

Ⅲ - A 350

凍結融解を受けた大谷石の強度低下と細孔分布について

日本大学工学部 学生員 田中 寛史

日本大学工学部 正員 田野 久貴

日本大学工学部 正員 渡辺 英彦

1. はじめに

過酷な気象条件にさらされるような寒冷地における岩盤の劣化作用の中で、凍結融解作用は、斜面の安定に関して特に重要な問題である。凍結融解繰り返しによる微視的破壊のプロセスとしては、内在する空隙を満たす水分が膨張することによる微小クラックの増加が一つの要因として考えらる。そこで本研究では、凍結融解繰り返しに伴う空隙の変化を細孔分布試験によって観察し、これまで得られている力学試験結果との関連性を調べ、検討を加えた結果を報告する。

2. 岩石試料、および実験方法

岩石試料は宇都宮市大谷町周辺より採取した細目の緑色凝灰岩
山形県鮎川地方より採取した凝灰角礫岩である。これまでの力学試験の結果から凍結融解を受けた岩石は圧縮に比べ、引張作用に対して敏感に反応するという結果を得ている。そこで、本研究では圧裂引張試験の結果を用いた。凍結融解が終了した試料を 2cm 程度の大きさにし、細孔分布試験を行う。細孔分布試験は試料に内在する空隙に、高圧(本装置では 2000bar)で水銀を注入することにより得られる水銀量から試料の空隙径をしるものである。

3 実験結果と考察

図 1 および 2 に圧裂引張試験結果を示す。両岩石ともサイクル数の増加に伴って強度は低下している。緑色凝灰岩は 5 サイクル後で約半分まで急激に低下し、それ以降は緩やかである。一方、凝灰角礫岩は 50 サイクル後で半減しそれ以降も低下するものと思われる。図 3 および 4 は細孔分布試験の結果である。両岩石とも 0 サイクルにおいて $0.01 \sim 0.1 \mu\text{m}$ の径が多く分布している。大谷石は 50 サイクル後で $5 \sim 50 \mu\text{m}$ の径も存在している。また、凝灰角礫岩は、サイクル数が増すに従って、分布のピークが減少し、径の大きい方へ増大している。どちらの試料ともサイクル数の増加にともなって細孔径が拡大する傾向にあることがわかる。このような細孔分布の変化が、強度特性に大きく影響を及ぼしているものと考えられる。そこで、細孔量の増加を示す指標として、細孔の占める総面積(以後、これを細孔量とよぶ)を考える。この細孔量とサイクル数の関係を図 5 および 6 に示す。これらの図からサイクル数の増加、その細孔量は指数関数的に増加していく傾向にある。また、この細孔量と引張強度との関係を調べると図 7 および 8 のようになり強度の低下と細孔量の増加は、互いに一定の関係にあることがわかる。

この圧裂引張、細孔分布試験の結果から、凍結融解繰り返しによる空隙(細孔面積:S)の増加をクラック長さ C の増加関数に置き換え、引張強度と細孔量の関係を単純なクラックモデルで検討する。すなわち、強度の変化は一般に、クラック長さの平方根に反比例すると考えれば、引張強度が凍結融解後で 1/2 程度まで低下するということは単一クラックモデルでは長さが 4 倍増加することに相当する。細孔量がクラック長さに比例するとすれば細孔量も大きく増加するはずであるが両岩石ともそれほどでもない。また緑色凝灰岩の場合は前述したように数サイクルで大きく強度低下を示したあとはその低下の割合は小さい。このことはそれぞれのサイクルによる細孔分布の中で初期の凍結融解に出現し、以後あまり変化しない支配的な細孔分布集団があると考えられる。一方、凝灰角礫岩の場合はこれと比較して細孔径がより大きい方へ移動するため、緑色凝灰岩に比べて強度の低下が小さいようである。

キーワード：凍結融解、強度特性、細孔分布

連絡先：福島県郡山市田村町徳定字中河原 1・0249-56-8713

表 1. 岩石の諸性質

項目	緑色凝灰岩	灰角礫岩
計測サイクル	5,10,15,20,50	10,20,50
乾燥密度	1.36g/cm ³	2.29g/cm ³
有効間隙率	40.05%	15.42%
吸水率	30.83%	6.89%
弾性波速度	1.9km/s	3.0km/s

