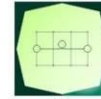


CONCEDENTE



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

II - INTERCONNESSIONE A35-A4

IDA21 - ADEGUAMENTO INTERFERENZA IDRAULICA IDA21

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

PROGETTAZIONE:



VERIFICA:

IL PROGETTISTA RESPONSABILE INTEGRAZIONE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE  
IMPRESA RIZZAROTTI 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:	
65695	EMITT. 04	TIPO RC	FASE E	M.A. I	LOTTO II	OPERA ID	PROC. OPERA AZ1	TRATTO 00	PART. 00	PROGR. 001	PART. DOC. 00	STATO A	REV. 00	LUG 2016	SCALA:	

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

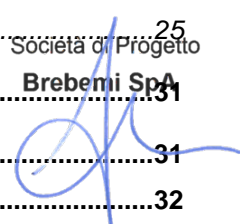
	<b>IL CONCEDENTE</b> 	<b>IL CONCESSIONARIO</b>  Società di Progetto <b>Brebemi SpA</b>
--	--------------------------	---

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTRIMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DELLA SdP 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 SdP BREBEMI S.P.A. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTED BY LAW

## INDICE

<b>1.</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'OPERA</b> .....	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>NORMATIVA E RIFERIMENTI</b> .....	<b>6</b>
2.1	Opere in c.a. e strutture metalliche .....	6
2.2	Strade .....	6
2.3	Altri documenti .....	7
<b>3.</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b> .....	<b>8</b>
3.1	Calcestruzzo per magrone di sottofondazione .....	8
3.2	Calcestruzzo per strutture.....	8
3.3	Acciaio per cemento armato .....	8
3.4	Durabilità e prescrizioni sui materiali .....	9
<b>4.</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO</b> .....	<b>11</b>
4.1	Combinazioni per la verifica allo SLU .....	11
4.2	Combinazioni per la verifica allo SLE .....	12
<b>5.</b>	<b>PARAMETRI GEOTECNICI</b> .....	<b>13</b>
<b>6.</b>	<b>PROLUNGAMENTO DELLO SCATOLARE ESISTENTE</b> .....	<b>14</b>
<b>7.</b>	<b>ELEMENTO SPECIALE DI COLLEGAMENTO</b> .....	<b>15</b>
7.1	Geometria della struttura .....	15
7.2	Analisi dei carichi elementari.....	15
7.2.1	<i>Peso proprio dell'elemento strutturale</i> .....	15
7.2.2	<i>Carichi permanenti portati</i> .....	15
7.2.3	<i>Carichi da traffico stradale transitante sopra la struttura scatolare</i> .....	16
7.3	Combinazioni di riferimento.....	17
<b>8.</b>	<b>VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI</b> .....	<b>20</b>
8.1	Elemento speciale di collegamento .....	20
8.2	Criteri di verifica .....	20
8.2.1	<i>Resistenza a sforzo normale e flessione</i> .....	20
8.2.2	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per taglio</i> .....	21
8.2.3	<i>Verifiche allo stato limite di fessurazione</i> .....	22
8.2.4	<i>Verifiche delle tensioni in esercizio</i> .....	25
8.3	Tabulati di verifica.....	25
8.3.1	<i>Mezzeria elemento speciale di collegamento</i> .....	25
<b>9.</b>	<b>MURO AD L IDAZ1</b> .....	<b>31</b>
9.1	Geometria della struttura .....	31
9.2	Analisi della struttura .....	32

APPROVATO SDP



<b>9.3</b>	<b>Metodo di Calcolo della spinta sul muro e delle verifiche di stabilità .....</b>	<b>35</b>
9.3.1	<i>Valori caratteristici e valori di calcolo .....</i>	35
9.3.2	<i>Metodo di Mononobe-Okabe .....</i>	35
9.3.3	<i>Spinta in presenza di sisma .....</i>	36
9.3.4	<i>Verifica a ribaltamento .....</i>	37
9.3.5	<i>Verifica a scorrimento .....</i>	38
9.3.6	<i>Verifica al carico limite .....</i>	39
9.3.7	<i>Verifica alla stabilità globale.....</i>	42
<b>9.4</b>	<b>Geometria profilo terreno .....</b>	<b>43</b>
9.4.1	<i>Terreno a monte del muro .....</i>	43
9.4.2	<i>Terreno a valle del muro .....</i>	44
9.4.3	<i>Stratigrafia .....</i>	44
<b>9.5</b>	<b>Condizioni di carico .....</b>	<b>45</b>
9.5.1	<i>Normativa .....</i>	45
9.5.2	<i>Descrizione combinazioni di carico .....</i>	46
<b>9.6</b>	<b>Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati.....</b>	<b>50</b>
<b>9.7</b>	<b>Analisi della spinta e verifiche.....</b>	<b>51</b>
9.7.1	<i>Verifiche geotecniche.....</i>	51
9.7.2	<i>Verifiche strutturali .....</i>	94

APPROVATO SDP

## 1. DESCRIZIONE DELL'OPERA

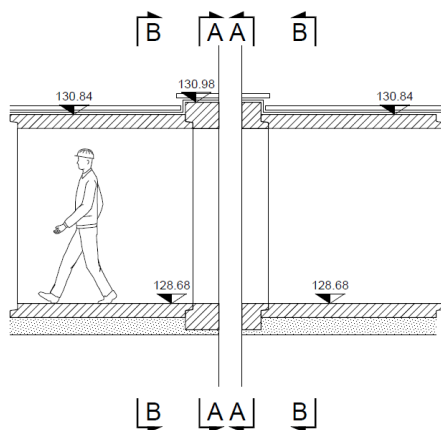
La presente relazione di calcolo riguarda l'adeguamento del tombino scatolare IDA21 situato nel ramo di "Collegamento Tangenziale direzione Brescia (BS)" dello svincolo di Interconnessione che collega l'Autostrada A35 BreBeMi alla Tangenziale in direzione BS, nell'ambito del piu' generale Progetto Esecutivo 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 scatolari idraulici esistenti attraverso l'utilizzo di sezioni scatolari prefabbricate. Oggetto della presente relazione di calcolo è il tombino scatolare IDAZ1 costituito da due scatolari distinti affiancati di dimensioni interne massime 250X150cm e 125x200cm.

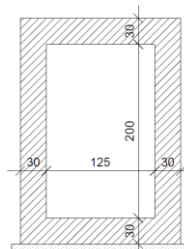
L'intervento di allungamento prevede la connessione delle nuove sezioni con il tombino esistente in cls armato gettato in opera attraverso il getto di un elemento speciale di collegamento debitamente progettato.

Si riportano di seguito alcune sezioni del tombini scatolari oggetto di analisi:

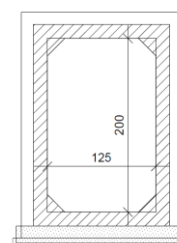
SEZIONE LONGITUDINALE  
COLLEGAMENTO IN OPERA  
Scala 1:50



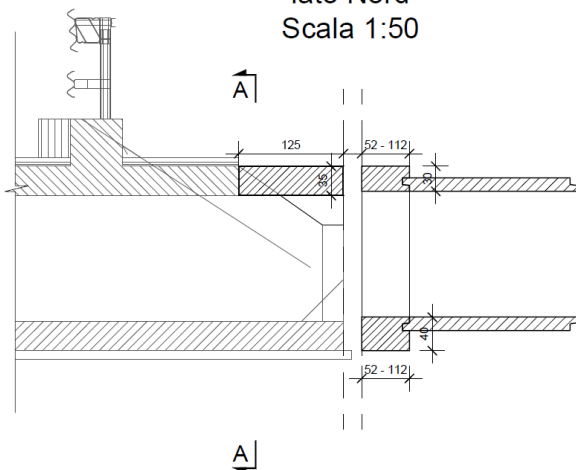
SEZ A-A  
Scala 1:50



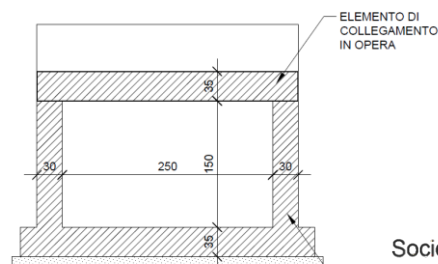
SEZ B-B  
Scala 1:50



SEZIONE LONGITUDINALE DEL  
COLLEGAMENTO CON TOMBINO  
ESISTENTE  
- lato Nord -  
Scala 1:50



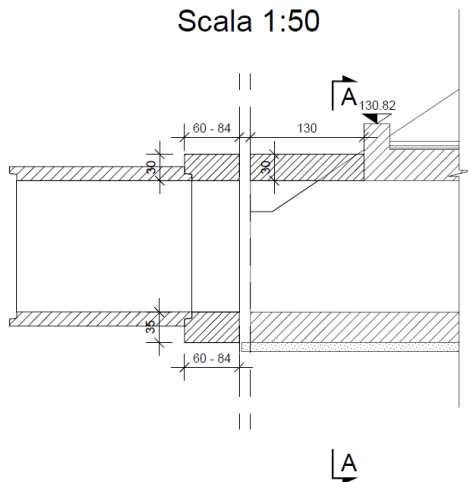
SEZ A-A



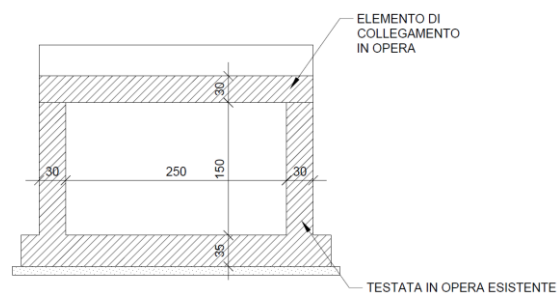
Società di Progetto  
BreBeMi SpA  
TESTATA IN OPERA ESISTENTE

APPROVATO SDP

SEZIONE LONGITUDINALE DEL  
COLLEGAMENTO CON TOMBINO  
ESISTENTE  
- lato Sud -  
Scala 1:50



SEZ A-A



L'altezza di ricoprimento dello scatolare assunta ai fini del calcolo della struttura è pari a 1.30m.  
Non si riscontra interferenza con la falda.

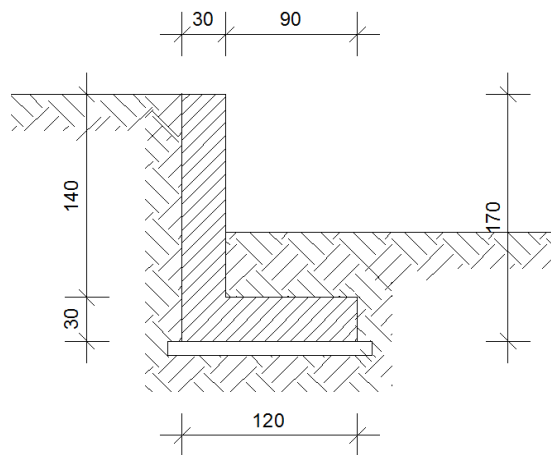
Le azioni considerate nel calcolo sono quelle tipiche di una struttura interrata con le aggiunte delle azioni di tipo stradale, con applicazione della Normativa sui ponti stradali D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni.

In questa relazione sono riportate le verifiche geotecniche e strutturali del muro di sostegno IDAZ1 previsto nell'ambito dei lavori inerenti il collegamento autostradale di connessione tra la A35 e la A4.


Il muro è alto 1.70m, 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 SDR

	Doc. N. 65695-IDAZ1-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11IDAZ1000000100	REV. A00	FOGLIO 6 di 94
--	---------------------------------	--	-------------	-------------------

## 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. 65695-IDAZ1-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11IDAZ1000000100	REV. A00	FOGLIO 7 di 94
--	---------------------------------	--	-------------	-------------------

- 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 dell'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 della soletta superiore dell'elemento speciale di collegamento si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di C32/40 che presenta le seguenti caratteristiche:

Classe di resistenza	=	C32/40	
Rck	=	40 MPa	Valore caratteristico resistenza cubica
fck	=	33.2 MPa	Valore caratteristico resistenza cilindrica
fcm	=	41.2 MPa	Valore medio resistenza cilindrica
fctm	=	3.10 MPa	Valore medio resistenza a trazione semplice
fctm	=	3.72 MPa	Valore medio resistenza a trazione per flessione
$\nu$	=	0.2	Coefficiente di Poisson
Ecm	=	33643 MPa	Modulo elastico
$\gamma_c$	=	1.5	Coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	0.85	Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
fcd	=	18.81 MPa	Resistenza di calcolo a compressione
fctd	=	1.45 MPa	Resistenza di calcolo a trazione
$\epsilon_{cu}$	=	0.0035	Deformazione a rottura per il calcestruzzo
$\epsilon_{c0}$	=	0.002	Deformazione limite del tratto a parabola del legame costitutivo del calcestruzzo

#### 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)	$\sigma_s = 0.80 f_{yk} = 360.00 \text{ N/mm}^2$

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**





### 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 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=50	VN=50	VN=50
Elemento speciale di collegamento (soletta superiore) e muro ad L	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

	Doc. N. 65695-IDAZ1-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11IDAZ1000000100	REV. A00	FOGLIO 10 di 94
--	---------------------------------	--	-------------	--------------------

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. COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al cap. 2 delle NT.

