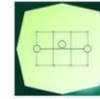


CONCEDENTE



CONCESSIONARIA



SOCIETÀ DI PROGETTO
BREBEMI SPA

CUP E3 1 B05000390007

COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE
DI CONNESSIONE TRA LE CITTA' DI
BRESCIA E MILANO

PROCEDURA AUTORIZZATIVA D. LGS 163/2006
DELIBERA C.I.P.E. DI APPROVAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO N° 19/2016

INTERCONNESSIONE A35-A4
PROGETTO ESECUTIVO

I - INTERCONNESSIONE

11 - INTERCONNESSIONE A35-A4

IDA22 - ADEGUAMENTO INTERFERENZA IDRAULICA IDA22

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

PROGETTAZIONE:



VERIFICA:

IL PROGETTISTA RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE
IMPRESA PIZZAROTTI E C. S.P.A.
DOTT. ING. PIETRO MAZZOLI
ORDINE DEGLI INGEGNERI DI PARMA N. 821

IL DIRETTORE TECNICO
IMPRESA PIZZAROTTI E C. S.P.A.
DOTT. ING. SABINO DEL BALZO
ORDINE DEGLI INGEGNERI DI POTENZA N. 631

APPROVATO SDP

I.D.	IDENTIFICAZIONE ELABORATO											PROGR.		DATA:	
EMITT.	TIPO	FASE	M.A.	LOTTO	OPERA	PROC. OPERA	TRATTO	PART.	PROGR.	PART.DOC.	STATO	REV.	LUG	2016	
65706	04	RC	E	I	11	ID	A22	00	00	001	00	A	00	SCALA:	

ELABORAZIONE PROGETTUALE		REVISIONE								
IL PROGETTISTA		N.	REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	DATA	CONTROLLATO	DATA	APPROVATO
PIACENTINI INGEGNERI S.R.L. DOTT. ING. LUCA PIACENTINI ORDINE DEGLI INGEGNERI DI BOLOGNA N. 4152		A	00	EMISSIONE	29/07/2016	PIACENTINI	29/07/2016	MAZZOLI	29/07/2016	MAZZOLI

	IL CONCEDENTE <p>CONCESSIONI AUTOSTRADALI LOMBARDE</p>	IL CONCESSIONARIO <p>SOCIETÀ DI PROGETTO BREBEMI SPA</p> <p>Società di Progetto Brebemi SpA</p>
--	--	--

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTAMENTE PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DELLA S.p.A. BREBEMI S.P.A. OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE
THIS DOCUMENT MAY NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART OR IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF S.p.A. BREBEMI S.P.A. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTE BY LAW

INDICE

1.	DESCRIZIONE DELL'OPERA	3
2.	NORMATIVA E RIFERIMENTI	4
2.1	Opere in c.a. e strutture metalliche	4
2.2	Strade	4
2.3	Altri documenti	5
3.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	6
3.1	Calcestruzzo per magrone di sottofondazione	6
3.2	Calcestruzzo per strutture	6
3.3	Acciaio per cemento armato	6
3.4	Durabilità e prescrizioni sui materiali	6
4.	PARAMETRI GEOTECNICI	9
5.	PROLUNGAMENTO DELLO SCATOLARE ESISTENTE	10
6.	MURO AD L IDAZ2	11
6.1	Geometria della struttura	11
6.2	Analisi della struttura	12
6.3	Metodo di Calcolo della spinta sul muro e delle verifiche di stabilità	14
6.3.1	Valori caratteristici e valori di calcolo	14
6.3.2	Metodo di Mononobe-Okabe	15
6.3.3	Spinta in presenza di sisma	16
6.3.4	Verifica a ribaltamento	17
6.3.5	Verifica a scorrimento	18
6.3.6	Verifica al carico limite	19
6.3.7	Verifica alla stabilità globale	22
6.4	Geometria profilo terreno	23
6.4.1	Terreno a monte del muro	23
6.4.2	Terreno a valle del muro	23
6.4.3	Stratigrafia	24
6.5	Condizioni di carico	25
6.5.1	Normativa	25
6.5.2	Descrizione combinazioni di carico	26
6.6	Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati	31
6.7	Analisi della spinta e verifiche	32
6.7.1	Verifiche geotecniche	32
6.7.2	Verifiche strutturali	89

APPROVATO SDP



1. DESCRIZIONE DELL'OPERA

La presente relazione di calcolo riguarda l'adeguamento del tombino scatolare IDA22 situato nel ramo di "Collegamento Tangenziale direzione Brescia (BS)" dello svincolo di Interconnessione che collega l'Autostrada A35 BreBeMi alla Tangenziale in direzione BS, nell'ambito del piu' generale Progetto Esecutivo dell'Interconnessione tra la citata Autostrada a35 BreBeMi e l'Autostrada A4.

All'interno dell'opera di ampliamento del collegamento autostradale è previsto l'allungamento di scolarari idraulici esistenti attraverso l'utilizzo di sezioni scolarari prefabbricate. Oggetto della presente relazione tecnica e di calcolo è il tombino scatolare IDAZ2.

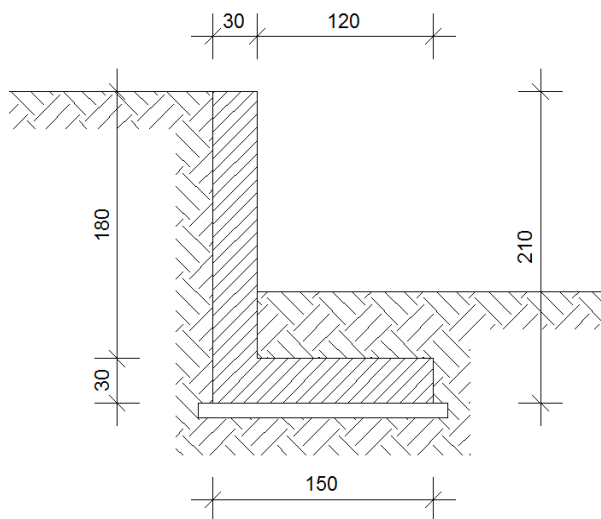
Le azioni considerate nel calcolo sono quelle tipiche di una struttura interrata con le aggiunte delle azioni di tipo stradale, con applicazione della Normativa sui ponti stradali D. M. Min. Il. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni.

In questa relazione sono riportate anche le verifiche geotecniche e strutturali del muro di sostegno previsto nell'ambito dei lavori inerenti il collegamento autostradale di connessione tra la A35 e la A4.


Il muro è alto 2.10m, caratterizzato da uno spessore costante di 0.30 m.

Il dimensionamento è il risultato dello studio effettuato su una struttura piana che descrive una striscia larga 1,00m.

Di seguito si riporta la sezione trasversale tipo del muro in esame:



APPROVATO SDP

	Doc. N. 65706-IDA22-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAZ2000000100	REV. A00	FOGLIO 4 di 98
--	---------------------------------	---	-------------	-------------------

2. NORMATIVA E RIFERIMENTI

I calcoli e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore.

2.1 Opere in c.a. e strutture metalliche


- D. M. Min. Il. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 “Istruzione per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008
- UNI EN 1991-1-5:2004 Parte 1-5: Azioni sulle strutture - Azioni in generale - Azioni termiche
- UNI EN 1991-2:2005 Parte 2: Azioni sulle strutture - Carichi da traffico sui ponti
- UNI EN 1992-1-1:2005 Parte 1-1: Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1992-2:2006 Parte 2: Progettazione delle strutture in calcestruzzo- Ponti di calcestruzzo, Progettazione e dettagli costruttivi
- UNI EN 1997-1:2005 Parte 1: Progettazione geotecnica - Regole generali
- UNI EN 1998-1:2005 Parte 1: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici
- UNI EN 1998-2:2009 Parte 2: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Ponti
- UNI EN 1998-5:2005 Parte 5: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- UNI EN 197-1 giugno 2001 – “Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni
- UNI EN 11104 marzo 2004 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1
- UNI EN 206-1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”
- Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale

2.2 Strade

- D.M. 5 novembre 2001 – Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade
- D.M. 22 aprile 2004 – Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”
- Decreto Legislativo 30 aprile 1992 n. 285– Nuovo codice della strada;
- D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 495 – Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada;
- D.Lgs. 15 gennaio 2002 n. 9 – disposizioni integrative e correttive del nuovo codice della strada, a norma dell’articolo 1, comma 1, della L. 22 marzo 2001, n. 85.
- D.L. 20 giugno 2002 n. 121 – disposizioni urgenti per garantire la sicurezza nella circolazione stradale

Società di Progetto
della strada, a
Brebemì SpA



	Doc. N. 65706-IDA2-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAZ2000000100	REV. A00	FOGLIO 5 di 98
--	--------------------------------	---	-------------	-------------------

- L. 1 agosto 2002 n. 168 – conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 20 giugno 2002, n. 121, recante disposizioni urgenti per garantire la sicurezza nella circolazione stradale
- D.L. 27 giugno 2003 n. 151 – modifiche ed integrazioni al codice della strada
- L. 1 agosto 2003 n. 214 – conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 27 giugno 2003, n. 151, recante modifiche ed integrazioni al codice della strada
- D.M. 30 novembre 1999 n. 557 – Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili
- Bollettino CNR n. 150 – Norme sull'arredo funzionale delle strade urbane

2.3 Altri documenti

- CNR 10024/86 – Analisi mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione delle strutture in opera è previsto l'impiego dei materiali elencati nel seguito.

3.1 Calcestruzzo per magrone di sottofondazione

Per il magrone di sottofondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo di classe C16/20.

3.2 Calcestruzzo per strutture

Per la realizzazione del muro ad "L" si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di C32/40 che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica)	$f_{ck}=32.00\text{N/mm}^2$
Resistenza media a compressione	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 40.00 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3} = 33346 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c = 0.85 f_{ck}/1.5 = 18.13 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3} = 3.02 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione	$f_{ctk} = 0.7 f_{ctm} = 2.12 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.41 \text{ N/mm}^2$
Tensione massima di compressione (comb. Rara)	$\sigma_c = 0.60 f_{ck} = 19.20 \text{ N/mm}^2$
Tensione massima di compressione (comb. Q.P.)	$\sigma_c = 0.45 f_{ck} = 14.40 \text{ N/mm}^2$

3.3 Acciaio per cemento armato

Per le armature metalliche si adottano barre in acciaio del tipo B450C saldabile, controllato in stabilimento e che presentano le seguenti caratteristiche:

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica a rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
Fattore di sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m,s} = 391.30 \text{ N/mm}^2$
Tensione massima di trazione (comb. Rara)	$\sigma_s = 0.80 f_{yk} = 360.00 \text{ N/mm}^2$

3.4 Durabilità e prescrizioni sui materiali


Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale

APPROVATO SDR

Società di Progetto

Brebemi SpA

	Doc. N. 65706-IDA22-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAZ2000000100	REV. A00	FOGLIO 7 di 98
--	---------------------------------	---	-------------	-------------------

edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale c_{nom} è somma di due contributi, il copriferro minimo c_{min} e la tolleranza di posizionamento h . Vale pertanto: $c_{nom} = c_{min} + h$.

La tolleranza di posizionamento delle armature "h", per le strutture gettate in opera, può essere assunta pari a 5 mm, nell'ipotesi in cui sia previsto controllo di qualità con misura dei copriferri.

In accordo con le specifiche dei materiali da utilizzarsi per l'opera in oggetto, si utilizzano i seguenti tipi di calcestruzzo e copri ferri minimi. Il copriferro è valutato in accordo a quanto prescritto nella Norma UNI EN 1992-1-1, mentre la classe di resistenza minima è definita in accordo al Prospetto 4 della Norma UNI 11104:2004.

Campi di impiego	Classe di esposizione ambientale	Classe di resistenza minima [C(fck/Rck)min]	Classe strutturale	Copriferro minimo $c_{min,dur}$	Copriferro nominale $c_{nom} = c_{min} + h$ (mm)
			VN=100	VN=100	VN=100
Magrone di riempimento o livellamento	X0	C12/15	--	--	--
Fondazione e piedritto	XC4 XD1 XF1	C32/40	S4	35	40

Tabella 3.1 Classe di resistenza minima e copriferro nominale

In base a quanto definito nella tabella precedente e in accordo con quanto previsto nelle tabelle 4.2.III e 4.1.IV del D.M. 14 Gennaio 2008 si definiscono le condizioni ambientali ed i relativi limiti di apertura delle fessure accettabili per ciascun elemento strutturale.


Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4


Tabella 3.2 – Descrizione delle condizioni ambientali (tabella 4.2.III NTC 2008)

Nella tabella 4.1.IV del D.M. 14 Gennaio 2008, riportata di seguito per comodità, sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle condizioni ambientale e al tipo di armatura. Nel

Società di Progetto

Brebem SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	65706-IDAZ2-A00.docx	04RCEI11IDAZ2000000100	A00	8 di 98

caso specifico si evidenziano i limiti di apertura delle fessure da utilizzare per le verifiche agli stati limite di esercizio.

