

岩盤不連続面の透水性と表面形状の関連性について

名城大学 学会員 ○ 立松 秀樹

名城大学 正会員 清水 泰弘

東海大学 正会員 アイダソン オメル

1. はじめに

土木工事の対象が地表面にとどまらず岩盤内部におよぶにつれて、不連続面を内包する岩盤の水理・力学特性の解明は、極めて重要な問題となっている。近年、不連続面が多く含まれている岩盤内に地下構造物を設けることが増加している。そこで本研究では、岩盤不連続面の表面形状（ラフネス）と透水性の關係に着目し、自然岩石を用い割裂させた岩石の分離面を不連続面と考え、そのラフネスと透水係数の關係を明らかにする事を目的として透水実験および表面形状の計測を行ない両者の關係を調べた。

2. 供試体および実験方法

(1) 岩石供試体 岩石供試体には荒目、中目、小目と呼ばれる結晶粒子の大きさが異なる3種類の岐阜県蛭川産の花崗岩を用いた。それぞれの供試体は $200 \times 200 \times 100 \text{ mm}$ の大きさと 100 mm の厚さの長さ方向に石の目が在るように成形し、その方向に割裂によって分離面を作りそれを不連続面とした。割裂した供試体を用いて不連続面の透水実験を行なった。用いた花崗岩の物性は、単位体積重量が平均 25.5 KN/m^3 、一軸圧縮強度が平均 127 MPa 、含水比は 0.19% である。

(2) 透水実験装置 透水実験装置は、荷重載荷装置(図-1)と透水実験装置(図-2)に分かれている。透水実験装置は約 $600 \times 250 \times 150 \text{ mm}$ の大きさと、供試体を上下左右を硬質ゴム・生ゴム管で包み込み、透水実験装置本体のステンレス製枠と岩石供試体との間の寸法誤差による隙間からの漏水を防止した。また、供試体の不連続面の両側端部はゴム端部をパテによりコーキングを行い、水道にならないようにした。パテの硬化後、透水実験装置を荷重載荷装置上に置き、注水と排空を行い加水圧用ビニール管、水圧ポンプ (980 KN/m^2) およびロードセル等を配置した。上下の拘束荷重には 50 ton の油圧ジャッキを用いた。

(3) 加圧水 透水実験に使用する加圧水には、水中の気泡を取り除いた脱泡水を使用した。脱泡水の製造は真空ポンプを接続して約 10 分間真空状態を作り脱泡を行った。また実験中の水温を一定に保つために冷却コイル、温度調節センサーをタンクの中に入れ 20 度に水温を調節した。また、透水実験装置自体が水温に影響を及ぼさないように透水実験装置全体を簡易の恒温室に納めて室温を 20 度に調節して実験した。

(4) レーザー式表面形状計測装置 不連続面のラフネスを計測するための測定装置は $1400 \times 840 \times 760 \text{ mm}$ の大きさと鋼製の枠組みの中に計測部と岩石試料取出し部を持ち、枠組みの上部に水平移動用のスケールセンサ（分解能 0.1 mm ）と非接触型のレーザー式変位センサを取り付けマイコン制御で測定するものである。透水実験で使用した供試体を供試体設置テーブルに不連続面を上にして所定の位置に設置し表面形状の測定を行った。なお計測は 0.1 mm 間隔でデータの採取を行った。

3. 実験結果と考察

(1) 岩石供試体の透水実験結果 透水実験結果の一例を、上下の載荷荷重を横軸に透水係数を縦軸にとって示すと図-3のようである。この図を見ると載荷荷重の増加とともに透水係数が減少していくのがわかる。岩種では小目、中目、荒目の順で透水係数が減少している。荒目の場合は、載荷荷重の増加に対しほぼ線形的に透水係数が減少しているが、他の小目、中目に関しては 15 MPa あたりの段階で透水係数の急激な減少が見られる。これは岩の結晶粒子の大きさによる不連続面の噛み合わせが原因と考えられる。例えば荒目の場合は破砕片が大きい為、割裂によって破砕片が不連続面内を大きく移動することがなく、載荷荷重によって隙間をほぼ密着状態にまでする事が可能だったと考えられるが、小目はその逆であると考えられる。

