POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

Effetti micromeccanici dell’alterazione chimica sul marmo di Carrara

Original
Effetti micromeccanici dell’alterazione chimica sul marmo di Carrara / Wubalem, A., Caselle, C., Ferrero, A.M., Umili, G., Migliazza, M., Vagnon, F.. - ELETTRONICO. - (2025), pp. 33-40. (XXVIII Convegno nazionale di geotecnica Venezia, Isola di San Servolo (Ita) 11-13 giugno 2025).

Availability:
This version is available at: 11583/3007381 since: 2026-02-05T16:25:54Z

Publisher:
Patron, AGI

Published
DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

15 November 2026

Effetti micromeccanici dell'alterazione chimica sul marmo di Carrara

A. Wubalem, C. Caselle, A.M Ferrero, G. Umili
Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Torino

M. Migliazza
Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica, Politecnico di Torino

F. Vagnon
Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture, Politecnico di Torino

SOMMARIO: L'alterazione chimico-indotta dei geomateriali, spesso legata a fattori climatici, quali ad esempio le piogge acide, può portare ad un peggioramento delle caratteristiche meccaniche dei materiali. In questo contesto, conoscere e quantificare la risposta del marmo alle piogge acide risulta fondamentale al fine di garantire una corretta progettazione ingegneristica e un'efficace conservazione del patrimonio storico/culturale delle strutture e delle infrastrutture di superficie. Il presente studio rappresenta la fase preliminare di un progetto di ricerca tutt'ora in corso focalizzato sugli effetti di deterioramento legato sia a variazioni termiche che ad ambienti chimicamente aggressivi. Nello specifico si propone di studiare il comportamento meccanico del marmo di Carrara a seguito dell'esposizione ad un ambiente chimicamente aggressivo che simuli l'effetto delle piogge acide. A tal fine, sono stati preparati tredici campioni prismatici suddivisi in quattro gruppi per valutare le caratteristiche del materiale sia in condizioni naturali sia dopo trattamenti chimici condotti per immersione in acido solforico diluito per diversi intervalli temporali. Tutti i campioni sono poi stati sottoposti a prove di compressione monoassiale con simultanea acquisizione di immagini fotografiche elaborate tramite processi di Digital Image Correlation (DIC).
I risultati preliminari riportati in questo articolo descrivono una generale riduzione della resistenza meccanica e del modulo elastico a seguito dell'immersione in ambiente acido, indicando quindi come il marmo sia suscettibile al degrado con possibili ripercussioni sulla durabilità di strutture ed infrastrutture storiche o di nuova costruzione

1 INTRODUZIONE

I materiali lapidei sono stati utilizzati quali materiali da costruzione fin dall'antichità Lo studio dell'alterazione delle caratteristiche meccaniche di questi materiali lapidei soggetti ad agenti climatici ed ambientali risulta quindi fondamentale per la progettazione di strutture o per il ripristino di manufatti esistenti. A tale scopo, la caratterizzazione fisico-meccanica deve includere prove di invecchiamento termico e chimico accelerato che, simulando le condizioni climatico ambientali, permettano una progettazione affidabile.

Il marmo di Carrara è conosciuto come pietra ornamentale di pregio, utilizzata fin dai tempi antichi in opere architettoniche e scultoree di fama mondiale grazie al suo colore uniformemente bianco, alla sua densità e resistenza elevate e alla grana medio-fine dei suoi cristalli di calcite (Calvo & Regueiro 2010; Vagnon et al. 2021). Le condizioni climatiche, e in modo particolare l'acidità delle piogge, possono però rappresentare una minaccia per la resistenza e la durabilità di questo materiale, innescando un processo di degrado superficiale estremamente comune soprattutto in aree con elevato inquinamento atmosferico (Wu et al. 2023). Le piogge acide possono infatti dissolvere i minerali carbonatici, accelerando i processi di alterazione e portando ad un deterioramento delle capacità strutturali, di edifici, ponti monumenti storici che presentano elementi marmorei. Per quanto l'effetto dell'alterazione termica, legata a cicli di gelo-disgelo, sia stato diffusamente studiato su vari tipi di roccia (e.g., Fan et al. 2020; Han et al. 2017; Hou et al. 2022; Park et al. 2020; Sarfarazi et al. 2024; Zhang et al. 2023), gli effetti del deterioramento delle caratteristiche micro-meccaniche del marmo di Carrara dovuto ad ambienti chimicamente aggressivi, rimane attualmente poco studiato.

