

岩石の劣化を考慮したクリープ特性

豊田工業高等専門学校 学生会員○藤田 陽司
豊田工業高等専門学校 正会員 伊東 孝

1. 目的

現在、日本各地には、主に戦前に資源採掘や軍事目的で採掘された地下空洞が多数存在している。廃坑となったこれらの空洞は、安全上の管理が行き届いていないものが多く、近年、こうした地下空洞が崩落し、付近の住民に甚大な被害を与えるといった事例が数多く見られる。これまでの研究から、このような長期間を経た地下空洞の崩落は、空洞を構成する岩石のクリープ現象や風化・劣化現象に起因するところが大きいことが認知され、充填工法と呼ばれる空洞の埋戻し工法が開発・運用されてきた。こうした対策を効率的に行うための破壊時期予測の研究が各方面から行われている。これまでに空洞を構成する軟岩供試体のクリープ特性について様々な研究がなされてきたが、その中で我々は軟岩の風化・劣化に着目し、その進行の度合いがクリープ特性に与える影響について軟岩供試体を用いて実験を実施した。

2. 試験方法

本研究では凍結融解サイクル数を劣化の度合いとして定量化し、各サイクルの供試体ごとの、クリープ試験中のひずみの推移やアコースティックエミッション(AE)の挙動、針貫入試験や弾性波速度試験などの非破壊による短期強度推定結果などを比較した。

使用した供試体は栃木県宇都宮市で産出される「大谷石」を直径 50mm、高さ 100mm の円柱体に成型したものである。まず、各種強度試験を行う前にこの供試体の複数個に対し、所定の繰り返し数になるまで繰り返しの凍結融解処理を行い、そのサイクル数を劣化の度合いとして用いた。

次に、各サイクル数の供試体ごとに針貫入試験機による推定一軸圧縮強度と弾性波速度を計測し、非破壊による短期強度パラメータを調べた。

最後に、各サイクルごとの供試体に対し一軸圧縮クリープ試験を行った。この試験は、供試体の一軸圧縮荷重の 7~8 割程度を設定荷重とし、側圧を受けない供試体に長軸方向の一定に保たれた圧縮荷重を加え、時間とともに増大する変位(ひずみ)の挙動を調べるものである。また、载荷中に供試体側面にアコースティックエミッション(AE)を検出する測定装置を装着し、そのカウント数を測定した。

3. 試験結果と考察

凍結融解サイクル 0、2、4、6、8、および10の供試体6個に対し実施した針貫入試験、弾性波速度試験およびクリープ試験結果について述べる。

3.1 一軸圧縮試験、針貫入試験および弾性波速度試験

針貫入試験および弾性波速度試験の結果と凍結融解サイクル数との関係を図-1に示す。針貫入強度はもとより、従来の研究から弾性波速度も供試体の強度と正の相関関係にあることが認知されており¹⁾、この試

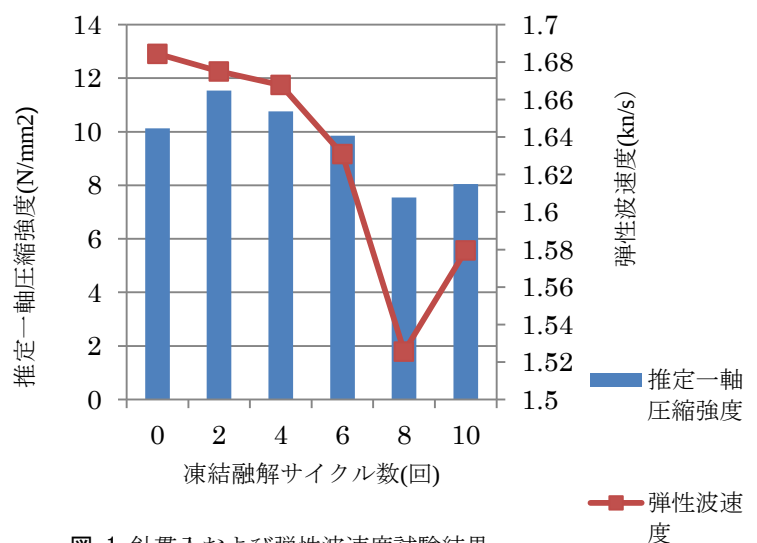


図-1 針貫入および弾性波速度試験結果

験結果においても概ねそれに沿った傾向が見られた。

3.2 クリープ試験

3.2.1 ひずみの推移

各サイクルの供試体の時間経過によるひずみの推移を表したものを図-2に示す。

8および10サイクルの比較的高サイクル数の供試体に着目すると、その初期ひずみおよびひずみ速度(ひずみの増加率)は比較的大きく、より早期に破壊に至っている。

また、供試体全体を通した傾向として、サイクル数が増加するごとに破壊に至る時間までの時間は概ね短くなっていることがわかる。初期ひずみに関しては概ねサイクル数の大きいものほど高くなる傾向が見られた。さらに、針貫入試験および弾性波速度試験結果を考慮したとき、各供試体間におけるこれらの短期強度パラメータの大小関係は初期ひずみの値に概ね対応していることがわかった。

