



**STUDIO MACRI'
TECNICI ASSOCIATI**

Progetti integrati
d' Ingegneria
ed Architettura



Ing. Renato BARRA

RECAPITI e - mail:
studiomacri@interfree.it
pec: domenico.macri1@ingpec.eu

SEDE OPERATIVA ED
AMM.VA
Centro Lucrezia della Valle
Via Lucrezia della Valle n.19/40

88100 CATANZARO (CZ)

Tel. e Fax 0961 753475

COMUNE DI CARDINALE

(PROVINCIA DI CATANZARO)

PROGETTO ESECUTIVO

DATA:	A.T.P. (ASSOCIAZIONE TEMPORANEA TRA PROFESSIONISTI)	
DICEMBRE 2020	PROGETTISTI :	DIREZIONE LAVORI:
	ING. DOMENICO MACRI' - CAPOGRUPPO MANDATARIO	ING. DOMENICO MACRI'
	ING. RENATO BARRA - MANDANTE	
	ARCH. MADDALENA TROMBY - MANDANTE GIOVANE PROFESSIONISTA	

	TITOLO DEL PROGETTO:
	INTERVENTI DI SISTEMAZIONE DELLE PENDICI SOVRASTANTI IL CENTRO STORICO DEL COMUNE DI CARDINALE - CODICE CZ042A/10.

Prot. Dis.	Modifiche:	1
	Sostituisce il N.	2
	Sostituito dal N.	3
ALL. N.	Oggetto del Disegno:	
A7.6.1	RELAZIONI DI CALCOLO	
	- BRIGLIE E BACINO DI CONTENIMENTO IN GABBIONI FOSSI MARCHESE	
	- BRIGLIA-SOSTEGNO TESTA FOSSO MARCHESE	

SCALA:	ENTE APPALTANTE:
	AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI CARDINALE.
	RESPONSABILE UTC - ING. S. LUPICA e-mail: ufficio.tecnico @ comune.cardinale.cz.it

A TERMINI DI LEGGE - ART. 2578 DEL C.C. CI RISERVIAMO L'ESCLUSIVA PROPRIETA' DI QUESTO ELABORATO TECNICO, CON DIVIETO DI COPIARLO O RIPRODURLO SENZA IL NOSTRO CONSENSO SCRITTO

INDICE

1. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO	2
2. MATERIALI UTILIZZATI.....	4
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
4. ANALISI DEI CARICHI	7
5. VERIFICHE GEOTECNICHE E STRUTTURALI	11
5.1. CODICE DOLMEN-IS MURI	11
5.1.1 Origine e caratteristiche del codice di calcolo	11
5.1.2 Affidabilità del codice di calcolo utilizzato.....	12
5.1.3 Descrizione del codice di calcolo utilizzato	12
5.2 <i>MODELLO STRUTTURALE</i>	13
5.3 <i>RIASSUNTO VERIFICHE GEOTECNICHE E STRUTTURALI BRIGLIA DI STABILIZZAZIONE DEL FONDO DEI FOSSI</i>	15
5.4 <i>VERIFICHE GEOTECNICHE E STRUTTURALI BACINO DI CONTENIMENTO TRASPORTO SOLIDO FOSSO MARCHESE</i>	15
5.5 <i>VERIFICHE GEOTECNICHE E STRUTTURALI MURO DI CONSOLIDAMENTO DELLA TESTA DEL FOSSO MARCHESE</i>	16

1. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

La presente relazione ed i relativi elaborati grafici (All.A6.5, All.A6.3.6, All.A.6.3.16) descrivono e verificano le opere in gabbioni che saranno realizzate nell'ambito del progetto "interventi di sistemazione delle pendici sovrastanti il centro storico del Comune di Cardinale".

