



Progetto cofinanziato
dal POC Campania
2014-2020



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

PIANO STRAORDINARIO DI DIFESA IDROGEOLOGICA DEGLI ALVEI NATURALI NEI BACINI DEL FIUME ALENTO E DELLA FIUMARELLA DI ASCEA



*Interventi integrati di mitigazione del rischio idrogeologico e di tutela
e recupero degli ecosistemi e della biodiversità dei bacini
del fiume Alento e della Fiumarella di Ascea*

1° LOTTO ESECUTIVO

Livello di progettazione

Fattib. tecnico - economica

Progetto definitivo

Progetto esecutivo

Cod. elaborato

G6c

Scala

Data

Giugno 2023

Revisione

1 2 3 4 5 6

Titolo elaborato

Torrente Caselle Relazione generale (intervento 02)

TIPOLOGIA
ELABORATO

Descrittivo

Grafico

Calcolo

Economico

Sicurezza

Disciplinare/Contrattuale

Altro

PROGETTISTA

Velia Ingegneria e Servizi Srl
Ing. Gaetano Suppa

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

R.U.P.

Consorzio di Bonifica "Velia"
Ing. Marcello Nicodemo

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

Riferimenti archivio digitale: N.34b.2019/Ve.Ing.

CUP: E16J16001960005

TORRENTE CASELLE (Relazione generale – Intervento 02)

Descrizione generale dell'intervento

Con riferimento alle problematiche idrauliche e di dissesto idrogeologico, nel Novembre 2013 il Consorzio Velia si è dotato di uno strumento tecnico - programmatico denominato "Piano degli interventi di difesa idraulica e idrogeologica", riferito ai corpi idrici ricompresi nei bacini del F.Alento e del Torrente La Fiumarella di Ascea e inerente:

- gli alvei naturali di competenza della Regione Campania – Settore Genio Civile ricompresi nei bacini idrografici del F.Alento e del Torrente Fiumarella, ivi comprese le opere di difesa/sistemazione idraulica realizzate dal Consorzio lungo i suddetti alvei;
- interventi a sostanziale carattere puntuale relativo a corsi d'acqua affluenti e/o secondari;
- i canali di bonifica consortili.

Si provvederà infine alla ripristino materico – funzionale delle briglie danneggiate lungo il torrente Caselle mediante le seguenti lavorazioni:

- scavo a sezione obbligata per la realizzazione delle sottofondazioni delle briglie 1 e 2 (vedi tavola F1e) oltreché della briglia 3 con le relative sponde e dei corrispondenti tratti d'alveo;
- demolizione della struttura in calcestruzzo ammalorata della briglia 3;
- ripristino materico
- funzionale delle briglie 1, 2 e 3 preesistenti con calcestruzzo durabile a prestazione garantita;
- rinterro con materiale proveniente dagli scavi per ricarichi in alveo tra le briglie 1 e 2 e le briglie 2 e 3;
- trasporto a discarica autorizzata dei materiali eccedenti;
- formazione di rilevato con materiali provenienti dalle cave appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3 per il ripristino delle sponde a valle delle briglie.

Normativa di riferimento e consultazione

Nella redazione della presente nota si è fatto riferimento alla seguente normativa italiana:

- Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, approvate con D.Min. 17/01/2018.

Sono state altresì consultate le seguenti normative:

- Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018 (Circ. CSLPP 21.01.19 n.7);
- Deliberazione di Giunta Regionale Campania n° 5447 del 07 novembre 2002.

Sono definiti muri di sostegno o altre strutture miste ad essi assimilabili:

- muri, per i quali la funzione di sostegno è affidata al peso proprio del muro e a quello del terreno direttamente agente su di esso (ad esempio muri a gravità, muri a mensola, muri a contrafforti);
- strutture miste, che esplicano la funzione di sostegno anche per effetto di trattamenti di miglioramento e per la presenza di particolari elementi di rinforzo e collegamento (ad esempio, terra rinforzata, muri cellulari).

Caratterizzazione dei terreni

In base alle indagini geognostiche effettuate, le cui risultanze sono state allegare al progetto, il terreno presenta la seguente stratigrafia e con i relativi parametri fisico-meccanici.

