

表面被覆型対策工を施した堤体における越流実験による事前湛水の効果の検証

日本工営株式会社（元名城大学大学院） 正会員 ○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

近年の豪雨や洪水に伴い、河川堤防の決壊・損傷事例が各地で報告されている。このことから越流が発生した場合においても決壊に至るまでの時間を少しでも引き延ばすための構造を有した粘り強い河川堤防の設計が急務となっている。岡本ら¹⁾は、表面被覆型対策工を施した堤体に対し越流実験及び PIV 解析を行い、表面被覆工及び法尻保護工を設置することで決壊までの時間を大幅に延ばすことを示した。また、これまでの被災事例では、越流が発生した場合においても決壊に至らなかった箇所もあり、そこでは、越流発生前に堤内地の水位が上昇し湛水が生じていたことが報告されている²⁾。このことから越流水が法尻を侵食する力を抑制するウォータークッション効果により決壊までの時間を引き延ばすことが期待される。しかし、堤体高や越流水深に対し、どの程度湛水があれば決壊までの時間を引き延ばすことができるのか不明な点が多い。そこで本研究では、岡本らが行った越流模型実験の結果を拡充し、堤内地に事前湛水を行い、湛水深を系統的に変化させた 2 次元模型越流実験により越流時における事前湛水の効果の検証を行った。

2. 実験概要

図 1 に模型実験の諸元を示す。本研究では、幅 170cm、高さ 60cm、奥行き 12cm のアクリル製土槽を用いている。排水槽の中心部には、取り外しできるアクリル板を設置することで、堤内地側の水位を所定の高さに調整している。地盤材料には、三河珪砂 8 号砂（間隙比 $e=1.06$ 、透水係数 $k=3.98 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ ）を用いた。また、被覆材には、岡本らの実験と同様に表面をやすりで加工したアクリル板を用い、越流水が側面から流入しないようにアクリル板の両側に止水ゴムを貼り、実験装置の壁面同士で挟み込むようにして固定し実験を行った。実験手順としては、まず、すべての地盤材料を含水比 4% になるように調整した後、所定の間隙比になるように丁寧に締め固めて堤体を作製し、その後、アクリル板を天端・裏法面に設置する。堤体作製後、給水槽の水位を水槽底面から 250mm（堤体高さ 5 割）、排水槽の水位を 100mm で保ち、100 分間浸透を行った。浸透完了後、堤内地側において事前湛水を行うために、排水槽の水位を所定の湛水深に到達するまで上昇させる。最後に給水槽の水位を一機に上昇させ、越流水深 1cm を保ちながら堤体が決壊に至るまで観察を行った。決壊に

