

ASSE VIARIO MARCHE – UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA MAXI LOTTO 2

LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLA DIRETTRICE PERUGIA ANCONA:
SS. 318 DI “VALFABBRICA”. TRATTO PIANELLO – VALFABBRICA
SS. 76 “VAL D’ESINO”. TRATTI FOSSATO VICO – CANCELLI E ALBACINA – SERRA SAN QUIRICO
“PEDEMONTANA DELLE MARCHE”, TRATTO FABRIANO – MUCCIA – SFERCIA

PROGETTO ESECUTIVO

<p>CONTRAENTE GENERALE:</p> 	<p><i>Il responsabile del Contraente Generale:</i></p> <p style="text-align: center;">Ing. Federico Montanari</p>	<p><i>Il responsabile Integrazioni delle Prestazioni Specialistiche:</i></p> <p style="text-align: center;">Ing. Salvatore Lieto</p>
--	---	--

PROGETTAZIONE: Associazione Temporanea di Imprese

Mandataria:



RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE PER L'ATI

Ing. Antonio Grimaldi

GEOLOGO

Dott. Geol. Fabrizio Pontoni

COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. Michele Curiale



IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Giulio Petrizzelli

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

GEOLOGIA E GEOTECNICA

Relazione tecnica e di calcolo muro di sottoscarpa SX in c.a. – dal km 4+885 al km 4+945

SCALA:

DATA:

Febbraio 2017

Codice Unico di Progetto (CUP) F12C03000050021 (Assegnato CIPE 23-12-2015)

Codice Elaborato:

L	0	7	0	3	2	1	2	E	1	7	M	U	0	0	0	0	R	E	L	0	4	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

REV.	DATA	DESCRIZIONE	Redatto		Controllato	Approvato
A	Febbraio 2017	Emissione per congruenza generale	PROGIN	Furlani	S. Lieto	A. Grimaldi

I N D I C E

1. INTRODUZIONE	4
2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
2.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
2.3 SOFTWARE DI CALCOLO	6
2.3.1 Validazione di programmi di calcolo.....	7
3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	8
3.1 CALCESTRUZZO PER GETTI IN OPERA.....	8
3.2 ACCIAIO PER BARRE DI ARMATURA	8
4. DESCRIZIONE DELL'OPERA	9
5. CONDIZIONI GEOTECNICHE	10
5.1 DEFINIZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE INTERCETTATE.....	10
5.2 SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO	11
5.3 FALDA	12
6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA	13
6.1.1 Azioni sismiche per analisi di stabilità	15
6.1.2 Azioni sismiche per muri di sostegno.....	15
7. PROGETTAZIONE AGLI STATI LIMITE	16
8. ANALISI DI STABILITA'	18
8.1 STRATIGRAFICA E PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO	18
8.2 BACK ANALYSIS DEL PENDIO INDEFINITO	19
8.3 ANALISI DEL SISTEMA RILEVATO-PENDIO.....	20
8.3.1 Sezione di calcolo e carichi agenti	20
8.3.2 Analisi del rilevato senza intervento	20
8.3.3 Analisi del rilevato con intervento di drenaggio	22
8.3.4 Determinazione delle spinte necessarie a stabilizzare il pendio.....	25
9. ANALISI DEL MURO DI SOSTEGNO	29
9.1 METODOLOGIA DI CALCOLO.....	29
9.2 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO.....	30
9.3 SEZIONE DI CALCOLO E CARICHI AGENTI.....	30
9.4 RISULTATI	31
10. ANALISI DELLA PALIFICATA DI FONDAZIONE	32
10.1 METODOLOGIA DI CALCOLO.....	32
10.1.1 Valutazione della rigidezza assiale del palo isolato.....	38
10.1.2 Comportamento del palo soggetto ai carichi orizzontali.....	38
10.2 CARICHI AGENTI.....	39
10.3 RISULTATI	40
10.4 SINTESI DELLE SOLLECITAZIONI PER VERIFICHE STRUTTURALI	43
11. CAPACITA' PORTANTE DEI PALI	44
11.1 STRATIGRAFICA E PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO	44
11.2 CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE	44
11.3 VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE	47

12. VERIFICHE DELLE SEZIONI IN C.A.	48
12.1 PALI Φ 1000	48
12.2 PARAMENTO IN ELEVAZIONE	51
12.3 SOLETTA DI FONDAZIONE.....	53
13. APPENDICE A. ANALISI DI STABILITA'. TABULATI DI CALCOLO SLIDE	57
13.1 ANALISI STABILITÀ RILEVATO SENZA INTERVENTO	57
13.2 ANALISI STABILITÀ RILEVATO CON INTERVENTO DI DRENAGGIO	64
13.2.1 Dati di input	64
13.2.2 Analisi SLE.....	68
13.2.3 Analisi SLU	71
13.2.4 Analisi SLV+.....	75
13.2.5 Analisi SLV-	79
13.3 DETERMINAZIONE DELLE SPINJTE NECESSARIE A STABILIZZARE IL PENDIO.....	83
13.3.1 Dati di input	83
13.3.2 Analisi SLE.....	87
13.3.3 Analisi SLU	91
13.3.4 Analisi SLV+.....	95
13.3.5 Analisi SLV-	99
14. APPENDICE B. ANALISI DEL MURO DI SOSTEGNO. TABULATI DI CALCOLO	103
14.1 ANALISI SLE	104
14.2 ANALISI SLU	107
14.3 ANALISI SLV+	110
14.4 ANALISI SLV-.....	113
15. APPENDICE C. ANALISI DELLE PALIFICATE DI FONDAZIONE. TABULATI DI CALCOLO MAP	116
15.1 ANALISI SLE	116
15.2 ANALISI SLU	119
15.3 ANALISI SLV+	122
15.4 ANALISI SLV-.....	125
16. APPENDICE D. CAPACITA' PORTANTE DEI PALI. TABULATI DI CALCOLO PAL	128
16.1 CAPACITÀ PORTANTE A COMPRESSIONE.....	128
16.2 CAPACITÀ PORTANTE A TRAZIONE	133
17. APPENDICE E: TERMINOLOGIA UTILIZZATA NELLA VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.	139
17.1 PALI.....	139
17.2 MURO.....	140

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 4 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

1. INTRODUZIONE

Nella presente relazione viene riportato il dimensionamento del muro di sottoscarpa in sx previsto a sostegno del rilevato stradale di nuova realizzazione tra le progressive km 4+885 e km 4+945 del tracciato del lotto 2 della Pedemontana delle Marche – Progetto Esecutivo, in prossimità dell'imbocco A della galleria artificiale Mistrinello.

In tale tratto il rilevato stradale intercetta l'area di dissesto catalogata dal PAI con sigla F-12-1418. Pertanto si prevede un'ideale opera di sostegno al piede del rilevato al fine di garantire le condizioni di stabilità globali richieste dalla normativa.

In particolare nel seguito vengono affrontati i seguenti aspetti:

- descrizione dell'opera;
- descrizione delle condizioni geotecniche del sito: definizione della stratigrafia, dei parametri geotecnici di progetto, individuazione del livello di falda;
- caratterizzazione sismica del sito;
- analisi di stabilità finalizzata al dimensionamento dell'opera;
- analisi del muro di sostegno;
- analisi della palificata;
- verifiche di capacità portante dei pali;
- verifiche di resistenza degli elementi strutturali.

Tutte le analisi e le verifiche svolte nel seguito sono eseguite in conformità alla normativa vigente.

In Figura 1 è riportato uno stralcio planimetrico e in Figura 2 una sezione tipologica del rilevato stradale di progetto.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 5 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

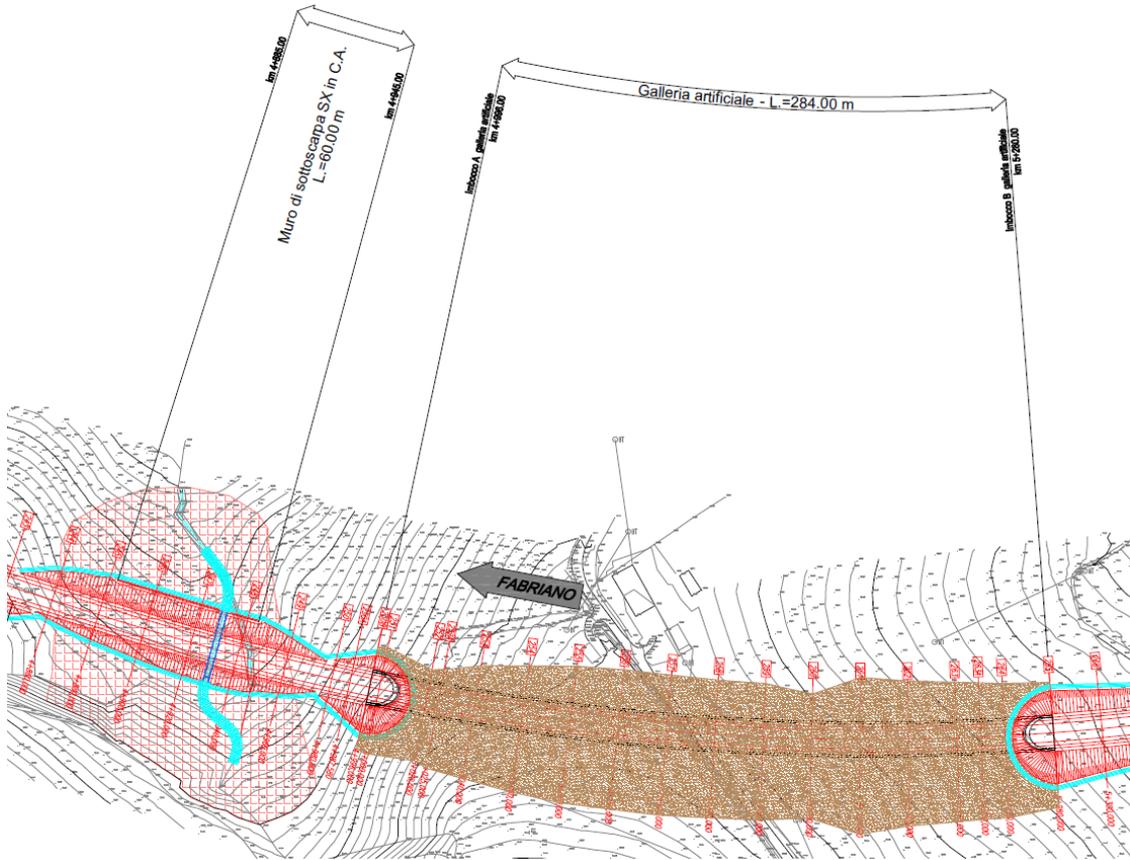


Figura 1 – Stralcio planimetrico

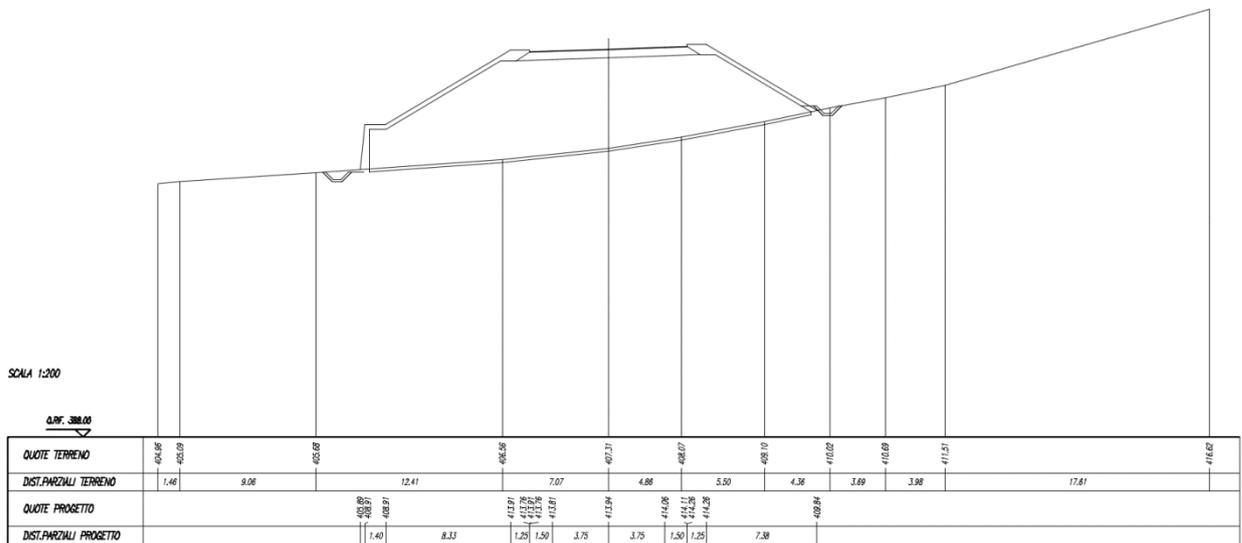


Figura 2 – Sezione trasversale tipologica

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa di riferimento

La presente relazione è stata redatta facendo riferimento ai seguenti documenti normativi:

- [N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-08 (NTC-2008);
- [N.2]. Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008.

2.2 Documenti di riferimento

La presente relazione è stata redatta esaminando la seguente documentazione di progetto:

- [DR_1]. L0703212E02GE0000REL01 - Asse viario Marche – Umbria e quadrilatero di penetrazione interna Maxi lotto 2 – Progetto esecutivo - “Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale”
- [DR_2]. L0703212E02GE0000PRF01 ÷ L0703212E02GE0000PRF05 - Asse viario Marche – Umbria e quadrilatero di penetrazione interna Maxi lotto 2 – Progetto esecutivo - “Profilo geologico”
- [DR_3]. L0703212E02GE0000SEZ01 ÷ L0703212E02GE0000SEZ04 - Asse viario Marche – Umbria e quadrilatero di penetrazione interna Maxi lotto 2 – Progetto esecutivo - “Sezioni geologiche trasversali”
- [DR_4]. L0703212E02GE0001REL01C - Asse viario Marche – Umbria e quadrilatero di penetrazione interna Maxi lotto 2 – Progetto esecutivo - “Relazione geotecnica generale sulle opere all'aperto”
- [DR_5]. L0703212E02GE0001PRF01 ÷ L0703212E02GE0001PRF06 - Asse viario Marche – Umbria e quadrilatero di penetrazione interna Maxi lotto 2 – Progetto esecutivo - “Profilo geotecnico”

2.3 Software di calcolo

La presente relazione è stata redatta utilizzando i seguenti programmi di calcolo:

- [S.1]. SLIDE Version 7.0 (Rocscience di Toronto, Canada)
Programma di calcolo utilizzabile per le verifiche di stabilità di pendii in condizioni piane tramite metodi di equilibrio limite. La ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento.
- [S.2]. MAP (G. Guiducci, versione 1999). Studio Sintesi, Rimini (RN), Italia.
Programma che permette di condurre l'analisi statica (elastica lineare e non lineare) di una palificata collegata da un plinto di rigidezza infinita o nulla (pali non collegati). I pali vengono schematizzati con le loro matrici di rigidezza (costruite dal programma), riferite alla loro sommità (punto di collegamento con il plinto).
- [S.3]. PAL (G. Guiducci, versione 2006). Studio Sintesi, Rimini (RN), Italia.
Programma che permette di valutare la capacità portante per pali singoli di fondazione

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 7 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

soggetti a carichi assiali. Sono implementati diverse metodologie di calcolo di portata laterale e di base pubblicati in letteratura tecnica. L'elaborazione opera secondo somma di contributi unitari.

2.3.1 Validazione di programmi di calcolo

Per i programmi citati, con riferimento al paragrafo 10.2 del D.M. 14.01.2008 e relativa Circolare esplicativa n° 617/09 C.S.LL.PP., si dichiara che:

- i risultati dei calcoli eseguiti con l'utilizzo del calcolatore sono stati verificati dal progettista;
- i risultati presentati nelle forme allegate al progetto ne garantiscano la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità;
- l'affidabilità dei codici utilizzati è stata verificata attraverso esame preliminare, di valutazione dell'affidabilità e soprattutto dell'idoneità del programma nel caso specifico di applicazione;
- la validazione dei codici di calcolo è stata verificata per confronto con soluzioni semplificate con metodi tradizionali, sia dall'esame della documentazione fornita dal produttore/distributore sulle modalità e procedure seguite per la validazione generale del codice.

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le verifiche strutturali sono state svolte secondo gli Stati Limite (SLE e SLU), facendo riferimento a quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni ([N.1]).

Le caratteristiche di resistenza dei materiali che sono state considerate nelle verifiche strutturali sono riassunte nei seguenti paragrafi.

3.1 Calcestruzzo per getti in opera

Per i getti in opera è stato considerato un calcestruzzo di classe C25/30 ($R_{ck}=30$ MPa a 28 gg), le cui proprietà meccaniche, valutate secondo il par. 11.2.10 delle NTC 2008, sono:

- Resistenza caratteristica cubica a compressione: $R_{ck} = 30$ MPa
- Resistenza caratteristica cilindrica a compressione: $f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 25$ MPa
- Resistenza media cilindrica a compressione: $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 33$ MPa
- Resistenza media a trazione semplice (assiale): $f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.56$ MPa
- Valore caratteristico corrispondente al frattile 5%: $f_{ctk,0.05} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.79$ MPa

Il valore del modulo elastico è pari a:

- $E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 22000 \cdot (33/10)^{0.3} = 31457$ MPa

I valori delle resistenze di progetto sono ottenuti applicando i seguenti fattori di sicurezza:

- Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo: $\gamma_c = 1.5$
- Coefficiente riduttivo per le resistenza di lunga durata: $\alpha_{cc} = 0.85$

da cui si ottiene:

- Resistenza di calcolo a compressione: $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck}/\gamma_c = 0.85 \cdot 25/1.5 = 14.16$ MPa
- Resistenza di calcolo a trazione: $f_{ctd} = f_{ctk,0.05}/\gamma_c = 1.79/1.5 = 1.19$ MPa

3.2 Acciaio per barre di armatura

Per le barre di armatura è stato considerato un acciaio del tipo B450C, le cui caratteristiche di resistenza, valutate sulla base del par. 11.3.2 delle NTC 2008, sono:

- Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} \geq 450$ MPa
- Tensione caratteristica di rottura: $f_{tk} \geq 540$ MPa
- Rapporto $(f_t/f_y)_k$: $1.15 \leq (f_t/f_y)_k < 1.35$
- Limite sup. resistenza caratteristica di snervamento: $f_{yk}/(450 \text{ MPa}) \leq 1.25$
- Allungamento: $(A_{gt})_k \geq 7.5\%$

Il valore della resistenza di progetto è ottenuto applicando un fattore di sicurezza pari a:

- Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio: $\gamma_s = 1.15$

da cui si ottiene:

- Resistenza di calcolo dell'acciaio: $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 450/1.15 = 391$ MPa

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	212	E	17	MU0000	REL	04	A	9 di 140

4. DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'opera in oggetto viene progettata al fine di stabilizzare il rilevato stradale di nuova realizzazione. In tale tratto del tracciato infatti, compreso tra le progressive km 4+885 e km 4+945, è stata rilevata la presenza di una coltre instabile con spessore massimo pari a 4.0 m.

Per l'opera di sottoscarpa si prevede l'impiego di muro su pali $\Phi 1000$ mm, disposti su tre file, interasse longitudinale di 2.2 m e interasse trasversale di 2.45 m.

Il muro presenta un paramento in elevazione di altezza pari a 3.5 m e spessore variabile con la profondità da 0.5 a 0.95 m. La fondazione del muro ha larghezza pari a 6.5 m e spessore pari a 1.3 m.

In Figura 3 si riporta la geometria dell'opera.

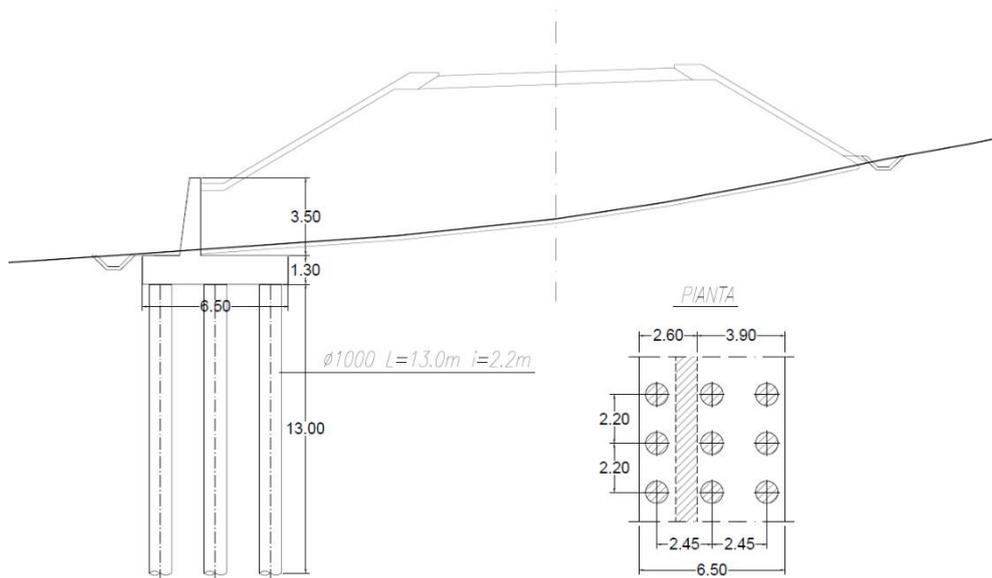


Figura 3 – Opera di stabilizzazione al piede prevista in progetto

5. CONDIZIONI GEOTECNICHE

Nel presente capitolo vengono riportate le condizioni geotecniche relative alla zona in esame. In particolare, vengono individuate le principali unità intercettate, vengono definiti i parametri geotecnici di progetto e viene individuato il livello massimo della falda.

Alla luce delle risultanze delle indagini geognostiche, dei rilievi geomorfologici in sito e del monitoraggio inclinometrico della campagna del 2016 svolta nell'ambito dell'area di dissesto catalogata dal PAI con la sigla F-12-1418 tra le progressive 4+860÷4+960, si evince che:

- il corpo di dissesto è attualmente attivo;
- tale corpo è stato meglio identificato nell'estensione planimetrica e nello spessore e quindi è stata meglio valutata l'interferenza con il tracciato al fine della valutazione del rischio connesso;
- il corpo di frana è classificabile come una frana di scorrimento attiva, che coinvolge la coltre eluvio-colluviale più superficiale con spessore 4 m circa (inclinometro SN2203bis). Per quanto riguarda la circolazione idrica sotterranea, il piezometro a TA installato nel sondaggio A20.2 ha fornito valori del livello piezometrico molto prossimi al p.c. e variabili tra 0.35 e 1.5 m di profondità dal p.c. locale (vedasi Figura 4).

Si rimanda alla "Relazione geotecnica generale sulle opere all'aperto" ([DR_4]), per l'interpretazione di tutte le indagini geotecniche svolte in sito e in laboratorio e per la caratterizzazione geotecnica lungo tutto il tracciato.

Nel "Profilo geotecnico" ([DR_5]) sono riportati in forma grafica i risultati delle indagini e sono mostrate le correlazioni stratigrafiche con indicazione delle unità geotecniche intercettate; è anche indicato l'andamento del livello di falda massimo rilevato dalle letture piezometriche.

Il "Profilo geologico" [DR_2] e le "Sezioni trasversali geologiche" ([DR_3]) sono state prese a riferimento per la definizione della stratigrafia di dettaglio in corrispondenza della zona in esame.

5.1 Definizione delle unità geotecniche intercettate

Sulla base dei sondaggi e delle prove in sito eseguite nell'area in esame, si riscontra la presenza delle seguenti unità geotecniche (Figura 4):

- **Unità ECl_a, a – Depositi eluvio colluviali:** si tratta di depositi a composizione granulometrica variegata ma generalmente a prevalente componente fine limo argillosa (**Unità ECl_a**). Nella zona in esame è stata individuata una copertura di materiale di accumuli di frana (**Unità a**).
- **Unità Pa – Substrato Pelitico – Arenaceo con $0,2 \leq A/P \leq 1$ (Formazione di Camerino):** rappresentata da litofacies pelitico-arenacee con un rapporto $A/P \leq 1$.

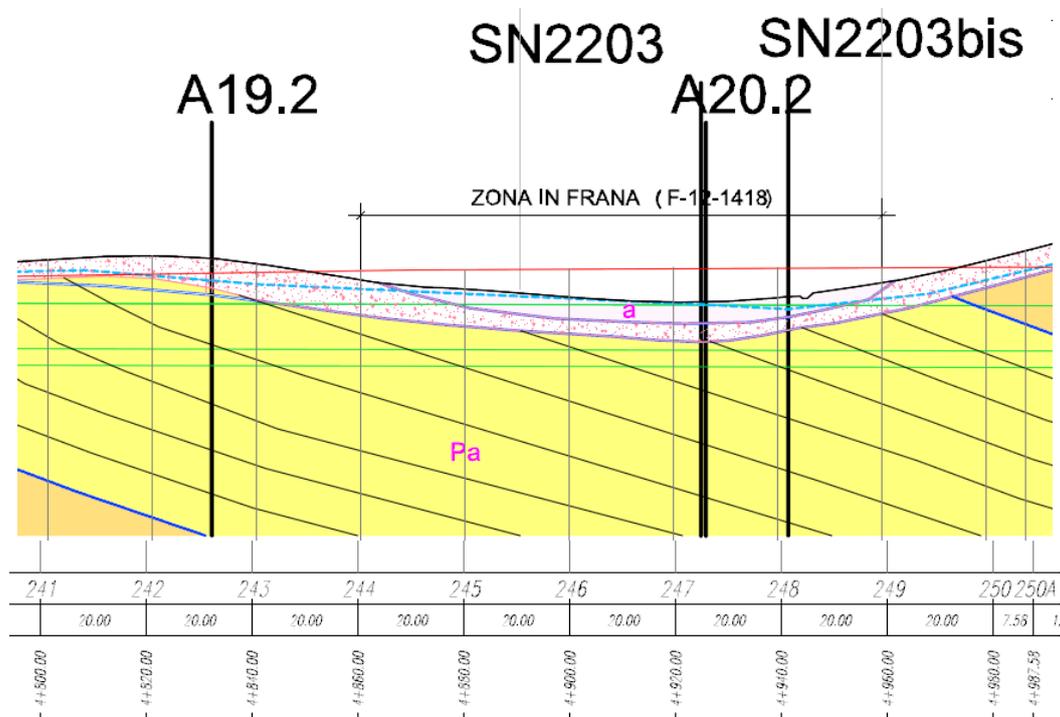


Figura 4 – Stralcio del profilo stratigrafico longitudinale

5.2 Sintesi dei parametri geotecnici di progetto

Nel seguito si riassumono i parametri geotecnici di progetto per le unità geotecniche intercettate.

Unità Ecla - Depositi eluvio colluviali limoso argillosi

$\gamma = 18.5 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\phi' = 24 \div 27^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 5 \div 15 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi_r' = 14^\circ \div 21^\circ$	angolo di resistenza al taglio residuo (i parametri minimi vanno associate alle coltri con instabilità attiva, unità a)
$c_r' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata residua (unità a)
$c_u = 50 \div 160 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$E_o = 100 \div 400 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

Unità Pa – Substrato pelitico arenaceo

$\gamma = 23.0 \div 23.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\phi' = 31 \div 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 120 \div 150 \text{ kPa}$	coesione drenata
$E'_{op} = 20 + 5.75 \cdot z \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico operativo

5.3 Falda

In Tabella 1 si riportano le letture piezometriche massime e minime espresse in metri di profondità dal p.c.; mentre in Figura 5 è riportato l'andamento nel tempo del livello di falda.

Nel profilo stratigrafico longitudinale è stato rappresentato il livello di falda massimo lungo il tracciato, desunto dalle letture piezometriche a disposizione.

Tabella 1 – Letture piezometriche in m da p.c.

SONDAGGIO	Quota boccaforo (m s.l.m.)	Min (m da p.c.)	Max (m da p.c.)	MEDIA (m da p.c.)
SN2203	412.38	1.69	3.18	2.47
A20.2	407.06	0.35	1.51	0.64

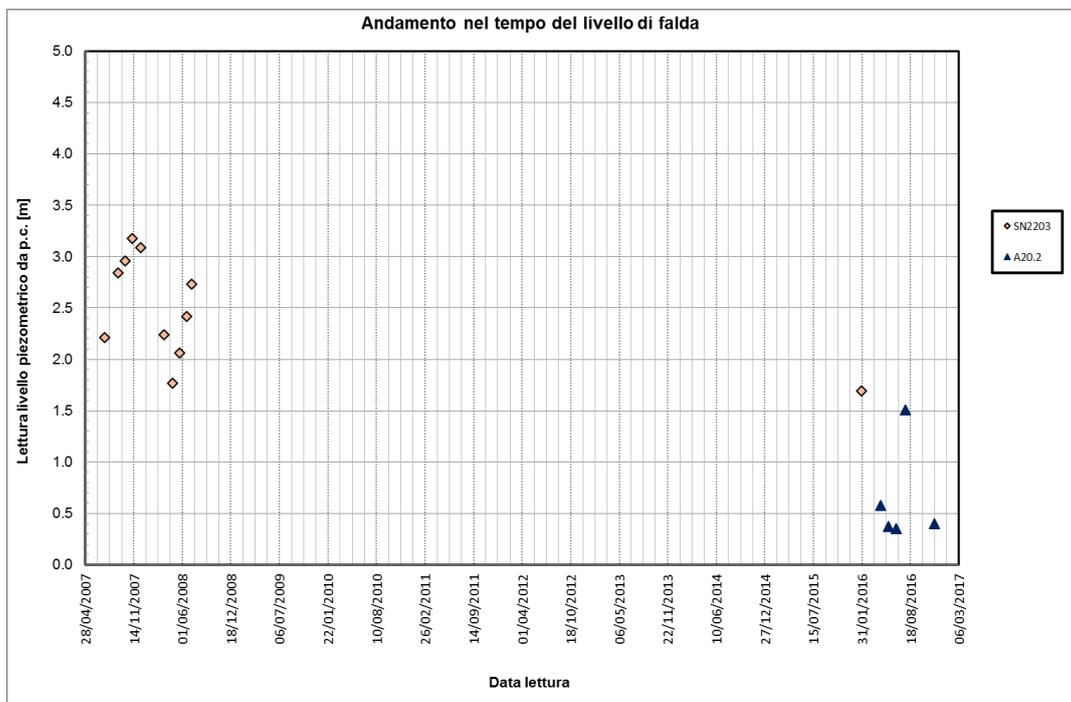


Figura 5 – Andamento nel tempo del livello di falda (in m da p.c.)

6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

I risultati dello studio di pericolosità sono forniti, in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km) e nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g , del valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale F_0 , del periodo di inizio del tratto costante dello spettro in accelerazione orizzontale T_c^* ;
- per diverse probabilità di superamento e/o diversi periodi di ritorno T_R ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 45 e 1462 anni, estremi inclusi.

Pertanto, per individuare, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche occorre fissare:

- la vita di riferimento V_R della costruzione;
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento P_{VR} associate a ciascuno degli stati limite considerati.

Infatti, fissata la vita di riferimento V_R , T_R è esprimibile in funzione di P_{VR} mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

La vita di riferimento è calcolata come:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

dove V_N è la vita nominale dell'opera e C_U la classe d'uso.

Per il tracciato in progetto è stato assunto: $V_N=50$ anni e $C_U=1.5$ (classe d'uso III).

Nota l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido a_g , l'accelerazione di picco a_{max} è valutata sulla base della risposta sismica locale:

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove S_S è il coefficiente che comprende l'effetto della amplificazione stratigrafica, mentre S_T è il coefficiente che comprende l'effetto della amplificazione topografica.

Nel caso in esame, non essendo disponibili nell'area misure dirette della velocità di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30.0 m di profondità, la categoria di sottosuolo è stata determinata dalla resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$:

$$c_u = \frac{\sum_{i=1,K} h_i}{\sum_{i=1,K} \frac{h_i}{c_{u,i}}}$$

dove:

h_i è lo spessore (in metri) dell' i -esimo strato compreso nei primi 30.0 m di profondità

$c_{u,i}$ è la resistenza non drenata dell' i -esimo strato

K è il numero di strati di terreno a grana fina compreso nei primi 30.0 m.

In Figura 6 si riporta l'andamento della coesione non drenata ottenuto dalle prove eseguite sui sondaggi presenti nella zona in esame (A20.2 e SN2203). Come si evince dal grafico, è possibile attribuire le condizioni litostratigrafiche alla **categoria di sottosuolo B** – “rocce tenere e terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)”.

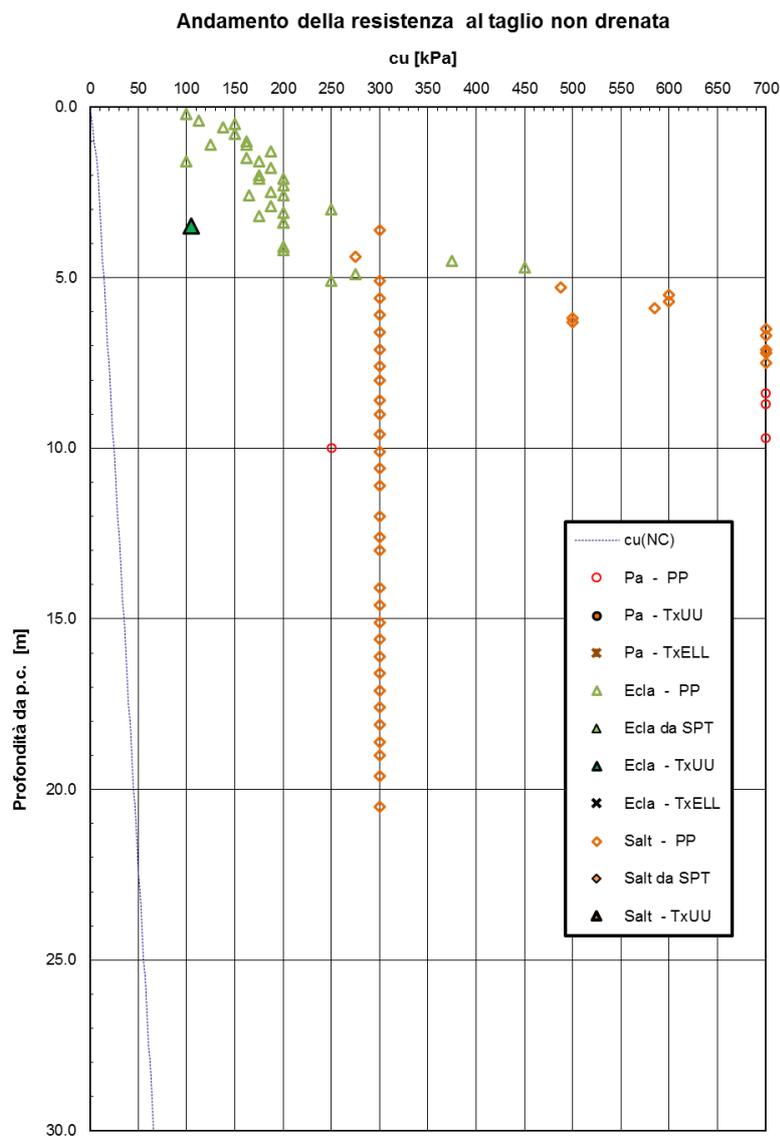


Figura 6 – Andamento della resistenza al taglio non drenata dalle prove eseguite sui sondaggi A20.2 e SN2203

Per le caratteristiche topografiche, la zona ricade nella **categoria topografica T1** – *superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$* .

Pertanto, per il sito in esame si ha:

- Categoria di sottosuolo: B
- Categoria topografica: T1
- $S_T = 1.00$
- $S_S = 1.19$
- $a_g = 0.208 \text{ g}$

da cui si ottiene $a_{\max} = 0.25 \text{ g}$.

6.1.1 Azioni sismiche per analisi di stabilità

L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizione sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici. Tali metodi modellano l'azione sismica considerando in luogo delle azioni dinamiche, azioni statiche equivalenti ovvero forze statiche orizzontali F_h e verticali F_v per unità di volume, d'intensità pari al prodotto fra il peso specifico del corpo W sottoposto all'azione dinamica ed un coefficiente sismico ([N.1], par. 7.11.3.5.2):

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

dove W è il peso del volume di terreno e k_h e k_v sono i coefficienti sismici orizzontali e verticali pari a:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g} \quad ; \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove:

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione che dipende dall'accelerazione massima attesa e dalla categoria di sottosuolo.

Nel caso in esame, per $a_g = 0.208 \text{ g}$ e categoria sottosuolo B, $\beta_s = 0.28$, per cui si ottiene:

$$k_h = 0.07 \quad ; \quad k_v = \pm 0.035.$$

6.1.2 Azioni sismiche per muri di sostegno

L'analisi della sicurezza dei muri di sostegno in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi dell'equilibrio limite in condizioni pseudostatiche.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni ([N.1], par. 7.11.6.2.1):

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g} \quad ; \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

Nel caso in esame, per $a_g = 0.208 \text{ g}$ e categoria sottosuolo B, $\beta_m = 0.31$, per cui si ottiene:

$$k_h = 0.077 \quad ; \quad k_v = \pm 0.038.$$

7. PROGETTAZIONE AGLI STATI LIMITE

Le analisi eseguite nel seguito sono state effettuate in conformità alla DM 14 gennaio 2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni). In particolare, la norma prevede che le opere progettate debbano possedere i seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio SLE (*Stati Limite di Esercizio*): condizione di riferimento per le verifiche delle prestazioni attese;
- sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi SLU (*Stati Limite Ultimi*): condizione di riferimento per le verifiche di sicurezza.

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,
- R_d : è il valore di progetto della resistenza.

Effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto $\gamma_F F_k$, dei parametri di progetto del terreno X_k/γ_M e della geometria di progetto a_d . L'effetto delle azioni può anche essere valutato direttamente come $E_d = \gamma_E E_k$. Nella formulazione delle resistenze R_d , compare esplicitamente un coefficiente γ_R che opera direttamente sulle resistenze del sistema.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

Si riportano le tabelle da normativa in cui sono indicati i coefficienti parziali per le azioni e per i parametri geotecnici del terreno. I coefficienti parziali per le resistenze sono differenti per ogni tipologia di opera di fondazione.

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	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 ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

Tabella 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche.

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	γ_b	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale ^(*)	γ_t	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Tabella 6.5.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

Tabella 6.8.I – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

8. ANALISI DI STABILITA'

L'analisi di stabilità globale è stata condotta seguendo l'Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2), sia in condizioni statiche che sismiche, in conformità alla normativa vigente.

Le metodologie di calcolo sono riportate nel documento "Relazione geotecnica generale sulle opere all'aperto" ([DR_4]).

8.1 Stratigrafica e parametri geotecnici di calcolo

Nel seguito si riassumono i parametri geotecnici di progetto utilizzati nelle analisi svolte.

Unità R – Terreno da rilevato

$\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\phi' = 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata

Unità Ecla – Depositi eluvio colluviali limoso argillosi

$\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\phi' = 27^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi_r' = 14^\circ$	angolo di resistenza al taglio residuo (unità a)
$c_r' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata residua (unità a)

Unità Pa – Substrato pelitico areanaceo

$\gamma = 23.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\phi' = 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 120 \text{ kPa}$	coesione drenata

La stratigrafia di calcolo è indicata nella seguente tabella.

Tabella 2 – Stratigrafia di calcolo per analisi di stabilità

Unità geotecnica		Profondità [m da p.c.]
a	Accumuli di frana	0.0÷4.0
Ecla	Depositi eluvio colluviali limoso argillosi	4.0÷8.0
Pa	Substrato pelitico areanaceo	>8.0

Nelle analisi si assume la falda prossima al p.c..

Nelle analisi, i parametri geotecnici del terreno vengono ridotti mediante i coefficienti parziali del gruppo M2 (Tabella 6.2.II delle NTC 2008).

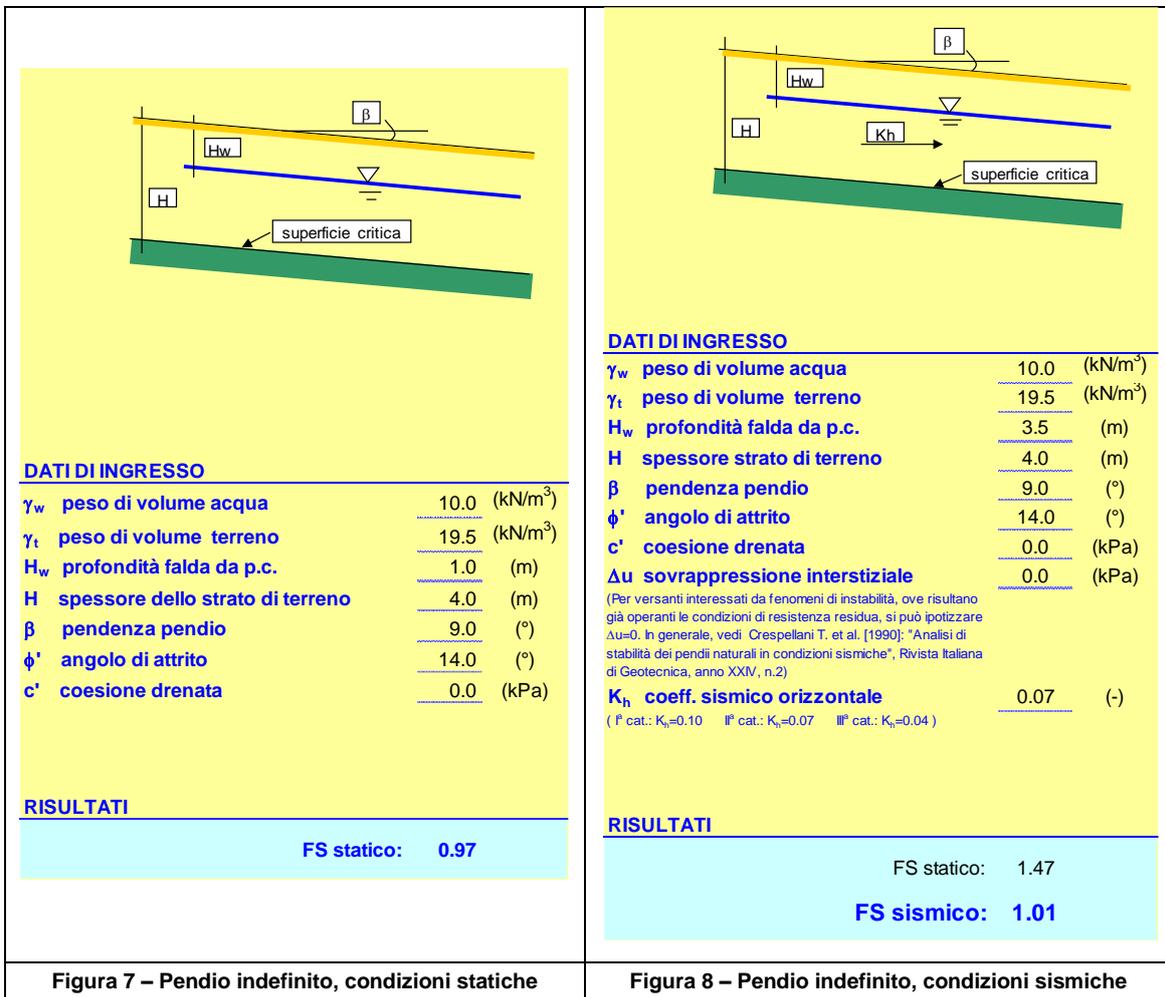
8.2 Back analysis del pendio indefinito

I parametri residui dell'unità a sono stati determinati mediante back analysis considerando pendio indefinito e condizioni statiche.

Assumendo la falda a 1.0 m da p.c. e la pendenza del pendio pari a 9°, le condizioni prossime all'equilibrio si determinano con angolo di attrito pari a 14° (vedasi schema di Figura 7).

In condizione sismiche, l'equilibrio del pendio è soddisfatto con un abbassamento della falda di circa 3.0÷4.0 m (vedasi schema di Figura 8).

Pertanto si prevede un intervento di drenaggio diffuso lungo il pendio (trincee drenanti) al fine di abbassare il livello della falda a circa 4.0 m dal p.c..



8.3 Analisi del sistema rilevato-pendio

8.3.1 Sezione di calcolo e carichi agenti

L'analisi di stabilità è stata condotta con riferimento alla sezione n. 247 (km 4+920), sezione con la massima altezza del rilevato, pari a 7.0 m circa e spessore della frana pari a 4.0 m.

In corrispondenza della strada è stato considerato un carico accidentale pari a 20 kPa. Nelle analisi, le azioni permanenti e variabili sono amplificate mediante i coefficienti parziali del gruppo A2 (Tabella .6.2.I delle NTC 2008).

Per la determinazione dei coefficienti sismici statici equivalenti si rimanda al paragrafo 6.1.1.

Nella seguente Figura 9 si riporta la sezione di calcolo analizzata.

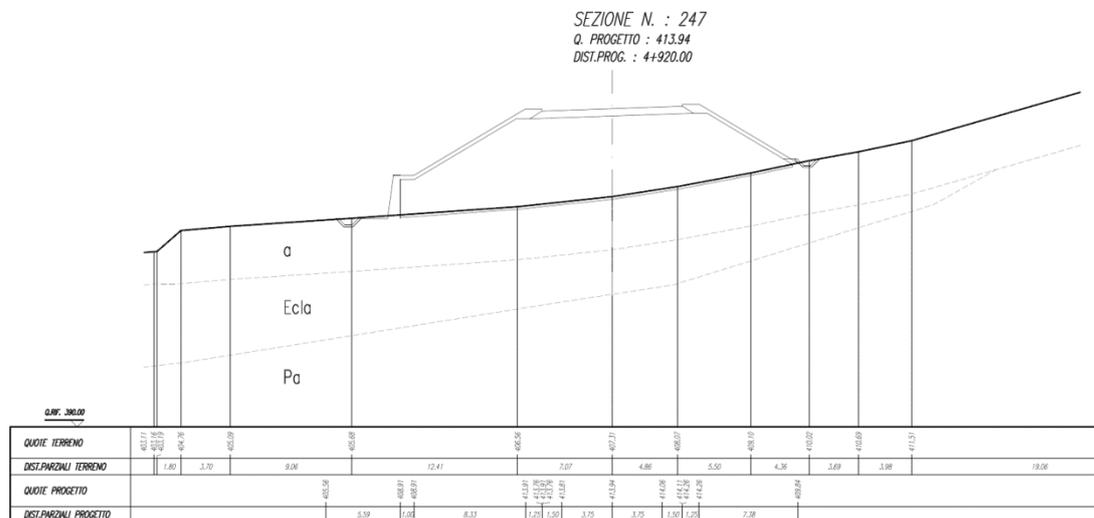


Figura 9 – Sezione di calcolo analisi di stabilità

8.3.2 Analisi del rilevato senza intervento

La sicurezza, valutata con i parametri del terreno caratteristici, è pari a $FS = 0.793$.

In prima battuta, è necessario prevedere un abbassamento della falda di circa 3.0÷4.0 m. Tale abbassamento dovrà essere conseguito mediante un sistema di drenaggio diffuso lungo il pendio (trincee drenanti).

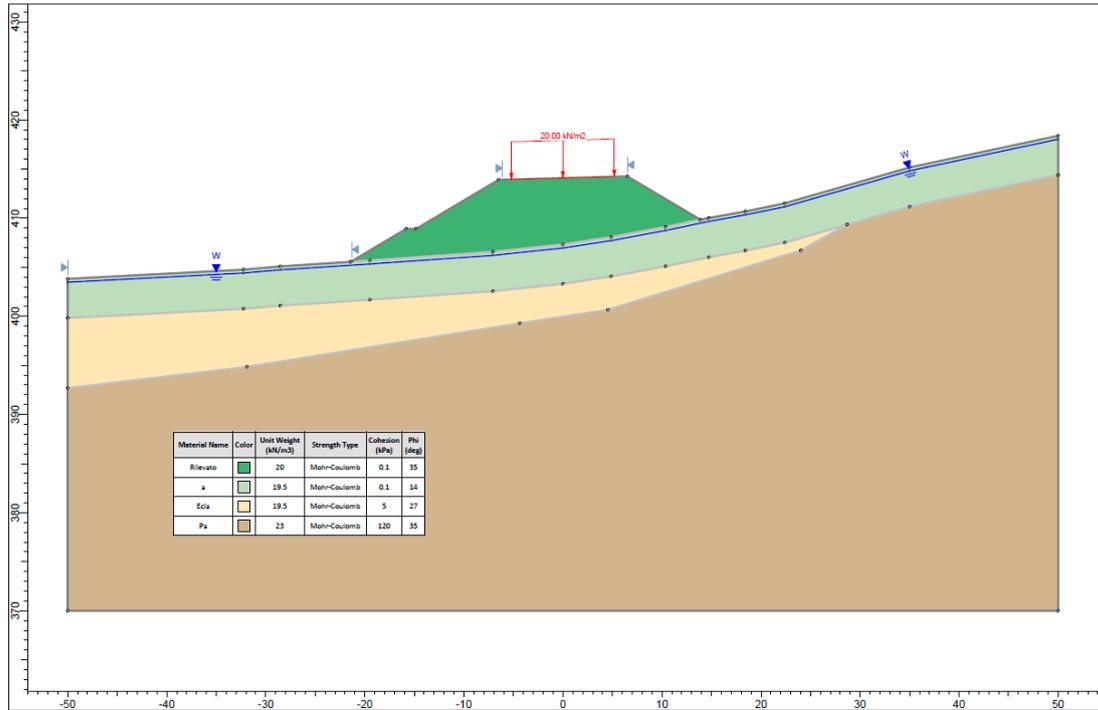


Figura 10 – Modello di calcolo con falda a p.c.

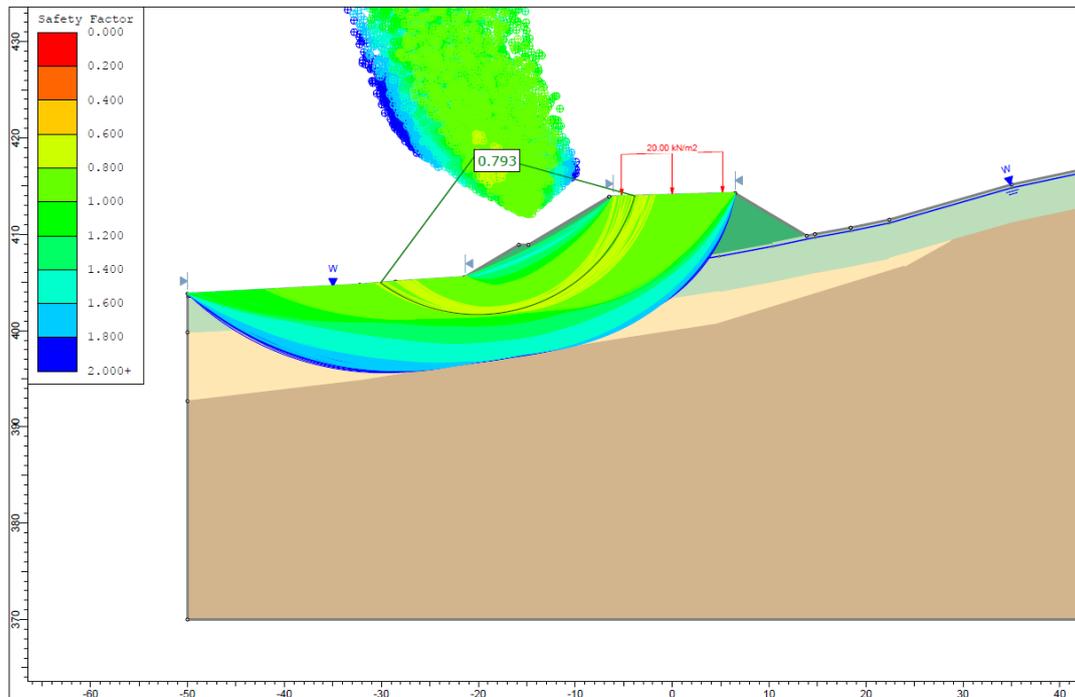


Figura 11 – Risultati analisi SLE (FS = 0.793)

8.3.3 Analisi del rilevato con intervento di drenaggio

Nel seguito si riporta la geometria del modello di calcolo del pendio in presenza del rilevato di progetto e di un sistema di drenaggio diffuso in grado di abbassare la falda di circa 3.5 m.

La sicurezza, valutata con i parametri del terreno caratteristici è circa pari all'unità (condizione SLE); tuttavia, ancora non si raggiungono i coefficienti minimi di normativa ($\gamma_R = 1.1$, Tabella 6.8.1 delle NTC 2008) in condizioni SLU/SLV:

- FS = 0.957 in condizioni SLE (condizioni metastabili)
- FS = 0.764 in condizioni statiche SLU
- FS = 0.654 in condizioni sismiche SLV+
- FS = 0.647 in condizioni sismiche SLV-

Pertanto, è necessario prevedere un'opera di stabilizzazione al piede del rilevato al fine di garantire le condizioni di stabilità globale richieste dalla normativa vigente ($FS > 1.1$ per tutte le combinazioni di carico).

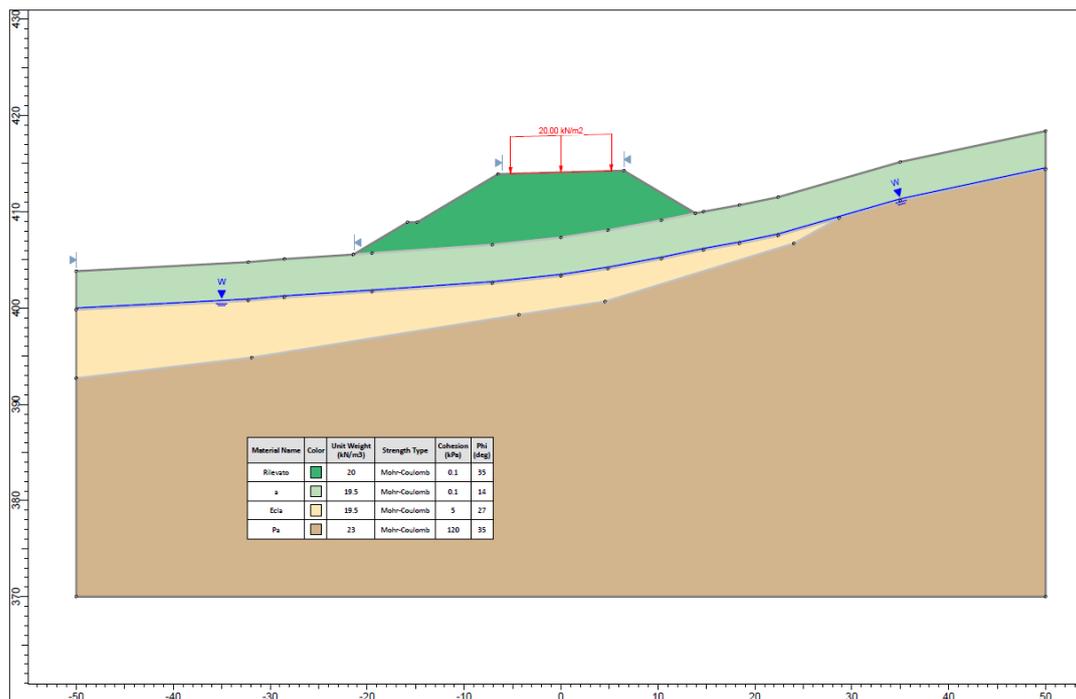


Figura 12 – Modello di calcolo in presenza di drenaggi

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 23 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

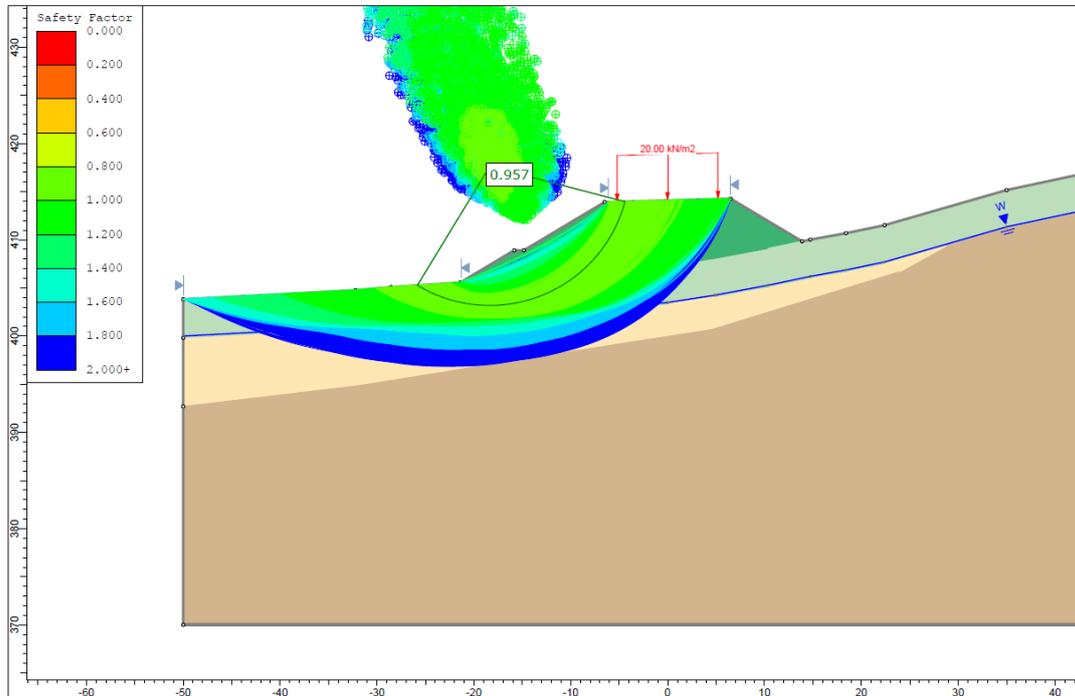


Figura 13 – Risultati analisi SLE (FS = 0.957)

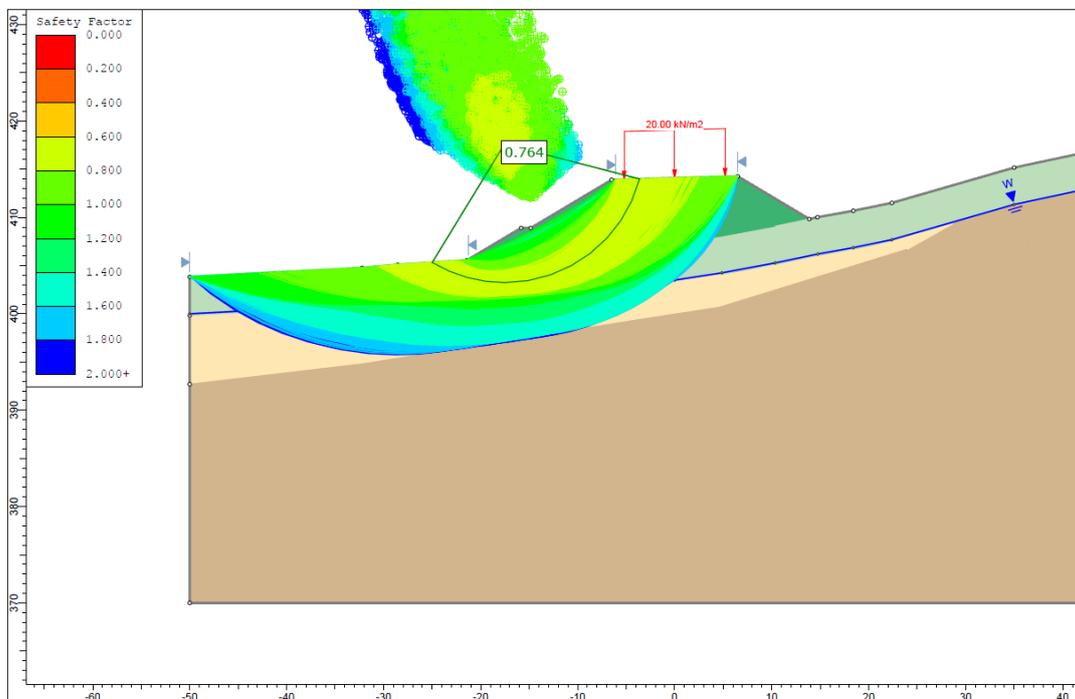


Figura 14 – Risultati analisi SLU statica (FS = 0.764 < 1.1)

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 24 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

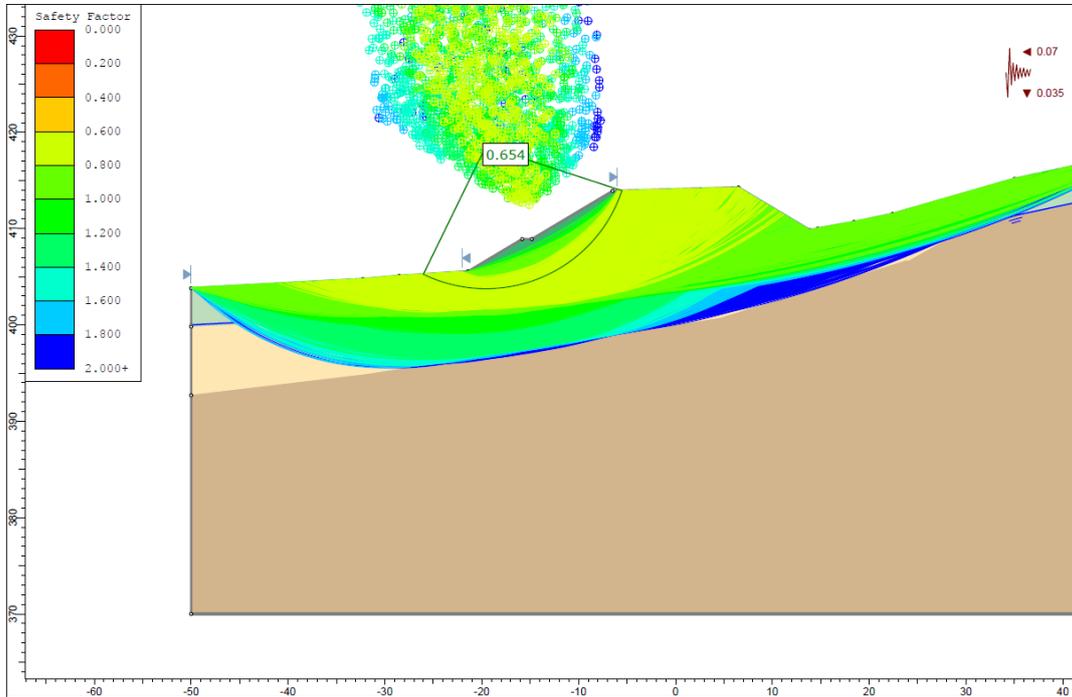


Figura 15 – Risultati analisi SLV sisma + (FS = 0.654 < 1.1)

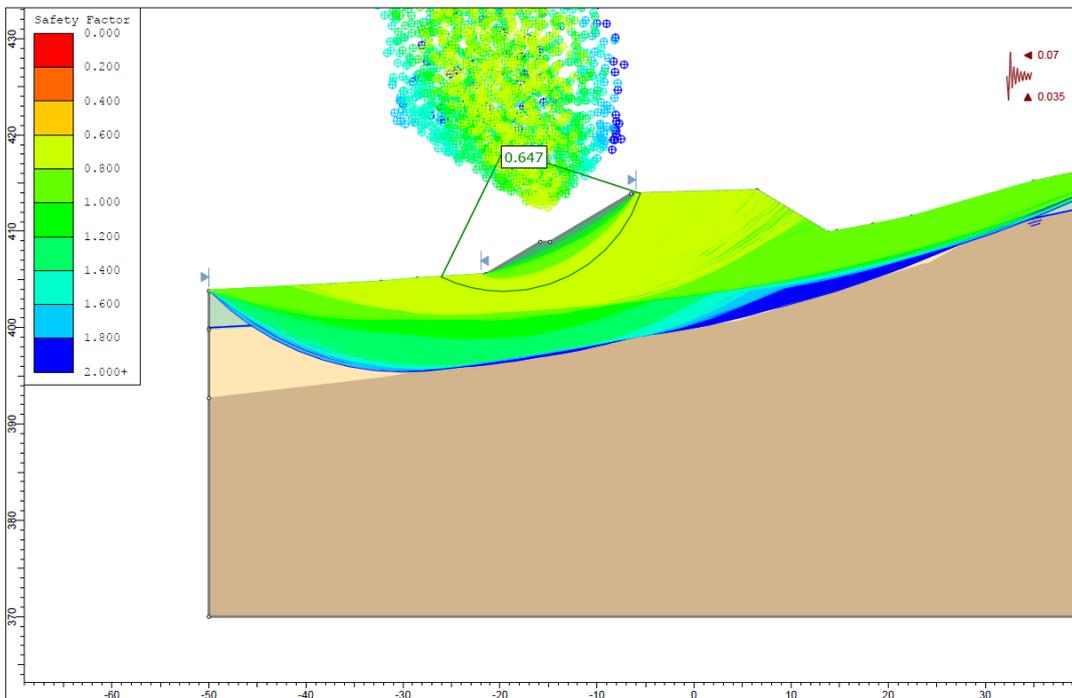


Figura 16 – Risultati analisi SLV sisma - (FS = 0.647 < 1.1)

8.3.4 Determinazione delle spinte necessarie a stabilizzare il pendio

Il successivo modello permette di determinare la forza necessaria per stabilizzare il pendio e raggiungere la sicurezza minima richiesta dalla normativa vigente per tutte le combinazioni di carico; fornisce pertanto un criterio di dimensionamento dell'opera di sottoscarpa da progettare.

Nel seguito si riporta la geometria del modello di calcolo e i risultati della analisi. Il livello della falda viene assunto a circa 2.0 m da p.c., ipotizzando cautelativamente una parziale inefficienza del sistema di drenaggio previsto nel pendio.

Quindi è stata eseguita l'analisi di stabilità globale opera-pendio considerando a valle del rilevato un taglio del modello pari allo spessore della coltre in frana (4.0 m); imponendo il fattore di sicurezza da normativa il programma ha fornito la forza necessaria alla stabilizzazione.

Le forze ottenute sono le seguenti:

- F = 260 kN/m in condizioni statiche SLE (FS=1; Figura 18)
- F = 475 kN/m in condizioni statiche SLU (FS=1.1, Figura 19)
- F = 610 kN/m in condizioni sismiche SLV+ (FS=1.1, Figura 20)
- F = 582 kN/m in condizioni sismiche SLV- (FS=1.1, Figura 21)

Tali forze verranno applicate come azioni distribuite sull'opera di sostegno lungo lo spessore della coltre instabile.

In particolare, una quotaparte viene applicata alla fondazione del muro e una quotaparte alla palificata. Dal momento che lo spessore della coltre in frana è pari a 4.0 m circa e interessa per circa 1.0 m la fondazione e per circa 3.0 m la palificata, le spinte sono distribuite proporzionalmente, nella misura rispettivamente di $\frac{1}{4}$ e di $\frac{3}{4}$. Pertanto, le spinte applicate sono indicate nella tabella seguente.

Tabella 3 – Spinte orizzontali da applicare alla fondazione del muro e alla palificata

Analisi	Spinte sulla fondazione del muro [kN/m]	Spinte sulla palificata [kN/m]
SLE	65	195
SLU	119	356
SLV+	152.5	457.5
SLV-	145.5	436.5

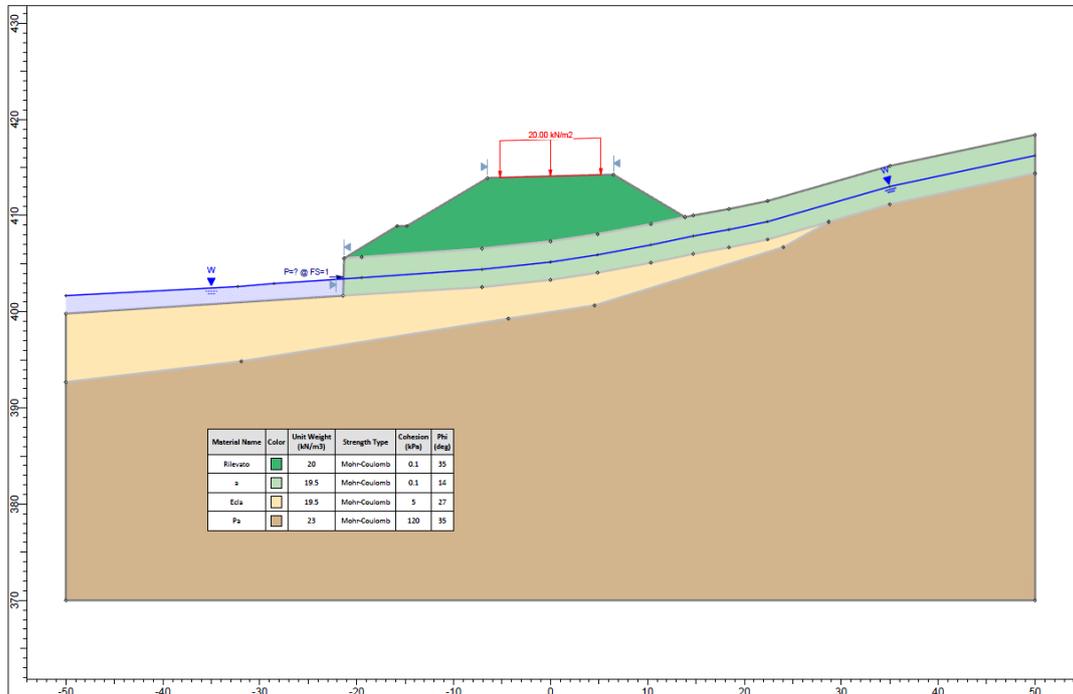


Figura 17 – Modello di calcolo

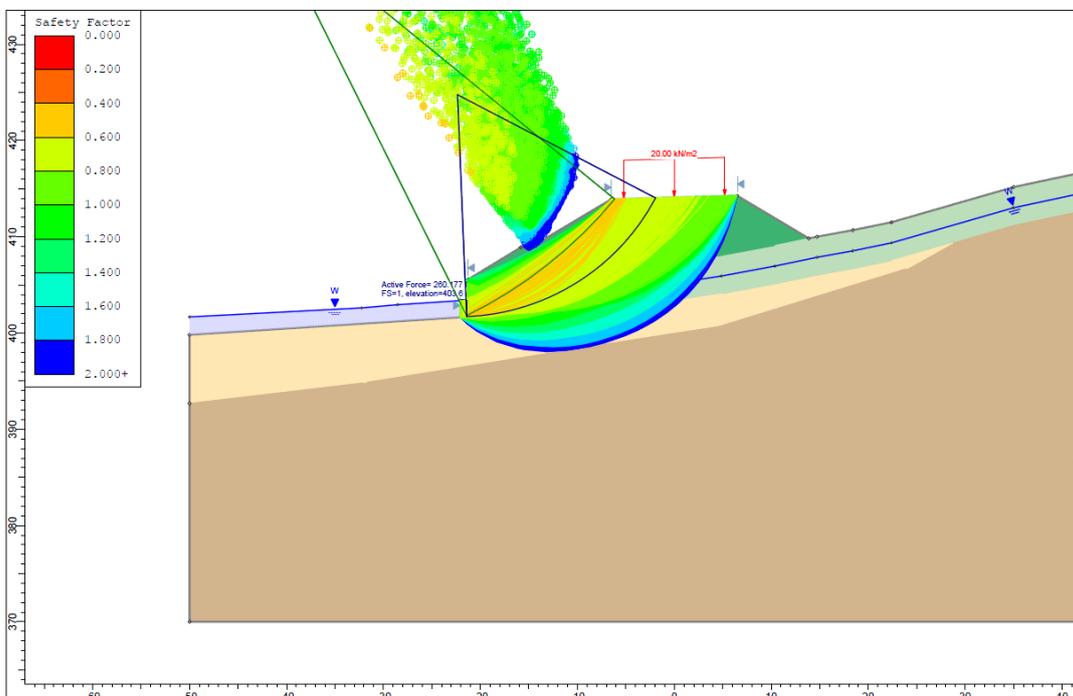


Figura 18 – Risultati analisi SLE (FS=1, F=260 kN/m)

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 27 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

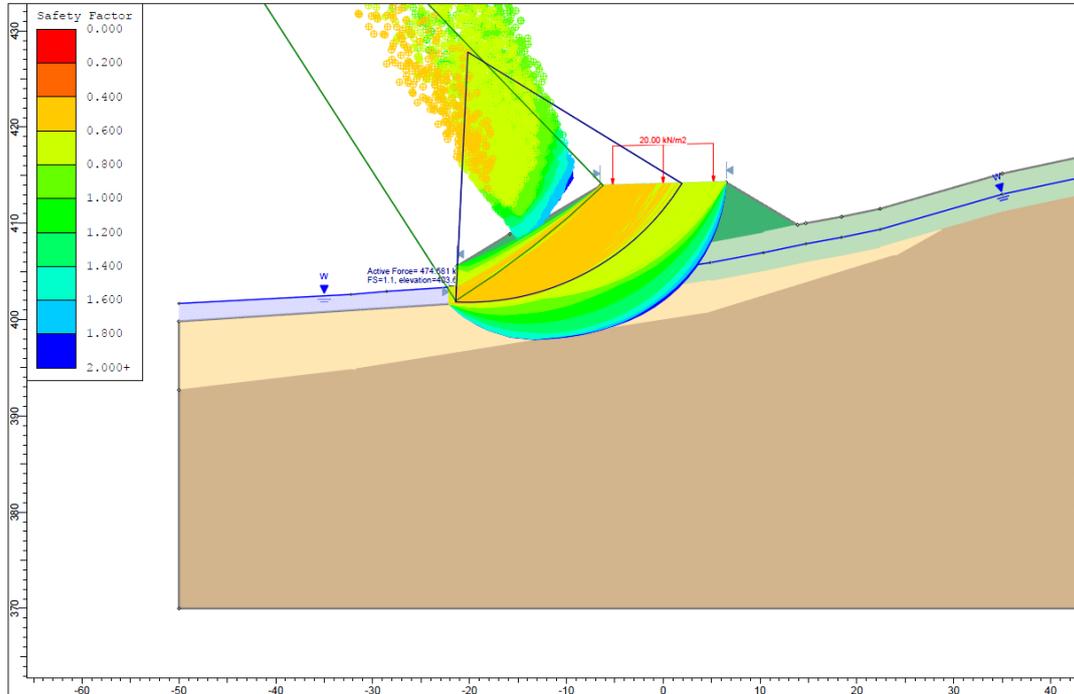


Figura 19 – Risultati analisi SLU statica (FS=1.1, F=475 kN/m)

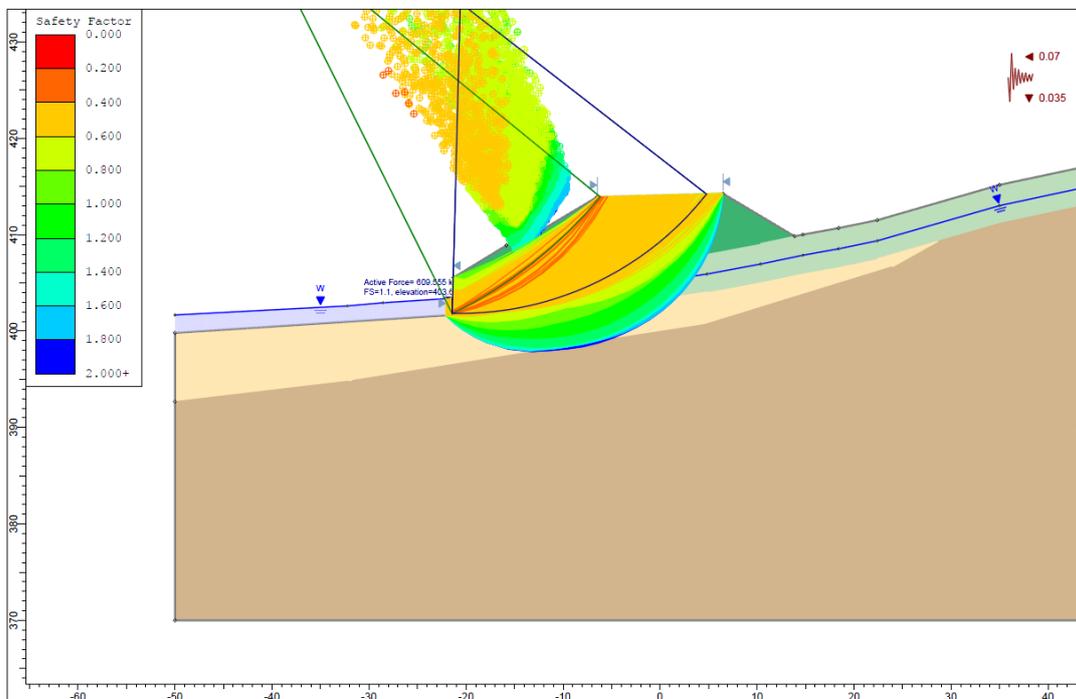


Figura 20 – Risultati analisi SLV sisma + (FS=1.1, F=610 kN/m)

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 28 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

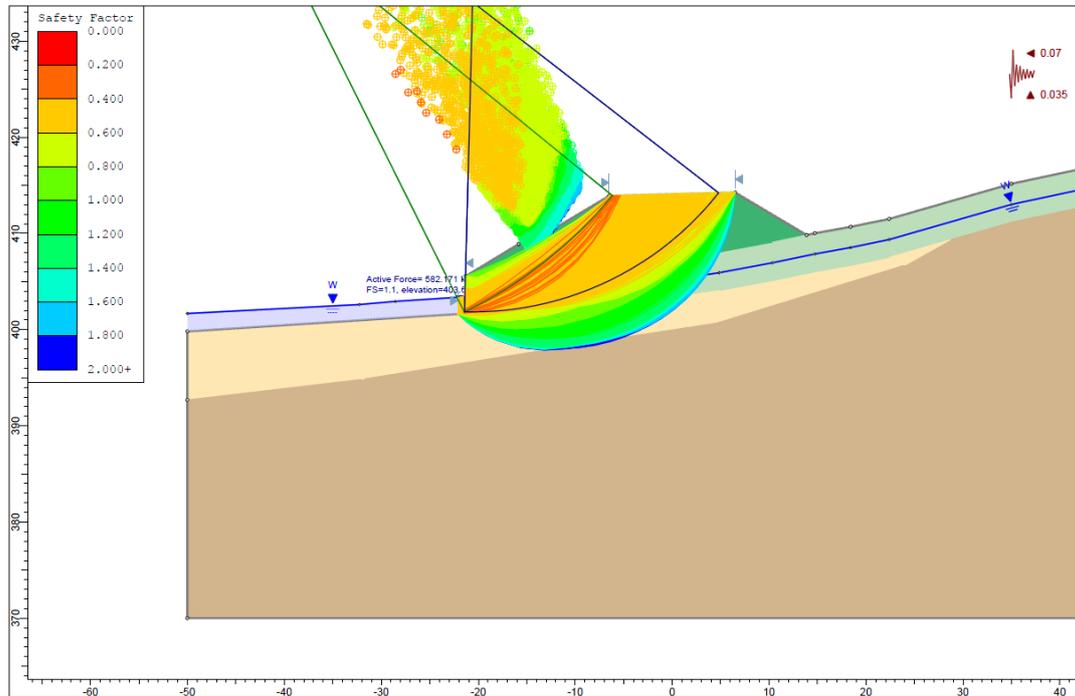


Figura 21 – Risultati analisi SLV sisma - (FS=1.1, F = 582 kN/m)

9. ANALISI DEL MURO DI SOSTEGNO

9.1 Metodologia di calcolo

Il dimensionamento del muro è stato eseguito per mezzo di un foglio di calcolo elettronico appositamente sviluppato per muri di sostegno, dettagliatamente esposto nell'Appendice B.

