

割れ目ネットワークを用いたグラウト浸透シミュレーション

鹿島建設(株) 正会員 ○三好貴子 升元一彦 栗原啓丞 渥美博行

1. はじめに

ダム工事における基礎処理工の品質管理方法においては、岩盤内の透水性状、特に割れ目の分布に着目した施工データの評価が重要である¹⁾。しかしながら、亀裂性岩盤におけるグラウトの浸透範囲の評価は難しく、施工時のグラウトの改良効果はルジオン試験の結果から経験的に評価されているのが現状である。そこで、本研究ではグラウト改良効果の定量的評価を目指し、亀裂性岩盤におけるグラウト浸透シミュレーションプログラムの開発を進めている。本稿では、割れ目へのグラウト浸透をモデル化したプログラムの概要と試適用事例について報告する。

2. グラウト浸透シミュレーションの概要

割れ目へのグラウト浸透解析の既往研究では、Hässler²⁾による岩盤を平行平板でモデル化した例や、小山ら³⁾による等価多孔質モデルを用いて解析を実施した例があるが、本研究では3次元割れ目ネットワークを用いてグラウト浸透シミュレーションの開発を進めている。グラウト浸透シミュレーションのフローを図-1に示す。まず、現地調査結果に基づき3次元割れ目ネッ

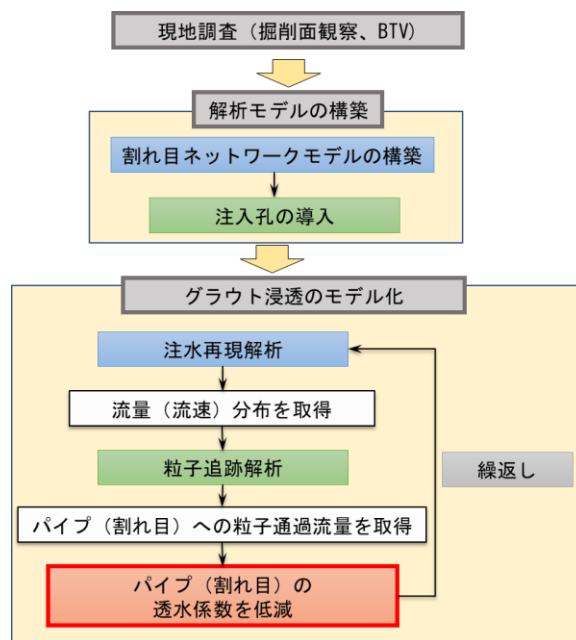


図-1 グラウト浸透シミュレーションのフロー

トワークモデルの構築を行う。割れ目ネットワークモデルとは地質・水理学的統計量に基づき岩盤内の割れ目を確率論的にモデル化する手法である。ここで掘削面やボアホールテレビ(BTV)から得られた割れ目を決定論的にモデルに反映させることで観察された高透水性割目をモデル上で再現することができる。本研究では割れ目ネットワークモデルをパイプネットワークで置き換えた解析モデルを使用した⁵⁾。次に、グラウト浸透のモデル化を行う。ここで、注入孔への注水を再現した解析を行い解析領域内における割れ目の流量を算定する。この流量分布を基にセメントを模擬した粒子を注入孔から注入し、粒子が割れ目を通過する流量に応じてその割れ目の透水係数を低減させる。このとき、透水係数の低減率はグラウト施工実績から算出された低減関数によって決まる。これによって、モデル領域内におけるグラウト改良効果を割れ目の透水係数の低減分布という形で定量化することができる。

3. 試適用事例

3.1 解析モデルの構築

ダムサイトAで取得されたルジオン値や割れ目の実測データを用いて作成した割れ目ネットワークモデル⁴⁾およびグラウト浸透シミュレーションのモデル化範囲と注入孔の配置を図-2に示す。割れ目ネットワークモデルの1リアライゼーションに、ダムサイトAのブロックの一つを模擬した5本の注入孔を3m間隔で配置した。注入孔がモデルの中心に位置するように、解析領域を80×80×50mとしてグラウト浸透シミュレーションを実施した。

3.2 グラウト浸透のモデル化

まず、それぞれの注入孔と割れ目との交点での流量を求めるために、注入孔1の水頭を100mとして注水再現解析を実施した。このとき、上面下面は不透水境界、側面の水頭は0とした。次に、注入孔1と割れ目の交点からセメントを模擬した粒子を注入し、粒子追跡解析を行った。粒子の通過量に応じて、割れ目の透水係数を低減させた。このとき、透水係数の低減率は注入孔1におけるグラウト施工時の単位注入流量から算出した低減関数を用いて

キーワード：基礎処理、グラウト、割れ目ネットワークモデル、浸透流解析

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 042-489-6659

求めた。注水再現解析から粒子追跡解析、割れ目の透水係数の低減までの一連の工程を注入孔 1、注入孔 2、注入孔 3、注入孔 4、注入孔 5 の順に行うことでグラウトを実施する施工をシミュレーションした。

3.3. 解析結果

図-3 にグラウト浸透シミュレーションで算出された注入孔 1 から 3 へのグラウト後の透水係数の低減率の分布を示す。注入孔と交差した割れ目からグラウトが浸透することによる、透水係数の低下領域の分布が算出された。セメント粒子の移行経路が深度 35m 以深に集中しているが、これは対象としているブロックの深度 45m 付近で高いルジオン値が計測されたことに起因していると考えられる。図-4 にそれぞれの注入孔における経時流量を示す。初期値は注入孔 1 にグラウトが実施される以前の流量である。グラウトが実施された注入孔が増えるにしたがい、流量の低減率が減少していく現象が確認できた。

