

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○VU NHAT LINH

大阪大学大学院工学研究科 正会員 常田 賢一

大阪大学大学院工学研究科 学生員 秋田 剛

1. はじめに

近年の地震あるいは降雨の作用による道路盛土の崩壊の原因として、盛土内の地下水位上昇による盛土の不安定化が考えられる。地下水位を低減させるための排水対策の一つとして、排水パイプによる打設工法があるが、その排水特性について把握するとともに、合理的なパイプの施工ピッチや長さの設定法などを明確にすることが必要である。そこで、本文では排水パイプの排水特性について検証するために、室内排水実験を基にパイプの数値解析モデルを提示している。また、パイプの回転によるスリットの位置ずれやパイプの後施工によるパイプ周辺の密度化、スリット幅の変化がパイプの排水効果に及ぼす影響について検討している。なお、解析の対象となる室内排水実験については、参考文献1を参照されたい。

2. 浸透流解析

(1) 4隅排水モデル

室内排水実験に用いた排水パイプは外径 60.5mm、内径 55.9mm、長さ 600mm で、パイプの先端から 75mm まで尖っており、パイプ断面の四方には 50×5mm スリットが、軸方向に 50mm の間隔で3箇所ずつ計 12箇所千鳥配置している(図1参照)。パイプのある横断面を見るとスリット数は2個となるが、パイプ全体のスリットの形状・配置に着目し、二次元の4隅排水モデルを提示した(図2参照)。また、解析ではスリットが連続となるが、パイプの排水性能の過大評価を避けるために、実際のパイプのスリットの総面積に合わせて、解析モデルのスリット幅 B を $50\text{mm} \times 5\text{mm} \times 3$ スリット = $400\text{mm} \times B$ から、 $B=1.875\text{mm}$ により算出した。

解析条件は水位が一定となる水頭既知境界および排水面を示す浸出面境界がある。本検討では、水位が 60cm, 55cm, 50cm, 45cm の計4パターンを考え、いずれも土の高さ45cmより高く、盛土地盤は完全飽和状態にあるため、解析パラメータは飽和透水係数 k のみとなる。なお、パイプ断面のモデルを正八角形(図3参照)とし、解析に用いたプログラムは浸透流解析ソフト VGFLOW2D である。

4隅排水モデルを用いた解析結果及び実験結果を図4に示す。室内排水実験では飽和透水係数 k が異なる3パターンの実験を行い、また各パターンにおいて3回排水試験を繰り返した。図4よりいずれのパターンにおいても解析結果が実験結果にほぼ一致し、解析モデルの適正が検証できた。この4隅排水モデルを用いて、パイプの回転、パイプ周辺の密度化、スリット幅の変化が排水性能に及ぼす影響について、以下で検討する。

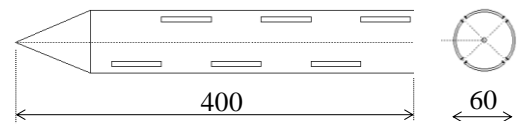


図1 排水パイプの概略図(単位:mm)

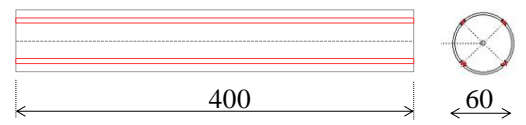


図2 4隅排水モデルのパイプ(単位:mm)

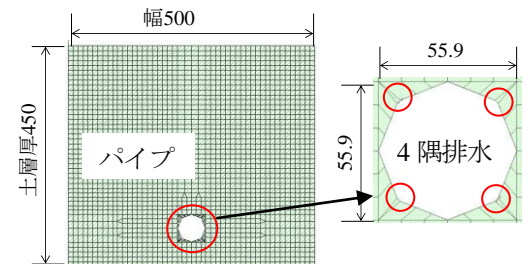


図3 解析モデル(単位:mm)

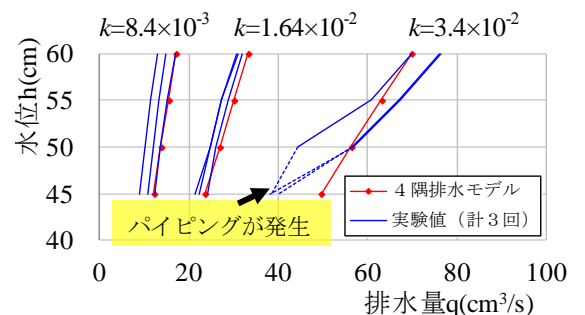


図4 解析結果

(2) パイプの回転によるスリットの位置ずれ

現場では、既設盛土に対しパイプを打設する際、設計位置 (±45°) からの回転によるスリットの位置ずれが懸念される。ここで、回転しない、22.5°回転、45°回転の3つのモデルを想定し、回転による影響を検討する (図5参照)。なお、解析パラメーターの透水係数は $k = 3.44 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ とする。

