


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

CONTRAENTE GENERALE: 	<i>Il responsabile del Contraente Generale:</i> Ing. Federico Montanari	<i>Il responsabile Integrazioni delle Prestazioni Specialistiche:</i> Ing. Salvatore Lieto
--	--	---

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 OPERE D'ARTE MINORI Generale Opere di Sostegno in Terra Rinforzata : Relazione Tecnica e di Calcolo	SCALA: DATA: Agosto 2016
--	--

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

Codice Elaborato:	Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.
L0703	212	E	17	050000	REL	01	A	

REV.	DATA	DESCRIZIONE	Redatto	Controllato	Approvato
A	AGOSTO2016	Emissione per progetto esecutivo	PROGIN	S.LIETO	A.GRIMALDI

I N D I C E

1. PREMESSA.....	3
2. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO	4
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO	6
5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA	9
6. LE TERRE RINFORZATE: ASPETTI GENERALI E DI CALCOLO	11
6.1 IL SISTEMA COSTRUTTIVO	11
6.2 CRITERI GENERALI DI CALCOLO E VERIFICA.....	12
6.2.1 VERIFICHE AGLI SLU	13
6.2.2 Verifiche esterne	13
6.2.2.1 Verifica allo scorrimento.....	13
6.2.2.2 Verifica a carico limite.....	14
6.2.2.3 Verifica al Ribaltamento	17
6.2.2.4 Stabilità Globale.....	17
6.2.3 Verifiche interne	19
6.2.4 Verifiche composte.....	20
6.2.5 Verifiche agli SLE	21
7. ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI DI VERIFICA	22
7.1 CARICHI FISSI.....	22
7.2 SPINTE DEL TERRENO	22
7.3 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI.....	23
7.4 AZIONI SISMICHE	23
7.4.1 FORZE D'INERZIA	25
7.4.2 EFFETTI SISMICI SULLE SPINTE DEL TERRENO	25
7.5 STATI LIMITE E COMBINAZIONI DI VERIFICA AI SENSI DM 14.01.08.....	26
8. SEZIONE DI CALCOLO ANALIZZATA.....	28
8.1 RISULTATI VERIFICHE	30
9. ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO	31
9.1 AFFIDABILITA' ORIGINE E GIUDIZIO SUI RISULTATI.....	31
ALLEGATO 1	33
TABULATI DI CALCOLO TEA.....	33

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 3 di 54
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------

1. PREMESSA

Nell'ambito dei lavori di completamento della direttrice Perugia – Ancona “Pedemontana delle Marche”: Sub Lotto 2.2 Tratto Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord, è prevista la realizzazione di una serie di tombini idraulici allo scopo di garantire la continuità di fossi e/o alvei naturali intercettati dal tracciato di progetto.

Oggetto della trattazione nel seguito esposta è in particolare il dimensionamento strutturale e geotecnico dei tombini idraulici caratterizzati da una sezione scatolare in c.a. di dimensioni interne **2x2**.

Nel seguito, dopo una breve descrizione delle opere cui si riferiscono i calcoli sviluppati, si riportano tutti i criteri generali adottati per le analisi e verifiche strutturali, ed a seguire , tutti i risultati ottenuti nei vari casi.

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 4 di 54
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------

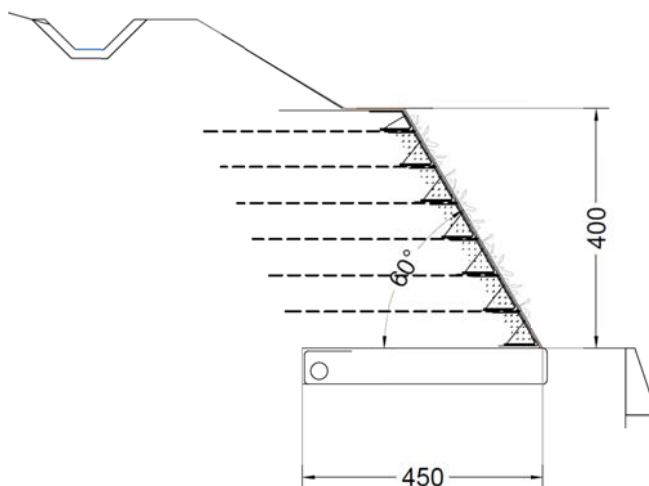
2. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

I calcoli esposti nel presente documento, si riferiscono, come già anticipato in premessa, alle opere di sostegno in terra rinforzata previste a margine del corpo stradale dell'asse principale, in alcune zone in trincea ove non risultava compatibile applicare la normale sagomatura delle scarpate prevista lungo linea.

I tratti di intervento in terra rinforzata sono complessivamente 4; nel seguito si riporta una tabella con le relative pk di ubicazione ed una sezione tipo degli interventi.

Tratto	Pk. IN (Km ¹)	Pk. FIN (Km ¹)	H(m)
1	0+998	1+145	4.0
2	1+468	1+495	4.0
3	1+492	1+534	4.0
4	1+565	1+580	4.0

Tabella ubicazione tratti in terra rinforzata



Sezioni Tipo Opere in terra rinforzata

Per ulteriori dettagli ed approfondimenti, si rimanda agli elaborati grafici specifici.

Opera L073	Trotto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 5 di 54
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------

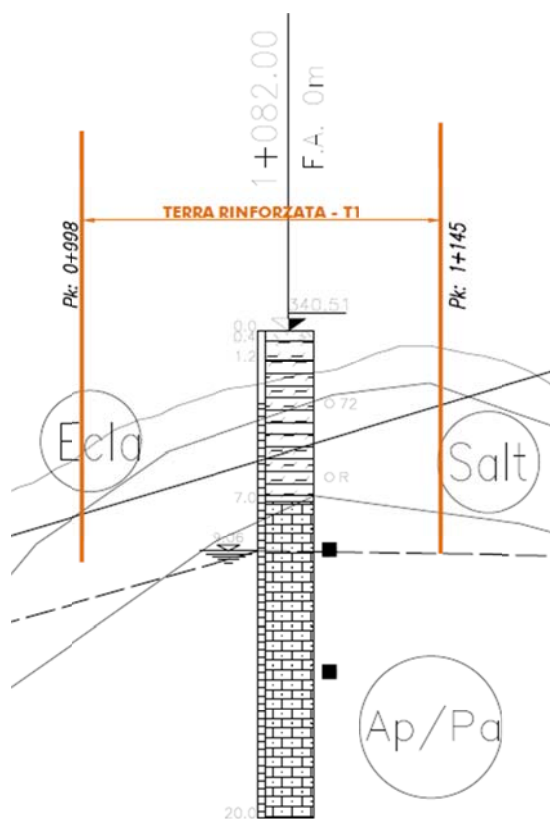
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la redazione del progetto strutturale e geotecnico esposto nel presente documento, si è fatto riferimento alle seguenti normative e specifiche nazionali e comunitarie:

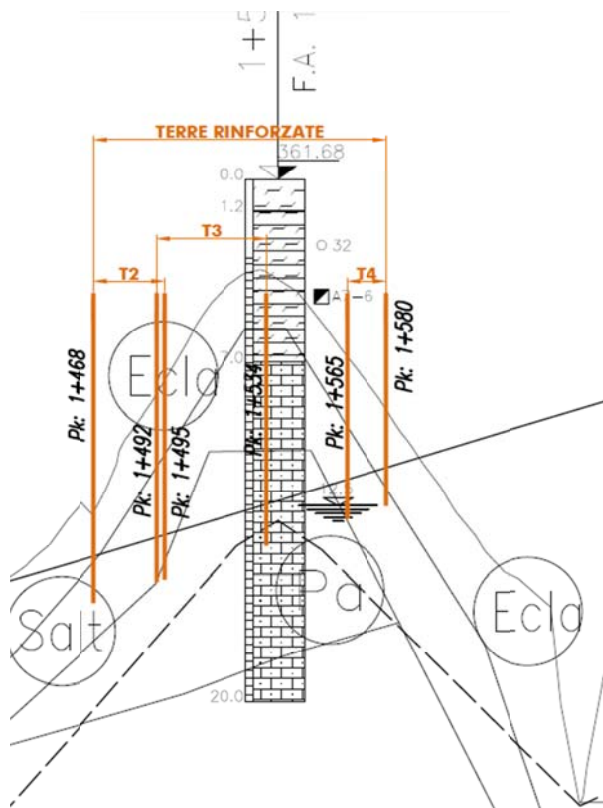
- **D.M. 14/01/2008.**
Norme tecniche per le costruzioni.
- **Circolare del 02/02/2009.**
Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. del 14/01/2008.

4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Per la caratterizzazione geotecnica del terreno interagente con le opere oggetto di dimensionamento nel presente documento, si è fatto riferimento a quanto dettagliatamente indicato nella Relazione Geotecnica e nel Profilo Geotecnico Generale di Progetto, da cui si evince che le formazioni più superficiali che interagiscono direttamente con le opere in esame, sono costituite da alternanze delle unità geotecniche **Ecla**, e **Salt**, come testimoniato dagli stralci del profilo geotecnico riferiti alla zona di ubicazione delle opere, di seguito riportati per ulteriore chiarezza:



Stralcio Profilo Geotecnico tratto in TR n°1



Stralcio Profilo Geotecnico tratti in TR n°2/3/4

I parametri fisico-meccanici caratteristici delle due unità geotecniche citate, sono, in accordo a quanto riportato nella relazione geotecnica generale, quelli di seguito riportati:

Unità Ecla - Depositi eluvio colluviali limoso argillosi

$\gamma = 18.5 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 24 \div 27^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 5 \div 15 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi_r' = 19 \div 21^\circ$	angolo di resistenza al taglio residuo
$c_r' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata residua
$c_u = 50 \div 160 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$E_o = 100 \div 400 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

Unità Salt – Substrato alterato argilloso limoso

$\gamma = 20.0 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 27^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 20 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi_r' = 19^\circ$	angolo di resistenza al taglio residuo
$c_r' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata residua
$c_u = 75 \div 430 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$E_o = 150 \div 600 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

Opera L073	Trotto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 8 di 54
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	-------------------------

In considerazione pertanto della contenuta variabilità dei parametri tra le due unità, si è fatto riferimento ai fini del calcolo ai seguenti parametri di progetto, espressi in termini di tensioni efficaci:

Terrapieno spingente:

γ (KN/m ³)	c' (KPa)	φ °
20.0	0.0	25.00

Terreno di fondazione:

γ (KN/m ³)	c' (KPa)	φ °
20.0	10.0	25.00

Riguardo il livello di **falda locale**, nei tratti in esame, come in genere lungo l'intero tracciato di progetto, la superficie piezometrica è contenuto nell'ordine di alcuni metri dal piano campagna; tenendo conto di tale aspetto nonché delle quote di progetto delle fondazioni delle opere desumibili dai relativi elaborati grafici, si è assunto ai fini del calcolo, un livello di falda coincidente con il piano di posa delle fondazioni. Tale ipotesi di calcolo è altresì avvalorata dalla sistemazione con materiale drenante prevista al di sotto del piano di posa delle opere nonché dalla presenza del geocomposito drenante previsto a tergo dell'opera di sostegno.

5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Le opere in progetto rientrano nell'ambito dei Lavori di Realizzazione dell'Infrastruttura "Pedemontana delle Marche" progettato per una vita nominale V_N pari a **50** anni, ed una classe d'uso **III** (Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.) ai sensi del D. Min. 14/01/2008, da cui scaturisce un coefficiente d'uso $C_U = 1.5$

L'azione sismica di progetto è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base del sito su cui l'opera insiste, descritta in termini geografici e temporali:

- attraverso i valori di accelerazione orizzontale di picco a_g (attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale) e le espressioni che definiscono le ordinate del relativo spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$;
- in corrispondenza del punto del reticolo che individua la posizione geografica dell'opera;
- con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR.

In particolare, la forma spettrale prevista dalla normativa è definita, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

- a_g , accelerazione orizzontale massima del terreno
- F_0 , valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T_C^* , periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I suddetti parametri sono calcolati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il punto caratterizzante la posizione dell'opera, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

In particolare, si può notare come F_0 descriva la pericolosità sismica locale del sito su cui l'opera insiste. Infatti, da quest'ultimo, attraverso le espressioni fornite dalla normativa, sono valutati i valori d'amplificazione stratigrafica e topografica.