Questo studio ha quindi l'obiettivo di valutare l'effetto delle piogge acide (simulate tramite una soluzione diluita di acido solforico) sulle proprietà micromeccaniche del marmo di Carrara. Le variazioni nella resistenza e nel comportamento deformativo sono state valutate attraverso prove di compressione monoassiale con misura delle deformazioni assiali misurate con LVDT e tramite processi di Digital Image Correlation (DIC).

2 MATERIALI E METODI

Il marmo di Carrara si è formato durante la storia tetto-metamorfica polifasica della catena orogenetica nord-Appenninica (Coli & Criscuolo 2021). I campioni utilizzati per il presente studio sono costituiti da cristalli di calcite a grana medio-fine con locale presenza di dolomite e di minerali terrigeni. Da un unico blocco sono stati ricavati 13 campioni prismatici di dimensioni 60x30x30 mm (Figura 1a). I campioni sono stati suddivisi in 4 gruppi, dedicati rispettivamente alla valutazione del comportamento meccanico in condizioni indisturbate e a seguito di immersioni in bagni di acido con durata di 3, 7 e 28 giorni.

Nello specifico, al fine di simulare le piogge acide, è stata preparata in laboratorio una soluzione diluita di acido solforico con pH pari a 5. In condizioni normali, le acque di pioggia hanno pH compreso tra 5.6 e 6.2. In aree urbanizzate e industrializzate, tale valore può, però, diminuire con conseguente aumento dell'acidità, per effetto dell'emissione nell'atmosfera di solfuri e nitrogeni. Tenendo conto di valori di pH recentemente misurati nelle acque di pioggia del nord Italia (Rogora et al. 2016), si è scelto di utilizzare una soluzione con pH = 5 che, pur rappresentando delle condizioni peggiorative rispetto alle condizioni normali, è rappresentativa dell'acidità riscontrabile in aree urbanizzate e industrializzate.

I campioni, dopo essere stati lavati in acqua deionizzata, sono stati immersi in tale soluzione all'interno di un contenitore e lasciati in un ambiente isolato grazie alla presenza di un vetro (Figura 1b-1c). Una volta raggiunti gli intervalli di tempo desiderati, i campioni sono stati estratti dalla soluzione, sciacquati nuovamente con acqua deionizzata ed essiccati in forno ad una temperatura di 105°C.

Sia per i campioni indisturbati che per quelli trattati, sono state condotte, presso il laboratorio di geotecnica del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino, prove di compressione monoassiale eseguite con una pressa servo-controllata (Matest) attrezzata con cella di carico da 300 kN. Questo ha permesso la ricostruzione della curva tensioni-deformazioni e la determinazione della resistenza a compressione monoassiale e del modulo di Young. Durante l'intera durata delle prove, è stato misurato lo spostamento verticale tramite l'ausilio di un LVDT assiale. Le prove, iniziate con un precarico di 2 kN, sono state eseguite in controllo di spostamento con una velocità di applicazione del carico pari a 0.036-0.037 mm/min (corrispondenti ad una velocità di deformazione di 10^{-5}/s).

Durante ciascuna prova, sono stati acquisiti, su due facce adiacenti dei campioni, due video ad alta frequenza al fine di poter processare le immagini digitali attraverso analisi DIC (Ferrero & Migliazza 2009; Stirling et al. 2013; Blaber et al. 2015; Caselle et al. 2019 – Figura 1d-1e). Per facilitare il calcolo del campo di deformazione, su ciascuna faccia è stato tracciato un rettangolo di riferimento. Per ciascun video, sono stati poi selezionati un numero di fotogrammi compreso tra 9 e 18 in corrispondenza a specifici momenti della curva sforzo-deformazioni identificati come significativi (fase elastica, onset della deformazione, picco, post-picco) ed analizzati utilizzando il software Ncorr (Blaber et al. 2015) su MATLAB R2024b.