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	wd	Stato limite	wd
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w2$	ap. fessure	$\leq w3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w1$	ap. fessure	$\leq w2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w1$	ap. fessure	$\leq w2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w1$

Tabella 3.3 - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione (tabella 4.1.IV NTC 2008)

APPROVATO SDP

4. PARAMETRI GEOTECNICI

I parametri geotecnici che caratterizzano i materiali da rilevati e reinterri sono:


$$\Phi'_k = 38^\circ$$

$$\gamma_m = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma'_m = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{water}} = 10 \text{ kN/m}^3.$$

APPROVATO SDP

	Doc. N. 65706-IDA2-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAZ2000000100	REV. A00	FOGLIO 10 di 98
--	--------------------------------	---	-------------	--------------------

5. PROLUNGAMENTO DELLO SCATOLARE ESISTENTE

L'opera di prolungamento del manufatto esistente viene realizzata con uno scatolare chiuso in elementi prefabbricati, tali elementi dovranno presentare caratteristiche meccaniche in grado di resistere alle sollecitazioni dovute ai pesi propri, alle azioni permanenti ed ai sovraccarichi variabili da traffico propri dei ponti di 1a categoria, ai sensi di quanto previsto al punto 5.1.3.3 del D.M. 14 gennaio 2008.

L'elemento d'imbocco del nuovo tombino è costituito da un prefabbricato a sezione aperta, tipo muro ad "U", dimensionato in modo tale da resistere alle sollecitazioni dovute ai pesi propri, alle azioni permanenti, nonché ad un sovraccarico variabile sul piano campagna pari a 10.00 kN/mq.

APPROVATO SDP

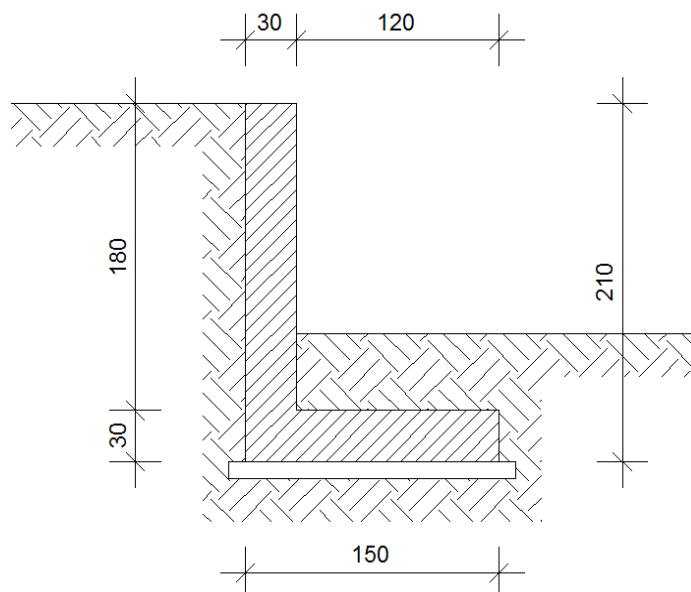
Società di Progetto
Brebemi SpA



6. MURO AD L IDAZ2

6.1 Geometria della struttura

La geometria del muro è quella riportata nella figura seguente:



L'opera è costituita da un muro a L di altezza complessiva pari a 2.10 m.
Di seguito si riepilogano le caratteristiche geometriche dell'opera:

Altezza del paramento	2.10 [m]
Spessore in sommità	0.30 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.30 [m]
Inclinazione paramento esterno	0.00 [°]
Inclinazione paramento interno	0.00 [°]
Lunghezza del muro	5.00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0.00 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	1.20 [m]
Lunghezza totale fondazione	1.50 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore estremità fondazione di valle	0.00 [m]
Spessore all'incastro fondazione di valle	0.00 [m]
Spessore all'incastro fondazione di monte	0.30 [m]
Spessore estremità fondazione di monte	0.30 [m]
Spessore magrone	0.10 [m]

APPROVATO SDP

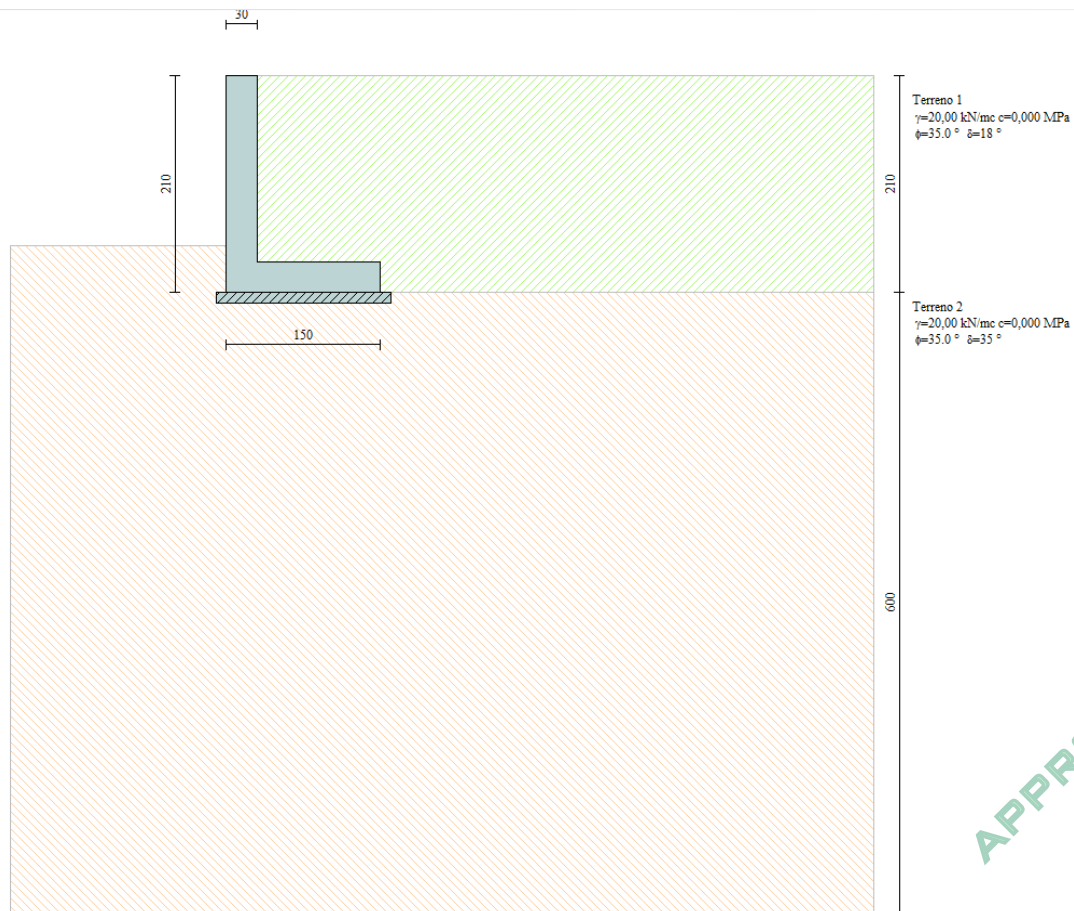
Società di Progetto
Brebemi SpA



6.2 Analisi della struttura

L'analisi della struttura è stata condotta con l'ausilio di una modellazione numerica agli elementi finiti condotta con l'ausilio del codice di calcolo MAX10.10 di Aztec Informatica.

Una rappresentazione della geometria della modellazione è riportata nella figura seguente:




Analisi dei carichi

Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari da assumere per le verifiche di resistenza, in esercizio ed in presenza dell'evento sismico.

Vengono prese in considerazione n°4 Condizioni Elementari di carico, di seguito determinate.

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N. 65706-IDA2-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAZ200000100	REV. A00	FOGLIO 13 di 98
--	--------------------------------	--	-------------	--------------------

Tali Combinazioni Elementari saranno opportunamente combinate secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

calcestruzzo armato: 25 kN/m³
rilevato 20 kN/m³

CdC 1: Peso proprio

Il peso proprio è calcolato automaticamente dal programma di calcolo.

CdC 2: Spinta del terreno

Secondo quanto riportato in precedenza, si assumono i seguenti parametri:

$$\gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$k_0 = 0.4264$$

$$k_a = 0.2461$$

CdC 3: Sovraccarico sul terreno

Si considera un sovraccarico $p = 20 \text{ kN/m}^2$ agente sul terreno a monte del muro.

CdC 4: Azione sismica

La vita nominale V_N dell'opera è stata assunta pari a 100 anni.

La classe d'uso assunta è la IV da cui si ricava $C_u = 2$.

Il periodo di riferimento per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso vale:
 $V_R = 200$ anni.


I parametri sismici di progetto assunti sono riportati in tabella:

STATO LIMITE	a_g (g)	F_0 (-)	T_c^*
--------------	--------------	--------------	---------

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	65706-IDA22-A00.docx	04RCEI11DAZ2000000100	A00	14 di 98

SALVAGUARDIA VITA	0.183	2.452	0.287
-------------------	-------	-------	-------

Con riferimento allo SLV la componente orizzontale dell'accelerazione sismica equivalente da applicare per metodi di calcolo pseudo-statici risulta pari a:

$$S_S = 1.43(\text{terreno categoria tipo C})$$

$$a_{\max} = S_S * S_T * a_g = 1.43 * 1.00 * 0.183 \text{ g} = 0.262 \text{ g}$$

Dove:

S_S : coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (par.3.2.3.2.1 Norme Tecniche per le Costruzioni);

S_T : coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione topografica (par.3.2.3.2.1 Norme Tecniche per le Costruzioni).

In virtù di quanto sopra esposto si ricava il coefficiente sismico orizzontale, considerando un β_m pari a 0.24 come indicato nelle NTC:

$$k_h = \beta_m * a_{\max} / g = 0.0628$$

Il coefficiente sismico verticale risulta invece:

$$k_v = 0.5 k_h = 0.0314$$

Nel caso di sisma orizzontale si considera, oltre alle componenti inerziali, l'incremento di spinta del terreno ΔP_d dovuta al sisma utilizzando la teoria di Mononobe-Okabe.

6.3 Metodo di Calcolo della spinta sul muro e delle verifiche di stabilità

6.3.1 Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali γ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo A1-M1 nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo A2-M2 nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

Società di Progetto
Brebemi SpA



6.3.2 Metodo di Mononobe-Okabe

Il metodo di Mononobe-Okabe adotta le stesse ipotesi della teoria di Coulomb : un cuneo di spinta a monte del muro che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea. Mette in conto inoltre l'inerzia sismica del cuneo in direzione orizzontale e verticale . Dall'equilibrio del cuneo si ricava la spinta che il terreno esercita sull'opera di sostegno in condizioni sismiche. Viene messo in conto, come nella teoria di Coulomb, l'esistenza dell' attrito fra il terreno e il paramento del muro, e quindi la retta di spinta risulta inclinata rispetto alla normale al paramento stesso di un angolo di attrito terra-muro.

L'espressione della spinta totale (statica più sismica) esercitata da un terrapieno, di peso di volume γ , su una parete di altezza H , risulta espressa secondo la teoria di Mononobe-Okabe dalla seguente relazione

$$S = 1/2(1 \pm k_v)\gamma H^2 K_a$$

K_a rappresenta il coefficiente di spinta attiva espresso da

$$K_a = \frac{\sin(\alpha + \phi - \theta)}{\sin^2 \alpha \sin(\alpha - \delta - \theta) \left[1 + \frac{\sqrt{[\sin(\phi + \delta)\sin(\phi - \beta - \theta)]}}{\sqrt{[\sin(\alpha - \delta - \theta)\sin(\alpha + \beta)]}} \right]^2}$$

L'angolo θ è legato al coefficiente sismico dalla seguente espressione

$$\tan(\theta) = k_h / (1 \pm k_v)$$

dove k_h e k_v rappresentano in coefficiente di intensità sismica orizzontale e verticale.

Nel caso in cui il terrapieno sia gravato di un sovraccarico uniforme Q l'espressione della pressione e della spinta diventano


$$\sigma_a = (\gamma z + Q)K_a$$

$$S = (1/2\gamma H^2 + QH)K_a$$

Al carico Q corrisponde un diagramma delle pressioni rettangolare con risultante applicata a $1/2H$ dalla base.
Nel caso di terreno dotato di coesione c l'espressione della pressione esercitata sulla parete, alla generica profondità z , diventa

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Birepini S.p.A.


	Doc. N. 65706-IDA22-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAZ2000000100	REV. A00	FOGLIO 16 di 98
--	---------------------------------	---	-------------	--------------------

$$\sigma_a = \gamma z K_a - 2c(K_a)^{1/2}$$

Al diagramma triangolare, espresso dal termine $\gamma z K_a$, si sottrae il diagramma rettangolare legato al termine con la coesione. La pressione σ_a risulta negativa per valori di z minori di

$$h_c = \frac{2c}{\gamma(K_a)^{1/2}}$$

La grandezza h_c è detta altezza critica e rappresenta la profondità di potenziale frattura del terreno. E' chiaro che se l'altezza della parete è inferiore ad h_c non abbiamo nessuna spinta sulla parete.

6.3.3 Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parete pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$ essendo k_h il coefficiente sismico orizzontale e k_v il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di k_h .

In presenza di falda a monte, θ assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

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


Terreno a permeabilità elevata

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

Detta S la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N. 65706-IDA22-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAZ2000000100	REV. A00	FOGLIO 17 di 98
--	---------------------------------	---	-------------	--------------------

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente A vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente A si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di θ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente A viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{iH} = k_h W \quad F_{iV} = \pm k_v W$$

dove W è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

6.3.4 Verifica a ribaltamento

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

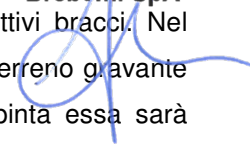
Eseguendo il calcolo mediante gli eurocodici si può impostare $\eta_r \geq 1.0$.


Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta S , dalle forze di inerzia del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N. 65706-IDA22-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAZ2000000100	REV. A00	FOGLIO 18 di 98
--	---------------------------------	---	-------------	--------------------

stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

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

6.3.5 Verifica a scorrimento

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

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_s \geq 1.0$

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

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

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

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

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

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

6.3.6 Verifica al carico limite

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

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_q \geq 1.0$

Le espressioni di Hansen per il calcolo della capacità portante si differenziano a secondo se siamo in presenza di un terreno puramente coesivo ($\phi=0$) o meno e si esprimono nel modo seguente:

Caso generale

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

Caso di terreno puramente coesivo $\phi=0$

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

in cui d_c, d_q, d_γ , sono i fattori di profondità; s_c, s_q, s_γ , sono i fattori di forma; i_c, i_q, i_γ , sono i fattori di inclinazione del carico; b_c, b_q, b_γ , sono i fattori di inclinazione del piano di posa; g_c, g_q, g_γ , sono i fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza.

I fattori N_c, N_q, N_γ sono espressi come:

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

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

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

Vediamo ora come si esprimono i vari fattori che compaiono nella espressione del carico ultimo.

Fattori di forma

Società di Progetto
Brebemi SpA



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

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

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \text{tg}\phi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

Fattori di profondità

Si definisce il parametro k come

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

$$k = \text{arctg} \frac{D}{B} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B} > 1$$

I vari coefficienti si esprimono come

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

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

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

$$\gamma = 1$$

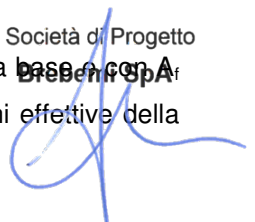
APPROVATO SDP

Fattori di inclinazione del carico

Indichiamo con V e H le componenti del carico rispettivamente perpendicolare e parallela alla base e con A_f l'area efficace della fondazione ottenuta come $A_f = B \cdot L'$ (B' e L' sono legate alle dimensioni effettive della

Società di Progetto

Interconnessione SPA



fondazione B , L e all'eccentricità del carico e_B , e_L dalle relazioni $B' = B - 2e_B$ $L' = L - 2e_L$) e con η l'angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi ($\eta=0$ per fondazione orizzontale).

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

$$\text{per } \phi = 0 \quad i_c = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}} \right)$$

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

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \text{ctg}\phi} \right)^5$$

$$\text{per } \eta = 0 \quad i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \text{ctg}\phi} \right)^5$$

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

Fattori di inclinazione del piano di posa della fondazione

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

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

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

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

Fattori di inclinazione del terreno


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

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

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N. 65706-IDA22-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAZ2000000100	REV. A00	FOGLIO 22 di 98
--	---------------------------------	---	-------------	--------------------

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

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

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

$$\beta \leq \phi$$

$$i_q, i_\gamma > 0$$

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

6.3.7 Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a η_g

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_g \geq 1.0$

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

APPROVATO SDP

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.


Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine m è espresso da

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N. 65706-IDA22-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAZ2000000100	REV. A00	FOGLIO 23 di 98
--	---------------------------------	---	-------------	--------------------

$$m = \left(1 + \frac{\sum_{i=1}^n \frac{W_i \cdot \tan \phi_i \cdot \tan \alpha_i}{b_i}}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i_{esima} rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i_{esima} , c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

6.4 Geometria profilo terreno

6.4.1 Terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	2,00	0,00	0,00
2	6,00	0,00	0,00

6.4.2 Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0,00 [°]

Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento 0,45 [m]

Descrizione terreni

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



Simbologia adottata

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
<i>c</i>	Coesione espressa in [kPa]
c_a	Adesione terra-muro espressa in [kPa]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	<i>c</i>	c_a
Terreno 1	20,00	20,00	35,00	17,50	0,0	0,0
Terreno 2	20,00	20,00	35,00	35,00	0,0	0,0

6.4.3 Stratigrafia

Simbologia adottata

<i>N</i>	Indice dello strato
<i>H</i>	Spessore dello strato espresso in [m]
<i>a</i>	Inclinazione espressa in [°]
<i>Kw</i>	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
<i>Ks</i>	Coefficiente di spinta
<i>Terreno</i>	Terreno dello strato

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	2,10	0,00	0,00	0,00	Terreno 1
2	6,00	0,00	3,42	0,00	Terreno 2

APPROVATO SDP

6.5 Condizioni di carico

6.5.1 Normativa

Le verifiche geotecniche vengono condotte secondo quanto disposto dall'Approccio 2 previsto dal D.M. 14 gennaio 2008.

Simbologia adottata

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

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>EQU</i>	<i>HYD</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00	0,90	0,90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,30	1,00	1,10	1,30
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,50	1,30	1,50	1,50


Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	γ_c	1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	γ_γ	1,00	1,00	1,00	1,00

Società di Progetto
Brebemi SpA

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	65706-IDA22-A00.docx	04RCEI11DAZ2000000100	A00	26 di 98

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>EQU</i>	<i>HYD</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,00	1,00	1,00	1,30
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,00	1,00	1,00	1,50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	γ_c	1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	γ_γ	1,00	1,00	1,00	1,00

FONDAZIONE SUPERFICIALE

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

<i>Verifica</i>	<i>Coefficienti parziali</i>		
	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1,00	1,00	1,40
Scorrimento	1,00	1,00	1,10
Resistenza del terreno a valle	1,00	1,00	1,40
Stabilità globale		1,10	

APPROVATO SDP

6.5.2 Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

F/S Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)

γ Coefficiente di partecipazione della condizione

Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00

Società di Progetto
Brebemi SpA



Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30
----------------	------	------	------	------

Combinazione n° 2 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,30	1.00	1,30
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,30	1.00	1,30
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30

Combinazione n° 3 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,30	1.00	1,30
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,30	1.00	1,30
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30

Combinazione n° 5 - Caso A2-M2 (GEO)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 6 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	0,90	1.00	0,90
Peso proprio terrapieno	FAV	0,90	1.00	0,90
Spinta terreno	SFAV	1,10	1.00	1,10

Combinazione n° 7 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 8 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00

APPROVATO SDP

Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 9 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 10 - Caso A2-M2 (GEO) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 11 - Caso A2-M2 (GEO) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 12 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 13 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 14 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 15 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
--	------------	----------------------------	--------------------------	-----------------------------------

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 16 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30
sovraccarico	SFAV	1,50	1,00	1,50

Combinazione n° 17 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,30	1,00	1,30
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,30	1,00	1,30
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30
sovraccarico	SFAV	1,50	1,00	1,50

Combinazione n° 18 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,30	1,00	1,30
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30
sovraccarico	SFAV	1,50	1,00	1,50

Combinazione n° 19 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,30	1,00	1,30
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30
sovraccarico	SFAV	1,50	1,00	1,50

Combinazione n° 20 - Caso A2-M2 (GEO)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00
sovraccarico	SFAV	1,30	1,00	1,30

Combinazione n° 21 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
--	-----	----------	--------	-----------------

APPROVATO SDP

 Società di Progetto
Brebemi SpA



Peso proprio muro	FAV	0,90	1.00	0,90
Peso proprio terrapieno	FAV	0,90	1.00	0,90
Spinta terreno	SFAV	1,10	1.00	1,10
sovraccarico	SFAV	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 22 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
sovraccarico	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 23 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 24 - Frequente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
sovraccarico	SFAV	1.00	0.75	0.75

Combinazione n° 25 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
sovraccarico	SFAV	1.00	1.00	1.00

APPROVATO SDP

6.6 Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

C Identificativo della combinazione

Tipo Tipo combinazione

Sisma Combinazione sismica

CS_{SCO} Coeff. di sicurezza allo scorrimento

CS_{RIB} Coeff. di sicurezza al ribaltamento

CS_{QLIM} Coeff. di sicurezza a carico limite

CS_{STAB} Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS_{sco}	CS_{rib}	CS_{qlim}	CS_{stab}
1	A1-M1 - [1]	--	3,73	--	8,04	--
2	A1-M1 - [1]	--	4,78	--	7,44	--
3	A1-M1 - [1]	--	4,41	--	7,98	--
4	A1-M1 - [1]	--	4,11	--	7,51	--
5	A2-M2 - [1]	--	2,98	--	3,58	--
6	EQU - [1]	--	--	4,86	--	--
7	STAB - [1]	--	--	--	--	2,12
8	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	3,13	--	6,30	--
9	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	3,06	--	6,56	--
10	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	2,09	--	2,28	--
11	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	2,05	--	2,38	--
12	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	3,29	--	--
13	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3,55	--	--
14	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,83
15	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,82
16	A1-M1 - [3]	--	2,79	--	3,97	--
17	A1-M1 - [3]	--	3,29	--	3,96	--
18	A1-M1 - [3]	--	3,11	--	4,08	--
19	A1-M1 - [3]	--	2,97	--	3,86	--
20	A2-M2 - [3]	--	2,00	--	1,59	--
21	EQU - [3]	--	--	2,96	--	--
22	STAB - [3]	--	--	--	--	1,57
23	SLEQ - [1]	--	4,78	--	9,67	--
24	SLEF - [1]	--	3,59	--	6,20	--
25	SLER - [1]	--	3,39	--	5,50	--

APPROVATO SDP

6.7 Analisi della spinta e verifiche

6.7.1 Verifiche geotecniche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Mononobe-Okabe
Calcolo del carico limite	metodo di Hansen
Calcolo della stabilità globale	metodo di Bishop
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

Sisma

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g	1.80 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.43
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.24
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 6.28$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 3.14$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g	0.00 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.50
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.18
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 0.00$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.00$

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



Forma diagramma incremento sismico

Rettangolare

Partecipazione spinta passiva (percento)

0,0

Lunghezza del muro

5,00 [m]

Peso muro

24,2718 [kN]

Baricentro del muro

X=0,12 Y=-1,38

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta

X = 1,20 Y = -2,10

Punto superiore superficie di spinta

X = 1,20 Y = 0,00

Altezza della superficie di spinta

2,10 [m]

Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)

0,00 [°]

COMBINAZIONE n° 1**Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica

14,1102 [kN]

Componente orizzontale della spinta statica

13,4572 [kN]

Componente verticale della spinta statica

4,2430 [kN]

Punto d'applicazione della spinta

X = 1,20 [m] Y = -1,40 [m]

Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie

17,50 [°]

Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche

0,2461 [°]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte

43,2000 [kN]

Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte

X = 0,60 [m] Y = -0,90 [m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale

13,4572 [kN]

Risultante dei carichi applicati in dir. verticale

71,7149 [kN]

Sforzo normale sul piano di posa della fondazione

71,7149 [kN]

Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione

13,4572 [kN]

Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione

0,11 [m]

Lunghezza fondazione reagente

1,50 [m]

Risultante in fondazione

72,9666 [kN]

Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)

10,63 [°]

Momento rispetto al baricentro della fondazione

7,7013 [kNm]

Carico ultimo della fondazione

576,7181 [kN]

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,06835	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,02727	[MPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 33.92$
Fattori forma	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0,60$	$i_q = 0,61$	$i_\gamma = 0,49$
Fattori profondità	$d_c = 1,12$	$d_q = 1,08$	$d_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 30.94$	$N'_q = 21.90$	$N'_\gamma = 16.78$
----------------	----------------	---------------------

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	3.73
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	8.04

APPROVATO SDP

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,11	0,7788	0,0012	0,0342
3	0,21	1,5576	0,0097	0,1368
4	0,32	2,3363	0,0326	0,3079
5	0,42	3,1151	0,0773	0,5474
6	0,53	3,8939	0,1509	0,8553
7	0,64	4,6727	0,2608	1,2316
8	0,74	5,4514	0,4142	1,6763
9	0,85	6,2302	0,6182	2,1895
10	0,95	7,0090	0,8802	2,7711
11	1,06	7,7878	1,2074	3,4211
12	1,16	8,5665	1,6071	4,1395
13	1,27	9,3453	2,0865	4,9263
14	1,38	10,1241	2,6527	5,7816
15	1,48	10,9029	3,3132	6,7053
16	1,59	11,6816	4,0751	7,6974
17	1,69	12,4604	4,9457	8,7579
18	1,80	13,2392	5,9321	9,8869

APPROVATO SDP

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 1

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Società di Progetto
Brebemi SpA



Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,12	-0,1857	-3,0287
3	0,24	-0,7111	-5,6630
4	0,36	-1,5290	-7,9031
5	0,48	-2,5921	-9,7489
6	0,60	-3,8530	-11,2003
7	0,72	-5,2644	-12,2575
8	0,84	-6,7790	-12,9203
9	0,96	-8,3495	-13,1889
10	1,08	-9,9286	-13,0631
11	1,20	-11,4689	-12,5430

COMBINAZIONE n° 2

Peso muro sfavorevole e Peso terrapieno sfavorevole

Valore della spinta statica	14,1102	[kN]	
Componente orizzontale della spinta statica	13,4572	[kN]	
Componente verticale della spinta statica	4,2430	[kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,20	[m]	Y = -1,40 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,50	[°]	
Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche	0,2461	[°]	
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	56,1600	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,60	[m]	Y = -0,90 [m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	13,4572	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	91,9564	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	91,9564	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	13,4572	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,09	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Risultante in fondazione	92,9359	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	8,33	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	8,1403	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	683,9645	[kN]

Tensioni sul terreno

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,08301	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,03960	[MPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 33.92$
Fattori forma	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0,67$	$i_q = 0,68$	$i_\gamma = 0,58$
Fattori profondità	$d_c = 1,12$	$d_q = 1,08$	$d_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 34.82$	$N'_q = 24.51$	$N'_\gamma = 19.76$
----------------	----------------	---------------------

