

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

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 石川 智史 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、排水対策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。このような背景のもと、筆者らは排水パイプの設計方法や施工仕様について種々の検討を行っている¹⁾。

本稿では、排水パイプの施工仕様を提案するための基礎的な検討として、浸透水による盛土の不安定化傾向を盛土の立地条件別に明らかにすることを目的に、切盛境界と落込勾配の盛土を対象として三次元浸透流解析を実施し、その水位上昇傾向について解析的に検討したので報告する。

2. 解析条件

2.1 解析モデル

線路縦断方向における切盛境界の盛土の解析モデルを図1に示す。同図から盛土の高さは、すり付け部終端において過去の被災事例の平均値である7.5m²⁾とし、地山すり付け部の基盤傾斜角は30°とした。次に、落込勾配の盛土の解析モデルを図2に示す。同図から盛土の高さは、勾配変更点から50m離れた地点で7.5mとし、線路勾配は在来線の最急勾配を参考に35%とした。なお、いずれの解析モデルにおいても、のり面の勾配(1:1.5)や盛土幅(10m)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。

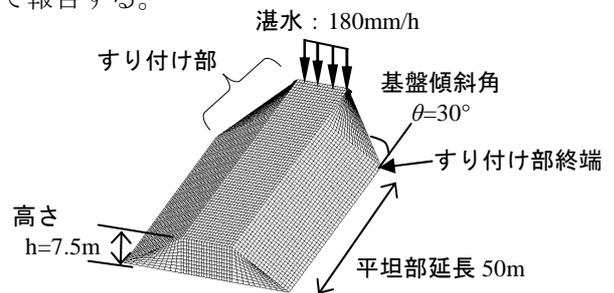


図1 切盛境界の解析モデル

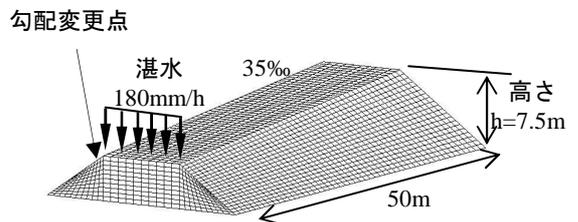


図2 落込勾配盛土の解析モデル

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²⁾された表1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³⁾により以下の式から求めた。

$$n=0.69-1.31 \cdot \log_{10}k$$

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、降雨ケースは表2に示す条件とした。ここで、湛水条件とは切盛境界においては切土区間に降った雨が表面水として集められて、切盛境界から盛土内へ集中的に浸透することを想定し、また落込勾配においては路盤部を線路勾配に沿って流下した水が施工基面に湛水することを想定して、本稿では施工基面上に幅1mの範囲に180mm/h(盛土の透水係数から算定される最大浸透可能量)の降雨を作用させて、水が集中的に盛土に流入する状況を再現した。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⁴⁾。

表1 解析に用いた飽和・不飽和水分特性

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

表2 降雨ケース

降雨ケース	降雨条件	湛水条件
1	10mm/h×15時間(合計150mm)	有
2	55mm/h×2.7時間(合計148.5mm)	有
3	10mm/h×55時間(合計550mm)	無
4	10mm/h×55時間(合計550mm)	有

キーワード 盛土、浸透流解析、立地条件

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

3. 解析結果

図3(a)は、切盛境界に対する降雨ケース1の解析で得られたのり肩における盛土縦断方向断面の圧力換算水位の分布形状を示している。圧力換算水位はすり付け部終端付近で最も大きくなることわかる。図3(b)は、集中豪雨を想定したケースであるが、降雨ケース1に比べて、すり付け部始端の圧力換算水位の上昇割合が高いことわかる。図4は、降雨ケース3、4の解析で得られたのり肩直下の盛土縦断方向の圧力換算水位を示している。また同図には、高さ7.5mの純盛土に同様の雨が降った場合の解析結果も併記した。同図から、湛水の有無によらず地山すり付け部終端付近で最も圧力換算水位が上昇していることがわかる。また、湛水がない場合でも、地山すり付け部終端付近の圧力換算水位は純盛土よりも上昇しており、その範囲は切盛境界から約40mの範囲に及んでいる。また、湛水がある場合の圧力換算水位は、湛水がない場合より上昇する傾向を示しており、湛水幅が増加すると湛水の影響範囲はさらに増加するものと推定される

