



Anas SpA

Direzione Centrale Progettazione



Regione Lombardia

Provincia di Milano

Legge n. 345/97

Accordo di programma quadro in materia di trasporti

Realizzazione di un sistema integrato di accessibilità ferroviaria e stradale
all'aeroporto di Malpensa 2000

(CONVENZIONE DEL 29.10.1999)

Collegamento tra la S.S.n.11 "Padana Superiore" a Magenta
e la Tangenziale ovest di Milano
Variante di Abbiategrasso sulla S.S.n.494 e adeguamento in sede
del tratto Abbiategrasso Vigevano fino al nuovo ponte sul Ticino

PROGETTO DEFINITIVO - 1° STRALCIO FUNZIONALE

E - OPERE D'ARTE MINORI

TRATTA A : MAGENTA - ALBAIRATE
Opere di sostegno - muri in terra armata
relazione di dimensionamento

Revisioni	Controllato	Approvato	Data :Dicembre 2008.....	Scala :
			Agg.to :Novembre 2014.....	All.to n.E.1.8.2.....

Progettazione :



Società Esercizi Aeroportuali s.p.a.
20090 Aeroporto Milano Linate tel. 02/74851

Progettazione redatta da :



Il Progettista :

Il Direttore Tecnico
Dott. Ing. Alberto RINALDI

Visto
La Direzione Centrale Progettazione :
Dott. Ing. Nicola DINNELLA

Visto
Il Responsabile del Procedimento :
Dott. Ing. Domenico PETRUZZELLI

SOMMARIO

SOMMARIO	2
Relazione	3
1. Premessa	3
2. Normativa di riferimento	3
3. Le Opere	4
4. Materiali costituenti il Sistema	4
5. Requisiti richiesti per il Rilevato strutturale	5
6. Istruzioni operative per la realizzazione del rilevato strutturale	6
6.1 Stesa del materiale	6
6.2 Compattazione	6
6.3 Condizioni climatiche	7
6.4 Rilevati di prova	7
6.5 Prove di controllo	7
7. Condizioni di Carico Verificate	8
8. Coefficienti di sicurezza parziali	9
9. Ipotesi di calcolo	11
9.1 Rinforzi	11
9.2 Caratteristiche geotecniche e parametri di progetto	11
9.3 Carichi e sovraccarichi	12
9.4 Azioni sismiche	12
10. Metodo di calcolo	12
10.1 MacRes 2.0	12
10.2 MacStars W 3.0	17
11. Sezioni oggetto di verifica	17
12. Esito delle Verifiche	18
12.1 Coefficienti di sovradimensionamento – Valori minimi ottenuti	18
12.2 Pressione di riferimento per il calcolo dei cedimenti in fondazione e Pressione massima	18
13. Tabulati di calcolo	18

Relazione

1. Premessa

La presente relazione si riferisce al progetto esecutivo di Collegamento tra la S.S.n.11 "Padana Superiore" a Magenta e la Tangenziale ovest di Milano - Variante di Abbiategrasso sulla S.S.n.494 e adeguamento in sede del tratto Abbiategrasso Vigevano fino al nuovo ponte sul Ticino. In particolare alle opere di sostegno in terra rinforzata a paramento verticale in pannelli in calcestruzzo.

Il principio di funzionamento del sistema Macres si basa sull'attrito tra i rinforzi lineari, ed il rilevato di riempimento. Risulta quindi fattore importante per il dimensionamento, il materiale di riempimento del massiccio in terra armata e le sue caratteristiche fisiche (angolo d attrito, coesione e peso specifico).

La lunghezza, la sezione ed il numero dei rinforzi nel rilevato vengono calcolati in funzione della spinta dei terreni e dei sovraccarichi eventualmente presenti sul massiccio e a monte dello stesso: i rinforzi infatti sono dimensionati in base agli sforzi di trazione trasmessi loro dal terreno per effetto dell'aderenza.

La relazione è composta di due sezioni:

- La prima illustra le ipotesi di calcolo con riferimento sia alla stabilità esterna che al dimensionamento interno;
- La seconda comprende l'output del calcolatore con le verifiche del numero e della lunghezza dei rinforzi per le sezioni più significative.

2. Normativa di riferimento

Per quanto attiene ai valori dei coefficienti ed ai metodi di calcolo specifici per le terre rinforzate:

- 1) *Nuove Norme tecniche sulle Costruzioni Approvate con D.Min. 14/02/2008*
- 2) *Circolare al D.M. del 14/02/2008*
- 3) *UNI EN 1990 - Eurocodice – Criteri generali di progettazione strutturale*
- 4) *UNI EN 1997-1 - Eurocodice 7 – Progettazione Geotecnica – Parte 1: Regole generali..*
- 5) *UNI EN 1998-1 - Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.*
- 6) *UNI EN 1998-5 - Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento e aspetti geotecnici.*
- 7) *NF P 94-227 "Ouvrages de soutènement: remblais renforcés et massifs en sol cloué"*
- 8) *BS 8006 – 2010*
- 9) *UNI EN 14475 – Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Terra rinforzata*
- 10) *UNI 10006 - Costruzione e manutenzione delle strade - Tecniche di impiego delle terre*

11) UNI EN 13242 - *Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade*

12) UNI EN 13285 - *Miscele non legate - Specifiche*

13) UNI EN ISO 14688-1 - *Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Identificazione e descrizione*

3. Le Opere

La presente relazione riguarda il dimensionamento interno ed esterno per il progetto definitivo di Collegamento tra la S.S.n.11 "Padana Superiore" a Magenta e la Tangenziale ovest di Milano - Variante di Abbiategrasso sulla S.S.n.494 e adeguamento in sede del tratto Abbiategrasso Vigevano fino al nuovo ponte sul Ticino.

Più in dettaglio, oggetto della relazione sono le seguenti opere:

- Muri di sostegno relativo alla rampa AB;
- Muri di sostegno relativo alla rampa CD;
- Muri di sostegno relativo alla rampa EF;
- Muri di sostegno relativo alla rampa GH.

4. Materiali costituenti il Sistema

Nella stesura della presente relazione è stato previsto l'impiego dei seguenti materiali:

- *Rinforzi metallici del terreno*

In acciaio conforme alle Norme Europee EN 10025, tipo S355JO

Caratteristiche geometriche:

Larghezza 50 mm

Spessore 4 mm

Lunghezza da tabulati di calcolo

- *Pannelli in calcestruzzo armato o non armato*

Pannelli con marchiatura CE secondo quanto previsto nell'Allegato ZA della norma EN15258:08.

Calcestruzzo tipo C32/40, classe di esposizione XF1 con resistenza caratteristica a compressione $\geq 40 \text{ N/mm}^2$

Armatura pannelli in calcestruzzo armato (ove presente) in acciaio tipo B450C

- *Cordolo di livellamento non armato*

Calcestruzzo tipo Rck 15 con resistenza caratteristica a compressione $> 15 \text{ N/mm}^2$

5. Requisiti richiesti per il Rilevato strutturale

Per la realizzazione del rilevato rinforzato devono essere impiegate terre appartenenti ai gruppi A1-a, A1-b, A3, A2-4 della classifica CNR. - UNI 10006/1963 con esclusione di pezzature superiori a 250mm. Il materiale con dimensioni superiori a 100 mm è ammesso con percentuale inferiore al 15% del totale.

In ogni caso dovranno essere rispettate le seguenti condizioni:

- a) Il materiale da rilevato sarà idoneo quando la percentuale passante al setaccio da 75 micron (0,075 mm.), secondo l'analisi granulometrica, è inferiore del 15%.
- b) Qualora non fosse verificata la precedente condizione a), il materiale da rilevato sarà comunque considerato idoneo quando:
 - o la percentuale del campione esaminato per sedimentazione passante al vaglio di 15 micron (0,015 mm.), è inferiore al 10%;
 - o la percentuale sulle prove realizzate per sedimentazione rimane compresa tra il 10% e 20% e l'angolo di attrito interno, misurato con prove di taglio su campioni saturi, è superiore a 25°.

In ogni caso saranno esclusi elementi di diametro maggiore o uguale a 250mm, e i materiali che, da prove opportune, presentino angoli d'attrito minori di quelli previsti in progetto.

Il peso di volume del terreno di riempimento, in opera compattato, dovrà essere superiore a quanto indicato nella presente relazione al capitolo "ipotesi di calcolo". Tale materiale dovrà essere compattato fino a raggiungere il 95% della densità secca AASHTO (ASTM D1557).

Il valore della resistività del materiale da rilevato, saturato dopo un'ora di contatto terra-acqua alla temperatura di 20°C, dovrà essere superiore a 1.000 Ohm*cm. per opere a secco e 3.000 Ohm*cm. per opere inondabili.

Il valore di attività degli ioni (pH) misurato sull'acqua del campione di terra saturato, dovrà essere compreso tra 5 e 10.

Il contenuto in cloruri e solfati dovrà essere determinato soltanto per quei materiali la cui resistività sia compresa tra i 1.000 e i 5.000 Ohm cm. e in questo caso non dovrà eccedere i seguenti valori:

	<i>Opere a secco</i>	<i>Opere in acqua dolce</i>	<i>Metodo di Prova di Riferimento</i>
[Cl-]	200 mg/kg	100 mg/kg	UNI EN 1744-1
[SO4==]	200 mg/l	100 mg/l	EN 196-2
[NH4+]	15 mg/l	15 mg/l	ISO 7150-1 o 7150-2
[Mg++]	300 mg/l	300 mg/l	ISO 7980

Per la determinazione dell'idoneità del materiale da porre in opera nella porzione rinforzata del rilevato si effettueranno preventivamente le seguenti prove:

- analisi granulometrica con relativa classificazione CNR-UNI 10006;
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;

-
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332 ;
 - prova Proctor per la determinazione del grado di umidità ottimale - AASHTO mod. T180.
 - prova di compattazione AASHTO;
 - Determinazione del valore della resistività e del pH per ogni campione della stessa provenienza.

Materiali non conformi alle specifiche potranno essere usati solo su autorizzazione scritta del progettista ed approvate dalla DD.LL..

6. Istruzioni operative per la realizzazione del rilevato strutturale

Il materiale verrà posto in opera per strati di altezza pari a circa 375 mm.

La posa del rilevato seguirà immediatamente il montaggio di ciascuna fila di pannelli; in corrispondenza di ogni strato di rinforzo il materiale sarà steso e compattato prima della posa e del fissaggio delle stesse.

6.1 Stesa del materiale

La stesa del materiale dovrà essere eseguita sistematicamente per strati di spessore costante e con modalità e attrezzature atte ad evitare segregazione, brusche variazioni granulometriche e del contenuto d'acqua.

Durante le fasi di lavoro, e ad opera ultimata, si dovrà garantire il rapido deflusso delle acque meteoriche conferendo sagomature aventi pendenza trasversale non inferiore al 4%, perpendicolare al paramento e a scendere verso la coda dei rinforzi.

Lo spessore allo stato sciolto di ogni singolo strato di rilevato non dovrà risultare superiore a 40 cm. La stesa avverrà sempre parallelamente al paramento esterno.

6.2 Compattazione

Il grado di compattazione sarà $\geq 95\%$ del valore fornito dalla prova AASHTO mod. T 180. La compattazione potrà aver luogo soltanto dopo aver accertato che il contenuto d'acqua delle terre sia prossimo ($\pm 1,5\%$ ca.) a quello ottimale determinato mediante la prova AASHTO mod. T 180.

Se tale contenuto dovesse risultare superiore, il materiale dovrà essere essiccato per aerazione.

Se inferiore l'aumento sarà conseguito per umidificazione e con modalità tali da garantire una distribuzione uniforme dell'acqua entro l'intero spessore dello strato.

Tipo, caratteristiche e numero dei mezzi di compattazione, e anche le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza), dovranno essere tali da garantire le caratteristiche del rilevato Strutturale di cui al capitolo 6.

La compattazione a tergo del paramento dovrà essere tale da escludere una riduzione nell'addensamento.

In particolare si dovrà evitare che grossi rulli vibranti operino entro una distanza $\leq 1,5$ m. dai paramenti della terra armata.

A questa distanza si useranno mezzi di compattazione leggeri quali piastre vibranti, piccoli rulli vibranti, badando a garantire i valori di densità richiesti, operando, se necessario, su strati di spessore ridotto.

