

# FEM 浸透流解析による破砕帯地すべり解析結果

FEM seepage analysis of a landslide area in fractured zone

蔡飛(群馬大学)\*・中村淳・岡木勇(株式会社フォーラムエイト)

Fei CAI(Gunma Univ.)・Atsushi NAKAMURA・Isamu OKAKI(Forum 8 Co., Ltd.)

キーワード：FEM、浸透流解析、地すべり、降雨

Keyword: FEM, Seepage Analysis, Landslides, Rainfall

## 1. 解析手法および解析条件

飽和・不飽和浸透流解析ツール VFlow を用いて破砕帯地すべり浸透流解析を行った。解析領域は全体モデルを用いた。解析で用いた FEM メッシュ(図1) 各地層の透水係数(表1)および不飽和浸透特性は、参考文献1)に用いたものと同じである。安定水位の再現解析、2004年時系列の再現解析、および排水トンネルを設置した後の2004年時系列の予測解析、を行った。これらの解析では、山側は不透水、河川側は水頭固定(EL:204m) 底面は流量固定境界とした。これらの境界条件も参考文献1)と同じである。地すべり表面の境界条件としては、安定水位の再現解析では定常的な降雨3.7mm/day、2004年時系列の再現解析および排水トンネルを設置した後の2004年時系列の予測解析では、植物の遮断効果を考慮し、85%の実降雨を用いた。

表1 透水係数

材料番号	記号	透水係数(cm/s)
1	sld	$3.9 \times 10^{-4}$
2	dt	$5.6 \times 10^{-4}$
3	Fault	$2.3 \times 10^{-4}$
4,11	Thrust	$1.3 \times 10^{-4}$
5	NKT4-Ss	$1.9 \times 10^{-5}$
6,7	NKT3-Ch/S1	$1.0 \times 10^{-4}$
8	NKT2-Ls/Rs	$6.7 \times 10^{-5}$
9	NKT1-Ch/S1	$1.6 \times 10^{-4}$
10	NYD-Ba/S1	$3.7 \times 10^{-5}$

解析では、収束条件は水頭の絶対誤差が5cm以下であると設定した。VFlow では時間間隔を自

動的に調整できるため、解析が発散することはなかった。

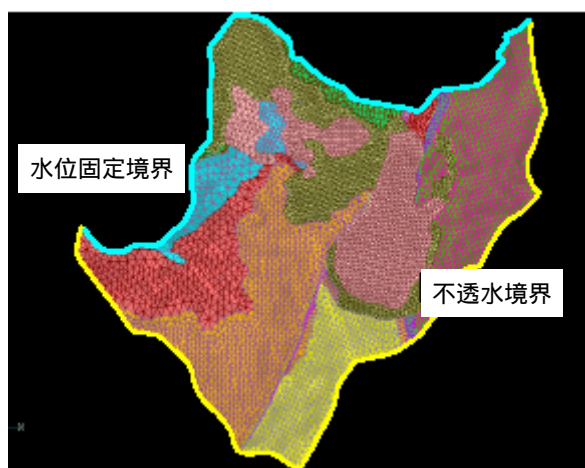


図1 FEM メッシュ<sup>1)</sup>

## 2. 安定水位の再現解析

安定水位の再現解析結果を表2に示す。解析結果と観測結果との平均誤差は2.41m、絶対平均誤差は19.9mである。参考文献1)の解析結果と比較して、平均誤差はかなり小さく、絶対平均誤差はほぼ同じである。再現解析の精度を検証するときは、絶対平均誤差を用いるべきであるが、地すべり安定解析結果に及ぼす水圧の影響を考慮すれば、水圧誤差の一部が相殺されるため、平均誤差を用いるべきであると思われる。

安定水位の再現解析の水位誤差分布を図2に示す。全体的に見れば、地すべり頭部では、解析水位が観測水位より高く、特に観測孔D02B-07では、解析水位が観測水位より38.1mも高い。