- Suolo di limo con sabbia rimaneggiato e pedogenizzato – 0.5 m

Lotto - Interventi integrati di mitigazione del rischio idrogeologico e di tutela e recupero degli ecosistemi e della biodiversità dei bacini del fiume Arento e della Fiumarella di Ascea

- Limo sabbioso di colore giallastro da poco consistente a mediamente consistente con la profondità fino a 7.0 m
 - Sabbia giallastra con ciottoli di dimensioni centimetriche poco addensate oltre i 7.0 m di profondità
- La profondità della falda dal piano di campagna è di 1.2 m.

STRATIGRAFIA	FALDA	DESCRIZIONE	G _m	G _{ms}	F _i	c	cu	E _q	Ed	Ni	K	Nspt	γ _s
			[kN/m ²]	[kN/m ²]	[%]	[kPa]	[kPa]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[%]	[kN/m ²]	[%]	[kN/m ²]
		Suolo costituito di limo con sabbia rimaneggiato e pedogenizzato	17.65 1800	18.85 1922	23.5 23.5	11.3 0.12	38.5 0.39	4.30 44	3.80 39	0.46 0.46	4596 0.47	5	280
		Limo sabbioso di colore giallastro da poco consistente a mediamente consistente con la profondità (7 metri)	18.77 1914	19.45 1983	23.9 23.9	58.8 0.60	124.0 1.26	6.74 69	5.39 55	0.44 0.44	11268 1.15	8	596
		Sabbia giallastra con ciottoli di dimensioni centimetriche poco addensate	19.63 2002	20.46 2086	29.5 29.5	0.0 0.00	0.0 0.00	9.4 96	8.7 89	0.40 0.40	35874 3.66	34	735

Media dei parametri geotecnici stimati per ciascuno strato

Gabbionate

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 – Classe A con un quantitativo non inferiore a 255 g/m²; in accordo con le "Linee Guida per la redazione di Capitolati per l'impiego di rete metallica a doppia torsione" emesse dalla Presidenza del Consiglio Superiore LL.PP., Commissione Relatrice n°16/2006, il 12 maggio 2006 e certificati con Marcatura CE in conformità della norma europea ETA 09-0413.

I gabbioni in rete metallica a doppia torsione, dovranno soddisfare a quanto esplicitato nella Nota del Consiglio Superiore dei LL.PP del 20/04/2017 avente ad oggetto "qualificazioni di gabbioni e reti metalliche ad uso strutturale". Nello specifico, l'impiego dei

gabbioni e delle reti metalliche con finalità strutturali è consentito solo se si è in possesso del Certificato di Idoneità Tecnica rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, oppure se in possesso di marcatura CE rilasciata da Organismo notificato che faccia riferimento ad un ETA (Valutazione Tecnica Europea) rilasciato per il prodotto in questione sulla base di un EAD (Documento di Valutazione Europea), così come specificata nelle "Linee guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego ed all'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione" approvate dalla Prima Sezione del Consiglio Superiore dei LL.PP. con parere n. 69 del 02/07/2013.

In merito alla coesione si specifica quanto segue:

i tests condotti nel passato sui gabbioni hanno permesso di determinare la coesione efficace che la rete metallica conferisce all'insieme e che dipende dal contenuto di rete per unità di volume. La coesione equivalente di un gabbione "C_g" è in generale espressa dalla relazione empirica:

$$C_g = 0.03 P_v - 0.05 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \quad (1)$$

dove:

P_v = peso della rete metallica in kg per m³ di gabbione;

il valore di P_v, è mediamente pari a 5.9 kg/m³ per cui si ottiene che:

$$C_g = 0.03 \times 5.9 - 0.05 = 0.127 \text{ kg/cm}^2 = 12.7 \text{ kPa}$$

Ai fini di calcolo è stato assunto un valore di coesione pari a 10 kPa.

Procedimento e teoria di calcolo

In base alle NTC 2018, sono definiti muri di sostegno o altre strutture miste ad essi assimilabili:
 - muri, per i quali la funzione di sostegno è affidata al peso proprio del muro e a quello del terreno direttamente agente su di esso (ad esempio muri a gravità, muri a mensola, muri a contrafforti);

- strutture miste, che esplicano la funzione di sostegno anche per effetto di trattamenti di miglioramento e per la presenza di particolari elementi di rinforzo e collegamento (ad esempio, terra rinforzata, muri cellulari).

