

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.
 IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)
 SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)
 COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)
 SACYR S.A.U. (MANDANTE)
 ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)
 A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

IL PROGETTISTA Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n° 15408 	IL CONTRAENTE GENERALE Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)	STRETTO DI MESSINA Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)	STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)
---	---	--	---

<i>Unità Funzionale</i>	OPERA DI ATTRAVERSAMENTO	CZ0140_F0
<i>Tipo di sistema</i>	CANTIERI	
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	ITINERARI	
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	NUOVI ITINERARI – NI.31	
<i>Titolo del documento</i>	P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	

CODICE	C G 0 0 0 0 P C L D P C Z C 2 N I 3 1 0 0 0 0 0 2 F 0
--------	---

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	PUGLIESE	FARINA	PAGANI

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

INDICE

1.	Introduzione.....	5
2.	Normativa di riferimento	6
3.	Descrizione della struttura.....	7
4.	Caratterizzazione geotecnica	7
5.	Pericolosità sismica	9
6.	Analisi dei carichi.....	11
7.	Materiali impiegati	11
7.1	Requisiti richiesti per il rilevato.....	11
8.	Modello di calcolo.....	13
8.1	Calcolo della spinta attiva con Coulomb	13
8.2	Calcolo della spinta attiva con Rankine	13
8.3	Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe	14
8.4	Carico limite di fondazioni superficiali su terreni	16
8.5	Analisi di stabilità interna.....	18
9.	Progettazione terra armata.....	19
9.1	Forze di trazione nei rinforzi.....	19
9.2	Calcolo delle lunghezze efficaci.....	19
10.	Risultati di calcolo.....	20
10.1	Analisi statica per carichi variabili	21
10.1.1	Combinazione 1(A1+M1).....	21
10.1.2	Combinazione 2(A2+M2).....	22
10.1.3	Verifiche di stabilità interna	23
10.2	Verifica sismica	25
10.2.1	Combinazione 1(A1+M1).....	25
10.2.2	Combinazione 2(A2+M2).....	26
10.2.3	Verifiche di stabilità interna	27
11.	Specifiche tecniche	29
12.	Tabulati di calcolo.....	29
12.1	Analisi statica per carichi variabili	29
12.2	Analisi sismica	43

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

P-CN1- Opere di sostegno – Muri In Trincea – Calcolo tipologico

1. Introduzione

La presente relazione riguarda le verifiche di stabilità e il pre dimensionamento della lunghezza dei rinforzi, con riferimento ai muri in terra rinforzata da realizzare lungo la pista denominata PCN1A, nei tratti compresi tra le seguenti sezioni: 9.PSN1A - 13PSN1A e 40.PSN1A - 42.PSN1A.

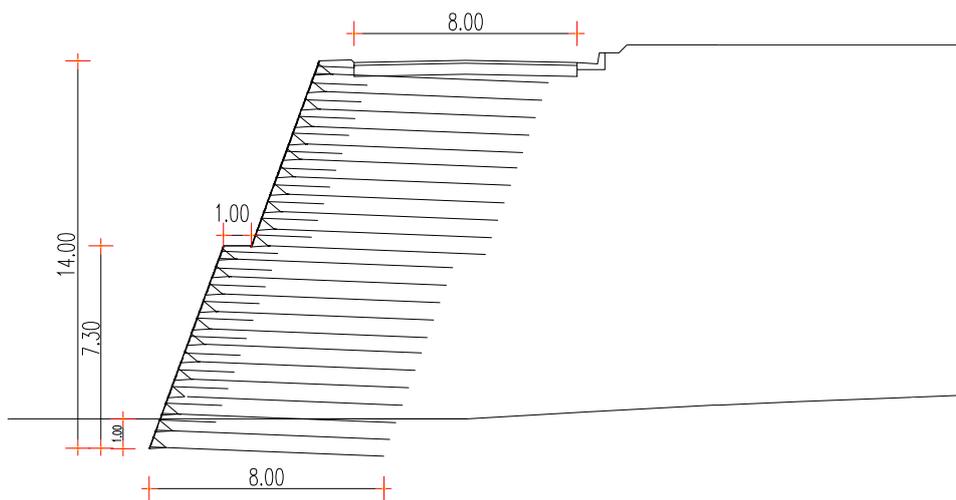


Figura 1.1 : Sezione tipologica dei rilevati in TA

Le analisi preliminari sono state condotte con riferimento all'opera di altezza maggiore, pari a 14.00 m, presente alla pf. 0+160.00 m (sezione 9).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

2. Normativa di riferimento

- D.M. Infrastrutture 14 Gennaio 2008, pubblicato su S.O. alla G.U. 4 febbraio 2008, n. 29 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”
- CIRCOLARE 2 Febbraio 2009, n. 617 – Istruzioni per l’applicazione delle ‘Nuove norme tecniche per le costruzioni’ di cui al decreto ministeriale 14 Gennaio 2008 (GU n.47 del 26 Febbraio 2009 – Suppl. Ordinario n.27)
- UNI ENV 1992-1-1,1-2,1-3,-3: “Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo”;
- UNI ENV 1997: “Eurocodice 7. Progettazione geotecnica”

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

3. Descrizione della struttura

La tecnologia della terra armata permette di realizzare opere di sostegno a gravità con un materiale da costruzione composito, costituito appunto da terra ed armature di rinforzo. L'attrito fra le armature, geogriglie in materiale composito, ed il rilevato viene sfruttato per trattenere un paramento esterno la cui funzione è di contenere il terreno immediatamente a tergo di esso. La restante parte del riempimento, grazie alle armature, è resa monolitica ed è assimilabile ad un muro a gravità dotato di grande flessibilità e capacità di adattarsi a differenti condizioni di esercizio. La scelta progettuale è giustificata dalla notevole praticità di impiego di questi manufatti e soprattutto dalla velocità di realizzazione e successiva rimozione, dopo una vita utile stimata in anni 10. La tipologia di rinforzo impiegata è costituita da geogriglie ad alta resistenza, sia come rinforzo principale che secondario. La pendenza del paramento è di 70°, viene mantenuta attraverso un cassero in rete elettrosaldata con ferri del diametro di 8 mm a passo variabile.

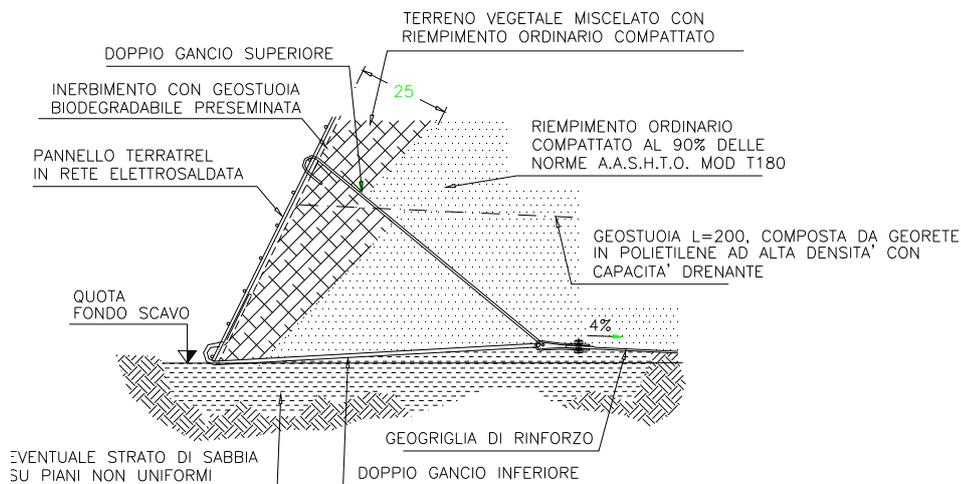


Figura 3.1 : Sezione tipo

Per i dettagli geometrici e di montaggio si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

4. Caratterizzazione geotecnica

Il sito interessato dall'intervento di realizzazione dei sovrappassi in oggetto è caratterizzato prevalentemente da depositi costieri da spiaggia. La categoria di sottosuolo [par.3.2.2, NTC 2008] è assimilata alla categoria "B" (rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti). I parametri geotecnici assunti nelle analisi sono i seguenti:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- Depositi costieri di spiaggia

$\gamma = 19 \text{ KN/m}^3$ peso di volume
 $\gamma_s = 20 \text{ KN/m}^3$ peso di volume saturo
 $c' = 0 \text{ kPa}$ coesione efficace
 $\phi' = 34^\circ$ angolo di attrito
 $E = 50000 \text{ kPa}$ modulo di Young
 $\nu = 0.30$ coefficiente di Poisson
 $K = 10^{-6} \text{ m/s}$ costante di permeabilità

- Rilevato e bonifica

$\gamma = 19 \text{ KN/m}^3$ peso di volume
 $\gamma_s = 20 \text{ KN/m}^3$ peso di volume saturo
 $c' = 0 \text{ kPa}$ coesione efficace
 $\phi' = 35^\circ$ angolo di attrito
 $E = 50000 \text{ kPa}$ modulo di Young
 $\nu = 0.30$ coefficiente di Poisson

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

5. Pericolosità sismica

I parametri sismici sono funzione di diversi fattori, quali:

- coordinate geografiche del sito in esame (latitudine e longitudine)
- vita nominale
- classe dell'opera
- periodo di riferimento
- coefficiente d'uso
- categoria topografica
- categoria di sottosuolo

Tipo di elaborazione: opere di sostegno

Muro rigido: 0

Sito in esame.

latitudine: 38,218101

longitudine: 15,637727

Classe: 2

Vita nominale: 10

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 44766 Lat: 38,2148Lon: 15,5857 Distanza: 4563,187