Qualora si dovessero manifestare erosioni di sorta sul terreno già steso, si dovrà provvedere al ripristino delle zone danneggiate.

6.3. Condizioni climatiche

La costruzione dei rilevati in presenza di gelo o di pioggia persistenti non sarà consentita in linea generale, tranne per quei materiali meno suscettibili all'azione del gelo e delle acque meteoriche (es. ghiaia). Nella esecuzione di rilevati con terre ad elevato contenuto della frazione coesiva dovranno essere tenuti a disposizione anche dei rulli gommati che permettano la chiusura della superficie dell'ultimo strato in caso di pioggia.

6.4. Rilevati di prova

Quando prescritto dalla Direzione Lavori, l'Impresa procederà alla esecuzione dei rilevati di prova. In particolare si potrà fare ricorso ai rilevati di prova per verificare l'idoneità di materiali diversi da quelli specificati nei precedenti capitoli.

Il rilevato di prova consentirà di individuare le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali messi in opera, le caratteristiche dei mezzi di compattazione (tipo, peso, energie vibranti) e le modalità esecutive più idonee (numero di passate, velocità del rullo, spessore degli strati, ecc.), le procedure di lavoro e di controllo cui attenersi nel corso della formazione dei rilevati.

6.5. Prove di controllo

Prima che venga messo in opera uno strato di terreno nel rilevato rinforzato, quello precedente dovrà essere sottoposto alle prove di controllo e possedere i requisiti di costipamento richiesti.

La frequenza delle prove di seguito specificata, deve ritenersi come minima e potrà essere aumentata, in considerazione della maggiore o minore omogeneità granulometrica dei materiali portati a rilevato e della variabilità nelle procedure di compattazione.

Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative in relazione alle caratteristiche dei terreni utilizzati.

La serie di prove sui primi 5000 mc. Potrà essere effettuata una sola volta a condizione che i materiali mantengano caratteristiche omogenee e siano costanti le modalità di compattazione.

FREQUENZA MINIMA DELLE PROVE
RILEVATI RINFORZATI DA RINFORZI LINEARI

TIPO DI PROVA	PRIMI 5000 mc Ripetere la prova ogni (m3)	SUCCESSIVI mc Ripetere la prova ogni (m3)
Classif. CNR - UNI 10006	2000	5000
Resistività	5000 ^a	5000
pH	2000 ^a	5000
Contenuto in cloruri e solfati per valori di resistività tra 1000/5000 Ohm.cm	5000 ^a	5000
Costip. AASHTO Mod. CNR	2000	5000
Densità in sito CNR 22	250	1000
Carico su piastra CNR 9 - 70317	1000	5000
Controllo umidità	^b	^b

NOTE:

a - Prove da effettuare solo nel caso di utilizzo di rinforzi in acciaio

b - Frequenti e rapportate alle condizioni meteorologiche locali ed alle caratteristiche di omogeneità dei materiali costituenti il rilevato

7. Condizioni di Carico Verificate

Le verifiche della struttura sono state condotte secondo gli Stati limite Ultimi (SLU - SLV).

In accordo con Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008 - capitolo 6 – sono stati applicati coefficienti parziali ai carichi, ai parametri geotecnici ed alle resistenze (come definiti nel capitolo successivo).

Per quanto riguarda la stabilità globale si è utilizzato l' *Approccio 1 Combinazione 2* che risulta essere la dimensionante per questo tipo di verifica: **A2+M2+R2**.

Per quanto riguarda invece sia le verifiche agli *SLU di tipo geotecnico (GEO)* che per le verifiche agli *SLU di tipo strutturale (STR)* (V. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno), cioè per le Verifiche Esterne a Scorrimento della fondazione, per la determinazione della Pressioni massime agenti sul terreno di fondazione (dato fornito per la successiva verifica a Punzonamento) e per le Verifiche Interne a rottura dei rinforzi e a Sfilamento degli stessi si è utilizzato l'*Approccio 1* : **A1+M1+R1 e A2+M2+R2**.

La Verifica Esterna a Ribaltamento viene poi trattata a parte come uno stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU), utilizzando l'approccio: **EQU+M2**, per le sole condizioni di carico A ed 1s.

Inoltre, al fine di considerare le disposizione di carico più dannose, sono stati considerati le seguenti *condizioni di carico*:

Condizione di carico A: (caso A) Vengono considerati sfavorevoli tutti i carichi G_w (applicazione del valore massimo di progetto), G_p , Q_w e Q_p .

Tale condizione risulta dimensionante ai fini della Verifica Esterna per la valutazione dei carichi massimi in fondazione e per la Verifica Interna alla rottura dei rinforzi.

Condizione di carico B: (caso B) Vengono considerati favorevoli il peso proprio della struttura G_w (applicazione del Valore minimo di Progetto) ed i carichi Variabili applicati al di sopra della struttura stessa Q_w . Vengono considerati Sfavorevoli i carichi permanenti a tergo della struttura (spinta del

terreno) G_p ed il corrispondente effetto dei carichi variabili che non gravano sulla struttura ma che sono a tergo della stessa Q_p .

Tale condizione risulta dimensionante ai fini della Verifica Esterna a Scorrimento.

Condizione di carico C: (caso C) Vengono considerati pari all'unità i coefficienti di parziali dei carichi Permanenti G_w , G_p e considera nulli i coefficienti parziali dei carichi Variabili Q_w e Q_p .

Tale condizione risulta dimensionante nell'analisi dei Cedimenti in fondazione a Lungo termine.

In favore di sicurezza e data la non prevedibilità del grado di compattazione effettivamente raggiunto in opera, si impone inoltre una variabilità di $+ o -$ il 10% al valore della densità del massiccio, assumendo il valore minimo nelle condizioni di carico in cui tale valore sia favorevole alla stabilità, ed il valore massimo nelle condizioni in cui tale valore sia sfavorevole.

Condizioni di carico sismiche 1s e 2s: (Caso 1s a caso 2s) Le verifiche sismiche sono condotte secondo le stesse condizioni di carico A (1s) e B (2s) ed imponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni.

8. Coefficienti di sicurezza parziali

Il progetto strutturale e geotecnico delle opere in esame sarà condotto in conformità alle indicazioni del NTC D.M. 14/01/2008 (rif. Cap. 6).

Nell'ambito delle verifiche allo stato limite ultimo si sono adottati i seguenti coefficienti parziali:

Coefficienti PARZIALI DEI PARAMETRI DI RESISTENZA γ_R		
$R_d = R_k / \gamma_R$	R3	R2
<u>Stabilità Esterna</u>		
Scorrimento - Slittamento per attrito $\gamma_{m\phi} = \gamma_{R \text{ scorrimento}}$	1,10	1,0
Ribaltamento $\gamma_{\text{over}} = \gamma_{R \text{ ribaltamento}}$	1,00	1,0
Capacità portante della Fondazione - Punzonamento $\gamma_{mq} = \gamma_{R \text{ punzonamento}}$	1,40	1,0
<u>Stabilità Interna</u>		
Rottura dei rinforzi ($\gamma_{mt} = \gamma_{Rt}$)	1,25	
Aderenza dei rinforzi ($\gamma_{mf} = \gamma_{Rt}$)	1,35	

Nota:

Per le verifiche di stabilità interna, in mancanza di indicazioni specifiche da NTC per queste applicazioni, si utilizzano i coefficienti indicati da AFNOR 94-270. In fase sismica il coeffi di sicurezza all'aderenza si imposta uguale ad 1,00.

Coefficients PARZIALI DEI PARAMETRI GEOTECNICI γ_M		
	M1	M2
Peso unità di volume γ_f	1,00	1,00
Angolo di attrito $\tan\phi'_k$ ($\gamma_{\phi'}$)	1,00	1,25(*)
Coesione efficace c'_k (γ_c)	1,00	1,25(*)
Resistenza non drenata c_{uk} (γ_{cu})	1,00	1,40(*)

Nota:

Coefficienti parziali dei parametri geotecnici da applicare nel calcolo di stabilità interna ed esterna. (*) i coefficienti vengono introdotti a monte del calcolo riducendo i valori di input dei parametri geotecnici. In particolare per tutti gli angoli di attrito dei terreni si assume un angolo di calcolo $\phi_c = \arctan(\tan\phi' / \gamma_{\phi'})$

Coefficients PARZIALI AZIONI $\gamma_F = \gamma_F$		FASE STATICA SLU		
		A1	A2	EQU
<u>PERMANENTE:</u> (Pesi, spinte geostatiche del terreno; sovraccarichi permanenti) ($\gamma_G = \gamma_{F1G}$)	Sfavorevole	1,30	1,00	1,10
	Favorevole	1,00	1,00	0,90
<u>VARIABILE:</u> (sovraccarichi variabili; sisma; spinte relative indotte) ($\gamma_Q = \gamma_{F1Q}$)	Sfavorevole	1,50	1,30	1,50
	Favorevole	0,00	0,00	0,00

Nota:

Coefficienti parziali dei carichi e delle spinte (i carichi permanenti non strutturali sono assimilati ai sovraccarichi permanenti in quanto compiutamente definiti)

9. Ipotesi di calcolo

CLASSIFICAZIONE DELL'OPERA	CLASSE TEMPORALE	OPERA PERMANENTE		
	CLASSE DI SICUREZZA	OPERA CORRENTE		
	DURATA DI SERVIZIO	70 ANNI		
	LIVELLO DI SICUREZZA	ORDINARIO		
	AMBIENTE DI ESERCIZIO	A SECCO		
CARATTERISTICHE DEI COMPONENTI STRUTTURALI	TIPO DI PARAMENTO	PANNELLI CALCESTRUZZO		
	INCLINAZ. PARAMENTO	90°		
	TIPO DI RINFORZO	HA 50x4		
DATI GEOTECNICI	TERRA ARMATA	$\gamma_1 = 19 \text{ KN/mc}$	$\varphi_1 = 30^\circ$	$c'_1 = 0 \text{ KPa}$
	RILEVATO A TERGO	$\gamma_2 = 19 \text{ KN/mc}$	$\varphi_2 = 30^\circ$	$c'_2 = 0 \text{ KPa}$
	FONDAZIONE	$\gamma_3 = 18 \text{ KN/mc}$	$\varphi_3 = 27^\circ$	$c'_3 = 5 \text{ KPa}$
CARICHI ACCIDENTALI ESTERNI	STATICO	Stradale $q = 20 \text{ Kpa}$ sopra e/o dietro il massiccio		
	SISMICO	Accelerazione di calcolo: $kh = 0,0016$		

9.1. Rinforzi

Nella verifica interna a rottura dei rinforzi il calcolo viene eseguito considerando uno spessore ridotto rispetto a quello iniziale per tener conto della corrosione nel tempo. Tale riduzione, detta "spessore di sacrificio dei rinforzi", è fissata dalla AFNOR 94-270 in funzione della tipologia di opera e della vita di servizio; la resistenza a trazione di ciascun rinforzo ne viene proporzionalmente ridotta.

9.2. Caratteristiche geotecniche e parametri di progetto

Nei calcoli di stabilità e resistenza si sono assunte le seguenti caratteristiche fisiche dei terreni:

Per il rilevato

Peso specifico:	18-20 kN/m ³
Angolo di attrito interno:	30 deg.
Coesione:	0 KPa

- *Per il rilevato dietro il massiccio armato*

Peso specifico:	19 kN/m ³
Angolo di attrito interno:	30 deg.
Coesione:	0 KPa

- *Per il terreno di fondazione*

Angolo di attrito interno: 27 deg.

Coesione: 5 KPa

9.3. Carichi e sovraccarichi

Si è considerato agente sul Rilevato strutturale (MASSICCIO) un sovraccarico accidentale pari a 20 kPa.

Per le verifiche sismiche il sovraccarico accidentale dovuto al transito di mezzi viene moltiplicato per il fattore $\Psi_{2j}=0.2$ in accordo con D.M. 14/01/2008 cap. 3.2.4.

