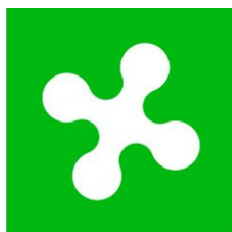




Provincia di
Brescia



Regione
Lombardia



Comune di
Cazzago San
Martino

*OGGETTO: Opere di manutenzione ordinaria,
straordinaria e di mitigazione del rischio idraulico
lungo l'asta del Longherone nel territorio del
Comune di Cazzago San Martino*

PROGETTO ESECUTIVO

CIG: Z6B1B77F28

DOCUMENTO:

Doc_15

DATA:

Ottobre 2019

Relazione tecnico strutturale
comprensiva di:

- relazione/fascicolo dei calcoli
- relazione sui materiali impiegati

IL R.U.P.:

IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. Luca Campana
via Achille Papa, 36
25128 Brescia (BS)
tel. 030/2005886
e-mail: campana@studiocrb.it

LEGENDA

1. INTRODUZIONE.....	2
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	2
3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	2
4. MATERIALI IMPIEGATI.....	3
5. RISULTATI DEI CALCOLI E DELLE VERIFICHE.....	5

1. INTRODUZIONE

Le opere oggetto della presente relazione sono ubicate nel comune di Gazzago San Martino (BS). Il Comune, ai sensi del D.g.r. 11 luglio 2014 n. X/2129, è classificato in zona sismica di categoria 3.

Viene utilizzato il D.M. 17/01/2018 per la progettazione e verifica, in particolare viene fatto riferimento al §6 relativo alla *progettazione geotecnica*.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

[1] NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI D.M. 17/01/2018 e s.m.i.

[2] Circolare Finalissima 02/02/2009 n°617 - Ministero delle infrastrutture e dei trasporti norme - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.Min. 14/01/2008.

3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'intervento prevede la realizzazione di rilevati in terra rinforzata in ambito di carattere torrentizio relativo al torrente Longherone.

In particolare sono previste due zone tipo di intervento:

- *innalzamento di un tratto di sponda del torrente, limitrofo ad ambito di pertinenza stradale;*
- *realizzazione di rilevato di contenimento a difesa dell'area in ambito ferroviario suscettibile di allagamenti.*

I manufatti si estenderanno rispettivamente per circa 130ml con altezza di circa 1m e 350ml con altezza totale di circa 2,1m (1,5m fuori terra) e saranno modellati secondo la morfologia e la pendenza esistente (riferimento a TAV. 05,10). Inoltre le dimensioni molto modeste dell'opera e le caratteristiche materiche di questi rinforzi si integrano perfettamente con il sistema ambientale.

4. MATERIALI IMPIEGATI

Il sistema di realizzazione delle terre rinforzate è composto da tre elementi principali: le geogriglie di rinforzo, il materiale di riempimento e gli elementi di facciata.

L'elemento di rinforzo

Le geogriglie sono strutture bidimensionali realizzate - nel caso in oggetto - da fibre in poliestere ad elevata resistenza e basso creep, ricoperte da uno strato di materiale polimerico per la protezione dai raggi UV, dagli attacchi chimici e dal danneggiamento meccanico e certificate per la realizzazione di terrapieni rinforzati. Chimicamente inerti, svolgono un'efficace azione cerchiante, limitando i movimenti relativi e migliorando la resistenza al taglio.

La struttura composita terreno-geogriglia si comporta come se avesse una resistenza a trazione intrinseca. L'introduzione della geogriglia produce una sorta di coesione a materiali altrimenti non coesivi combinando un'elevata resistenza a compressione dei granuli con la resistenza a trazione della geogriglia, creando così un materiale che ha maggiore rigidità e stabilità del solo aggregato.

La capacità della geogriglia di ricevere gli sforzi e di ridistribuirli in un piano contribuisce ulteriormente al miglioramento delle caratteristiche di resistenza ai carichi statici e dinamici.

Il materiale di riempimento

Il terreno di riempimento che costituisce l'elemento gravitativo dell'opera, facendo riferimento alla classificazione riportata nelle norme UNI 10006, dovrà essere di tipo granulare con elevato angolo di attrito interno ed appartenere ai gruppi A1, A3, A2-4 e A2-5 (sabbia limosa /sabbia ghiaiosa limosa), possibilmente privo di ciottolame di grossa pezzatura che renderebbe difficoltosa la compattazione.

In prossimità del paramento si prevede il riempimento con terreno vegetale, al fine di creare le condizioni ottimali per l'attecchimento e la permanenza del cotico erboso. Il materiale di riempimento verrà steso e compattato in più tornate dello spessore consigliato di 0,30 - 0,35 m.

Il materiale di fondazione

Per quanto riguarda il saccone di fondazione si prevede l'utilizzo di materiale costituito da terreno alluvionale arrotondato e sub arrotondato (gruppo A1a e A1b della classificazione norme UNI 10006), avvolto in tessuto geotessile e caratterizzato da alti valori di porosità ed elevato potere drenante.

