

浸透流解析による道路盛土での排水パイプの効果に関する検討

大阪大学大学院工学研究科 学生会員 ○北口峻輝
阪神高速道路(株) 正会員 林 訓裕

大阪大学大学院工学研究科 フェロー 常田賢一
大阪大学大学院工学研究科 学生会員 Vu Nhat Linh

1. はじめに

近年、地震や豪雨による道路盛土のすべり崩壊が多発している。一般的に、盛土内における地下水位の上昇は盛土の不安定化の原因となる。そのため、盛土法面から湧水が発生している場合、盛土の安定性の低下が危惧されることから、地下水位を低下させる排水対策が必要となる。そこで、既設盛土内の地下水位低下あるいは地下水排除の簡易で経済的な方法である排水パイプによる打設工法に着目した。本稿では、排水パイプの道路盛土に対する適用性を2次元浸透流解析によって検討することを目的として、排水パイプ打設による対象盛土での地下水位低減効果を定量的に評価した。

2. 対象盛土の概要

対象盛土は神戸市北区に位置する阪神高速道路・7号北神戸線の盛土高さ20mを超える高盛土(以後、阪20と呼ぶ)であり、図1に横断図を示す。また、阪20では法面においてボーリング調査及び調査孔を用いた観測井(阪20-1及び阪20-2)において地下水位の連続観測などの現地調査がされている。ここで、図1の黒点は常時の地下水位(2013年6月)を示す。また、丸印の箇所では湧水の発生が確認されているため、阪20では2013年9月に排水パイプ(敷設長3.6m、設置間隔2m、上下間隔1m)が2段の千鳥配置で打設された。

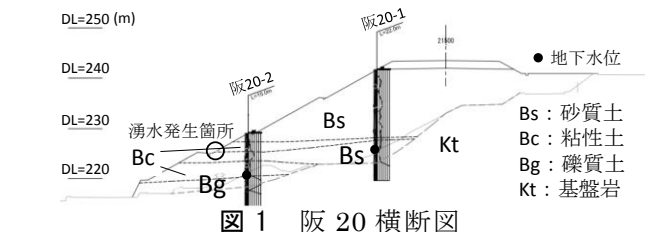


図1 阪20横断図

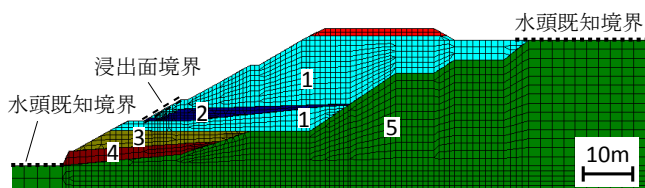


図2 解析モデル及び境界条件(常時)

3. 2次元浸透流解析の再現性

対象盛土に対して2次元浸透流解析を実施し、モデルの再現性について検討する。解析モデルは図1に示すボーリング調査結果及び表面波探査結果、湧水発生位置をもとに決定しており図2に示す。ここで、図1で示した湧水発生箇所と2カ所の観測井で実測される地下水位の位置を比較すると、実測地下水位は湧水発生箇所より深い位置に存在する。そのため、観測井では測定できない水の流れや滞水が実測地下水位の上側に存在すると考えられる。また、湧水流出量は微量であるが、モデル再現性は2カ所の観測井の地下水位と法面の湧水発生量で検証する。設定パラメータのうち、不飽和浸透特性は河川堤防の構造検討の手引き¹⁾を用い、地盤の透水係数(表1)は、試行錯誤による逆解析で求めた。境界条件を図2に示すが、水頭既知境界は地盤高さと同じ高さの水頭を与えている。常時の飽和度の解析結果を図3に示す。この結果、解析による地下水位(飽和度100%の境界)は3深度得られたが、その最下位の地下水位を実測値と比較すると、両者の差は阪20-1及び阪20-2でそれぞれ-0.7m(実<解)及び+0.7m(実>解)となった。また、流出量(1.164cm³/s)は奥行き1m当りの数値であるが、微量と判断できる。これらより、モデルの再現を確認することができた。

表1 逆解析による透水係数

層番号	地盤の種類	透水係数k[m/s]
1	砂質土	3.0×10^{-6}
2	上粘性土	1.0×10^{-8}
3	下粘性土	3.0×10^{-6}
4	礫質土	1.0×10^{-5}
5	基盤岩	1.0×10^{-8}

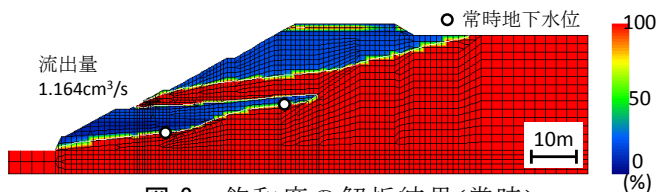


図3 飽和度の解析結果(常時)

キーワード 道路盛土, 排水パイプ, 浸透流解析, 湧水

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1 大阪大学大学院工学研究科 TEL 06-6879-7626

4. 排水パイプ打設による効果の検討

図4に示すとおり境界条件は図3の境界条件に加えて降雨境界を与えている。降雨波形は図8のとおり、対象盛土付近で観測されたデータより決定した。解析ケースは、ケース1が無対策ケース、ケース2、3が排水パイプ打設ケースであり、排水パイプ打設部分の拡大図を図5に示す。ケース2、3は排水パイプの打設位置のみ異なる。それぞれ排水パイプは設置間隔1m、敷設長3.6mである。ここで、図6に擬似三次元モデル²⁾(後施工時)により提案された排水パイプを模擬した透水係数(k')と地盤のそれとの比の設定図である。これより透水係数比 k'/k は32.6として設定した($k'=9.79 \times 10^{-5} \text{m/s}$)。