9.4. Azioni sismiche

Il calcolo viene inoltre eseguito tenendo conto delle azioni sismiche dell'area oggetto del progetto secondo quanto prescritto da D.M. 14/01/2008 per cui:

Coefficiente di sottosuolo: $S = S_s \times S_t = 1,5$

Coefficiente di riduzione: $\beta_m = 0,24$ (per la determinazione del valore si veda la tabella 10.1)

Coefficiente sismico orizzontale k_h : $a_d/g = S \times a_g/g \times \beta_m = 0,0016$

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

Per tener conto dell'amplificazione dell'azione sismica in funzione dell'altezza del muro, il programma di calcolo incrementa globalmente il coefficiente sismico orizzontale (accelerazione sismica di calcolo) che, secondo la teoria di Seed e Whitman, diventa pari a:

Coefficiente sismico orizzontale di calcolo $k_{hc} = a_c/g = a_d/g (1,45 - a_d/g)$

Coefficiente sismico verticale di calcolo $k_{vc} = k_{hc}/2$

10. Metodo di calcolo

Per le verifiche ed i dimensionamenti delle strutture sono stati utilizzati programmi di calcolo MacRes 2.0 e MacStars W rel 3.0

10.1 MacRes 2.0

MACRES 2.0 è un foglio calcolo impiegato per il dimensionamento dei muri in terra armata a paramento verticale.

Di seguito viene esposto sinteticamente il metodo di calcolo richiamando le formule matematiche principali che il programma di calcolo utilizza.

Gli out put di calcolo relativi alle sezioni trasversali esaminate dell'opera in oggetto sono riportati nel successivo capitolo 13.

SEZIONE (nome)

Caratteristiche dei terreni :

MASSICCIO IN T.A. (terreno 1) : Sono indicati la densità massima e minima (γ_1) e l'angolo di attrito interno (ϕ_1).

TERRENO A TERGO DELLA STRUTTURA (terreno 2) : Sono indicati la densità (γ_2) e l'angolo di attrito interno (ϕ_2).

TERRENO DI FONDAZIONE (terreno 3) : Sono indicati l'angolo di attrito interno (ϕ_3) e la coesione (C3).

SPINTE DELLE TERRE

Il diagramma della spinta delle terre applicata a tergo del muro dipende dalla geometria del terrapieno soprastante e dal sovraccarico.

La spinta delle terre è inclinata sull'orizzontale di un angolo δ , definita nella Norma AFNOR NF P 94-270 secondo la seguente formula:

$$\delta = 0.8(1 - 0.7 \frac{L'}{H})\Phi_1 + [\beta_e - 0.8(1 - 0.7 \frac{L'}{H})\Phi_1] \sqrt{\frac{X}{H}} \quad [2]$$

in cui:

$$L' = \frac{S}{H} = \frac{W}{\gamma_1 H} \quad [3];$$

$$\beta_e = \frac{3\beta + \Phi_2}{4} \quad [4]$$

$$X = \frac{K_{2y}}{K_{2x} - K_{2y}} D \tan \beta \quad [5]$$

I coefficienti di spinta in condizioni statiche, K_{2x} e K_{2y} , sono anch'essi computati secondo quanto prescritto dalle Norma AFNOR NF P 94-270.

$$K_{2x} = \frac{(\cos^2 \Phi_2 / \cos \delta)}{[1 + \sqrt{\frac{\sin(\Phi_2 + \delta) \sin(\Phi_2 - \beta)}{\cos \delta \cos \beta}}]^2} \quad [6] \quad K_{2y} = \frac{(\cos^2 \Phi_2 / \cos \delta)}{[1 + \sqrt{\frac{\sin(\Phi_2 + \delta) \sin(\Phi_2 - \omega)}{\cos \delta \cos \omega}}]^2} \quad [7]$$

La spinta dovuta al terrapieno e' calcolata come:

$$P = \frac{1}{2} K_{2x} \gamma_2 X^2 + K_{2x} \gamma_2 XY + \frac{1}{2} K_{2y} \gamma_2 Y^2 \quad [8]$$

Nel caso di calcolo in zona sismica, due ulteriori coefficienti di spinta in condizioni dinamiche, K_{aex} e K_{aey} , compaiono nei calcoli. Tali coefficienti sono calcolati seguendo le formule proposte da

Mononobe-Okabe:

$$K_{aex} = \left[\frac{(\cos\Phi_2 - \zeta)}{\cos\zeta \left[1 + \sqrt{\frac{\sin\Phi_2 \sin(\Phi_2 - \zeta - \beta)}{\cos\zeta \cos\beta}} \right]^2} \right]^2 \quad [9]$$

$$K_{aey} = \left[\frac{(\cos\Phi_2 - \zeta)}{\cos\zeta \left[1 + \sqrt{\frac{\sin\Phi_2 \sin(\Phi_2 - \zeta - \omega)}{\cos\zeta \cos\omega}} \right]^2} \right]^2 \quad [10]$$

in cui $\zeta = \arctan(0.5 \times a_0/g)$ (per $\zeta=0 \rightarrow K_{aex} = K_{0x}$ e $K_{aey} = K_{0y}$)

Le azioni sismiche dinamiche (o pseudo dinamiche) dovute al terrapieno sono dunque:

- incremento dinamico della spinta dovuta al terrapieno E_{ae}
- Sforzi d'inerzia globale $E_i = E_{im}$ (massiccio) + E_{ir} (terreno sopra il massiccio)
- Variazioni dinamiche dei pesi propri $dW = dW_m$ (massiccio) + dW_r (terreno sopra il massiccio)

Ad ognuna delle combinazioni di carico studiate nel caso sismico corrispondono due sottocasi:

- +dW : accelerazione verticale diretta verso il basso
- dW : accelerazione verticale diretta verso l'alto.

STABILITA' ESTERNA

I calcoli sono eseguiti sulla larghezza di 1 metro.

STATO LIMITE DI STABILITA' ESTERNA

Stabilità esterna - Punzonamento

Per ogni combinazione di carico considerata, il programma calcola:

- R_v ed R_h , Risultanti delle forze verticali ed orizzontali (in kN/m),
- M_s ed M_r , Momento stabilizzante e momento ribaltante (in kNm/m),
- $q_{ref.}$, pressione di riferimento di Meyerhof esercitata sulla base (in kPa),
- $2.x$, larghezza su cui si applica la pressione pari a due volte l'eccentricità.

La verifica a punzonamento è soddisfatta se:

$$q_{ref.} \leq \frac{q_{fu}}{\gamma_{mq}}$$

in cui q_{fu} è il valore della pressione limite ultima che tiene conto delle caratteristiche del terreno di fondazione e dell'inclinazione della risultante delle forze, la cui tangente ha il valore R_h/R_v .

Viene inoltre eseguita la verifica sulla condizione di interrimento minimo della fondazione che confronta l'interrimento reale previsto dal progetto con quanto richiesto dalle normative AFNOR NFP 94-270 ed indica se tale verifica è soddisfatta.

Stabilità esterna – Slittamento e Ribaltamento

Per ogni combinazione di carico considerata (la combinazione 3 non viene considerata poiché viene utilizzata solo per la valutazione dei cedimenti), il programma calcola il Fattore di sovradimensionamento nei confronti dello slittamento sul piano di fondazione, Γ , dato da :

$$\Gamma = \frac{R_v \times \frac{\tan \phi}{\gamma_{m\phi}} + \frac{c}{\gamma_{mc}} \times L}{R_h}$$

in cui ϕ e c sono alternativamente l'angolo di attrito interno e la coesione del materiale costituente il massiccio in terra rinforzata (per garantirsi contro lo slittamento all'interno della struttura) o del terreno costituente la fondazione (per garantirsi contro lo slittamento all'interno di quest'ultimo). I valori riportati dal tabulato sono già divisi per il fattore di sicurezza γ_R .

Il programma calcola anche per ogni combinazione di carico considerata, i valori minimi dell'angolo di attrito interno e della coesione al contatto tra terreno costituente la fondazione e massiccio in Terra Armata (entrambi considerati o puramente attritivi o puramente coesivi).

Il Fattore di sovradimensionamento nei confronti del ribaltamento, viene dato poiché garantisce comunque che le deformazioni saranno limitate. I valori riportati dal tabulato sono già divisi per l'opportuno fattore di sicurezza γ_R ovvero è sufficiente che siano uguali a 1 perché la sicurezza al ribaltamento sia verificata con un fattore di sicurezza pari a al fattore di sicurezza utilizzato.

STABILITÀ INTERNA

A pagina 4 e 5 del tabulato sono riportate informazioni e dati relativi alle verifiche della tensione e dell'aderenza delle armature (stabilità interna) nella sezione. La larghezza di calcolo dipende dalla tipologia del paramento.

STATO LIMITE DI STABILITÀ INTERNA

Stabilità interna – Rottura dei rinforzi (fattori di sovradimensionamento)

Il programma, per ogni livello di rinforzo e per ogni condizione di carico, calcola la tensione massima T_{max} agente, e la tensione all'attacco tra rinforzo e paramento T_o , ottenuta come percentuale di T_{max} in funzione della flessibilità del paramento stesso, e le confronta con le trazioni che provocano, nelle stesse sezioni, la rottura del rinforzo, ottenendo i fattori di sovradimensionamento dei rinforzi nei confronti della rottura.

La tabella presenta i risultati del calcolo. Le relative colonne danno, per ogni livello di rinforzo:

Colonna 1 : il numero di riferimento del livello di rinforzo considerato.

Colonna 2 : la combinazione di carico considerata.

Colonna 3: la sua profondità z (in m) rispetto alla testa del muro.

Colonna 4: la lunghezza dei rinforzi al livello considerato

Colonna 5 : s_v , la distanza verticale tra livelli di rinforzi adiacenti

Colonna 6 : il valore di k , coefficiente di spinta, calcolato secondo il seguente diagramma (Annex E paragrafo E.2.3.3 della Norma AFNOR NF P 94-270)

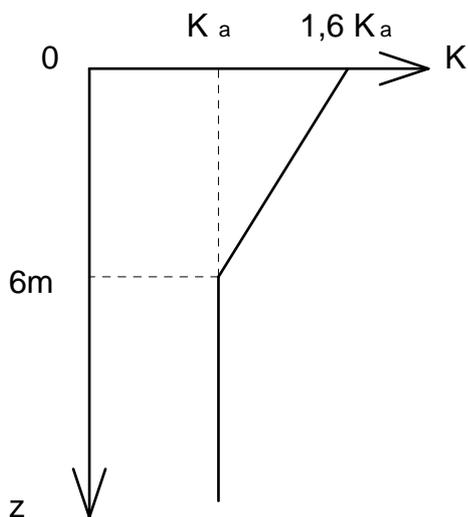


FIG. 1

. Colonna 7 : il tipo di rinforzo

Colonna 8: N° , il numero di rinforzi presenti al livello considerato, nella larghezza di calcolo.

poi, per ogni strato e per ogni condizione di carico:

Colonna 9: σ_{vi}

Colonna 10 : σ_{hi} , la tensione orizzontale $\sigma_{hi} = K\sigma_v$

in cui :

K è dato in Colonna 4, e

σ_v è la tensione verticale alla profondità del livello considerato dovuta ai pesi soprastanti ed al momento ribaltante, calcolata secondo Meyerhof.

Colonna 11 : T_{max} (in kN), valore della trazione massima in un rinforzo dello strato.

Colonna 12: T_o (in kN), valore della trazione all' attacco col paramento in un rinforzo dello strato.

Colonna 13: T_r/T_m , valore del rapporto tra la trazione di rottura T_r nella sez. corrente del rinforzo, già divisa per il fattore di sicurezza minimo γ_{mt} , e $T_m = T_{max}$. I valori riportati dal tabulato sono quindi già divisi per γ_{mt} , ovvero è sufficiente che essi siano uguali a 1 perché la sicurezza alla rottura sia verificata con un fattore di sicurezza pari a γ_{mt} .

Colonna 14: T_{ro}/T_o , valore del rapporto tra la trazione di rottura T_{ro} nella sez. all'attacco del rinforzo, divisa per il fattore di sicurezza minimo γ_{mt} , e T_o . I valori riportati dal tabulato sono quindi già divisi per γ_{mt} , ovvero è sufficiente che essi siano uguali a 1 perché la sicurezza alla rottura sia verificata con un fattore di sicurezza pari a γ_{mt} .

Slittamento dei rinforzi (fattori di sovradimensionamento)

Il programma, per ogni livello di rinforzi e per ogni condizione di carico, calcola la tensione massima T_{max} agente, e la resistenza massima T_f che l' attrito tra rinforzo e terreno circostante può mobilitare, e le confronta tra di loro.

