

クリープ変形過程における残存寿命の予測方法

豊田工業高等専門学校専攻科 学生会員 竹本享平
豊田工業高等専門学校 正会員 伊東孝

1. はじめに

日本には亜炭廃坑や石材採掘跡、防空壕跡などのような人工的に作られた地下空洞が数多く点在している。このような地下空洞は浅所に作られているものが多く、これらの採掘現場では坑道を確保するために残柱式が一般に使われ、地下空洞は残柱によって保たれている。現在、その残柱の破壊によって地盤の崩落が各地で確認され、被害が報告されている。この対策としては危険箇所を充てんし、崩落を防ぐことが有効なのだが、地下空洞の充てんには多大な費用と時間が必要とされるため、早急な地下空洞の安定性の判断が求められている¹⁾。残柱の破壊の原因の一つとして考えられるのが、地盤の持続荷重による、クリープ破壊である。

本研究では、弾性波速度と岩石のクリープ変形過程との関係を探り、クリープ変形過程における残存寿命の予測を研究の目的とする。

2. クリープ変形過程

2.1. クリープ変形

クリープ変形とは、物体にある一定の応力を持続的に加えたとき、ひずみが時間の経過とともに進行していく変形のことである。典型的なクリープ曲線は応力を与えた時に瞬間ひずみが生じた後、ひずみ速度が時間とともに減少する遷移クリープ、ひずみ速度がほぼ一定の定常クリープ、ひずみ速度が次第に増加する加速クリープの3段階に分けられる。

2.2. 残存寿命予測の既往研究

クリープ変形過程における残存寿命の予測方法の研究としては、AE (Acoustic Emission) の発生挙動からの予測、斎藤迪孝による最小ひずみ速度を用いた予測、近似式を用いた予測などの研究が既に行われてきた²⁾。しかし、これらの予測方法はどれも加速クリープになってから精度が高まるため、より早い段階での有効な残存寿命の予測が可能となることが望まれている。

2.3. クリープ荷重について

供試体の一軸圧縮強度のある一定以上の割合の応力を作用させなければクリープ変形は生じないため、一軸圧縮試験を事前に行い、クリープ荷重を決定する。

3. 実験方法

3.1. 供試体

供試体には凝灰岩の一種である大谷石³⁾を使用する。寸法および形状は、幅、奥行 50mm、高さ 100mm の角柱供試体である。本実験で用いた大谷石供試体の密度は多少ばらつきがあり、最小値は 1.58 (g/cm³)、最大値は 1.62 (g/cm³) であった。これは、供試体に含まれるみその量に影響されているものと考えられる。弾性波速度の測定実験に関しては、供試体の含水率によって変化が生じると考えられるため、乾燥炉で炉乾燥させた後に恒温室にて保管したものを使用する。

3.2. 弾性波速度の測定

供試体を一軸圧縮試験機に固定し、弾性波速度測定器、変位計、荷重計を取り付け、予め定めたクリープ荷重を載荷する。クリープ荷重は事前に行った供試体の一軸圧縮強度試験の結果より判断して、供試体の強度の8割から9割程度の荷重に設定した。

弾性波速度の値が変化したことを確認し、その時の弾性波速度と変位量を記録する。供試体が破壊する直前では、弾性波速度が急激に低下するため、ビデオカメラで撮影した映像より、詳細を記録する。

4. 実験結果及び考察

4.1. 供試体の内部損傷と弾性波速度の関係

図1は、一軸圧縮試験機により供試体への載荷荷重を増加させ、供試体の変位に伴う弾性波速度の変化を示したものである。供試体の変位量の増加に伴い弾性波速度が低下した。また、供試体が破壊する直前で

急激に弾性波速度が低下している。これは破壊直前で弾性波速度が低下したことから供試体の変位量の増加により、供試体内部に損傷が発生し弾性波速度が低下したものと考えられる。

4.2. クリープ変形と弾性波速度の関係

一軸圧縮試験機により供試体をクリープ载荷状態とし、供試体の変位量と弾性波速度の関係を調べた。図2は供試体にクリープ荷重を载荷し、供試体の変位と弾性波速度の関係を表わしたものである。供試体の変位量の増加に伴い、弾性波速度が低下していることが確認できた。クリープ変形に弾性波速度の変化が対応しており、相関性が強いことが分かる。これにより弾性波速度を測定することによって、供試体のクリープの進行度を知ることが可能であることが分かった。