湧水発生箇所を拡大した飽和度の解析結果を図7に示す。また、地下水位低減効果の時系列データを図8に示す。ここで、地下水位低減効果を観測井位置でのパイプ無し時の地下水位とパイプ有り時の地下水位の差と定義する。図7より、常時においてパイプ打設時はパイプ打設高さまで地下水位が下がっている。ケース2、3を比較すると、ケース2はパイプ位置が下側にあることから表層部分まで地下水位が下がっている。一方で、観測井位置における地下水位低減効果をケース2、3で比較すると、阪20-1でそれぞれ0.02, 0.18m, 阪20-2でそれぞれ0.16, 0.38mとなった。これよりケース2よりケース3の方がパイプ先端より奥行き方向まで地下水位低減効果が大きい。これは図8に示す地下水位低減効果の時系列データを見ても同じである。

5. まとめ

本稿では、神戸市北区に位置する道路盛土を対象として2次元浸透流解析を行い、排水パイプ打設による効果を比較し、評価した。その結果、排水パイプの排水対策により、地下水位低減効果を確認できた。また、その効果は打設位置で異なり、パイプ奥行き方向の盛土内の地層分布が関係する。今後は排水パイプの設計法のために、安定性に及ぼす影響を検討する予定である。

参考文献 1) 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 2) 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, 2014.7

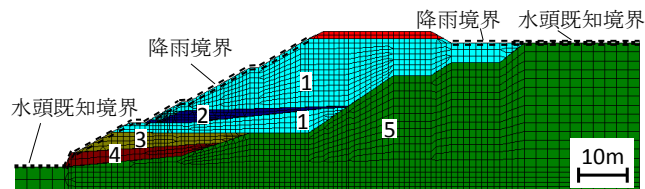


図4 解析モデル及び境界条件(降雨時)

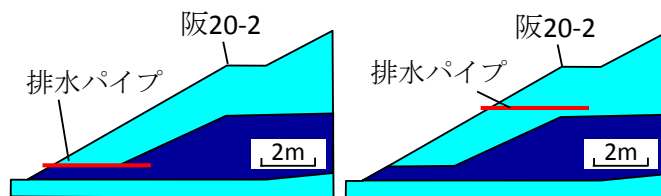


図5 解析ケース(左:ケース2, 右:ケース3)

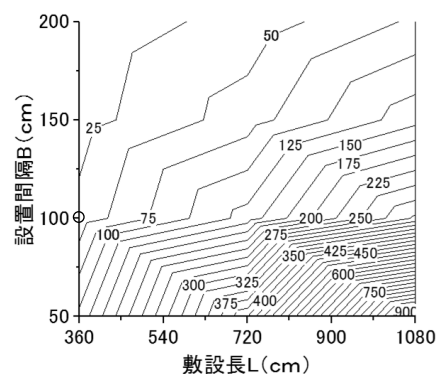


図6 パイプ後施工の場合の k'/k の設定図

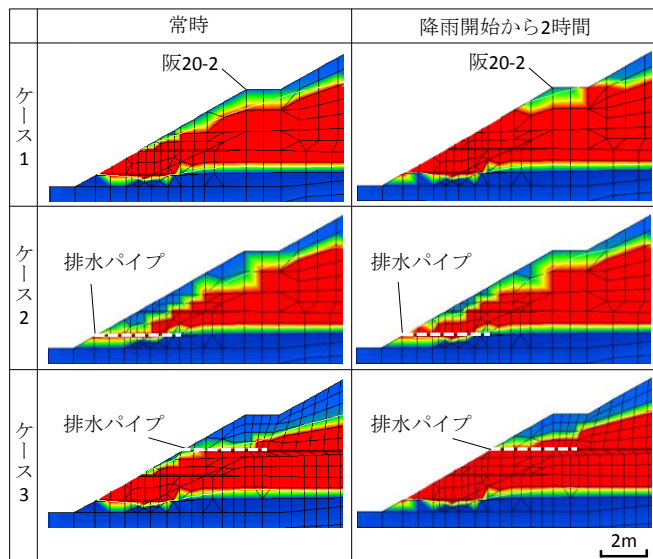


図7 常時及び降雨時の飽和度の解析結果

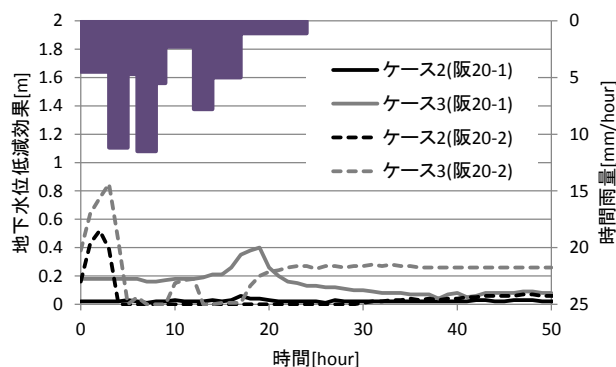


図8 降雨波形と地下水位低減効果