	-1178,83	11,69	286,56	--	--
11	5,00	100, 88	15,71	15,71	778,08	-796,62	6,53	262,04	--	--
12	5,50	100, 92	15,71	15,71	793,35	-848,30	5,95	274,51	--	--
13	6,00	100, 97	15,71	15,71	827,58	-908,56	5,57	287,03	--	--
14	6,50	100, 102	15,71	15,71	877,30	-977,11	5,34	299,60	--	--
15	7,00	100, 107	15,71	15,71	941,44	-1054,41	5,20	312,21	--	--
16	7,50	100, 112	15,71	15,71	1020,31	-1141,56	5,14	324,88	--	--
17	8,00	100, 116	15,71	15,71	1115,26	-1240,15	5,15	337,61	--	--
18	8,50	100, 121	42,25	15,71	2667,48	-2936,21	11,33	424,93	--	--
19	9,00	100, 126	42,25	15,71	2890,99	-3139,95	11,34	436,00	--	--
20	9,50	100, 131	26,55	15,71	2311,97	-2471,24	8,40	388,68	--	--
21	10,00	100, 135	26,55	15,71	2553,13	-2679,91	8,61	398,60	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 2

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]
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 _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0,00	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	9615,09	354,53	--	--
2	0,05	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	321,81	354,53	--	--
3	0,10	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	207,03	354,53	--	--
4	0,15	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	155,39	354,53	--	--
5	0,20	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	124,84	354,53	--	--
6	0,25	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	103,81	354,53	--	--
7	0,30	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	88,15	354,53	--	--
8	0,35	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	75,90	354,53	--	--
9	0,40	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	66,18	354,53	--	--
10	0,45	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	58,19	354,53	--	--
11	0,50	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	51,56	354,53	--	--
12	0,55	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	46,00	354,53	--	--
13	0,60	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	41,31	354,53	--	--
14	0,65	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	37,34	354,53	--	--
15	0,70	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	33,96	354,53	--	--
16	0,75	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	27,93	354,53	--	--
17	0,80	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	22,88	354,53	--	--
18	0,85	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	19,52	354,53	--	--
19	0,90	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	17,08	354,53	--	--
20	0,95	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	15,21	354,53	--	--
21	1,00	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	13,72	354,53	--	--
22	1,05	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	12,50	354,53	--	--
23	1,10	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	11,47	354,53	--	--
24	1,15	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	10,59	354,53	--	--

Titolo relazione

67

RTP di progettazione:

Mandataria:



Mandanti:



25	1,20	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	9,82	354,53	--	--
26	1,25	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	9,15	354,53	--	--
27	1,30	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	8,56	354,53	--	--
28	1,35	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	8,04	354,53	--	--
29	1,40	100, 135	26,55	42,25	0,00	2103,24	11,66	354,53	--	--
30	1,45	100, 135	26,55	42,25	0,00	2103,24	10,26	354,53	--	--

Armature e tensioni piastre

Combinazione n° 2

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	10,05	10,05	0,00	-507,59	27,04
2	0,07	10,05	10,05	0,00	-507,59	30,89
3	0,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	62,05
4	0,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	125,56
5	0,35	10,05	10,05	0,00	507,59	54,77
6	0,42	10,05	10,05	0,00	507,59	45,49
7	0,50	10,05	10,05	0,00	507,59	43,18
8	0,58	10,05	10,05	0,00	507,59	45,54
9	0,65	10,05	10,05	0,00	507,59	54,91
10	0,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	126,80
11	0,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	61,63
12	0,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	30,76
13	1,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	26,92
14	1,07	10,05	10,05	0,00	-507,59	30,71
15	1,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	61,24
16	1,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	129,65
17	1,35	10,05	10,05	0,00	507,59	55,66

**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 Esecutivo**

18	1,43	10,05	10,05	0,00	507,59	46,17
19	1,50	10,05	10,05	0,00	507,59	43,86
20	1,57	10,05	10,05	0,00	507,59	46,36
21	1,65	10,05	10,05	0,00	507,59	56,24
22	1,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	135,12
23	1,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	59,62
24	1,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	30,21
25	2,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	26,46
26	2,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	30,07
27	2,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	58,44
28	2,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	145,72
29	2,35	10,05	10,05	0,00	507,59	58,76
30	2,43	10,05	10,05	0,00	507,59	48,47
31	2,50	10,05	10,05	0,00	507,59	46,12
32	2,58	10,05	10,05	0,00	507,59	49,13
33	2,65	10,05	10,05	0,00	507,59	60,74
34	2,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	168,61
35	2,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	53,92
36	2,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	28,67
37	3,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	25,18
38	3,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	28,28
39	3,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	51,07
40	3,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	127,85
41	3,35	10,05	10,05	0,00	-507,59	70,54
42	3,43	10,05	10,05	0,00	-507,59	56,99
43	3,50	10,05	10,05	0,00	507,59	54,52
44	3,58	10,05	10,05	0,00	-507,59	59,77
45	3,65	10,05	10,05	0,00	-507,59	79,74
46	3,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	84,48
47	3,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	42,26
48	3,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	24,94
49	4,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	22,07
50	4,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	24,14
51	4,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	37,88
52	4,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	59,60
53	4,35	10,05	10,05	0,00	-507,59	85,23
54	4,42	10,05	10,05	0,00	-507,59	103,16
55	4,50	10,05	10,05	0,00	-507,59	99,24
56	4,58	10,05	10,05	0,00	-507,59	94,50
57	4,65	10,05	10,05	0,00	-507,59	73,25
58	4,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	50,07
59	4,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	29,96
60	4,92	10,05	10,05	0,00	-507,59	20,11
61	5,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	18,26
62	5,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	19,83

Titolo relazione

69

RTP di progettazione:

Mandataria:



Mandanti:



63	5,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	29,13
64	5,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	70,16
65	5,35	10,05	10,05	0,00	-507,59	171,25
66	5,42	10,05	10,05	0,00	507,59	142,23
67	5,50	10,05	10,05	0,00	507,59	93,45
68	5,58	10,05	10,05	0,00	507,59	68,70
69	5,65	10,05	10,05	0,00	507,59	58,28
70	5,74	10,05	10,05	0,00	507,59	55,91
71	5,83	10,05	10,05	0,00	507,59	61,85
72	5,91	10,05	10,05	0,00	507,59	82,41
73	6,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	1000,00

Analisi dei pali

Combinazione n° 2

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

Orizzontale	[kN]	45,063
Verticale [kN]		416,586
Momento [kNm]		-140,775

Spostamenti della piastra di fondazione

Orizzontale	[cm]	0,03320
Verticale [cm]		0,04375
Rotazione	[°]	-0,01685

Scarichi in testa ai pali

Fila nr.	N.pali	N [kN]	T [kN]	M [kNm]	Tu [kN]	Mu [kNm]
1	11	57,94	15,90	1,90	177,44	21,18
2	12	147,03	15,90	1,90	177,44	21,18
3	11	236,12	15,90	1,90	177,44	21,18

Verifica a punzonamento della fondazione

D	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 TID) 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	1135,0	106971,2	57,94	5
2	30,0	135,0	12723,5	147,03	116
3	30,0	135,0	12723,5	236,12	186

COMBINAZIONE n° 3

Peso muro favorevole e Peso terrapieno sfavorevole

Valore della spinta statica	47,9552	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	45,0631	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	16,4016	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,00	[m]	Y = -2,01	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57,67	[°]		
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	45,0631	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	324,2356	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	324,2356	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	45,0631	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,62	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,35	[m]
Risultante in fondazione	327,3521	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	7,91	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	200,1393	[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	0,50	5,6073	0,0326	1,1331
3	1,00	12,7925	0,8955	4,9995
4	1,50	21,5381	3,9031	11,5513
5	2,00	31,7262	10,2548	20,4643
6	2,50	43,3386	21,0450	31,6889
7	3,00	56,2540	37,3535	44,8917
8	3,50	66,0791	58,9076	47,5163
9	4,00	75,3552	80,9751	47,5163
10	4,50	85,2142	102,8134	47,5163
11	5,00	95,6563	124,4085	47,5163
12	5,50	106,6814	145,7464	47,5163
13	6,00	118,2895	166,8131	47,5163
14	6,50	130,4806	187,5946	47,5163
15	7,00	143,2547	208,0769	47,5163
16	7,50	156,6119	228,2461	47,5163
17	8,00	170,5521	248,0881	47,5163
18	8,50	185,0752	267,5889	47,5163
19	9,00	200,1814	286,7346	47,5163
20	9,50	215,8707	305,5111	47,5163
21	10,00	232,1429	323,9046	47,5163

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]
VRd	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	0,00	0,00	0,00	0,00	1000,00	134,93	--	--
2	0,50	100, 45	10,05	7,70	4781,95	-27,82	852,80	147,45	--	--
3	1,00	100, 50	10,05	7,70	4531,20	-317,18	354,21	159,97	--	--
4	1,50	100, 54	10,05	7,70	3151,77	-571,16	146,33	172,52	--	--
5	2,00	100, 59	10,05	7,70	1800,72	-582,04	56,76	185,12	--	--
6	2,50	100, 64	10,05	7,70	1026,19	-498,31	23,68	197,78	--	--
7	3,00	100, 69	10,05	7,70	664,58	-441,29	11,81	210,51	--	--
8	3,50	100, 73	10,05	7,70	460,52	-410,54	6,97	222,68	--	--
9	4,00	100, 78	10,05	7,70	385,10	-413,83	5,11	234,67	--	--
10	4,50	100, 83	25,76	15,71	880,15	-1061,93	10,33	283,62	--	--
11	5,00	100, 88	15,71	15,71	544,78	-708,53	5,70	258,64	--	--
12	5,50	100, 92	15,71	15,71	549,82	-751,16	5,15	270,63	--	--
13	6,00	100, 97	15,71	15,71	566,49	-798,87	4,79	282,63	--	--
14	6,50	100, 102	15,71	15,71	592,05	-851,20	4,54	294,66	--	--
15	7,00	100, 107	15,71	15,71	625,21	-908,12	4,36	306,71	--	--
16	7,50	100, 112	15,71	15,71	665,49	-969,89	4,25	318,79	--	--
17	8,00	100, 116	15,71	15,71	712,85	-1036,92	4,18	330,90	--	--
18	8,50	100, 121	42,25	15,71	1854,48	-2681,28	10,02	417,58	--	--
19	9,00	100, 126	42,25	15,71	1990,46	-2851,08	9,94	427,97	--	--
20	9,50	100, 131	26,55	15,71	1463,78	-2071,61	6,78	379,96	--	--
21	10,00	100, 135	26,55	15,71	1594,26	-2224,44	6,87	389,16	--	--

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 _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A _{fs}	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 _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0,00	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	9521,21	354,53	--	--
2	0,05	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	322,84	354,53	--	--
3	0,10	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	206,72	354,53	--	--
4	0,15	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	154,35	354,53	--	--
5	0,20	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	123,33	354,53	--	--
6	0,25	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	102,01	354,53	--	--
7	0,30	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	86,16	354,53	--	--
8	0,35	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	73,82	354,53	--	--
9	0,40	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	64,08	354,53	--	--
10	0,45	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	56,12	354,53	--	--
11	0,50	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	49,53	354,53	--	--
12	0,55	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	44,03	354,53	--	--
13	0,60	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	39,41	354,53	--	--
14	0,65	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	35,51	354,53	--	--
15	0,70	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	32,20	354,53	--	--
16	0,75	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	26,56	354,53	--	--
17	0,80	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	21,84	354,53	--	--
18	0,85	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	18,67	354,53	--	--
19	0,90	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	16,36	354,53	--	--
20	0,95	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	14,57	354,53	--	--
21	1,00	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	13,15	354,53	--	--
22	1,05	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	11,98	354,53	--	--
23	1,10	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	11,00	354,53	--	--
24	1,15	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	10,15	354,53	--	--

Titolo relazione

74

RTP di progettazione:

Mandataria:



Mandanti:



25	1,20	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	9,42	354,53	--	--
26	1,25	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	8,78	354,53	--	--
27	1,30	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	8,22	354,53	--	--
28	1,35	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	7,73	354,53	--	--
29	1,40	100, 135	26,55	42,25	0,00	2103,24	11,30	354,53	--	--
30	1,45	100, 135	26,55	42,25	0,00	2103,24	10,14	354,53	--	--

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 _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N _u	sfuerzo 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	10,05	10,05	0,00	-507,59	27,19
2	0,07	10,05	10,05	0,00	-507,59	31,06
3	0,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	62,37
4	0,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	126,51
5	0,35	10,05	10,05	0,00	507,59	55,05
6	0,42	10,05	10,05	0,00	507,59	45,70
7	0,50	10,05	10,05	0,00	507,59	43,38
8	0,58	10,05	10,05	0,00	507,59	45,75
9	0,65	10,05	10,05	0,00	507,59	55,19
10	0,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	127,76
11	0,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	61,94
12	0,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	30,93
13	1,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	27,08
14	1,07	10,05	10,05	0,00	-507,59	30,89
15	1,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	61,55
16	1,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	130,63
17	1,35	10,05	10,05	0,00	507,59	55,94