Gli elementi di facciata

Il cassero in rete elettrosaldata

E' previsto l'utilizzo in facciata di un cassero in rete elettrosaldata di guida e d'appoggio "a perdere" ($\varnothing 8\text{mm}$, maglia 15x15 cm). Esso non ha alcuna funzione strutturale, ma consente un'accurata profilatura del manufatto.

Il cassero viene fornito corredato di tiranti di irrigidimento (1 ogni 0,45m circa) e picchetti sagomati ad "U", lunghi 0,30 m, utili per fissare la geogriglia al terreno (1 ogni metro circa).

La stuoia antierosiva

Al fine di proteggere il paramento dei manufatti in terra rinforzata dall'azione erosiva degli agenti atmosferici ed offrire una superficie idonea all'idrosemina, è previsto l'utilizzo in facciata di una biostuoia in fibre di juta o di paglia e cocco.

L'inerbimento del paramento mediante idrosemina nasconde completamente gli elementi artificiali del sistema e riduce drasticamente l'impatto ambientale dell'opera.

Verranno utilizzate specie erbacee perenni appartenenti alla famiglia delle leguminose e delle graminacee. I tempi di germinazione e di finitura a verde del manufatto possono variare da quattro a otto settimane, a seconda delle condizioni climatiche della stagione.

La copertura vegetale del paramento può essere effettuata anche tramite la messa a dimora di talee, rizomi e arbusti, inseriti tra uno strato di rinforzo e l'altro: in questo modo viene garantito un effetto coprente uniforme.

5. RISULTATI DEI CALCOLI E DELLE VERIFICHE

Di seguito si riportano il calcolo e le verifiche effettuate per le terre rinforzate in oggetto nelle combinazioni più significative.

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)

Dati

Normativa

Spinte e verifiche secondo: N.T.C. 2018

Simbologia adottata

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

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>EQU</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.30	1.00
Permanenti NS	Favorevole	γ_{Gfav}	0.80	0.80	0.80
Permanenti NS	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.50	1.50	1.30
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.50	1.30
Variabili TF	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00
Variabili TF	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.35	1.35	1.15

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

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

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

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

	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	

Verifiche interne - Coefficienti di sicurezza richiesti

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

Verifiche compound - Coefficienti di sicurezza richiesti

Coefficiente di sicurezza alla stabilità locale	1.30
Coefficiente di sicurezza alla stabilità locale sismica	1.30

Descrizione terreni*Caratteristiche fisico meccaniche*

Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_{sat}	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
ϕ	Angolo di attrito interno del terreno espresso in [°]
δ	Angolo di attrito palo-terreno espresso in [°]
c	Coesione del terreno espressa in [kg/cm ^q]
ca	Adesione del terreno espressa in [kg/cm ^q]

Descrizione	γ [kg/mc]	γ_{sat} [kg/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kg/cm ^q]	ca [kg/cm ^q]
Terra rinforzata	1800,00	2000,00	35.000	20.000	0,000	0,000
Acqua libera spingente	1000,00	1000,00	0.100	0.070	0,000	0,000
Terreno di fondazione U1	1400,00	1800,00	28.000	20.000	0,000	0,000
Terreno sottostante U2	1500,00	1900,00	30.000	20.000	0,000	0,000

Stratigrafia terreno spingente

Simbologia adottata

n°	Identificativo strato
Sp	Spessore dello strato, espresso in [m]
α	Inclinazione dello strato, espresso in [°]
Terreno	Terreno dello strato

n°	Sp [m]	α [°]	Terreno
1	1,50	0.000	Acqua libera spingente
2	2,00	0.000	Terreno di fondazione U1
3	2,00	0.000	Terreno sottostante U2

Profilo terreno

Profilo terreno a monte

Simbologia adottata

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

n°	X	Y	n°	X	Y	n°	X	Y	n°	X	Y
	[m]	[m]		[m]	[m]		[m]	[m]		[m]	[m]
1	5,00	0,00	2	--	--	3	--	--	4	--	--

Profilo terreno a valle

Quota terreno rispetto al piano di posa	[m]	0,80
Inclinazione terreno a valle	[°]	0.000

Caratteristiche rinforzi

Simbologia adottata

Rinforzo	Identificativo del rinforzo
LTDS	Resistenza di progetto di lungo termine, espresso in [kg/m]
FS _{DG}	Fattore di sicurezza per danni di giunzione
FS _{DC}	Fattore di sicurezza per danni chimici
FS _{DB}	Fattore di sicurezza per danni biologici
FS _{DA}	Fattore di sicurezza per danni ambientali
LTDS _A	Resistenza di progetto di lungo termine ammissibile, espresso in [kg/m]

