大谷石のクリープ過程における体積変化に関する研究

豊田工業高等専門学校専攻科　学生会員　○　與那覇　雅也
豊田工業高等専門学校　正会員　伊東　孝

1. 目的

近年，日本各地で廃坑や防空壕といった地下空洞の崩壊による浅所陥没や地表面沈下が発生している．アイダンら[1]は，実際に観測された亜炭廃坑の不安定現象の要因の一つとして，廃坑の天盤を支える残柱の劣化およびクリープ破壊を挙げている．残柱は常に一軸圧縮応力状態にあり，クリープ変形を生じていると考えられる．

本研究では，クリープ過程における体積変化に着目し，より早期にクリープ破壊の予測を行うことを目的とする．

2. 実験方法

本研究では，大谷石を用いた一軸圧縮クリープ試験を行った．供試体は，直径 5 ㎝，高さ 10cm の円柱形に成形した．クリープ荷重は，一軸圧縮強度の約 8 割以上と設定した．計測項目は，供試体がクリープ破壊するまでの軸応力，軸変位，周変位および AE 発生数とした．図 1 にクリープ試験の様子を示す．周変位は，MTS 社製のクリップオンゲージ型の周方向変位計を用いた．

3. 実験結果

図 2 に一般的なクリープ曲線を示す．クリープ過程は，載荷直後に変位が増加する遷移クリープ，変位速度が一定になる定常クリープ過程を経て，最後に急激に変位が増加する加速クリープ過程で破壊に至る．

図 3 に，クリープ試験結果の一例を示す．実線は軸ひずみを示し，破線は周ひずみを示している．一秒当たりの AE カウント数は棒グラフで示している．軸ひずみおよび周ひずみともに典型的なクリープ曲線を描いていることがわかる．

加速クリープ過程に入ると，徐々に発生する AE が多くなり，破壊直前では非常に多くの AE が発生していることがわかる．AE が発生するということは，供試体内部で破壊が進行していることを示しており，破壊の進行とともに，周ひずみが顕著に増加すると考えられる．軸ひずみは，加速クリープに入ってもひずみ増加量は小さいのに比べ，周ひずみは，加速クリープに入るとすぐに顕著なひずみの増加傾向を示していることがわかる．

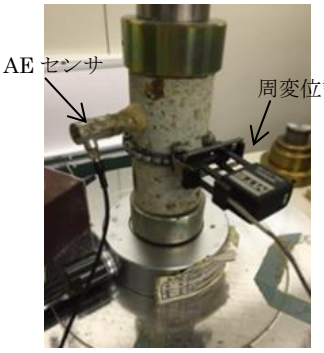

図 1　クリープ試験の様子

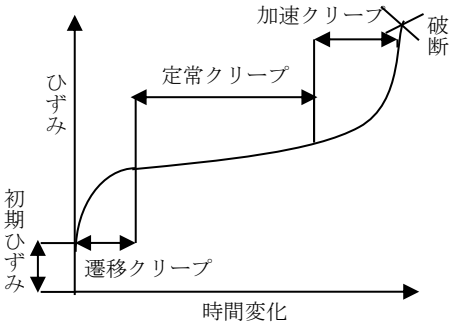

図 2　一般的なクリープ曲線

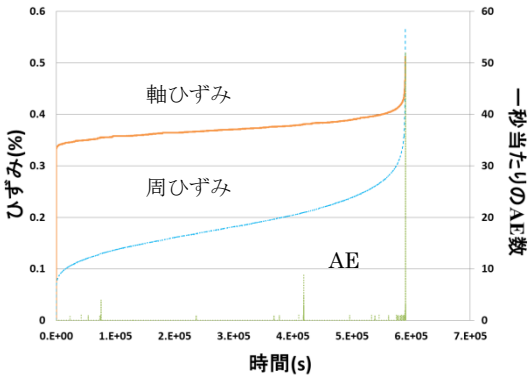

図 3　クリープ曲線と一秒あたりの AE

図 4 に時間と軸ひずみの関係および図 5 に時間と周ひずみの関係を示す．軸ひずみは加速クリープ過程に入っても，すぐには顕著なひずみ増加傾向を示さないことから，破壊予測という観点からはわかりにくい指標となっている．一方，周ひずみでは，早い段階で加速クリープ過程に入り，緩やかに勾配が変化している．