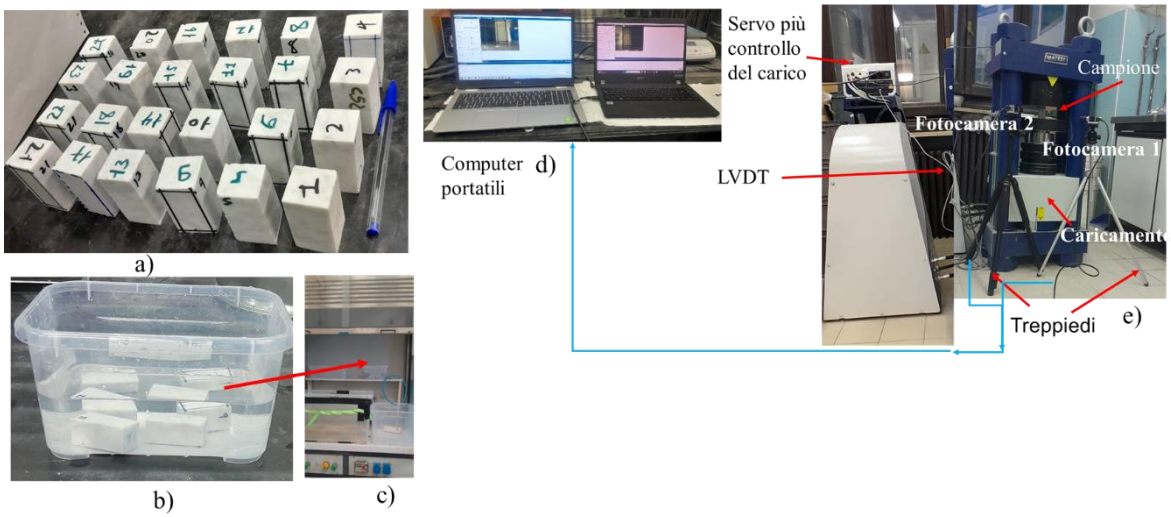


Figura 1 a) Campioni prismatici di marmo di Carrara utilizzati per le prove; b-c) Campioni sottoposti al trattamento con l'acido; d-e) Configurazione della pressa, delle macchine fotografiche e dei PC utilizzati per le prove di compressione monoassiale e per l'acquisizione dei video per l'analisi DIC.

3 RISULTATI E DISCUSSIONI

3.1 *Resistenza a compressione monossiale e modulo elastico*

In tabella 1 ed in Figura 2 sono riportati i valori di resistenza a compressione monoassiale UCS e del modulo elastico tangente Et (calcolato al 50% del carico di rottura) dei provini indisturbati e di quelli chimicamente trattati con differenti cicli di immersione. Dai risultati si evidenzia come, nonostante si riscontri una notevole variabilità, sia la resistenza a compressione monoassiale che il modulo elastico tendono a diminuire all'aumentare dell'esposizione all'acido.

Tabella 1. Valori di resistenza a compressione monoassiale UCS e di modulo elastico tangente Et per i campioni in condizioni naturali e trattati.

Giorni di bagno acido	Campione	UCS (MPa)	Media (MPa)	Dev Std (MPa)	Et (GPa)	Media (GPa)	Dev Std (GPa)
0	M21	83.8	93.7	18.5	-	21.5	8.6
	M22	74.1			12.4		
	M23	115.9			29.6		
	M24	101.1			22.6		
3	M1	71.9	89.1	14.9	10.9	19.4	7.4
	M2	97.3			24.4		
	M4	98.1			22.8		
7	M5	98.8	86.3	11.6	27.8	19.3	7.1
	M6	91.7			22.4		
	M7	71.8			12.8		
	M8	83.1			14.2		
28	M10	47.4	65.0	24.9	11.6	11.9	0.5
	M11	82.5			12.2		

I campioni indisturbati presentano il più elevato valor medio di resistenza a compressione monoassiale (93.7 MPa) con una deviazione standard di 18.5 MPa e valori che variano tra 115.9 e 74.1 MPa. In termini di modulo elastico, i campioni non trattati presentano il valore medio più elevato pari a 21.5 GPa, con una deviazione standard di 8.6 GPa, indicando, anche in questo caso, un'elevata variabilità. Dopo i trattamenti con acido della durata di 3 e 7 giorni, i valori medi di UCS e di Et mostrano una lieve diminuzione, plausibilmente associata alla degradazione micromeccanica indotta dal trattamento. A seguito del trattamento di 28 giorni tali riduzioni risultano

decisamente più significative, con una diminuzione di UCS pari al 30.7% e di Et pari al 44.7% rispetto alle condizioni indisturbate, suggerendo che, durante l'immersione in acido, i campioni hanno subìto fenomeni di dissoluzione locale con apertura di micro-pori e/o micro-fratture. Nello specifico, i dati rappresentati nei diagrammi in Figura 2 mostrano una relazione lineare tra i valori medi dei i parametri considerati e la durata del ciclo di immersione.

