

○李 兆卿
齊藤 啓
前田 健一
山口 敦志

本研究では、久楽ら²⁾の実験を参考に堤体直下の水平流れに着目した実験を行い、基盤層構造がパイピングに及ぼす影響について検討した。

図-1 に実験装置の概略図を、表-1 に実験条件を示す。基盤の砂層は水中落下法を用い珪砂 2 号, 7 号 ($D_r=70\%$ 程度) で作製した。堤体土には含水比 20% に調整した藤森粘土をアクリルの仕切り板の間に堆積させ突き固めた。Case3 では土槽を底上げし他 2 ケースと比較して上砂層の厚さのみ小さくした。

間隙水圧計は土槽奥行中央に設置し、1 から 8 は

土槽底面に固定，9 から 16 は下砂層に埋め込むようにそれぞれ水中で設置した．更に，堤内側で排水される流量について計測を行っている．

実験の手順は次の通りである.

- 1) 模型地盤製作後堤外側で水位を 1cm 維持し、間隙水圧の変化がなくなるまで待機する。
- 2) 間隙水圧計を 0 にリセットする。(実験中は水圧の増分を計測する。)
- 3) 実験開始と同時に水位を 5cm/min の速度で上昇させ、基盤層からの水位 6cm で 30 分維持する。
- 4) 破壊の様子が見られない場合更に水位を上昇させ 10 分維持する。(破壊するまで繰り返す)

パイピングの定義は様々あるが、ここではパイピング孔が堤外側の地表に達した状態とする。

表-1 では、パイピング時の堤外水位より算出した平均動水勾配について示している。Case1 については水位 26cm 時に基盤層でなく堤体盛土でパイピングが発生したため記載を控えた。パイピング時の平均動水勾配が Case2 では 0.70 程度で発生し、Case3 では 0.36 程度で発生した。このように基盤の砂層構造の違いで破壊のタイミングが変わる理由について検討する。

図-2 では、各ケースにおける圧力水頭の経時変化を示す。Case1 では、基盤の上・下層ともに水位の上昇に伴い間隙水圧が上昇し、堤外側が高く堤内側へ向かうほど減衰している様子が見られた。一方、Case2, 3 では圧力水頭の増加があまり見られなかった。堤内側の漏水状況を観察すると Case1 に比べ Case2, 3 では激しい噴砂が見られ、堤外水位により上昇すると思われる圧力水頭分が速度水頭に移行していることが予想される。そこで、堤内側から排水される流量について検討を行った。

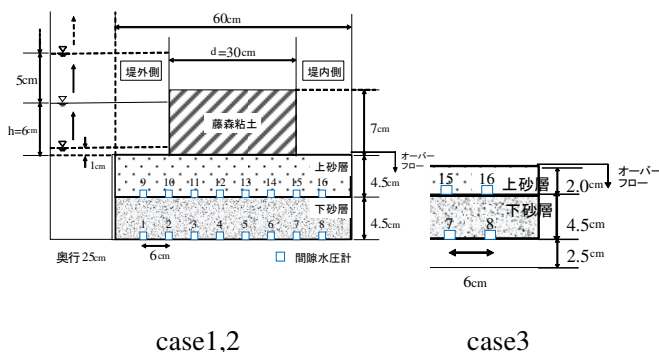


図-1 実験装置の概要
表-1 実験ケース一覧

Case	堤体	基盤層 上砂層	上砂層 の層厚	基盤層 下砂層	下砂層 の層厚	パイピング時における 平均動水勾配
1	藤森粘土	珪砂7号	4.5cm	珪砂7号	4.5cm	-
2	藤森粘土	珪砂7号	4.5cm	珪砂2号	4.5cm	0.70
3	藤森粘土	珪砂7号	2.0cm	珪砂2号	4.5cm	0.36