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	4.78
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	7.44

APPROVATO SDP

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 2

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,11	1,0124	0,0012	0,0342
3	0,21	2,0248	0,0097	0,1368
4	0,32	3,0372	0,0326	0,3079
5	0,42	4,0496	0,0773	0,5474
6	0,53	5,0620	0,1509	0,8553
7	0,64	6,0745	0,2608	1,2316
8	0,74	7,0869	0,4142	1,6763
9	0,85	8,0993	0,6182	2,1895
10	0,95	9,1117	0,8802	2,7711
11	1,06	10,1241	1,2074	3,4211
12	1,16	11,1365	1,6071	4,1395
13	1,27	12,1489	2,0865	4,9263
14	1,38	13,1613	2,6527	5,7816
15	1,48	14,1737	3,3132	6,7053
16	1,59	15,1861	4,0751	7,6974
17	1,69	16,1985	4,9457	8,7579
18	1,80	17,2109	5,9321	9,8869

APPROVATO SDP

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 2

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Società di Progetto
Brebemi SpA



Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,12	-0,1124	-1,8034
3	0,24	-0,4161	-3,1900
4	0,36	-0,8613	-4,1598
5	0,48	-1,3978	-4,7129
6	0,60	-1,9757	-4,8491
7	0,72	-2,5449	-4,5686
8	0,84	-3,0555	-3,8713
9	0,96	-3,4574	-2,7572
10	1,08	-3,7005	-1,2263
11	1,20	-3,7350	0,7214

COMBINAZIONE n° 3

Peso muro favorevole e Peso terrapieno sfavorevole

Valore della spinta statica	14,1102	[kN]	
Componente orizzontale della spinta statica	13,4572	[kN]	
Componente verticale della spinta statica	4,2430	[kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,20	[m]	Y = -1,40 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,50	[°]	
Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche	0,2461	[°]	
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	56,1600	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,60	[m]	Y = -0,90 [m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	13,4572	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	84,6749	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	84,6749	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	13,4572	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,07	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Risultante in fondazione	85,7376	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	9,03	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	5,7573	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	675,6627	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
-------------------------------	------	-----

Tensione terreno allo spigolo di valle 0,07180 [MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte 0,04110 [MPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 33.92$
Fattori forma	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0,65$	$i_q = 0,66$	$i_\gamma = 0,55$
Fattori profondità	$d_c = 1,12$	$d_q = 1,08$	$d_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 33.60$ $N'_q = 23.69$ $N'_\gamma = 18.81$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento 4.41
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 7.98

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 3

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,11	0,7788	0,0012	0,0342
3	0,21	1,5576	0,0097	0,1368
4	0,32	2,3363	0,0326	0,3079
5	0,42	3,1151	0,0773	0,5474
6	0,53	3,8939	0,1509	0,8553
7	0,64	4,6727	0,2608	1,2316

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



8	0,74	5,4514	0,4142	1,6763
9	0,85	6,2302	0,6182	2,1895
10	0,95	7,0090	0,8802	2,7711
11	1,06	7,7878	1,2074	3,4211
12	1,16	8,5665	1,6071	4,1395
13	1,27	9,3453	2,0865	4,9263
14	1,38	10,1241	2,6527	5,7816
15	1,48	10,9029	3,3132	6,7053
16	1,59	11,6816	4,0751	7,6974
17	1,69	12,4604	4,9457	8,7579
18	1,80	13,2392	5,9321	9,8869

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 3

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,12	-0,0881	-1,4196
3	0,24	-0,3289	-2,5443
4	0,36	-0,6870	-3,3744
5	0,48	-1,1270	-3,9096
6	0,60	-1,6135	-4,1501
7	0,72	-2,1112	-4,0958
8	0,84	-2,5847	-3,7467
9	0,96	-2,9986	-3,1029
10	1,08	-3,3176	-2,1643
11	1,20	-3,5062	-0,9309

APPROVATO SDP

COMBINAZIONE n° 4
Peso muro sfavorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	14,1102	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	13,4572	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	4,2430	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,20	[m]	Y = -1,40	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,50	[°]		
Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche	0,2461	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	43,2000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,60	[m]	Y = -0,90	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	13,4572	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	78,9964	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	78,9964	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	13,4572	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,13	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Risultante in fondazione	80,1345	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	9,67	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	10,0843	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	592,9056	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,07956	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,02577	[MPa]

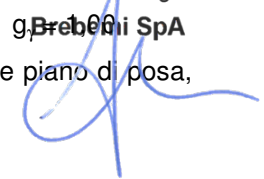
Fattori per il calcolo della capacità portante


Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 33.92$
Fattori forma	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0,63$	$i_q = 0,64$	$i_\gamma = 0,53$
Fattori profondità	$d_c = 1,12$	$d_q = 1,08$	$d_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

APPROVATO SDP

Società di Progetto
g. Brebani SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	65706-IDAZ2-A00.docx	04RCEI11IDAZ2000000100	A00	43 di 98

$$N'_c = 32.53$$

$$N'_q = 22.96$$

$$N'_\gamma = 17.98$$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento 4.11

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 7.51

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 4

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,11	1,0124	0,0012	0,0342
3	0,21	2,0248	0,0097	0,1368
4	0,32	3,0372	0,0326	0,3079
5	0,42	4,0496	0,0773	0,5474
6	0,53	5,0620	0,1509	0,8553
7	0,64	6,0745	0,2608	1,2316
8	0,74	7,0869	0,4142	1,6763
9	0,85	8,0993	0,6182	2,1895
10	0,95	9,1117	0,8802	2,7711
11	1,06	10,1241	1,2074	3,4211
12	1,16	11,1365	1,6071	4,1395
13	1,27	12,1489	2,0865	4,9263
14	1,38	13,1613	2,6527	5,7816
15	1,48	14,1737	3,3132	6,7053
16	1,59	15,1861	4,0751	7,6974
17	1,69	16,1985	4,9457	8,7579
18	1,80	17,2109	5,9321	9,8869

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 4

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,12	-0,2099	-3,4125
3	0,24	-0,7983	-6,3087
4	0,36	-1,7033	-8,6886
5	0,48	-2,8629	-10,5521
6	0,60	-4,2152	-11,8993
7	0,72	-5,6981	-12,7303
8	0,84	-7,2498	-13,0449
9	0,96	-8,8083	-12,8432
10	1,08	-10,3115	-12,1251
11	1,20	-11,6976	-10,8908

COMBINAZIONE n° 5

Valore della spinta statica	13,7185	[kN]	
Componente orizzontale della spinta statica	13,3019	[kN]	
Componente verticale della spinta statica	3,3553	[kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,20	[m]	Y = -1,40 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	14,16	[°]	
Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche	0,3111	[°]	
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	43,2000	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,60	[m]	Y = -0,90 [m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	13,3019	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	70,8271	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	70,8271	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	13,3019	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,12	[m]

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Risultante in fondazione	72,0654	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	10,64	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	8,2584	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	253,8153	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,06924	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,02520	[MPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 28.42$	$N_q = 16.92$	$N_\gamma = 13.38$
Fattori forma	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0,59$	$i_q = 0,61$	$i_\gamma = 0,49$
Fattori profondità	$d_c = 1,12$	$d_q = 1,09$	$d_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 18.66$	$N'_q = 11.24$	$N'_\gamma = 6.61$
----------------	----------------	--------------------

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.98
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.58

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 5

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,11	0,7788	0,0012	0,0338
3	0,21	1,5576	0,0095	0,1353
4	0,32	2,3363	0,0322	0,3043
5	0,42	3,1151	0,0764	0,5411
6	0,53	3,8939	0,1492	0,8454
7	0,64	4,6727	0,2578	1,2174
8	0,74	5,4514	0,4094	1,6570
9	0,85	6,2302	0,6111	2,1642
10	0,95	7,0090	0,8701	2,7391
11	1,06	7,7878	1,1935	3,3816
12	1,16	8,5665	1,5886	4,0917
13	1,27	9,3453	2,0624	4,8695
14	1,38	10,1241	2,6221	5,7149
15	1,48	10,9029	3,2750	6,6279
16	1,59	11,6816	4,0281	7,6086
17	1,69	12,4604	4,8886	8,6569
18	1,80	13,2392	5,8637	9,7728

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 5

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,12	-0,1223	-1,9677
3	0,24	-0,4553	-3,5126
4	0,36	-0,9484	-4,6347
5	0,48	-1,5507	-5,3339
6	0,60	-2,2116	-5,6103
7	0,72	-2,8803	-5,4638
8	0,84	-3,5060	-4,8946

Società di Progetto
Brebemi SpA



9	0,96	-4,0381	-3,9025
10	1,08	-4,4257	-2,4876
11	1,20	-4,6182	-0,6498

COMBINAZIONE n° 6

Valore della spinta statica	15,0904	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	14,6321	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	3,6908	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,20	[m]	Y = -1,40	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	14,16	[°]		
Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche	0,3111	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	38,8800	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,60	[m]	Y = -0,90	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	14,6321	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	64,4154	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	10,2424	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	49,7625	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	64,4154	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	14,6321	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,14	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Risultante in fondazione	66,0564	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	12,80	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	8,7915	[kNm]

APPROVATO SDP

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	4.86
--	------

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 7

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [MPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [MPa]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0,39 Y[m]= 0,97

Raggio del cerchio R[m]= 3,45

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -2,65

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2,94

Larghezza della striscia dx[m]= 0,22

Coefficiente di sicurezza C= 2.12

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	ϕ	c	u
1	1,2393	68.04	1,1494	0,0059	29.26	0,000	0,000
2	3,3484	60.13	2,9035	0,0044	29.26	0,000	0,000
3	4,8884	53.30	3,9193	0,0037	29.26	0,000	0,000
4	6,1029	47.45	4,4961	0,0032	29.26	0,000	0,000
5	7,1003	42.21	4,7700	0,0030	29.26	0,000	0,000
6	7,9350	37.37	4,8161	0,0028	29.26	0,000	0,000
7	8,6389	32.83	4,6834	0,0026	29.26	0,000	0,000
8	9,3021	28.51	4,4402	0,0025	29.26	0,000	0,000
9	10,0331	24.37	4,1393	0,0024	29.26	0,000	0,000
10	10,4447	20.35	3,6326	0,0023	29.26	0,000	0,000
11	10,7775	16.44	3,0504	0,0023	29.26	0,000	0,000

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



12	11,0367	12.61	2,4091	0,0022	29.26	0,000	0,000
13	11,2261	8.83	1,7235	0,0022	29.26	0,000	0,000
14	12,9124	5.09	1,1464	0,0022	29.26	0,000	0,000
15	8,2979	1.38	0,1994	0,0022	29.26	0,000	0,000
16	3,7174	-2.33	-0,1514	0,0022	29.26	0,000	0,000
17	3,6440	-6.05	-0,3843	0,0022	29.26	0,000	0,000
18	3,5047	-9.80	-0,5966	0,0022	29.26	0,000	0,000
19	3,2977	-13.59	-0,7748	0,0023	29.26	0,000	0,000
20	3,0199	-17.44	-0,9051	0,0023	29.26	0,000	0,000
21	2,6674	-21.38	-0,9722	0,0024	29.26	0,000	0,000
22	2,2344	-25.42	-0,9591	0,0024	29.26	0,000	0,000
23	1,7131	-29.61	-0,8463	0,0025	29.26	0,000	0,000
24	1,0926	-33.97	-0,6106	0,0026	29.26	0,000	0,000
25	0,3573	-38.58	-0,2228	0,0028	29.26	0,000	0,000

$$\Sigma W_i = 148,5323 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 41,0552 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 83,2027 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 4.11$$

COMBINAZIONE n° 8

Valore della spinta statica	10,8540	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	10,3517	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	3,2639	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,20	[m]	Y = -1,40	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,50	[°]		
Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche	0,2461	[°]		
Incremento sismico della spinta	1,9193	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 1,20	[m]	Y = -1,05	[m]
Coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche	0,2808	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	43,2000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,60	[m]	Y = -0,90	[m]
Inerzia del muro	1,5251	[kN]		
Inerzia verticale del muro	0,7625	[kN]		

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Bredini SpA



Inerzia del terrapieno fondazione di monte	2,7144	[kN]
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	1,3572	[kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	16,4216	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	73,4326	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	73,4326	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	16,4216	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,17	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Risultante in fondazione	75,2463	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	12,61	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	12,1564	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	462,3057	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,08137	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,01654	[MPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 33.92$
Fattori forma	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0,54$	$i_q = 0,55$	$i_\gamma = 0,43$
Fattori profondità	$d_c = 1,12$	$d_q = 1,08$	$d_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 27.84$	$N'_q = 19.81$	$N'_\gamma = 14.48$
----------------	----------------	---------------------

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	3.13
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	6.30

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 8

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,11	0,7788	0,0077	0,1544
3	0,21	1,5576	0,0345	0,3613
4	0,32	2,3363	0,0861	0,6210
5	0,42	3,1151	0,1679	0,9332
6	0,53	3,8939	0,2856	1,2981
7	0,64	4,6727	0,4447	1,7156
8	0,74	5,4514	0,6507	2,1858
9	0,85	6,2302	0,9094	2,7085
10	0,95	7,0090	1,2262	3,2840
11	1,06	7,7878	1,6067	3,9120
12	1,16	8,5665	2,0564	4,5927
13	1,27	9,3453	2,5811	5,3260
14	1,38	10,1241	3,1862	6,1119
15	1,48	10,9029	3,8772	6,9505
16	1,59	11,6816	4,6599	7,8417
17	1,69	12,4604	5,5397	8,7855
18	1,80	13,2392	6,5222	9,7820

