

岩盤節理の管路モデル化に関する研究

宇都宮大学工学部 ○ 学生会員 木村 進
宇都宮大学大学院 学生会員 佐川 雄亮
宇都宮大学工学部 正会員 清木 隆文

1. 背景と目的

近年、硬質岩盤内に地下発電所、石油備蓄タンク、放射性岩盤内処理等の地下空間の利用が急速に進んでおり、これらの構造物の建設にあたっては、硬質岩盤の工学的な性質を正確に把握しなければならない。これらの土木構造物の基礎となる塊状硬質岩盤は、岩石自体の強度が非常に大きく透水性も非常に低いため、その工学的性状は不連続面の幾何学的特性に強く支配される。このため岩盤の工学的性状を把握するためには、不連続面の分布特性を反映したモデルを作成、解析することが必要となる。また、不連続面は層理、断層、破碎帯等に分離されるが、塊状硬質岩盤内で支配的に分布するのが節理である。したがって、このような節理性岩盤の力学的性質、水理特性を把握するためには、岩盤中の節理の幾何学的分布性状を表面データから推定することが極めて重要である。一般に岩盤中の節理分布には規則性がある。この性状を的確に把握し、空間幾何学的にモデル化し、各種解析を行い、透水特性を推定する必要がある。本研究では節理性岩盤の透水特性を把握するために、岩盤中の節理の幾何学的分布性状（方向性、連続性、開口性、etc...）を統計的に処理して、並列管路としてモデル化した数値解析を実行し、現場透水試験の結果との比較を行う。

2. 解析方法

亀裂性岩盤の浸透流解析は、大きく不連続体解析、連続体解析に分類される。本研究では、不連続体モデルの一つである3次元割れ目系ネットワークモデルを用いる¹⁾。本モデルにおいて、特に重要なパラメータとなるのが、割れ目内の流路の位置や大きさ、形態である。節理性岩盤の解析における基本的なフロー図を図1に示す。

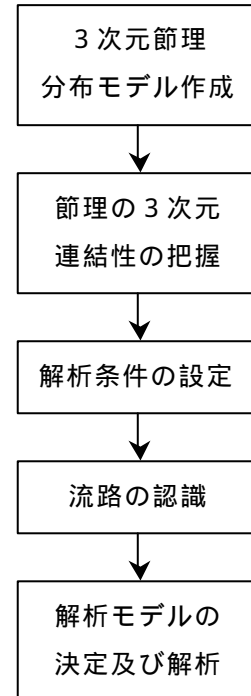


図1：解析のフロー図

3次元節理分布モデル

節理の分布性状を支配する特性要素として7つの要素（方向性・連続性・稠密性・開口性・供在性・粗面性・連結性）が挙げられる。これらについて現場調査に基づき、岩盤表面から情報を取得し、その統計量を算出する²⁾。これらの推計をもとに3次元節理分布モデルを作成する。

節理の空間的連結性の把握

解析モデル領域内に存在するすべての節理について、互いの連結性をプログラムで自動的に調べ、各々の節理について節理交線の数、位置（交線両端点の座標）および相手の節理番号をファイルに記憶させる。

流路の認識

解析領域としての3次元節理分布モデルを設定する。浸透流は連結した割れ目系を通してのみ生じ

キーワード: 節理性岩盤・数値解析・3次元モデル

連絡先: 栃木県宇都宮市陽東7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科地域施設学研究質 tel.028-689-6218(fax 共通)

るものとして、領域内に存在する節理の連結性に関する情報から、領域内の流れの流路を認識する。その後、透水境界に連結しない節理を取り除く。

水理モデル及び条件設定

上記の手順で設定した 3 次元節理分布モデルを解析対象として、ここでは流路のモデル化を行い、単純な 1 次元パイプ要素による流路ネットワークを自動構成する。ただし、各流路は並列パイプを連結したモデル化を実施している。

