

III - 32

大谷石の凍結・融解作用による劣化特性に関する実験的研究

東北大学工学部 学生員 ○夏目貴英

東北大学工学部 正 員 京谷孝史

東北大学工学部 正 員 岸野佑次

1. はじめに

岩石の内部構造は低温環境下における含有水の凍結に伴う体積膨張により、損傷を受け劣化する。東北日本において冬期から早春にかけて発生する岩盤崩落事故は、少なからずこうした凍結・融解作用による岩石の劣化に遠因を求めることができる。本研究では、こうした凍結・融解作用による岩石の劣化過程の理解を目的として、大谷石を用いて、その物理的性質・力学的な特性が凍結・融解作用によってどのように変化するかを実験的に調べるものである。

2. 実験方法及び環境設定

市販の大谷石のブロックから直径5cm×10cmの円柱供試体を作成した¹⁾²⁾。ISRMの指針に従って供試体の端面は0.02mm以内の平滑さ、供試体中心からの偏りは0.05mm以内になるように端面整形した。凍結・融解試験に際しては次の3種類の供試体を用意した。

- 乾燥試料：110℃に設定した炉で48時間乾燥させる。
- 初回飽和試料：凍結・融解を繰り返す前に水で満たしたデシケータ内で真空ポンプで脱気しながら、48時間浸す。
- 毎回飽和試料：b)と同様に凍結・融解を繰り返す前に飽和させ、さらに各サイクル終了後に再び水中に2時間浸して飽和させる。

また、凍結・融解過程における温度環境は次のように設定した。

- 凍結・融解は恒温槽で行い、その温度差は北海道・東北地方の自然環境に近くするために凍結時は-15℃、融解時は20℃とした。
- 15℃で24時間、20℃で24時間、計48時間を1サイクルとした。温度の上昇並びに下降の変化速度は2(℃/min)とした。
- 凍結・融解の繰り返し回数は、a)の供試体は0、8回、b)およびc)の供試体については0、1、2、3、4、6、8回とした。
- 凍結・融解で所定の回数繰り返した後、a)、b)、c)すべての試料を48時間110℃の恒温槽内で乾燥させる。

このような設定条件下で凍結・融解の繰り返しを行い、乾燥させる毎に、超音波パルス法によって縦波弾性波速度 V_p の測定を行い、その後三軸圧縮試験を実施して、静的弾性係数（ヤング率）、ポアソン比、内部摩擦角、粘着力を測定した。

またこの実験と平行して同じ大きさの円柱供試体を用い、上の実験と同様にして、a)、b)、c)の試料を用意し、同じ環境設定のもとで空隙率を測定した。空隙率は所定の凍結・融解の後乾燥時と飽和時の重量差を求めることによって算出した。

3. 実験結果と考察

3-1 サイクル数と体積増加率の関係

図1にサイクル数の増加に伴う体積増加率の変化を示す。図中の d は乾燥試料、 w は初回飽和試料、 ww は毎回飽和試料を表している。図1より毎回飽和試料はサイクルを重ねる毎に増加量は大きくなっているが、初回飽和試料については1サイクル終了時に変化があるのみで、それ以降のサイクルについては変化が見られない。

体積増加の主要因は含有水の凍結する際の体積膨張であると考えられるが、サイクル数の増加に伴う

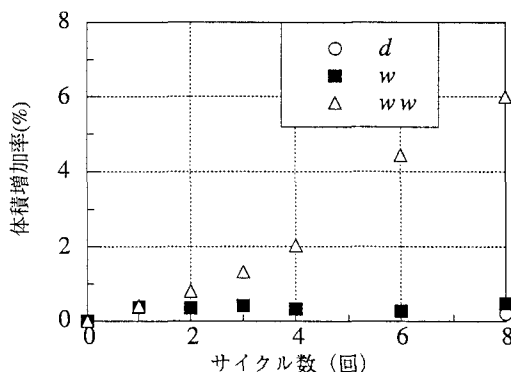


図1 サイクル数と体積増加率の関係

このような体積増加は、含有水の凍結によって、内部の空隙や微視クラックが増加している様子を示唆するものである。そして図1が示しているように、そのような空隙やクラックの増加は、毎回水を供給するほど大きくなる。一方乾燥試料や初回飽和試料の2サイクル以降については凍結・融解を繰り返しても体積はほとんど変わらないことが認められる。