水収支(解析領域における流入量と流出量との

差)は、解析結果の精度を示す重要な指標である。水収支より、浸透流解析の支配方程式のベースの1つである水の質量保存則が満たされているかどうか分かる。安定水位の再現解析では、解析領域への流入量は  $2.02 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{day}$ 、水収支が  $1.35 \text{ m}^3/\text{day}$  であり、収束誤差を 5cm に設定した時、水の質量保存則が満たされていることがわかる。

表 2 安定水位の再現解析結果

番号	孔番	観測水位 (m)	解析水位 (m)	誤差 (m)
1	D99B-02	471.0	472.8	1.8
2	D02B-05	386.2	394.1	7.9
3	D02B-06	381.8	400.8	19.0
4	D02B-07	470.0	508.1	38.1
5	D3B-01	259.4	261.5	2.1
6	D3B-04	264.7	259.7	-5.0
7	DB-09	554.3	556.3	2.0
8	DB-13	544	532.3	-11.7
9	D0B-01	474.1	488.8	14.7
10	D0B-03	456.9	474.2	17.3
11	D0B-05	435.3	431.3	-4.0
12	D0B-07	422.2	434.1	11.9
13	D0B-08	356.7	352.5	-4.2
14	D0B-11	340.8	341.1	0.3
15	DB-19	474.6	463.4	-11.2
16	D01B-03	203.8	210.3	6.5
17	D1B-01	214	214.4	0.4
18	D1B-05	207.2	208.2	1.0
19	D2B-01	221.4	217.4	-4.0
20	D4B-01	272.2	277.5	5.3
21	D5B-03	262.1	255.4	-6.7
22	D5B-04	271.7	258.1	-13.6
23	D6B-03	307.3	309.0	1.7
24	D6B-04	327.4	315.4	-12.0

### 3. 2004 年時系列の再現解析結果

2004 年時系列の再現解析を行うとき、まず、参考文献 1) に用いた一段タンクの浸透量を用いて解析を行った。しかし、図 3 に示すように降雨による水位の変動がほとんど見られなかったため、実降雨を用いて解析を行った。降雨による水位変