### 4.1 Combinazioni per la verifica allo SLU

Lo stato limite ultimo per la presente opera si riferisce allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dal raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera.

Le verifiche agli stati limite ultimi sono eseguite in riferimento al seguente stato limite:

SLU di tipo strutturale: raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Ai fini delle verifiche degli stati limite ultimi si definisce la seguente combinazione:

Fondamentale:  $\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$

**Tabella 5.1.VI - Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali**

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente $\psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
Vento $q_5$	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve $q_5$	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	$T_k$	0,6	0,6	0,5

## 4.2 Combinazioni per la verifica allo SLE

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (fessurazione/stato tensionale) si definiscono le seguenti combinazioni:

Frequente)	⇒	$G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	⇒	$(\Phi_d' = \Phi_k')$
Quasi permanente)	⇒	$G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	⇒	$(\Phi_d' = \Phi_k')$
Rara)	⇒	$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$	⇒	$(\Phi_d' = \Phi_k')$

APPROVATO SDP

## 5. 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. 65695-IDAZ1-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11IDAZ1000000100	REV. A00	FOGLIO 14 di 94
--	---------------------------------	--	-------------	--------------------

## 6. 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

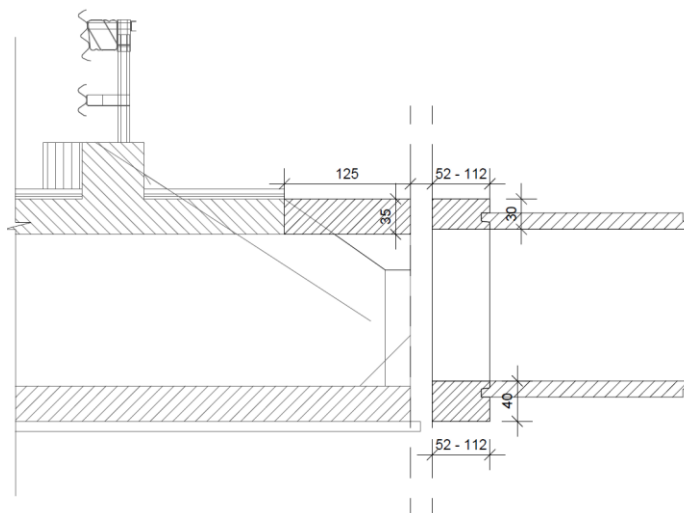
Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



## 7. ELEMENTO SPECIALE DI COLLEGAMENTO

### 7.1 Geometria della struttura

Come già mostrato in precedenza si riporta una sezione dello scatolare in oggetto in corrispondenza dell'elemento di collegamento tra sezione esistente e nuova sezione:



Il dimensionamento dell'elemento speciale di collegamento viene effettuato sulla base delle misure dedotte dall'elaborato grafico riportate nel seguito:

- Lunghezza elemento  $L=2.50\text{m}$  (si considera la sezione più sollecitata)
- Larghezza elemento  $B=1.25\text{m} + 1.12\text{m}$
- Spessore elemento  $s=0.30\text{m}$
- Spessore terreno ricoprimento  $H=1.30\text{m}$

APPROVATO SDP

### 7.2 Analisi dei carichi elementari

#### 7.2.1 Peso proprio dell'elemento strutturale

Il peso proprio dell'elemento di collegamento risulta:

#### 7.2.2 Carichi permanenti portati

I carichi permanenti portati sono rappresentati dal peso del terreno di ricoprimento e dalla sovrastuttura stradale.

- Terreno di ricoprimento

Società Strada  
Brebemi SpA



- Sovrastruttura stradale

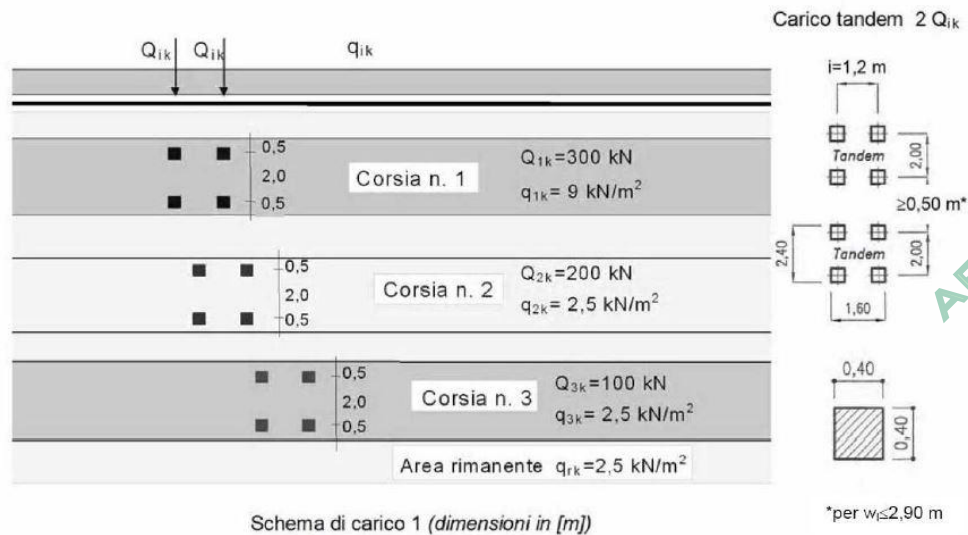
## 7.2.3 Carichi da traffico stradale transitante sopra la struttura scatolare

### Carichi gravanti sull'elemento speciale di collegamento

Come azioni variabili da traffico si assume lo schema di carico 1 secondo il paragrafo 5.1.3.3.3 delle NT. Si considera la categoria stradale 1.

Lo schema 1 prevede la presenza di diverse corsie di carico, delle quali si riporta di seguito solo la prima, caratterizzata da:

- ✓ il carico  $Q_{1,k}$  costituito da un mezzo convenzionale da  $[4 \cdot 150]$  kN a due assi da  $[2 \cdot 150]$  kN ognuno (carico tandem).  
I quattro carichi concentrati sono disposti su impronte di dimensione  $0.4 \times 0.4$ , poste ad un interasse ortogonale al senso di marcia di  $2 \text{ m}$  e  $1.2 \text{ m}$  in asse al senso di marcia;
- ✓ il carico ripartito  $q_{1,k}$  da  $9 \text{ kN/m}^2$  che interessa la lunghezza della corsia e la larghezza pari a  $3 \text{ m}$ .

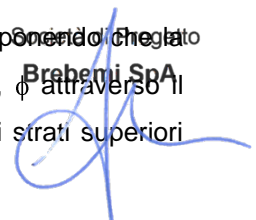


Le corsie appena descritte sono posizionate ortogonalmente all'asse del sottopasso e si considera la ripartizione sia in direzione longitudinale che trasversale.

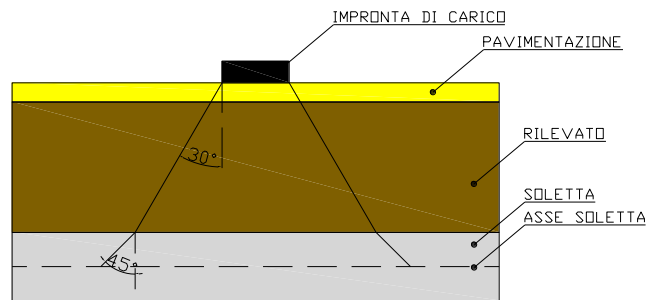
Per quanto concerne il carico uniforme non si considera distribuzione longitudinale.

Per quanto concerne il carico tandem la superficie di diffusione del carico è determinata supponendo che la diffusione avvenga con un angolo di diffusione pari a  $45^\circ$  attraverso il pacchetto stradale,  $\phi$  attraverso il rilevato stradale,  $45^\circ$  sino al piano medio della soletta superiore (qualora la diffusione sugli strati superiori non abbia già ecceduto le dimensioni dell'elemento speciale):

Scritto e firmato  
Brahmi SpA







In direzione trasversale alla strada (ovvero longitudinale allo scatolare), la larghezza di diffusione viene considerata limitata dalla larghezza della corsia convenzionale.

Risulta pertanto:

- in direzione longitudinale alla strada:

$$L_{dl} = 1.2 + 0.4 + 2x (0.1 + 1.35 \cdot \text{tg}(38)) = 3.91 \text{ m.}$$

- in direzione trasversale alla strada:

$$L_{dl} = 2.0 + 0.4 + 2x (0.1 + 1.35 \cdot \text{tg}(38)) = 4.71 \text{ m} > 3.00 \text{ m}$$

In direzione trasversale alla strada si assume pertanto una larghezza di diffusione pari alla larghezza della corsia convenzionale.

Il carico distribuito di riferimento per effetto del carico tandem è pertanto pari a:

$$Q_{1k, \text{distribuito}} = 600 / (3.91 \cdot 3.00) = 51.16 \text{ kN/m}^2.$$

Si considera inoltre contributo del carico distribuito di normativa:

$$q_{1k, \text{distribuito}} = 9.00 \text{ kN/m}^2.$$

APPROVATO SDP

### 7.3 Combinazioni di riferimento

Si procede alla combinazione dei carichi mostrati in precedenza ai fini di massimizzare le sollecitazioni della struttura scatolare.

Per i coefficienti impiegati nelle combinazioni si fa di seguito riferimento a quanto riportato nelle NT:

**Tabella 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU**

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.  
<sup>(3)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(4)</sup> 1,20 per effetti locali

**Tabella 5.1.VI - Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali**

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente $\psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	----	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento $q_5$	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve $q_5$	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	$T_k$	0,6	0,6	0,5

Per le combinazioni necessarie alla determinazione delle sollecitazioni di seguito utilizzate si utilizzano pertanto i coefficienti riportanti in tabella:

Combinazione	Pesi propri	Carichi permanenti portati	Carichi variabili tandem	Carichi variabili distribuiti
SLU	1.35	1.50	1.35	1.35
SLE Rara	1.00	1.00	1.00	1.00
SLE Frequente	1.00	1.00	0.75	0.40
SLE Quasi Permanente	1.00	1.00	0.00	0.00

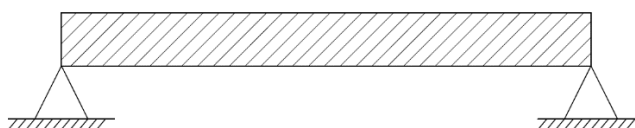
APPROVATO SDP

## 8. VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

### 8.1 Elemento speciale di collegamento

Di seguito si riportano le verifiche strutturali SLU e la verifica a fessurazione SLE dell'elemento speciale di collegamento.

Si considera uno schema semplificato di trave semplicemente appoggiata come mostrato nella figura seguente:



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);

### 8.2 Criteri di verifica

#### 8.2.1 Resistenza a sforzo normale e flessione

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

- 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:

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



	Doc. N. 65695-IDA Z1-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAZ100000100	REV. A00	FOGLIO 21 di 94
--	----------------------------------	--	-------------	--------------------

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

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.

## 8.2.2 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),  
 $\rho_1$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0.02$ ),  
 $\sigma_{cp}$  è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0.2 f_{ck}$ ),  
 $b_w$  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  $\vartheta$  dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i seguenti limiti.

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


La verifica di resistenza si pone con:

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

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA



	Doc. N. 65695-IDA Z1-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAZ1000000100	REV. A00	FOGLIO 22 di 94
--	----------------------------------	---	-------------	--------------------

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:

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

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

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

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,

$\sigma_{cp}$  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,

$\alpha_c$  è il coefficiente maggiorativo funzione di  $\sigma_{cp}$ .

### 8.2.3 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;

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:

Società di Progetto  
sensibilità delle  
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	65695-IDAZ1-A00.docx	04RCEI11IDAZ100000100	A00	23 di 94

- 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	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_3$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_3$
		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.

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  $\epsilon_{sm}$  per la distanza tra le fessure  $\Delta_{sm}$ :

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

Per i valori di  $\epsilon_{sm}$  ed  $\Delta_{sm}$  si fa riferimento a quanto indicato da comprovata letteratura tecnica.

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

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



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

dove:

$\Delta_{smax}$  rappresenta la distanza massima tra le fessure.