Di seguito sono riassunti i valori dei parametri assunti per l'opera in oggetto.

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE
Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opera L073	Trotto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 10 di 54
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

- Vita nominale V_N = 50 anni;
- Classe d'uso = III;
- Coefficiente d'uso C_u = 1.5;
- Periodo di riferimento V_R = 75 anni;
- $T_{R,SLV}$ = 712 anni;
- Comune = Fabriano;

A partire dai dati di cui in precedenza, si determinano i valori dei parametri di pericolosità sismica riferiti ai diversi stati limite di verifica previsti dalla Normativa nei riguardi delle azioni sismiche :

V_R [anni]	Stato Limite	PV_R -	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
75	SLO	81%	45	0.073	2.450	0.286
	SLD	63%	75	0.090	2.454	0.297
	SLV	10%	712	0.206	2.526	0.331
	SLC	5%	1462	0.262	2.555	0.339

Tabella di riepilogo Parametri di pericolosità di Progetto

Per il tipo di opera in esame, le verifiche vanno tuttavia effettuate rispetto allo SLV, considerando pertanto:

- $a_{g,SLV}$ = **0.206 g;**
- $F_{0,SLV}$ = **2.526;**
- $T_{c,SLV}^*$ = **0.331 sec.**

6. LE TERRE RINFORZATE: ASPETTI GENERALI E DI CALCOLO

6.1 IL SISTEMA COSTRUTTIVO

Il principio di funzionamento delle terre rinforzate é quello di mobilitare un sistema di forze interne, mediante l'inserimento di geotessili lungo piani generalmente orizzontali e paralleli, così da riequilibrare lo stato di equilibrio di una scarpata artificiale. In questo modo si sfrutta sia la resistenza di tipo frizionale che contrasta lo sfilamento del geosintetico dal terreno sia l'effetto di pseudocoazione (che con tutta probabilità é l'effetto prevalente) derivato dalla presenza del rinforzo che comporta una modifica nello stato tensionale interno .

La costruzione delle terre rinforzate mediante geotessile avviene con le seguenti fasi operative:

- posa di un cassero metallico a perdere
- posa di un particolare geotessile sul piano orizzontale
- posa del feltro per la vegetazione
- riempimento dello strato con materiale idoneo compattato
- semina finale del paramento.

Il cassero metallico impiegato (rete elettrosaldato in tondini di acciaio piegata ad L dove un lato poggia sul geotessile mentre l'altro si dispone verso l'alto) é solo un paramento di posa per ottenere una superficie della scarpata omogenea ed avere la possibilità di compattare il terreno fino alla parte frontale della scarpata.

Il feltro per vegetazione é un particolare geotessile agotattato su una rete in poliestere a trama ordita di 2 x 4 mm che permette all'apparato radicale della semina di penetrare nello strato di riempimento. Ha quindi la sola funzione di prevenire l'erosione ed il dilavamento della parte fine di terreno vegetale della scarpata e permettere l'attecchimento della semina.

Il geotessile di armatura posto sul piano orizzontale é un non tessuto in fibre continue (ottenute da granuli puri di poliestere/polipropilene ad alta tenacità) realizzato mediante legatura meccanica, con massa areica di 350 gr/mq dalle caratteristiche deformative fortemente anisotrope.

Possiede una altissima resistenza ai solventi ed ai microrganismi ed è stabile all'azione dei raggi UV .

A rottura questo geosintetico ha una resistenza nella direzione di posa di 40 KN/m ed un allungamento del 40%, nella direzione ortogonale una resistenza di circa 20 KN/m ed un allungamento del 50%.

Come condizione limite di esercizio viene assunto un carico ammissibile di 13 KN/m con una deformazione pari al 10%.

I materiali da impiegare nella costruzione di opere in terra rinforzata devono rientrare nelle classi A1, A2, A3 o A4 e non devono contenere elementi di pezzatura superiore a 200 mm . Questi materiali sono posti in opera in strati orizzontali di 0,30 m di spessore (scaricati dai dumpers sul filo interno della struttura evitando che i mezzi passino sopra i teli di geotessile) e compattati con rulli vibranti lisci o a pedi piramidali di peso statico pari a 60 KN con almeno cinque passate.

L'inerbimento delle superfici a forte acclività delle strutture in terra rinforzata é ottenuto mediante il procedimento in 2 stadi.

Dapprima viene spruzzata sul paramento una miscela di terreno vegetale, silicati, fibre vegetali, alginato sodico e concime organico per intasare le cavità esistenti tra rilevato compattato e rete di contenimento. L'alginato sodico ha la funzione di creare una massa idrofila capace di accumulare **acqua restituendola** lentamente alla vegetazione.

Successivamente viene spruzzato sul paramento una pacciamatura contenente fibre di cotone e cellulosa, un fertilizzante micronizzato e trattato con resine per ritardarne la diffusione, misto a semi di specie erbacee ed arbustive.

Si esegue alla base del rilevato un saccone drenante di geotessile riempito con ghiaione o materiale arido al fine di prevenire eventuali risalite capillari di acqua.

A tergo del paramento, se la conformazione idrogeologica del luogo lo suggerisce o in presenza di falde superficiali, è opportuno predisporre un drenaggio sub-verticale mediante l'impiego di geotessile di massa areica non inferiore a 210 g/mq con alla base un tubo microfessurato per l'evacuazione dell'acqua.

6.2 CRITERI GENERALI DI CALCOLO E VERIFICA

Di seguito si espongono i criteri generali di Calcolo e Verifica delle Terre rinforzate, che per ciò che concerne la stabilità locale, sono quelle tipiche previste per le opere di sostegno, mentre, per ciò che concerne l'adeguatezza del sistema strutturale, si specializzano in base al particolare sistema costruttivo previsto per la realizzazione di tali opere

Le terre armate sono viste come un incremento di resistenza lungo le strisce intersecate.

Indicando con F_z la resistenza a trazione del singolo elemento (per metro lineare) e con F_t la resistenza a taglio l'incremento di resistenza a taglio complessiva sulla striscia sarà data da

$$R = \sum (F_z \cos \alpha + F_t \sin \alpha) \rho$$

dove la sommatoria è da intendersi estesa a tutti gli elementi che intersecano la base della striscia ed il fattore ρ tiene conto della posizione dell'intersezione fra l'elemento di terra armata e la superficie di rottura. Il fattore ρ ($0 \leq \rho \leq 1$) lo esprimiamo come rapporto:

$$\rho = \frac{L_e}{L_{ad}}$$

dove L_e è la lunghezza del tratto di elemento posto al di fuori della superficie di rottura ed L_{ad} è la lunghezza di aderenza necessaria dell'elemento.

La resistenza totale disponibile alla base della striscia in presenza di terra armata/rinforzata sarà espressa dalla relazione

$$S_R = c'L + N'tg\phi' + R$$

6.2.1 VERIFICHE AGLI SLU

Nei riguardi degli SLU, per opere di sostegno in terra rinforzata, le verifiche di resistenza e stabilità globale e locale dell'opera si specializzano in Verifiche cosiddette, **esterne, interne e composte** secondo quanto specificato ai successivi paragrafi:

6.2.2 Verifiche esterne

Le verifiche esterne determinano lo stato di equilibrio limite delle terre armate (viste come corpo rigido e senza presenza di rinforzi) per i seguenti cinematismi:

6.2.2.1 Verifica allo scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_s stabilito dalla Normativa Vigente, ovvero

$$F_r / F_s \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella F_s sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta N la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_r la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_r$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro.

In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione, δ_f , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_f pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

6.2.2.2 Verifica a carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a η_q . Cioè, detto Q_u , il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$Q_u / R \geq \eta_q$$

Essendo $\eta_q \geq 1.0$ e comunque stabilito dalla normativa vigente.

Per la valutazione del valore unitario del carico limite, q_u , è possibile ricorrere alle espressioni di Hansen per il calcolo della capacità portante, che si differenziano a secondo se si è in presenza di un terreno puramente coesivo ($\phi=0$) o meno e si esprimono nel modo seguente:

Opera L073	Trotto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 15 di 54
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Caso generale

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5B\gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

Caso di terreno puramente coesivo $\phi=0$

$$q_u = 5.14c(1+s_c+d_c-i_c-g_c-b_c) + q$$

in cui:

d_c, d_q, d_γ , sono i fattori di profondità;

s_c, s_q, s_γ , sono i fattori di forma;

i_c, i_q, i_γ , sono i fattori di inclinazione del carico;

b_c, b_q, b_γ , sono i fattori di inclinazione del piano di posa;

g_c, g_q, g_γ , sono i fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza.

I fattori N_c, N_q, N_γ sono espressi come:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} K_p$$

$$N_c = (N_q - 1) \tan \phi$$

$$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \tan \phi$$

Risulta inoltre:

Fattori di forma

$$s_c = 0.2 B/L \quad \text{per } \phi=0$$

$$s_c = 1 + (N_q/N_c) (B/L) \quad \text{per } \phi>0$$

$$s_q = 1 + (B/L) \tan \phi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 B/L$$

Fattori di profondità

Si definisce il parametro k come:

$$k = D/B \quad \text{se } D/B \leq 1$$

$$k = \arctg(D/B) \quad \text{se } D/B > 1$$

I vari coefficienti si esprimono come:

$$d_c = 0.4k \quad \text{per } \phi=0$$

$$d_c = 1 + 0.4k \quad \text{per } \phi>0$$

$$d_q = 1 + 2 \operatorname{tg} \phi (1 - \sin \phi)^2 k$$

$$d_\gamma = 1$$

Fattori di inclinazione del carico

Indicando con V e H le componenti del carico rispettivamente perpendicolare e parallela alla base e con Af l'area efficace della fondazione ottenuta come $A_f = B' \times L'$ (B' e L' sono legate alle dimensioni effettive della fondazione B, L e all'eccentricità del carico e_B , e_L dalle relazioni $B' = B - 2e_B$ $L' = L - 2e_L$) e con η l'angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi ($\eta=0$ per fondazione orizzontale).

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

$$i_c = 0.5 [1 - \sqrt{(1 - H / (A_f c_a))}] \quad \text{per } \phi = 0$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1) \quad \text{per } \phi > 0$$

$$i_q = [1 - (0.5 H) / (V + A_f c_a \operatorname{ctg} \phi)]^5$$

$$i_\gamma = [1 - (0.7 H) / (V + A_f c_a \operatorname{ctg} \phi)]^5 \quad \text{per } \eta = 0$$

$$i_\gamma = [1 - [(0.7 - \eta^\circ / 450^\circ) H] / (V + A_f c_a \operatorname{ctg} \phi)]^5 \quad \text{per } \eta > 0$$

ca : adesione alla base delle fondazione

Fattori di inclinazione del piano di posa della fondazione

$$b_c = \eta^\circ / 147^\circ \quad \text{per } \phi = 0$$

$$b_c = 1 - \eta^\circ / 147^\circ \quad \text{per } \phi > 0$$

$$b_q = e^{-2\eta \operatorname{tg} \phi}$$

$$b_\gamma = e^{-2.7\eta \operatorname{tg} \phi}$$

Fattori di inclinazione del terreno

Indicando con β la pendenza del pendio i fattori g si ottengono dalle espressioni seguenti:

$$g_c = \beta^\circ / 147^\circ \quad \text{per } \phi = 0$$

$$g_c = 1 - \beta^\circ / 147^\circ \quad \text{per } \phi > 0$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.05 \operatorname{tg} \beta)^5$$

Per poter applicare la formula di Hansen devono risultare verificate le seguenti condizioni:

$$H < V \operatorname{tg} \delta + A_f c_a$$

$$\beta \leq \phi$$

$$i_q, i_\gamma > 0$$

$$\beta + \eta \leq 90^\circ$$

6.2.2.3 Verifica al Ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_r , stabilito dalla normativa vigente.

Deve quindi essere verificata la seguente diseuguaglianza

$$M_s / M_r \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta S , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

6.2.2.4 Stabilità Globale

Per la analisi di stabilità globale si utilizzano i metodi dell'equilibrio limite sviluppate da diversi autori tra cui, Fellenius, Bishop, Janbu, Morgenstern-Price, ecc.

