

# PROVINCIA DI MATERA

INTERVENTO DI SISTEMAZIONE FRANE AL KM  
139,200 DELLA S.P. EX S.S. 103 E AL KM 0,800  
DELLA S.P. 79 STIGLIANO-GANNANO

## PROGETTO UNIFICATO (DEFINITIVO/ESECUTIVO)

Data:	GIUGNO 2022	1° AGGIORNAMENTO:	2° AGGIORNAMENTO:
Codice elaborato	<b>4.1</b>	Scala	
PROGETTO DELLE STRUTTURE			
<b>RELAZIONE TECNICA STRUTTURE</b>			

Il Progettista

Ing. Francesco DURSO



Il Responsabile del Procedimento

Ing. Ignazio OLIVERI

## **RELAZIONE TECNICA STRUTTURE**

### **Premessa**

La presente relazione assume la finalità di illustrare le scelte tecniche e metodologiche assunte per la predisposizione del calcolo e la elaborazione del progetto definitivo delle strutture delle opere d'arte previste nell'ambito dei lavori di **"Intervento di sistemazione frane al km 139,200 della S.P. ex SS 103 e al km 0,800 della S.P. 79 Stigliano-Gannano"**.

Le opere di contenimento dei terreni previste nel progetto definitivo in argomento, ubicate interamente nel territorio del Comune di Stigliano e precisamente su strada provincia ex SS 103 km 139,200 e su strada provincia n. 7 Stigliano-Gannano, consistono in:

#### **Strada Provinciale ex SS 103 km 139,200**

- Realizzazione a valle della SP ex SS 103 km 139,200 di muro in calcestruzzo cementizio armato in opera con fondazione indiretta su pali trivellati di "grande diametro", articolato in undici conci elementari, identificati da 1 a 11, dotati di giunto tecnico planimetrico e caratterizzato geometricamente nel modo seguente:
  - Lunghezza dei conci pari a ml 12,00;
  - Larghezza del giunto tecnico pari a 0,10 ml;
  - Altezza del paramento di elevazione variabile da 2,40 ml a 3,00 ml;
  - Spessore del paramento di elevazione in testa pari a 0,30 ml;
  - Spessore del paramento di elevazione al piede pari a 0,50 ml;
  - Larghezza complessiva della fondazione pari a 4,00 ml;
  - Larghezza mensola di monte e di valle pari a 1,75 ml;
  - Spessore della fondazione a valle pari a 1,40 ml;
  - Spessore della fondazione a monte pari a ml 1,40 ml;
  - Diametro dei pali Ø 1000 mm;
  - Disposizione dei pali su due file sfalsati ad interasse di 2,50 ml;
  - Interasse tra le file 2,50 ml;
  - Lunghezza dei pali pari a ml 22,10 ml.
- Realizzazione a monte della SP ex SS 103 km 139,200 di paratia di pali trivellati di "grande diametro" che si articola in sette conci elementari, identificati da 1 a 7 e dotati di giunto tecnico planimetrico con cordolo di raccordo della testa dei pali e vincolata, alla pendice, con tiranti di ancoraggio di tipo attivo, e caratterizzata geometricamente nel modo seguente:
  - lunghezza dei conci 1, 2, 3, 4, 5, 6, e 7 pari a 12,00 ml;
  - larghezza del cordolo di testata pari a 3,60 ml;
  - altezza dei cordoli di testata pari a 1,40 ml;

- diametro dei pali pari a  $\varnothing$  1000 mm;
- disposizione dei pali su due file ad interasse di 2,50 ml;
- interasse tra le file di 2,10 ml
- lunghezza dei pali pari a 22,10 ml;
- diametro dei tiranti attivi pari a  $\varnothing$  180 mm;
- disposizione dei tiranti su un'unica fila con interasse pari a 1,25 ml;
- lunghezza dei tiranti attivi pari a 25,00 ml;
- inclinazione dei tiranti rispetto all'orizzontale pari a 20,00°.