Sito 2 ID: 44767 Lat: 38,2136Lon: 15,6491 Distanza: 1114,088

Sito 3 ID: 44545 Lat: 38,2636Lon: 15,6507 Distanza: 5182,078

Sito 4 ID: 44544 Lat: 38,2648Lon: 15,5872 Distanza: 6815,524

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T2

Periodo di riferimento: 10anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30 [anni]

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

ag: 0,063 g
Fo: 2,341
Tc*: 0,278 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,063 g
Fo: 2,341
Tc*: 0,278 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 95 [anni]
ag: 0,119 g
Fo: 2,313
Tc*: 0,318 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 195 [anni]
ag: 0,171 g
Fo: 2,355
Tc*: 0,335 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:
Ss: 1,200
Cc: 1,420
St: 1,200
Kh: 0,016
Kv: 0,008
Amax: 0,892

SLV:

Ss: 1,200
Cc: 1,380
St: 1,200
Kh: 0,041
Kv: 0,021
Amax: 1,683
Beta: 0,240

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Beta: 0,180	SLC:
SLD:	Ss: 1,200
Ss: 1,200	Cc: 1,370
Cc: 1,420	St: 1,200
St: 1,200	Kh: 0,059
Kh: 0,016	Kv: 0,030
Kv: 0,008	Amax: 2,414
Amax: 0,892	Beta: 0,240
Beta: 0,180	

6. Analisi dei carichi

Oltre alle spinte statiche e sismiche dei terreni, per l'opera oggetto d'analisi è stato preso in considerazione un sovraccarico stradale per mezzi di cantiere assunto pari a 20 kN/mq. Il sovraccarico variabile non verrà preso in considerazione nelle combinazioni sismiche. In ogni caso, dalle analisi effettuate risulta dimensionante per l'opera in oggetto la condizione sismica.

7. Materiali impiegati

Geocomposito costituito da un nucleo di filamenti in poliestere ad alta tenacità densamente raggruppati, paralleli e perfettamente allineati, racchiusi in una guaina protettiva di resina annegati in una massa di polietilene a forma di nastro di larghezza compresa tra gli 80 ed i 90 mm.

Il geosintetico dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- resistenza a trazione longitudinale kN/m 58
- deformazione massima al carico di rottura 10 %
- dimensione della maglia vuota 20 x 20 mm.

7.1 Requisiti richiesti per il rilevato

Per il rilevato in T.A. si impiegano normalmente terre appartenenti ai gruppi:

- A1-a, A1-b, A3, A2-4, A2-5 classifica C.N.R.-U.N.I. 10006/1963.

In ogni caso vanno rispettate anche le seguenti condizioni:

- a) Il terreno di riempimento sarà idoneo quando la percentuale passante al setaccio da 80 μ (0,08 mm.), secondo l'analisi granulometrica, è inferiore al 15%.
- b) I terreni con percentuale passante vaglio da 80 μ superiore al 15% potranno essere accettati se:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

b-1) la percentuale di passante al vaglio di 15 μ (0,015 mm) della prova per sedimentazione è inferiore al 10 %;

b-2) la percentuale di passante rimane compresa tra il 10 % e il 20 % e l'angolo di attrito interno, misurato con prove di taglio su campioni saturi, è superiore a 25°.

c) Il terreno di riempimento non dovrà contenere nessun elemento superiore a 250 mm.

Il rilevato può essere alleggerito con argilla espansa interposta a strati di misto granulare o sabbia separati da un geosintetico, come indicato nei disegni costruttivi. Il valore di resistività del materiale saturato dopo un'ora di contatto terra-acqua alla temperatura di 20°C sarà 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 sarà compreso tra 5 e 10. Il contenuto di cloruri e solfati dovranno essere determinati soltanto per i materiali la cui resistività sarà compresa tra 1.000 e 5.000 Ohm*cm e non dovrà eccedere i seguenti valori:

Opere a secco	Opere in acqua dolce	Opere a secco	Opere in acqua dolce
(Cl ⁻) 200 mg/kg	(Cl ⁻) 100 mg/kg	(SO ₄ ⁼) 1000 mg/kg	(SO ₄ ⁼) 500 mg/kg

Tabella 7.1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

8. Modello di calcolo

8.1 Calcolo della spinta attiva con Coulomb

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Coulomb* è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura nell'ipotesi di parete ruvida.

Per terreno omogeneo ed asciutto il diagramma delle pressioni si presenta lineare con distribuzione:

$$P_t = K_a \times \gamma_t \times z$$

La spinta S_t è applicata ad $1/3 H$ di valore

$$S_t = \frac{1}{2} \gamma_t H^2 K_a$$

Avendo indicato con:

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(\beta - \phi)}{\text{sen}^2\beta \times \text{sen}(\beta + \delta) \times \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\delta + \phi) \times \text{sen}(\phi - \varepsilon)}{\text{sen}(\beta + \delta) \times \text{sen}(\beta - \varepsilon)}} \right]^2}$$

Valori limite di K_A : $\delta < (\beta - \phi - \varepsilon)$ secondo Muller-Breslau

γ_t Peso unità di volume del terreno;

β Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

ϕ Angolo di resistenza al taglio del terreno;

δ Angolo di attrito terra-muro;

ε Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, positiva se antioraria;

H Altezza della parete.

8.2 Calcolo della spinta attiva con Rankine

Se $\varepsilon = \delta = 0$ e $\beta = 90^\circ$ (muro con parete verticale liscia e terrapieno con superficie orizzontale) la spinta S_t si semplifica nella forma:

$$S_t = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \frac{(1 - \sin \phi)}{(1 + \sin \phi)} = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

che coincide con l'equazione di Rankine per il calcolo della spinta attiva del terreno con terrapieno orizzontale. In effetti Rankine adottò essenzialmente le stesse ipotesi fatte da Coulomb, ad eccezione del fatto che trascurò l'attrito terra-muro e la presenza di coesione. Nella sua formulazione generale l'espressione di K_a di Rankine si presenta come segue:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

$$K_a = \cos \varepsilon \frac{\cos \varepsilon - \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \phi}}{\cos \varepsilon + \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \phi}}$$

8.3 Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di Mononobe & Okabe riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo ε , di inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, e l'angolo β , di inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede, vengono aumentati di una quantità θ tale che:

$$\operatorname{tg} \theta = k_h / (1 \pm k_v)$$

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

In assenza di studi specifici, i coefficienti k_h e k_v devono essere calcolati come:

$$k_h = S a_g / r \quad k_v = 0,5 k_h$$

in cui $S a_g$ rappresenta il valore dell'accelerazione sismica massima del terreno per le varie categorie di profilo stratigrafico definite dall'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003. Al fattore r viene può essere assegnato il valore $r = 2$ nel caso di opere sufficientemente flessibili (muri liberi a gravità), mentre in tutti gli altri casi viene posto pari a 1 (muri in c.a. resistenti a flessione, muri in c.a. su pali o tirantati, muri di cantinato).

Effetto dovuto alla coesione

La coesione induce delle pressioni negative costanti pari a:

$$P_c = -2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

Non essendo possibile stabilire a priori quale sia il decremento indotto nella spinta per effetto della coesione, è stata calcolata un'altezza critica Z_c come segue:

$$Z_c = \frac{2 \times c}{\gamma} \times \frac{1}{\sqrt{K_A}} - \frac{Q \times \frac{\operatorname{sen} \beta}{\operatorname{sen}(\beta + \varepsilon)}}{\gamma}$$

dove

Q = Carico agente sul terrapieno;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Se $Z_C < 0$ è possibile sovrapporre direttamente gli effetti, con decremento pari a:

$$S_C = P_C \times H$$

con punto di applicazione pari a $H/2$;

Carico uniforme sul terrapieno

Un carico Q , uniformemente distribuito sul piano campagna induce delle pressioni costanti pari a:

$$P_q = K_A \times Q \times \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \varepsilon)}$$

Per integrazione, una spinta pari a S_q :

$$S_q = K_a \cdot Q \cdot H \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \varepsilon)}$$

Con punto di applicazione ad $H/2$, avendo indicato con K_a il coefficiente di spinta attiva secondo Muller-Breslau.

Spinta attiva in condizioni sismiche

In presenza di sisma la forza di calcolo esercitata dal terrapieno sul muro è data da:

$$E_d = \frac{1}{2} \gamma (1 \pm k_v) K H^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

dove:

H altezza muro

k_v coefficiente sismico verticale

γ peso per unità di volume del terreno

K coefficienti di spinta attiva totale (statico + dinamico)

E_{ws} spinta idrostatica dell'acqua

E_{wd} spinta idrodinamica.

Per terreni impermeabili la spinta idrodinamica $E_{wd} = 0$, ma viene effettuata una correzione sulla valutazione dell'angolo θ della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \mp k_v}$$

Nei terreni ad elevata permeabilità in condizioni dinamiche continua a valere la correzione di cui sopra, ma la spinta idrodinamica assume la seguente espressione:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

$$E_{wd} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H^2$$

Con H' altezza del livello di falda misurato a partire dalla base del muro.

Spinta idrostatica

La falda con superficie distante H_W dalla base del muro induce delle pressioni idrostatiche normali alla parete che, alla profondità z , sono espresse come segue:

$$P_W(z) = \gamma_W \times z$$

Con risultante pari a:

$$S_W = 1/2 \times \gamma_W \times H^2$$

La spinta del terreno immerso si ottiene sostituendo γ_t con γ'_t ($\gamma'_t = \gamma_{\text{saturo}} - \gamma_w$), peso efficace del materiale immerso in acqua.

