

基礎地盤の変状に着目した河川堤防のパイピング破壊に対する矢板の効果

名古屋工業大学 学 ○伊神 友裕 正 前田 健一
学 牧 洋平 学 岡田 類

1. はじめに

河川堤防のパイピング破壊に対する基礎地盤の強化を目的として、矢板の設置が進められている。しかし、近年では矢板設置後も噴砂等の発生が報告されていることから、矢板の効果を再検討する必要があると考える。そこで、本研究では矢板がパイピング破壊に及ぼす影響を把握するためパイピング模型実験を行い、噴砂動態、パイピング進展速度、間隙水圧の伝播、漏水流量に着目し検討を行った。

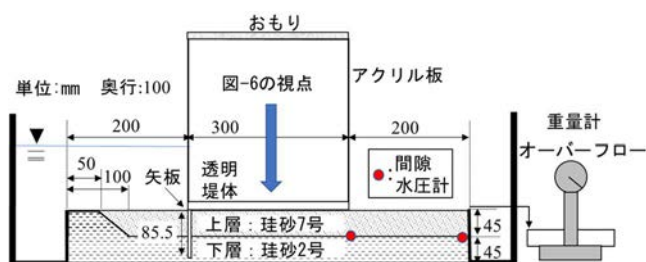


図-1 実験模型概略図

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。基礎地盤は上層珪砂 7 号、下層珪砂 2 号を水中落下法で堆積させ、相対密度 70%とした。また、堤外側の左端 50mm を露出部、裏法尻から 200mm 堤内側で行き止まり境界とした。堤体は基礎地盤の変状可視化¹⁾のため、アガーで凝固した水を用い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 $1.40 \times 10^{-4}(\text{m/s})$ 、珪砂 2 号 $1.80 \times 10^{-2}(\text{m/s})$ であり、粒度分布は図-2 に示す。矢板の止水効果発現には透水層厚の 90%以上の貫入が必要との試算²⁾から、90mm の基礎地盤に 85.5mm 挿入した。実験は図-3 のように水位上昇させ (i は水位を堤体敷幅で除した平均動水勾配)、パイピング進展状況と堤内の間隙水圧、漏水流量を計測した。

表-1 実験ケースと結果概要

case名	矢板の有無	水圧計の有無	噴砂発生時間 (min)	裏法尻噴砂 到達時間(min)	パイピング孔 貫通時間(min)
case1	×	×	66.2	77.2	123.3
case2	○	×	66.5	123.5	137.6
case3	×	○	65.5	89.5	109.8
case4	○	○	65.5	111.5	129.6

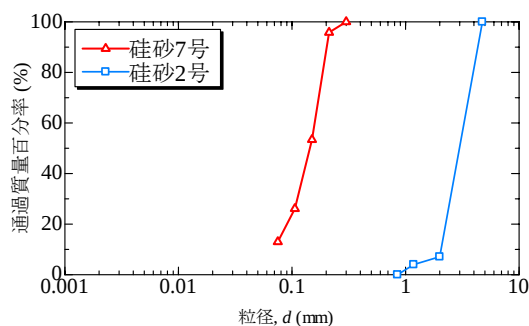


図-2 実験に用いた試料の粒度分布

3. 実験結果と考察

基礎地盤が複層・露出有・行き止まり有の条件では、まず法尻から離れた堤内地で噴砂が発生する。その後、噴砂が裏法尻まで移動し、堤体下にパイピング孔が堤外に向けて進展することで最終的にパイピング破壊に至る。また、その過程で変状周辺においてゆるみ領域が拡大する。このプロセスに着目し、①噴砂発生時点、②堤内地での噴砂箇所から裏法尻方向（堤体方向）への移動、③堤体下の堤内から堤外へのパイピング孔の進展と貫通、の3段階で考察する。なお、全ての考察は実験開始時を0分として行う。

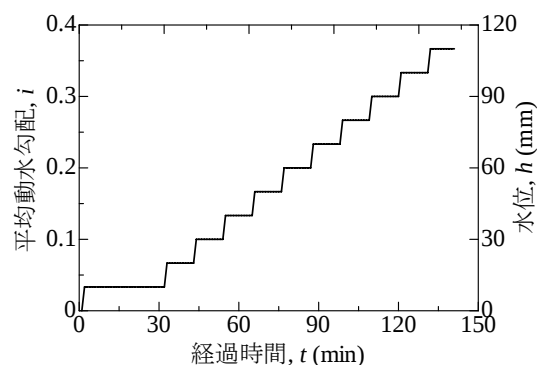


図-3 実験時の水位の経時変化

3.1 噴砂の発生

case1 から case4 の実験結果の概要を表-1 に、また図-4 に

case3 (矢板なし), case4 (矢板あり) の噴砂発生時間と実験開始後 30 分から 70 分における間隙水圧の経時変化を示す。表-1 と図-4 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。 case3 (矢板なし) と case4

(矢板あり)における、裏法尻と行き止まりで計測した圧力水頭の経時変化(図4参照)をみると、計測された水圧の値に大きな差がないため、噴砂が同じ水位で発生したと考えられる。また、矢板により圧力伝播を抑制できなかった理由について、既往の研究³⁾より噴砂に影響を及ぼす基礎地盤の深度方向の影響範囲は堤体敷幅の約 0.4 倍との試算もあるため、今後は矢板の根入れ長について定量的に評価していく必要があると考える。

