

矢板の有無を考慮した河川堤防のパイピング進展メカニズム

名古屋工業大学 学生会員 ○岡田 類 正会員 前田 健一
名古屋工業大学 学生会員 牧 洋平 学生会員 伊神 友裕

1. はじめに

近年、河川水が透水性基礎地盤に浸透することで、堤内において漏水や噴砂が発生し、パイピング破壊に至る危険性が増加している。

河川堤防におけるパイピング進展メカニズムを解明し、重点監視箇所を検討することは、今後の河川管理には不可欠である。また、浸透に対して所要の安全性を満たしていない区間については、所定の浸透対策工法が施工されるが、その対策工法の有効性についても検討していく必要がある。

そこで本研究では、透明な模擬堤体を用いた模型実験を行い、堤体と基礎地盤間のパイピングの進展状況を観察するとともに、堤外側の基礎地盤に遮水矢板を設置し、その効果が河川堤防の安定性にどのような影響を及ぼすのか検討した。

2. 実験概要

図-1に実験模型概略図、表-1に実験ケースを示す。基礎地盤は水中落下法で堆積させ、上層珪砂7号、下層珪砂2号とし、相対密度が70%程度になるように締め固めた。堤体にはアガーで凝固した水を使用し、アクリル板を介しておもりを載荷した。各材料の透水係数は珪砂7号 $k_u=1.40 \times 10^{-4}(\text{m/s})$ 、珪砂2号 $k_l=1.80 \times 10^{-2}(\text{m/s})$ であり、実験に用いた各材料の粒度分布は図-2に示す。矢板に大きな止水効果を期待するには、貫入深度を透水層厚の90%以上必要との試算¹⁾があるため、90mmの基礎地盤に対して85.5mm挿入した。実験では図-3のように水位を上昇させ(i は外水位を堤体敷幅で除した平均動水勾配を表す)、パイピング進展状況と堤内側の漏水流量を計測した。また、パイピング進展時において堤外付近まで進行したパイピング孔と、高水位により透明堤体が堤内側水平方向に微量圧縮されて生じた隙間が繋がり、水位が維持できなくなった時点を通過とし、実験を終了した。また、実験中は浸透水の流れを可視化するため、ウラン溶液を注射器で適宜堤外側境界層から注入した。

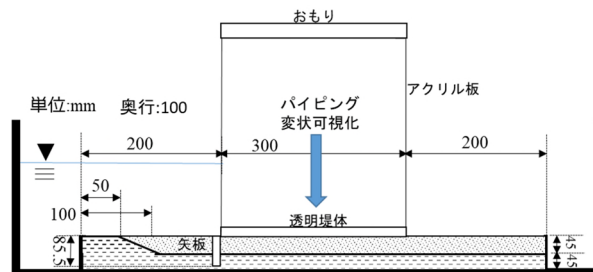


図-1 実験模型概略図 (case2: 矢板あり)

表-1 実験ケース

case 名	層厚 (mm)		矢板の有無	噴砂発生時間	噴砂発生時の平均動水勾配 i	裏法尻の噴砂到達時間	噴砂到達時の平均動水勾配 i	パイピング孔貫通時間	貫通時の平均動水勾配 i
	上層	下層							
case 1	45	45	無	1:06:10	0.17	1:17:10	0.20	2:04:20	0.33
case 2	45	45	有	1:06:30	0.17	2:03:30	0.33	2:17:40	0.37

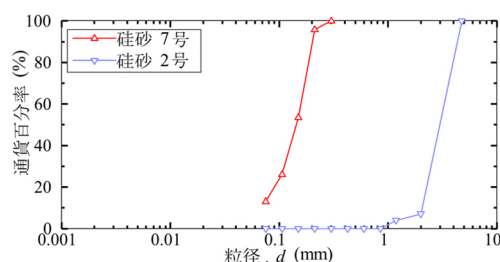


図-2 実験に用いた試料の粒度分布

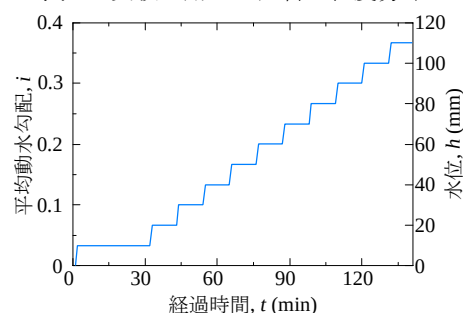


図-3 平均動水勾配の経時変化

3. 実験結果および考察

3.1. 噴砂発生後の進展と漏水流量の経時変化

図-4に各ケースでの噴砂発生及び裏法尻に噴砂が到達した時間と漏水流量の経時変化を示す。図より噴砂の発生時間に関しては、矢板の有無による違いは確認されなかった。この理由として、既報²⁾より

