# ダム基礎岩盤の透水性分布を考慮した割れ目ネットワークモデルの構築

鹿島建設(株) 正会員 ○中嶌誠門 渥美博行 升元一彦 野中隼人 フェロー会員 川端淳一 鹿島建設(株) 正会員 高橋勝也 奈須野恭伸

## 1. はじめに

近年,ダム基礎岩盤の適正な遮水性を確保するため,岩盤内部の三次元的な透水性分布の把握が重要となっている<sup>1),2)</sup>.ダム基礎岩盤の地下水の流れは主に割れ目を経由することから,この課題への対応を図るためには,割れ目の性状と透水性の関係や,割れ目の分布および連続性についての整理が不可欠である.ただし,水みちとなる透水性の高い割れ目の性状や分布は複雑で,事前調査による情報も限られることから,客観的な指標に基づいて岩盤の透水性分布を合理的に推定する手法が必要となる.

このような背景に対し、現在、割れ目の地質学的・水理学的特性から透水性割れ目の統計量を抽出して割れ目ネットワーク(Discrete Fracture Network:DFN)モデルを構築し、割れ目系岩盤の透水性を評価する手法の適用を検討し

ている<sup>3</sup>. 地表からは観察できない岩盤内部の透水性を確 率論的手法に基づいて類推することで, 基礎処理等の止 水対策に役立てることができる. 今般, 大分川ダムのブラ ンケットグラウトの施工中に得られたルジオン値や割れ目 の実測データから, 地球統計学的手法<sup>4</sup>を用いて三次元 の透水性分布を推定し, その結果に基づいてDFNモデル を構築して浸透流解析を行った. 以下では, 作成したモデ ルと浸透流解析結果の概要をまとめる.

### 2. 基礎岩盤の透水性分布の推定

大分川ダムでは、コア敷全域の浸透水発生を抑制する 目的でブランケットグラウトが実施された(図ー1)<sup>2)</sup>. ブラ ンケットグラウト施工時の透水性調査で得られたルジオン 値分布を図ー2 に示す.このうち基礎岩盤改良前の透水 性を示す一次孔までのルジオン値分布と事前調査ボーリ ングのルジオン値分布をもとに、地球統計学の手法 <sup>4)</sup>を用 いて図ー3 に示す三次元ルジオンマップを作成した.

## 3. 基礎岩盤の DFN モデルの構築

## 3.1 統計量に基づく DFN モデルの作成

調査ボーリングの割れ目データから,透水性割れ目を 抽出し,幾何学情報を統計的に分析した<sup>5),6)</sup>.分析により 得られた統計量(**表**-1)に基づき,河床部の基礎岩盤の DFN モデルを構築した(**図-4(a)**)<sup>7)</sup>.

## 3.2 透水性分布に基づくモデルの修正

前述のモデルに含まれる割れ目はランダムに配置され たものであるが,実際の岩盤では,ルジオン値の低い領域 の透水性割れ目密度は相対的に小さい.これを踏まえ, 試行的に透水性分布に基づき割れ目の再配置を行った.



図-1 大分川ダム断面の模式図



図-2 ブランケットグラウト施工時のルジオン値分布



図-3 地球統計学的手法に基づく三次元ルジオンマップ

キーワード 基礎処理, ブランケットグラウト, 割れ目ネットワークモデル, 浸透流解析, 地球統計学 連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6672 具体的には、2.で作成した三次元ルジオ ンマップから割れ目の密度分布を決定し、 重み付き乱数で指定した密度分布に合致 するモデルを作成した(図-4(b)).

# 3.3 実測割れ目に基づくモデルの修正

次に、ボーリングおよび基礎掘削面の調 査で既に位置が分かっている割れ目情報 を反映して、さらにモデルを修正した.具 体的には、前述のDFNモデルで当該ボー リングや基礎掘削面に交差する割れ目を 除去し、代わりに実測の透水性割れ目を 当該位置に追加した(図-4(c)).

## 4. 地下水流動解析結果

最終的に作成した DFN モデル (図-5) を用いて地下水流動解析を実施した.割 れ目の透水量係数は三次元のルジオン値 分布と割れ目の密度分布を考慮して決定 した(図-6).また,本検討では,DFN 構 造をパイプネットワークで置き換えた解析 モデル<sup>7)</sup>を使用した.

同一の統計量に基づき確率論的に生成した2つの異なるモデル (R01モデル・R02モデル)を用いて解析した結果を図-7に示す.各 モデルの割れ目分布に起因して不均質な流量分布となっていること が分かる.また,両モデルの流量分布を比較すると,流量が集中して いる箇所が部分的に共通していることが分かる.このことから,上述の DFN モデルの修正を行うことで,モデルの不確実性が低減し,浸透 流解析結果の精度が向上する可能性が示された.

## 5. おわりに

今回作成した DFN モデルは,実測値に基づく修正を行っているも のの,モデル構築過程では多くの不確実性を含んでいる.今後,カ ーテングラウトの施工により基礎岩盤深部の情報が得られることから, これらの追加情報を反映しながらモデルを更新していく予定である. また,基礎処理等の止水対策への反映を目標として,岩盤内部の透 水性分布推定に関する検討を継続する予定である.

#### 表-1 透水性割れ目分布のパラメータセット 割れ目の密度 (5Lu以上区間対象) 割れ目の密度 (全地山対象) 割れ目の方向分布 割れ目半径分布 割れ目 P32 P32ad P32 カット 最小半径 P10 C13 Fisher 走向傾斜 ベキ乗数 (r≧5.1) (r≧5.1) (r≧1.25) 完数 (m) (本/m) $(1/\mathbf{k})$ $(m^2/m^3)$ $(m^2/m^3)$ $(m^2/m^3)$ EW系 N 85 W 64 N 14.5 5.1 3.5 0.171 2.40 0.410 0.157 0.078 NW系 N 66 W 70 S 4.9 5.1 3.5 0.114 2.51 0.286 0.110 0.055



(a) 確率論に基づくモデル (b) 透水性分布による修正モデル (c) 実測割れ目による修正モデル

図-4 基礎岩盤の DFN モデルの構築手順







#### 参考文献

- 1) ダム基礎岩盤透水性研究会:ダム基礎における立体的岩盤透水性分布の把握手法,一般財団法人ダム技術センター,2013.
- 2) 升元ほか:大分川ダムの基礎処理工への3次元割れ目モデルの適用,土木学会第71回年次学術講演会講演概要集, VI-525, 2016.9.
- 3) 渥美ほか:ダム基礎岩盤透水性の割れ目ネットワークモデルによる評価の試み,地下水学会2016年春季講演会, pp.58-63, 2016.
- 4) 正路,小池:講座「地球統計学」クリギング:誤差を考慮した空間データの補間,日本地熱学会誌, Vol.29, No.4, pp.183-194, 2007.
- 5) 鈴木,本島,井尻,青木:確率統計理論による亀裂特性データの相互関係の整理と数値解析モデルによる妥当性検証,土木学会論文集 C, Vol.65, No.1, pp.185-195, 2009.
- 6) 石橋, 尾上, 澤田, 渥美, 升元, 細谷: 地下坑道での調査データに基づく坑道周辺領域における水理地質構造モデルの構築(その1), 第42 回岩盤力学に関するシンポジウム講演集, pp.101-106, 2014.
- 7) 中嶌, 瀬尾, 尾上, 石橋, 三枝, 澤田: 地下坑道での調査データに基づく坑道周辺領域における水理地質構造モデルの構築(その2), 第 42 回岩盤力学に関するシンポジウム講演集, pp.107-112, 2014.