

## 平均飽和度に着目した盛土内土中水分の減衰過程に関する検討

公益財団法人鉄道総合技術研究所 正会員 ○入 栄貴 正会員 布川 修

### 1. はじめに

鉄道では、豪雨時には運転を規制する措置を実施しているが、近年の降雨の激甚化に伴い、運転規制の回数増加や規制時間の長期化が懸念されている。特に、降りやみ時において、過去に経験のない雨量を受けた場合、規制解除の判断に苦慮することが想定される。一方、一部の鉄道事業者は、土砂災害との関連性が高い土中水分の減衰過程を考慮した雨量指標に基づき運転規制を実施している<sup>1)</sup>。その例として、図1に実効雨量  $R_w$  の概念図を示す。実効雨量は半減期  $T$  を設定することで  $i$  時間の降雨量  $R_i$  の影響を半減させ、疑似的に土中水分の減衰挙動を表現している。実効雨量の半減期は、過去の降雨履歴と災害履歴との関係から設定されることが主であるため、土質条件や盛土形状など土構造物の状況を直接的には反映していない。そこで、本検討では、雨量指標設定の支援を目的に、盛土内の土中水分状態を示す「平均飽和度」に着目して異なる盛土形状・土質条件下での減衰過程を浸透流解析により比較し、半減期  $T$  の柔軟な設定に資する基礎資料を得たので報告する。

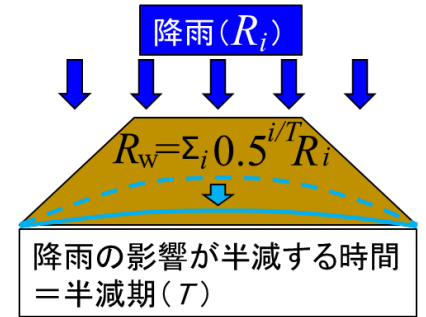


図1 実効雨量の概念図

### 2. 解析概要

本稿では、盛土を完全飽和状態（平均飽和度  $S_r=100\%$ ）から減衰させる解析を実施し、盛土内の平均飽和度の減衰過程を評価する。これは降り止み状態を想定したものである。

#### (1) 盛土条件

盛土モデルを表1に示す。盛土形状は、純盛土、片切片盛、傾斜地盤上の盛土とし、各モデルで盛土高さが異なる。また、傾斜地盤上の盛土では基盤傾斜角を7.5度、15度、25度の3パターンとする。のり面勾配は1:1.5とする。

#### (2) 土質条件

表2に解析パラメータを示す。土質種別は砂質粘性土と砂質土とし、Carsel and Parrish が算出した値<sup>2)</sup>をもとに設定した。土の保水性はVan Genuchten の水分特性曲線モデルを用いて設定した。

#### (3) 定常状態の設定

減衰限界値（以下、定常状態）を設定する。盛土内地下水位は減衰していく過程で徐々に一定の値に収束し、これ以上低下しない定常状態が存在することが考えられる。解析上、排水が継続する可能性を考慮し、定常状態を下限値として設定することで、完全飽和状態と定常状態との間における減衰過程を評価する。なお、定常状態を取得する解析は、岡田ら<sup>3)</sup>を参考に降雨量を設定した。

表1 盛土モデル

モデル番号	盛土形状	高さ
1	純盛土	5m
2		10m
3		20m
4	片切片盛	5m
5		10m
6		20m
7	傾斜地盤上の盛土 (7.5度)	10m
8		15m
9		20m
10	傾斜地盤上の盛土 (15度)	10m
11		15m
12		20m
13	傾斜地盤上の盛土 (25度)	10m
14		15m
15		20m

表2 解析パラメータ

土質条件		①砂質粘性土	②砂質土
飽和透水係数 (cm/s)		$1.23 \times 10^{-3}$	$8.25 \times 10^{-3}$
保水性	飽和体積含水率	41%	43%
	残留体積含水率	6.5%	4.5%
	パラメータ $\alpha$	0.075	0.145
	パラメータ $n$	1.89	2.68

キーワード 盛土, 平均飽和度, 半減期, 雨量指標, 降りやみ

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL : 042-573-7263

### 3. 解析結果

平均飽和度の減衰傾向を盛土形状ごとに図2～図6に示す。盛土の平均飽和度が半減するまでの時間は砂質粘性土の場合、最短でモデル13の2.9日である。一方で、砂質土は、砂質粘性土と同様にモデル13が最短であるが、半減に要する時間は0.7日である。また、盛土のり肩水位の結果と比較すると<sup>4)</sup>、半減時間は砂質粘性土で1.3日、砂質土で0.4日であり、平均飽和度の方が減衰時間は長くなる傾向を示した。一方、半減時間の最長は、砂質粘性土で、モデル3の8.1日（のり肩水位は6.5日）、砂質土で、モデル9の3.2日（のり肩水位はモデル3の6.5日）となる。土質条件・盛土形状によって平均飽和度の半減時間は大きく異なっている。