Rinforzo	LTDS	FS _{DG}	FS _{DC}	FS _{DB}	FS _{DA}	LTDS _A
	[kg/m]					[kg/m]
rinforzo 1	5500,00	1.00	1.00	1.00	3.04	1809,21

Geometria terra armata

Simbologia adottata

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

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

Materiale di riempimento della terra armata: **Terra rinforzata**

n°	X	Y	n°	X	Y	n°	X	Y	n°	X	Y
	[m]	[m]		[m]	[m]		[m]	[m]		[m]	[m]
1	0,00	0,00	2	-1,50	0,00	3	-2,00	-2,30	4	0,50	-2,30

Descrizione rinforzi della Terra armata

Simbologia adottata

n°	Indice rinforzo
Y	Quota del rinforzo
Rinforzo	Identificativo del rinforzo
L	Lunghezza del rinforzo, espresso in [m]
Lrv	Lunghezza tratto di risvolto verticale (facciata del risvolto), espresso in [m]
Lro	Lunghezza tratto di risvolto orizzontale (interno del risvolto), espresso in [m]
Fds	Parametro di interazione rinforzo-terra utilizzato per la verifica interna a scorrimento diretto
Fpo	Parametro di interazione rinforzo-terra utilizzato per la verifica interna a sfilamento del rinforzo dal terreno

n°	Y	Rinforzo	L	Lrv	Lro	Fds	Fpo
	[m]		[m]	[m]	[m]		
1	-0,60	rinforzo 1	1,76	0,40	1,50	0,80	0,70
2	-1,10	rinforzo 1	1,98	0,50	1,50	0,80	0,70
3	-1,60	rinforzo 1	2,20	0,50	1,50	0,80	0,70
4	-2,10	rinforzo 1	2,41	0,50	2,00	0,80	0,70

Dati parametri sisma

Identificazione del sito

Latitudine	45.596475
Longitudine	10.042130
Comune Cazzago	San Martino
Provincia	Brescia
Regione Lombardia	

Punti di interpolazione del reticolo 11829 - 11607 - 11606 - 11828

Tipo di opera

Tipo di costruzione	Opera ordinaria
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II - Normali affollamenti e industrie non pericolose

Vita di riferimento	50 anni	Descrizione	Simbolo	Tipo	SLU	SLE	U.M.
Accelerazione al suolo			a_g		1.36	0.52	[m/s ²]
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale			F_0		2.46	2.46	
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante			T_c^*		0.28	0.23	[s]
Tipo di sottosuolo e Coefficiente stratigrafico			S_s	D	1.80	1.80	
Categoria topografica e Coefficiente amplificazione topografica			S_T	T1	1.00	1.00	
Coefficiente di riduzione			β_m		0.38	0.47	

Intensità sismica Verticale/Orizzontale	0.50
Forma diagramma incremento sismico	 Rettangolare

Opzioni di calcolo

Le verifiche di capacità portante sono state eseguite con il metodo di MEYERHOF.
Le verifiche di stabilità globale e di compound sono state eseguite con il metodo di BISHOP.
Per le verifiche interne sono stati analizzati i meccanismi:

- rottura planare
- rottura doppio cuneo
- rottura superficie curvilinea (Circolare)

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

γ Coefficiente di partecipazione della condizione

Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - SLU (Approccio 2)

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

Combinazione n° 2 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo

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

Combinazione n° 3 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo

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

Combinazione n° 6 - EQU - Sisma Vert. negativo

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

Combinazione n° 8 - STAB - Sisma Vert. positivo

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

Risultati

Sintesi - Fattori di sicurezza

Verifiche esterne

Simbologia adottata

IC	Indice della combinazione
FS _{Rib}	Fattore di sicurezza a ribaltamento
FS _{Scor}	Fattore di sicurezza a scorrimento
FS _{Qlim}	Fattore di sicurezza a carico limite
FS _{Stab}	Fattore di sicurezza a stabilità globale

IC	FS _{Scor}	FS _{Qlim}	FS _{Rib}	FS _{Stab}
1	1.465	3.190	--	--
2	1.044	2.539	--	--
3	1.013	2.700	--	--
6	--	--	2.448	--
8	--	--	--	1.806

Verifiche interne

Simbologia adottata

n°	Indice rinforzo
FS _{Scor}	Fattore di sicurezza a scorrimento
FS _{Sfil}	Fattore di sicurezza a sfilamento
FS _{Traz}	Fattore di sicurezza a trazione
FS _{ScorR}	Fattore di sicurezza a scorrimento del risvolto

Combinazione n° 1

n°	FS _{Scor}	FS _{Sfil}	FS _{Traz}	FS _{ScorR}
1	2.235	3.911	7.586	100.00 0
2	5.206	9.111	6.674	4.230
3	9.455	16.547	4.840	5.333
4	11.568	20.243	5.874	19.194