動は観測値により大きいことがわかった。従って、植物による遮断を考慮し、85%の実降雨を用いて

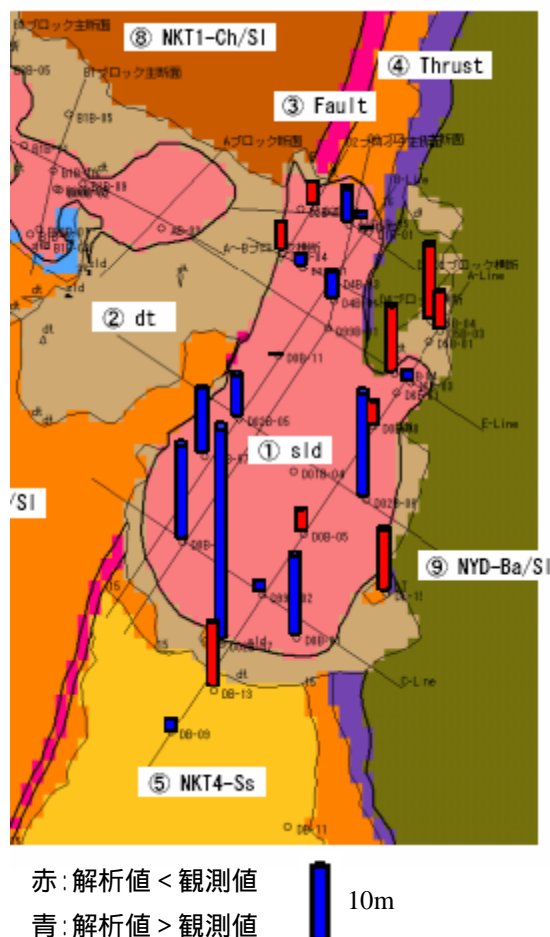


図 2 安定水位の再現解析の水位誤差分布

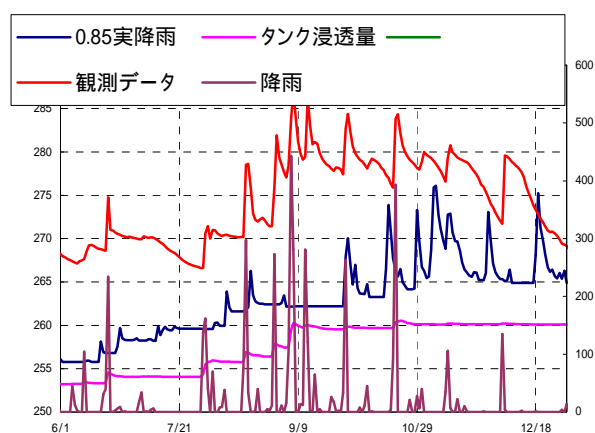


図 3 タンクの浸透量を用いた時の D3B-04 観測孔での水位変化

解析を行った。降雨による水位変動は観測値とよく似ていることがわかった。代表的な観測孔での解析結果を図4、図5に示す。解析結果より、多くの観測孔において、年間水位は上昇傾向があり、年初の水位に戻らないことがわかった。

