

乾湿と凍結融解の繰り返しに伴う軟岩侵食速度の変化

国研) 寒地土木研究所 寒地河川チーム 正会員 ○井上 卓也

国研) 寒地土木研究所 寒地河川チーム 正会員 船木 淳悟

1. 目的

一般に岩盤侵食の時間スケールは非常に遅いため、岩盤河川において河床低下は殆ど生じないと考えられてきた。しかし、土丹・軟岩と呼ばれる低固結の岩盤が露出した河川では、流砂の衝突によって岩盤が急激に侵食され、橋脚や護岸の安定性が損なわれる事例が増加している。

岩床は乾湿や凍結融解の繰り返しによって風化し、ヒビや間隙の多い状態に変化する。筆者らは、乾湿風化によって強度低下した岩盤が流砂衝突を受け急激に侵食されると考え、乾湿風化が強度と侵食速度に与える影響を調査し、岩種によっては侵食速度が数倍に増加することを確認した¹⁾。

既往研究では、岩種の違いに着目しており、乾湿の繰り返し回数の影響には着目していなかった。また凍結融解の影響も調べていなかった。本研究では、実河川から採取した岩盤に人工的に乾湿サイクルと凍結融解サイクルを与え、サイクルに伴い強度と侵食速度がどのように変化するかを焦点を当て実験を行った。

2. 方法

岩盤サンプルは、北海道の歴舟川の河床岩盤から採取した。河床表面付近は既に風化している可能性があるため、深さ 10cm より下の岩盤をボーリングによって抜き出した。

(1) 乾湿繰り返しに伴う強度変化の計測

人工的な風化処理は既往実験¹⁾と同じく、岩の乾湿繰り返し吸水率試験方法(JHS111-2006)に準じて行った。未風化の岩盤コア(φ50mm×L=50mm)に、乾湿サイクル数 $N=0,1,2,3,4,5,7,9$ の 8 通りの風化処理を施した。サンプル数は、サイクル毎に 3 個、計 24 個である。乾湿繰り返しによる風化の影響は、供試体の表面から及ぶと想定されるため、表面と断面それぞれ 3 箇所、軟岩ペネトロ計を用いた針貫入試験を行った。計測した針貫入勾配は、既往実験結果を基に作成した針貫入勾配-圧裂引張強度(JGS2551 規格試験より算出)の関係図(図

-1)を用いて、引張強度に換算した。

(2) 乾湿繰り返しに伴う侵食速度の計測

未風化の岩盤ディスク(φ200mm×L=50mm)に、乾湿サイクル数 $N_{wd}=0,2,5,9$ の 4 通りの風化処理を施した。サンプル数は、サイクル毎に 3 個、計 12 個である。侵食速度は、Sklar and Dietrich²⁾が提案したアブレーションミルを用いて調査した。アブレーションミルによる実験前後の質量変化を電子天秤で計測し、これを実験時間で除した値を質量侵食速度とした。

(3) 凍結融解繰り返しに伴う侵食速度・強度変化の計測

人工的な凍結融解は、JIS A 1148 に規定されているコンクリートの凍結融解解析試験法を参考にしたが、軟岩であることを考慮して、温度変化を穏やかにした。最高温度は 20℃、最低温度は-18℃とし、4 時間かけて低温から高温に上昇させ、高温を 0.5 時間維持、3 時間かけて低温に戻し、低温を 0.5 時間維持した。1 サイクルの所要時間は 8 時間である。

未風化の岩盤ディスク(φ200mm×L=50mm)に凍結融解サイクル数 $N_f=1,2,3$ の風化処理を施した。軟岩ペネトロ計を用いて各 3 個、計 9 個のサンプルの強度を計測した。また、 $N_f=1$ のサンプル 3 個、 $N_f=2$ と $N_f=3$ のサンプルそれぞれ 1 個の侵食速度をアブレーションミルで計測した。