3. 解析条件と解析結果

本研究では、解析結果を現場試験の結果と比較する一つのパラメータとして、平均透水係数を用いた。それぞれの数値の中で、透水係数に影響する要素は、開口幅やトレース長、供試体底面の走向などが考えられる。本研究では、地下深部調査杭から得られた調査データを使用し、節理長 1.5m 以上の亀裂について節理発生領域の大きさ、供試体底面走向について検討を試みた。図 2 に解析のイメージ図を示す。本データの統計量の抽出手法等は参考文献 2 に示す。図 2 の条件下で行った解析結果から実質透水係数を算出し、それぞれのデータの分散・標準偏差を求め、解析結果の評価を行う。以下に、解析結果をまとめたグラフを示す(図 3～図 6)。同解析における平均透水係数は、 $3.51 \times 10^{-8} \sim 3.20 \times 10^{-10} \text{ cm/s}$ の間にあり、現場透水係数と同様の傾向が見られた。

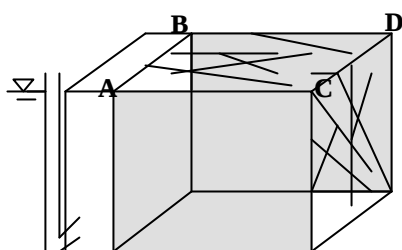


図 2：解析イメージ図

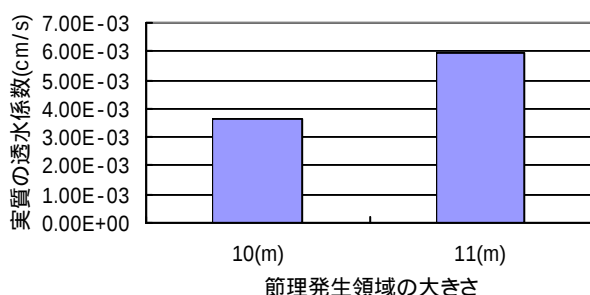


図 3：節理発生領域による平均透水係数の変化

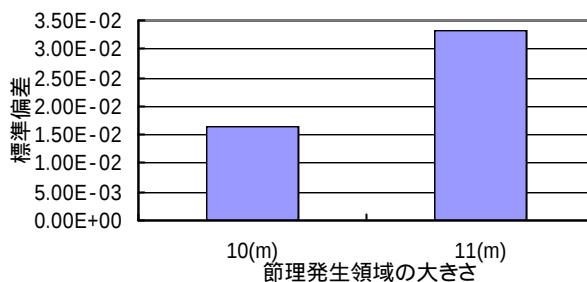


図 4：節理発生領域の辺長との関連

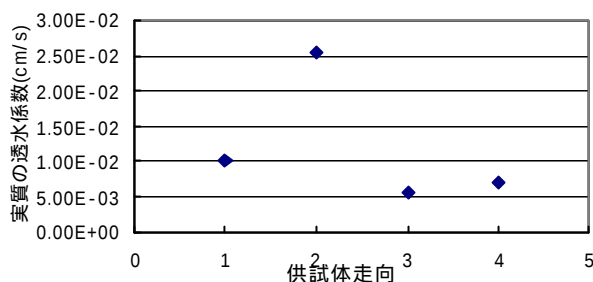


図 5：供試体走向による透水係数の変化

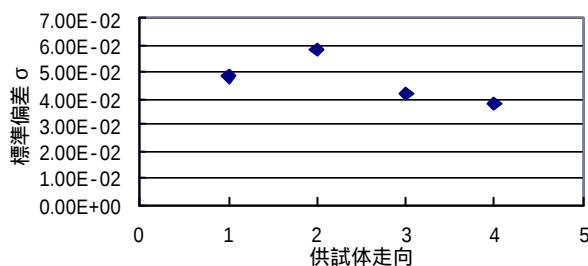


図 6：供試体走向による標準偏差の変化

4. 考察

現場透水係数の値は $10^{-6} \sim 10^{-9} \text{ cm/s}$ という分布を表している。本研究では実質の透水係数に視点を置いてみた結果、平均透水係数に比べて、非常に大きいことから、亀裂を多く含む岩盤は、見かけの平均流れよりも、亀裂内の実質流れに注意すべきであることが明らかになった。以後、測定が困難な節理開口幅の下限値を解析モデル内で設定する基準についても検討を進める。

参考文献 1) 菊池宏吉・水戸義忠・本多眞：節理分布性状の確立統計的モデルに関する研究(その 2): 応用地質 33 巻 5 号 p19-30,1992. 2) 佐川雄亮：岩盤節理の分布特性と透水性に関する研究：第 29 回関東支部技術研究発表会講演概要集 p328,2002.