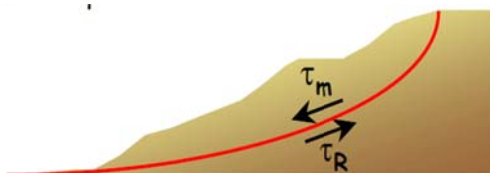
In generale, ciascuno metodo va alla ricerca dei potenziali superfici di scivolamento, generalmente di forma circolare, in qualche caso anche di forma diversa, rispetto a cui effettuare un equilibrio alla

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

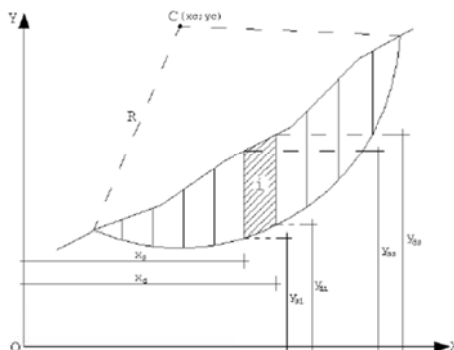
Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 18 di 54
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

rotazione (o roto-traslazione) della potenziale massa di terreno coinvolta nel possibile movimento e quindi alla determinazione di un coefficiente di sicurezza coefficiente di sicurezza disponibile, espresso in via generale tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie, ovvero:

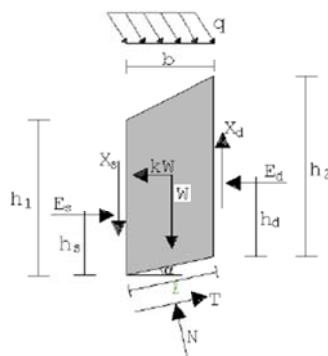


$$FS = \frac{\int_S \tau_{rott}}{\int_S \tau_{mob}}$$

Si procede generalmente suddividendo la massa di terreno coinvolta nella verifica in una serie di conci di dimensione b , interessati da azioni taglianti e normali sulle superfici di delimitazione dello stesso come di seguito rappresentato.



Il sistema di riferimento assunto è riportato in figura.



Nel caso in esame, si è fatto riferimento al metodo di **Fellenius**, che adottando superfici di scorrimento circolari e trascura le forze di interstriscia.

L'equazione di equilibrio che si scrive è quella dei momenti intorno al centro **C** della circonferenza di potenziale scorrimento; Il coefficiente di sicurezza relativo si ottiene attraverso la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_1^n \left(\frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i l_i] \tan \phi_i \right)}{\sum_1^n W_i \sin \alpha_i}$$

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

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

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

6.2.3 Verifiche interne

Le verifiche interne riguardano la determinazione del non superamento delle resistenze date dai rinforzi per i meccanismi di:

- scorrimento diretto;
- sfilamento;
- resistenza a trazione.

La verifica a scorrimento diretto consiste nell'assicurare una lunghezza del rinforzo tale da scongiurare lo scivolamento del blocco di terra armata al di sopra del rinforzo stesso. La resistenza allo scorrimento lungo un elemento di rinforzo è data dalla seguente espressione:

$$\tau_{scor} = \sigma_v' \cdot f_{ds} \cdot tg(\varphi')$$

f_{ds} : coefficiente di resistenza allo scorrimento;

In termini di forza si ha:

$$T_{scor} = L_{scor} \cdot B \cdot \tau_{scor}$$

L_{scor} : Lunghezza del rinforzo;

B : Larghezza del rinforzo;

La lunghezza del rinforzo L_{scorr} deve essere tale che $T_{scor} \geq S$, con S spinta agente alla quota del rinforzo considerato. La verifica è soddisfatta se $T_{scor}/S > F_s$.

La verifica a sfilamento consiste nell'assicurare una lunghezza del rinforzo tale da scongiurare lo sfilamento del rinforzo dalla terra armata. La resistenza allo sfilamento lungo un elemento di rinforzo è data dalla seguente espressione:

$$\tau_{sfil} = \sigma'_v \cdot f_{po} \cdot tg(\varphi')$$

f_{po} : coefficiente di resistenza allo sfilamento;

In termini di forza si ha:

$$T_{sfil} = L_{sfil} \cdot B \cdot 2 \cdot \tau_{sfil}$$

L_{sfil} : Lunghezza del rinforzo;

B : Larghezza del rinforzo;

La lunghezza del rinforzo L_{sfil} deve essere tale che $T_{sfil} \geq S$, con S spinta agente alla quota del rinforzo considerato. La verifica è soddisfatta se $T_{sfil}/S > F_s$

La verifica a trazione consiste nell'assicurare che la tensione nel rinforzo non superi quella ammissibile. La verifica è soddisfatta se:

$$\frac{P}{S} \geq FS_{traz}$$

P : Resistenza ammissibile impiegata per il dimensionamento;

$$P = \frac{LTDS}{FS_{giunzione} \cdot FS_{chimico} \cdot FS_{biologico} \cdot FS_{danni\ ambientali}}$$

$LTDS$: Resistenza di progetto a lungo termine;

S : sforzo agente nel rinforzo.

6.2.4 Verifiche composte

Le verifiche composte hanno come finalità la ricerca dei cinematismi di rottura che riguardano l'insieme terreno rinforzi. Il programma analizza delle famiglie di superfici circolari. Il calcolo del fattore di sicurezza della superficie circolare è effettuato con il metodo delle strisce tenendo conto del contributo di resistenza dei rinforzi contenuti.

Opera L073	Trotto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 21 di 54
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

6.2.5 Verifiche agli SLE

Nei riguardi degli SLE, in accordo a quanto specificato ai prg 7.2.5.3 del DM 14-09-2005 – “Verifiche nei confronti degli stati limiti di esercizio ” e 6.5.3.2 del DM 14 -01-08 “Verifiche di esercizio”, la verifica dell’opera di sostegno nelle condizioni di esercizio, deve essere incentrata nel valutare la compatibilità degli spostamenti dell’opera stessa nei riguardi della funzionalità e stabilità di eventuali manufatti adiacenti.

Siccome per il caso in esame non si segnala la presenza di manufatti di particolare rilievo nelle immediate vicinanze delle opere in progetto, si ritiene non significativo procedere con verifiche specifiche a riguardo, fermo restando che le deformazioni massime attese sono da ritenersi comunque ampiamente compatibili nei riguardi degli aspetti funzionali dell’infrastruttura in progetto.

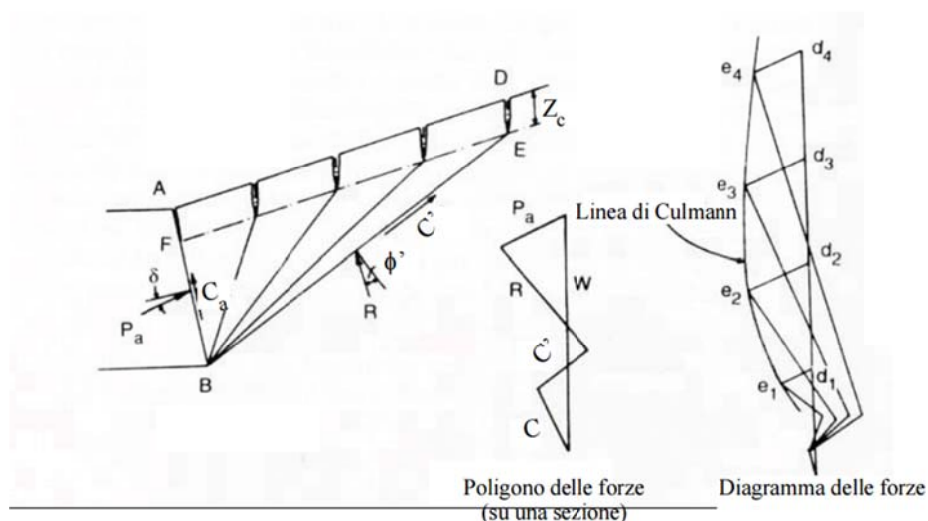
7. ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI DI VERIFICA

7.1 CARICHI FISSI

Per carichi fissi si intendono le azioni associate ai pesi propri del muro e del terrapieno. A tal riguardo è stato assegnato per entrambi i casi un peso dell'Unità di Volume $\gamma=20 \text{ KN/m}^3$.

7.2 SPINTE DEL TERRENO

Per la valutazione delle spinte del terreno in fase statica, si è fatto riferimento al metodo di Culmann,



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

Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione θ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;

- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C') e resistenza per coesione lungo la parete (C_A);
- dal poligono di equilibrio si ricava quindi il valore della spinta S sulla parete (P_a).

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

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

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

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

Analogamente, nota la Spinta complessiva S , è possibile ricavare in maniera indiretta, il valore del coefficiente di spinta K_a della nota espressione di Coulomb:

$$S = 1/2 \times \gamma \times H^2 \times K_a$$

7.3 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI

In considerazioni della sistemazione prevista a monte dell'opera, si è ritenuto di poter escludere la presenza di sovraccarichi accidentali di entità rilevante ai fini del calcolo.

7.4 AZIONI SISMICHE

Per la Valutazione degli effetti dell'azione sismica sulle masse e sui coefficienti di spinta del terreno, si è fatto riferimento al metodo pseudo-statico previsto al punto 7.11.3.5.2 - "Metodi di Analisi" - delle NTC secondo il quale, nelle verifiche allo stato limite ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le seguenti espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad (7.11.6)$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad (7.11.7)$$

dove

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_T \cdot a_g \quad (7.11.8)$$

dove

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2;

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Nella precedente espressione, il coefficiente β_m assume i valori riportati nella Tab. 7.11-II.

Tabella 7.11.II - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_m	β_m
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,31	0,31
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,29	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,18

Nel caso in specie si ha:

Stato Limite di Riferimento : SLV	
Pvr	0.1
Latitudine	fabriano
Longitudine	
VN	50
cu	1.5
VR	75.0
TR	712

Cat Suolo	C	
$a_g [m/s^2]$ =	2.020	Accelerazione di Progetto SLV
a_g / g =	0.206	
Fo =	2.526	
Tc =	0.331	
Ss =	1.388	
ST =	1.00	

β_m =	0.31
-------------	------

e quindi:

$a_{max} [m/s^2] =$	2.803	
$K_h [-] =$	0.089	Coefficiente sismico orizzontale
$K_v [-] =$	0.044	Coefficiente sismico verticale

7.4.1 FORZE D'INERZIA

Per le verifiche in fase sismica verranno pertanto applicate a tutti carichi fissi le seguenti forze d'inerzia:

$$F_h = K_h * W_i \quad (\text{Forza d'inerzia legata alla componente orizzontale del sisma})$$

$$F_v = \pm 0.5 K_v * W_i \quad (\text{Forza d'inerzia legata alla componente verticale del sisma})$$

essendo W_i il peso dell'elemento in esame o l'entità del carico fisso.

7.4.2 EFFETTI SISMICI SULLLE SPINTE DEL TERRENO

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta.

Per le verifiche in fase sismica infatti, nell'equazione risolutiva dell'equilibrio del cuneo, vengono infatti aggiunte anche le forze d'inerzia proprie del Cuneo F_h ed F_v .

La superficie di rottura nel caso di sisma risulta generalmente meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

7.5 STATI LIMITE E COMBINAZIONI DI VERIFICA AI SENSI DM 14.01.08

Per i muri di sostegno o per altre strutture miste ad essi assimilabili, qual è il caso delle terre rinforzate, devono essere effettuate le verifiche con riferimento almeno ai seguenti stati limite:

- *SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)*
 - stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
 - scorrimento sul piano di posa;
 - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
 - ribaltamento;
- *SLU di tipo strutturale (STR)*
 - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali,

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo l'Approccio 1 - **Combinazione 2: (A2+M2+R2)**

Le rimanenti verifiche devono essere invece effettuate secondo uno dei seguenti approcci:

Approccio 1:

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

Approccio 2:

(A1+M1+R3)

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici, e della Tabelle 6.5.I e 6.8.I per ciò che concerne i coefficienti parziali sulle resistenze che di seguito si riportano per maggiore chiarezza.

