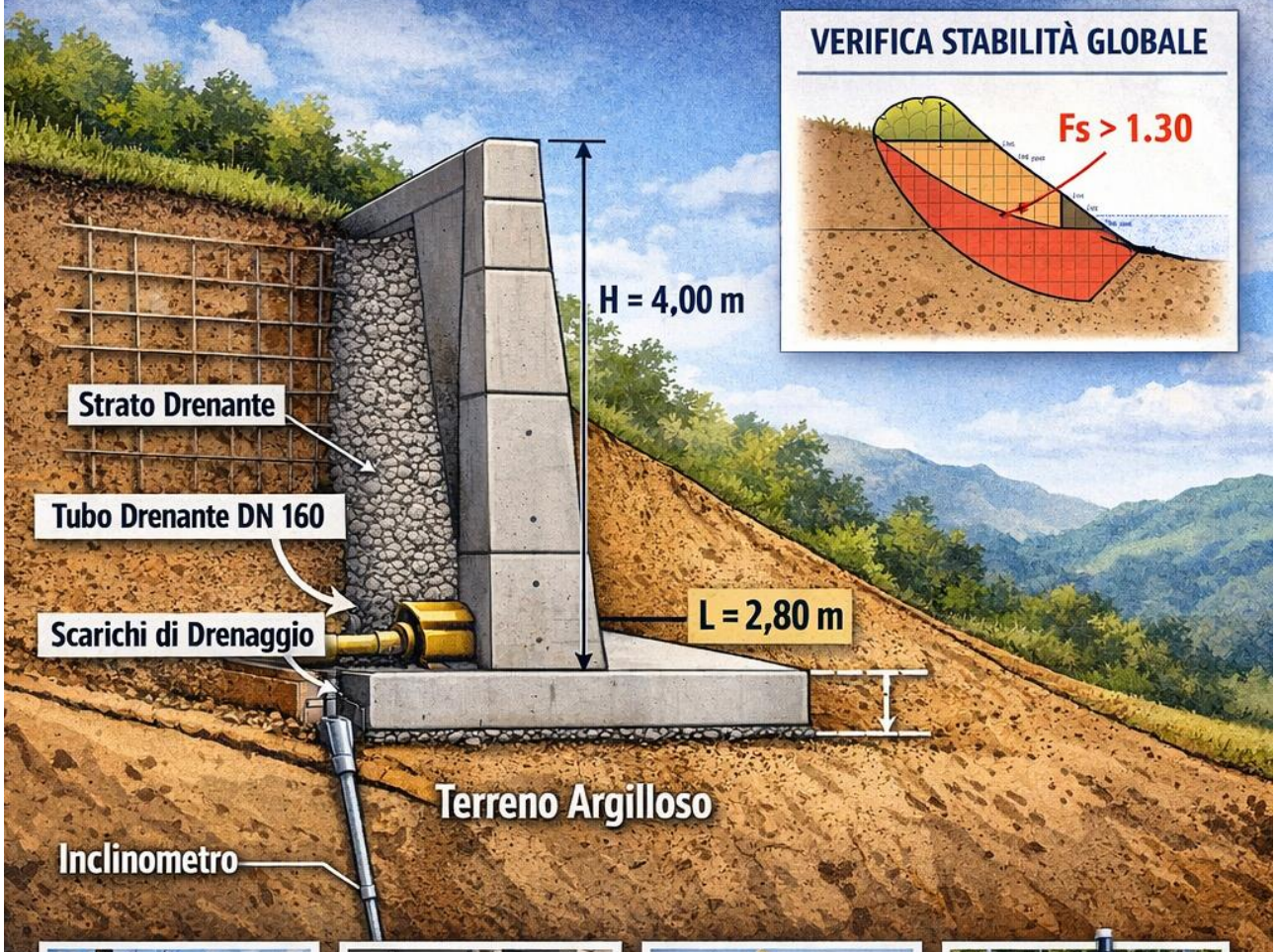
PROGETTO GEOTECNICO

MURAGLIONE DI CONTENIMENTO SU PENDIO IN ARGILLA

RELAZIONE TECNICA




Sondaggi


Prove di Laboratorio


Esecuzione Opere


Strumentazione di Controllo

Ing. Diego Dell'Erba

INGEGNERE NUCLEARE MULTIDISCIPLINARE

Ing. Diego Dell'Erba

Per un **progetto geotecnico di un muraglione di contenimento su parete in argilla**

bisogna procedere con molta attenzione, perché l'argilla è un terreno che può dare problemi di:

- **spinta elevata**
- **scarsa permeabilità**
- **ristagno d'acqua**
- **rigonfiamento o rammollimento**
- **instabilità globale del pendio**
- **cedimenti e deformazioni nel tempo**

Il punto decisivo è questo: **non si progetta solo il muro**, ma **il sistema muro + terreno + acqua + pendio**.