次に、図5(a)は、落込勾配盛土に対する降雨ケース1の解析で得られたのり肩における盛土縦断方向断面の圧力換算水位の分布形状を示している。同図から落込勾配点付近の水位上昇が顕著に表れていることがわかる。図5(b)には、図3(b)と同様に集中豪雨を想定した解析の結果を示した。図5(a)よりも全体的に水位が上昇しているものの、図5(a)でみられるような落込勾配点での顕著な上昇はみられない。これは、図1に示した切盛境界の場合と異なり、落込勾配点の盛土高さは4.9mの高さを有しているため、2.7時間では湛水による圧力換算水位の上昇はまだ生じていないためと考えられる。図6は、降雨ケース3、4の解析で得られたのり肩直下における圧力換算水位の盛土縦断方向の分布形状を示している。湛水がない場合には、落込勾配点から遠ざかるに従い圧力換算水位が上昇していることが示されている。これは、解析に用いたモデルが図2に示すような、落込勾配点から遠ざかるほど盛土横断面が大きくなる形状をなしており、そのため、盛土断面積の増加に伴って圧力換算水位が上昇している状況を表している。一方、落込勾配点に湛水がある場合には、その影響によって落込勾配点付近の圧力換算水位が上昇していることがわかる。本検討に用いた湛水幅および盛土高さ等の条件においては、湛水の影響は落込勾配点から約40mの範囲に及んでいるといえる。

4. まとめ

本稿では、切盛境界と落込勾配の盛土を対象に三次元浸透流解析を実施し、水位が顕著に上昇する箇所とその範囲について解析的に明らかにした。今後は、盛土高さや湛水幅等の条件を増やして、同様の検討を行うとともに、排水パイプの施工仕様について検討していく予定である。

参考文献

- 1) 渡邊諭・太田直之・西田幹嗣・石川智史・杉山友康・西垣誠：排水パイプの打設条件が水位低下効果に及ぼす影響に関する一考察、土木学会年次学術講演会2012(投稿中)、2) 杉山友康：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) 西垣誠・楠見和紀：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、4) 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回地盤工学研究発表会、1999

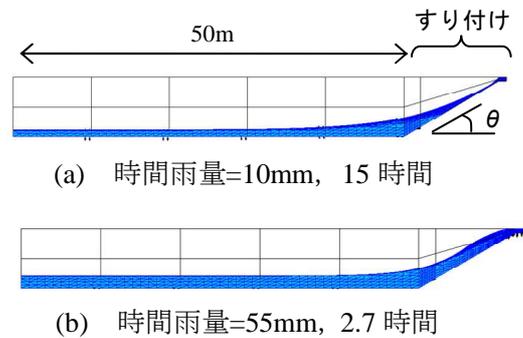


図3 圧力換算水位分布形状

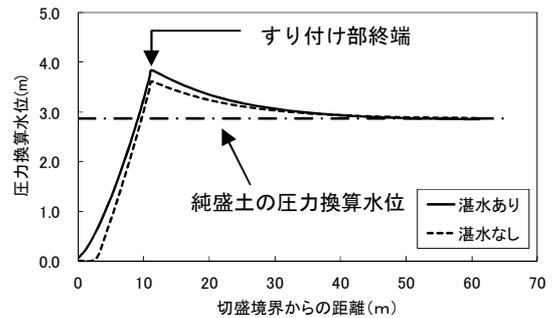


図4 圧力換算水位の縦断方向分布

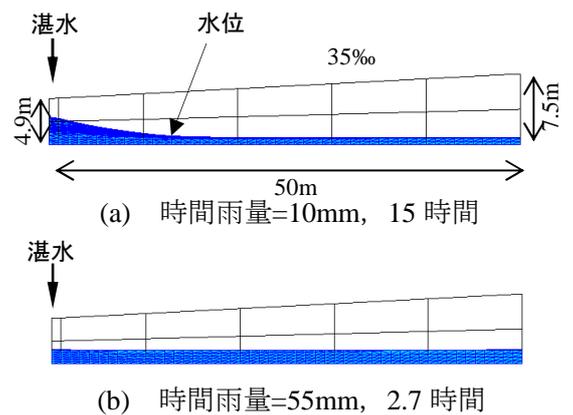


図5 圧力換算水位分布形状

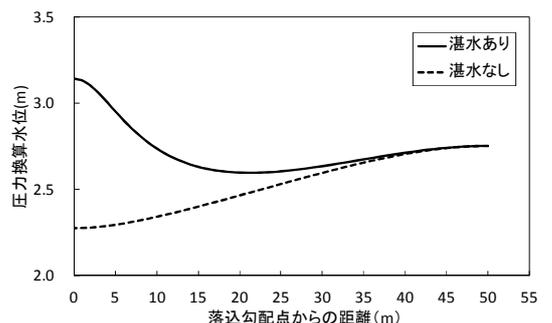


図6 圧力換算水位の縦断方向分布