Combinazione n° 2

n°	FS _{Scor}	FS _{Sfil}	FS _{Traz}	FS _{ScorR}
1	1.729	3.026	7.118	100.00 0
2	4.902	8.579	6.763	3.297
3	5.124	8.968	5.220	4.425
4	8.516	14.903	3.812	12.303

Combinazione n° 3

n°	FS _{Scor}	FS _{Sfil}	FS _{Traz}	FS _{ScorR}
1	1.820	3.184	7.698	100.00 0
2	5.154	9.019	7.192	3.506
3	6.667	11.667	5.472	4.638
4	7.883	13.795	3.528	13.624

Verifiche composte

Simbologia adottata

IC Indice della combinazione

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

IC	FS _{Comp}
1	2.293
2	2.489
3	2.366

Verifiche esterne

Risultati spinta

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione
S	Spinta statica, incremento sismico della spinta e spinta falda, espresse in [kg]
So	Componente orizzontale della spinta statica, espresse in [kg]
Sv	Componente verticale della spinta statica, dell'incremento sismico o la sottospinta della falda, espresse in [kg]
P	Punto di applicazione della spinta, dell'incremento sismico e della spinta della falda, espresse in [kg]
Is	Inclinazione della spinta rispetto all'orizzontale, espressa in [°]

n°	Descrizione	S [kg]	So [kg]	Sv [kg]	P [m]	Is [°]
1	Spinta statica	2742	2732	233	0,00; -1,22	4,88
2	Spinta statica	2110	2102	180	0,00; -1,22	4,88
	Incremento sismico	206	206	18	0,00; -0,78	
3	Spinta statica	2110	2102	180	0,00; -1,22	4,88
	Incremento sismico	11	11	1	0,00; -0,78	

Risultanti al piano di posa

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione
Rp	Risultante al piano di posa, espressa in [kg]
β	Inclinazione della risultante rispetto al piano di posa, espresse in [°]
Rn	Risultante normale al piano di posa, espressa in [kg]
Rt	Risultante tangente al piano di posa, espressa in [kg]
Rx	Risultante in direzione X, espressa in [kg]
Ry	Risultante in direzione Y, espressa in [kg]
e	Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione, espressa in [m]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kgm]
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kgm]

n°	Rp [kg]	β [°]	Rn [kg]	Rt [kg]	Rx [kg]	Ry [kg]	e [m]	Mr [kgm]	Ms [kgm]
1	11332	13.95	10997	2732	2732	10997	0,253		
2	9393	19.22	8870	3093	3093	8870	0,368		
3	8572	19.76	8068	2898	2898	8068	0,369		
6	8568	23.14	7878	3367	3367	7878	0,445	4381	10724

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione
Rn	Risultante normale al piano di posa, espressa in [kg]
Qu	Carico ultimo della fondazione, espressa in [kg]
Pv	Pressione terreno allo spigolo di valle, espressa in [kg/cm ²]
Pm	Pressione terreno allo spigolo di monte, espressa in [kg/cm ²]
Lr	Lunghezza fondazione reagente, espressa in [m]

Nc, Nq, Ng Coeff. di capacità portante

N'c, N'q, N'g Coeff. di capacità portante corretti dai coeff. di forma, profondità, inclinazione del piano di posa e inclinazione del piano campagna a valle

n°	N	Qu	Pv	Pm	Lr	Nc	Nq	Ng	N'c	N'q	N'g
	[kg]	[kg]	[kg/cm q]	[kg/cm q]	[m]						
1	10997	35087	0,707	0,173	2,50	25.80	14.72	11.19	20.38	11.07	2.97
2	8870	22524	0,668	0,042	2,50	25.80	14.72	11.19	17.66	9.59	1.16
3	8068	21781	0,609	0,037	2,50	25.80	14.72	11.19	17.39	9.44	1.02

Stabilità globale terra armata + terreno

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa alla terra armata (spigolo contro terra)

Is Indice della striscia

W peso della striscia espresso in [kg]

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

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

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm²]

l lunghezza della base della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm²]

N sforzo normale alla base della striscia espressa in [kg]

T sforzo tangenziale alla base della striscia espressa in [kg]

Rt, Rn Resistenza tangenziale e normale del rinforzo alla base della striscia espressa in [kg]