Impostazione corretta del progetto

1. Conoscenza geologica e geotecnica

Prima di qualunque calcolo servono:

- rilievo topografico dettagliato
- profilo stratigrafico del pendio
- sondaggi geognostici
- prove penetrometriche
- campioni indisturbati
- prove di laboratorio su argilla:
    - peso di volume
    - contenuto d'acqua
    - limiti di Atterberg
    - coesione non drenata
    - angolo di attrito efficace
    - modulo di deformazione
    - permeabilità

    - eventuale rigonfiamento

Per l’argilla è fondamentale distinguere i parametri:

- **a breve termine**: condizioni non drenate
- **a lungo termine**: condizioni drenate

2. Scelta della tipologia di opera

Su una parete in argilla il “muraglione” può essere di vari tipi:

A. Muro a gravità

Adatto se:

- altezza contenuta
- buona base di appoggio
- spazio disponibile a valle

Pro:

- robusto
- semplice concettualmente

Contro:

- molto pesante
- poco conveniente per altezze importanti
- sensibile ai cedimenti differenziali

B. Muro in cemento armato a mensola

Adatto per:

- altezze medie
- fondazione buona
- geometria più controllata

Pro:

- più economico del muro a gravità

- più razionale

Contro:

- richiede buon drenaggio
- richiede verifiche accurate del piano di posa

C. Paratia di pali / micropali

Molto indicata quando:

- il pendio è instabile
- l'argilla è scadente
- manca spazio
- occorre contenere anche movimenti profondi

Pro:

- efficace nei terreni difficili
- consente ancoraggi
- adatta a interventi su versanti

Contro:

- più costosa
- richiede calcolo specialistico

D. Muro fondato su pali

Utile quando:

- il terreno superficiale in argilla è troppo deformabile
- si vuole trasferire il carico a strati più competenti

3. Problema principale: l'acqua

In argilla l'acqua è spesso il nemico principale.

Un muraglione senza drenaggio, su parete argillosa, rischia di fallire anche se il calcolo strutturale è corretto.

Occorre prevedere:

- drenaggio a tergo
- materiale drenante selezionato
- geotessile separatore
- tubo drenante alla base
- scarichi regolari
- regimentazione delle acque superficiali
- cunette e canalette a monte
- eventuali dreni suborizzontali se il versante è saturo

4. Verifiche geotecniche essenziali

Verifica a ribaltamento

Bisogna verificare che il momento stabilizzante sia maggiore del momento ribaltante dovuto alle spinte del terreno e dell'acqua.

Verifica a scorrimento

Occorre controllare che la resistenza alla base sia sufficiente contro la spinta orizzontale.

Formula concettuale:

$$FS_{scorr} = \frac{N\tan\ \delta + c_b B}{H}$$

dove:

- N= forza verticale totale
- δ= attrito alla base
- c_b= coesione alla base
- B= larghezza fondazione
- H= spinta orizzontale totale

Verifica di capacità portante

Va controllato che le tensioni trasmesse al terreno non superino la resistenza del piano di posa.

Verifica dei cedimenti

Molto importante nelle argille molli o mediamente consistenti.

Verifica di stabilità globale del pendio

Questa è spesso la più importante.

Non basta verificare il solo muro: occorre verificare il possibile **scorrimento complessivo muro + pendio** lungo superfici circolari o non circolari.

In molti casi, su argilla, il vero collasso non è del muro ma del versante.

5. Spinta delle terre in argilla

La spinta dipende da:

- geometria del terrapieno
- sovraccarichi
- presenza di acqua
- parametri geotecnici
- condizioni drenate o non drenate

Per condizioni drenate si usano i parametri efficaci:

$$\sigma_h = K_a \gamma z - 2c' \sqrt{K_a}$$

con:

$$K_a = \tan^2\left(45° - \frac{\phi'}{2}\right)$$

dove:

- K_a= coefficiente di spinta attiva
- γ= peso di volume del terreno
- z= profondità
- c'= coesione efficace
- ϕ'= angolo di attrito efficace

Per argille reali bisogna usare questi modelli con prudenza, perché:

- la coesione può degradarsi nel tempo
- le fessure da ritiro modificano il comportamento
- la pressione neutra può crescere
- la spinta idrostatica può diventare decisiva

