

埼玉大学 理工学部 正会員 佐藤 邦明

〇 渡辺 邦夫

はじめに

トンネルやダムなどの構造物は、沖積層に代表される未固結堆積物あるいは基盤岩内に作られるが、湧水あるいは漏水に関してはむづかしい問題を含んでいる。特に、基盤岩（岩盤）に注目すれば、その中に多くの割れ目を有し、浸透流の基礎的性質はつかみにくい。しかし、工学的に湧水、漏水を推定・予知することは特に重要で、水理学的に抵抗則、さらには流れをモデル化する方向で基礎的に研究する必要があると考える。筆者らは、岩盤浸透流の研究に着手したが、今回は基礎的に抵抗則について二・三の実験を行ったので報告する。

1 岩盤割れ目の形態

岩盤浸透流の挙動を規定する割れ目の性質の中で、主なものをあげれば、①割れ目系の示す立体的パターン、②割れ目の幅、長さ、単位体積中に含まれる割れ目の数などの量的性質、③割れ目中に粘土、微細岩片などを介在するか否か、あるいは割れ目面の粗度などの、割れ目面そのものの性状が考えられる。そして、以上のような割れ目の形態の相違は、地質的条件の違いを反映したものであり、それゆえ、一つの地域を特定してみれば、ある程度の規則性があると考えても大過ない。割れ目のパターンの違いは、岩盤を形成している地質の相違と共に、力学的な形成過程に原因があると考えられる。力学的な観点から、割れ目は、引、張り破壊による tension joint と剪断破壊による shear joint に大別しうる。前者には、火成岩が冷却する際の体積収縮に伴った cooling joint、荷重除去による sheeting joint などの release joint、あるいは、褶曲、断層に伴って生ずる副次的な割れ目を含んでいる。cooling joint は地質の違いにより、柱状、板状、あるいは直方体状のパターンを示す。一方、shear joint は一般に其役をなすパターンを示すことが認められている。割れ目の中で、割れ目面をはさんだ両方の岩体に、相対的な変位が認められるものが断層である。また、このような割れ目の大きさには、顕微鏡下ではじめて認めうる微細なものから、僅数百メートルにも達する破砕帯を持つ大断層まであり、それゆえ、建設工学において岩盤割れ目を考える時、構造物とのスケール比較が重要になる。それと同時に、割れ目面の形態と、割れ目を充填している介在物の性質も浸透流に大きな影響を与える。極端な場合、断層の一部に多量の粘土鉱物をはさみ、それにより、断層面に沿って地下水がせきとめられ、地下水堰が形成され、その一部が地下水位によって破壊されると突発的な湧水を引き起こす。その他、面なく断層のように、断層面そのものは浸透経路としてはほとんど意味となさないが、透水層を分断しているような割れ目にも十分配慮されねばならない。さらに、破壊とは直接関係していないが、層理面などの不連続面、あるいは枕状溶岩に代表される堆積時のブロック状構造、sand dyke など、岩盤浸透流にと、ては、割れ目と同様の意味を持ち、ており、十分に考慮されねばならない。以上のように、岩盤割れ目、あるいはそれに相当する不連続面の形態にはさまさまあり、それゆえ、岩盤浸透流はいくつもの要因により規定されているが、今回の報告は、単純な open crack が規則正しく配列しているモデルについて、実験したものである。

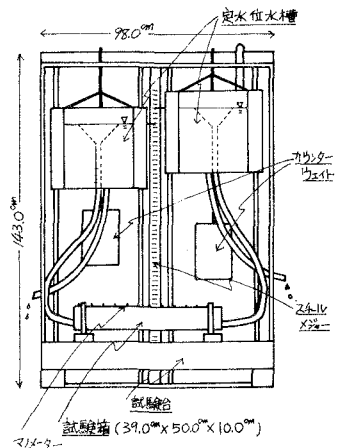


図-1 岩盤浸透流実験装置

2 実験方法

実験は、図-1に示す岩盤浸透流実験装置を使用し、割れ目系モデルは、試験箱中に方形ブロック（レンガ、4.8cm×6.95cm×5.44cm）を図-2のように並べて作った。また実験中、10個のマノメーターにより、試験箱各点の水圧降下を読みとった。今回報告する割れ目の種類・特性を表-1に示す。表中、パターンとは図-2に示されるものであり、間隙率Pは全体積に対する割れ目部分の体

