

# 垂直拘束圧下における岩盤亀裂開口幅分布の評価

愛媛大学大学院 学生会員 ○三内隆史 愛媛大学大学院 正会員 安原英明  
 愛媛大学大学院 正会員 木下尚樹  
 (独) 日本原子力研究開発機構 澤田淳 佐藤久

## 1. はじめに

高レベル放射性廃棄物地層処分施設近傍の天然バリアの性能を評価するためには、対象岩盤の透水・物質輸送特性を把握する必要がある。特に、結晶質性の岩盤の場合、水理的弱面となる亀裂の開口状態を把握する必要がある。ところが亀裂表面形状測定に基づいて開口幅評価を実施する際、亀裂上下面のかみ合わせ状態を実際の応力条件に応じて再現することは困難であり、研究上の課題となっていた。本研究では、この課題解決のため、亀裂表面形状計測の高度化を目指し、圧力条件下における岩石亀裂の挙動を調べた。

## 2. 垂直拘束圧载荷試験

亀裂表面は、様々な凹凸が不規則に分布しているため、亀裂内部の開口幅は、不均一な分布となっている。本研究では亀裂内部の開口幅分布を評価する際、まずレーザー変位計により亀裂表面を計測し、亀裂表面の三次元標高データを取得する。つぎにそのデータを両面の標高データをかみ合わせ、アスペリティ接触状態を考慮し亀裂内部の開口幅分布を獲得する。

本研究では、垂直拘束圧と開口幅分布の関係を評価することを目的に行った。以下に概要を示す。まず、アタッチメント付き供試体を载荷試験装置にセットし、垂直拘束圧を作用させる。その際、試験装置外部のレーザー変位計により、亀裂上下に接着させたアタッチメントの拘束圧方向の変位を計測した(図1)。レーザー変位計による計測位置(a~f)を図2に示す。

まず、アタッチメント中央のb, e点にレーザー変位計をセットし変位計測を開始した。計測頻度は1Hzである。10kPa/sの圧力制御で垂直拘束圧を増加させ、3.0MPaに到達後、0.5MPaまで除荷した。続けて同様の载荷除荷過程を2回行った後、0.5MPaの拘束圧で100秒間保持した。保持中、レーザー変位計をアタッチメントのa, f点の位置に移動し同様の载荷除荷過程を2回行った。アタッチメントc, d点についても、a, f点測定後、同様の過程を実施する。力学試験では、载荷除荷過程を7回実施している。

また、力学試験中に計測した各計測位置での変位(閉塞量: 圧縮側を正とする)を図3に示す。図3より、abc側が閉塞しdef側が開口する挙動を示したことが分かる。1回目の载荷過程を観察すると、サーボの変位に追従してabc側が変位していることが分かる。1回目の除荷過程で0.5MPaまで拘束圧を下げたときの変位を基準値( $\Delta b=82\mu\text{m}$ ,  $\Delta e=-18\mu\text{m}$ )として、2, 3回目の载荷除荷過程をプロットしたものが図4である。図より、2, 3回目の载荷除荷過程では、概ね再現性のある結果が得られた。

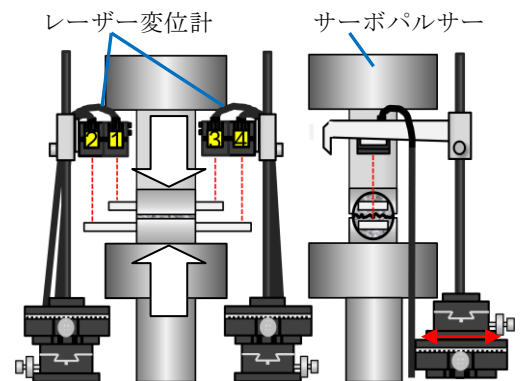


図1 垂直拘束圧試験の模式図

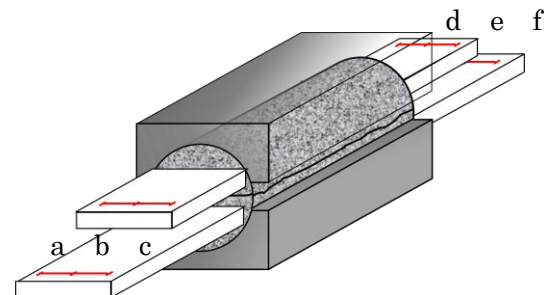


図2 供試体の模式図およびレーザー変位計の計測位置(a~f)

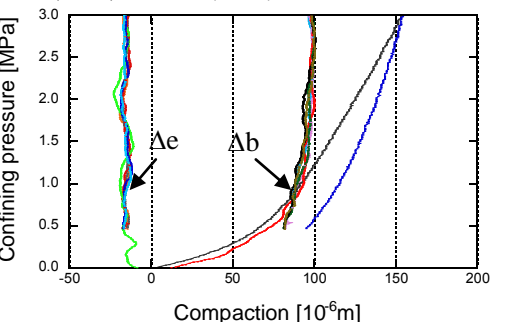
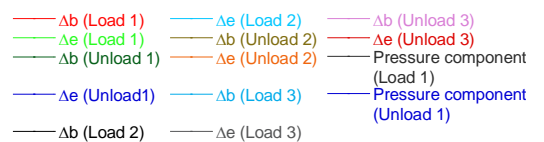


