

新しい Shear-flow coupling 試験装置の開発

九州大学工学部 学生会員 ○田中誠一郎 正会員 江崎哲郎
正会員 三谷泰浩 学生会員 和田圭仙

1. まえがき

近年、放射性廃棄物の地層処分、各種エネルギーの貯蔵、大都市圏の大深度地下利用など、地下の隔離性や地下水の水封機能積極的に利用する深部地下空間の開発利用が注目を集めている。それら施設の評価、設計にあたっては、岩盤不連続面の力学特性、及び不連続面内を流れる地下水の透水性を調査し評価することが極めて重要である。これまで、著者らで開発した Shear-flow coupling 試験装置を用いて多くのせん断透水同時試験を行ってきた¹⁾。

しかし現在の Shear-flow coupling 試験装置には幾つかの問題点があり、不連続性岩盤のせん断透水同時特性を正確にかつ適切に把握するには新たな試験装置の開発が必要となった。本研究では、これまでの問題点を整理、解決し、新しい試験装置の開発を行い、せん断透水同時試験の最適実験手法の提案を行った。

2. 新しい Shear-flow coupling 試験装置の開発

2. 1 現在の試験装置の問題点と改良方法

現在の試験装置では、不連続面の一面せん断試験としての主要な欠点はほぼ解決されているものの以下に示す問題点が残されている²⁾。

- ① 垂直荷重は球座を介して1点で載荷されるため、垂直応力が小さい場合には上箱の回転が生じやすく、垂直応力、変形が様でない。また、これらを試験中に正確に制御することができない。

- ② 透水試験は放射流による試験を行っているが、実際には一方向流が望ましい。

新しい装置では①の問題を解決するため、垂直応力を載荷するジャッキを長くし、上箱に多少の回転が発生したとしても不連続面に正確な垂直応力を載荷できるように改良する。また、このジャッキを2本にして荷重だけでなく変位による制御及び回転角の制御も行えるようにする。これにより、一様な垂直変位を保持したままでの試験も可能となる。②の問題点に対しては、せん断変位にも追従できるような軟らかい特殊な材料を用いて透水面周辺をシールし透水試験の際の境界部を密閉して一方向流による透水試験を実現させる。

2. 2 新しい Shear-flow coupling 試験装置

開発する Shear-flow coupling 試験装置は、大別してせん断装置部、透水加圧装置部、不連続面作成装置部

および計測・制御装置部からなり、試験体に人工的な不連続面を作成し、その不連続面に垂直応力、せん断変位を任意に加えることができる。さらに、垂直載荷特性、せん断特性の計測と同時にこれらの載荷の各段階において不連続面に動水勾配を与え、この時の流量を計測して、不連続面の透水試験を行うことができる。Fig.1 と Fig.2 に試験装置の概略図を示す。

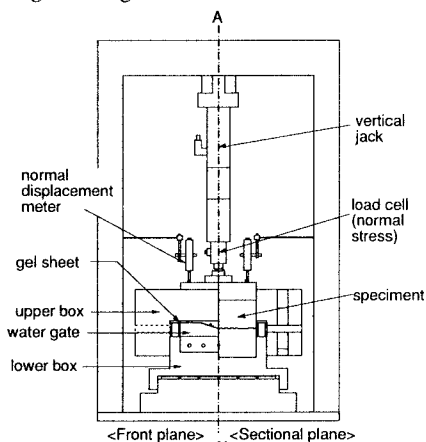


Fig.1 Front view of new shear-flow coupling test apparatus.

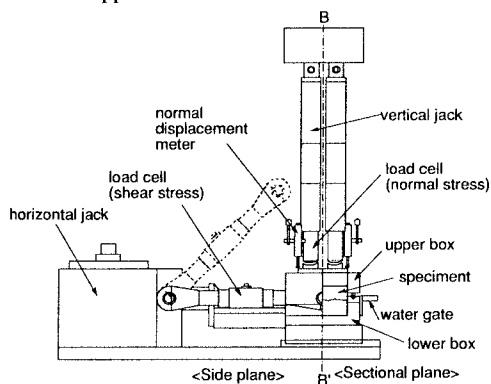


Fig.2 Side view of new Shear-Flow coupling test apparatus.