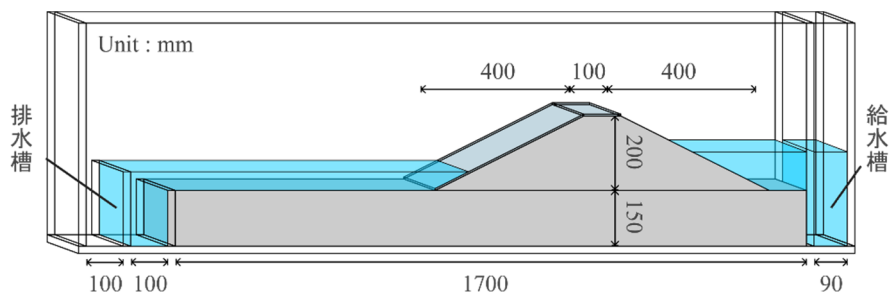


図 1 模型諸元

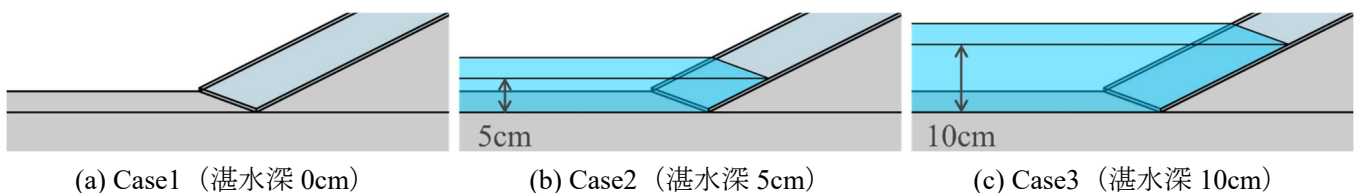


図 2 実験ケース

キーワード 越流模型実験, 湛水, ウォータークッション

連絡先 〒468-0073 愛知県名古屋市中白区塩釜口 1 丁目 501

至らない場合は、越流開始から 90 分で実験を終了した。図 2 で示すように Case1, 2, 3 をそれぞれ湛水深 0cm, 5cm, 10cm とした。

3. 実験結果

写真 1 に Case1 の経時変化を示す。こちらの実験結果については、既報¹⁾で示した実験結果と同一である。実験開始直後、越流水により堤内地地盤が侵食される。その後、堤体法尻部が吸い出され被覆工下の堤体土砂が川裏側へと流出し始める。一方で、川表側からの堤体内浸透が進行することにより、裏法面被覆材と堤体の境界において水みちが形成され、越流水による堤体土砂の吸出しと堤体内浸透による水みちの形成により裏法面被覆材に沿って川裏側へ内部侵食 (backward erosion) が進行することで $t=750s$ (12min30s) で決壊へと至った。写真 2 に Case2 の経時変化を示す。湛水深 0cm の場合と同様に越流水が法尻部に到達すると堤内地地盤への侵食が進行する。その後も湛水深 0cm と同様な基礎地盤の侵食と内部侵食が進行し、最終的に堤体と被覆工間における水みちが連通する事で $t=1160s$ (19min40s) で決壊に至った。写真 3 に Case3 の経時変化を示す。実験開始直後、越流水が堤体法尻部に到達すると基礎地盤が侵食されるが湛水深 0cm, 5cm と比較すると侵食深さが小さくなっている。その後、湛水深 0cm, 5cm と同様に堤体と被覆工間における水みちが堤防天端にかけて進行し、最終的に堤防法肩まで進展したが 90 分に到達したため決壊に至らず実験を終了した。この結果より湛水深が大きくなることで堤体法尻部に作用する越流水の流速が低減され、ウォータークッション効果が発揮されることで基礎地盤における侵食や堤体材料の吸出し現象が抑制されること、さらに湛水に伴う裏法面被覆材背面での動水勾配が低減したことから決壊までの時間が大幅に延びたと考えられる。

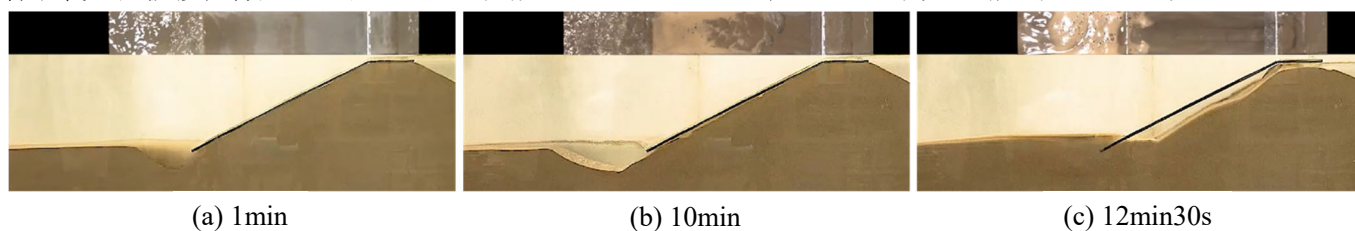


写真 1 Case1 経時変化

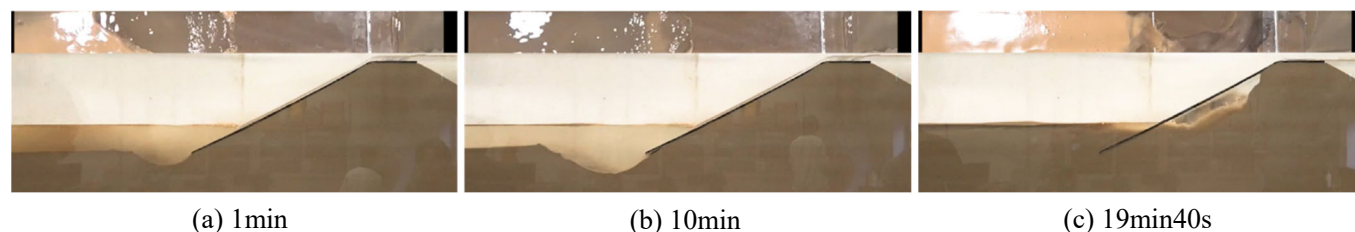


写真 2 Case2 経時変化

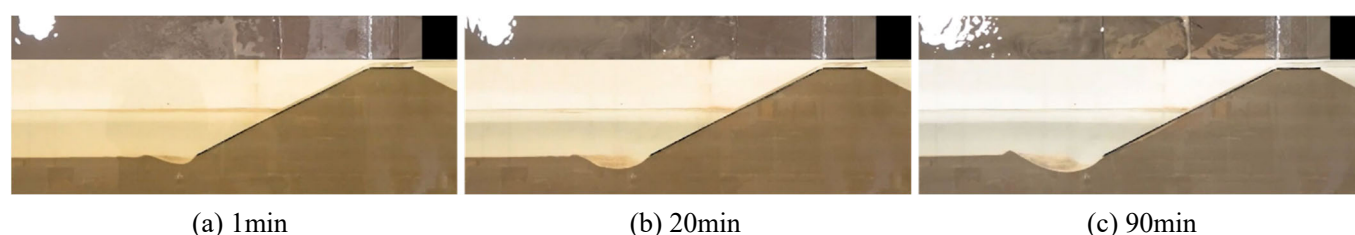


写真 3 Case3 経時変化

4. おわりに

本研究では、湛水深を大きくすることで、裏法面被覆材の上側においては越流水の流速を低減させ、下側背面においては動水勾配を低減させることで決壊までの時間を引き延ばす効果を示した。一方で、湛水深と決壊までの時間との関係にはまだ不明な点が多いため、今後はさらに細かく湛水深を設定し実験を行うとともに、洗堀孔内における越流水の PIV 解析を行うことでより詳細な検討を行っていく予定である。

参考文献: 1) 岡本ら: 堤防法尻侵食に伴う越流水の流れ絵構造の変化と法尻保護工の効果に関する実験的研究, 土木学会論文集 B1 (水工学) Vol.81, No.16, 掲載決定, 2025. 2) 国土技術政策総合研究所: 危機管理型ハード対策の改良に向けて～越水発生個所調査の重要性～, 入手先 <<https://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryu/2020report/ar2020hp018.pdf>>