La tabella presenta i risultati del calcolo. Le successive colonne danno, per ogni livello di rinforzo:

Colonna 1 : il numero di riferimento del livello di rinforzo considerato.

Colonna 2 : la combinazione di carico considerata.

Colonna 3: la sua profondità z (in m) rispetto alla testa del muro.

Colonna 4: la lunghezza dei rinforzi al livello considerato

Colonna 5 : L_a (in m), lunghezza di aderenza

Colonna 6 : μ^* , coefficiente di attrito apparente tra terreno e armature

Colonna 7 : la profondità H_a (in m), rispetto alla testa del muro, degli strati di rinforzo

Colonna 8 : tipo di rinforzo (determina il valore di f^*)

Colonna 9 : numero di rinforzi nella larghezza di calcolo, per lo strato considerato.

Poi, per ogni strato e per ogni condizione di carico:

Colonna 11 : T_{max} (in kN), valore della trazione massima in un rinforzo dello strato

Colonna 13 : T_f (in kN), valore della resistenza d'attrito per un rinforzo dello strato, divisa per il fattore di sicurezza minimo γ_{mf} . Nel calcolo di T_r la sezione e' inoltre gia' stata ridotta degli spessori sacrificati alla corrosione.

Colonna 14 : T_f/T_m , valore del rapporto tra la resistenza d'attrito T_f nel rinforzo, e T_{max} . I valori riportati dal tabulato sono quindi gia' divisi per γ_{mf} , ovvero e' sufficiente che siano uguali a 1 perche' la sicurezza alla rottura sia verificata con un fattore di sicurezza pari a γ_{mf} .

10.2 MacStars W 3.0

Le analisi di stabilit  globale sono condotte utilizzando il programma MACSTARS W 3.0 che utilizza il modello di analisi di stabilit  su superfici circolari di Bishop.

11. Sezioni oggetto di verifica

Le Sezioni verificate secondo la combinazione pi  gravosa per il dimensionamento, di cui nel seguito si riportano i tabulati di calcolo, sono:

- 1) $H_{muro}=10,00$ m
- 2) $H_{muro}=5,00$ m

Per le verifiche al ribaltamento invece si rimanda al punto 12, non potendo allegare un output di calcolo, dove   stato indicato il valore minimo ottenuto confrontando i risultati delle singole sezioni verificate. Come si evince la verifica a ribaltamento non risulta determinante al fine del dimensionamento delle opere oggetto della presente relazione, presentando valori molto pi  alti come fattori di sovradimensionamento rispetto a quelli ottenuti per le verifiche di scorrimento che risultano invece le reali dimensionanti.

12. Esito delle Verifiche

12.1 Coefficienti di sovradimensionamento – Valori minimi ottenuti

Nella verifica di stabilità esterna ed interna si definiscono i cosiddetti coefficienti di sovradimensionamento, cioè i rapporti fra le capacità di resistenza della struttura e le azioni agenti sulla struttura stessa. Poiché nel calcolo si introducono sia coefficienti di sicurezza parziali che fattori di amplificazione dei carichi, è sufficiente che i fattori di sovradimensionamento siano maggiori od uguali a 1,00 per garantire la sicurezza nei confronti del criterio considerato. I valori minimi ottenuti nella struttura in oggetto sono riassunti nella Tabella successiva:

Coefficienti di sovradimensionamento – Valori minimi ottenuti					
Stabilità esterna			Stabilità interna		
	Capacità Portante	Scorrimento	Ribaltamento	Rottura Rinforzi	Aderenza Rinforzi
	2,19	1,49	3,69	1,44	1,02
Sezione	<i>H=10,00m</i>	<i>H=10,00m</i>	<i>H=10,00m</i>	<i>H=5,00m</i>	<i>H=5,00m</i>
Cond. di Carico	<i>A2_M2_R2 Caso A</i>	<i>A2_M2_R2 Caso B</i>	<i>EQU_M2 Caso A</i>	<i>A1_M1_R1 Caso A</i>	<i>A2_M2_R2 Caso B</i>
Cond. da verificare	$\geq 1,00$	$\geq 1,00$	$\geq 1,00$	$\geq 1,00$	$\geq 1,00$

Coefficienti di sovradimensionamento minimi

12.2 Pressione di riferimento per il calcolo dei cedimenti in fondazione e Pressione massima

La combinazione di carichi considerata nella condizione di carico C (caso C) delle verifiche permette la valutazione dei cedimenti della fondazione attraverso la determinazione della pressione sulla fondazione che vale nella sezione più gravosa verificata ($H_{\text{muro}}=10,00\text{m}$), circa **238kPa**.

La pressione massima di riferimento nella medesima sezione vale, circa **311 kPa**.

13. Tabulati di calcolo

VERIFICA H=10,00m

PROJECT DETAILS

Project Name	Variante di Abbiategrasso
Project Number	OM6919
Revision	0
Date	
Client	
Analysis Details	Analysis using NTC2008 A1_M1_R1 Reinforcement type Metalic and Panel Type MacRes Square

Load Factors Associated with Wall as per NTC2008 A1_M1_R1

Effect	Load Combination				
	A	B	C	Seismic (Internal)	Seismic (External)
Soil Weight (Structure), YF1G (w)	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Mass of the backfill on the top of reinforced soil wall (Soil Surcharge on top), YF1q (w)	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Soil Thrust behind structure , YF1G (p)	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00
Surcharge on top , YF1q (w)	1.50	0.00	0.00	1.00	1.00
Surcharge thrust (behind structure) , YF1q (p)	1.50	1.50	0.00	1.00	1.00
Density of reinforced soil fill, Y1	20.00	18.00	20.00	18.00	20.00

Factors as per NTC2008 A1_M1_R1

For soil:-		ULS	SLS
To be applied to $\tan \phi'_s$	f_{ms}	1.00	1.00
To be applied to c'	f_{ms}	1.00	1.00
To be applied to c_u	f_{ms}	1.00	1.00
Partial factor for soil reinf interaction : -			
Pullout resistance to reinf	f_p	1.00	1.00
Partial factor of safety			
Foundation bearing capacity to be applied to q_{ult}	f_{ms}	1.00	1.00
Sliding along base of structure or any horizontal surface where there is soil to soil contact	f_s	1.00	1.00

Input Data

Reinforcement Details

Reinforcement	Type 1					
Reinforcement Grade	50x4Z					
Width of Reinforcement, b	50					
Grade of Steel	500					
Long Term Design Strength, kN	59.58					
Material	S355JO					
LTDS at Connection (kN/m)	44.00					
Rupture Factor (Internal stability)	1.00					

Geometrical Details

Height of wall	10.00
Coping Height	0.14
Given Coping height	0.27
Panel Height	9.73
Depth of embedment	1.00
Mechanical height	10.00
Angle of Crest Slope	0.00
Distance from the face	0.00
Embenkment Height	0.00

Geotechnical Details

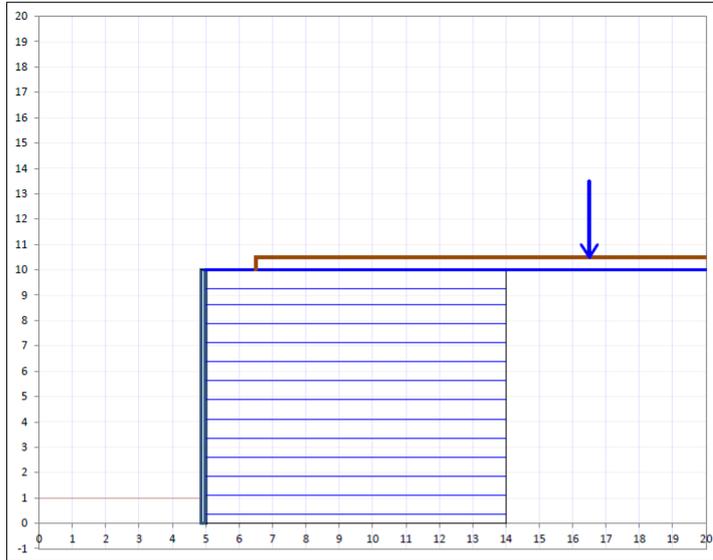
Soil Type	ϕ' (Deg)	c' (kN/m ²)	γ Max (kN/m ³)	γ Min (kN/m ³)
Reinforced soil fill (r)	30.00	0.00	20.00	18.00
Backfill soil (b)	30.00	0.00	19.00	19.00
Foundation soil (f)	27.00	5.00	19.00	19.00
		Service Life (years)	70	
		Seismic Details		
		Max horizontal acceleration	0.023	
		Reduction factor of Live Loads	0.20	

Loading Details

1	Vertical Loading Detail						
Sr. No.	Loading	Value in kN/m ²	Value in kN/m	Width of Strip (m)	Distance from the face of panel (m)	CG of Strip from edge (m)	
1	Strip Loading	20.00	400.00	20.00	1.50	11.50	
2	Strip Loading	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3	Strip Loading	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	DL	0.00	NA	NA	NA	NA	
5	LL	0.00	NA	NA	NA	NA	

2 Horizontal Loading Detail		
Parameter	Value	
Horizontal Load Intensity (kN/m)	0.00	
Contact Width of footing (m)	0.00	
Distance of footing from face of wall (m)	0.00	
Height of Load from Top of Coping (m), From top of panel if without coping	0.00	
CG of load	0.00	

CROSS SECTION



EXTERNAL STABILITY

Earth Pressure			
Inclination of Earth Pressure (Degrees)			8.71
Earth Pressure Coefficients			
Static	K_{ax}	0.311	Dynamic
	K_{ay}	0.311	
		K_{ax}	0.340
		K_{ay}	0.340

External Stability Check									
Load Case	Rv (kN)	Rh (kN)	Resisting Moment (kN m)	Overturning Moment (kN m)	Eccentricity (e)	FOS Bearing	FOS Sliding		Oref (kPa)
Load Case A	2662.56	499.40	11419.16	1797.57	0.96	3.58	2.81		375.68
Load Case B	1706.36	499.40	8077.58	1797.57	0.89	5.77	1.83		236.32
Load Case C	1875.05	307.23	8783.97	1024.11	0.43	6.46	3.26		230.44
Load Case 1S + dW	1731.79	365.44	7992.20	1223.12	0.66	6.32	2.54		225.57
Load Case 1S - dW	1712.70	365.44	7904.95	1223.12	0.67	6.37	2.51		223.51
Load Case 2S + dW	1915.65	369.68	8832.44	1235.85	0.60	5.86	2.76		245.88
Load Case 2S - dW	1894.44	369.68	8735.50	1235.85	0.61	5.91	2.73		243.58

PROJECT DETAILS

Project Name	Variante di Abbiategrosso
Project Number	OM6919
Revision	0
Date	
Client	
Analysis Details	Analysis using NTC2008 A2_M2_R2 Reinforcement type Metalic and Panel Type MacRes Square

Load Factors Associated with Wall as per NTC2008 A2_M2_R2

Effect	Load Combination				
	A	B	C	Seismic (Internal)	Seismic (External)
Soil Weight (Structure), YF1G (w)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Mass of the backfill on the top of reinforced soil wall (Soil Surcharge on top), YF1q (w)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Soil Thrust behind structure , YF1G (p)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Surcharge on top , YF1q (w)	1.30	0.00	0.00	1.00	1.00
Surcharge thrust (behind structure) , YF1q (p)	1.30	1.30	0.00	1.00	1.00
Density of reinforced soil fill, Y1	20.00	18.00	20.00	18.00	20.00

Factors as per NTC2008 A2_M2_R2

For soil:-		ULS	SLS
To be applied to $\tan \phi'_s$	f_{ms}	1.25	1.00
To be applied to c'	f_{ms}	1.25	1.00
To be applied to c_u	f_{ms}	1.25	1.00
Partial factor for soil reinf interaction : -			
Pullout resistance to reinf	f_p	1.00	1.00
Partial factor of safety			
Foundation bearing capacity to be applied to q_{ult}	f_{ms}	1.00	1.00
Sliding along base of structure or any horizontal surface where there is soil to soil contact	f_s	1.00	1.00

Input Data

Reinforcement Details

Reinforcement	Type 1					
Reinforcement Grade	50x4Z					
Width of Reinforcement, b	50					
Grade of Steel	500					
Long Term Design Strength, kN	59.58					
Material	S355JO					
LTDS at Connection (kN/m)	44.00					
Rupture Factor(Internal stability)	1.00					