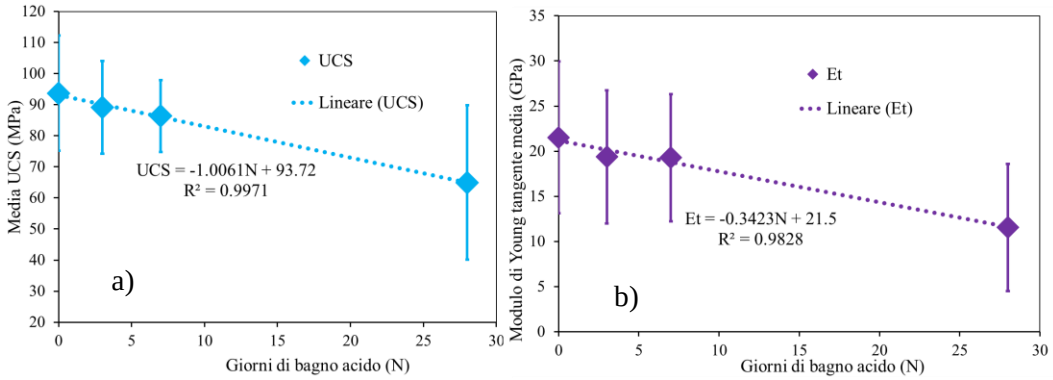


Figura 2 Valori medi di resistenza a compressione monoassiale e di modulo elastico tangente rispetto al numero di giorni di bagno in acido, la barra verticale rappresenta lo scarto quadratico medio.

3.2 *Curve sforzo-deformazione*

Le curve sforzo-deformazione riportate in Figura 3 mostrano nuovamente come l'esposizione all'ambiente acido influisca sul comportamento del marmo sottoposto a compressione monoassiale. I campioni non trattati mostrano i valori di picco più elevati e le più elevate inclinazioni della porzione elastica (lineare) delle curve, mentre i campioni trattati in acido per 3, 7 e 28 giorni mostrano valori di picco via via decrescenti, suggerendo un progressivo indebolimento del materiale all'aumentare dell'esposizione all'ambiente acido.