Resistenza passiva

Per terreno omogeneo il diagramma delle pressioni risulta lineare del tipo:

$$P_t = K_p \times \gamma_t \times z$$

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

$$S_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot H^2 \cdot K_p$$

Avendo indicato con:

$$K_p = \frac{\text{sen}^2(\phi + \beta)}{\text{sen}^2\beta \times \text{sen}(\beta - \delta) \times \left[1 - \sqrt{\frac{\text{sen}(\delta + \phi) \times \text{sen}(\phi + \epsilon)}{\text{sen}(\beta - \delta) \times \text{sen}(\beta - \epsilon)}} \right]^2}$$

(Muller-Breslau) con valori limiti di δ pari a:

$$\delta < \beta - \phi - \epsilon$$

L'espressione di K_p secondo la formulazione di Rankine assume la seguente forma:

$$K_p = \frac{\cos \epsilon + \sqrt{\cos^2 \epsilon - \cos^2 \phi}}{\cos \epsilon - \sqrt{\cos^2 \epsilon - \cos^2 \phi}}$$

8.4 Carico limite di fondazioni superficiali su terreni

Metodo di Vesic

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Affinché la fondazione di un muro possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$V_d \leq R_d$$

Dove V_d è il carico di progetto, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso del muro; mentre R_d è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici.

Nella valutazione analitica del carico limite di progetto R_d si devono considerare le situazioni a breve e a lungo termine nei terreni a grana fine. Il carico limite di progetto in condizioni non drenate si calcola come:

$$R/A' = (2 + \pi) c_u s_c i_c + q$$

Dove:

A' = $B' L'$ area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

c_u coesione non drenata

q pressione litostatica totale sul piano di posa

s_c Fattore di forma

$s_c = 0,2 (B'/L')$ per fondazioni rettangolari

i_c Fattore correttivo per l'inclinazione del carico dovuta ad un carico H .

$$i_c = 1 - \frac{2H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

A_f area efficace della fondazione

c_a aderenza alla base, pari alla coesione o ad una sua frazione.

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$$R/A' = c' N_c s_c i_c + q' N_q s_q i_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi'$$

Fattori di forma

$$s_q = 1 + \left(\frac{B'}{L'} \right) \tan \phi' \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4(B'/L') \quad \text{per forma rettangolare}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'} \quad \text{per forma rettangolare, quadrata o circolare.}$$

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B'

$$i_q = \left(1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot \phi'} \right)^m$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot \phi'} \right)^{m+1}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$m = \frac{2 + B'/L'}{1 + B'/L'}$$

Convenzione segni

Forze verticali positive se dirette dall'alto verso il basso;

Forze orizzontali positive se dirette da monte verso valle;

Coppie positive se antiorarie;

Angoli positivi se antiorari.

8.5 **Analisi di stabilita' interna**

Metodo di BISHOP (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali. Le equazioni usate per risolvere il problema

sono:

$$\Sigma F_v = 0, \Sigma M_0 = 0, \text{ Criterio di rottura.}$$

$$F = \frac{\Sigma \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \sin \alpha_i}$$

I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre ΔX= 0 ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di Bishop ordinario, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

9. Progettazione terra armata

La logica progettuale si articola secondo le seguenti fasi

9.1 Forze di trazione nei rinforzi

Si determinano le forze di trazione nei vari rinforzi, date dall'area del diagramma delle pressioni relative a ogni striscia. Per il diagramma triangolare relativo al terrapieno, la forza nella striscia è data dall'area dell'elemento trapezio $ab'd'$ e viene trasformata nella pressione media q_i alla profondità della striscia Z_i mediante la relazione:

$$q_i = \gamma \times z_i \times K_a$$

La pressione q_i agisce su una area definita dalla spaziatura delle armature $h \times s$ e corrisponde a una forza di trazione nel rinforzo pari a:

$$T_i = q_i \times A = \gamma \times z_i \times K_a \times (h \times s)$$

Per l'equilibrio la somma delle forze di trazione deve essere pari alla componente orizzontale delle forze agenti.

$$\sum T_i = P_{ah}$$

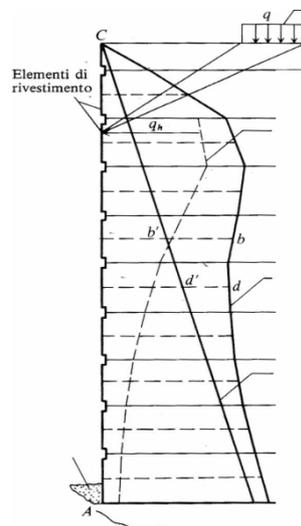


Figura 9.1 : Trazione nei rinforzi

9.2 Calcolo delle lunghezze efficaci

Si calcolano le lunghezze delle strisce L_e che compaiono in Figura 3, necessarie affinché si sviluppi una forza d'attrito $F_r = T_i$. Sulla base di tali lunghezze e delle dimensioni del cuneo di Rankine, si può determinare la lunghezza globale L_o delle strisce da utilizzare. In generale, per Eurolink S.C.p.A.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

tutta l'altezza del muro si usano strisce della stessa lunghezza. La lunghezza di ancoraggio dipende dal coefficiente d'attrito $f = \tan \delta$ tra suolo e rinforzo, essendo δ un'opportuna frazione dell'angolo d'attrito interno del terreno ϕ . Se la striscia è sufficientemente scabra $\delta = \phi$, mentre per metalli lisci δ è compreso orientativamente tra 20° e 25° .

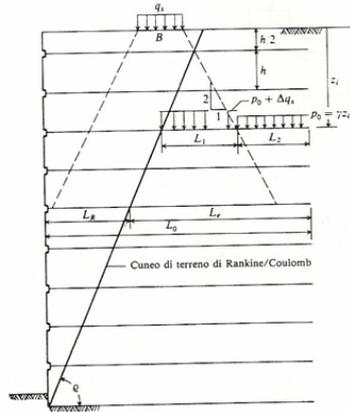


Figura 9.2 : Lunghezze efficaci

Per strisce di dimensioni $b \times L_e$ o per fogli di geotessile di larghezza unitaria e lunghezza L_e , entrambe le facce sviluppano attrito; per barre circolari, l'attrito resistente è sviluppato lungo il perimetro. In ogni caso, l'attrito è dato dal prodotto di f per la pressione normale al rinforzo calcolata come $p_0 = \gamma z_i$ dove z_i è la distanza *media* dalla superficie del terreno al rinforzo. Si ha quindi:

Per fogli:

$$F_i = 2(\gamma z_i) \tan \delta (1 \times L_e) \geq T_i$$

Se nelle precedenti formule il segno \geq è sostituito col segno di uguale, il coefficiente di sicurezza FS è pari a 1. Se si assume $FS > 1$, il valore di L_e risulta necessariamente maggiore di quello dato da queste formule.

Si determina quindi la sezione delle armature $b \times t$. Nel caso di geotessili si ha il problema che la resistenza del tessuto varia a seconda del produttore; tra quelli possibili si sceglie un tessuto che:

$$\text{Larghezza striscia } b \times \text{resistenza per unità di larghezza} \geq T_i$$

10. Risultati di calcolo

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	Codice documento CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	Rev F0	Data 20/06/2011	

10.1 Analisi statica per carichi variabili

10.1.1 Combinazione 1(A1+M1)

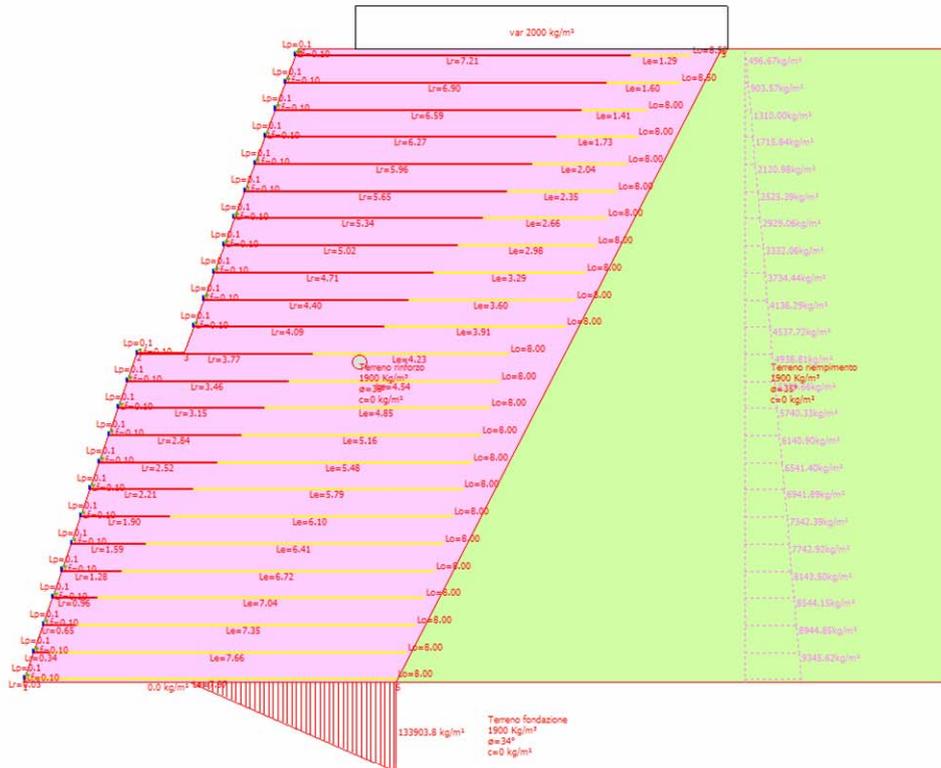


Figura 10.1 : Sezione tipo

Verifica rinforzi

Nr.	X (m)	y (m)	Lunghezza cuneo (Lr) (m)	Lunghezza efficace (Le) (m)	Lunghezza totale (Lt) (m)	Tensione rinforzo (kg/m ²)	Fattore di sicurezza FS
1	0.02	0.05	0.03	7.97	8.00	5607	54.96
22	5.41	12.65	6.59	1.41	8.00	786	18.76