Geometrical Details

Height of wall	10.00
Coping Height	0.14
Given Coping height	0.27
Panel Height	9.73
Depth of embedment	1.00
Mechanical height	10.00
Angle of Crest Slope	0.00
Distance from the face	0.00
Embankment Height	0.00

Geotechnical Details

Soil Type	ϕ' (Deg)	c' (kN/m ²)	γ Max (kN/m ³)	γ Min (kN/m ³)
Reinforced soil fill (r)	30.00	0.00	20.00	18.00
Backfill soil (b)	30.00	0.00	19.00	19.00
Foundation soil (f)	27.00	5.00	19.00	19.00
			Service Life (years)	70
			Seismic Details	
			Max horizontal acceleration	0.023
			Reduction factor of Live Loads	0.20

Loading Details

1	Vertical Loading Detail						
	Sr. No.	Loading	Value in kN/m ²	Value in kN/m	Width of Strip (m)	Distance from the face of panel (m)	CG of Strip from edge (m)
	1	Strip Loading	20.00	400.00	20.00	1.50	11.50
	2	Strip Loading	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	Strip Loading	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	DL	0.00	NA	NA	NA	NA
	5	LL	0.00	NA	NA	NA	NA

2	Horizontal Loading Detail	
	Parameter	Value
	Horizontal Load Intensity (kN/m)	0.00
	Contact Width of footing (m)	0.00
	Distance of footing from face of wall (m)	0.00
	Height of Load from Top of Coping (m), From top of panel if without coping)	0.00
	CG of load	0.00

CROSS SECTION



EXTERNAL STABILITY

Earth Pressure			
Inclination of Earth Pressure (Degrees)		7.19	
Earth Pressure Coefficients			
Static	K_{2x}	0.383	Dynamic
	K_{2y}	0.383	
			K_{2ex} 0.417
			K_{2ey} 0.417

External Stability Check									
Load Case	Rv (kN)	Rh (kN)	Resisting Moment (kN m)	Overturning Moment (kN m)	Eccentricity (e)	FOS Bearing	FOS Sliding		Qref (kPa)
Load Case A	2070.94	486.15	8792.13	1763.52	1.18	2.19	1.81		311.52
Load Case B	1693.14	486.15	7956.73	1763.52	0.91	3.04	1.49		235.96
Load Case C	1875.94	379.77	8792.13	1265.90	0.56	3.22	2.11		237.94
Load Case 1S + dW	1732.68	441.74	8000.35	1481.73	0.81	3.12	1.68		234.64
Load Case 1S - dW	1713.59	441.74	7913.11	1481.73	0.82	3.14	1.66		232.63
Load Case 2S + dW	1916.55	445.98	8840.60	1494.46	0.74	2.91	1.83		254.66
Load Case 2S - dW	1895.33	445.98	8743.66	1494.46	0.75	2.94	1.81		252.39

INTERNAL STABILITY CHECK - RUPTURE													
Layer	Case	Depth (m)	Length (m)	Sv	k	Strip Type	No. of Tie points	Ovi (kPa)	Ohi (kPa)	Tmax (kN)	To (kN)	Tr/Tm	Tro/Tm
1	A	0.75	9.00	1.07	0.56	1	4	15.59	8.72	15.61	14.56	3.82	3.02
	B							13.99	7.82	14.90	13.96	4.00	3.15
	C							15.54	8.69	15.59	14.55	3.82	3.02
	1S							13.99	7.82	15.17	13.96	3.93	3.15
	2S							15.54	8.69	15.69	14.55	3.75	3.02
2	A	1.39	9.00	0.69	0.54	1	4	28.60	15.48	13.29	12.09	4.48	3.64
	B							25.88	14.00	12.53	11.44	4.76	3.65
	C							28.75	15.56	13.34	12.12	4.47	3.63
	1S							25.88	14.00	12.81	11.44	4.65	3.85
	2S							28.75	15.56	13.64	12.12	4.37	3.63
3	A	2.14	9.00	0.75	0.52	1	4	43.96	22.84	18.13	16.20	3.29	2.72
	B							39.87	20.72	16.94	15.19	3.52	2.90
	C							44.30	23.02	18.23	16.29	3.27	2.70
	1S							39.87	20.72	17.22	15.19	3.46	2.90
	2S							44.30	23.02	18.55	16.29	3.21	2.70
4	A	2.89	9.00	0.75	0.50	1	4	59.23	29.51	21.50	19.01	2.77	2.31
	B							53.74	26.77	19.96	17.70	2.99	2.49
	C							59.71	29.75	21.63	19.12	2.75	2.30
	1S							53.74	26.77	20.25	17.70	2.94	2.49
	2S							59.71	29.75	21.95	19.12	2.71	2.30
5	A	3.64	9.00	0.75	0.48	1	4	75.42	35.96	24.83	21.79	2.40	2.02
	B							67.40	32.13	22.68	19.96	2.63	2.20
	C							74.89	35.70	24.68	21.67	2.41	2.03
	1S							67.40	32.13	22.97	19.96	2.59	2.20
	2S							74.89	35.70	25.01	21.67	2.38	2.03
6	A	4.39	9.00	0.75	0.46	1	4	92.05	41.91	27.90	24.36	2.14	1.81
	B							81.70	37.20	25.25	22.11	2.36	1.99
	C							90.78	41.33	27.57	24.09	2.16	1.83
	1S							81.70	37.20	25.55	22.11	2.33	1.99
	2S							90.78	41.33	27.91	24.09	2.14	1.83
7	A	5.14	9.00	0.75	0.43	1	5	109.14	47.35	24.55	21.36	2.43	2.06
	B							96.70	41.95	22.12	19.29	2.69	2.28
	C							107.45	46.62	24.22	21.08	2.46	2.09
	1S							96.70	41.95	22.43	19.29	2.66	2.28
	2S							107.45	46.62	24.56	21.08	2.43	2.09
8	A	5.89	9.00	0.75	0.41	1	5	126.70	52.26	26.55	23.02	2.24	1.91
	B							112.09	46.23	23.84	20.76	2.50	2.12
	C							124.55	51.37	26.15	22.73	2.28	1.94
	1S							112.09	46.23	24.15	20.76	2.47	2.12
	2S							124.55	51.37	26.50	22.73	2.25	1.94
9	A	6.64	9.00	0.75	0.41	1	6	145.34	59.46	24.77	21.96	2.41	2.00
	B							128.29	52.49	22.16	19.81	2.69	2.22
	C							142.54	58.32	24.34	21.73	2.45	2.02
	1S							128.29	52.49	22.48	19.81	2.65	2.22
	2S							142.54	58.32	24.70	21.73	2.41	2.02
10	A	7.39	9.00	0.75	0.41	1	6	165.04	67.52	27.76	25.27	2.15	1.74
	B							145.31	59.45	24.73	22.72	2.41	1.94
	C							161.46	66.06	27.21	24.97	2.19	1.76
	1S							145.31	59.45	25.07	22.72	2.38	1.94
	2S							161.46	66.06	27.59	24.97	2.16	1.76
11	A	8.14	9.00	0.75	0.41	1	7	185.89	76.05	26.50	24.79	2.25	1.77
	B							163.24	66.79	23.52	22.20	2.53	1.98
	C							181.37	74.21	25.91	24.44	2.30	1.80
	1S							163.24	66.79	23.88	22.20	2.49	1.98
	2S							181.37	74.21	26.31	24.44	2.26	1.80
12	A	8.89	9.00	0.75	0.41	1	8	208.08	85.13	25.72	24.72	2.32	1.78
	B							182.22	74.55	22.74	22.06	2.62	1.99
	C							202.46	82.83	25.07	24.31	2.38	1.81
	1S							182.22	74.55	23.12	22.06	2.58	1.99
	2S							202.46	82.83	25.49	24.31	2.34	1.81
13	A	9.64	9.00	0.74	0.41	1	9	231.85	94.86	24.93	24.61	2.39	1.79
	B							202.43	82.82	21.96	21.89	2.71	2.01
	C							224.92	92.02	24.23	24.15	2.46	1.82
	1S							202.43	82.82	22.35	21.89	2.67	2.01
	2S							224.92	92.02	24.67	24.15	2.42	1.82

OM

Progetto.....: Variante di Abbiategrasso

Sezione.....: H=10,00m

Località.....:

Pratica.....: OM6919

File.....: H=10,00m Caso Statico

Data.....: 22/10/2014

Verifiche condotte in accordo alla normativa : Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008
Verifiche nei confronti dello SLU

SOMMARIO

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI	29
PROFILI STRATIGRAFICI	29
BLOCCHI RINFORZATI	29
Blocco :	29
CARICHI.....	30
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI	30
VERIFICHE.....	31
Verifica di stabilità globale : Stabilità Globale	31

Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Ghiaia
 Rilevato strutturale..... : RS
 Terreno di riempimento a tergo..... : BF
 Terreno di copertura..... : RS
 Terreno di fondazione..... : FOUND

Rinforzi :

Linear Composites - ParaLink - 100_Seismic

Lunghezza.....[m]..... = 9.00

Muro Segmentato.....[m]..... : Altezza..... = 0.75 Larghezza..... = 0.14

Angolo d'attrito muro tra e rinforzo.....[°]..... = 0.00

CARICHI

Pressione : Q

Descrizione : Carico Stradale

Classe : Permanente - sfavorevole

Intensità.....[kN/m²]... = 20.00 Inclinazione.....[°]... = 0.00

Ascissa.....[m] : Da = 21.50 To = 40.00

PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

Linear Composites - ParaLink - 100_Seismic

Carico di rottura Nominale.....[kN/m]..... : 100.00

Rapporto di Scorrimento plastico..... : 0.00

Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m³/kN]..... : 1.10e-04

Rigidità estensionale.....[kN/m]..... : 0.00

Lunghezza minima di ancoraggio.....[m]..... : 0.15

Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia)..... : 1.24

Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... : 1.00

Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia)..... : 1.21

Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... : 1.00

Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo)..... : 1.19

Coefficiente di sicurezza al Pull-out : 1.00

Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla)..... : 1.19

Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... : 1.00

Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo..... : 0.25

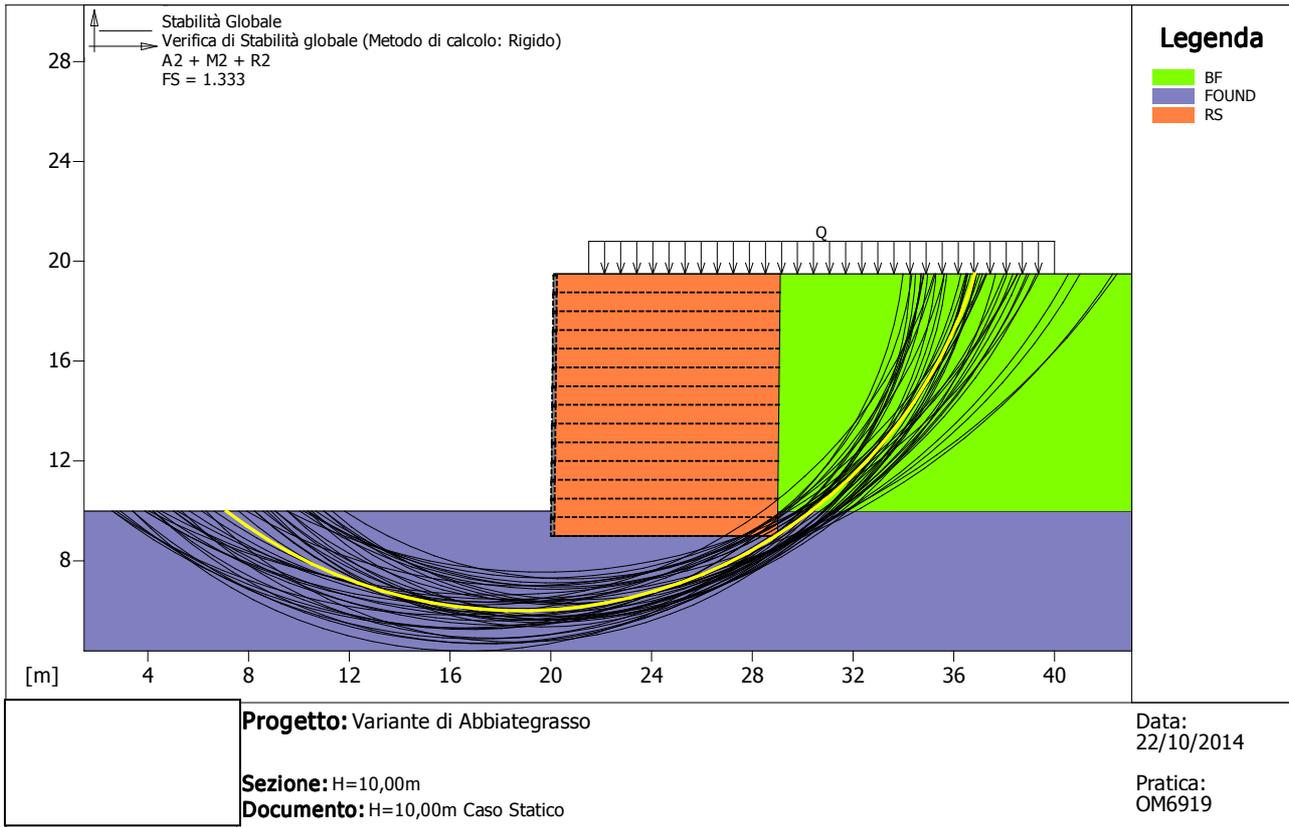
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia..... : 0.90

Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia..... : 0.90

Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo..... : 0.70

Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla..... : 0.40

VERIFICHE



Verifica di stabilità globale : Stabilità Globale

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.333

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
0.00	16.00	32.00	50.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		100	
Numero totale superfici di prova.....:		1000	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		1.00	
Angolo limite orario..... [°].....:		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:		0.00	

Fattore	Classe
1.00	Permanente - sfavorevole
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	Coeff. Parziale R - Stabilità

OM

Progetto.....: Variante di Abbiategrasso

Sezione.....: H=10,00m

Località.....:

Pratica.....: OM6919

File.....: H=10,00m Caso Sismico

Data.....: 22/10/2014

Verifiche condotte in accordo alla normativa : Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008
Verifiche nei confronti dello SLU

SOMMARIO

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI	33
PROFILI STRATIGRAFICI	33
BLOCCHI RINFORZATI	33
Blocco :	33
CARICHI.....	34
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI	34
VERIFICHE.....	35
Verifica di stabilità globale : Stabilità Globale	35

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Terreno : BF	Descrizione : Materiale a tergo
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m ²].....: 0.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....	[°].....: 30.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³].....: 19.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³].....: 19.00
Modulo elastico.....	[kN/m ²].....: 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

Terreno : FOUND	Descrizione : Materiale in fondazione
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m ²].....: 5.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....	[°].....: 27.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³].....: 19.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³].....: 19.00
Modulo elastico.....	[kN/m ²].....: 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

Terreno : RS	Descrizione : Rilevato Strutturale
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m ²].....: 0.00
Angolo d'attrito.....	[°].....: 30.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³].....: 19.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³].....: 19.00
Modulo elastico.....	[kN/m ²].....: 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

PROFILI STRATIGRAFICI

Strato: PC	Descrizione: Piano Campagna						
Terreno : FOUND							
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	10.00	100.00	10.00				

BLOCCHI RINFORZATI

Blocco :							
Dati principali.....	[m].....	: Larghezza.....	=	9.00	Altezza.....	=	10.50
Coordinate Origine.....	[m].....	: Ascissa.....	=	20.00	Ordinata.....	=	9.00
Inclinazione paramento.....	[°].....	: 0.00					

Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Ghiaia
Rilevato strutturale..... : RS
Terreno di riempimento a tergo..... : BF
Terreno di copertura..... : RS
Terreno di fondazione..... : FOUND

Rinforzi :

Linear Composites - ParaLink - 100_Seismic

Lunghezza.....[m]..... = 9.00

Muro Segmentato.....[m]..... : Altezza..... = 0.75 Larghezza..... = 0.14

Angolo d'attrito muro tra e rinforzo.....[°]..... = 0.00

CARICHI

Pressione : Q

Descrizione : Carico Stradale

Classe : Permanente - sfavorevole

Intensità.....[kN/m²]... = 4.00 Inclinazione.....[°]... = 0.00

Ascissa.....[m] : Da = 21.50 To = 40.00

Sisma :

Classe : Sisma

Accelerazione.....[m/s²]..... : Orizzontale..... = 0.16 Verticale..... = 0.08

PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

Linear Composites - ParaLink - 100_Seismic

Carico di rottura Nominale.....[kN/m]..... : 100.00

Rapporto di Scorrimento plastico..... : 0.00

Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m³/kN]..... : 1.10e-04

Rigidezza estensionale.....[kN/m]..... : 0.00

Lunghezza minima di ancoraggio.....[m]..... : 0.15

Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia)..... : 1.24

Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... : 1.00

Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia)..... : 1.21

Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... : 1.00

Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo)..... : 1.19

Coefficiente di sicurezza al Pull-out : 1.00

Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla)..... : 1.19

Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... : 1.00

Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo..... : 0.25

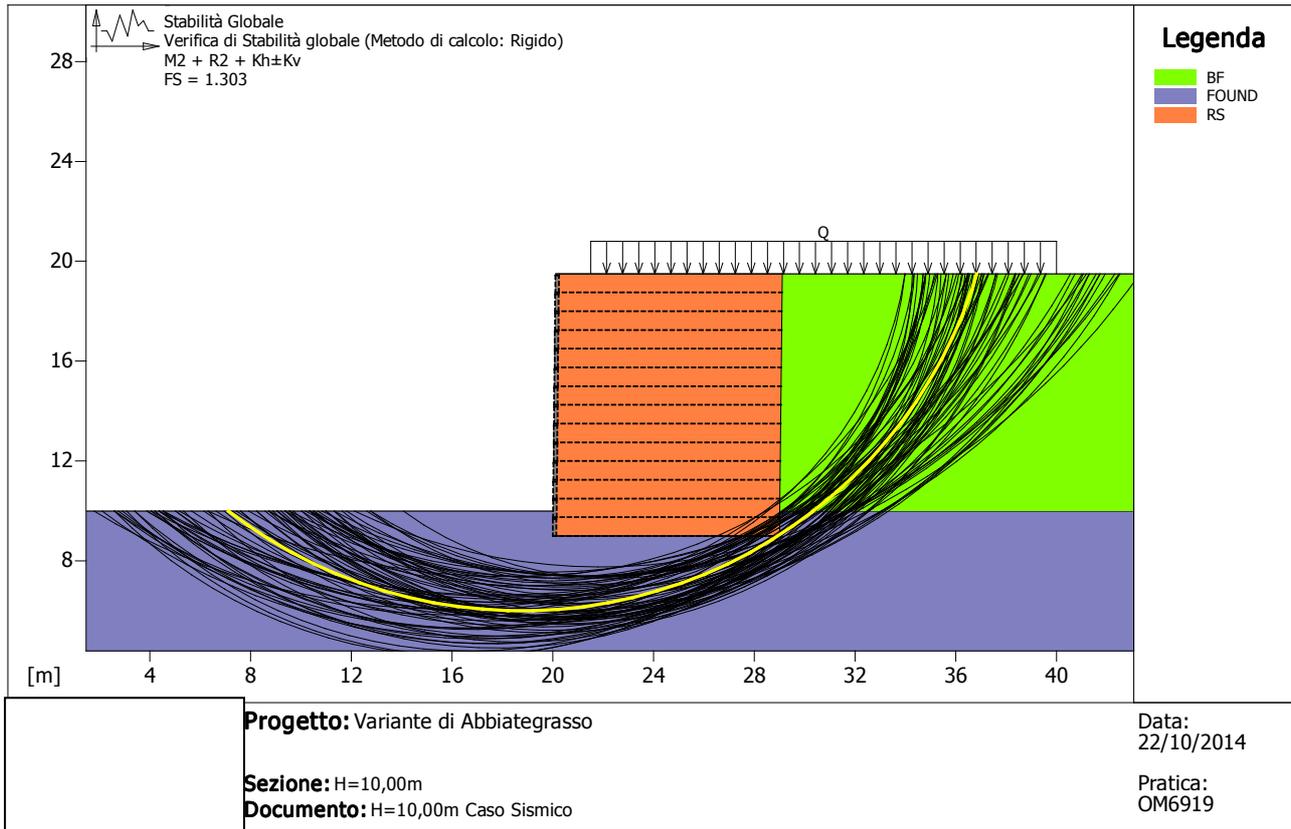
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia..... : 0.90

Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia..... : 0.90

Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo..... : 0.70

Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla..... : 0.40

VERIFICHE



Verifica di stabilità globale : Stabilità Globale

Combinazione di carico : $M2 + R2 + Kh \pm Kv$

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.303

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
0.00	16.00	32.00	50.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		100	
Numero totale superfici di prova.....:		1000	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		1.00	
Angolo limite orario..... [°].....:		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:		0.00	

Fattore	Classe
1.00	Permanente - sfavorevole
1.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	Coeff. Parziale R - Stabilità

VERIFICA H=5,00m

PROJECT DETAILS

Project Name	Variante di Abbiategrasso
Project Number	OM6919
Revision	0
Date	
Client	
Analysis Details	Analysis using NTC2008 A1_M1_R1 Reinforcement type Metallic and Panel Type MacRes Square

Load Factors Associated with Wall as per NTC2008 A1_M1_R1

Effect	Load Combination				
	A	B	C	Seismic (Internal)	Seismic (External)
Soil Weight (Structure), YF1G (w)	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Mass of the backfill on the top of reinforced soil wall (Soil Surcharge on top), YF1q (w)	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Soil Thrust behind structure , YF1G (p)	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00
Surcharge on top , YF1q (w)	1.50	0.00	0.00	1.00	1.00
Surcharge thrust (behind structure) , YF1q (p)	1.50	1.50	0.00	1.00	1.00
Density of reinforced soil fill, Y1	20.00	18.00	20.00	18.00	20.00

Factors as per NTC2008 A1_M1_R1

For soil:-		ULS	SLS
To be applied to $\tan \phi'_s$	f_{ms}	1.00	1.00
To be applied to c'	f_{ms}	1.00	1.00
To be applied to c_u	f_{ms}	1.00	1.00
Partial factor for soil reinf interaction : -			
Pullout resistance to reinf	f_p	1.00	1.00
Partial factor of safety			
Foundation bearing capacity to be applied to q_{ua}	f_{ms}	1.00	1.00
Sliding along base of structure or any horizontal surface where there is soil to soil contact	f_s	1.00	1.00

Input Data

Reinforcement Details

Reinforcement	Type 1					
Reinforcement Grade	50x4Z					
Width of Reinforcement, b	50					
Grade of Steel	500					
Long Term Design Strength, kN	59.58					
Material	S355JO					
LTDS at Connection (kN/m)	44.00					
Rupture Factor(Internal stability)	1.00					

Geometrical Details

Height of wall	5.00
Coping Height	0.14
Given Coping height	0.33
Panel Height	4.67
Depth of embedment	1.00
Mechanical height	5.00
Angle of Crest Slope	0.00
Distance from the face	0.00
Embankment Height	0.00

Geotechnical Details

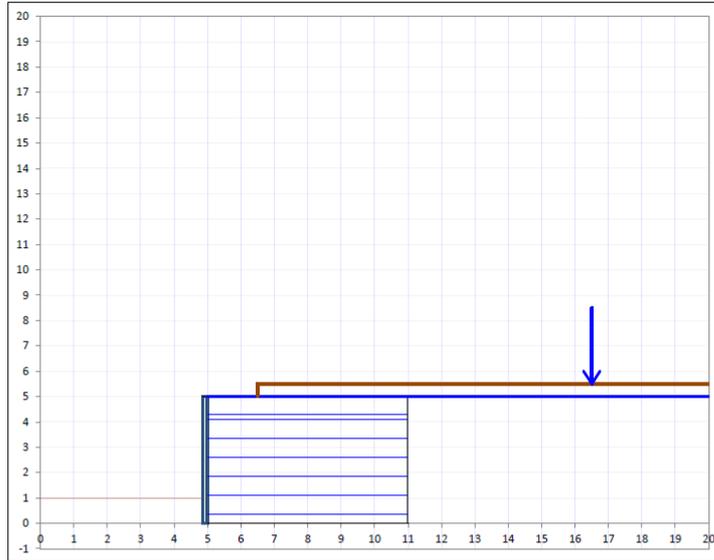
Soil Type	ϕ' (Deg)	c' (kN/m ²)	γ Max (kN/m ³)	γ Min (kN/m ³)
Reinforced soil fill (r)	30.00	0.00	20.00	18.00
Backfill soil (b)	30.00	0.00	19.00	19.00
Foundation soil (f)	27.00	5.00	19.00	19.00
		Service Life (years)	70	
		Seismic Details		
		Max horizontal acceleration	0.023	
		Reduction factor of Live Loads	0.20	

