

ダム基礎岩盤を対象とした水みちネットワークモデル

CHANNEL NETWORK MODEL FOR DAM FOUNDATION ROCK

森田 豊* ・ 杉村 淑人** ・ 渡辺 邦夫***

Yutaka MORITA, Yokito SUGIMURA, Kunio WATANABE

The authors have proposed the application of channel network model named “Don-Chan” based on the hydrogeologic structures of the major fractures to the seepage flow analysis on the dam foundation rock mass. This paper presents the formulation of a channel network model for cross hole test site composed by weathered granite based on hydrogeologic survey and the performances of the simulator depending on the characteristics of the fracture systems through numerical case studies.

1. はじめに

岩盤中の地下水の流れは、割れ目系に大きく支配される。割れ目系岩盤の浸透流解析は、直接には目に見えない岩盤中の無数の割れ目の中から、主要な流れの経路となる水みち（Channel）を的確に把握し、モデル化するかが重要な課題である。筆者らは、ダム基礎岩盤の浸透流解析を対象として、水みち構造調査に基づき水みちを取り出し、これを確定論的に管路網で表現することを特徴とする水みちネットワークモデルを提案している。¹⁾²⁾

ここでは、領家帯の片麻岩・花崗岩の複合岩体からなる孔間透水試験サイトを対象として、水理地質構造調査に基づく「水みちネットワークモデル」の構築について述べ、次に同モデルによる孔間透水試験シミュレーションの前段として実施した、水理地質構造が観測孔の圧力応答に与える影響を数値実験により把握した結果について報告する。

2. 水理地質構造

今回対象としたダムサイト周辺地域の地質は、領家帯の片麻岩類と花崗岩類よりなる領家複合岩類を基岩としている。領家帯の花崗岩類は古期花崗岩類と新期花崗岩類に分けられ、当地域においても全体の割合からは少ないが、古期花崗岩類と思われる片麻岩類と調和的な片麻状構造を呈する粗粒な花崗岩（以下花崗岩Ⅰ）、対象サイトの掘削面の大部分をしめる新期花崗岩類と思われる片麻状構造のほとんど見られない花崗閃緑岩質の花崗岩（花崗岩Ⅱ）が存在する。片麻岩類は片理構造の顕著な黒雲母縞状片麻岩を主体としており、片理構造は、走向 NW～EW・傾斜 30～40N 前後の傾向にある。

* 正会員 アイドールエンジニアリング（株）
** 正会員 水資源開発公団 試験研究所
*** 正会員 埼玉大学 工学部

片麻岩中に存在する割れ目系は、N49E80N, N12W82E, N50W40N 付近に分布が集中する。BHTV と掘削面で一部観察された花崗岩Ⅱ中に発達する割れ目の傾向は図-1.Aのような分布で、片麻岩中に発達する割れ目の傾向とほぼ一致する。一方、掘削面で広範に観察される花崗岩Ⅱ中の割れ目の傾向は、図-2.Bに示すように NE 走向・N 傾斜の高角度系、EW, N より

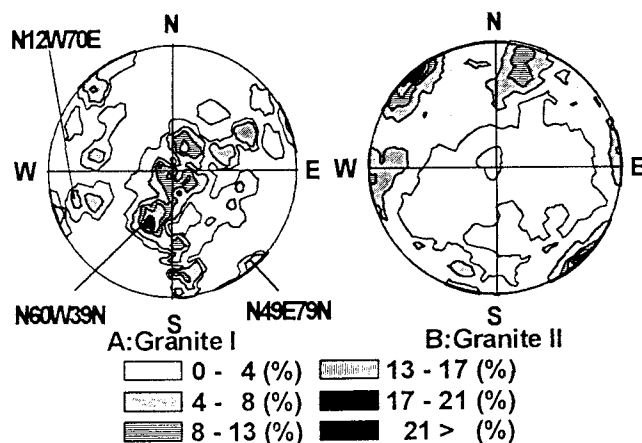


図-1 割れ目系の傾向

り、明らかに傾向が異なる。図-2の割れ目図に示す紙面右下がり、縦方向の割れ目がそれぞれ NE, EW 系の割れ目系である。これらの割れ目系は当サイトで確認されている断層系と同傾向で、変位の見られる割れ目、および割れ目の交差部では破碎・風化ともに著しく、水理地質的に主要なものであると考えられる。

