

# PC-壁体を用いた河川堤防「ラストウォール」に関する実験的研究

音田 慎一郎\*

## 1. 研究の目的

近年、局地的集中豪雨に伴う河川水位の上昇によって、河川水が堤防を越流し、堤防が決壊する事例が報告されている。こうした被害を軽減するには、仮に越流や侵食が起こったとしても甚大な被害が生じないように、「粘り強い」堤防が求められている。その一つとして一部自立型堤防が挙げられる。一部自立型堤防は堤防内に連続した改良土や矢板、壁体等を設置し、侵食を受けても自立部が残存することで堤防全体が崩壊に至ることを防ぐものである。本研究では一部自立型堤防の中で、法肩間に壁体を設置する構造を考える。壁体設置時は、基礎地盤への根入れ深さで決まる受働土圧によって安定な構造であるものの、川裏側の堤体、基礎地盤が洗掘されると受働土圧が減少し、滑動や回転に対する抵抗力が弱まる<sup>1)</sup>ことで、自立部の安定性が失われ、滑動、あるいは転倒し、堤防決壊を引き起こす恐れがある。したがって、洗掘を許容した上で自立部が安定するための合理的な根入れ深さを決定するためには、構造物背後においてどの程度洗掘が進むのか、それによって受働土圧がどの程度減少するのかを評価する必要がある。特に洗掘が平衡状態に至ったときの最大洗掘深を評価することが重要な課題となってくる。堤防の越流侵食に関して、土堤を対象とした実験的研究<sup>例えば 2)</sup>はあるものの、一部自立型堤防において構造物周辺の洗掘に関する研究は十分に行われていない。また、水理模型実験を行い、実験結果から最大洗掘深を予測するいくつかの評価式が提案されている<sup>例えば 3)</sup>が、実験結果に対する現象論的なアプローチによって得られたものであり、洗掘深は堤体形状や堤体材料の影響を受けるため、洗掘プロセスの把握や最大洗掘深の予測について十分に検討されているとは言い難いと思われる。

本研究では、堤防内に壁体を設置する一部自立型堤防において、越流侵食時の最大洗掘深の予測を最終目標とし、その最初のステップとして、洗掘プロセスと平衡状態における現象を把握するため、水理模型実験を行い、考察を行った。

## 2. 研究の方法

図-1 のように水平直線水路に模型堤防を作成し、自立部を有する壁体を設置する。上流から水を流して越流侵食に関する模型実験を行った。概ね洗掘が平衡状態に達した時点で通水を止め、洗掘底面に堆積した砂礫群を除去した後、再度通水を行い、洗掘が進行するかどうかを確認した。各実験の様子は水路側面に設置したビデオカメラで撮影し、その映像から堤体及び基礎地盤の形状の時間変化を観察・図化した。

本実験で用いた堤防材料は、砂利と珪砂 1, 3, 5, 7 号及び粘土を 1:1:2:3:2:1 の割合で均一になるように混ぜた試料（以下、混合試料）であり、この混合試料は河川土工マニュアル<sup>4)</sup>に示される粒度分布の適用範囲内のものである。50 % 粒径  $D_{50}$  は 0.730 (mm)、土粒子密度は 2.650 (g/cm<sup>3</sup>)、最適含水比は 10.7 (%), 最大乾燥密度は 2.005 (g/cm<sup>3</sup>)であった。

模型実験の概略図を図-1 に示す。天端保護工の長さは 10 (cm)、堤体高は 10 (cm)であり、自立部として用いた壁体および天端保護工の材料はどちらも板厚 3 (mm)のステンレス鋼である。

## 3. 得られた成果

越流開始時刻を  $t=0$  (s)とし、洗掘が概ね平衡状態に達するまでの時間は 10800 (s)であった。その後、通水を停止し、洗掘孔の表層に堆積した砂礫群を除去した後、再度通水して、さらに 1 時間の洗掘の様子を観察した。洗掘が平衡状態に達したときの洗掘孔の様子を写真-1 に、堤体形状の時間変化を図-2 に示す。図-2 において赤い線までは洗掘が平衡状態に達するまでの結果であり、青い線は砂礫群を除去した後の結果を示している。写真より、洗掘孔の表層には砂礫群が堆積していることが確認でき