Si tratta di opere di sostegno, di contenimento e di briglie con fondazione diretta così distinte:

1. Briglia di stabilizzazione del fondo impiegata nei fossi Marchese, Cavaliere e Donnelerio: altezza massima 2.00 m, larghezza della base di 2.00 m, spessore della parte in elevazione costante di 2.00 m;
2. Bacino di contenimento del trasporto solido in corrispondenza della confluenza dei due rami del fosso Marchese: altezza massima 4.00 m, larghezza della base di 3.00 m, spessore della parte in elevazione costante di 2.00 m.
3. Muro di consolidamento della testa del fosso Marchese: si tratta di un'opera a gradoni che si adagia sul pendio della collina con lo scopo di stabilizzare la testa del ramo principale del fosso Marchese consentendo di ripristinare il passaggio del sentiero esistente. La fondazione ha larghezza di 3.50 m e spessore di 1.00 m, l'elevazione è di 6.00 m con i primi 3 conci della larghezza di 3.00 m che arretrano di 0.50 m ad ogni fila. In corrispondenza del restringimento dello spessore della gabbionata viene mantenuto verticale l'allineamento verso monte.

I muri in gabbioni sono un particolare tipo di opere di sostegno a gravità a struttura modulare, realizzati mediante l'assemblaggio di elementi parallelepipedi in rete metallica (gabbioni) riempiti con pietrame direttamente in cantiere. I gabbioni sono formati da teli di rete d'acciaio a maglia esagonale doppia torsione e hanno di solito una larghezza di 1 m e un'altezza di 0,50 o 1,00 m; la lunghezza invece è variabile da 1,5 a 4 m.

Essi possono eventualmente essere divisi all'interno dei diaframmi, anch'essi in rete metallica a doppia torsione. La maglia della rete può avere dimensioni 6x8, 8x10 o 10x12 cm e può essere tessuta con filo di diametro compreso tra 2 e 3,4 mm; ogni

telo di rete presenta inoltre una bordatura perimetrale realizzata con filo di diametro maggiore di quello dei fili interni. La doppia torsione dei fili impedisce il rapido propagarsi di smagliature in seguito alla rottura accidentale di un filo, come verificato sperimentalmente.

Per garantire il buon comportamento strutturale dei muri in gabbioni è necessaria un'accurata esecuzione del riempimento in pietrame ed è preferibile disporre di singoli elementi affinché la rete metallica sia distribuita in modo omogeneo all'intero dell'opera. Ad esempio, per limitare la deformazione a taglio è opportuno aumentare il più possibile il numero dei teli metallici verticali in direzione trasversale (ossia in direzione della spinta), pertanto è preferibile disporre i gabbioni con il lato più lungo in direzione della spinta.

Le principali caratteristiche dei muri in gabbioni sono la flessibilità, la permeabilità e il ridotto impatto ambientale. La flessibilità consente l'adattamento del muro ad eventuali cedimenti del terreno senza che questo comporti la rottura dei gabbioni e la fuoriuscita del materiale di riempimento. La permeabilità garantisce un ottimo drenaggio dell'acqua, impedendone l'accumulo a tergo dell'opera e quindi il verificarsi di spinte superiori a quelle considerate in fase di progetto.

Il progetto di un muro in gabbioni si esegue allo stesso modo di un muro a gravità di calcestruzzo o muratura, tuttavia la sua particolare struttura modulare con n strati di gabbioni richiede che le verifiche di stabilità vengano eseguite sia con riferimento all'intero muro, sia considerando le $(n-1)$ porzioni che si ottengono considerando per ciascuno strato solo gli stati soprastanti.

Nel verificare la stabilità delle parti di muro rappresentate occorrerà considerare la resistenza di attrito, la resistenza a taglio e quella a compressione del sistema rete-pietrame di riempimento all'interfaccia tra uno strato e il sottostante

2. MATERIALI UTILIZZATI

I materiali previsti per gli interventi in progetto sono di seguito riportati:

TERRENO

Dalla relazione geologica si ricavano i seguenti valori:

FOSSO MARCHESE ESTERNO ABITATO:

tratto G-H /G-L (Fossi rami 1 e 2 Marchese)

- Pulizia e sagomatura fossi, briglie in gabbioni - opera di sostegno in gabbioni alla testa del ramo 1-strada - bacino di contenimento in gabbioni, alla confluenza fossi	NOTE
Classe	III
Vita Nominale	50
Categoria sottosuolo	B
Categoria Topografica	T2