La deformazione unitaria delle barre,  $\epsilon_{sm}$ , 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:

$\sigma_s$  è la tensione nell'armatura tesa valutata considerando la sezione fessurata,

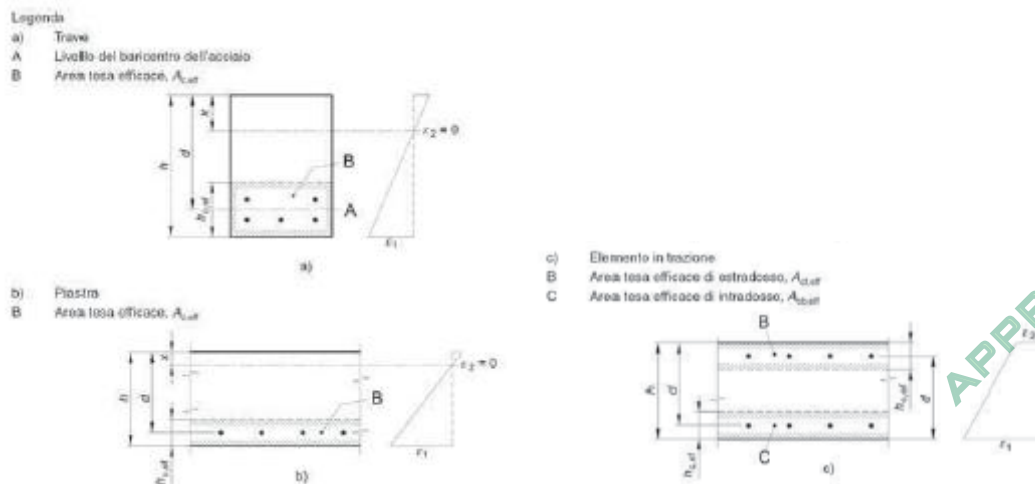
$\alpha_e$  è il rapporto  $E_s/E_{cm}$ ,

$\rho_{eff}$  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  $\Delta_{smax}$ , 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:

$\phi$  è il diametro delle barre.

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

$c$  è il ricoprimento delle barre di armatura,

Società di Progetto

**Brebemi SpA**



- $k_1$  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.

## 8.2.4 Verifiche delle tensioni in esercizio

La massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_c$  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  $\sigma_s$  deve rispettare la limitazione seguente:

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

## 8.3 Tabulati di verifica

### 8.3.1 Mezzeria elemento speciale di collegamento

#### Sollecitazioni di verifica

	T max [kN/m]	M [kNm/m]
Inviluppo SLU	-158.4	99.0
Inviluppo SLE Rare	-117.3	73.3
Inviluppo SLE Frequenti	-94.6	59.1
Inviluppo SLE Quasi Permanenti	-42.1	26.3

APPROVATO SDP

#### Verifica flessionale agli SLU

**Titolo :** \_\_\_\_\_

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	5
2	15.71	25

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

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

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

**Tipo rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

**Tipo flessione**  
 Retta    Deviata

**Materiali**  
 B450C   C28/35  
 $\epsilon_{su}$  67.5 ‰    $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²    $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200'000 N/mm²    $f_{cd}$  15.87 ‰  
 $E_s/E_c$  15    $f_{cc}/f_{cd}$  0.8 ?  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰    $\sigma_{c,adm}$  11  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²    $\tau_{co}$  0.6667  
     $\tau_{c1}$  1.971

**M**  $M_{xRd}$  141.6 kNm  
 $\sigma_c$  -15.87 N/mm²  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  14.28 ‰  
 d 25 cm  
 x 4.92   x/d 0.1968  
     $\delta$  0.7

**Calcola MRd**   **Dominio M-N**  
 $L_0$  0 cm   **Col. modello**  
 Precompresso

**N° rett.** 100

APPROVATO SDP

### Verifica delle tensioni di esercizio

SLE Rare

**Titolo :** \_\_\_\_\_

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	5
2	15.71	25

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

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

N <sub>Ed</sub>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> kN
M <sub>xEd</sub>	<input type="text" value="99.0"/>	<input type="text" value="73.3"/> kNm
M <sub>yEd</sub>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="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  C28/35

$\epsilon_{su}$	<input type="text" value="67.5"/> ‰	$\epsilon_{c2}$	<input type="text" value="2"/> ‰
$f_{yd}$	<input type="text" value="391.3"/> N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{cu}$	<input type="text" value="3.5"/> ‰
$E_s$	<input type="text" value="200'000"/> N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$	<input type="text" value="15.87"/> ‰
$E_s/E_c$	<input type="text" value="15"/>	$f_{cc}/f_{cd}$	<input type="text" value="0.8"/> ‰
$\epsilon_{syd}$	<input type="text" value="1.957"/> ‰	$\sigma_{c,adm}$	<input type="text" value="11"/>
$\sigma_{s,adm}$	<input type="text" value="255"/> N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{co}$	<input type="text" value="0.6667"/>
		$\tau_{c1}$	<input type="text" value="1.971"/>

$\sigma_c$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$   N/mm<sup>2</sup>

$\epsilon_s$   ‰  
d  cm  
x  x/d   
 $\delta$

Verifica  N° iterazioni:

Precompresso

SLE Frequenti (per perfezionamento verifica di fessurazione)

**Titolo :** \_\_\_\_\_

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	5
2	15.71	25

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

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

N <sub>Ed</sub>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> kN
M <sub>xEd</sub>	<input type="text" value="99.0"/>	<input type="text" value="59.1"/> kNm
M <sub>yEd</sub>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="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  C28/35

$\epsilon_{su}$	<input type="text" value="67.5"/> ‰	$\epsilon_{c2}$	<input type="text" value="2"/> ‰
$f_{yd}$	<input type="text" value="391.3"/> N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{cu}$	<input type="text" value="3.5"/> ‰
$E_s$	<input type="text" value="200'000"/> N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$	<input type="text" value="15.87"/> ‰
$E_s/E_c$	<input type="text" value="15"/>	$f_{cc}/f_{cd}$	<input type="text" value="0.8"/> ‰
$\epsilon_{syd}$	<input type="text" value="1.957"/> ‰	$\sigma_{c,adm}$	<input type="text" value="11"/>
$\sigma_{s,adm}$	<input type="text" value="255"/> N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{co}$	<input type="text" value="0.6667"/>
		$\tau_{c1}$	<input type="text" value="1.971"/>

$\sigma_c$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$   N/mm<sup>2</sup>

$\epsilon_s$   ‰  
d  cm  
x  x/d   
 $\delta$

Verifica  N° iterazioni:

Precompresso

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA

SLE Quasi Permanenti

**Titolo :** \_\_\_\_\_

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	5
2	15.71	25

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

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

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

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

**Materiali**  
   
 $\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   N/mm²  $\epsilon_{cu}$   ‰  
 $E_s$   N/mm²  $f_{cd}$   ‰  
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?  
 $\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$   ‰  
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$   ‰  
 $\tau_{cl}$   ‰

$\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_s$   ‰  
d  cm  
x  x/d   
 $\delta$

N° iterazioni:

Precompresso

Verifica di fessurazione

SLE Frequenti

Caratteristiche dei materiali			
Coefficiente di omogeneizzazione t=0	n0 =	6	
Coefficiente di omogeneizzazione t=inf	ninf =	19	
Classe cls	f <sub>ck</sub> =	28	N/mm²
Modulo elastico acciaio	E <sub>s</sub> =	2.10E+05	N/mm²
Modulo elastico cls t=0	E <sub>cm0</sub> =	3.23E+04	N/mm²
Modulo elastico cls t=inf	E <sub>cm-inf</sub> =	1.08E+04	N/mm²
Caratteristiche della sezione			
Altezza	h=	30	cm
Larghezza	B =	100	cm
Copriferro baricentrico acciaio teso	cb =	5.00	cm
Area acciaio teso	A <sub>s</sub> =	15.71	cm²
Ricoprimento barre esterne tese	c =	4.0	cm
Diametro massimo barre tese	F =	2	cm
Diametro medio equivalente	Fm =	2	cm
Sezione fessurata: apertura fessure			
Tensione media barre (l'intera area in A)	s <sub>sm</sub> =	171.90	N/mm²
Asse neutro	x=	8.08	cm

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA

Altezza utile	d =	25.00	cm
Deformazione lembo inferiore	e <sub>1</sub> =	1.06E-03	
Deformazione lembo superiore	e <sub>2</sub> =	0.00	
<b>Distanza media fra due fessure attigue</b>			
Distanza media barre	s =	20.0	cm
Coefficiente k <sub>2</sub>	k <sub>2</sub> =	0.50	
Coefficiente k <sub>3</sub>	k <sub>3</sub> =	3.400	
Larghezza efficace	b <sub>eff</sub> =	100.0	cm
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub> =	7.3	cm
Area efficace	A <sub>ceff</sub> =	730.7	cm <sup>2</sup>
Area armature poste in A <sub>ceff</sub>	A <sub>s</sub> =	15.71	cm <sup>2</sup>
Distanza massima fra due fessure	D <sub>smax</sub> =	29.42	cm
Coefficiente kt	kt =	0.4	
Coefficiente k <sub>1</sub>	k <sub>1</sub> =	0.8	
Coefficiente k <sub>4</sub>	k <sub>4</sub> =	0.425	
<b>Deformazione unitaria media</b>	e <sub>sm</sub> =	5.39E-04	
<b>Ampiezza fessura</b>	<b>w<sub>k</sub> =</b>	<b>0.159</b>	<b>mm</b>

Poiché l'apertura delle fessure per la Condizione di Carico SLE Frequente è inferiore al limite proprio della Condizione di Carico Quasi Permanente, la verifica per quest'ultima Condizione di Carico risulta implicitamente verificata.

### Verifica a taglio

V <sub>sdu</sub>	126.7	kN
M <sub>sdu</sub>	-	kNm
N <sub>sdu</sub>	0	kN
R <sub>ck</sub>	35	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>ck</sub>	28	N/mm <sup>2</sup>
γ <sub>c</sub>	1.3	
f <sub>yk</sub>	450	N/mm <sup>2</sup>
bw	100	cm
d	26.00	cm
Asl	15.71	cm <sup>2</sup>
c	4.00	cm
α	90	gradi
α	1.57	rad
θ	21.80	gradi
ctgθ	2.50	

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



$\theta_{\text{imposto}}$	21.80	gradi
$A_{\text{sw}}$	0	$\text{cm}^2$
passo staffe	0	cm
$f_{\text{cd}}$	18.308	$\text{N/mm}^2$
$f_{\text{ctd}_{0,05}}$	1.240	$\text{N/mm}^2$
$f_{\text{yd}}$	391.304	$\text{N/mm}^2$
$\sigma_{\text{cp}}$	0.0000	$\text{N/mm}^2$
<i>verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
$V_{\text{Rd}}$	173.474	kN
$V_{\text{Rd,min}}$	123.833	kN
$\rho_{\text{sw,min}}$	0.000941	
$s_{\text{l,max}}$	19.50	cm
$A_{\text{sw,min}}$	1.834	$\text{cm}^2/s_{\text{l,max}}$

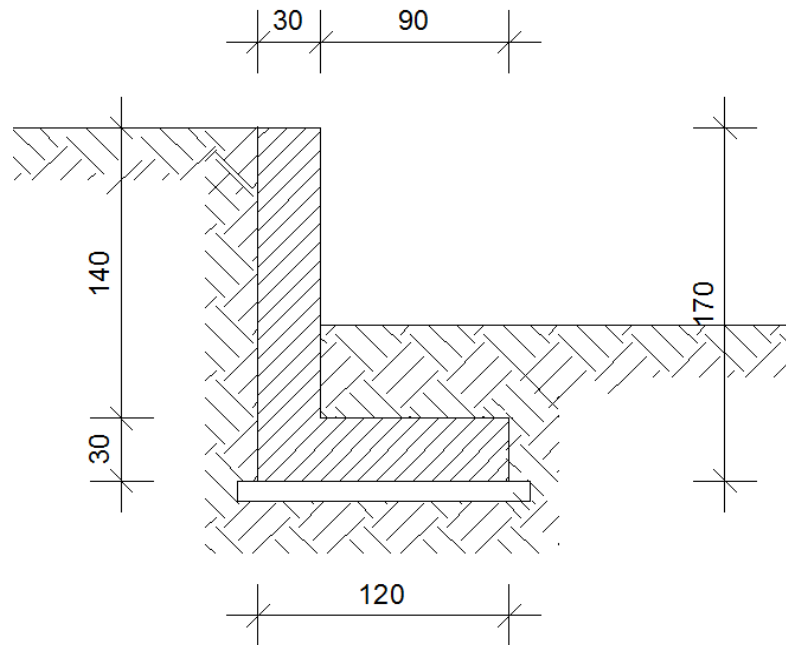
Essendo il taglio resistente maggiore del taglio sollecitante la verifica risulta soddisfatta senza armatura a taglio.

