



Mitigazione dei Rischi Naturali per la Sicurezza
e la Mobilità nelle Aree Montane del Mezzogiorno

PNR 2015-2020

Area di Specializzazione *Smart, Secure and Inclusive Communities*



FENOMENI DI RIGONFIAMENTO NEI TERRENI IN FRANA A COSTA DELLA GAVETA - Potenza

Farzaneh Ghalamzan*, Jacopo De Rosa**, Alessandro Gajo*, Caterina Di Maio**

*Università degli Studi di Trento

** Università degli Studi della Basilicata

Febbraio 2022



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Ministero dell'Università
e della Ricerca



© 2022 Università degli Studi della Basilicata

Editrice Universosud – Potenza

ISBN 9788899432881



Questa pubblicazione è stata realizzata con il cofinanziamento dell'Unione Europea – FESR, PON Ricerca e Innovazione 2014-2020.

www.ponricerca.gov.it



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



*Ministero dell'Università
e della Ricerca*



Mitigazione dei Rischi Naturali
per la Sicurezza e la Mobilità nelle
Aree Montane del Mezzogiorno



INDICE

Sommario.....	2
1. Premessa.....	3
2. Analisi sperimentali.....	4
3. Modellazione numerica.....	6
4. Considerazioni sugli effetti dell'interazione chimico-meccanica sulla genesi dei fenomeni di instabilità.....	8
Conclusioni.....	11
Bibliografia.....	12



FENOMENI DI RIGONFIAMENTO NEI TERRENI IN FRANA A COSTA DELLA GAVETA

Farzaneh Ghalamzan*, Jacopo De Rosa**, Alessandro Gajo*, Caterina Di Maio**

*Università degli Studi di Trento

** Università degli Studi della Basilicata

SOMMARIO

I terreni coinvolti nei fenomeni franosi di Costa della Gaveta, a Potenza est, sono caratterizzati da una notevole componente argillosa. E' noto che il comportamento meccanico delle argille è molto influenzato dalla composizione del fluido di porosità che, nelle formazioni di origine marina, è costituito da una soluzione acquosa ionica a concentrazione molto variabile lungo la verticale e lungo il versante, in cui Na^+ è il catione prevalente. A Costa della Gaveta, nelle Argille Varicolori, al di fuori del corpo di frana e al di sotto di 8-10 m di profondità, la composizione della soluzione è prossima a quella media dell'acqua marina; a profondità minori, la concentrazione ionica diminuisce gradualmente verso l'alto fino a raggiungere valori molto bassi in prossimità del piano campagna. Nel corpo di frana, che raggiunge circa 40 m di profondità, la concentrazione ionica è generalmente molto bassa. Le riduzioni di concentrazione ionica inducono riduzione dei parametri di resistenza a rottura e pertanto possono giocare un ruolo importante nello sviluppo dei fenomeni franosi. Le variazioni di concentrazione inducono anche altri effetti, fra i quali quelli volumetrici e tensionali. Questo lavoro riporta i risultati sperimentali e le simulazioni teoriche sugli effetti indotti da variazioni di concentrazione del fluido interstiziale sul rigonfiamento e sulla pressione di rigonfiamento, oltre che sulla resistenza, nei terreni di Costa della Gaveta. In particolare si dimostra che: 1) anche per terreni con un basso contenuto di argilla espansiva, gli effetti di accoppiamento chimico-meccanico sono notevoli sull'elemento di volume del terreno; 2) le variazioni di concentrazione ionica del fluido di porosità possono portare ad effetti importanti sulla distribuzione delle tensioni nel sottosuolo, effetti generalmente inaspettati e trascurati nelle analisi di stabilità.

1. Premessa

Il versante di Costa della Gaveta, che fa parte delle aree oggetto d'indagine del progetto MITIGO, è interessato da numerosi sistemi franosi di diverse tipologie e dimensioni. Fra le numerose frane, la colata omonima è stata oggetto di numerosi studi ed è anche descritta in un rapporto tecnico di Mitigo pubblicato online (Vassallo et al., 2022).

La successione geologica interessata dalla frana di Costa della Gaveta è costituita da due complessi principali sovrapposti stratigraficamente: il complesso argilloso-marnoso delle Argille Varicolori che si sviluppa dal fondovalle fino alla quota di 815m s.l.m., ed il complesso calcareo marnoso della



formazione Corleto Perticara da 815 s.l.m. fino a quota 920 s.l.m. Le Argille Varicolori governano il comportamento della frana. La formazione è costituita da argille e argille marnose con intercalazioni di strati e banchi di marne calcaree, diaspri, calcilutiti e calcareniti. I terreni del corpo di frana sono molto disomogenei e presentano variazioni del contenuto di argilla variabili fra 25 % e 70 %. Illite e caolinite sono i principali minerali argillosi. Il contenuto di argille espansive è compreso fra 5% e 30%. Nei primi metri di profondità (1÷3 m) il grado di saturazione presenta variazioni annuali, mentre a maggiori profondità il terreno è sempre saturo.