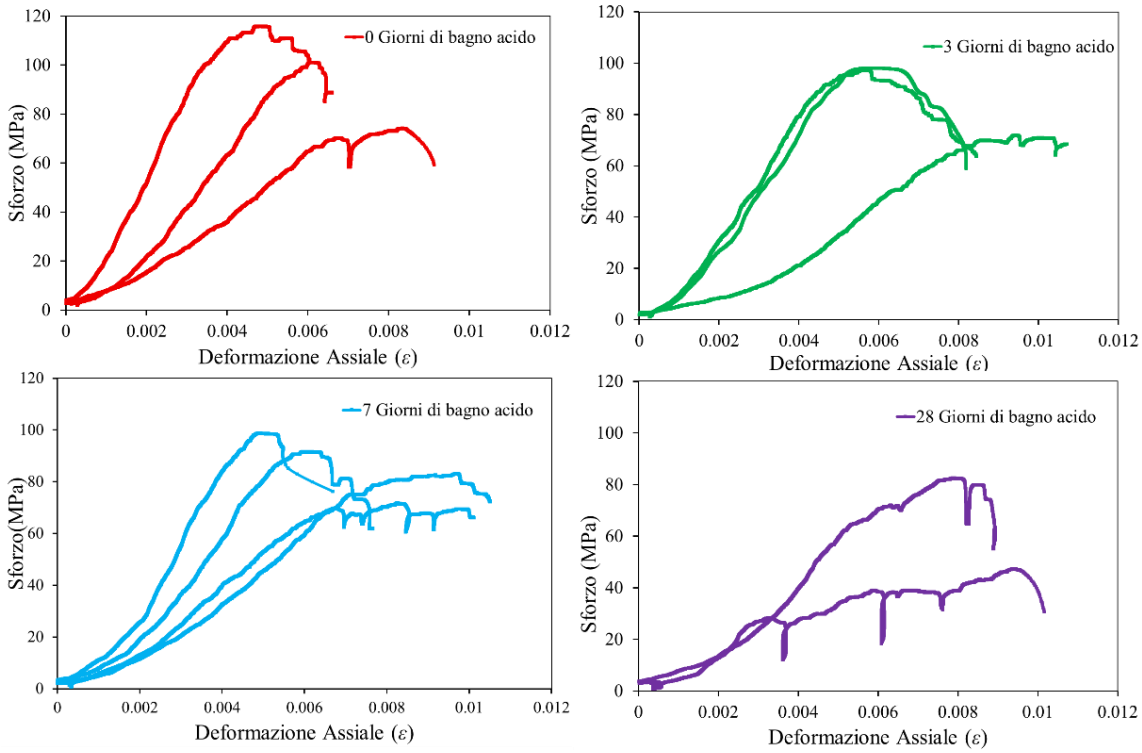


Figura 3 Curve sforzo-deformazione per i campioni indisturbati (a) e sottoposti a bagno in acido per 3 giorni (b), 7 giorni (c) e 28 giorni (d).

I valori di deformazione in corrispondenza del picco variano tra 4.8E-3 e 9.5E-3. Nonostante l'elevata variabilità, si nota come questo valore tenda ad aumentare con il numero di giorni trascorsi in acido. Il comportamento post-picco è caratterizzato da numerose cadute di resistenza (vedi le Figure 4, 5 e 6), suggerendo un comportamento di tipo *stick-slip*, coerentemente con quanto osservato alla scala di laboratorio da diversi autori in diverse litologie (e.g., Caselle et al. 2020).

3.3 *Analisi DIC e sviluppo della fratturazione*

3.3.1 *Campioni non trattati*

In Figura 4iii sono riportate le mappe delle deformazioni orizzontali ottenute mediante *DIC* sul provino M23 non trattato in corrispondenza dei punti da a ad n identificati sulla curva sforzo-deformazione in Figura 4i. Come si può osservare, i risultati mostrano una iniziale distribuzione delle deformazioni relativamente omogenea (colore blu, corrispondente a deformazione pari a 0) con la presenza di alcune localizzazioni che diventano più evidenti e coerenti dopo il raggiungimento del picco. Le zone gialle e rosse (valori negativi della deformazione) corrispondono a punti in cui la superficie del campione registra un'espansione, andando ad identificare la posizione dei primi microcracks in corrispondenza del picco (punto c) che poi progressivamente si allargano, con concentrazioni delle deformazioni sempre più marcati ed evidenti, fino al definitivo sviluppo della frattura. La fase di sviluppo della frattura nel post-picco non avviene però in maniera omogenea, ma è caratterizzata da "salti", ben evidenti anche nella curva sforzo-deformazione (Figura 4i), a suggerire un comportamento di tipo *stick-slip*.

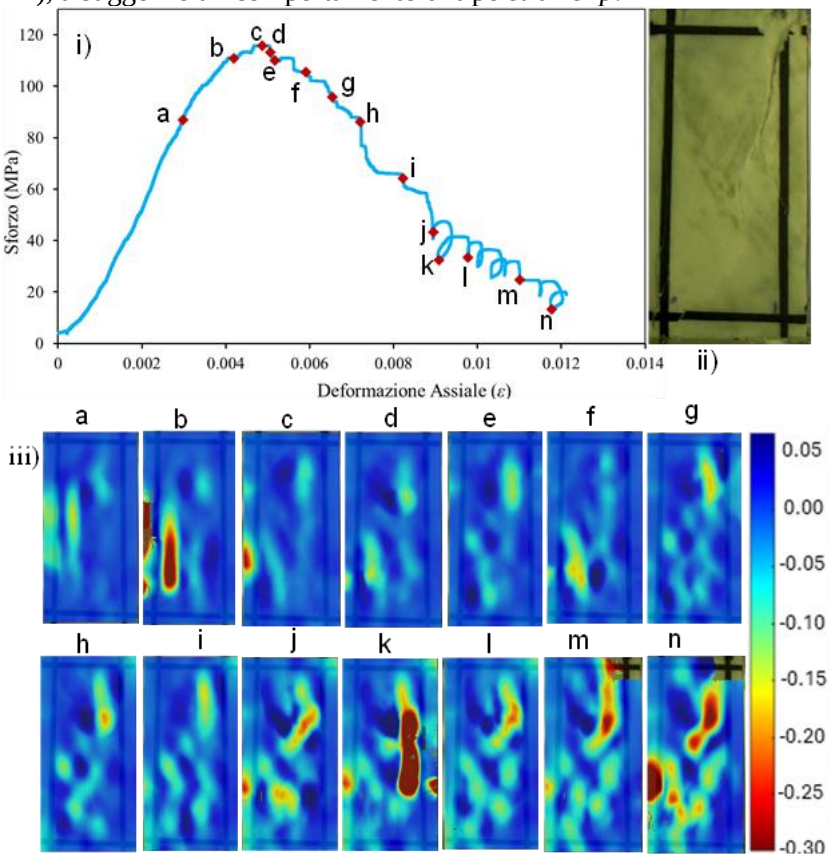


Figura 4 Risultati della DIC per un campione non trattato: i) curva sforzo-deformazione; ii) campione post-test; iii) mappe della deformazione orizzontale in corrispondenza dei punti da a ad n identificati nel pannello i).