Caratteristiche dei terreni da indagini						
Litologia	Peso di volume [kN/m ³]	Peso di volume saturo [kN/m ³]	Angolo attrito interno [°]	Coesione [kPa]	Nspt (30) / altro	
Terreno naturale non rimaneggiato	$\gamma = 19,00$	$\gamma = 20,00$ KN/m ³	$\varphi = 38,00$ °	$C = 0,00$		Fondazione / elevazione
Sabbione ecc.	$\gamma = 18,00$	$\gamma = 21,00$	$\varphi = 32,00^\circ$	$C = 0,00$		Elevazione

RESISTENZA DEL MURO IN GABBIONI

I parametri di resistenza interna del muro in gabbioni sono stati stimati sulla base delle informazioni reperibili in letteratura, valide sostanzialmente per metodi di verifica alle tensioni ammissibili, estendendo i valori al metodo di calcolo degli stati limite facendo riferimento alle resistenze riportate nel D.M. 17/01/2018 ed alla relativa circolare applicativa valevoli per opere in muratura.

La tensione di compressione ammissibile per i gabbioni è fornita dalla seguente formula dimensionale:

$$\sigma_{adm} = 5\gamma_g - 3 = 6 \text{ daN/cm}^2$$

dove $\gamma_g = 1.8 \text{ t/m}^3$ è il peso dei gabbioni

La tensione tangenziale ammissibile può essere stimata con la seguente formulazione:

$$\tau_{adm} = \frac{Ntg\varphi^*}{B} + c_g = 0.24 \text{ daN/cm}^2$$

dove

$$\varphi^* = 25\gamma_g - 10^\circ = 35^\circ \text{ (con } \gamma_g = 1.80 \text{ t/m}^3\text{)}$$

$$c_g = 0,03P_u - 0,05 = 0.24 \text{ daN/cm}^2$$

con P_u peso della rete metallica per metro cubo di gabbioni assunta per fili dello spessore di 2.7 mm pari a 10 kg/m³

c_g rappresenta la coesione equivalente dovuta alla presenza della rete metallica.

Siccome tali valori sono validi per il metodo di calcolo alle tensioni ammissibili dove l'unico coefficiente di sicurezza veniva applicato alle resistenze queste dovrebbero essere opportunamente aumentate in modo da stimare i valori caratteristici. A tale proposito si osserva che una muratura con gabbioni può essere paragonata ad un muro a secco con la presenza di elementi di collegamento trasversale rappresentati dalla rete metallica e dalle legature che vengono realizzate al loro interno. Si possono quindi stimare i valori di resistenza partendo da quelli che la circolare propone per murature in pietra disordinata composta da ciottoli, pietre erratiche e irregolari aumentando la resistenza considerando i coefficienti correttivi dei parametri meccanici grazie alla presenza delle connessioni trasversali. Essendo infine una muratura di nuova realizzazione si considerano i valori massimi di resistenza. Pertanto:

Massa volumica	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
Resistenza media a compressione	$f_m = 1.5 \times 0.18 = 0.27 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media a taglio	$f_{vmo} = 1.5 \times 0.032 = 0.048 \text{ N/mm}^2$

I valori caratteristici si ottengono moltiplicando i valori medi per il coefficiente 0.75 pertanto:

Massa volumica	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
Resistenza media a compressione	$f_m = 0.75 \times 0.27 = 0.2025 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media a taglio	$f_{vmo} = 0.75 \times 0.048 = 0.036 \text{ N/mm}^2$

considerando i coefficienti di sicurezza che venivano applicati ai valori di resistenza delle murature con il metodo delle tensioni ammissibili, pari a circa 5.00, si può ritenere di assumere questi valori come caratteristici per condurre le verifiche delle tensioni interne delle gabbionate.

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I carichi considerati per il calcolo sono conformi alle normative vigenti, ricordando inoltre che secondo l'ordinanza 3274 il territorio del Comune di Cardinale è classificato in zona 1. Le Norme Tecniche sulle Costruzioni definiscono le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione noti i valori dell'accelerazione orizzontale massima del terreno, del valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale e del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale forniti per ciascun nodo del reticolo di riferimento in cui è stato suddiviso il territorio nazionale, per l'intervallo di riferimento, nelle tabelle riportate nell'ALLEGATO B del

- D.M. 14/01/08 - "Norme tecniche per le costruzioni".