**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 Esecutivo**

18	1,43	10,05	10,05	0,00	507,59	46,38
19	1,50	10,05	10,05	0,00	507,59	44,05
20	1,57	10,05	10,05	0,00	507,59	46,58
21	1,65	10,05	10,05	0,00	507,59	56,52
22	1,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	136,15
23	1,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	59,94
24	1,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	30,38
25	2,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	26,61
26	2,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	30,23
27	2,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	58,77
28	2,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	146,85
29	2,35	10,05	10,05	0,00	507,59	59,05
30	2,43	10,05	10,05	0,00	507,59	48,69
31	2,50	10,05	10,05	0,00	507,59	46,32
32	2,58	10,05	10,05	0,00	507,59	49,35
33	2,65	10,05	10,05	0,00	507,59	61,04
34	2,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	169,94
35	2,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	54,23
36	2,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	28,83
37	3,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	25,32
38	3,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	28,44
39	3,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	51,37
40	3,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	128,65
41	3,35	10,05	10,05	0,00	-507,59	70,87
42	3,43	10,05	10,05	0,00	-507,59	57,22
43	3,50	10,05	10,05	0,00	507,59	54,74
44	3,58	10,05	10,05	0,00	-507,59	60,00
45	3,65	10,05	10,05	0,00	-507,59	80,09
46	3,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	85,03
47	3,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	42,52
48	3,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	25,10
49	4,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	22,20
50	4,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	24,29
51	4,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	38,12
52	4,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	60,01
53	4,35	10,05	10,05	0,00	-507,59	85,90
54	4,42	10,05	10,05	0,00	-507,59	103,18
55	4,50	10,05	10,05	0,00	-507,59	99,21
56	4,58	10,05	10,05	0,00	-507,59	95,31
57	4,65	10,05	10,05	0,00	-507,59	73,81
58	4,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	50,44
59	4,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	30,16
60	4,92	10,05	10,05	0,00	-507,59	20,24
61	5,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	18,37
62	5,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	19,96

63	5,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	29,34
64	5,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	70,80
65	5,35	10,05	10,05	0,00	-507,59	180,77
66	5,42	10,05	10,05	0,00	507,59	141,48
67	5,50	10,05	10,05	0,00	507,59	93,35
68	5,58	10,05	10,05	0,00	507,59	68,96
69	5,65	10,05	10,05	0,00	507,59	58,53
70	5,74	10,05	10,05	0,00	507,59	56,20
71	5,83	10,05	10,05	0,00	507,59	62,20
72	5,91	10,05	10,05	0,00	507,59	82,92
73	6,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	1000,00

Analisi dei pali

Combinazione n° 3

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

Orizzontale	[kN]	45,063
Verticale [kN]		324,236
Momento [kNm]		-200,139

Spostamenti della piastra di fondazione

Orizzontale	[cm]	0,03970
Verticale [cm]		0,03408
Rotazione	[°]	-0,02271

Scarichi in testa ai pali

Fila nr.	N.pali	N [kN]	T [kN]	M [kNm]	Tu [kN]	Mu [kNm]
1	11	-5,63	15,90	-0,95	167,03	-10,00
2	12	114,44	15,90	-0,95	167,03	-10,00
3	11	234,50	15,90	-0,95	167,03	-10,00

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	forzo 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	1135,0	106971,2	-5,63	-1
2	30,0	135,0	12723,5	114,44	90
3	30,0	135,0	12723,5	234,50	184

COMBINAZIONE n° 4

Peso muro sfavorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	47,9552	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	45,0631	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	16,4016	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,00	[m]	Y = -2,01	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57,67	[°]		
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	45,0631	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	416,5858	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	416,5858	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	45,0631	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,34	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,80	[m]
Risultante in fondazione	419,0160	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	6,17	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	140,7747	[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	0,50	7,1658	0,0143	1,1331
3	1,00	16,0844	0,8195	4,9995
4	1,50	26,7382	3,7258	11,5513
5	2,00	39,0095	9,9285	20,4643
6	2,50	52,8800	20,5176	31,6889
7	3,00	68,2284	36,5689	44,8917
8	3,50	80,6615	57,8054	47,5163
9	4,00	92,7203	79,4908	47,5163
10	4,50	105,5371	100,8782	47,5163
11	5,00	119,1118	121,9494	47,5163
12	5,50	133,4444	142,6862	47,5163
13	6,00	148,5349	163,0705	47,5163
14	6,50	164,3833	183,0840	47,5163
15	7,00	180,9897	202,7086	47,5163
16	7,50	198,3540	221,9260	47,5163
17	8,00	216,4763	240,7182	47,5163
18	8,50	235,3564	259,0669	47,5163
19	9,00	254,9945	276,9538	47,5163
20	9,50	275,3905	294,3609	47,5163
21	10,00	296,5444	311,2700	47,5163

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]
VRd	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	0,00	0,00	0,00	0,00	1000,00	134,93	--	--
2	0,50	100, 45	10,05	7,70	4809,80	-9,61	671,22	147,67	--	--
3	1,00	100, 50	10,05	7,70	4923,36	-250,84	306,10	160,44	--	--
4	1,50	100, 54	10,05	7,70	3748,57	-522,34	140,20	173,26	--	--
5	2,00	100, 59	10,05	7,70	2566,80	-653,29	65,80	186,16	--	--
6	2,50	100, 64	10,05	7,70	1556,19	-603,81	29,43	199,15	--	--
7	3,00	100, 69	10,05	7,70	996,92	-534,33	14,61	212,23	--	--
8	3,50	100, 73	10,05	7,70	658,90	-472,20	8,17	224,78	--	--
9	4,00	100, 78	10,05	7,70	544,38	-466,71	5,87	237,18	--	--
10	4,50	100, 83	25,76	15,71	1233,28	-1178,83	11,69	286,56	--	--
11	5,00	100, 88	15,71	15,71	778,08	-796,62	6,53	262,04	--	--
12	5,50	100, 92	15,71	15,71	793,35	-848,30	5,95	274,51	--	--
13	6,00	100, 97	15,71	15,71	827,58	-908,56	5,57	287,03	--	--
14	6,50	100, 102	15,71	15,71	877,30	-977,11	5,34	299,60	--	--
15	7,00	100, 107	15,71	15,71	941,44	-1054,41	5,20	312,21	--	--
16	7,50	100, 112	15,71	15,71	1020,31	-1141,56	5,14	324,88	--	--
17	8,00	100, 116	15,71	15,71	1115,26	-1240,15	5,15	337,61	--	--
18	8,50	100, 121	42,25	15,71	2667,48	-2936,21	11,33	424,93	--	--
19	9,00	100, 126	42,25	15,71	2890,99	-3139,95	11,34	436,00	--	--
20	9,50	100, 131	26,55	15,71	2311,97	-2471,24	8,40	388,68	--	--
21	10,00	100, 135	26,55	15,71	2553,13	-2679,91	8,61	398,60	--	--

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 _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A _{fs}	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 _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0,00	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	9615,09	354,53	--	--
2	0,05	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	321,81	354,53	--	--
3	0,10	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	207,03	354,53	--	--
4	0,15	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	155,39	354,53	--	--
5	0,20	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	124,84	354,53	--	--
6	0,25	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	103,81	354,53	--	--
7	0,30	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	88,15	354,53	--	--
8	0,35	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	75,90	354,53	--	--
9	0,40	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	66,18	354,53	--	--
10	0,45	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	58,19	354,53	--	--
11	0,50	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	51,56	354,53	--	--
12	0,55	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	46,00	354,53	--	--
13	0,60	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	41,31	354,53	--	--
14	0,65	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	37,34	354,53	--	--
15	0,70	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	33,96	354,53	--	--
16	0,75	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	27,93	354,53	--	--
17	0,80	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	22,88	354,53	--	--
18	0,85	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	19,52	354,53	--	--
19	0,90	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	17,08	354,53	--	--
20	0,95	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	15,21	354,53	--	--
21	1,00	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	13,72	354,53	--	--
22	1,05	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	12,50	354,53	--	--
23	1,10	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	11,47	354,53	--	--
24	1,15	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	10,59	354,53	--	--

Titolo relazione

81

RTP di progettazione:

Mandataria:



Mandanti:



25	1,20	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	9,82	354,53	--	--
26	1,25	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	9,15	354,53	--	--
27	1,30	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	8,56	354,53	--	--
28	1,35	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	8,04	354,53	--	--
29	1,40	100, 135	26,55	42,25	0,00	2103,24	11,66	354,53	--	--
30	1,45	100, 135	26,55	42,25	0,00	2103,24	10,26	354,53	--	--

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 _{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	10,05	10,05	0,00	-507,59	27,04
2	0,07	10,05	10,05	0,00	-507,59	30,89
3	0,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	62,05
4	0,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	125,56
5	0,35	10,05	10,05	0,00	507,59	54,77
6	0,42	10,05	10,05	0,00	507,59	45,49
7	0,50	10,05	10,05	0,00	507,59	43,18
8	0,58	10,05	10,05	0,00	507,59	45,54
9	0,65	10,05	10,05	0,00	507,59	54,91
10	0,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	126,80
11	0,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	61,63
12	0,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	30,76
13	1,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	26,92
14	1,07	10,05	10,05	0,00	-507,59	30,71
15	1,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	61,24
16	1,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	129,65
17	1,35	10,05	10,05	0,00	507,59	55,66

**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 Esecutivo**

18	1,43	10,05	10,05	0,00	507,59	46,17
19	1,50	10,05	10,05	0,00	507,59	43,86
20	1,57	10,05	10,05	0,00	507,59	46,36
21	1,65	10,05	10,05	0,00	507,59	56,24
22	1,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	135,12
23	1,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	59,62
24	1,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	30,21
25	2,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	26,46
26	2,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	30,07
27	2,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	58,44
28	2,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	145,72
29	2,35	10,05	10,05	0,00	507,59	58,76
30	2,43	10,05	10,05	0,00	507,59	48,47
31	2,50	10,05	10,05	0,00	507,59	46,12
32	2,58	10,05	10,05	0,00	507,59	49,13
33	2,65	10,05	10,05	0,00	507,59	60,74
34	2,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	168,61
35	2,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	53,92
36	2,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	28,67
37	3,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	25,18
38	3,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	28,28
39	3,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	51,07
40	3,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	127,85
41	3,35	10,05	10,05	0,00	-507,59	70,54
42	3,43	10,05	10,05	0,00	-507,59	56,99
43	3,50	10,05	10,05	0,00	507,59	54,52
44	3,58	10,05	10,05	0,00	-507,59	59,77
45	3,65	10,05	10,05	0,00	-507,59	79,74
46	3,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	84,48
47	3,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	42,26
48	3,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	24,94
49	4,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	22,07
50	4,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	24,14
51	4,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	37,88
52	4,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	59,60
53	4,35	10,05	10,05	0,00	-507,59	85,23
54	4,42	10,05	10,05	0,00	-507,59	103,16
55	4,50	10,05	10,05	0,00	-507,59	99,24
56	4,58	10,05	10,05	0,00	-507,59	94,50
57	4,65	10,05	10,05	0,00	-507,59	73,25
58	4,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	50,07
59	4,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	29,96
60	4,92	10,05	10,05	0,00	-507,59	20,11
61	5,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	18,26
62	5,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	19,83

63	5,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	29,13
64	5,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	70,16
65	5,35	10,05	10,05	0,00	-507,59	171,25
66	5,42	10,05	10,05	0,00	507,59	142,23
67	5,50	10,05	10,05	0,00	507,59	93,45
68	5,58	10,05	10,05	0,00	507,59	68,70
69	5,65	10,05	10,05	0,00	507,59	58,28
70	5,74	10,05	10,05	0,00	507,59	55,91
71	5,83	10,05	10,05	0,00	507,59	61,85
72	5,91	10,05	10,05	0,00	507,59	82,41
73	6,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	1000,00

Analisi dei pali

Combinazione n° 4

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

Orizzontale	[kN]	45,063
Verticale	[kN]	416,586
Momento	[kNm]	-140,775

Spostamenti della piastra di fondazione

Orizzontale	[cm]	0,03320
Verticale	[cm]	0,04375
Rotazione	[°]	-0,01685

Scarichi in testa ai pali

Fila nr.	N.pali	N [kN]	T [kN]	M [kNm]	Tu [kN]	Mu [kNm]
1	11	57,94	15,90	1,90	177,44	21,18
2	12	147,03	15,90	1,90	177,44	21,18
3	11	236,12	15,90	1,90	177,44	21,18

Verifica a punzonamento della fondazione

D	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 TID) 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	1135,0	106971,2	57,94	5
2	30,0	135,0	12723,5	147,03	116
3	30,0	135,0	12723,5	236,12	186

COMBINAZIONE n° 5

Valore della spinta statica	53,8297	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	51,5917	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	15,3598	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,00	[m]	Y = -3,08	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	16,58	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54,01	[°]		
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	51,5917	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	323,1938	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	323,1938	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	51,5917	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,64	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,28	[m]
Risultante in fondazione	327,2857	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	9,07	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	207,4370	[kNm]

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 5

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	0,50	5,5504	0,0606	1,2209
3	1,00	12,4925	1,0654	5,2192
4	1,50	20,7657	4,3238	11,7865
5	2,00	30,3070	11,0041	20,7065
6	2,50	41,1064	22,2119	31,9451
7	3,00	53,0672	39,0346	45,1703
8	3,50	62,6745	60,8931	47,8196
9	4,00	71,9505	83,1935	47,8196
10	4,50	81,8096	105,2647	47,8196
11	5,00	92,2516	127,0926	47,8196
12	5,50	103,2767	148,6633	47,8196
13	6,00	114,8848	169,9628	47,8196
14	6,50	127,0759	190,9772	47,8196
15	7,00	139,8501	211,6923	47,8196
16	7,50	153,2072	232,0943	47,8196
17	8,00	167,1474	252,1691	47,8196
18	8,50	181,6706	271,9028	47,8196
19	9,00	196,7768	291,2813	47,8196
20	9,50	212,4660	310,2907	47,8196
21	10,00	228,7383	328,9170	47,8196