In termini generali, i risultati della DIC evidenziano, per i campioni non trattati, meccanismi di frattura di tipo fragile, con localizzazioni delle deformazioni molto nette nelle mappe (e.g., Figura 4iii). La rottura del campione avviene a seguito di concentrazioni di deformazione tensile che

risulta localizzata in poche aree del campione. L'immagine fotografica del campione post-rottura (Figura 4ii) mostra la presenza di due piani di rottura coalescenti molto ben definiti coerenti con la natura fragile identificata dalla curva sforzo-deformazione e con la posizione delle zone ad alta concentrazione della deformazione identificata dalle mappe prodotte mediante analisi DIC.

3.3.2 *Trattamento in acido*

A titolo di esempio in Figura 5iii sono riportate le mappe di deformazione orizzontale per un campione sottoposto al trattamento in acido per 3 giorni (provino M1). Anche in questo caso, le mappe si riferiscono ai punti identificati con le lettere da a ad i sulla curva sforzo-deformazione riportata in Figura 5i.

Sulla base dei risultati dell'analisi DIC, la Figura 5i mostra inoltre la suddivisione della curva sforzo-deformazione in varie fasi. Durante la prima fase (*fase* 1), dall'inizio della prova fino all'inizio della fase elastica, la deformazione risulta essere prevalentemente uniforme (punto a). Quando il campione raggiunge un carico pari a 64% del valore di resistenza (*fase* 2), la roccia è nel campo della deformazione elastica (punti b e c) e si osserva un certo aumento nelle concentrazioni di deformazione registrate. Nella fase 3 (punti d ed e) si raggiungono le condizioni di picco. In questa fase, le mappe mostrano un aumento nella lunghezza delle concentrazioni di deformazione individuate, a suggerire che le microfratture formatesi già durante la fase elastica, iniziano una fase di coalescenza. Nella fase di post-picco (*fase* 4), le fratture crescono in maniera instabile, con concentrazioni della deformazione via via più estese e con valori di deformazione maggiori (punti f, g, h, i). Nell'ultima fase (*fase* 5) la resistenza decresce rapidamente e in maniera drastica a causa delle fratture che sono ormai interconnesse tra loro, portando alla completa rottura del campione.

Anche in questo caso, il campione post-rottura (Figura 5ii) mostra due principali superfici di fratture che risultano essere coerenti con la posizione delle principali concentrazioni di deformazioni identificate dalle mappe DIC.

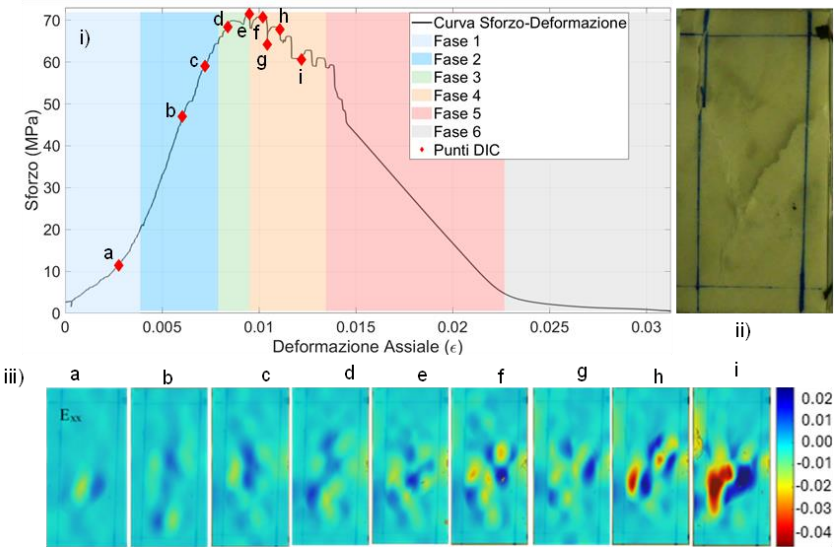


Figura 5 Risultati dell'analisi DIC per un campione sottoposto a trattamento in acido per 3 giorni: i) curva sforzo-deformazione; ii) campione post-test; iii) mappe della deformazione orizzontale in corrispondenza dei punti da a ad n identificati nel pannello i).