Le spinte delle terre, in condizioni statiche e sismiche, sono determinate per mezzo dei coefficienti di spinta attiva e di resistenza passiva dati dalla teoria di [Mononobe, 1929 – Okabe, 1926]. La spinta complessiva è calcolata come sommatoria dei vari contributi dati dalle spinte del terreno (ed eventualmente dell'acqua), dal contributo del sovraccarico, dalle resistenze di valle, da eventuali azioni concentrate, dai contributi gravitativi dati dai volumi in gioco, dalla sovraspinta sismica e dalle inerzie in condizioni sismiche. La resistenza passiva è calcolata per il terreno di valle, per un'altezza pari alla ciabatta di fondazione (incluso l'eventuale dente di valle) più il ricoprimento della stessa, per mezzo del coefficiente di resistenza passiva dato dalla teoria di [Mononobe, 1929 – Okabe, 1926].

Inoltre, nel particolare caso in esame, sulla ciabatta di fondazione è stata applicata la spinta dovuta alla coltre in frana.

La seguente immagine riporta la geometria di calcolo e la rappresentazione qualitativa delle spinte di monte e delle pressioni agenti in fondazione.

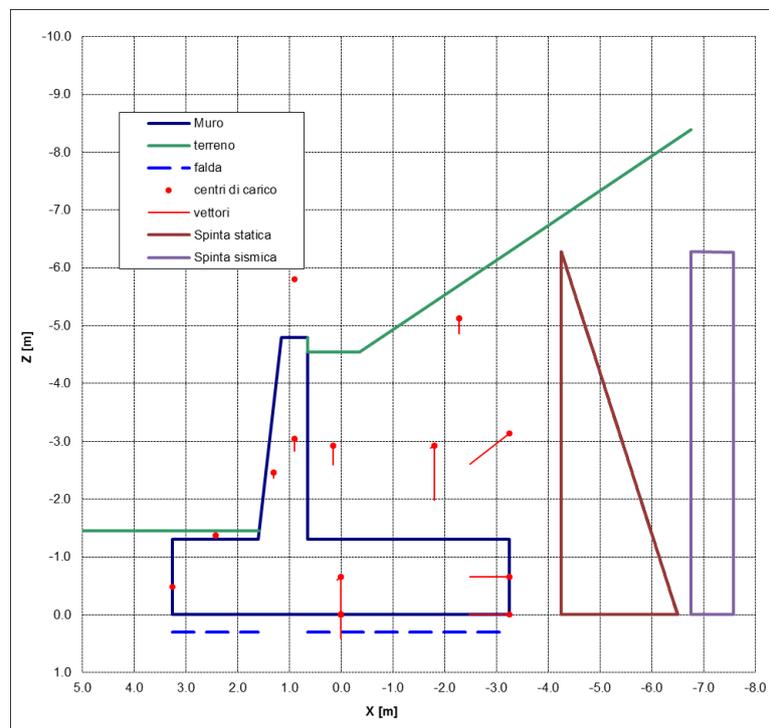


Figura 22 – Sezione di calcolo. Geometria di calcolo, spinte e pressioni in fondazione

In ottemperanza alla normativa vigente, vengono effettuate le seguenti analisi per il dimensionamento strutturale del muro:

1. SLV STR: raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali in condizioni sismiche

2. SLU STR: raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali in condizioni statiche
3. SLE: verifica degli elementi strutturali in condizioni statiche di esercizio.

La analisi SLU di tipo geotecnico (GEO) (scorrimento sul piano di posa e collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno) e di equilibrio di corpo rigido (EQU) (ribaltamento) del muro di sostegno vengono omesse per la presenza dei pali di fondazione.

Il dimensionamento strutturale dell'opera è stato condotto applicando l'Approccio 1 Combinazione 1 (A1+M1+R1); pertanto, le azioni permanenti e variabili sono amplificate mediante i coefficienti parziali del gruppo A1, mentre i coefficienti parziali sui parametri di resistenza del terreno sono sempre unitari (gruppo M1).

9.2 Stratigrafia e parametri geotecnici di calcolo

L'opera interessa l'unità geotecnica della coltre in frana come terreno di fondazione e il rilevato come terreno spingente.

La falda non interferisce con l'opera, trovandosi a circa 2.0 m da p.c. (ipotizzando cautelativamente una parziale inefficienza del sistema di drenaggio previsto nel pendio).

Tabella 4 – Parametri geotecnici dei terreni assunti nella analisi per il muro di sostegno

Unità		Profondità [m da p.c.]	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [°]
a – coltre in frana	Terreno di fondazione	0.0÷4.0	19.0	0	14
R – rilevato	Terreno spingente	-	20.0	0	35

9.3 Sezione di calcolo e carichi agenti

La geometria di calcolo è indicata in Figura 23.

Il rilevato stradale è stato cautelativamente modellato come un pendio inclinato indefinito di inclinazione pari a 31°, pertanto non è stato considerato il contributo del sovraccarico agente sul rilevato stesso.

Nel baricentro dell'altezza della fondazione filo monte vengono applicate le spinte dovute alla coltre in frana determinate al par. 8.3.4 e riportate nella seguente tabella.

Tabella 5 – Spinte orizzontali da applicare alla fondazione del muro

Analisi	Spinte sulla fondazione del muro [kN/m]
SLE	65
SLU	119
SLV+	152.5
SLV-	145.5

Per la determinazione dei coefficienti sismici statici equivalenti si rimanda al paragrafo 6.1.2.

In Appendice B sono esplicitati i dati di input dell'analisi.

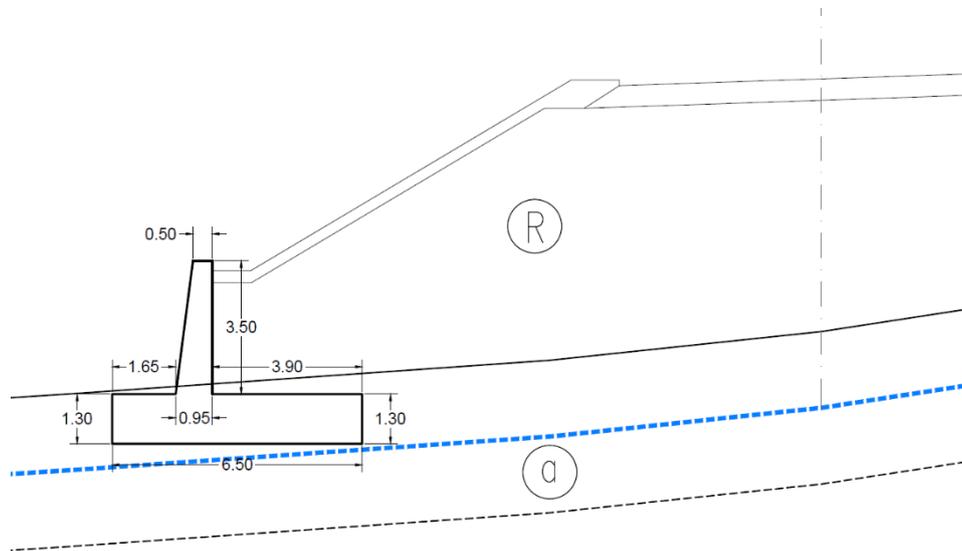


Figura 23 – Sezione di calcolo analisi del muro di sostegno

9.4 Risultati

Nelle seguenti tabelle si riportano le risultanti a intradosso plinto di fondazione, da applicare successivamente alla palificata, e le azioni interne nella sezione di attacco del paramento in elevazione.

In Appendice B ci sono i tabulati completi con indicato il sistema di riferimento.

Le sollecitazioni sulla soletta di fondazione sono determinate al par. 12.3.

Tabella 6 – Risultanti a intradosso plinto di fondazione

Analisi	Risultante delle forze verticali V [kN]	Risultante delle forze orizzontali H [kN]	Eccentricità del carico verticale e [m]
SLE	1522.2	485.1	-0.51
SLU	1797.6	706.0	-0.56
SLV+	1808.1	1114.1	-0.09
SLV-	1715.5	1107.1	-0.06

Tabella 7 – Sollecitazioni nella sezione di attacco del paramento in elevazione

Analisi	N [kN/m]	T [kN/m]	M [kNm/m]
SLE	63.4	162.8	113.8
SLU	63.4	245.9	127.6
SLV+	65.8	375.2	351.5
SLV-	60.9	370.5	362.5

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id.doc. REL	N.prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 32 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	---------------------------

10. ANALISI DELLA PALIFICATA DI FONDAZIONE

Nel presente capitolo viene descritta la metodologia di calcolo delle palificate di fondazione e il dimensionamento della palificata soggetta alle spinte determinate al par. 8.3.4 e alle azioni trasmesse dal muro.

10.1 Metodologia di calcolo

L'analisi statica nello spazio della palificata è stata condotta considerando fondazioni costituite da pali collegati (incastrati) in testa ad un plinto di fondazione assimilabile ad un corpo infinitamente rigido.

I valori massimi delle sollecitazioni agenti su ciascun palo e gli spostamenti della fondazione conseguenti ai carichi applicati sono stati determinati con l'ausilio del codice di calcolo MAP Matrix Analysis of Piles (G. Guiducci - 1999).

Con tale metodo si tiene conto del fatto che il comportamento della palificata è influenzato sia dalla rigidità orizzontale dei singoli pali che della loro rigidità assiale, nonché dell'influenza reciproca fra i vari elementi (effetto gruppo per carichi orizzontali e verticali).

Il programma consente l'analisi di palificate del tutto generiche nella geometria, disposizione, inclinazione e lunghezza degli elementi di fondazione (pali o setti comunque orientati).

Le condizioni di vincolo tra pali e plinto possono essere di incastro, cerniera e semplice appoggio anche variabili per i diversi elementi.

Il comportamento del palo isolato ai carichi assiali è definito da una caratteristica di rigidità (del sistema palo-terreno), che può essere lineare o non lineare.

Il comportamento del palo isolato soggetto a carico trasversale è definito da una caratteristica di rigidità che tiene conto di un profilo di modulo di reazione terreno-palo variabile con la profondità.

E' possibile tenere conto delle reciproche influenze fra i pali (effetto gruppo sia per carichi verticali che orizzontali) sia in ambito elastico, sulla base della teoria di Poulos e Davis (1980), che adottando curve d'interazione sperimentali quali ad esempio Prakash (1962), Cox et al. (1984), Wang (1986) e Lieng (1988).

Le azioni esterne, siano esse carichi o coazioni (effetti indotti dei cedimenti dei rilevati d'accesso in presenza di terreni compressibili) possono essere applicate al plinto in più centri di carico, per ognuno dei quali vengono definite le componenti di carico in sistemi di riferimento locali.

Le figure seguenti riportano i sistemi di riferimento globale, locale con le convenzioni sui segni delle variabili adottate, le possibili caratteristiche di rigidità assiale ed orizzontale per i pali nonché le convenzioni adottate per la definizione dei centri di carico.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id.doc. REL	N.prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 33 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	---------------------------

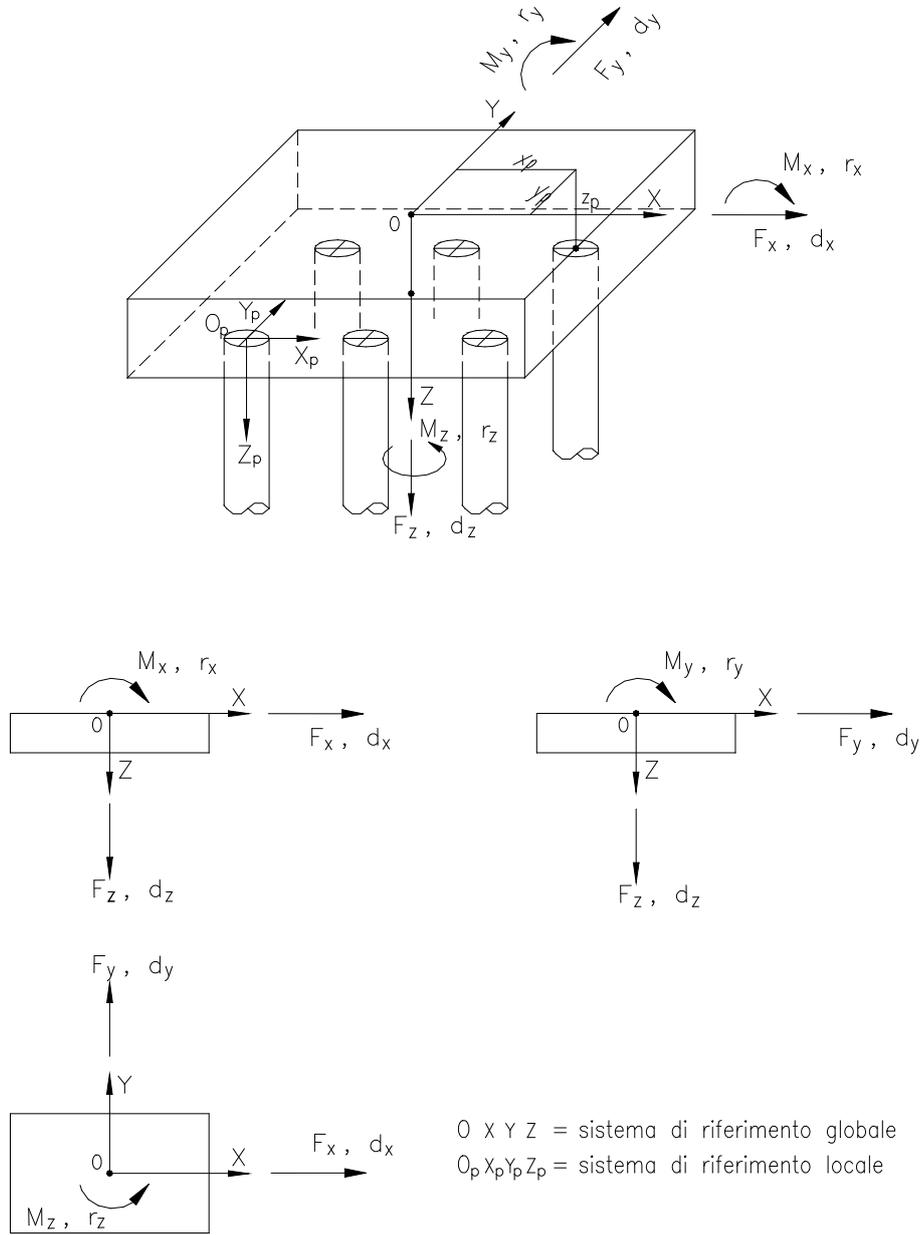
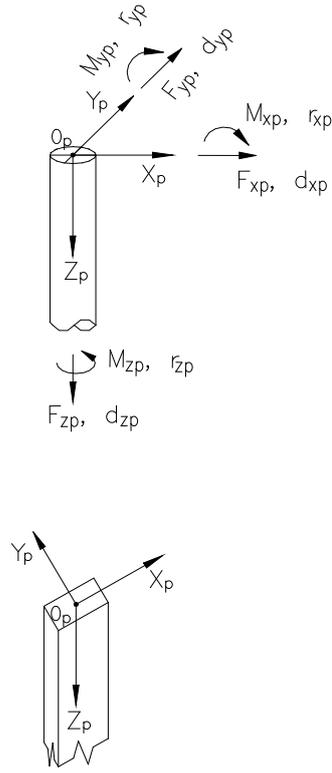


Figura 24 – Sistema di riferimento globale: convenzioni sulle variabili

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 34 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------



$O_p X_p Y_p Z_p =$ sistema di riferimento locale

Figura 25 – Sistema di riferimento locale: convenzioni sulle variabili

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 35 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

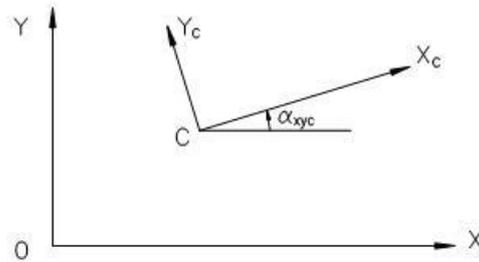
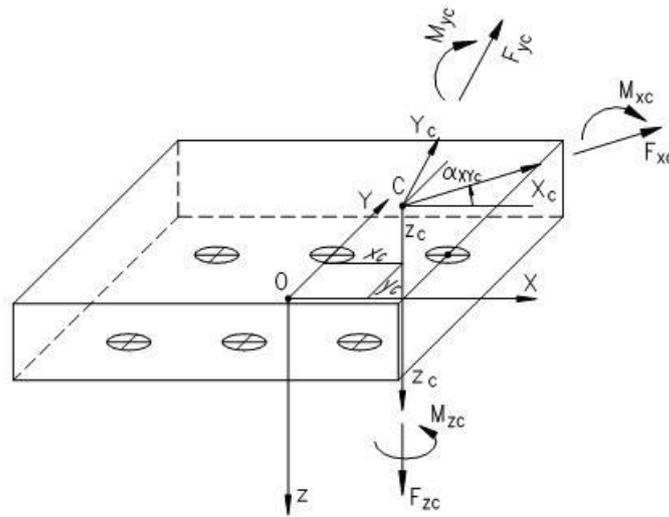


Figura 26 – Carichi applicati al plinto: convenzioni relative ai centri di carico

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 36 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

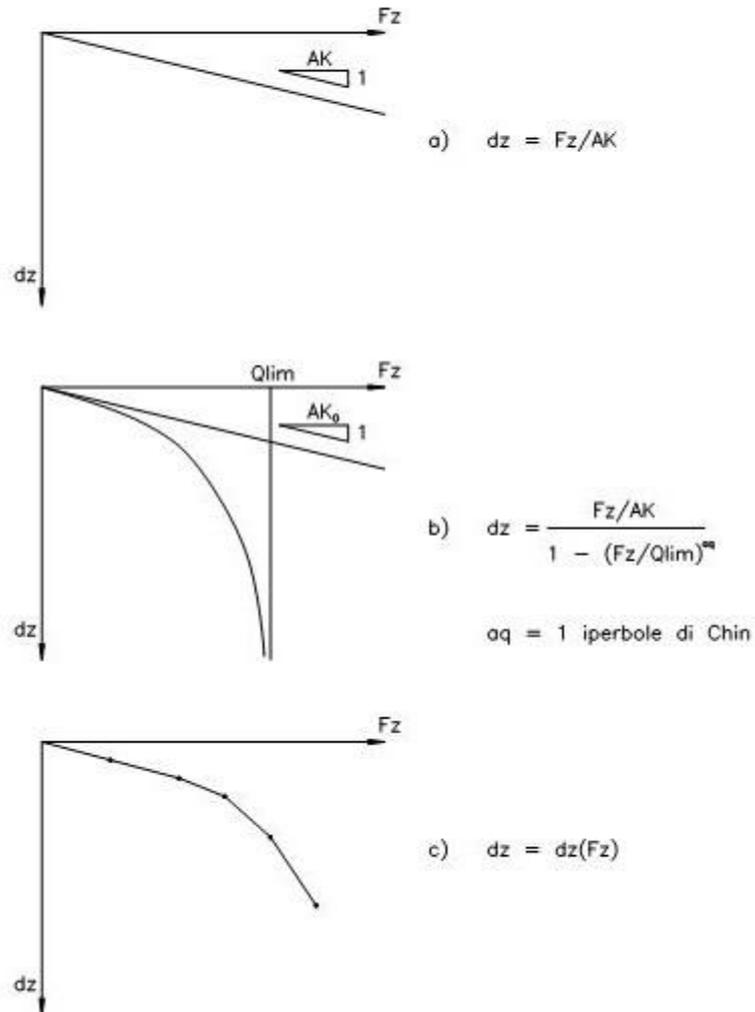


Figura 27 – Pali soggetti a carichi assiali: relazioni carico-cedimento

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id.doc. REL	N.prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 37 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	---------------------------

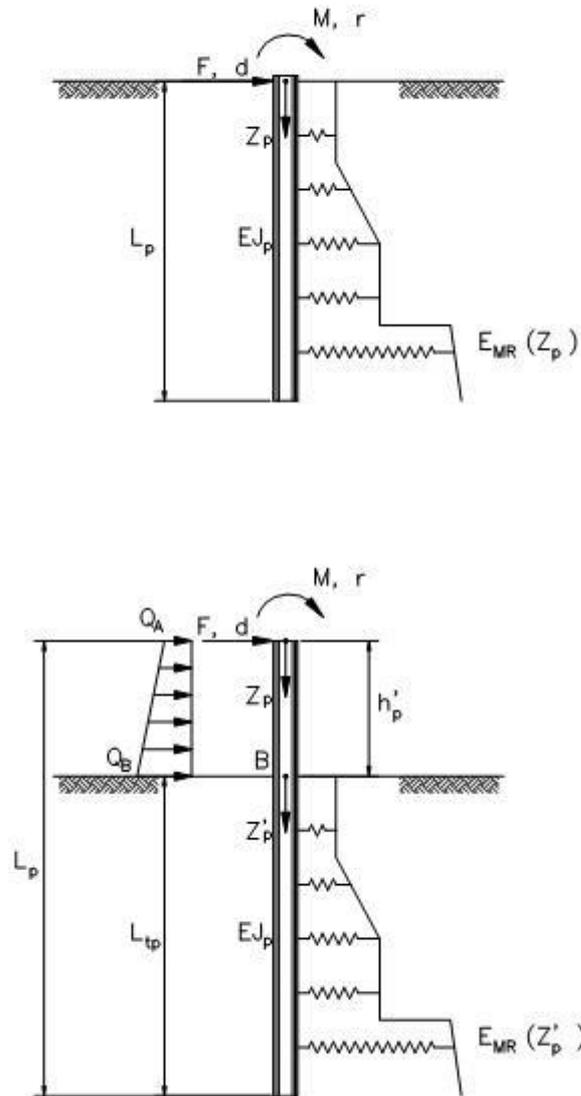


Figura 28 – Pali soggetti a carichi trasversali: moduli di reazione del terreno

10.1.1 Valutazione della rigidità assiale del palo isolato

La curva carico-cedimento del palo isolato viene caratterizzata attraverso la seguente relazione lineare:

$$dz = [Fz / AK]$$

dove:

dz = spostamento verticale a testa palo;

Fz = carico assiale a testa palo.

Nel caso in esame, si assume la seguente rigidità assiale per i pali di fondazione, valutata sulla base della esperienza maturata su prove di carico in condizioni stratigrafiche simili:

Ak = 1000000 kN/m per palo diametro D=1000 mm.

10.1.2 Comportamento del palo soggetto ai carichi orizzontali

Lo studio dell'interazione tra palo soggetto ai carichi orizzontali ed il terreno viene effettuato ricorrendo alla teoria di Matlock e Reese che si basa sul noto modello di suolo alla Winkler (elastico-lineare), caratterizzato da un modulo di reazione orizzontale del terreno (E_{MR}) definito come il rapporto fra la reazione del terreno per unità di lunghezza del palo (p) ed il corrispondente spostamento orizzontale (y):

$$E_{MR} = p / y \quad [FL^{-2}]$$

Si osservi che, definito K_w [FL^{-3}] il coefficiente di sottofondo di Winkler, per un palo di diametro D si ha:

$$E_{MR} = K_w \cdot D \quad [FL^{-2}]$$

L'andamento del modulo di reazione orizzontale con la profondità è funzione principalmente del tipo di terreno.

Per i terreni incoerenti si assume in genere una legge di variazione lineare caratterizzata dai seguenti parametri:

$$E_s = E_{s,0} + k_h \cdot z \quad [FL^{-2}]$$

dove:

$E_{s,0}$ = valore del modulo di reazione a testa palo;

k_h = gradiente del modulo di reazione del terreno funzione principalmente della densità relativa (D_r);

z = profondità a partire dal p.c. locale.

Per i terreni coesivi si assume in genere una legge del tipo:

$$E_s = \xi \cdot c_u$$

dove:

cu = resistenza al taglio in condizioni non drenate.

Nel caso in esame, i pali vengono considerati con un tratto fuori terra di 3.0 m (tratto di palo interessato dalla coltre in frana). Il modulo di reazione orizzontale viene definito a partire dalla quota di palo immersa nel terreno (vedasi Figura 28).

Data la natura coesiva del terreno, è stato considerato: $\xi = 350$ e $c_u = 100$ kPa per i depositi eluvio-colluviali e il valore massimo del modulo di reazione per il substrato ($E=100000$ kN/m²).

Il valore di $c_u = 100$ kPa è stato determinato dalle prove eseguite sui sondaggi A20.2 e SN2203 ubicati in corrispondenza della zona in esame (vedasi Figura 6).

Il profilo del modulo di reazione orizzontale palo-terreno è di seguito sintetizzato.

Prof. m	E kN/m ²
.00	35000.0
4.00	35000.0
4.10	100000.0
30.00	100000.0

10.2 Carichi agenti

La palificata è soggetta alle spinte orizzontali della coltre in frana determinate dall'analisi di stabilità (vedasi par. 8.3.4) e alle azioni risultanti dal muro a intradosso plinto (vedasi par.9.4).

In particolare, l'analisi è stata svolta considerando per tutti i pali un tratto fuori terra pari allo spessore entro la coltre in frana e quindi i primi 3.0 m da testa palo sono fuori terra. Su questo tratto è stata inoltre applicato il carico orizzontale uniformemente distribuito dovuto alla spinta della coltre in frana.

Pertanto, il carico uniformemente distribuito sul singolo palo in corrispondenza del tratto fuori terra viene così determinato:

$$Q = \frac{F \cdot i}{n \cdot l}$$

dove:

- F è la spinta orizzontale [kN/m] (Tabella 3 par. 8.3.4);
- i è l'interasse dei pali in direzione longitudinale, pari a 2.2 m;
- n è il numero dei pali in direzione trasversale, pari a 3;
- l è la lunghezza del tratto fuori terra, pari a 3 m.

Nella seguente Tabella 8 si riportano i carichi uniformemente distribuiti applicati nel tratto fuori terra di ogni singolo palo per ciascuna analisi eseguita.

Tabella 8 – Carichi distribuiti applicati nel tratto di palo fuori terra

Analisi	Carico uniformemente distribuito Q [kN/m]
SLE	47.7 kN/m
SLU	87.1 kN/m
SLV+	111.8 kN/m
SLV-	106.7 kN/m

Le azioni esterne applicate sulla palificata sono indicate in Tabella 6 (par.9.4).

10.3 Risultati

Nelle seguenti tabelle si sintetizzano le massime sollecitazioni in testa ai pali, il numero del palo e la condizione di carico per cui si ottengono, per le analisi eseguite: SLE, SLU STR, SLU SISMA + e SLU SISMA -. Per l'analisi SLE si riportano anche gli spostamenti massimi del plinto.

Nell'Appendice C si riportano i tabulati di calcolo completi con le sollecitazioni di taglio e momento flettente lungo il fusto dei pali per la combinazione di carico più gravosa.

Tabella 9 – Analisi SLE

QUADRILATERO LOTTO 2

Muro su pali D1000 km4+920 Analisi SLE

3 pali L = 13.00 m D = 1000 mm

Sollecitazioni massime in sommita' ai pali

	Fz kN	M kN*m	T kN	palo	c.d.c.
S.1	840.3	802.5	161.7	1	1
S.2	174.5	802.5	161.7	3	1
S.3	840.3	802.5	161.7	1	1
S.4	840.3	802.5	161.7	1	1
T.1	840.3	802.5	161.7	1	1
T.2	174.5	802.5	161.7	3	1

 S.1: cond. di carico con Sforzo Normale Massimo
SLE

 S.2: cond. di carico con Sforzo Normale Minimo
SLE

 S.3: cond. di carico con Momento Massimo
SLE

 S.4: cond. di carico con Taglio Massimo
SLE

 T.1: cond. di carico con Tensione Massima (sez. interamente reagente)
SLE

 T.2: cond. di carico con Tensione Minima (sez. interamente reagente)
SLE

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id.doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 41 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	---------------------------

Deformazioni massime del plinto

	dz mm	dx mm	rx mRad	dy mm	ry mRad	c.d.c.
D.1	.507	6.755	.136	.000	.000	1
D.2	.507	6.755	.136	.000	.000	1
D.3	.507	6.755	.136	.000	.000	1
D.4	.000	.000	.000	.000	.000	1
D.5	.000	.000	.000	.000	.000	1

D.1: cond. di carico con dz massimo
SLE

D.2: cond. di carico con dx massimo
SLE

D.3: cond. di carico con rx massimo
SLE

D.4: cond. di carico con dy massimo

D.5: cond. di carico con ry massimo

Tabella 10 – Analisi SLU STR

QUADRILATERO LOTTO 2

Muro su pali D1000 km4+920 Analisi SLU

3 pali L = 13.00 m D = 1000 mm

Sollecitazioni massime in sommita' ai pali

	Fz kN	M kN*m	T kN	palo	c.d.c.
S.1	1170.8	1269.2	235.3	1	1
S.2	27.6	1269.2	235.3	3	1
S.3	1170.8	1269.2	235.3	1	1
S.4	1170.8	1269.2	235.3	1	1
T.1	1170.8	1269.2	235.3	1	1
T.2	27.6	1269.2	235.3	3	1

S.1: cond. di carico con Sforzo Normale Massimo
SLU

S.2: cond. di carico con Sforzo Normale Minimo
SLU

S.3: cond. di carico con Momento Massimo
SLU

S.4: cond. di carico con Taglio Massimo
SLU

T.1: cond. di carico con Tensione Massima (sez. interamente reagente)
SLU

T.2: cond. di carico con Tensione Minima (sez. interamente reagente)
SLU

Tabella 11 – Analisi SLU SISMA +

QUADRILATERO LOTTO 2

Muro su pali D1000 km4+920 Analisi SLV+

3 pali L = 13.00 m D = 1000 mm

Sollecitazioni massime in sommita' ai pali

	Fz kN	M kN*m	T kN	palo	c.d.c.
S.1	1688.3	1827.4	371.4	1	1
S.2	-482.9	1827.4	371.4	3	1
S.3	1688.3	1827.4	371.4	1	1
S.4	1688.3	1827.4	371.4	1	1
T.1	1688.3	1827.4	371.4	1	1
T.2	-482.9	1827.4	371.4	3	1

 S.1: cond. di carico con Sforzo Normale Massimo
 SLV+

 S.2: cond. di carico con Sforzo Normale Minimo
 SLV+

 S.3: cond. di carico con Momento Massimo
 SLV+

 S.4: cond. di carico con Taglio Massimo
 SLV+

 T.1: cond. di carico con Tensione Massima (sez. interamente reagente)
 SLV+

 T.2: cond. di carico con Tensione Minima (sez. interamente reagente)
 SLV+

Tabella 12 – Analisi SLU SISMA +

QUADRILATERO LOTTO 2

Muro su pali D1000 km4+920 Analisi SLV-

3 pali L = 13.00 m D = 1000 mm

Sollecitazioni massime in sommita' ai pali

	Fz kN	M kN*m	T kN	palo	c.d.c.
S.1	1646.3	1789.2	369.0	1	1
S.2	-502.6	1789.2	369.0	3	1
S.3	1646.3	1789.2	369.0	1	1
S.4	1646.3	1789.2	369.0	1	1
T.1	1646.3	1789.2	369.0	1	1
T.2	-502.6	1789.2	369.0	3	1

 S.1: cond. di carico con Sforzo Normale Massimo
 SLV-

 S.2: cond. di carico con Sforzo Normale Minimo
 SLV-

 S.3: cond. di carico con Momento Massimo
 SLV-

 S.4: cond. di carico con Taglio Massimo
 SLV-

 T.1: cond. di carico con Tensione Massima (sez. interamente reagente)
 SLV-

 T.2: cond. di carico con Tensione Minima (sez. interamente reagente)
 SLV-

10.4 Sintesi delle sollecitazioni per verifiche strutturali

Nella seguente Tabella 13 si sintetizzano le massime sollecitazioni per le verifiche strutturali dei pali.

Nella tabella è stato assunto sforzo normale positivo se di compressione e sforzo normale negativo se di trazione.

Tabella 13 – Sollecitazioni massime per le verifiche strutturali dei pali

Analisi	Nmax [kN] (*)	Nmin [kN] (*)	Mmax [kNm] (**)	Tmax [kN] (***)
SLE	840.3	174.5	802.5	304.8
SLU	1170.8	27.6	1269.2	496.6
SLV+	1688.3	-482.9	1827.4	706.8
SLV-	1646.3	-502.6	1789.2	689.1
(*) Lo sforzo normale è costante lungo il fusto del palo (**) Il momento massimo è a testa palo (***) Il taglio massimo è a 3.0 m da testa palo				

11. CAPACITA' PORTANTE DEI PALI

Nel seguito si riporta il calcolo della capacità portante assiali per i pali trivellati di grande diametro previsti in progetto per l'opera di sostegno. Il calcolo è stato eseguito mediante l'ausilio del codice di calcolo PAL (G. Guiducci - 2006).

Le metodologie di calcolo della capacità portante ai carichi verticali sono riportate nel documento "Relazione geotecnica generale sulle opere all'aperto" ([DR_4]).

11.1 Stratigrafica e parametri geotecnici di calcolo

In Tabella 14 si sintetizzano i parametri geotecnici e la stratigrafia utilizzati per il calcolo.