Loading Details

1	Vertical Loading Detail						
	Sr. No.	Loading	Value in kN/m ²	Value in kN/m	Width of Strip (m)	Distance from the face of panel (m)	CG of Strip from edge (m)
	1	Strip Loading	20.00	400.00	20.00	1.50	11.50
	2	Strip Loading	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	Strip Loading	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	DL	0.00	NA	NA	NA	NA
	5	LL	0.00	NA	NA	NA	NA

2	Horizontal Loading Detail	
	Parameter	Value
	Horizontal Load Intensity (kN/m)	0.00
	Contact Width of footing (m)	0.00
	Distance of footing from face of wall (m)	0.00
	Height of Load from Top of Coping (m), From top of panel if without coping)	0.00
	CG of load	0.00

CROSS SECTION



EXTERNAL STABILITY

Earth Pressure			
Inclination of Earth Pressure (Degrees)			1.58
Earth Pressure Coefficients			
Static	K_{ax}	0.328	Dynamic
	K_{ay}	0.328	
			K_{2ax} 0.340
			K_{2ay} 0.340

External Stability Check									
Load Case	Rv (kN)	Rh (kN)	Resisting Moment (kN m)	Overtuning Moment (kN m)	Eccentricity (e)	FOS Bearing	FOS Sliding		Qref (kPa)
Load Case A	936.15	156.65	2468.56	300.84	0.75	4.74	3.24		208.44
Load Case B	555.55	156.65	1714.57	300.84	0.53	9.36	2.00		112.24
Load Case C	616.27	82.04	1898.89	136.73	0.21	10.30	4.19		110.46
Load Case 1S + dW	576.39	104.47	1721.21	177.07	0.39	9.85	3.10		110.46
Load Case 1S - dW	569.34	104.47	1699.57	177.07	0.40	9.94	3.06		109.31
Load Case 2S + dW	638.18	106.04	1910.92	179.42	0.36	9.09	3.35		120.72
Load Case 2S - dW	630.35	106.04	1886.87	179.42	0.36	9.18	3.31		119.44

INTERNAL STABILITY CHECK - ADHERENCE

Layer	Case	Depth (m)	Length (m)	Effective Length (m)	μ^*	Strip Type	No. of Reinforcements	Width of rein. (mm)	σ_{vi} (kPa)	Tmax (kN)	Tf (kN)	Tf/Tmax
1	A	0.69	6.00	4.62	1.39	1	4	50	18.07	12.55	16.27	1.30
	B								12.51	9.24	11.26	1.22
	C								13.90	9.65	12.51	1.30
	1S								12.51	9.42	11.26	1.20
	2S								13.90	9.86	12.51	1.27
2	A	0.88	6.00	4.65	1.36	1	4	50	23.01	8.20	17.50	2.13
	B								15.93	6.00	12.12	2.02
	C								17.70	6.31	13.46	2.13
	1S								15.93	6.19	12.12	1.96
	2S								17.70	6.52	13.46	2.06
3	A	1.64	6.00	4.77	1.25	1	4	50	42.51	17.43	25.33	1.45
	B								29.43	12.53	17.54	1.40
	C								32.70	13.42	19.49	1.45
	1S								29.43	12.75	17.54	1.38
	2S								32.70	13.64	19.49	1.43
4	A	2.39	6.00	4.90	1.13	1	4	50	62.01	21.20	34.42	1.62
	B								42.93	15.14	23.83	1.57
	C								47.70	16.34	26.47	1.62
	1S								42.93	15.34	23.83	1.55
	2S								47.70	16.56	26.47	1.60
5	A	3.14	6.00	5.07	1.02	1	4	50	81.51	24.93	42.05	1.69
	B								56.43	17.77	29.11	1.64
	C								62.70	19.13	32.34	1.69
	1S								56.43	17.83	29.11	1.63
	2S								62.70	19.36	32.34	1.67
6	A	3.89	6.00	5.44	0.90	1	4	50	101.01	28.48	49.62	1.74
	B								69.93	20.30	34.35	1.69
	C								77.70	21.84	38.17	1.75
	1S								69.93	20.25	34.35	1.70
	2S								77.70	22.09	38.17	1.73
7	A	4.64	6.00	5.82	0.79	1	4	50	120.51	31.31	55.19	1.76
	B								83.43	22.37	38.21	1.71
	C								92.70	24.00	42.46	1.77
	1S								83.43	22.18	38.21	1.72
	2S								92.70	24.26	42.46	1.75

PROJECT DETAILS

Project Name	Variante di Abbiategrosso
Project Number	OM6919
Revision	0
Date	
Client	
Analysis Details	Analysis using NTC2008 A2_M2_R2 Reinforcement type Metallic and Panel Type MacRes Square

Load Factors Associated with Wall as per NTC2008 A2_M2_R2

Effect	Load Combination				
	A	B	C	Seismic (Internal)	Seismic (External)
Soil Weight (Structure), YF1G (w)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Mass of the backfill on the top of reinforced soil wall (Soil Surcharge on top), YF1q (w)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Soil Thrust behind structure , YF1G (p)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Surcharge on top , YF1q (w)	1.30	0.00	0.00	1.00	1.00
Surcharge thrust (behind structure) , YF1q (p)	1.30	1.30	0.00	1.00	1.00
Density of reinforced soil fill, Y1	20.00	18.00	20.00	18.00	20.00

Factors as per NTC2008 A2_M2_R2

For soil:-		ULS	SLS
To be applied to $\tan \phi_p$	f_{ms}	1.25	1.00
To be applied to c'	f_{ms}	1.25	1.00
To be applied to c_u	f_{ms}	1.25	1.00
Partial factor for soil reinf interaction :-			
Pullout resistance to reinf	f_p	1.00	1.00
Partial factor of safety			
Foundation bearing capacity to be applied to q_{u1}	f_{ms}	1.00	1.00
Sliding along base of structure or any horizontal surface where there is soil to soil contact	f_s	1.00	1.00

Input Data

Reinforcement Details

Reinforcement	Type 1					
Reinforcement Grade	50x4Z					
Width of Reinforcement, b	50					
Grade of Steel	500					
Long Term Design Strength, kN	59.58					
Material	S355JO					
LTDS at Connection (kN/m)	44.00					
Rupture Factor (Internal stability)	1.00					

Geometrical Details

Height of wall	5.00
Coping Height	0.14
Given Coping height	0.33
Panel Height	4.67
Depth of embedment	1.00
Mechanical height	5.00
Angle of Crest Slope	0.00
Distance from the face	0.00
Embenkment Height	0.00

Geotechnical Details

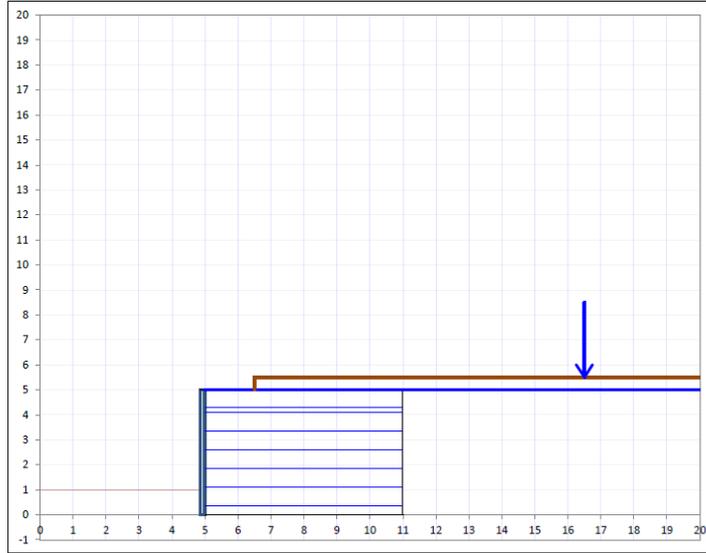
Soil Type	ϕ' (Deg)	c' (kN/m ²)	γ Max (kN/m ³)	γ Min (kN/m ³)
Reinforced soil fill (r)	30.00	0.00	20.00	18.00
Backfill soil (b)	30.00	0.00	19.00	19.00
Foundation soil (f)	27.00	5.00	19.00	19.00
Service Life (years)			70	
Seismic Details				
Max horizontal acceleration				0.023
Reduction factor of Live Loads				0.20

Loading Details

1	Vertical Loading Detail						
Sr. No.	Loading	Value in kN/m ²	Value in kN/m	Width of Strip (m)	Distance from the face of panel (m)	CG of Strip from edge (m)	
1	Strip Loading	20.00	400.00	20.00	1.50	11.50	
2	Strip Loading	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3	Strip Loading	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	DL	0.00	NA	NA	NA	NA	
5	LL	0.00	NA	NA	NA	NA	

2 Horizontal Loading Detail		
Parameter	Value	
Horizontal Load Intensity (kN/m)	0.00	
Contact Width of footing (m)	0.00	
Distance of footing from face of wall (m)	0.00	
Height of Load from Top of Coping (m), From top of panel if without coping	0.00	
CG of load	0.00	

CROSS SECTION



EXTERNAL STABILITY

Earth Pressure			
Inclination of Earth Pressure (Degrees)			1.31
Earth Pressure Coefficients			
Static	K_{2z}	0.403	Dynamic
	K_{2y}	0.403	
			K_{2ex} 0.417
			K_{2ey} 0.417

External Stability Check									
Load Case	Rv (kN)	Rh (kN)	Resisting Moment (kN m)	Overtuning Moment (kN m)	Eccentricity (e)	FOS Bearing	FOS Sliding		Gref (kPa)
Load Case A	733.30	154.01	1899.11	299.14	0.89	2.95	2.10		173.61
Load Case B	554.90	154.01	1710.61	299.14	0.53	5.02	1.62		112.16
Load Case C	616.30	100.82	1899.11	168.04	0.26	5.33	2.73		112.51
Load Case 1S + dW	576.43	124.96	1721.43	212.45	0.45	5.07	2.07		113.12
Load Case 1S - dW	569.38	124.96	1699.79	212.45	0.46	5.11	2.05		111.98
Load Case 2S + dW	638.22	126.53	1911.13	214.80	0.41	4.69	2.25		123.31
Load Case 2S - dW	630.38	126.53	1887.09	214.80	0.42	4.74	2.22		122.03

OM

Progetto.....: Variante di Abbiategrasso

Sezione.....: H=5,00m

Località.....:

Pratica.....: OM6919

File.....: H=5,00m Caso Statico

Data.....: 22/10/2014

Verifiche condotte in accordo alla normativa : Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008
Verifiche nei confronti dello SLU

SOMMARIO

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI	29
PROFILI STRATIGRAFICI	29
BLOCCHI RINFORZATI	29
Blocco :	29
CARICHI.....	30
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI	30
VERIFICHE.....	31
Verifica di stabilità globale : Stabilità Globale	31
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI	33
PROFILI STRATIGRAFICI	33
BLOCCHI RINFORZATI	33
Blocco :	33
CARICHI.....	34
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI	34
VERIFICHE.....	35
Verifica di stabilità globale : Stabilità Globale	35
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI	46
PROFILI STRATIGRAFICI	46
BLOCCHI RINFORZATI	46
Blocco :	46
CARICHI.....	47
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI	47
VERIFICHE.....	48
Verifica di stabilità globale : Stabilità Globale	48
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI	50
PROFILI STRATIGRAFICI	50
BLOCCHI RINFORZATI	50
Blocco : MACRES	50
CARICHI.....	51
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI	51
VERIFICHE.....	52
Verifica di stabilità globale : Stabilità Globale	52

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Terreno : BF	Descrizione : Materiale a tergo
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m ²].....: 0.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....	[°].....: 30.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³].....: 19.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³].....: 19.00
Modulo elastico.....	[kN/m ²].....: 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