軸ひずみおよび周ひずみのクリープ曲線において，全載荷時間に対する加速クリープ過程に相当する時間割合を求めたものを図 6 に示す．周ひずみは軸ひずみより加速クリープの時間割合が高いことがわかった．これは，周ひずみの加速クリープ過程に入る時間が，軸ひずみより早くなることを示している．このことから，周ひずみは，軸ひずみより破壊予測には適した指標であると考えられる．

図 7 に時間と体積変化量の関係を示す．この体積変化量は，実際の変化量ではなく，軸変位と周変位が一様に変位したと仮定して算出したものである．圧縮を正，膨張を負の値として示している．初期に大きく圧縮し，その後，定常クリープ過程にて緩やかに膨張量が大きくなり，破壊直前の加速クリープ過程にて膨張量が圧縮量を大幅に超えることがわかった．このことは，供試体内部におけるせん断変形が増加すること，すなわち，ダイレイタンシーによる体積膨張が原因と考えられる．

4. 結論

本研究では，クリープ破壊の予測を行う際の指標として，従来から用いられている軸ひずみに加え，周ひずみの適用性を探ることを目的にクリープ試験を実施した

クリープ試験は，評価した強度の 80%の荷重を載荷して実施した．その結果，軸ひずみよりも周ひずみの方が，加速クリープ段階に入った際のひずみ増加割合が大きいことや加速クリープ過程に入る時間が早いことが明らかになった．また，AE の発生数と周ひずみ増加には強い相関があることがわかった．このことは，AE 発生が示す内部破壊が周ひずみの増加に反映しており，加速クリープ過程におけるダイレイタンシーによる体積膨張が生じていることが考えられる．

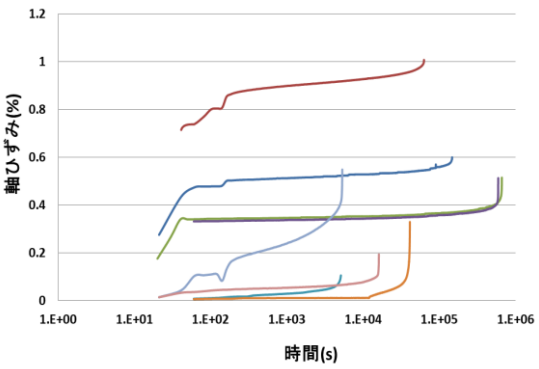

図 4　時間と軸ひずみの関係

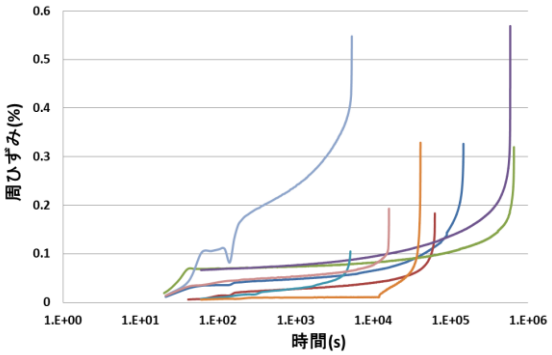

図 5　時間と周ひずみの関係

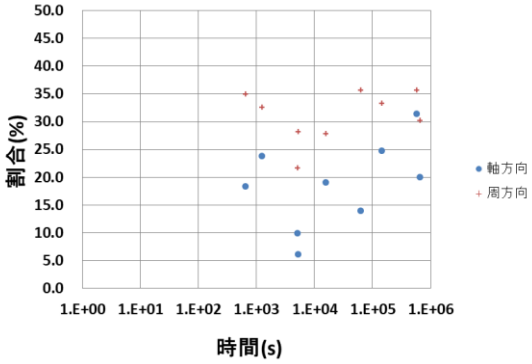

図 6　載荷時間に対する加速クリープ時間割合

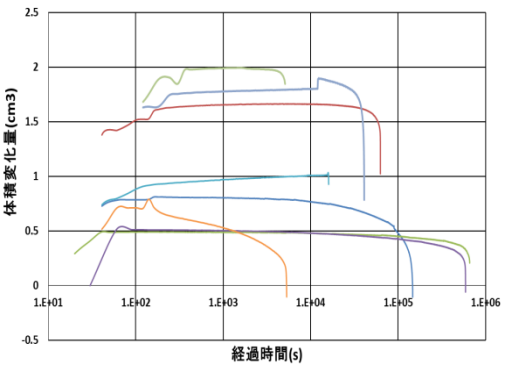

図 7　時間と体積減少量の関係

参考文献

1) アイダン・オメル，大洞光央，田野久貴，伊東孝: 亜炭廃坑の不安定現象およびその長期安定評価，第 35 回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集，pp.35-40，土木学会，2005.