RIM 法を用いた堤防模型実験におけるパイピング時の地盤内部挙動の可視化

- 名城大学大学院 学生会員 〇夏目 将嗣
 - 名城大学 正会員 岡本 隆明
 - 名城大学 正会員 小高 猛司
- 名城大学/日本工営 正会員 李 圭太

1. はじめに

本研究室では,透水性の異なる2層の基礎地盤を有する堤防の模型実験を実施し,パイピングに起因する堤 体の崩壊メカニズムの検討を行ってきた¹⁾.高透水性の基礎地盤の上に,透水性の低い被覆土層を有する堤防 では,堤体法尻付近で高い動水勾配が作用することで透水性のギャップが大きい地層境界部において水みち が形成され,激しいパイピングに至ることが示されている²⁾.パイピング現象のトリガーとなる水みちの形成 は,地盤内部で発生すると考えられる.しかし,通常模型実験では,模型壁面からの侵食しか観察することが できず,地盤内部の侵食や水みちが形成され,進展して行く過程は詳細には明らかでない.そこで本報では, RIM 法を用いた模型実験により地盤を透明化させることで,模型壁面の影響を受けない地盤内部の挙動を正 確に捉え,パイピング現象のトリガーとなる水みちの形成から水みちの拡大・進展過程を詳細に明らかにする.

2.1 RIM 法概要

RIM 法(Refractive index matching)とは、対象物同士の屈折率を整合させることで、本来直接見ることので きない地盤内部を可視光断面の下で観察可能とする手法である.本研究では、RIM 法を用いた模型実験を行 うために地盤材料に粒状石英ガラス(以下、石英を記す)、流体にヨウ化ナトリウム溶液(屈折率1.458、比重 1.67)を使用する.

2.2 実験概要

図1に模型実験の諸元を示す.実験装置の奥行きは120mmである.領域Iには粒径 0.75~2.0mmの石英(間隙比 e=0.7,透水係数 k=1.39×10⁻³m/s),領域IIには粒径 0.1~0.25mmの石英(間隙比 e=0.7,透水係数 k=1.05×10⁻⁴m/s),領域IIIには粒径 0.25~0.4mmの石英を用いた.液中落下法により領域I,領域IIの基礎地盤を作製した後,領域IIIの地盤材料を含水比 10%に調整し,所定の間隙比になるように締め固めを行い,模型地盤を作製した.水位を 65mmに保った状態を初期状態とし,その後,給水槽の水位を 6mm/sの速度で上昇させ 165mmの位置(堤体高さ 9割の部分)で水位を一定に保ち,堤体の変状が止まるまで浸透実験を行った.図1で示すように領域 I 部分のみから浸透を行った.パイピング現象における地盤内部の挙動を視覚的に明らかにするために図 2 で示すように油性塗料で着色した粒径 2.0mmの石英をトレーサーとして用い,堤防法尻付近の基礎地盤に縦横 10mm 間隔,手前の壁面から奥行き方向に 40mmの位置に配置した.





写真2 基礎地盤内部の経時変化

3 実験結果

写真1に堤体の経時変化を示す.実験開始から15s後,給水槽の水位が155mmに到達すると堤体法尻付近の堤内地地盤が徐々に隆起し始める.その後も水位を上昇させ続け,実験開始から28s後に写真1(c)の赤丸で示すように堤体から離れた位置と堤体法尻近傍においてほぼ同時に噴砂が発生する.噴砂発生後,漏水量が一気に増加し,堤体法尻部で形成された水みちが領域I,領域IIの地層境界部で川表側へ向かって拡大・進展し,給水槽まで連通することで激しいパイピングに至り,最終的に堤体が沈下した.

写真2では、着色粒子を配置した基礎地盤内部の経時変化を示す.給水槽の水位が155mmに到達すると、 領域I、領域IIの地層境界部における堤体法尻近傍に配置した粒子が地表面に向かって鉛直上向きに微量に 移動する(写真2(b)).この微量な地盤変形により水みちが形成されたと考えられる.その後、微量に移動し た粒子が、地層境界部に沿って川裏側へと流されはじめ(写真2(c))、しばらくすると堤体法尻部よりも川表 側に配置した粒子が、領域I、領域IIの地層境界で拡大した水みち内を通り、堤体法尻部付近に配置した粒子 よりも速い速度で川裏側へ流される.これらの結果より、水位の上昇に伴い堤体法尻部に高い動水勾配が作用 することで生じた微量な地盤変形により水みちが形成され、その水みちは地層境界部に沿って川表側へと拡 大・進展し、最終的に給水槽まで連通することで噴砂を伴うパイピングに至ることがわかる.

4. おわりに

本報では、RIM 法を用いた浸透実験を行うことで、パイピングが発生する際の地盤内部の変状及び水みち の拡大・進展過程を高精度に可視化した.水位の上昇に伴い、堤体法尻付近に高い動水勾配が作用することで、 地層境界部に微量な地盤変形が生じ、この微量な変形を起点に水みちが形成され、水みちが地層境界部に沿っ て川表側へと進展していき激しいパイピングに至ることを示した.本報では、着色粒子を配置することにより 地盤内部で発生する変形と水みちの挙動を明示したが、水みち内部の流体挙動までは検討できていない.そこ で、同様な実験において流体と比重の等しいトレーサー粒子を追跡することで水みち内部の流体挙動も合わ せて検討する予定である.

参考文献:1) 小高ら:高透水性基礎地盤を有する河川堤防の崩壊メカニズムと評価手法に関する研究,河川技術論文集, Vol.24, pp. 559-564,2018. 2) 小高ら:高透水性基礎地盤上の河川堤防の浸透破壊に対する効果的な基盤排水工の検討,地盤工学ジャーナル, Vol.17, No.3, p. 433-449