Nel dettaglio i carichi considerati sono stati: il peso proprio della struttura e dei carichi permanenti, i carichi variabili e le azioni sismiche.

Il progetto degli elementi strutturali dell'opera in oggetto è stato redatto in accordo alle seguenti Normative:

- Legge 2 febbraio 1974, n°64 – "Provvedimenti per le Costruzioni con Particolari Prescrizioni per le Zone Sismiche".
- D.M. 17/01/18 - "Norme tecniche per le costruzioni".

4. ANALISI DEI CARICHI

Pesi propri:

Massa volumica muro in gabbioni

$$\gamma = 18.00 \text{ kN/m}^3$$

Massa volumica acqua

$$\gamma = 10.00 \text{ kN/m}^3$$

Sovraccarico:

Variabile

$$Q = 5.00 \text{ kN/m}^2$$

Sisma

L'azione sismica viene valutata conducendo un'analisi pseudo statica a stato limite ultimo dove si utilizza come spettro di risposta della struttura quello previsto dal D.M. 17/01/18 Norme tecniche sulle costruzioni. In termini di accelerazione l'espressione risulta:

$$S_u(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{F_o}{q} \left[\frac{T}{T_B} + \frac{q}{F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \quad 0 \leq T < T_B$$

$$S_u(T) = a_g \cdot \frac{S \cdot F_o}{q} \quad T_B \leq T < T_C$$

$$S_u(T) = a_g \cdot \frac{S \cdot F_o}{q} \left(\frac{T_C}{T} \right) \quad T_C \leq T < T_D$$

$$S_u(T) = a_g \cdot \frac{S \cdot F_o}{q} \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right) \geq 0.2a_g \quad T_D \leq T$$

Lo spettro può essere definito numericamente una volta noti i parametri:

a_g = accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Questi dati sono ricavabili, per il reticolo geografico di riferimento, dai dati di pericolosità sismica disponibili e riportati nell'ALLEGATO B del D.M. 14/01/08 una volta definita la vita di riferimento V_R della costruzione e la probabilità di superamento nella vita di riferimento P_{VR} associata a ciascuno degli stati limite considerati da cui dipende il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni.

La struttura di cui trattasi è classificabile nella Classe III (costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi) del punto 2.4.2 delle NTC mentre si può assumere

che la vita nominale V_N debba essere ≥ 50 anni (tabella 2.4.I) ne consegue che il periodo di riferimento per l'azione sismica sia $V_R = V_N \cdot C_U = 75$ anni avendo assunto il coefficiente d'uso C_U pari a 1.5 dalla tabella 2.4.II. Nel seguito si riportano le verifiche per lo stato limite ultimo di salvaguardia delle vite umane (SLV). Al sisma di progetto (SLV) corrisponde una probabilità di superamento nel periodo di riferimento della struttura del 10% (tempo di ritorno T_R dell'azione sismica di 712 anni). Definiti questi aspetti e note le coordinate del sito su cui sorge la costruzione, si possono definire i valori di riferimento dello spettro di risposta:

Longitudine: 16.38977

Latitudine: 38.64346

Stato limite	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [sec]
SLV	475	0.267	2.438	0.383

Gli altri parametri necessari per la definizione dello spettro sono:

S = fattore che tiene conto del profilo stratigrafico del terreno di fondazione e delle condizioni topografiche mediante la relazione:

$$S = S_s \cdot S_t = 1.760$$

essendo S_s il coefficiente di amplificazione stratigrafica (Tab. 3.2.IV D.M. 17/01/18) per terreno di categoria B (rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti) e S_t il coefficiente di amplificazione topografica (Tab. 3.2.V D.M. 17/01/18) assunto pari ad 1.2 (categoria topografica T_2);

T_C = periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da $T_C = C_C \times T_C^* = 0.511$ sec dove $C_C = 1.333$ è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.V);

T_B = periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante, dato da $T_B = T_C / 3 = 0.170$ sec

T_D = periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione: $T_D = 4.0 \frac{a_g}{g} + 1.6 = 2.670$ sec