Sui campioni prelevati dai fori di sondaggio sono state eseguite numerose prove per la determinazione delle caratteristiche fisiche e delle proprietà idrauliche e meccaniche. (Di Maio et al., 2021; Vassallo et al, 2021; Picarelli et al., 2021). Su numerosi campioni è stata determinata anche la composizione chimica dell'acqua di porosità. Si è osservato che questa è una soluzione acquosa ionica in cui il sodio (Na^+) è lo ione più abbondante. Nella formazione stabile al di fuori della frana (Fig. 1a), e al di sotto di 8-10 m di profondità, la concentrazione dello ione è prossima a quella dell'acqua marina, acqua in cui questa argille si sono formate. A profondità minori, la concentrazione ionica diminuisce gradualmente fino a raggiungere valori molto bassi vicino a piano campagna. Questa riduzione di concentrazione è dovuta a numerosi effetti fra i quali l'esposizione all'acqua piovana. Nel corpo di frana (Fig. 1b), a parità di profondità, la concentrazione salina è molto più bassa di quella probabile originaria.

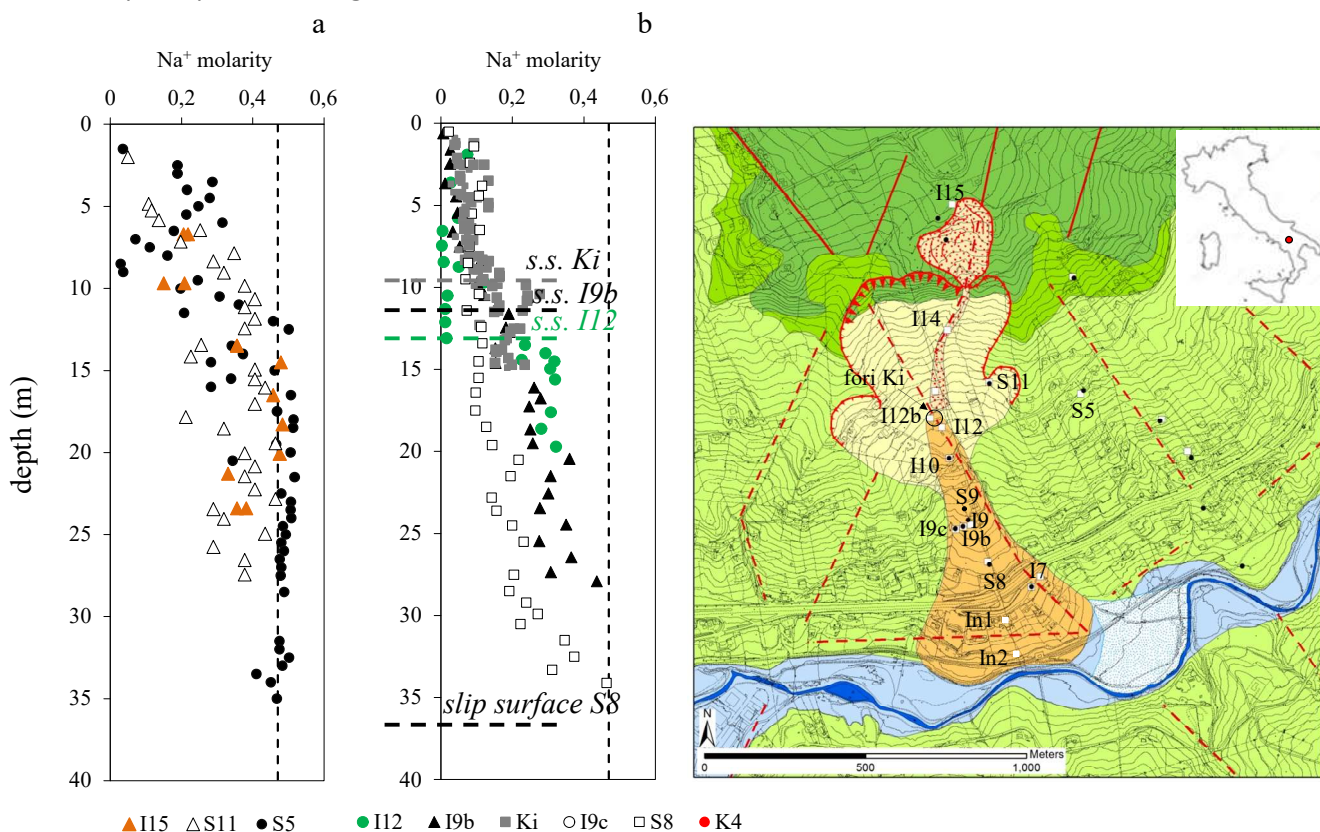


Figura 1. Concentrazione del catione Na^+ , espressa in molarità, nella soluzione interstiziale dei terreni di Costa della Gaveta, al di fuori del corpo di frana (a) e all'interno del corpo di frana (b). Le rette tratteggiate indicano la profondità della superficie di scorrimento in ognuno dei fori.

È ben noto nella letteratura tecnica che variazioni di concentrazione ionica della soluzione interstiziale inducono nelle argille attive fenomeni di rigonfiamento, quindi di rammollimento, ed una diminuzione dell'angolo di attrito, e quindi della resistenza. Inoltre, i risultati sperimentali mostrano che se il rigonfiamento è impedito, la riduzione della concentrazione induce un aumento delle spinte del terreno (e quindi anche delle spinte sulle opere ingegneristiche, per esempio sui muri di sostegno, gallerie, spalle di ponti ecc.). Le variazioni di concentrazione ionica inducono effetti volumetrici modesti nelle argille di bassa attività.

Dato che la composizione mineralogica dei terreni argillosi di Costa della Gaveta è molto variabile ed anche la frazione di argilla attiva è molto variabile ed è talvolta modesta (compresa fra il 5% ed il 30%), non è chiaro quale possa essere il legame fra la variazione di concentrazione salina e i fenomeni di dissesto. Comprendere questi meccanismi è naturalmente molto importante, perché è il primo passo per la definizione degli interventi di consolidamento.

