

P56. 応力場の回転による岩盤の透水挙動の変化

○ 竹村貴人・高橋学・塚本斉(産総研),
鈴木健一郎・中岡健一(大林組)

1. はじめに

放射性廃棄物の処分場のような大深度地下空洞やその周辺の地質体の力学・水理学的特性を明らかにすることはきわめて重要であり、現在までにさまざまな試験・研究が行われている。まず、建設に伴うニアフィールドでの力学的問題として、深部領域での空洞周辺で起こりうる掘削影響領域(EDZ)の形成を始めとする岩石・岩盤の損傷、およびそれに伴う透水係数の変化が挙げられる。このような空洞近傍で起こる岩盤の変形・破壊現象の要因の一つとして応力場の回転が挙げられる。また、広域地質体としてのファーフールドにおいても、このような主応力軸の回転は地質時間スケールでも起こることが知られている。ファーフールドにおける応力軸の回転は、単に広域地質体の力学的な安定性の問題のみならず、これまで、停留していた地下水の再流動や地下水流れの主方向の回転などを伴うことが想定される。

このように、処分場の超長期の安定・安全性を確保するためには、ニア・ファーフールド共に応力軸の回転を想定した亀裂性媒体の透水挙動を把握し適切に評価する必要がある。本研究では、主にファーフールドでの応力の回転に伴う透水挙動を実験的に把握することを目的として、亀裂を持つ堆積岩を使い、真三軸圧縮応力下において、様々な応力の組み合わせのもと透水係数の測定を行った。

2. 実験方法

実験に用いた試料は島根県宍道町で石切場から採取した新第三紀中新世大森層の凝灰質砂岩(来待石)を用いた。来待石は、多量の安山岩片と沸石等の粘土鉱物から構成されている。実験用試料体は50cm×50cm×50cmの立方体に整形し、互いの平行度を1/100としたものを使った。

実験は、まず、インタクトな状態の来待砂岩に亀裂を発生させるため、拘束圧1MPaでz軸方向に平行に荷重を負荷させ、破壊強度近傍までの圧縮試験を行った。実験後に供試体を回収し、これを損傷供試体とした(図1)。損傷供試体内に発生した亀

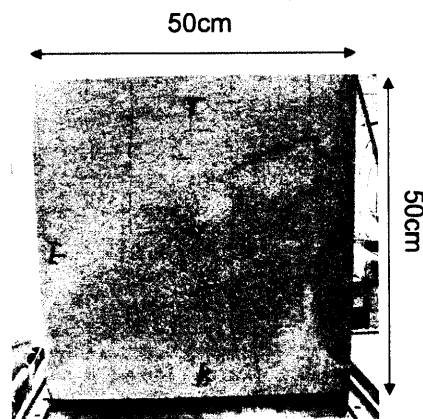


図1 損傷試料外観

表1 透水係数測定の応力条件

	σ_x	σ_y	σ_z
ケース1	0.1	0.1	0.1
ケース2	2.0	2.0	2.0
ケース3	2.0	2.0	0.1
ケース4	0.1	0.1	2.0
ケース5	2.0	0.1	0.1