Combinazione n° 8

Superficie di scorrimento n° 52 - $F_s = 1.81$

Is	W	α	ϕ	c	l	u	N	T	El	Er	Rt	Rn
	[kg]	[°]	[°]	[kg/c mq]	[m]	[kg/c mq]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]
1	158	-2.481	35.000	0,00	0,19	0,00	154	61	0	53	0	0
2	456	-0.271	35.000	0,00	0,19	0,00	436	177	53	189	0	0
3	524	1.937	35.000	0,00	0,19	0,00	493	203	189	325	0	0
4	521	4.147	35.000	0,00	0,20	0,00	484	201	325	442	0	0
5	515	6.366	35.000	0,00	0,20	0,00	473	198	442	538	0	0
6	506	8.597	35.000	0,00	0,20	0,00	460	194	538	612	0	0
7	494	10.845	35.000	0,00	0,20	0,00	446	188	612	666	0	0
8	479	13.116	35.000	0,00	0,20	0,00	430	181	666	700	0	0
9	462	15.413	35.000	0,00	0,20	0,00	413	173	700	713	0	0
10	414	17.743	35.000	0,00	0,20	0,00	368	153	713	707	0	0
11	268	20.109	35.000	0,00	0,21	0,00	238	97	707	691	0	0
12	218	22.517	0.100	0,00	0,21	0,00	224	0	691	585	0	0
13	201	24.973	0.100	0,00	0,21	0,00	211	0	585	477	0	0
14	182	27.480	0.100	0,00	0,22	0,00	196	0	477	369	0	0
15	161	30.044	0.100	0,00	0,22	0,00	178	0	369	265	0	0
16	138	32.668	0.100	0,00	0,23	0,00	156	0	265	168	0	0
17	113	35.358	0.100	0,00	0,24	0,00	132	0	168	81	0	0

Is	W	α	ϕ	c	l	u	N	T	El	Er	Rt	Rn
	[kg]	[°]	[°]	[kg/c mq]	[m]	[kg/c mq]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]
18	85	38.115	0.100	0,00	0,25	0,00	102	0	81	10	0	0
19	53	40.942	0.100	0,00	0,26	0,00	67	0	10	-39	0	0
20	18	43.839	0.100	0,00	0,27	0,00	24	0	-39	-58	0	0

Verifiche interne

Risultati rinforzi

Simbologia adottata

Ir Indice rinforzo

Sft Sforzo nel rinforzo per meccanismo planare, espressa in [kg/m]

Sfdc Sforzo nel rinforzo per meccanismo doppio cuneo, espressa in [kg/m]

Sfr Sforzo nel rinforzo per meccanismo rotazionale, espressa in [kg/m] (sforzo che ha determinato il fattore di sicurezza minore a scorrimento)

Gli sforzi nei rinforzi possono essere nulli. In tal caso la stabilità della superficie analizzata è garantita a meno del contributo dei rinforzi.

Combinazione n° 1

Ir	Sft	Sfdc	Sfr
	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]
1	238,50	0,00	225,27
2	271,07	0,00	264,87
3	373,79	0,00	299,51
4	192,03	0,00	307,99

Combinazione n° 2

Ir	Sft	Sfdc	Sfr
	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]
1	254,17	0,00	113,76
2	267,50	0,00	153,26
3	346,57	312,37	190,46
4	230,46	312,37	474,65

Combinazione n° 3

Ir	Sft	Sfdc	Sfr
	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]
1	235,02	0,00	123,99
2	251,54	0,00	162,63
3	330,61	240,11	204,28
4	208,12	240,11	512,76

Meccanismi di rottura

Simbologia adottata

n°	Indice del rinforzo
Sf	Sforzo nel rinforzo per meccanismo planare, espressa in [kg/m]
RSCO	Resistenza allo scorrimento, espressa in [kg/m]
FSSCO	Fattore di sicurezza allo scorrimento
RSFI	Resistenza allo sfilamento, espressa in [kg/m]
FSFI	Fattore di sicurezza allo sfilamento
RTRA	Resistenza a trazione, espressa in [kg/m]
FSTRA	Fattore di sicurezza a trazione
LI, Lf	Lunghezza libera e di fondazione, espresse in [m]

Meccanismo rottura planare

Combinazione n° 1

Ir	Sf	RSCO	FSSCO	RSFI	FSFI	RTRA	FSTRA	LI	Lf
	[kg/m]	[kg/m]		[kg/m]		[kg/m]		[m]	[m]
1	238,50	701,87	2.943	1228,27	5.150	1809,21	7.586	0,83	0,93
2	271,07	1847,44	6.815	3233,01	11.927	1809,21	6.674	0,59	1,39
3	373,79	3534,34	9.455	6185,10	16.547	1809,21	4.840	0,34	1,85
4	192,03	5368,45	27.956	9394,78	48.922	1809,21	5.874	0,10	2,32

Combinazione n° 2

Ir	Sf	RSCO	FSSCO	RSFI	FSFI	RTRA	FSTRA	LI	Lf
	[kg/m]	[kg/m]		[kg/m]		[kg/m]		[m]	[m]
1	254,17	439,57	1.729	769,24	3.026	1809,21	7.118	1,00	0,76
2	267,50	1311,32	4.902	2294,80	8.579	1809,21	6.763	0,71	1,27
3	346,57	2612,78	7.539	4572,36	13.193	1809,21	5.220	0,41	1,78
4	230,46	4118,33	17.870	7207,08	31.272	1809,21	3.812	0,12	2,29