Si è quindi condotta una serie di prove di laboratorio volte a valutare l'entità del rigonfiamento, della pressione di rigonfiamento e della diminuzione di resistenza indotti da una diminuzione della concentrazione salina dell'acqua interstiziale. Questi risultati sono descritti nel paragrafo 2. È stato quindi sviluppato un modello matematico innovativo per simulare i processi di diffusione ionica indotti dalle acqua meteoriche e i loro effetti sul comportamento meccanico dell'argilla. Questi modelli ed i confronti con i risultati sperimentali sono descritti nel paragrafo 3. Il paragrafo 4 infine riporta alcune considerazioni sui possibili effetti di processi come l'esposizione ad acque di pioggia o aumenti di temperatura sugli spostamenti o sull'innesco di frane in terreni come quelli di Costa della Gaveta. I risultati qui descritti in modo semplice e sintetico, sono riportati e discussi in dettaglio nell'articolo Ghulamzan et al. (2022).

2. Analisi sperimentali

Presso il laboratorio di Geotecnica dell'Università della Basilicata sono state realizzate numerose prove di laboratorio volte a valutare l'entità di: rigonfiamento, pressione di rigonfiamento e diminuzione di resistenza indotti da una diminuzione della concentrazione ionica nell'acqua di porosità. In particolare si sono condotte le prove edometriche e di taglio diretto che verranno descritte nel prosieguo. Le prove sono state condotte sia sui campioni con più elevata percentuale di argille attive che su quelli con più bassa percentuale. Nel seguito si illustreranno solo i risultati ottenuti su questi ultimi (campione da sondaggio S9) in quanto, come vedremo, gli effetti della variazione di concentrazione salina sono risultati inaspettatamente rilevanti, soprattutto in termini di pressione di rigonfiamento.

Le prove edometriche sono prove in cui il campione di terreno ha una forma cilindrica di 2 cm di altezza e circa 6 cm di diametro ed è posto all'interno di un anello metallico per evitare le deformazioni orizzontali. Si sono utilizzati campioni di terreno ricostituito, cioè impastato, con soluzione acquosa con composizione simile a quella media dell'acqua marina. Una volta consolidato ad assegnati stati tensionali rappresentativi delle condizioni di sito, il terreno è stato posto in contatto con acqua distillata, per favorire il processo di diffusione ionica dai pori verso l'esterno o il

flusso osmotico di acqua verso l'interno. In questo modo si è simulato il processo di diminuzione di concentrazione ionica indotto dall'acqua meteorica superficiale nei terreni in sito.

Si sono eseguite 2 tipologie di prove edometriche. Nella prima si è mantenuto costante il carico verticale consentendo le variazioni di altezza. Per effetto dell'esposizione ad acqua distillata, si è ridotta la concentrazione ionica della soluzione interstiziale e i provini di terreno hanno subito un processo di rigonfiamento. La Fig. 2a mostra un esempio dei risultati così ottenuti. La figura riporta sull'asse verticale l'indice di porosità del campione, rapporto fra il volume dei vuoti ed il volume del solido. La sua variazione indica quindi le variazioni volumetriche del campione. Sull'asse orizzontale sono riportate le tensioni verticali applicate. Il campione, ricostituito con soluzione 1 M NaCl, è stato sottoposto dapprima a compressione con carichi verticali crescenti fino a 1200 kPa, ed è stato successivamente scaricato fino a 300 kPa. Dopo il rigonfiamento indotto "meccanicamente", il campione è stato posto in contatto con acqua distillata, senza variare il carico verticale, provocando così un gradiente chimico, diffusione ionica verso l'esterno, diminuzione della concentrazione ionica nei pori e quindi rigonfiamento (tratto verticale).

Nella seconda tipologia di prova edometrica si è impedito il rigonfiamento del campione che l'esposizione ad acqua distillata avrebbe provocato, aumentando progressivamente il carico verticale. In queste prove si è pertanto misurata la pressione necessaria per impedire il rigonfiamento, detta *pressione di rigonfiamento*. La Fig. 2b mostra un esempio dei risultati così ottenuti. In questa seconda tipologia di prova, un campione simile a quello utilizzato nella prova di Fig. 2a, è stato sottoposto inizialmente alla medesima storia di carico e scarico. Una volta scaricato a 300 kPa, il campione è stato posto in contatto con acqua distillata, provocando una diminuzione della concentrazione salina e le deformazioni verticali sono state impedito provocando così un aumento della pressione di rigonfiamento (tratto orizzontale). Si può osservare che la pressione di rigonfiamento non è trascurabile e che la pressione verticale passa da 300 a 360 kPa, subendo quindi

