

道路盛土における排水パイプの設計法と解析的評価について

西日本高速道路エンジニアリング関西(株) 正会員 ○三好 忠和
 (一財)土木研究センター フェロー会員 常田 賢一
 中日本高速道路(株) 北口 峻輝

1. はじめに

近年、地震や降雨による道路盛土のすべり崩壊が多発している。2009年の駿河湾を震源とする地震では、東名自動車道において道路盛土に崩壊が発生し、通行止めを余儀なくされた。これらの被災盛土は、集水地形上に施工されたものが多く、盛土の安定には盛土内地下水が深く関わっている。そのため、道路盛土における排水対策は重要な課題の一つである。既設盛土に対する簡易で経済的な排水対策として排水パイプや排水ボーリングが一般的である。しかし、排水パイプの設計法は確立されておらず、経験的手法によっている。

筆者らは、これまでに排水パイプの設置間隔および敷設長ごとに排水性能を定量的に評価することができる擬似三次元化手法^{1), 2)}を提案している。本稿では、排水パイプを設置した道路盛土の擬似三次元モデルを設定し、この擬似三次元モデルを用いて、2015年9月の台風18号の通過前後の降雨条件における非定常浸透流解析により、排水パイプの排水効果について評価を行った。

2. 排水パイプの設計法と擬似三次元化手法

擬似三次元化手法は、図-1に示すようにパイプの配置や敷設長などの三次元的な配置を二次元断面にモデル化¹⁾することで、排水パイプの効果予測と確認を容易に行う手法である。まず、対象盛土の透水係数 k に対する擬似三次元モデルで排水パイプをモデル化した透水層の透水係数 k' の比(k'/k)を図-2より算出する。図-2は排水パイプの打設

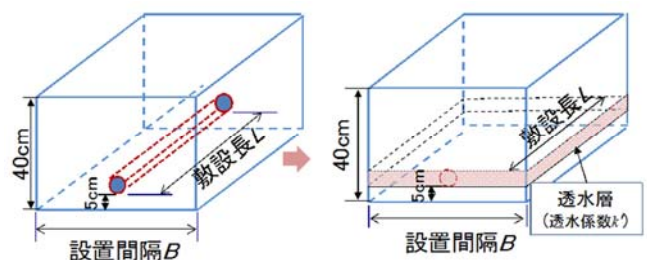


図-1 基本モデル

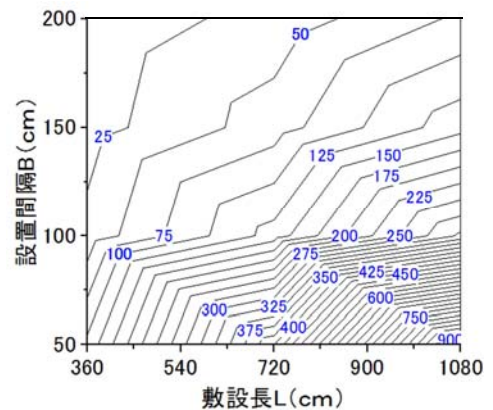


図-2 後施工の透水係数比(k'/k)

3. 解析モデル

対象盛土は谷埋めの両盛土で、盛土材料は砂岩由来では岩塊状、頁岩由来では細片砂礫～粘性土から構成されている。集水地形のため、降雨時に地下水位が上昇し、盛土のり面の小段およびのり尻では常時・降雨時ともに湧水が認められる。解析モデルはボーリング調査および湧水の発生位置をもとに決定した。図-3に解析モデル図を示す。不飽和浸透特性は河川堤防の構造検討の手引き³⁾を参照し、

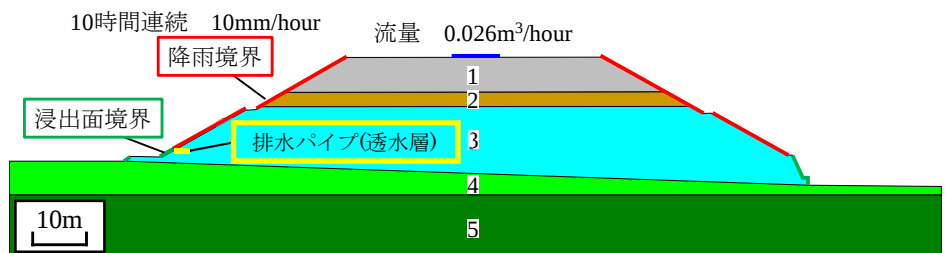


図-3 解析モデルおよび解析条件

キーワード 道路盛土, 排水パイプ, 浸透流解析, 擬似三次元

連絡先 〒567-0032 大阪府茨木市西駅前町 5-26 西日本高速道路エンジニアリング関西(株) TEL072-631-5334

地盤の透水係数はボーリング調査結果や逆解析によって求めた。対象盛土は、降雨後に小段付近から湧水が発生しているため、常時および降雨時の現地での地下水位や湧水状況に合うモデルを試行錯誤で設定した。