(2) 岩石供試体の表面形状 計測した不連続面の表面形状の断面図を図-4に示す。これらの図は荒目については表面が粗く、小目は幾分なだららかであることを示している。これは、岩石の結晶粒子そのものに関連していると考えらる。また、透水方向に不連続面の表面長さを算定し、基準線との長さ比に付いて図-5に示す。図を見ると岩の種類によって約 1.05~1.20 の値をとっているのが分かる。荒目が一番粒子が粗くその分凹凸が激しくなり、その結果長さ比が大きくなっている。

(3) 表面形状と透水係数の関連性 縦軸に表面形状の長さ比を横軸に透水係数を縦軸に示すと図-6のようである。この図から、長さ比の増大によって透水係数が減少していることがみられる。また、載荷荷重に対する透水係数の変化をみてみると、載荷荷重が増加しても透水係数は一定に減少していない。これは、載荷荷重によって不連続面の間隙が低荷重段階では縮まらず、荷重が増加すると密着状態へ移行していくのではないかと考えられる。

4. まとめ

本研究は、荒さの異なる花崗岩を用いて、自然に近い状態の不連続面を割裂によって作成して透水実験を行った。更に使用した岩石の表面形状を測定して、透水係数との関連性を調べ、その結果を示した。

なお、この研究は中部電力基礎技術研究所の研究助成を受けて行ったものである。

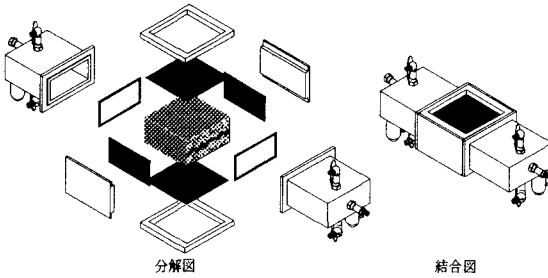


図-1 載荷荷重装置

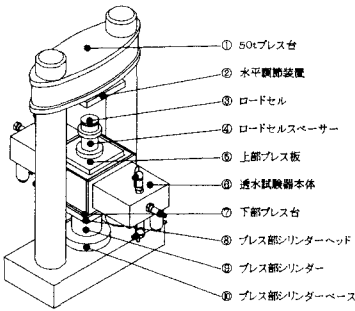


図-2 透水実験装置

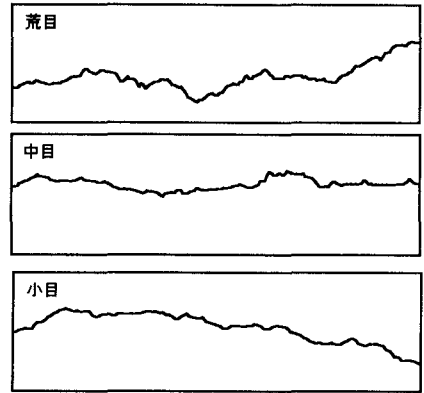


図-4 表面形状の断面図(中間100mm地点)

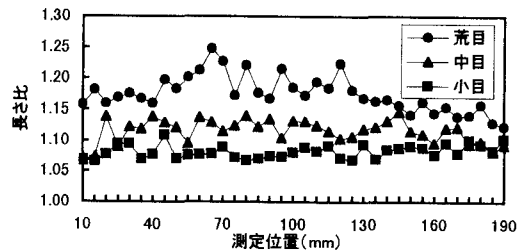


図-5 不連続面表面長さ、直線距離との長さ比

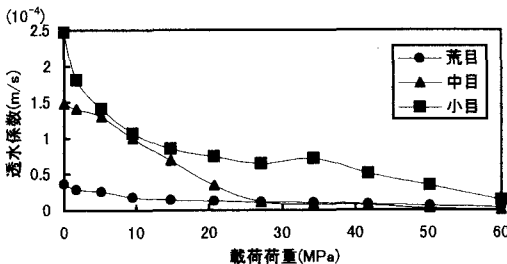


図-3 岩石供試体の透水係数

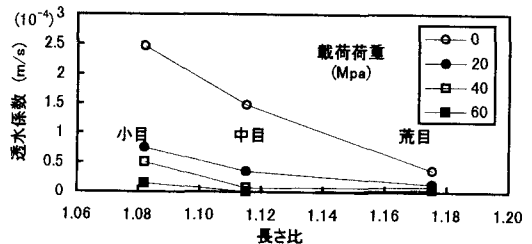


図-6 長さ比、透水係数と載荷荷重の関係