

切盛境界および橋台接合部の盛土における排水パイプの施工仕様に関する一考察

鉄道総合技術研究所 正会員 ○西田 幹嗣 正会員 太田 直之 正会員 渡邊 諭
 正会員 浅野 嘉文 正会員 伊藤 賀章
 京都大学 フェロー 杉山 友康
 岡山大学 正会員 西垣 誠

1. はじめに

降雨が浸透することにより安定性が低下すると予想される盛土に対しては、排水が効果的かつ不可欠な対策とされている。しかしながら、盛土内からの排水を促すための対策の多くは設計法が確立されておらず、その施工仕様については経験に基づいて決定されている場合が多い。

本稿では、切盛境界や橋台接合部の盛土のように浸透水による水位上昇が顕著に現れ弱点箇所となり易い範囲に打設する排水パイプの施工仕様を提案することを目的に、排水パイプの打設長さや打設間隔をパラメータとした3次元飽和・不飽和浸透流解析とその水位を用いた安定解析を実施したので報告する。

2. 解析条件

2.1 解析モデル

切盛境界や橋台接合部の盛土では、その境界部に集中的に表面水が浸透することで他の箇所よりも盛土内水位が上昇し不安定化することが考えられる(図1)。これらの条件を再現するために、本検討では盛土の透水係数から求めた浸透可能限界量を降雨として境界部で与えることとした。

盛土の延長は境界部の反対側の境界条件の影響を受けないように十分長くする必要があるので、ここでは使用した解析ソフトの節点数の制約から図2に示す延長約5mの解析モデルを用いて検討した。また盛土高さは、過去の被災事例の平均値である7.5m²⁾とし、のり面の勾配(1:1.5)や盛土幅(5m)については在来線複線盛土の一般的な形状を考慮して決定した。このような盛土に長さ4m、6m、8mの排水パイプをそれぞれ1m、2m、3m間隔の千鳥配置で打設する9ケースに、表面水の集中がなく排水パイプを打設しない場合の1ケースを加えた表1に示す10ケースについて解析を実施した。なお、解析に用いた排水パイプのモデルは図3のようなパイプ周囲に低透水層(スキンエフェクト層³⁾と称す)を設定したものを適用した。

2.2 解析パラメータ

飽和・不飽和浸透流の解析条件として、不飽和領域の透水特性はBrooks&Corey法とした。飽和・不飽和水分特性値は、過去の鉄道盛土の被災箇所から採取した試料の特性値を基に設定³⁾された表2に示す値を用いた。また、不飽和透水係数はIrmay型とし、パラメータnについては西垣の方法⁴⁾により以下の式から求めた。