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_Q)	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_{Q1}	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	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{sk}	γ_{cs}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_r	1,0	1,0

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 27 di 54
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Tabella 6.5.I - Coefficienti parziali γ_k 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	$\gamma_k = 1.0$	$\gamma_k = 1.0$	$\gamma_k = 1.4$
Scorrimento	$\gamma_k = 1.0$	$\gamma_k = 1.0$	$\gamma_k = 1.1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_k = 1.0$	$\gamma_k = 1.0$	$\gamma_k = 1.4$

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

Nel caso in esame si è fatto riferimento all'approccio di Verifica 1,

Le verifiche in condizioni sismiche vanno infine effettuati con gli stessi criteri di cui sopra, ponendo pari dell'unità i coefficienti parziali sulle Azioni ($A1=1$ / $A2=1$) , in accordo a quanto specificato al punto 7.11.1 del DM 14.01.08

Si riportano inoltre i coefficienti di sicurezza specifici adottati per le verifiche integrative da effettuarsi nel caso di opere in terra rinforzata.

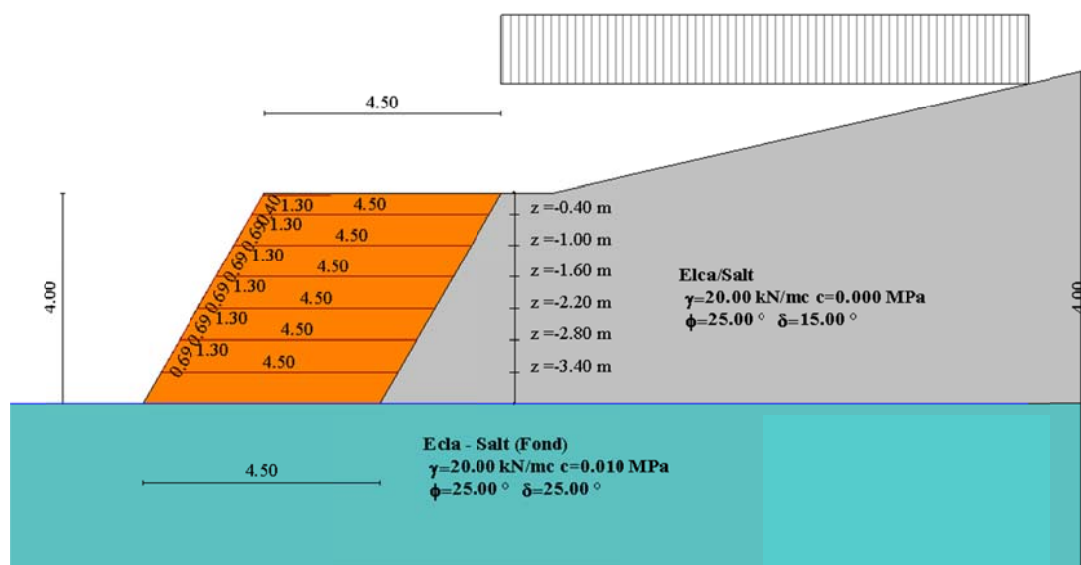
Verifiche interne	F_s
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento dei rinforzi	1.50
Coefficiente di sicurezza allo sfilamento del rinforzo	3.00
Coefficiente di sicurezza alla trazione del rinforzo	1.30
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento del risvolto	1.30

Verifiche compound - Coefficienti di sicurezza richiesti

	F_s
Coefficiente di sicurezza alla stabilità locale	1.10
Coefficiente di sicurezza alla stabilità locale sismica	1.10

8. SEZIONE DI CALCOLO ANALIZZATA

Di seguito si riporta lo schema della sezione di Calcolo analizzata, corrispondente alla situazione geometrico e geologico-geotecnica tipo riscontrabile lungo i tratti di intervento di cui al paragrafo 2.



Modello Geometrico e Geotecnico

Come evidente dal grafico precedente, l'opera in terra rinforzata presenta una dimensione orizzontale di 4,50m per un'altezza complessiva di 4m, con un'inclinazione della parete esterna di 60°.

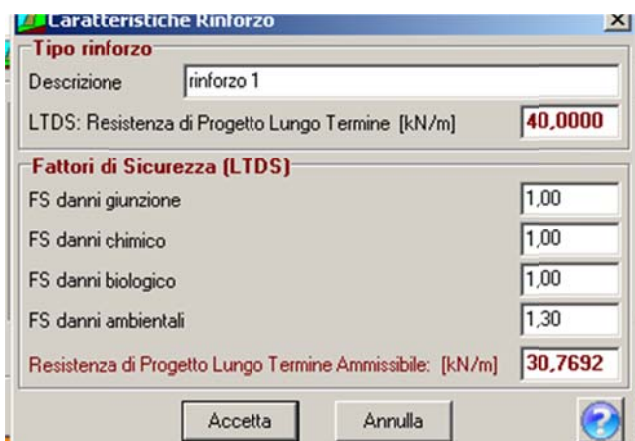
Per quanto riguarda il materiale costituente la Terra Rinforzata, si è previsto un terreno caratterizzato da un peso dell'unità di volume $\gamma = 20 \text{ KN/mc}$ ed un angolo d'attrito $\phi=40^\circ$, in considerazione del fatto che il costipamento del terreno previsto in fase di costruzione di tali opere, è molto più accurato rispetto quello del normale terreno da rilevato.

Per la modellazione del terreno interagente con l'opera, sono stati considerati dei parametri fisico meccanici medi tra quelli delle formazioni Ecla/Salt che, in accordo a quanto già specificato in precedenza al paragrafo 4 "Inquadramento geotecnico", interagiscono direttamente con l'opera di sostegno, avendo tuttavia trascurato la coesione ($c'=0$) per la zona a diretto contatto col paramento di monte.

Riguardo la falda infine, si è ritenuto verosimile in considerazione di quanto riportato al paragrafo 2, ipotizzare un livello di falda coincidente con il piano di fondazione delle opere, anche in ragione della presenza di drenaggi previsti a monte.

Si è infine tenuto conto dell'inclinazione del pendio a monte dell'opera modellando il piano limite del terrapieno con un inclinazione di 13° a partire da 1m dalla testa dell'opera di sostegno, nonché di un sovraccarico permanente di 20KPa sul piano limite, per la simulazione del terreno presente tra l'effettivo profilo del pendio e quello implementato nel modello.

Si riportano infine le caratteristiche meccaniche e geometriche dei rinforzi previsti :



Caratteristiche Rinforzo

Tipo rinforzo

Descrizione: rinforzo 1

LTDS: Resistenza di Progetto Lungo Termine [kN/m]: 40,0000

Fattori di Sicurezza (LTDS)

FS danni giunzione: 1,00

FS danni chimico: 1,00

FS danni biologico: 1,00

FS danni ambientali: 1,30

Resistenza di Progetto Lungo Termine Ammissibile: [kN/m]: 30,7692

Accetta Annulla ?



Geometria Rinforzi

TIPO CALCOLO

Verifica Progetto

Specifiche

N°	y[m]	rinforzo	L [m]	Lrv [m]	Lro [m]
1	-0.40	rinforzo 1	4.50	0.35	1.30
2	-1.00	rinforzo 1	4.50	0.60	1.30
3	-1.60	rinforzo 1	4.50	0.60	1.30
4	-2.20	rinforzo 1	4.50	0.60	1.30
5	-2.80	rinforzo 1	4.50	0.60	1.30
6	-3.40	rinforzo 1	4.50	0.60	1.30

Genera Aggiungi Inserisci Elimina

Rinforzi Secondari

Tutte le analisi e verifiche svolte, i cui risultati sono riportati per esteso nell'allegato 1, sono state svolte con l'ausilio del software di Calcolo TEA rev 11, di cui al successivo paragrafo 9 sono riportati gli estremi.

8.1 RISULTATI VERIFICHE

Nel seguito del presente paragrafo si riportano, in sintesi, i risultati di tutte le verifiche effettuate con l'ausilio del software TEA, che evidenziano il rispetto dei coefficienti di sicurezza minimi prescritti dalla normativa:

Verifiche esterne – Riepilogo Coefficienti di Sicurezza

Simbologia adottata

FS_{Rib}	Fattore di sicurezza a ribaltamento
FS_{Scor}	Fattore di sicurezza a scorrimento
FS_{Qlim}	Fattore di sicurezza a carico limite
FS_{Stab}	Fattore di sicurezza a stabilità globale

	FS_{Rib}	FS_{Scor}	FS_{Qlim}	FS_{Stab}
Comb. n° 1 SLU (Caso A1-M1)	--	4.67	2.20	--
Comb. n° 2 SLU (Caso A2-M2)	--	2.67	1.46	--
Comb. n° 3 EQU	4.47	--	--	--
Comb. n° 4 STAB	--	--	--	1.32
Comb. n° 5 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo	--	2.19	2.44	--
Comb. n° 6 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo	--	2.27	2.25	--
Comb. n° 7 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo	--	1.32	1.03	--
Comb. n° 8 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo	--	1.28	1.10	--
Comb. n° 9 EQU - Sisma Vert. negativo	2.79	--	--	--
Comb. n° 10 EQU - Sisma Vert. positivo	3.19	--	--	--
Comb. n° 11 STAB - Sisma Vert. positivo	--	--	--	1.11
Comb. n° 12 STAB - Sisma Vert. negativo	--	--	--	1.12

Verifiche interne – Riepilogo Coefficienti di Sicurezza

Simbologia adottata

FS_{Scor}	Fattore di sicurezza a scorrimento
FS_{Sfil}	Fattore di sicurezza a sfilamento
FS_{Traz}	Fattore di sicurezza a trazione
FS_{ScorR}	Fattore di sicurezza a scorrimento del risvolto

	FS_{Scor}	FS_{Sfil}	FS_{Traz}	FS_{ScorR}
Comb. n° 1 SLU (Caso A1-M1)	37.96	75.92	5.13	4.64
Comb. n° 2 SLU (Caso A2-M2)	16.33	32.67	3.59	2.00
Comb. n° 5 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo	25.33	50.66	4.45	3.10
Comb. n° 6 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo	24.13	48.26	4.24	2.95
Comb. n° 7 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo	11.38	22.77	2.50	1.39
Comb. n° 8 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo	12.02	24.05	2.64	1.47

Per ulteriori approfondimenti sulla modellazione effettuata, risultati delle Analisi e Verifiche effettuate, si rimanda a quanto riportato in forma estesa nei tabulati di calcolo di cui in **Allegato 1**.

9. ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO

Tutte le analisi e verifiche presentate nel presente documento sono state condotte con l'ausilio di un Software di Calcolo di cui nel seguito si riportano gli estremi:

- "TEA rev 11 – Terre Armate" – prodotto dalla Aztec Informatica, Corso Umberto, 87050 Casole Bruzio (CS), concesso con Licenza n AIU01054U a PROGIN SPA - CENTRO DIREZIONALE DI NAPOLI ISOLA F4 - 80143 NAPOLI.

9.1 AFFIDABILITA' ORIGINE E GIUDIZIO SUI RISULTATI

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

Tipo di analisi svolta

L'analisi e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico.

Il calcolo delle terre armate viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno;
- Verifica a ribaltamento;
- Verifica a scorrimento sul piano di posa;
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite);
- Verifica della stabilità globale;
- Verifica dell'opera nei confronti di potenziali superfici di rottura interni alla terra armata. In particolare viene eseguita un'analisi di stabilità interna o locale (tieback) che permette di ottenere una ripartizione omogenea delle tensioni nei rinforzi, ed un'analisi globale (compound) che assicura la stabilità globale e, in particolare, l'esistenza di rinforzi di lunghezza sufficiente a garantirne l'ancoraggio in una porzione del terreno stabile.

L'analisi sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.

Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	TEA - Terre Armate
Versione	11.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	PROGIN S.P.A.
Licenza	AIU01054U

Affidabilità dei codici di calcolo

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

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord**

Opera L073	Trotto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 32 di 54
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Modalità di presentazione dei risultati

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

Informazioni generali sull'elaborazione

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

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni. In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Opera L073	Trotto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 33 di 54
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

ALLEGATO 1

TABULATI DI CALCOLO TEA

Opera L073	Trotto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 34 di 54
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Normativa

Spinte e verifiche secondo: N.T.C. 2008

Simbologia adottata

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

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>EQU</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	0.90	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.10	1.30	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.50	1.30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$		1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$		1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}		1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}		1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}		1.00	1.00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>EQU</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.00	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$		1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$		1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}		1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}		1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}		1.00	1.00

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

	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>
Capacità portante della fondazione	1.00	1.00	1.40
Scorrimento	1.00	1.00	1.10
Resistenza del terreno a valle	1.00	1.00	1.40

Opera L073	Traffo 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 35 di 54
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Stabilità globale

1.10

Verifiche interne - Coefficienti di sicurezza richiesti

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento dei rinforzi	1.50
Coefficiente di sicurezza allo sfilamento del rinforzo	3.00
Coefficiente di sicurezza alla trazione del rinforzo	1.30
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento del risvolto	1.30

Verifiche compound - Coefficienti di sicurezza richiesti

Coefficiente di sicurezza alla stabilità locale	1.10
Coefficiente di sicurezza alla stabilità locale sismica	1.10

Opera L073	Traffo 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 36 di 54
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Descrizione terreni

Simbologia adottata

<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_{sat}	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo di attrito interno del terreno espresso in gradi
δ	Angolo di attrito palo-terreno espresso in gradi
c	Coesione del terreno espressa in [MPa]
ca	Adesione del terreno espressa in [MPa]

Descrizione	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	c	ca
Rilevato	20.0000	20.0000	40.00	20.00	0.0000	0.0000
Elca/Salt	20.0000	21.0000	25.00	15.00	0.0000	0.0000
Ecla - Salt (Fond)	20.0000	21.0000	25.00	25.00	0.0100	0.0100

Stratigrafia terreno spingente

Simbologia adottata

n°	Identificativo strato
Sp	Spessore dello strato, espresso in [m]
Inc	Inclinazione dello strato, espresso in [°]
<i>Terreno</i>	Terreno dello strato

N	Sp	Inc	Terreno
1	4.00	0.00	Elca/Salt
2	10.00	0.00	Ecla - Salt (Fond)

Profilo terreno

Simbologia adottata

n°	Identificativo punto
X	Ascissa punto, espresso in [m]
Y	Ordinata punto, espresso in [m]

n°	X	Y
1	1.00	0.00
2	11.00	2.30

Profilo falda

Simbologia adottata

n°	Identificativo punto
X	Ascissa punto, espresso in [m]
Y	Ordinata punto, espresso in [m]

n°	X	Y
1	-10.00	-4.00
2	10.00	-4.00

Opera L073	Traffo 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 37 di 54
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Caratteristiche rinforzi

Simbologia adottata

<i>Rinforzo</i>	Identificativo del rinforzo
<i>LTDS</i>	Resistenza di progetto di lungo termine, espresso in [kN/m]
<i>FS_{DG}</i>	Fattore di sicurezza per danni di giunzione
<i>FS_{DC}</i>	Fattore di sicurezza per danni chimici
<i>FS_{DB}</i>	Fattore di sicurezza per danni biologici
<i>FS_{DA}</i>	Fattore di sicurezza per danni ambientali
<i>LTDS_A</i>	Resistenza di progetto di lungo termine ammissibile, espresso in [kN/m]

Rinforzo	LTDS	FS _{DG}	FS _{DC}	FS _{DB}	FS _{DA}	LTDS _A
rinforzo 1	40.0000 30.7692	1.00	1.00	1.00	1.30	

Geometria Terra Armata

Simbologia adottata

Il sistema di riferimento è il punto in alto a destra della terra armata

<i>n°</i>	Identificativo punto
<i>X</i>	Ascissa, espresso in [m]
<i>Y</i>	Ordinata, espresso in [m]

n°	X	Y
1	0.00	0.00
2	-4.50	0.00
3	-6.80	-4.00
4	-2.30	-4.00

Struttura Terra Armata

Simbologia adottata

<i>Terreno</i>	Terreno dello strato
<i>Fds</i>	Parametro di interazione rinforzo-terra utilizzato per la verifica interna a scorrimento diretto
<i>Fpo</i>	Parametro di interazione rinforzo-terra utilizzato per la verifica interna a sfilamento del rinforzo dal terreno

Terreno	Fds	Fpo
Rilevato	0.90	0.90

Descrizione rinforzi della Terra armata

Simbologia adottata

<i>z</i>	Quota del rinforzo
<i>Rinforzo</i>	Identificativo del rinforzo
<i>L</i>	Lunghezza del rinforzo, espresso in [m]
<i>Lrv</i>	Lunghezza tratto di risvolto verticale (facciata del risvolto), espresso in [m]
<i>Lro</i>	Lunghezza tratto di risvolto orizzontale (interno del risvolto), espresso in [m]

z	Rinforzo	L	Lrv	Lro
-0.40	rinforzo 1	4.50	0.35	1.30
-1.00	rinforzo 1	4.50	0.60	1.30
-1.60	rinforzo 1	4.50	0.60	1.30
-2.20	rinforzo 1	4.50	0.60	1.30
-2.80	rinforzo 1	4.50	0.60	1.30
-3.40	rinforzo 1	4.50	0.60	1.30

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.
 Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Opera L073	Traffo 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 38 di 54
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Momento positivo senso antiorario.

X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F_x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F_y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
X_i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X_f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q_i	Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN/m]
Q_f	Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kN/m]
D/C	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato
ψ_0, ψ_1, ψ_2	Coefficienti di combinazione

Condizione n° 1 - PERMANENTE - (Sovraccarico)

Carichi distribuiti

X_i	X_f	Q_i	Q_f
0.00	10.00	20.0000	20.0000

Dati parametri sisma

Analisi SLU

Accelerazione al suolo (a_g)	2.02	[m/s ²]
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale (F_0)	2.53	
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante (T_c^*)	0.33	
Tipo di sottosuolo	C	
Coefficiente stratigrafico (S_s)	1.39	
Coefficiente di riduzione (β_m)	0.31	
Categoria topografica	T1	
Coefficiente amplificazione topografica S_T	1.00	
Intensità sismica Verticale/Orizzontale	0.50	
Forma diagramma incremento sismico	Stessa forma diagramma statica	

Opzioni di calcolo

Le verifiche di capacità portante sono state eseguite con il metodo di HANSEN.

Le verifiche di stabilità globale e di compound sono state eseguite con il metodo di FELLENIUS.

Il terreno a monte è stato considerato: ad ELEVATA PERMEABILITA'.

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

γ	Coefficiente di partecipazione della condizione
Ψ	Coefficiente di combinazione della condizione
C	Coefficiente totale di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 SLU (Caso A1-M1)

Condizione	γ	Ψ	C	Effetto
Peso proprio	1.30	1.00	1.30	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	1.00	1.30	Sfavorevole
Sovraccarico	1.30	1.00	1.30	Sfavorevole

Combinazione n° 2 SLU (Caso A2-M2)

Condizione	γ	Ψ	C	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole
Sovraccarico	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 3 EQU

Condizione	γ	Ψ	C	Effetto
Peso proprio	0.90	1.00	0.90	Favorevole
Spinta terreno	1.10	1.00	1.10	Sfavorevole
Sovraccarico	1.10	1.00	1.10	Sfavorevole

Combinazione n° 4 STAB

Condizione	γ	Ψ	C	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole
Sovraccarico	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 5 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

Condizione	γ	Ψ	C	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole
Sovraccarico	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 6 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

Condizione	γ	Ψ	C	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole
Sovraccarico	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 7 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

Condizione	γ	Ψ	C	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole
Sovraccarico	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 8 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

Condizione	γ	Ψ	C	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole
Sovraccarico	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 9 EQU - Sisma Vert. negativo

Condizione	γ	Ψ	C	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	1.00	Favorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole
Sovraccarico	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE
Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opera L073	Traffo 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 40 di 54
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Combinazione n° 10 EQU - Sisma Vert. positivo

Condizione	γ	Ψ	C	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	1.00	Favorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole
Sovraccarico	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 STAB - Sisma Vert. positivo

Condizione	γ	Ψ	C	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole
Sovraccarico	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 12 STAB - Sisma Vert. negativo

Condizione	γ	Ψ	C	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole
Sovraccarico	1.00	1.00	1.00	Sfavorevole

Opera L073	Traffo 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 41 di 54
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Verifiche - Coefficienti di sicurezza

Verifiche esterne

Simbologia adottata

FS_{Rib}	Fattore di sicurezza a ribaltamento
FS_{Scor}	Fattore di sicurezza a scorrimento
FS_{Qlim}	Fattore di sicurezza a carico limite
FS_{Stab}	Fattore di sicurezza a stabilità globale

	FS_{Rib}	FS_{Scor}	FS_{Qlim}	FS_{Stab}
Comb. n° 1 SLU (Caso A1-M1)	--	4.67	2.20	--
Comb. n° 2 SLU (Caso A2-M2)	--	2.67	1.46	--
Comb. n° 3 EQU	4.47	--	--	--
Comb. n° 4 STAB	--	--	--	1.32
Comb. n° 5 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo	--	2.19	2.44	--
Comb. n° 6 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo	--	2.27	2.25	--
Comb. n° 7 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo	--	1.32	1.03	--
Comb. n° 8 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo	--	1.28	1.10	--
Comb. n° 9 EQU - Sisma Vert. negativo	2.79	--	--	--
Comb. n° 10 EQU - Sisma Vert. positivo	3.19	--	--	--
Comb. n° 11 STAB - Sisma Vert. positivo	--	--	--	1.11
Comb. n° 12 STAB - Sisma Vert. negativo	--	--	--	1.12

Verifiche interne

Simbologia adottata

FS_{Scor}	Fattore di sicurezza a scorrimento
FS_{Sfil}	Fattore di sicurezza a sfilamento
FS_{Traz}	Fattore di sicurezza a trazione
FS_{ScorR}	Fattore di sicurezza a scorrimento del risvolto

	FS_{Scor}	FS_{Sfil}	FS_{Traz}	FS_{ScorR}
Comb. n° 1 SLU (Caso A1-M1)	37.96	75.92	5.13	4.64
Comb. n° 2 SLU (Caso A2-M2)	16.33	32.67	3.59	2.00
Comb. n° 5 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo	25.33	50.66	4.45	3.10
Comb. n° 6 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo	24.13	48.26	4.24	2.95
Comb. n° 7 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo	11.38	22.77	2.50	1.39
Comb. n° 8 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo	12.02	24.05	2.64	1.47

Verifiche composte

Simbologia adottata

FS_{Comp}	Coefficiente di sicurezza a stabilità locale (compound)
-------------	---

	FS_{Comp}
Comb. n° 4 STAB	2.48
Comb. n° 11 STAB - Sisma Vert. positivo	2.31
Comb. n° 12 STAB - Sisma Vert. negativo	2.24

Verifiche esterne

Risultati spinta

Combinazione n° 1 SLU (Caso A1-M1)

Spinta statica	56.0696	[kN]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	0.00	[°]
Punto d'applicazione della spinta	X=0.00 [m] - Y=-2.50 [m]	
Componente orizzontale della spinta statica	54.1846	[kN]
Componente verticale della spinta statica	-14.4163	[kN]
Inclinazione della spinta rispetto all'orizzontale	-14.90	[°]

Spinta falda	0.0000	[kN]
Punto d'applicazione della spinta della falda	X=0.00 [m] - Y=0.00 [m]	
Sottospinta	0.0000	[kN]

Combinazione n° 2 SLU (Caso A2-M2)

Spinta statica	64.0045	[kN]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	0.00	[°]
Punto d'applicazione della spinta	X=0.00 [m] - Y=-2.50 [m]	
Componente orizzontale della spinta statica	60.9405	[kN]
Componente verticale della spinta statica	-19.5660	[kN]
Inclinazione della spinta rispetto all'orizzontale	-17.80	[°]

Spinta falda	0.0000	[kN]
Punto d'applicazione della spinta della falda	X=0.00 [m] - Y=0.00 [m]	
Sottospinta	0.0000	[kN]

Combinazione n° 3 EQU

Spinta statica	70.4050	[kN]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	0.00	[°]
Punto d'applicazione della spinta	X=0.00 [m] - Y=-2.50 [m]	
Componente orizzontale della spinta statica	67.0346	[kN]
Componente verticale della spinta statica	-21.5226	[kN]
Inclinazione della spinta rispetto all'orizzontale	-17.80	[°]

Spinta falda	0.0000	[kN]
Punto d'applicazione della spinta della falda	X=0.00 [m] - Y=0.00 [m]	
Sottospinta	0.0000	[kN]