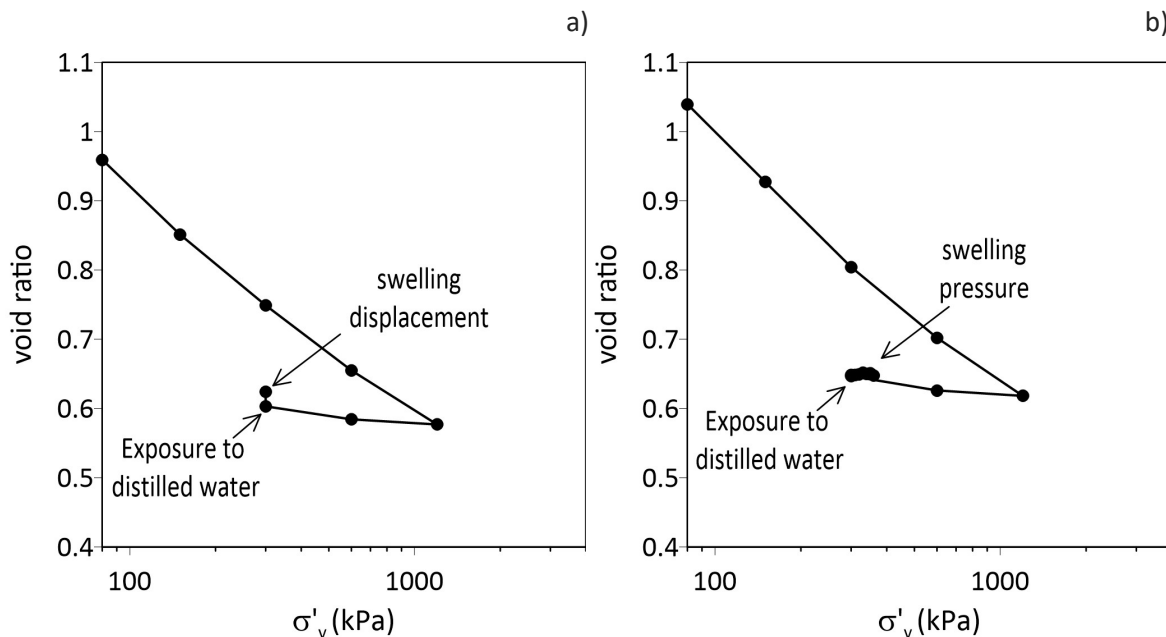


Figura 2. Risultati di prove edometriche su argilla prelevata dal foro S9 e ricostituita con soluzione 1 M NaCl: a) prova di rigonfiamento e b) misura della pressione di rigonfiamento a rigonfiamento impedito.

un aumento del 20%. Infine si sono eseguite alcune prove di taglio diretto su campioni del terreno prelevato dal foro S9, sia indisturbati che ricostituiti con una soluzione a composizione simile a quella dell'acqua marina che con acqua distillata. I risultati sono riportati nella Fig. 3. Tralasciando la resistenza di picco del campione indisturbato, si può osservare che l'angolo di attrito diminuisce da 18° (campione preparato con soluzione simile all'acqua di mare) a 14° , per effetto della preparazione con acqua distillata. Allo stesso modo, l'angolo di attrito residuo, che è quello significativo per frane che abbiano subito grandi scorrimenti su superfici regolari, diminuisce da 13° a 9° .

È da sottolineare che gli effetti illustrati nelle Figg. 2 e 3, sono stati misurati sui campioni aventi la più bassa frazione di argilla attiva e quindi inferiori rispetto a quelli attesi per terreni con un comportamento medio.

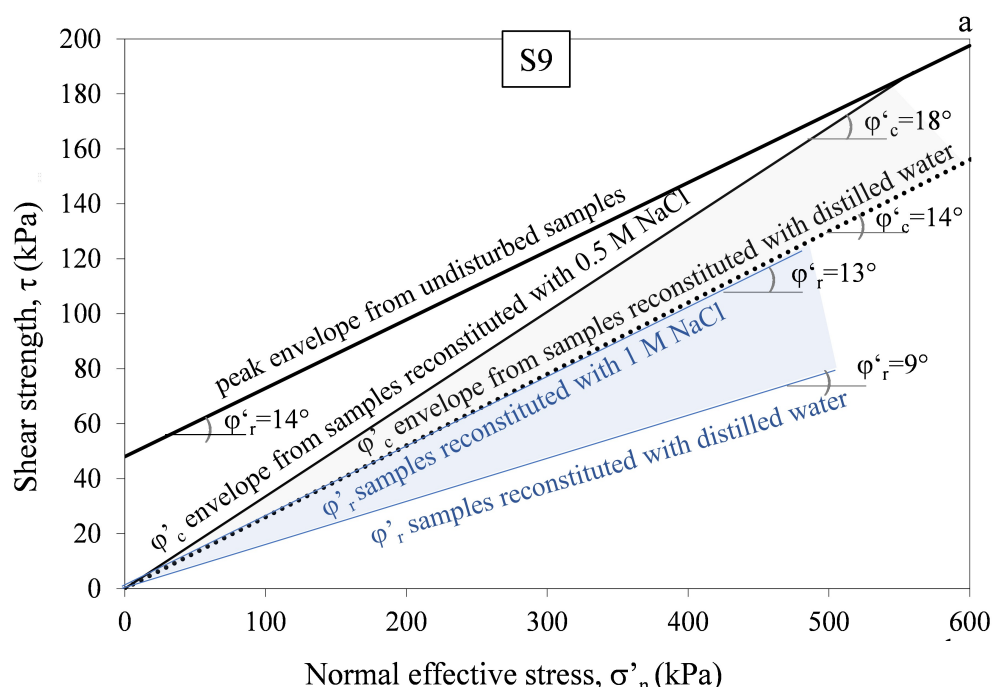


Figura 3. Risultati di prove di taglio diretto su argilla intatta e ricostituita prelevata dal foro S9, preparata con acqua marina e con acqua distillata: resistenza di picco e resistenza residua.

