

### 盛土に施工された排水パイプの浸透流解析モデル

鉄道総研 正会員○太田 直之 正会員 渡邊 諭  
 正会員 高馬 太一 フェロー 杉山 友康  
 岡山大学 正会員 西垣 誠

#### 1. はじめに

盛土の耐降雨性向上対策として用いられる排水パイプについて、その水位低下効果を定量的に示すことを目的として、実験および解析を進めてきた<sup>1)</sup>。本報では、実物大の模型盛土を用いた散水実験結果を基に検討した排水パイプの解析モデルについて報告する。

#### 2. 実験の概要

実験に用いた模型盛土は、図1に示すような幅6m、高さ2m、底面の奥行き7.6m、のり面勾配1:1.8の盛土である。盛土材には稲城砂を用い、透水係数 $k=2.2 \times 10^{-3}$  cm/sの盛土を構築した。このような模型盛土に種々の間隔で排水パイプを打設し、時間雨量20mm/hの散水を6時間実施して、水位の分布形状を比較した。水位は盛土内に配置した観測井によって測定した。なお、実験に用いた排水パイプは、鉄道盛土で一般的に用いられている直径60mm、長さ3.6mの排水パイプであり、幅5mm、長さ50mmのスリットが50mm間隔に設けられている。

実験結果の一例として、のり尻から高さ0.3mの位置に排水パイプを打設した case1(1本打設;10m間隔に相当)、case2(2本打設;4m間隔)、case3(3本打設;2m間隔)の散水開始6時間後の水位分布形状を図2に示す。図では、各ケースでのパイプ打設位置の中央を通る盛土横断面上の水位を比較している。図が示すように、打設間隔が狭くなるほど水位は低下している。また、case1とcase2ではのり面付近の水位に差異がないのに対して、case3ではのり面付近も水位が低下しており、排水パイプの打設間隔を2m以下とすることで効果的に安定化を図ることができると考えられる。

図3は、のり面中腹を通る盛土縦断方向断面における散水開始6時間後の水位の分布形状を示した図である。のり面中腹部では打設間隔の差異による影響が水位に現れていなく、いずれのケースでも、パイプ打設位置より上方に水位があることが示されている。

#### 3. 浸透流解析

上述のような散水実験結果を基にして、浸透流解析に用いる排水パイプの解析モデルを検討した。用いた計算ソルバーはUNSAFである。解析に用いる不飽和領域の透水特性のうち、体積含水率とサクシオンとの関係についてはBrooks-Coreyの関係式<sup>2)</sup>を、また、体積含水率と比透水係数との関係についてはIrmayの関係式<sup>2)</sup>を用いて、それぞれ盛土材を用いた保水性試験の結果を基にして決めた。

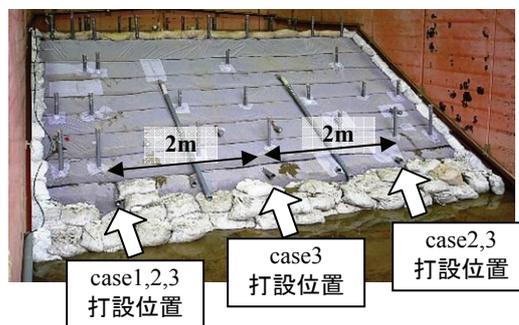


図1 散水実験に用いた実物大模型盛土

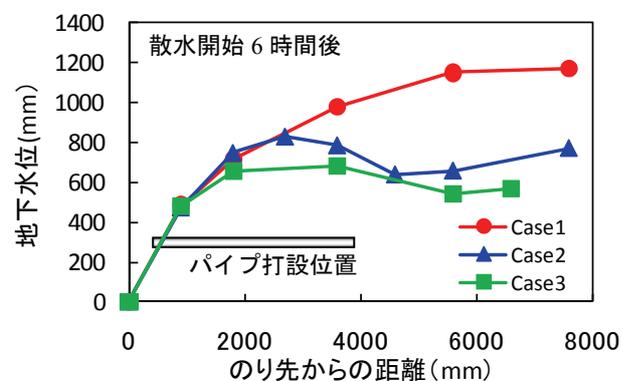


図2 横断面上の水位形状

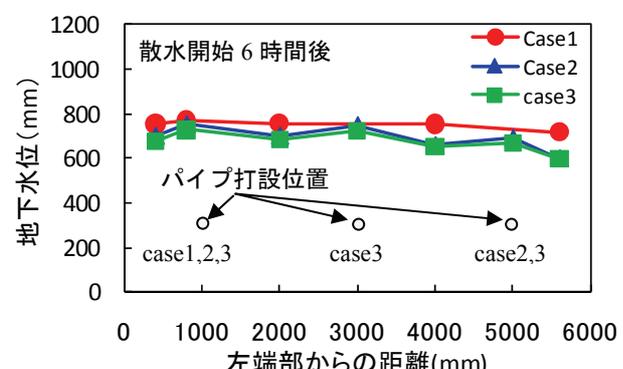


図3 のり面中腹縦断面上の水位形状

キーワード 盛土, 排水パイプ, 浸透流解析, 豪雨

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

浸透流解析によって求めた case1 の散水開始から 6 時間後の圧力水頭分布を図 4 に示す。図は、排水パイプを通る横断面上の圧力水頭の分布を示している。

図 4(a)は排水パイプを空洞とし、パイプ全周面から浸透水がパイプ内へ流入するモデルを用いた場合である。なお、盛土奥側のパイプ端面からの浸透水流入はないものとしている。パイプ打設部分では、水位がパイプ位置まで低下しており、実験結果よりも水位が低下する解析結果となっている。