Combinazione n° 3

Ir	Sf	RSCO	FSSCO	RSFI	FSFI	RTRA	FSTRA	LI	Lf
	[kg/m]	[kg/m]		[kg/m]		[kg/m]		[m]	[m]
1	235,02	427,67	1.820	748,42	3.184	1809,21	7.698	1,02	0,74
2	251,54	1296,45	5.154	2268,78	9.019	1809,21	7.192	0,72	1,26
3	330,61	2600,28	7.865	4550,49	13.764	1809,21	5.472	0,42	1,77
4	208,12	4117,12	19.782	7204,95	34.619	1809,21	3.528	0,12	2,29

Meccanismo rottura doppio cuneo

Combinazione n° 1

Ir	Sf	RSCO	FSSCO	RSFI	FSFI	RTRA	FSTRA	LI	Lf
	[kg/m]	[kg/m]		[kg/m]		[kg/m]		[m]	[m]
1	0,00	0,00		0,00		0,00		1,76	0,00
2	0,00	0,00	100.000	0,00	100.000	0,00	100.000	1,98	0,00
3	0,00	0,00	100.000	0,00	100.000	1809,21	100.000	1,45	0,74
4	0,00	0,00	100.000	0,00	100.000	1809,21	100.000	0,85	1,57

Combinazione n° 2

Ir	Sf	RSCO	FSSCO	RSFI	FSsfi	Rtra	FSTra	LI	Lf
	[kg/m]	[kg/m]		[kg/m]		[kg/m]		[m]	[m]
1	0,00	0,00	100.000	0,00	100.000	0,00	100.000	1,76	0,00
2	0,00	0,00	100.000	0,00	100.000	0,00	100.000	1,98	0,00
3	312,37	1600,73	5.124	2801,27	8.968	1809,21	5.792	1,27	0,92
4	312,37	4762,67	15.247	8334,67	26.682	1809,21	5.792	0,46	1,95

Combinazione n° 3

Ir	Sf	RSCO	FSSCO	RSFI	FSsfi	Rtra	FSTra	LI	Lf
	[kg/m]	[kg/m]		[kg/m]		[kg/m]		[m]	[m]
1	0,00	0,00	100.000	0,00	100.000	0,00	100.000	1,76	0,00
2	0,00	0,00	100.000	0,00	100.000	0,00	100.000	1,98	0,00
3	240,11	1600,73	6.667	2801,27	11.667	1809,21	7.535	1,27	0,92
4	240,11	4762,67	19.836	8334,67	34.713	1809,21	7.535	0,46	1,95

Meccanismo rottura rotazionale

Combinazione n° 1

Cerchio n° 102 - Centro (-3,21; 0,33) - Raggio 2,90 - Intersezione profilo valle (-2,00; -2,30) - Intersezione profilo monte (-0,33; 0,00)

Ir	Sf	RSCO	FSSCO	RSFI	FSsfi	Rtra	FSTra	LI	Lf
	[kg/m]	[kg/m]		[kg/m]		[kg/m]		[m]	[m]
1	178,08	438,97	2.465	768,20	4.314	768,20	10.159	1,16	0,60
2	209,39	1198,96	5.726	2098,19	10.020	1809,21	8.640	1,05	0,93
3	209,39	2587,48	12.357	4528,09	21.625	1809,21	8.640	0,80	1,40
4	209,39	5090,40	24.311	8908,19	42.544	1809,21	8.640	0,32	2,09

Combinazione n° 2

Cerchio n° 101 - Centro (-2,75; 0,00) - Raggio 2,42 - Intersezione profilo valle (-2,00; -2,30) - Intersezione profilo monte (-0,33; 0,00)

Ir	Sf	RSCO	FSSCO	RSFI	FSsfi	Rtra	FSTra	LI	Lf
	[kg/m]	[kg/m]		[kg/m]		[kg/m]		[m]	[m]
1	65,30	306,93	4.700	537,12	8.225	537,12	27.705	1,22	0,54
2	87,98	812,97	9.241	1422,70	16.172	1422,70	20.565	1,14	0,84
3	109,51	1832,39	16.733	3206,68	29.282	1809,21	16.521	0,91	1,29
4	272,67	3773,89	13.840	6604,30	24.221	1809,21	6.635	0,40	2,01

Combinazione n° 3

Cerchio n° 101 - Centro (-2,75; 0,00) - Raggio 2,42 - Intersezione profilo valle (-2,00; -2,30) - Intersezione profilo monte (-0,33; 0,00)

Ir	Sf	RSCO	FSSCO	RSFI	FSsfi	Rtra	FSTra	LI	Lf
	[kg/m]	[kg/m]		[kg/m]		[kg/m]		[m]	[m]
1	69,55	306,93	4.413	537,12	7.723	537,12	26.013	1,22	0,54
2	91,22	812,97	8.912	1422,70	15.596	1422,70	19.833	1,14	0,84
3	115,53	1832,39	15.860	3206,68	27.755	1809,21	15.660	0,91	1,29