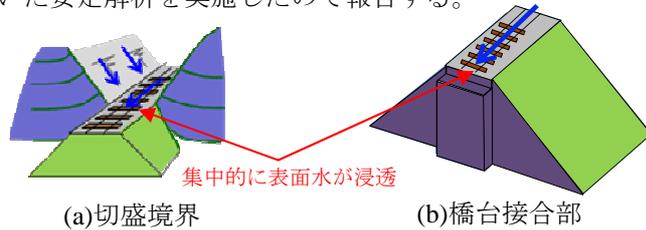


図1 解析モデルの概要

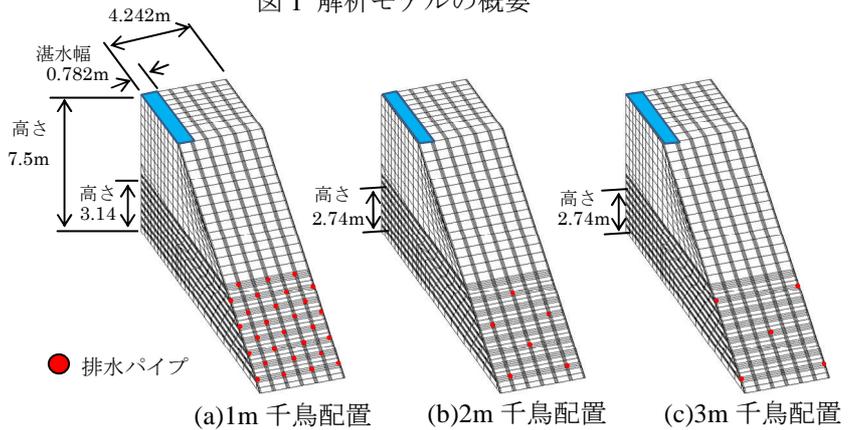


図2 本検討で用いた解析モデル

表1 解析ケース

解析ケース	パイプ長 L(m)	打設間隔 ctc(m)	湛水条件	降雨条件
1		無し	有り	短時間型降雨パターン(作用II)
2	4	1		
3	6			
4	8			
5	4	2		
6	6			
7	8			
8	4	3		
9	6			
10	8			

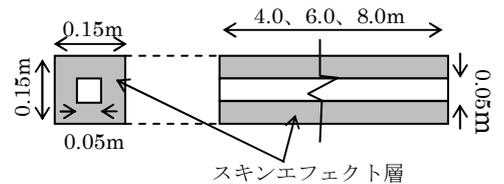


図3 排水パイプの浸透流解析モデル

キーワード 盛土、浸透流解析、安定解析

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 鉄道総合技術研究所 TEL042-573-7263

$n=0.69-1.31 \cdot \log_{10}k$ k :飽和透水係数 (cm/s)

盛土材料の飽和透水係数は 5×10^{-3} cm/s とし、スキンエフェクト層の飽和透水係数は、盛土材料の飽和透水係数の 85%³⁾である 4.25×10^{-3} cm/s と設定した。

安定解析ではすべり面がのり先と施工基面をとおると仮定して修正フェレニウス法を用いて安全率を算定した。この際、土の力学特性は表 3 に示す設計標準⁵⁾の土質 2 の設計用値とした。なお、筆者らが過去に鉄道盛土で実施した標準貫入試験の結果、N 値は 2~5 程度と緩い部分があることが確認されたことから、強度定数は設計標準⁵⁾の表層部の値とした。

2.3 外力条件

降雨条件は、浸透流解析に用いたパラメータが砂質土であることから、盛土内水位が上昇しやすい図 4 に示す降雨モデル⁵⁾とした。また、湛水条件として、図 2 に示す施工基面上の幅 0.782m の範囲に盛土の透水係数から算定される最大浸透可能量として 180mm/h の降雨を 0 時間から 24 時間まで作用させた。なお、解析の初期条件は、年間降水量を 2000mm、降雨日を 120 日としたときの割合で雨量を与え、盛土内の水位が定常となった状態とした⁶⁾。

3. 解析結果

図 5 は、排水パイプの打設長さが水位の低下に与える影響を示したものである。同図からは、同じ打設間隔であれば排水パイプの打設長さが長いほど水位の低下効果が大きいことが確認できる。また、図 6 は排水パイプの打設間隔が水位の低下傾向に与える影響を示したものである。同図からは、同じ排水パイプの打設長さであれば排水パイプの打設間隔が密なほど水位の低下効果が大きいことが確認できる。以上のことから、盛土に打設する排水パイプの打設長さが長く、かつ打設間隔が密なほど水位の低下効果が大きくなると言える。

図 7 は、X 軸に排水パイプの打設間隔、Y 軸に排水パイプの打設長さ、Z 軸にケース 2 からケース 10 の降雨降り止み後 1 時間が経過した時の安全率 F_{S_i} をケース 1 の同時刻の安全率 F_{S_1} で正規化した安全率 F_{S_i}/F_{S_1} を整理したものである。同図から、正規化した安全率が 1.0 よりも小さくなるのは、排水パイプの打設長さが 4m で打設間隔が 2m と 3m の施工仕様であり、このような施工仕様では降雨時の弱点箇所対策としては不足していることが分かった。