#### **Strada Provinciale n. 79 Stigliano-Gannano km 0,800**

- Realizzazione a valle della SP n. 79 km 0,800 di muro in calcestruzzo cementizio armato in opera con fondazione indiretta su pali trivellati di "grande diametro", articolato in tre conci elementari, identificati da 1 a 3, dotati di giunto tecnico planimetrico e caratterizzato geometricamente nel modo seguente:
  - Lunghezza dei conci 1 e 3 pari a ml 12,00;
  - Lunghezza del concio 2 pari a ml 14,00;
  - Larghezza del giunto tecnico pari a 0,10 ml;
  - Altezza del paramento di elevazione pari a ml 2,00 ml;
  - Spessore del paramento di elevazione in testa pari a 0,30 ml;
  - Spessore del paramento di elevazione al piede pari a 0,50 ml;
  - Larghezza complessiva della fondazione pari a 3,20 ml;
  - Larghezza mensola di monte e di valle pari a 1,35 ml;
  - Spessore della fondazione a valle pari a 1,00 ml;
  - Spessore della fondazione a monte pari a ml 1,00 ml;
  - Diametro dei pali  $\varnothing$  800 mm;
  - Disposizione dei pali su due file sfalsati ad interasse di 2,50 ml;
  - Interasse tra le file 1,90 ml;
  - Lunghezza dei pali pari a ml 11,25 ml.

La presente progettazione delle strutture è stata predisposta in conformità alla normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica di cui al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17/01/2018 (pubblicato sul Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 42 del 20/02/2018), avente ad oggetto "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", e della Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 7 del 21/01/2019 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Le opere di progetto, in presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un'interruzione del servizio di operatività o di un eventuale collasso, appartengono alla classe d'uso III, caratterizzate da coefficiente d'uso  $C_U$  pari a 1,50, di cui alla tabella 2.4.II, del D.M. del 17/01/2018, poiché sono poste a protezione di costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi.

Per quanto concerne, invece, la vita nominale delle opere  $V_N$ , intesa come il numero di anni per il quale devono poter essere usate per lo scopo al quale sono destinate, nel caso di specie, è stata considerata una vita nominale  $V_N$  pari a 50 anni, poiché le opere d'arte di progetto non hanno funzioni di importanza strategica.

Il periodo di riferimento  $V_R$ , pertanto, per la valutazione delle azioni sismiche agenti sulle opere d'arte di progetto, risulta:

$$V_R = V_N * C_U = 50 * 1,50 = 75 \text{ anni.}$$

I valori dei parametri per definire l'azione sismica,  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima al suolo),  $F_0$  (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e  $T_c^*$  (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale), in funzione del periodo di ritorno  $T_r$ , dipendente dal periodo di riferimento  $V_R$ , precedentemente definito, ai sensi di quanto stabilito nell'allegato A (pericolosità sismica), del D.M. del 17/01/2018, sono stati individuati dalla tabella 1 dell'allegato B, avente per oggetto "tabelle che definiscono l'azione sismica", del medesimo D.M. del 17/01/2018, tramite le coordinate geografiche, latitudine e longitudine, dei siti di interesse.

I predetti valori dei parametri occorrenti per definire l'azione sismica sono riportati, di seguito, in forma tabellare:

**Strada Provinciale ex SS 103 km 139,200**

CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO DI INTERVENTO				
Comune di Craco (MT)				
Classe d'uso III - $C_U = 1,50$				
Vita nominale dell'opera $V_N = 50$ anni				
Periodo di riferimento azione sismica $V_R = 75$ anni				
Latitudine			40.3755680	
Longitudine			16.3181080	
Stati Limite	$T_r$ (anni)	$a_g$ (m/s <sup>2</sup> )	$F_0$	$T_c^*$ (sec)
Operatività	45	0,470	2,418	0,313
Danno	75	0,574	2,489	0,340
Salvaguardia	712	1,210	2,647	0,447
Collasso	1462	1,482	2,705	0,471