3. Modellazione numerica

Presso l'Università di Trento è stato sviluppato un modello matematico innovativo agli elementi finiti per lo studio della diffusione salina, l'infiltrazione dell'acqua meteorica e le deformazioni dello scheletro solido. In particolare, il comportamento chemo-meccanico è incluso all'interno del modello ad elementi finiti attraverso un opportuno modello costitutivo che descrive l'interazione chimica meccanica nelle argille. Quindi si tratta di 2 modelli matematici che funzionano in modo accoppiato.

Questi due modelli sono stati calibrati sui risultati sperimentali ottenuti con alcune delle prove di laboratorio ed i risultati teorici sono stati quindi confrontati con quelli sperimentali. Per alcuni di

questi confronti, si tratta di una previsione di comportamento, perché alcune prove non erano state utilizzate per la calibrazione.

La Fig. 4 mostra le simulazioni ottenute con il modello teorico sia per il caso di rigonfiamento consentito (ad una tensione verticale costante di 300 kPa), che di rigonfiamento impedito (a partire da una pressione verticale di 300 kPa), indotti dalla esposizione del campione ad acqua distillata. I risultati della Fig. 4 devono essere confrontati con le misure sperimentali riportate nella Fig. 2. Si può notare che mentre vi è un buon accordo in termini di rigonfiamento consentito, la pressione di rigonfiamento prevista dal modello teorico sovrastima i valori sperimentali.

La Fig. 5 mostra il confronto fra l'evoluzione nel tempo del rigonfiamento e della pressione di rigonfiamento misurati sperimentalmente e simulati con il modello teorico. Anche in questo caso si può osservare che la pressione di rigonfiamento calcolata dal modello è sovrastimata rispetto a quella misurata. I risultati delle Figg. 4 e 5 sono stati ottenuti nell'ipotesi di comportamento elastico non lineare e isotropo. Anche se i risultati non sono riportati in questa breve presentazione, si sono analizzati anche gli effetti dell'anisotropia della risposta elastica e si è evidenziato come una maggiore rigidità orizzontale migliorerebbe molto le simulazioni (Ghalamzan et al., 2022). Sono quindi attualmente in corso di esecuzione alcune prove sperimentali volte a stimare l'anisotropia della elasticità e gli effetti prodotti sul rigonfiamento.

Le simulazioni numeriche hanno riguardato anche gli effetti sullo stato tensionale dell'esposizione ad acqua distillata nelle due condizioni analizzate di rigonfiamento consentito e rigonfiamento impedito. I risultati mostrano che le tensioni orizzontali aumentano e che la loro evoluzione è influenzata dal rapporto di anisotropia (Figura 6).

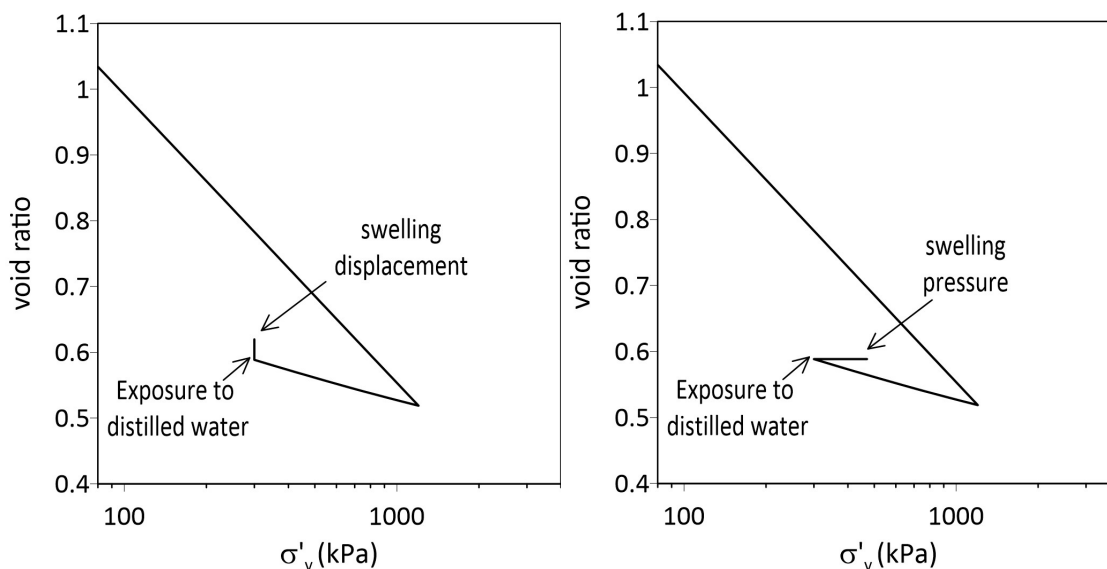


Figura 4. Simulazioni numeriche delle prove edometriche su argilla ricostituita: a) prova di rigonfiamento con una tensione assiale di 300 kPa e b) misura della pressione di rigonfiamento a rigonfiamento impedito. Le simulazioni vanno confrontate con i risultati sperimentali di Fig. 1.