4. まとめ

今回開発したグラウト浸透シミュレーションプログラムの試適用を行った結果、注入孔と交差した割れ目からグラウトが浸透することによる透水係数の低下領域が算出された。今後は、各種調査データや現場施工データをモデルに反映させるようプログラムの改良、高度化に取り組む予定である。

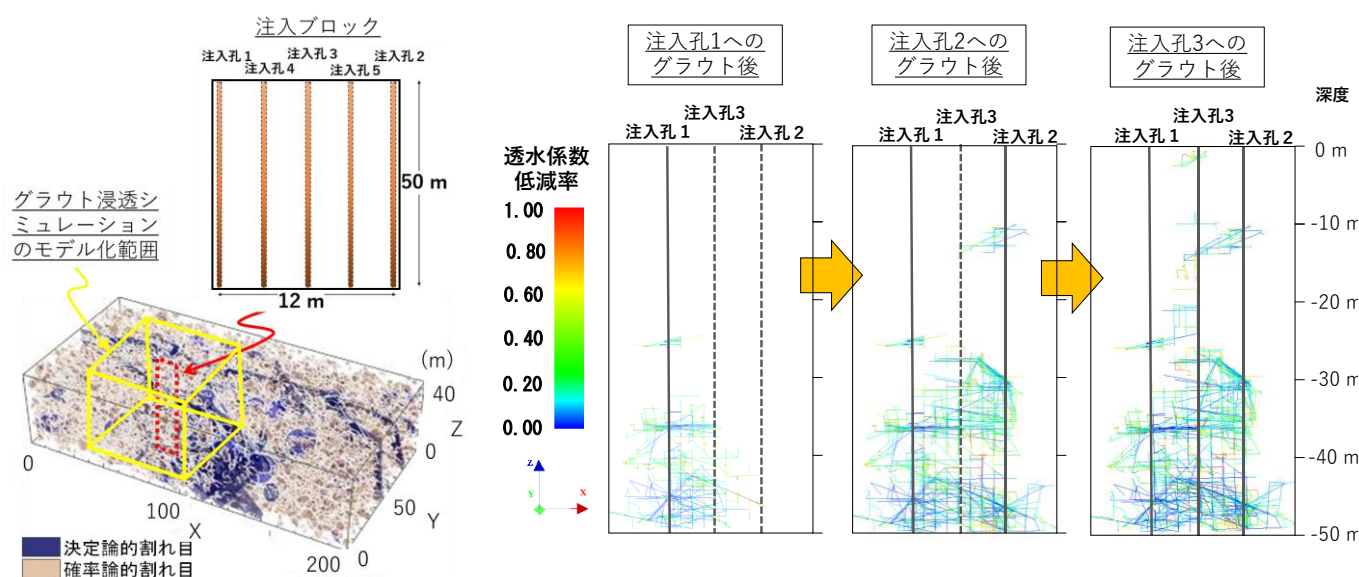


図-2 ダムサイト A の割れ目ネットワークモデル⁴⁾とグラウト浸透シミュレーションのモデル化範囲

図-3 注入孔 1, 2, 3 へグラウト後の透水係数の低減率の分布

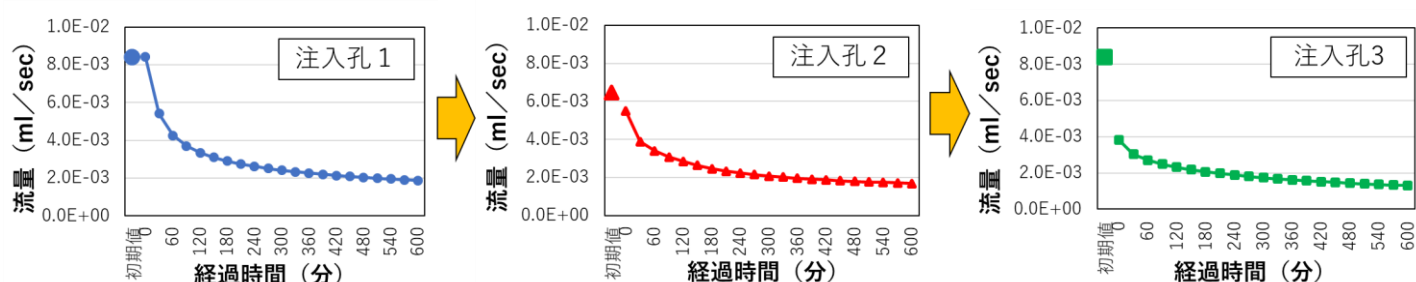


図-4 注入孔 1, 2, 3 へグラウト時の経時流量変化

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) Hässler, L.: Grouting of Rock - Simulation and classification, Ph. D thesis, Div. of Soil and Rock Mechanics, Royal Institute of Technology(KTH), Sweden, 1991.
- 3) 小山ほか：地層処分におけるグラウト技術の高度化研究(その5)―等価多孔質媒体モデルを用いた注入フィードバック解析―，13th Japan Symposium on Rock Mechanics, pp.355-360, 2013.
- 4) 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.
- 5) 中畠，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.