Tabella 14 – Stratigrafia e parametri geotecnici

Unità geotecnica		Profondità [m da p.c.]	γ [kN/m ³]	cu [kPa]	τ [kPa]	qb [kPa]
a	Accumoli di frana	0.0÷4.0	19.0	10	0	0
Ecla	Depositi eluvio colluviali limoso argillosi	4.0÷8.0	19.0	100	α cu	9.0 cu + σ_v
S	Substrato pelitico arenaceo	>8.0	23.0	-	150	4000

Falda: a p.c. (*)

(*) per il dimensionamento delle fondazioni si assume cautelativamente il livello di falda prossimo al p.c.

11.2 Calcolo della capacità portate

Il calcolo è stato condotto seguendo l'Approccio 2 (A1+M1+R3) e con riferimento a:

- pali D=1000 mm;
- testa palo a 1.5 m da p.c.;
- falda a p.c. (cautelativamente).

Nella seguente tabella si riportano i parametri principali per il calcolo della capacità portante.

Tabella 15 – Parametri per il calcolo della capacità portante dei pali

Approccio	n. di verticali indagate	ξ_3	γ_s (compr.)	γ_s (traz.)	γ_b	F_{SL} (compr.)	F_{SL} (traz.)	F_{SB}
2 (A1+M1+R3)	2	1.65	1.15	1.25	1.35	1.9	2.06	2.2

Nelle tabelle seguenti si riportano i valori della portata di progetto (Q_d) del palo in funzione della lunghezza utile del palo. I tabulati di calcolo completi sono riportati in Appendice D.

Il significato dei termini riportati è il seguente:

L_p = Lunghezza utile del palo

Q_{ll} = Portata laterale limite

Q_{bl} = Portata di base limite

W_p = Peso efficace del palo

Q_u = Portata totale limite

Q_d = Portata di progetto = $Q_{ll}/F_{S,l} + Q_{bl}/F_{S,b} - W_p$

Tabella 16 – Capacità portante a compressione palo D=1000 mm

QUADRILATERO LOTTO 2-muri su pali km4+920
 Capacità portante palo D=1000mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA capacità portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	0.	0.	0.	0.
.50	0.	0.	2.	-2.	-2.
1.00	0.	0.	4.	-4.	-4.
1.50	0.	0.	6.	-6.	-6.
2.00	0.	0.	8.	-8.	-8.
2.50	4.	0.	10.	-6.	-8.
3.00	33.	135.	12.	156.	67.
3.50	70.	270.	14.	327.	146.
4.00	111.	406.	16.	501.	227.
4.50	156.	541.	18.	679.	310.
5.00	204.	676.	20.	861.	395.
5.50	257.	811.	22.	1046.	482.
6.00	313.	819.	24.	1108.	513.
6.50	395.	826.	26.	1196.	558.
7.00	609.	1212.	27.	1793.	844.
7.50	844.	1598.	29.	2413.	1141.
8.00	1080.	1984.	31.	3033.	1439.
8.50	1316.	2370.	33.	3652.	1736.
9.00	1551.	2756.	35.	4272.	2034.
9.50	1787.	3142.	37.	4891.	2331.
10.00	2023.	3142.	39.	5125.	2453.
10.50	2258.	3142.	41.	5359.	2575.
11.00	2494.	3142.	43.	5592.	2697.
11.50	2729.	3142.	45.	5826.	2819.
12.00	2965.	3142.	47.	6060.	2941.
12.50	3201.	3142.	49.	6293.	3063.
13.00	3436.	3142.	51.	6527.	3186.
13.50	3672.	3142.	53.	6760.	3308.
14.00	3908.	3142.	55.	6994.	3430.
14.50	4143.	3142.	57.	7228.	3552.
15.00	4379.	3142.	59.	7461.	3674.
15.50	4614.	3142.	61.	7695.	3796.
16.00	4850.	3142.	63.	7929.	3918.
16.50	5086.	3142.	65.	8162.	4040.
17.00	5321.	3142.	67.	8396.	4162.
17.50	5557.	3142.	69.	8630.	4284.
18.00	5792.	3142.	71.	8863.	4406.
18.50	6028.	3142.	73.	9097.	4528.
19.00	6264.	3142.	75.	9331.	4650.
19.50	6499.	3142.	77.	9564.	4772.
20.00	6735.	3142.	79.	9798.	4894.
20.50	6971.	3142.	81.	10032.	5016.
21.00	7206.	3142.	82.	10265.	5138.
21.50	7442.	3142.	84.	10499.	5260.
22.00	7677.	3142.	86.	10733.	5382.
22.50	7913.	3142.	88.	10966.	5504.
23.00	8149.	3142.	90.	11200.	5626.
23.50	8384.	3142.	92.	11434.	5748.
24.00	8620.	3142.	94.	11667.	5871.
24.50	8856.	3142.	96.	11901.	5993.
25.00	9091.	3142.	98.	12135.	6115.
25.50	9327.	3142.	100.	12368.	6237.
26.00	9562.	3142.	102.	12602.	6359.
26.50	9798.	3142.	104.	12836.	6481.
27.00	10034.	3142.	106.	13069.	6603.
27.50	10269.	3142.	108.	13303.	6725.
28.00	10505.	3142.	110.	13536.	6847.
28.50	10740.	3142.	112.	13770.	6969.

Tabella 17 – Capacità portante a trazione palo D=1000 mm

QUADRILATERO LOTTO 2-muri su pali km4+920
 Capacità portante palo D=1000mm-SLU A1+M1+R3 trazione

STAMPA capacità portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	0.	0.	0.	0.
.50	0.	0.	-6.	6.	6.
1.00	0.	0.	-12.	12.	12.
1.50	0.	0.	-18.	18.	18.
2.00	0.	0.	-24.	24.	24.
2.50	4.	0.	-29.	33.	31.
3.00	33.	0.	-35.	68.	51.
3.50	70.	0.	-41.	111.	75.
4.00	111.	0.	-47.	158.	101.
4.50	156.	0.	-53.	209.	129.
5.00	204.	0.	-59.	263.	158.
5.50	257.	0.	-65.	321.	189.
6.00	313.	0.	-71.	384.	223.
6.50	395.	0.	-77.	471.	268.
7.00	609.	0.	-82.	691.	378.
7.50	844.	0.	-88.	933.	498.
8.00	1080.	0.	-94.	1174.	619.
8.50	1316.	0.	-100.	1416.	739.
9.00	1551.	0.	-106.	1657.	859.
9.50	1787.	0.	-112.	1899.	979.
10.00	2023.	0.	-118.	2140.	1100.
10.50	2258.	0.	-124.	2382.	1220.
11.00	2494.	0.	-130.	2623.	1340.
11.50	2729.	0.	-135.	2865.	1460.
12.00	2965.	0.	-141.	3106.	1581.
12.50	3201.	0.	-147.	3348.	1701.
13.00	3436.	0.	-153.	3589.	1821.
13.50	3672.	0.	-159.	3831.	1942.
14.00	3908.	0.	-165.	4072.	2062.
14.50	4143.	0.	-171.	4314.	2182.
15.00	4379.	0.	-177.	4555.	2302.
15.50	4614.	0.	-183.	4797.	2423.
16.00	4850.	0.	-188.	5038.	2543.
16.50	5086.	0.	-194.	5280.	2663.
17.00	5321.	0.	-200.	5522.	2783.
17.50	5557.	0.	-206.	5763.	2904.
18.00	5792.	0.	-212.	6005.	3024.
18.50	6028.	0.	-218.	6246.	3144.
19.00	6264.	0.	-224.	6488.	3264.
19.50	6499.	0.	-230.	6729.	3385.
20.00	6735.	0.	-236.	6971.	3505.
20.50	6971.	0.	-242.	7212.	3625.
21.00	7206.	0.	-247.	7454.	3746.
21.50	7442.	0.	-253.	7695.	3866.
22.00	7677.	0.	-259.	7937.	3986.
22.50	7913.	0.	-265.	8178.	4106.
23.00	8149.	0.	-271.	8420.	4227.
23.50	8384.	0.	-277.	8661.	4347.
24.00	8620.	0.	-283.	8903.	4467.
24.50	8856.	0.	-289.	9144.	4587.
25.00	9091.	0.	-295.	9386.	4708.
25.50	9327.	0.	-300.	9627.	4828.
26.00	9562.	0.	-306.	9869.	4948.
26.50	9798.	0.	-312.	10110.	5069.
27.00	10034.	0.	-318.	10352.	5189.
27.50	10269.	0.	-324.	10593.	5309.
28.00	10505.	0.	-330.	10835.	5429.
28.50	10740.	0.	-336.	11076.	5550.

11.3 Verifica di capacità portante

Nelle seguenti tabelle si sintetizzano le massime sollecitazioni in testa ai pali (N_{max}) ottenute dalle analisi, la lunghezza del palo e le relative portate di progetto (Q_d).

Le verifiche di portanza dei pali sono soddisfatte in quanto la portata di progetto (Q_d) è sempre maggiore della massima sollecitazione assiale (N_{max}) sia di compressione che di trazione.

Tabella 18 – Verifiche di capacità portante pali D=1000 mm

Approccio 2 (A1+M1+R3)	$N_{c,max}$ [kN]	$N_{t,max}$ [kN]	$Q_{c,d}$ [kN]	$Q_{t,d}$ [kN]	Lpalo [m]
Pali D=1000 mm	1688.3	502.6	3186	1821	13.0

12. VERIFICHE DELLE SEZIONI IN C.A.

Le verifiche delle sezioni in c.a., allo Stato Limite di Esercizio e allo Stato Limite Ultimo sono state condotte per mezzo del codice RC-Sec (Geostru – 2011.4.0.217).

Nel seguito si riportano le verifiche svolte, sia in forma grafica con rappresentazione della distribuzione delle tensioni in condizioni ultime, sia in forma numerica con un estratto dell'output di verifica.

Convenzionalmente il codice considera positivo lo sforzo normale di compressione.

12.1 Pali $\Phi 1000$

Le verifiche sono condotte per tutte le terne di sollecitazioni espresse in Tabella 13 e qui richiamate.

	Nmax [kN]	Nmin [kN]	Mmax [kNm] (*)	Tmax [kN] (**)
SLE	840.3	174.5	802.5	304.8
SLU	1170.8	27.6	1269.2	496.6
SLV+	1688.3	-482.9	1827.4	706.8
SLV-	1646.3	-502.6	1789.2	689.1

(*) Il momento massimo è a testa palo
 (**) Il taglio massimo è a 3.0 m da testa palo

Si prevede la seguente armatura di calcolo nelle sezioni maggiormente sollecitate:

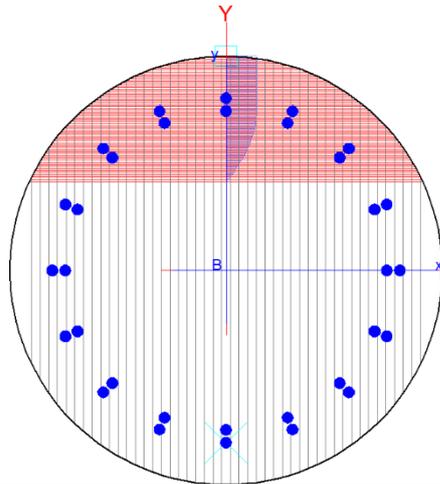
- Ferri longitudinali: 16+16 Φ 26
- Spirale: Φ 10/10

La Figura 29 mostra la schermata del codice di verifica per la combinazione maggiormente critica, evidenziando la geometria della sezione, le armature longitudinali di calcolo e la distribuzione delle tensioni in condizioni ultime.

Il tabulato successivo mostra i risultati di dettaglio di tutte le verifiche effettuate (il significato della terminologia utilizzata è riportato in Appendice E).

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id.doc. REL	N.prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 49 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	---------------------------

Nome sezione: palo D1000 Comb. n. 4 (S.L.U.)
 Coprif. netto minimo barre long.: 8.5 cm Coprif. netto staffe: 7.5 cm



Legenda

● 32 Ø 26 tensioni normali

Af tot = 169.90
(2.16 %)

sezione verificata

Tipo Combinazione	N.Comb.	Comb. Non
S.L.U. Comb.Ultime (Calcolo Resistenza)	6	
S.L.E. Comb. Rare (Esercizio)	2	
S.L.E. Comb. Frequenti (Esercizio)	0	
S.L.E. Comb. Quasi Permanenti (Esercizio)	0	

Combinazione N° 4 COMBINAZIONE VERIFICATA

Fless.Composta (S.L.U.): Misura secur.=1.102 [OK se > 1.0]

Sforzi assegnati	Sforzi ultimi (assi princ. inerzia)	Deform
N = -482.90 kN	N ult = -482.77 kN	Def.ma
Mx = 1827.40 kNm	Mx ult = 2014.64 kNm	Def.mi
My = 0.00 kNm	My ult = 0.00 kNm	Def.3/
		Def.ma
	Curv.Ultima=0.000119331 1/cm	Def.mi
	Curv.Snerv.=0.000034991 1/cm	Asse
	A _{st} tot = 169.9 cm ²	staff

Taglio (S.L.U.): Misura sicurezza = 0.470 [OK se <= 1.0]

Sforzi Dati/Ultimi	Staffe di Comb.	Staffe Inviluppo
TAGLIO:	Staffe: Af= 10.37	Staffe: As St =
Vy = 706.80 kN	Diam.Staffe:Ø10 mm	Diam.Staffe:Ø10 mm
V _{Sdu} = 706.80 kN	Passo Staffe = 25.0	Passo Staffe = 10.0
VR _{cd} = 1504.56 kN		
VR _{wd} = 1070.53 kN		
bw = 88.5 cm		

Figura 29 – Pali D=1000 mm. Verifica condizione maggiormente critica

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: palo D1000

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30		
	Resis. compr. di calcolo fcd:	14.160	MPa	
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080	MPa	
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020		
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035		
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo		
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa	
	Coeff. di Poisson:	0.20		
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.0		
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.0		
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Rare:	Non prevista	mm	
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
		Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
		Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
Resist. snerv. di calcolo fyd:		391.30	MPa	
Resist. ultima di calcolo ftd:		391.30	MPa	
Deform. ultima di calcolo Epu:		0.068		
Modulo Elastico Ef		200000	daN/cm ²	
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito		
Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :		1.00		
Coeff. Aderenza differito β1*β2 :	0.50			
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa		

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 50 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	1170.80	1269.20	0.00	496.60	0.00
2	27.60	1269.20	0.00	496.60	0.00
3	1688.30	1827.40	0.00	706.80	0.00
4	-482.90	1827.40	0.00	706.80	0.00
5	1646.30	1789.20	0.00	689.10	0.00
6	-502.60	1789.20	0.00	689.10	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N°Comb.	N	Mx	My
1	840.30	802.50	0.00
2	174.50	802.50	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	1170.80	1269.20	0.00	1170.80	2314.42	0.00	1.824	----
2	S	27.60	1269.20	0.00	27.66	2131.31	0.00	1.679	----
3	S	1688.30	1827.40	0.00	1688.43	2388.77	0.00	1.307	----
4	S	-482.90	1827.40	0.00	-482.77	2014.64	0.00	1.102	95.6
5	S	1646.30	1789.20	0.00	1646.34	2382.86	0.00	1.332	----
6	S	-502.60	1789.20	0.00	-502.63	2010.02	0.00	1.123	95.6

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

N°Comb	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast	A.Eff
1	S	496.60	1690.43	1057.91	76.5	91.0	21.80°	1.105	7.4	15.7
2	S	496.60	1521.82	1063.98	76.9	89.8	21.80°	1.002	7.3	15.7
3	S	706.80	1771.68	1052.65	76.1	92.0	21.80°	1.152	10.5	15.7
4	S	706.80	1504.56	1070.53	77.4	88.5	21.80°	1.000	10.4	15.7
5	S	689.10	1765.87	1052.65	76.1	92.0	21.80°	1.148	10.3	15.7
6	S	689.10	1489.22	1077.34	77.9	87.0	21.80°	1.000	10.0	15.7

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min
1	S	9.11	0.0	0.0	-151.0	0.0	-40.2
2	S	8.94	0.0	0.0	-193.5	0.0	-40.2

12.2 Paramento in elevazione

Le verifiche sono condotte per tutte le terne di sollecitazioni esposte in Tabella 7 e qui richiamate.

Azioni interne paramento	N [kN/m]	T [kN/m]	M [kNm/m]
SLE	63.4	162.8	113.8
SLU	63.4	245.9	127.6
SLV+	65.8	375.2	351.5
SLV-	60.9	370.5	362.5

Si prevede la seguente armatura di calcolo:

- Ferri longitudinali lato monte: 20Ø20
- Ferri longitudinali lato valle: 16Ø20
- Armatura a taglio: non necessaria

La Figura 29 mostra la schermata del codice di verifica per la combinazione maggiormente critica, evidenziando la geometria della sezione, le armature longitudinali di calcolo e la distribuzione delle tensioni in condizioni ultime.

Il tabulato successivo mostra i risultati di dettaglio di tutte le verifiche effettuate (il significato della terminologia utilizzata è riportato in Appendice E).

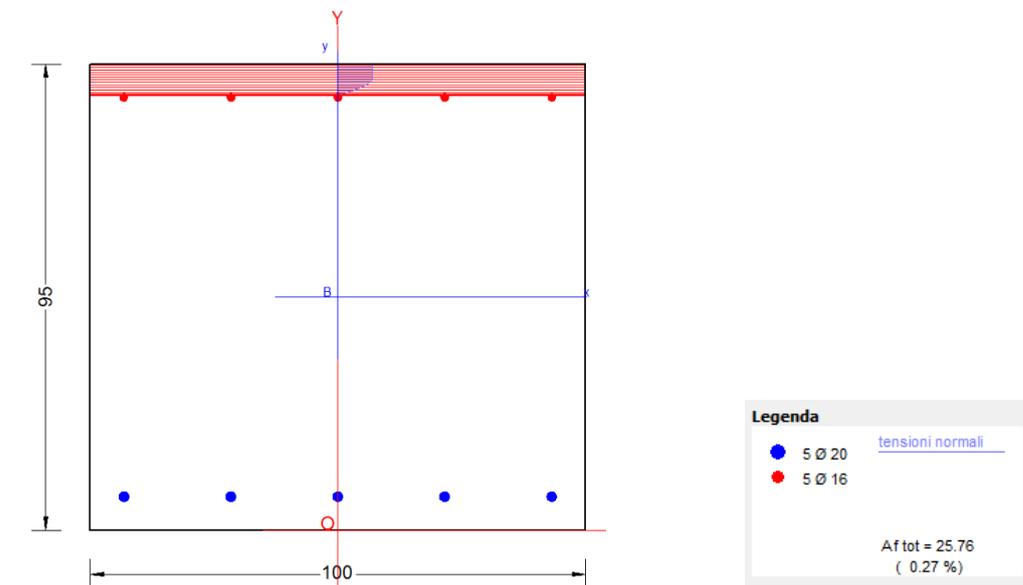


Figura 30 – Paramento in elevazione. Verifica condizione maggiormente critica

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: muro_elevazione

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resistenza compress. di calcolo fcd:	14.16 MPa	
	Resistenza compress. ridotta fcd':	7.080 MPa	
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa	
	Coeff. di Poisson:	0.20	
	Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa	
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.0	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	15.000 MPa	
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Rare:	Non prevista mm	
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
		Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00 MPa
Resist. caratt. a rottura ftk:		450.00 MPa	
Resist. a snerv. di calcolo fyd:		391.30 MPa	
Resist. ultima di calcolo ftd:		391.30 MPa	
Deform. ultima di calcolo Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef:		200000.0 MPa	
Diagramma tensioni-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1*\beta_2$:		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$:		0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	360.00 MPa		

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	63.40	127.60	245.90	0.00
2	65.80	351.50	375.20	0.00
3	60.90	362.50	370.50	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N°Comb.	N	Mx
1	63.40	113.80

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

N°Comb	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yn	M sn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	63.40	127.60	63.66	556.49	4.351	88.6	529.28	---	---	---
2	S	65.80	351.50	65.78	557.37	1.585	88.6	530.20	---	---	---
3	S	60.90	362.50	61.02	555.40	1.532	88.7	528.43	---	---	---

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min
1	S	1.47	95.0	0.00	73.6	-69.2	88.2

12.3 Soletta di fondazione

Il dimensionamento dell'armatura della soletta in fondazione è stato eseguito separatamente per la mensola di monte e per la mensola di valle. In particolare, l'armatura della mensola di valle è stata progettata mediante il modello tirante-puntone, essendo questa un elemento tozzo ($l < 2h$). Al contrario, la mensola di monte può essere modellata come una trave a mensola.

Mensola di valle

In Figura 31 si riporta il modello tirante-puntone utilizzato per il dimensionamento dell'armatura tesa della mensola di valle (armatura inferiore).

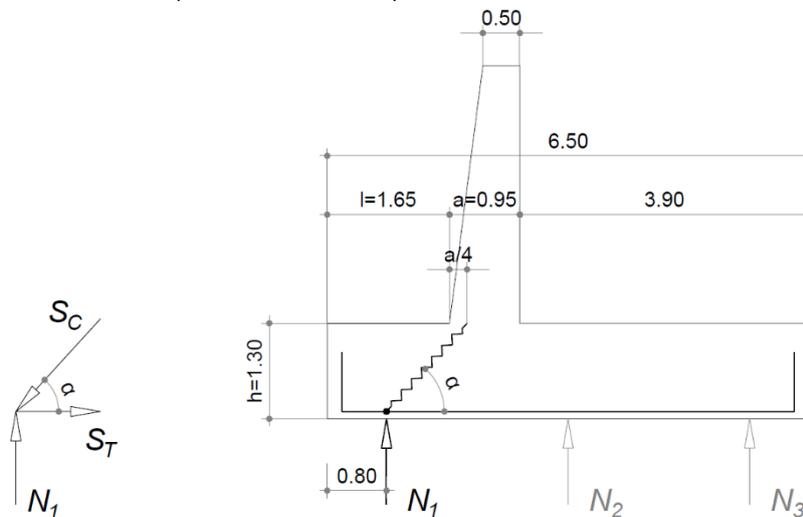


Figura 31 – Schema di calcolo per l'armatura inferiore della soletta

Lo sforzo sulla barra è pari a:

$$S_T = \frac{N_1}{\operatorname{tg} \alpha}$$

dove:

N_1 è l'azione assiale di compressione trasmessa dal palo di valle;

α è l'angolo di inclinazione della biella compressa dal piano orizzontale.

Nel caso in esame, $N_1 = 1688.3$ kN (vedasi Tabella 13) e $\alpha = 50^\circ$ circa.

Dal momento che:

$$S_T = A_s \cdot f_{yd}$$

dove:

A_s è l'area dell'armatura tesa;

f_{yd} è la resistenza allo snervamento di calcolo dell'acciaio pari a 391 MPa.

si ottiene che:

$$A_s = \frac{S_T}{f_{yd}} = \frac{N_1}{\operatorname{tg} \alpha \cdot f_{yd}}$$

L'armatura minima per metro lineare di soletta è quindi pari a $A_{s,\min} = 16.5$ cm²/m, avendo diviso

lo sforzo normale N_1 per l'interasse longitudinale dei pali pari a 2.2 m.

Pertanto, si prevede la seguente armatura di calcolo:

- Ferri longitudinali inferiori: $\varnothing 26/20$ ($A_s=26.5 \text{ cm}^2/\text{m}$)

Mensola di monte

In Figura 32 si riporta lo schema statico utilizzato per il dimensionamento dell'armatura tesa della mensola di monte (armatura superiore).

La mensola di monte infatti, potendo assimilarsi a un elemento snello, è stata modellata come una trave a mensola sollecitata dal peso proprio, dalla forza concentrata di trazione trasmessa dal palo di valle e dal carico distribuito dovuto al peso del rilevato sovrastante.

A favore di sicurezza, si trascura lo sforzo assiale del palo centrale, essendo di compressione.

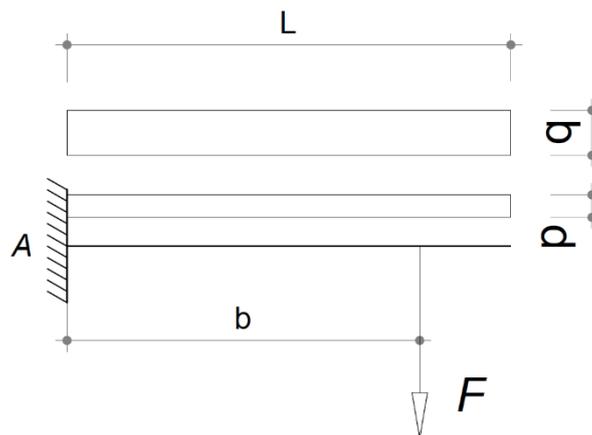


Figura 32 – Schema di calcolo per l'armatura superiore della soletta

In figura:

- F è il massimo sforzo di trazione del palo di monte, pari a 502.6 kN (vedasi Tabella 13);
 p è il peso proprio della mensola di monte;
 q è carico portato sulla mensola di monte (peso del terreno sovrastante);
 L è la lunghezza della mensola di monte, pari a 3.9 m;
 b è il braccio del palo rispetto alla sezione A, pari a 3.1 m.

Sulla mensola agiscono quindi i seguenti carichi, per metro lineare di soletta:

- peso proprio della mensola: 32.5 kN/m²
- peso del terreno sovrastante: 76 kN/m²
- forza concentrata (F/i_{pali}): 228.5 kN/m

Il massimo momento flettente vale:

$$M_{\max} = -(F \cdot b + \frac{pL^2}{2} + \frac{qL^2}{2})$$

da cui si ottiene:

$$M_{\max} = 1534 \text{ kNm/m}$$

Si prevede la seguente armatura di calcolo:

- Ferri longitudinali superiori: 26Ø10
- Armatura a taglio: fuori calcolo

La Figura 29 mostra la schermata del codice di verifica per la combinazione maggiormente critica, evidenziando la geometria della sezione, le armature longitudinali di calcolo e la distribuzione delle tensioni in condizioni ultime.

Il tabulato successivo mostra i risultati di dettaglio di tutte le verifiche effettuate (il significato della terminologia utilizzata è riportato in Appendice E).

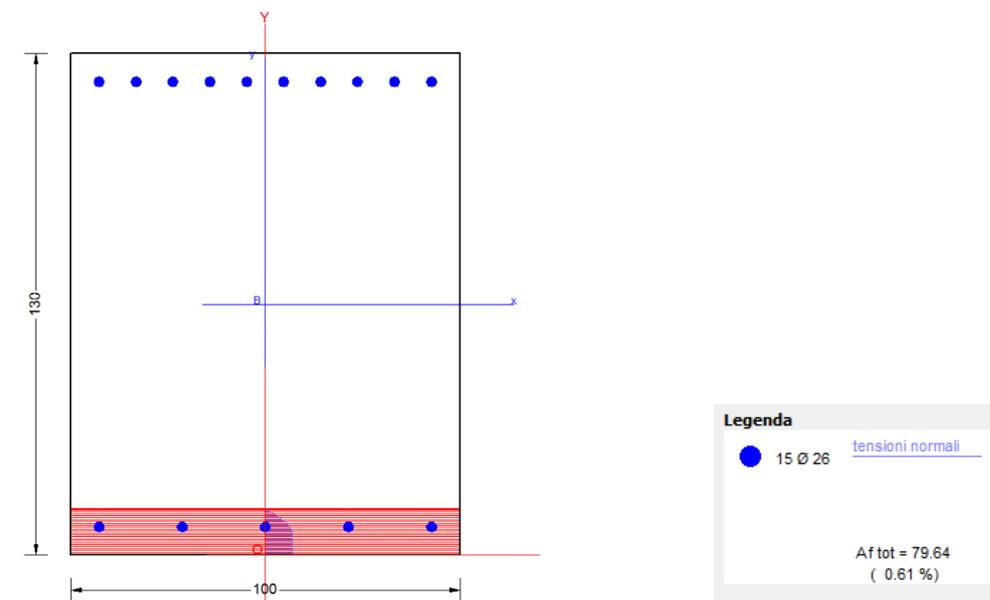


Figura 33 – Soletta di fondazione. Verifica condizione maggiormente critica



GUADRILATERO
Marche Umbria S.p.A.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 56 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: muro_mensola monte

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resistenza compress. di calcolo fcd:	14.16 MPa
	Resistenza compress. ridotta fcd':	7.080 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Coeff. di Poisson:	0.20
	Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. a snervamento fyk:		450.00 MPa
Resist. caratt. a rottura ftk:		450.00 MPa
Resist. a snerv. di calcolo fyd:		391.30 MPa
Resist. ultima di calcolo ftd:		391.30 MPa
Deform. ultima di calcolo Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef:		200000.0 MPa
Diagramma tensioni-deformaz.:		Bilineare finito

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	-1534.00	0.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

N°Comb	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yn	M sn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0.00	-1534.00	0.02	-2429.58	1.584	11.9	-2310.33	0.10	0.70	53.1

13. APPENDICE A. ANALISI DI STABILITA'. TABULATI DI CALCOLO SLIDE

13.1 Analisi stabilità rilevato senza intervento

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: 03i_Seiz. 247 (falda a p.c.).slmd - ANALISI SLE - SLE
Slide Modeler Version: 7.018
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 05/09/2016, 11:12:08

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: seconds
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

Bishop simplified
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check $\alpha < 0.2$: Yes

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 58 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m³]: 9.81
Use negative pore pressure cutoff: Yes
Maximum negative pore pressure [kPa]: 0
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Slope Search
Number of Surfaces: 10000
Upper Angle: Not Defined
Lower Angle: Not Defined
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined
Minimum Area: Not Defined
Minimum Weight: Not Defined

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Loading

- 1 Distributed Load present

Distributed Load 1

Distribution: Constant

Magnitude [kPa]: 20

Orientation: Vertical

Material Properties

Property	Rilevato	a	Ecla	Pa
Color				
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	19.5	19.5	23
Cohesion [kPa]	0.1	0.1	5	120
Friction Angle [deg]	35	14	27	35
Water Surface	None	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value		1	1	1
Ru Value	0			

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	0.792740
Center:	-20.083, 418.530
Radius:	16.863
Left Slip Surface Endpoint:	-30.081, 404.951
Right Slip Surface Endpoint:	-3.846, 413.980
Resisting Moment:	10040.7 kN-m
Driving Moment:	12665.8 kN-m
Total Slice Area:	119.984 m2
Surface Horizontal Width:	26.2355 m

Surface Average Height: 4.57333 m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 9826

Number of Invalid Surfaces: 174

Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.79274

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.04545	8.1869	-34.2139	a	0.1	14	3.08964	2.44928	9.92856	0.506088	9.42247
2	1.04545	23.4054	-30.0141	a	0.1	14	5.73757	4.5484	25.6972	7.85569	17.8415
3	1.04545	36.2129	-25.9864	a	0.1	14	7.81607	6.19611	38.4426	13.9924	24.4502
4	1.04545	47.1352	-22.093	a	0.1	14	9.45812	7.49783	48.9193	19.2483	29.671
5	1.04545	56.3885	-18.3048	a	0.1	14	10.7529	8.52423	57.4887	23.701	33.7877
6	1.04545	64.0916	-14.5981	a	0.1	14	11.7482	9.3133	64.3603	27.4078	36.9525
7	1.04545	70.3317	-10.9532	a	0.1	14	12.4786	9.89232	69.6854	30.4106	39.2748
8	1.04545	75.1716	-7.35279	a	0.1	14	12.9693	10.2813	73.5746	32.7396	40.835
9	1.04545	81.6359	-3.7815	a	0.1	14	14.1553	11.2215	79.021	34.415	44.606
10	1.04545	94.9861	-0.224923	a	0.1	14	17.5744	13.9319	90.9256	35.4489	55.4767
11	1.44661	151.628	4.01581	a	0.1	14	21.3608	16.9336	103.319	35.8029	67.5159
12	0.988713	115.688	8.17736	a	0.1	14	24.6638	19.552	113.47	35.4525	78.0178
13	0.988713	124.06	11.5894	a	0.1	14	27.0163	21.4169	119.945	34.4469	85.4978
14	0.988713	128.939	15.0439	a	0.1	14	28.4168	22.5271	122.785	32.8347	89.9498
15	0.988713	126.18	18.5555	a	0.1	14	27.7216	21.976	118.329	30.5892	87.74
16	0.988713	129.928	22.1412	a	0.1	14	29.0422	23.0229	119.613	27.6739	91.9389
17	0.988713	133.134	25.8212	a	0.1	14	30.3103	24.0282	120.011	24.0397	95.9709
18	0.988713	134.8	29.6201	a	0.1	14	31.255	24.7771	118.596	19.6217	98.9745
19	0.988713	134.752	33.5689	a	0.1	14	31.847	25.2464	115.189	14.332	100.857
20	0.988713	132.754	37.7088	a	0.1	14	32.0442	25.4027	109.534	8.05013	101.484
21	0.988713	128.47	42.0966	a	0.1	14	31.7851	25.1973	101.264	0.605061	100.659
22	1.11182	135.456	47.1387	Rilevato	0.1	35	55.2408	43.7916	62.3982	0	62.3982
23	1.11182	119.467	53.0611	Rilevato	0.1	35	43.7362	34.6714	49.3731	0	49.3731
24	1.11182	84.9655	59.9842	Rilevato	0.1	35	28.3587	22.4811	31.9635	0	31.9635
25	1.11182	31.9539	69.0538	Rilevato	0.1	35	13.0705	10.3615	14.655	0	14.655

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.79274

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	-30.0814	404.951	0	0	0
2	-29.0359	404.24	10.2828	0	0
3	-27.9905	403.636	31.7913	0	0
4	-26.945	403.126	59.5399	0	0
5	-25.8996	402.702	90.1722	0	0
6	-24.8541	402.356	121.279	0	0
7	-23.8087	402.084	151.066	0	0
8	-22.7632	401.881	178.191	0	0
9	-21.7178	401.747	201.654	0	0
10	-20.6723	401.677	221.89	0	0
11	-19.6269	401.673	240.608	0	0
12	-18.1802	401.775	260.968	0	0
13	-17.1915	401.917	269.194	0	0
14	-16.2028	402.12	271.544	0	0
15	-15.2141	402.385	266.968	0	0
16	-14.2254	402.717	255.063	0	0
17	-13.2367	403.12	235.612	0	0
18	-12.248	403.598	208.119	0	0
19	-11.2592	404.16	172.307	0	0
20	-10.2705	404.816	128.168	0	0
21	-9.28182	405.581	76.0728	0	0
22	-8.29311	406.474	16.994	0	0
23	-7.18129	407.672	3.55852	0	0
24	-6.06947	409.151	-20.8988	0	0
25	-4.95765	411.075	-50.9317	0	0
26	-3.84583	413.98	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-50	403.472
-32.2373	404.41
-28.5363	404.737
-19.4782	405.333
-7.07197	406.21
0.000326017	406.964
4.86329	407.718
10.3659	408.751
14.7272	409.667

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 62 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

18.4173	410.338
22.3939	411.164
35.0003	414.817
50	418.038

Distributed Load

X	Y
-5.21075	413.942
5.19342	414.228

External Boundary

X	Y
-50	370
50	370
50	414.388
50	418.388
35.0003	415.167
22.3939	411.514
18.4173	410.688
14.7272	410.017
13.876	409.838
6.5	414.264
-6.5	413.907
-14.8333	408.907
-15.8333	408.907
-21.4195	405.555
-28.5363	405.087
-32.2373	404.76
-50	403.822
-50	399.822
-50	392.687

Material Boundary

X	Y
-50	399.822
-32.2373	400.76
-28.5363	401.087
-19.4782	401.683
-7.07197	402.56
0.000326017	403.314
4.86329	404.068

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 63 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

10.3659	405.101
14.7272	406.017
18.4173	406.688
22.3939	407.514
28.6971	409.34
35.0003	411.167
50	414.388

Material Boundary

X	Y
-21.4195	405.555
-19.4782	405.683
-7.07197	406.56
0.000326017	407.314
4.86329	408.068
10.3659	409.101
13.876	409.838

Material Boundary

X	Y
-50	392.687
-31.9011	394.843
-4.35523	399.29
4.54311	400.665
24.0189	406.707
28.6971	409.34

13.2 Analisi stabilità rilevato con intervento di drenaggio

13.2.1 Dati di input

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: seconds
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

Bishop simplified
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check $m_{\alpha} < 0.2$: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m³]: 9.81
Use negative pore pressure cutoff: Yes
Maximum negative pore pressure [kPa]: 0
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
 Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
 Search Method: Slope Search
 Number of Surfaces: 10000
 Upper Angle: Not Defined
 Lower Angle: Not Defined
 Composite Surfaces: Disabled
 Reverse Curvature: Create Tension Crack
 Minimum Elevation: Not Defined
 Minimum Depth: Not Defined
 Minimum Area: Not Defined
 Minimum Weight: Not Defined

Material Properties

Property	Rilevato	a	Ecla	Pa
Color				
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	19.5	19.5	23
Cohesion [kPa]	0.1	0.1	5	120
Friction Angle [deg]	35	14	27	35
Water Surface	None	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value		1	1	1
Ru Value	0			

List Of Coordinates

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 66 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

Water Table

X	Y
-50	400
-32.2373	400.938
-28.5363	401.265
-19.4782	401.861
-7.07197	402.738
0.000326017	403.492
4.86329	404.245
10.3659	405.278
14.7272	406.195
18.4173	406.865
22.3939	407.692
35.0003	411.344
50	414.566

External Boundary

X	Y
-50	370
50	370
50	414.388
50	418.388
35.0003	415.167
22.3939	411.514
18.4173	410.688
14.7272	410.017
13.876	409.838
6.5	414.264
-6.5	413.907
-14.8333	408.907
-15.8333	408.907
-21.4195	405.555
-28.5363	405.087
-32.2373	404.76
-50	403.822
-50	399.822
-50	392.687