## Strada Provinciale n. 79 Stigliano-Gannano km 0,800

CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO DI INTERVENTO				
Comune di Craco (MT)				
Classe d'uso III - $C_U = 1,50$				
Vita nominale dell'opera $V_N = 50$ anni				
Periodo di riferimento azione sismica $V_R = 75$ anni				
Latitudine			40.3765620	
Longitudine			16.3189280	
Stati Limite	$T_r$ (anni)	$a_g$ (m/s <sup>2</sup> )	$F_0$	$T_c^*$ (sec)
Operatività	45	0,470	2,419	0,313
Danno	75	0,574	2,489	0,340
Salvaguardia	712	1,210	2,647	0,447
Collasso	1462	1,483	2,704	0,470

In sede di elaborazione delle verifiche strutturali e geotecniche, inoltre, in accordo con le indicazioni ed informazioni contenute nella relazione geologica a firma del **Dott. Tommaso Santochirico**, sono stati considerati:

- il profilo stratigrafico del suolo di fondazione afferente il suolo di tipo “E”, corrispondente a “Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti”;
- il fattore di amplificazione topografica  $ST$ , pari a 1,20, corrispondente alla categoria topografica “T2”, relativa a “Pendii con inclinazione  $> 15^\circ$ ”, previsti dal capitolo tre, paragrafo 3.2.2, tabella 3.2.V, del D.M. del 17/01/2018.

La verifica delle sezioni strutturali delle opere d'arte di che trattasi è stata effettuata con il metodo semiprobabilistico agli stati limite ultimi e di esercizio ed è stata eseguita con l'ausilio del codice di calcolo “PAC 16”, per la paratia tirantata e l'ausilio del codice di calcolo “MAX 16” per i muri su pali, entrambi prodotti da Aztec Informatica.

Nella elaborazione dei calcoli strutturali sono stati utilizzati i parametri geomeccanici dei litotipi, di affioramento e di substrato, precisati nella “Relazioni sulle fondazioni” nonché i carichi di esercizio.

Le opere d'arte, in ogni caso, sono state dimensionate in maniera tale da:

- trasmettere al terreno tensioni compatibili con le proprietà meccaniche e fisiche dello stesso;
- soddisfare la condizione per cui i valori delle azioni ed i relativi effetti devono essere minori, rispettivamente, del valore di progetto della resistenza e del valore limite dell'effetto delle azioni del sistema geotecnico per ogni stato limite (D.M. del 17/01/2018, capitolo 6, articolo 6.2, punti n. 6.2.4.1 e n. 6.2.4.3).

Le verifiche di tipo strutturale (STR) sono state effettuate con l'approccio 1, come richiesto al punto 6.5.3.1.2, avente per oggetto “paratie”, del D.M. del 17/01/2018, secondo la combinazione 1 ( $A1+M1+R1$ ) e la combinazione 2 ( $A2+M2+R1$ ), in cui:

- le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti  $A1$  o  $A2$  indicati nella tabella 6.2.I,

allegata al D.M. del 17/01/2018;

- i parametri geotecnici sono stati considerati con il loro valore caratteristico divisi per i coefficienti M1 o M2, indicati nella tabella 6.2.II, allegata al D.M. del 17/01/2018;
- i valori calcolati delle resistenze degli elementi strutturali sono stati divisi per i coefficienti R1, assunti pari all'unità.

Le verifiche di tipo geotecnico (GEO), altresì, sono state effettuate con l'approccio 1, come richiesto nel punto 6.5.3.1.2, di cui innanzi, del D.M. del 17/01/2018, secondo la combinazione 2 (A2+M2+R2), in cui:

- le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti A2 indicati nella tabella 6.2.I, allegata al D.M. del 17/01/2018;
- i parametri geotecnici sono stati considerati con il loro valore caratteristico divisi per i coefficienti M2, indicati nella tabella 6.2.II, allegata al D.M. del 17/01/2018;
- i valori calcolati delle resistenze degli elementi strutturali sono stati divisi per i coefficienti R2, indicati nella tabella 6.8.I, per le verifiche di sicurezza delle opere di materiali sciolti e fronti di scavo, allegata al D.M. del 17/01/2018.