図3 垂直拘束圧と亀裂閉塞量の関係(Δb,e)

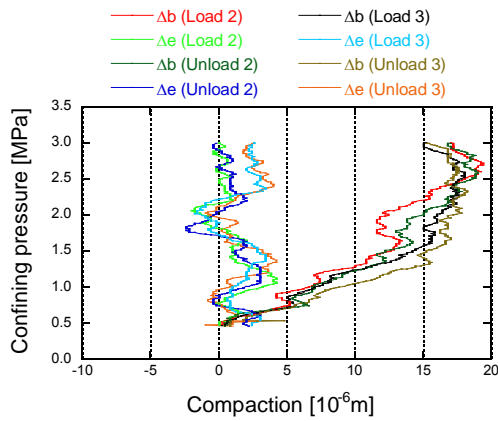


図 4 垂直拘束圧と亀裂閉塞量の関係 (Δb,e)

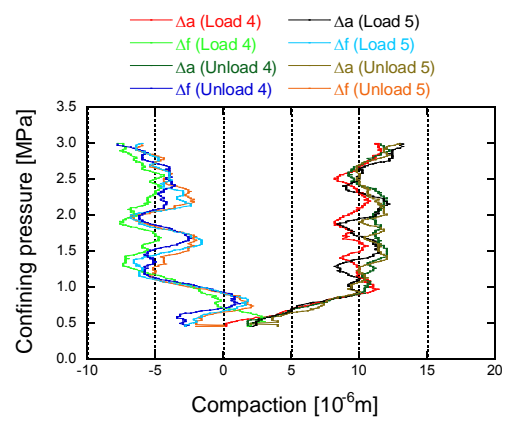


図 5 垂直拘束圧と亀裂閉塞量の関係 (Δa,b)

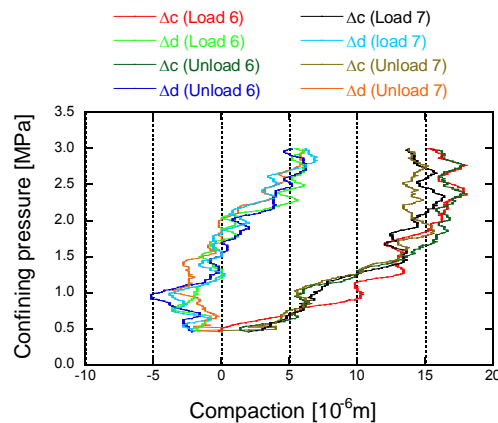


図 6 垂直拘束圧と亀裂閉塞量の関係 (Δc,d)

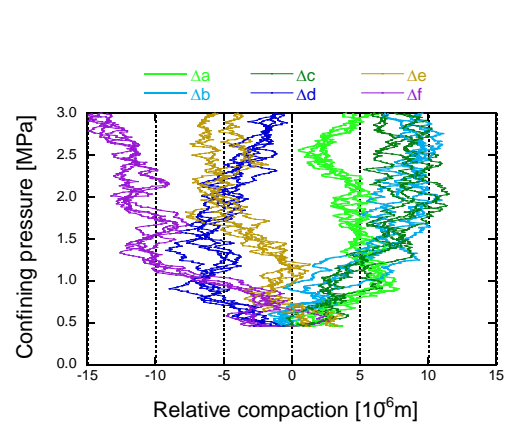


図 7 垂直拘束圧と相対亀裂閉塞量の関係

さらにレーザー変位計で計測した各点を図 5 および図 6 に示すこれらの図もともに载荷除荷過程での閉塞量がほぼ同じ値を示した。

また、各計測位置における変位の変化量（亀裂閉塞量）と a~f での閉塞量の平均値との差を相対亀裂閉塞量とする。垂直拘束圧と相対亀裂閉塞量の関係を図 7 に示す。図より、全体的に abc 側に圧縮したことが分かる。実際の亀裂開口幅は数 10~数 100 $\mu\text{m}$  と想定されるので、10~30 $\mu\text{m}$  の相対閉塞量の違いは、亀裂間隙中の透水特性に影響を及ぼす値であると推測される。

### 3. まとめ

本研究では、開口幅評価方法の高度化を目的として、垂直拘束圧条件下で開口幅測定試験装置を開発した。レーザー変位計を高精度テーブルに設置することで 30 $\mu\text{m}$  の精度で制御することが可能となった。次に、バーチャル亀裂について、力学試験の初期状態の供試体羽間距離に合わせると、精度良く表すことができなかったため、今後の課題とする。

### 参考文献

- [1]川辺金光, 杉本文男, 今井忠男: レーザ変位計を用いたポアホールメータの開発と適用性に関する室内検証試験, 資源と素材, Vol.121, pp378-386, (2005).
- [2]吉田秀展, 山崎卓哉, 井上純哉: 岩石の透水-応力連成挙動の把握を目的とした試験装置の開発と連成挙動の解明に関する研究, 土木学会論文集 C, Vol.64, pp843-855, (2008).
- [3]佐藤久, 澤田淳: 不均質な開口幅分布を有する単一亀裂の光学的手法による計測とその透水特性評価, 土木学会論文集 C, Vol.66, pp487-497, (2010).