---

\*京都大学・准教授

る．これは侵食されて下流に流出する土砂のうち，比較的粒径の大きいもの（砂礫）の一部が洗掘孔に留まり堆積したものである．また，図-2 をみると，砂礫群除去後の青い線の結果では洗掘が進展していることがわかる．

越流開始から 900 (s)以降の 15 分間あたりの洗掘深増加量の時間変化を図-3 に示す．越流開始から 900 (s)以降に洗掘深の増加量は徐々に減衰していき，平衡状態に至る．一方，堆積した砂礫群除去後には洗掘深増加量が大きくなっている．洗掘孔表層に堆積した砂礫が水の流れを弱めるクッションの働きをすることで，洗掘深の増加が抑制されたと考えられる．

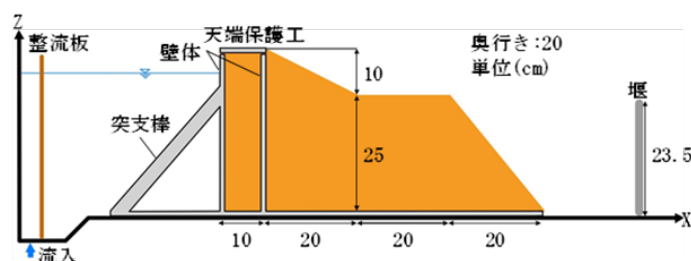


図-1 模型実験の概略図



写真-1 洗掘孔の様子

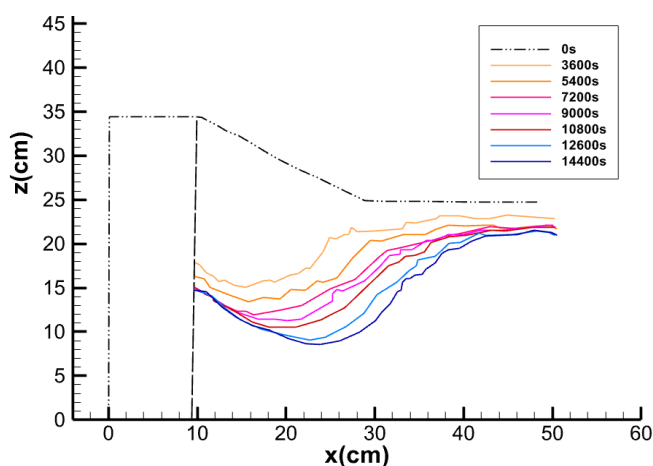


図-2 洗掘孔の時間変化

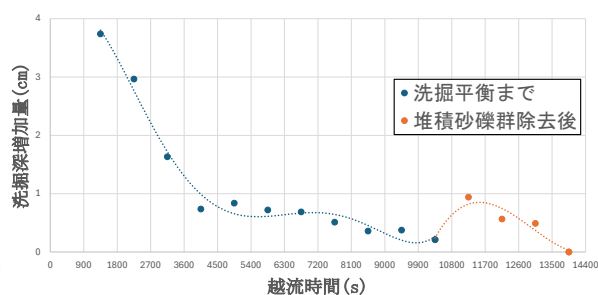


図-3 洗掘増加量の時間変化

#### 4. 謝 辞

本研究は，日本コンクリート工業株式会社から委託を受けて実施されたものであり，関係各位に謝意を表したい．

#### 参 考 文 献

- 1) 国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室，国立研究開発法人 土木研究所 地質・地盤研究グループ：粘り強い河川堤防の技術開発に当たっての参考資料【自立型】，2022．  
[https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai\\_blog/teibou\\_kentoukai/pdf/sankoushiryo\\_2.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/teibou_kentoukai/pdf/sankoushiryo_2.pdf) (2025年7月18日閲覧)
- 2) 音田慎一郎，清水皓一，山口凌大：浮遊砂の影響を考慮した堤防の越流侵食に関する数値シミュレーション，土木学会論文集 B1 (水工学)，Vol.77，No.2，pp.I 703-I 708，2021.
- 3) 有川太郎，池田 剛，窪田幸一郎：越流による直立型堤防背後の洗掘量に関する研究，土木学会論文集 B2 (海岸工学)，Vol.70，No.2，pp.I 926-I 930，2014.
- 4) 国土技術研究センター：河川土工マニュアル平成 21 年 4 月改訂版，第 3 章 河川土工の設計，pp.62-79，2009.