

岩盤不連続面のせん断一透水同時実験の高精度評価手法に関する研究

九州大学工学部 学生会員 ○田中亮介 正会員 江崎哲郎
正会員 三谷泰浩 学生会員 竹原大倫

1. まえがき

放射性廃棄物の地層処分や各種エネルギーの地下貯蔵など深部地下の開発においては安全性、経済的合理性、環境上の配慮など、従来の施設と比べて格段に厳しい設計条件が要求される。そのために岩盤の特性を支配する不連続面の力学・透水特性およびそれらのカップリング特性を適切かつ詳細に把握する必要がある。本研究では、筆者らが独自に開発した実験装置に深部岩盤での水理場を再現できるように更なる改良を加えた結果を示すとともに、改良後の装置が有する性能の評価を行った結果を示す。

2. 新しいせん断一透水同時実験装置の改良点

従来の実験装置における透水実験に関して以下に示す問題点が残されていた。

- ① 給水側だけでなく排水側にも水頭を与えて地下深部における高水圧、動水勾配を制御した実験を再現するには、試験体側面からの止水性能に限界が生じていた。
- ② ピークせん断応力を出すせん断変位付近では、透水性が非常に小さく、現状の計測システムでは十分な精度が確保できなかった。
- ③ せん断中の不連続面の透水性は非常に変化が著しく、約4オーダー程度の透水係数の変化が生じるがそれに対応した計測システムではなかった。

①の問題に対しては、止水能力を向上させるため遮水装置部の改良を行う。②～③の問題に対しては高精度の計測を実現させるとともに透水係数の大きな変化にも対応できるようにするため透水量計測装置部及び透水加压装置部の改良を行う。Fig.1に改良した透水システムの概念図を示すとともに、その具体的な改良点を示す。

(1) 遮水装置部

従来の透水装置は水頭で約2mまでかけられたが、

側方の止水板が短いこと、給水側上板と連結するゴム板に水圧により生じる膨らみが生じることににより漏水が生じることがあった。そこでFig.2に示すように、側方の止水板を給水側及び排水側に50mmずつ延長することで側面の止水を強化した。また、給水側及び排水側上板のゴム板をL字型に変更し、その上から剛性のある金属板で押えるように改良しゴム板の膨らみを防ぐとともにせん断が生じた際でも上部ゴム板を常に同位置で押えることができるようにした。

(2) 透水加压装置部

実際の岩盤内では、高水圧低動水勾配の水理場が考えられるが、従来の装置ではそのような状況を再現することが不可能であった。そこで給水側だけで

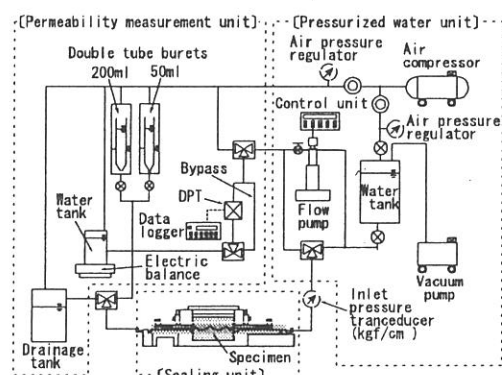


Fig.1 System of new shear-flow coupling apparatus

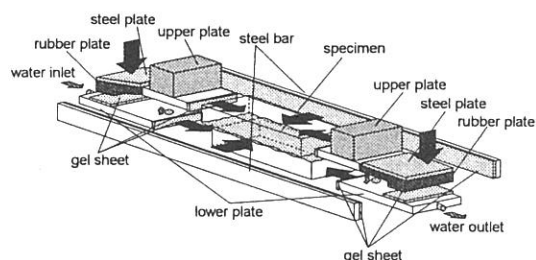


Fig.2 Schematic drawing of sealed mechanism.