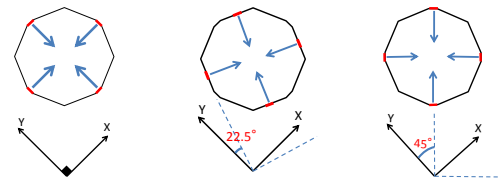


図5 パイプの回転

表1に解析結果を示すが、同表の排水量比率は以下に定義する。

$$\text{排水量比率 } R_Q = \frac{Q_A - Q_E}{Q_E} \times 100 (\%)$$

ここに、 R_Q : 排水量比率 (%)、 Q_A : 回転後の排水量 (cm^3/s)

Q_E : 回転角 0° の排水量 (cm^3/s)

表1 解析結果

水位の高さ (cm)	排水量 $Q(\text{cm}^3/\text{s})$				排水量比率 (%)	
	回転角 0°	回転角 22.5°	回転角 45°	回転角 22.5°	回転角 45°	
60	70	68.4	70.1	-2.3	0.1	
55	63.2	61.8	63.3	-2.2	0.2	
50	56.4	55.2	56.6	-2.1	0.4	
45	49.7	48.6	49.8	-2.2	0.2	

表1を見ると、3つのモデルの排水量の違いが殆どなく、その排水量比率が-2.3%~0.4%となっており、回転によるスリットの位置ずれが排水性能に及ぼす影響が殆どないと考えられる。

(3) パイプの後施工によるパイプ周辺の密度化のモデル化

パイプの打設によって、土砂がパイプ周辺に押し付けられ、パイプに近いほど密度が高くなるが、ここではパイプの半径の2倍、2.5倍、3倍、3.5倍となる円の範囲 (影響範囲) において、密度および透水係数が一様に増加すると仮定した簡易モデルの適正の検証を行う。ここで、影響範囲内の密度 ρ' は密度化の範囲、パイプへ流出した土の量を考慮した上で、算出した。図6より影響範囲が2R、2.5R、3R、3.5Rと大きくなるにつれ、解析結果の排水量が増加し、実験結果に近付いていくことが分かる。また、3.5Rモデルの結果が実験結果に対する排水量比率は2.4%~6.0%であり、3.5Rモデルの解析が最も再現性が高い。

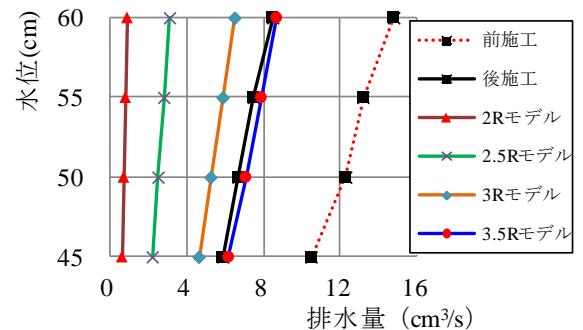


図6 解析結果 (密度化現象)

(4) スリット幅の変化

本検討では4隅排水の解析モデルを基にスリット幅を1.875mm、5mm、10mmの3パターンに変化させ、パイプからの排水量 Q を求める。また、極端なケースである全面排水についても解析を行う (図7参照)。解析条件の透水係数 $k = 3.4 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 、水位60cmとする。表2の結果から、スリット幅が大きくなるにつれて排水量が増加するが、その変化割合は小さい。また、全面排水モデルにおいても幅1.875mmの4隅排水モデルに比べて、排水量の増加倍率は6.4%であることが分かる。

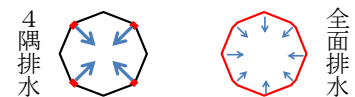


図7 解析結果

表2 スリット幅の変化

スリット幅 (mm)	1.875	5	10	全面排水
排水量 $Q(\text{cm}^3/\text{s})$	69.7	70	71.9	76.5
R_Q (%)	—	0.4	2.7	6.4

4. まとめ

本研究では、排水パイプの排水特性を検証するために、室内排水実験を基にした排水パイプの数値解析モデルを提示し、モデルの適正の検証および解析モデルによる諸条件の影響を検討したが、以下の知見が得られた。

- 1) 提案した4隅排水モデルによる室内排水実験の再現性は高く、モデルの適正が検証できた。したがって、下記の4)の関係もあるが、パイプのスリットの配置構造を勘案すると、4隅排水モデルの適用が望ましい。
- 2) パイプの回転によるスリットの位置ずれが排水性能に及ぼす影響が小さく、2%の排水量の誤差に留まる。
- 3) 後施工時のパイプ周辺の密度化が、提案した簡便なモデルにより再現できた。
- 4) スリット幅の排水性能に及ぼす影響は、全面排水モデルでも6%の排水量の変動に留まり、小さい。

参考文献：

- 1) 秋田剛，常田賢一，平山淳基，柏熊誠治：排水パイプの排水性能に関する室内模型排水実験，第46回地盤工学研究発表会，No.964，2011。