

断層面形成に伴う中間主応力方向透水係数の変化について

Permeability Change in Intermediate Principal Stress Direction during Fault Formation

高橋 学[1], 李 小春[2]

Manabu Takahashi[1], Xiaochun Li[2]

[1] 産総研, [2] RITE

[1] GSJ, [2] RITE

<http://www.gsj.go.jp/AIST/GE>

1 はじめに

岩石のせん断変形中における透水係数の変化は、より現実的・実地的な問題として認識されており、データ取得の必要性が様々な分野から望まれている。しかしながら、具体的にせん断試験を実施しながら透水係数を測定することは、実験技術上からも困難な点が多く、データの蓄積が順調に進んでいないのが現状である。国内では、江崎他(1996)による一面せん断試験装置を用いた透水試験結果が報告され、せん断変形に伴って透水係数が単調に増加する事が述べられている。そこで、真三軸応力条件下における透水試験を実施したので、その結果について報告する。なお、室内試験におけるせん断透水試験に関する実験手法上の問題点については張他(1999)に簡潔にまとめられている。

2 実験条件について

真三軸試験は封圧下の二軸圧縮応力条件によって達成され、最大・中間・最小主応力がそれぞれ独立に載荷できる点に特徴がある。脆性破壊領域において最終破断面は必ず中間主応力軸と平行に生じるので、この特徴を利用して、中間主応力軸方向の透水係数を測定することにした。なお、1980年代以降の真三軸試験における載荷手法の変遷については高橋他(2001)にまとめられている。供試体の組み立ては中間主応力方向のピストン、エンドピース、分水盤、供試体という組み合わせとなっている。3主応力方向の変形も同時に測定するために、長さや曲率の異なるLDT(Local Displacement Transducer)が用いられている。供試岩石は白浜砂岩であり、寸法は35×35×70mmの角柱形である。封圧媒体の供試体への浸入を防ぐため、シリコンゴムによる被覆を施してある。白浜砂岩は最小主応力が4.0-5.0MPaから延性脆性遷移領域となることから、単一の破断面を形成する応力状態として最小・中間主応力を(2.3MPa、6.3MPa)供試体番号ss-43と(4.3MPa、8.3MPa)供試体番号40の2つの応力状態を選んだ。

3 実験結果及び考察

両供試体とも軸差応力が最大に達した後、軸歪の増加とともに軸差応力が減少し、その後ss43ではほぼ一定の軸差応力を示し、残留強度状態を示している。一方、ss40では2%以上の軸歪状態から軸差応力が増加している。最小主応力方向の歪は両供試体とも軸歪の増加とともに単調に増加、すなわちせん断面間での安定すべりを示している。体積歪は載荷開始時から圧縮状態となっているが、その割合は徐々に低下し、最大軸差応力点以降の軸歪に対しわずかながら増加(圧縮)している。なお、最大軸差応力以降は基本的には破断面間の滑りであり、変形のほとんどは最小主応力方向の変形である。したがって、破断面のせん断変位は(b)の2%以上の軸歪下で最小主応力方向の歪を直線近似した部分の傾きから計算することが可能である。さて、透水係数は最大軸差応力までは減少するものの、それ以降軸歪の増加とともにわずかに増加し、せん断面間の滑り時にはほぼ一定の値となっている。一旦、せん断面が形成されると、実験結果はせん断面の透水係数が変化しないことを示している。江崎他(1996)では、直接せん断なのでせん断変位と同じ方向の透水係数を測定しているが、当該実験ではせん断変位に直交する方向の透水係数を測定していることになる。今回の実験結果は江崎他と異なっているが、種々の載荷経路を経た場合には透水係数が減少する場合や、更に残留強度状態から軸差応力を除荷・再載荷した場合には透水係数がせん断変位とともに増加する場合などの実験結果も得られており、慎重に検討する必要がある。

4 まとめ

真三軸応力条件下において、白浜砂岩の中間主応力方向の透水係数を測定した。採用した応力状態から単一の破断面が形成されており、せん断変位に直交する方向の透水試験が可能となった。その結果、透水係数はせん断変位が増加してもほぼ一定状態であることが判明した。他の同様な試験結果と異なっており、今後の検討が必要である。