Tabella 10.2

Verifica alla traslazione

Coeff. sicurezza traslazione Csd 17.89: Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Coeff. sicurezza ribaltamento Csv 11.09: Muro verificato a ribaltamento Csv>1:

Carico limite - Metodo di Vesic (1973):

Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy) 1.39 : Carico limite verificato Csq>1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	Codice documento CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	Rev F0	Data 20/06/2011	

10.1.2 Combinazione 2(A2+M2)

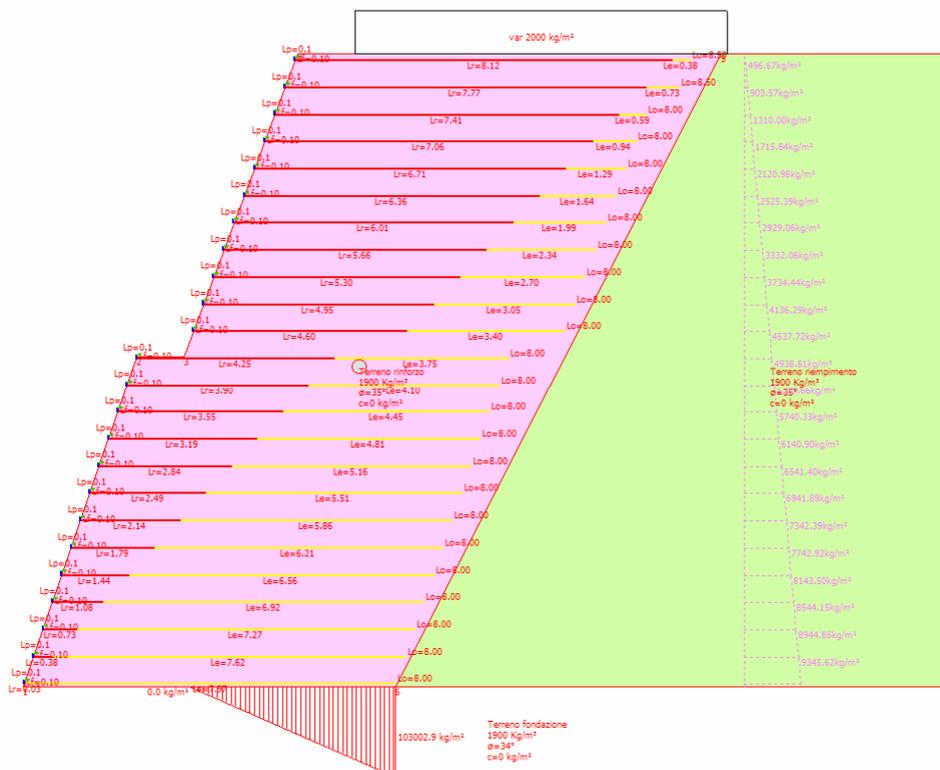


Figura 10.3 : Sezione tipo

Verifica rinforzi

Nr.	X (m)	y (m)	Lunghezza cuneo (Lr) (m)	Lunghezza efficace (Le) (m)	Lunghezza totale (Lt) (m)	Tensione rinforzo (kg/m ²)	Fattore di sicurezza FS
1	0.02	0.05	0.03	7.97	8.00	5465	55.62
22	5.41	12.65	7.41	0.59	8.00	528.54	6.65

Tabella 10.4

Verifica alla traslazione

Coeff. sicurezza traslazione Csd 14.32: Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Coeff. sicurezza ribaltamento Csv 11.09: Muro verificato a ribaltamento Csv>1:

Carico limite - Metodo di Vesic (1973):

Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy) 1.77: Carico limite verificato Csq>1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	Codice documento CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	Rev F0	Data 20/06/2011	

10.1.3 Verifiche di stabilita' interna

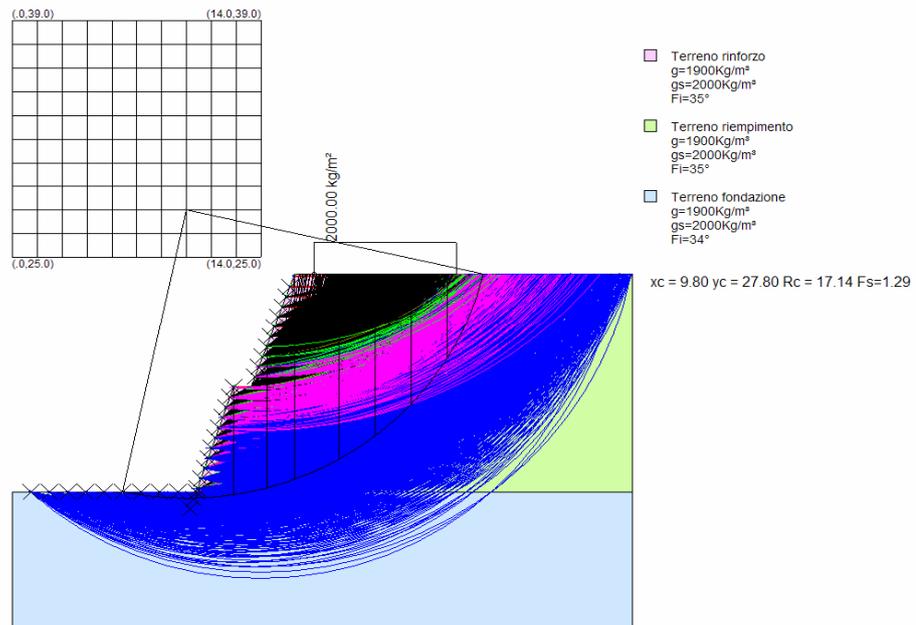


Figura 10.5

ID	Xrinf./Yrinf. m	xc, yc, rc	Fsmin	Verifiche interne
0*1	1.03/11.05	9.8/26.4/17.68	1.306	Compound
0*2	2.07/11.05	9.8/25/15.95	1.303	Compound
0*3	3.1/11.05	11.2/25/16.13	1.309	Compound
0*4	4.14/11.05	9.8/29.2/19.02	1.325	Compound
0*5	5.17/11.05	10.5/27.1/16.92	1.303	Compound
0*6	6.21/11.04	9.8/27.8/17.14	1.295	Compound
0*7	7.24/11.04	10.5/25.7/15.01	1.302	Compound
0*8	8.27/11.04	11.2/26.4/15.63	1.333	Compound
0*9	9.31/11.04	11.9/27.1/16.27	1.347	Compound
0*10	10.34/11.04	11.2/25/13.99	1.388	Compound
1*1	10.02/10.05	11.2/25/13.99	1.388	Tieback
1*2	10.22/10.65	12.6/25/14.55	1.407	Tieback
1*3	10.42/11.25	10.5/28.5/17.25	1.316	Tieback

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

1*4	10.62/11.85	10.5/29.9/18.05	1.359	Tieback
1*5	10.82/12.45	10.5/31.3/18.85	1.411	Tieback
1*6	11.02/13.05	10.5/32.7/19.66	1.471	Tieback
1*7	11.23/13.65	11.2/32/18.35	1.545	Tieback
1*8	11.43/14.25	11.9/29.9/15.66	1.553	Tieback
1*9	11.63/14.85	11.9/35.5/20.65	1.691	Tieback
1*10	11.83/15.45	11.9/36.9/21.45	1.785	Tieback
1*11	12.03/16.05	14/33.4/17.46	2.037	Tieback
1*12	12.23/16.65	14/34.8/18.24	2.562	Tieback
1*13	12.43/17.25	12.6/39/21.75	2.689	Tieback
1*14	13.65/17.85	14/39/21.15	2.733	Tieback
1*15	13.87/18.45	14/39/20.55	3.228	Tieback
1*16	14.09/19.05	14/39/19.95	5.074	Tieback
1*17	14.31/19.65	14/39/19.35	8.097	Tieback
1*18	14.53/20.25	13.3/25.7/5.59	20	Tieback
1*19	14.75/20.85	13.3/27.1/6.42	20	Tieback
1*20	14.97/21.45	13.3/28.5/7.24	20	Tieback
1*21	15.19/22.05	13.3/31.3/9.44	20	Tieback
1*22	15.41/22.65	13.3/35.5/13.02	20	Tieback
1*23	15.63/23.25	13.3/35.5/13.02	20	Tieback