4.3. AEの発生回数と弾性波速度の関係

図3は、クリープ変形過程における弾性波速度とAEカウンタ数の関係を示したものである。AEは高域の周波数の弾性波を検知するため、弾性波速度の測定のための超音波パルス波を検知した結果となった。供試体には弾性波測定器によって常に同じ超音波パルス波が伝達しており、供試体内部に損傷が見られなければAEの発生数は一定であると考えられる。しかし、この実験ではクリープが進行するに伴い、AEカウンタ数が加速的に増加した。そのため、供試体の破壊前に内部損傷が多く発生したことが分かる。AEのカウント数の増加とともに弾性波速度が低下していることから、弾性波速度の低下と供試体内部の損傷度に関係性があることが明らかになった。

5. まとめ

- ① 供試体の変位の増加に伴い、弾性波速度が低下することが確認できた。
- ② クリープ変形過程において変位量と弾性波速度は強い相関性がみられ、弾性波速度を測定することにより、供試体のクリープの進行度を把握することが可能である。
- ③ AEの測定により、供試体の内部損傷度と弾性波速度の低下に関係性があることが分かった。

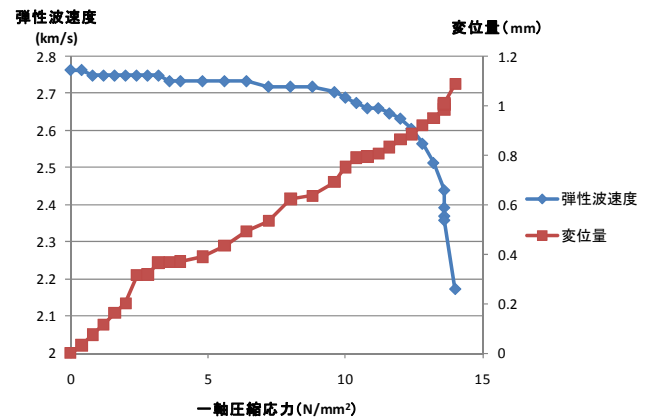


図1 供試体の内部損傷と弾性波速度の関係

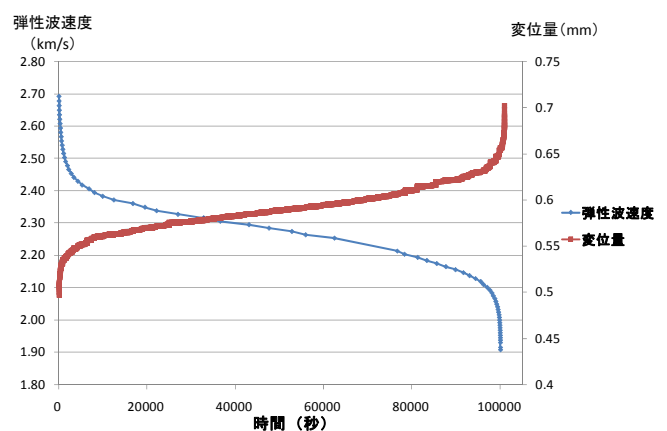


図2 クリープ変形と弾性波速度の関係

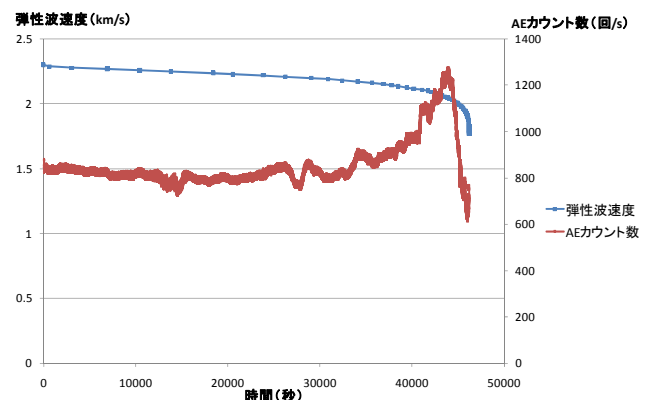


図3 AEの発生回数と弾性波速度の関係

参考文献

- 1) 充填技術協会 <http://www.juten-tc.com/index.html>
- 2) 赤木知之・伊東孝: 岩石の時間依存変形挙動とクリープ破壊時間の予測方法について 豊田工業高等専門学校 2001
- 3) 大谷石の歴史と巨大地下空間 大谷資料館 <http://www.oja909.co.jp/museum/index.html>