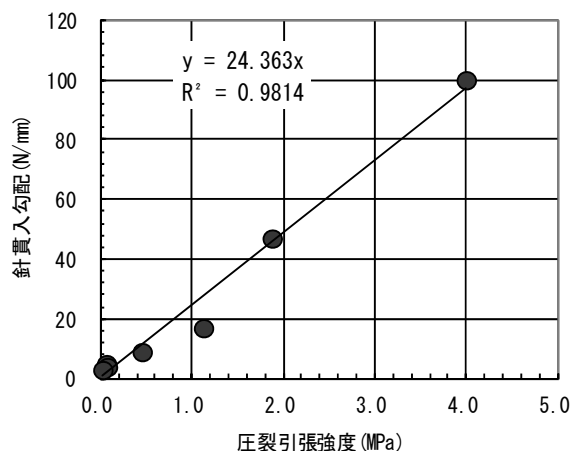


図-1 引張強度と針貫入勾配の関係

キーワード 軟岩, 侵食速度, 乾湿繰り返し, 凍結融解

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34

TEL 011-841-1639

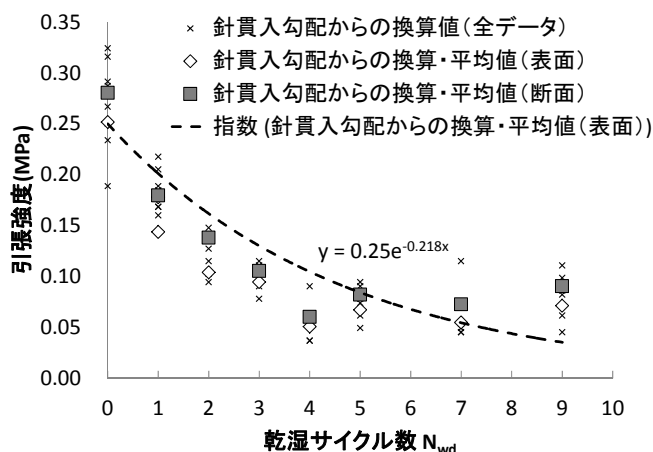


図-2 乾湿サイクル数と引張強度の関係

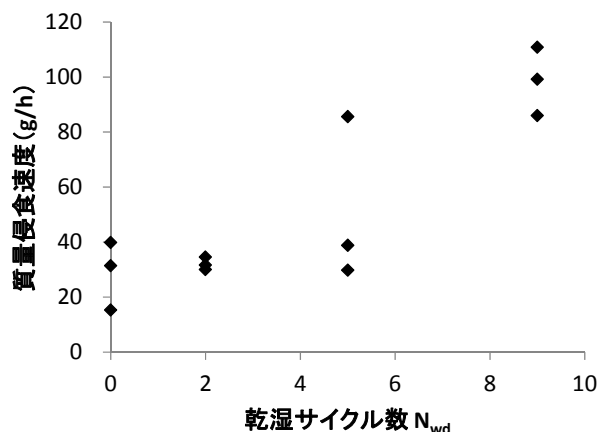


図-3 乾湿サイクル数と引張強度の関係

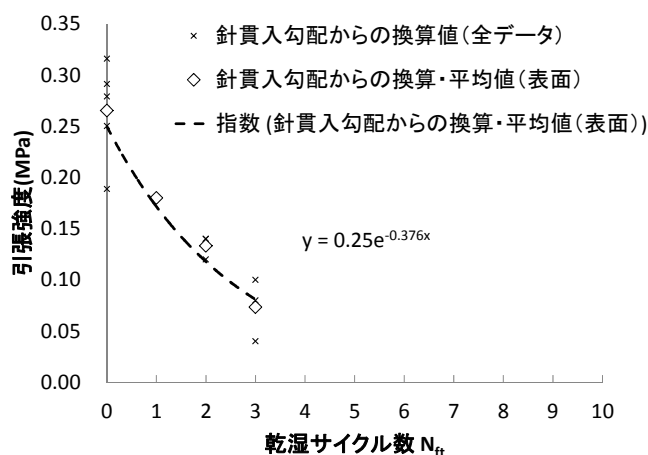


図-4 凍結サイクル数と引張強度の関係

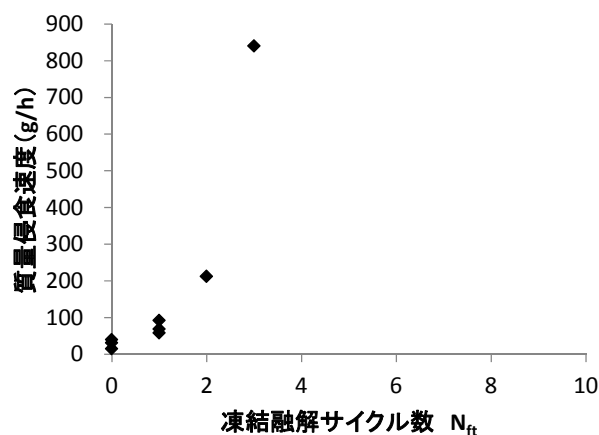


図-5 乾湿サイクル数と引張強度の関係

3. 結果

(1) 乾湿サイクルと強度・侵食速度の関係

図-2 に乾湿サイクル数と引張強度の関係を示す。乾湿サイクル数 N_{wd} の増加に伴い岩盤の引張強度は指数的に減少する。これは、既往研究¹⁾の想定と一致する。

表面の強度と断面の強度を比べると、表面強度は断面強度より若干小さい。これは、表面の方が内部より風化していることを意味している。しかし、その差は岩盤のサンプル毎のばらつき(全データ値のばらつき、岩盤は均質にみえても若干ばらつきがある)より小さい。このことから、岩の乾湿繰返し吸水率試験方法(JHS111-2006)に準じて風化処理を行えば、外側と内部の風化度合いの差は、十分に小さいことが確認できた。

図-3 に乾湿サイクル数と侵食速度の関係を示す。これによると、乾湿サイクル数 N_{wd} の増大に伴い岩盤の侵食速度は増加する傾向にあった。

(2) 凍結融解サイクルと強度・侵食速度の関係

図-4 に凍結融解サイクル数と引張強度の関係を示す。乾湿風化の時と同様に、凍結融解サイクル数 N_{ft} の増大に伴い岩盤の引張強度は減少する。強度の低下率も概ね乾湿風化のときと同じであった。ただし、実際の表

面状態は異なり、乾湿風化の時は、試料に細かいヒビが入るのに対し、凍結融解の時は、全体が薄いフレーク状に剥離した。試料がフレーク状に剥離していたため、侵食しやすい状態になっており、図-5 の侵食速度試験結果では、乾湿風化の時に比べて、非常に大きな侵食速度を測定した。

4. まとめ

本研究では、岩盤の乾湿と凍結融解の繰返しに伴う軟岩の強度低下・侵食速度増加を実験的に調査した。この結果、乾湿や凍結融解による風化によって、強度は指数的に低下し、侵食速度が数倍から数十倍に増加することが分かった。

参考文献

- 1) 井上卓也, 山口里実, 船木淳悟: 乾湿風化を伴う流砂による岩床侵食, 土木学会論文集 B1(水工学), 71(4), I_853-I_858, 2015.
- 2) Sklar, L. S., and W. E. Dietrich: Sediment and rock strength controls on river incision into bedrock, *Geology*, 29, 1087- 1090, 2001.