6. Soluzione tecnica consigliabile in molti casi

Per una **parete in argilla** io imposterei, in linea generale, una delle seguenti soluzioni:

Soluzione 1 — muro in c.a. con drenaggio completo

Adatta se:

- altezza moderata
- pendio globalmente stabile
- argilla mediamente consistente
- fondazione ben controllata

Schema:

- fondazione allargata
- risega di base
- drenaggio verticale e orizzontale
- filtro granulare
- tubo drenante
- cunetta di coronamento

Soluzione 2 — paratia di micropali/pali con cordolo

Adatta se:

- argilla plastica
- pendio attivo
- presenza di movimenti
- spazio ridotto

Schema:

- pali o micropali infissi oltre la superficie di scorrimento
- cordolo superiore
- eventuali tiranti
- drenaggio profondo
- opere di regimazione superficiale

Soluzione 3 — intervento misto

Spesso è la soluzione migliore:

- opera di sostegno
- drenaggio
- alleggerimento del carico a monte
- risagomatura pendio
- consolidamento locale
- monitoraggio

7. Fondazione del muraglione

Su argilla la quota di fondazione deve essere scelta con attenzione per evitare:

- erosione al piede
- perdita di consistenza per infiltrazione
- fondazione su strato alterato superficiale
- scorrimento lungo livelli deboli

Bisogna verificare:

- profondità del piano competente
- eventuale presenza di coltre alterata
- sensibilità dell’argilla all’acqua
- variazioni stagionali

8. Aspetti costruttivi fondamentali

Dettagli indispensabili:

- scavo per tratti limitati
- protezione immediata dello scavo

- divieto di lasciare l’argilla esposta a lungo
- realizzazione veloce del drenaggio
- controllo delle acque meteoriche
- rinterro con materiale idoneo, non argilloso a contatto del muro
- compattazione controllata

9. Monitoraggio consigliato

Su un’opera del genere è molto utile prevedere:

- capisaldi topografici
- fessurimetri
- inclinometri
- piezometri
- monitoraggio stagionale delle deformazioni

Questo è particolarmente importante se il pendio mostra:

- lesioni
- rigonfiamenti
- trasudamenti
- movimenti pregressi

10. Schema sintetico di relazione geotecnica

Una relazione ben fatta dovrebbe contenere:

1. descrizione dell’intervento
2. inquadramento geologico e geomorfologico
3. campagna indagini
4. modello geotecnico del sottosuolo
5. caratterizzazione dell’argilla
6. definizione delle azioni e delle spinte
7. verifiche del muro
8. verifiche fondazionali
9. stabilità globale del pendio
10. studio del drenaggio
11. prescrizioni costruttive

12. piano di monitoraggio
13. conclusioni e fattibilità

Conclusione tecnica

Su una **parete in argilla** il muraglione non deve mai essere pensato come semplice elemento strutturale isolato.
La soluzione corretta nasce da tre principi:

- **conoscere bene il terreno**
- **governare l’acqua**
- **verificare la stabilità globale del versante**

Molti dissesti su muri di contenimento in argilla derivano non da errore nel ferro o nel calcestruzzo, ma da:

- sottovalutazione dell’acqua
- assenza di drenaggio
- mancata verifica globale del pendio
- eccessiva fiducia nella coesione dell’argilla

RELAZIONE TECNICA GEOTECNICA PROFESSIONALE

Progetto di muraglione di contenimento su parete in terreno argilloso

1. PREMESSA

La presente relazione riguarda la progettazione geotecnica preliminare di un'opera di sostegno destinata al contenimento di un fronte di terreno argilloso interessato da condizioni di instabilità superficiale e da potenziale evoluzione deformativa legata alla natura geomeccanica del sottosuolo.

L'intervento viene concepito come opera integrata di:

- contenimento statico
- regimazione delle acque
- protezione del pendio
- riduzione delle pressioni interstiziali
- miglioramento delle condizioni di stabilità globale

2. DESCRIZIONE DEL CONTESTO GEOLOGICO

Il sito è caratterizzato dalla presenza di terreni prevalentemente argillosi con comportamento plastico medio-elevato.