Le verifiche di equilibrio limite ultimo richiedono il rispetto della condizione:

$$E_d < R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione:

$$E_d = \gamma_E \cdot E \left[F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

mentre R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1) per i parametri geotecnici (M) e per le resistenze (R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito dell'Approccio 2.

Tab. 6.5.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$

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.

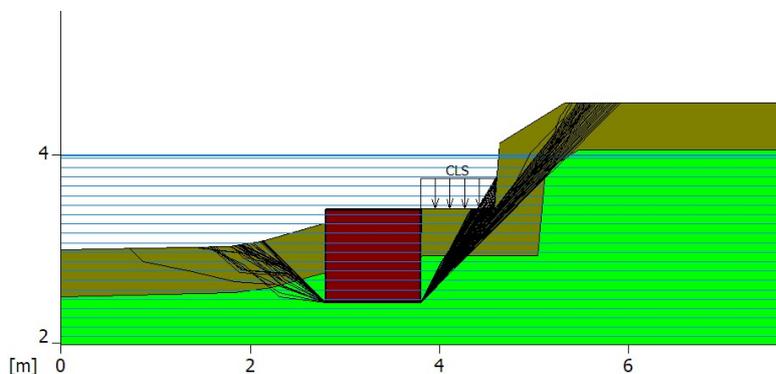
La valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità viene condotta mediante un programma di calcolo denominato MACSTARS W 4.0, di cui si riportano di seguito le principali caratteristiche.

La verifica in oggetto 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).

Nel calcolo è stato considerato un sovraccarico (variabile sfavorevole), posto in corrispondenza della sommità del pendio, pari a 1 KPa, atto a simulare il sovraccarico da traffico veicolare per strade extraurbane.

Sono effettuate le seguenti verifiche per i due tratti significativi dell'intervento, ossia per il tratto 1-2, che consiste in un muro in gabbioni a tre livelli, e per il tratto 3 che consiste in un muro in gabbioni a due livelli, come meglio illustrato nell'elaborato F1.e) allegato al progetto.



Schema di calcolo Intervento 2

Calcolo delle azioni interne al muro

Il procedimento che consente il calcolo delle azioni interne al muro (forze e momenti) si basa sui dati che derivano dalla sezione del programma che esegue le verifiche di stabilità all'equilibrio limite. Il muro, assegnato come superficie di scorrimento singola fittizia, viene suddiviso in conci e per ciascun concio si utilizzano le seguenti grandezze:

- 1) peso totale;
- 2) forze dovute a carichi distribuiti;
- 3) forze dovute a carichi lineari (in questa verifica senza diffusione trasversale);
- 4) forze dovute a carichi puntuali ripetuti o isolati (in questa verifica senza diffusione trasversale);
- 5) forze dovute a tiranti (in questa verifica senza diffusione trasversale);
- 6) forze sul contorno libero dovute alla presenza di falde;
- 7) pressione interstiziale alla base;
- 8) forze dovute a carichi di natura sismica;
- 9) forze interne dovute alla variazione di quota della falda (filtrazione o spinta idrostatica).

Il programma procede quindi calcolando la forza totale stabilizzante lungo la base, la forza orizzontale instabilizzante, il momento stabilizzante e il momento ribaltante.

Forza totale stabilizzante

Si applica il seguente procedimento:

- a) calcolo della forza verticale totale agente sulla base (F_v);
- b) calcolo della forza orizzontale stabilizzante (F_h) dovuta alle forze da 2 a 6;
- c) calcolo della risultante (sottospinta) delle pressioni interstiziali alla base (U)
- d) calcolo della forza totale efficace agente sulla base: $N = F_v - U$;
- e) calcolo della forza resistente dovuta alla coesione (F_{coes}) sulla base;
- f) calcolo dell'angolo d'attrito interno medio (ϕ_{med}) sulla base;
- g) calcolo della forza resistente complessiva stabilizzante (F_{stab}):

$$F_{stab} = N \cdot \tan(\phi_{med}) + F_{coes} + F_h$$

Forza totale instabilizzante

La forza totale instabilizzante (orizzontale) interna al muro di sostegno (F_{hin}) è ottenuta sommando le forze 8 e 9.

Momento totale stabilizzante

Il momento totale stabilizzante (M_s) è ottenuto sommando i contributi dovuti ai singoli momenti delle forze da 1 a 6 rispetto allo spigolo di valle del muro.