はなく排水側にも圧力を与えることで任意の水頭、動水勾配を再現できるように改良を加えた。給水側に与える圧力は遮水装置の設置の具合や間隙幅の大小に大きく依存しているが、遮水装置部の改良の効果もあり改良後は約 10m まで水頭をかけられるようになった。

さらに新装置ではフローポンプによる透水試験も導入する。これにより流量を一定に制御した条件で透水試験を行うことができる。現状では 10^{-3} cm/sec オーダーの透水係数まで確認できているが、シリンジポンプおよび遮水性能の向上によってはさらに低い透水係数まで高精度に計測できる装置とした。

(3) 透水量計測装置部

ピークせん断応力を示すせん断変位付近までの低い透水係数の場合には、不連続面を通過する流量は微少となる。そのため従来の計測システムではその精度が保証されない。そこで新装置では排水を 2 重管ビューレットに通し、その水位差を差圧計で読み取ることで、高精度の計測ができるように改良した。流量が大きく、ビューレット管での計測が不可能な場合は、計測用タンクに排水を通し、従来のように電子天秤を用いて流量を計測する。

流量の計測については、2 重管ビューレットや計測用タンク等の計測器とは別に排水タンクを設けて透水開始直後は排水タンクに排水を通し、ほぼ定常になったことを確認後、排水の経路を排水タンクから計測器に切り替える。その後、流量変化がほぼ一定に達した状態で計測を行う。

透水係数の算出について、2 重管ビューレットを用いる場合、管内の水位の上昇を考慮して算出し、計測用タンクを用いる場合は動水勾配を一定とみなし定水位として算出する。また、フローポンプを用いる場合、排水側の水頭を一定に保ち、給水側の水頭が徐々に上昇した後に安定する時の値を読み取り、水頭差及び流量より透水係数を算出する。

3. 性能確認試験結果及び考察

改良後の装置の性能を評価するため、排水側にも水頭を与え垂直応力一定の条件でせん断透水同時実験をおこなった。Fig.3 にピークせん断応力を示す

でのせん断初期段階における実験結果を示す。

実験結果は、 10^{-4} ~ 10^{-3} オーダーの小さな透水係数の変化を的確に捉えている。実験方法の違いによる透水係数を比較すると、動水勾配を緩やかにした時ほど透水係数の値は小さくなる傾向がある。フローポンプを用いた時の透水係数が他のケースより大きく、ピークせん断応力を示すせん断変位前に減少傾向を示していない。これは高圧による間隙水圧の上昇や、計測時に依然給水圧力が不安定であった影響などが考えられるが、フローポンプ使用時の計測方法については今後の課題として残されている。

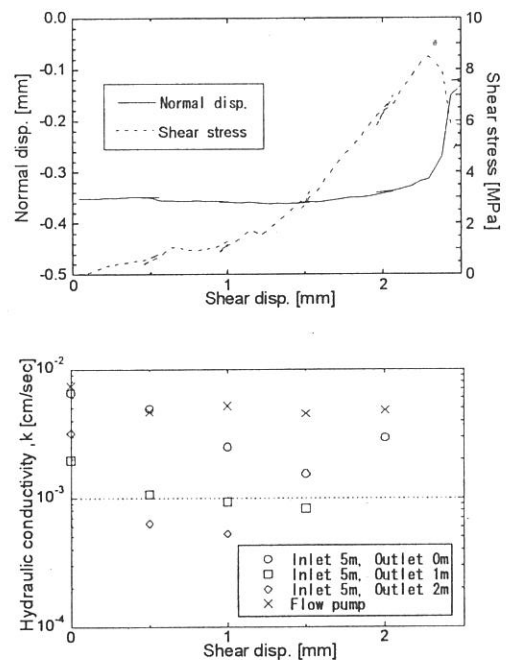


Fig.3 Example of shear-flow coupling test

4. まとめ

本研究では、従来のせん断-透水同時実験装置の透水装置部に関して改良を行い、その性能確認試験を行った。その結果、高圧かつ動水勾配を制御した実験及び流量を一定に制御した実験を行うことができ、不連続面透水係数約 10^{-4} ~ 10^{-3} cm/sec という低透水係数領域において高精度な計測を行えることを確認することができた。