

## <第12回国際岩の力学会議に参加して>

### -岩盤力学分野で焦点となっているテーマを知る-

工学研究科 システム科学部門 助教 李 博

(派遣期間：平成 23 年 10 月 17 日～平成 23 年 10 月 20 日)

私は北京で開かれる第12回国際岩の力学会議に参加し、口頭発表と研究討議を行いました。発表論文のタイトルは「室内繰り返しせん断試験による岩盤不連続面挙動のせん断速度依存性の解明」(Evaluation of Shear Velocity Dependency of Rock Fractures by Using Repeated Shear Tests)であり、地震などによる動的载荷条件下で、岩盤不連続面のせん断特性とせん断速度の関係を実験的に考察するが主な内容でした。

#### 1. 国際会議の概要

「国際岩の力学会議」は国際岩の力学連合会 ISRM(International Society for Rock Mechanics)が主催する当分野最大級の会議で、今年は第12回目を迎えます。今大会は中国岩の力学連合会とシンガポール岩の力学連合会が合同で主催し、北京の中国国家会議センターで開かれました。総参加者は1,000名以上、論文集に収録された論文数は400篇以上に上ります。会議の日程については、16日と17日に、ショートコース及び各種のワークショップが中心に行われました。18日の午前中9時に、オープニングセレモニーが開かれ、大会主席や委員長などがスピーチされた後、有名な研究者による基調講演(keynote lecture)が行われました。午後から、一般講演が開始され、同じ時間帯に、異なるテーマを持つ四つのセッションが平行に行われ、20日の最後のセッションまで、計200件以上の一般講演が行われました。21日には、現在注目を集めているテーマ、例えば二酸化炭素の地層貯留、高レベル放射性廃棄物の地層処分などに関する特別セッションが開かれ、最後に閉会式が開かれました。



開会式の様子



他大学の研究者との交流

## 2. 発表内容と成果

### 日本語による概要

岩盤上に建設される原子力発電所などの重要な構造物の安全を確保するため、地震の影響などを考慮した基礎岩盤の安定性を評価することが重要です。岩盤構造物の変形挙動は、岩盤内に存在する不連続面のせん断強度に強く依存する場合があります。そこで、私は岩盤不連続面挙動のせん断速度依存性に着目し、地震時における岩盤不連続面の挙動を解明するため、様々なせん断速度で繰り返し一面せん断試験を行い、岩盤不連続面の動的定数を評価することを試みました。

岩盤不連続面において、一度ピーク応力に達すると、その後残留強度に入るため、地震により不連続性岩盤の変形が発生した場合に、残留強度を正しく評価することが重要です。図-1 にせん断速度を 0.5→5→10→20→50mm/min と変化させたケースにおけるせん断変位 10mm での(a)残留強度および(b)垂直変位と垂直応力の関係を示します。残留強度と垂直応力の関係から、垂直応力を 1MPa、2MPa、4MPa と上げていくと、残留強度もそれに伴って上昇していくことがわかります。また、図-1(b)に示す垂直変位－垂直応力の関係から、垂直応力の増加に伴い、ダイレーションが抑制されていくことがわかります。これは、垂直応力が小さい場合、せん断時に凹凸の乗り上げによってダイレーションを生じるが、垂直応力が大きくなるにつれ、凹凸の破壊が激しくなり、ダイレーションを生じにくくなるためであると考えられます。

実験の結果から、せん断速度が大きくなるにつれ、残留強度は大きくなることがわかりました。また、せん断履歴を有する亀裂の残留強度において、粘着力はほぼゼロとなり、内部摩擦角はせん断速度の増加とともに上昇し、やがてほぼ一定となり、初期のせん断速度が小さいほど摩擦角は大きくなることがわかりました。

### 英語による概要

Understanding the deformational behaviors of rock masses subjected to seismic loads is an important issue to ensure the stability and safety of some important structures such as dam and nuclear power plant, which requires adequate evaluation of the mechanical properties of discontinuities existing in rock masses. The mechanical properties of rock fractures are usually estimated through laboratory test on rock samples containing single rock fracture. Direct shear test in laboratory is considered as an effective method to estimate the shear behavior of rock fracture, which is commonly conducted at relatively low shear velocity (e.g. 0.5mm/min). When earthquake happens, the shear velocity on rock fractures can vary in a large range depending on the seismic strength. In this study, repeated shear tests on artificial rock fracture samples were conducted with shear velocities ranging from 0.5mm/min to 50mm/min to estimate the effects of surface roughness, shear velocity and shear history on the shear behavior of rock fractures.