APPROVATO SDP

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 8

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Società di Progetto
Brebemi SpA



Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,12	-0,1806	-2,9068
3	0,24	-0,6727	-5,1913
4	0,36	-1,4016	-6,8533
5	0,48	-2,2926	-7,8929
6	0,60	-3,2710	-8,3101
7	0,72	-4,2622	-8,1049
8	0,84	-5,1913	-7,2774
9	0,96	-5,9838	-5,8273
10	1,08	-6,5650	-3,7549
11	1,20	-6,8601	-1,0601

COMBINAZIONE n° 9

Valore della spinta statica	10,8540	[kN]	
Componente orizzontale della spinta statica	10,3517	[kN]	
Componente verticale della spinta statica	3,2639	[kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,20	[m]	Y = -1,40 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,50	[°]	
Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche	0,2461	[°]	
Incremento sismico della spinta	1,2441	[kN]	
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 1,20	[m]	Y = -1,05 [m]
Coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche	0,2832	[°]	
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	43,2000	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,60	[m]	Y = -0,90 [m]
Inerzia del muro	1,5251	[kN]	
Inerzia verticale del muro	-0,7625	[kN]	
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	2,7144	[kN]	
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-1,3572	[kN]	

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	15,7776	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	68,9901	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	68,9901	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	15,7776	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,17	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]

Risultante in fondazione	70,7712	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	12,88	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	11,5405	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	452,7120	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,07677	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,01522	[MPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 33.92$
Fattori forma	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0,53$	$i_q = 0,54$	$i_\gamma = 0,42$
Fattori profondità	$d_c = 1,12$	$d_q = 1,08$	$d_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 27.42$	$N'_q = 19.53$	$N'_\gamma = 14.18$
----------------	----------------	---------------------

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	3.06
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	6.56

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 9

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr. Y N M T

Società di Progetto
Brebemi SpA



1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,11	0,7788	0,0062	0,1265
3	0,21	1,5576	0,0287	0,3057
4	0,32	2,3363	0,0728	0,5375
5	0,42	3,1151	0,1443	0,8219
6	0,53	3,8939	0,2487	1,1589
7	0,64	4,6727	0,3916	1,5486
8	0,74	5,4514	0,5785	1,9909
9	0,85	6,2302	0,8151	2,4859
10	0,95	7,0090	1,1068	3,0335
11	1,06	7,7878	1,4593	3,6337
12	1,16	8,5665	1,8782	4,2865
13	1,27	9,3453	2,3689	4,9920
14	1,38	10,1241	2,9372	5,7501
15	1,48	10,9029	3,5884	6,5609
16	1,59	11,6816	4,3284	7,4242
17	1,69	12,4604	5,1625	8,3402
18	1,80	13,2392	6,0964	9,3089

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 9

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,12	-0,1908	-3,0809
3	0,24	-0,7158	-5,5710
4	0,36	-1,5042	-7,4702
5	0,48	-2,4850	-8,7785
6	0,60	-3,5874	-9,4959
7	0,72	-4,7404	-9,6225
8	0,84	-5,8731	-9,1582
9	0,96	-6,9147	-8,1030
10	1,08	-7,7942	-6,4569

Società di Progetto
Brebemi SpA



11 1,20 -8,4407 -4,2200

COMBINAZIONE n° 10

Valore della spinta statica	13,7185	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	13,3019	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	3,3553	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,20	[m]	Y = -1,40	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	14,16	[°]		
Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche	0,3111	[°]		
Incremento sismico della spinta	2,2181	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 1,20	[m]	Y = -1,05	[m]
Coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche	0,3504	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	43,2000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,60	[m]	Y = -0,90	[m]
Inerzia del muro	1,5251	[kN]		
Inerzia verticale del muro	0,7625	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	2,7144	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	1,3572	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	19,6920	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	73,4893	[kN]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	73,4893	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	19,6920	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,20	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]		
Risultante in fondazione	76,0819	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	15,00	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	14,5152	[kNm]		
Carico ultimo della fondazione	167,6508	[kN]		

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,08770	[MPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,01029	[MPa]		

APPROVATO SDP

 Società di Progetto
Brebemi SpA


Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 28.42$	$N_q = 16.92$	$N_\gamma = 13.38$
Fattori forma	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0,45$	$i_q = 0,49$	$i_\gamma = 0,35$
Fattori profondità	$d_c = 1,12$	$d_q = 1,09$	$d_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$$N'_c = 14.48 \qquad N'_q = 8.97 \qquad N'_\gamma = 4.73$$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.09
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.28

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 10

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

APPROVATO SDP

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,11	0,7788	0,0087	0,1757
3	0,21	1,5576	0,0396	0,4190
4	0,32	2,3363	0,0998	0,7300
5	0,42	3,1151	0,1966	1,1086
6	0,53	3,8939	0,3370	1,5548
7	0,64	4,6727	0,5282	2,0687
8	0,74	5,4514	0,7774	2,6501
9	0,85	6,2302	1,0918	3,2993
10	0,95	7,0090	1,4785	4,0160
11	1,06	7,7878	1,9446	4,8004
12	1,16	8,5665	2,4974	5,6524

Società di Progetto
Brebemi SpA



13	1,27	9,3453	3,1440	6,5721
14	1,38	10,1241	3,8915	7,5593
15	1,48	10,9029	4,7472	8,6143
16	1,59	11,6816	5,7181	9,7368
17	1,69	12,4604	6,8115	10,9270
18	1,80	13,2392	8,0345	12,1848

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 10

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,12	-0,2232	-3,5967
3	0,24	-0,8335	-6,4503
4	0,36	-1,7416	-8,5607
5	0,48	-2,8583	-9,9279
6	0,60	-4,0946	-10,5519
7	0,72	-5,3611	-10,4328
8	0,84	-6,5687	-9,5705
9	0,96	-7,6283	-7,9650
10	1,08	-8,4506	-5,6163
11	1,20	-8,9464	-2,5244

APPROVATO SDP

COMBINAZIONE n° 11

Valore della spinta statica	13,7185	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	13,3019	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	3,3553	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,20	[m]	Y = -1,40	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	14,16	[°]		
Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche	0,3111	[°]		
Incremento sismico della spinta	1,3641	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 1,20	[m]	Y = -1,05	[m]
Coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche	0,3531	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	43,2000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,60	[m]	Y = -0,90	[m]
Inerzia del muro	1,5251	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-0,7625	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	2,7144	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-1,3572	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	18,8640	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	69,0410	[kN]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	69,0410	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	18,8640	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,20	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]		
Risultante in fondazione	71,5717	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	15,28	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	13,7104	[kNm]		
Carico ultimo della fondazione	164,2180	[kN]		

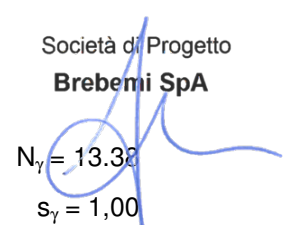
Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,08259	[MPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,00947	[MPa]		

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 28.42$	$N_q = 16.92$	$N_\gamma = 13.38$
Fattori forma	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$

APPROVATO SDP

 Società di Progetto
Brebemi SpA


Fattori inclinazione	$i_c = 0,45$	$i_q = 0,48$	$i_\gamma = 0,35$
Fattori profondità	$d_c = 1,12$	$d_q = 1,09$	$d_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$$N'_c = 14.23$$

$$N'_q = 8.83$$

$$N'_\gamma = 4.63$$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.05
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.38

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 11

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,11	0,7788	0,0068	0,1399
3	0,21	1,5576	0,0320	0,3475
4	0,32	2,3363	0,0828	0,6226
5	0,42	3,1151	0,1663	0,9654
6	0,53	3,8939	0,2896	1,3759
7	0,64	4,6727	0,4600	1,8539
8	0,74	5,4514	0,6846	2,3996
9	0,85	6,2302	0,9705	3,0130
10	0,95	7,0090	1,3250	3,6939
11	1,06	7,7878	1,7552	4,4425
12	1,16	8,5665	2,2682	5,2588
13	1,27	9,3453	2,8712	6,1426
14	1,38	10,1241	3,5714	7,0941
15	1,48	10,9029	4,3759	8,1132

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



16	1,59	11,6816	5,2918	9,2000
17	1,69	12,4604	6,3265	10,3544
18	1,80	13,2392	7,4869	11,5764

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 11

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,12	-0,2300	-3,7157
3	0,24	-0,8637	-6,7294
4	0,36	-1,8169	-9,0411
5	0,48	-3,0055	-10,6509
6	0,60	-4,3451	-11,5587
7	0,72	-5,7515	-11,7645
8	0,84	-7,1405	-11,2683
9	0,96	-8,4278	-10,0702
10	1,08	-9,5292	-8,1701
11	1,20	-10,3605	-5,5680

APPROVATO SDP

COMBINAZIONE n° 12

Valore della spinta statica	13,7185	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	13,3019	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	3,3553	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,20	[m]	Y = -1,40	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	14,16	[°]		
Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche	0,3111	[°]		
Incremento sismico della spinta	1,3641	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 1,20	[m]	Y = -1,05	[m]
Coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche	0,3531	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	43,2000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,60	[m]	Y = -0,90	[m]
Inerzia del muro	1,5251	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-0,7625	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	2,7144	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-1,3572	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	18,8640	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	69,0410	[kN]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	16,6034	[kNm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	54,6737	[kNm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	69,0410	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	18,8640	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,20	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]		
Risultante in fondazione	71,5717	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	15,28	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	13,7104	[kNm]		

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.29			
--	------	--	--	--

COMBINAZIONE n° 13

Valore della spinta statica	13,7185	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	13,3019	[kN]		

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA

Componente verticale della spinta statica	3,3553	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,20	[m]	Y = -1,40	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	14,16	[°]		
Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche	0,3111	[°]		
Incremento sismico della spinta	2,2181	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 1,20	[m]	Y = -1,05	[m]
Coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche	0,3504	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	43,2000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,60	[m]	Y = -0,90	[m]
Inerzia del muro	1,5251	[kN]		
Inerzia verticale del muro	0,7625	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	2,7144	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	1,3572	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	19,6920	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	73,4893	[kN]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	15,9290	[kNm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	56,5308	[kNm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	73,4893	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	19,6920	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,20	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]		
Risultante in fondazione	76,0819	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	15,00	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	14,5152	[kNm]		

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.55
--	------

APPROVATO SDP

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 14

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [MPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [MPa]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0,58 Y[m]= 1,74

Raggio del cerchio R[m]= 4,23

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3,13

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3,29

Larghezza della striscia dx[m]= 0,26

Coefficiente di sicurezza C= 1.83

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	ϕ	c	u
1	1,1989	61.19	1,0505	0,0052	29.26	0,000	0,000
2	3,3567	55.49	2,7660	0,0044	29.26	0,000	0,000
3	5,0940	49.73	3,8870	0,0039	29.26	0,000	0,000
4	6,5226	44.61	4,5802	0,0035	29.26	0,000	0,000
5	7,7240	39.90	4,9546	0,0033	29.26	0,000	0,000
6	8,7456	35.50	5,0786	0,0031	29.26	0,000	0,000
7	9,6172	31.33	5,0009	0,0029	29.26	0,000	0,000
8	10,3594	27.34	4,7582	0,0028	29.26	0,000	0,000
9	11,2877	23.49	4,4995	0,0027	29.26	0,000	0,000
10	11,8581	19.75	4,0074	0,0027	29.26	0,000	0,000
11	12,2851	16.10	3,4063	0,0026	29.26	0,000	0,000

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



12	12,6216	12.51	2,7339	0,0026	29.26	0,000	0,000
13	13,2707	8.97	2,0694	0,0025	29.26	0,000	0,000
14	14,8802	5.47	1,4176	0,0025	29.26	0,000	0,000
15	4,3039	1.98	0,1489	0,0025	29.26	0,000	0,000
16	4,3095	-1.49	-0,1123	0,0025	29.26	0,000	0,000
17	4,2350	-4.98	-0,3673	0,0025	29.26	0,000	0,000
18	4,0793	-8.48	-0,6012	0,0025	29.26	0,000	0,000
19	3,8409	-12.01	-0,7991	0,0026	29.26	0,000	0,000
20	3,5167	-15.59	-0,9450	0,0026	29.26	0,000	0,000
21	3,1028	-19.23	-1,0220	0,0027	29.26	0,000	0,000
22	2,5935	-22.96	-1,0116	0,0027	29.26	0,000	0,000
23	1,9813	-26.79	-0,8931	0,0028	29.26	0,000	0,000
24	1,2560	-30.76	-0,6424	0,0029	29.26	0,000	0,000
25	0,4037	-34.90	-0,2310	0,0031	29.26	0,000	0,000

$\Sigma W_i = 162,4443$ [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 43,7340$ [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 90,9958$ [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 3.58$

APPROVATO SDP

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 15

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [MPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [MPa]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0,58 Y[m]= 1,74