Nel seguito si riportano gli spettri per lo SLV con tutti i parametri che lo definiscono ed il relativo andamento.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV
Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.267 g
F_o	2.438
T_C	0.383 s
S_S	1.139
C_C	1.333
S_T	1.200
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.367
η	1.000
T_B	0.170 s
T_C	0.511 s
T_D	2.670 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

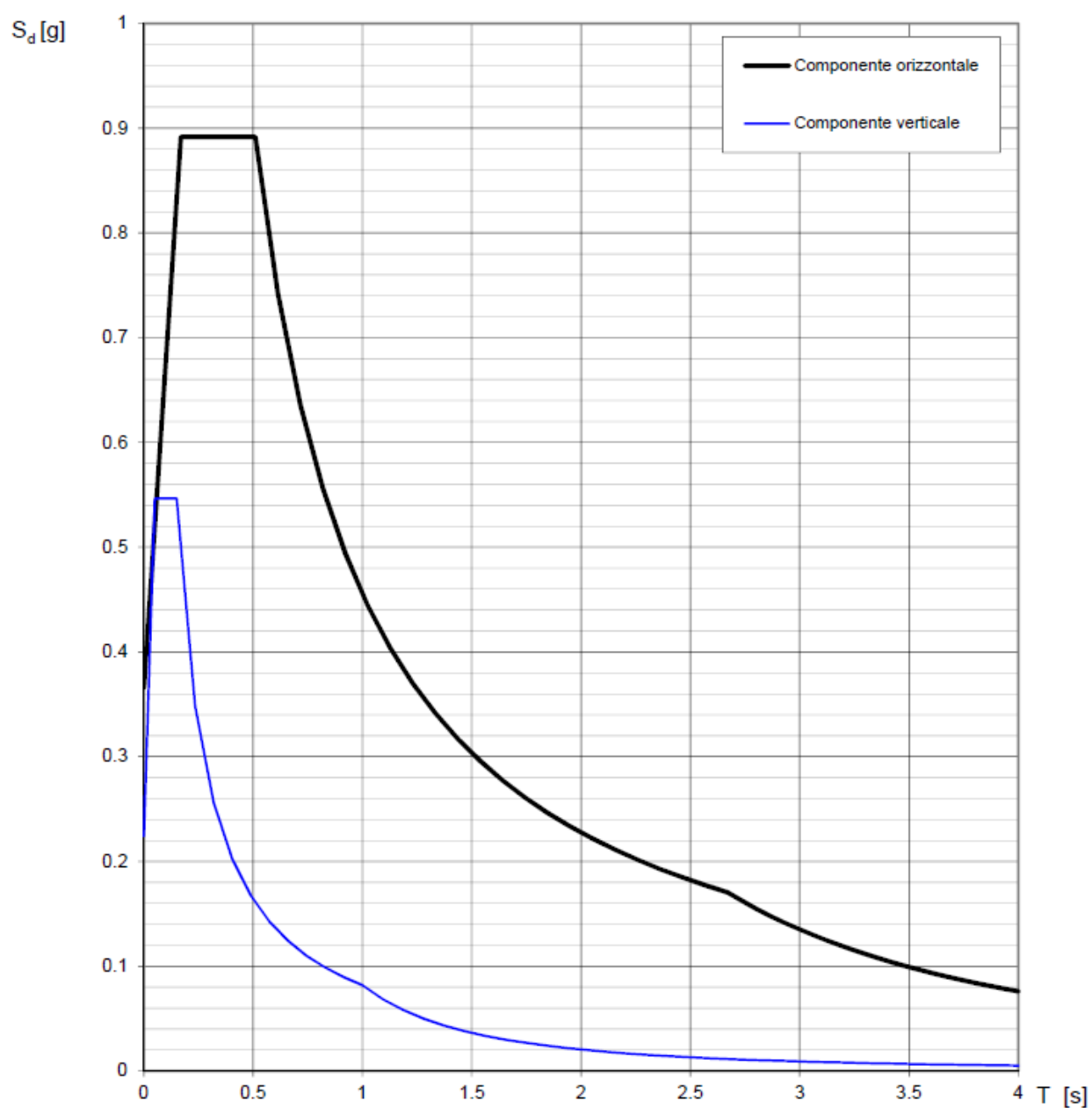
$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.366
$T_B \leftarrow$	0.170	0.891
$T_C \leftarrow$	0.511	0.891
	0.614	0.742
	0.716	0.636
	0.819	0.556
	0.922	0.494
	1.025	0.444
	1.128	0.404
	1.230	0.370
	1.333	0.342
	1.436	0.317
	1.539	0.296
	1.642	0.277
	1.745	0.261
	1.847	0.246
	1.950	0.233
	2.053	0.222
	2.156	0.211
	2.259	0.202
	2.361	0.193
	2.464	0.185
	2.567	0.177
$T_D \leftarrow$	2.670	0.171
	2.733	0.163
	2.797	0.155
	2.860	0.149
	2.923	0.142
	2.987	0.136
	3.050	0.131
	3.113	0.125
	3.177	0.120
	3.240	0.116
	3.303	0.111
	3.367	0.107
	3.430	0.103
	3.493	0.100
	3.557	0.096
	3.620	0.093
	3.683	0.090
	3.747	0.087
	3.810	0.084
	3.873	0.081
	3.937	0.078
	4.000	0.076