Tabella 10.6

Fs minimo individuato **1.29 > 1.10**

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

10.2 Verifica sismica

10.2.1 Combinazione 1(A1+M1)

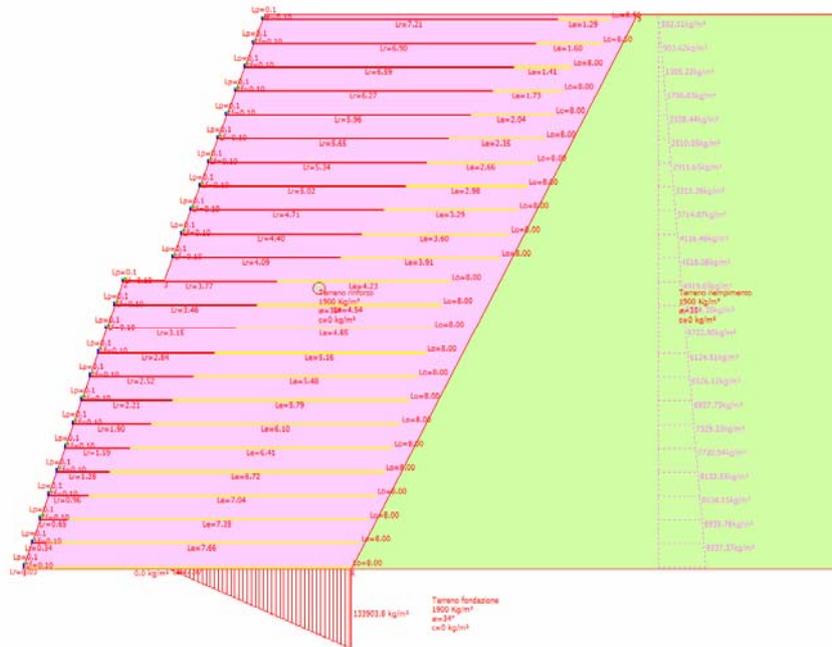


Figura 10.7 : Sezione tipo

Verifica rinforzi

Nr.	X (m)	y (m)	Lunghezza cuneo (Lr) (m)	Lunghezza efficace (Le) (m)	Lunghezza totale (Lt) (m)	Tensione rinforzo (kg/m ²)	Fattore di sicurezza FS
1	0.02	0.05	0.03	7.97	8.00	5602	52.83
24	5.85	13.85	7.21	1.29	8.50	60.24	8.55

Tabella 10.8

Verifica alla traslazione

Coeff. sicurezza traslazione Csd 17.89: Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Coeff. sicurezza ribaltamento Csv 11.09: Muro verificato a ribaltamento Csv>1:

Carico limite - Metodo di Vesic (1973):

Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy) 1.39: Carico limite verificato Csq>1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO		Codice documento CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	Rev F0	Data 20/06/2011

10.2.2 Combinazione 2(A2+M2)

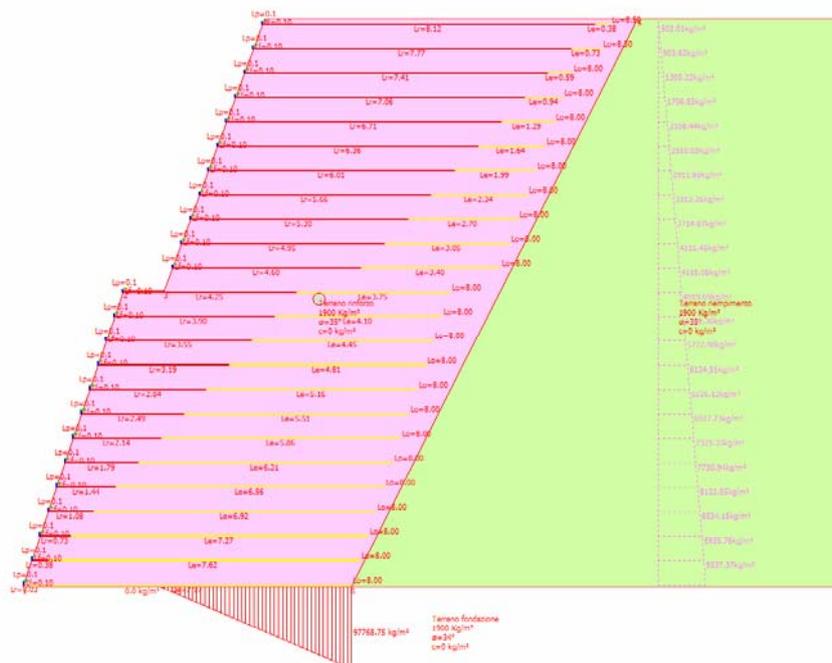


Figura 10.9 : Sezione tipo

Verifica rinforzi

Nr.	X (m)	y (m)	Lunghezza cuneo (Lr) (m)	Lunghezza efficace (Le) (m)	Lunghezza totale (Lt) (m)	Tensione rinforzo (kg/m ²)	Fattore di sicurezza FS
1	0.02	0.05	0.03	7.97	8.00	55867	5043
22	5.41	12.65	8.12	0.38	8.50	63.08	2.43

Tabella 10.10

Verifica alla traslazione

Coeff. sicurezza traslazione Csd 10.97: Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Coeff. sicurezza ribaltamento Csv 10.02: Muro verificato a ribaltamento Csv>1:

Carico limite - Metodo di Vesic (1973):

Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy) 1.87: Carico limite verificato Csq>1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

10.2.3 Verifiche di stabilita' interna

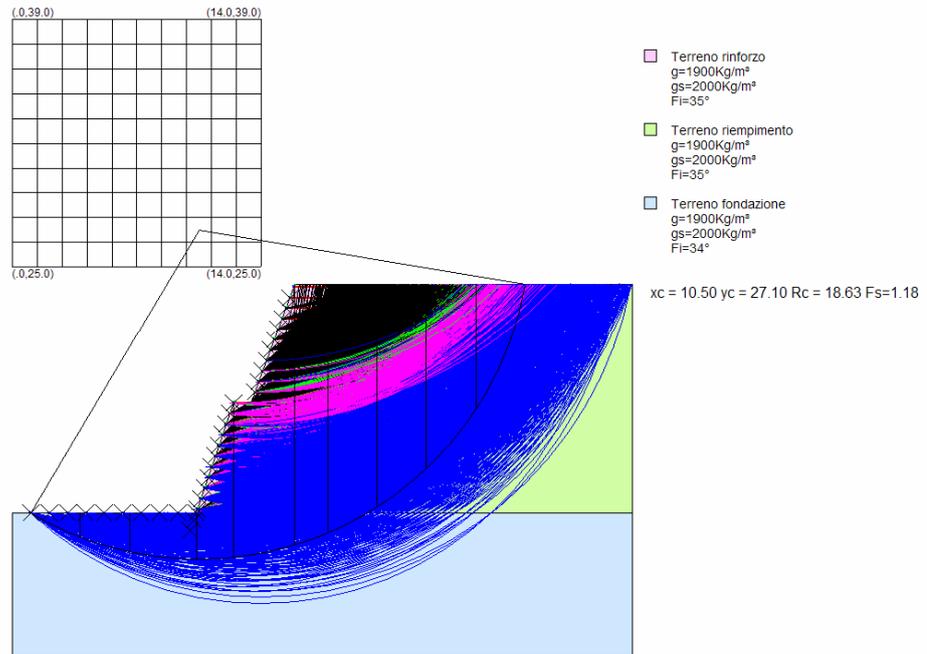


Figura 10.11

ID	Xrinf./Yrinf. m	xc, yc, rc	Fsmin	Verifiche interne
0*1	1.03/11.05	10.5/27.1/18.63	1.182	Compound
0*2	2.07/11.05	11.2/27.8/19.08	1.19	Compound
0*3	3.1/11.05	11.2/25/16.13	1.188	Compound
0*4	4.14/11.05	9.8/29.2/19.02	1.197	Compound
0*5	5.17/11.05	10.5/27.1/16.92	1.185	Compound
0*6	6.21/11.04	9.8/27.8/17.14	1.187	Compound
0*7	7.24/11.04	10.5/28.5/17.76	1.199	Compound
0*8	8.27/11.04	11.2/29.2/18.39	1.211	Compound
0*9	9.31/11.04	11.9/27.1/16.27	1.216	Compound
0*10	10.34/11.04	9.8/33.4/22.37	1.255	Compound
1*1	10.02/10.05	9.8/33.4/22.37	1.255	Tieback
1*2	10.22/10.65	12.6/25/14.55	1.274	Tieback
1*3	10.42/11.25	11.2/29.2/17.97	1.201	Tieback
1*4	10.62/11.85	10.5/29.9/18.05	1.237	Tieback

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

1*5	10.82/12.45	10.5/31.3/18.85	1.28	Tieback
1*6	11.02/13.05	10.5/32.7/19.66	1.332	Tieback
1*7	11.23/13.65	10.5/34.1/20.46	1.398	Tieback
1*8	11.43/14.25	11.9/34.1/19.86	1.424	Tieback
1*9	11.63/14.85	11.9/35.5/20.65	1.509	Tieback
1*10	11.83/15.45	11.9/36.9/21.45	1.592	Tieback
1*11	12.03/16.05	14/33.4/17.46	1.811	Tieback
1*12	12.23/16.65	14/39/22.42	2.275	Tieback
1*13	12.43/17.25	12.6/39/21.75	2.437	Tieback
1*14	13.65/17.85	14/39/21.15	2.402	Tieback
1*15	13.87/18.45	14/39/20.55	2.887	Tieback
1*16	14.09/19.05	14/39/19.95	4.564	Tieback
1*17	14.31/19.65	14/39/19.35	13.582	Tieback
1*18	14.53/20.25	13.3/25.7/5.59	20	Tieback
1*19	14.75/20.85	13.3/27.1/6.42	20	Tieback
1*20	14.97/21.45	13.3/28.5/7.24	20	Tieback
1*21	15.19/22.05	13.3/31.3/9.44	20	Tieback
1*22	15.41/22.65	13.3/35.5/13.02	20	Tieback
1*23	15.63/23.25	13.3/35.5/13.02	20	Tieback

Tabella 10.12

Fs minimo individuato **1.18 > 1.10**

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

11. Specifiche tecniche

Una volta posizionati i casseri e legati tra di loro si procede con la posa della stuoia antierosiva: foderandone internamente il fronte, svolgendo la stuoia già fornita in rotoli di altezza appropriata, di circa cm 100. Per le sezioni a mezza costa si dovrà provvedere a stendere sul fronte di scavo un geocomposito drenante che verrà avvolto attorno a un tubo di drenaggio microfessurato alla base. I rotoli di geogriglia verranno posizionati in modo tale che la direzione longitudinale risulti parallela alla direzione principale delle tensioni ed in modo tale che i teli contigui risultino tra loro allineati. Il materiale sarà steso manualmente avendo cura di evitare la formazione di ondulazioni o grinze e sovrapponendo i teli contigui per una larghezza pari ad almeno una maglia.