The residual shear stresses at different shear velocities exhibit clear linear relations with the normal stress (Fig.1(a)). The larger the shear velocity, the steeper the straight lines connecting residual shear stresses become, demonstrating that in the residual stage, the fracture has larger

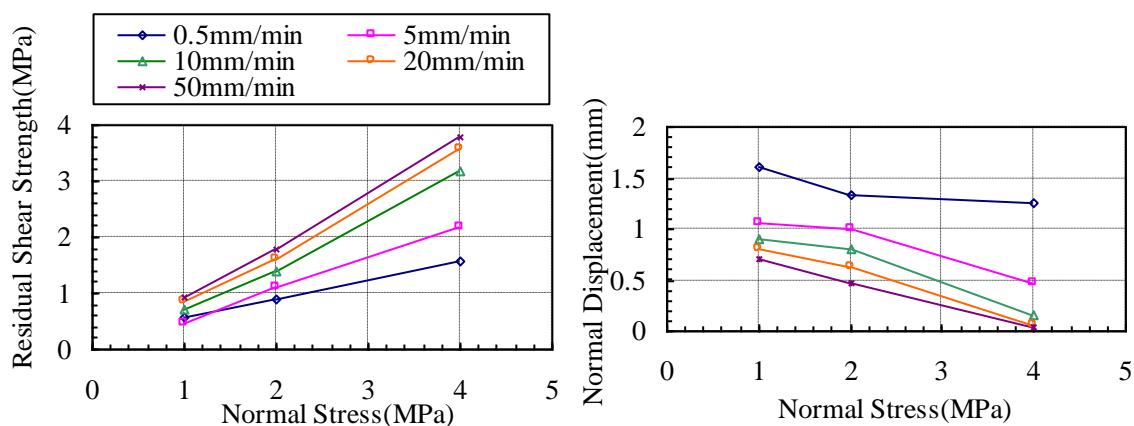


図-1 せん断変位 10mm (残留段階) における挙動特性

friction at higher shear velocity. The residual normal displacements decrease proportionally with the increase of normal stress and shear velocity (Fig.1(b)). For the cases with the initial shear velocities (velocity at the first loop) of 0.5 & 5 mm/min, the friction angles increase significantly with the shear velocity before 20mm/min, after that, the friction angle trends to be constant. For the cases with initial shear velocities larger than 5mm/min, the friction angles increase with the increase of shear velocity. These results indicate that the friction angle of a fracture without shear history depends on the behavior of major asperities, which don't have clear relation with shear velocity. The friction angle at more shear loops always has larger value than that with fewer loops, in the condition of the same shear velocity.

### 3. 今後の展望と感想

福島第一原子力発電所事故の影響を受けて、特に原子力発電所が稼働している国で、放射性物質の安全管理が注目を浴びています。放射性物質が漏れ出した場合に、土壌などを経由して地下水のネットワークへ辿り着き、広い範囲まで伝達する可能性があります。岩盤中を流れる地下水の挙動はその基質部よりも岩盤中に存在する潜在的な弱面である亀裂に大きく支配されるため、亀裂の力学特性、透水特性およびこれらの関連特性を見出すことは極めて重要です。研究発表を聞いた感想では、現在、力学、水理特性に加えて、熱-水理-力学-化学 (THMC) 連成特性は研究の核心的テーマとなっています。THMC 連成は、特に放射性廃棄物地層処分や二酸化炭素地下貯留において、これらのプロジェクトを安全に実行する上で、必要不可欠な技術です。私は力学-水理学の連成特性を研究していますので、今後、自分の研究を発展させるために、THMC 連成の研究進展を常に留意しておく必要があると思いました。また、熱と化学の連成特性を考察するために、現在の試験装置を更に改良していきたいと思いました。