Combinazione n° 5 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

Spinta statica	43.1304	[kN]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	0.00	[°]
Punto d'applicazione della spinta	X=0.00 [m] - Y=-2.50 [m]	
Componente orizzontale della spinta statica	41.6804	[kN]
Componente verticale della spinta statica	-11.0894	[kN]
Inclinazione della spinta rispetto all'orizzontale	-14.90	[°]

Incremento sismico della spinta	17.5394	[kN]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	0.00	[°]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=0.00 [m] - Y=-2.67 [m]	
Componente orizzontale dell'incremento sismico	16.9497	[kN]
Componente verticale dell'incremento sismico	-4.5096	[kN]

Spinta falda	0.0000	[kN]
Punto d'applicazione della spinta della falda	X=0.00 [m] - Y=0.00 [m]	
Sottospinta	0.0000	[kN]

Combinazione n° 6 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

Spinta statica	43.1304	[kN]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	0.00	[°]

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opera	Traffo	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L073	212	E	17	OS0000	REL	01	A	43 di 54

Punto d'applicazione della spinta	X=0.00 [m] - Y=-2.50 [m]	
Componente orizzontale della spinta statica	41.6804	[kN]
Componente verticale della spinta statica	-11.0894	[kN]
Inclinazione della spinta rispetto all'orizzontale	-14.90	[°]
Incremento sismico della spinta	20.9469	[kN]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	0.00	[°]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=0.00 [m] - Y=-2.67 [m]	
Componente orizzontale dell'incremento sismico	20.2426	[kN]
Componente verticale dell'incremento sismico	-5.3857	[kN]
Spinta falda	0.0000	[kN]
Punto d'applicazione della spinta della falda	X=0.00 [m] - Y=0.00 [m]	
Sottospinta	0.0000	[kN]
<u>Combinazione n° 7 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo</u>		
Spinta statica	64.0045	[kN]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	0.00	[°]
Punto d'applicazione della spinta	X=0.00 [m] - Y=-2.50 [m]	
Componente orizzontale della spinta statica	60.9405	[kN]
Componente verticale della spinta statica	-19.5660	[kN]
Inclinazione della spinta rispetto all'orizzontale	-17.80	[°]
Incremento sismico della spinta	33.4939	[kN]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	0.00	[°]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=0.00 [m] - Y=-2.67 [m]	
Componente orizzontale dell'incremento sismico	31.8905	[kN]
Componente verticale dell'incremento sismico	-10.2390	[kN]
Spinta falda	0.0000	[kN]
Punto d'applicazione della spinta della falda	X=0.00 [m] - Y=0.00 [m]	
Sottospinta	0.0000	[kN]
<u>Combinazione n° 8 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo</u>		
Spinta statica	64.0045	[kN]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	0.00	[°]
Punto d'applicazione della spinta	X=0.00 [m] - Y=-2.50 [m]	
Componente orizzontale della spinta statica	60.9405	[kN]
Componente verticale della spinta statica	-19.5660	[kN]
Inclinazione della spinta rispetto all'orizzontale	-17.80	[°]
Incremento sismico della spinta	28.9896	[kN]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	0.00	[°]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=0.00 [m] - Y=-2.67 [m]	
Componente orizzontale dell'incremento sismico	27.6019	[kN]
Componente verticale dell'incremento sismico	-8.8621	[kN]
Spinta falda	0.0000	[kN]
Punto d'applicazione della spinta della falda	X=0.00 [m] - Y=0.00 [m]	
Sottospinta	0.0000	[kN]
<u>Combinazione n° 9 EQU - Sisma Vert. negativo</u>		
Spinta statica	64.0045	[kN]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	0.00	[°]
Punto d'applicazione della spinta	X=0.00 [m] - Y=-2.50 [m]	
Componente orizzontale della spinta statica	60.9405	[kN]
Componente verticale della spinta statica	-19.5660	[kN]
Inclinazione della spinta rispetto all'orizzontale	-17.80	[°]
Incremento sismico della spinta	28.9896	[kN]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	0.00	[°]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=0.00 [m] - Y=-2.67 [m]	

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opera L073	Traito 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 44 di 54
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Componente orizzontale dell'incremento sismico	27.6019	[kN]
Componente verticale dell'incremento sismico	-8.8621	[kN]
Spinta falda	0.0000	[kN]
Punto d'applicazione della spinta della falda	X=0.00 [m] - Y=0.00 [m]	
Sottospinta	0.0000	[kN]
<u>Combinazione n° 10 EQU - Sisma Vert. positivo</u>		
Spinta statica	64.0045	[kN]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	0.00	[°]
Punto d'applicazione della spinta	X=0.00 [m] - Y=-2.50 [m]	
Componente orizzontale della spinta statica	60.9405	[kN]
Componente verticale della spinta statica	-19.5660	[kN]
Inclinazione della spinta rispetto all'orizzontale	-17.80	[°]
Incremento sismico della spinta	33.4939	[kN]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	0.00	[°]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=0.00 [m] - Y=-2.67 [m]	
Componente orizzontale dell'incremento sismico	31.8905	[kN]
Componente verticale dell'incremento sismico	-10.2390	[kN]
Spinta falda	0.0000	[kN]
Punto d'applicazione della spinta della falda	X=0.00 [m] - Y=0.00 [m]	
Sottospinta	0.0000	[kN]

Risultanti
Combinazione n° 1 SLU (Caso A1-M1)

Risultanti in direzione X	54.1846	[kN]
Risultanti in direzione Y	453.5837	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	453.5837	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	54.1846	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.863	[m]
Risultante in fondazione	46580.78	[m]
Inclinazione della risultante (rispetto all'orizzontale)	6.81	[°]
Carico ultimo della fondazione	998.9267	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	4.16	[m]
Pressione terreno allo spigolo di valle	0.0000	[MPa]
Pressione terreno allo spigolo di monte	0.2180	[MPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 20.72$	$N'_c = 15.29$
$N_q = 10.66$	$N'_q = 8.13$
$N_\gamma = 6.76$	$N'_\gamma = 4.60$

Combinazione n° 2 SLU (Caso A2-M2)

Risultanti in direzione X	60.9405	[kN]
Risultanti in direzione Y	340.4340	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	340.4340	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	60.9405	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.687	[m]
Risultante in fondazione	35265.86	[m]
Inclinazione della risultante (rispetto all'orizzontale)	10.15	[°]
Carico ultimo della fondazione	495.3928	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	4.50	[m]
Pressione terreno allo spigolo di valle	0.0064	[MPa]
Pressione terreno allo spigolo di monte	0.1449	[MPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 15.27$	$N'_c = 9.49$
$N_q = 6.70$	$N'_q = 4.54$
$N_\gamma = 3.19$	$N'_\gamma = 1.83$

Combinazione n° 3 EQU

Risultanti in direzione X	67.0346	[kN]
Risultanti in direzione Y	302.4774	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	246.5834	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	1101.6000	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	302.4774	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	67.0346	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.577	[m]
Risultante in fondazione	31591.98	[m]
Inclinazione della risultante (rispetto all'orizzontale)	12.50	[°]

Combinazione n° 5 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

Risultanti in direzione X	90.5243	[kN]
Risultanti in direzione Y	328.4539	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	328.4539	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	90.5243	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.535	[m]

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opera	Traffo	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L073	212	E	17	OS0000	REL	01	A	46 di 54

Risultante in fondazione	34741.19	[m]
Inclinazione della risultante (rispetto all'orizzontale)	15.41	[°]
Carico ultimo della fondazione	800.4270	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	4.50	[m]
Pressione terreno allo spigolo di valle	0.0209	[MPa]
Pressione terreno allo spigolo di monte	0.1251	[MPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 20.72$	$N'_c = 10.44$
$N_q = 10.66$	$N'_q = 5.87$
$N_\gamma = 6.76$	$N'_\gamma = 2.87$

Combinazione n° 6 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

Risultanti in direzione X	93.8172	[kN]
Risultanti in direzione Y	359.4719	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	359.4719	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	93.8172	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.568	[m]
Risultante in fondazione	37883.15	[m]
Inclinazione della risultante (rispetto all'orizzontale)	14.63	[°]
Carico ultimo della fondazione	808.9429	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	4.50	[m]
Pressione terreno allo spigolo di valle	0.0194	[MPa]
Pressione terreno allo spigolo di monte	0.1403	[MPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 20.72$	$N'_c = 10.72$
$N_q = 10.66$	$N'_q = 6.00$
$N_\gamma = 6.76$	$N'_\gamma = 2.96$

Combinazione n° 7 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

Risultanti in direzione X	124.7252	[kN]
Risultanti in direzione Y	346.1421	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	346.1421	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	124.7252	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.287	[m]
Risultante in fondazione	37517.58	[m]
Inclinazione della risultante (rispetto all'orizzontale)	19.82	[°]
Carico ultimo della fondazione	354.8763	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	4.50	[m]
Pressione terreno allo spigolo di valle	0.0475	[MPa]
Pressione terreno allo spigolo di monte	0.1063	[MPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 15.27$	$N'_c = 5.53$
$N_q = 6.70$	$N'_q = 3.06$
$N_\gamma = 3.19$	$N'_\gamma = 1.03$

Combinazione n° 8 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

Risultanti in direzione X	120.4366	[kN]
Risultanti in direzione Y	315.6249	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	315.6249	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	120.4366	[kN]

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE
Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opera L073	Traffo 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 47 di 54
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.236	[m]
Risultante in fondazione	34447.76	[m]
Inclinazione della risultante (rispetto all'orizzontale)	20.89	[°]
Carico ultimo della fondazione	348.6942	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	4.50	[m]
Pressione terreno allo spigolo di monte	0.0480	[MPa]
Pressione terreno allo spigolo di valle	0.0922	[MPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 15.27$	$N'_c = 5.29$
$N_q = 6.70$	$N'_q = 2.98$
$N_\gamma = 3.19$	$N'_\gamma = 0.98$

Combinazione n° 9 EQU - Sisma Vert. negativo

Risultanti in direzione X	120.4366	[kN]
Risultanti in direzione Y	315.6249	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	439.2395	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	1224.0000	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	315.6249	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	120.4366	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.236	[m]
Risultante in fondazione	34447.76	[m]
Inclinazione della risultante (rispetto all'orizzontale)	20.89	[°]

Combinazione n° 10 EQU - Sisma Vert. positivo

Risultanti in direzione X	124.7252	[kN]
Risultanti in direzione Y	346.1421	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	400.1008	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	1278.2200	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	346.1421	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	124.7252	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.287	[m]
Risultante in fondazione	37517.58	[m]
Inclinazione della risultante (rispetto all'orizzontale)	19.82	[°]

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L073	212	E	17	OS0000	REL	01	A	48 di 54

Stabilità globale terra armata + terreno
Simbologia e convenzioni di segno adottate

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

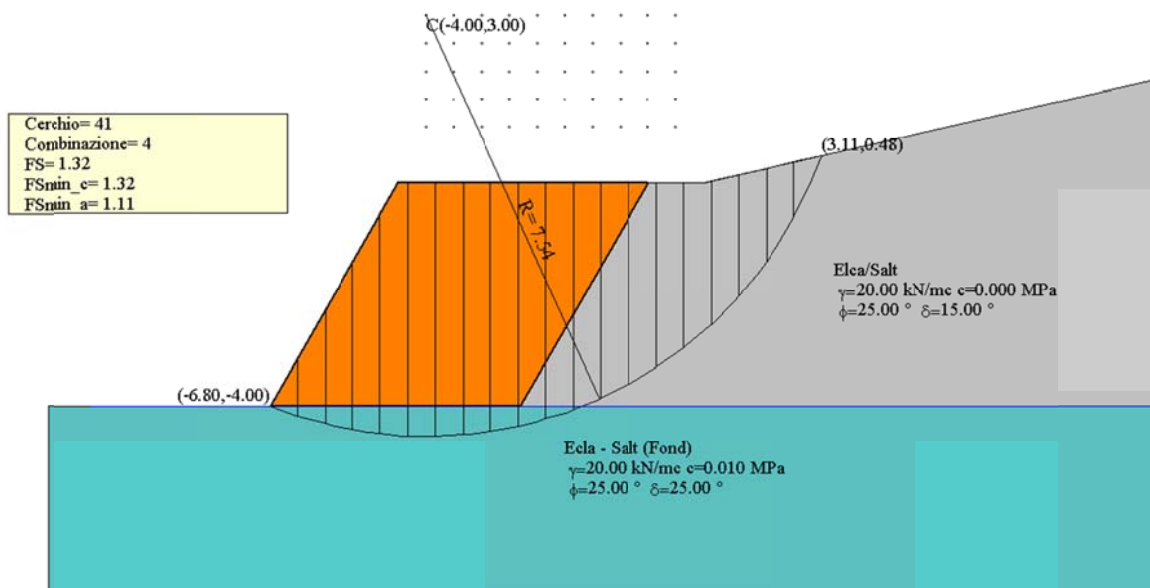
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa alla terra armata (spigolo contro terra)