表 2. 凍結融解装置内設定

槽内最高温度	+10 °C (試料内部 10 °C)
槽内最低温度	-20 °C (試料内部 -16 °C)
一周期	6 時間

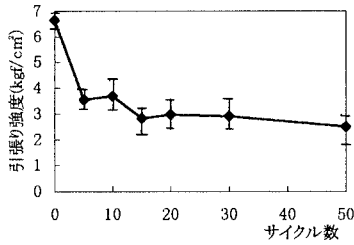


図1 引張り強度の変化
(緑色凝灰岩)

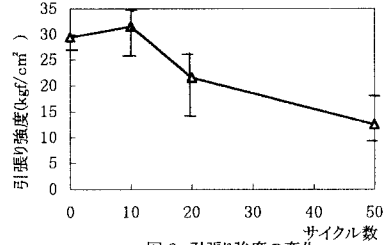


図2 引張り強度の変化
(凝灰角礫岩)

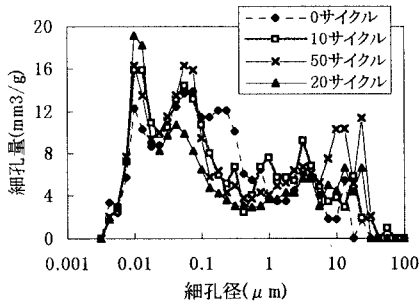


図3 粒径間隔図(緑色凝灰岩)

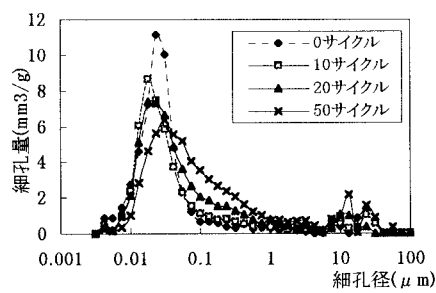


図4 粒径間隔図(凝灰角礫岩)

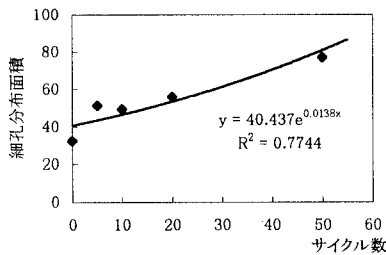


図5 細孔分布面積の変化(緑色凝灰岩)

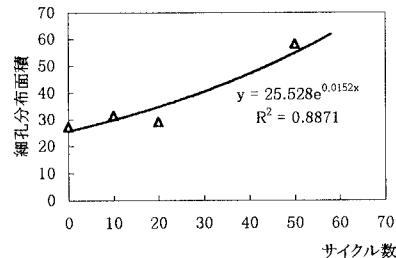


図6 細孔分布面積の変化(凝灰角礫岩)

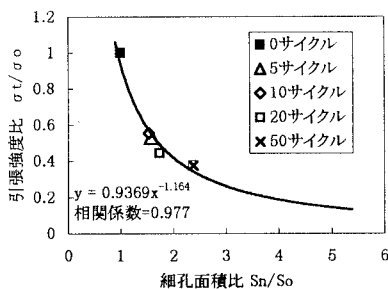


図7 引張り強度と細孔量の関係(緑色凝灰岩)

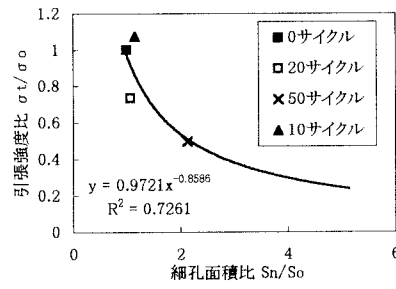


図8 引張り強度と細孔量の関係(凝灰角礫岩)

4.まとめ

大谷石では初期の凍結融解繰り返し時に大きく強度低下を示すが細孔分布では $0.1 \mu\text{m}$ 以下の微小なものの増加が強度を支配している可能性がある。

5.おわりに

本研究では飽和状態で凍結融解繰り返しを与えている。今後、飽和度の異なる状態で行った岩石についても検討したい。

参考文献)1)田中寛史、田野久貴、渡辺英彦:凝灰角礫岩の凍結融解実験と考察,土木学会東北支部技術発表会概要集 pp354 ~ 355,1997 年度 2)松永烈ほか:岩石の低温における機械的性質,日本鉱業会誌,pp431 ~ 436,1981 3)山口梅太郎,西松裕一:岩石力学入門,東京大学出版会 pp95 ~ 108,1994