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



5. VERIFICHE GEOTECNICHE E STRUTTURALI

Le condizioni di carico considerate ai fini della verifica degli elementi strutturali portanti sono quelle previste dalla Normativa Italiana vigente e cioè:

- peso proprio;
- pesi permanenti;
- sovraccarichi accidentali
- azione sismica.

Le azioni sismiche sono state valutate con il metodo pseudo – statico (formulazione di Monobe – Okabe) schematizzandole con una forza statica equivalente pari al prodotto della forza di gravità per i corrispondenti coefficienti sismici orizzontali k_h e verticale k_v che sono stati valutati mediante le seguenti espressioni:

$$k_h = \beta_m \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0.5 k_h$$

dove:

$a_{\max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_T \cdot a_g$ accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica S_s e dell'amplificazione topografica S_T

g = accelerazione di gravità.

Il coefficiente β_m per terreni di categoria B, C, D ed E e per accelerazioni a_g comprese tra 0.2 e 0.4 vale 0.31

Le verifiche geotecniche e il calcolo delle sollecitazioni agenti sul muro e sulle fondazioni sono state condotte mediante utilizzo di software di calcolo Dolmen-is-Muri di cui si riporta di seguito una breve descrizione.

In allegato si riportano le tabelle riassuntive delle verifiche delle tre tipologie di strutture analizzate rimandando gli approfondimenti all'allegato 7.6.2 "Opere di sostegno zona Marchese – fascicolo dei calcoli".

5.1. CODICE DOLMEN-IS MURI

5.1.1 Origine e caratteristiche del codice di calcolo

- Titolo: IS Muri
- Versione: 20.0

- Autore: CDM DOLMEN e omnia IS srl
- Distributore: CDM DOLMEN e omnia IS srl

Il codice di calcolo in oggetto è prodotto, distribuito ed assistito dalla CDM DOLMEN e omnia IS srl, con sede in Torino, Via B. Drovetti 9F. La società produttrice è presente da anni nell'ambito dei programmi di calcolo per l'ingegneria. Gli sviluppatori sono tutti ingegneri civili laureati presso il Politecnico di Torino, con vasta esperienza professionale nel settore delle costruzioni e dell'analisi strutturale. L'affidabilità del codice di calcolo è garantita dall'esistenza della documentazione di supporto, dai test di validazione, ed è suffragata da anni di uso presso centinaia di utenti in tutta Italia e all'estero.

5.1.2 Affidabilità del codice di calcolo utilizzato

Il software viene fornito con tutta la documentazione richiesta dal capito 10 del D.M. 17/01/2018 “Norme tecniche sulle costruzioni”; in particolare viene fornito il manuale “mr manuale” contenente la descrizione della teoria su cui si basano le diverse tipologie di analisi eseguibili e le formulazioni dei diversi elementi finiti implementati nel codice di calcolo. Con il software vengo anche forniti dei casi prova risolti con il codice di calcolo e con i metodi classici della scienza delle costruzioni confrontando l'errore tra le due diverse soluzioni.