4. まとめ

本稿では、切盛境界の盛土を対象に 3 次元飽和・不飽和浸透流解析とその水位を用いた安定解析を実施し、排水パイプの施工仕様を提案した。今後は、他の盛土の立地条件における排水パイプの施工仕様を決定するノモグラムを構築する予定である。

参考文献

- 1) 西田ら:切盛境界と落込勾配の盛土の水位上昇特性に関する解析的検討、土木学会年次学術講演会 2012、2) 杉山: 降雨時の鉄道斜面災害防災のための危険度評価手法に関する研究、鉄道総研報告、特別第 19 号、1997.5、3) 太田ら:盛土に用いる排水パイプの浸透流解析モデル、土木学会年次学術講演会 2012、4) 西垣ら: 不飽和土の浸透特性の評価に関する考察、土質工学会、不飽和土の工学的性質研究の現状シンポジウム発表論文集、1986、5) 国土交通省鉄道局監修: 鉄道構造物等設計標準・同解説土構造物、2007.10、6) 岡田ら: 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 回地盤工学研究発表会、1999

表 2 解析に用いた水分特性

土質	保水性			
	体積含水率		限界吸引圧力 水頭(1/cm)	λ
	飽和(%)	最小(%)		
鉄道盛土	32.0	19.5	-5.5	0.35

表 3 解析に用いた土の力学特性

土質区分	飽和度	γt (kN/m ³)	c (kN/m ²)	ϕ (度)
土質2	80 ≤ Sr < 100	18	1.5	35
	Sr = 100%	19	0	35

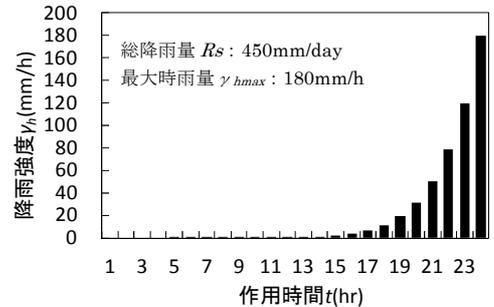


図 4 盛土に作用させる降雨

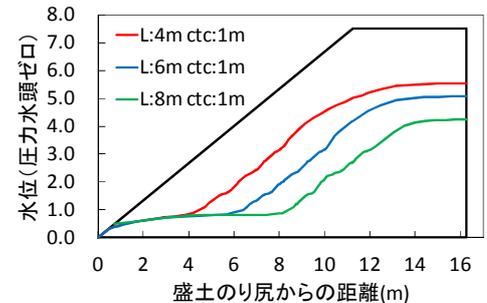


図 5 打設長さに対する水位低下効果

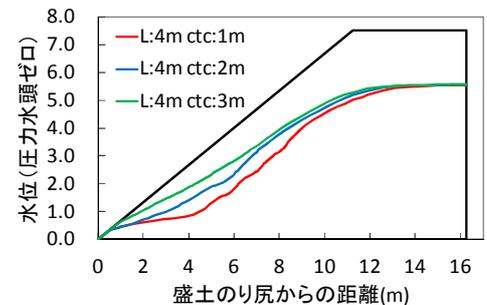


図 6 打設間隔に対する水位低下効果

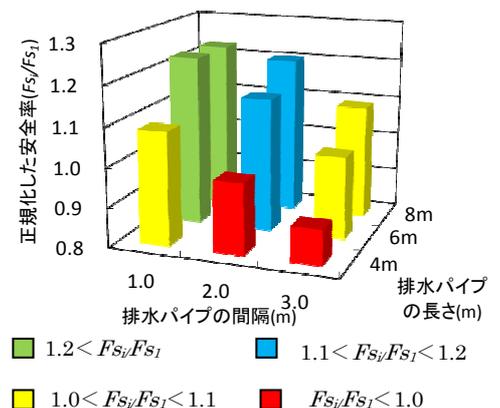


図 7 施工仕様と正規化した安全率