La geogriglia di rinforzo primario dovrà scorrere aderente alla facciata interna del cassero e avanzare verso l'esterno di una porzione (risvolto) pari a circa cm 150, l'eventuale rinforzo secondario andrà steso sul piano del rilevato senza essere risvoltato sul cassero.

Posizionare i tiranti necessari per l'irrigidimento del cassero, uno ogni 60 cm circa. Il materiale di riempimento verrà posizionato sulle geogriglie secondo la direzione longitudinale evitando di far circolare i mezzi di cantiere direttamente sulla geogriglia.

A tergo del paramento esterno inclinato sarà posto del terreno vegetale per uno spessore di almeno 30 cm e poi si provvederà alla stesa e compattazione del terreno per la formazione del rilevato strutturale; questa avverrà per strati di altezza pari a ca. 25-30 cm e per un totale pari alla distanza tra i teli di rinforzo.

12. Tabulati di calcolo

12.1 Analisi statica per carichi variabili

Geometria

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	2.45	7.3
3	3.45	7.3
4	5.9	14.0
5	20.0	14.0

Tabella 12.1

Terreno rinforzo

Peso unità di volume 1900.0 Kg/m³

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Peso unità di volume saturo 2000.0 Kg/m³
Angolo di resistenza a taglio 35.0 °
Coesione 0.0 kg/m²
Angolo attrito terreno rinforzo 35.0 °

Terreno riempimento

Peso unità di volume 1900.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo 2000.0 Kg/m³
Angolo di resistenza a taglio 35.0 °
Coesione 0.0kg/m²
Angolo inclinazione spinta 23.0 °

Terreno fondazione

Peso unità di volume 1900.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo 2000.0 Kg/m³
Angolo di resistenza a taglio 34.0 °
Coesione 0.0 kg/m²

Posizione rinforzi

Nr.	X (m)	y (m)	Tipo	Lunghezza ripiegatura (m)	Lunghezza facciata (Lf) (m)	Lunghezza cuneo (Lr) (m)	Lunghezza efficace (Le) (m)	Lunghezza totale (Lt) (m)	Interasse (m)	Tensione rinforzo (kg/m ²)
1	0.02	0.05	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	0.03	7.97	8	0	5607.37
2	0.22	0.65	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	0.34	7.66	8	0	5366.91
3	0.42	1.25	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	0.65	7.35	8	0	5126.49
4	0.62	1.85	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	0.96	7.04	8	0	4886.1
5	0.82	2.45	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	1.28	6.72	8	0	4645.76
6	1.02	3.05	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	1.59	6.41	8	0	4405.43
7	1.23	3.65	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	1.9	6.1	8	0	4165.14
8	1.43	4.25	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	2.21	5.79	8	0	3924.84
9	1.63	4.85	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	2.52	5.48	8	0	3684.53
10	1.83	5.45	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	2.84	5.16	8	0	3444.2
11	2.03	6.05	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	3.15	4.85	8	0	3203.8

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
		P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12	2.23	6.65	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	3.46	4.54	8	0	2963.29
13	2.43	7.25	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	3.77	4.23	8	0	2722.63
14	3.65	7.85	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	4.09	3.91	8	0	2481.78
15	3.87	8.45	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	4.4	3.6	8	0	2240.66
16	4.09	9.05	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	4.71	3.29	8	0	1999.23
17	4.31	9.65	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	5.02	2.98	8	0	1757.44
18	4.53	10.25	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	5.34	2.66	8	0	1515.23
19	4.75	10.85	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	5.65	2.35	8	0	1272.59
20	4.97	11.45	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	5.96	2.04	8	0	1029.5
21	5.19	12.05	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	6.27	1.73	8	0	786
22	5.41	12.65	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	6.59	1.41	8	0	542.14
23	5.63	13.25	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	6.9	1.6	8.5	0	298
24	5.85	13.85	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	7.21	1.29	8.5	0	53.71

Tabella 12.2

Elenco rinforzi

Tipo	Descrizione	Struttura (mm)	Resistenza	Fattore sicurezza resistenza
1	Striscia 10x5 Red	Strisce Larghezza, Spessore=10/5	200 N/mm ²	0
2	Barra Ø20 Green	Barre Diametro=20	250 N/mm ²	1
3	Tenax LBO 330	Strisce Larghezza, Spessore=10/5	0 N/mm ²	0
4	35/20-Geogriglie_Poliestere	Fogli	37 kN/m	0
5	55/30-Geogriglie_Poliestere	Fogli	60 kN/m	0
6	80/30-Geogriglie_Poliestere	Fogli	85 kN/m	0
7	110/30- Geogriglie_Poliestere	Fogli	115 kN/m	500
8	Striscia 50x4	Strisce Larghezza, Spessore=50/4	338 N/mm ²	0
9	GEOGRIGLIA	Fogli	58 kN/m	0

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Tabella 12.3

Descrizione

Nr.	Confermare con il pulsante destro del mouse	X (m)	Y (m)	Lx (m)	Ly (m)	Q (kg/m ²)
1	var	7.15	14	8	1	2000

Tabella 12.4

Combinazione 1(A1+M1)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.30
2	Spinta terreno	1.30
3	Spinta falda	1.30
4	Spinta sismica in x	0.00
5	Spinta sismica in y	0.00
6	Resistenza sfilamento	1.00
7	var	1.50

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali SLU
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione	1
3	Coesione non drenata	1
4	Peso unità volume	1
	Angolo attrito terreno rinforzo	

Tabella 12.5

Combinazione 2(A2+M2)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Spinta falda	1.00
4	Spinta sismica in x	0.00
5	Spinta sismica in y	0.00
6	Resistenza sfilamento	1.00
7	var	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali SLU
1	Tangente angolo res. taglio	1.25
2	Coesione	1.25
3	Coesione non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1
	Angolo attrito terreno rinforzo	

Tabella 12.6

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Combinazione 1(A1+M1)

Posizione rinforzi

Nr.	X (m)	y (m)	Tipo	Lunghezza ripiegatura (m)	Lunghezza facciata (Lf) (m)	Lunghezza cuneo (Lr) (m)	Lunghezza efficace (Le) (m)	Lunghezza totale (Lt) (m)	Interasse (m)	Tensione rinforzo (kg/m ²)
1	0.02	0.05	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	0.03	7.97	8	0	5607.37
2	0.22	0.65	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	0.34	7.66	8	0	5366.91
3	0.42	1.25	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	0.65	7.35	8	0	5126.49
4	0.62	1.85	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	0.96	7.04	8	0	4886.1
5	0.82	2.45	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	1.28	6.72	8	0	4645.76
6	1.02	3.05	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	1.59	6.41	8	0	4405.43
7	1.23	3.65	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	1.9	6.1	8	0	4165.14
8	1.43	4.25	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	2.21	5.79	8	0	3924.84
9	1.63	4.85	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	2.52	5.48	8	0	3684.53
10	1.83	5.45	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	2.84	5.16	8	0	3444.2
11	2.03	6.05	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	3.15	4.85	8	0	3203.8
12	2.23	6.65	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	3.46	4.54	8	0	2963.29
13	2.43	7.25	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	3.77	4.23	8	0	2722.63
14	3.65	7.85	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	4.09	3.91	8	0	2481.78
15	3.87	8.45	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	4.4	3.6	8	0	2240.66
16	4.09	9.05	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	4.71	3.29	8	0	1999.23
17	4.31	9.65	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	5.02	2.98	8	0	1757.44
18	4.53	10.25	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	5.34	2.66	8	0	1515.23
19	4.75	10.85	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	5.65	2.35	8	0	1272.59
20	4.97	11.45	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	5.96	2.04	8	0	1029.5
21	5.19	12.05	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	6.27	1.73	8	0	786

				Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO				<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc		<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

22	5.41	12.65	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	6.59	1.41	8	0	542.14
23	5.63	13.25	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	6.9	1.6	8.5	0	298
24	5.85	13.85	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	7.21	1.29	8.5	0	53.71

Tabella 12.7

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (15.0/0.0) m

Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (15.0/14.0) m

Centro di rotazione (xro,yro) = (0.0/0.0) m

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato;

Qf Quota finale strato

Gamma Peso unità di volume (Kg/m³);

Eps Inclinazione dello strato (°);

Fi Angolo di resistenza a taglio;

Delta Angolo di attrito terra muro (°);

c Coesione (kg/m²);

β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β
14.0	0.0	1900.0	0.0	35.0	23.0	0.0	26.59

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta

Ka Coefficiente di spinta attiva,

Kd Coefficiente di spinta dinamica,

Dk Coefficiente di incremento dinamico,

μ	Ka	Kd	Dk
40.41	0.09	0.11	0.02

Spinte risultanti e punto di applicazione

Fx Forza in direzione x (Kg);

Fy Forza in direzione y (Kg);

Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (m);

	Fx	Fy	Z(Rpx)	Z(Rpy)
Spinta attiva	17442.78	-1094.95	17.99	17.99
Spinta incremento sismico	3306.49	-207.56	17.99	4.67
Spinta statica sovraccarico	0.0	0.0	17.99	17.99
Spinta incr. sismico sovraccarico	0.0	17992.23	0.0	7.0
Peso muro	9428.04	229952.2	17.99	17.99

