

Ⅲ-13

凍結融解時における大谷石の AE 計測

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

凍結融解による風化作用は岩石および岩盤の劣化に関して特に重要であり、その研究は近年、斜面の安定問題のみならず、資源貯蔵としての地下開発など、多方面からの研究も徐々に進んできている。そして、そのメカニズムも明確化されつつある。一般には、凍結に伴う体積変化による微視的クラックの増加が考えられているが、この微小破壊進行の際、岩石内では蓄えられた弾性エネルギーが解放され、AE 波として岩石内を伝播する。そこで本研究では、AE(Acoustic emission: 岩の破壊音)を計測して、凍結融解過程で起こる岩石の内部劣化の様子を調べた。

2. 岩石試料

岩石試料は栃木県宇都宮市大谷町周辺より採取した細目の緑色凝灰岩(Green Tuff)、通称大谷石である。大谷石は粘土鉱物が褐色化したみそを含む多孔質岩石である。大谷石の諸特性を表 1 に示す。

3. 実験方法

直径および高さ 50mm の円柱供試体を重量が一定になるまで水浸し飽和状態にする。その後ラップで水の出入りがないように処理して、AE センサー(アクティブ)を試料整型面に接着する。また、実験中のノイズや振動を検出するため、同型のセンサー(ダミー)を供試体からわずかに離して設置した。AE センサー設置試料の模式図を図 1 に、AE 計測条件を表 2 に示す。このようにした供試体を用いて、表 3 のような最低温度の異なる凍結融解実験(全 24Cycle)を行った。なお、昇降温度速度(温度勾配)は熱衝撃を受けない 10℃/hour とした。

飽和岩石の AE を厳密に計測するには、水が氷に変化する際に発生すると思われる AE もまた取り除く必要がある。そこで予備実験として直径 5cm、高さ 10cm のゴムスリーブ内を満たす蒸留水が氷に相変化する時の AE も計測した。

4. 実験結果と考察

図 2 に例として、設定温度 1 の場合の凍結融解繰り返しに伴う AE の発生傾向を示す。この図から、降温過程の 0℃以下から最低温度に達するまでに最も AE が頻発しているわかる。その後、融解期に入ると AE の発生は若干穏やかになるが、0℃近傍に近づくとき短時間の間に突発的に発生する傾向が見られる。また融解期にもわずかながら発生している。以降の繰り返しにおいても同様の傾向を示し、0℃から最低温度までの凍結期に AE が頻発するという傾向はサイクルの増加とともに顕著に現れる。次に予備実験で行った水-氷相変化に伴う AE の発生傾向を図 3 に示す。水温が潜熱の発生により 0℃よりも若干低い温度で一定に保たれ、相変化が起こる。そしてこのとき、AE が発生している。以降、水温の降温過程ではそれほど発生せず、融点近傍に近づくとき再び頻発する傾向にある。このような水-氷相変化に伴う AE を考慮して、この区間の AE を取り除くと図 2 に示した岩石の AE は図 4 のようになる。

表 1. 大谷石の諸特性

項目	大谷石
乾燥密度	1.36g/cm ³
有効間隙率	40.1%
吸水率	30.8%
弾性波速度	1.9km/sec
引張強度	6.7kgf/cm ²

表 2. AE 計測条件

共振周波数	140kHz
フィルター	
ハイパス	500kHz
ローパス	100kHz
ディスクリレベル	60mV

表 3. 槽内温度設定

項目	設定温度 1	設定温度 2
Tmax	+10℃	+4℃
Tmin	-20℃	-4℃

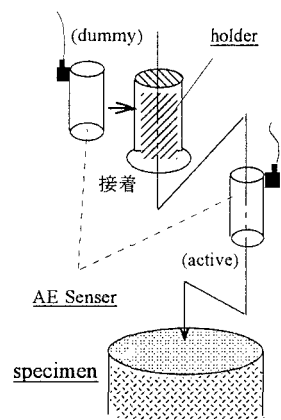


図 1. AE センサー設置状況

この図から初期サイクルに AE が多発し、サイクルの増加に伴って収束する傾向にあることがわかる。このことから、岩石の破碎は凍結初期に顕著であると考えられる。図 5 の設定温度 2 においては温度に対する AE の発生傾向に設定温度 1 のような明瞭な関係は見られない。この場合、AE は凍結期、融解期にそれほど関係なく発生する傾向にあり、その数は設定温度 1 に比べると、かなり減少する。岩石の過冷却を考慮すると、最低温度が -3°C 程度の凍結では岩石内部に顕著な破碎が生じていないものと考えられる。