Terreno : FOUND	Descrizione : Materiale in fondazione
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m ²].....: 5.00
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito.....	[°].....: 27.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³].....: 19.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³].....: 19.00
Modulo elastico.....	[kN/m ²].....: 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

Terreno : RS	Descrizione : Rilevato Strutturale
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione.....	[kN/m ²].....: 0.00
Angolo d'attrito.....	[°].....: 30.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....	: 0.00
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³].....: 19.00
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³].....: 19.00
Modulo elastico.....	[kN/m ²].....: 0.00
Coefficiente di Poisson.....	: 0.30

PROFILI STRATIGRAFICI

Strato: PC	Descrizione: Piano Campagna						
Terreno : FOUND							
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	10.00	100.00	10.00				

BLOCCHI RINFORZATI

Blocco :							
Dati principali.....	[m].....	: Larghezza.....	=	6.00	Altezza.....	=	5.25
Coordinate Origine.....	[m].....	: Ascissa.....	=	20.00	Ordinata.....	=	9.00
Inclinazione paramento.....	[°].....	: 0.00					

Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Ghiaia
 Rilevato strutturale..... : RS
 Terreno di riempimento a tergo..... : BF
 Terreno di copertura..... : RS
 Terreno di fondazione..... : FOUND

Rinforzi :

Linear Composites - ParaLink - 100_Seismic

Lunghezza.....[m]..... = 6.00

Muro Segmentato.....[m].....: Altezza..... = 0.75 Larghezza..... = 0.14

Angolo d'attrito muro tra e rinforzo.....[°]..... = 0.00

CARICHI

Pressione : Q

Descrizione : Carico Stradale

Classe : Permanente - sfavorevole

Intensità.....[kN/m²]... = 20.00 Inclinazione.....[°]... = 0.00

Ascissa.....[m] : Da = 21.50 To = 40.00

PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

Linear Composites - ParaLink - 100_Seismic

Carico di rottura Nominale.....[kN/m]..... : 100.00

Rapporto di Scorrimento plastico..... : 0.00

Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m³/kN]..... : 1.10e-04

Rigidità estensionale.....[kN/m]..... : 0.00

Lunghezza minima di ancoraggio.....[m]..... : 0.15

Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia)..... : 1.24

Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... : 1.00

Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia)..... : 1.21

Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... : 1.00

Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo)..... : 1.19

Coefficiente di sicurezza al Pull-out : 1.00

Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla)..... : 1.19

Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... : 1.00

Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo..... : 0.25

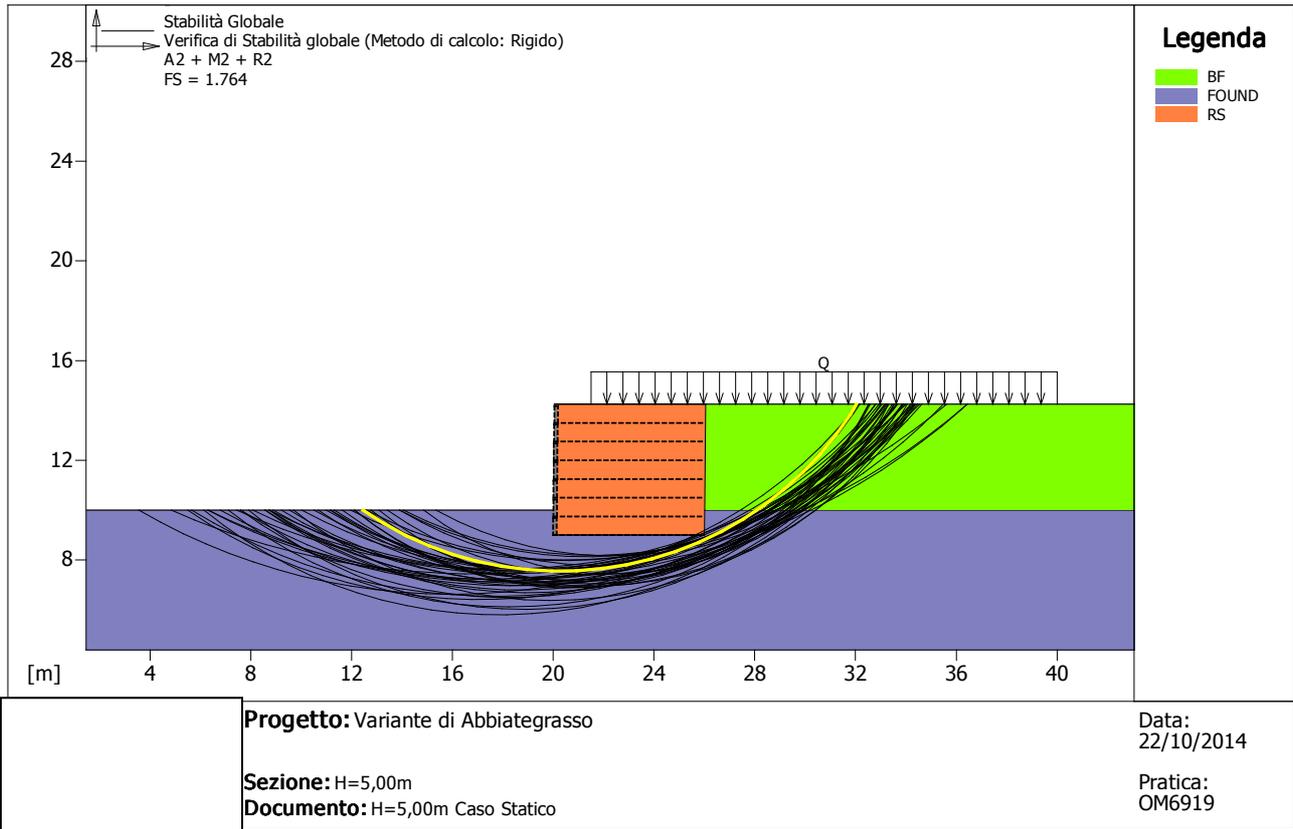
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia..... : 0.90

Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia..... : 0.90

Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo..... : 0.70

Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla..... : 0.40

VERIFICHE



Verifica di stabilità globale : Stabilità Globale

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato : 1.764

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
0.00	16.00	32.00	50.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		100	
Numero totale superfici di prova.....:		1000	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		1.00	
Angolo limite orario..... [°].....:		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:		0.00	

Fattore	Classe
1.00	Permanente - sfavorevole
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	Coeff. Parziale R – Stabilità

OM

Progetto.....: Variante di Abbiategrasso

Sezione.....: H=5,00m

Località.....:

Pratica.....: OM6919

File.....: H=5,00m Caso Sismico

Data.....: 22/10/2014

Verifiche condotte in accordo alla normativa : Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008
Verifiche nei confronti dello SLU

SOMMARIO

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI	50
PROFILI STRATIGRAFICI	50
BLOCCHI RINFORZATI	50
Blocco :	50
CARICHI.....	51
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI	51
VERIFICHE.....	52
Verifica di stabilità globale : Stabilità Globale	52

Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Ghiaia
 Rilevato strutturale..... : RS
 Terreno di riempimento a tergo..... : BF
 Terreno di copertura..... : RS
 Terreno di fondazione..... : FOUND

Rinforzi :

Linear Composites - ParaLink - 100_Seismic

Lunghezza.....[m]..... = 6.00

Muro Segmentato.....[m]..... : Altezza..... = 0.75 Larghezza..... = 0.14

Angolo d'attrito muro tra e rinforzo.....[°]..... = 0.00

CARICHI

Pressione : Q

Descrizione : Carico Stradale

Classe : Permanente - sfavorevole

Intensità.....[kN/m²]... = 4.00 Inclinazione.....[°]... = 0.00

Ascissa.....[m] : Da = 21.50 To = 40.00

Sisma :

Classe : Sisma

Accelerazione.....[m/s²]..... : Orizzontale..... = 0.16 Verticale..... = 0.08

PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

Linear Composites - ParaLink - 100_Seismic

Carico di rottura Nominale.....[kN/m]..... : 100.00

Rapporto di Scorrimento plastico..... : 0.00

Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m³/kN]..... : 1.10e-04

Rigidezza estensionale.....[kN/m]..... : 0.00

Lunghezza minima di ancoraggio.....[m]..... : 0.15

Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia)..... : 1.24

Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... : 1.00

Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia)..... : 1.21

Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... : 1.00

Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo)..... : 1.19

Coefficiente di sicurezza al Pull-out : 1.00

Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla)..... : 1.19

Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... : 1.00

Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo..... : 0.25

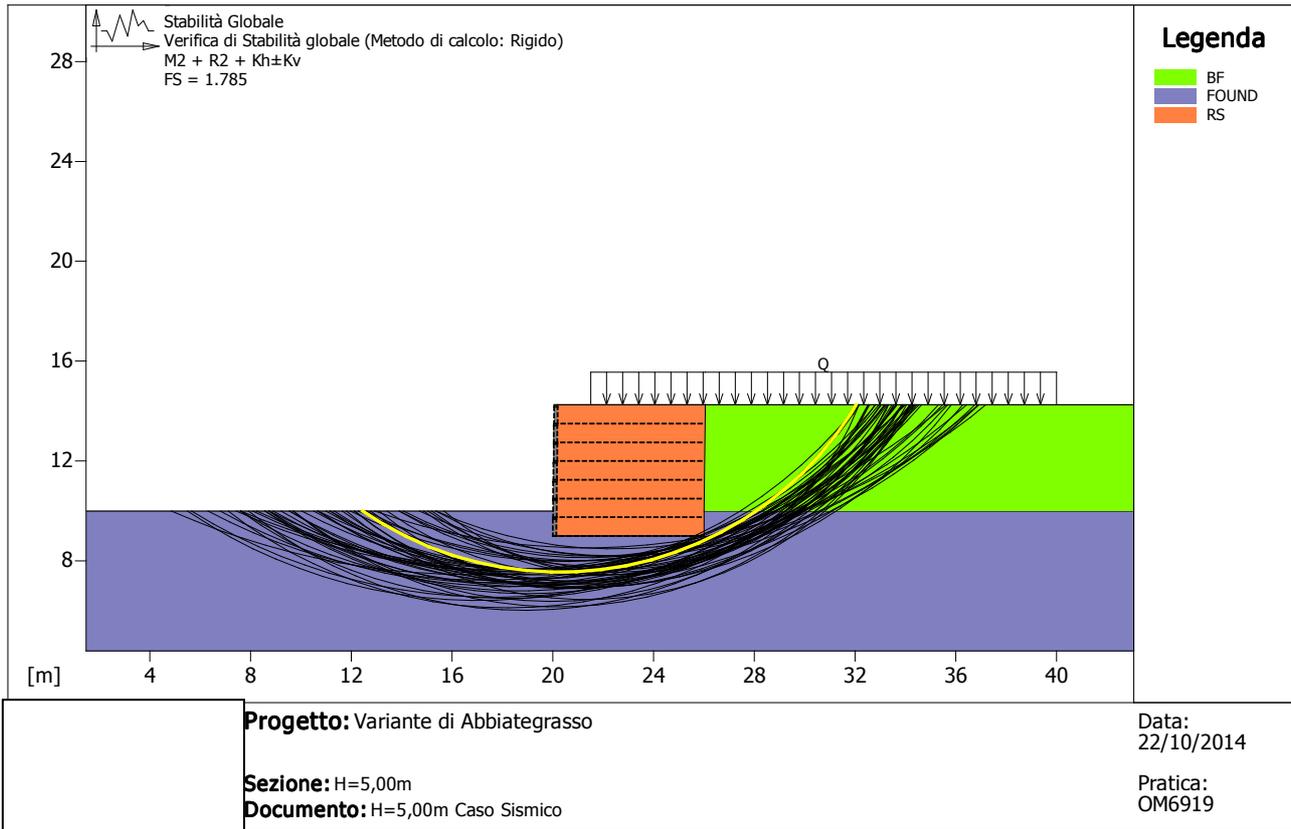
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia..... : 0.90

Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia..... : 0.90

Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo..... : 0.70

Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla..... : 0.40

VERIFICHE



Verifica di stabilità globale : Stabilità Globale

Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.785

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
0.00	16.00	32.00	50.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		100	
Numero totale superfici di prova.....:		1000	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		1.00	
Angolo limite orario..... [°].....:		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:		0.00	

Fattore	Classe
1.00	Permanente - sfavorevole
1.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	Coeff. Parziale R - Stabilità