3.2.2 AE カウント数の推移

クリープ载荷中の累積 AE カウント数を示したものを図-3に示す。累積値という特性上、基本的に载荷時間が長いものほどその値は大きくなるが、AE の増加率に着目した場合、高サイクル数のものほどその値は大きい傾向にあることがわかった。特に定常過程においてその傾向は顕著である。従来の研究²⁾から AE の挙動は物体内部の微小破壊と連動して生じていることが認知されており、この試験結果から、サイクル数が大きく劣化している供試体ほど、定常過程において内部の微小破壊がより頻繁に発生していると考えられる。

4. まとめ

長期強度特性に関しては劣化の指標である凍結融解サイクルが進行するにつれて、ひずみ速度が増加し破壊に至る時間が短縮され、初期ひずみが大きくなる。加えて AE カウントの増加率が定常過程において特に高くなることがわかった。

また、非破壊試験による短期強度パラメータに関しては、クリープ過程での初期ひずみと相関性があることがこの試験において認知できた。

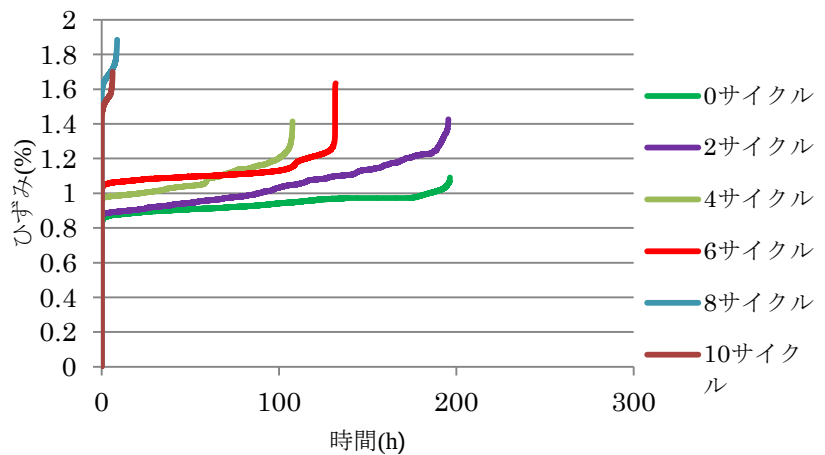


図-2 ひずみの推移

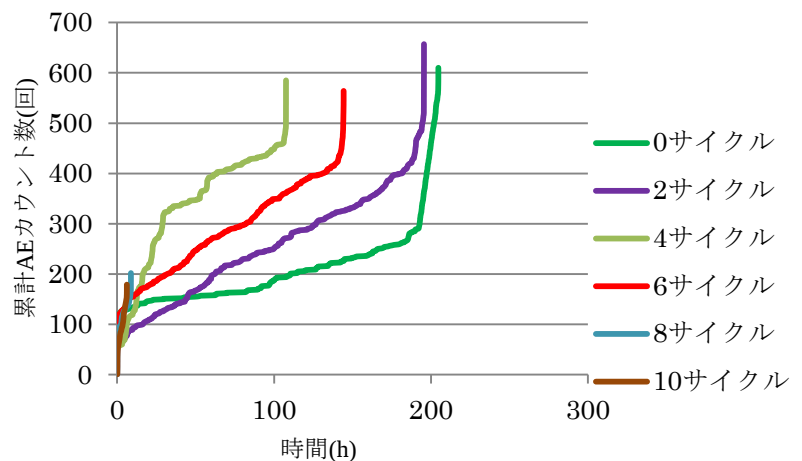


図-3 累積AEカウント数の推移

参考文献

- 1) 大久保彪, 寺崎晃: 岩石の物理的性質と弾性波速度, 社団法人地盤工学会, 土と基礎 19(7), pp36-37, 1971.
- 2) 佐藤隆司, 雷興林, 川方裕則, 長秋雄: 岩石破壊実験-岩石を壊してミニチュア地震をつくる-, 地質ニュース 570 号, pp12-13, 2002