Raggio del cerchio R[m]= 4,23

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3,13

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3,29

Larghezza della striscia dx[m]= 0,26

Coefficiente di sicurezza C= 1.82

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	ϕ	c	u
1	1,1989	61.19	1,0505	0,0052	29.26	0,000	0,000
2	3,3567	55.49	2,7660	0,0044	29.26	0,000	0,000
3	5,0940	49.73	3,8870	0,0039	29.26	0,000	0,000
4	6,5226	44.61	4,5802	0,0035	29.26	0,000	0,000
5	7,7240	39.90	4,9546	0,0033	29.26	0,000	0,000
6	8,7456	35.50	5,0786	0,0031	29.26	0,000	0,000
7	9,6172	31.33	5,0009	0,0029	29.26	0,000	0,000
8	10,3594	27.34	4,7582	0,0028	29.26	0,000	0,000
9	11,2877	23.49	4,4995	0,0027	29.26	0,000	0,000
10	11,8581	19.75	4,0074	0,0027	29.26	0,000	0,000
11	12,2851	16.10	3,4063	0,0026	29.26	0,000	0,000

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



12	12,6216	12.51	2,7339	0,0026	29.26	0,000	0,000
13	13,2707	8.97	2,0694	0,0025	29.26	0,000	0,000
14	14,8802	5.47	1,4176	0,0025	29.26	0,000	0,000
15	4,3039	1.98	0,1489	0,0025	29.26	0,000	0,000
16	4,3095	-1.49	-0,1123	0,0025	29.26	0,000	0,000
17	4,2350	-4.98	-0,3673	0,0025	29.26	0,000	0,000
18	4,0793	-8.48	-0,6012	0,0025	29.26	0,000	0,000
19	3,8409	-12.01	-0,7991	0,0026	29.26	0,000	0,000
20	3,5167	-15.59	-0,9450	0,0026	29.26	0,000	0,000
21	3,1028	-19.23	-1,0220	0,0027	29.26	0,000	0,000
22	2,5935	-22.96	-1,0116	0,0027	29.26	0,000	0,000
23	1,9813	-26.79	-0,8931	0,0028	29.26	0,000	0,000
24	1,2560	-30.76	-0,6424	0,0029	29.26	0,000	0,000
25	0,4037	-34.90	-0,2310	0,0031	29.26	0,000	0,000

$$\Sigma W_i = 162,4443 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 43,7340 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 90,9958 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 3.58$$

COMBINAZIONE n° 16

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	29,6160	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	28,2453	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	8,9057	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,20	[m]	Y = -1,22	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,50	[°]		
Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche	0,2461	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	79,2000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,60	[m]	Y = -0,90	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	28,2453	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	112,3775	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	112,3775	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	28,2453	[kN]

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,13	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Risultante in fondazione	115,8728	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	14,11	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	14,3318	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	445,8903	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,11314	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,03670	[MPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 33.92$
Fattori forma	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0,50$	$i_q = 0,51$	$i_\gamma = 0,38$
Fattori profondità	$d_c = 1,12$	$d_q = 1,08$	$d_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 25.61$	$N'_q = 18.31$	$N'_\gamma = 12.89$
----------------	----------------	---------------------

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.79
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.97

APPROVATO SDP

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 16

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,11	0,7788	0,0407	0,7798
3	0,21	1,5576	0,1676	1,6281
4	0,32	2,3363	0,3879	2,5448
5	0,42	3,1151	0,7089	3,5298
6	0,53	3,8939	1,1378	4,5834
7	0,64	4,6727	1,6819	5,7053
8	0,74	5,4514	2,3484	6,8957
9	0,85	6,2302	3,1445	8,1544
10	0,95	7,0090	4,0776	9,4816
11	1,06	7,7878	5,1548	10,8773
12	1,16	8,5665	6,3834	12,3413
13	1,27	9,3453	7,7707	13,8738
14	1,38	10,1241	9,3238	15,4746
15	1,48	10,9029	11,0501	17,1440
16	1,59	11,6816	12,9567	18,8817
17	1,69	12,4604	15,0510	20,6878
18	1,80	13,2392	17,3401	22,5624

APPROVATO SDP

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 16

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Società di Progetto
Brebemi SpA



Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,12	-0,3270	-5,3277
3	0,24	-1,2493	-9,9216
4	0,36	-2,6788	-13,7817
5	0,48	-4,5275	-16,9080
6	0,60	-6,7074	-19,3005
7	0,72	-9,1303	-20,9593
8	0,84	-11,7083	-21,8842
9	0,96	-14,3532	-22,0754
10	1,08	-16,9770	-21,5328
11	1,20	-19,4917	-20,2564

COMBINAZIONE n° 17

Peso muro sfavorevole e Peso terrapieno sfavorevole

Valore della spinta statica	29,6160	[kN]	
Componente orizzontale della spinta statica	28,2453	[kN]	
Componente verticale della spinta statica	8,9057	[kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,20	[m]	Y = -1,22 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,50	[°]	
Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche	0,2461	[°]	
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	92,1600	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,60	[m]	Y = -0,90 [m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	28,2453	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	132,6191	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	132,6191	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	28,2453	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,11	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Risultante in fondazione	135,5936	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	12,02	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	14,7708	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	524,5356	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
-------------------------------	------	-----

Società di Progetto
Brebemi SpA



Tensione terreno allo spigolo di valle 0,12780 [MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte 0,04902 [MPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 33.92$
Fattori forma	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0,56$	$i_q = 0,57$	$i_\gamma = 0,45$
Fattori profondità	$d_c = 1,12$	$d_q = 1,08$	$d_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 28.73$	$N'_q = 20.41$	$N'_\gamma = 15.13$
----------------	----------------	---------------------

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	3.29
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.96

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 17

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,11	1,0124	0,0407	0,7798
3	0,21	2,0248	0,1676	1,6281
4	0,32	3,0372	0,3879	2,5448
5	0,42	4,0496	0,7089	3,5298
6	0,53	5,0620	1,1378	4,5834
7	0,64	6,0745	1,6819	5,7053

Società di Progetto
Brebemi SpA



8	0,74	7,0869	2,3484	6,8957
9	0,85	8,0993	3,1445	8,1544
10	0,95	9,1117	4,0776	9,4816
11	1,06	10,1241	5,1548	10,8773
12	1,16	11,1365	6,3834	12,3413
13	1,27	12,1489	7,7707	13,8738
14	1,38	13,1613	9,3238	15,4746
15	1,48	14,1737	11,0501	17,1440
16	1,59	15,1861	12,9567	18,8817
17	1,69	16,1985	15,0510	20,6878
18	1,80	17,2109	17,3401	22,5624

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 17

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,12	-0,2537	-4,1024
3	0,24	-0,9543	-7,4485
4	0,36	-2,0111	-10,0384
5	0,48	-3,3333	-11,8720
6	0,60	-4,8301	-12,9493
7	0,72	-6,4109	-13,2704
8	0,84	-7,9848	-12,8352
9	0,96	-9,4611	-11,6437
10	1,08	-10,7490	-9,6960
11	1,20	-11,7579	-6,9920

APPROVATO SDP

COMBINAZIONE n° 18

Peso muro favorevole e Peso terrapieno sfavorevole

Società di Progetto
Brebemi SpA



Valore della spinta statica	29,6160	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	28,2453	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	8,9057	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,20	[m]	Y = -1,22	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,50	[°]		
Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche	0,2461	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	92,1600	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,60	[m]	Y = -0,90	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	28,2453	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	125,3375	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	125,3375	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	28,2453	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,10	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Risultante in fondazione	128,4807	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	12,70	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	12,3878	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	511,9280	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,11659	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,05052	[MPa]

APPROVATO SDP

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 33.92$
Fattori forma	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0,54$	$i_q = 0,55$	$i_\gamma = 0,42$
Fattori profondità	$d_c = 1,12$	$d_q = 1,08$	$d_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$$N'_c = 27.70$$

$$N'_q = 19.71$$

Società di Progetto
Breda SpA



COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	3.11
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	4.08

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 18

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,11	0,7788	0,0407	0,7798
3	0,21	1,5576	0,1676	1,6281
4	0,32	2,3363	0,3879	2,5448
5	0,42	3,1151	0,7089	3,5298
6	0,53	3,8939	1,1378	4,5834
7	0,64	4,6727	1,6819	5,7053
8	0,74	5,4514	2,3484	6,8957
9	0,85	6,2302	3,1445	8,1544
10	0,95	7,0090	4,0776	9,4816
11	1,06	7,7878	5,1548	10,8773
12	1,16	8,5665	6,3834	12,3413
13	1,27	9,3453	7,7707	13,8738
14	1,38	10,1241	9,3238	15,4746
15	1,48	10,9029	11,0501	17,1440
16	1,59	11,6816	12,9567	18,8817
17	1,69	12,4604	15,0510	20,6878
18	1,80	13,2392	17,3401	22,5624

APPROVATO SDP

Sollecitazioni fondazione di monte

Società di Progetto
Brebemi SpA**Combinazione n° 18**

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,12	-0,2295	-3,7186
3	0,24	-0,8671	-6,8029
4	0,36	-1,8368	-9,2529
5	0,48	-3,0624	-11,0687
6	0,60	-4,4679	-12,2503
7	0,72	-5,9771	-12,7976
8	0,84	-7,5140	-12,7106
9	0,96	-9,0023	-11,9894
10	1,08	-10,3660	-10,6340
11	1,20	-11,5291	-8,6443

COMBINAZIONE n° 19

Peso muro sfavorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	29,6160	[kN]	
Componente orizzontale della spinta statica	28,2453	[kN]	
Componente verticale della spinta statica	8,9057	[kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,20	[m]	Y = -1,22 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,50	[°]	
Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche	0,2461	[°]	
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	79,2000	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,60	[m]	Y = -0,90 [m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	28,2453	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	119,6591	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	119,6591	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	28,2453	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,14	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Risultante in fondazione	122,9475	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	13,28	[°]

Società di Progetto
Brebemi SpA



Momento rispetto al baricentro della fondazione	16,7148	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	461,8719	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,12435	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,03520	[MPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 33.92$
Fattori forma	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0,52$	$i_q = 0,53$	$i_\gamma = 0,41$
Fattori profondità	$d_c = 1,12$	$d_q = 1,08$	$d_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 26.82$	$N'_q = 19.13$	$N'_\gamma = 13.75$
----------------	----------------	---------------------

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.97
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.86

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 19

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,11	1,0124	0,0407	0,7798

Società di Progetto
Brebemi SpA



3	0,21	2,0248	0,1676	1,6281
4	0,32	3,0372	0,3879	2,5448
5	0,42	4,0496	0,7089	3,5298
6	0,53	5,0620	1,1378	4,5834
7	0,64	6,0745	1,6819	5,7053
8	0,74	7,0869	2,3484	6,8957
9	0,85	8,0993	3,1445	8,1544
10	0,95	9,1117	4,0776	9,4816
11	1,06	10,1241	5,1548	10,8773
12	1,16	11,1365	6,3834	12,3413
13	1,27	12,1489	7,7707	13,8738
14	1,38	13,1613	9,3238	15,4746
15	1,48	14,1737	11,0501	17,1440
16	1,59	15,1861	12,9567	18,8817
17	1,69	16,1985	15,0510	20,6878
18	1,80	17,2109	17,3401	22,5624

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 19

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

APPROVATO SDP

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,12	-0,3512	-5,7115
3	0,24	-1,3365	-10,5672
4	0,36	-2,8531	-14,5671
5	0,48	-4,7984	-17,7112
6	0,60	-7,0696	-19,9996
7	0,72	-9,5641	-21,4321
8	0,84	-12,1791	-22,0088
9	0,96	-14,8120	-21,7297
10	1,08	-17,3600	-20,5948
11	1,20	-19,7205	-18,6042

Società di Progetto
Brebemi SpA



COMBINAZIONE n° 20

Valore della spinta statica	30,7033	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	29,7709	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	7,5094	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,20	[m]	Y = -1,21	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	14,16	[°]		
Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche	0,3111	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	74,4000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,60	[m]	Y = -0,90	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	29,7709	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	106,1812	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	106,1812	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	29,7709	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,17	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Risultante in fondazione	110,2758	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	15,66	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	17,7552	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	169,1847	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,11813	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,02344	[MPa]

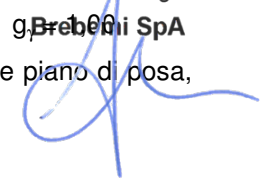
Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 28.42$	$N_q = 16.92$	$N_\gamma = 13.38$
Fattori forma	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0,44$	$i_q = 0,47$	$i_\gamma = 0,34$
Fattori profondità	$d_c = 1,12$	$d_q = 1,09$	$d_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

APPROVATO SDP

Società di Progetto
G. Breda SpA



$$N'_c = 13.90$$

$$N'_q = 8.65$$

$$N'_\gamma = 4.49$$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.00
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	1.59

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 20

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,11	0,7788	0,0452	0,8642
3	0,21	1,5576	0,1854	1,7960
4	0,32	2,3363	0,4279	2,7955
5	0,42	3,1151	0,7798	3,8625
6	0,53	3,8939	1,2482	4,9972
7	0,64	4,6727	1,8404	6,1996
8	0,74	5,4514	2,5634	7,4696
9	0,85	6,2302	3,4246	8,8072
10	0,95	7,0090	4,4309	10,2124
11	1,06	7,7878	5,5896	11,6853
12	1,16	8,5665	6,9078	13,2258
13	1,27	9,3453	8,3927	14,8339
14	1,38	10,1241	10,0515	16,5097
15	1,48	10,9029	11,8913	18,2531
16	1,59	11,6816	13,9192	20,0641
17	1,69	12,4604	16,1425	21,9428
18	1,80	13,2392	18,5683	23,8891