Str	Identificativo della striscia
W	peso della striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [MPa]
l	lunghezza della base della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [MPa]
N	sforzo normale alla base della striscia espressa in [kN]
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espressa in [kN]

Combinazione n° 4 STAB
Superficie di scorrimento n° 41 - $F_s = 1.32$

Str	W	α	ϕ	c	l	u	N	T
1	5.18	-19.49	20.46	80.000	0.53	8.6	0.41	3.29
2	15.38	-15.61	20.46	80.000	0.51	24.0	1.25	3.46
3	25.19	-11.85	20.46	80.000	0.51	35.9	1.96	3.61
4	34.64	-8.18	20.46	80.000	0.50	44.5	2.49	3.73
5	43.19	-4.57	20.46	80.000	0.50	49.9	2.83	3.80
6	45.17	-0.99	20.46	80.000	0.50	52.3	2.95	3.83
7	45.05	3.58	20.46	80.000	0.50	51.2	2.88	3.81
8	44.60	7.22	20.46	80.000	0.50	46.6	2.61	3.75
9	43.80	10.86	20.46	80.000	0.50	38.8	2.14	3.65
10	42.63	14.58	20.46	80.000	0.51	27.8	4.95	4.49
11	41.09	18.41	20.46	80.000	0.52	13.4	12.15	6.58
12	39.18	22.39	20.46	0.000	0.54	0.0	18.65	5.25
13	36.92	26.66	20.46	0.000	0.55	0.0	23.63	6.66
14	34.21	31.17	20.46	0.000	0.58	0.0	29.65	8.35
15	30.98	35.58	20.46	0.000	0.61	0.0	33.25	9.37
16	27.18	40.25	20.46	0.000	0.65	0.0	28.31	7.98
17	23.43	45.81	20.46	0.000	0.71	0.0	23.24	6.55
18	19.02	51.45	20.46	0.000	0.79	0.0	18.03	5.08
19	13.27	57.41	20.46	0.000	0.92	0.0	12.48	3.52
20	5.22	65.90	20.46	0.000	1.21	0.0	6.18	1.74



2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

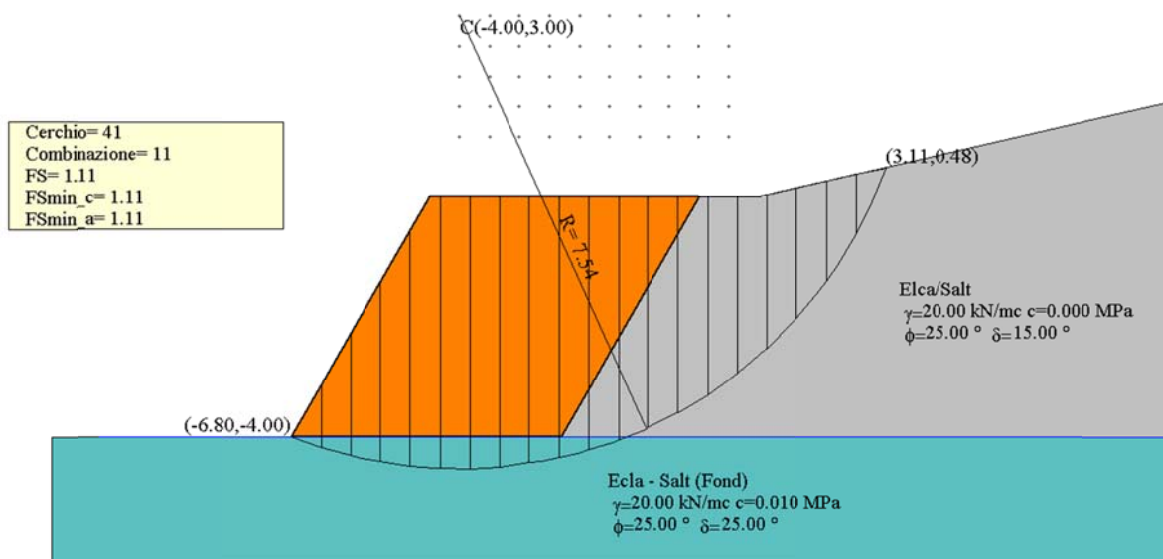
Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 49 di 54
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Combinazione n° 11 STAB - Sisma Vert. positivo

Superficie di scorrimento n° 41 - $F_s = 1.11$

Str	W	α	ϕ	c	l	u	N	T
1	5.18	-19.49	20.46	80.000	0.53	8.6	0.41	3.93
2	15.38	-15.61	20.46	80.000	0.51	24.0	1.25	4.13
3	25.19	-11.85	20.46	80.000	0.51	35.9	1.96	4.31
4	34.64	-8.18	20.46	80.000	0.50	44.5	2.49	4.45
5	43.19	-4.57	20.46	80.000	0.50	49.9	2.83	4.54
6	45.17	-0.99	20.46	80.000	0.50	52.3	2.95	4.57
7	45.05	3.58	20.46	80.000	0.50	51.2	2.88	4.55
8	44.60	7.22	20.46	80.000	0.50	46.6	2.61	4.48
9	43.80	10.86	20.46	80.000	0.50	38.8	2.14	4.36
10	42.63	14.58	20.46	80.000	0.51	27.8	4.95	5.36
11	41.09	18.41	20.46	80.000	0.52	13.4	12.15	7.85
12	39.18	22.39	20.46	0.000	0.54	0.0	18.65	6.27
13	36.92	26.66	20.46	0.000	0.55	0.0	23.63	7.95
14	34.21	31.17	20.46	0.000	0.58	0.0	29.65	9.97
15	30.98	35.58	20.46	0.000	0.61	0.0	33.25	11.18
16	27.18	40.25	20.46	0.000	0.65	0.0	28.31	9.52
17	23.43	45.81	20.46	0.000	0.71	0.0	23.24	7.81
18	19.02	51.45	20.46	0.000	0.79	0.0	18.03	6.06
19	13.27	57.41	20.46	0.000	0.92	0.0	12.48	4.20
20	5.22	65.90	20.46	0.000	1.21	0.0	6.18	2.08



2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

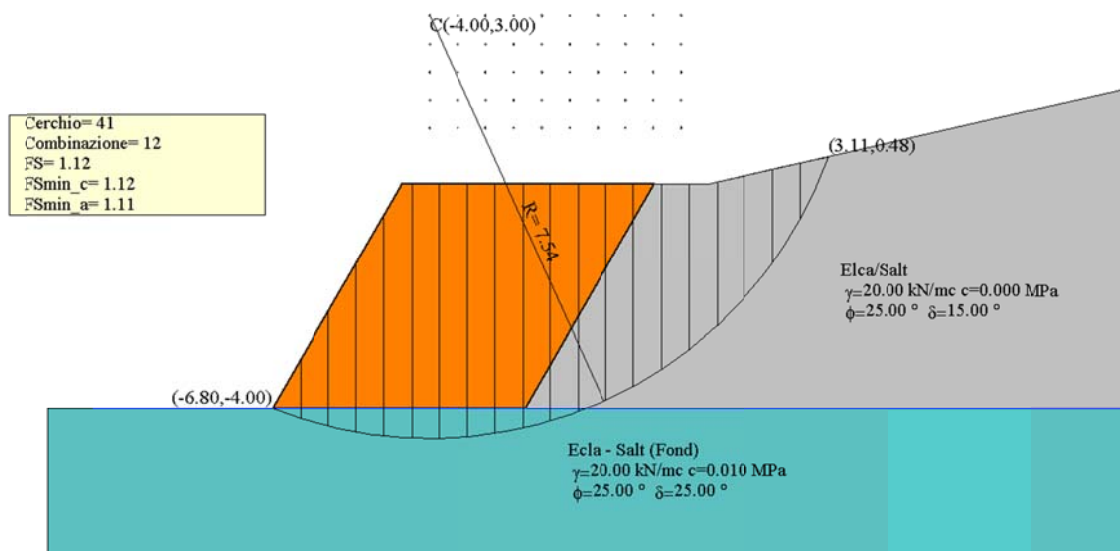
Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 50 di 54
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

Combinazione n° 12 STAB - Sisma Vert. negativo

Superficie di scorrimento n° 41 - $F_s = 1.12$

Str	W	α	ϕ	c	l	u	N	T
1	5.18	-19.49	20.46	80.000	0.53	8.6	0.41	3.88
2	15.38	-15.61	20.46	80.000	0.51	24.0	1.25	4.07
3	25.19	-11.85	20.46	80.000	0.51	35.9	1.96	4.25
4	34.64	-8.18	20.46	80.000	0.50	44.5	2.49	4.39
5	43.19	-4.57	20.46	80.000	0.50	49.9	2.83	4.48
6	45.17	-0.99	20.46	80.000	0.50	52.3	2.95	4.51
7	45.05	3.58	20.46	80.000	0.50	51.2	2.88	4.49
8	44.60	7.22	20.46	80.000	0.50	46.6	2.61	4.42
9	43.80	10.86	20.46	80.000	0.50	38.8	2.14	4.30
10	42.63	14.58	20.46	80.000	0.51	27.8	4.95	5.29
11	41.09	18.41	20.46	80.000	0.52	13.4	12.15	7.75
12	39.18	22.39	20.46	0.000	0.54	0.0	18.65	6.19
13	36.92	26.66	20.46	0.000	0.55	0.0	23.63	7.84
14	34.21	31.17	20.46	0.000	0.58	0.0	29.65	9.84
15	30.98	35.58	20.46	0.000	0.61	0.0	33.25	11.04
16	27.18	40.25	20.46	0.000	0.65	0.0	28.31	9.40
17	23.43	45.81	20.46	0.000	0.71	0.0	23.24	7.71
18	19.02	51.45	20.46	0.000	0.79	0.0	18.03	5.98
19	13.27	57.41	20.46	0.000	0.92	0.0	12.48	4.14
20	5.22	65.90	20.46	0.000	1.21	0.0	6.18	2.05



Verifiche interne

Risultati rinforzi

Simbologia adottata

<i>n°</i>	Identificativo rinforzo
<i>z</i>	Quota del rinforzo, espresso in [m]
<i>Rinf</i>	Tipo di rinforzo utilizzato
<i>Sf</i>	Sforzo nel rinforzo espressa in [kN/m]
<i>LI</i>	Lunghezza libera del rinforzo espressa in [m]
<i>Lf</i>	Lunghezza fondazione del rinforzo espressa in [m]
<i>Lt</i>	Lunghezza totale del rinforzo espressa in [m]
<i>Lrisv</i>	Lunghezza del risolto del rinforzo espressa in [m]

Combinazione n° 1 SLU (Caso A1-M1)

<i>n°</i>	<i>z</i>	Rinf	Sf	LI	Lf	Lt	Lrisv
1	-0.40	rinforzo 1	0.1356	0.95	3.55	4.50	1.30
2	-1.00	rinforzo 1	0.6807	0.79	3.71	4.50	1.30
3	-1.60	rinforzo 1	1.2565	0.63	3.87	4.50	1.30
4	-2.20	rinforzo 1	1.8324	0.47	4.03	4.50	1.30
5	-2.80	rinforzo 1	2.4083	0.32	4.18	4.50	1.30
6	-3.40	rinforzo 1	6.0004	0.16	4.34	4.50	1.30

<i>n°</i>	<i>z</i>	Rinf	Fs scor	Fs sfil	Fs traz	Fs risv
1	-0.40	rinforzo 1	205.83	411.65	226.93	9.41
2	-1.00	rinforzo 1	107.05	214.10	45.20	13.70
3	-1.60	rinforzo 1	94.69	189.39	24.49	15.52
4	-2.20	rinforzo 1	87.41	174.83	16.79	13.98
5	-2.80	rinforzo 1	81.59	163.18	12.78	11.53
6	-3.40	rinforzo 1	37.96	75.92	5.13	4.64