(1) 直接せん断装置部

せん断容器は従来型と同様に下箱が移動する構造になっており、上箱はせん断容器を挟み込む形で設置されたせん断荷重計測用の2個のロードセル(引張・圧縮両用型、容量各20ton)を組み込んだロッドによって支持されている。ロッドは十分長く、両端取付部がリンク構造で上箱の上下移動および回転が許されるが水平方向の動きは拘束されている。垂直載荷は上箱上部

に各々2本のピンによって取り付けられた十分長いジャッキによって制御される。そしてそれぞれ制御することによって応力の均一化を図ることができ、さらに上箱の変位をも制御できる。

(2) 透水加圧装置部

せん断状況下での一方向流での透水を行うためにはせん断変形が発生した状態でも不連続面のまわりの密封性を保つ必要がある。そこで、止水のためにゲルシート（製品名：コスモゲル、(株)コスモ計器社製）を用いる。これは非常に軟らかく大きな変形ができ、厚さが2mmのシート状の材料で、試験体とその周辺の細かい隙間を密閉することが出来る。Fig.3に不連続面透水時の密閉機構の概念図を示す。試験体の側面は剛な金属板にこのシートを添付し、不連続面を通る水の側方への流出を防ぐ。この金属板は埋め込まれたくさびにより透水試験時に不連続面側面に密着させる。上流側には2枚の金属板をゲルシートを介して試験体に密着させる。側方は前述のシートを添付した金属板を用いる。そして不連続面に接した空間の中に水を供給し、透水試験を行う。透水試験は定水位法で行い、その加圧は自動給水のできる容量約10リットルの容器の高さを調節することにより行う。下流側において不連続面を浸透した水は共にせん断面より約5mm上に設けられた堰から定水位で越流される。透水量は、その数オーダーの変化に対応するため、電子天秤（AND社製FX3000、最小読み取り精度10mg、最大秤量3,100g、安定所要時間約2.5秒）を用いて計測される。

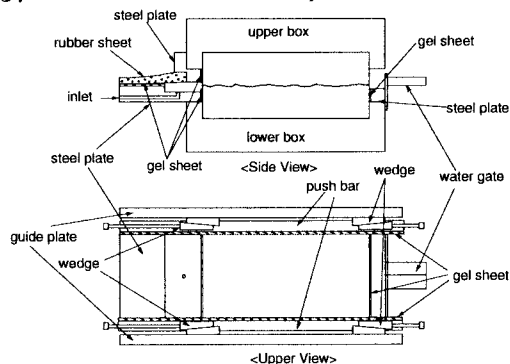


Fig.3 Schematic drawing of sealed mechanism.

3. 試験結果

3.1 試験方法

試験体は韓国南原産花崗岩で200×100×40mmの大きさに整形したものを2個重ね、その間に珪砂を散布し擬似的な不連続面を作成する。その後垂直応力1MPa一定のもとで、せん断速度約0.01mm/secで20mmまでせん断する。また透水量の計測は、せん断途中の

1mmごとに各段階で一時的にそのせん断変位を保って行う。

3.2 機能確認試験

今回の試験により、垂直2点载荷による荷重制御が行えたこと、また垂直荷重を载荷した状態でのせん断試験を変位制御で行えたこと、及び透水面周辺のシールによって一方向流の透水試験が可能であることを確認した。Fig.4にその結果を示す。

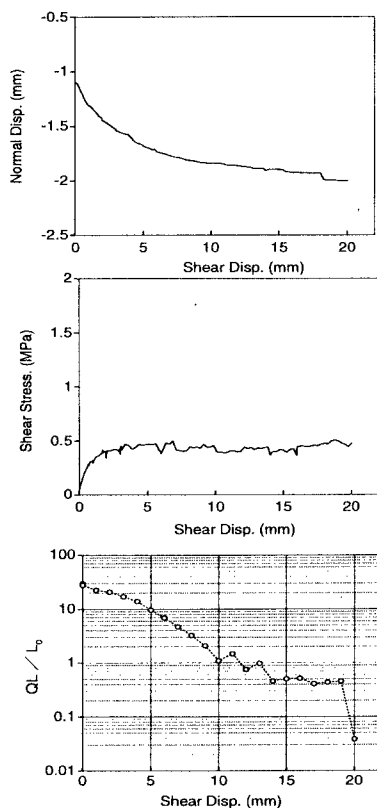


Fig.4 Example of shear-flow coupling test

4. まとめ

本研究では、新しいShear-flow coupling装置を開発し、その確認試験を行った。今後は、人工的に作成した不連続面試験体を用い、垂直応力及び垂直変位を拘束した条件下でのせん断透水同時試験を行い、岩盤不連続面の力学、水理学特性について検討していく予定である。

参考文献

- 1) Esaki, T., Nakahara, K., Kimura, T. Shear-flow coupling properties of natural joints, Proceeding of the 9th Japan Sympo. on Rock Mechanics, pp247-252, 1994.
- 2) 江崎哲郎他：資源と素材, Vol.112, No.4, pp.213-218, 1996.