APPROVATO SDP

## 9. MURO AD L IDAZ1

### 9.1 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 1.700 m.  
Di seguito si riepilogano le caratteristiche geometriche dell'opera:

Altezza del paramento	1.70 [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	4.00 [m]

#### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0.00 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0.90 [m]
Lunghezza totale fondazione	1.20 [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]

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**

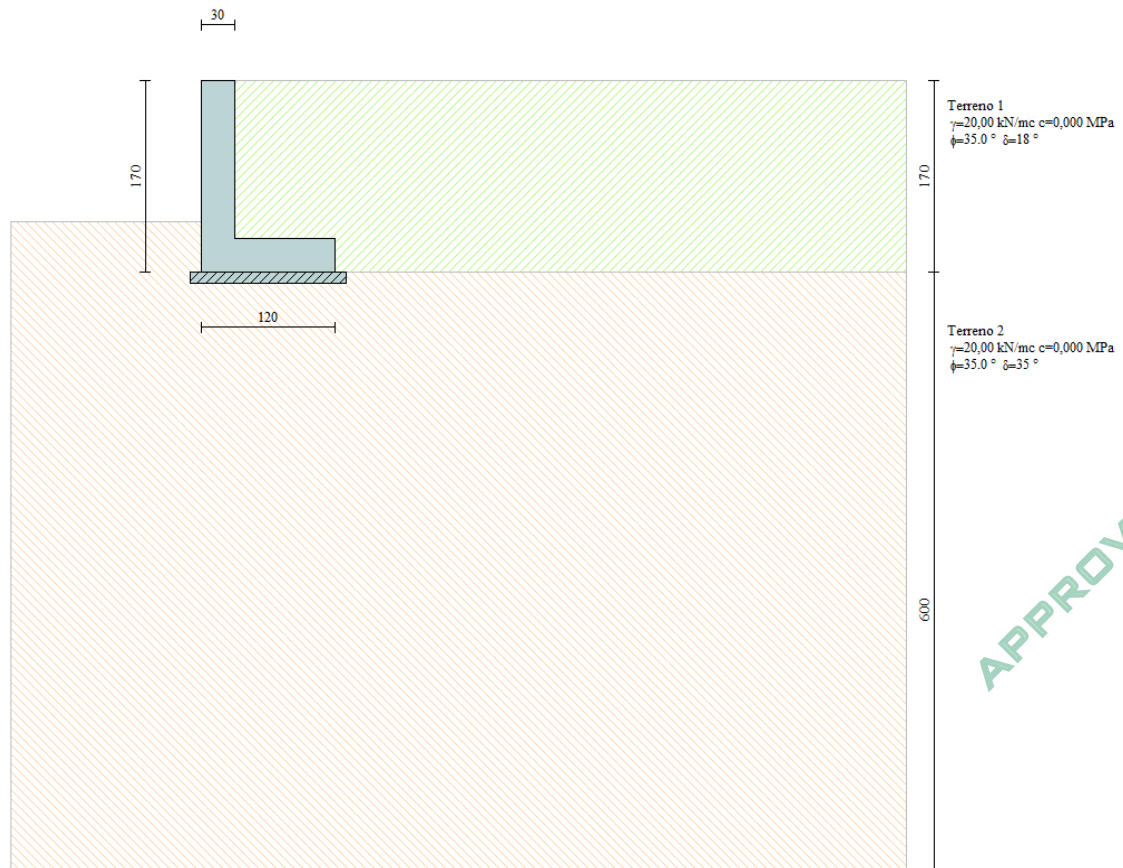


Spessore all'incastro fondazione di monte	0.30 [m]
Spessore estremità fondazione di monte	0.30 [m]
Spessore magrone	0.10 [m]

## 9.2 Analisi della struttura

L'analisi della struttura è stata condotta con l'ausilio di una modellazione numerica agli elementi finiti condotta con il 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. 65695-IDAZ1-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11IDAZ1000000100	REV. A00	FOGLIO 33 di 94
--	---------------------------------	--	-------------	--------------------

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/m<sup>3</sup>

rilevato 20 kN/m<sup>3</sup>

### **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:

$$V_R = 200 \text{ anni.}$$


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
	65695-IDAZ1-A00.docx	04RCEI11IDAZ1000000100	A00	34 di 94

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  $\beta_m$  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  $\Delta P_d$  dovuta al sisma utilizzando la teoria di Mononobe-Okabe.

APPROVATO SDR

## 9.3 Metodo di Calcolo della spinta sul muro e delle verifiche di stabilità

### 9.3.1 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  $\gamma$ . 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.

### 9.3.2 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  $\gamma$ , 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  $\theta$  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.

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



	Doc. N. 65695-IDA Z1-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAZ1000000100	REV. A00	FOGLIO 36 di 94
--	----------------------------------	---	-------------	--------------------

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  $1/2H$ .

Nel caso di terreno dotato di coesione  $c$  l'espressione della pressione esercitata sulla parete, alla generica profondità  $z$ , diventa

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

Al diagramma triangolare, espresso dal termine  $\gamma z K_a$ , si sottrae il diagramma rettangolare legato al termine con la coesione. La pressione  $\sigma_a$  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.

### 9.3.3 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  $\varepsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte 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,  $\theta$  assume le seguenti espressioni:

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



	Doc. N. 65695-IDA Z1-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAZ1000000100	REV. A00	FOGLIO 37 di 94
--	----------------------------------	---	-------------	--------------------

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

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

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  $\theta$ .

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

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

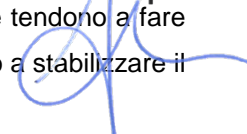
dove  $W$  è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.


### 9.3.4 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

Società di Progetto

**Brebemi SpA**



	Doc. N. 65695-IDAZ1-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11IDAZ1000000100	REV. A00	FOGLIO 38 di 94
--	---------------------------------	--	-------------	--------------------

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  $\eta_r$ .

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 muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro  $\delta$  è positivo, ribaltante se  $\delta$  è negativo.  $\delta$  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.

### 9.3.5 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  $\eta_s$ .

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  $\delta_f$  l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con  $c_a$  l'adesione terreno-fondazione e con  $B_f$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

	Doc. N. 65695-IDA Z1-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAZ1000000100	REV. A00	FOGLIO 39 di 94
--	----------------------------------	---	-------------	--------------------

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

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,  $\delta_f$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $\delta_f$  pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

### 9.3.6 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  $\eta_q$ . 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:

APPROVATO SDP

Caso generale

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

Caso di terreno puramente coesivo  $\phi=0$

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

in cui  $d_c, d_q, d_\gamma$ , sono i fattori di profondità;  $s_c, s_q, s_\gamma$ , sono i fattori di forma;  $i_c, i_q, i_\gamma$ , sono i fattori di inclinazione del carico;  $b_c, b_q, b_\gamma$ , sono i fattori di inclinazione del piano di posa;  $g_c, g_q, g_\gamma$ , sono i fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza.

I fattori  $N_c, N_q, N_\gamma$  sono espressi come:

$$N_q = e^{\pi \operatorname{tg} \phi} K_p$$

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \phi$$

$$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \operatorname{tg} \phi$$

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

### Fattori di forma

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

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

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

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

### Fattori di profondità

Si definisce il parametro  $k$  come

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

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

I vari coefficienti si esprimono come

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

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

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

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**





$$\gamma = 1$$

### 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  $A_f = B' \times L'$  ( $B'$  e  $L'$  sono legate alle dimensioni effettive della fondazione  $B$ ,  $L$  e all'eccentricità del carico  $e_B$ ,  $e_L$  dalle relazioni  $B' = B - 2e_B$   $L' = L - 2e_L$ ) e con  $\eta$  l'angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi ( $\eta=0$  per fondazione orizzontale).

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

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

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

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

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

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

APPROVATO SDR

### 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

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



	Doc. N. 65695-IDA Z1-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAZ1000000100	REV. A00	FOGLIO 42 di 94
--	----------------------------------	---	-------------	--------------------

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

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

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

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

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

$$\beta \leq \phi$$

$$i_q, i_\gamma > 0$$

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

### 9.3.7 Verifica alla stabilità globale

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

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.

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:

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



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

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \left( 1 + \frac{\operatorname{tg} \phi_i \operatorname{tg} \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  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  $\phi_i$  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  $\eta$ . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $\eta$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

## 9.4 Geometria profilo terreno

### 9.4.1 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

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



### 9.4.2 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

##### Simbologia adottata

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
<i>c</i>	Coesione espressa in [kPa]
<i>c<sub>a</sub></i>	Adesione terra-muro espressa in [kPa]

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	<i>c</i>	<i>c<sub>a</sub></i>
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

### 9.4.3 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>K<sub>w</sub></i>	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
<i>K<sub>s</sub></i>	Coefficiente di spinta
<i>Terreno</i>	Terreno dello strato

Nr.	H	<i>a</i>	<i>K<sub>w</sub></i>	<i>K<sub>s</sub></i>	Terreno
1	1,70	0,00	0,00	0,00	Terreno 1
2	6,00	0,00	3,08	0,00	Terreno 2

APPROVATO SDP

## 9.5 Condizioni di carico

### 9.5.1 Normativa

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

#### Simbologia adottata

$\gamma_{Gsfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{Gfav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{Qsfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{Qfav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi'}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$\gamma_{c'}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
$\gamma_{cu}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
$\gamma_{qu}$	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
$\gamma_{\gamma}$	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:

Carichi	Effetto		A1	A2	EQU	HYD
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00	0,90	0,90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,30	1,00	1,10	1,30
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,50	1,30	1,50	1,50

##### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		M1	M2	M2	M1
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1,00	1,00	1,00	1,00

## Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

Carichi	Effetto		A1	A2	EQU	HYD
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,00	1,00	1,00	1,30
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00	1,00	1,50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		M1	M2	M2	M1
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1,00	1,00	1,00	1,00

## FONDAZIONE SUPERFICIALE

Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Coefficienti parziali		
	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	

### 9.5.2 Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

F/S	Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)
$\gamma$	Coefficiente di partecipazione della condizione
$\Psi$	Coefficiente di combinazione della condizione

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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

Combinazione n° 2 - Caso A1-M1 (STR)

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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)

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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)

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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)

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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)

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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)

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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

APPROVATO SDP

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

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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° 9 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00

APPROVATO SDP



Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
----------------	------	------	------	------

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

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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° 16 - Caso A1-M1 (STR)

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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)

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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)

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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)

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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)

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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

APPROVATO SDP

sovraccarico	SFAV	1.30	1.00	1.30
--------------	------	------	------	------

#### Combinazione n° 21 - Caso EQU (SLU)

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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
sovraccarico	SFAV	1.50	1.00	1.50

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

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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)

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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)

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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)

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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

## 9.6 Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

*Simbologia adottata*

C Identificativo della combinazione

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



*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]	--	3,74	--	8,74	--
2	A1-M1 - [1]	--	4,80	--	8,06	--
3	A1-M1 - [1]	--	4,34	--	8,74	--
4	A1-M1 - [1]	--	4,20	--	8,07	--
5	A2-M2 - [1]	--	2,99	--	3,96	--
6	EQU - [1]	--	--	4,80	--	--
7	STAB - [1]	--	--	--	--	2,31
8	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	3,14	--	6,85	--
9	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	3,07	--	7,14	--
10	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	2,09	--	2,53	--
11	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	2,05	--	2,64	--
12	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	3,26	--	--
13	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3,50	--	--
14	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,97
15	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,95
16	A1-M1 - [3]	--	2,62	--	3,89	--
17	A1-M1 - [3]	--	3,07	--	3,91	--
18	A1-M1 - [3]	--	2,88	--	4,03	--
19	A1-M1 - [3]	--	2,82	--	3,79	--
20	A2-M2 - [3]	--	1,86	--	1,56	--
21	EQU - [3]	--	--	2,75	--	--
22	STAB - [3]	--	--	--	--	1,58
23	SLEQ - [1]	--	4,80	--	10,47	--
24	SLEF - [1]	--	3,39	--	6,26	--
25	SLER - [1]	--	3,18	--	5,48	--

APPROVATO SDP

## 9.7 Analisi della spinta e verifiche

### 9.7.1 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

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



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 <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.43
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	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 <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.50
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	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)	$k_v=0.50 * k_h = 0.00$

Forma diagramma incremento sismico Rettangolare

Partecipazione spinta passiva (percento) 0,0  
Lunghezza del muro 4,00 [m]

Peso muro 19,1233 [kN]  
Baricentro del muro X=0,06 Y=-1,09

#### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta X = 0,90 Y = -1,70  
Punto superiore superficie di spinta X = 0,90 Y = 0,00  
Altezza della superficie di spinta 1,70 [m]  
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale) 0,00 [°]

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



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

Valore della spinta statica	9,2468	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	8,8189	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	2,7806	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,90	[m]	Y = -1,13	[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	25,2000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,45	[m]	Y = -0,70	[m]