### **Paratia di pali di “grande diametro” tirantata a monte della strada provinciale ex SS 103 km 139,200**

L'opera d'arte in oggetto di contenimento dei terreni destrutturati e rimaneggiati per effetto delle attività gravitative in corso, prevista nel progetto definitivo in argomento, ubicata a monte della strada provinciale ex SS 103 km 139,200, è finalizzata al conseguimento della stabilizzazione geotecnica del versante a monte della strada provincia ex SS 103 km 139,200.

Le caratteristiche geometriche dell'opera d'arte in oggetto sono state già precisate nella premessa della presente relazione e risultano chiaramente desumibili dall'analisi degli elaborati grafici del progetto definitivo.

La lunghezza dei pali trivellati di “grande diametro” e dei tiranti di “tipo attivo” è stata determinata in funzione dello spessore della coltre superficiale rimaneggiata e destrutturata, con infissione nei materiali del substrato aventi caratteristiche geotecniche idonee.

Il calcestruzzo previsto per le strutture resistenti è di classe C25/30, con classe di esposizione XC2 (bagnato, raramente asciutto), mentre le armature sono costituite da barre in acciaio di tipo B450C.

I tiranti saranno costituiti da n. 5 trefoli e iniettati con malta cementizia o boiacca di cemento additivata. La malta cementizia di iniezione sarà di classe C25/30, con resistenza di soglia del 5%, pari a 300 kg/cmq.

La paratia di pali trivellati di “grande diametro” è stata considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare, con comportamento a trave, in cui sia il tratto fuori terra che il tratto

interrato vengono suddivisi in elementi di lunghezza più o meno costante, connessi fra di loro nei nodi.

Il tirante, inoltre, viene schematizzato come un elemento caratterizzato da una lunghezza pari alla lunghezza libera del tirante, un'area, corrispondente all'armatura presente nel tirante, dal modulo elastico dell'acciaio e da un'inclinazione pari a quella del tirante stesso.

Il terreno, invece, è stato schematizzato alla Winkler, come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo di compressione, la cui rigidezza della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (costante di Winkler).

I carichi di progetto utilizzati per le verifiche, sono quelli previsti dalla normativa vigente, ed, in particolare, consistono:

azioni permanenti:

peso proprio;

azione dovuta all'inerzia della struttura;

spinta statica esercitata dalla pressione del terreno;

incremento della spinta esercitata, in sede sismica, dall'azione dinamica del terreno;

L'incremento della spinta dovuto all'azione sismica è stato determinato secondo le indicazioni contenute al paragrafo 7.11.6.3.1 del D.M. del 17/01/2018, avente per oggetto "metodi di analisi", in relazione alle paratie, applicando il metodo pseudostatico, in cui l'azione sismica è definita mediante un'accelerazione equivalente costante nello spazio e nel tempo.

I parametri geotecnici utilizzati sono quelli riportati nella relazione geologica a corredo del progetto definitivo ed indicati di seguito:

- da 0,00 fino a 15 m dal p.c : Coltri di copertura e Corpi di frana – Limi sabbiosi di colore brunastro con inclusi detriti lapidei di dimensioni centimetriche e decimetriche, denotanti una struttura caotica, poco addensati e molto plastici.

$\gamma = 18,00 \text{ KN/mc}$  peso di volume naturale

$\gamma_{\text{sat}} = 22,00 \text{ KN/mc}$  peso di volume saturo

$C = 40 \text{ Kpa}$  coesione

$\Phi = 16^\circ$  angolo d'attrito residuo;

$\Phi' = 19^\circ$  angolo d'attrito efficace.