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Momento stabilizzante 2137052.0 Kgm
Momento ribaltante 192632.8 Kgm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	32103.65	Kg	
Sommatoria forze verticali	297514.4	Kg	
Coefficiente di attrito	0.67		
Adesione	0.0	kg/m ²	
Angolo piano di scorrimento	356.0	°	
Forze normali al piano di scorrimento	299029.1	Kg	
Forze parall. al piano di scorrimento	11271.92	Kg	
Coeff. sicurezza traslazione Csd	17.89		
Traslazione verificata Csd>1			

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	2137052.0	Kgm
Momento ribaltante	192632.8	Kgm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	11.09	
Muro verificato a ribaltamento Csv>1		

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	32103.65	Kg
Somma forze in direzione y (Fy)	297514.4	Kg
Somma momenti	-1944419.0	Kgm
Larghezza fondazione	8.02	m
Lunghezza	1.0	m
Eccentricità su B	2.53	m
Peso unità di volume	1900.0	Kg/m ³
Angolo di resistenza al taglio	34.0	°
Coesione	0.0	kg/m ²
Terreno sulla fondazione	1.05	m
Peso terreno sul piano di posa	1900.0	Kg/m ³
Nq	29.44	
Nc	42.16	
Ng	41.06	
sq	1.23	
sc	1.24	
sg	0.86	
iq	0.87	
ic	0.86	
ig	0.77	
Carico limite verticale (Qlim)	414128.1	Kg
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	1.39	
Carico limite verificato Csq>1		

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	6.54	m
-------------------------------	------	---

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Larghezza della fondazione 8.02 m

x = 3.57

Tensione... 0.0 kg/m²

x = 8.02

Tensione... 133903.8 kg/m²

Combinazione 2(A2+M2)

Posizione rinforzi

Nr.	X (m)	y (m)	Tipo	Lunghezza ripiegatura (m)	Lunghezza facciata (Lf) (m)	Lunghezza cuneo (Lr) (m)	Lunghezza efficace (Le) (m)	Lunghezza totale (Lt) (m)	Interasse (m)	Tensione rinforzo (kg/m ²)
1	0.02	0.05	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	0.03	7.97	8	0	5465.05
2	0.22	0.65	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	0.38	7.62	8	0	5230.48
3	0.42	1.25	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	0.73	7.27	8	0	4995.93
4	0.62	1.85	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	1.08	6.92	8	0	4761.39
5	0.82	2.45	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	1.44	6.56	8	0	4526.89
6	1.02	3.05	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	1.79	6.21	8	0	4292.4
7	1.23	3.65	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	2.14	5.86	8	0	4057.94
8	1.43	4.25	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	2.49	5.51	8	0	3823.47
9	1.63	4.85	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	2.84	5.16	8	0	3588.99
10	1.83	5.45	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	3.19	4.81	8	0	3354.5
11	2.03	6.05	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	3.55	4.45	8	0	3119.96
12	2.23	6.65	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	3.9	4.1	8	0	2885.35
13	2.43	7.25	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	4.25	3.75	8	0	2650.63
14	3.65	7.85	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	4.6	3.4	8	0	2415.8
15	3.87	8.45	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	4.95	3.05	8	0	2180.78
16	4.09	9.05	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	5.3	2.7	8	0	1945.56
17	4.31	9.65	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	5.66	2.34	8	0	1710.09
18	4.53	10.25	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	6.01	1.99	8	0	1474.35
19	4.75	10.85	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	6.36	1.64	8	0	1238.32

				Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO				<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc		<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

20	4.97	11.45	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	6.71	1.29	8	0	1001.99
21	5.19	12.05	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	7.06	0.94	8	0	765.38
22	5.41	12.65	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	7.41	0.59	8	0	528.54
23	5.63	13.25	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	7.77	0.73	8.5	0	291.51
24	5.85	13.85	(9) GEOGRIGLIA	0.1	0.1	8.12	0.38	8.5	0	54.37

Tabella 12.8

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (15.0/0.0) m

Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (15.0/14.0) m

Centro di rotazione (xro,yro) = (0.0/0.0) m

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato;

Qf Quota finale strato

Gamma Peso unità di volume (Kg/m³);

Eps Inclinazione dello strato (°);

Fi Angolo di resistenza a taglio;

Delta Angolo di attrito terra muro (°);

c Coesione (kg/m²);

β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β
14.00.0		1900.0	0.0	35.0	23.0	0.0	26.59

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta

Ka Coefficiente di spinta attiva,

Kd Coefficiente di spinta dinamica,

Dk Coefficiente di incremento dinamico,

μ	Ka	Kd	Dk
40.41	0.09	0.11	0.02

Spinte risultanti e punto di applicazione

Fx Forza in direzione x (Kg);

Fy Forza in direzione y (Kg);

Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (m);

	Fx	Fy	Z(Rpx)	Z(Rpy)
Spinta attiva	17442.78	-1094.95	17.99	17.99

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Spinta incremento sismico	3306.49	-207.56	17.99	4.67
Spinta statica sovraccarico	0.0	0.0	17.99	17.99
Spinta incr. sismico sovraccarico	0.0	17992.23	0.0	7.0
Peso muro	9428.04	229952.2	17.99	17.99

Momento stabilizzante	1643886.0 Kgm
Momento ribaltante	148179.0 Kgm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	26870.82 Kg	
Sommatoria forze verticali	228857.3 Kg	
Coefficiente di attrito	0.67	
Adesione	0.0	kg/m ²
Angolo piano di scorrimento	356.0 °	
Forze normali al piano di scorrimento	230174.2 Kg	
Forze parall. al piano di scorrimento	10841.11 Kg	
Coeff. sicurezza traslazione Csd	14.32	
Traslazione verificata Csd>1		

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	1643886.0 Kgm
Momento ribaltante	148179.0 Kgm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	11.09
Muro verificato a ribaltamento Csv>1	

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	26870.82 Kg
Somma forze in direzione y (Fy)	228857.3 Kg
Somma momenti	-1495707.0 Kgm
Larghezza fondazione	8.02 m
Lunghezza	1.0 m
Eccentricità su B	2.53 m
Peso unità di volume	1900.0 Kg/m ³
Angolo di resistenza al taglio	34.0 °
Coesione	0.0 kg/m ²
Terreno sulla fondazione	1.05 m
Peso terreno sul piano di posa	1900.0 Kg/m ³
Nq	29.44
Nc	42.16
Ng	41.06
sq	1.23
sc	1.24
sg	0.86
iq	0.86
ic	0.85
ig	0.75
Carico limite verticale (Qlim)	406200.6 Kg
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	1.77
Carico limite verificato Csq>1	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione 6.54 m
Larghezza della fondazione 8.02 m

x = 3.57 Tensione... 0.0 kg/m²
x = 8.02 Tensione... 103002.9 kg/m²

Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

=====

Numero di strati 3.0
Numero dei conci 10.0
Fattore di sicurezza [R2] 1.1

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

=====

Ascissa vertice sinistro inferiore xi 0.0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi 25.0 m
Ascissa vertice destro superiore xs 14.0 m
Ordinata vertice destro superiore ys 39.0 m
Passo di ricerca 10.0
Numero di celle lungo x 10.0
Numero di celle lungo y 10.0

=====

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Descrizione:
Latitudine: 38.22
Longitudine: 15.64
Tipo opera: 1 - Opere provvisorie
Classe d'uso: Classe II
Vita nominale: 10.0 [anni]
Vita di riferimento: 10.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.62	2.34	0.28
S.L.D.	30.0	0.62	2.34	0.28
S.L.V.	95.0	1.17	2.31	0.32
S.L.C.	195.0	1.68	2.36	0.34

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Tabella 12.9

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.8928	0.2	0.0182	0.0091
S.L.D.	0.8928	0.2	0.0182	0.0091
S.L.V.	1.6848	0.24	0.0412	0.0206
S.L.C.	2.4192	0.24	0.0592	0.0296

Tabella 12.10

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0.0	11.05
2	10.34	11.04
3	12.45	17.3
4	13.45	17.3
5	15.9	24.0
6	24.9	24.0
7	34.9	24.0

Vertici strato1

N	X m	y m
1	0.0	11.05
2	18.78	11.05
3	23.9	24.0
4	24.9	24.0
5	34.9	24.0

Vertici strato2

N	X m	y m
1	0.0	11.05
2	18.78	11.05
3	23.9	11.05
4	24.9	11.05
5	34.9	11.05

Tabella 12.11

Stratigrafia

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/m ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0	35	1900	2000	0.00		Terreno rinforzo
2	0	35	1900	2000	0.00		Terreno riempimento
3	0	34	1900	2000	0.00		Terreno fondazione

Terra rinforzata

No	X (m)	Y (m)	Stato	Tipologia
1	10	10	Attivato	

Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/m ²)
1	17	24	25	24	2000

Tabella 12.12

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.29
Ascissa centro superficie	9.8 m
Ordinata centro superficie	27.8 m
Raggio superficie	17.14 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei concii. Superficie...xc = 9.80 yc = 27.80 Rc = 17.137 Fs=1.2947

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/m ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2.03	-8.7	2.05	714.23	0.0	0.0	0.0	28.4	0.0	771.5	321.6
2	2.11	-1.7	2.11	1484.85	0.0	0.0	0.0	28.4	0.0	1504.2	626.9
3	2.11	5.4	2.12	13744.69	0.0	0.0	0.0	28.4	0.0	13285.9	5537.3
4	1.88	12.1	1.92	22315.79	0.0	0.0	0.0	28.4	0.0	20950.4	8731.7
5	1.57	18.1	1.65	30902.23	0.0	0.0	0.0	29.3	0.0	28483.7	12323.8