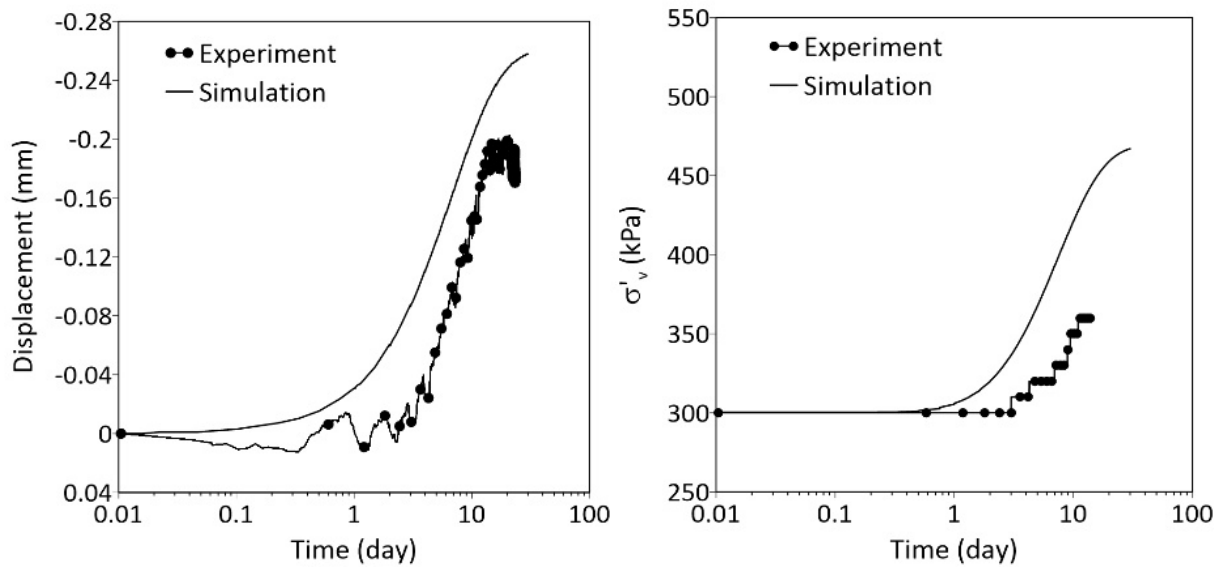


Figura 5. Confronto fra simulazioni e risultati sperimentali ottenuti su prove edometriche condotte su argilla ricostituita. Evoluzione nel tempo del rigonfiamento e della pressione di rigonfiamento: a) prova di rigonfiamento; b) pressione di rigonfiamento.

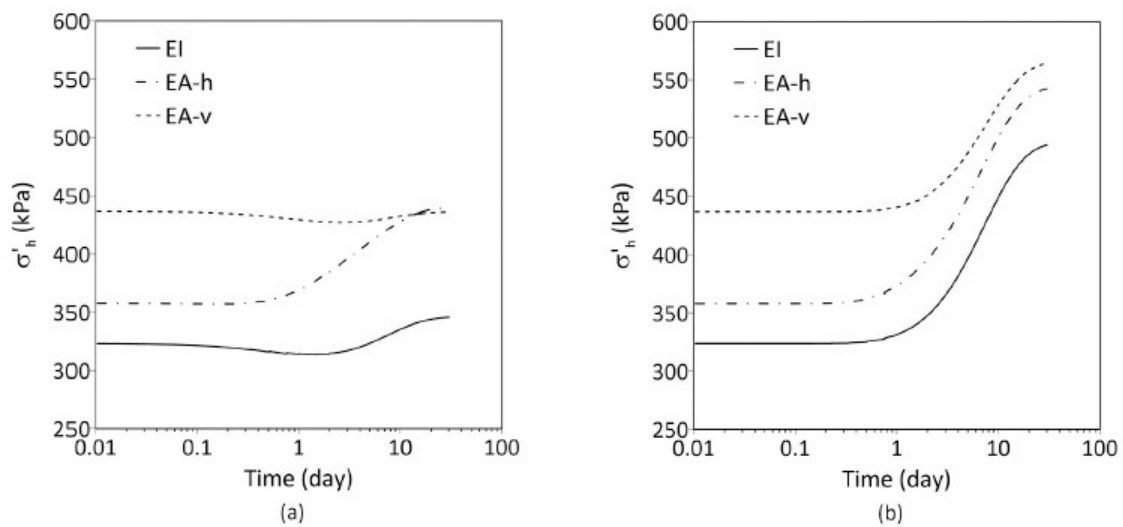


Figura 6. Evoluzione temporale indotta dall'esposizione ad acqua distillata delle tensioni orizzontali efficaci per differenti rapporti di anisotropia elastica per una tensione verticale di 300 kPa: a) prova di rigonfiamento, b) pressione di rigonfiamento.

4. Considerazioni sugli effetti dell'interazione chimico-meccanica sulla genesi dei fenomeni di instabilità

Le prove sperimentali discusse nei paragrafi precedenti hanno evidenziato che l'esposizione all'acqua distillata di provini di terreno di Costa della Gaveta preparati con una soluzione ionica simile all'acqua marina non solo produce una diminuzione dell'angolo di attrito e quindi della resistenza dell'argilla, ma induce anche una variazione dello stato di tensione. Questa variazione potrebbe avere come

effetto un peggioramento delle condizioni di stabilità di un pendio. Per comprendere gli effetti potenziali sulla stabilità di un pendio, si sono condotte alcune analisi preliminari con riferimento ad una condizione geometrica semplificata come quella mostrata in Fig. 7, nell'ipotesi di un materiale monofase. L'esposizione all'acqua di pioggia, con le conseguenti variazioni di concentrazione salina dell'acqua interstiziale, è stata simulata come una variazione di temperatura, calibrata sulle misure sperimentali e sui risultati del modello descritto nel paragrafo 3. La Fig. 7 mostra che l'aumento di temperatura provoca una destabilizzazione del pendio ed un aumento degli spostamenti verso valle. Analogamente, si può ipotizzare che la riduzione di concentrazione ionica (con il conseguente rigonfiamento e/o modifica dello stato tensionale) indotta dall'esposizione all'acqua piovana possa causare lenti spostamenti del pendio.