Material Boundary

X	Y
-50	399.822
-32.2373	400.76

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 67 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

-28.5363	401.087
-19.4782	401.683
-7.07197	402.56
0.000326017	403.314
4.86329	404.068
10.3659	405.101
14.7272	406.017
18.4173	406.688
22.3939	407.514
28.6971	409.34
35.0003	411.167
50	414.388

Material Boundary

X	Y
-21.4195	405.555
-19.4782	405.683
-7.07197	406.56
0.000326017	407.314
4.86329	408.068
10.3659	409.101
13.876	409.838

Material Boundary

X	Y
-50	392.687
-31.9011	394.843
-4.35523	399.29
4.54311	400.665
24.0189	406.707
28.6971	409.34

13.2.2 Analisi SLE

Project Summary

File Name: ANALISI SLE - SLE
Slide Modeler Version: 7.018
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 05/09/2016, 11:12:08

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Loading

-
- 1 Distributed Load present

Distributed Load 1

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 20
Orientation: Vertical

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	0.957032
Center:	-18.369, 417.607
Radius:	14.425
Left Slip Surface Endpoint:	-25.836, 405.265
Right Slip Surface Endpoint:	-4.411, 413.964
Resisting Moment:	8260.02 kN-m
Driving Moment:	8630.87 kN-m
Total Slice Area:	84.8681 m ²
Surface Horizontal Width:	21.4246 m

Surface Average Height: 3.96124 m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 9827

Number of Invalid Surfaces: 173

Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.957032

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.871294	4.62242	-29.1922	a	0.1	14	1.73985	1.66509	6.27724	0	6.27724
2	0.871294	13.23	-25.2954	a	0.1	14	4.6304	4.43144	17.3725	0	17.3725
3	0.871294	20.6208	-21.5208	a	0.1	14	6.98809	6.68783	26.4224	0	26.4224
4	0.871294	26.8961	-17.8423	a	0.1	14	8.89222	8.51014	33.7312	0	33.7312
5	0.871294	32.1309	-14.2387	a	0.1	14	10.3993	9.95244	39.516	0	39.516
6	0.871294	39.8967	-10.6919	a	0.1	14	12.6563	12.1125	48.1795	0	48.1795
7	0.871294	51.2928	-7.18632	a	0.1	14	15.9657	15.2797	60.8826	0	60.8826
8	0.871294	61.7898	-3.70769	a	0.1	14	18.8991	18.087	72.1419	0	72.1419
9	0.871294	71.3836	-0.24275	a	0.1	14	21.4723	20.5497	82.0192	0	82.0192
10	0.871294	80.0811	3.2213	a	0.1	14	23.7017	22.6833	90.5766	0	90.5766
11	0.871294	87.8781	6.69723	a	0.1	14	25.5976	24.4977	97.8538	0	97.8538
12	0.871294	93.5296	10.1982	a	0.1	14	26.8138	25.6617	102.522	0	102.522
13	0.871294	92.0426	13.7383	a	0.1	14	25.9716	24.8557	99.2898	0	99.2898
14	0.871294	95.2099	17.3329	a	0.1	14	26.4244	25.289	101.028	0	101.028
15	0.871294	99.1416	20.9997	a	0.1	14	27.044	25.882	103.406	0	103.406
16	0.871294	101.97	24.7594	a	0.1	14	27.3125	26.1389	104.436	0	104.436
17	0.871294	103.597	28.6373	a	0.1	14	27.21	26.0408	104.043	0	104.043
18	0.871294	103.893	32.6652	a	0.1	14	26.7083	25.5607	102.117	0	102.117
19	0.871294	102.676	36.885	a	0.1	14	25.7679	24.6607	98.5079	0	98.5079
20	0.811674	92.8936	41.1916	Rilevato	0.1	35	51.1127	48.9165	69.7172	0	69.7172
21	0.811674	88.2965	45.6404	Rilevato	0.1	35	45.5885	43.6297	62.1668	0	62.1668
22	0.811674	81.4787	50.4807	Rilevato	0.1	35	38.9792	37.3043	53.1333	0	53.1333
23	0.811674	70.4311	55.8905	Rilevato	0.1	35	30.57	29.2565	41.6398	0	41.6398
24	0.811674	49.2423	62.2278	Rilevato	0.1	35	18.6216	17.8215	25.3089	0	25.3089
25	0.811674	18.4564	70.5319	Rilevato	0.1	35	10.1504	9.71428	13.7306	0	13.7306

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.957032

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	-25.836	405.265	0	0	0
2	-24.9647	404.778	4.57156	0	0
3	-24.0934	404.366	15.7593	0	0
4	-23.2221	404.023	30.9257	0	0
5	-22.3508	403.742	48.133	0	0
6	-21.4795	403.521	65.9302	0	0
7	-20.6082	403.357	84.8827	0	0
8	-19.7369	403.247	105.481	0	0
9	-18.8656	403.19	126.02	0	0
10	-17.9943	403.187	145.03	0	0
11	-17.123	403.236	161.239	0	0
12	-16.2518	403.338	173.529	0	0
13	-15.3805	403.495	180.821	0	0
14	-14.5092	403.708	182.298	0	0
15	-13.6379	403.98	177.848	0	0
16	-12.7666	404.314	166.825	0	0
17	-11.8953	404.716	148.654	0	0
18	-11.024	405.192	122.859	0	0
19	-10.1527	405.75	89.084	0	0
20	-9.2814	406.404	47.1268	0	0
21	-8.46972	407.114	39.0872	0	0
22	-7.65805	407.944	24.488	0	0
23	-6.84638	408.928	3.84334	0	0
24	-6.0347	410.127	-21.2467	0	0
25	-5.22303	411.668	-45.1413	0	0
26	-4.41135	413.964	0	0	0

List Of Coordinates

Distributed Load

X	Y
-5.21075	413.942
5.19342	414.228

13.2.3 Analisi SLU

Project Summary

File Name: ANALISI SLU - A2+M2 (SLU statica)
 Slide Modeler Version: 7.018
 Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 Date Created: 05/09/2016, 11:12:08

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
 Time Units: seconds
 Permeability Units: meters/second
 Failure Direction: Right to Left
 Data Output: Standard
 Maximum Material Properties: 20
 Maximum Support Properties: 20

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
 Name: A2+M2 statica

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1

Compressive strength	1.1
Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Seismic

Advanced seismic analysis: No
 Staged pseudostatic analysis: No

Loading

- 1 Distributed Load present

Distributed Load 1

Distribution: Constant
 Magnitude [kPa]: 20
 Orientation: Vertical
 Load Action: Variable

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	0.763999
Center:	-17.540, 417.625
Radius:	14.387
Left Slip Surface Endpoint:	-24.994, 405.320
Right Slip Surface Endpoint:	-3.620, 413.986
Resisting Moment:	7177.42 kN-m
Driving Moment:	9394.54 kN-m
Total Slice Area:	90.6583 m ²
Surface Horizontal Width:	21.374 m
Surface Average Height:	4.24153 m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 9827

Number of Invalid Surfaces: 173

Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.763999

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.870021	4.61406	-29.2226	a	0.08	11.2803	1.74339	1.33195	6.27664	0	6.27664
2	0.870021	13.2055	-25.3204	a	0.08	11.2803	4.63933	3.54444	17.3689	0	17.3689
3	0.870021	20.5817	-21.5407	a	0.08	11.2803	7.00089	5.34867	26.4143	0	26.4143
4	0.870021	26.8438	-17.8575	a	0.08	11.2803	8.90772	6.80549	33.7181	0	33.7181
5	0.870021	35.2782	-14.2494	a	0.08	11.2803	11.4485	8.74667	43.4501	0	43.4501
6	0.870021	47.5569	-10.6985	a	0.08	11.2803	15.1199	11.5516	57.5124	0	57.5124
7	0.870021	58.9397	-7.18876	a	0.08	11.2803	18.396	14.0545	70.0607	0	70.0607
8	0.870021	69.4049	-3.70609	a	0.08	11.2803	21.2911	16.2664	81.1501	0	81.1501
9	0.870021	78.9697	0.237138	a	0.08	11.2803	23.8276	18.2043	90.866	0	90.866
10	0.870021	87.6398	3.23094	a	0.08	11.2803	26.0211	19.8801	99.2671	0	99.2671
11	0.870021	94.4059	6.71097	a	0.08	11.2803	27.5884	21.0775	105.27	0	105.27
12	0.870021	93.9224	10.2162	a	0.08	11.2803	27.0203	20.6435	103.095	0	103.095
13	0.870021	97.7478	13.7606	a	0.08	11.2803	27.6714	21.1409	105.589	0	105.589
14	0.870021	102.69	17.3598	a	0.08	11.2803	28.5913	21.8437	109.112	0	109.112
15	0.870021	106.602	21.0316	a	0.08	11.2803	29.1715	22.287	111.335	0	111.335
16	0.870021	109.411	24.7966	a	0.08	11.2803	29.3982	22.4602	112.203	0	112.203
17	0.870021	111.021	28.6804	a	0.08	11.2803	29.251	22.3477	111.639	0	111.639
18	0.870021	111.299	32.7149	a	0.08	11.2803	28.7003	21.927	109.529	0	109.529
19	0.870021	110.065	36.9424	a	0.08	11.2803	27.7053	21.1668	105.718	0	105.718
20	0.807265	99.3736	41.2489	Rilevato	0.08	29.2561	55.0429	42.0527	74.929	0	74.929
21	0.807265	94.8034	45.6891	Rilevato	0.08	29.2561	49.277	37.6476	67.0651	0	67.0651
22	0.807265	86.8365	50.5197	Rilevato	0.08	29.2561	41.8244	31.9538	56.9006	0	56.9006
23	0.807265	70.3501	55.9184	Rilevato	0.08	29.2561	30.7479	23.4914	41.7938	0	41.7938
24	0.807265	48.694	62.2415	Rilevato	0.08	29.2561	26.2876	20.0837	35.7103	0	35.7103
25	0.807265	18.2455	70.5211	Rilevato	0.08	29.2561	11.649	8.89981	15.745	0	15.745

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.763999

Slice	X	Y	Interslice	Interslice	Interslice

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 74 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

Number	coordinate [m]	coordinate - Bottom [m]	Normal Force [kN]	Shear Force [kN]	Force Angle [degrees]
1	-24.9943	405.32	0	0	0
2	-24.1242	404.833	4.56844	0	0
3	-23.2542	404.422	15.7461	0	0
4	-22.3842	404.078	30.8958	0	0
5	-21.5142	403.798	48.0808	0	0
6	-20.6442	403.577	67.621	0	0
7	-19.7741	403.413	90.2017	0	0
8	-18.9041	403.303	113.862	0	0
9	-18.0341	403.247	136.92	0	0
10	-17.1641	403.243	157.936	0	0
11	-16.2941	403.292	175.652	0	0
12	-15.424	403.395	188.829	0	0
13	-14.554	403.551	196.124	0	0
14	-13.684	403.764	197.652	0	0
15	-12.814	404.036	192.8	0	0
16	-11.944	404.371	180.884	0	0
17	-11.0739	404.773	161.309	0	0
18	-10.2039	405.249	133.573	0	0
19	-9.3339	405.808	97.2793	0	0
20	-8.46388	406.462	52.1692	0	0
21	-7.65661	407.17	43.4678	0	0
22	-6.84934	407.997	27.708	0	0
23	-6.04208	408.977	5.64045	0	0
24	-5.23481	410.17	-19.4552	0	0
25	-4.42755	411.704	-53.0505	0	0
26	-3.62028	413.986	0	0	0

List Of Coordinates

Distributed Load

X	Y
-5.21075	413.942
5.19342	414.228

13.2.4 Analisi SLV+

Project Summary

File Name: ANALISI SLU - A2+M2 (SLV sismica +)
 Slide Modeler Version: 7.018
 Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 Date Created: 05/09/2016, 11:12:08

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
 Name: A2+M2 sismica

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1
Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Seismic

Advanced seismic analysis: No
 Staged pseudostatic analysis: No

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.07

Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.035

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	0.654037
Center:	-19.574, 418.559
Radius:	14.793
Left Slip Surface Endpoint:	-26.036, 405.252
Right Slip Surface Endpoint:	-5.523, 413.934
Resisting Moment:	5335.89 kN-m
Driving Moment:	8158.4 kN-m
Total Slice Area:	64.0406 m ²
Surface Horizontal Width:	20.5134 m
Surface Average Height:	3.12188 m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 9945

Number of Invalid Surfaces: 55

Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.654037

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.81546	3.33627	-24.1694	a	0.08	11.2803	1.63639	1.07026	4.96465	0	4.96465
2	0.81546	9.55545	-20.7493	a	0.08	11.2803	4.31693	2.82343	13.7542	0	13.7542
3	0.81546	14.8974	-17.4051	a	0.08	11.2803	6.50732	4.25603	20.9364	0	20.9364
4	0.81546	19.4142	-14.1213	a	0.08	11.2803	8.26782	5.40746	26.7091	0	26.7091

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id.doc. REL	N.prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 77 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	---------------------------

5	0.81546	23.1453	-10.8844	a	0.08	11.2803	9.64358	6.30726	31.2203	0	31.2203
6	0.81546	26.5272	-7.68236	a	0.08	11.2803	10.8335	7.08551	35.122	0	35.122
7	0.81546	34.3167	-4.50438	a	0.08	11.2803	13.7335	8.98224	44.6312	0	44.6312
8	0.81546	42.9367	-1.34028	a	0.08	11.2803	16.8617	11.0282	54.8884	0	54.8884
9	0.81546	50.8392	1.81972	a	0.08	11.2803	19.612	12.827	63.9067	0	63.9067
10	0.81546	58.0236	4.98529	a	0.08	11.2803	22	14.3888	71.7367	0	71.7367
11	0.81546	64.4837	8.16624	a	0.08	11.2803	24.0364	15.7207	78.4145	0	78.4145
12	0.81546	70.2051	11.3728	a	0.08	11.2803	25.7279	16.827	83.9605	0	83.9605
13	0.81546	74.2147	14.6161	a	0.08	11.2803	26.7349	17.4856	87.2628	0	87.2628
14	0.81546	71.7237	17.9081	a	0.08	11.2803	25.3963	16.6101	82.8734	0	82.8734
15	0.81546	72.8891	21.2627	a	0.08	11.2803	25.3452	16.5767	82.7059	0	82.7059
16	0.81546	75.3408	24.696	a	0.08	11.2803	25.701	16.8094	83.8726	0	83.8726
17	0.81546	76.8351	28.227	a	0.08	11.2803	25.6828	16.7975	83.8128	0	83.8128
18	0.81546	77.2785	31.8797	a	0.08	11.2803	25.2692	16.527	82.4569	0	82.4569
19	0.833594	78.1122	35.7287	Rilevato	0.08	29.2561	51.5868	33.7397	60.0887	0	60.0887
20	0.833594	75.6586	39.8199	Rilevato	0.08	29.2561	47.1213	30.8191	54.8751	0	54.8751
21	0.833594	71.4524	44.1735	Rilevato	0.08	29.2561	41.6476	27.2391	48.484	0	48.484
22	0.833594	65.0798	48.8802	Rilevato	0.08	29.2561	35.094	22.9528	40.8322	0	40.8322
23	0.833594	55.8629	54.089	Rilevato	0.08	29.2561	27.357	17.8925	31.7986	0	31.7986
24	0.833594	42.4127	60.0806	Rilevato	0.08	29.2561	18.2372	11.9278	21.1504	0	21.1504
25	0.833594	16.6266	67.55	Rilevato	0.08	29.2561	5.81614	3.80397	6.648	0	6.648

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.654037

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	-26.0361	405.252	0	0	0
2	-25.2206	404.886	2.91012	0	0
3	-24.4052	404.577	9.99062	0	0
4	-23.5897	404.321	19.5759	0	0
5	-22.7742	404.116	30.4	0	0
6	-21.9588	403.959	41.4943	0	0
7	-21.1433	403.849	52.2847	0	0
8	-20.3279	403.785	63.8849	0	0
9	-19.5124	403.766	75.5982	0	0
10	-18.6969	403.792	86.2853	0	0
11	-17.8815	403.863	94.9586	0	0
12	-17.066	403.98	100.758	0	0
13	-16.2506	404.144	102.932	0	0
14	-15.4351	404.357	100.857	0	0
15	-14.6196	404.62	94.5897	0	0
16	-13.8042	404.937	83.793	0	0
17	-12.9887	405.312	67.9055	0	0
18	-12.1733	405.75	46.6626	0	0

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 78 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

19	-11.3578	406.257	19.9213	0	0
20	-10.5242	406.857	21.1795	0	0
21	-9.69062	407.552	16.8005	0	0
22	-8.85702	408.362	7.05154	0	0
23	-8.02343	409.317	-7.40748	0	0
24	-7.18983	410.468	-25.2468	0	0
25	-6.35624	411.916	-43.7371	0	0
26	-5.52265	413.934	0	0	0

13.2.5 Analisi SLV-

Project Summary

File Name: ANALISI SLU - A2+M2 (SLV sismica +)
 Slide Modeler Version: 7.018
 Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 Date Created: 05/09/2016, 11:12:08

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
 Name: A2+M2 sismica

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1
Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Seismic

Advanced seismic analysis: No
 Staged pseudostatic analysis: No

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.07

Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.035

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	0.654037
Center:	-19.574, 418.559
Radius:	14.793
Left Slip Surface Endpoint:	-26.036, 405.252
Right Slip Surface Endpoint:	-5.523, 413.934
Resisting Moment:	5335.89 kN-m
Driving Moment:	8158.4 kN-m
Total Slice Area:	64.0406 m ²
Surface Horizontal Width:	20.5134 m
Surface Average Height:	3.12188 m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 9945

Number of Invalid Surfaces: 55

Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.654037

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.81546	3.33627	-24.1694	a	0.08	11.2803	1.63639	1.07026	4.96465	0	4.96465
2	0.81546	9.55545	-20.7493	a	0.08	11.2803	4.31693	2.82343	13.7542	0	13.7542
3	0.81546	14.8974	-17.4051	a	0.08	11.2803	6.50732	4.25603	20.9364	0	20.9364
4	0.81546	19.4142	-14.1213	a	0.08	11.2803	8.26782	5.40746	26.7091	0	26.7091

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id.doc. REL	N.prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 81 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	---------------------------

5	0.81546	23.1453	-10.8844	a	0.08	11.2803	9.64358	6.30726	31.2203	0	31.2203
6	0.81546	26.5272	-7.68236	a	0.08	11.2803	10.8335	7.08551	35.122	0	35.122
7	0.81546	34.3167	-4.50438	a	0.08	11.2803	13.7335	8.98224	44.6312	0	44.6312
8	0.81546	42.9367	-1.34028	a	0.08	11.2803	16.8617	11.0282	54.8884	0	54.8884
9	0.81546	50.8392	1.81972	a	0.08	11.2803	19.612	12.827	63.9067	0	63.9067
10	0.81546	58.0236	4.98529	a	0.08	11.2803	22	14.3888	71.7367	0	71.7367
11	0.81546	64.4837	8.16624	a	0.08	11.2803	24.0364	15.7207	78.4145	0	78.4145
12	0.81546	70.2051	11.3728	a	0.08	11.2803	25.7279	16.827	83.9605	0	83.9605
13	0.81546	74.2147	14.6161	a	0.08	11.2803	26.7349	17.4856	87.2628	0	87.2628
14	0.81546	71.7237	17.9081	a	0.08	11.2803	25.3963	16.6101	82.8734	0	82.8734
15	0.81546	72.8891	21.2627	a	0.08	11.2803	25.3452	16.5767	82.7059	0	82.7059
16	0.81546	75.3408	24.696	a	0.08	11.2803	25.701	16.8094	83.8726	0	83.8726
17	0.81546	76.8351	28.227	a	0.08	11.2803	25.6828	16.7975	83.8128	0	83.8128
18	0.81546	77.2785	31.8797	a	0.08	11.2803	25.2692	16.527	82.4569	0	82.4569
19	0.833594	78.1122	35.7287	Rilevato	0.08	29.2561	51.5868	33.7397	60.0887	0	60.0887
20	0.833594	75.6586	39.8199	Rilevato	0.08	29.2561	47.1213	30.8191	54.8751	0	54.8751
21	0.833594	71.4524	44.1735	Rilevato	0.08	29.2561	41.6476	27.2391	48.484	0	48.484
22	0.833594	65.0798	48.8802	Rilevato	0.08	29.2561	35.094	22.9528	40.8322	0	40.8322
23	0.833594	55.8629	54.089	Rilevato	0.08	29.2561	27.357	17.8925	31.7986	0	31.7986
24	0.833594	42.4127	60.0806	Rilevato	0.08	29.2561	18.2372	11.9278	21.1504	0	21.1504
25	0.833594	16.6266	67.55	Rilevato	0.08	29.2561	5.81614	3.80397	6.648	0	6.648

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.654037

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	-26.0361	405.252	0	0	0
2	-25.2206	404.886	2.91012	0	0
3	-24.4052	404.577	9.99062	0	0
4	-23.5897	404.321	19.5759	0	0
5	-22.7742	404.116	30.4	0	0
6	-21.9588	403.959	41.4943	0	0
7	-21.1433	403.849	52.2847	0	0
8	-20.3279	403.785	63.8849	0	0
9	-19.5124	403.766	75.5982	0	0
10	-18.6969	403.792	86.2853	0	0
11	-17.8815	403.863	94.9586	0	0
12	-17.066	403.98	100.758	0	0
13	-16.2506	404.144	102.932	0	0
14	-15.4351	404.357	100.857	0	0
15	-14.6196	404.62	94.5897	0	0
16	-13.8042	404.937	83.793	0	0
17	-12.9887	405.312	67.9055	0	0
18	-12.1733	405.75	46.6626	0	0



QUADRILATERO
Marche Umbria S.p.A.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 82 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

19	-11.3578	406.257	19.9213	0	0
20	-10.5242	406.857	21.1795	0	0
21	-9.69062	407.552	16.8005	0	0
22	-8.85702	408.362	7.05154	0	0
23	-8.02343	409.317	-7.40748	0	0
24	-7.18983	410.468	-25.2468	0	0
25	-6.35624	411.916	-43.7371	0	0
26	-5.52265	413.934	0	0	0

13.3 Determinazione delle spinjtte necessarie a stabilizzare il pendio

13.3.1 Dati di input

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: seconds
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

Bishop simplified
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check $m_{\alpha} < 0.2$: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m³]: 9.81
Use negative pore pressure cutoff: Yes
Maximum negative pore pressure [kPa]: 0
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
 Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
 Search Method: Slope Search
 Number of Surfaces: 10000
 Upper Angle: Not Defined
 Lower Angle: Not Defined
 Composite Surfaces: Disabled
 Reverse Curvature: Create Tension Crack
 Minimum Elevation: Not Defined
 Minimum Depth: Not Defined
 Minimum Area: Not Defined
 Minimum Weight: Not Defined

Material Properties

Property	Rilevato	a	Ecla	Pa
Color				
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	19.5	19.5	23
Cohesion [kPa]	0.1	0.1	5	120
Friction Angle [deg]	35	14	27	35
Water Surface	None	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value		1	1	1
Ru Value	0			

List Of Coordinates

Water Table

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 85 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

X	Y
-50	401.677
-32.2373	402.615
-28.5363	402.942
-19.4782	403.538
-7.07197	404.415
0.000326017	405.169
4.86329	405.922
10.3659	406.955
14.7272	407.872
18.4173	408.542
22.3939	409.369
35.0003	413.021
50	416.243

External Boundary

X	Y
-50	370
50	370
50	414.388
50	418.388
35.0003	415.167
22.3939	411.514
18.4173	410.688
14.7272	410.017
13.876	409.838
6.5	414.264
-6.5	413.907
-14.8333	408.907
-15.8333	408.907
-21.3	405.555
-21.4195	401.683
-50	399.822
-50	392.687

Material Boundary

X	Y
-21.4195	401.683
-7.07197	402.56
0.000326017	403.314
4.86329	404.068
10.3659	405.101
14.7272	406.017

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 86 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

18.4173	406.688
22.3939	407.514
28.6971	409.34
35.0003	411.167
50	414.388

Material Boundary

X	Y
-21.3	405.555
-19.4782	405.683
-7.07197	406.56
0.000326017	407.314
4.86329	408.068
10.3659	409.101
13.876	409.838

Material Boundary

X	Y
-50	392.687
-31.9011	394.843
-4.35523	399.29
4.54311	400.665
24.0189	406.707
28.6971	409.34

13.3.2 Analisi SLE

Project Summary

File Name: ANALISI SLE - SLE
Slide Modeler Version: 7.018
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 05/09/2016, 11:12:08

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Loading

-
- 1 Distributed Load present

Distributed Load 1

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 20
Orientation: Vertical

Back Analysis

Required Factor of Safety: 1
Reinforcement Load Elevation: 403.6 m
bishop simplified Active Force: 260.177 kN
Center (-22.362, 424.762) Radius 23.075
bishop simplified Passive Force: 260.177 kN
Center (-22.362, 424.762) Radius 23.075

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	0.544225
Center:	-42.009, 443.406
Radius:	46.428
Left Slip Surface Endpoint:	-21.416, 401.795
Right Slip Surface Endpoint:	-6.149, 413.917
Left Slope Intercept:	-21.416 403.410
Right Slope Intercept:	-6.149 413.917
Resisting Moment:	11892.4 kN-m
Driving Moment:	21852 kN-m
Total Slice Area:	42.3639 m ²
Surface Horizontal Width:	15.267 m
Surface Average Height:	2.77488 m

Valid / Invalid Surfaces
Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 9997
 Number of Invalid Surfaces: 3

Slice Data
• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.544225

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.632784	42.204	26.7673	a	0.1	14	19.6079	10.6711	56.8817	14.4833	42.3984
2	0.632784	46.8621	27.6454	a	0.1	14	23.222	12.638	61.9876	11.7004	50.2872
3	0.632784	47.5905	28.5306	a	0.1	14	24.5439	13.3574	61.9684	8.79572	53.1727
4	0.632784	48.162	29.4233	a	0.1	14	25.7923	14.0368	61.677	5.77958	55.8974
5	0.632784	48.5723	30.3239	a	0.1	14	26.965	14.675	61.1097	2.65249	58.4572
6	0.632784	48.817	31.2329	a	0.1	14	27.8499	15.1566	60.3889	0	60.3889
7	0.632784	48.8915	32.1507	a	0.1	14	27.674	15.0609	60.0049	0	60.0049
8	0.632784	48.7905	33.0779	a	0.1	14	27.3962	14.9097	59.3985	0	59.3985
9	0.632784	48.4312	34.0149	a	0.1	14	26.9729	14.6793	58.4741	0	58.4741
10	0.632784	44.713	34.9624	a	0.1	14	24.7036	13.4443	53.5212	0	53.5212
11	0.632784	39.9977	35.921	a	0.1	14	21.9226	11.9308	47.4507	0	47.4507
12	0.59331	36.2042	36.8607	Rilevato	0.1	35	40.2082	21.8823	31.1083	0	31.1083

13	0.59331	35.0605	37.7815	Rilevato	0.1	35	38.3058	20.847	29.6298	0	29.6298
14	0.59331	33.7344	38.7139	Rilevato	0.1	35	36.2468	19.7264	28.0295	0	28.0295
15	0.59331	32.2188	39.6586	Rilevato	0.1	35	34.033	18.5216	26.3089	0	26.3089
16	0.59331	30.5059	40.6164	Rilevato	0.1	35	31.6667	17.2338	24.4695	0	24.4695
17	0.59331	28.5871	41.5882	Rilevato	0.1	35	29.1497	15.864	22.5133	0	22.5133
18	0.59331	26.4532	42.5748	Rilevato	0.1	35	26.4846	14.4136	20.442	0	20.442
19	0.59331	24.0937	43.5773	Rilevato	0.1	35	23.6737	12.8838	18.2572	0	18.2572
20	0.59331	21.4974	44.5968	Rilevato	0.1	35	20.7196	11.2761	15.9611	0	15.9611
21	0.59331	18.6516	45.6346	Rilevato	0.1	35	17.6252	9.59209	13.5561	0	13.5561
22	0.59331	15.5423	46.6919	Rilevato	0.1	35	14.3937	7.83339	11.0444	0	11.0444
23	0.59331	12.1539	47.7703	Rilevato	0.1	35	11.0285	6.00201	8.42894	0	8.42894
24	0.59331	8.46875	48.8716	Rilevato	0.1	35	7.53398	4.10018	5.71285	0	5.71285
25	0.59331	3.76183	49.9977	Rilevato	0.1	35	3.30834	1.80048	2.42854	0	2.42854

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.544225

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	-21.416	401.795	12.7958	0	0
2	-20.7833	402.114	6.95127	0	0
3	-20.1505	402.446	0.986172	0	0
4	-19.5177	402.79	-4.92094	0	0
5	-18.8849	403.147	-10.7386	0	0
6	-18.2521	403.517	-16.4259	0	0
7	-17.6193	403.9	-22.1121	0	0
8	-16.9866	404.298	-28.6016	0	0
9	-16.3538	404.71	-35.8816	0	0
10	-15.721	405.137	-43.9178	0	0
11	-15.0882	405.58	-52.0879	0	0
12	-14.4554	406.038	-60.0751	0	0
13	-13.8621	406.483	-50.2421	0	0
14	-13.2688	406.943	-41.318	0	0
15	-12.6755	407.419	-33.3089	0	0
16	-12.0822	407.91	-26.2132	0	0
17	-11.4889	408.419	-20.0213	0	0
18	-10.8956	408.946	-14.7149	0	0
19	-10.3022	409.491	-10.2658	0	0
20	-9.70894	410.055	-6.63598	0	0
21	-9.11563	410.64	-3.77565	0	0
22	-8.52232	411.247	-1.62257	0	0
23	-7.92901	411.876	-0.100482	0	0
24	-7.3357	412.53	0.882601	0	0
25	-6.74239	413.21	1.43639	0	0
26	-6.14908	413.917	0	0	0



GUADRILATERO
Marche Umbria S.p.A.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 90 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

List Of Coordinates

Distributed Load

X	Y
-5.21075	413.942
5.19342	414.228

13.3.3 Analisi SLU

Project Summary

File Name: ANALISI SLU - A2+M2 (SLU statica)
Slide Modeler Version: 7.018
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 05/09/2016, 11:12:08

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
Name: A2+M2 statica

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1
Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Loading

- 1 Distributed Load present

Distributed Load 1

Distribution: Constant
 Magnitude [kPa]: 20
 Orientation: Vertical
 Load Action: Variable

Back Analysis

Required Factor of Safety: 1.1
 Reinforcement Load Elevation: 403.6 m
 bishop simplified Active Force: 474.581 kN
 Center (-20.172, 427.782) Radius 25.973
 bishop simplified Passive Force: 522.039 kN
 Center (-20.172, 427.782) Radius 25.973

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	0.433175
Center:	-75.085, 485.808
Radius:	99.572
Left Slip Surface Endpoint:	-21.412, 401.940
Right Slip Surface Endpoint:	-6.192, 413.915
Left Slope Intercept:	-21.412 403.411
Right Slope Intercept:	-6.192 413.915
Resisting Moment:	16758.6 kN-m
Driving Moment:	38687.8 kN-m
Total Slice Area:	33.6607 m ²
Surface Horizontal Width:	15.2191 m
Surface Average Height:	2.21174 m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 9997

Number of Invalid Surfaces: 3

Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.433175

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.581281	36.6024	32.8172	a	0.08	11.2803	17.9632	7.78122	51.3874	12.7775	38.6099
2	0.581281	39.9813	33.2161	a	0.08	11.2803	21.1353	9.15529	54.946	9.44718	45.4988
3	0.581281	39.7654	33.6168	a	0.08	11.2803	22.1237	9.58345	53.7054	6.05998	47.6454
4	0.581281	39.4827	34.0194	a	0.08	11.2803	23.0823	9.99868	52.3471	2.61999	49.7271
5	0.581281	39.1325	34.4239	a	0.08	11.2803	23.705	10.2684	51.0796	0	51.0796
6	0.581281	38.7137	34.8304	a	0.08	11.2803	23.3672	10.1221	50.3458	0	50.3458
7	0.581281	38.2254	35.2389	a	0.08	11.2803	22.989	9.95825	49.5243	0	49.5243
8	0.581281	37.6664	35.6495	a	0.08	11.2803	22.5702	9.77685	48.6149	0	48.6149
9	0.581281	37.0358	36.0622	a	0.08	11.2803	22.1107	9.57782	47.6171	0	47.6171
10	0.581281	35.995	36.477	a	0.08	11.2803	21.411	9.27473	46.0975	0	46.0975
11	0.627087	34.0389	36.9107	Rilevato	0.08	29.2561	35.7059	15.4669	27.4686	0	27.4686
12	0.627087	29.5159	37.3633	Rilevato	0.08	29.2561	30.7234	13.3086	23.6155	0	23.6155
13	0.627087	28.065	37.8187	Rilevato	0.08	29.2561	28.9791	12.553	22.2666	0	22.2666
14	0.627087	26.6285	38.2769	Rilevato	0.08	29.2561	27.2735	11.8142	20.9478	0	20.9478
15	0.627087	25.0896	38.738	Rilevato	0.08	29.2561	25.4883	11.0409	19.5672	0	19.5672
16	0.627087	23.4463	39.2022	Rilevato	0.08	29.2561	23.6239	10.2333	18.1254	0	18.1254
17	0.627087	21.6966	39.6694	Rilevato	0.08	29.2561	21.6811	9.39171	16.6231	0	16.6231
18	0.627087	19.8382	40.1398	Rilevato	0.08	29.2561	19.6606	8.51646	15.0606	0	15.0606
19	0.627087	17.869	40.6134	Rilevato	0.08	29.2561	17.563	7.60784	13.4385	0	13.4385
20	0.627087	15.7865	41.0905	Rilevato	0.08	29.2561	15.389	6.66615	11.7575	0	11.7575
21	0.627087	13.5883	41.5711	Rilevato	0.08	29.2561	13.1395	5.6917	10.0179	0	10.0179
22	0.627087	11.2718	42.0552	Rilevato	0.08	29.2561	10.8151	4.68482	8.22046	0	8.22046
23	0.627087	8.83422	42.5431	Rilevato	0.08	29.2561	8.41655	3.64584	6.36568	0	6.36568
24	0.627087	6.27281	43.0348	Rilevato	0.08	29.2561	5.94471	2.5751	4.45421	0	4.45421
25	0.627087	3.04305	43.5305	Rilevato	0.08	29.2561	2.89924	1.25588	2.09917	0	2.09917

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.433175

Slice Number	X coordinate	Y coordinate - Bottom	Interslice Normal Force	Interslice Shear Force	Interslice Force Angle
--------------	--------------	-----------------------	-------------------------	------------------------	------------------------

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 94 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

	[m]	[m]	[kN]	[kN]	[degrees]
1	-21.4116	401.94	10.6108	0	0
2	-20.8303	402.315	1.78697	0	0
3	-20.249	402.695	-6.84366	0	0
4	-19.6677	403.082	-14.7411	0	0
5	-19.0865	403.474	-21.8663	0	0
6	-18.5052	403.872	-28.4389	0	0
7	-17.9239	404.277	-35.2222	0	0
8	-17.3426	404.687	-42.1992	0	0
9	-16.7613	405.104	-49.3512	0	0
10	-16.1801	405.528	-56.6577	0	0
11	-15.5988	405.957	-64.0261	0	0
12	-14.9717	406.428	-54.579	0	0
13	-14.3446	406.907	-46.625	0	0
14	-13.7175	407.394	-39.2953	0	0
15	-13.0904	407.889	-32.5624	0	0
16	-12.4633	408.392	-26.4269	0	0
17	-11.8363	408.903	-20.8872	0	0
18	-11.2092	409.423	-15.9396	0	0
19	-10.5821	409.952	-11.5779	0	0
20	-9.95499	410.49	-7.79352	0	0
21	-9.32791	411.037	-4.57538	0	0
22	-8.70082	411.593	-1.9097	0	0
23	-8.07373	412.159	0.220052	0	0
24	-7.44665	412.734	1.83326	0	0
25	-6.81956	413.32	2.95232	0	0
26	-6.19247	413.915	0	0	0

List Of Coordinates
Distributed Load

X	Y
-5.21075	413.942
5.19342	414.228

13.3.4 Analisi SLV+

Project Summary

File Name: ANALISI SLU - A2+M2 (SLV sismica +)
Slide Modeler Version: 7.018
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 05/09/2016, 11:12:08

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
Name: A2+M2 sismica

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1
Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Loading

 Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.07

Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.035

Back Analysis

 Required Factor of Safety: 1.1

Reinforcement Load Elevation: 403.6 m

bishop simplified Active Force: 609.555 kN

Center (-20.590, 434.072) Radius 32.228

bishop simplified Passive Force: 670.511 kN

Center (-20.590, 434.072) Radius 32.228

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	0.372145
Center:	-42.009, 443.406
Radius:	46.428
Left Slip Surface Endpoint:	-21.416, 401.795
Right Slip Surface Endpoint:	-6.149, 413.917
Left Slope Intercept:	-21.416 403.410
Right Slope Intercept:	-6.149 413.917
Resisting Moment:	9213.36 kN-m
Driving Moment:	24757.4 kN-m
Total Slice Area:	42.3639 m ²
Surface Horizontal Width:	15.267 m
Surface Average Height:	2.77488 m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 9997