完全飽和状態からの平均飽和度の経時的な減衰率に着目すると、砂質粘性土の最大はモデル13で、6時間後に3.0%、12時間後に4.9%、24時間後に8.6%となる。一方で、砂質土における最大も同様にモデル13であるが、6時間後に14.1%、12時間後に24.3%、24時間後に39.1%となり、砂質粘性土よりも減衰率が大きくなることを示した。また、砂質土の場合、24時間後にほぼ全てのモデルの減衰率が20%以上となることが明らかになった。ここで、各盛土モデルの断面積を全て算出し、盛土断面積と平均飽和度の減衰率との関係性を整理する。図7は、砂質土の6、12、24時間後における減衰率を示しているが、各経過時間に応じて一定の関係性がみられる。すなわち、盛土の形状や規模を包含する盛土断面積に応じて、降りやみ時からの平均飽和度の減衰率（経過時間を指定）を一律に推定でき、その減衰率に基づき盛土の安定性を評価できる可能性を示した。

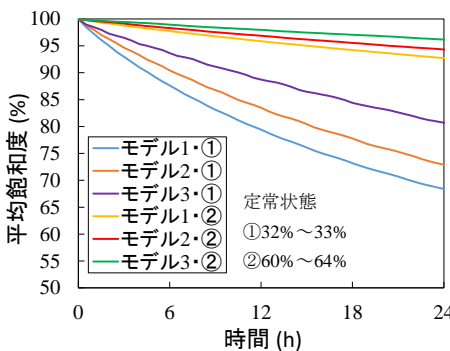


図2 純盛土

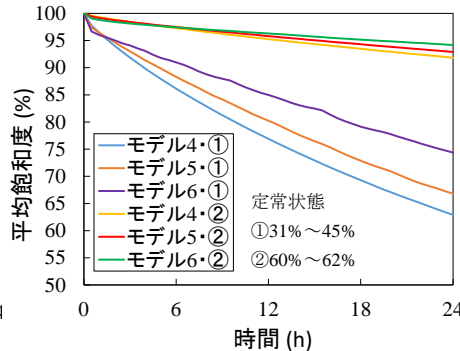


図3 片切片盛

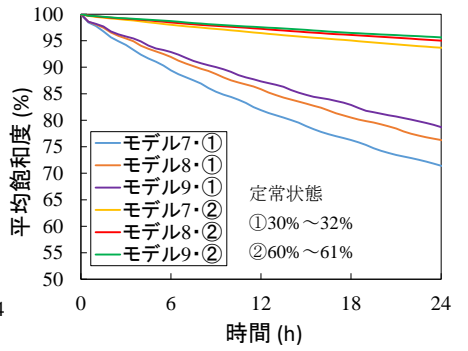


図4 傾斜地盤上の盛土 7.5度

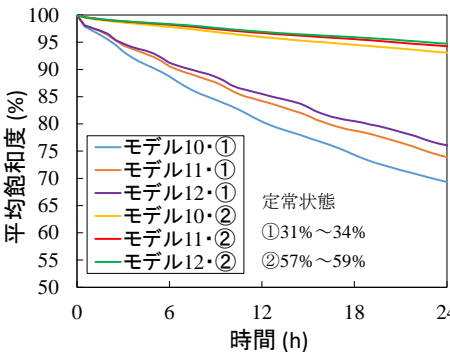


図5 傾斜地盤上の盛土 15度

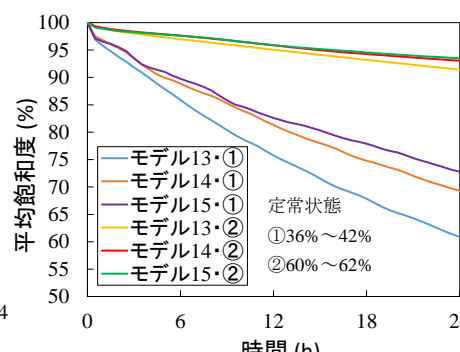


図6 傾斜地盤上の盛土 25度

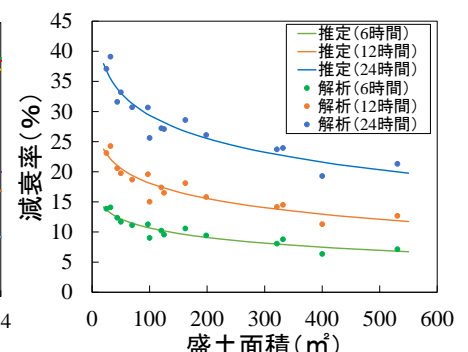


図7 盛土面積と減衰率

### 4. まとめ

本稿では、盛土を対象とした平均飽和度の減衰過程を土質条件・盛土形状ごとに比較した。その結果、盛土断面積に応じて、降りやみ時からの平均飽和度の減衰率（経過時間を指定）を一律に推定できる可能性を示した。

### 参考文献

1)鈴木修、島村誠、山村啓一：実効雨量指標を用いた降雨時運転規制手法の導入について、鉄道技術連合シンポジウム講演論文集 J-RAIL, p557-560, 2007, 2)社団法人 地盤工学会：不飽和地盤の挙動と評価、丸善, p37, 2006, 3)岡田勝也、岩崎昭次、杉山友康、村石尚：豪雨時の盛土の安定解析のための定常地下水位の推定、第34回地盤工学会研究発表論文集, p2121-2122, 1999, 4)入榮貴、布川修：異なる土質条件・盛土形状における盛土内地下水位の減衰過程に関する比較、第19回地盤工学会関東支部発表会、防災 2-3, 2022