5.1.3 Descrizione del codice di calcolo utilizzato

Il software in oggetto è dedicato all'analisi, secondo le Norme Tecniche delle Costruzioni del 2018, di muri contro terra a sezione costante o variabile, con contrafforti, mensole, denti, pali e tiranti. La geometria dell'opera può essere qualunque, prevede la presenza di una scarpa a monte e/o a valle, avente spessore variabile, e l'inclinazione della scarpa stessa e dei paramenti interno ed esterno. Oltre alla spinta del terreno il software prevede l'inserimento di carichi concentrati o distribuiti, lineari o trapezi, agenti sul profilo del terreno, alla quota desiderata e su ogni elemento strutturale. Per ogni carico va indicata la tipologia, in modo che nella generazione automatica dei casi di carico vengano applicati i giusti coefficienti moltiplicatori previsti dalla normativa. Il software esegue la verifica dell'elemento strutturale in ogni sua sezione significativa secondo il metodo agli Stati Limite. L'analisi può essere svolta in condizioni statiche e dinamiche. Il profilo del terreno, sia a monte che a valle, è rappresentato da una spezzata. Il terreno può essere composto da più strati con caratteristiche eterogenee. La falda può avere quote

differenti a monte ed a valle. Il metodo di calcolo delle spinte è quello del "cuneo di tentativo" o di Culmann, se si è selezionato " k_a " (coefficiente di spinta attiva), oppure si utilizza il coefficiente di spinta a riposo " k_0 ". IS Muri grazie al Metodo del Cuneo di Tentativo è perfettamente in grado di calcolare la spinta attiva in presenza di pendio di forma qualunque, anche multistrato e con strati inclinati, con carichi e con falda.

5.2 MODELLO STRUTTURALE

Per la determinazione delle sollecitazioni mediante software di calcolo Dolmen-IsMuri si è realizzato un modello di calcolo con le seguenti caratteristiche:

1. il volume di terra è incoerente e privo di coesione (ossia si considera nulla la forza di adesione tra le particelle di terra dipendente dalle loro proprietà chimiche e granulometriche);
2. si considera l'attrito tra terra e paramento interno del muro;
3. la superficie di scorrimento del prisma di terra è piana;
4. il terrapieno è inclinato;

Il metodo che viene utilizzato in IS Muri per il calcolo della spinta attiva sul paramento di monte è il Metodo di Culmann, o Metodo del Cuneo di Tentativo; in pratica è una generalizzazione della teoria di Coulomb per poter risolvere i casi più particolari che con le teorie classiche che spesso schematizzano e semplificano troppo.

IS Muri grazie a questa teoria è perfettamente in grado di calcolare la spinta attiva in presenza di pendio di forma qualunque anche multistrato (avente anche inclinati), con carichi, in presenza di falda, ecc..

Nel seguito si riportano i tabulati di verifica del software is muri per le tre tipologie di strutture verificate le quali presentano inoltre le seguenti particolarità:

Briglia di stabilizzazione del fondo dei fossi e di contenimento del trasporto solido:

1. in condizioni statiche è stata considerata la presenza del sovraccarico dell'acqua in condizioni di piena sulla gavetà ed a monte della briglia. Come risulta dalla relazione idraulica l'altezza d'acqua nei vari fossi a monte della gavetà, determinata per la portata massima, è di 1.11 m e di 0.74 in corrispondenza della gavetà.
2. Sono state considerate due diverse stratigrafie: una relativa al terreno di

fondazione caratterizzato dalla roccia alterata con ottime caratteristiche geomeccaniche ed uno strato di riempimento a tergo delle briglie rappresentante il sabbione derivante dall'alterazione dello strato di roccia trasportato dall'acqua con caratteristiche geomeccaniche più scadenti.

3. Non sono state condotte verifiche di natura idraulica legate al sollevamento ed al sifonamento dell'opera in quanto il paramento e la fondazione delle briglie in gabbioni sono permeabili.

Opera di sistemazione della testa del fosso Marchese:

1. Si è considerato un sovraccarico pari a 5.00 kN/m^2 dovuto ad azioni da traffico.

5.3 RIASSUNTO VERIFICHE GEOTECNICHE E STRUTTURALI BRIGLIA DI STABILIZZAZIONE DEL FONDO DEI FOSSI

Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva con i fattori di sicurezza minimi (= rapporto R_d/E_d o C_d/E_d) calcolati per tutte le verifiche.