Ir	Sf	RSCO	FSSCO	RSFI	FSFI	Rtra	FSTra	LI	Lf
	[kg/m]	[kg/m]		[kg/m]		[kg/m]		[m]	[m]
4	289,70	3773,89	13.027	6604,30	22.797	1809,21	6.245	0,40	2,01

Verifiche composte

Stabilità globale della terra armata

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa alla terra armata (spigolo contro terra)

Is Indice della striscia

W peso della striscia espresso in [kg]

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

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

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm^q]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm^q]

N sforzo normale alla base della striscia espressa in [kg]

T sforzo tangenziale alla base della striscia espressa in [kg]

Combinazione n° 1

Superficie di scorrimento n° 102 - Fs = 2.29

Is	W	α	ϕ	c	b	u	N	T
	[kg]	[°]	[°]	[kg/cm ^q]	[m]	[kg/cm ^q]	[kg]	[kg]
1	33	26.211	35.000	0,00	0,09	0,00	30	9
2	100	27.409	35.000	0,00	0,09	0,00	89	27
3	166	29.143	35.000	0,00	0,10	0,00	145	44
4	231	31.639	35.000	0,00	0,10	0,00	197	60
5	296	33.090	35.000	0,00	0,10	0,00	248	76
6	359	35.009	35.000	0,00	0,10	0,00	294	90
7	385	37.600	35.000	0,00	0,11	0,00	305	93
8	372	39.365	35.000	0,00	0,11	0,00	288	88
9	358	41.267	35.000	0,00	0,11	0,00	269	82
10	343	43.807	35.000	0,00	0,12	0,00	248	76
11	327	46.300	35.000	0,00	0,12	0,00	226	69
12	309	48.606	35.000	0,00	0,13	0,00	205	62
13	290	51.099	35.000	0,00	0,13	0,00	182	56
14	269	53.796	35.000	0,00	0,14	0,00	159	49
15	246	56.711	35.000	0,00	0,15	0,00	135	41
16	219	59.855	35.000	0,00	0,17	0,00	110	34
17	189	63.226	35.000	0,00	0,18	0,00	85	26
18	154	67.278	35.000	0,00	0,22	0,00	59	18
19	110	71.958	35.000	0,00	0,27	0,00	34	10
20	47	79.042	35.000	0,00	0,44	0,00	9	3

Combinazione n° 2

Superficie di scorrimento n° 101 - $F_s = 2.49$

Is	W [kg]	α [°]	ϕ [°]	c [kg/cm q]	b [m]	u [kg/cm q]	N [kg]	T [kg]
1	26	19.939	35.000	0,00	0,09	0,00	25	7
2	79	20.993	35.000	0,00	0,09	0,00	74	21
3	132	23.532	35.000	0,00	0,09	0,00	121	34
4	184	25.780	35.000	0,00	0,09	0,00	165	47
5	235	27.125	35.000	0,00	0,09	0,00	209	59
6	285	30.711	35.000	0,00	0,10	0,00	245	69
7	307	32.307	35.000	0,00	0,10	0,00	259	73
8	298	34.311	35.000	0,00	0,10	0,00	246	69
9	289	37.657	35.000	0,00	0,11	0,00	229	64
10	279	39.717	35.000	0,00	0,11	0,00	215	60
11	268	41.979	35.000	0,00	0,11	0,00	199	56
12	256	45.089	35.000	0,00	0,12	0,00	181	51
13	243	48.146	35.000	0,00	0,12	0,00	162	46
14	229	51.043	35.000	0,00	0,13	0,00	144	40
15	212	54.241	35.000	0,00	0,14	0,00	124	35
16	194	57.767	35.000	0,00	0,16	0,00	103	29
17	172	61.639	35.000	0,00	0,18	0,00	82	23
18	147	65.988	35.000	0,00	0,20	0,00	60	17
19	114	71.905	35.000	0,00	0,27	0,00	35	10
20	62	82.429	35.000	0,00	0,63	0,00	8	2