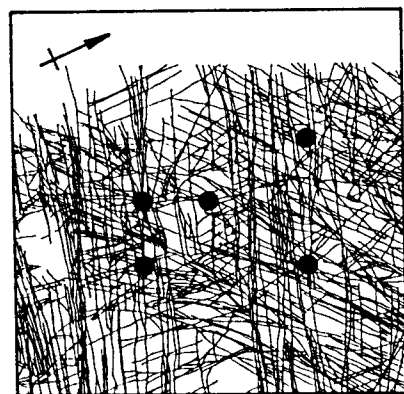
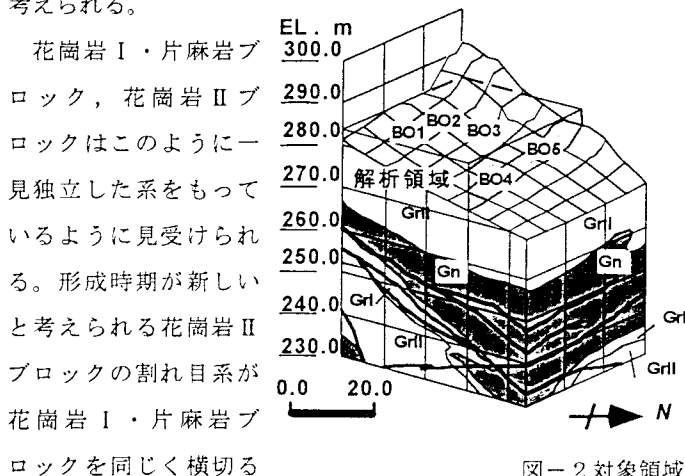


図-2 対象領域 ・ 割れ目図

ようなものがあまり観察されない。このことは、既存していた花崗岩Ⅰ・片麻岩ブロックが花崗岩Ⅱブロックを規制するような形であったためと見られる。花崗岩Ⅰ・片麻岩ブロック中の低角度系の構造を利用して発達したものと考えられる同傾向の割れ目が花崗岩Ⅱにも存在し、この低角度割れ目をメインフラクチャーとして派生したと考えられるステップ・スプレイ構造が横坑壁面で観察されている。破碎が著しい部分では砂状のマサが介在するところもあり、同様に主要構造と考えられる。

3. 水みちネットワークモデルの構築

地下水の浸透流は地下に存在する間隙を移動する水の動きであると考えられ、当サイトのような亀裂性岩盤を対象とする場合、その間隙の繋がりには割れ目系に支配されると考えられる。しかし、無数にある割れ目系の扱い方によって「水みちネットワークモデル」は様々な形を取りうる。このようなことに対応するために水理地質構造調査と平行する形で検証が行える「現場対話型」の解析システムが必要と考

え、システム開発を行っている。その一例として当サイトの水理地質構造を踏まえた「水みちネットワークモデル」を示す。

図-2に示す対象領域において掘削面で観察された主要構造のEW・NE系の高角度割れ目、試験孔のBHTV解析結果と微流速測定により水の流入出のある低角度系と同傾向の割れ目より構築した「割れ目モデル」が図-3に示すものである。このモデルの割れ目面上に水みちを発生させ、水みちのネットワークを構築する。発生させる水みちとしては、割れ目の交線と割れ目面上に存在する水みちであり、これは格子状のネットワークを面上に発生させることで表現する。これらの水みちを連結し図-4の「水みちネットワークモデル」が構築される。これを基本モデルとして対話式に最終的なモデルを導いていく。水みちの連結点間の流れは、ダルシー則に従うものとし、連続式との連立方程式を Gauss-Seidel Methodを用いて解く。

実際の割れ目の透水特性評価は非常に困難である。そこで水みちに与える透水係数は簡易的に花崗岩の間隙率より透水係数を導く算定式を用いた。算定式は $k = 2.0 \times 10^{-9} \times \lambda_p^5$ (cm/sec) で表され、ここに λ_p は%表示の間隙率である^{3) 5)}。選択した割れ目系の風化・劣化は同程度で、掘削面で観察された状況は割れ目沿いにマサ化しており、粘土を介在する

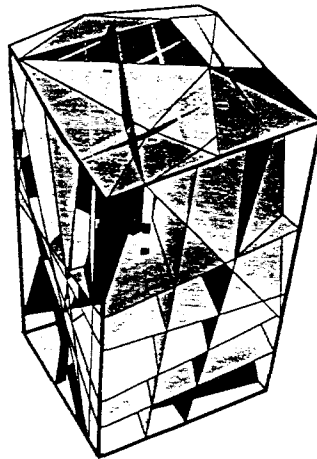


図-3 割れ目モデル

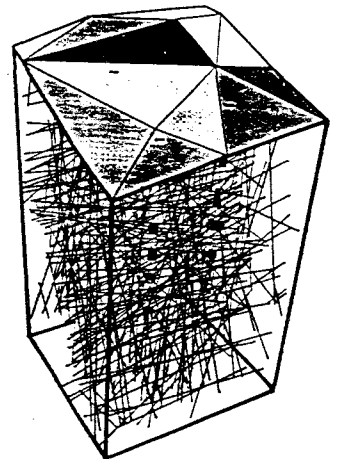


図-4 水みちネットワークモデル

ような部分が存在した。このようなものに関しては、割れ目沿いに微小な亀裂が発達している場合が多く、割れ目に沿った方向の透水性は比較的良好と考えられるが、割れ目本体に沿って粘土が介在しているため、これを横切るような方向に対しての透水性は悪いと考えられる。そこで図-5に示すような構造を導入し、割れ目を横切る方向の透水係数を割り引くことで、難透水性の割れ目を表現することとした。与える透水特性として割れ目沿いの岩片のサンプルの間隙率(15%)から透水係数 1.0×10^{-3} (cm/sec)、水みちの断面積は割れ目の交差部のスケールの分布から平均値 $0.05(m^2)$ と設定した。

