

浸透流解析を用いた不飽和軟岩地盤における原位置透水試験の再現解析

独立行政法人土木研究所 正会員 山口嘉一

独立行政法人土木研究所 正会員 ○下山顕治

1. はじめに

ダム基礎地盤の透水性は、一般に多段階の定圧注水試験であるルジオンテストにより評価される¹⁾。しかし、地下水上の不飽和帯では、非定常浸透の影響により、透水試験の実務的な注水時間程度では各注入圧力段階における定常流量が得られず、結果的に透水性を過大に評価してしまうおそれがある。このような地盤では、長時間透水試験²⁾のように通水時間を長くして定常流量を得る方法が考えられるが、工期やコストの観点から、この試験方法を数多く実施することは難しい。

著者らはこれまで、飽和-不飽和浸透流解析において、地盤の透水係数が注入流量の非定常浸透特性に与える影響を明らかにするとともに、実務的な試験時間の透水試験データより安定流量を推定する方法を提案した³⁾。本研究では、本手法を不飽和軟岩地盤における長時間透水試験の実測データに適用し、その再現性を確認する。

2. 長時間透水試験データの概要

検討に用いた試験データは、現在試験湛水中である大保脇ダムの左岸リム部で行われた長時間透水試験結果²⁾のうち、強い非定常浸透の傾向が見られた5ステージ分のデータとした(図-1 参照)。表-1 に対象とするステージの試験条件を示す。図-2 に検討対象となるステージの注入流量の時系列を示す。なお、本試験における測定時間間隔は1 分間であるが、生データはばらつきが大きいので10 分移動平均値を用いた。

3. 浸透流解析による再現解析

飽和-不飽和浸透流解析を用いて長時間透水試験の再現解析を実施した. 実測データと解析データのフィッティングは, 山日, 下山の提案する方法³⁾を用いた.

3.1 解析モデル

解析モデルの一例を図-3 に示す。解析モデルは半径 30m、高さ 25m の軸対象モデルとした。試験孔は長時間透水試験の条件を極力再現するため、孔径を 66mm、試験区間長を 2.5m とし、試験区間上端深度は 1.1 ステージを 5.0m、1.2 ステージを 7.5m、2.1 ステージを 10.0m とした。有効注入圧力は実測データと同じ値とした。

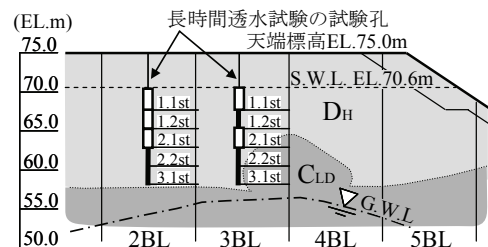


図-1 長時間透水試験実施箇所
(□：検討対象のステージ)

表-1 再現解析の対象

ブロック	2			3	
ステージ	1.1	1.2	2.1	1.1	2.1
孔径(mm)	66				
ステージ長さ(m)	2.5				
有効注入圧力 (MPa)	0.087	0.111	0.136	0.087	0.136
測定時間間隔	1 分				

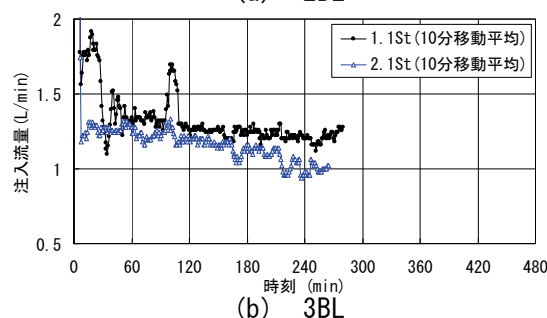
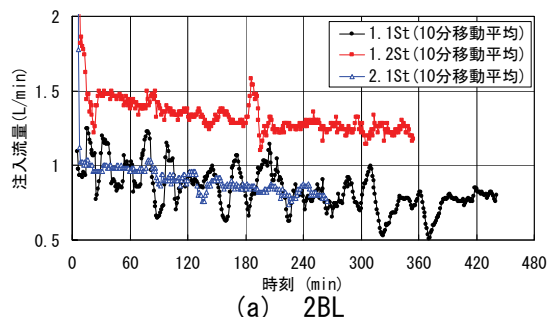


図-2 注入流量の時経列(10分移動平均)

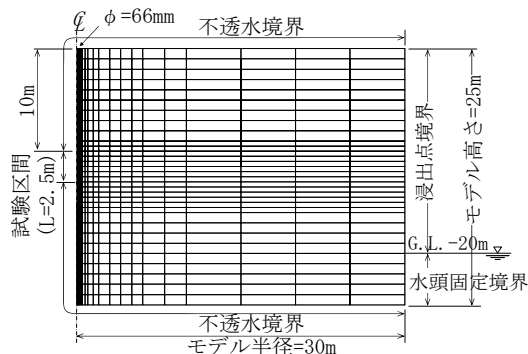


図-3 解析モデル(2.1ステージ)

キーワード 不飽和地盤，非定常浸透，飽和 - 不飽和浸透流解析

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6 独立行政法人土木研究所 TEL: 029-879-6781