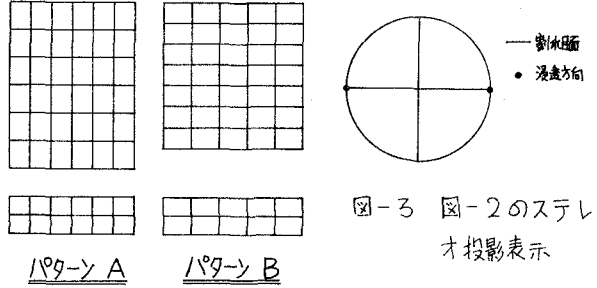


図-3 図-2のステレオ投影表示

パターン A パターン B

図-2 実験パターン

積比、有効断面積Aは浸透方向に直交な断面積にPを乗じたものとして定義した。なお、図-3は、図-2に示される割れ目系を、ステレオ投影表示したものであり、三次元空間の割れ目面と浸透方向との角度的関係をあらわすものである。

実験番号	パターン	長さ(L)	平均割れ目幅(L)	間隙率(P)	有効断面積(A)
EX-1	A	44.76 ^{cm}	0.24 ^{mm}	1.15%	3.61 ^{cm} ²
EX-2	A	42.01 ^{cm}	0.74 ^{mm}	2.79%	9.01 ^{cm} ²
EX-3	B	38.08 ^{cm}	0.24 ^{mm}	1.15%	3.85 ^{cm} ²

表-1 実験条件

3 実験結果と考察

実験結果を図-4に示すように、レイノルズ数と抵抗係数との関係に整理した。ここで、レイノルズ数Reと抵抗係数Gの計算は、それぞれ、次に示す(1)、(2)式を使用して行った。

$$Re = \frac{U \cdot D}{\nu} \quad \text{----- (1)}$$

$$G = \frac{2gDI}{U^2} \quad \text{----- (2)}$$

ここに、Uは測定流量Qを有効断面積Aで除したものをいい、また、Iは動水勾配、 ν は動粘性係数である。Dの算定は、Uの定義と共にこのような浸透実験では重要なものであり、割れ目系のパターンと浸透方向との関係、割れ目の幅、長さ、粗度、あるいは単位体積中に含まれる割れ目の数などが関係していると考えられる。今回の実験モデルは簡単な割れ目パターンであり、また同一材質を使用したので、Dとして単純に平均割れ目幅を用いた。図-4より、

このような割れ目系の浸透流は、通常の多孔体中の浸透流に比べて、かなり異なった性質を持つことが読みとれる。特に、 $Re = 50$ 付近で抵抗係数が急増するという、管の流れや平行板間流れと類似した、不安定な乱流を伴う遷移があり、層流域から乱流域への移行が連続的に行なわれないことが認められる。また、図中の破線、点線はそれぞれ、動水勾配を大きくして、た場合と小さくして、た場合に対応しているが、EX-3で特に顕著にあらわれているように、両者はかなり異なる。この理由としては、層流域から乱流域へ移行する場合と、乱流域から層流域へ移行する場合では、遷移領域での乱流発生条件・特性が同一でないことも考えられる。また図-4で、EX-1からEX-3の結果の統一的表现がなされず、UとDとの定義にかなり問題が残っていることを示唆すると同時に、レンガ表面が流れにより洗掘されたのではないかと考えられる。今後は、以上のような性質をふまえ、レンガ以外の材質を使用し、また、種々のパターンの割れ目系を作って、より精度を上げた実験を行、てゆきたい。

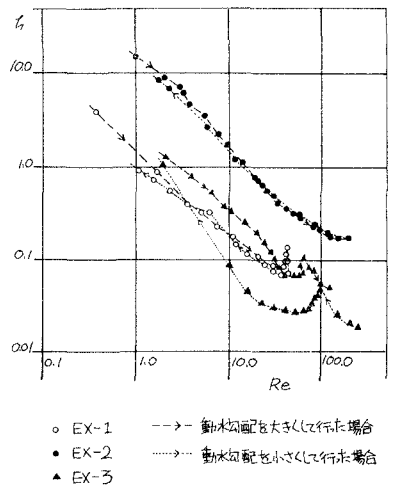


図-4 レイノルズ数と抵抗係数との関係