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 5

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]
VRd	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	0,00	0,00	0,00	0,00	1000,00	134,93	--	--
2	0,50	100, 45	10,05	7,70	4745,23	-51,81	854,94	147,44	--	--
3	1,00	100, 50	10,05	7,70	4217,19	-359,65	337,58	159,93	--	--
4	1,50	100, 54	10,05	7,70	2776,65	-578,14	133,71	172,42	--	--
5	2,00	100, 59	10,05	7,70	1477,09	-536,31	48,74	184,92	--	--
6	2,50	100, 64	10,05	7,70	846,49	-457,40	20,59	197,46	--	--
7	3,00	100, 69	10,05	7,70	557,96	-410,42	10,51	210,05	--	--
8	3,50	100, 73	10,05	7,70	404,69	-393,19	6,46	222,19	--	--
9	4,00	100, 78	10,05	7,70	346,94	-401,15	4,82	234,18	--	--
10	4,50	100, 83	25,76	15,71	806,31	-1037,48	9,86	283,13	--	--
11	5,00	100, 88	15,71	15,71	502,79	-692,67	5,45	258,14	--	--
12	5,50	100, 92	15,71	15,71	511,10	-735,71	4,95	270,13	--	--
13	6,00	100, 97	15,71	15,71	529,47	-783,32	4,61	282,14	--	--
14	6,50	100, 102	15,71	15,71	555,71	-835,16	4,37	294,16	--	--
15	7,00	100, 107	15,71	15,71	588,80	-891,27	4,21	306,21	--	--
16	7,50	100, 112	15,71	15,71	628,38	-951,93	4,10	318,29	--	--
17	8,00	100, 116	15,71	15,71	674,46	-1017,54	4,04	330,40	--	--
18	8,50	100, 121	42,25	15,71	1772,64	-2653,08	9,76	417,08	--	--
19	9,00	100, 126	42,25	15,71	1907,49	-2823,58	9,69	427,47	--	--
20	9,50	100, 131	26,55	15,71	1391,95	-2032,83	6,55	379,46	--	--
21	10,00	100, 135	26,55	15,71	1516,67	-2180,92	6,63	388,66	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 5

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]
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 _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0,00	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	9285,74	354,53	--	--
2	0,05	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	315,19	354,53	--	--
3	0,10	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	201,75	354,53	--	--
4	0,15	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	150,57	354,53	--	--
5	0,20	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	120,26	354,53	--	--
6	0,25	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	99,42	354,53	--	--
7	0,30	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	83,95	354,53	--	--
8	0,35	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	71,90	354,53	--	--
9	0,40	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	62,39	354,53	--	--
10	0,45	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	54,62	354,53	--	--
11	0,50	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	48,19	354,53	--	--
12	0,55	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	42,83	354,53	--	--
13	0,60	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	38,32	354,53	--	--
14	0,65	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	34,52	354,53	--	--
15	0,70	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	31,30	354,53	--	--
16	0,75	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	25,82	354,53	--	--
17	0,80	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	21,24	354,53	--	--
18	0,85	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	18,16	354,53	--	--
19	0,90	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	15,91	354,53	--	--
20	0,95	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	14,18	354,53	--	--
21	1,00	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	12,79	354,53	--	--
22	1,05	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	11,65	354,53	--	--
23	1,10	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	10,70	354,53	--	--
24	1,15	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	9,88	354,53	--	--

Titolo relazione

88

RTP di progettazione:

Mandataria:



Mandanti:



25	1,20	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	9,17	354,53	--	--
26	1,25	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	8,55	354,53	--	--
27	1,30	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	8,00	354,53	--	--
28	1,35	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	7,52	354,53	--	--
29	1,40	100, 135	26,55	42,25	0,00	2103,24	11,01	354,53	--	--
30	1,45	100, 135	26,55	42,25	0,00	2103,24	9,89	354,53	--	--

Armature e tensioni piastre

Combinazione n° 5

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	10,05	10,05	0,00	-507,59	26,55
2	0,07	10,05	10,05	0,00	-507,59	30,33
3	0,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	60,90
4	0,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	123,55
5	0,35	10,05	10,05	0,00	507,59	53,75
6	0,42	10,05	10,05	0,00	507,59	44,62
7	0,50	10,05	10,05	0,00	507,59	42,35
8	0,58	10,05	10,05	0,00	507,59	44,67
9	0,65	10,05	10,05	0,00	507,59	53,89
10	0,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	124,78
11	0,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	60,48
12	0,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	30,21
13	1,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	26,44
14	1,07	10,05	10,05	0,00	-507,59	30,16
15	1,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	60,10
16	1,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	127,58
17	1,35	10,05	10,05	0,00	507,59	54,62

**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 Esecutivo**

18	1,43	10,05	10,05	0,00	507,59	45,28
19	1,50	10,05	10,05	0,00	507,59	43,01
20	1,57	10,05	10,05	0,00	507,59	45,48
21	1,65	10,05	10,05	0,00	507,59	55,19
22	1,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	132,97
23	1,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	58,52
24	1,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	29,67
25	2,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	25,99
26	2,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	29,52
27	2,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	57,39
28	2,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	143,42
29	2,35	10,05	10,05	0,00	507,59	57,66
30	2,43	10,05	10,05	0,00	507,59	47,54
31	2,50	10,05	10,05	0,00	507,59	45,22
32	2,58	10,05	10,05	0,00	507,59	48,18
33	2,65	10,05	10,05	0,00	507,59	59,60
34	2,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	165,97
35	2,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	52,96
36	2,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	28,15
37	3,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	24,72
38	3,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	27,77
39	3,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	50,16
40	3,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	125,63
41	3,35	10,05	10,05	0,00	-507,59	69,19
42	3,43	10,05	10,05	0,00	-507,59	55,87
43	3,50	10,05	10,05	0,00	507,59	53,44
44	3,58	10,05	10,05	0,00	-507,59	58,58
45	3,65	10,05	10,05	0,00	-507,59	78,19
46	3,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	83,04
47	3,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	41,52
48	3,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	24,51
49	4,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	21,68
50	4,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	23,72
51	4,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	37,23
52	4,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	58,61
53	4,35	10,05	10,05	0,00	-507,59	83,90
54	4,42	10,05	10,05	0,00	-507,59	100,70
55	4,50	10,05	10,05	0,00	-507,59	96,82
56	4,58	10,05	10,05	0,00	-507,59	93,09
57	4,65	10,05	10,05	0,00	-507,59	72,09
58	4,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	49,26
59	4,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	29,46
60	4,92	10,05	10,05	0,00	-507,59	19,76
61	5,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	17,94
62	5,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	19,49

Titolo relazione

90

RTP di progettazione:

Mandataria:



Mandanti:



63	5,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	28,65
64	5,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	69,16
65	5,35	10,05	10,05	0,00	-507,59	177,37
66	5,42	10,05	10,05	0,00	507,59	138,01
67	5,50	10,05	10,05	0,00	507,59	91,09
68	5,58	10,05	10,05	0,00	507,59	67,33
69	5,65	10,05	10,05	0,00	507,59	57,15
70	5,74	10,05	10,05	0,00	507,59	54,87
71	5,83	10,05	10,05	0,00	507,59	60,73
72	5,91	10,05	10,05	0,00	507,59	80,98
73	6,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	1000,00

Analisi dei pali

Combinazione n° 5

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

Orizzontale	[kN]	51,592
Verticale [kN]		323,194
Momento [kNm]		-207,437

Spostamenti della piastra di fondazione

Orizzontale	[cm]	0,04306
Verticale [cm]		0,03398
Rotazione	[°]	-0,02384

Scarichi in testa ai pali

Fila nr.	N.pali	N [kN]	T [kN]	M [kNm]	Tu [kN]	Mu [kNm]
1	11	-11,98	18,21	-0,04	170,07	-0,38
2	12	114,07	18,21	-0,04	170,07	-0,38
3	11	240,12	18,21	-0,04	170,07	-0,38

Verifica a punzonamento della fondazione

D	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 TID) 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	1135,0	106971,2	-11,98	-1
2	30,0	135,0	12723,5	114,07	90
3	30,0	135,0	12723,5	240,12	189

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]= -7,67 Y[m]= 0,00

Raggio del cerchio R[m]= 32,16

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -38,24

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 24,49

Larghezza della striscia dx[m]= 2,51

Coefficiente di sicurezza C= 4.77

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	α(°)	Wsinα	b/cosα	φ	c	u
1	308,2594	78.61	302,1863	0,1246	28.18	61	0
2	863,9102	62.39	765,5126	0,0531	29.26	80	0
3	1435,0207	53.77	1157,6147	0,0416	29.26	80	0
4	1534,1364	46.73	1116,9746	0,0359	29.26	80	0
5	1599,5150	40.52	1039,2496	0,0324	29.26	80	0
6	1640,7154	34.85	937,6514	0,0300	29.26	80	0
7	1662,9017	29.56	820,3278	0,0283	29.26	80	0
8	1669,2166	24.53	693,0054	0,0270	29.26	80	0
9	1661,7054	19.70	560,0730	0,0261	29.26	80	0

Titolo relazione

92

RTP di progettazione:

Mandataria:



Mandanti:



10	1657,9472	15.01	429,3095	0,0255	29.26	80	0
11	1221,7592	10.42	220,9465	0,0250	29.26	80	0
12	1157,3801	5.90	118,9221	0,0247	29.26	80	0
13	1165,8405	1.41	28,7523	0,0246	29.26	80	0
14	1163,9343	-3.06	-62,1841	0,0246	29.26	80	0
15	1151,6260	-7.56	-151,4566	0,0248	29.26	80	0
16	1128,6820	-12.10	-236,5819	0,0252	29.26	80	0
17	1094,6480	-16.72	-314,9405	0,0257	29.26	80	0
18	1048,7998	-21.46	-383,6726	0,0264	29.26	80	0
19	990,0570	-26.36	-439,5345	0,0275	29.26	80	0
20	916,8290	-31.47	-478,6789	0,0289	29.26	80	0
21	826,7331	-36.89	-496,2873	0,0308	29.26	80	0
22	716,0331	-42.73	-485,8793	0,0335	29.26	80	0
23	578,3643	-49.20	-437,8173	0,0377	29.26	80	0
24	401,1335	-56.70	-335,2605	0,0448	29.26	80	0
25	149,4963	-66.35	-136,9450	0,0614	29.26	80	0

$\Sigma W_i = 27744,6442$ [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 4231,2871$ [kN]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 13173,0004$ [kN]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 7016,2028$ [kN]

COMBINAZIONE n° 7

Valore della spinta statica	36,8886	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	34,6639	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	12,6166	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,00	[m]	Y = -2,01	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,92	[°]		
Incremento sismico della spinta	328,0345	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,00	[m]	Y = -5,65	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	41,11	[°]		
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	121,3009	[kN]		
Inerzia verticale del muro	60,6504	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,0000	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,0000	[kN]		

Titolo relazione

93

RTP di progettazione:

Mandataria:



Mandanti:



Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	464,2164	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	493,2955	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	493,2955	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	464,2164	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	4,37	[m]
Lunghezza fondazione reagente	-8,90	[m]
Risultante in fondazione	677,3753	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	43,26	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	2155,5084	[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	0,50	9,2816	2,2585	13,2750
3	1,00	19,9114	11,2046	28,8823
4	1,50	31,8761	27,9613	46,7849
5	2,00	45,0849	53,5625	66,7337
6	2,50	59,5239	88,9620	88,6904
7	3,00	75,0998	135,1018	112,3984
8	3,50	89,2124	191,4400	127,8944
9	4,00	103,0807	254,6171	141,5836
10	4,50	117,4813	324,2704	155,5206
11	5,00	132,4294	400,5096	169,7002
12	5,50	147,9347	483,4414	184,1191
13	6,00	164,0038	573,1705	198,7750
14	6,50	180,6411	669,8007	213,6662
15	7,00	197,8498	773,4349	228,7917
16	7,50	215,6322	884,1754	244,1505
17	8,00	233,9900	1002,1243	259,7419
18	8,50	252,9247	1127,3833	275,5656
19	9,00	272,4373	1260,0541	291,6210
20	9,50	292,5285	1400,2379	307,9079

Titolo relazione

94

RTP di progettazione:

Mandataria:



Mandanti:



21 10,00 313,1990 1548,0362 324,4260

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]
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	0,00	0,00	0,00	0,00	1000,00	134,93	--	--
2	0,50	100, 45	10,05	7,70	1576,88	-383,71	169,89	147,97	--	--
3	1,00	100, 50	10,05	7,70	487,12	-274,11	24,46	160,97	--	--
4	1,50	100, 54	10,05	7,70	296,52	-260,11	9,30	173,99	--	--
5	2,00	100, 59	10,05	7,70	225,02	-267,33	4,99	187,02	--	--
6	2,50	100, 64	10,05	7,70	187,81	-280,69	3,16	200,10	--	--
7	3,00	100, 69	10,05	7,70	164,87	-296,59	2,20	213,21	--	--
8	3,50	100, 73	10,05	7,70	145,72	-312,70	1,63	226,01	--	--
9	4,00	100, 78	10,05	7,70	133,75	-330,37	1,30	238,67	--	--
10	4,50	100, 83	25,76	15,71	317,21	-875,56	2,70	288,28	--	--
11	5,00	100, 88	15,71	15,71	189,98	-574,57	1,43	263,96	--	--
12	5,50	100, 92	15,71	15,71	185,37	-605,79	1,25	276,62	--	--
13	6,00	100, 97	15,71	15,71	182,41	-637,50	1,11	289,28	--	--
14	6,50	100, 102	15,71	15,71	180,58	-669,58	1,00	301,96	--	--
15	7,00	100, 107	15,71	15,71	179,56	-701,95	0,91	314,67	--	--
16	7,50	100, 112	15,71	15,71	179,15	-734,58	0,83	327,40	--	--
17	8,00	100, 116	15,71	15,71	179,19	-767,41	0,77	340,17	--	--
18	8,50	100, 121	42,25	15,71	464,49	-2070,42	1,84	427,50	--	--
19	9,00	100, 126	42,25	15,71	466,73	-2158,67	1,71	438,55	--	--
20	9,50	100, 131	26,55	15,71	301,72	-1444,23	1,03	391,19	--	--
21	10,00	100, 135	26,55	15,71	303,57	-1500,43	0,97	401,05	--	--

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]
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 _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0,00	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	1462,92	354,53	--	--
2	0,05	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	51,42	354,53	--	--
3	0,10	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	32,49	354,53	--	--
4	0,15	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	23,91	354,53	--	--
5	0,20	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	18,83	354,53	--	--
6	0,25	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	15,35	354,53	--	--
7	0,30	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	12,79	354,53	--	--
8	0,35	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	10,82	354,53	--	--
9	0,40	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	9,29	354,53	--	--
10	0,45	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	8,05	354,53	--	--
11	0,50	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	7,04	354,53	--	--
12	0,55	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	6,20	354,53	--	--
13	0,60	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	5,51	354,53	--	--
14	0,65	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	4,93	354,53	--	--
15	0,70	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	4,44	354,53	--	--
16	0,75	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	3,69	354,53	--	--
17	0,80	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	3,06	354,53	--	--
18	0,85	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	2,63	354,53	--	--
19	0,90	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	2,31	354,53	--	--
20	0,95	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	2,06	354,53	--	--
21	1,00	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	1,86	354,53	--	--
22	1,05	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	1,69	354,53	--	--
23	1,10	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	1,56	354,53	--	--
24	1,15	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	1,44	354,53	--	--

Titolo relazione

96

RTP di progettazione:

Mandataria:



Mandanti:



25	1,20	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	1,34	354,53	--	--
26	1,25	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	1,25	354,53	--	--
27	1,30	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	1,17	354,53	--	--
28	1,35	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	1,10	354,53	--	--
29	1,40	100, 135	26,55	42,25	0,00	2103,24	1,64	354,53	--	--
30	1,45	100, 135	26,55	42,25	0,00	2103,24	1,54	354,53	--	--

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}	N _u	M _u	CS
1	0,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	4,36
2	0,07	10,05	10,05	0,00	-507,59	4,98
3	0,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	9,99
4	0,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	20,40
5	0,35	10,05	10,05	0,00	507,59	8,82
6	0,42	10,05	10,05	0,00	507,59	7,31
7	0,50	10,05	10,05	0,00	507,59	6,94
8	0,58	10,05	10,05	0,00	507,59	7,32
9	0,65	10,05	10,05	0,00	507,59	8,84
10	0,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	20,60
11	0,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	9,92
12	0,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	4,96
13	1,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	4,34
14	1,07	10,05	10,05	0,00	-507,59	4,95
15	1,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	9,86
16	1,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	21,07
17	1,35	10,05	10,05	0,00	507,59	8,96

**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 Esecutivo**

18	1,43	10,05	10,05	0,00	507,59	7,42
19	1,50	10,05	10,05	0,00	507,59	7,04
20	1,57	10,05	10,05	0,00	507,59	7,45
21	1,65	10,05	10,05	0,00	507,59	9,05
22	1,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	21,96
23	1,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	9,60
24	1,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	4,87
25	2,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	4,27
26	2,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	4,85
27	2,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	9,42
28	2,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	23,69
29	2,35	10,05	10,05	0,00	507,59	9,45
30	2,43	10,05	10,05	0,00	507,59	7,79
31	2,50	10,05	10,05	0,00	507,59	7,40
32	2,58	10,05	10,05	0,00	507,59	7,89
33	2,65	10,05	10,05	0,00	507,59	9,77
34	2,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	27,43
35	2,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	8,70
36	2,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	4,62
37	3,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	4,06
38	3,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	4,56
39	3,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	8,24
40	3,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	20,67
41	3,35	10,05	10,05	0,00	-507,59	11,33
42	3,43	10,05	10,05	0,00	-507,59	9,14
43	3,50	10,05	10,05	0,00	507,59	8,74
44	3,58	10,05	10,05	0,00	-507,59	9,58
45	3,65	10,05	10,05	0,00	-507,59	12,80
46	3,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	13,67
47	3,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	6,83
48	3,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	4,03
49	4,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	3,56
50	4,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	3,90
51	4,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	6,13
52	4,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	9,66
53	4,35	10,05	10,05	0,00	-507,59	13,86
54	4,42	10,05	10,05	0,00	-507,59	16,31
55	4,50	10,05	10,05	0,00	-507,59	15,66
56	4,58	10,05	10,05	0,00	-507,59	15,41
57	4,65	10,05	10,05	0,00	-507,59	11,90
58	4,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	8,13
59	4,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	4,85
60	4,92	10,05	10,05	0,00	-507,59	3,25
61	5,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	2,95
62	5,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	3,21

Titolo relazione

98

RTP di progettazione:

Mandataria:



Mandanti:



63	5,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	4,72
64	5,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	11,46
65	5,35	10,05	10,05	0,00	-507,59	33,40
66	5,42	10,05	10,05	0,00	507,59	22,04
67	5,50	10,05	10,05	0,00	507,59	14,71
68	5,58	10,05	10,05	0,00	507,59	11,01
69	5,65	10,05	10,05	0,00	507,59	9,36
70	5,74	10,05	10,05	0,00	507,59	9,00
71	5,83	10,05	10,05	0,00	507,59	9,98
72	5,91	10,05	10,05	0,00	507,59	13,32
73	6,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	189,24

Analisi dei pali

Combinazione n° 7

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

Orizzontale	[kN]	464,216
Verticale	[kN]	493,295
Momento	[kNm]	-2155,508

Spostamenti della piastra di fondazione

Orizzontale	[cm]	0,41857
Verticale	[cm]	0,05260
Rotazione	[°]	-0,24267

Scarichi in testa ai pali

Fila nr.	N.pali	N [kN]	T [kN]	M [kNm]	Tu [kN]	Mu [kNm]
1	11	-1108,76	163,84	-14,05	149,13	-12,78
2	12	174,10	163,84	-14,05	149,13	-12,78
3	11	1456,96	163,84	-14,05	149,13	-12,78

Verifica a punzonamento della fondazione

D	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 TID) 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	1135,0	106971,2	-1108,76	-104
2	30,0	135,0	12723,5	174,10	137
3	30,0	135,0	12723,5	1456,96	1145

COMBINAZIONE n° 8

Valore della spinta statica	36,8886	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	34,6639	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	12,6166	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,00	[m]	Y = -2,01	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,92	[°]		
Incremento sismico della spinta	264,5886	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,00	[m]	Y = -5,65	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	34,92	[°]		
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	121,3009	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-60,6504	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,0000	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,0000	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	404,5968	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	350,2948	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	350,2948	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	404,5968	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	5,49	[m]
Lunghezza fondazione reagente	-12,27	[m]
Risultante in fondazione	535,1682	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	49,11	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	1923,9656	[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	0,50	8,4783	1,8866	11,0682
3	1,00	18,3049	9,3957	24,4686
4	1,50	29,4664	23,6502	40,1644
5	2,00	41,8720	45,6843	57,9063
6	2,50	55,5078	76,4514	77,6561
7	3,00	70,2804	116,8938	99,1573
8	3,50	83,4628	166,5287	112,4969
9	4,00	96,4010	221,9685	124,0297
10	4,50	109,8714	282,8508	135,8103
11	5,00	123,8893	349,2852	147,8335
12	5,50	138,4644	421,3783	160,0960
13	6,00	153,6033	499,2349	172,5955
14	6,50	169,3104	582,9588	185,3303
15	7,00	185,5889	672,6528	198,2993
16	7,50	202,4411	768,4193	211,5017
17	8,00	219,8688	870,3604	224,9368
18	8,50	237,8733	978,5777	238,6040
19	9,00	256,4557	1093,1730	252,5030
20	9,50	275,6167	1214,2475	266,6335
21	10,00	295,3571	1341,9026	280,9951

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 _s	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A _t	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
VRcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]

Titolo relazione

101

RTP di progettazione:

Mandataria:



Mandanti:



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 Esecutivo

VRsd Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]

VRd 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	0,00	0,00	0,00	0,00	1000,00	134,93	--	--
2	0,50	100, 45	10,05	7,70	1781,79	-396,48	210,16	147,85	--	--
3	1,00	100, 50	10,05	7,70	565,00	-290,01	30,87	160,75	--	--
4	1,50	100, 54	10,05	7,70	334,84	-268,75	11,36	173,65	--	--
5	2,00	100, 59	10,05	7,70	250,87	-273,71	5,99	186,57	--	--
6	2,50	100, 64	10,05	7,70	207,66	-286,01	3,74	199,52	--	--
7	3,00	100, 69	10,05	7,70	181,16	-301,31	2,58	212,52	--	--
8	3,50	100, 73	10,05	7,70	158,75	-316,75	1,90	225,18	--	--
9	4,00	100, 78	10,05	7,70	145,12	-334,14	1,51	237,71	--	--
10	4,50	100, 83	25,76	15,71	343,48	-884,26	3,13	287,18	--	--
11	5,00	100, 88	15,71	15,71	205,93	-580,59	1,66	262,73	--	--
12	5,50	100, 92	15,71	15,71	201,13	-612,07	1,45	275,24	--	--
13	6,00	100, 97	15,71	15,71	198,18	-644,12	1,29	287,77	--	--
14	6,50	100, 102	15,71	15,71	196,51	-676,61	1,16	300,31	--	--
15	7,00	100, 107	15,71	15,71	195,74	-709,43	1,05	312,88	--	--
16	7,50	100, 112	15,71	15,71	195,63	-742,55	0,97	325,48	--	--
17	8,00	100, 116	15,71	15,71	196,01	-775,91	0,89	338,11	--	--
18	8,50	100, 121	42,25	15,71	507,99	-2089,79	2,14	425,30	--	--
19	9,00	100, 126	42,25	15,71	511,30	-2179,48	1,99	436,21	--	--
20	9,50	100, 131	26,55	15,71	331,46	-1460,29	1,20	388,72	--	--
21	10,00	100, 135	26,55	15,71	334,01	-1517,50	1,13	398,43	--	--

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]
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 _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0,00	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	1685,98	354,53	--	--
2	0,05	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	59,21	354,53	--	--
3	0,10	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	37,43	354,53	--	--
4	0,15	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	27,56	354,53	--	--
5	0,20	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	21,71	354,53	--	--
6	0,25	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	17,70	354,53	--	--
7	0,30	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	14,76	354,53	--	--
8	0,35	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	12,49	354,53	--	--
9	0,40	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	10,72	354,53	--	--
10	0,45	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	9,30	354,53	--	--
11	0,50	100, 135	26,55	26,55	0,00	-1331,66	8,13	354,53	--	--
12	0,55	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	7,17	354,53	--	--
13	0,60	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	6,37	354,53	--	--
14	0,65	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	5,70	354,53	--	--
15	0,70	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	5,13	354,53	--	--
16	0,75	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	4,26	354,53	--	--
17	0,80	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	3,53	354,53	--	--
18	0,85	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	3,04	354,53	--	--
19	0,90	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	2,67	354,53	--	--
20	0,95	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	2,38	354,53	--	--
21	1,00	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	2,15	354,53	--	--
22	1,05	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	1,96	354,53	--	--
23	1,10	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	1,80	354,53	--	--
24	1,15	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	1,66	354,53	--	--

Titolo relazione

103

RTP di progettazione:

Mandataria:



Mandanti:



25	1,20	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	1,54	354,53	--	--
26	1,25	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	1,44	354,53	--	--
27	1,30	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	1,35	354,53	--	--
28	1,35	100, 135	26,55	26,55	0,00	1331,66	1,27	354,53	--	--
29	1,40	100, 135	26,55	42,25	0,00	2103,24	1,89	354,53	--	--
30	1,45	100, 135	26,55	42,25	0,00	2103,24	1,79	354,53	--	--

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	sfuerzo 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	10,05	10,05	0,00	-507,59	5,02
2	0,07	10,05	10,05	0,00	-507,59	5,73
3	0,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	11,50
4	0,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	23,49
5	0,35	10,05	10,05	0,00	507,59	10,15
6	0,42	10,05	10,05	0,00	507,59	8,41
7	0,50	10,05	10,05	0,00	507,59	7,98
8	0,58	10,05	10,05	0,00	507,59	8,42
9	0,65	10,05	10,05	0,00	507,59	10,17
10	0,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	23,72
11	0,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	11,42
12	0,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	5,71
13	1,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	5,00
14	1,07	10,05	10,05	0,00	-507,59	5,70
15	1,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	11,35
16	1,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	24,26
17	1,35	10,05	10,05	0,00	507,59	10,31