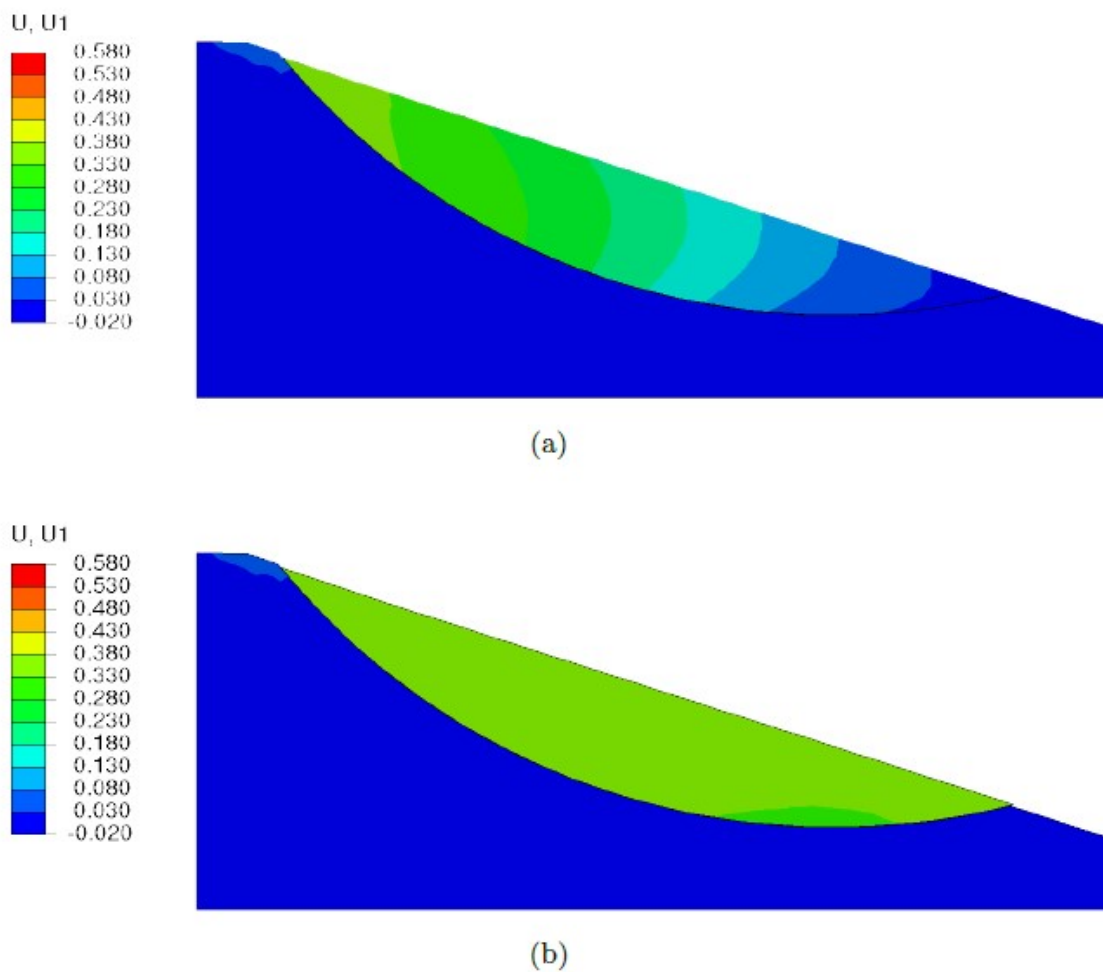


Figura 7. Distribuzione degli spostamenti orizzontali ottenuti nelle simulazioni numeriche: a) nella condizione iniziale e b) al termine del rigonfiamento (simulato come effetto di un aumento di temperatura).

CONCLUSIONI

Le indagini in sito condotte a Costa della Gaveta hanno mostrato che il fluido di porosità è una soluzione acquosa ionica a concentrazione variabile lungo il versante e lungo la verticale. Al di fuori del corpo di frana, e al di sotto di 8-10 m di profondità, la concentrazione ionica è costante e prossima a quella dell'acqua marina (acqua in cui la formazione geologica in esame si è generata). Al di sopra di tale profondità, la concentrazione salina diminuisce gradualmente fino a raggiungere valori molto bassi a piano campagna. Nel corpo di frana invece, la concentrazione salina è sempre generalmente molto bassa. Si può ragionevolmente ipotizzare che la riduzione naturale di concentrazione ionica in sito sia stata provocata dall'interazione del terreno con l'acqua piovana, da adsorbimento di acqua e da vari fenomeni di trasporto.

Le prove di laboratorio hanno mostrato che una diminuzione di concentrazione ionica nel fluido interstiziale provoca riduzione dei parametri di resistenza dei terreni, rigonfiamento e variazioni dello stato tensionale. Questo è evidente anche nelle frazioni di terreno caratterizzate da bassi contenuti di argille attive.