図 4(b)は排水パイプを空洞ではなく、その内部を透水係数  $k=1 \times 10^0 \text{cm/s}$  とした場合の解析結果である。極めて大きな透水係数であるにもかかわらず、圧力水頭の分布に排水パイプの影響はほとんど現れていない。

図 4(c)は(a)と同様に排水パイプは空洞であるが、パイプの打設によってパイプ周囲の盛土が締固められて透水係数が小さくなることを想定し、パイプの周囲 5cm の範囲の透水係数を  $k=1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$  とした場合の解析結果である。盛土内の水位は排水パイプより上方にあり、実験結果と整合する水面形状が解析によって得られていることがわかる。また、図 4(c)ではパイプ上方に水面があるものの、水面とパイプの間の圧力水頭は非常に低く、圧力水頭の分布自体は図 4(a)の場合と同様であることがわかる。すなわち、排水パイプを盛土に打設した場合、水位はパイプより上方にあってもパイプ上方部分の間隙水圧が低下するため、これに応じた安定性の向上が見込まれると考えられる。

図 4(c)で用いた排水パイプの解析モデルを用い、case2 および case3 の散水開始から 6 時間後の圧力水頭分布を求めた結果を図 5 に示す。図はのり面中腹を通る盛土縦断方向断面における圧力水頭分布を示している。実験結果と同様に、水位は排水パイプの上方にあることがわかる。また打設間隔が狭いほど水位が低下するとともに底面の圧力水頭が減少しており、打設間隔を狭くすることによってのり面の安定性が向上することがわかる。

このように、図 4(c)で用いた解析モデルを用いることで、実験結果をよく再現できることが明らかになった。一方、図 3 と図 5 を比較すると、実験では直線的な水位形状が得られているのに対して、解析ではパイプ位置を谷とする山型の水位形状を呈しており、実験と解析で水位形状に差異があることがわかる。また、パイプからの排水量は、実験で  $493 \text{m}^3/\text{分}$ であったのに対して、解析では  $2590 \text{cm}^3/\text{分}$ となっており、現状のモデルでは両者に大きな差異が生じることが明らかになった。これらについては、盛土の透水係数の異方性を考慮するとともに、スリットの寸法と個数に起因するパイプの排水量を反映したモデルを検討する必要があると考える。

#### 4. まとめ

本検討の結果、実験結果を再現することができる排水パイプの解析モデルを概略的に求めることができた。今後、解析モデルの精度を向上させるとともに、このモデルを使用して、排水パイプの水位低下効果および間隙水圧低減効果に着目し、排水パイプによる安定性向上機能を定量的に明らかにする所存である。

#### 【参考文献】

- 1) 高馬太一, 渡邊諭, 太田直之, 西垣誠, 泉並良二, 柏熊誠治: 模型盛土を用いた排水パイプの地下水位低下効果確認実験(その 1), 第 46 回地盤工学研究発表会講演概要集, 2011 (投稿中) ほか
- 2) 西垣 誠: 飽和・不飽和領域内の土中水の浸透特性に関する 2,3 の考察, 土質工学会論文報告集, Vol.23, No.3, 1983

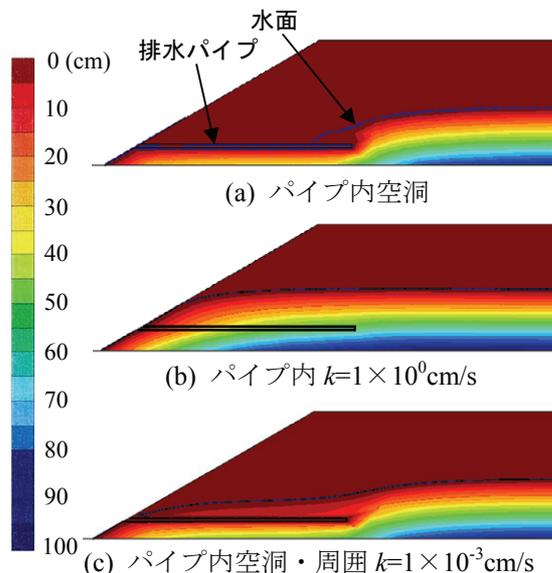


図 4 解析結果(横断面上の圧力水頭分布)

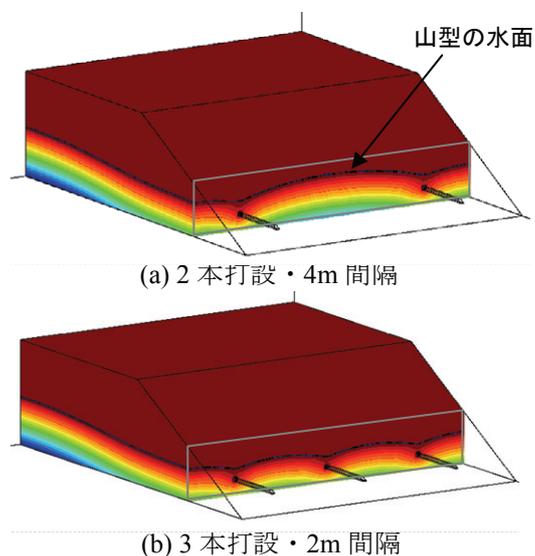


図 5 解析結果(中腹縦断面上の圧力水頭分布)