**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 Esecutivo**

18	1,43	10,05	10,05	0,00	507,59	8,54
19	1,50	10,05	10,05	0,00	507,59	8,11
20	1,57	10,05	10,05	0,00	507,59	8,58
21	1,65	10,05	10,05	0,00	507,59	10,42
22	1,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	25,28
23	1,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	11,05
24	1,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	5,61
25	2,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	4,91
26	2,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	5,58
27	2,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	10,85
28	2,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	27,28
29	2,35	10,05	10,05	0,00	507,59	10,88
30	2,43	10,05	10,05	0,00	507,59	8,96
31	2,50	10,05	10,05	0,00	507,59	8,52
32	2,58	10,05	10,05	0,00	507,59	9,08
33	2,65	10,05	10,05	0,00	507,59	11,25
34	2,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	31,58
35	2,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	10,02
36	2,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	5,32
37	3,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	4,68
38	3,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	5,25
39	3,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	9,49
40	3,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	23,80
41	3,35	10,05	10,05	0,00	-507,59	13,05
42	3,43	10,05	10,05	0,00	-507,59	10,52
43	3,50	10,05	10,05	0,00	507,59	10,06
44	3,58	10,05	10,05	0,00	-507,59	11,03
45	3,65	10,05	10,05	0,00	-507,59	14,73
46	3,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	15,74
47	3,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	7,86
48	3,93	10,05	10,05	0,00	-507,59	4,64
49	4,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	4,10
50	4,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	4,49
51	4,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	7,05
52	4,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	11,12
53	4,35	10,05	10,05	0,00	-507,59	15,96
54	4,42	10,05	10,05	0,00	-507,59	18,76
55	4,50	10,05	10,05	0,00	-507,59	18,01
56	4,58	10,05	10,05	0,00	-507,59	17,75
57	4,65	10,05	10,05	0,00	-507,59	13,71
58	4,75	10,05	10,05	0,00	-507,59	9,36
59	4,85	10,05	10,05	0,00	-507,59	5,59
60	4,92	10,05	10,05	0,00	-507,59	3,74
61	5,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	3,40
62	5,08	10,05	10,05	0,00	-507,59	3,69

63	5,15	10,05	10,05	0,00	-507,59	5,44
64	5,25	10,05	10,05	0,00	-507,59	13,20
65	5,35	10,05	10,05	0,00	-507,59	38,76
66	5,42	10,05	10,05	0,00	507,59	25,33
67	5,50	10,05	10,05	0,00	507,59	16,91
68	5,58	10,05	10,05	0,00	507,59	12,66
69	5,65	10,05	10,05	0,00	507,59	10,77
70	5,74	10,05	10,05	0,00	507,59	10,36
71	5,83	10,05	10,05	0,00	507,59	11,48
72	5,91	10,05	10,05	0,00	507,59	15,34
73	6,00	10,05	10,05	0,00	-507,59	218,14

Analisi dei pali

Combinazione n° 8

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

Orizzontale	[kN]	404,597
Verticale	[kN]	350,295
Momento	[kNm]	-1923,966

Spostamenti della piastra di fondazione

Orizzontale	[cm]	0,36976
Verticale	[cm]	0,03751
Rotazione	[°]	-0,21597

Scarichi in testa ai pali

Fila nr.	N.pali	N [kN]	T [kN]	M [kNm]	Tu [kN]	Mu [kNm]
1	11	-1018,09	142,80	-14,42	125,13	-12,63
2	12	123,63	142,80	-14,42	125,13	-12,63
3	11	1265,35	142,80	-14,42	125,13	-12,63

Verifica a punzonamento della fondazione

D	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 TID) 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	1135,0	106971,2	-1018,09	-95
2	30,0	135,0	12723,5	123,63	97
3	30,0	135,0	12723,5	1265,35	995

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 9

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]= -7,67 Y[m]= 7,67

Raggio del cerchio R[m]= 39,67

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -43,19

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 31,26

Larghezza della striscia dx[m]= 2,98

Coefficiente di sicurezza C= 2.05

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	α(°)	Wsinα	b/cosα	φ	c	u
1	262,2577	71.88	249,2539	0,0939	27.78	54	0
2	707,8288	60.61	616,7164	0,0595	29.26	80	0
3	995,3065	52.67	791,4404	0,0482	29.26	80	0
4	1342,0108	46.02	965,7386	0,0421	29.26	80	0
5	1922,5144	40.11	1238,6096	0,0382	29.26	80	0
6	1978,9899	34.68	1126,0509	0,0355	29.26	80	0
7	2009,8951	29.59	992,4676	0,0336	29.26	80	0
8	2019,2858	24.75	845,2912	0,0322	29.26	80	0
9	2009,8480	20.09	690,2751	0,0311	29.26	80	0

Titolo relazione

107

RTP di progettazione:

Mandataria:



Mandanti:



10	1983,4192	15.56	532,1444	0,0303	29.26	80	0
11	1859,0428	11.14	359,0833	0,0298	29.26	80	0
12	1363,2329	6.78	160,8869	0,0294	29.26	80	0
13	1372,1015	2.46	58,8430	0,0292	29.26	80	0
14	1373,0945	-1.85	-44,2781	0,0292	29.26	80	0
15	1360,0303	-6.16	-146,0401	0,0294	29.26	80	0
16	1332,6816	-10.52	-243,2354	0,0297	29.26	80	0
17	1290,5562	-14.93	-332,5201	0,0302	29.26	80	0
18	1232,8500	-19.44	-410,2986	0,0310	29.26	80	0
19	1158,3621	-24.08	-472,5716	0,0320	29.26	80	0
20	1065,3491	-28.89	-514,7170	0,0334	29.26	80	0
21	951,2695	-33.94	-531,1421	0,0352	29.26	80	0
22	812,3082	-39.32	-514,6821	0,0378	29.26	80	0
23	642,4086	-45.15	-455,4306	0,0414	29.26	80	0
24	430,9793	-51.67	-338,0838	0,0471	29.26	80	0
25	155,9034	-59.37	-134,1446	0,0573	29.26	80	0

$\Sigma W_i = 31631,5261$ [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 4489,6572$ [kN]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 15481,7998$ [kN]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 7632,5900$ [kN]

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 10

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]= -7,67 Y[m]= 7,67

Raggio del cerchio R[m]= 39,67

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -43,19

Titolo relazione

108

Ascissa a monte del cerchio $X_s[m]= 31,26$

Larghezza della striscia $dx[m]= 2,98$

Coefficiente di sicurezza $C= 1.83$

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	262,2577	71.88	249,2539	0,0939	27.78	54	0
2	707,8288	60.61	616,7164	0,0595	29.26	80	0
3	995,3065	52.67	791,4404	0,0482	29.26	80	0
4	1342,0108	46.02	965,7386	0,0421	29.26	80	0
5	1922,5144	40.11	1238,6096	0,0382	29.26	80	0
6	1978,9899	34.68	1126,0509	0,0355	29.26	80	0
7	2009,8951	29.59	992,4676	0,0336	29.26	80	0
8	2019,2858	24.75	845,2912	0,0322	29.26	80	0
9	2009,8480	20.09	690,2751	0,0311	29.26	80	0
10	1983,4192	15.56	532,1444	0,0303	29.26	80	0
11	1859,0428	11.14	359,0833	0,0298	29.26	80	0
12	1363,2329	6.78	160,8869	0,0294	29.26	80	0
13	1372,1015	2.46	58,8430	0,0292	29.26	80	0
14	1373,0945	-1.85	-44,2781	0,0292	29.26	80	0
15	1360,0303	-6.16	-146,0401	0,0294	29.26	80	0
16	1332,6816	-10.52	-243,2354	0,0297	29.26	80	0
17	1290,5562	-14.93	-332,5201	0,0302	29.26	80	0
18	1232,8500	-19.44	-410,2986	0,0310	29.26	80	0
19	1158,3621	-24.08	-472,5716	0,0320	29.26	80	0
20	1065,3491	-28.89	-514,7170	0,0334	29.26	80	0
21	951,2695	-33.94	-531,1421	0,0352	29.26	80	0
22	812,3082	-39.32	-514,6821	0,0378	29.26	80	0
23	642,4086	-45.15	-455,4306	0,0414	29.26	80	0
24	430,9793	-51.67	-338,0838	0,0471	29.26	80	0
25	155,9034	-59.37	-134,1446	0,0573	29.26	80	0

$\Sigma W_i= 31631,5261$ [kN]

$\Sigma W_i\sin\alpha_i= 4489,6572$ [kN]

$\Sigma W_i\cos\alpha_i\tan\phi_i= 15481,7998$ [kN]

$\Sigma c_i b_i/\cos\alpha_i= 7632,5900$ [kN]

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 11

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	0,50	5,5122	0,0110	0,8716
3	1,00	12,3726	0,6304	3,8458
4	1,50	20,5679	2,8660	8,8856
5	2,00	30,0073	7,6373	15,7418
6	2,50	40,6769	15,7828	24,3761
7	3,00	52,4834	28,1299	34,5321
8	3,50	62,0473	44,4657	36,5510
9	4,00	71,3233	61,1468	36,5510
10	4,50	81,1824	77,5986	36,5510
11	5,00	91,6244	93,8072	36,5510
12	5,50	102,6495	109,7586	36,5510
13	6,00	114,2576	125,4388	36,5510
14	6,50	126,4487	140,8339	36,5510
15	7,00	139,2229	155,9297	36,5510
16	7,50	152,5800	170,7123	36,5510
17	8,00	166,5202	185,1678	36,5510
18	8,50	181,0434	199,2822	36,5510
19	9,00	196,1496	213,0414	36,5510
20	9,50	211,8388	226,4315	36,5510
21	10,00	228,1111	239,4384	36,5510

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 11

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	0,00	0,00	0	0	0	0
2	0,50	100, 45	10,05	7,70	12	2	-168	-181
3	1,00	100, 50	10,05	7,70	38	10	-171	-543
4	1,50	100, 54	10,05	7,70	93	20	277	-1294
5	2,00	100, 59	10,05	7,70	217	33	3154	-2914
6	2,50	100, 64	10,05	7,70	417	47	10583	-5425
7	3,00	100, 69	10,05	7,70	677	62	22681	-8648
8	3,50	100, 73	10,05	7,70	969	61	39309	-12247
9	4,00	100, 78	10,05	7,70	1207	57	53979	-15223
10	4,50	100, 83	25,76	15,71	960	54	27494	-12826
11	5,00	100, 88	15,71	15,71	1238	51	49221	-16164
12	5,50	100, 92	15,71	15,71	1329	48	54065	-17453
13	6,00	100, 97	15,71	15,71	1400	46	57750	-18493
14	6,50	100, 102	15,71	15,71	1454	43	60417	-19323
15	7,00	100, 107	15,71	15,71	1495	41	62185	-19974
16	7,50	100, 112	15,71	15,71	1523	40	63150	-20469
17	8,00	100, 116	15,71	15,71	1541	38	63397	-20829
18	8,50	100, 121	42,25	15,71	1148	36	26443	-16115
19	9,00	100, 126	42,25	15,71	1153	35	26229	-16233
20	9,50	100, 131	26,55	15,71	1315	34	38388	-18361
21	10,00	100, 135	26,55	15,71	1308	32	37338	-18335

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 11

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	26,55	26,55	1	-5	18	32
2	0,05	100, 135	26,55	26,55	16	-4	962	338
3	0,10	100, 135	26,55	26,55	24	-5	1496	612
4	0,15	100, 135	26,55	26,55	32	-9	1993	842
5	0,20	100, 135	26,55	26,55	40	-16	2481	1029
6	0,25	100, 135	26,55	26,55	48	-23	2983	1160
7	0,30	100, 135	26,55	26,55	57	-31	3513	1323
8	0,35	100, 135	26,55	26,55	66	-34	4080	2099
9	0,40	100, 135	26,55	26,55	76	25	4679	2855
10	0,45	100, 135	26,55	26,55	86	35	5321	2815
11	0,50	100, 135	26,55	26,55	97	60	6006	2133
12	0,55	100, 135	26,55	26,55	109	84	6732	-1444
13	0,60	100, 135	26,55	26,55	121	107	7497	-1608
14	0,65	100, 135	26,55	26,55	134	130	8294	-1779
15	0,70	100, 135	26,55	26,55	148	130	9119	-1955
16	0,75	100, 135	26,55	26,55	179	128	11089	-2378
17	0,80	100, 135	26,55	26,55	219	127	13535	-2902
18	0,85	100, 135	26,55	26,55	257	125	15866	-3402
19	0,90	100, 135	26,55	26,55	293	124	18130	-3888
20	0,95	100, 135	26,55	26,55	329	122	20358	-4366
21	1,00	100, 135	26,55	26,55	365	121	22568	-4840
22	1,05	100, 135	26,55	26,55	401	119	24777	-5313
23	1,10	100, 135	26,55	26,55	437	118	26999	-5790
24	1,15	100, 135	26,55	26,55	473	116	29247	-6272
25	1,20	100, 135	26,55	26,55	510	114	31530	-6761

Titolo relazione

112

RTP di progettazione:

Mandataria:



Mandanti:



26	1,25	100, 135	26,55	26,55	548	113	33848	-7259
27	1,30	100, 135	26,55	26,55	585	137	36186	-7760
28	1,35	100, 135	26,55	26,55	623	163	38518	-8260
29	1,40	100, 135	26,55	42,25	574	189	26758	-7812
30	1,45	100, 135	26,55	42,25	653	212	30409	-8877

Armature e tensioni piastre

Combinazione n° 11

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	10,05	10,05	11349	-1425	115	8
2	0,07	10,05	10,05	9935	-1247	100	21
3	0,15	10,05	10,05	4946	-621	50	41
4	0,25	10,05	10,05	-307	2444	25	35
5	0,35	10,05	10,05	-703	5603	57	25
6	0,42	10,05	10,05	1470	6747	68	11
7	0,50	10,05	10,05	1570	7107	72	-6
8	0,58	10,05	10,05	1470	6740	68	-12
9	0,65	10,05	10,05	-702	5589	57	-24
10	0,75	10,05	10,05	357	2420	24	-35
11	0,85	10,05	10,05	4980	-625	50	-41
12	0,93	10,05	10,05	9976	-1252	101	-20
13	1,00	10,05	10,05	11398	-1431	115	-8
14	1,07	10,05	10,05	9992	-1254	101	21
15	1,15	10,05	10,05	5012	-629	51	41
16	1,25	10,05	10,05	473	2367	24	34
17	1,35	10,05	10,05	-692	5514	56	24
18	1,43	10,05	10,05	1472	6648	67	11

**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 Esecutivo**

19	1,50	10,05	10,05	1574	6998	71	-6
20	1,57	10,05	10,05	1473	6619	67	-12
21	1,65	10,05	10,05	-685	5457	55	-24
22	1,75	10,05	10,05	673	2271	23	-36
23	1,85	10,05	10,05	5147	-646	52	-39
24	1,93	10,05	10,05	10158	-1275	103	-19
25	2,00	10,05	10,05	11596	-1456	117	-9
26	2,08	10,05	10,05	10207	-1281	103	21
27	2,15	10,05	10,05	5252	-659	53	42
28	2,25	10,05	10,05	1011	2106	21	35
29	2,35	10,05	10,05	-656	5223	53	23
30	2,43	10,05	10,05	1480	6332	64	11
31	2,50	10,05	10,05	1590	6655	67	-7
32	2,58	10,05	10,05	1483	6247	63	-12
33	2,65	10,05	10,05	-634	5053	51	-25
34	2,75	10,05	10,05	1547	1820	18	-34
35	2,85	10,05	10,05	5691	-714	58	-37
36	2,93	10,05	10,05	10705	-1344	108	-21
37	3,00	10,05	10,05	12190	-1530	123	-10
38	3,08	10,05	10,05	10852	-1362	110	20
39	3,15	10,05	10,05	6009	-754	61	42
40	3,25	10,05	10,05	2400	1324	24	33
41	3,35	10,05	10,05	761	4351	44	22
42	3,43	10,05	10,05	1513	5385	54	10
43	3,50	10,05	10,05	1655	5629	57	-9
44	3,58	10,05	10,05	1523	5135	52	-14
45	3,65	10,05	10,05	1515	3849	39	-25
46	3,75	10,05	10,05	3633	921	37	-34
47	3,85	10,05	10,05	7261	-911	73	-40
48	3,93	10,05	10,05	12303	-1544	124	-24
49	4,00	10,05	10,05	13905	-1745	141	-12
50	4,08	10,05	10,05	12711	-1595	129	23
51	4,15	10,05	10,05	8102	-1017	82	44
52	4,25	10,05	10,05	5149	847	52	35
53	4,35	10,05	10,05	3601	2079	36	22
54	4,42	10,05	10,05	2916	2975	30	11
55	4,50	10,05	10,05	2783	3092	31	-10
56	4,58	10,05	10,05	3247	2485	33	-15
57	4,65	10,05	10,05	4190	1106	42	-24
58	4,75	10,05	10,05	6130	-769	62	-35
59	4,85	10,05	10,05	10242	-1286	104	-42
60	4,92	10,05	10,05	15260	-1915	154	-24
61	5,00	10,05	10,05	16808	-2110	170	-13
62	5,08	10,05	10,05	15473	-1942	156	33
63	5,15	10,05	10,05	10535	-1322	107	59

Titolo relazione

114

RTP di progettazione:

Mandataria:



Mandanti:



64	5,25	10,05	10,05	4374	609	44	51
65	5,35	10,05	10,05	1792	512	18	40
66	5,42	10,05	10,05	2034	2158	22	31
67	5,50	10,05	10,05	2187	3284	33	24
68	5,58	10,05	10,05	2028	4467	45	17
69	5,65	10,05	10,05	1097	5266	53	11
70	5,74	10,05	10,05	-689	5489	56	-14
71	5,83	10,05	10,05	-623	4962	50	-12
72	5,91	10,05	10,05	1221	3724	38	-13
73	6,00	10,05	10,05	248	112	3	-14

Verifiche a fessurazione

Combinazione n° 11

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	0,00	0,00	-32,91	0,00	0,0000	0,00	0,000
2	0,50	10,05	7,70	-45,63	-0,01	0,0000	0,00	0,000
3	1,00	10,05	7,70	-55,48	-0,63	0,0000	0,00	0,000
4	1,50	10,05	7,70	-66,27	-2,87	0,0000	0,00	0,000
5	2,00	10,05	7,70	-78,00	-7,64	0,0000	0,00	0,000
6	2,50	10,05	7,70	-90,66	-15,78	0,0000	0,00	0,000
7	3,00	10,05	7,70	-104,26	-28,13	0,0000	0,00	0,000
8	3,50	10,05	7,70	-118,79	-44,47	0,0000	0,00	0,000
9	4,00	10,05	7,70	-134,27	-61,15	0,0000	0,00	0,000
10	4,50	25,76	15,71	-164,36	-77,60	0,0000	0,00	0,000
11	5,00	15,71	15,71	-174,28	-93,81	0,0000	0,00	0,000
12	5,50	15,71	15,71	-192,95	-109,76	0,0000	0,00	0,000
13	6,00	15,71	15,71	-212,55	-125,44	0,0000	0,00	0,000
14	6,50	15,71	15,71	-233,09	-140,83	0,0000	0,00	0,000
15	7,00	15,71	15,71	-254,57	-155,93	0,0000	0,00	0,000
16	7,50	15,71	15,71	-276,99	-170,71	0,0000	0,00	0,000
17	8,00	15,71	15,71	-300,34	-185,17	0,0000	0,00	0,000
18	8,50	42,25	15,71	-355,82	-199,28	0,0000	0,00	0,000

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 Esecutivo

19	9,00	42,25	15,71	-382,37	-213,04	0,0000	0,00	0,000
20	9,50	26,55	15,71	-389,84	-226,43	0,0000	0,00	0,000
21	10,00	26,55	15,71	-417,48	-239,44	0,0000	0,00	0,000

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A _{fs}	A _{fi}	M _{pf}	M	ε _m	S _m	w
1	-2,80	26,55	26,55	-418,66	-0,11	0,0000	0,00	0,000
2	-2,75	26,55	26,55	418,66	3,18	0,0000	0,00	0,000
3	-2,70	26,55	26,55	418,66	4,95	0,0000	0,00	0,000
4	-2,65	26,55	26,55	418,66	6,59	0,0000	0,00	0,000
5	-2,60	26,55	26,55	418,66	8,21	0,0000	0,00	0,000
6	-2,55	26,55	26,55	418,66	9,87	0,0000	0,00	0,000
7	-2,50	26,55	26,55	418,66	11,62	0,0000	0,00	0,000
8	-2,45	26,55	26,55	418,66	13,50	0,0000	0,00	0,000
9	-2,40	26,55	26,55	418,66	15,48	0,0000	0,00	0,000
10	-2,35	26,55	26,55	418,66	17,60	0,0000	0,00	0,000
11	-2,30	26,55	26,55	418,66	19,87	0,0000	0,00	0,000
12	-2,25	26,55	26,55	418,66	22,27	0,0000	0,00	0,000
13	-2,20	26,55	26,55	418,66	24,80	0,0000	0,00	0,000
14	-2,15	26,55	26,55	418,66	27,44	0,0000	0,00	0,000
15	-2,10	26,55	26,55	418,66	30,16	0,0000	0,00	0,000
16	-2,05	26,55	26,55	418,66	36,68	0,0000	0,00	0,000
17	-2,00	26,55	26,55	418,66	44,77	0,0000	0,00	0,000
18	-1,95	26,55	26,55	418,66	52,48	0,0000	0,00	0,000
19	-1,90	26,55	26,55	418,66	59,97	0,0000	0,00	0,000
20	-1,85	26,55	26,55	418,66	67,34	0,0000	0,00	0,000
21	-1,80	26,55	26,55	418,66	74,65	0,0000	0,00	0,000
22	-1,75	26,55	26,55	418,66	81,96	0,0000	0,00	0,000
23	-1,70	26,55	26,55	418,66	89,31	0,0000	0,00	0,000
24	-1,65	26,55	26,55	418,66	96,75	0,0000	0,00	0,000
25	-1,60	26,55	26,55	418,66	104,30	0,0000	0,00	0,000
26	-1,55	26,55	26,55	418,66	111,96	0,0000	0,00	0,000
27	-1,50	26,55	26,55	418,66	119,70	0,0000	0,00	0,000
28	-1,45	26,55	26,55	418,66	127,41	0,0000	0,00	0,000
29	-1,40	26,55	42,25	439,50	138,73	0,0000	0,00	0,000
30	-1,35	26,55	42,25	439,50	157,66	0,0000	0,00	0,000

Analisi dei pali

Combinazione n° 11

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

Orizzontale	[kN]	34,664
Verticale [kN]		320,451
Momento [kNm]		-108,288

Spostamenti della piastra di fondazione

Orizzontale	[cm]	0,02554
Verticale [cm]		0,03365
Rotazione	[°]	-0,01296

Scarichi in testa ai pali

Fila nr.	N.pali	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	11	44,57	12,23	1,46
2	12	113,10	12,23	1,46
3	11	181,63	12,23	1,46

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 12

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	0,50	5,5122	0,0110	0,8716
3	1,00	12,3726	0,6304	3,8458
4	1,50	20,5679	2,8660	8,8856
5	2,00	30,0073	7,6373	15,7418
6	2,50	40,6769	15,7828	24,3761
7	3,00	52,4834	28,1299	34,5321
8	3,50	62,0473	44,4657	36,5510
9	4,00	71,3233	61,1468	36,5510
10	4,50	81,1824	77,5986	36,5510
11	5,00	91,6244	93,8072	36,5510
12	5,50	102,6495	109,7586	36,5510
13	6,00	114,2576	125,4388	36,5510
14	6,50	126,4487	140,8339	36,5510
15	7,00	139,2229	155,9297	36,5510
16	7,50	152,5800	170,7123	36,5510
17	8,00	166,5202	185,1678	36,5510
18	8,50	181,0434	199,2822	36,5510
19	9,00	196,1496	213,0414	36,5510
20	9,50	211,8388	226,4315	36,5510
21	10,00	228,1111	239,4384	36,5510

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 12

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	0,00	0,00	0	0	0	0
2	0,50	100, 45	10,05	7,70	12	2	-168	-181
3	1,00	100, 50	10,05	7,70	38	10	-171	-543
4	1,50	100, 54	10,05	7,70	93	20	277	-1294
5	2,00	100, 59	10,05	7,70	217	33	3154	-2914
6	2,50	100, 64	10,05	7,70	417	47	10583	-5425
7	3,00	100, 69	10,05	7,70	677	62	22681	-8648
8	3,50	100, 73	10,05	7,70	969	61	39309	-12247
9	4,00	100, 78	10,05	7,70	1207	57	53979	-15223
10	4,50	100, 83	25,76	15,71	960	54	27494	-12826
11	5,00	100, 88	15,71	15,71	1238	51	49221	-16164
12	5,50	100, 92	15,71	15,71	1329	48	54065	-17453
13	6,00	100, 97	15,71	15,71	1400	46	57750	-18493
14	6,50	100, 102	15,71	15,71	1454	43	60417	-19323
15	7,00	100, 107	15,71	15,71	1495	41	62185	-19974
16	7,50	100, 112	15,71	15,71	1523	40	63150	-20469
17	8,00	100, 116	15,71	15,71	1541	38	63397	-20829
18	8,50	100, 121	42,25	15,71	1148	36	26443	-16115
19	9,00	100, 126	42,25	15,71	1153	35	26229	-16233
20	9,50	100, 131	26,55	15,71	1315	34	38388	-18361
21	10,00	100, 135	26,55	15,71	1308	32	37338	-18335