Number of Invalid Surfaces: 3

Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.372145

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.632784	42.204	26.7673	a	0.08	11.2803	23.1763	8.62496	57.3233	14.4833	42.84
2	0.632784	46.8621	27.6454	a	0.08	11.2803	27.3512	10.1786	62.3296	11.7004	50.6292
3	0.632784	47.5905	28.5306	a	0.08	11.2803	28.8261	10.7275	62.1769	8.79572	53.3812
4	0.632784	48.162	29.4233	a	0.08	11.2803	30.2111	11.2429	61.7443	5.77958	55.9648
5	0.632784	48.5723	30.3239	a	0.08	11.2803	31.5033	11.7238	61.0285	2.65249	58.376
6	0.632784	48.817	31.2329	a	0.08	11.2803	32.4645	12.0815	60.1694	0	60.1694
7	0.632784	48.8915	32.1507	a	0.08	11.2803	32.2256	11.9926	59.7235	0	59.7235
8	0.632784	48.7905	33.0779	a	0.08	11.2803	31.868	11.8595	59.0563	0	59.0563
9	0.632784	48.4312	34.0149	a	0.08	11.2803	31.3415	11.6636	58.074	0	58.074
10	0.632784	44.713	34.9624	a	0.08	11.2803	28.6727	10.6704	53.0949	0	53.0949
11	0.632784	39.9977	35.921	a	0.08	11.2803	25.4158	9.45838	47.0182	0	47.0182
12	0.59331	36.2042	36.8607	Rilevato	0.08	29.2561	44.7748	16.6627	29.6031	0	29.6031
13	0.59331	35.0605	37.7815	Rilevato	0.08	29.2561	42.5979	15.8526	28.157	0	28.157
14	0.59331	33.7344	38.7139	Rilevato	0.08	29.2561	40.2529	14.9799	26.5991	0	26.5991
15	0.59331	32.2188	39.6586	Rilevato	0.08	29.2561	37.7423	14.0456	24.9312	0	24.9312
16	0.59331	30.5059	40.6164	Rilevato	0.08	29.2561	35.0691	13.0508	23.1553	0	23.1553
17	0.59331	28.5871	41.5882	Rilevato	0.08	29.2561	32.2366	11.9967	21.2736	0	21.2736
18	0.59331	26.4532	42.5748	Rilevato	0.08	29.2561	29.248	10.8845	19.288	0	19.288
19	0.59331	24.0937	43.5773	Rilevato	0.08	29.2561	26.1067	9.71546	17.201	0	17.201
20	0.59331	21.4974	44.5968	Rilevato	0.08	29.2561	22.816	8.49087	15.0149	0	15.0149
21	0.59331	18.6516	45.6346	Rilevato	0.08	29.2561	19.3801	7.2122	12.7323	0	12.7323
22	0.59331	15.5423	46.6919	Rilevato	0.08	29.2561	15.8031	5.88105	10.3559	0	10.3559
23	0.59331	12.1539	47.7703	Rilevato	0.08	29.2561	12.0899	4.49918	7.88905	0	7.88905
24	0.59331	8.46875	48.8716	Rilevato	0.08	29.2561	8.24568	3.06859	5.33518	0	5.33518
25	0.59331	3.76183	49.9977	Rilevato	0.08	29.2561	3.61381	1.34486	2.258	0	2.258

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.372145

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	-21.416	401.795	12.7958	0	0
2	-20.7833	402.114	6.23076	0	0
3	-20.1505	402.446	-0.409754	0	0

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 98 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	---------------------------

4	-19.5177	402.79	-6.89877	0	0
5	-18.8849	403.147	-13.1986	0	0
6	-18.2521	403.517	-19.2617	0	0
7	-17.6193	403.9	-25.2343	0	0
8	-16.9866	404.298	-32.0284	0	0
9	-16.3538	404.71	-39.6286	0	0
10	-15.721	405.137	-47.997	0	0
11	-15.0882	405.58	-56.4845	0	0
12	-14.4554	406.038	-64.7633	0	0
13	-13.8621	406.483	-53.9138	0	0
14	-13.2688	406.943	-44.0563	0	0
15	-12.6755	407.419	-35.1966	0	0
16	-12.0822	407.91	-27.3324	0	0
17	-11.4889	408.419	-20.4531	0	0
18	-10.8956	408.946	-14.5387	0	0
19	-10.3022	409.491	-9.55958	0	0
20	-9.70894	410.055	-5.47532	0	0
21	-9.11563	410.64	-2.23381	0	0
22	-8.52232	411.247	0.22995	0	0
23	-7.92901	411.876	1.99524	0	0
24	-7.3357	412.53	3.15733	0	0
25	-6.74239	413.21	3.82941	0	0
26	-6.14908	413.917	0	0	0

13.3.5 Analisi SLV-

Project Summary

File Name: ANALISI SLU - A2+M2 (SLV sismica -)
Slide Modeler Version: 7.018
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 05/09/2016, 11:12:08

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
Name: A2+M2 sismica

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1
Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 100 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.07

Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.035

Back Analysis

Required Factor of Safety: 1.1

Reinforcement Load Elevation: 403.6 m

bishop simplified Active Force: 582.171 kN

Center (-20.590, 434.072) Radius 32.228

bishop simplified Passive Force: 640.388 kN

Center (-20.590, 434.072) Radius 32.228

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	0.368208
Center:	-42.009, 443.406
Radius:	46.428
Left Slip Surface Endpoint:	-21.416, 401.795
Right Slip Surface Endpoint:	-6.149, 413.917
Left Slope Intercept:	-21.416 403.410
Right Slope Intercept:	-6.149 413.917
Resisting Moment:	8539.34 kN-m
Driving Moment:	23191.6 kN-m
Total Slice Area:	42.3639 m ²
Surface Horizontal Width:	15.267 m
Surface Average Height:	2.77488 m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 9997

Number of Invalid Surfaces: 3

Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.368208

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.632784	42.204	26.7673	a	0.08	11.2803	21.4032	7.88083	53.5925	14.4833	39.1092
2	0.632784	46.8621	27.6454	a	0.08	11.2803	25.3914	9.34932	58.1719	11.7004	46.4715
3	0.632784	47.5905	28.5306	a	0.08	11.2803	26.8612	9.8905	57.9805	8.79572	49.1848
4	0.632784	48.162	29.4233	a	0.08	11.2803	28.2476	10.401	57.5238	5.77958	51.7442
5	0.632784	48.5723	30.3239	a	0.08	11.2803	29.5488	10.8801	56.7985	2.65249	54.1461
6	0.632784	48.817	31.2329	a	0.08	11.2803	30.5238	11.2391	55.946	0	55.946
7	0.632784	48.8915	32.1507	a	0.08	11.2803	30.297	11.1556	55.527	0	55.527
8	0.632784	48.7905	33.0779	a	0.08	11.2803	29.9586	11.031	54.9026	0	54.9026
9	0.632784	48.4312	34.0149	a	0.08	11.2803	29.4616	10.848	53.9849	0	53.9849
10	0.632784	44.713	34.9624	a	0.08	11.2803	26.9518	9.92386	49.3519	0	49.3519
11	0.632784	39.9977	35.921	a	0.08	11.2803	23.8896	8.79635	43.6993	0	43.6993
12	0.59331	36.2042	36.8607	Rilevato	0.08	29.2561	41.9624	15.4509	27.4399	0	27.4399
13	0.59331	35.0605	37.7815	Rilevato	0.08	29.2561	39.9193	14.6986	26.0968	0	26.0968
14	0.59331	33.7344	38.7139	Rilevato	0.08	29.2561	37.7186	13.8883	24.6502	0	24.6502
15	0.59331	32.2188	39.6586	Rilevato	0.08	29.2561	35.3632	13.021	23.1021	0	23.1021
16	0.59331	30.5059	40.6164	Rilevato	0.08	29.2561	32.8559	12.0978	21.4541	0	21.4541
17	0.59331	28.5871	41.5882	Rilevato	0.08	29.2561	30.2	11.1199	19.7082	0	19.7082
18	0.59331	26.4532	42.5748	Rilevato	0.08	29.2561	27.3981	10.0882	17.8665	0	17.8665
19	0.59331	24.0937	43.5773	Rilevato	0.08	29.2561	24.4537	9.00406	15.931	0	15.931
20	0.59331	21.4974	44.5968	Rilevato	0.08	29.2561	21.3701	7.86865	13.9042	0	13.9042
21	0.59331	18.6516	45.6346	Rilevato	0.08	29.2561	18.151	6.68335	11.7882	0	11.7882
22	0.59331	15.5423	46.6919	Rilevato	0.08	29.2561	14.8004	5.44964	9.58581	0	9.58581
23	0.59331	12.1539	47.7703	Rilevato	0.08	29.2561	11.3229	4.16919	7.29995	0	7.29995
24	0.59331	8.46875	48.8716	Rilevato	0.08	29.2561	7.72346	2.84384	4.93397	0	4.93397
25	0.59331	3.76183	49.9977	Rilevato	0.08	29.2561	3.38749	1.2473	2.08385	0	2.08385

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.368208

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	-21.416	401.795	12.7958	0	0
2	-20.7833	402.114	6.29973	0	0
3	-20.1505	402.446	-0.202682	0	0

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

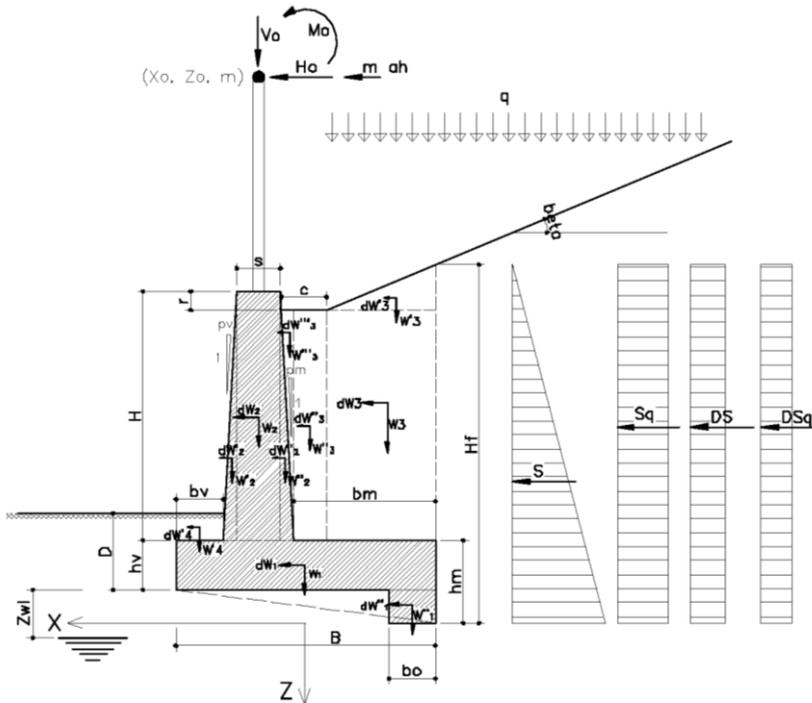
Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 102 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

4	-19.5177	402.79	-6.49136	0	0			
5	-18.8849	403.147	-12.5271	0	0			
6	-18.2521	403.517	-18.2613	0	0			
7	-17.6193	403.9	-23.8413	0	0			
8	-16.9866	404.298	-30.1867	0	0			
9	-16.3538	404.71	-37.283	0	0			
10	-15.721	405.137	-45.0947	0	0			
11	-15.0882	405.58	-53.0151	0	0			
12	-14.4554	406.038	-60.738	0	0			
13	-13.8621	406.483	-50.5946	0	0			
14	-13.2688	406.943	-41.3788	0	0			
15	-12.6755	407.419	-33.0959	0	0			
16	-12.0822	407.91	-25.7435	0	0			
17	-11.4889	408.419	-19.3115	0	0			
18	-10.8956	408.946	-13.7812	0	0			
19	-10.3022	409.491	-9.12463	0	0			
20	-9.70894	410.055	-5.30399	0	0			
21	-9.11563	410.64	-2.27044	0	0			
22	-8.52232	411.247	0.0368643	0	0			
23	-7.92901	411.876	1.69207	0	0			
24	-7.3357	412.53	2.78423	0	0			
25	-6.74239	413.21	3.41911	0	0			
26	-6.14908	413.917	0	0	0			

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id.doc. REL	N.prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 103 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------------

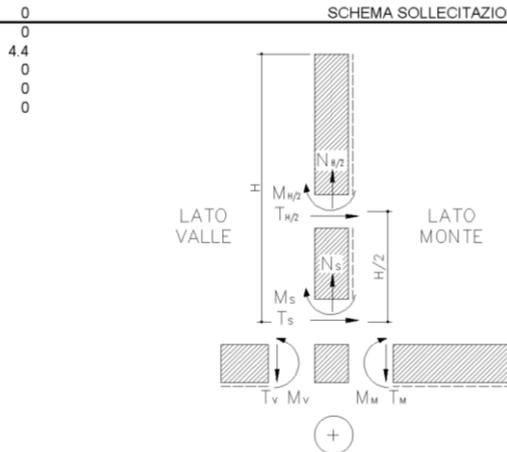
**14. APPENDICE B. ANALISI DEL MURO DI SOSTEGNO.
TABULATI DI CALCOLO**

SCHEMA DI INPUT



N.B. Se $bo \neq 0$ $hm > hv$ il dente viene posizionato a monte;
Se $bo \neq 0$ $hv > hm$ il dente viene posizionato a valle;
Se $bo = 0$ e $hm > hv$ si considera la fondazione su piano inclinato.

SCHEMA SOLLECITAZIONI



Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 104 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

14.1 Analisi SLE

MURO - Statica SLE

Pag. 13/16
06/02/2017 11:59

Caratteristiche geotecniche del terreno spingente

	Riempimento	Unità 1	Unità 2	---	---	---	
Hs [m]	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	spessore dell'unità
$\gamma_{1,K}$ [kN/m ³]	20.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno caratteristico
$\gamma_{1,P}$ [kN/m ³]	20.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno di progetto
$\phi_{1,K}$ [grad]	35.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico
$\phi_{1,P}$ [grad]	35.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio di progetto
$c_{1,K}$ [kPa]	0.0	30.0	30.0	5.0	5.0	5.0	coesione caratteristica
$c_{1,P}$ [kPa]	0.0	30.0	30.0	5.0	5.0	5.0	coesione di progetto
$\delta_{1,K}$ [grad]	35.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico muro-terreno
$\delta_{1,P}$ [grad]	35.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio muro-terreno
$z_{1,01}$ [m]	-6.3	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	quota di testa dell'unità
$z_{1,02}$ [m]	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	quota di base dell'unità

Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione

$\gamma_{1,K}$ [kN/m ³]	19.5	peso di volume del terreno caratteristico	$\gamma_{1,K}$ [-] = 1.00
$\gamma_{1,P}$ [kN/m ³]	19.5	peso di volume del terreno di progetto	
$\phi_{1,K}$ [grad]	14.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico	$\gamma_{1,K}$ [-] = 1.00
$\phi_{1,P}$ [grad]	14.0	angolo di resistenza al taglio di progetto	0.244 [rad]
$c_{1,K}$ [kPa]	0.0	coesione caratteristica	$\gamma_{1,K}$ [-] = 1.00
$c_{1,P}$ [kPa]	0.0	coesione di progetto	0.244 [rad]
$\delta_{1,K}$ [grad]	14.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico fondazione-terreno	$\gamma_{1,K}$ [-] = 1.00
$\delta_{1,P}$ [grad]	14.0	angolo di resistenza al taglio di progetto fondazione-terreno	0.244 [rad]

Falda

$\gamma_{w,K}$ [kN/m ³]	10.0	peso di volume dell'acqua caratteristico	$\gamma_{w,K}$ [-] = 1.00
$\gamma_{w,P}$ [kN/m ³]	10.0	peso di volume dell'acqua di progetto	
$z_{w,medio}$ [m]	0.30	quota della falda in fondazione (+ se sotto il piano fondazione, - se sopra il piano fondazione)	
$z_{w,medio}$ [m]	0.30	quota della falda a monte (+ se sotto il piano fondazione, - se sopra il piano fondazione)	

Caratterizzazione sismica

			statico	sismico
a_g/g [-]	0.000	accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido	0.000	0.000 [rad]
S_s [-]	0.00	fattore di amplificazione stratigrafica		
S_T [-]	0.00	fattore di amplificazione topografica		
β_{in} [-]	0.00	coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima		
K_h [-]	0.000	coefficiente sismico orizzontale		
K_v [-]	0.000	coefficiente sismico verticale (+ verso il basso, - verso l'alto)		
θ [grad]	0.00			
$H_f \times$	0.000	posizione risultante incremento spinta sismica misurata dalla base (es. Hfx0.50)		

Caratteristiche geometriche

H [m]	3.50	altezza del muro (da estradosso fondazione)	
h_w [m]	1.30	altezza della fondazione a filo monte	
h_v [m]	1.30	altezza della fondazione a filo valle	
B [m]	6.50	larghezza della fondazione	
bo [m]	0.00	larghezza del dente di fondazione (se 0.0 fondazione piana o inclinata)	
bv [m]	1.65	larghezza fondazione su cui grava il terreno di valle	
bm [m]	3.90	larghezza della ciabatta su cui grava il terreno retrostante	
s [m]	0.50	spessore del muro in elevazione	
p _v [-]	0.13	pendenza rispetto alla verticale del paramento di valle	
p _m [-]	0.00	pendenza rispetto alla verticale del paramento di monte	
c [m]	1.00	planerottolo sopra il muro	
β [grad]	31.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno	0.541 [rad]
r [m]	0.26	riato del muro sopra terreno di monte	
R [m]	0.15	ricoprimento della fondazione a valle	
D [m]	1.45	approfondimento della fondazione a valle	
HF [m]	6.28	altezza totale per determinazione delle spinte (valutata a filo fondazione lato monte)	
ψ [grad]	90.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di spinta a monte (=90° per i muri a mensola)	
$\gamma_{c1,K}$ [kN/m ³]	25.0	peso di volume del muro	$\gamma_{c1,K}$ [-] = 1.00
$\gamma_{c1,P}$ [kN/m ³]	25.0	peso di volume del muro	
i [grad]	0.0	contropendenza del piano di fondazione	0.000 [rad]

Sovraccarico accidentale

q_0 [kN/m ²]	0.0	valore caratteristico dei carichi	γ_0 [-] = 1.00
q_d [kN/m ²]	0.0	valore di progetto (cautelativamente non si considera il contributo gravante sopra la fondazione)	

Carichi concentrati

X_c [m]	-3.25	coordinata X del centro di applicazione della forza concentrata (positiva verso valle)	
Z_c [m]	-0.65	ascissa Z del centro di applicazione della forza concentrata (negativa sopra il piano di fondazione)	
V_0 [kN/m]	0.00	componente verticale della forza (positiva se verso il basso)	γ_0 [-] = 1.00
H_0 [kN/m]	65.00	componente orizzontale della forza (positiva se verso valle)	γ_0 [-] = 1.00
M_0 [kN m/m]	0.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle)	γ_0 [-] = 1.00
V_0 [kN/m]	0.00	componente verticale della forza (positiva se verso il basso)	γ_0 [-] = 1.00
H_0 [kN/m]	65.00	componente orizzontale della forza (positiva se verso valle)	
M_0 [kN m/m]	0.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle)	
X_m [m]	0.90	coordinata X del centro di applicazione della massa sismica	
Z_m [m]	-5.80	ascissa Z del centro di applicazione della massa sismica	
massa [kg/m]	0.00	massa sismica concentrata	

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 105 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

MURO - Statica SLE
Pag. 14/16
06/02/2017 11:59

Determinazione dei coefficienti di spinta

	<i>statico</i>	<i>sismico</i>		<i>statico</i>	<i>sismico</i>	
$K_h [-]$ =	0.000	0.000	<i>coefficiente sismico orizzontale</i>			
$K_v [-]$ =	0.000	0.000	<i>coefficiente sismico verticale (+ verso il basso, - verso l'alto)</i>			
ψ [grad] =	90.0	90.0	<i>inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di monte</i>			<i>statico sismico</i>
β [grad] =	31.0	31.0	<i>inclinazione rispetto all'orizzontale superficie del terrapieno</i>			1.571 1.571 [rad]
θ [grad] =	0.0	0.0				0.541 0.541 [rad]
						0.000 0.000 [rad]

	<i>Unità 1</i>		<i>Unità 2</i>		<i>Unità 3</i>		<i>Unità 4</i>		<i>Unità 5</i>		
	<i>statico</i>	<i>sismico</i>									
ϕ' [grad] =	35.0	35.0	38.0	38.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	27.0	<i>angolo di resistenza al taglio del terreno</i>
δ' [grad] =	35.0	35.0	38.0	38.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	27.0	<i>angolo di resistenza al taglio muro-terreno</i>
$k_a, k_{a_s} [-]$ =	0.481	0.481	0.392	0.392	0.392	0.392	0.891	0.891	0.891	0.891	<i>coefficiente di spinta attiva</i>

Determinazione dei coefficienti di resistenza passiva

$k_p [-]$ =	1.638	1.638	<i>coefficiente di resistenza passiva (in condizioni sismiche con attrito terra-muro nullo)</i>
$k_{p_s} [-]$ =	1	1	<i>coefficiente di resistenza passiva di progetto (calcolato con la formulazione di [Lancellotta, '07])</i>

Calcolo delle spinte e dei vari contributi

H_f [m] =	6.28	<i>altezza totale per determinazione delle spinte (valutata a filo fondazione lato monte)</i>	
H_w [m] =	0.00	<i>altezza d'acqua spingente</i>	
$S'a_s, k$ [kN/m] =	190	<i>spinta statica efficace</i>	$\gamma_{REOU} [-] = 1.00$
$S'a_s, k_s$ [kN/m] =	190	<i>spinta sismica efficace</i>	
$S'w$ [kN/m] =	0.00	<i>spinta idrostatica</i>	$\gamma_{REOU} [-] = 1.00$
γ [kN/m ³] =	19.5	<i>peso di volume del terreno reagente</i>	
D [m] =	1.45	<i>approfondimento della fondazione a valle</i>	
$k_p (1+k_v) [-]$ =	1.638	<i>coefficiente di resistenza passiva</i>	
Rp_s, k [kN/m] =	33.58	<i>resistenza passiva disponibile a valle (valore caratteristico)</i>	$\gamma_R [-] = 1.00$
Rp_d [kN/m] =	33.58	<i>resistenza passiva disponibile a valle (valore di progetto)</i>	
F_1 [%]	0%	<i>percentuale della resistenza passiva da considerare per il calcolo</i>	
F_2 [%]	0%	<i>percentuale della resistenza passiva da considerare per la verifica a ribaltamento</i>	

	F_1	F_2	x	z	M_{STAB}	M_{UB}	
	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	$\gamma_{REOU} [-] = 1.00$
S	155.51	109.89	-3.25	-	707.78	325.59	<i>spinta statica</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
ΔS	0.00	0.00	-3.25	0.00			<i>la spinta sismica applicata a 0.00-Hf</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
Rp	0.00	0.00	3.25	-0.48			<i>resistenza passiva applicata a D/3</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
V_0, H_0	65.00	0.00	-3.25	-0.65	42.25		<i>forze concentrate (verticale e orizzontale)</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
M_0	0.00	0.00	-3.25	-0.65			<i>momento concentrato</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
m_0	0.00	0.00	0.90	-5.80			<i>massa sismica concentrata</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
$W1$	0.00	211.25	0.00	-0.65	686.56		<i>peso della fondazione (soletta)</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
$W1'$	0.00	0.00	0.00	0.00			<i>peso della fondazione (cuneo inclinato)</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
$W1''$	0.00	0.00	0.00	0.00			<i>peso della fondazione (dente)</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
$W2$	0.00	43.75	0.90	-3.05	102.73		<i>peso del paramento in elevazione</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
$W2'$	0.00	19.60	1.30	-2.47	38.19		<i>peso del paramento in elevazione</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
$W2''$	0.00	0.00	0.00	0.00			<i>peso del paramento in elevazione</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
$W3$	0.00	198.05	-1.80	-2.92	949.46		<i>peso del terreno sulla fondazione di monte</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
$W3'$	0.00	50.60	-2.28	-5.12	279.96		<i>peso del terreno sulla fondazione di monte</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
$W3''$	0.00	64.80	0.15	-2.92	200.75		<i>peso del terreno sulla fondazione di monte</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
$W3'''$	0.00	0.00	0.00	0.00			<i>peso del terreno sulla fondazione di monte</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
$W4$	0.00	4.95	2.43	-1.38	4.08		<i>peso del terreno sulla fondazione di valle</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
$dW1$	0.00	0.00	0.00	-0.65			<i>inerzia della fondazione (soletta)</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
$dW1'$	0.00	0.00	0.00	0.00			<i>inerzia della fondazione (cuneo inclinato)</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
$dW1''$	0.00	0.00	0.00	0.00			<i>inerzia della fondazione (dente)</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
$dW2$	0.00	0.00	0.90	-3.05			<i>inerzia del paramento in elevazione</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
$dW2'$	0.00	0.00	1.30	-2.47			<i>inerzia del paramento in elevazione</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
$dW2''$	0.00	0.00	0.00	0.00			<i>inerzia del paramento in elevazione</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
$dW2'''$	0.00	0.00	0.00	0.00			<i>inerzia del paramento in elevazione</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
$dW3$	0.00	0.00	-1.80	-2.92			<i>inerzia del terreno sulla fondazione di monte</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
$dW3'$	0.00	0.00	-2.28	-5.12			<i>inerzia del terreno sulla fondazione di monte</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
$dW3''$	0.00	0.00	0.15	-2.92			<i>inerzia del terreno sulla fondazione di monte</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
$dW3'''$	0.00	0.00	0.00	0.00			<i>inerzia del terreno sulla fondazione di monte</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
$dW4$	0.00	0.00	2.43	-1.38			<i>inerzia del terreno sulla fondazione di valle</i> X γ_G (riduzione M_{STAB}) X γ_P (amplificazione M_{UB})
ΣF =	220.5	691.9			2969.5	367.8	

Risultanti sul piano di fondazione

V [kN] = ΣF_v =	1522.2	<i>risultante delle forze verticali in fondazione</i>
H [kN] = ΣF_h =	485.1	<i>risultante delle forze orizzontali in fondazione</i>
u [m] =	3.76	<i>distanza risultante dallo spigolo di valle</i>
ex [m] =	-0.51	<i><B/6 eccentricità del carico in fondazione (= M/V)</i>
Bex [m] =	5.48	<i>larghezza equivalente ridotta per eccentricità del carico [Meyerhof, 1953]</i>

Dy [m] = 2.20 passo longitudinale di calcolo

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 106 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

MURO - Statica SLE

Pag. 16/16
06/02/2017 11:59

Sollecitazioni sul paramento in elevazione

$N_{H/3}$ [kN / m] = 37.9	forza assiale sul muro allo spiccatto fondazione + H/3 (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione
$T_{H/3}$ [kN / m] = 122.3	taglio sul muro allo spiccatto fondazione + H/3	B [m]= 1.00
$M_{H/3}$ [kN m / m] = -50.1	momento sul muro allo spiccatto fondazione + H/3 (positivo se tende le fibre di monte)	H [m]= 0.80
N_{S-R} [kN / m] = 67.1	forza assiale sul muro al p.c. di valle (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione
T_{S-R} [kN / m] = 157.0	taglio sul muro al p.c. di valle	B [m]= 1.00
M_{S-R} [kN m / m] = 89.7	momento sul muro al p.c. di valle (positivo se tende le fibre di monte)	H [m]= 0.93
N_S [kN / m] = 63.4	forza assiale sul muro allo spiccatto fondazione (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione
T_S [kN / m] = 162.8	taglio sul muro allo spiccatto fondazione	B [m]= 1.00
M_S [kN m / m] = 113.8	momento sul muro allo spiccatto fondazione (positivo se tende le fibre di monte)	H [m]= 0.95

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 107 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

14.2 Analisi SLU

MURO - Statica SLU STR (A1+M1)
 Pag. 9/16
 06/02/2017 11:59

Caratteristiche geotecniche del terreno spingente

	Riempimento	Unità 1	Unità 2	---	---	---	
Hs [m]	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	spessore dell'unità
$\gamma_{1,k}$ [kN/m ³]	20.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno caratteristico
$\gamma_{1,d}$ [kN/m ³]	26.0	26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno di progetto
$\phi_{1,k}$ [grad]	35.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico
$\phi_{1,d}$ [grad]	35.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio di progetto
$c_{1,k}$ [kPa]	0.0	30.0	30.0	5.0	5.0	5.0	coesione caratteristica
$c_{1,d}$ [kPa]	0.0	30.0	30.0	5.0	5.0	5.0	coesione di progetto
$\delta'_{1,k}$ [grad]	35.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico muro-terreno
$\delta'_{1,d}$ [grad]	35.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio muro-terreno
$z_{1,01}$ [m]	-6.3	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	quota di testa dell'unità
$z_{1,02}$ [m]	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	quota di base dell'unità

Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione

$\gamma_{1,k}$ [kN/m ³]	19.5	peso di volume del terreno caratteristico	$\gamma_{1,cs}$ [—]	1.00
$\gamma_{1,d}$ [kN/m ³]	19.5	peso di volume del terreno di progetto	$\gamma_{1,cs}$ [—]	1.00
$\phi_{1,k}$ [grad]	14.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico	$\gamma_{1,cs}$ [—]	1.00
$\phi_{1,d}$ [grad]	14.0	angolo di resistenza al taglio di progetto	$\gamma_{1,cs}$ [—]	0.244 [rad]
$c_{1,k}$ [kPa]	0.0	coesione caratteristica	$\gamma_{1,cs}$ [—]	1.00
$c_{1,d}$ [kPa]	0.0	coesione di progetto	$\gamma_{1,cs}$ [—]	1.00
$\delta'_{1,k}$ [grad]	14.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico fondazione-terreno	$\gamma_{1,cs}$ [—]	1.00
$\delta'_{1,d}$ [grad]	14.0	angolo di resistenza al taglio di progetto fondazione-terreno	$\gamma_{1,cs}$ [—]	0.244 [rad]

Falda

$\gamma_{w,k}$ [kN/m ³]	10.0	peso di volume dell'acqua caratteristico	$\gamma_{w,cs}$ [—]	1.30
$\gamma_{w,d}$ [kN/m ³]	13.0	peso di volume dell'acqua di progetto		
$z_{w,limi}$ [m]	0.30	quota della falda in fondazione (+ se sotto il piano fondazione, - se sopra il piano fondazione)		
$z_{w,limo}$ [m]	0.30	quota della falda a monte (+ se sotto il piano fondazione, - se sopra il piano fondazione)		

Caratterizzazione sismica

a_g [—]	0.000	accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido	statico	sismico
S_s [—]	1.19	fattore di amplificazione stratigrafica	0.000	0.000 [rad]
S_T [—]	1.00	fattore di amplificazione topografica		
β_{in} [—]	0.23	coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima		
K_h [—]	0.000	coefficiente sismico orizzontale		
K_v [—]	0.000	coefficiente sismico verticale (+ verso il basso, - verso l'alto)		
θ [grad]	0.00			
H_f [—]	0.500	posizione risultante incremento spinta sismica misurata dalla base (es. HfX.50)		

Caratteristiche geometriche

H [m]	3.50	altezza del muro (da estradosso fondazione)		
h_w [m]	1.30	altezza della fondazione a filo monte		
h_v [m]	1.30	altezza della fondazione a filo valle		
B [m]	6.50	larghezza della fondazione		
bo [m]	0.00	larghezza del dente di fondazione (se 0.0 fondazione piana o inclinata)		
bv [m]	1.65	larghezza fondazione su cui grava il terreno di valle		
bm [m]	3.90	larghezza della ciabatta su cui grava il terreno retrostante		
s [m]	0.50	spessore del muro in elevazione		
p_v [—]	0.13	pendenza rispetto alla verticale del paramento di valle		
p_m [—]	0.00	pendenza rispetto alla verticale del paramento di monte		
c [m]	1.00	pianerottolo sopra il muro		
β [grad]	31.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno	0.541 [rad]	
r [m]	0.26	rialzo del muro sopra terreno di monte		
R [m]	0.15	ricoprimento della fondazione a valle		
D [m]	1.45	approfondimento della fondazione a valle		
HI [m]	6.28	altezza totale per determinazione delle spinte (valutata a filo fondazione lato monte)		
ν [grad]	90.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di spinta a monte (=90° per i muri a mensola)		
$\gamma_{1,k,m}$ [kN/m ³]	25.0	peso di volume del muro	$\gamma_{1,cs}$ [—]	1.00
$\gamma_{1,k,d}$ [kN/m ³]	25.0	peso di volume del muro		
i [grad]	0.0	contropendenza del piano di fondazione	0.000 [rad]	

Sovraccarico accidentale

q_k [kN/m ²]	0.0	valore caratteristico dei carichi	$\gamma_{1,cs}$ [—]	1.50
q_d [kN/m ²]	0.0	valore di progetto (cautelativamente non si considera il contributo gravante sopra la fondazione)		

Carichi concentrati

X_c [m]	-3.25	coordinata X del centro di applicazione della forza concentrata (positiva verso valle)		
Z_c [m]	-0.65	ascissa Z del centro di applicazione della forza concentrata (negativa sopra il piano di fondazione)		
V_0 [kN/m]	0.00	componente verticale della forza (positiva se verso il basso)	$\gamma_{1,cs}$ [—]	1.00
H_0 [kN/m]	118.75	componente orizzontale della forza (positiva se verso valle)	$\gamma_{1,cs}$ [—]	1.00
M_0 [kN m/m]	0.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle)	$\gamma_{1,cs}$ [—]	1.00
V_0 [kN/m]	0.00	componente verticale della forza (positiva se verso il basso)		
H_0 [kN/m]	118.75	componente orizzontale della forza (positiva se verso valle)		
M_0 [kN m/m]	0.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle)		
X_m [m]	0.90	coordinata X del centro di applicazione della massa sismica		
Z_m [m]	-5.80	ascissa Z del centro di applicazione della massa sismica		
massa [kg/m]	0.00	massa sismica concentrata		

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 108 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

MURO - Statica SLU STR (A1+M1)
 Pag. 10/16
 06/02/2017 11:59

Determinazione dei coefficienti di spinta

	statico	sismico		statico	sismico
Kh [-] =	0.000	0.000	coefficiente sismico orizzontale		
Kv [-] =	0.000	0.000	coefficiente sismico verticale (+ verso il basso, - verso l'alto)		
ψ [grad] =	90.0	90.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di monte		
β [grad] =	31.0	31.0	inclinazione rispetto all'orizzontale superficie del terrapieno		
θ [grad] =	0.0	0.0		statico	sismico
				1.571	1.571 [rad]
				0.541	0.541 [rad]
				0.000	0.000 [rad]

	Unità 1		Unità 2		---		---		---		
	statico	sismico									
φ' [grad] =	35.0	35.0	38.0	38.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio del terreno
δ' [grad] =	35.0	35.0	38.0	38.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio muro-terreno
ka, ka [-] =	0.481	0.481	0.392	0.392	0.392	0.392	0.891	0.891	0.891	0.891	coefficiente di spinta attiva

Determinazione dei coefficienti di resistenza passiva

kp [-] =	1.638	1.638	coefficiente di resistenza passiva (in condizioni sismiche con attrito terra-muro nullo)	
kp [-] =	1	1	coefficiente di resistenza passiva di progetto (calcolato con la formulazione di [Lancellotta, '07])	

Calcolo delle spinte e dei vari contributi

Hf [m] =	6.28	altezza totale per determinazione delle spinte (valutata a filo fondazione lato monte)				
Hw [m] =	0.00	altezza d'acqua spingente				
S'a,k [kN/m] =	247	spinta statica efficace				γ _{REOU} [-] = 1.00
S'a _s ,k [kN/m] =	247	spinta sismica efficace				
Sw [kN/m] =	0.00	spinta idrostatica				γ _{REOU} [-] = 1.00
γ _t [kN/m³] =	19.5	peso di volume del terreno reagente				
D [m] =	1.45	approfondimento della fondazione a valle				
kp (1+kv) [-] =	1.638	coefficiente di resistenza passiva				
Rp,k [kN/m] =	33.58	resistenza passiva disponibile a valle (valore caratteristico)				γ _R [-] = 1.00
Rp,d [kN/m] =	33.58	resistenza passiva disponibile a valle (valore di progetto)				
0%	percentuale della resistenza passiva da considerare per il calcolo					
0%	percentuale della resistenza passiva da considerare per la verifica a ribaltamento					
	F ₁	F ₂	x	z	M _{STAB}	M _{UB}
	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
S	202.16	141.56	-3.25	-	920.11	423.27
ΔS	0.00	0.00	-3.25	-3.14		
Rp	0.00	0.00	3.25	-0.48		
V ₀ , H ₀	118.75	0.00	-3.25	-0.65	77.19	
M ₀	0.00	0.00	-3.25	-0.65		
m ₀	0.00	0.00	0.90	-5.80		
W1	0.00	211.25	0.00	-0.65	686.56	
W'1	0.00	0.00	0.00	0.00		
W''1	0.00	0.00	0.00	0.00		
W2	0.00	43.75	0.90	-3.05	102.73	
W'2	0.00	19.60	1.30	-2.47	38.19	
W''2	0.00	0.00	0.00	0.00		
W3	0.00	244.46	-1.80	-2.92	1234.30	
W'3	0.00	65.78	-2.28	-5.12	363.95	
W''3	0.00	84.24	0.15	-2.92	260.98	
W'''3	0.00	0.00	0.00	0.00		
W4	0.00	6.44	2.43	-1.38	5.31	
dW1	0.00	0.00	0.00	-0.65		
dW'1	0.00	0.00	0.00	0.00		
dW''1	0.00	0.00	0.00	0.00		
dW2	0.00	0.00	0.90	-3.05		
dW'2	0.00	0.00	1.30	-2.47		
dW''2	0.00	0.00	0.00	0.00		
dW'''2	0.00	0.00	0.00	0.00		
dW3	0.00	0.00	-1.80	-2.92		
dW'3	0.00	0.00	-2.28	-5.12		
dW''3	0.00	0.00	0.15	-2.92		
dW'''3	0.00	0.00	0.00	0.00		
dW4	0.00	0.00	2.43	-1.38		
ΣF	320.9	817.1			ΣM = 3612.1	500.5