La verifica si intende superata se il valore del rapporto è maggiore o uguale a 1.0.

Le caselle con i trattini indicano che la verifica corrispondente non va svolta per il relativo Caso di Carico.

caso di carico	capacità portante	scorrimento	ribaltamento	stabilità globale	FS strutturale Fusto(pressoflessione)	FS strutturale Fusto(taglio)
1 - STR(SLU)	8.9	2.42	Stabile 4.51 (s.max.=0.14 [cm])	---	21.97	4.17
2 - GEO(SLU_GEO)	---	---	---	1.12	---	---
3 - SLV_SISMA_SU(SLV)	7.72	1.72	Stabile 3.74 (s.max.=0.11 [cm])	1.37	43	5.45
4 - SLV_SISMA_GIU(SLV)	7.85	1.87	Stabile 4.09 (s.max.=0.12 [cm])	1.38	38.44	5.44
5 - SLD_SISMA_SU(SLD)	5.62	1.34	---	---	---	---
6 - SLD_SISMA_GIU(SLD)	6.13	1.5	---	---	---	---

Muro Verificato! Verifiche Superate

5.4 VERIFICHE GEOTECNICHE E STRUTTURALI BACINO DI CONTENIMENTO TRASPORTO SOLIDO FOSSO MARCHESE

Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva con i fattori di sicurezza minimi (= rapporto R_d/E_d o C_d/E_d) calcolati per tutte le verifiche.

La verifica si intende superata se il valore del rapporto è maggiore o uguale a 1.0.

Le caselle con i trattini indicano che la verifica corrispondente non va svolta per il relativo Caso di Carico.

caso di carico	capacità portante	scorrimento	ribaltamento	stabilità globale	FS strutturale Fusto(pressoflessione)	FS strutturale Fusto(taglio)
1 - STR(SLU)	6.12	1.9	Stabile 3.23 (s.max.=0.25 [cm])	---	4.15	1.33
2 - GEO(SLU_GEO)	---	---	---	1.11	---	---
3 - SLV_SISMA_SU(SLV)	3.54	1.35	Stabile 2.44 (s.max.=0.31 [cm])	1.29	6.01	1.34
4 - SLV_SISMA_GIU(SLV)	3.76	1.44	Stabile 2.54 (s.max.=0.33 [cm])	1.3	5.65	1.41
5 - SLD_SISMA_SU(SLD)	2.26	1.08	---	---	---	---
6 - SLD_SISMA_GIU(SLD)	2.69	1.19	---	---	---	---

Muro Verificato! Verifiche Superate

5.5 VERIFICHE GEOTECNICHE E STRUTTURALI MURO DI CONSOLIDAMENTO DELLA TESTA DEL FOSSO MARCHESE

Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva con i fattori di sicurezza minimi (= rapporto R_d/E_d o C_d/E_d) calcolati per tutte le verifiche.

La verifica si intende superata se il valore del rapporto è maggiore o uguale a 1.0.

Le caselle con i trattini indicano che la verifica corrispondente non va svolta per il relativo Caso di Carico.

caso di carico	capacità portante	scorrimento	ribaltamento	stabilità globale	FS strutturale Fusto(pressoflessione)	FS strutturale Fusto(taglio)
1 - STR(SLU)	2.27	3.79	Stabile 6.14 (s.max.=2.12 [cm])	- - -	1.05	1.68
2 - GEO(SLU_GEO)	- - -	- - -	- - -	1.39	- - -	- - -
3 - SLV_SISMA_SU(SLV)	3.73	1.42	Stabile 2.23 (s.max.=0.23 [cm])	1.49	6.97	1.24
4 - SLV_SISMA_GIU(SLV)	3.73	1.55	Stabile 2.38 (s.max.=0.35 [cm])	1.5	5.7	1.29
5 - SLD_SISMA_SU(SLD)	2.06	1.1	- - -	- - -	- - -	- - -
6 - SLD_SISMA_GIU(SLD)	2.71	1.24	- - -	- - -	- - -	- - -

Muro Verificato! Verifiche Superate