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	8,8189	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	47,1038	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	47,1038	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	8,8189	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,09	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	47,9223	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	10,60	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	4,1827	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	411,4981	[kN]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,05668	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,02183	[MPa]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 33.92$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,60$	$i_q = 0,61$	$i_\gamma = 0,50$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,15$	$d_q = 1,10$	$d_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione piano posa</b>	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione pendio</b>	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

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

$$N'_c = 31.81 \qquad N'_q = 22.31 \qquad N'_\gamma = 16.80$$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	3.74
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	8.74

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



## 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	0,09	0,6436	0,0007	0,0234
3	0,17	1,2871	0,0055	0,0935
4	0,26	1,9307	0,0184	0,2103
5	0,35	2,5743	0,0436	0,3738
6	0,44	3,2179	0,0852	0,5841
7	0,52	3,8614	0,1472	0,8411
8	0,61	4,5050	0,2337	1,1448
9	0,70	5,1486	0,3489	1,4952
10	0,79	5,7921	0,4968	1,8924
11	0,88	6,4357	0,6814	2,3363
12	0,96	7,0793	0,9070	2,8269
13	1,05	7,7229	1,1775	3,3643
14	1,14	8,3664	1,4971	3,9484
15	1,22	9,0100	1,8698	4,5792
16	1,31	9,6536	2,2998	5,2567
17	1,40	10,2971	2,7911	5,9810

## 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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,09	-0,0853	-1,8561
3	0,18	-0,3270	-3,4768
4	0,27	-0,7041	-4,8623
5	0,36	-1,1952	-6,0125
6	0,45	-1,7793	-6,9275
7	0,54	-2,4351	-7,6071
8	0,63	-3,1415	-8,0515
9	0,72	-3,8773	-8,2606
10	0,81	-4,6213	-8,2345
11	0,90	-5,3524	-7,9730

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



**COMBINAZIONE n° 2**
**Peso muro sfavorevole e Peso terrapieno sfavorevole**

Valore della spinta statica	9,2468	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	8,8189	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	2,7806	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,90	[m]	Y = -1,13	[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	32,7600	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,45	[m]	Y = -0,70	[m]

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	8,8189	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	60,4008	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	60,4008	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	8,8189	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,07	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	61,0412	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	8,31	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	4,4388	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	486,6521	[kN]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,06883	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,03184	[MPa]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 33.92$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,67$	$i_q = 0,68$	$i_\gamma = 0,58$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,15$	$d_q = 1,10$	$d_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione piano posa</b>	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione pendio</b>	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

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

$$N'_c = 35.79 \qquad N'_q = 24.97 \qquad N'_\gamma = 19.79$$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	4.80
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	8.06

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



## 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	0,09	0,8366	0,0007	0,0234
3	0,17	1,6733	0,0055	0,0935
4	0,26	2,5099	0,0184	0,2103
5	0,35	3,3466	0,0436	0,3738
6	0,44	4,1832	0,0852	0,5841
7	0,52	5,0199	0,1472	0,8411
8	0,61	5,8565	0,2337	1,1448
9	0,70	6,6931	0,3489	1,4952
10	0,79	7,5298	0,4968	1,8924
11	0,88	8,3664	0,6814	2,3363
12	0,96	9,2031	0,9070	2,8269
13	1,05	10,0397	1,1775	3,3643
14	1,14	10,8764	1,4971	3,9484
15	1,22	11,7130	1,8698	4,5792
16	1,31	12,5496	2,2998	5,2567
17	1,40	13,3863	2,7911	5,9810

## 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


Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,09	-0,0535	-1,1462
3	0,18	-0,1988	-2,0427
4	0,27	-0,4137	-2,6896
5	0,36	-0,6755	-3,0867
6	0,45	-0,9618	-3,2342
7	0,54	-1,2501	-3,1320
8	0,63	-1,5180	-2,7801
9	0,72	-1,7430	-2,1785
10	0,81	-1,9027	-1,3272
11	0,90	-1,9745	-0,2263

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**





	Doc. N. 65695-IDAZ1-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11IDAZ1000000100	REV. A00	FOGLIO 57 di 94
--	---------------------------------	--	-------------	--------------------

### COMBINAZIONE n° 3

#### Peso muro favorevole e Peso terrapieno sfavorevole

Valore della spinta statica	9,2468	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	8,8189	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	2,7806	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,90	[m]	Y = -1,13	[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	32,7600	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,45	[m]	Y = -0,70	[m]

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	8,8189	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	54,6638	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	54,6638	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	8,8189	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,06	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	55,3707	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	9,16	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	3,0487	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	478,0126	[kN]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,05826	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,03285	[MPa]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 33.92$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,65$	$i_q = 0,66$	$i_\gamma = 0,55$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,15$	$d_q = 1,10$	$d_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione piano posa</b>	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione pendio</b>	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

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

$N'_c = 34.27$	$N'_q = 23.95$	$N'_\gamma = 18.63$
----------------	----------------	---------------------

#### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	4.34
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	8.74

Sollecitazioni paramento

Società di Progetto  
Brebemi SpA



### 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	0,09	0,6436	0,0007	0,0234
3	0,17	1,2871	0,0055	0,0935
4	0,26	1,9307	0,0184	0,2103
5	0,35	2,5743	0,0436	0,3738
6	0,44	3,2179	0,0852	0,5841
7	0,52	3,8614	0,1472	0,8411
8	0,61	4,5050	0,2337	1,1448
9	0,70	5,1486	0,3489	1,4952
10	0,79	5,7921	0,4968	1,8924
11	0,88	6,4357	0,6814	2,3363
12	0,96	7,0793	0,9070	2,8269
13	1,05	7,7229	1,1775	3,3643
14	1,14	8,3664	1,4971	3,9484
15	1,22	9,0100	1,8698	4,5792
16	1,31	9,6536	2,2998	5,2567
17	1,40	10,2971	2,7911	5,9810

### 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	0,09	-0,0416	-0,8957
3	0,18	-0,1561	-1,6199
4	0,27	-0,3280	-2,1726
5	0,36	-0,5420	-2,5538
6	0,45	-0,7826	-2,7636
7	0,54	-1,0343	-2,8018
8	0,63	-1,2818	-2,6686
9	0,72	-1,5095	-2,3638
10	0,81	-1,7021	-1,8876
11	0,90	-1,8441	-1,2399

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



	Doc. N. 65695-IDAZ1-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11IDAZ1000000100	REV. A00	FOGLIO 59 di 94
--	---------------------------------	--	-------------	--------------------

#### COMBINAZIONE n° 4

#### Peso muro sfavorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	9,2468	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	8,8189	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	2,7806	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,90	[m]	Y = -1,13	[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	25,2000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,45	[m]	Y = -0,70	[m]

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	8,8189	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	52,8408	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	52,8408	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	8,8189	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,11	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	53,5717	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	9,48	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	5,5728	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	426,3444	[kN]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,06725	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,02081	[MPa]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 33.92$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,64$	$i_q = 0,65$	$i_\gamma = 0,54$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,15$	$d_q = 1,10$	$d_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione piano posa</b>	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione pendio</b>	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

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

$N'_c = 33.73$	$N'_q = 23.59$	$N'_\gamma = 18.23$
----------------	----------------	---------------------

#### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	4.20
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	8.07

#### Sollecitazioni paramento

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



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	0,09	0,8366	0,0007	0,0234
3	0,17	1,6733	0,0055	0,0935
4	0,26	2,5099	0,0184	0,2103
5	0,35	3,3466	0,0436	0,3738
6	0,44	4,1832	0,0852	0,5841
7	0,52	5,0199	0,1472	0,8411
8	0,61	5,8565	0,2337	1,1448
9	0,70	6,6931	0,3489	1,4952
10	0,79	7,5298	0,4968	1,8924
11	0,88	8,3664	0,6814	2,3363
12	0,96	9,2031	0,9070	2,8269
13	1,05	10,0397	1,1775	3,3643
14	1,14	10,8764	1,4971	3,9484
15	1,22	11,7130	1,8698	4,5792
16	1,31	12,5496	2,2998	5,2567
17	1,40	13,3863	2,7911	5,9810

## 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	0,09	-0,0971	-2,1066
3	0,18	-0,3698	-3,8997
4	0,27	-0,7897	-5,3793
5	0,36	-1,3286	-6,5454
6	0,45	-1,9585	-7,3981
7	0,54	-2,6509	-7,9373
8	0,63	-3,3778	-8,1630
9	0,72	-4,1108	-8,0753
10	0,81	-4,8219	-7,6741
11	0,90	-5,4828	-6,9594

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA

COMBINAZIONE n° 5

Valore della spinta statica	8,9901	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	8,7171	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	2,1988	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,90	[m]	Y = -1,13	[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	25,2000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,45	[m]	Y = -0,70	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	8,7171	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	46,5221	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	46,5221	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	8,7171	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,10	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	47,3317	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	10,61	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	4,4741	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	184,2282	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,05741	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,02013	[MPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 28.42$	$N_q = 16.92$	$N_\gamma = 13.38$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,59$	$i_q = 0,61$	$i_\gamma = 0,50$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,15$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione piano posa</b>	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione pendio</b>	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 19.19$	$N'_q = 11.48$	$N'_\gamma = 6.62$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.99
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.96

Sollecitazioni paramento

APPROVATO SDP

 Società di Progetto  
Brebemi SpA



**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

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,09	0,6436	0,0007	0,0231
3	0,17	1,2871	0,0054	0,0924
4	0,26	1,9307	0,0182	0,2078
5	0,35	2,5743	0,0431	0,3695
6	0,44	3,2179	0,0842	0,5773
7	0,52	3,8614	0,1455	0,8314
8	0,61	4,5050	0,2310	1,1316
9	0,70	5,1486	0,3449	1,4780
10	0,79	5,7921	0,4910	1,8706
11	0,88	6,4357	0,6736	2,3094
12	0,96	7,0793	0,8965	2,7943
13	1,05	7,7229	1,1639	3,3255
14	1,14	8,3664	1,4798	3,9028
15	1,22	9,0100	1,8483	4,5263
16	1,31	9,6536	2,2733	5,1960
17	1,40	10,2971	2,7589	5,9119

**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	0,09	-0,0579	-1,2448
3	0,18	-0,2165	-2,2379
4	0,27	-0,4532	-2,9793
5	0,36	-0,7452	-3,4691
6	0,45	-1,0700	-3,7071
7	0,54	-1,4050	-3,6936
8	0,63	-1,7273	-3,4283
9	0,72	-2,0145	-2,9114
10	0,81	-2,2438	-2,1428
11	0,90	-2,3927	-1,1225

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**

COMBINAZIONE n° 6

Valore della spinta statica	9,8892	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	9,5888	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	2,4187	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,90	[m]	Y = -1,13	[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	22,6800	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,45	[m]	Y = -0,70	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	9,5888	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	42,3096	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	5,4337	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	26,0686	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	42,3096	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	9,5888	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,11	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	43,3826	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	12,77	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	4,7508	[kNm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	4.80
--	------

## 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]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	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]= -0,31	Y[m]= 0,78
Raggio del cerchio	R[m]= 2,76	
Ascissa a valle del cerchio	Xi[m]= -2,19	
Ascissa a monte del cerchio	Xs[m]= 2,34	
Larghezza della striscia	dx[m]= 0,18	
Coefficiente di sicurezza	C= 2.31	

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	0,8061	67.78	0,7462	0,0047	29.26	0,000	0,000
2	2,1804	59.91	1,8865	0,0035	29.26	0,000	0,000
3	3,1858	53.02	2,5449	0,0030	29.26	0,000	0,000
4	3,9776	47.12	2,9147	0,0026	29.26	0,000	0,000
5	4,6268	41.82	3,0853	0,0024	29.26	0,000	0,000
6	5,1690	36.94	3,1064	0,0022	29.26	0,000	0,000
7	5,6251	32.35	3,0102	0,0021	29.26	0,000	0,000
8	6,0197	27.99	2,8252	0,0020	29.26	0,000	0,000
9	6,5748	23.80	2,6532	0,0019	29.26	0,000	0,000
10	6,8382	19.74	2,3096	0,0019	29.26	0,000	0,000
11	7,0494	15.78	1,9173	0,0018	29.26	0,000	0,000
12	7,2118	11.90	1,4871	0,0018	29.26	0,000	0,000
13	7,4250	8.07	1,0428	0,0018	29.26	0,000	0,000
14	8,5467	4.28	0,6382	0,0018	29.26	0,000	0,000
15	6,0168	0.51	0,0536	0,0018	29.26	0,000	0,000
16	2,6288	-3.26	-0,1494	0,0018	29.26	0,000	0,000
17	2,5694	-7.04	-0,3150	0,0018	29.26	0,000	0,000
18	2,4656	-10.86	-0,4645	0,0018	29.26	0,000	0,000
19	2,3159	-14.72	-0,5886	0,0018	29.26	0,000	0,000
20	2,1182	-18.66	-0,6777	0,0019	29.26	0,000	0,000
21	1,8694	-22.69	-0,7210	0,0019	29.26	0,000	0,000
22	1,5651	-26.84	-0,7066	0,0020	29.26	0,000	0,000
23	1,1995	-31.15	-0,6205	0,0021	29.26	0,000	0,000
24	0,7641	-35.67	-0,4456	0,0022	29.26	0,000	0,000
25	0,2470	-40.46	-0,1603	0,0023	29.26	0,000	0,000