Alcune simulazioni numeriche preliminari mostrano che le variazioni tensionali indotte da fenomeni con effetti analoghi a quelli dell'esposizione all'acqua piovana, come aumenti di temperatura, possono indurre spostamenti delle frane e potrebbero spiegare sia i lenti movimenti osservati nella frana di Costa della Gaveta che l'insacco di nuovi processi di instabilità.

Ringraziamenti

Questo lavoro è stato realizzato grazie ai finanziamenti del progetto MITIGO Ars01_000964

Bibliografia

- Bolt G. H. 1956. Physico-Chemical Analysis of the Compressibility of Pure Clays. *Géotechnique* 6 (2), 86-93.
- Di Maio C. 1996. Exposure of bentonite to salt solution: osmotic and mechanical effects. *Géotechnique* 46 (4), 695-707.
- Di Maio C. 2001. Swelling Pressure of Clayey Soils: the influence of stress state and pore liquid composition. *Riv. Ital. di Geotec.* 3, 22-34.
- Di Maio C., Santoli L., Schiavone R. 2004. Volume change behaviour of clays: the influence of mineral composition, pore fluid composition and stress state. *Mech. Mater.* 36 (5-6), 435-451.
- Di Maio, C., De Rosa, J., Vassallo, R. (2021). Pore water pressures and hydraulic conductivity in the slip zone of a clayey earthflow: experimentation and modelling. *Engineering Geology*, vol. 292, <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2021.106263>.



- Picarelli, L., Di Maio, C., De Rosa, J. (2021). Processes and mechanism governing the transition of slides in tectonized clay shales into rapid earthflows. *RIG (Italian Geotechnical Journal)*, year LV, 4, 53-67.
- Vassallo, R., De Rosa, J., Di Maio, C., Reale, D., Verde, S., Fornaro, G. (2021). In situ and satellite long-term monitoring of slow clayey landslides and of the structures built on them. *RIG (Italian Geotechnical Journal)*, LV, 4, 77-95.
- Dominijanni A., Manassero M., Puma S. 2013. Coupled chemical-hydraulic-mechanical behaviour of bentonites. *Géotechnique* 63 (3), 191-205
- Dutta J., Mishra A. K. 2016. Consolidation behaviour of bentonites in the presence of salt solutions. *Appl. Clay Sci.* 120, 61-69.
- Gajo A. 2010. Hyperelastic modelling of small-strain stiffness anisotropy of cyclically loaded sand. *Int. J. Numer. Anal. Methods Geomech.* 34 (2), 111–134.
- Gajo A. and Bigoni D. 2008. A model for stress and plastic strain induced non-linear, hyperelastic anisotropy in soils. *Int. J. Numer. Anal. Methods Geomech.* 32 (7), 833–861
- Gajo A., Loret B. 2003. Finite element simulations of chemo-mechanical coupling in elastic-plastic homoionic expansive clays. *Comput. Methods Appl. Mech. Eng.* 192 (31-32), 3489-3530.
- Gajo A., Loret B., and Hueckel T. 2002. Electro-chemo-mechanical couplings in saturated porous media: Elastic-plastic behaviour of heteroionic expansive clays. *Int. J. Solids. Struct.* 39 (16), 4327-4362.
- Ghalamzan F., De Rosa, J., Gajo A., Di Maio C. 2022. Swelling and swelling pressure of clay soils: experimental data and model simulations, *Eng. Geol.* 297, 1-18.
- Haase R., 1990. *Thermodynamics of Irreversible Processes*. Dover Publications, New York.
- Hibbitt, Karlsson, and Sorensen 2009. *Abaqus: Abaqus/Standard, Theory Manual*.
- Kaczmarek M., Hueckel T. 1998. Chemo-mechanical consolidation of clays: analytical solutions for a linearized one-dimensional problem. *Transp. Porous Media* 32, 49-74.
- Loret B., Hueckel T., Gajo A. 2002. Chemo-mechanical coupling in saturated porous media: Elastic-plastic behaviour of homoionic expansive clays. *Int. J. Solids Structures* 39 (10), 2773-2806.
- Madaschi A. 2019. Personal communication.
- Manca D., Ferrari A., Laloui L. 2016. Fabric evolution and the related swelling behaviour of a sand / bentonite mixture upon hydro-chemo-mechanical loadings. *Géotechnique* 66 (1), 41-57.
- Musso G., Cosentini R. M., Dominijanni A., Guarena N., Manassero M. 2017. Laboratory characterization of the chemo-hydro- mechanical behaviour of chemically sensitive clays. *Riv. Ital. di Geotec.* 3, 22-47.
- Witteveen P., Ferrari A., Laloui L. 2013. An experimental and constitutive investigation on the chemo-mechanical behaviour of a clay. *Géotechnique* 63 (3), 244-255.





www.mitigoinbasilicata.it

Obiettivo Realizzativo n. 5

Soluzioni per la mitigazione del rischio idrogeologico

Questa pubblicazione è stata realizzata con il cofinanziamento dell'Unione Europea - FESR, PON Ricerca e Innovazione 2014-2020".

www.ponricerca.gov.it

Responsabile della pubblicazione:
 Università degli Studi della Basilicata
 Scuola di Ingegneria
 Via dell'Ateneo Lucano 10
 85100 Potenza



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Ministero dell'Università
e della Ricerca



PON
RICERCA
E INNOVAZIONE
2014 - 2020

Mitigazione dei Rischi Naturali
per la Sicurezza e la Mobilità nelle
Aree Montane del Mezzogiorno