4 CONCLUSIONI

Questo studio propone i risultati preliminari di una campagna di indagini volta a valutare gli effetti dell'esposizione all'acido solforico, a simulazione dell'effetto di piogge acide, sul comportamento meccanico del marmo di Carrara. I cambiamenti in termini di resistenza alla compressione monoassiale, modulo elastico, evoluzione delle deformazioni e processo di coalescenza e sviluppo delle fratture è stato valutato sperimentalmente. Nonostante l'elevata variabilità ottenuta, i

risultati riportano una significativa diminuzione della resistenza a compressione monoassiale e del modulo elastico all'aumentare dei giorni di esposizione all'acido. Allo stesso modo, anche i meccanismi di rottura, studiati attraverso processi di analisi DIC, risultano essere influenzati dal trattamento con l'acido.

Nel complesso, i risultati ottenuti suggeriscono che le proprietà meccaniche del marmo di Carrara subiscono un significativo deterioramento in presenza di un ambiente acido. La riduzione di resistenza meccanica e di elasticità a seguito di prolungata esposizione all'acido sottolinea l'importanza di considerare e valutare la resistenza agli agenti chimici delle rocce sia in fase progettuale che in fase di manutenzione e conservazione di strutture ed infrastrutture. I risultati del presente studio verranno implementati ed ampliati nel corso del lavoro di ricerca attraverso l'indagine approfondita delle variazioni nella microstruttura e nel comportamento meccanico non solo a seguito di esposizione all'acido ma anche in conseguenza a variazioni termiche (e.g., cicli di gelo-disgelo).

RINGRAZIAMENTI

Questa ricerca è supportata dal progetto Erasmus + № 101176797 — "Enhancing Female LeAdership In STEM in CHINA - FAITH" — ERASMUS-EDU-2024-CBHE finanziato dall'Unione Europea. Le opinioni e i pareri espressi sono tuttavia unicamente quelli del l'autore (o degli autori) e non riflettono necessariamente quelli del l'Unione europea o del l'Agenzia esecutiva per l'istruzione e la cultura (EACEA). Né l'Unione europea, né l'EACEA possono essere ritenute responsabili di tali attività.

BIBLIOGRAFIA

Blaber, J., Adair, B. & Antoniou, A. 2015. Ncorr: open source 2D digital image correlation Matlab software. *Exp. Mech*. 55 (6): 1105–1122. https://doi.org/10.1007/s11340-015-0009-1.

Calvo, J.P. & Regueiro, M. 2010. Carbonate rocks in the Mediterranean region from classical to innovative uses of building stone. *Geological Society Special Publication* 331: 27-35. https://doi.org/10.1144/SP331.3.

Caselle, C., Umili, G., Bonetto, S., Ferrero, A.M. 2019. Application of DIC analysis method to the study of failure initiation in gypsum rocks. *Géotechnique Letters* 9 (1): 35-45.https://doi.org/10.1680/jgele.18.00156.

Caselle, C., Bonetto, S. & Costanzo, D. 2020. Crack coalescence and strain accommodation in gypsum rock. *Frattura Ed Integrita Strutturale* 14(52): 247-255. https://doi.org/10.3221/IGF-ESIS.52.19.

Coli, M. & Criscuolo, A. 2021. The Carrara Marble: Geology, geomechanics and quarrying. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 833: 012120. https://doi.org/10.1088/1755-1315/833/1/012120.

Fan, L, Xu, C. & Wu, Z. 2020. Effects of cyclic freezing and thawing on the mechanical behavior of dried and saturated sandstone. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 79(2): 755-765. https://doi.org/10.1007/s10064-019-01586-z.

Ferrero, A.M. & Migliazza, M. R. 2009. Theoretical and numerical study on uniaxial compressive behaviour of marl. *Mech. Mater*. 41(5): 561–572. https://doi.org/10.1016/j.mechmat.2009.01.011.