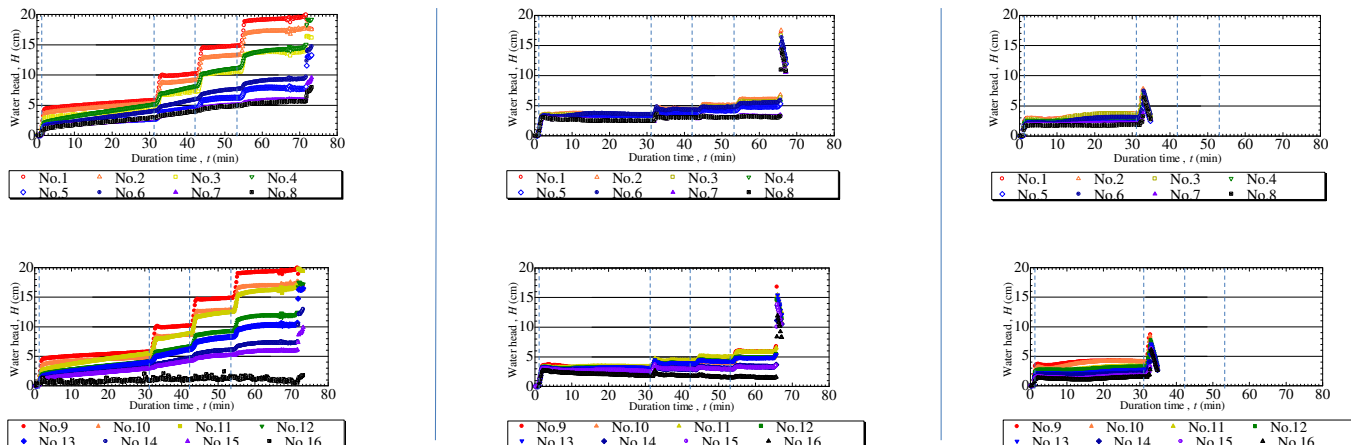


図-2 間隙水圧計測結果

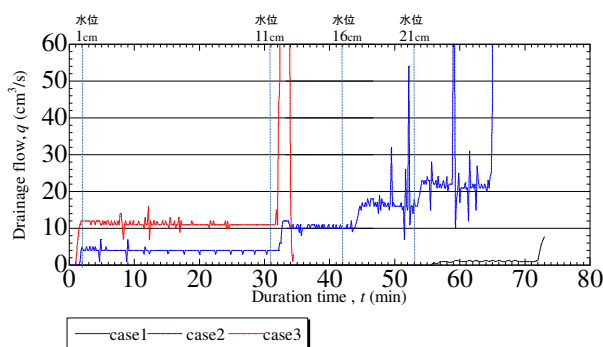


図-3 堤内側排水流量

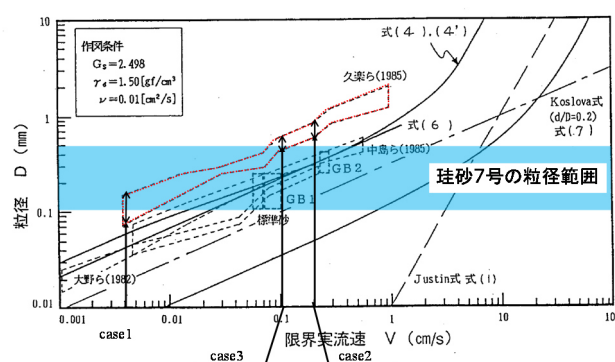


図-4 限界実流速と移動可能な粒径の関係

2) 排水流量による比較

図-3 では、各ケースにおける堤内側で漏水した流量の経時変化を示す。ここで、流量はあくまで平均的な排水流量であり噴砂箇所などの局所的な流量でない。Case1 では他の2 ケースに比べ流量が小さく、水位上昇への応答は見られなかった。一方、Case2, 3 では水位上昇に伴って流量が増加しており、更にその流量は上層厚が小さい Case3 の方が大きくなることがわかる。上層厚が小さくなるほど、河川水が珪砂7号を透水する距離が短くなるため透水力の減衰が小さくなり、流量が大きくなると考えられる。また破壊後流量が上がったと思っていたが、流量が上がった後に上下流がつながり、破壊したことを観察した。

図-4 では、限界実流速と粒径との関係を示し、本稿では久楽らの検討結果との比較を試みる。また、今回比較するにあたり以下のように仮定した。

- ・実験時の流速として、透水層全断面を透水すると仮定し、パイピング直前の流量から見かけの流速を算出する。
- ・Case2, 3 については砂層と礫層との透水性が著しく異なるため礫層のみ透水すると仮定。

図-4 を見ると Case1 では珪砂7号が持つ粒径全て

を移動できるほどの流速はないが、Case2, 3 ではそのための十分な流速があり、基盤内の流速に起因してパイピングしたと考える。またここでは平均的なみかけの流速を算出しており、噴砂箇所では平均よりも大きな流速が出ていると推定される。

4. 結論

本稿では河川堤防における基盤の層構造の違いがパイピングに及ぼす影響について、模型実験により検討を行った。その結果、基盤が均一砂層の場合水圧に起因し、互層の場合透水性にもよるが流速に起因しパイピングすると考える。更に互層の場合その層厚によりその発生のしやすさが変わった。そのため、パイピングの判断基準に流速や基盤構造、例えば層厚を考慮する必要があると考える。

参考文献)

- 1) 矢部川堤防調査委員会：矢部川堤防調査委員会報告書，2013。
- 2) 久楽勝行，吉岡淳，佐藤正博：水平方向浸透流下における砂地盤のパイピングについて，第20回土質工学研究発表会, pp.1483-1484, 1985。