Risultanti sul piano di fondazione

V [kN] = ΣF _v =	1797.6	risultante delle forze verticali in fondazione	
H [kN] = ΣF _h =	706.0	risultante delle forze orizzontali in fondazione	
u [m] =	3.81	distanza risultante dallo spigolo di valle	
ex [m] =	-0.56	eccentricità del carico in fondazione (= M/V)	
Bex [m] =	5.38	larghezza equivalente ridotta per eccentricità del carico [Meyerhof, 1953]	

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 109 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

MURO - Statica SLU STR (A1+M1)

Pag. 12/16
06/02/2017 11:59

Sollecitazioni sul paramento in elevazione

$N_{H/3}$ [kN / m] = 37.9	forza assiale sul muro allo spiccatto fondazione + H/3 (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione
$T_{H/3}$ [kN / m] = 193.2	taglio sul muro allo spiccatto fondazione + H/3	B [m]= 1.00
$M_{H/3}$ [kN m / m] = -125.9	momento sul muro allo spiccatto fondazione + H/3 (positivo se tende le fibre di monte)	H [m]= 0.80
N_{B-R} [kN / m] = 67.1	forza assiale sul muro al p.c. di valle (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione
T_{B-R} [kN / m] = 238.4	taglio sul muro al p.c. di valle	B [m]= 1.00
M_{B-R} [kN m / m] = 91.2	momento sul muro al p.c. di valle (positivo se tende le fibre di monte)	H [m]= 0.93
N_S [kN / m] = 63.4	forza assiale sul muro allo spiccatto fondazione (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione
T_S [kN / m] = 245.9	taglio sul muro allo spiccatto fondazione	B [m]= 1.00
M_S [kN m / m] = 127.6	momento sul muro allo spiccatto fondazione (positivo se tende le fibre di monte)	H [m]= 0.95

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 110 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

14.3 Analisi SLV+

MURO - Sismica SLV + STR (A1+M1)
Pag. 1/16
06/02/2017 11:59

Caratteristiche geotecniche del terreno spingente

	Riempimento	Unità 1	Unità 2	---	---	---	
Hs [m]	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	spessore dell'unità
γ_{1s} [kN/m ³]	20.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno caratteristico
γ_{1p} [kN/m ³]	20.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno di progetto
ϕ_{1c} [grad]	35.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico
ϕ_{1p} [grad]	35.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio di progetto
c_{1c} [kPa]	0.0	30.0	30.0	5.0	5.0	5.0	coesione caratteristica
c_{1p} [kPa]	0.0	30.0	30.0	5.0	5.0	5.0	coesione di progetto
δ'_{1c} [grad]	35.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico muro-terreno
δ'_{1p} [grad]	35.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio muro-terreno
z_{1st} [m]	-6.3	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	quota di testa dell'unità
z_{1sb} [m]	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	quota di base dell'unità

Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione

γ_{1s} [kN/m ³]	19.5	peso di volume del terreno caratteristico	γ_{1cs} [—]	1.00
γ_{1p} [kN/m ³]	19.5	peso di volume del terreno di progetto	γ_{1cp} [—]	1.00
ϕ_{1c} [grad]	14.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico	γ_{1c} [rad]	0.244
ϕ_{1p} [grad]	14.0	angolo di resistenza al taglio di progetto	γ_{1cp} [rad]	0.244
c_{1c} [kPa]	0.0	coesione caratteristica	γ_{1c} [—]	1.00
c_{1p} [kPa]	0.0	coesione di progetto	γ_{1cp} [—]	1.00
δ'_{1c} [grad]	14.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico fondazione-terreno	γ_{1c} [—]	1.00
δ'_{1p} [grad]	14.0	angolo di resistenza al taglio di progetto fondazione-terreno	γ_{1cp} [rad]	0.244

Falda

γ_{1s} [kN/m ³]	10.0	peso di volume dell'acqua caratteristico	γ_{1cs} [—]	1.00
γ_{1p} [kN/m ³]	10.0	peso di volume dell'acqua di progetto	γ_{1cp} [—]	1.00
$z_{1M, \text{fondo}}$ [m]	0.30	quota della falda in fondazione (+ se sotto il piano fondazione, - se sopra il piano fondazione)		
$z_{1M, \text{monte}}$ [m]	0.30	quota della falda a monte (+ se sotto il piano fondazione, - se sopra il piano fondazione)		

Caratterizzazione sismica

$a_{0/g}$ [—]	0.208	accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido		
S_s [—]	1.19	fattore di amplificazione stratigrafica		
S_T [—]	1.00	fattore di amplificazione topografica		
β_{01} [—]	0.31	coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima		
K_h [—]	0.077	coefficiente sismico orizzontale		
K_v [—]	0.038	coefficiente sismico verticale (+ verso il basso, - verso l'alto)	statico	sismico
θ [grad]	4.23		0.000	0.074
HF x	0.500	posizione risultante incremento spinta sismica misurata dalla base (es. Hfx0.50)		

Caratteristiche geometriche

H [m]	3.50	altezza del muro (da estradosso fondazione)		
h_u [m]	1.30	altezza della fondazione a filo monte		
h_v [m]	1.30	altezza della fondazione a filo valle		
B [m]	6.50	larghezza della fondazione		
bo [m]	0.00	larghezza del dente di fondazione (se 0.0 fondazione piana o inclinata)		
bv [m]	1.65	larghezza fondazione su cui grava il terreno di valle		
bm [m]	3.90	larghezza della ciabatta su cui grava il terreno retrostante		
s [m]	0.50	spessore del muro in elevazione		
pv [—]	0.13	pendenza rispetto alla verticale del paramento di valle		
pm [—]	0.00	pendenza rispetto alla verticale del paramento di monte		
c [m]	1.00	plano di riferimento sopra il muro		
β [grad]	31.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno	0.541	[rad]
r [m]	0.26	rialzo del muro sopra terreno di monte		
R [m]	0.15	ricoprimento della fondazione a valle		
D [m]	1.45	approfondimento della fondazione a valle		
HI [m]	6.28	altezza totale per determinazione delle spinte (valutata a filo fondazione lato monte)		
ν [grad]	90.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di spinta a monte (=90° per i muri a mensola)		
γ_{1s} [kN/m ³]	25.0	peso di volume del muro	γ_{1cs} [—]	1.00
γ_{1p} [kN/m ³]	25.0	peso di volume del muro	γ_{1cp} [—]	1.00
λ [grad]	0.0	contropendenza del piano di fondazione	0.000	[rad]

Sovraccarico accidentale

q_0 [kN/m ²]	0.0	valore caratteristico dei carichi	γ_{1cs} [—]	1.00
q_p [kN/m ²]	0.0	valore di progetto (cautelativamente non si considera il contributo gravante sopra la fondazione)	γ_{1cp} [—]	1.00

Carichi concentrati

X_c [m]	-3.25	coordinata X del centro di applicazione della forza concentrata (positiva verso valle)		
Z_c [m]	-0.65	ascissa Z del centro di applicazione della forza concentrata (negativa sopra il piano di fondazione)		
V_0 [kN/m]	0.00	componente verticale della forza (positiva se verso il basso)	γ_{1cs} [—]	1.00
H_0 [kN/m]	152.50	componente orizzontale della forza (positiva se verso valle)	γ_{1cp} [—]	1.00
M_0 [kN m/m]	0.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle)	γ_{1c} [—]	1.00
V_0 [kN/m]	0.00	componente verticale della forza (positiva se verso il basso)	γ_{1cp} [—]	1.00
H_0 [kN/m]	152.50	componente orizzontale della forza (positiva se verso valle)		
M_0 [kN m/m]	0.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle)		
X_m [m]	0.90	coordinata X del centro di applicazione della massa sismica		
Z_m [m]	-5.80	ascissa Z del centro di applicazione della massa sismica		
massa [kg/m]	0.00	massa sismica concentrata		

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 111 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

MURO - Sismica SLV + STR (A1+M1)
Pag. 2/16
06/02/2017 11:59

Determinazione dei coefficienti di spinta

	statico	sismico		statico	sismico
Kh [-]	0.000	0.077	coefficiente sismico orizzontale		
Kv [-]	0.000	0.038	coefficiente sismico verticale (+ verso il basso, - verso l'alto)		
ψ [grad]	90.0	90.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di monte		
β [grad]	31.0	31.0	inclinazione rispetto all'orizzontale superficie del terrapieno		
θ [grad]	0.0	4.2			

	Unità 1		Unità 2		---		---		---		
	statico	sismico									
φ' [grad]	35.0	35.0	38.0	38.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio del terreno
δ' [grad]	35.0	35.0	38.0	38.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio muro-terreno
ka, ka [-]	0.481	0.956	0.392	0.578	0.392	0.578	0.891	0.997	0.891	0.997	coefficiente di spinta attiva

Determinazione dei coefficienti di resistenza passiva

kp [-]	1.638	1.490	coefficiente di resistenza passiva (in condizioni sismiche con attrito terra-muro nullo)	
kp' [-]			coefficiente di resistenza passiva di progetto (calcolato con la formulazione di [Lancellotti, '07])	

Calcolo delle spinte e dei vari contributi

HF [m]	6.28	altezza totale per determinazione delle spinte (valutata a filo fondazione lato monte)							
Hw [m]	0.00	altezza d'acqua spingente							
S'a_k [kN/m]	190	spinta statica efficace		γ _{REOU} [-]	1.00				
S'a_k [kN/m]	377	spinta sismica efficace							
Sw [kN/m]	0.00	spinta idrostatica		γ _{REOU} [-]	1.00				
γ _v [kN/m ³]	19.5	peso di volume del terreno reagente							
D [m]	1.45	approfondimento della fondazione a valle							
kp (1+kv) [-]	1.547	coefficiente di resistenza passiva							
Rp,k [kN/m]	31.72	resistenza passiva disponibile a valle (valore caratteristico)		γ _R [-]	1.00				
Rp,d [kN/m]	31.72	resistenza passiva disponibile a valle (valore di progetto)							
0%		percentuale della resistenza passiva da considerare per il calcolo							
0%		percentuale della resistenza passiva da considerare per la verifica a ribaltamento							
F _v	F _v	x	z	M _{STAB}	M _{UB}				
[kN]	[kN]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]				
S	155.51	108.89	-3.25	-	707.78	325.59	spinta statica	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
ΔS	153.68	107.61	-3.25	-3.14	699.47	482.85	Δ spinta sismica applicata a 0.50·Hf	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
Rp	0.00	0.00	3.25	-0.48			resistenza passiva applicata a D/3	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
V _v , H _v	152.50	0.00	-3.25	-0.65		99.13	forze concentrate (verticale e orizzontale)	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
M ₀	0.00	0.00	-3.25	-0.65			momento concentrato	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
m ₀	0.00	0.00	0.90	-5.80			massa sismica concentrata	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
W1	0.00	211.25	0.00	-0.65	686.56		peso della fondazione (soletta)	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
W*1	0.00	0.00	0.00	0.00			peso della fondazione (cuneo inclinato)	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
W**1	0.00	0.00	0.00	0.00			peso della fondazione (dente)	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
W2	0.00	43.75	0.90	-3.05	102.73		peso del paramento in elevazione	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
W*2	0.00	19.60	1.30	-2.47	38.19		peso del paramento in elevazione	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
W**2	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del paramento in elevazione	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
W3	0.00	188.05	-1.80	-2.92	949.46		peso del terreno sulla fondazione di monte	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
W*3	0.00	50.60	-2.28	-5.12	279.96		peso del terreno sulla fondazione di monte	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
W**3	0.00	64.80	0.15	-2.92	200.75		peso del terreno sulla fondazione di monte	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
W4	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del terreno sulla fondazione di monte	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
W4	0.00	4.95	2.43	-1.38	4.08		peso del terreno sulla fondazione di valle	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
dW1	16.21	8.10	0.00	-0.65	26.34	10.54	inerzia della fondazione (soletta)	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
dW*1	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia della fondazione (cuneo inclinato)	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
dW**1	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia della fondazione (dente)	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
dW2	3.36	1.68	0.90	-3.05	3.94	10.24	inerzia del paramento in elevazione	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
dW*2	1.50	0.75	1.30	-2.47	1.47	3.71	inerzia del paramento in elevazione	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
dW**2	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del paramento in elevazione	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
dW3	14.43	7.21	-1.80	-2.92	36.43	42.13	inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
dW*3	3.88	1.94	-2.28	-5.12	10.74	19.88	inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
dW**3	4.97	2.49	0.15	-2.92	7.70	14.52	inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
dW4	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
dW4	0.38	0.19	2.43	-1.38	0.16	0.52	inerzia del terreno sulla fondazione di valle	X γ ₀ (riduzione M _{STAB})	X γ ₀ (amplificazione M _{UB})
ΣF	506.4	821.9			ΣM	3755.8	1009.1		

Risultanti sul piano di fondazione

V [kN]	= ΣF _v	= 1808.1	risultante delle forze verticali in fondazione
H [kN]	= ΣF _h	= 1114.1	risultante delle forze orizzontali in fondazione
u [m]	= 3.34	distanza risultante dallo spigolo di valle	
ex [m]	= -0.09	<B/6	eccentricità del carico in fondazione (= M/V)
Bex [m]	= 6.32	larghezza equivalente ridotta per eccentricità del carico [Meyerhof, 1953]	

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 112 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

MURO - Sismica SLV + STR (A1+M1)

Pag. 4/16
06/02/2017 11:59

Sollecitazioni sul paramento in elevazione

$N_{H/3}$ [kN / m] = 39.3	forza assiale sul muro allo spiccatto fondazione + H/3 (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione
$T_{H/3}$ [kN / m] = 284.9	taglio sul muro allo spiccatto fondazione + H/3	B [m]= 1.00
$M_{H/3}$ [kN m / m] = -77.8	momento sul muro allo spiccatto fondazione + H/3 (positivo se tende le fibre di monte)	H [m]= 0.80
N_{S-R} [kN / m] = 68.6	forza assiale sul muro al p.c. di valle (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione
T_{S-R} [kN / m] = 353.9	taglio sul muro al p.c. di valle	B [m]= 1.00
M_{S-R} [kN m / m] = 273.3	momento sul muro al p.c. di valle (positivo se tende le fibre di monte)	H [m]= 0.93
N_S [kN / m] = 65.8	forza assiale sul muro allo spiccatto fondazione (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione
T_S [kN / m] = 375.2	taglio sul muro allo spiccatto fondazione	B [m]= 1.00
M_S [kN m / m] = 351.5	momento sul muro allo spiccatto fondazione (positivo se tende le fibre di monte)	H [m]= 0.95

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 113 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

14.4 Analisi SLV-

MURO - Sismica SLV - STR (A1+M1)
Pag. 5/16
06/02/2017 11:59

Caratteristiche geotecniche del terreno spingente

	Riempimento	Unità 1	Unità 2	---	---	---		
Hs [m]	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	spessore dell'unità	
γ_{1s} [kN/m³]	20.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno caratteristico	γ_{res} [—] = 1.00
γ_{1p} [kN/m³]	20.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno di progetto	
ϕ_{1s} [grad]	35.0	38.0	38.0	27.0	27.0		angolo di resistenza al taglio caratteristico	γ_{ϕ} [—] = 1.00
ϕ_{1p} [grad]	35.0	38.0	38.0	27.0	27.0		angolo di resistenza al taglio di progetto	
c_{1s} [kPa]	0.0	30.0	30.0	5.0	5.0		coesione caratteristica	γ_c [—] = 1.00
c_{1p} [kPa]	0.0	30.0	30.0	5.0	5.0		coesione di progetto	
δ'_{1s} [grad]	35.0	38.0	38.0	27.0	27.0		angolo di resistenza al taglio caratteristico muro-terreno	γ_{δ} [—] = 1.00
δ'_{1p} [grad]	35.0	38.0	38.0	27.0	27.0		angolo di resistenza al taglio muro-terreno	
z_{1st} [m]	-6.3	13.7	13.7	13.7	13.7		quota di testa dell'unità	
z_{1sb} [m]	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7		quota di base dell'unità	

Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione

γ_{1s} [kN/m³]	19.5	peso di volume del terreno caratteristico	γ_{res} [—] = 1.00
γ_{1p} [kN/m³]	19.5	peso di volume del terreno di progetto	
ϕ_{1s} [grad]	14.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico	γ_{ϕ} [—] = 1.00
ϕ_{1p} [grad]	14.0	angolo di resistenza al taglio di progetto	0.244 [rad]
c_{1s} [kPa]	0.0	coesione caratteristica	γ_c [—] = 1.00
c_{1p} [kPa]	0.0	coesione di progetto	
δ'_{1s} [grad]	14.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico fondazione-terreno	γ_{δ} [—] = 1.00
δ'_{1p} [grad]	14.0	angolo di resistenza al taglio di progetto fondazione-terreno	0.244 [rad]

Falda

γ_{1s} [kN/m³]	10.0	peso di volume dell'acqua caratteristico	γ_{res} [—] = 1.00
γ_{1p} [kN/m³]	10.0	peso di volume dell'acqua di progetto	
z_{1M_monte} [m]	0.30	quota della falda in fondazione (+ se sotto il piano fondazione, - se sopra il piano fondazione)	
z_{1M_monte} [m]	0.30	quota della falda a monte (+ se sotto il piano fondazione, - se sopra il piano fondazione)	

Caratterizzazione sismica

a_g [g]	0.208	accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido	
S_s [—]	1.19	fattore di amplificazione stratigrafica	
S_T [—]	1.00	fattore di amplificazione topografica	
β_{in} [—]	0.31	coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	
K_h [—]	0.077	coefficiente sismico orizzontale	
K_v [—]	-0.038	coefficiente sismico verticale (+ verso il basso, - verso l'alto)	
θ [grad]	4.56		statico sismico 0.000 0.080 [rad]
HF x	0.500	posizione risultante incremento spinta sismica misurata dalla base (es. Hfx0.50)	

Caratteristiche geometriche

H [m]	3.50	altezza del muro (da estradosso fondazione)	
h_u [m]	1.30	altezza della fondazione a filo monte	
h_v [m]	1.30	altezza della fondazione a filo valle	
B [m]	6.50	larghezza della fondazione	
bo [m]	0.00	larghezza del dente di fondazione (se 0.0 fondazione piana o inclinata)	
bv [m]	1.65	larghezza fondazione su cui grava il terreno di valle	
bm [m]	3.90	larghezza della ciabatta su cui grava il terreno retrostante	
s [m]	0.50	spessore del muro in elevazione	
pv [—]	0.13	pendenza rispetto alla verticale del paramento di valle	
pm [—]	0.00	pendenza rispetto alla verticale del paramento di monte	
c [m]	1.00	planerottolo sopra il muro	
β [grad]	31.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno	0.541 [rad]
r [m]	0.26	rialzo del muro sopra terreno di monte	
R [m]	0.15	ricoprimento della fondazione a valle	
D [m]	1.45	approfondimento della fondazione a valle	
HI [m]	6.28	altezza totale per determinazione delle spinte (valutata a filo fondazione lato monte)	
ν [grad]	90.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di spinta a monte (=90° per i muri a mensola)	
γ_{1s} [kN/m³]	25.0	peso di volume del muro	γ_{res} [—] = 1.00
γ_{1p} [kN/m³]	25.0	peso di volume del muro	
λ [grad]	0.0	contropendenza del piano di fondazione	0.000 [rad]

Sovraccarico accidentale

q_k [kN/m²]	0.0	valore caratteristico dei carichi	γ_{ϕ} [—] = 1.00
q_k [kN/m²]	0.0	valore di progetto (cautelativamente non si considera il contributo gravante sopra la fondazione)	

Carichi concentrati

X_c [m]	-3.25	coordinata X del centro di applicazione della forza concentrata (positiva verso valle)	
Z_c [m]	-0.65	ascissa Z del centro di applicazione della forza concentrata (negativa sopra il piano di fondazione)	
V_0 [kN/m]	0.00	componente verticale della forza (positiva se verso il basso)	γ_{ϕ} [—] = 1.00
H_0 [kN/m]	145.50	componente orizzontale della forza (positiva se verso valle)	γ_{ϕ} [—] = 1.00
M_0 [kN m/m]	0.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle)	γ_{ϕ} [—] = 1.00
V_0 [kN/m]	0.00	componente verticale della forza (positiva se verso il basso)	γ_{ϕ} [—] = 1.00
H_0 [kN/m]	145.50	componente orizzontale della forza (positiva se verso valle)	
M_0 [kN m/m]	0.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle)	
X_m [m]	0.90	coordinata X del centro di applicazione della massa sismica	
Z_m [m]	-5.80	ascissa Z del centro di applicazione della massa sismica	
massa [kg/m]	0.00	massa sismica concentrata	

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 114 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

MURO - Sismica SLV - STR (A1+M1)
Pag. 6/16
06/02/2017 11:59

Determinazione dei coefficienti di spinta

	statico	sismico		statico	sismico
Kh [-]	0.000	0.077	coefficiente sismico orizzontale		
Kv [-]	0.000	-0.038	coefficiente sismico verticale (+ verso il basso, - verso l'alto)		
ψ [grad]	90.0	90.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di monte		
β [grad]	31.0	31.0	inclinazione rispetto all'orizzontale superficie del terrapieno		
θ [grad]	0.0	4.6			

	Unità 1		Unità 2		---		---		---		
	statico	sismico									
φ' [grad]	35.0	35.0	38.0	38.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio del terreno
δ' [grad]	35.0	35.0	38.0	38.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio muro-terreno
ka, ka [-]	0.481	0.967	0.392	0.602	0.392	0.602	0.891	1.006	0.891	1.006	coefficiente di spinta attiva

Determinazione dei coefficienti di resistenza passiva

kp [-]	1.638	1.479	coefficiente di resistenza passiva (in condizioni sismiche con attrito terra-muro nullo)	
kp [-]			coefficiente di resistenza passiva di progetto (calcolato con la formulazione di [Lancellotta, '07])	

Calcolo delle spinte e dei vari contributi

Hf [m]	6.28	altezza totale per determinazione delle spinte (valutata a filo fondazione lato monte)		
Hw [m]	0.00	altezza d'acqua spingente		
S'a_k [kN/m]	190	spinta statica efficace		γ _{REOU} [-] = 1.00
S'a_k [kN/m]	382	spinta sismica efficace		
Sw [kN/m]	0.00	spinta idrostatica		γ _{REOU} [-] = 1.00
γ ₁ [kN/m ³]	19.5	peso di volume del terreno reagente		
D [m]	1.45	approfondimento della fondazione a valle		
kp (1+kv) [-]	1.422	coefficiente di resistenza passiva		
Rp,k [kN/m]	29.15	resistenza passiva disponibile a valle (valore caratteristico)		γ _R [-] = 1.00
Rp,d [kN/m]	29.15	resistenza passiva disponibile a valle (valore di progetto)		

0% percentuale della resistenza passiva da considerare per il calcolo
0% percentuale della resistenza passiva da considerare per la verifica a ribaltamento

	F ₁	F ₂	x	z	M _{STAB}	M _{UB}			
	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]			γ _{REOU} [-] = 1.00
S	155.51	108.89	-3.25	-	707.78	325.59	spinta statica	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
ΔS	157.48	110.27	-3.25	-3.14	716.75	494.78	Δ spinta sismica applicata a 0.50·Hf	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
Rp	0.00	0.00	3.25	-0.48			resistenza passiva applicata a D/3	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
V ₀ , H ₀	145.50	0.00	-3.25	-0.65		94.58	forze concentrate (verticale e orizzontale)	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
M ₀	0.00	0.00	-3.25	-0.65			momento concentrato	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
m ₀	0.00	0.00	0.90	-5.80			massa sismica concentrata	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
W1	0.00	211.25	0.00	-0.65	686.56		peso della fondazione (soletta)	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
W*1	0.00	0.00	0.00	0.00			peso della fondazione (cuneo inclinato)	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
W**1	0.00	0.00	0.00	0.00			peso della fondazione (dente)	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
W2	0.00	43.75	0.90	-3.05	102.73		peso del paramento in elevazione	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
W*2	0.00	19.60	1.30	-2.47	38.19		peso del paramento in elevazione	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
W**2	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del paramento in elevazione	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
W3	0.00	188.05	-1.80	-2.92	949.46		peso del terreno sulla fondazione di monte	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
W*3	0.00	50.60	-2.28	-5.12	279.96		peso del terreno sulla fondazione di monte	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
W**3	0.00	64.80	0.15	-2.92	200.75		peso del terreno sulla fondazione di monte	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
W4	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del terreno sulla fondazione di monte	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
W4	0.00	4.95	2.43	-1.38	4.08		peso del terreno sulla fondazione di valle	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
dW1	16.21	-8.10	0.00	-0.65		36.88	inerzia della fondazione (soletta)	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
dW*1	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia della fondazione (cuneo inclinato)	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
dW**1	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia della fondazione (dente)	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
dW2	3.36	-1.68	0.90	-3.05		14.18	inerzia del paramento in elevazione	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
dW*2	1.50	-0.75	1.30	-2.47		5.18	inerzia del paramento in elevazione	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
dW**2	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del paramento in elevazione	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
dW3	14.43	-7.21	-1.80	-2.92		78.56	inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
dW*3	3.88	-1.94	-2.28	-5.12		30.63	inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
dW**3	4.97	-2.49	0.15	-2.92		22.22	inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
dW4	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
dW4	0.38	-0.19	2.43	-1.38		0.68	inerzia del terreno sulla fondazione di valle	X _{Y0} (riduzione M _{STAB})	X _{Y0} (amplificazione M _{UB})
ΣF	503.2	779.8			ΣM = 3686.3	1103.3			

Risultanti sul piano di fondazione

V [kN]	= ΣF _z	= 1715.5	risultante delle forze verticali in fondazione
H [kN]	= ΣF _x	= 1107.1	risultante delle forze orizzontali in fondazione
u [m]	= 3.31		distanza risultante dallo spigolo di valle
ex [m]	= -0.06	<B/6	eccentricità del carico in fondazione (= M/V)
Bex [m]	= 6.38		larghezza equivalente ridotta per eccentricità del carico [Meyerhof, 1953]

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 115 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

MURO - Sismica SLV - STR (A1+M1)

Pag. 8/16
06/02/2017 11:59

Sollecitazioni sul paramento in elevazione

N_{H3} [kN / m] = 36.4	forza assiale sul muro allo spiccato fondazione + H/3 (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione
T_{H3} [kN / m] = 279.3	taglio sul muro allo spiccato fondazione + H/3	B [m]= 1.00
M_{H3} [kN m / m] = -62.0	momento sul muro allo spiccato fondazione + H/3 (positivo se tende le fibre di monte)	H [m]= 0.80
N_{B-R} [kN / m] = 65.7	forza assiale sul muro al p.c. di valle (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione
T_{B-R} [kN / m] = 349.2	taglio sul muro al p.c. di valle	B [m]= 1.00
M_{B-R} [kN m / m] = 284.7	momento sul muro al p.c. di valle (positivo se tende le fibre di monte)	H [m]= 0.93
N_S [kN / m] = 60.9	forza assiale sul muro allo spiccato fondazione (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione
T_S [kN / m] = 370.5	taglio sul muro allo spiccato fondazione	B [m]= 1.00
M_S [kN m / m] = 362.5	momento sul muro allo spiccato fondazione (positivo se tende le fibre di monte)	H [m]= 0.95

15. APPENDICE C. ANALISI DELLE PALIFICATE DI FONDAZIONE. TABULATI DI CALCOLO MAP

15.1 Analisi SLE

M A P - Matrix Analysis of Piles
 Programma per l'analisi di palificate collegate da un plinto rigido

(C) G.Guiducci, S.G.I. - luglio 1999

pag./ 2

QUADRILATERO LOTTO 2
 Muro su pali D1000 km4+920 Analisi SLE

Geometria Palificata

palo	vin	X	Y	Z	axz	ayz	axy	Box	Boy
		m	m	m	deg	deg	deg	m	m
1	0	2.450	.000	.000	.00	.00	.00	1.00	.00
2	0	.000	.000	.000	.00	.00	.00	1.00	.00
3	0	-2.450	.000	.000	.00	.00	.00	1.00	.00

vin = 0 - incastro; 1 - cerniera; 2 - appoggio
 X, Y, Z = Coordinate testa pali
 axz = Inclinazione palo nel piano Xp Z rispetto alla verticale
 (positiva se verso Xp positivo)
 ayz = Inclinazione palo nel piano Yp Z rispetto alla verticale
 (positiva se verso Yp positivo)
 axy = Rotazione assi Xp Yp (positiva se antioraria)
 Box = Lato dell'elemento parallelo all'asse Xp
 Boy = Lato dell'elemento parallelo all'asse Yp
 se Boy = 0 D = Box: diametro
 altrimenti D = $\text{sqr}(\text{Box} * \text{Boy} * 1.273)$: diametro equivalente

pag./ 3

Caratteristiche Tratti Fuori Terra
 (uguali per tutti i pali)

palo	h	Qx1	Qx2	Qy1	Qy2
	m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
1	3.000	47.70	47.70	.00	.00

h = Altezza tratto di palo fuori terra (parallelo asse Z)
 Qx1 = Carico distribuito trapezoidale in direzione x - sommita' palo
 (riferimento locale)
 Qx2 = Carico distribuito trapezoidale in direzione x - livello terreno
 Qy1 = Carico distribuito trapezoidale in direzione y - sommita' palo
 Qy2 = Carico distribuito trapezoidale in direzione y - livello terreno

pag./ 4

Caratterizzazione dei pali soggetti a carichi assiali e torsionali
 (uguali per tutti i pali)

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id.doc. REL	N.prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 117 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------------

palo	AK kN/m	TK kN*m/rad
1	1000000.	.0

AK = Rigidezza assiale palo-terreno
 TK = Rigidezza torsionale palo-terreno

Baricentro palificata: Xg = .000 m Yg = .000 m
 Rotazione direzioni princip. di inerzia: .00 deg

Caratterizzazione del terreno per pali soggetti a carichi trasversali
 (Definizione del modulo di reazione da piano campagna)

Terreno tipo 1

Prof. m	E kN/m ²
.00	35000.0
4.00	35000.0
4.10	100000.0
30.00	100000.0

Caratterizzazione dei pali soggetti a carichi trasversali
 (uguali per tutti i pali)

palo	Lp m	EJx kN*m ²	Itx	Ridx	EJy kN*m ²	Ity	Ridy
1	13.00	1472000.	1	1.000	1472000.	1	1.000

Lp = Lunghezza palo (compreso eventuale tratto fuori terra)
 EJ = Rigidezza flessionale del palo
 It = Tipo di terreno
 Rid = Moltiplicatore del modulo di reazione orizzontale

pag./ 5

QUADRILATERO LOTTO 2
 Muro su pali D1000 km4+920 Analisi SLE

CONDIZIONE DI CARICO 1
 SLE

Coordinate Centri di Carico (c.c.)

c.c.	Xc m	Yc m	Zc m	Alfc deg
1	- .510	.000	.000	.00

Componenti di Azioni Esterne riferite ai Centri di Carico

c.c.	Fzc kN	Fxc kN	Mxc kN*m	Fyc kN	Myc kN*m	Mzc kN*m
1	1522.2	485.1	.0	.0	.0	.0

Componenti di Carico Risultanti (riferimento globale)

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id.doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 118 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------------

Fz kN	Fx kN	Mx kN*m	Fy kN	My kN*m	Mz kN*m
1522.2	485.1	-776.3	.0	.0	.0

Punto di applic. carico verticale: Xv = -.510 m Yv = .000 m

Componenti di Spostamento del Plinto (riferimento globale)

dz mm	dx mm	rx mRad	dy mm	ry mRad	rz mRad
.507	6.755	.136	.000	.000	.000

Sollecitazioni in Sommita' ai Singoli Pali (riferimento locale)

palo	Fzp kN	Fxp kN	Mxp kN*m	Fyp kN	Myp kN*m	Mzp kN*m	Mris kN*m
1	840.3	161.7	-802.5	.0	.0	.0	802.5
2	507.4	161.7	-802.5	.0	.0	.0	802.5
3	174.5	161.7	-802.5	.0	.0	.0	802.5

$$Mris = (Mxp^2 + Myp^2)^{0.5}$$

pag./ 6

QUADRILATERO LOTTO 2
Muro su pali D1000 km4+920 Analisi SLE

CONDIZIONE DI CARICO 1
SLE

Sollecitazioni Taglianti e Flettenti lungo il fusto del palo 1
(riferimento locale)

profond. m	Txp kN	Mxp kN*m	Typ kN	Myp kN*m	Tris kN	Mris kN*m
.00	161.7	-802.5	.0	.0	161.7	802.5
.75	197.5	-667.9	.0	.0	197.5	667.9
1.50	233.3	-506.3	.0	.0	233.3	506.3
2.25	269.0	-318.0	.0	.0	269.0	318.0
3.00	304.8	-102.8	.0	.0	304.8	102.8
3.31	261.7	-14.6	.0	.0	261.7	14.6
3.63	220.8	60.5	.0	.0	220.8	60.5
3.94	182.9	123.4	.0	.0	182.9	123.4
4.25	149.0	175.0	.0	.0	149.0	175.0
4.56	119.9	216.8	.0	.0	119.9	216.8
4.88	92.5	249.6	.0	.0	92.5	249.6
5.19	69.4	274.6	.0	.0	69.4	274.6
5.50	46.7	292.9	.0	.0	46.7	292.9
6.00	19.4	309.3	.0	.0	19.4	309.3
6.50	-2.3	313.2	.0	.0	2.3	313.2
7.00	-18.2	307.7	.0	.0	18.2	307.7
7.50	-43.6	293.0	.0	.0	43.6	293.0
8.00	-64.8	265.5	.0	.0	64.8	265.5
8.83	-77.3	204.7	.0	.0	77.3	204.7
9.67	-74.4	140.2	.0	.0	74.4	140.2
10.50	-60.8	82.6	.0	.0	60.8	82.6
11.75	-33.7	21.7	.0	.0	33.7	21.7
13.00	.0	.0	.0	.0	.0	.0

$$Tris = (Txp^2 + Typ^2)^{0.5}$$

$$Mris = (Mxp^2 + Myp^2)^{0.5}$$

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id.doc. REL	N.prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 119 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------------

15.2 Analisi SLU

M A P - Matrix Analysis of Piles
 Programma per l'analisi di palificate collegate da un plinto rigido

(C) G.Guiducci, S.G.I. - luglio 1999

pag./ 2

QUADRILATERO LOTTO 2
 Muro su pali D1000 km4+920 Analisi SLU

Geometria Palificata

palo	vin	X m	Y m	Z m	axz deg	ayz deg	axy deg	Box m	Boy m
1	0	2.450	.000	.000	.00	.00	.00	1.00	.00
2	0	.000	.000	.000	.00	.00	.00	1.00	.00
3	0	-2.450	.000	.000	.00	.00	.00	1.00	.00

vin = 0 - incastro; 1 - cerniera; 2 - appoggio
 X, Y, Z = Coordinate testa pali
 axz = Inclinazione palo nel piano Xp Z rispetto alla verticale
 (positiva se verso Xp positivo)
 ayz = Inclinazione palo nel piano Yp Z rispetto alla verticale
 (positiva se verso Yp positivo)
 axy = Rotazione assi Xp Yp (positiva se antioraria)
 Box = Lato dell'elemento parallelo all'asse Xp
 Boy = Lato dell'elemento parallelo all'asse Yp
 se Boy = 0 D = Box: diametro
 altrimenti D = $\sqrt{\text{Box} * \text{Boy} * 1.273}$: diametro equivalente

pag./ 3

Caratteristiche Tratti Fuori Terra
 (uguali per tutti i pali)

palo	h m	Qx1 kN/m	Qx2 kN/m	Qy1 kN/m	Qy2 kN/m
1	3.000	87.10	87.10	.00	.00

h = Altezza tratto di palo fuori terra (parallelo asse Z)
 Qx1 = Carico distribuito trapezoidale in direzione x - sommita' palo
 (riferimento locale)
 Qx2 = Carico distribuito trapezoidale in direzione x - livello terreno
 Qy1 = Carico distribuito trapezoidale in direzione y - sommita' palo
 Qy2 = Carico distribuito trapezoidale in direzione y - livello terreno

pag./ 4

Caratterizzazione dei pali soggetti a carichi assiali e torsionali
 (uguali per tutti i pali)

palo	AK kN/m	TK kN*m/rad
1	1000000.	.0

AK = Rigidezza assiale palo-terreno
 TK = Rigidezza torsionale palo-terreno

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 120 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

Baricentro palificata: Xg = .000 m Yg = .000 m
 Rotazione direzioni princip. di inerzia: .00 deg

Caratterizzazione del terreno per pali soggetti a carichi trasversali
 (Definizione del modulo di reazione da piano campagna)

Terreno tipo 1

Prof. m	E kN/m ²
.00	35000.0
4.00	35000.0
4.10	100000.0
30.00	100000.0

Caratterizzazione dei pali soggetti a carichi trasversali
 (uguali per tutti i pali)

palo	Lp m	EJx kN*m ²	Itx	Ridx	EJy kN*m ²	Ity	Ridy
1	13.00	1472000.	1	1.000	1472000.	1	1.000

Lp = Lunghezza palo (compreso eventuale tratto fuori terra)
 EJ = Rigidezza flessionale del palo
 It = Tipo di terreno
 Rid = Moltiplicatore del modulo di reazione orizzontale

pag./ 5

QUADRILATERO LOTTO 2
 Muro su pali D1000 km4+920 Analisi SLU

CONDIZIONE DI CARICO 1
 SLU

Coordinate Centri di Carico (c.c.)