Stratigrafia indicativa

Strato superficiale

- terreno vegetale e coltre alterata
- spessore variabile 0.50–1.20 m

Strato intermedio

- argilla limosa mediamente consistente

Strato profondo

- argilla più compatta con migliori caratteristiche meccaniche

Aspetti critici tipici

- elevata sensibilità alla variazione del contenuto d’acqua
- possibile riduzione di coesione in saturazione
- deformazioni lente stagionali
- possibile superficie di scorrimento superficiale

3. CAMPAGNA GEOTECNICA DI RIFERIMENTO

Per corretta impostazione progettuale si assumono:

- sondaggi geognostici verticali
- prove penetrometriche
- campioni indisturbati
- caratterizzazione di laboratorio

Parametri geotecnici assunti

Peso di volume naturale:

$\gamma = 18\ kN/m^3$

Coesione efficace:

$c' = 20\ kPa$

Angolo di attrito efficace:

$\phi' = 18^\circ$

Modulo deformativo:

$E = 8\ MPa$

4. TIPOLOGIA STRUTTURALE ADOTTATA

Si adotta muro in cemento armato a mensola fondato superficialmente.

Geometria preliminare

- altezza utile muro = 4.00 m
- larghezza fondazione = 2.80 m
- spessore parete = 30 cm
- risega anteriore = 0.80 m
- risega posteriore = 2.00 m
- profondità fondazione = 1.20 m

5. CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA

Il coefficiente di spinta viene assunto secondo Rankine.

K_a = \tan^2\left(45^\circ-\frac{\phi'}{2}\right)

Con φ' = 18°:

$$K_a = 0.53$$

Spinta del terreno:

P_a = \frac{1}{2}K_a\gamma H^2

Applicando:

$$P_a = 76.3\ kN/m$$

Punto di applicazione:
a 1/3 dell'altezza dal piano di posa.

6. VERIFICA A SCORRIMENTO

La sicurezza allo scorrimento viene valutata imponendo:

FS = \frac{N\tan\delta + c_b B}{H}

Condizione progettuale:

$$FS \geq 1.50$$

Si raccomanda incremento della base qualora il coefficiente risulti insufficiente.

7. VERIFICA A RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante:

$$M_s > M_r$$

Condizione minima:

$$FS \geq 2.00$$

8. VERIFICA DELLE PRESSIONI AL PIANO DI POSA

La distribuzione tensionale deve risultare interamente compressiva.

Verifica:

$$\sigma_{max} < q_{amm}$$

Capacità portante teorica:

q_{amm}=cN_c+\gamma D_f N_q+0.5\gamma B N_\gamma

9. VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE DEL VERSANTE

Essenziale in presenza di argilla.

Metodo consigliato:

- Bishop
- Janbu

Condizione:

$$FS_{globale} > 1.30$$

Se inferiore:

prevedere opere integrative.

10. SISTEMA DI DRENAGGIO

Elemento essenziale del progetto.

Previsto:

- strato drenante granulare spessore 40 cm
- geotessile separatore
- tubo drenante DN160
- scarichi frontali ogni 2.00 m
- cunetta superiore di intercettazione

Motivazione tecnica

In argilla il collasso è spesso legato alla sovrapressione neutra più che alla spinta secca del terreno.

11. PRESCRIZIONI COSTRUTTIVE

Durante l’esecuzione

- evitare scavi estesi contemporanei
- proteggere il piano di posa
- eseguire rapidamente il getto
- non lasciare argilla esposta alle piogge

Rinterro

Usare materiale drenante selezionato.

Non impiegare argilla contro muro.

12. EVENTUALI OPERE MIGLIORATIVE

Se il pendio mostra segni di instabilità:

integrare con:

- micropali
- tiranti passivi
- drenaggi profondi

- berlinesi locali

13. MONITORAGGIO POST-OPERA

Consigliato:

- capisaldi topografici
- letture stagionali
- controllo deformazioni
- eventuale inclinometro

14. CONCLUSIONE TECNICA PROFESSIONALE

L’opera di sostegno in terreno argilloso richiede approccio geotecnico integrato.

La stabilità dell’intervento dipende simultaneamente da:

- corretta valutazione dei parametri geotecnici
- efficace drenaggio
- verifica globale del pendio
- corretta esecuzione costruttiva

Il muro non deve essere considerato elemento isolato ma parte attiva dell’equilibrio complessivo del versante.