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO		<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6	2.49	25.5	2.76	58007.24	0.0	0.0	0.0	29.3	0.0	53272.7	23048.9
7	2.03	34.2	2.45	44154.52	0.0	0.0	0.0	29.3	0.0	41253.2	17848.6
8	2.03	42.9	2.77	37941.58	0.0	0.0	0.0	29.3	0.0	36949.0	15986.3
9	2.03	53.3	3.39	29297.33	0.0	0.0	0.0	29.3	0.0	31004.4	13414.4
10	2.03	68.1	5.44	12924.16	0.0	0.0	0.0	29.3	0.0	16678.2	7216.0

VERIFICHE INTERNE

Posizione rinforzi

ID	Xrinf./Yrinf. m	xc, yc, rc	Fsmin	Verifiche interne
0*1	1.03/11.05	9.8/26.4/17.68	1.306	Compound
0*2	2.07/11.05	9.8/25/15.95	1.303	Compound
0*3	3.1/11.05	11.2/25/16.13	1.309	Compound
0*4	4.14/11.05	9.8/29.2/19.02	1.325	Compound
0*5	5.17/11.05	10.5/27.1/16.92	1.303	Compound
0*6	6.21/11.04	9.8/27.8/17.14	1.295	Compound
0*7	7.24/11.04	10.5/25.7/15.01	1.302	Compound
0*8	8.27/11.04	11.2/26.4/15.63	1.333	Compound
0*9	9.31/11.04	11.9/27.1/16.27	1.347	Compound
0*10	10.34/11.04	11.2/25/13.99	1.388	Compound
1*1	10.02/10.05	11.2/25/13.99	1.388	Tieback
1*2	10.22/10.65	12.6/25/14.55	1.407	Tieback
1*3	10.42/11.25	10.5/28.5/17.25	1.316	Tieback
1*4	10.62/11.85	10.5/29.9/18.05	1.359	Tieback
1*5	10.82/12.45	10.5/31.3/18.85	1.411	Tieback
1*6	11.02/13.05	10.5/32.7/19.66	1.471	Tieback
1*7	11.23/13.65	11.2/32/18.35	1.545	Tieback
1*8	11.43/14.25	11.9/29.9/15.66	1.553	Tieback
1*9	11.63/14.85	11.9/35.5/20.65	1.691	Tieback
1*10	11.83/15.45	11.9/36.9/21.45	1.785	Tieback
1*11	12.03/16.05	14/33.4/17.46	2.037	Tieback
1*12	12.23/16.65	14/34.8/18.24	2.562	Tieback
1*13	12.43/17.25	12.6/39/21.75	2.689	Tieback
1*14	13.65/17.85	14/39/21.15	2.733	Tieback
1*15	13.87/18.45	14/39/20.55	3.228	Tieback
1*16	14.09/19.05	14/39/19.95	5.074	Tieback
1*17	14.31/19.65	14/39/19.35	8.097	Tieback
1*18	14.53/20.25	13.3/25.7/5.59	20	Tieback
1*19	14.75/20.85	13.3/27.1/6.42	20	Tieback
1*20	14.97/21.45	13.3/28.5/7.24	20	Tieback
1*21	15.19/22.05	13.3/31.3/9.44	20	Tieback
1*22	15.41/22.65	13.3/35.5/13.02	20	Tieback
1*23	15.63/23.25	13.3/35.5/13.02	20	Tieback

Tabella 12.13

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

12.2 Analisi sismica

Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Fattore di sicurezza [R2]	1.1

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0.0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	25.0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	14.0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	39.0 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	38.22
Longitudine:	15.64
Tipo opera:	1 - Opere provvisorie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	10.0 [anni]
Vita di riferimento:	10.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.62	2.34	0.28
S.L.D.	30.0	0.62	2.34	0.28
S.L.V.	95.0	1.17	2.31	0.32
S.L.C.	195.0	1.68	2.36	0.34

Tabella 12.14

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.8928	0.2	0.0182	0.0091
S.L.D.	0.8928	0.2	0.0182	0.0091
S.L.V.	1.6848	0.24	0.0412	0.0206
S.L.C.	2.4192	0.24	0.0592	0.0296

Tabella 12.15

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0412
Coefficiente azione sismica verticale 0.0206

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0.0	11.05
2	10.34	11.04
3	12.45	17.3
4	13.45	17.3
5	15.9	24.0
6	24.9	24.0
7	34.9	24.0

Vertici strato1

N	X m	y m
1	0.0	11.05
2	18.78	11.05
3	23.9	24.0
4	24.9	24.0
5	34.9	24.0

Vertici strato2

N	X m	y m
1	0.0	11.05
2	18.78	11.05
3	23.9	11.05
4	24.9	11.05
5	34.9	11.05

Tabella 12.16

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/m ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0	35	1900	2000	0.00		Terreno rinforzo
2	0	35	1900	2000	0.00		Terreno

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR – CALCOLO TIPOLOGICO	<i>Codice documento</i> CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc	<i>Rev</i> F0

							riempimento
3	0	34	1900	2000	0.00		Terreno fondazione

Terra rinforzata

No	X (m)	Y (m)	Stato	Tipologia
1	10	10	Attivato	

Tabella 12.17

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.18
Ascissa centro superficie	10.5 m
Ordinata centro superficie	27.1 m
Raggio superficie	18.63 m

Analisi dei conci. Superficie...xc = 10.50 yc = 27.10 Rc = 18.634 Fs=1.1817

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/m ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2.78	-25.8	3.09	3925.74	161.74	80.87	0.0	28.4	0.0	5592.2	2553.7
2	2.78	-16.5	2.9	9590.8	395.14	197.57	0.0	28.4	0.0	11575.0	5285.7
3	3.74	-6.3	3.76	17526.52	722.09	361.05	0.0	28.4	0.0	18565.1	8477.7
4	2.11	2.8	2.11	22756.36	937.56	468.78	0.0	28.4	0.0	22291.8	10179.5
5	3.45	11.4	3.52	68505.02	2822.41	1411.2	0.0	28.4	0.0	63984.8	29218.6
6	1.84	19.9	1.95	50402.74	2076.59	1038.3	0.0	28.4	0.0	46002.7	21007.1
7	2.78	27.7	3.14	70960.84	2923.59	1461.79	0.0	28.4	0.0	64647.1	29521.0
8	2.78	38.0	3.53	61513.02	2534.34	1267.17	0.0	29.3	0.0	56958.2	27000.9
9	2.78	50.1	4.34	47437.28	1954.42	977.21	0.0	29.3	0.0	47196.0	22373.1
10	2.78	68.6	7.63	24173.09	995.93	497.97	0.0	29.3	0.0	29985.6	14214.6

VERIFICHE INTERNE

Posizione rinforzi

ID	Xrinf./Yrinf. m	xc, yc, rc	Fsmin	Verifiche interne
0*1	1.03/11.05	10.5/27.1/18.63	1.182	Compound
0*2	2.07/11.05	11.2/27.8/19.08	1.19	Compound
0*3	3.1/11.05	11.2/25/16.13	1.188	Compound
0*4	4.14/11.05	9.8/29.2/19.02	1.197	Compound
0*5	5.17/11.05	10.5/27.1/16.92	1.185	Compound
0*6	6.21/11.04	9.8/27.8/17.14	1.187	Compound
0*7	7.24/11.04	10.5/28.5/17.76	1.199	Compound
0*8	8.27/11.04	11.2/29.2/18.39	1.211	Compound
0*9	9.31/11.04	11.9/27.1/16.27	1.216	Compound

P-CN1- OPERE DI SOSTEGNO – MURI IN TR
– CALCOLO TIPOLOGICO

Codice documento

CG0000PCLDPCZC2NI31000002A.doc

Rev

F0

Data

20/06/2011

0*10	10.34/11.04	9.8/33.4/22.37	1.255	Compound
1*1	10.02/10.05	9.8/33.4/22.37	1.255	Tieback
1*2	10.22/10.65	12.6/25/14.55	1.274	Tieback
1*3	10.42/11.25	11.2/29.2/17.97	1.201	Tieback
1*4	10.62/11.85	10.5/29.9/18.05	1.237	Tieback
1*5	10.82/12.45	10.5/31.3/18.85	1.28	Tieback
1*6	11.02/13.05	10.5/32.7/19.66	1.332	Tieback
1*7	11.23/13.65	10.5/34.1/20.46	1.398	Tieback
1*8	11.43/14.25	11.9/34.1/19.86	1.424	Tieback
1*9	11.63/14.85	11.9/35.5/20.65	1.509	Tieback
1*10	11.83/15.45	11.9/36.9/21.45	1.592	Tieback
1*11	12.03/16.05	14/33.4/17.46	1.811	Tieback
1*12	12.23/16.65	14/39/22.42	2.275	Tieback
1*13	12.43/17.25	12.6/39/21.75	2.437	Tieback
1*14	13.65/17.85	14/39/21.15	2.402	Tieback
1*15	13.87/18.45	14/39/20.55	2.887	Tieback
1*16	14.09/19.05	14/39/19.95	4.564	Tieback
1*17	14.31/19.65	14/39/19.35	13.582	Tieback
1*18	14.53/20.25	13.3/25.7/5.59	20	Tieback
1*19	14.75/20.85	13.3/27.1/6.42	20	Tieback
1*20	14.97/21.45	13.3/28.5/7.24	20	Tieback
1*21	15.19/22.05	13.3/31.3/9.44	20	Tieback
1*22	15.41/22.65	13.3/35.5/13.02	20	Tieback
1*23	15.63/23.25	13.3/35.5/13.02	20	Tieback

Tabella 12.18