



FSC

Fondo per lo Sviluppo
e la Coesione

PROGRAMMAZIONE FSC 2014 - 2020

Patto per lo Sviluppo della Regione Campania

PROGETTO FINANZIATO CON LA DELIBERAZIONE CIPE N. 26 / 2016
C.U.P. E91B15000520009

CONSORZIO DI BONIFICA "VELIA"

Località Piano della Rocca, 84060 - PRIGNANO CILENTO (SA)

Tel. 0974/837206 - Fax. 0974/837154 - Pec: consorziovelia@pec.it - www.consorziovelia.com

INTERVENTO DI VIABILITA' ZONA DIGA ALENTO COMPLETAMENTO STRADA - 3° LOTTO

TRATTO DI PROGETTO	<input type="checkbox"/> Nodo di Cicerale
	<input type="checkbox"/> Dal 5° innesto per Cicerale all'innesto per Monteforte Cilento
	<input checked="" type="checkbox"/> Dall'innesto per Monteforte Cilento a Stio

FATTIB. TECN. - ECONOM. PROGETTO DEFINITIVO PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato	G.02	Scala	-	Data	Ottobre 2018	Revisione	<input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6
-----------	------	-------	---	------	--------------	-----------	--

Oggetto:

Relazione illustrativa dei calcoli statici

TIPOLOGIA ELABORATO	<input checked="" type="checkbox"/> Descrittivo	<input type="checkbox"/> Grafico	<input checked="" type="checkbox"/> Calcolo
<input type="checkbox"/> Economico	<input type="checkbox"/> Sicurezza	<input type="checkbox"/> Contrattuale	<input type="checkbox"/> Altro

PROGETTISTA

Velia Ingegneria e Servizi Srl

Loc. Piano Della Rocca 84060 PRIGNANO CILENTO (SA)
Tel. 0974/837206 fax 0974/837154 - Pec: veliaingegneria@pec.it

Ing. Gaetano Suppa

Iscritto all'Albo degli Ingegneri di Salerno n. 1854 dal 12.09.1983

GEOLOGO

Dott. Geol. Francesco Peduto

Iscritto all'Albo dei Geologi Regione Campania n. 2683 dal 06.05.1988

R.U.P.

Ing. Marcello Nicodemo

Iscritto all'Albo degli Ingegneri di Salerno n. 1931 dal 16.04.1984

Riferimento archivio digitale: N.023b.10.2018/Ve.Ing

"Tratto dall'innesto per Monteforte Cilento a Stio"

Premessa

La presente relazione ha l'obiettivo di riportare i criteri generali, le ipotesi e i procedimenti adoperati per il calcolo delle opere strutturali relative al progetto "Intervento di viabilità zona diga Alento – Completamento strada 3° lotto". In particolare suddetti interventi di manutenzione straordinaria interesseranno il tratto stradale esistente ricompreso tra l'innesto per Monteforte Cilento (SA) e Stio (SA). Dallo studio delle criticità di carattere idrogeologico è emerso gli interventi di mitigazione idonei ad assicurare le condizioni di sicurezza della strada in oggetto sono:

- Gabbionate
- Terre Armate
- Palificate

La scelta del tipo di intervento si è basata sulle indicazioni derivanti dallo studio geologico e sulla richiesta di "flessibilità e/o adattabilità" dell'opera rispetto al contesto franoso in atto. Nella fattispecie si è preferito utilizzare gabbionate e terre armate nei casi in cui il movimento franoso non interessasse strati di terreno profondi e dove si richiedeva una certa flessibilità nei confronti di movimenti franosi a cinematica lenta di lieve entità; le palificate invece sono state utilizzate nei casi in cui si registrava una superficie di scorrimento non raggiungibile con opere superficiali.

L'ubicazione delle opere è riportata nella planimetria generale di progetto e nelle tavole di dettaglio degli specifici interventi. Relativamente ad ogni singolo tratto sono state eseguite le verifiche previste dalla vigente normativa delle sezioni più gravose in condizioni sismiche e statiche riportate in ciascun tabulato di calcolo.

Si precisa che la normativa tecnica a cui si è fatta riferimento per tutta la fase progettuale è rappresentata dal D.M. 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni". Sebbene vi sia stato un aggiornamento di tale normativa il CNR ha chiarito le regole circa il periodo transitorio (*circolare del 23 febbraio 2018 n.203*).La suddetta circolare individua, per le opere pubbliche, tre fattispecie:

- opere pubbliche o di pubblica utilità in corso di esecuzione;
- contratti pubblici di lavori già affidati;
- progetti definitivi ed esecutivi affidati prima del 22 marzo 2018 (data di entrata in vigore delle NTC 2018).