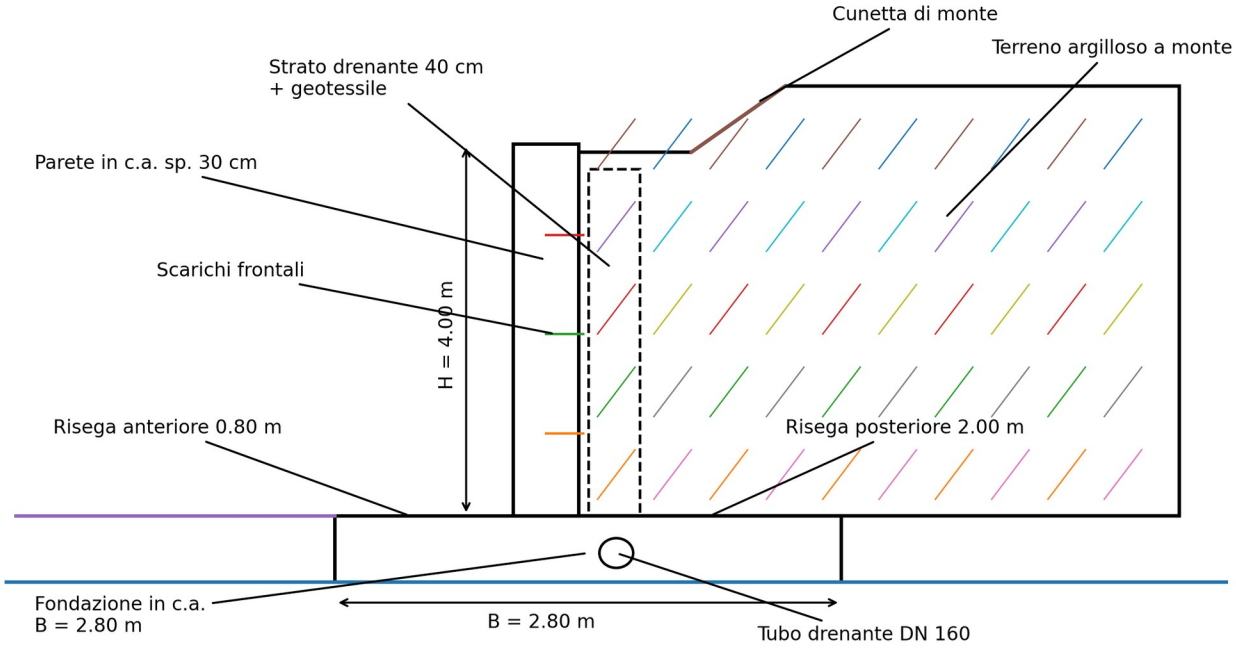
THE END

TAVOLA TECNICA PROFESSIONALE

Muraglione di contenimento su parete in argilla - Sezione tipo, dati di progetto e prescrizioni esecutive

Committente: .....
Località: .....
Scala grafica: schema indicativo
Redazione: Ing. Diego Dell'Erba

Sezione tipo - Muraglione di contenimento su parete in argilla



Schema di principio dell'opera di sostegno con drenaggio e principali quote geometriche.

DATI PRELIMINARI DI PROGETTO

Parametro	Valore
Altezza muro H	4.00 m
Larghezza fondazione B	2.80 m
Spessore parete	0.30 m
Risega anteriore	0.80 m
Risega posteriore	2.00 m
Profondità minima di posa	1.20 m
Strato drenante	40 cm
Tubo drenante	DN 160

PARAMETRI GEOTECNICI ASSUNTI

Parametro	Valore
Peso di volume gamma	18 kN/m3
Coesione efficace c'	20 kPa
Angolo d'attrito phi'	18°
Modulo deformativo E	8 MPa
Ka (Rankine)	0.53
Spinta attiva Pa	76.3 kN/m

VERIFICHE GEOTECNICHE MINIME

- Scorrimento: FS >= 1.50
- Ribaltamento: FS >= 2.00
- Tensioni al piano di posa: solo compressione
- Capacità portante: sigma_max < q_amm
- Stabilità globale versante: FS > 1.30
- Verifica in condizioni drenate e controllo effetti dell'acqua

PRESCRIZIONI COSTRUTTIVE

- Scavo per tratti limitati
- Divieto di lasciare l'argilla esposta alle piogge
- Getto della fondazione subito dopo la preparazione del piano di posa
- Rinterro contro muro solo con materiale drenante selezionato
- Geotessile tra strato drenante e argilla
- Scarichi frontali e tubo drenante sempre ispezionabili

OPERE COMPLEMENTARI OBBLIGATE

- Cunetta di monte per intercettazione acque superficiali
- Eventuali dreni sub-orizzontali se il versante presenta trasudamenti
- Micropali o tiranti se la stabilità globale non risulta sufficiente
- Capisaldi topografici e letture periodiche
- Piezometro/inclinometro in caso di pendio attivo
- Piano di manutenzione e pulizia del sistema drenante

NOTA TECNICA La presente tavola costituisce schema tecnico preliminare e dovrà essere confermata mediante rilievo topografico, indagini geognostiche, prove di laboratorio, verifica strutturale del c.a. e analisi di stabilità globale del pendio sul caso reale.

Firma tecnica: Ing. Diego Dell'Erba