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 12

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	26,55	26,55	1	-5	18	32
2	0,05	100, 135	26,55	26,55	16	-4	962	338
3	0,10	100, 135	26,55	26,55	24	-5	1496	612
4	0,15	100, 135	26,55	26,55	32	-9	1993	842
5	0,20	100, 135	26,55	26,55	40	-16	2481	1029
6	0,25	100, 135	26,55	26,55	48	-23	2983	1160
7	0,30	100, 135	26,55	26,55	57	-31	3513	1323
8	0,35	100, 135	26,55	26,55	66	-34	4080	2099
9	0,40	100, 135	26,55	26,55	76	25	4679	2855
10	0,45	100, 135	26,55	26,55	86	35	5321	2815
11	0,50	100, 135	26,55	26,55	97	60	6006	2133
12	0,55	100, 135	26,55	26,55	109	84	6732	-1444
13	0,60	100, 135	26,55	26,55	121	107	7497	-1608
14	0,65	100, 135	26,55	26,55	134	130	8294	-1779
15	0,70	100, 135	26,55	26,55	148	130	9119	-1955
16	0,75	100, 135	26,55	26,55	179	128	11089	-2378
17	0,80	100, 135	26,55	26,55	219	127	13535	-2902
18	0,85	100, 135	26,55	26,55	257	125	15866	-3402
19	0,90	100, 135	26,55	26,55	293	124	18130	-3888
20	0,95	100, 135	26,55	26,55	329	122	20358	-4366
21	1,00	100, 135	26,55	26,55	365	121	22568	-4840
22	1,05	100, 135	26,55	26,55	401	119	24777	-5313
23	1,10	100, 135	26,55	26,55	437	118	26999	-5790
24	1,15	100, 135	26,55	26,55	473	116	29247	-6272
25	1,20	100, 135	26,55	26,55	510	114	31530	-6761

26	1,25	100, 135	26,55	26,55	548	113	33848	-7259
27	1,30	100, 135	26,55	26,55	585	137	36186	-7760
28	1,35	100, 135	26,55	26,55	623	163	38518	-8260
29	1,40	100, 135	26,55	42,25	574	189	26758	-7812
30	1,45	100, 135	26,55	42,25	653	212	30409	-8877

Armature e tensioni piastre

Combinazione n° 12

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	10,05	10,05	11349	-1425	115	8
2	0,07	10,05	10,05	9935	-1247	100	21
3	0,15	10,05	10,05	4946	-621	50	41
4	0,25	10,05	10,05	-307	2444	25	35
5	0,35	10,05	10,05	-703	5603	57	25
6	0,42	10,05	10,05	1470	6747	68	11
7	0,50	10,05	10,05	1570	7107	72	-6
8	0,58	10,05	10,05	1470	6740	68	-12
9	0,65	10,05	10,05	-702	5589	57	-24
10	0,75	10,05	10,05	357	2420	24	-35
11	0,85	10,05	10,05	4980	-625	50	-41
12	0,93	10,05	10,05	9976	-1252	101	-20
13	1,00	10,05	10,05	11398	-1431	115	-8
14	1,07	10,05	10,05	9992	-1254	101	21
15	1,15	10,05	10,05	5012	-629	51	41
16	1,25	10,05	10,05	473	2367	24	34
17	1,35	10,05	10,05	-692	5514	56	24
18	1,43	10,05	10,05	1472	6648	67	11

Titolo relazione

121

RTP di progettazione:

Mandataria:



Mandanti:



**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 Esecutivo**

19	1,50	10,05	10,05	1574	6998	71	-6
20	1,57	10,05	10,05	1473	6619	67	-12
21	1,65	10,05	10,05	-685	5457	55	-24
22	1,75	10,05	10,05	673	2271	23	-36
23	1,85	10,05	10,05	5147	-646	52	-39
24	1,93	10,05	10,05	10158	-1275	103	-19
25	2,00	10,05	10,05	11596	-1456	117	-9
26	2,08	10,05	10,05	10207	-1281	103	21
27	2,15	10,05	10,05	5252	-659	53	42
28	2,25	10,05	10,05	1011	2106	21	35
29	2,35	10,05	10,05	-656	5223	53	23
30	2,43	10,05	10,05	1480	6332	64	11
31	2,50	10,05	10,05	1590	6655	67	-7
32	2,58	10,05	10,05	1483	6247	63	-12
33	2,65	10,05	10,05	-634	5053	51	-25
34	2,75	10,05	10,05	1547	1820	18	-34
35	2,85	10,05	10,05	5691	-714	58	-37
36	2,93	10,05	10,05	10705	-1344	108	-21
37	3,00	10,05	10,05	12190	-1530	123	-10
38	3,08	10,05	10,05	10852	-1362	110	20
39	3,15	10,05	10,05	6009	-754	61	42
40	3,25	10,05	10,05	2400	1324	24	33
41	3,35	10,05	10,05	761	4351	44	22
42	3,43	10,05	10,05	1513	5385	54	10
43	3,50	10,05	10,05	1655	5629	57	-9
44	3,58	10,05	10,05	1523	5135	52	-14
45	3,65	10,05	10,05	1515	3849	39	-25
46	3,75	10,05	10,05	3633	921	37	-34
47	3,85	10,05	10,05	7261	-911	73	-40
48	3,93	10,05	10,05	12303	-1544	124	-24
49	4,00	10,05	10,05	13905	-1745	141	-12
50	4,08	10,05	10,05	12711	-1595	129	23
51	4,15	10,05	10,05	8102	-1017	82	44
52	4,25	10,05	10,05	5149	847	52	35
53	4,35	10,05	10,05	3601	2079	36	22
54	4,42	10,05	10,05	2916	2975	30	11
55	4,50	10,05	10,05	2783	3092	31	-10
56	4,58	10,05	10,05	3247	2485	33	-15
57	4,65	10,05	10,05	4190	1106	42	-24
58	4,75	10,05	10,05	6130	-769	62	-35
59	4,85	10,05	10,05	10242	-1286	104	-42
60	4,92	10,05	10,05	15260	-1915	154	-24
61	5,00	10,05	10,05	16808	-2110	170	-13
62	5,08	10,05	10,05	15473	-1942	156	33
63	5,15	10,05	10,05	10535	-1322	107	59

64	5,25	10,05	10,05	4374	609	44	51
65	5,35	10,05	10,05	1792	512	18	40
66	5,42	10,05	10,05	2034	2158	22	31
67	5,50	10,05	10,05	2187	3284	33	24
68	5,58	10,05	10,05	2028	4467	45	17
69	5,65	10,05	10,05	1097	5266	53	11
70	5,74	10,05	10,05	-689	5489	56	-14
71	5,83	10,05	10,05	-623	4962	50	-12
72	5,91	10,05	10,05	1221	3724	38	-13
73	6,00	10,05	10,05	248	112	3	-14

Verifiche a fessurazione

Combinazione n° 12

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	0,00	0,00	-32,91	0,00	0,0000	0,00	0,000
2	0,50	10,05	7,70	-45,63	-0,01	0,0000	0,00	0,000
3	1,00	10,05	7,70	-55,48	-0,63	0,0000	0,00	0,000
4	1,50	10,05	7,70	-66,27	-2,87	0,0000	0,00	0,000
5	2,00	10,05	7,70	-78,00	-7,64	0,0000	0,00	0,000
6	2,50	10,05	7,70	-90,66	-15,78	0,0000	0,00	0,000
7	3,00	10,05	7,70	-104,26	-28,13	0,0000	0,00	0,000
8	3,50	10,05	7,70	-118,79	-44,47	0,0000	0,00	0,000
9	4,00	10,05	7,70	-134,27	-61,15	0,0000	0,00	0,000
10	4,50	25,76	15,71	-164,36	-77,60	0,0000	0,00	0,000
11	5,00	15,71	15,71	-174,28	-93,81	0,0000	0,00	0,000
12	5,50	15,71	15,71	-192,95	-109,76	0,0000	0,00	0,000
13	6,00	15,71	15,71	-212,55	-125,44	0,0000	0,00	0,000
14	6,50	15,71	15,71	-233,09	-140,83	0,0000	0,00	0,000
15	7,00	15,71	15,71	-254,57	-155,93	0,0000	0,00	0,000
16	7,50	15,71	15,71	-276,99	-170,71	0,0000	0,00	0,000
17	8,00	15,71	15,71	-300,34	-185,17	0,0000	0,00	0,000
18	8,50	42,25	15,71	-355,82	-199,28	0,0000	0,00	0,000

Titolo relazione

123

RTP di progettazione:

Mandataria:



Mandanti:



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 Esecutivo

19	9,00	42,25	15,71	-382,37	-213,04	0,0000	0,00	0,000
20	9,50	26,55	15,71	-389,84	-226,43	0,0000	0,00	0,000
21	10,00	26,55	15,71	-417,48	-239,44	0,0000	0,00	0,000

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A _{fs}	A _{fi}	M _{pf}	M	ε _m	S _m	w
1	-2,80	26,55	26,55	-418,66	-0,11	0,0000	0,00	0,000
2	-2,75	26,55	26,55	418,66	3,18	0,0000	0,00	0,000
3	-2,70	26,55	26,55	418,66	4,95	0,0000	0,00	0,000
4	-2,65	26,55	26,55	418,66	6,59	0,0000	0,00	0,000
5	-2,60	26,55	26,55	418,66	8,21	0,0000	0,00	0,000
6	-2,55	26,55	26,55	418,66	9,87	0,0000	0,00	0,000
7	-2,50	26,55	26,55	418,66	11,62	0,0000	0,00	0,000
8	-2,45	26,55	26,55	418,66	13,50	0,0000	0,00	0,000
9	-2,40	26,55	26,55	418,66	15,48	0,0000	0,00	0,000
10	-2,35	26,55	26,55	418,66	17,60	0,0000	0,00	0,000
11	-2,30	26,55	26,55	418,66	19,87	0,0000	0,00	0,000
12	-2,25	26,55	26,55	418,66	22,27	0,0000	0,00	0,000
13	-2,20	26,55	26,55	418,66	24,80	0,0000	0,00	0,000
14	-2,15	26,55	26,55	418,66	27,44	0,0000	0,00	0,000
15	-2,10	26,55	26,55	418,66	30,16	0,0000	0,00	0,000
16	-2,05	26,55	26,55	418,66	36,68	0,0000	0,00	0,000
17	-2,00	26,55	26,55	418,66	44,77	0,0000	0,00	0,000
18	-1,95	26,55	26,55	418,66	52,48	0,0000	0,00	0,000
19	-1,90	26,55	26,55	418,66	59,97	0,0000	0,00	0,000
20	-1,85	26,55	26,55	418,66	67,34	0,0000	0,00	0,000
21	-1,80	26,55	26,55	418,66	74,65	0,0000	0,00	0,000
22	-1,75	26,55	26,55	418,66	81,96	0,0000	0,00	0,000
23	-1,70	26,55	26,55	418,66	89,31	0,0000	0,00	0,000
24	-1,65	26,55	26,55	418,66	96,75	0,0000	0,00	0,000
25	-1,60	26,55	26,55	418,66	104,30	0,0000	0,00	0,000
26	-1,55	26,55	26,55	418,66	111,96	0,0000	0,00	0,000
27	-1,50	26,55	26,55	418,66	119,70	0,0000	0,00	0,000
28	-1,45	26,55	26,55	418,66	127,41	0,0000	0,00	0,000
29	-1,40	26,55	42,25	439,50	138,73	0,0000	0,00	0,000
30	-1,35	26,55	42,25	439,50	157,66	0,0000	0,00	0,000

Analisi dei pali

Combinazione n° 12

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

Orizzontale	[kN]	34,664
Verticale [kN]		320,451
Momento [kNm]		-108,288

Spostamenti della piastra di fondazione

Orizzontale	[cm]	0,02554
Verticale [cm]		0,03365
Rotazione	[°]	-0,01296

Scarichi in testa ai pali

Fila nr.	N.pali	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	11	44,57	12,23	1,46
2	12	113,10	12,23	1,46
3	11	181,63	12,23	1,46

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 13

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	0,50	5,5122	0,0110	0,8716
3	1,00	12,3726	0,6304	3,8458
4	1,50	20,5679	2,8660	8,8856
5	2,00	30,0073	7,6373	15,7418
6	2,50	40,6769	15,7828	24,3761
7	3,00	52,4834	28,1299	34,5321
8	3,50	62,0473	44,4657	36,5510
9	4,00	71,3233	61,1468	36,5510
10	4,50	81,1824	77,5986	36,5510
11	5,00	91,6244	93,8072	36,5510
12	5,50	102,6495	109,7586	36,5510
13	6,00	114,2576	125,4388	36,5510
14	6,50	126,4487	140,8339	36,5510
15	7,00	139,2229	155,9297	36,5510
16	7,50	152,5800	170,7123	36,5510
17	8,00	166,5202	185,1678	36,5510
18	8,50	181,0434	199,2822	36,5510
19	9,00	196,1496	213,0414	36,5510
20	9,50	211,8388	226,4315	36,5510
21	10,00	228,1111	239,4384	36,5510

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 13

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	0,00	0,00	0	0	0	0
2	0,50	100, 45	10,05	7,70	12	2	-168	-181
3	1,00	100, 50	10,05	7,70	38	10	-171	-543
4	1,50	100, 54	10,05	7,70	93	20	277	-1294
5	2,00	100, 59	10,05	7,70	217	33	3154	-2914
6	2,50	100, 64	10,05	7,70	417	47	10583	-5425
7	3,00	100, 69	10,05	7,70	677	62	22681	-8648
8	3,50	100, 73	10,05	7,70	969	61	39309	-12247
9	4,00	100, 78	10,05	7,70	1207	57	53979	-15223
10	4,50	100, 83	25,76	15,71	960	54	27494	-12826
11	5,00	100, 88	15,71	15,71	1238	51	49221	-16164
12	5,50	100, 92	15,71	15,71	1329	48	54065	-17453
13	6,00	100, 97	15,71	15,71	1400	46	57750	-18493
14	6,50	100, 102	15,71	15,71	1454	43	60417	-19323
15	7,00	100, 107	15,71	15,71	1495	41	62185	-19974
16	7,50	100, 112	15,71	15,71	1523	40	63150	-20469
17	8,00	100, 116	15,71	15,71	1541	38	63397	-20829
18	8,50	100, 121	42,25	15,71	1148	36	26443	-16115
19	9,00	100, 126	42,25	15,71	1153	35	26229	-16233
20	9,50	100, 131	26,55	15,71	1315	34	38388	-18361
21	10,00	100, 135	26,55	15,71	1308	32	37338	-18335