噴砂に影響を及ぼす基礎地盤の深度方向における影響範囲は堤体幅の約 0.4 倍であるが、本実験ではその深度まで矢板を設置していないため、噴砂発生の抑制効果が表れなかったと考える。一方、噴砂が裏法尻に到達する時間は、矢板を設置することで 45 分間遅延できていることがわかる。このように差が生じる理由は、漏水流量により考察する。図-4 の各ケースの漏水流量を比較すると、矢板を設置した case2 では case1 と比較して流量を抑制していることがわかる。漏水流量が多い場合には基礎地盤の流動化が進みやすく、また流出する土粒子の流出速度も速くなり危険側となるが、矢板によってその作用を抑制していたことが考えられる。以上より、矢板の設置によって漏水流量が抑えられ、噴砂が裏法尻に到達することを遅延させる効果があるといえる。実際の堤防でも矢板施工後は噴砂、漏水の規模が小さくなったとの報告があり³⁾、本実験と合致する。

3.2. 堤体下のパイピング進展状況の比較

図-5 に堤体の断面、図-6 は堤体の真上から観察したパイピング進展状況を示す。まず case1 では裏法尻の中央に噴砂が到達後、図-6 のように堤体下のパイピングが始まり、堤外側からの浸透水により土粒子が堤内側に運搬されていき、パイピング進展に従ってパイプ部の幅を広げながら、堤外側へ進行していく過程を可視化できた。一方、case2 ではパイピング進展開始時の水位が case1 より 40mm 高く、また水位 100mm における変状も case2 の方が小さいことから、矢板によるパイピング進展の抑制効果が確認できる。前節でも述べたように、矢板は基礎地盤の漏水流量を低減する効果があり、それに伴う土粒子の流出が抑えられていたものと考えられる。

以上より、矢板は堤体下の変状開始時間と変状量を抑える効果があることがわかった。また、パイピング時に形成される基礎地盤の緩みは水位低下後も残るため⁴⁾、矢板は出水の度に高まるパイピングのリスクも低下させることができると考える。

4. まとめ

本研究では、透明な堤体を用いた模型実験を行い、パイピングの進展状況を観察するとともに、遮水矢板の有効性を検討した。その結果、パイピング孔が

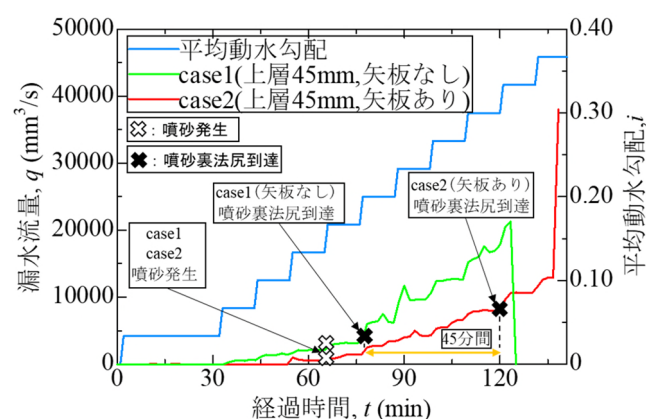


図-4 各ケースの漏水流量の経時変化

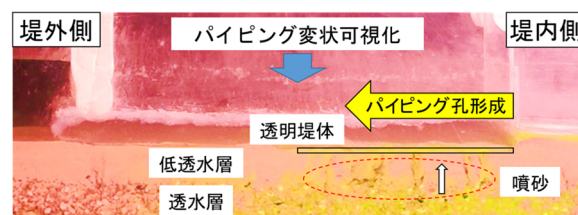


図-5 パイピング進展の様子（矢板なし）

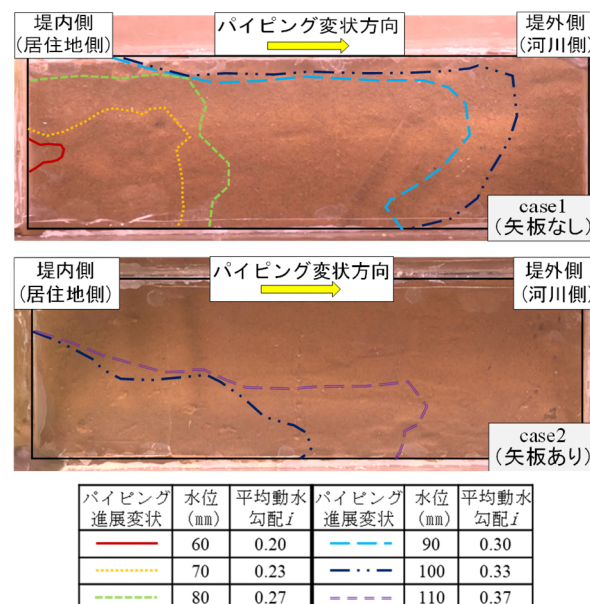


図-6 堤体下のパイピング進展変状の比較

パイプ幅を広げながら、堤外側へ進行していく過程を可視化できた。さらに、矢板を設置することによる有効性を確認できた。今後は、実験数を増やして、矢板設置による浸透流量の低減効果などを定量的に評価していく。

5. 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），2012.
- 2) 西村ら，河川技術論文集，第 24 巻，pp.613-618，2018.
- 3) 西村ら，第 54 回地盤工学研究発表会，pp.1029-1030，2019.
- 4) 新清ら，第 5 回河川堤防技術シンポジウム論文集，pp.5-8，2017.