3.2 解析物性値

表-2 に解析物性値を示す。地盤の飽和透水係数 k および比貯留係数 S_s は、10Lu 程度の多孔質媒体とみなせる軟岩地盤を想定して設定した⁴⁾。

間隙率 n および不飽和浸透特性は、長時間透水試験を実施した大保脇ダム左岸リム部より採取した D_H 級岩盤の不攪乱試料を用いて、室内試験により求めた。図-4 に不飽和浸透特性の試験結果とそれに一致するように設定した解析入力値を示す。

3.3 検討方法

検証手法は、試験初期のデータを用いて注入流量のフィッティングを行い、試験終了時の実測データと解析結果の注入流量を比較することで検証した。フィッティングに使用する時刻は、生データにおいて、試験開始直後に注入流量に大きな乱れが認められたため、その影響を避けるために 60～120 分のデータを用いた。検証に用いる流量は、実測データにばらつきが見られるため、それぞれ試験終了直前の 1 時間の平均流量とした。

4. 解析結果

図-5 にフィッティング前後の注入流量時系列の一例を示す。フィッティング前は解析結果と実測データには大きな差が見られるが、フィッティング後の両者はほぼ一致しており、実測データを精度よく再現できていることがわかる。表-3 に各ステージにおける最終 1 時間平均流量の検証結果を示す。再現解析による最終時刻の流量は、実測データに対して -6%～+5% の範囲であり、本手法により試験初期のデータから最終時刻の注入流量を高精度で予測できていることがわかった。

5. おわりに

飽和・不飽和浸透流解析を用いて、実務的な試験時間の透水試験データより安定流量を推定する方法を、実際の長時間透水試験データに適用し、試験初期のデータから最終時刻のデータを高い精度で推定できることを確認した。今後は、原位置試験への適用に向けた検討を進めていく予定である。

謝辞

本研究を進めるにあたり内閣府沖縄総合事務局北部ダム事務所の関係各位ならびに岡山大学西垣誠教授に多大なるご協力、ご助言をいただいた。記して謝意を表します。

参考文献

- (財)国土技術研究センター編集：ルジオンテスト技術指針・同解説，大成出版社，2006.7.
- 山口嘉一，安仁屋勉，池澤市郎，赤松利之：風化軟岩地盤の不飽和帯における長時間透水試験，地盤工学ジャーナル，Vol.3，No.3，pp.229-242，2008.9.
- 山口嘉一，下山顕治：浸透流解析を用いた不飽和地盤の透水性評価手法，土木学会第 64 回年次学術講演会概要集，pp.601-602，2009.9.
- 松本徳久，山口嘉一，弘末文紀：ルジオンテストの各種境界条件下での精度と結果の解釈，建設省土木研究所資料，第 2518 号，1987.11.

表-2 解析物性値

間隙率 n	0.48
飽和透水係数 k (cm/s)	1.3×10^{-4}
比貯留係数 S_s (1/cm)	1.0×10^{-7}

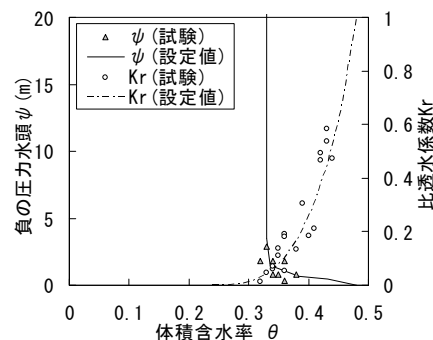
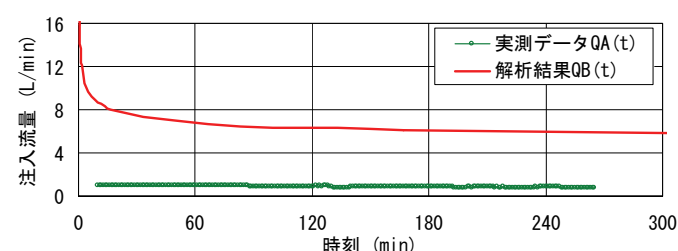
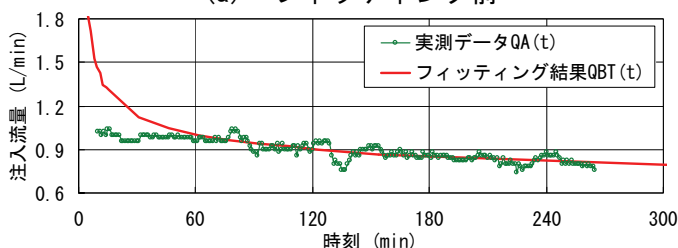


図-4 不飽和浸透特性



(a) フィッティング前



(b) フィッティング後

図-5 実測データと解析結果の比較
(2BL, 2.1St)

表-3 実測データと解析結果の比較

ブロック		2			3	
ステージ		1.1	1.2	2.1	1.1	2.1
試験終了時間(hour)		7.35	5.92	4.42	4.67	4.42
有効注入圧力(MPa)		0.087	0.111	0.136	0.087	0.136
フィッティング後の透水係数(cm/s)		2.12E-05	2.78E-05	1.4E-05	3.46E-05	1.93E-05
最終1時間平均	実測データQ _A	0.78	1.24	0.82	1.21	1.02
流量(L/min)	解析結果Q _{BT}	0.73	1.18	0.81	1.20	1.07
	実測と解析の比 Q _{BT} /Q _A	0.94	0.96	0.99	0.99	1.04