京都大学大学院	学生員	○ 橋本健次	長谷川大貴
京都大学大学院	正会員	岸田 潔,	細田 尚
山口大学大学院	正会員	中島伸一郎	
愛媛大学大学院	正会員	安原英明	

### 1. はじめに

高レベル放射性廃棄物を地層処分する際,対象と なる岩盤の地質学・力学・水理学特性を詳細に把握 することは必要不可欠である.例えば,岩石供試体 に熱・拘束圧が長時間作用すれば,透水性が低下す ることが確認されている<sup>1)</sup>.これらの現象を評価す るための基本的な情報として,不連続面の開口幅分 布を精度良く把握することは必要不可欠である.本 研究では,花崗岩供試体に含まれる不連続面の開口 幅について,(1)透水試験結果に基づく水理学的開口 幅,(2) ラフネス標高分布から算定する開口幅,(3) X 線 CT 画像から推定した開口幅,の3者を比較し,そ れぞれの算定方法の妥当性について検証した.

## 2. 開口幅の測定

(1) 縦亀裂を有する花崗岩供試体 本研究では,飛 騨地方の深度 180m~200mから採取した花崗岩円柱 供試体を用いて検討を行った.供試体のサイズは, 直径 50 mm×高さ 100mm で,圧裂により縦亀裂を円 柱軸方向に沿って作製した.

(2) 透水試験に基づく水理学的開口幅の算定 トラ ンジェット・パルス法を用いて縦亀裂を有する花崗 岩供試体の透水係数を測定し,三乗則<sup>2)</sup>を適用して 水理学的開口幅を求めた.その結果,拘束圧 1.0 MPa の条件下での水理学的開口幅は 0.0357 mm と算定さ れた.

(3) ラフネス標高分布に基づく開口幅の算定 レー ザラフネスプロファイラにより不連続面の両面のラ フネス標高分布を計測し,座標を重ね合わせること で開口幅分布を求めた.ラフネス計測をする際,供 試体が円柱形状であるために計測ラフネスの平均平 面が水平ではなく傾きが生じた.本研究では,Iwano<sup>3)</sup> と同様に,最小二乗法を用いて計測ラフネスの傾き



図1 傾き補正前後のラフネ標高分布

を補正した. 図1 は不連続面の片側壁面のラフネス 標高分布であり, 傾き補正前後の分布を示している. 傾き補正された両面のラフネス標高分布を用いて, 座標を重ねあわせて開口幅分布を算定した.座標を 重ね合わせる際の接触条件は,以下の①, ②の方法 を採用した.

- ①算定方法 A 拘束圧を作用させると不連続面のア スペリティに変形が生じる.不連続面の変形は、 ラフネス剛性試験の結果から求め、Bandis, et al.<sup>40</sup> が提案している双曲線関数を用いて、所定の拘束 圧の不連続面の変形を求める.Bandis, et al.の式か ら算定した最大閉塞可能量から、不連続面の変形 量を差し引くことで、その拘束状態での開口幅と する.開口幅分布は、計測されたラフネス形状の 上下面を近づけ、上下面の差(平均開口幅)が設 定した開口幅より一致する状態で算定する.
- ②算定方法 B アスペリティの接触部での応力状態が、供試体の一軸圧縮強さを満足するか否かを基準として算定する.上下面のラフネスを近づけることで、接触点数が増加する.したがって、拘束圧から接触点での応力状態が算定可能となる.各

キーワード:岩盤不連続面,透水,開口幅,拘束圧,温度 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂Cクラスター1 Block 3 FAX:075-383-3271



接触点での応力状態が,母岩の一軸圧縮強さ/接触 点数以下になるまで,上下面のラフネスを移動し, 満足する状態をその拘束圧でのラフネスの接触状 態とし,開口幅分布を算定する.

 (4) X線 CT 画像からの開口幅の推定<sup>5)</sup> マイクロフォーカス X線 CT スキャナを用いて花崗岩供試体の CT 画像を撮像し,画像解析により亀裂の厚さを求め て開口幅分布とした.水平断面の解像度は 50 μm, 軸方向のスライス厚は 300 μm 程度である.

# 3. 開口幅の比較結果

上記3 手法によりそれぞれ求めた平均開口幅<b>, 分散,標準偏差/平均開口幅を表1に示す.また,そ れぞれの方法により求めた開口幅分布のコンター図 を,算出方法Aの結果を図2に,算出方法Bの結果 を図3に,X線CTの結果を図4に示す.

X線CTを用いた方法では、ラフネスがかみ合って いる状態での内部構造を観察するので実際の接触状 態を把握することができ、算定方法AおよびBを用 いても、同様の開口幅の偏りを示すことができた.

# 4. まとめ

開口幅分布の偏りは,算定方法AおよびBを用いて,X線CTによる結果と同様の傾向を示すことができた.しかし,平均開口幅の値は水理学的開口幅の値と大きく異なっている.これは,算定した開口幅分布では,開口幅の傾きの補正が不十分なことから,

表1 開口幅の算定結果の比較

	<b>[mm]</b>	$\sigma_{\!b}{}^2$	$\sigma_b/<\!$	接触率[%]
水理学的 開口幅	0.0357	Ι	Ι	Ι
方法 A	0.340	0.121	1.02	30.77
方法 B	1.588	0.256	0.32	0.58
X線CT	0.130	0.070	2.10	2.00

実際の不連続面の開口状態と異なり、過大に評価してしまったため、違いが生じたと考えられる.

#### 参考文献

- 長谷川大貴,他:応力・温度が与える花崗岩不連続 面の透水性への影響,第39回岩盤力学に関するシン ポジウム講演集,土木学会,pp.267-270,2009.
- Witherspoon, P.A., Wang, J.S.Y., Iwai, K. and Gale, J.E. : Validity of cubic law for fluid flow in a deformable rock fracture, Water Resources Research, Vol.16, No.6, pp.1016-1024, 1980.
- Iwano M : Hydromechanical Characteristics of a Single Rock Joint., *Ph.D. thesis*, MIT, 1995.
- Bandis, S.C., et, al. : Fundamental of Rock Joint Deformation, *Int. J. Rock Mech. Sci. & Geomech.Abstr.*, Vol.20, No.6, pp.249-268, 1983.
- 5) 中島伸一郎,他:マイクロフォーカス X 線 CT による花崗岩の亀裂形状および開口幅の評価,第39回岩盤力学に関するシンポジウム講演集,土木学会,pp.276-281,2009.