3.2 堤内地での噴砂箇所の裏法尻(堤体方向)への移動

図5に case1 (矢板なし)、case2 (矢板あり)における噴砂が裏法尻に到達した時間と漏水流量の経時変化を示す。図より、噴砂が裏法尻に到達する時間は、矢板の設置により約 45 分間遅延できた。この理由について図5の漏水流量を比較すると、case2 (矢板あり)ではcase1 (矢板なし)の1/2程度に抑制していることがわかる。漏水流量が多い場合には流出する土粒子の流出速度が速くなり危険側となるが、矢板によりその作用を抑制したと考える。この違いは図6に示すパイピング進展時の堤体下基礎地盤を真上から観察した様子からも読み取れる。case1 (矢板なし)では裏法尻中央に噴砂が到達後、堤体下でのパイピングが始まり、堤外側からの浸透流により土粒子が堤内側に運搬され、変状範囲を広げながら、堤外側へパイピングが進行する様子が確認できた。一方、case2 (矢板あり)ではパイピング進展開始時の水位がcase1 (矢板なし)より 40mm 高く、水位 100mm における変状もcase1 (矢板なし)と比べて小さいことから、矢板によるパイピング進展の抑制効果が確認できる。

3.3 堤体下におけるパイピング孔の進展と貫通

既往の研究⁴⁾から、パイピング孔が堤体下6割程度まで進展すると、表法尻からパイピング孔先端部に向けて浸透流が局所化しパイピング孔貫通に至ることが分かっている。矢板を設置することで、表法尻への浸透流の局所化を防ぐことができ、パイピング孔の貫通を遅延できると考える。

4. まとめ

本研究により、矢板を設置することで、噴砂の発生を完全に抑制することはできないものの、噴砂の裏法尻への到達やパイピング孔の貫通を遅延させる効果があることが分かった。このことから、矢板を基礎地盤の不透水層まで設置することが難しい状況下では、矢板工法は噴砂そのものを止めることを期待するというより、パイピング破壊の抑止に効果を有すると考える。今後は堤防規模と矢板の根入れ長や水位条件等を変えて模型実験や数値解析を行い、矢板の効果をより定量的に評価していく必要がある。

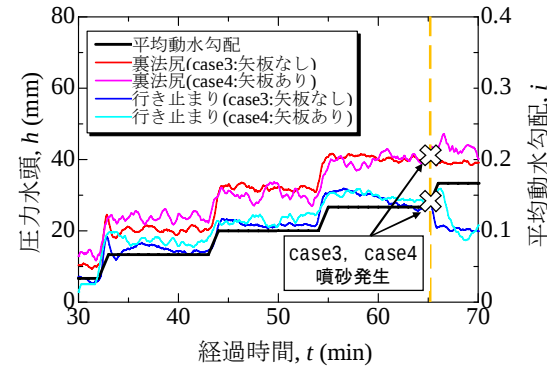


図4 間隙水圧の経時変化

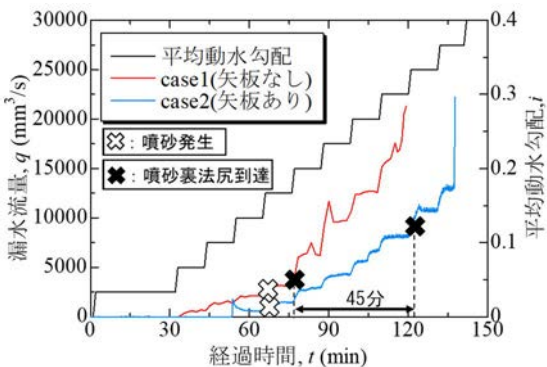


図5 漏水流量の経時変化

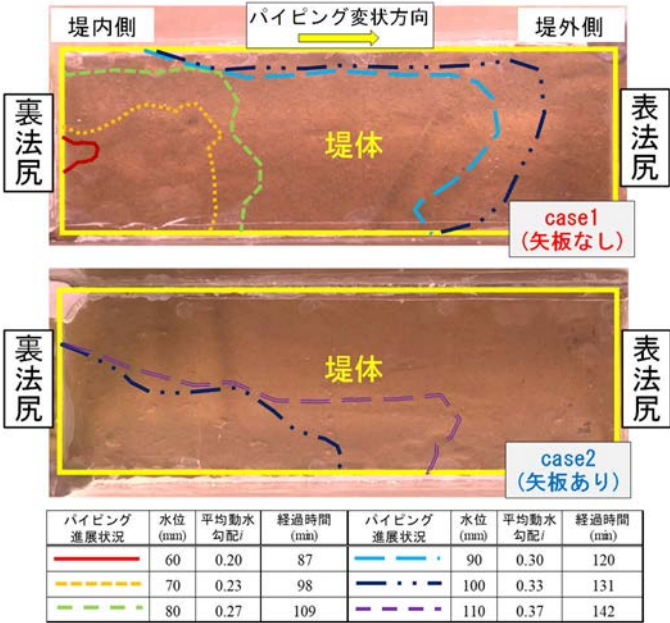


図6 堤体下のパイピング進展状況

(上図: case1 (矢板なし), 下図: case2 (矢板あり))

参考文献

1) 露口ら:第 55 回地盤工学研究発表会, pp.21-7-4-07, 2020
2) 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.
3) 西村ら:河川技術論文集第 24 巻, pp.613-618, 2018.
4) 牧ら:第 8 回河川堤防技術シンポジウム論文集, pp. 37-40, 2020.