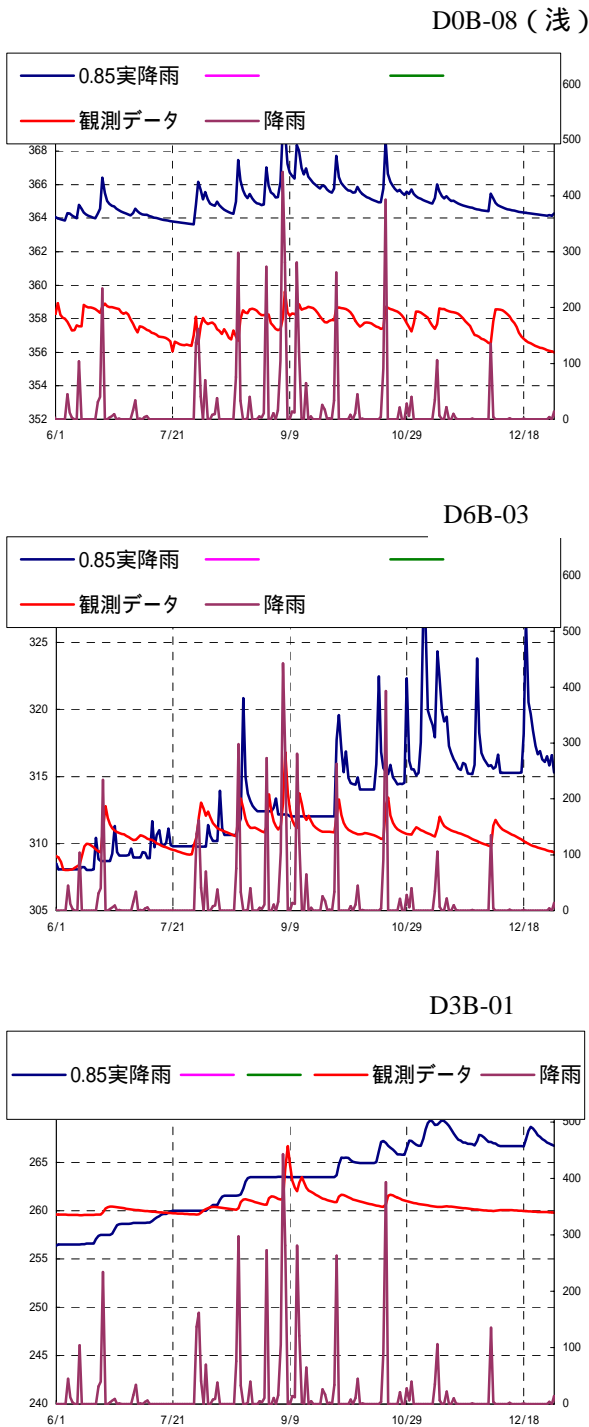


図4 降雨および地下水位の時刻歴

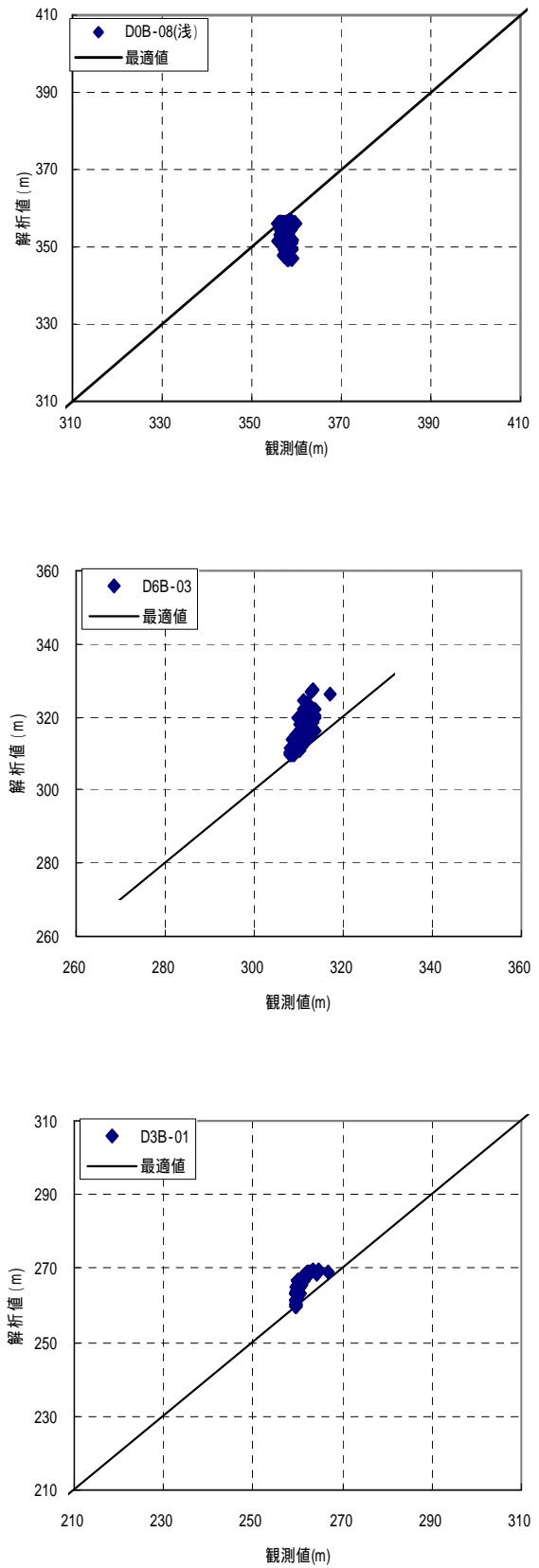


図5 解析値と観測値の誤差

#### 4. 排水トンネルの効果

4本の排水トンネルが設置された後の2004年時系列の予測解析を行った。排水トンネルの位置を図6に示す。予測解析では、排水トンネルおよび集水ポーリングを浸出点とした。また、85%の2004年の実降雨を用いた。他の解析条件は2004年時系列の再現解析と同じである。解析結果として、観測孔で排水トンネルによる水位低下効果を図7に示す。図7より、排水トンネルによる水位低下効果が場所によって異なるものの、河川沿いを除いて、水位低下効果は大きいといえよう。2004年末での水位低下効果において、最も大きい観測孔はD0B-03であり、水位低下効果は40.4mもあることがわかった。