APPROVATO SDP

$\Sigma W_i = 98,9961$  [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 25,3722$  [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 55,4542$  [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 3.83$

#### COMBINAZIONE n° 8

Valore della spinta statica	7,1130	[kN]	
Componente orizzontale della spinta statica	6,7837	[kN]	
Componente verticale della spinta statica	2,1389	[kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,90	[m]	Y = -1,13 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,50	[°]	
Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche	0,2461	[°]	
Incremento sismico della spinta	1,2578	[kN]	
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,90	[m]	Y = -0,85 [m]
Coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche	0,2808	[°]	

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**





Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	25,2000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,45	[m]	Y = -0,70	[m]
Inerzia del muro	1,2016	[kN]		
Inerzia verticale del muro	0,6008	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1,5834	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,7917	[kN]		

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	10,7683	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	48,2329	[kN]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	48,2329	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	10,7683	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,14	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]		
Risultante in fondazione	49,4203	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	12,59	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	6,5476	[kNm]		
Carico ultimo della fondazione	330,2505	[kN]		

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,06748	[MPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,01291	[MPa]		

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coef. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 33.92$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,54$	$i_q = 0,55$	$i_\gamma = 0,43$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,15$	$d_q = 1,10$	$d_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione piano posa</b>	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione pendio</b>	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 28.62$	$N'_q = 20.18$	$N'_\gamma = 14.50$

#### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	3.14
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	6.85

#### 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

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



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	0,09	0,6436	0,0045	0,1093
3	0,17	1,2871	0,0202	0,2545
4	0,26	1,9307	0,0501	0,4356
5	0,35	2,5743	0,0974	0,6527
6	0,44	3,2179	0,1654	0,9057
7	0,52	3,8614	0,2570	1,1947
8	0,61	4,5050	0,3755	1,5196
9	0,70	5,1486	0,5240	1,8805
10	0,79	5,7921	0,7056	2,2773
11	0,88	6,4357	0,9235	2,7100
12	0,96	7,0793	1,1809	3,1787
13	1,05	7,7229	1,4809	3,6833
14	1,14	8,3664	1,8265	4,2239
15	1,22	9,0100	2,2211	4,8004
16	1,31	9,6536	2,6677	5,4129
17	1,40	10,2971	3,1694	6,0613

## 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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,09	-0,0854	-1,8357
3	0,18	-0,3194	-3,3031
4	0,27	-0,6689	-4,4022
5	0,36	-1,1007	-5,1329
6	0,45	-1,5818	-5,4954
7	0,54	-2,0788	-5,4896
8	0,63	-2,5588	-5,1155
9	0,72	-2,9886	-4,3730
10	0,81	-3,3349	-3,2623
11	0,90	-3,5647	-1,7833

APPROVATO SDP

### COMBINAZIONE n° 9

Valore della spinta statica	7,1130	[kN]
Componente orizzontale della spinta statica	6,7837	[kN]
Componente verticale della spinta statica	2,1389	[kN]
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,90	[m]

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**

Y = -1,13 [m]



Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,50	[°]		
Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche	0,2461	[°]		
Incremento sismico della spinta	0,8153	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,90	[m]	Y = -0,85	[m]
Coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche	0,2832	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	25,2000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,45	[m]	Y = -0,70	[m]
Inerzia del muro	1,2016	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-0,6008	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1,5834	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-0,7917	[kN]		

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	10,3462	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	45,3149	[kN]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	45,3149	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	10,3462	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,14	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]		
Risultante in fondazione	46,4810	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	12,86	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	6,2151	[kNm]		
Carico ultimo della fondazione	323,5143	[kN]		

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,06366	[MPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,01187	[MPa]		

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 33.92$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,53$	$i_q = 0,55$	$i_\gamma = 0,42$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,15$	$d_q = 1,10$	$d_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione piano posa</b>	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione pendio</b>	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

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

$N'_c = 28.19$	$N'_q = 19.90$	$N'_\gamma = 14.20$
----------------	----------------	---------------------

#### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	3.07
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	7.14

Sollecitazioni paramento

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



**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
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,09	0,6436	0,0037	0,0914
3	0,17	1,2871	0,0170	0,2187
4	0,26	1,9307	0,0431	0,3819
5	0,35	2,5743	0,0849	0,5811
6	0,44	3,2179	0,1458	0,8163
7	0,52	3,8614	0,2288	1,0874
8	0,61	4,5050	0,3371	1,3944
9	0,70	5,1486	0,4739	1,7373
10	0,79	5,7921	0,6422	2,1163
11	0,88	6,4357	0,8453	2,5311
12	0,96	7,0793	1,0862	2,9819
13	1,05	7,7229	1,3682	3,4687
14	1,14	8,3664	1,6943	3,9913
15	1,22	9,0100	2,0677	4,5500
16	1,31	9,6536	2,4916	5,1446
17	1,40	10,2971	2,9690	5,7751

**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	0,09	-0,0899	-1,9392
3	0,18	-0,3386	-3,5288
4	0,27	-0,7146	-4,7688
5	0,36	-1,1865	-5,6592
6	0,45	-1,7227	-6,2000
7	0,54	-2,2920	-6,3912
8	0,63	-2,8627	-6,2328
9	0,72	-3,4034	-5,7248
10	0,81	-3,8827	-4,8673
11	0,90	-4,2690	-3,6601

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**

COMBINAZIONE n° 10

Valore della spinta statica	8,9901	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	8,7171	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	2,1988	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,90	[m]	Y = -1,13	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	14,16	[°]		
Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche	0,3111	[°]		
Incremento sismico della spinta	1,4536	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,90	[m]	Y = -0,85	[m]
Coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche	0,3504	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	25,2000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,45	[m]	Y = -0,70	[m]
Inerzia del muro	1,2016	[kN]		
Inerzia verticale del muro	0,6008	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1,5834	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,7917	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	12,9115	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	48,2701	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	48,2701	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	12,9115	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,16	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	49,9670	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	14,98	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	7,7992	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	122,2134	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,07272	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,00773	[MPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 28.42$	$N_q = 16.92$	$N_\gamma = 13.38$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,46$	$i_q = 0,49$	$i_\gamma = 0,35$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,15$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione piano posa</b>	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione pendio</b>	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

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

$$N'_c = 14.89$$

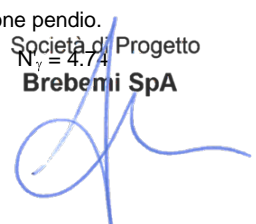
$$N'_q = 9.16$$

Società di Progetto  
Brebemi SpA

$$N'_\gamma = 4.74$$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

APPROVATO SDP



Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.09
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.53

## 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

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,09	0,6436	0,0051	0,1233
3	0,17	1,2871	0,0229	0,2927
4	0,26	1,9307	0,0576	0,5084
5	0,35	2,5743	0,1132	0,7702
6	0,44	3,2179	0,1938	1,0782
7	0,52	3,8614	0,3033	1,4324
8	0,61	4,5050	0,4458	1,8328
9	0,70	5,1486	0,6254	2,2794
10	0,79	5,7921	0,8460	2,7722
11	0,88	6,4357	1,1118	3,3111
12	0,96	7,0793	1,4268	3,8963
13	1,05	7,7229	1,7950	4,5276
14	1,14	8,3664	2,2205	5,2051
15	1,22	9,0100	2,7073	5,9288
16	1,31	9,6536	3,2594	6,6987
17	1,40	10,2971	3,8809	7,5148

APPROVATO SDP

## 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	0,09	-0,1053	-2,2671
3	0,18	-0,3949	-4,0954
4	0,27	-0,8293	-5,4851
5	0,36	-1,3691	-6,4360
6	0,45	-1,9746	-6,9482
7	0,54	-2,6066	-7,0218
8	0,63	-3,2254	-6,6566

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



9	0,72	-3,7916	-5,8527
10	0,81	-4,2657	-4,6101
11	0,90	-4,6083	-2,9288

### COMBINAZIONE n° 11

Valore della spinta statica	8,9901	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	8,7171	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	2,1988	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,90	[m]	Y = -1,13	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	14,16	[°]		
Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche	0,3111	[°]		
Incremento sismico della spinta	0,8939	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,90	[m]	Y = -0,85	[m]
Coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche	0,3531	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	25,2000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,45	[m]	Y = -0,70	[m]
Inerzia del muro	1,2016	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-0,6008	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1,5834	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-0,7917	[kN]		

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	12,3688	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	45,3482	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	45,3482	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	12,3688	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,16	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	47,0048	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	15,26	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	7,3665	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	119,7615	[kN]

### Tensioni sul terreno


Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,06848	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,00710	[MPa]

### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 28.42$	$N_q = 16.92$	$N_\gamma = 13.38$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,45$	$i_q = 0,48$	$i_\gamma = 1,00$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,15$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione piano posa</b>	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione pendio</b>	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
**Brebeni SpA**  
 d<sub>r</sub> = 1,00  
 b<sub>r</sub> = 1,00  
 g<sub>r</sub> = 1,00

	Doc. N. 65695-IDAZ1-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11IDAZ1000000100	REV. A00	FOGLIO 72 di 94
--	---------------------------------	--	-------------	--------------------

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

$$N'_c = 14.64$$

$$N'_q = 9.02$$

$$N'_v = 4.64$$

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.05
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.64

## 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	0,09	0,6436	0,0041	0,1003
3	0,17	1,2871	0,0189	0,2467
4	0,26	1,9307	0,0486	0,4394
5	0,35	2,5743	0,0971	0,6782
6	0,44	3,2179	0,1686	0,9632
7	0,52	3,8614	0,2670	1,2944
8	0,61	4,5050	0,3965	1,6718
9	0,70	5,1486	0,5610	2,0954
10	0,79	5,7921	0,7645	2,5652
11	0,88	6,4357	1,0112	3,0811
12	0,96	7,0793	1,3051	3,6433
13	1,05	7,7229	1,6501	4,2516
14	1,14	8,3664	2,0504	4,9061
15	1,22	9,0100	2,5100	5,6068
16	1,31	9,6536	3,0330	6,3537
17	1,40	10,2971	3,6233	7,1468

APPROVATO SDP

## 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	0,09	-0,1082	-2,3361

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**





3	0,18	-0,4081	-4,2578
4	0,27	-0,8622	-5,7652
5	0,36	-1,4334	-6,8581
6	0,45	-2,0842	-7,5368
7	0,54	-2,7776	-7,8010
8	0,63	-3,4760	-7,6509
9	0,72	-4,1423	-7,0865
10	0,81	-4,7391	-6,1077
11	0,90	-5,2292	-4,7145

### COMBINAZIONE n° 12

Valore della spinta statica	8,9901	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	8,7171	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	2,1988	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,90	[m]	Y = -1,13	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	14,16	[°]		
Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche	0,3111	[°]		
Incremento sismico della spinta	0,8939	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,90	[m]	Y = -0,85	[m]
Coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche	0,3531	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	25,2000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,45	[m]	Y = -0,70	[m]
Inerzia del muro	1,2016	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-0,6008	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1,5834	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-0,7917	[kN]		

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	12,3688	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	45,3482	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	8,7987	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	28,6412	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	45,3482	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	12,3688	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,16	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	47,0048	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	15,26	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	7,3665	[kNm]

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.26
--	------

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



### COMBINAZIONE n° 13

Valore della spinta statica	8,9901	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	8,7171	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	2,1988	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,90	[m]	Y = -1,13	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	14,16	[°]		
Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche	0,3111	[°]		
Incremento sismico della spinta	1,4536	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,90	[m]	Y = -0,85	[m]
Coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche	0,3504	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	25,2000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,45	[m]	Y = -0,70	[m]
Inerzia del muro	1,2016	[kN]		
Inerzia verticale del muro	0,6008	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1,5834	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,7917	[kN]		
<b><i>Risultanti</i></b>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	12,9115	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	48,2701	[kN]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	8,4513	[kNm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	29,6141	[kNm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	48,2701	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	12,9115	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,16	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]		
Risultante in fondazione	49,9670	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	14,98	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	7,7992	[kNm]		
<b><u>COEFFICIENTI DI SICUREZZA</u></b>				
Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.50			

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]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	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