Momento totale ribaltante

Il momento totale ribaltante (M_r) è ottenuto sommando i contributi dovuti ai singoli momenti delle forze da 8 a 9 rispetto allo spigolo di valle del muro. Si considera altresì il momento instabilizzante (M_u) dovuto alle pressioni interstiziali alla base.

Calcolo delle massime azioni agenti sul muro

Il calcolo delle azioni agenti sul muro, dovute alle spinte del terreno a tergo, viene ottenuto con un procedimento basato ancora sui dati che derivano dalla sezione del programma che esegue le verifiche di stabilità all'equilibrio limite. Il procedimento utilizzato è il seguente:

- 1) si analizzano 200 di superfici di scorrimento fittizie che comprendono tutta la base del muro e quindi terminano a monte secondo direzioni casuali o direzioni date dalla formulazione di Rankine + Mononobe e Okabe;
- 2) si analizza ciascuna superficie per determinare la spinta applicata al muro ed il relativo momento ribaltante;
- 3) la porzione di terreno interna ad una superficie viene suddivisa in conci e per ciascun concio si determinano tutte le forze già viste nella sezione precedente relativa al muro di sostegno, sottraendo tutte le forze già considerate nel muro ed aggiungendo le forze dovute ad eventuali rinforzi attraversati (con modello rigido); le forze così ottenute sono quelle da cui deriva la spinta sul muro;
- 4) la spinta sul muro viene calcolata sommando i contributi dei singoli conci;
- 5) la spinta dovuta al singolo concio viene ottenuta risolvendo il poligono delle forze composto da quattro forze complessive: la risultante delle componenti orizzontali, la risultante delle componenti verticali, la reazione alla base del concio inclinata dell'angolo di attrito rispetto alla base, la spinta attiva ipotizzata in direzione orizzontale (ipotesi conforme all'assunzione di Bishop nelle analisi di stabilità);
- 6) il momento ribaltante dovuto alla spinta è ottenuto considerando i singoli contributi di tutte le forze rispetto allo spigolo di valle del muro;
- 7) il valore della spinta (S_a) per le verifiche di stabilità del muro di sostegno è ottenuto considerando il massimo delle spinte calcolato su tutte le superfici; il relativo momento (M_a) viene a sua volta utilizzato nelle verifiche al ribaltamento.

Verifica al ribaltamento

Il coefficiente di sicurezza al ribaltamento (F_{srb}) è dato dal seguente rapporto:

$$F_{srb} = (M_{stab} - M_U) / (M_a + M_r)$$

dove riepilogando:

M_{stab} = momento stabilizzante dovuto alle forze agenti sul muro;

M_U = momento ribaltante dovuto alle forze interstiziali alla base del muro;

M_a = momento ribaltante dovuto alla spinta (attiva) massima agente sul muro;

M_r = momento ribaltante dovuto alle forze orizzontali instabilizzanti agente nel muro (per sisma o forze idrauliche).

Verifica allo scorrimento

Il coefficiente di sicurezza allo scorrimento (F_{ssc}) è dato dal seguente rapporto:

$$F_{ssc} = F_{stab} / F_{htot}$$

essendo: $F_{htot} = (S_a + F_{hin})$

dove riepilogando:

F_{stab} = forza totale stabilizzante agente alla base del muro;

S_a = spinta (attiva) massima agente sul muro;

F_{hin} = forza orizzontale instabilizzante agente nel muro (per sisma o forze idrauliche).

Azioni sismiche

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come:

$$F_h = k_h \times W \text{ ed } F_v = k_v \times W,$$

con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale.

Si rimanda alla "Relazione sulla modellazione sismica del sito" per maggiori dettagli, in cui sono riportati gli specifici coefficienti sismici.

Coefficienti di sovradimensionamento – Valori minimi ottenuti

Nella verifica di stabilità esterna ed interna si definiscono i cosiddetti coefficienti di sovradimensionamento, cioè i rapporti fra le capacità di resistenza della struttura e le azioni agenti sulla struttura stessa. Poiché nel calcolo si introducono sia i coefficienti di sicurezza parziali che i fattori di amplificazione dei carichi, è sufficiente che i coefficienti di sovradimensionamento siano maggiori od uguali a 1,00 per garantire la sicurezza nei confronti del criterio considerato.

I valori minimi ottenuti nella struttura in oggetto sono riportati in dettaglio nei tabulati di calcolo allegati.