c.c.	Xc m	Yc m	Zc m	Alfc deg
1	-0.560	0.000	0.000	0.00

Componenti di Azioni Esterne riferite ai Centri di Carico

c.c.	Fzc kN	Fxc kN	Mxc kN*m	Fyc kN	Myc kN*m	Mzc kN*m
1	1797.6	706.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Componenti di Carico Risultanti (riferimento globale)

Fz kN	Fx kN	Mx kN*m	Fy kN	My kN*m	Mz kN*m
1797.6	706.0	-1006.7	0.0	0.0	0.0

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 121 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

Punto di applic. carico verticale: Xv = -.560 m Yv = .000 m

Componenti di Spostamento del Plinto (riferimento globale)

dz mm	dx mm	rx mRad	dy mm	ry mRad	rz mRad
.599	10.971	.233	.000	.000	.000

Sollecitazioni in Sommita' ai Singoli Pali (riferimento locale)

palo	Fzp kN	Fxp kN	Mxp kN*m	Fyp kN	Myp kN*m	Mzp kN*m	Mris kN*m
1	1170.8	235.3	-1269.2	.0	.0	.0	1269.2
2	599.2	235.3	-1269.2	.0	.0	.0	1269.2
3	27.6	235.3	-1269.2	.0	.0	.0	1269.2

$$Mris = (Mxp^2 + Myp^2)^{0.5}$$

pag./ 6

QUADRILATERO LOTTO 2
Muro su pali D1000 km4+920 Analisi SLU

CONDIZIONE DI CARICO 1
SLU

Sollecitazioni Taglianti e Flettenti lungo il fusto del palo 1
(riferimento locale)

profond. m	Txp kN	Mxp kN*m	Typ kN	Myp kN*m	Tris kN	Mris kN*m
.00	235.3	-1269.2	.0	.0	235.3	1269.2
.75	300.7	-1068.2	.0	.0	300.7	1068.2
1.50	366.0	-818.3	.0	.0	366.0	818.3
2.25	431.3	-519.3	.0	.0	431.3	519.3
3.00	496.6	-171.3	.0	.0	496.6	171.3
3.31	426.6	-27.5	.0	.0	426.6	27.5
3.63	360.1	94.8	.0	.0	360.1	94.8
3.94	298.5	197.5	.0	.0	298.5	197.5
4.25	243.3	281.7	.0	.0	243.3	281.7
4.56	195.9	350.0	.0	.0	195.9	350.0
4.88	151.4	403.6	.0	.0	151.4	403.6
5.19	113.7	444.6	.0	.0	113.7	444.6
5.50	76.7	474.6	.0	.0	76.7	474.6
6.00	32.4	501.6	.0	.0	32.4	501.6
6.50	-3.0	508.3	.0	.0	3.0	508.3
7.00	-29.0	499.8	.0	.0	29.0	499.8
7.50	-70.4	476.1	.0	.0	70.4	476.1
8.00	-105.0	431.7	.0	.0	105.0	431.7
8.83	-125.5	333.0	.0	.0	125.5	333.0
9.67	-121.0	228.1	.0	.0	121.0	228.1
10.50	-99.0	134.5	.0	.0	99.0	134.5
11.75	-54.9	35.4	.0	.0	54.9	35.4
13.00	.0	.0	.0	.0	.0	.0

$$Tris = (Txp^2 + Typ^2)^{0.5}$$

$$Mris = (Mxp^2 + Myp^2)^{0.5}$$

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id.doc. REL	N.prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 122 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------------

15.3 Analisi SLV+

M A P - Matrix Analysis of Piles
 Programma per l'analisi di palificate collegate da un plinto rigido

(C) G.Guiducci, S.G.I. - luglio 1999

pag./ 2

QUADRILATERO LOTTO 2
 Muro su pali D1000 km4+920 Analisi SLV+

Geometria Palificata

palo	vin	X m	Y m	Z m	axz deg	ayz deg	axy deg	Box m	Boy m
1	0	2.450	.000	.000	.00	.00	.00	1.00	.00
2	0	.000	.000	.000	.00	.00	.00	1.00	.00
3	0	-2.450	.000	.000	.00	.00	.00	1.00	.00

vin = 0 - incastro; 1 - cerniera; 2 - appoggio
 X, Y, Z = Coordinate testa pali
 axz = Inclinazione palo nel piano Xp Z rispetto alla verticale
 (positiva se verso Xp positivo)
 ayz = Inclinazione palo nel piano Yp Z rispetto alla verticale
 (positiva se verso Yp positivo)
 axy = Rotazione assi Xp Yp (positiva se antioraria)
 Box = Lato dell'elemento parallelo all'asse Xp
 Boy = Lato dell'elemento parallelo all'asse Yp
 se Boy = 0 D = Box: diametro
 altrimenti D = $\sqrt{\text{Box} * \text{Boy} * 1.273}$: diametro equivalente

pag./ 3

Caratteristiche Tratti Fuori Terra
 (uguali per tutti i pali)

palo	h m	Qx1 kN/m	Qx2 kN/m	Qy1 kN/m	Qy2 kN/m
1	3.000	111.80	111.80	.00	.00

h = Altezza tratto di palo fuori terra (parallelo asse Z)
 Qx1 = Carico distribuito trapezoidale in direzione x - sommita' palo
 (riferimento locale)
 Qx2 = Carico distribuito trapezoidale in direzione x - livello terreno
 Qy1 = Carico distribuito trapezoidale in direzione y - sommita' palo
 Qy2 = Carico distribuito trapezoidale in direzione y - livello terreno

pag./ 4

Caratterizzazione dei pali soggetti a carichi assiali e torsionali
 (uguali per tutti i pali)

palo	AK kN/m	TK kN*m/rad
1	1000000.	.0

AK = Rigidezza assiale palo-terreno
 TK = Rigidezza torsionale palo-terreno

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id.doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 123 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------------

Baricentro palificata: Xg = .000 m Yg = .000 m
 Rotazione direzioni princip. di inerzia: .00 deg

Caratterizzazione del terreno per pali soggetti a carichi trasversali
 (Definizione del modulo di reazione da piano campagna)

Terreno tipo 1

Prof. m	E kN/m ²
.00	35000.0
4.00	35000.0
4.10	100000.0
30.00	100000.0

Caratterizzazione dei pali soggetti a carichi trasversali
 (uguali per tutti i pali)

palo	Lp m	EJx kN*m ²	Itx	Ridx	EJy kN*m ²	Ity	Ridy
1	13.00	1472000.	1	1.000	1472000.	1	1.000

Lp = Lunghezza palo (compreso eventuale tratto fuori terra)
 EJ = Rigidezza flessionale del palo
 It = Tipo di terreno
 Rid = Moltiplicatore del modulo di reazione orizzontale

pag./ 5

QUADRILATERO LOTTO 2
 Muro su pali D1000 km4+920 Analisi SLV+

CONDIZIONE DI CARICO 1
 SLV+

Coordinate Centri di Carico (c.c.)

c.c.	Xc m	Yc m	Zc m	Alfc deg
1	-.090	.000	.000	.00

Componenti di Azioni Esterne riferite ai Centri di Carico

c.c.	Fzc kN	Fxc kN	Mxc kN*m	Fyc kN	Myc kN*m	Mzc kN*m
1	1808.1	1114.1	.0	.0	.0	.0

Componenti di Carico Risultanti (riferimento globale)

Fz kN	Fx kN	Mx kN*m	Fy kN	My kN*m	Mz kN*m
1808.1	1114.1	-162.7	.0	.0	.0

Punto di applic. carico verticale: Xv = -.090 m Yv = .000 m

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id.doc. REL	N.prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 124 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------------

Componenti di Spostamento del Plinto (riferimento globale)

dz mm	dx mm	rx mRad	dy mm	ry mRad	rz mRad
.603	16.079	.443	.000	.000	.000

Sollecitazioni in Sommita' ai Singoli Pali (riferimento locale)

palo	Fzp kN	Fxp kN	Mxp kN*m	Fyp kN	Myp kN*m	Mzp kN*m	Mris kN*m
1	1688.3	371.4	-1827.4	.0	.0	.0	1827.4
2	602.7	371.4	-1827.4	.0	.0	.0	1827.4
3	-482.9	371.4	-1827.4	.0	.0	.0	1827.4

$$Mris = (Mxp^2 + Myp^2)^{0.5}$$

pag./ 6

QUADRILATERO LOTTO 2
 Muro su pali D1000 km4+920 Analisi SLV+

CONDIZIONE DI CARICO 1
 SLV+

Sollecitazioni Taglianti e Flettenti lungo il fusto del palo 1
 (riferimento locale)

profond. m	Txp kN	Mxp kN*m	Typ kN	Myp kN*m	Tris kN	Mris kN*m
.00	371.4	-1827.4	.0	.0	371.4	1827.4
.75	455.2	-1517.5	.0	.0	455.2	1517.5
1.50	539.1	-1144.6	.0	.0	539.1	1144.6
2.25	622.9	-708.9	.0	.0	622.9	708.9
3.00	706.8	-210.2	.0	.0	706.8	210.2
3.31	605.7	-5.9	.0	.0	605.7	5.9
3.63	509.8	167.6	.0	.0	509.8	167.6
3.94	421.2	312.7	.0	.0	421.2	312.7
4.25	341.8	431.4	.0	.0	341.8	431.4
4.56	273.7	527.0	.0	.0	273.7	527.0
4.88	209.9	601.6	.0	.0	209.9	601.6
5.19	156.0	658.2	.0	.0	156.0	658.2
5.50	103.0	699.0	.0	.0	103.0	699.0
6.00	39.7	734.4	.0	.0	39.7	734.4
6.50	-10.7	740.7	.0	.0	10.7	740.7
7.00	-47.5	725.4	.0	.0	47.5	725.4
7.50	-105.9	688.7	.0	.0	105.9	688.7
8.00	-154.3	622.8	.0	.0	154.3	622.8
8.83	-182.2	478.7	.0	.0	182.2	478.7
9.67	-174.6	327.1	.0	.0	174.6	327.1
10.50	-142.1	192.4	.0	.0	142.1	192.4
11.75	-78.4	50.4	.0	.0	78.4	50.4
13.00	.0	.0	.0	.0	.0	.0

$$Tris = (Txp^2 + Typ^2)^{0.5}$$

$$Mris = (Mxp^2 + Myp^2)^{0.5}$$

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id.doc. REL	N.prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 125 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------------

15.4 Analisi SLV-

M A P - Matrix Analysis of Piles
 Programma per l'analisi di palificate collegate da un plinto rigido

(C) G.Guiducci, S.G.I. - luglio 1999

pag./ 2

QUADRILATERO LOTTO 2
 Muro su pali D1000 km4+920 Analisi SLV-

Geometria Palificata

palo	vin	X m	Y m	Z m	axz deg	ayz deg	axy deg	Box m	Boy m
1	0	2.450	.000	.000	.00	.00	.00	1.00	.00
2	0	.000	.000	.000	.00	.00	.00	1.00	.00
3	0	-2.450	.000	.000	.00	.00	.00	1.00	.00

vin = 0 - incastro; 1 - cerniera; 2 - appoggio
 X, Y, Z = Coordinate testa pali
 axz = Inclinazione palo nel piano Xp Z rispetto alla verticale
 (positiva se verso Xp positivo)
 ayz = Inclinazione palo nel piano Yp Z rispetto alla verticale
 (positiva se verso Yp positivo)
 axy = Rotazione assi Xp Yp (positiva se antioraria)
 Box = Lato dell'elemento parallelo all'asse Xp
 Boy = Lato dell'elemento parallelo all'asse Yp
 se Boy = 0 D = Box: diametro
 altrimenti D = $\sqrt{\text{Box} * \text{Boy} * 1.273}$: diametro equivalente

pag./ 3

Caratteristiche Tratti Fuori Terra
 (uguali per tutti i pali)

palo	h m	Qx1 kN/m	Qx2 kN/m	Qy1 kN/m	Qy2 kN/m
1	3.000	106.70	106.70	.00	.00

h = Altezza tratto di palo fuori terra (parallelo asse Z)
 Qx1 = Carico distribuito trapezoidale in direzione x - sommita' palo
 (riferimento locale)
 Qx2 = Carico distribuito trapezoidale in direzione x - livello terreno
 Qy1 = Carico distribuito trapezoidale in direzione y - sommita' palo
 Qy2 = Carico distribuito trapezoidale in direzione y - livello terreno

pag./ 4

Caratterizzazione dei pali soggetti a carichi assiali e torsionali
 (uguali per tutti i pali)

palo	AK kN/m	TK kN*m/rad
1	1000000.	.0

AK = Rigidezza assiale palo-terreno
 TK = Rigidezza torsionale palo-terreno

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id.doc. REL	N.prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 126 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------------

Baricentro palificata: Xg = .000 m Yg = .000 m
 Rotazione direzioni princip. di inerzia: .00 deg

Caratterizzazione del terreno per pali soggetti a carichi trasversali
 (Definizione del modulo di reazione da piano campagna)

Terreno tipo 1

Prof. m	E kN/m ²
.00	35000.0
4.00	35000.0
4.10	100000.0
30.00	100000.0

Caratterizzazione dei pali soggetti a carichi trasversali
 (uguali per tutti i pali)

palo	Lp m	EJx kN*m ²	Itx	Ridx	EJy kN*m ²	Ity	Ridy
1	13.00	1472000.	1	1.000	1472000.	1	1.000

Lp = Lunghezza palo (compreso eventuale tratto fuori terra)
 EJ = Rigidezza flessionale del palo
 It = Tipo di terreno
 Rid = Moltiplicatore del modulo di reazione orizzontale

pag./ 5

QUADRILATERO LOTTO 2
 Muro su pali D1000 km4+920 Analisi SLV-

CONDIZIONE DI CARICO 1
 SLV-

Coordinate Centri di Carico (c.c.)

c.c.	Xc m	Yc m	Zc m	Alfc deg
1	-.060	.000	.000	.00

Componenti di Azioni Esterne riferite ai Centri di Carico

c.c.	Fzc kN	Fxc kN	Mxc kN*m	Fyc kN	Myc kN*m	Mzc kN*m
1	1715.5	1107.1	.0	.0	.0	.0

Componenti di Carico Risultanti (riferimento globale)

Fz kN	Fx kN	Mx kN*m	Fy kN	My kN*m	Mz kN*m
1715.5	1107.1	-102.9	.0	.0	.0

Punto di applic. carico verticale: Xv = -.060 m Yv = .000 m

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id.doc. REL	N.prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 127 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------------

Componenti di Spostamento del Plinto (riferimento globale)

dz mm	dx mm	rx mRad	dy mm	ry mRad	rz mRad
.572	15.718	.439	.000	.000	.000

Sollecitazioni in Sommita' ai Singoli Pali (riferimento locale)

palo	Fzp kN	Fxp kN	Mxp kN*m	Fyp kN	Myp kN*m	Mzp kN*m	Mris kN*m
1	1646.3	369.0	-1789.2	.0	.0	.0	1789.2
2	571.8	369.0	-1789.2	.0	.0	.0	1789.2
3	-502.6	369.0	-1789.2	.0	.0	.0	1789.2

$$Mris = (Mxp^2 + Myp^2)^{0.5}$$

pag./ 6

 QUADRILATERO LOTTO 2
 Muro su pali D1000 km4+920 Analisi SLV-

 CONDIZIONE DI CARICO 1
 SLV-

 Sollecitazioni Taglianti e Flettenti lungo il fusto del palo 1
 (riferimento locale)

profond. m	Txp kN	Mxp kN*m	Typ kN	Myp kN*m	Tris kN	Mris kN*m
.00	369.0	-1789.2	.0	.0	369.0	1789.2
.75	449.1	-1482.4	.0	.0	449.1	1482.4
1.50	529.1	-1115.6	.0	.0	529.1	1115.6
2.25	609.1	-688.8	.0	.0	609.1	688.8
3.00	689.1	-201.9	.0	.0	689.1	201.9
3.31	590.4	-2.7	.0	.0	590.4	2.7
3.63	496.8	166.4	.0	.0	496.8	166.4
3.94	410.3	307.8	.0	.0	410.3	307.8
4.25	332.9	423.4	.0	.0	332.9	423.4
4.56	266.4	516.5	.0	.0	266.4	516.5
4.88	204.1	589.1	.0	.0	204.1	589.1
5.19	151.6	644.1	.0	.0	151.6	644.1
5.50	99.9	683.7	.0	.0	99.9	683.7
6.00	38.2	717.9	.0	.0	38.2	717.9
6.50	-11.0	723.8	.0	.0	11.0	723.8
7.00	-46.9	708.6	.0	.0	46.9	708.6
7.50	-103.8	672.5	.0	.0	103.8	672.5
8.00	-150.9	608.0	.0	.0	150.9	608.0
8.83	-178.0	467.3	.0	.0	178.0	467.3
9.67	-170.4	319.1	.0	.0	170.4	319.1
10.50	-138.7	187.7	.0	.0	138.7	187.7
11.75	-76.5	49.2	.0	.0	76.5	49.2
13.00	.0	.0	.0	.0	.0	.0

$$Tris = (Txp^2 + Typ^2)^{0.5}$$

$$Mris = (Mxp^2 + Myp^2)^{0.5}$$

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id.doc. REL	N.prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 128 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------------

16. APPENDICE D. CAPACITA' PORTANTE DEI PALI. TABULATI DI CALCOLO PAL

16.1 Capacità portante a compressione

*** P A L ***
Programma per l'analisi della capacità portante
assiale di un palo di fondazione

(C) G.Guiducci - Studio SINTESI (RN - Italy)
ottobre 2006

pag./ 2

QUADRILATERO LOTTO 2-muri su pali km4+920
Capacità portante palo D=1000mm-SLU A1+M1+R3

Quota testa palo da p.c. = 1.50 m
Quota falda da p.c. = .00 m
Peso di volume del palo = 5.00 kN/m³
Fattore di sicurezza portata laterale = 1.90 (FS,l)
Fattore di sicurezza portata di base = 2.20 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 1000. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"
quando la $Q_{b,i}$ ad esso attribuibile è superiore a quella degli
strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 1.000 = 3.00$ m
entro lo strato se quello sovrastante è più debole

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 1.000 = 3.00$ m
sopra lo strato sottostante se esso è più debole

La variazione di Q_b viene assunta lineare dal passaggio di strato

pag./ 3

QUADRILATERO LOTTO 2-muri su pali km4+920
Capacità portante palo D=1000mm-SLU A1+M1+R3

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "a" (Coesivo) da .00 a 4.00 m

$G_n = 19.0$ kN/m³ $G_e = 9.0$ kN/m³

Tau variabile lin. da .0 a .0 kPa

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id.doc. REL	N.prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 129 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------------

Qb variabile lin. da 0. a 0. kPa

Cu variabile lin. da 10.0 a 10.0 kPa

Strato 2 "Ecla " (Coesivo) da 4.00 a 8.00 m

Gn = 19.0 kN/m³ Ge = 9.0 kN/m³

Tau = alfa * Cu < 100.0 kPa
Criterio alfa(Cu) nel seguito

Tau > .23 * S'v
Tau < .55 * S'v

Qb = 9.0 * Cu + Sv

Cu variabile lin. da 100.0 a 100.0 kPa

Strato 3 "S " (Incoerente) da 8.00 a 30.00 m

Gn = 23.0 kN/m³ Ge = 13.0 kN/m³

Tau variabile lin. da 150.0 a 150.0 kPa

Qb variabile lin. da 4000. a 4000. kPa

pag./ 4

QUADRILATERO LOTTO 2-muri su pali km4+920
Capacit... portante palo D=1000mm-SLU A1+M1+R3

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

strato	Molt. Tau	Molt. Qb	Molt. Cu
1 "a "	1.00	1.00	1.00
2 "Ecla "	1.00	1.00	1.00
3 "S "	1.00	1.00	-

NOTA: i moltiplicatori non influenzano le limitazioni superiori o inferiori dei parametri

Per terreni coesivi: Criterio Tau = alfa * Cu

Cu kPa	alfa -
.0	.90
25.0	.90
25.1	.80
50.0	.80
51.0	.60
75.0	.60
75.1	.40
300.0	.40

pag./ 5

QUADRILATERO LOTTO 2-muri su pali km4+920
Capacit... portante palo D=1000mm-SLU A1+M1+R3

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id.doc. REL	N.prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 130 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------------

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
1.50	13.5	28.5	10.0	.00	.0	0.
2.00	18.0	38.0	10.0	.00	.0	0.
2.50	22.5	47.5	10.0	.00	.0	0.
3.00	27.0	57.0	10.0	.00	.0	0.
3.50	31.5	66.5	10.0	.00	.0	0.
4.00	36.0	76.0	10.0	.28	9.9	0.
4.50	40.5	85.5	100.0	.55	22.3	172.
5.00	45.0	95.0	100.0	.55	24.8	344.
5.50	49.5	104.5	100.0	.55	27.2	517.
6.00	54.0	114.0	100.0	.55	29.7	689.
6.50	58.5	123.5	100.0	.55	32.2	861.
7.00	63.0	133.0	100.0	.55	34.7	1033.
7.50	67.5	142.5	100.0	.55	37.1	1043.
8.00	72.0	152.0	100.0	1.32	94.8	1052.
8.50	78.5	163.5	--	1.91	150.0	1543.
9.00	85.0	175.0	--	1.76	150.0	2035.
9.50	91.5	186.5	--	1.64	150.0	2526.
10.00	98.0	198.0	--	1.53	150.0	3017.
10.50	104.5	209.5	--	1.44	150.0	3509.
11.00	111.0	221.0	--	1.35	150.0	4000.
11.50	117.5	232.5	--	1.28	150.0	4000.
12.00	124.0	244.0	--	1.21	150.0	4000.
12.50	130.5	255.5	--	1.15	150.0	4000.
13.00	137.0	267.0	--	1.09	150.0	4000.
13.50	143.5	278.5	--	1.05	150.0	4000.
14.00	150.0	290.0	--	1.00	150.0	4000.
14.50	156.5	301.5	--	.96	150.0	4000.
15.00	163.0	313.0	--	.92	150.0	4000.
15.50	169.5	324.5	--	.88	150.0	4000.
16.00	176.0	336.0	--	.85	150.0	4000.

pag./ 6

QUADRILATERO LOTTO 2-muri su pali km4+920
 Capacit... portante palo D=1000mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
16.50	182.5	347.5	--	.82	150.0	4000.
17.00	189.0	359.0	--	.79	150.0	4000.
17.50	195.5	370.5	--	.77	150.0	4000.
18.00	202.0	382.0	--	.74	150.0	4000.
18.50	208.5	393.5	--	.72	150.0	4000.
19.00	215.0	405.0	--	.70	150.0	4000.
19.50	221.5	416.5	--	.68	150.0	4000.
20.00	228.0	428.0	--	.66	150.0	4000.
20.50	234.5	439.5	--	.64	150.0	4000.
21.00	241.0	451.0	--	.62	150.0	4000.
21.50	247.5	462.5	--	.61	150.0	4000.
22.00	254.0	474.0	--	.59	150.0	4000.
22.50	260.5	485.5	--	.58	150.0	4000.
23.00	267.0	497.0	--	.56	150.0	4000.
23.50	273.5	508.5	--	.55	150.0	4000.
24.00	280.0	520.0	--	.54	150.0	4000.
24.50	286.5	531.5	--	.52	150.0	4000.
25.00	293.0	543.0	--	.51	150.0	4000.
25.50	299.5	554.5	--	.50	150.0	4000.
26.00	306.0	566.0	--	.49	150.0	4000.
26.50	312.5	577.5	--	.48	150.0	4000.
27.00	319.0	589.0	--	.47	150.0	4000.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE
Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id.doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 131 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------------

27.50	325.5	600.5	--	.46	150.0	4000.
28.00	332.0	612.0	--	.45	150.0	4000.
28.50	338.5	623.5	--	.44	150.0	4000.
29.00	345.0	635.0	--	.43	150.0	4000.
29.50	351.5	646.5	--	.43	150.0	4000.
30.00	358.0	658.0	--	.42	150.0	4000.

zz = Profondita' da piano campagna
 S'v = Tensione verticale efficace
 Sv = Tensione verticale totale
 Cu = Coesione non drenata
 Tau = Tensione di adesione laterale limite
 qb = Portata di base limite unitaria

pag./ 7

QUADRILATERO LOTTO 2-muri su pali km4+920
 Capacit... portante palo D=1000mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	0.	0.	0.	0.
.50	0.	0.	2.	-2.	-2.
1.00	0.	0.	4.	-4.	-4.
1.50	0.	0.	6.	-6.	-6.
2.00	0.	0.	8.	-8.	-8.
2.50	4.	0.	10.	-6.	-8.
3.00	33.	135.	12.	156.	67.
3.50	70.	270.	14.	327.	146.
4.00	111.	406.	16.	501.	227.
4.50	156.	541.	18.	679.	310.
5.00	204.	676.	20.	861.	395.
5.50	257.	811.	22.	1046.	482.
6.00	313.	819.	24.	1108.	513.
6.50	395.	826.	26.	1196.	558.
7.00	609.	1212.	27.	1793.	844.
7.50	844.	1598.	29.	2413.	1141.
8.00	1080.	1984.	31.	3033.	1439.
8.50	1316.	2370.	33.	3652.	1736.
9.00	1551.	2756.	35.	4272.	2034.
9.50	1787.	3142.	37.	4891.	2331.
10.00	2023.	3142.	39.	5125.	2453.
10.50	2258.	3142.	41.	5359.	2575.
11.00	2494.	3142.	43.	5592.	2697.
11.50	2729.	3142.	45.	5826.	2819.
12.00	2965.	3142.	47.	6060.	2941.
12.50	3201.	3142.	49.	6293.	3063.
13.00	3436.	3142.	51.	6527.	3186.
13.50	3672.	3142.	53.	6760.	3308.
14.00	3908.	3142.	55.	6994.	3430.
14.50	4143.	3142.	57.	7228.	3552.

pag./ 8

QUADRILATERO LOTTO 2-muri su pali km4+920
 Capacit... portante palo D=1000mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
---------	-----------	-----------	----------	----------	----------

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 132 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

15.00	4379.	3142.	59.	7461.	3674.
15.50	4614.	3142.	61.	7695.	3796.
16.00	4850.	3142.	63.	7929.	3918.
16.50	5086.	3142.	65.	8162.	4040.
17.00	5321.	3142.	67.	8396.	4162.
17.50	5557.	3142.	69.	8630.	4284.
18.00	5792.	3142.	71.	8863.	4406.
18.50	6028.	3142.	73.	9097.	4528.
19.00	6264.	3142.	75.	9331.	4650.
19.50	6499.	3142.	77.	9564.	4772.
20.00	6735.	3142.	79.	9798.	4894.
20.50	6971.	3142.	81.	10032.	5016.
21.00	7206.	3142.	82.	10265.	5138.
21.50	7442.	3142.	84.	10499.	5260.
22.00	7677.	3142.	86.	10733.	5382.
22.50	7913.	3142.	88.	10966.	5504.
23.00	8149.	3142.	90.	11200.	5626.
23.50	8384.	3142.	92.	11434.	5748.
24.00	8620.	3142.	94.	11667.	5871.
24.50	8856.	3142.	96.	11901.	5993.
25.00	9091.	3142.	98.	12135.	6115.
25.50	9327.	3142.	100.	12368.	6237.
26.00	9562.	3142.	102.	12602.	6359.
26.50	9798.	3142.	104.	12836.	6481.
27.00	10034.	3142.	106.	13069.	6603.
27.50	10269.	3142.	108.	13303.	6725.
28.00	10505.	3142.	110.	13536.	6847.
28.50	10740.	3142.	112.	13770.	6969.

Lp = Lunghezza utile del palo
 Q1l = Portata laterale limite
 Qb1 = Portata di base limite
 Wp = Peso efficace del palo
 Qu = Portata totale limite
 Qd = Portata di progetto = $Q1l/FS,1 + Qb1/FS,b - Wp$

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 133 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

16.2 Capacità portante a trazione

*** P A L ***
Programma per l'analisi della capacità portante
assiale di un palo di fondazione
(C) G.Guiducci - Studio SINTESI (RN - Italy)
ottobre 2006

pag./ 2

QUADRILATERO LOTTO 2-muri su pali km4+920
Capacità portante palo D=1000mm-SLU A1+M1+R3 trazione

Quota testa palo da p.c. = 1.50 m
Quota falda da p.c. = .00 m
Peso di volume del palo = -15.00 kN/m³
Fattore di sicurezza portata laterale = 2.06 (FS,l)
Fattore di sicurezza portata di base = 1.00 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 1000. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"
quando la $Q_{b,i}$ ad esso attribuibile è superiore a quella degli
strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 1.000 = 3.00$ m
entro lo strato se quello sovrastante è più debole

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 1.000 = 3.00$ m
sopra lo strato sottostante se esso è più debole

La variazione di Q_b viene assunta lineare dal passaggio di strato

pag./ 3

QUADRILATERO LOTTO 2-muri su pali km4+920
Capacità portante palo D=1000mm-SLU A1+M1+R3 trazione

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "a" (Coesivo) da .00 a 4.00 m
Gn = 19.0 kN/m³ Ge = 9.0 kN/m³
Tau variabile lin. da .0 a .0 kPa
Qb variabile lin. da 0. a 0. kPa
Cu variabile lin. da 10.0 a 10.0 kPa

Strato 2 "Ecla" (Coesivo) da 4.00 a 8.00 m

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE
Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id.doc. REL	N.prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 135 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	---------------	-----------	-------------------------------

1.50	13.5	28.5	10.0	.00	.0	0.
2.00	18.0	38.0	10.0	.00	.0	0.
2.50	22.5	47.5	10.0	.00	.0	0.
3.00	27.0	57.0	10.0	.00	.0	0.
3.50	31.5	66.5	10.0	.00	.0	0.
4.00	36.0	76.0	10.0	.28	9.9	0.
4.50	40.5	85.5	100.0	.55	22.3	0.
5.00	45.0	95.0	100.0	.55	24.8	0.
5.50	49.5	104.5	100.0	.55	27.2	0.
6.00	54.0	114.0	100.0	.55	29.7	0.
6.50	58.5	123.5	100.0	.55	32.2	0.
7.00	63.0	133.0	100.0	.55	34.7	0.
7.50	67.5	142.5	100.0	.55	37.1	0.
8.00	72.0	152.0	100.0	1.32	94.8	0.
8.50	78.5	163.5	--	1.91	150.0	0.
9.00	85.0	175.0	--	1.76	150.0	0.
9.50	91.5	186.5	--	1.64	150.0	0.
10.00	98.0	198.0	--	1.53	150.0	0.
10.50	104.5	209.5	--	1.44	150.0	0.
11.00	111.0	221.0	--	1.35	150.0	0.
11.50	117.5	232.5	--	1.28	150.0	0.
12.00	124.0	244.0	--	1.21	150.0	0.
12.50	130.5	255.5	--	1.15	150.0	0.
13.00	137.0	267.0	--	1.09	150.0	0.
13.50	143.5	278.5	--	1.05	150.0	0.
14.00	150.0	290.0	--	1.00	150.0	0.
14.50	156.5	301.5	--	.96	150.0	0.
15.00	163.0	313.0	--	.92	150.0	0.
15.50	169.5	324.5	--	.88	150.0	0.
16.00	176.0	336.0	--	.85	150.0	0.

pag. / 6

 QUADRILATERO LOTTO 2-muri su pali km4+920
 Capacit... portante palo D=1000mm-SLU A1+M1+R3 trazione

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
16.50	182.5	347.5	--	.82	150.0	0.
17.00	189.0	359.0	--	.79	150.0	0.
17.50	195.5	370.5	--	.77	150.0	0.
18.00	202.0	382.0	--	.74	150.0	0.
18.50	208.5	393.5	--	.72	150.0	0.
19.00	215.0	405.0	--	.70	150.0	0.
19.50	221.5	416.5	--	.68	150.0	0.
20.00	228.0	428.0	--	.66	150.0	0.
20.50	234.5	439.5	--	.64	150.0	0.
21.00	241.0	451.0	--	.62	150.0	0.
21.50	247.5	462.5	--	.61	150.0	0.
22.00	254.0	474.0	--	.59	150.0	0.
22.50	260.5	485.5	--	.58	150.0	0.
23.00	267.0	497.0	--	.56	150.0	0.
23.50	273.5	508.5	--	.55	150.0	0.
24.00	280.0	520.0	--	.54	150.0	0.
24.50	286.5	531.5	--	.52	150.0	0.
25.00	293.0	543.0	--	.51	150.0	0.
25.50	299.5	554.5	--	.50	150.0	0.
26.00	306.0	566.0	--	.49	150.0	0.
26.50	312.5	577.5	--	.48	150.0	0.
27.00	319.0	589.0	--	.47	150.0	0.
27.50	325.5	600.5	--	.46	150.0	0.
28.00	332.0	612.0	--	.45	150.0	0.
28.50	338.5	623.5	--	.44	150.0	0.
29.00	345.0	635.0	--	.43	150.0	0.
29.50	351.5	646.5	--	.43	150.0	0.
30.00	358.0	658.0	--	.42	150.0	0.



QUADRILATERO
Merche Umbria S.p.A.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 136 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

zz = Profondita' da piano campagna
S'v = Tensione verticale efficace
Sv = Tensione verticale totale
Cu = Coesione non drenata
Tau = Tensione di adesione laterale limite
qb = Portata di base limite unitaria

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 137 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

pag./ 7

 QUADRILATERO LOTTO 2-muri su pali km4+920
 Capacit... portante palo D=1000mm-SLU A1+M1+R3 trazione

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	0.	0.	0.	0.
.50	0.	0.	-6.	6.	6.
1.00	0.	0.	-12.	12.	12.
1.50	0.	0.	-18.	18.	18.
2.00	0.	0.	-24.	24.	24.
2.50	4.	0.	-29.	33.	31.
3.00	33.	0.	-35.	68.	51.
3.50	70.	0.	-41.	111.	75.
4.00	111.	0.	-47.	158.	101.
4.50	156.	0.	-53.	209.	129.
5.00	204.	0.	-59.	263.	158.
5.50	257.	0.	-65.	321.	189.
6.00	313.	0.	-71.	384.	223.
6.50	395.	0.	-77.	471.	268.
7.00	609.	0.	-82.	691.	378.
7.50	844.	0.	-88.	933.	498.
8.00	1080.	0.	-94.	1174.	619.
8.50	1316.	0.	-100.	1416.	739.
9.00	1551.	0.	-106.	1657.	859.
9.50	1787.	0.	-112.	1899.	979.
10.00	2023.	0.	-118.	2140.	1100.
10.50	2258.	0.	-124.	2382.	1220.
11.00	2494.	0.	-130.	2623.	1340.
11.50	2729.	0.	-135.	2865.	1460.
12.00	2965.	0.	-141.	3106.	1581.
12.50	3201.	0.	-147.	3348.	1701.
13.00	3436.	0.	-153.	3589.	1821.
13.50	3672.	0.	-159.	3831.	1942.
14.00	3908.	0.	-165.	4072.	2062.
14.50	4143.	0.	-171.	4314.	2182.

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id. doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 138 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------------

pag./ 8

 QUADRILATERO LOTTO 2-muri su pali km4+920
 Capacit... portante palo D=1000mm-SLU A1+M1+R3 trazione

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
15.00	4379.	0.	-177.	4555.	2302.
15.50	4614.	0.	-183.	4797.	2423.
16.00	4850.	0.	-188.	5038.	2543.
16.50	5086.	0.	-194.	5280.	2663.
17.00	5321.	0.	-200.	5522.	2783.
17.50	5557.	0.	-206.	5763.	2904.
18.00	5792.	0.	-212.	6005.	3024.
18.50	6028.	0.	-218.	6246.	3144.
19.00	6264.	0.	-224.	6488.	3264.
19.50	6499.	0.	-230.	6729.	3385.
20.00	6735.	0.	-236.	6971.	3505.
20.50	6971.	0.	-242.	7212.	3625.
21.00	7206.	0.	-247.	7454.	3746.
21.50	7442.	0.	-253.	7695.	3866.
22.00	7677.	0.	-259.	7937.	3986.
22.50	7913.	0.	-265.	8178.	4106.
23.00	8149.	0.	-271.	8420.	4227.
23.50	8384.	0.	-277.	8661.	4347.
24.00	8620.	0.	-283.	8903.	4467.
24.50	8856.	0.	-289.	9144.	4587.
25.00	9091.	0.	-295.	9386.	4708.
25.50	9327.	0.	-300.	9627.	4828.
26.00	9562.	0.	-306.	9869.	4948.
26.50	9798.	0.	-312.	10110.	5069.
27.00	10034.	0.	-318.	10352.	5189.
27.50	10269.	0.	-324.	10593.	5309.
28.00	10505.	0.	-330.	10835.	5429.
28.50	10740.	0.	-336.	11076.	5550.

Lp = Lunghezza utile del palo
 Q11 = Portata laterale limite
 Qb1 = Portata di base limite
 Wp = Peso efficace del palo
 Qu = Portata totale limite
 Qd = Portata di progetto = $Q11/FS,1 + Qb1/FS,b - Wp$

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id.doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 139 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------------

17. APPENDICE E: TERMINOLOGIA UTILIZZATA NELLA VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.

17.1 Pali

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata [kNm] applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Coppia concentrata [kNm] applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata [kNm] applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Coppia concentrata [kNm] applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
As Tesa	Area armature [cm ²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio di progetto [kN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.19) NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta	Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm ² /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm ² /m]

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS MU0000	Id.doc. REL	N. prog. 04	Rev. A	Pag. di Pag. 140 di 140
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------------

17.2 Muro

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Coppia concentrata [kN m] applicata all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
VY	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT	Momento torcente [kN m]

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N ult	Sforzo normale ultimo [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yneutro	Ordinata [cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.
Mx sn.	Momento flettente allo snervamento [kNm]
x/d	Rapp. di duttilità a rottura solo se N = 0 (travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)