Combinazione n° 2 SLU (Caso A2-M2)

<i>n°</i>	<i>z</i>	Rinf	Sf	LI	Lf	Lt	Lrisv
1	-0.40	rinforzo 1	0.1942	1.29	3.21	4.50	1.30
2	-1.00	rinforzo 1	0.9735	1.07	3.43	4.50	1.30
3	-1.60	rinforzo 1	1.7965	0.86	3.64	4.50	1.30
4	-2.20	rinforzo 1	2.6196	0.64	3.86	4.50	1.30
5	-2.80	rinforzo 1	3.4426	0.43	4.07	4.50	1.30
6	-3.40	rinforzo 1	8.5770	0.21	4.29	4.50	1.30

<i>n°</i>	<i>z</i>	Rinf	Fs scor	Fs sfil	Fs traz	Fs risv
1	-0.40	rinforzo 1	79.90	159.81	158.46	4.04
2	-1.00	rinforzo 1	42.51	85.03	31.61	5.89
3	-1.60	rinforzo 1	39.00	78.00	17.13	6.68
4	-2.20	rinforzo 1	37.03	74.06	11.75	6.02
5	-2.80	rinforzo 1	34.96	69.92	8.94	4.96
6	-3.40	rinforzo 1	16.33	32.67	3.59	2.00

Combinazione n° 5 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

<i>n°</i>	<i>z</i>	Rinf	Sf	LI	Lf	Lt	Lrisv
1	-0.40	rinforzo 1	0.1660	1.28	3.22	4.50	1.30
2	-1.00	rinforzo 1	0.7812	1.06	3.44	4.50	1.30
3	-1.60	rinforzo 1	1.4223	0.85	3.65	4.50	1.30
4	-2.20	rinforzo 1	2.0634	0.64	3.86	4.50	1.30
5	-2.80	rinforzo 1	2.7045	0.43	4.07	4.50	1.30
6	-3.40	rinforzo 1	6.9138	0.21	4.29	4.50	1.30

<i>n°</i>	<i>z</i>	Rinf	Fs scor	Fs sfil	Fs traz	Fs risv
-----------	----------	-------------	----------------	----------------	----------------	----------------

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opera L073	Traito 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 52 di 54
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

1	-0.40	rinforzo 1	117.38	234.76	185.38	5.91
2	-1.00	rinforzo 1	66.46	132.92	39.39	9.18
3	-1.60	rinforzo 1	61.73	123.46	21.63	10.55
4	-2.20	rinforzo 1	58.82	117.63	14.91	9.55
5	-2.80	rinforzo 1	55.64	111.28	11.38	7.90
6	-3.40	rinforzo 1	25.33	50.66	4.45	3.10

Combinazione n° 6 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

n°	z	Rinf	Sf	LI	Lf	Lt	Lrisv
1	-0.40	rinforzo 1	0.1727	1.24	3.26	4.50	1.30
2	-1.00	rinforzo 1	0.8166	1.03	3.47	4.50	1.30
3	-1.60	rinforzo 1	1.4880	0.83	3.67	4.50	1.30
4	-2.20	rinforzo 1	2.1594	0.62	3.88	4.50	1.30
5	-2.80	rinforzo 1	2.8309	0.41	4.09	4.50	1.30
6	-3.40	rinforzo 1	7.2577	0.21	4.29	4.50	1.30

n°	z	Rinf	Fs scor	Fs sfil	Fs traz	Fs risv
1	-0.40	rinforzo 1	114.07	228.15	178.15	5.68
2	-1.00	rinforzo 1	64.14	128.28	37.68	8.78
3	-1.60	rinforzo 1	59.34	118.68	20.68	10.08
4	-2.20	rinforzo 1	56.32	112.65	14.25	9.13
5	-2.80	rinforzo 1	53.18	106.37	10.87	7.55
6	-3.40	rinforzo 1	24.13	48.26	4.24	2.95

Combinazione n° 7 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

n°	z	Rinf	Sf	LI	Lf	Lt	Lrisv
1	-0.40	rinforzo 1	0.2837	1.64	2.86	4.50	1.30
2	-1.00	rinforzo 1	1.3774	1.36	3.14	4.50	1.30
3	-1.60	rinforzo 1	2.5239	1.09	3.41	4.50	1.30
4	-2.20	rinforzo 1	3.6705	0.82	3.68	4.50	1.30
5	-2.80	rinforzo 1	4.8171	0.55	3.95	4.50	1.30
6	-3.40	rinforzo 1	12.2965	0.27	4.23	4.50	1.30

n°	z	Rinf	Fs scor	Fs sfil	Fs traz	Fs risv
1	-0.40	rinforzo 1	48.78	97.55	108.45	2.77
2	-1.00	rinforzo 1	27.51	55.02	22.34	4.17
3	-1.60	rinforzo 1	26.11	52.22	12.19	4.75
4	-2.20	rinforzo 1	25.82	51.64	8.38	4.30
5	-2.80	rinforzo 1	24.81	49.63	6.39	3.55
6	-3.40	rinforzo 1	11.38	22.77	2.50	1.39

Combinazione n° 8 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

n°	z	Rinf	Sf	LI	Lf	Lt	Lrisv
1	-0.40	rinforzo 1	0.2708	1.68	2.82	4.50	1.30
2	-1.00	rinforzo 1	1.3097	1.40	3.10	4.50	1.30
3	-1.60	rinforzo 1	2.3983	1.12	3.38	4.50	1.30
4	-2.20	rinforzo 1	3.4869	0.84	3.66	4.50	1.30
5	-2.80	rinforzo 1	4.5755	0.56	3.94	4.50	1.30
6	-3.40	rinforzo 1	11.6393	0.28	4.22	4.50	1.30

n°	z	Rinf	Fs scor	Fs sfil	Fs traz	Fs risv
1	-0.40	rinforzo 1	50.37	100.74	113.61	2.90
2	-1.00	rinforzo 1	28.62	57.24	23.49	4.38
3	-1.60	rinforzo 1	27.26	54.52	12.83	5.00
4	-2.20	rinforzo 1	27.09	54.17	8.82	4.52
5	-2.80	rinforzo 1	26.09	52.19	6.72	3.74
6	-3.40	rinforzo 1	12.02	24.05	2.64	1.47

Verifiche composte

Stabilità globale della terra armata

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa alla terra armata (spigolo contro terra)

Str	Identificativo della striscia
W	peso della striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [MPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [MPa]
N	sforzo normale alla base della striscia espressa in [kN]
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espressa in [kN]

Combinazione n° 4 STAB

Superficie di scorrimento n° 6 - $F_s = 2.48$

Str	W	α	ϕ	c	b	u	N	T
1	0.69	-5.01	33.87	0.000	0.19	0.0	0.68	0.18
2	2.05	-2.57	33.87	0.000	0.19	0.0	2.05	0.55
3	3.36	-0.13	33.87	0.000	0.19	0.0	3.36	0.91
4	4.64	4.72	33.87	0.000	0.19	0.0	4.62	1.25
5	5.87	7.16	33.87	0.000	0.20	0.0	5.82	1.57
6	7.06	9.67	33.87	0.000	0.20	0.0	6.96	1.88
7	8.20	14.48	33.87	0.000	0.20	0.0	7.94	2.14
8	9.30	17.21	33.87	0.000	0.20	0.0	8.88	2.40
9	10.35	20.02	33.87	0.000	0.21	0.0	9.72	2.63
10	11.34	24.23	33.87	0.000	0.21	0.0	10.34	2.79
11	11.75	27.97	33.87	0.000	0.22	0.0	10.38	2.80
12	11.33	31.33	33.87	0.000	0.23	0.0	9.68	2.62
13	10.84	34.98	33.87	0.000	0.24	0.0	8.88	2.40
14	10.27	38.97	33.87	0.000	0.25	0.0	7.98	2.16
15	9.60	43.72	33.87	0.000	0.27	0.0	6.94	1.88
16	8.83	48.31	33.87	0.000	0.29	0.0	5.87	1.59
17	7.91	53.45	33.87	0.000	0.33	0.0	4.71	1.27
18	6.77	59.72	33.87	0.000	0.38	0.0	3.42	0.92
19	5.30	66.34	33.87	0.000	0.48	0.0	2.13	0.57
20	2.90	80.32	33.87	0.000	1.15	0.0	0.49	0.13

Combinazione n° 11 STAB - Sisma Vert. positivo

Superficie di scorrimento n° 12 - $F_s = 2.31$

Str	W	α	ϕ	c	b	u	N	T
1	1.25	-7.84	33.87	0.000	0.26	0.0	1.24	0.36
2	3.73	-4.85	33.87	0.000	0.26	0.0	3.72	1.08
3	6.13	-1.88	33.87	0.000	0.26	0.0	6.12	1.78
4	8.45	1.08	33.87	0.000	0.26	0.0	8.45	2.45
5	10.69	5.17	33.87	0.000	0.26	0.0	10.65	3.09
6	12.86	8.40	33.87	0.000	0.26	0.0	12.72	3.70
7	14.95	11.43	33.87	0.000	0.26	0.0	14.65	4.26
8	16.74	14.55	33.87	0.000	0.27	0.0	16.20	4.71
9	16.72	18.18	33.87	0.000	0.27	0.0	15.89	4.61
10	16.24	22.12	33.87	0.000	0.28	0.0	15.04	4.37
11	15.65	25.53	33.87	0.000	0.29	0.0	14.13	4.10

2.1.1 PEDEMONTANA DELLE MARCHE
Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica Sud/Castelraimondo Nord

Opera L073	Trotto 212	Settore E	CEE 17	WBS OS0000	Id. doc. REL	N. prog. 01	Rev. A	Pag. di Pag. 54 di 54
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	----------------	-----------	--------------------------

12	14.97	29.11	33.87	0.000	0.30	0.0	13.08	3.80
13	14.17	32.90	33.87	0.000	0.31	0.0	11.89	3.46
14	13.23	36.92	33.87	0.000	0.32	0.0	10.58	3.07
15	12.15	41.21	33.87	0.000	0.34	0.0	9.14	2.66
16	10.89	45.80	33.87	0.000	0.37	0.0	7.59	2.20
17	9.39	50.71	33.87	0.000	0.41	0.0	5.95	1.73
18	7.60	55.93	33.87	0.000	0.46	0.0	4.26	1.24
19	5.33	63.05	33.87	0.000	0.57	0.0	2.42	0.70
20	2.16	71.37	33.87	0.000	0.81	0.0	0.69	0.20

Combinazione n° 12 STAB - Sisma Vert. negativo
Superficie di scorrimento n° 6 - $F_s = 2.24$

Str	W	α	ϕ	c	b	u	N	T
1	0.69	-5.01	33.87	0.000	0.19	0.0	0.68	0.20
2	2.05	-2.57	33.87	0.000	0.19	0.0	2.05	0.61
3	3.36	-0.13	33.87	0.000	0.19	0.0	3.36	1.01
4	4.64	4.72	33.87	0.000	0.19	0.0	4.62	1.38
5	5.87	7.16	33.87	0.000	0.20	0.0	5.82	1.75
6	7.06	9.67	33.87	0.000	0.20	0.0	6.96	2.08
7	8.20	14.48	33.87	0.000	0.20	0.0	7.94	2.38
8	9.30	17.21	33.87	0.000	0.20	0.0	8.88	2.66
9	10.35	20.02	33.87	0.000	0.21	0.0	9.72	2.91
10	11.34	24.23	33.87	0.000	0.21	0.0	10.34	3.10
11	11.75	27.97	33.87	0.000	0.22	0.0	10.38	3.11
12	11.33	31.33	33.87	0.000	0.23	0.0	9.68	2.90
13	10.84	34.98	33.87	0.000	0.24	0.0	8.88	2.66
14	10.27	38.97	33.87	0.000	0.25	0.0	7.98	2.39
15	9.60	43.72	33.87	0.000	0.27	0.0	6.94	2.08
16	8.83	48.31	33.87	0.000	0.29	0.0	5.87	1.76
17	7.91	53.45	33.87	0.000	0.33	0.0	4.71	1.41
18	6.77	59.72	33.87	0.000	0.38	0.0	3.42	1.02
19	5.30	66.34	33.87	0.000	0.48	0.0	2.13	0.64
20	2.90	80.32	33.87	0.000	1.15	0.0	0.49	0.15