- da 15,00 m fino a 30,00 m. dal p.c: Substrato alterato – Arenarie a grana media e grossolana alternate a marne siltose e calcareniti bioclastiche

$\gamma = 19,00 \text{ KN/mc}$  peso di volume naturale

$\gamma_{\text{sat}} = 20,00 \text{ KN/mc}$  peso di volume saturo

$C = 60 \text{ Kpa}$  coesione

$\Phi' = 28^\circ$  angolo d'attrito efficace

Il calcolo delle opere di contenimento innanzi descritte è stato eseguito secondo le seguenti fasi:

- calcolo della profondità di infissione;
- calcolo delle spinte;
- calcolo delle spinte in presenza di sisma;
- calcolo spostamenti massimi e minimi della paratia;
- verifica della stabilità globale.

### **Muro su pali di “grande diametro” a valle della strada provinciale ex SS 103 km 139,200**

L’opera d’arte in oggetto di contenimento dei terreni destrutturati e rimaneggiati per effetto delle attività gravitative in corso, prevista nel progetto definitivo in argomento, ubicata a valle della strada provinciale ex SS 103 km 139,200, è finalizzata al conseguimento della stabilizzazione geotecnica di tale tratto di strada.

Le caratteristiche geometriche dell’opera d’arte in oggetto sono state già precisate nella premessa delle presente relazione e risultano chiaramente desumibili dall’analisi degli elaborati grafici del progetto esecutivo.

La lunghezza dei pali è stata determinata in funzione dello spessore della coltre superficiale rimaneggiata e destrutturata, con infissione nei materiali del substrato aventi caratteristiche geotecniche idonee.

Il calcestruzzo previsto per le strutture resistenti è di classe C25/30, con classe di esposizione XC2 (bagnato, raramente asciutto), mentre le armature sono costituite da barre in acciaio ti tipo B450C.

I carichi di progetto utilizzati per le verifiche, sono quelli previsti dalla normativa vigente, ed, in particolare, consistono:

azioni permanenti:

peso proprio;

azione dovuta all’inerzia della struttura;

spinta statica esercitata dalla pressione del terreno;

incremento della spinta esercitata, in sede sismica, dall’azione dinamica del terreno;

azioni accidentali:

carico distribuito dovuto al transito veicolare sulla strada comunale, agente con intensità pari a  $2.000 \text{ kg/m}^2$  su segmenti del profilo del versante, a monte della struttura, secondo le indicazioni dello schema grafico di modellazione, di cui innanzi.

L’incremento della spinta dovuto all’azione sismica è stato determinato secondo le indicazioni contenute al paragrafo 7.11.6.3.1 del D.M. del 17/01/2018, avente per oggetto “metodi di analisi”, in relazione alle paratie, applicando il metodo pseudostatico, in cui l’azione sismica è definita mediante un’accelerazione equivalente costante nello spazio e nel tempo.

I parametri geotecnici utilizzati sono quelli riportati nella relazione geologica a corredo del



progetto definitivo ed indicati di seguito:

- da 0,00 fino a 15 m dal p.c : Coltri di copertura e Corpi di frana – Limi sabbiosi di colore brunoastro con inclusi detriti lapidei di dimensioni centimetriche e decimetriche, denotanti una struttura caotica, poco addensati e molto plastici.

$\gamma = 18,00 \text{ KN/mc}$  peso di volume naturale

$\gamma_{\text{sat}} = 22,00 \text{ KN/mc}$  peso di volume saturo

$C = 40 \text{ Kpa}$  coesione

$\Phi = 16^\circ$  angolo d'attrito residuo;

$\Phi' = 19^\circ$  angolo d'attrito efficace.