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 20

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,12	-0,3124	-5,0553
3	0,24	-1,1769	-9,2014
4	0,36	-2,4844	-12,4386
5	0,48	-4,1258	-14,7666
6	0,60	-5,9920	-16,1856
7	0,72	-7,9740	-16,6955
8	0,84	-9,9626	-16,2964
9	0,96	-11,8487	-14,9881
10	1,08	-13,5234	-12,7709
11	1,20	-14,8774	-9,6445

COMBINAZIONE n° 21

Valore della spinta statica	34,6882	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	33,6347	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	8,4840	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,20	[m]	Y = -1,20	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	14,16	[°]		
Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche	0,3111	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	74,8800	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,60	[m]	Y = -0,90	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	33,6347	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	105,2087	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	30,1953	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	89,3523	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	105,2087	[kN]

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	33,6347	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,19	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Risultante in fondazione	110,4543	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	17,73	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	19,7494	[kNm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 2.96

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 22

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [MPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [MPa]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0,58 Y[m]= 0,97

Raggio del cerchio R[m]= 3,55

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -2,99

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2,84

Larghezza della striscia dx[m]= 0,23

Coefficiente di sicurezza C= 1.57

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	ϕ	c	u
----------	---	--------------------	---------------	----------------	--------	---	---

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



1	7,4276	68.29	6,9005	0,0062	29.26	0,000	0,000
2	9,7434	60.23	8,4579	0,0046	29.26	0,000	0,000
3	11,4230	53.29	9,1571	0,0038	29.26	0,000	0,000
4	12,7424	47.35	9,3727	0,0034	29.26	0,000	0,000
5	13,8228	42.04	9,2559	0,0031	29.26	0,000	0,000
6	14,7247	37.14	8,8898	0,0029	29.26	0,000	0,000
7	15,4833	32.54	8,3284	0,0027	29.26	0,000	0,000
8	16,4248	28.17	7,7538	0,0026	29.26	0,000	0,000
9	16,9702	23.97	6,8946	0,0025	29.26	0,000	0,000
10	17,4088	19.91	5,9275	0,0024	29.26	0,000	0,000
11	17,7610	15.94	4,8790	0,0024	29.26	0,000	0,000
12	18,0325	12.06	3,7675	0,0023	29.26	0,000	0,000
13	14,8367	8.23	2,1239	0,0023	29.26	0,000	0,000
14	8,9597	4.44	0,6933	0,0023	29.26	0,000	0,000
15	4,3238	0.67	0,0502	0,0023	29.26	0,000	0,000
16	4,3006	-3.10	-0,2329	0,0023	29.26	0,000	0,000
17	4,2054	-6.89	-0,5044	0,0023	29.26	0,000	0,000
18	4,0370	-10.70	-0,7497	0,0023	29.26	0,000	0,000
19	3,7930	-14.57	-0,9539	0,0024	29.26	0,000	0,000
20	3,4699	-18.50	-1,1008	0,0024	29.26	0,000	0,000
21	3,0625	-22.52	-1,1731	0,0025	29.26	0,000	0,000
22	2,5640	-26.67	-1,1508	0,0026	29.26	0,000	0,000
23	1,9646	-30.97	-1,0111	0,0027	29.26	0,000	0,000
24	1,2507	-35.48	-0,7260	0,0028	29.26	0,000	0,000
25	0,4026	-40.27	-0,2602	0,0030	29.26	0,000	0,000

APPROVATO SDP

$\Sigma W_i = 229,1351$ [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 84,5892$ [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 128,3537$ [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 3.93$

COMBINAZIONE n° 23

Valore della spinta statica 10,8540 [kN]

Componente orizzontale della spinta statica 10,3517 [kN]

Componente verticale della spinta statica 3,2639 [kN]

Punto d'applicazione della spinta X = 1,20 [m]

Società di Progetto
Brebemi SpA

Y = -1,40 [m]

Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,50	[°]		
Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche	0,2461	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	43,2000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,60	[m]	Y = -0,90	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	10,3517	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	70,7357	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	70,7357	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	10,3517	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,09	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Risultante in fondazione	71,4891	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	8,33	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	6,2618	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	683,9645	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,06386	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,03046	[MPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 33.92$
Fattori forma	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0,67$	$i_q = 0,68$	$i_\gamma = 0,58$
Fattori profondità	$d_c = 1,12$	$d_q = 1,08$	$d_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 34.82$	$N'_q = 24.51$	$N'_\gamma = 19.76$
----------------	----------------	---------------------

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	4.78
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	9.67

Società di Progetto
Brebemi SpA



Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 23

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,11	0,7788	0,0009	0,0263
3	0,21	1,5576	0,0074	0,1053
4	0,32	2,3363	0,0251	0,2368
5	0,42	3,1151	0,0594	0,4211
6	0,53	3,8939	0,1161	0,6579
7	0,64	4,6727	0,2006	0,9474
8	0,74	5,4514	0,3186	1,2895
9	0,85	6,2302	0,4755	1,6842
10	0,95	7,0090	0,6771	2,1316
11	1,06	7,7878	0,9288	2,6316
12	1,16	8,5665	1,2362	3,1842
13	1,27	9,3453	1,6050	3,7895
14	1,38	10,1241	2,0406	4,4474
15	1,48	10,9029	2,5486	5,1579
16	1,59	11,6816	3,1347	5,9211
17	1,69	12,4604	3,8044	6,7369
18	1,80	13,2392	4,5632	7,6053

APPROVATO SDP

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 23

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Società di Progetto

Brebemi SpA



Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,12	-0,0864	-1,3872
3	0,24	-0,3201	-2,4538
4	0,36	-0,6625	-3,1999
5	0,48	-1,0753	-3,6253
6	0,60	-1,5198	-3,7301
7	0,72	-1,9576	-3,5143
8	0,84	-2,3504	-2,9779
9	0,96	-2,6595	-2,1209
10	1,08	-2,8466	-0,9433
11	1,20	-2,8731	0,5549

COMBINAZIONE n° 24

Valore della spinta statica	18,6069	[kN]	
Componente orizzontale della spinta statica	17,7457	[kN]	
Componente verticale della spinta statica	5,5952	[kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,20	[m]	Y = -1,25 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,50	[°]	
Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche	0,2461	[°]	
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	61,2000	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,60	[m]	Y = -0,90 [m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	17,7457	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	91,0670	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	91,0670	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	17,7457	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,11	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Risultante in fondazione	92,7799	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	11,03	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	9,5770	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	564,3660	[kN]

Tensioni sul terreno

Società di Progetto
Brebemi SpA



Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,08625	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,03517	[MPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 33.92$
Fattori forma	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0,59$	$i_q = 0,60$	$i_\gamma = 0,48$
Fattori profondità	$d_c = 1,12$	$d_q = 1,08$	$d_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 30.30$	$N'_q = 21.47$	$N'_\gamma = 16.29$
----------------	----------------	---------------------

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	3.59
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	6.20

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 24

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,11	0,7788	0,0207	0,3991
3	0,21	1,5576	0,0864	0,8509
4	0,32	2,3363	0,2027	1,3553
5	0,42	3,1151	0,3752	1,9123
6	0,53	3,8939	0,6095	2,5219

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



7	0,64	4,6727	0,9112	3,1842
8	0,74	5,4514	1,2857	3,8991
9	0,85	6,2302	1,7387	4,6667
10	0,95	7,0090	2,2758	5,4869
11	1,06	7,7878	2,9025	6,3597
12	1,16	8,5665	3,6244	7,2851
13	1,27	9,3453	4,4471	8,2632
14	1,38	10,1241	5,3761	9,2939
15	1,48	10,9029	6,4171	10,3772
16	1,59	11,6816	7,5755	11,5132
17	1,69	12,4604	8,8570	12,7018
18	1,80	13,2392	10,2672	13,9431

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 24

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,12	-0,1571	-2,5367
3	0,24	-0,5892	-4,5831
4	0,36	-1,2374	-6,1391
5	0,48	-2,0430	-7,2048
6	0,60	-2,9470	-7,7802
7	0,72	-3,8906	-7,8652
8	0,84	-4,8150	-7,4599
9	0,96	-5,6614	-6,5642
10	1,08	-6,3708	-5,1782
11	1,20	-6,8845	-3,3018

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



COMBINAZIONE n° 25

Valore della spinta statica	21,1912	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	20,2104	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	6,3723	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,20	[m]	Y = -1,23	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,50	[°]		
Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche	0,2461	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	67,2000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,60	[m]	Y = -0,90	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	20,2104	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	97,8442	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	97,8442	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	20,2104	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,11	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Risultante in fondazione	99,9097	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	11,67	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	10,6821	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	538,3745	[kN]

Tensioni sul terreno

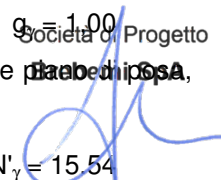
Lunghezza fondazione reagente	1,50	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,09372	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,03674	[MPa]

APPROVATO SDP

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 33.92$
Fattori forma	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0,57$	$i_q = 0,58$	$i_\gamma = 0,46$
Fattori profondità	$d_c = 1,12$	$d_q = 1,08$	$d_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione pendio, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 29.28$	$N'_q = 20.78$	$N'_\gamma = 15.54$

 Società di Progetto
 Studio di Progetto
 S.p.A.



COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	3.39
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	5.50

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 25

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,11	0,7788	0,0272	0,5234
3	0,21	1,5576	0,1127	1,0994
4	0,32	2,3363	0,2619	1,7281
5	0,42	3,1151	0,4805	2,4094
6	0,53	3,8939	0,7740	3,1433
7	0,64	4,6727	1,1480	3,9298
8	0,74	5,4514	1,6081	4,7690
9	0,85	6,2302	2,1598	5,6608
10	0,95	7,0090	2,8087	6,6053
11	1,06	7,7878	3,5604	7,6024
12	1,16	8,5665	4,4205	8,6521
13	1,27	9,3453	5,3945	9,7544
14	1,38	10,1241	6,4880	10,9094
15	1,48	10,9029	7,7065	12,1170
16	1,59	11,6816	9,0558	13,3773
17	1,69	12,4604	10,5412	14,6901
18	1,80	13,2392	12,1685	16,0556

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 25

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,12	-0,1807	-2,9199
3	0,24	-0,6789	-5,2929
4	0,36	-1,4291	-7,1189
5	0,48	-2,3656	-8,3980
6	0,60	-3,4227	-9,1302
7	0,72	-4,5349	-9,3155
8	0,84	-5,6366	-8,9538
9	0,96	-6,6620	-8,0453
10	1,08	-7,5456	-6,5898
11	1,20	-8,2216	-4,5873

6.7.2 Verifiche strutturali

Di seguito si riportano le verifiche delle sezioni per Combinazioni di carico risultate più critiche

I calcoli di verifica sono effettuati con il metodo degli Stati Limite, applicando il combinato D. M.14.01.2008 con l'UNI EN 1992 (Eurocodice 2).

Le verifiche sono condotte agli Stati Limite Ultimi ed agli Stati Limite di Esercizio di seguito riportati.

Agli Stati Limite Ultimi:

- Resistenza a sforzo normale e flessione (paragrafo 4.1.2.1.2 NTC);
- Resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti (paragrafo 4.1.2.1.3 NTC).

Agli Stati Limite di Esercizio:

- Verifica di fessurazione (paragrafo 4.1.2.2.4);
- Verifica delle tensioni in esercizio (paragrafo 4.1.2.2.5).

Criteria di verifica

Resistenza a sforzo normale e flessione

Si fa riferimento alle ipotesi di base riportate nel paragrafo 4.1.2.1.2.1 delle NT:

Società di Progetto
Brebemi SpA



- Conservazione delle sezioni piane,
- Perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo,
- Resistenza a trazione del calcestruzzo nulla,
- Rottura del calcestruzzo determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima a compressione,
- Rottura dell'armatura tesa determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima.

Per quanto concerne i materiali si adotta il diagramma di calcolo tensione-deformazione "parabola-rettangolo" per il calcestruzzo, elastico-perfettamente plastico per l'acciaio.

La verifica di resistenza si conduce confrontando $M_{Rd}(N_{Ed})$ con M_{Ed} come indicato di seguito:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed},$$

dove:

M_{Rd} è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a N_{Ed} ;

N_{Ed} è il valore di calcolo della compressione assiale (sforzo normale) dell'azione;

M_{Ed} è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

Si distingue tra elementi non armati a taglio (paragrafo 4.1.2.1.3.1 delle NT) ed elementi armati a taglio con staffe (paragrafo 4.1.2.1.3.2 delle NT).

Elementi non armati a taglio

La verifica di resistenza si pone con:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed},$$

dove:

V_{Rd} è il valore di calcolo della resistenza a taglio,

V_{Ed} è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con:

$$V_{Rd} = \{0.18 k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \sigma_{cp}\} b_w d \geq (u_{min} + 0.15 \sigma_{cp}) b_w d$$

Con:

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$u_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove:

d è l'altezza utile della sezione (in mm),


ρ_1 è il rapporto geometrico di armatura longitudinale (≤ 0.02),

σ_{cp} è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 f_{ck}$),

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N. 65706-IDA22-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAZ2000000100	REV. A00	FOGLIO 91 di 98
--	---------------------------------	---	-------------	--------------------

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

Elementi armati a taglio

La resistenza a taglio V_{Rd} per elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio è valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio.

Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo ed i puntoni d'anima inclinati.