Il progetto in questione risulta essere affidato ante 22 marzo 2018 e quindi la circolare n.203 permette l'utilizzo delle N.T.C. 2008 a patto che la consegna sia prevista entro il 22 marzo 2023; giacché tale termine ultimo sarà sicuramente rispettato il principale riferimento normativo sarà ancora rappresentato dalle N.T.C 2008.

Gabbionate

Le gabbionate sono opere di sostegno modulari formate da elementi a forma di parallelepipedo in rete a doppia torsione tessuta con trafilato di acciaio riempite con pietrame. La struttura modulare è realizzata con tecniche costruttive semplici e rapide e la rete metallica è costituita da filo di acciaio protetto con zincatura forte o con lega di zinco-alluminio ricoperto da una guaina in PVC, atto ad aumentare la resistenza alla corrosione. Per il riempimento dei gabbioni possono essere utilizzati i materiali lapidei e disponibili in loco o nelle vicinanze, purché abbiano caratteristiche granulometriche e peso specifico tali da soddisfare le esigenze progettuali e garantire l'efficienza dell'opera. I materiali più comunemente usati sono costituiti da materiale detritico di grossa pezzatura, alluvionale o di cava (ciottoli, pietrame). Il pietrame deve essere non gelivo, non friabile e di buona durezza. Le gabbionate devono essere riempite con cura utilizzando pezzature di pietrame diversificate in modo da minimizzare la presenza di vuoti. Staticamente si comportano come un muro a gravità per questo sono soggette alle medesime verifiche e ipotesi (Coulomb, Rankine, metodo dell'equilibrio limite). Tali strutture sono permeabili, resistenti e allo stesso tempo molto flessibili in grado di opporsi, senza grandi deformazioni dei singoli elementi, ad assestamenti e/o cedimenti del piano di posa o del terreno a tergo dovuti a fenomeni erosivi o a fenomeni franosi, o a scosse sismiche. La struttura modulare e la forma degli elementi conferiscono all'opera una notevole capacità di adattamento alle diverse conformazioni plano-altimetriche del terreno, specie in interventi di sistemazione in alveo o di versanti, consentendo la realizzazione di opere anche di ridotte dimensioni e in zone di difficile accesso.

Per gli interventi di progetto sono stati utilizzati gabbioni in rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo 8x10 in accordo con le UNI-EN 10223-3, tessuta con trafilato di ferro, conforme alle UNI-EN 10223-3 per le caratteristiche meccaniche e UNI-EN 10218 per le tolleranze sui diametri, avente carico di rottura compreso fra 350 e 500 N/mm² e allungamento minimo pari al 10%, avente un diametro pari 3.00 mm, galvanizzato con lega eutettica di Zinco - Alluminio (ZN.AL5%) conforme alla EN 10244.

Le elaborazioni numeriche per il dimensionamento e le verifiche di tali opere sono state eseguite mediante l'utilizzo del software "**MACSTAR W**".

La procedura seguita per la progettazione nella creazione di una serie di verifiche con le seguenti combinazioni:

- **Verifiche statiche:** Approccio 1- Combinazione 2 (M2+A2+R2)

Stabilità globale $FS > 1,1$;

Scorrimento $FS_{sc} > 1$;

Ribaltamento $FS_{rb} > 1$;

Portanza $FS_{cp} > 1$;

- **Verifiche sismiche:** Approccio 1- Combinazione 2 (M2+R2+kh+/- kv)

Stabilità globale $FS > 1,1$;

Scorrimento $FSc > 1$;

Ribaltamento $FSrb > 1$;

Portanza $FScp > 1$;

Lo stato limite di ribaltamento non prevede la mobilitazione della resistenza del terreno di fondazione e deve essere trattato come uno stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU), adoperando coefficienti parziali del gruppo M2 per il calcolo delle spinte.

Nessuna combinazione di carico allo stato limite di esercizio viene prevista, in quanto nessuna determinazione di spostamento dell'opera a fini di controllo di funzionalità della stessa viene effettuata, risultando poco significativa vista la intrinseca deformabilità della tipologia di struttura di sostegno esaminata.

La valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità viene svolta dal programma con un procedimento che si articola nelle seguenti fasi:

- 1) scelta dell'opera o di una sua parte da verificare (a cura dell'utente);
- 2) verifica geometrica della scelta;
- 3) definizione del muro (profilo contro terra a tergo);
- 4) calcolo delle forze stabilizzanti;
- 5) calcolo della massima spinta;
- 6) verifiche allo scorrimento;
- 7) verifica al ribaltamento;
- 8) verifica per capacità portante fondazione (carico limite).

Terre Armate

Nel campo della geotecnica è definita come opera in terra rinforzata, una struttura atta al contenimento o alla stabilizzazione di una scarpata costituita, essa stessa, da terreno e da elementi di rinforzo di forma e materiale opportuno, capaci di assorbire sforzi di trazione. Tali elementi vengono di solito disposti lungo piani di posa orizzontali durante il riempimento e la compattazione del rilevato di terra, che avviene per strati successivi. Così facendo, il regime di sollecitazioni che si instaura nel rilevato strutturale con l'aumentare dei carichi, sono tali da mobilitare la resistenza a trazione del rinforzo in virtù della propria aderenza per attrito con il terreno.

Il terreno che costituisce il rilevato strutturale, invece, offrirà il suo contributo di resistenza alla compressione per effetto dei carichi verticali. Nella progettazione di queste strutture è pertanto necessario individuare correttamente i meccanismi di rottura potenziali nel terreno

"Tratto dall'innesto per Monteforte Cilento a Stio"

al fine di valutare il contributo di stabilità offerto dalla presenza dei rinforzi. Un corretto dimensionamento di una struttura in terra rinforzata implica pertanto una scelta corretta della lunghezza e della spaziatura verticale dei rinforzi necessari a garantire la stabilità, noti che siano i parametri geotecnici del rilevato strutturale (angolo d'attrito, peso per unità di volume, coesione) e le caratteristiche meccaniche dei rinforzi (carico rottura, coeff. aderenza terreno). I meccanismi di scivolamento schematizzati nel calcolo saranno in generale diversi secondo le caratteristiche dei rinforzi e soprattutto della geometria e della stratigrafia della scarpata. Nel caso in esame si è deciso di utilizzare rinforzi aventi resistenza a trazione pari a 80kN/m. Ovvero, trattasi di geogriglie polimeriche disposte ad intervalli di 70 cm e di lunghezza pari a 4 metri, con carico nominale di rottura: $T_d = 80 \text{ KN/m}$.

Le elaborazioni numeriche per il dimensionamento e le verifiche di tali opere sono state eseguite mediante l'utilizzo del software "**MACSTAR W**". Le verifiche effettuate riguardano sia la stabilità interne che quella di base.

L'esame delle condizioni di stabilità dei rilevati viene condotto utilizzando gli usuali metodi dell'equilibrio limite. La valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità viene condotta mediante dal programma di calcolo MACSTARS W in cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento.

In particolare in questa sede si fa riferimento al metodo di BISHOP modificato che prevede l'utilizzo di superfici di scorrimento circolari.

Il contributo dei rinforzi viene introdotto nel calcolo solo se essi intersecano la superficie di scivolamento. La resistenza a trazione nei rinforzi può mobilizzarsi per l'aderenza tra il rinforzo stesso ed i materiali (terreno o altri rinforzi) che si trovano sopra e/o sotto.

Tale contributo viene simulato con una forza stabilizzante diretta verso l'interno del rilevato applicata nel punto di contatto tra superficie di scorrimento e rinforzo stesso. Il modulo di tale forza è determinata scegliendo il minore tra il valore della resistenza a rottura del rinforzo ed il valore della resistenza allo sfilamento del rinforzo nel tratto di ancoraggio o nel tratto interno alla porzione di terreno instabile. Per tenere conto dell'effetto dei rinforzi è stato implementato un modello di comportamento rigido. Nel modello rigido si ipotizza che un qualsiasi rinforzo, che attraversi la superficie di potenziale scorrimento analizzata, fornisca la forza di rottura del rinforzo penalizzata del relativo coefficiente di sicurezza, indipendentemente dai valori di rigidità dei rinforzi stessi.

Per ciascun rinforzo devono essere verificate le seguenti condizioni:

- deve essere garantito un ancoraggio minimo;
- deve essere garantito lo sfilamento nella zona di ancoraggio;
- deve essere garantito lo sfilamento all'interno della porzione di terreno instabile.