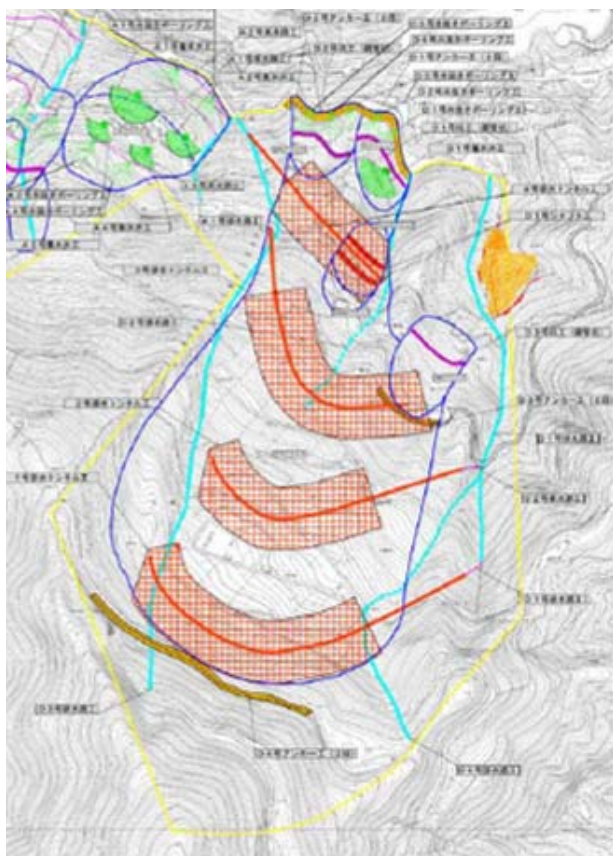


図6 排水トンネルの位置

#### 5. おわりに

破碎帯地すべり一斉解析では VGFloW を用いて飽和・不飽和浸透流解析プログラムを用い、安

定水位の再現解析、2004年時系列の再現解析、

排水トンネルを設置された後の2004年時系列の予測解析を行った。安定水位の再現解析の絶対平均誤差は19.9mもあることがわかった。2004年時系列の再現解析結果としては、降雨時の水位変動を再現するためには実降雨を用いる必要があることがわかった。また、解析結果より、排水トンネルの効果は顕著であることは明らかになった。

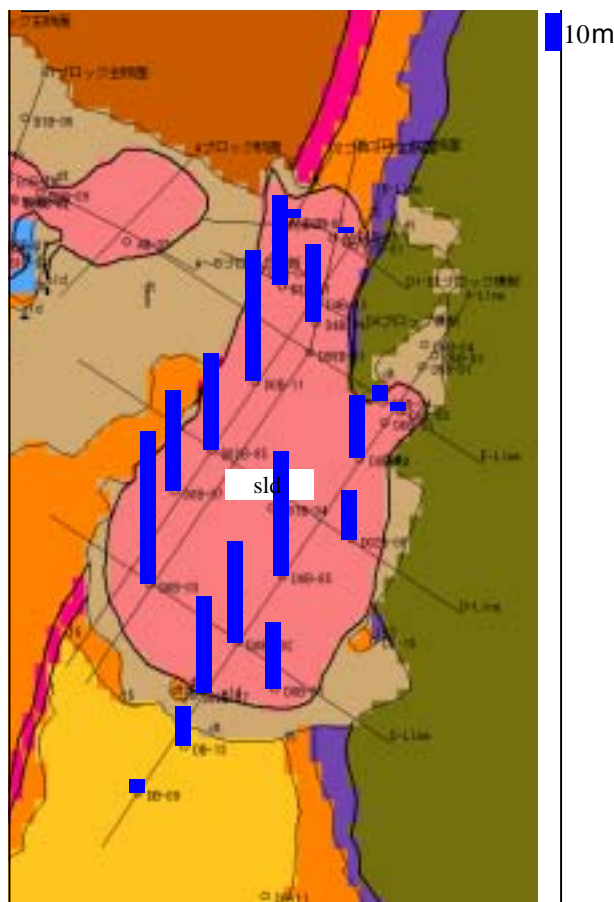


図7 排水トンネルによる水位低下効果

謝辞：本解析の実施にあたり、貴重な資料及び御助言を頂いた中国四国農政局担当者及びエイトコンサルタントの担当者の各位に深く御礼申し上げます。

参考文献：

- 1) 中国四国農政局農村計画部資源課：地すべり地地下水流動解析調査四国秩父帯地区報告書、平成18年3月。