L'inclinazione α dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i seguenti limiti:

$$1 \leq \text{ctg } \alpha \leq 2.5.$$

La verifica di resistenza si pone con:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed},$$

dove:

V_{Ed} è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'armatura trasversale (staffe), la resistenza di calcolo a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0.9 d A_{sw}/s f_{yd} \text{ctg } \alpha.$$

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

$$V_{Rcd} = 0.9 d b_w \alpha_c f'_{cd} \text{ctg } \alpha (1 + \text{ctg}^2 \alpha).$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rcd}, V_{Rsd}),$$

dove:

d è l'altezza utile della sezione,

σ_{cp} è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 f_{ck}$),

b_w è la larghezza minima della sezione,

A_{sw} è l'area dell'armatura trasversale,

s è l'interasse tra due armature trasversali consecutive,

f'_{cd} è la resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima,

α_c è il coefficiente maggiorativo funzione di σ_{cp} .

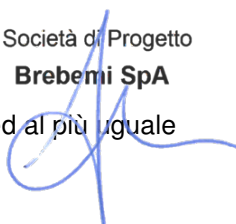
APPROVATO SDP


Verifiche allo stato limite di fessurazione

In ordine di severità si distinguono i seguenti stati limite:

- a) Stato limite di decompressione nel quale la tensione normale è ovunque di compressione ed al più uguale a 0;

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	65706-IDA22-A00.docx	04RCEI11DAZ2000000100	A00	92 di 98

b) Stato limite di formazione delle fessure nel quale la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata è:

$$\sigma_{ct} = f_{ctm}/1.2,$$

con f_{ctm} definito definito nel paragrafo 11.2.10.2 delle NT;

c) Stato limite di apertura delle fessure, il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm},$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm},$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}.$$

Lo stato limite di fessurazione è fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione, come descritto nel seguito.

Le combinazioni di riferimento sono:

- le combinazioni Quasi Permanenti,
- le combinazioni Frequenti.

Le condizioni ambientali si distinguono come riportato nella tabella seguente:

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Perquanto concerne la sensibilità delle armature, trattandosi di armature di acciaio ordinario queste si considerano poco sensibili.

La scelta dei limiti di fessurazione si esegue sulla base di quanto riportato nella tabella seguente:

Tabella 4.1.IV – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_1$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$


w_1, w_2, w_3 sono definiti al § 4.1.2.2.4.1, il valore di calcolo w_d è definito al § 4.1.2.2.4.6.

Per quanto concerne gli stati limite di decompressione (“a” nell’elenco precedente) e di formazione delle fessure (“b”), le tensioni sono calcolate in base alle caratteristiche geometriche e meccaniche della sezione omogeneizzata non fessurata.

Società di Progetto

Brebemi SpA



	Doc. N. 65706-IDA22-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAZ2000000100	REV. A00	FOGLIO 93 di 98
--	---------------------------------	---	-------------	--------------------

Per quanto concerne lo stato limite di apertura delle fessure il valore di calcolo di apertura w_d non deve superare i valori nominali w_1, w_2, w_3 secondo quanto riportato nella tabella precedente.

Il valore di calcolo è dato da:

$$w_d = 1.7 w_m,$$

dove:

w_m rappresenta l'ampiezza media delle fessure.

L'ampiezza media delle fessure w_m è calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d'armatura ϵ_{sm} per la distanza tra le fessure Δ_{sm} :

$$w_m = \epsilon_{sm} \Delta_{sm}.$$

Per i valori di ϵ_{sm} ed Δ_{sm} si fa riferimento a quanto indicato da comprovata letteratura tecnica.

Nella Circolare Applicativa del 2009, si fa riferimento al seguente calcolo per w_d :

$$w_d = \epsilon_{sm} \Delta_{smax}$$

dove:

Δ_{smax} rappresenta la distanza massima tra le fessure.

La deformazione unitaria delle barre, ϵ_{sm} , può essere calcolata con la seguente espressione:

$$\epsilon_{sm} = 1/E_s [\sigma_s - k_t f_{ctm}/\rho_{eff} (1 + \alpha_e \rho_{eff})] \geq 0.6 \sigma_s / E_s,$$

dove:

σ_s è la tensione nell'armatura tesa valutata considerando la sezione fessurata,

α_e è il rapporto E_s/E_{cm} ,

ρ_{eff} è pari ad $A_s/A_{c,eff}$,

$A_{c,eff}$ è l'area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura, di altezza $h_{c,ef}$, dove $h_{c,ef}$ è il valore minore tra $2.5(h-d)$, $(h-x)/3$ ed $h/2$ (come indicato in figura seguente).

Nel caso di elementi in trazione, in cui esistono due aree efficaci, l'una all'estradosso e l'altra all'intradosso, entrambe le aree vanno considerate separatamente,

k_t è un fattore dipendente dalla durata del carico.

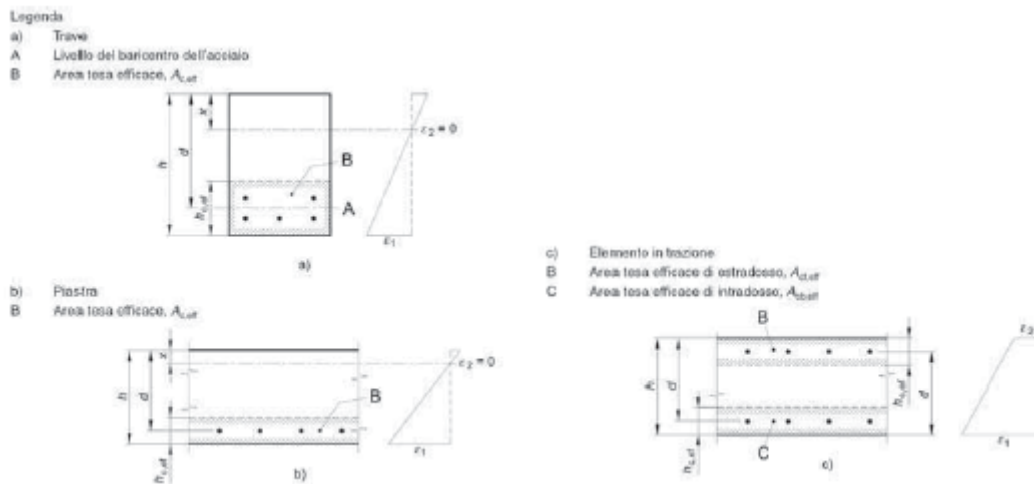


Fig. C4.1.9 Area tesa efficace. Casi tipici.

Per quanto concerne la distanza massima Δ_{smax} , nel caso in cui l'armatura sia disposta con una spaziatura non superiore a $5(c + \phi/2)$, essa può essere valutata come segue:

$$\Delta_{smax} = k_3 c + k_1 k_2 k_3 k_4 \phi / \rho_{eff},$$

dove:

ϕ è il diametro delle barre.

Se nella sezione sono impiegate barre di diametro diverso si raccomanda l'uso di un opportuno diametro equivalente ϕ_{eq} .

c è il ricoprimento delle barre di armatura,

k_1 è funzione dell'aderenza delle armature,

k_2 è funzione dello stato sollecitativo di trazione o flessione,

k_3 assume il valore fisso di 3.4,

k_4 assume il valore fisso di 0.425.

APPROVATO SDP

La massima apertura ammissibile risulta rispettivamente per le strutture in ambiente aggressivo per strutture ordinarie ed armature poco sensibili:

- combinazione di carico frequente $w_k < 0.30\text{mm}$;
- combinazione di carico quasi permanente $w_k < 0.20\text{mm}$.

Verifiche delle tensioni in esercizio

La massima tensione di compressione del calcestruzzo σ_c deve rispettare la seguente limitazione:

$$\begin{aligned} \sigma_c &< 0.60 f_{ck} && \text{per combinazione caratteristica (rara),} \\ \sigma_c &< 0.45 f_{ck} && \text{per combinazione quasi permanente.} \end{aligned}$$

La tensione massima per l'acciaio σ_s deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_s < 0.80 f_{yk} \quad \text{per combinazione caratteristica.}$$

Società di Progetto
Brebemi SpA



Verifica sezione

In questo paragrafo si eseguono le verifiche strutturali su una sezione tipica del muro.

Essendo la sezione tipica del paramento coincidente con quella della soletta di fondazione si esegue un'unica verifica utilizzando le sollecitazioni maggiori.

Si considera una sezione:

Larghezza b (cm)	100.00
Altezza h (cm)	30.00
Armatura Compresa (cm^2)	$\Phi 14/20$
	7.70
Armatura Tesa (cm^2)	$\Phi 12/20$
	5.65

Riepilogo sollecitazioni:

	al metro
M_{max}	19.7 kNm
T_{max}	23.89 kN
M_{max} SLE-Rara	12.17 kNm
M_{max} SLE-Frequente	10.27 kNm
M_{max} SLE-QuasiPermanente	4.56 kNm

Verifica a flessione

Titolo: _____

N° strati barre: Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm ²]	d [cm]
1	100	30	1	7,70	4,5
			2	5,61	25,5

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd} kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Materiali
B450C E_{su} % E_{c2} %
 f_{yd} N/mm² E_{cu} %
 E_s N/mm² f_{cd} %
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 E_{syd} % $\sigma_{c,adm}$ %
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co} %
 τ_{cl} %

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

M_{xRd} kNm
 σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_c %
 ϵ_s %
 d cm
 x x/d
 δ

Calcola MRd **Dominio M-N**
 L_0 cm **Col. modello**
 Precompresso

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N^* rett.

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA

Verifica delle tensioni di esercizio RARA

Titolo : _____

N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	7,70	4,5
2	5,61	25,5

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. **Metodo n**

N _{Ed}	0	0	kN
M _{xEd}	-19,72	-12,17	kNm
M _{yEd}	0	0	

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali
B450C **C32/40**

ϵ_{su}	67,5	%	ϵ_{c2}	2	%
f_{yd}	391,3	N/mm ²	ϵ_{cu}	3,5	
E_s	200.000	N/mm ²	f_{cd}	18,13	
E_s/E_c	15		f_{cc}/f_{cd}	0,8	?
ϵ_{syd}	1,957	%	$\sigma_{c,adm}$	12,25	
$\sigma_{s,adm}$	255	N/mm ²	τ_{co}	0,7333	
			τ_{c1}	2,114	

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_s %
 d cm
 x x/d
 δ

Verifica
 N° iterazioni:

Precompresso

Verifica a taglio

V _{sdu}	23.89	kN
M _{sdu}	-	kNm
N _{sdu}	0	kN
R _{ck}	40	N/mm ²
f _{ck}	32	N/mm ²
γ_c	1.5	
f _{yk}	450	N/mm ²
bw	100	cm
d	25.50	cm
Asl	7.7	cm ²
c	4.50	cm
α	90	gradi
α	1.57	rad
θ	21.80	gradi
ctg θ	2.50	
$\theta_{imposto}$	21.80	gradi

APPROVATO SDP

Asw	0	cm ²
passo staffe	0	cm
f _{cd}	18.133	N/mm ²
f _{ctd0,05}	1.356	N/mm ²
f _{yd}	391.304	N/mm ²
σ _{cp}	0.0000	N/mm ²
<i>verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
V _{Rd}	122.897	kN

Verifica a fessurazione – SLE Frequente

Caratteristiche dei materiali			
Coefficiente di omogeneizzazione t=0	n ₀ =	6	
Coefficiente di omogeneizzazione t=inf	n _{inf} =	19	
Classe cls	f _{ck} =	28	N/mm ²
Modulo elastico acciaio	E _s =	2.10E+05	N/mm ²
Modulo elastico cls t=0	E _{cm0} =	3.23E+04	N/mm ²
Modulo elastico cls t=inf	E _{cm-inf} =	1.08E+04	N/mm ²
Caratteristiche della sezione			
Altezza	h=	30	cm
Larghezza	B =	100	cm
Copriferro baricentrico acciaio teso	cb =	4.50	cm
Area acciaio teso	A _s =	7.70	cm ²
Ricoprimento barre esterne tese	c =	3.9	cm
Diametro massimo barre tese	F =	1.4	cm
Diametro medio equivalente	F _m =	1.4	cm
Sezione fessurata: apertura fessure			
Tensione media barre (l'intera area in A)	s _{sm} =	57.50	N/mm ²
Asse neutro	x=	6.40	cm
Altezza utile	d=	25.50	cm
Deformazione lembo inferiore	e ₁ =	3.38E-04	
Deformazione lembo superiore	e ₂ =	0.00	
Distanza media fra due fessure attigue			
Distanza media barre	s =	20.0	cm
Coefficiente k ₂	k ₂ =	0.50	
Coefficiente k ₃	k ₃ =	3.400	
Larghezza efficace	b _{eff} =	100.0	cm

APPROVATO SDP

Altezza efficace	$h_{c,eff} =$	7.9	cm
Area efficace	$A_{ceff} =$	786.7	cm ²
Area armature poste in A_{ceff}	$A_s =$	7.70	cm ²
Distanza massima fra due fessure	$D_{smax} =$	37.58	cm
Coefficiente k_t	$k_t =$	0.4	
Coefficiente k_1	$k_1 =$	0.8	
Coefficiente k_4	$k_4 =$	0.425	
Deformazione unitaria media	$e_{sm} =$	1.64E-04	
Ampiezza fessura	$w_k =$	0.062	mm

Verifica a fessurazione – SLE Quasi Permanente

Essendo la verifica a SLE frequente verificata con $w < 0.2\text{mm}$ la verifica nel caso di SLE quasi permanente è automaticamente soddisfatta.

APPROVATO SDP