岩盤の工学的特性の評価法(その3)

- 岩盤ブロックの水理学的特性 -

| 秀樹  | 深見  | 正会員  | 術研究所 | 大林組技 |
|-----|-----|------|------|------|
| 賢   | 須藤  | 正会員  | 上    | 同    |
| 建一郎 | 鈴木做 | 正会員  | 上    | 同    |
| 孝之  | 上野  | フェロー | 上    | 同    |

<u>1.はじめに</u>

エネルギー地下貯蔵施設や岩盤内地下貯水施設等、岩盤を対象とした建設工事においては、岩盤の地下水 浸透特性を把握することが重要な課題の一つである。しかし、亀裂性岩盤の地下水浸透特性がどのようなも のであるのか十分に把握されていないのが現状である。

本報告では、岩盤の亀裂調査結果から透水係数を予測することを目的 として、フラクチャーネットワークモデルによる解析を行った。また、 解析結果と実現場より採取した大型岩盤ブロック供試体による透水試 験結果とを比較して、その妥当性について検証した結果を報告する。

## <u>2.大型岩盤ブロック供試体の亀裂調査結果</u>

大型岩盤ブロック供試体 (以下 ブロック供試体と 呼ぶ)を図-1 に示す。採取 した供試体は中~古生代に<sup>製</sup> 生成された層状黒色石灰岩<sub>005</sub> である。なお、ブロック供 試体の大きさは一辺が 500mmである。

マイクロスコープで計測 した亀裂の開口幅の頻度分 布を図-2 に、亀裂のトレー

<u>3.透水試験手法と試験結果</u>

ス長さの頻度分布を図-3 に、亀裂の方向分布を図-4 に示す。図-2,3 に 示すように、調査結果から、亀裂の平均開口幅は 1.3mm、標準偏差は 1.3mm、亀裂の平均トレース長さは 18mm、標準偏差は 21mm であ る。なお、図-2 に示した亀裂の他に、7 本の大きな亀裂が存在してお り、その平均開口幅は 22.6mm である。この開口幅の大きな亀裂には、 粘土などの充填物が多く含まれている。また、図-4 に示すように亀裂 の方向分布では、その走向は、層理面( 印に囲まれた範囲)とそれ に直交する方向に亀裂が集中していることが判明した。

0.6 1.1 1.6 2.0



透水試験は、図-5 に示す岩盤多機能試験装置を用いて行った。この装置は、亀裂を含むブロック供試体を 用いて、境界条件を制御した試験により岩盤の挙動が再現でき、最大鉛直荷重 10MN、最大水平荷重 5MN、 最大透水圧 10MPa の機能を有する。透水試験時のブロック供試体の概要を図-6 に示す。採取したブロック

亀裂幅(m)

図-2 亀裂開口幅の頻度分布

キーワード:岩盤・亀裂・フラクチャーネットワークモデル 連絡先:〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 TEL 0424-95-0917 FAX 0424-95-0903



図-1 岩盤ブロック供試体



図-3 亀裂トレース長さの頻度分布



供試体の側面は、一面に9箇所の透水窓が設けられたゴムスリーブ で覆われている。今回の試験では、南北方向のそれぞれの透水窓9 箇所を用いて、北側から南側へ一方向の透水試験を行うため、東西 方向の透水窓および上下面は止水材で止水して不透水境界として いる。このブロック供試体を装置の中央部にセットして垂直荷重 500kN(応力2MPa)を載荷して透水量を求めた。なお、透水試験 時の透水圧は15kPaで一定とした。

試験よりブロック供試体の透水係数は 6.4×10<sup>-4</sup>(cm/sec)と算定 された。また、2節で述べたように、ブロック供試体の亀裂内に は粘土などの充填物が多く含まれていたので、透水試験終了後に、 ブロック供試体内の粘土分だけを採取して変水位透水試験を行い、 その透水係数を計測した結果、およそ 4.5×10<sup>-5</sup>(cm/sec)の透水係 数が得られた。

## <u>4.解析手法と解析結果</u>

採取したブロック供試体の亀裂調査結果から、開口亀裂を 選定し、水の流れに貢献する透水亀裂として判別した。この ように選定した透水亀裂の三次元的分布を亀裂調査結果に基 づき確率的に再現して、三次元の亀裂モデルを作成した。こ の亀裂モデルに基づいてCacasらの提案した流れモデル<sup>1)</sup>を 作成してフラクチャーネットワークモデル解析<sup>2)</sup>を行った。 この流れモデルは交差する亀裂面の中心を結ぶ一次元パイプ で流れが生じると仮定したチャンネル流れの概念を取り入れ たモデルである。

ブロック供試体の調査結果をもとに決定した解析条件を表 -1 に示す。このうち、亀裂の方位・傾斜においては、調査結 果から透水性が大きいと予測される亀裂(図-4参照)を卓越 亀裂、それ以外の亀裂をランダム亀裂として設定している。 また、ブロック供試体の亀裂の透水量係数は、先に試験で求 めた亀裂内の粘土の透水係数をもとに設定した。

試験結果と解析結果の流量比較を図-7 に示す。図-7 に示す ように、解析結果は試験結果のおよそ 1.8 倍程度となり、試 験結果をある程度表現できている。

## <u>5.まとめ</u>

亀裂を含む岩盤ブロックの水理特性を岩盤多機能試験装置で評価し、フラクチャーネットワークモデル解 析によりある程度評価できた。今回適用したフラクチャーネットワークモデルは亀裂の幾何学的特性を確率 論的に再現したものである。今後は、亀裂の幾何学的特性を直接モデル化に反映させる手法(決定論的手法) について検証を行う予定である。

## 【参考文献】

1)Cacas,M.C.et.all: Modeling Fracture Flow with a Stochastic Discrete Fracture Network :Calibration and Validation 1. The Flow Model, Water Resources Res., 26,pp.479-489, 1990

2) 天野ら: フラクチャーネットワークモデルにおける単孔式透水試験結果の利用と評価,第27回岩盤力学に関するシンポジウム 講演論文集,p201-205,1996

水平アクチュエーター 出直アクチュエーター 供試体 水平フレーム 述水圧 その他

図-5 岩盤多機能試験装置

ゴムスリーブ ゴムスリーブ S W N 透水 \* は止水部

図-6 透水試験時の供試体概要図

|                            | 卓越亀裂                 | ランダム亀裂 |  |  |
|----------------------------|----------------------|--------|--|--|
| 方向<br>卓越法線方位/傾斜            | 36/80                |        |  |  |
|                            | 143/40               |        |  |  |
|                            | 197/35               |        |  |  |
|                            | 318/85               |        |  |  |
| 大きさ(mm)<br>平均/標準偏差         | 18/21                | 18/21  |  |  |
| 透水量係数(m <sup>2</sup> /sec) | $5.0 \times 10^{-4}$ |        |  |  |

表-1 解析条件