3-2 サイクル数と重量増加率の関係

図2にサイクル数と重量増加率の関係を示す。毎回飽和試料と初回飽和試料は1サイクル終了時点で大きな減少を見せている。その後毎回飽和試料はある一定の割合で減少し、初回飽和試料は大きな変化は見られない。乾燥試料はわずかにではあるが減少している。

図1と図2を比較して体積が増大しているのに対して重量は減少している。これは水の体積膨張により微小クラックが発生し、そうしたクラックの発生により岩石の一部が剥がれ落ちたためである。

3-3 サイクル数と縦波弾性波速度の関係

図3にサイクル数と縦波弾性波速度 V_p の関係を示す。3-1、3-2節で考察したように、飽和させた供試体では、凍結・融解を繰り返すと含有水の凍結によりクラックが発生して空隙が増加する。岩石内部を通過する縦波弾性波の速度 V_p は、そうした空隙やクラックの増加に伴って減少する様子が見てとれる。毎回飽和試料は8サイクルまでほぼ直線的に減少している。初回飽和試料は1サイクル終了時点で毎回飽和試料と同様の減少を示しているが、2サイクル以降はほとんど変化が見られない。乾燥試料はわずかに V_p が減少しているがこれは温度変化によりわずかな空隙の増加があったためと思われる。

3-4 サイクル数とヤング率の関係

図4にサイクル数とヤング率の関係を示す。毎回飽和試料は8サイクルまで直線的に減少し、初回飽和試料については2サイクル以降は変化が見られない。これらの様子は、3-3節において V_p に関して考察された結果と同様であり、ヤング率を減少させるような内部構造の劣化がほぼ同じように生じていることを示している。

【参考文献】

- 1) 日本工業規格(2000年): JIS M 0302 岩石の圧縮強さ試験方法
- 2) 佐野修, 工藤洋三, 古川浩平, 中川浩二: 岩石の一軸圧縮強度実験結果のばらつきに関する研究, 土木学会論文集, 第388号/III-8, pp. 141~150, 1987.

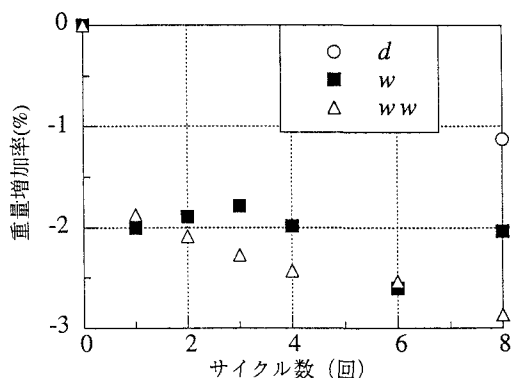


図2 サイクル数と重量増加率の関係

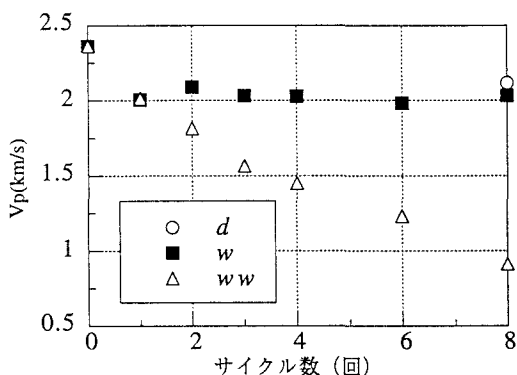


図3 サイクル数と縦波弾性波速度 V_p の関係

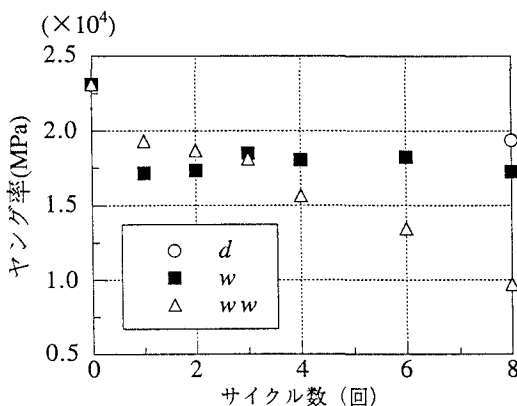


図4 サイクル数とヤング率の関係