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 13

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	26,55	26,55	1	-5	18	32
2	0,05	100, 135	26,55	26,55	16	-4	962	338
3	0,10	100, 135	26,55	26,55	24	-5	1496	612
4	0,15	100, 135	26,55	26,55	32	-9	1993	842
5	0,20	100, 135	26,55	26,55	40	-16	2481	1029
6	0,25	100, 135	26,55	26,55	48	-23	2983	1160
7	0,30	100, 135	26,55	26,55	57	-31	3513	1323
8	0,35	100, 135	26,55	26,55	66	-34	4080	2099
9	0,40	100, 135	26,55	26,55	76	25	4679	2855
10	0,45	100, 135	26,55	26,55	86	35	5321	2815
11	0,50	100, 135	26,55	26,55	97	60	6006	2133
12	0,55	100, 135	26,55	26,55	109	84	6732	-1444
13	0,60	100, 135	26,55	26,55	121	107	7497	-1608
14	0,65	100, 135	26,55	26,55	134	130	8294	-1779
15	0,70	100, 135	26,55	26,55	148	130	9119	-1955
16	0,75	100, 135	26,55	26,55	179	128	11089	-2378
17	0,80	100, 135	26,55	26,55	219	127	13535	-2902
18	0,85	100, 135	26,55	26,55	257	125	15866	-3402
19	0,90	100, 135	26,55	26,55	293	124	18130	-3888
20	0,95	100, 135	26,55	26,55	329	122	20358	-4366
21	1,00	100, 135	26,55	26,55	365	121	22568	-4840
22	1,05	100, 135	26,55	26,55	401	119	24777	-5313
23	1,10	100, 135	26,55	26,55	437	118	26999	-5790
24	1,15	100, 135	26,55	26,55	473	116	29247	-6272
25	1,20	100, 135	26,55	26,55	510	114	31530	-6761

26	1,25	100, 135	26,55	26,55	548	113	33848	-7259
27	1,30	100, 135	26,55	26,55	585	137	36186	-7760
28	1,35	100, 135	26,55	26,55	623	163	38518	-8260
29	1,40	100, 135	26,55	42,25	574	189	26758	-7812
30	1,45	100, 135	26,55	42,25	653	212	30409	-8877

Armature e tensioni piastre

Combinazione n° 13

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	10,05	10,05	11349	-1425	115	8
2	0,07	10,05	10,05	9935	-1247	100	21
3	0,15	10,05	10,05	4946	-621	50	41
4	0,25	10,05	10,05	-307	2444	25	35
5	0,35	10,05	10,05	-703	5603	57	25
6	0,42	10,05	10,05	1470	6747	68	11
7	0,50	10,05	10,05	1570	7107	72	-6
8	0,58	10,05	10,05	1470	6740	68	-12
9	0,65	10,05	10,05	-702	5589	57	-24
10	0,75	10,05	10,05	357	2420	24	-35
11	0,85	10,05	10,05	4980	-625	50	-41
12	0,93	10,05	10,05	9976	-1252	101	-20
13	1,00	10,05	10,05	11398	-1431	115	-8
14	1,07	10,05	10,05	9992	-1254	101	21
15	1,15	10,05	10,05	5012	-629	51	41
16	1,25	10,05	10,05	473	2367	24	34
17	1,35	10,05	10,05	-692	5514	56	24
18	1,43	10,05	10,05	1472	6648	67	11

Titolo relazione

129

RTP di progettazione:

Mandataria:



Mandanti:



**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 Esecutivo**

19	1,50	10,05	10,05	1574	6998	71	-6
20	1,57	10,05	10,05	1473	6619	67	-12
21	1,65	10,05	10,05	-685	5457	55	-24
22	1,75	10,05	10,05	673	2271	23	-36
23	1,85	10,05	10,05	5147	-646	52	-39
24	1,93	10,05	10,05	10158	-1275	103	-19
25	2,00	10,05	10,05	11596	-1456	117	-9
26	2,08	10,05	10,05	10207	-1281	103	21
27	2,15	10,05	10,05	5252	-659	53	42
28	2,25	10,05	10,05	1011	2106	21	35
29	2,35	10,05	10,05	-656	5223	53	23
30	2,43	10,05	10,05	1480	6332	64	11
31	2,50	10,05	10,05	1590	6655	67	-7
32	2,58	10,05	10,05	1483	6247	63	-12
33	2,65	10,05	10,05	-634	5053	51	-25
34	2,75	10,05	10,05	1547	1820	18	-34
35	2,85	10,05	10,05	5691	-714	58	-37
36	2,93	10,05	10,05	10705	-1344	108	-21
37	3,00	10,05	10,05	12190	-1530	123	-10
38	3,08	10,05	10,05	10852	-1362	110	20
39	3,15	10,05	10,05	6009	-754	61	42
40	3,25	10,05	10,05	2400	1324	24	33
41	3,35	10,05	10,05	761	4351	44	22
42	3,43	10,05	10,05	1513	5385	54	10
43	3,50	10,05	10,05	1655	5629	57	-9
44	3,58	10,05	10,05	1523	5135	52	-14
45	3,65	10,05	10,05	1515	3849	39	-25
46	3,75	10,05	10,05	3633	921	37	-34
47	3,85	10,05	10,05	7261	-911	73	-40
48	3,93	10,05	10,05	12303	-1544	124	-24
49	4,00	10,05	10,05	13905	-1745	141	-12
50	4,08	10,05	10,05	12711	-1595	129	23
51	4,15	10,05	10,05	8102	-1017	82	44
52	4,25	10,05	10,05	5149	847	52	35
53	4,35	10,05	10,05	3601	2079	36	22
54	4,42	10,05	10,05	2916	2975	30	11
55	4,50	10,05	10,05	2783	3092	31	-10
56	4,58	10,05	10,05	3247	2485	33	-15
57	4,65	10,05	10,05	4190	1106	42	-24
58	4,75	10,05	10,05	6130	-769	62	-35
59	4,85	10,05	10,05	10242	-1286	104	-42
60	4,92	10,05	10,05	15260	-1915	154	-24
61	5,00	10,05	10,05	16808	-2110	170	-13
62	5,08	10,05	10,05	15473	-1942	156	33
63	5,15	10,05	10,05	10535	-1322	107	59

64	5,25	10,05	10,05	4374	609	44	51
65	5,35	10,05	10,05	1792	512	18	40
66	5,42	10,05	10,05	2034	2158	22	31
67	5,50	10,05	10,05	2187	3284	33	24
68	5,58	10,05	10,05	2028	4467	45	17
69	5,65	10,05	10,05	1097	5266	53	11
70	5,74	10,05	10,05	-689	5489	56	-14
71	5,83	10,05	10,05	-623	4962	50	-12
72	5,91	10,05	10,05	1221	3724	38	-13
73	6,00	10,05	10,05	248	112	3	-14

Verifiche a fessurazione

Combinazione n° 13

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	0,00	0,00	-32,91	0,00	0,0000	0,00	0,000
2	0,50	10,05	7,70	-45,63	-0,01	0,0000	0,00	0,000
3	1,00	10,05	7,70	-55,48	-0,63	0,0000	0,00	0,000
4	1,50	10,05	7,70	-66,27	-2,87	0,0000	0,00	0,000
5	2,00	10,05	7,70	-78,00	-7,64	0,0000	0,00	0,000
6	2,50	10,05	7,70	-90,66	-15,78	0,0000	0,00	0,000
7	3,00	10,05	7,70	-104,26	-28,13	0,0000	0,00	0,000
8	3,50	10,05	7,70	-118,79	-44,47	0,0000	0,00	0,000
9	4,00	10,05	7,70	-134,27	-61,15	0,0000	0,00	0,000
10	4,50	25,76	15,71	-164,36	-77,60	0,0000	0,00	0,000
11	5,00	15,71	15,71	-174,28	-93,81	0,0000	0,00	0,000
12	5,50	15,71	15,71	-192,95	-109,76	0,0000	0,00	0,000
13	6,00	15,71	15,71	-212,55	-125,44	0,0000	0,00	0,000
14	6,50	15,71	15,71	-233,09	-140,83	0,0000	0,00	0,000
15	7,00	15,71	15,71	-254,57	-155,93	0,0000	0,00	0,000
16	7,50	15,71	15,71	-276,99	-170,71	0,0000	0,00	0,000
17	8,00	15,71	15,71	-300,34	-185,17	0,0000	0,00	0,000
18	8,50	42,25	15,71	-355,82	-199,28	0,0000	0,00	0,000

Titolo relazione

131

RTP di progettazione:

Mandataria:



Mandanti:



19	9,00	42,25	15,71	-382,37	-213,04	0,0000	0,00	0,000
20	9,50	26,55	15,71	-389,84	-226,43	0,0000	0,00	0,000
21	10,00	26,55	15,71	-417,48	-239,44	0,0000	0,00	0,000

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A _{fs}	A _{fi}	M _{pf}	M	ε _m	S _m	w
1	-2,80	26,55	26,55	-418,66	-0,11	0,0000	0,00	0,000
2	-2,75	26,55	26,55	418,66	3,18	0,0000	0,00	0,000
3	-2,70	26,55	26,55	418,66	4,95	0,0000	0,00	0,000
4	-2,65	26,55	26,55	418,66	6,59	0,0000	0,00	0,000
5	-2,60	26,55	26,55	418,66	8,21	0,0000	0,00	0,000
6	-2,55	26,55	26,55	418,66	9,87	0,0000	0,00	0,000
7	-2,50	26,55	26,55	418,66	11,62	0,0000	0,00	0,000
8	-2,45	26,55	26,55	418,66	13,50	0,0000	0,00	0,000
9	-2,40	26,55	26,55	418,66	15,48	0,0000	0,00	0,000
10	-2,35	26,55	26,55	418,66	17,60	0,0000	0,00	0,000
11	-2,30	26,55	26,55	418,66	19,87	0,0000	0,00	0,000
12	-2,25	26,55	26,55	418,66	22,27	0,0000	0,00	0,000
13	-2,20	26,55	26,55	418,66	24,80	0,0000	0,00	0,000
14	-2,15	26,55	26,55	418,66	27,44	0,0000	0,00	0,000
15	-2,10	26,55	26,55	418,66	30,16	0,0000	0,00	0,000
16	-2,05	26,55	26,55	418,66	36,68	0,0000	0,00	0,000
17	-2,00	26,55	26,55	418,66	44,77	0,0000	0,00	0,000
18	-1,95	26,55	26,55	418,66	52,48	0,0000	0,00	0,000
19	-1,90	26,55	26,55	418,66	59,97	0,0000	0,00	0,000
20	-1,85	26,55	26,55	418,66	67,34	0,0000	0,00	0,000
21	-1,80	26,55	26,55	418,66	74,65	0,0000	0,00	0,000
22	-1,75	26,55	26,55	418,66	81,96	0,0000	0,00	0,000
23	-1,70	26,55	26,55	418,66	89,31	0,0000	0,00	0,000
24	-1,65	26,55	26,55	418,66	96,75	0,0000	0,00	0,000
25	-1,60	26,55	26,55	418,66	104,30	0,0000	0,00	0,000
26	-1,55	26,55	26,55	418,66	111,96	0,0000	0,00	0,000
27	-1,50	26,55	26,55	418,66	119,70	0,0000	0,00	0,000
28	-1,45	26,55	26,55	418,66	127,41	0,0000	0,00	0,000
29	-1,40	26,55	42,25	439,50	138,73	0,0000	0,00	0,000
30	-1,35	26,55	42,25	439,50	157,66	0,0000	0,00	0,000

Analisi dei pali

Combinazione n° 13

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

Titolo relazione

132

RTP di progettazione:

Mandataria:



Mandanti:



Orizzontale	[kN]	34,664
Verticale	[kN]	320,451
Momento	[kNm]	-108,288

Spostamenti della piastra di fondazione

Orizzontale	[cm]	0,02554
Verticale	[cm]	0,03365
Rotazione	[°]	-0,01296

Scarichi in testa ai pali

Fila nr.	N. pali	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	11	44,57	12,23	1,46
2	12	113,10	12,23	1,46
3	11	181,63	12,23	1,46

Elenco ferri

Simbologia adottata

<i>Destinazione</i>	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	26,00	5	510,00	0,2085	1,0423
Fondazione	26,00	5	510,00	0,2085	1,0423
Paramento	20,00	5	360,64	0,0872	0,4361
Paramento	20,00	5	651,93	0,1577	0,7883
Paramento	14,00	5	484,03	0,0574	0,2868
Paramento	26,00	5	480,00	0,1962	0,9809
Paramento	20,00	5	650,00	0,1572	0,7860
Paramento	16,00	5	540,00	0,0836	0,4179
Fondazione	20,00	6	145,03	0,0351	0,2105
Paramento	16,00	6	97,76	0,0151	0,0908