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



Cerchio critico

Coordinate del centro  $X[m] = -0,47$   $Y[m] = 1,40$

Raggio del cerchio  $R[m] = 3,39$

Ascissa a valle del cerchio  $Xi[m] = -2,60$

Ascissa a monte del cerchio  $Xs[m] = 2,63$

Larghezza della striscia  $dx[m] = 0,21$

Coefficiente di sicurezza  $C = 1.97$

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W \sin \alpha$	$b / \cos \alpha$	$\phi$	c	u
1	0,7832	60.85	0,6840	0,0042	29.26	0,000	0,000
2	2,1966	55.27	1,8053	0,0036	29.26	0,000	0,000
3	3,3375	49.45	2,5361	0,0032	29.26	0,000	0,000
4	4,2741	44.27	2,9836	0,0029	29.26	0,000	0,000
5	5,0604	39.52	3,2201	0,0027	29.26	0,000	0,000
6	5,7275	35.07	3,2911	0,0025	29.26	0,000	0,000
7	6,2953	30.86	3,2290	0,0024	29.26	0,000	0,000
8	6,7772	26.82	3,0583	0,0023	29.26	0,000	0,000
9	7,3885	22.93	2,8786	0,0022	29.26	0,000	0,000
10	7,8027	19.14	2,5589	0,0022	29.26	0,000	0,000
11	8,0751	15.44	2,1504	0,0021	29.26	0,000	0,000
12	8,2871	11.81	1,6961	0,0021	29.26	0,000	0,000
13	8,9962	8.22	1,2867	0,0021	29.26	0,000	0,000
14	9,8622	4.67	0,8026	0,0021	29.26	0,000	0,000
15	3,1833	1.13	0,0629	0,0021	29.26	0,000	0,000
16	3,0664	-2.40	-0,1284	0,0021	29.26	0,000	0,000
17	3,0026	-5.94	-0,3108	0,0021	29.26	0,000	0,000
18	2,8839	-9.51	-0,4763	0,0021	29.26	0,000	0,000
19	2,7090	-13.11	-0,6144	0,0021	29.26	0,000	0,000
20	2,4757	-16.77	-0,7141	0,0021	29.26	0,000	0,000
21	2,1808	-20.49	-0,7635	0,0022	29.26	0,000	0,000
22	1,8201	-24.31	-0,7494	0,0022	29.26	0,000	0,000
23	1,3879	-28.26	-0,6571	0,0023	29.26	0,000	0,000
24	0,8764	-32.35	-0,4690	0,0024	29.26	0,000	0,000
25	0,2748	-36.64	-0,1640	0,0026	29.26	0,000	0,000

$\Sigma W_i = 108,7247$  [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 27,1966$  [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 60,9039$  [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 3.32$

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 15

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Società di Progetto  
Brebemi SpA



Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kN]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	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]= -0,47 Y[m]= 1,40

Raggio del cerchio R[m]= 3,39

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -2,60

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2,63

Larghezza della striscia dx[m]= 0,21

Coefficiente di sicurezza C= 1.95

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	0,7832	60.85	0,6840	0,0042	29.26	0,000	0,000
2	2,1966	55.27	1,8053	0,0036	29.26	0,000	0,000
3	3,3375	49.45	2,5361	0,0032	29.26	0,000	0,000
4	4,2741	44.27	2,9836	0,0029	29.26	0,000	0,000
5	5,0604	39.52	3,2201	0,0027	29.26	0,000	0,000
6	5,7275	35.07	3,2911	0,0025	29.26	0,000	0,000
7	6,2953	30.86	3,2290	0,0024	29.26	0,000	0,000
8	6,7772	26.82	3,0583	0,0023	29.26	0,000	0,000
9	7,3885	22.93	2,8786	0,0022	29.26	0,000	0,000
10	7,8027	19.14	2,5589	0,0022	29.26	0,000	0,000
11	8,0751	15.44	2,1504	0,0021	29.26	0,000	0,000
12	8,2871	11.81	1,6961	0,0021	29.26	0,000	0,000
13	8,9962	8.22	1,2867	0,0021	29.26	0,000	0,000
14	9,8622	4.67	0,8026	0,0021	29.26	0,000	0,000
15	3,1833	1.13	0,0629	0,0021	29.26	0,000	0,000
16	3,0664	-2.40	-0,1284	0,0021	29.26	0,000	0,000
17	3,0026	-5.94	-0,3108	0,0021	29.26	0,000	0,000
18	2,8839	-9.51	-0,4763	0,0021	29.26	0,000	0,000
19	2,7090	-13.11	-0,6144	0,0021	29.26	0,000	0,000
20	2,4757	-16.77	-0,7141	0,0021	29.26	0,000	0,000
21	2,1808	-20.49	-0,7635	0,0022	29.26	0,000	0,000
22	1,8201	-24.31	-0,7494	0,0022	29.26	0,000	0,000
23	1,3879	-28.26	-0,6571	0,0023	29.26	0,000	0,000
24	0,8764	-32.35	-0,4690	0,0024	29.26	0,000	0,000
25	0,2748	-36.64	-0,1640	0,0026	29.26	0,000	0,000

Società di Progetto  
Brebemi SpA



$\Sigma W_i = 108,7247$  [kN]

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 27,1966 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 60,9039 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 3.32$$

### COMBINAZIONE n° 16

#### Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	21,7991	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	20,7902	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	6,5551	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,90	[m]	Y = -0,97	[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	52,2000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,45	[m]	Y = -0,70	[m]

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	20,7902	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	77,8784	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	77,8784	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	20,7902	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,10	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	80,6057	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	14,95	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	8,0436	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	303,0667	[kN]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,09841	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,03138	[MPa]

APPROVATO SDP

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 33.92$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,47$	$i_q = 0,49$	$i_\gamma = 0,36$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,15$	$d_q = 1,10$	$d_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione piano posa</b>	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione pendio</b>	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

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

$$N'_c = 25.07 \quad N'_q = 17.82 \quad N'_\gamma = 12.06$$

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



#### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento

2.62

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo

3.89

## 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	0,09	0,6436	0,0276	0,6395
3	0,17	1,2871	0,1133	1,3258
4	0,26	1,9307	0,2610	2,0588
5	0,35	2,5743	0,4749	2,8385
6	0,44	3,2179	0,7591	3,6649
7	0,52	3,8614	1,1177	4,5381
8	0,61	4,5050	1,5546	5,4580
9	0,70	5,1486	2,0742	6,4246
10	0,79	5,7921	2,6803	7,4379
11	0,88	6,4357	3,3772	8,4980
12	0,96	7,0793	4,1688	9,6048
13	1,05	7,7229	5,0594	10,7583
14	1,14	8,3664	6,0529	11,9586
15	1,22	9,0100	7,1535	13,2056
16	1,31	9,6536	8,3652	14,4993
17	1,40	10,2971	9,6922	15,8397

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,09	-0,1648	-3,5872
3	0,18	-0,6321	-6,7220
4	0,27	-1,3612	-9,4043
5	0,36	-2,3113	-11,6341
6	0,45	-3,4418	-13,4115
7	0,54	-4,7118	-14,7365
8	0,63	-6,0808	-15,6089

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**

9	0,72	-7,5079	-16,0290
10	0,81	-8,9524	-15,9966
11	0,90	-10,3737	-15,5117

### COMBINAZIONE n° 17

#### Peso muro sfavorevole e Peso terrapieno sfavorevole

Valore della spinta statica	21,7991	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	20,7902	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	6,5551	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,90	[m]	Y = -0,97	[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	59,7600	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,45	[m]	Y = -0,70	[m]

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	20,7902	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	91,1754	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	91,1754	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	20,7902	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,09	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	93,5157	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	12,85	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	8,2997	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	356,1173	[kN]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,11056	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,04140	[MPa]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 33.92$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,53$	$i_q = 0,55$	$i_\gamma = 0,42$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,15$	$d_q = 1,10$	$d_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione piano posa</b>	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione pendio</b>	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

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

$$N'_c = 28.21$$

$$N'_q = 19.91$$

$$N'_\gamma = 14.22$$

Società di Progetto

**Brebemi SpA**

#### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	3.07
---	------

APPROVATO SDP



Coefficiente di sicurezza a carico ultimo

3.91

## 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	0,09	0,8366	0,0276	0,6395
3	0,17	1,6733	0,1133	1,3258
4	0,26	2,5099	0,2610	2,0588
5	0,35	3,3466	0,4749	2,8385
6	0,44	4,1832	0,7591	3,6649
7	0,52	5,0199	1,1177	4,5381
8	0,61	5,8565	1,5546	5,4580
9	0,70	6,6931	2,0742	6,4246
10	0,79	7,5298	2,6803	7,4379
11	0,88	8,3664	3,3772	8,4980
12	0,96	9,2031	4,1688	9,6048
13	1,05	10,0397	5,0594	10,7583
14	1,14	10,8764	6,0529	11,9586
15	1,22	11,7130	7,1535	13,2056
16	1,31	12,5496	8,3652	14,4993
17	1,40	13,3863	9,6922	15,8397

APPROVATO SDP

## 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	0,09	-0,1330	-2,8774
3	0,18	-0,5039	-5,2879
4	0,27	-1,0708	-7,2315
5	0,36	-1,7916	-8,7083
6	0,45	-2,6243	-9,7182
7	0,54	-3,5269	-10,2613
8	0,63	-4,4573	-10,3375
9	0,72	-5,3736	-9,9468

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



10	0,81	-6,2337	-9,0893
11	0,90	-6,9957	-7,7649

**COMBINAZIONE n° 18**
**Peso muro favorevole e Peso terrapieno sfavorevole**

Valore della spinta statica	21,7991	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	20,7902	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	6,5551	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,90	[m]	Y = -0,97	[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	59,7600	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,45	[m]	Y = -0,70	[m]

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	20,7902	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	85,4384	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	85,4384	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	20,7902	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,08	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	87,9315	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	13,68	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	6,9096	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	344,3113	[kN]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,09999	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,04241	[MPa]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 33.92$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,51$	$i_q = 0,52$	$i_\gamma = 0,39$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,15$	$d_q = 1,10$	$d_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione piano posa</b>	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione pendio</b>	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

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

$N'_c = 26.94$	$N'_q = 19.07$	$N'_\gamma = 13.33$
----------------	----------------	---------------------

APPROVATO SDP

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.88
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	4.03

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



## 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	0,09	0,6436	0,0276	0,6395
3	0,17	1,2871	0,1133	1,3258
4	0,26	1,9307	0,2610	2,0588
5	0,35	2,5743	0,4749	2,8385
6	0,44	3,2179	0,7591	3,6649
7	0,52	3,8614	1,1177	4,5381
8	0,61	4,5050	1,5546	5,4580
9	0,70	5,1486	2,0742	6,4246
10	0,79	5,7921	2,6803	7,4379
11	0,88	6,4357	3,3772	8,4980
12	0,96	7,0793	4,1688	9,6048
13	1,05	7,7229	5,0594	10,7583
14	1,14	8,3664	6,0529	11,9586
15	1,22	9,0100	7,1535	13,2056
16	1,31	9,6536	8,3652	14,4993
17	1,40	10,2971	9,6922	15,8397

APPROVATO SDP

## Sollecitazioni fondazione di monte

### 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	0,09	-0,1211	-2,6269
3	0,18	-0,4612	-4,8650
4	0,27	-0,9852	-6,7146
5	0,36	-1,6581	-8,1754
6	0,45	-2,4451	-9,2476
7	0,54	-3,3110	-9,9311
8	0,63	-4,2210	-10,2260
9	0,72	-5,1401	-10,1322

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



10	0,81	-6,0332	-9,6497
11	0,90	-6,8654	-8,7786

**COMBINAZIONE n° 19**
**Peso muro sfavorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	21,7991	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	20,7902	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	6,5551	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,90	[m]	Y = -0,97	[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	52,2000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,45	[m]	Y = -0,70	[m]

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	20,7902	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	83,6154	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	83,6154	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	20,7902	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,11	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	86,1613	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	13,96	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	9,4337	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	317,1521	[kN]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,10899	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,03037	[MPa]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 33.92$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,50$	$i_q = 0,51$	$i_\gamma = 0,38$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,15$	$d_q = 1,10$	$d_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione piano posa</b>	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione pendio</b>	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

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

$N'_c = 26.51$	$N'_q = 18.78$	$N'_\gamma = 13.04$
----------------	----------------	---------------------

APPROVATO SDP

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.82
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.79

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



## 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	0,09	0,8366	0,0276	0,6395
3	0,17	1,6733	0,1133	1,3258
4	0,26	2,5099	0,2610	2,0588
5	0,35	3,3466	0,4749	2,8385
6	0,44	4,1832	0,7591	3,6649
7	0,52	5,0199	1,1177	4,5381
8	0,61	5,8565	1,5546	5,4580
9	0,70	6,6931	2,0742	6,4246
10	0,79	7,5298	2,6803	7,4379
11	0,88	8,3664	3,3772	8,4980
12	0,96	9,2031	4,1688	9,6048
13	1,05	10,0397	5,0594	10,7583
14	1,14	10,8764	6,0529	11,9586
15	1,22	11,7130	7,1535	13,2056
16	1,31	12,5496	8,3652	14,4993
17	1,40	13,3863	9,6922	15,8397