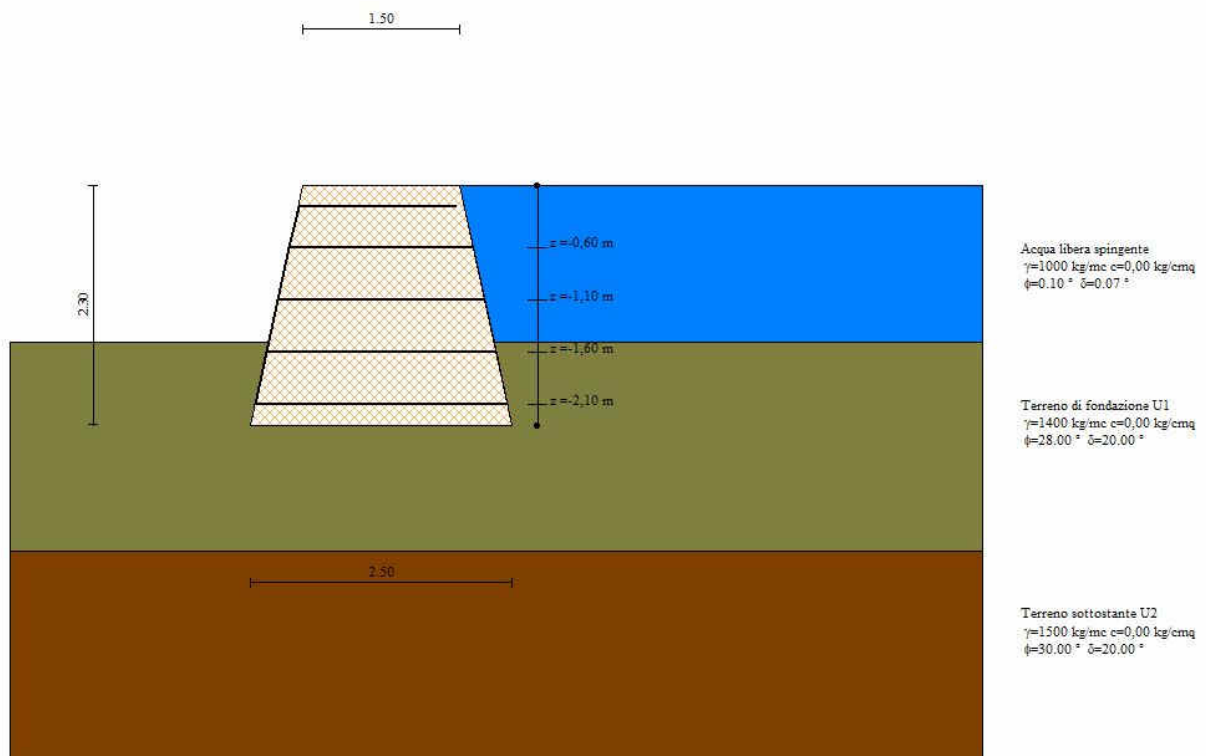
Combinazione n° 3

Superficie di scorrimento n° 101 - $F_s = 2.37$

Is	W [kg]	α [°]	ϕ [°]	c [kg/cm q]	b [m]	u [kg/cm q]	N [kg]	T [kg]
1	26	19.939	35.000	0,00	0,09	0,00	25	7
2	79	20.993	35.000	0,00	0,09	0,00	74	22
3	132	23.532	35.000	0,00	0,09	0,00	121	36
4	184	25.780	35.000	0,00	0,09	0,00	165	49
5	235	27.125	35.000	0,00	0,09	0,00	209	62
6	285	30.711	35.000	0,00	0,10	0,00	245	73
7	307	32.307	35.000	0,00	0,10	0,00	259	77
8	298	34.311	35.000	0,00	0,10	0,00	246	73
9	289	37.657	35.000	0,00	0,11	0,00	229	68
10	279	39.717	35.000	0,00	0,11	0,00	215	64
11	268	41.979	35.000	0,00	0,11	0,00	199	59
12	256	45.089	35.000	0,00	0,12	0,00	181	54
13	243	48.146	35.000	0,00	0,12	0,00	162	48
14	229	51.043	35.000	0,00	0,13	0,00	144	43
15	212	54.241	35.000	0,00	0,14	0,00	124	37
16	194	57.767	35.000	0,00	0,16	0,00	103	31

Is	W [kg]	α [°]	ϕ [°]	c [kg/cm q]	b [m]	u [kg/cm q]	N [kg]	T [kg]
17	172	61.639	35.000	0,00	0,18	0,00	82	24
18	147	65.988	35.000	0,00	0,20	0,00	60	18
19	114	71.905	35.000	0,00	0,27	0,00	35	10
20	62	82.429	35.000	0,00	0,63	0,00	8	2

Di seguito si riporta la sezione tipo di riferimento per le terre rinforzate analizzate.



Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

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

Tipo di analisi svolta

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

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

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

L'analisi sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

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

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	GRETA - Terre Armate
Versione	14.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS)

Affidabilità dei codici di calcolo

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

Modalità di presentazione dei risultati

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

Informazioni generali sull'elaborazione

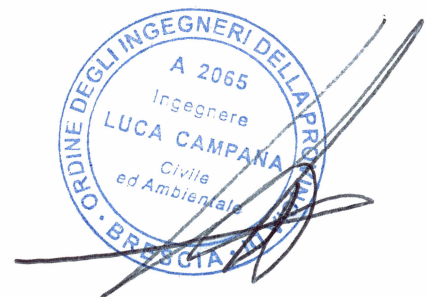
Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare,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

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Il tecnico progettista



- Ultima pagina -