Nel primo caso una lunghezza di ancoraggio inferiore al minimo stabilito comporta l'annullamento completo della trazione nel rinforzo. Nel secondo e terzo caso la trazione nel rinforzo viene limitata al minore dei due valori di sfilamento. Ai fini del calcolo strutturale si è tenuto conto che trattasi di opera permanente per cui si è fatto riferimento alle prestazioni a lungo termine del materiale; a tale proposito il parametro più complicato da

"Tratto dall'innesto per Monteforte Cilento a Stio"

individuare è la resistenza di lavoro, per la quale le diverse normative possono indicare metodologie differenti per la definizione.

La resistenza di lavoro T_d è designata ed è tale che:

$$T_d = T_b / f_m$$

dove f_m (1.44) è il fattore di sicurezza complessivo che consente di passare dalla resistenza a trazione nominale T_b a quella di lavoro T_d .

Per il valore di T_b , resistenza nominale del rinforzo, ci si è basati sulle prove di trazione eseguite al CTC, Denver - Stati Uniti in accordo all'ASTM A-975, che hanno portato alla definizione del seguente valore per la resistenza a trazione nominale della rete metallica a doppia torsione:

$$T_b = 50.11 \text{ kN/m}$$

Un ulteriore coefficiente di sicurezza per fenomeni di creep viene considerato nel caso di rinfrozi in materiali sintetici:

$$f_{\text{creep}} = 1.5$$

Per rinforzi realizzati in rete metallica doppia torsione che non subisce effetti di creep alle condizioni di carico di lavoro tale coefficiente di riduzione non viene applicato.

Palificate

Le paratie sono opere di ingegneria civile che trovano molta applicazione in problemi legati alla stabilizzazione di versanti o al sostegno di rilevati di terreno. Tuttavia è anche facile sentire parlare di paratie che sono utilizzate per l'ormeggio di grandi imbarcazioni, o per puntellare pareti di trincee e altri scavi o per realizzare cassoni a tenuta stagna per lavori subacquei. Come si può quindi intuire grande importanza deve essere data alla progettazione di una simile opera, soprattutto per quanto riguarda il progetto strutturale e geotecnico. Per quanto riguarda l'aspetto del calcolo vale la pena sottolineare che non esistono, ad oggi, metodi esatti, e questo è anche dovuto alla complessa interazione tra la profondità di scavo, la rigidità del materiale costituente la paratia e la resistenza dovuta alla pressione passiva

Il diaframma è una struttura deformabile, per cui in funzione degli spostamenti che assume è in grado di mobilitare pressioni dal terreno circostante. Nella trattazione classica per determinare le spinte sul tratto infisso della paratie si ipotizza che il terreno circostante sia in condizioni di equilibrio limite, per cui ipotizzata una deformata si possono determinare le zone attive e passive del terreno e le relative pressioni.

Questo modo di procedere fornisce buoni risultati nei problemi di progetto e nel caso si vogliano determinare dei valori globali di sicurezza mentre non permette di valutare con buona approssimazione i diagrammi delle sollecitazioni. Inoltre un grande limite è rappresentato dal fatto che i metodi classici non permettono di tenere in conto la presenza di più di un tirante.

Un modo più moderno di affrontare il problema dell'equilibrio delle paratie è quello di utilizzare delle tecniche di soluzione più generali quali quello degli elementi finiti. L'algoritmo

"Tratto dall'innesto per Monteforte Cilento a Stio"

di soluzione implementato dal software utilizzato "CDBWin" si può riassumere nei seguenti passi principali:

- 1 discretizzazione della paratia con elementi trave elastici.
- 2 modellazione dei tiranti con molle elastiche che reagiscono solo nel caso la paratia si allontani dal terreno (tiranti o sbadacchi).
- 3 modellazione del terreno in cui è infissa la paratia con molle non lineari con legame costitutivo di tipo bilatero.
- 4 algoritmo di soluzione per sistemi di equazioni non lineari che utilizza la tecnica della matrice di rigidità secante.
- 5 calcolo degli spostamenti della paratia, in particolare gli spostamenti dei tiranti e del fondo scavo che danno preziose informazioni sulla deformabilità del sistema terreno- paratia.
- 6 calcolo delle sollecitazioni degli elementi trave (taglio, momento).
- 7 calcolo delle pressioni sul terreno dove è infissa la paratia.

Conclusioni

Per quanto non espressamente riportato nella presente relazione, ed in particolar modo per una completa trattazione ed esplicitazione dei dati numerici di calcolo, si rimanda ai singoli elaborati specifici per ogni tipologia di intervento.