## 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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,09	-0,1767	-3,8377
3	0,18	-0,6749	-7,1448
4	0,27	-1,4468	-9,9212
5	0,36	-2,4448	-12,1670
6	0,45	-3,6210	-13,8821
7	0,54	-4,9276	-15,0666
8	0,63	-6,3170	-15,7204
9	0,72	-7,7414	-15,8436
10	0,81	-9,1530	-15,4362

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



11      0,90      -10,5040      -14,4981

**COMBINAZIONE n° 20**

Valore della spinta statica	22,7398	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	22,0491	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	5,5617	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,90	[m]	Y = -0,96	[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	48,6000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,45	[m]	Y = -0,70	[m]

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	22,0491	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	73,2849	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	73,2849	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	22,0491	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,14	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	76,5300	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	16,74	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	10,2786	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	114,0231	[kN]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,10390	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,01824	[MPa]

APPROVATO SDP

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 28.42$	$N_q = 16.92$	$N_\gamma = 13.38$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,41$	$i_q = 0,44$	$i_\gamma = 0,31$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,15$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione piano posa</b>	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione pendio</b>	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 13.32$	$N'_q = 8.31$	$N'_\gamma = 4.10$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.86
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	1.56

 Società di Progetto  
**Brebemi SpA**


## 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	0,09	0,6436	0,0307	0,7093
3	0,17	1,2871	0,1255	1,4648
4	0,26	1,9307	0,2884	2,2665
5	0,35	2,5743	0,5235	3,1143
6	0,44	3,2179	0,8347	4,0084
7	0,52	3,8614	1,2263	4,9486
8	0,61	4,5050	1,7021	5,9350
9	0,70	5,1486	2,2662	6,9676
10	0,79	5,7921	2,9228	8,0464
11	0,88	6,4357	3,6757	9,1714
12	0,96	7,0793	4,5291	10,3426
13	1,05	7,7229	5,4870	11,5600
14	1,14	8,3664	6,5535	12,8235
15	1,22	9,0100	7,7325	14,1332
16	1,31	9,6536	9,0281	15,4892
17	1,40	10,2971	10,4444	16,8913

## 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	0,09	-0,1659	-3,5910
3	0,18	-0,6290	-6,6038
4	0,27	-1,3373	-9,0385
5	0,36	-2,2386	-10,8949
6	0,45	-3,2810	-12,1732
7	0,54	-4,4125	-12,8734
8	0,63	-5,5809	-12,9953
9	0,72	-6,7343	-12,5391
10	0,81	-7,8206	-11,5047
11	0,90	-8,7878	-9,8921

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



### COMBINAZIONE n° 21

Valore della spinta statica	25,7541	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	24,9719	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	6,2989	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,90	[m]	Y = -0,96	[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	49,6800	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,45	[m]	Y = -0,70	[m]

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	24,9719	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	73,1898	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	18,5093	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	50,9749	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	73,1898	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	24,9719	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,16	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	77,3327	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18,84	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	11,4483	[kNm]

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.75
--	------

### 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]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	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]= -0,47 Y[m]= 0,78

Raggio del cerchio R[m]= 2,83

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -2,46

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2,26

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA



Larghezza della striscia  $dx[m]= 0,19$

Coefficiente di sicurezza  $C= 1.58$

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	5,7886	67.93	5,3646	0,0049	29.26	0,000	0,000
2	7,2873	60.07	6,3156	0,0037	29.26	0,000	0,000
3	8,3808	53.06	6,6987	0,0031	29.26	0,000	0,000
4	9,2383	47.08	6,7650	0,0027	29.26	0,000	0,000
5	9,9394	41.71	6,6138	0,0025	29.26	0,000	0,000
6	10,5236	36.77	6,2995	0,0023	29.26	0,000	0,000
7	11,0139	32.13	5,8577	0,0022	29.26	0,000	0,000
8	11,6230	27.72	5,4060	0,0021	29.26	0,000	0,000
9	12,0231	23.48	4,7899	0,0020	29.26	0,000	0,000
10	12,3033	19.37	4,0807	0,0020	29.26	0,000	0,000
11	12,5266	15.37	3,3192	0,0019	29.26	0,000	0,000
12	12,6714	11.44	2,5124	0,0019	29.26	0,000	0,000
13	9,1010	7.56	1,1975	0,0019	29.26	0,000	0,000
14	6,5927	3.72	0,4278	0,0019	29.26	0,000	0,000
15	3,0239	-0.10	-0,0055	0,0019	29.26	0,000	0,000
16	2,9987	-3.93	-0,2054	0,0019	29.26	0,000	0,000
17	2,9256	-7.77	-0,3955	0,0019	29.26	0,000	0,000
18	2,8035	-11.65	-0,5660	0,0019	29.26	0,000	0,000
19	2,6306	-15.58	-0,7066	0,0019	29.26	0,000	0,000
20	2,4043	-19.59	-0,8062	0,0020	29.26	0,000	0,000
21	2,1209	-23.70	-0,8526	0,0020	29.26	0,000	0,000
22	1,7752	-27.95	-0,8321	0,0021	29.26	0,000	0,000
23	1,3600	-32.38	-0,7282	0,0022	29.26	0,000	0,000
24	0,8650	-37.03	-0,5209	0,0023	29.26	0,000	0,000
25	0,2752	-41.99	-0,1841	0,0025	29.26	0,000	0,000

APPROVATO SDP

$\Sigma W_i = 162,1962$  [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 59,8452$  [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 90,8568$  [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 3.67$

#### COMBINAZIONE n° 23

Valore della spinta statica	7,1130	[kN]
Componente orizzontale della spinta statica	6,7837	[kN]
Componente verticale della spinta statica	2,1389	[kN]
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,90	[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	25,2000	[kN]

Y = -1,13 [m] Società di Progetto

**Brebemi SpA**





Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte  $X = 0,45$  [m]  $Y = -0,70$  [m]

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	6,7837	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	46,4622	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	46,4622	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	6,7837	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,07	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	46,9548	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	8,31	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	3,4145	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	486,6521	[kN]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,05295	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,02449	[MPa]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 33.92$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,67$	$i_q = 0,68$	$i_\gamma = 0,58$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,15$	$d_q = 1,10$	$d_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione piano posa</b>	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione pendio</b>	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

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

$N'_c = 35.79$	$N'_q = 24.97$	$N'_\gamma = 19.79$
----------------	----------------	---------------------

#### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	4.80
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	10.47

### 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	0,09	0,6436	0,0005	0,0180
3	0,17	1,2871	0,0042	0,0719

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



4	0,26	1,9307	0,0142	0,1617
5	0,35	2,5743	0,0335	0,2875
6	0,44	3,2179	0,0655	0,4493
7	0,52	3,8614	0,1132	0,6470
8	0,61	4,5050	0,1798	0,8806
9	0,70	5,1486	0,2684	1,1502
10	0,79	5,7921	0,3821	1,4557
11	0,88	6,4357	0,5242	1,7972
12	0,96	7,0793	0,6977	2,1746
13	1,05	7,7229	0,9058	2,5879
14	1,14	8,3664	1,1516	3,0372
15	1,22	9,0100	1,4383	3,5224
16	1,31	9,6536	1,7691	4,0436
17	1,40	10,2971	2,1470	4,6007

## 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

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,09	-0,0411	-0,8817
3	0,18	-0,1529	-1,5713
4	0,27	-0,3182	-2,0689
5	0,36	-0,5196	-2,3744
6	0,45	-0,7398	-2,4878
7	0,54	-0,9616	-2,4092
8	0,63	-1,1677	-2,1385
9	0,72	-1,3408	-1,6758
10	0,81	-1,4636	-1,0209
11	0,90	-1,5188	-0,1740

APPROVATO SDP

### COMBINAZIONE n° 24

Valore della spinta statica	13,3891	[kN]
Componente orizzontale della spinta statica	12,7694	[kN]
Componente verticale della spinta statica	4,0262	[kN]
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,90	[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	38,7000	[kN]

Y = -1,00 [m]

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte  $X = 0,45$  [m]  $Y = -0,70$  [m]

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	12,7694	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	61,8494	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	61,8494	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	12,7694	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,09	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	63,1539	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	11,67	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	5,3449	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	387,1376	[kN]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,07381	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,02927	[MPa]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 33.92$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,57$	$i_q = 0,58$	$i_\gamma = 0,46$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,15$	$d_q = 1,10$	$d_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione piano posa</b>	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione pendio</b>	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

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

$N'_c = 30.07$	$N'_q = 21.15$	$N'_\gamma = 15.54$
----------------	----------------	---------------------

#### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	3.39
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	6.26

### 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	0,09	0,6436	0,0140	0,3261
3	0,17	1,2871	0,0581	0,6881

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



4	0,26	1,9307	0,1355	1,0860
5	0,35	2,5743	0,2492	1,5199
6	0,44	3,2179	0,4025	1,9897
7	0,52	3,8614	0,5985	2,4955
8	0,61	4,5050	0,8402	3,0372
9	0,70	5,1486	1,1310	3,6149
10	0,79	5,7921	1,4739	4,2285
11	0,88	6,4357	1,8720	4,8780
12	0,96	7,0793	2,3286	5,5635
13	1,05	7,7229	2,8467	6,2849
14	1,14	8,3664	3,4295	7,0423
15	1,22	9,0100	4,0802	7,8356
16	1,31	9,6536	4,8018	8,6649
17	1,40	10,2971	5,5976	9,5301

## 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	0,09	-0,0809	-1,7473
3	0,18	-0,3055	-3,1939
4	0,27	-0,6468	-4,3399
5	0,36	-1,0776	-5,1852
6	0,45	-1,5711	-5,7299
7	0,54	-2,1000	-5,9739
8	0,63	-2,6374	-5,9172
9	0,72	-3,1561	-5,5599
10	0,81	-3,6291	-4,9020
11	0,90	-4,0294	-3,9434

APPROVATO SDP

### COMBINAZIONE n° 25

Valore della spinta statica	15,4811	[kN]
Componente orizzontale della spinta statica	14,7646	[kN]
Componente verticale della spinta statica	4,6553	[kN]
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,90	[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]

Y = -0,98 [m]

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte  $X = 0,45$  [m]  $Y = -0,70$  [m]

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	14,7646	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	66,9785	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	66,9785	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	14,7646	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,09	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	68,5866	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	12,43	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	5,9884	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	366,7786	[kN]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,08077	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,03086	[MPa]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 33.92$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,54$	$i_q = 0,56$	$i_\gamma = 0,43$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,15$	$d_q = 1,10$	$d_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione piano posa</b>	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione pendio</b>	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

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

$N'_c = 28.86$	$N'_q = 20.34$	$N'_\gamma = 14.67$
----------------	----------------	---------------------

#### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	3.18
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	5.48

### 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	0,09	0,6436	0,0185	0,4288
3	0,17	1,2871	0,0761	0,8934

Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



4	0,26	1,9307	0,1759	1,3941
5	0,35	2,5743	0,3211	1,9307
6	0,44	3,2179	0,5148	2,5032
7	0,52	3,8614	0,7602	3,1117
8	0,61	4,5050	1,0604	3,7561
9	0,70	5,1486	1,4186	4,4364
10	0,79	5,7921	1,8378	5,1527
11	0,88	6,4357	2,3213	5,9050
12	0,96	7,0793	2,8722	6,6932
13	1,05	7,7229	3,4937	7,5173
14	1,14	8,3664	4,1888	8,3774
15	1,22	9,0100	4,9608	9,2734
16	1,31	9,6536	5,8127	10,2053
17	1,40	10,2971	6,7478	11,1732

## 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	0,09	-0,0941	-2,0358
3	0,18	-0,3563	-3,7348
4	0,27	-0,7563	-5,0969
5	0,36	-1,2637	-6,1221
6	0,45	-1,8482	-6,8105
7	0,54	-2,4795	-7,1621
8	0,63	-3,1272	-7,1768
9	0,72	-3,7612	-6,8547
10	0,81	-4,3510	-6,1957
11	0,90	-4,8663	-5,1998

APPROVATO SDP

## 9.7.2 Verifiche strutturali

Per le verifiche strutturali si rimanda alla relazione di calcolo del muro ad "L" IDAZ2

L'opera in oggetto, infatti, presenta i medesimi carichi, le stesse sezioni resistenti e le stesse armature del muro IDAZ2.

Le uniche differenze riguardano le dimensioni di carpenteria (altezza dell'elevazione) che risulta maggiore nel caso del muro IDAZ2.

Essendo le sollecitazioni maggiori nell'opera presa a riferimento ed essendo le sezioni resistenti dell'opera in oggetto le medesime, tutte le verifiche strutturali risultano implicitamente soddisfatte.

Società di Progetto

Brehenji SpA