Han, T., Shi, J., Chen Y. & Cao, X. 2017. Physical and mechanical properties of marble under the combined effects of chemical solutions and freeze-thaw cycles. *Geotechnical Testing Journal* 40(6): 1057-1070. https://doi.org/10.1520/GTJ20160225.

Hou, C., Jin, X., He, J. & Li, H. 2022. Experimental studies on the pore structure and mechanical properties of anhydrite rock under freeze-thaw cycles. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering* 14(3): 781-797. https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2021.10.005.

Pan, B., Asundi, A., Xie, H. & Gao, J. 2009. Digital image correlation using iterative least squares and pointwise least squares for displacement field and strain field measurements. *Optics and Lasers in Engineering* 47(7-8): 865-874. https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2008.10.014.

Park, K., Kim, K., Lee, K. & Kim, D. 2020. Analysis of effects of rock physical properties changes from freeze-thaw weathering in Ny-Ålesund region: Part 1-experimental study. *Applied Sciences (Switzerland)* 10(1707). https://doi.org/10.3390/app10051707.

Rogora, M., Colombo, L., Marchetto, A., Mosello, R., Steingruber, S. 2016. Temporal and spatial patterns in the chemistry of wet deposition in Southern Alps. *Atmospheric Environment* 146: 44-54.10.1016/j.atmosenv.2016.06.025.

Sarfarazi, V., Torabi-Kaveh, M. & Moayedi Far, A. 2024. Effects of weathering depth and thickness on rock failure: Experimental approach and particle flow code simulation. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering* 16(11):4638-4653. https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2023.11.046.

Stirling, R. A., Simpson, D. J. & Davie, C. T. 2013. The application of digital image correlation to Brazilian testing of sandstone. *Int. J. Rock Mech. Mining Sci*. 60:1–11. https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2012.12.026.

Vagnon, F., Costanzo, D., Ferrero, AM., Migliazza, MR., Pastero, L. & Umili, G. 2021. Simulation of temperature and chemical weathering effect on marble rocks. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 833: 012068. https://doi.org/10.1088/1755-1315/833/1/012068.

Wu, J., Lu, Y., Wang, K., Cai, Y. & Xiao, C. 2023. Combined effects of freeze–thaw cycles and chemical corrosion on triaxial mechanical properties of sandstone. *Geomechanics and Geophysics for Geo-Energy and Geo-Resources* 9(57). https://doi.org/10.1007/s40948-023-00588-2.

Zhang, H., Nath, F., Parrikar, PN. & Mokhtari, M. 2020. Analysing the validity of Brazilian testing using digital image correlation and numerical simulation techniques. *Energies* 13(6):1441. https://doi.org/10.3390/en13061441.

Zhang, R., Yang, Y., Ma, D. & Ping, Q. 2023. Experimental study on effect of freeze-thaw cycles on dynamic mode-I fracture properties and microscopic damage evolution of sandstone. *Engineering Fracture Mechanics*, 279:109043. https://doi.org/10.1016/j.engfracmech.2023.109043

ABSTRACT

MICROMECHANICAL EFFECTS OF CHEMICAL WEATHERING ON CARRARA MARBLE

Keywords: chemical weathering, strain evolution, uniaxial compressive strength, digital image correlation

Climate-induced acid rain chemical weathering causes rock's mechanical degradation. Understanding how Carrara marble responds to acid rain is vital for effective engineering design and historical heritage preservation. This study investigates the mechanical response and strain evolution of Carrara marble under varying durations of simulated sulfuric acid rain exposures (0, 3, 7, and 28 days) using uniaxial compressive tests and digital image correlation (DIC). Sixteen prismatic marble samples were grouped into four sets. The first set is used as an untreated base and other sets are used for 3, 7, and 28 days of sulfuric acid immersion (pH=5). The mechanical worsening induced by the weathering was eventually quantified by means of mechanical testing under uniaxial compression. A series of video films were recorded using two optical cameras.
The result shows acid bath exposure reduced the mechanical strength and stiffness of the samples. The mean UCS and E decreased, and the post-peak behaviour is also affected by acid bath exposure. Strain maps from DIC showed different strain stages such as crack initiation, propagation, and coalescence with post-peak stress drops due to energy dissipation. The result shows the effects of acid-induced chemical weathering in weakening marble mechanical integrity. This indicates that Carrara marble is susceptible to acidic environments which could affect its long-term durability in construction and cultural heritage preservation. This paper represents a starting point of the ongoing study that will analyse the weathering due to thermal chemical weathering also with microscopic analysis of different kinds.