4. 孔間透水試験・数値実験

数値実験は、図-6に示す境界条件に対する定常解を求め、その後試験孔5孔中任意に設定した注水孔のひとつのステージより、一定圧力を定時間注水することで、パルス型の圧力を領域に発信し、他の4孔の各受信ステージにおける圧力の経時変化を見る⁵⁾。この試験はパルステストとして知られている。

実際の発信・受信の組合せは1000通り以上になる。そこで、発信をBO3の第7ステージとし、各観測孔の第7ステージの受信・応答を数値解析する。実際のパルス試験において、この組合せに見られる応答の傾向として、BO3→BO1(小)・→BO2(中)・→BO4(大)・→BO5(中)があり、今回この

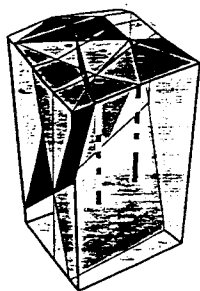


図-7 (1) 難透水性割れ目

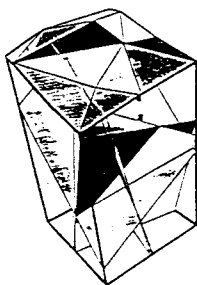


図-7 (2) 高角度系割れ目モデル

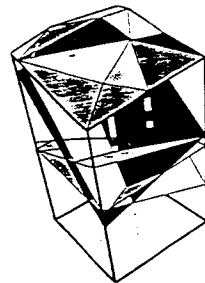


図-7 (3) 低角度系割れ目モデル

5. まとめ

図-8 (3)に全ての割れ目を導入した結果の一例を示すが、考えられる全ての割れ目を導入しても導きたい傾向を得ることは難しい。しかし、水理地質的な考察を踏まえていくことで目標とする傾向に近づき得る可能性があることが今回の数値実験でわかった。ただし、完全な傾向および、応答曲線のフィッティングがかなり困難であることも同時に示唆される結果である。今回テストケースとして「水みちネットワークモデル」を構成する水みちの透水係数、断面積、各連結点に設定した貯留係数を一定としたことの影響も考えられ、これらの評価・モデル中へ導入が今後の課題と考える。

謝 辞

今回の地質解析等をを行うにあたり、現場で対応して下さいました方々に心より感謝いたします。

参考文献

- 1) 田中, 渡辺他 (1994): 地質構造を基礎としたフラクチャーネットワークモデルの開発その1, 応用地質
- 2) 杉村, 森田他 (1996): ダム基礎の水みちネットワークモデル構築の試み, 岩盤力学に関するシンポジウム論文集
- 3) 三枝, 森田他 (1996): 亀裂性岩盤の水みちに関する基礎的研究, 土木学会第51回年次学術講演会年講
- 4) Maturek 他 (1995): Classification and characterization of water conducting features at Aspo, Progress
- 5) 渡辺, 関 (1982): 花崗岩風化に関与する地下水流れの基礎的性質, 岩石鉱物鉱床学会誌
- 5) 田中, 三上他 (1995): Don-Chan モデルを用いた非定常浸透流解析の試み, 土木学会第50回年次学術講演会年講

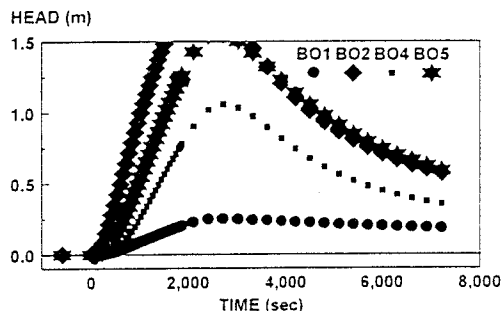


図-8 (1) 第1段階・解析結果

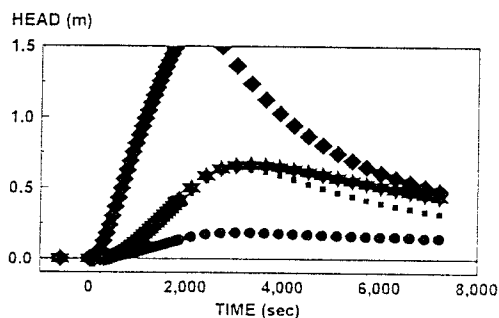


図-8 (2) 第2段階・解析結果

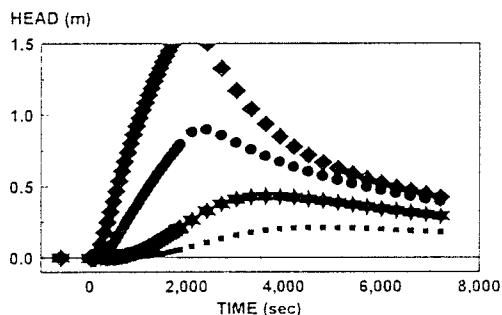


図-8 (3) 高角度・低角度系を合わせた解析結果