境界条件は、図-3 に示すとおりである。まず、のり先の地表面に水面を与える水頭既知境界を設定し、湧水の発生しているのり面に浸出面境界を設定した。常時の盛土内水位および湧水の供給源には、舗装面から合計 $0.026\text{m}^3/\text{h}$ の水を供給した。これは、集水地形にある対象盛土ではモデル断面外からの地下水の涵養があり、便宜上面外からの浸透を舗装面からの供給でモデル化したものである。このモデルにおいて、常時ののり肩とのり尻の 2 ヲ所の観測井における地下水位、湧水の発生箇所および流出量の 3 条件でモデルの再現性を確認した。決定した地盤の透水係数を表-1 に示す。

表-1 地盤の透水係数

層番号	地盤の種類	透水係数 k (m/s)
1	盛土(礫質土～砂質土)	3.0×10^{-4}
2	盛土(礫質土～粘性土)	2.0×10^{-7}
3	盛土(砂質土)	4.5×10^{-6}
4	基盤(礫質土)	1.0×10^{-8}
5	基盤(頁岩)	1.0×10^{-9}

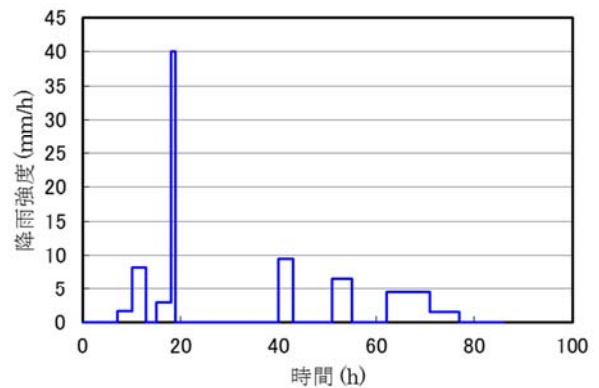


図-4 入力降雨強度

4. 擬似三次元化手法の検証

設定した擬似三次元モデルを用いて、2015 年 9 月の台風 18 号の通過前後の降雨条件における非定常浸透流解析を実施し、擬似三次元化手法の検証を行う。台風 18 号は、2015 年 9 月 7 日に発生し、9

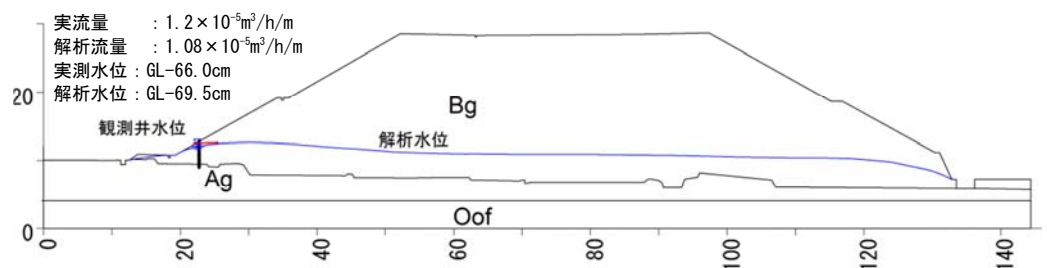


図-5 擬似三次元モデルによる台風 18 号通過後の解析結果

月 8 日 10 時ころに愛知県に上陸した。同日 14 時に日本海に達した後、同日 21 時に温帯低気圧に変わった。

入力降雨強度を図-4 に示す。なお、図-4 は降雨強度を平均化している。解析結果を図-5 に示す。図-5 は解析開始から 86 時間後の地下水位分布で、9 月 9 日の地下水位観測時に当る。手動による地下水位と流量測定は、台風時に実施することができず、台風通過後に実施した。このとき、排水パイプからの排水を確認できたパイプと確認できなかったパイプがあり、排水パイプを設置した 15m 区間（排水パイプ 15 本）の総流量は $180\text{cm}^3/\text{h}$ ($1.8 \times 10^{-4}\text{m}^3/\text{h}$) であった。1m 当りの断面に換算すると実測流量は、 $1.2 \times 10^{-5}\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$ で、解析結果の $1.08 \times 10^{-5}\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$ と同程度の値であった。また、観測井位置での実測値と解析値の水位差もわずかであった。以上のことから、擬似三次元モデルは、実盛土における台風通過後の状態をよく再現できており、擬似三次元手法は排水パイプの効果予測に有効であることを確認した。

5. まとめ

これまでに、排水パイプの設計法として擬似三次元化手法を提案し、常時・降雨時の排水パイプの効果を定量的に評価できることを示してきた。本稿では、この擬似三次元化手法を用いて 2015 年 9 月の台風 18 号の通過前後の降雨条件における非定常浸透流解析を行った。その結果、実盛土におけるのり尻の地下水位やパイプからの排水流量などの台風通過後の状態を再現でき、擬似三次元化手法が排水パイプの設計手法として有効であることを示した。

参考文献 1) VU NHAT LINH, 常田賢一, 北口峻輝, 上出定幸: 道路盛土に対する排水パイプの設計法に関する解析的研究, 第 49 回地盤工学研究発表会論文集, No.855, pp.1709-1710, 2014. 2) Syunki Kitaguchi, Ken-ichi Tokida and Tadakazu Miyoshi: Design Method of Drain Pipe and Its Application for Full-sized Road Embankment, 26th International Offshore and Polar Engineering Conference, ISOPE-2016, pp.902-907, 2016. 3) 国土技術研究センター: 河川堤防の構造検討の手引き(改訂版), pp.50-56, 2012.