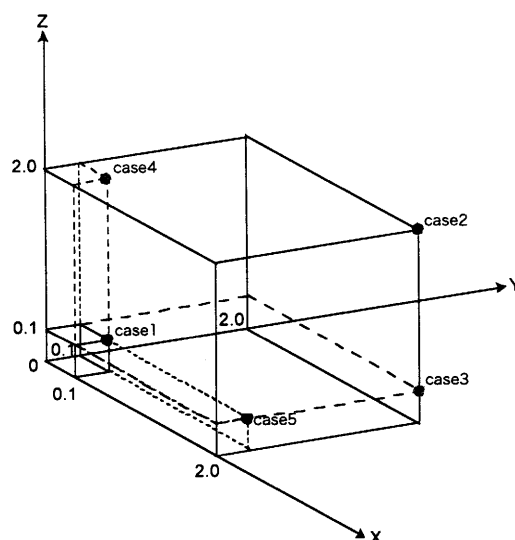


図2 透水係数測定の応力条件

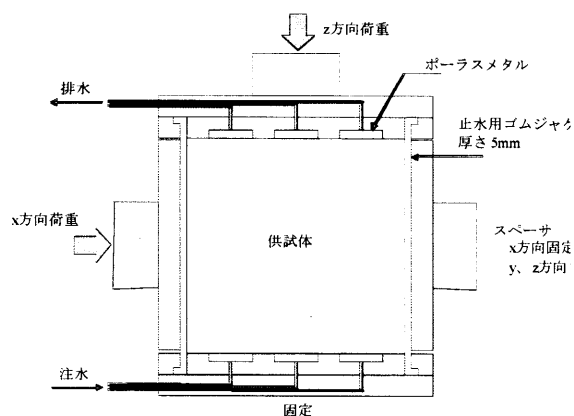


図3 透水試験装置

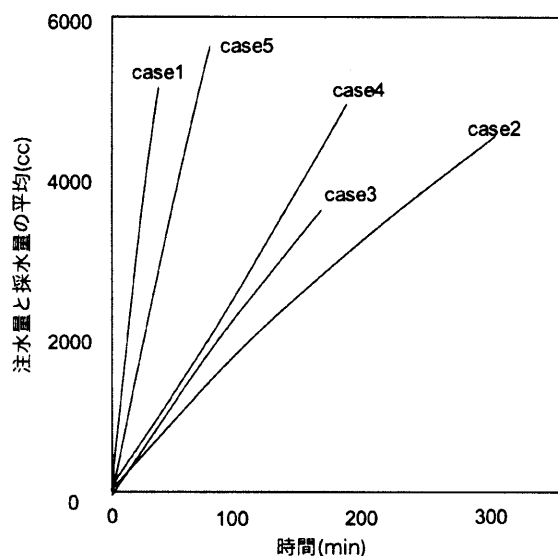


図4 注水量と採取量の時間変化

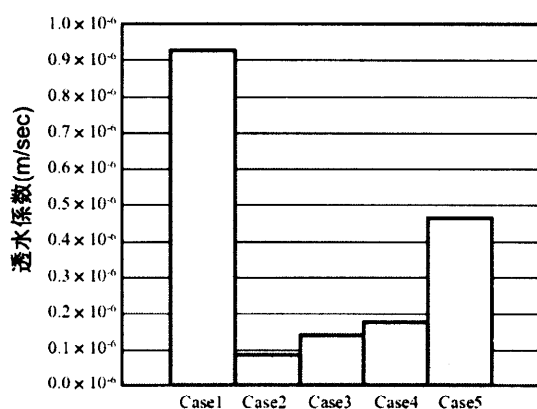


図5 透水係数測定結果

裂はz軸方向に平行に配向している。この損傷供試体を用いて、岩盤多機能試験機により表1にある5種類の応力条件下での透水試験を行った。ここで、ケース1, 2は等方圧縮応力下、ケース3は中間圧縮主応力 σ_2 が最大圧縮主応力 σ_1 側にある伸張応力場、ケース4, 5は σ_2 が最小圧縮主応力 σ_3 側にある場合で σ_1 が回転したものとなっている。図2にそれぞれのケースの応力状態を示した。ここで、透水試験は透水試験時の間隙水圧を0.05MPaとし、注水量と採水量を測定し試験後半の定常状態に近づいた部分を使って透水係数を決定した(図3)。

3. 結果および考察

図4に透水試験の結果を、図5に透水係数を示す。0.1MPa (case1) と 2.0MPa (case2) の静水圧状態での透水係数を比較すると約10倍となっている。損傷試料の亀裂はy軸もしくはx軸に垂直な方向に卓越していることが考えられることから、水みちはz軸に平行な方向に多く存在していると考えられる。そのような損傷供試体に対し、case3,4,5では σ_1 と σ_3 の値は同じであるが、その方向が回転した場合と中間主応力 σ_2 が異なる(平均応力が変化した)場合を想定した応力状態となっている。

case3と5を比較すると、y軸方向の応力が2.0から0.1MPaへと減少することで、透水係数は2倍ほどの変化を示している。このような、応力場の変化は中間主応力 σ_2 が σ_1 よりから σ_3 よりへと変化していることであり、地殻応力で考えると圧縮応力場から伸張応力場への転換、空洞近傍で考えると掘削影響領域が同様の状態になっていると考えられる。

case4とcase5を比較すると、主応力方向が回転することで、透水係数はやはり2倍ほどの変化を示している。このような応力場は軸差応力、中間主応力の変化はないが、その主応力方向が回転することが考えられる。

このような応力状態の変化に伴う透水係数の変化は、試料内部の水みちとなる亀裂からなる構造の変化に起因している。本研究で行った5種類の応力状態から平均応力の変化と主応力の回転により、その透水係数は2倍程度の違いが生じることが実験的に明らかにされた。その結果、亀裂の方向と主応力の方向が透水係数に大きく関与しており長期的もしくは掘削の影響などを考慮した亀裂性岩盤の透水挙動を議論するには亀裂の方向、幅に関する情報と応力・歪みの関係性が重要になると言える。