- da 15,00 m fino a 30,00 m. dal p.c: Substrato alterato – Arenarie a grana media e grossolana alternate a marne siltose e calcareniti bioclastiche

$\gamma = 19,00 \text{ KN/mc}$  peso di volume naturale

$\gamma_{\text{sat}} = 20,00 \text{ KN/mc}$  peso di volume saturo

$C = 60 \text{ Kpa}$  coesione

$\Phi' = 28^\circ$  angolo d'attrito efficace

Il calcolo dell'opera di contenimento innanzi descritta è stata eseguita secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

### **Muro su pali di “grande diametro” a valle della strada provinciale n. 79 Stigliano-Gannano 103 km 0,800**

L'opera d'arte in oggetto di contenimento dei terreni destrutturati e rimaneggiati per effetto delle attività gravitative in corso, prevista nel progetto definitivo in argomento, ubicata a valle della strada provinciale 79 km 0,800, è finalizzata al conseguimento della stabilizzazione geotecnica di tale tratto di strada.

Le caratteristiche geometriche dell'opera d'arte in oggetto sono state già precisate nella premessa della presente relazione e risultano chiaramente desumibili dall'analisi degli elaborati grafici del progetto esecutivo.

La lunghezza dei pali è stata determinata in funzione dello spessore della coltre superficiale

rimaneggiata e destrutturata, con infissione nei materiali del substrato aventi caratteristiche geotecniche idonee.

Il calcestruzzo previsto per le strutture resistenti è di classe C25/30, con classe di esposizione XC2 (bagnato, raramente asciutto), mentre le armature sono costituite da barre in acciaio ti tipo B450C.

I carichi di progetto utilizzati per le verifiche, sono quelli previsti dalla normativa vigente, ed, in particolare, consistono:

azioni permanenti:

peso proprio;

azione dovuta all'inerzia della struttura;

spinta statica esercitata dalla pressione del terreno;

incremento della spinta esercitata, in sede sismica, dall'azione dinamica del terreno;

azioni accidentali:

carico distribuito dovuto al transito veicolare sulla strada comunale, agente con intensità pari a  $2.000 \text{ kg/m}^2$  su segmenti del profilo del versante, a monte della struttura, secondo le indicazioni dello schema grafico di modellazione, di cui innanzi.

L'incremento della spinta dovuto all'azione sismica è stato determinato secondo le indicazioni contenute al paragrafo 7.11.6.3.1 del D.M. del 17/01/2018, avente per oggetto "metodi di analisi", in relazione alle paratie, applicando il metodo pseudostatico, in cui l'azione sismica è definita mediante un'accelerazione equivalente costante nello spazio e nel tempo.

I parametri geotecnici utilizzati sono quelli riportati nella relazione geologica a corredo del progetto definitivo ed indicati di seguito:

- da 0,00 fino a 5 m dal p.c : Coltri di copertura e Corpi di frana – Limi sabbiosi di colore brunoastro con inclusi detriti lapidei di dimensioni centimetriche e decimetriche, denotanti una struttura caotica, poco addensati e molto plastici.

$\gamma = 18,00 \text{ KN/mc}$  peso di volume naturale

$\gamma_{\text{sat}} = 22,00 \text{ KN/mc}$  peso di volume saturo

$C = 40 \text{ Kpa}$  coesione

$\Phi = 16^\circ$  angolo d'attrito residuo;

$\Phi' = 19^\circ$  angolo d'attrito efficace.

- da 5,00 m fino a 30,00 m. dal p.c: Substrato alterato – Arenarie a grana media e grossolana alternate a marne siltose e calcareniti bioclastiche

$\gamma = 19,00 \text{ KN/mc}$  peso di volume naturale

$\gamma_{\text{sat}} = 20,00 \text{ KN/mc}$  peso di volume saturo

$C = 60 \text{ Kpa}$  coesione

$\Phi' = 28^\circ$  angolo d'attrito efficace

Il calcolo dell'opera di contenimento innanzi descritta è stata eseguita secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

Tutte le indicazioni prodotte nella presente relazione appariranno maggiormente chiare dall'analisi degli elaborati grafici e descrittivi allegati.

Stigliano, giugno 2022

Il Progettista

Ing. Francesco DURSO