この AE 発生傾向とノギスで測定した試料の体積ひずみとの関係を図 6 に示す。24Cycle までで判断すると AE の増加とともにひずみも増加する傾向にある。設定温度 1 においてひずみは 20Cycle 前後から緩やかに増加する。設定温度 2 では AE が発生しなくなる点とひずみが緩やかになる点がおおむね対応している。以上のことから凍結融解に伴う AE とひずみについて次のようなことが考えられる。

岩石でははじめの数サイクルで水分の凍結膨張や粒子間の不均質なひずみにより微小クラックが急増し破碎が進行する。そして水分の膨張分に相当する空隙に成長するとそれ以降は主に粒子間の接触などによる AE が発生していると考えられる。そして、このような AE とひずみの傾向は、本実験が外部からの水分供給のない、いわゆる閉式凍結で行っていることに起因していると考えられる。

5. まとめ

1)凍結最低温度が -20°C の場合、AE は主に降温過程の 0°C 以下から最低温度に達するまで頻発し、融解期になると発生数は減少する。また、この場合 AE は初期サイクルに多数発生するが、繰り返しに伴い徐々に減少する傾向にある。

2)凍結最低温度が -3°C の場合、温度に対する AE の発生傾向には明瞭な関係が認められなかった。

[謝辞] 本研究を進めるに当たりご協力いただいた金刺公剛、倉持理宏、鈴木英文氏に深く感謝の意を表します。

[参考文献]: 1)例えば、稲田善紀,八木則男:低温下における岩石の熱物性値,材料,第 32 卷,327 号,pp1228 ~ 1233

2)江原昭次,寺田孚:加熱,冷却に伴う岩石の AE 発生特性,第 6 回岩石シンポジウム論文集,pp403 ~ 412,1984

3)山口梅太郎,宮崎道雄:による岩石の変化あるいは破壊について,日本鉱業会誌,86,986 号,pp347 ~ pp348,1970

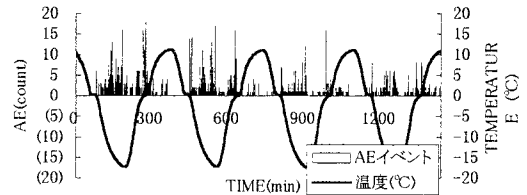


図2凍結融解時のAE計測データ(設定温度1)

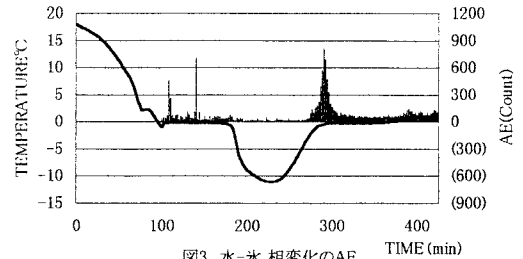


図3. 水-氷 相変化のAE

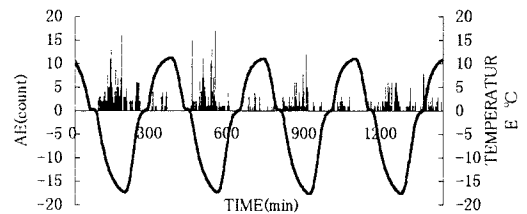


図4凍結融解時のAE計測データ(設定温度1修正後)

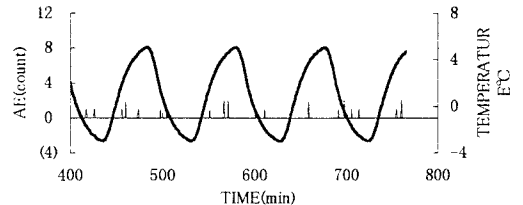


図5凍結融解時のAE計測データ(設定温度2修正後)

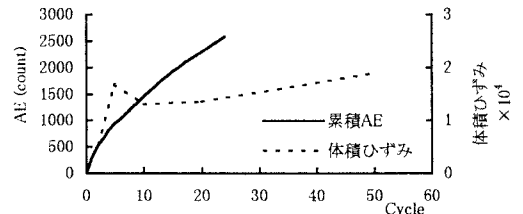


図6 . 体積ひずみと累積AEの変化
(設定温度1)

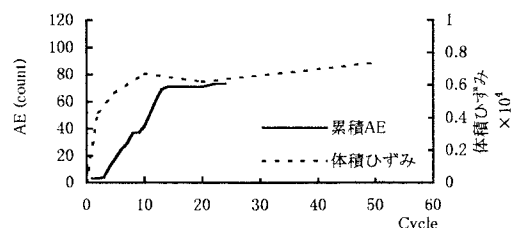


図 . 体積ひずみと累積AEの変化
(設定温度2)