

地中連続壁により改修されたため池堤体の越流浸食に関する数値解析

Numerical Analysis for Overtopping Erosion of Small Earth Dams

Retrofitted by Cut-off Wall

○廣川 慎* 澤田 豊* 川崎哲人** 小西一生** 河端俊典*

Makoto HIROKAWA, Yutaka SAWADA, Tetsuhito KAWASAKI,

Kazuo KONISHI and Toshinori KAWABATA

1. はじめに

近年、ため池の老朽化が進み、改修が急務とされているが、改修に必要な刃金土が全国的に不足している。そこで、比較的大型のため池に対しては、地中連続壁など地盤改良による改修が考えられる。地中連続壁による改修のメリットとして、堤体の耐震性と耐浸食性の向上が期待される。本研究では特に堤体中央部に改良体を設置した場合の堤体の越流浸食を検討するため、MPS法を用いた数値解析を実施した。

2. 解析概要

本研究では、MPS法を用いて数値解析を実施した¹⁾。堤体の浸食を再現するため、既往研究で提案されている浸食モデルを用いた²⁾。本解析に用いたパラメータをTable 1に示す。このパラメータは既往研究²⁾で越流破堤実験結果³⁾を基に決定されたものである。Fig. 1に解析モデルを示す。解析モデルは堤高300mm、天端幅100mm、法面勾配1:2であり、既往研究と同じ寸法である²⁾³⁾。既往研究では、越流流速による改良体の浸食は発生しないことが報告されている⁴⁾。したがって、堤体内部に浸食されない粒子(Fig. 1(b)、赤色)を配置することで地

中連続壁を再現した(Case B)。境界条件には、堤体上流側から $0.021\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{m})$ の単位幅流量を与え、下流側境界は自由流出境界とした。本解析では、9分間越流させ、地中連続壁によって改良された堤体の浸食性について検討した。なお、後藤らが提案した時間短縮に関するパラメータ α_t を用いることで、数十分間の現象を数十秒の計算で再現するための簡易な処理として、浸食量を α_t 倍にして浸食の進行を早めている⁵⁾。

* 神戸大学大学院農学研究科 Graduate School of Agricultural Science, Kobe University

**株式会社竹中土木 Takenaka Civil Engineering & Construction Co., Ltd.

キーワード：ため池、地中連続壁、MPS法

Table 1 入力パラメータ
Input parameters for simulation

水粒子の密度	$\rho_w(\text{kg}/\text{m}^3)$	1000
間隙率	λ	0.395
浸食パラメータ	$\alpha(\text{m}/(\text{s}\cdot\text{Pa}^{3/2}))$	7.84×10^{-5}
浸食パラメータ	γ	1.5
時間縮尺に関するパラメータ	α_t	50.0
粒子間距離	$l_0(\text{m})$	0.010
影響半径(勾配)	$r_e(\text{m})$	$2.1l_0$
影響半径(ラプラシアン)	$r_e(\text{m})$	$4.0l_0$
限界掃流力	$\tau_c(\text{Pa})$	1.0
時間刻み	$dt(\text{s})$	0.0005

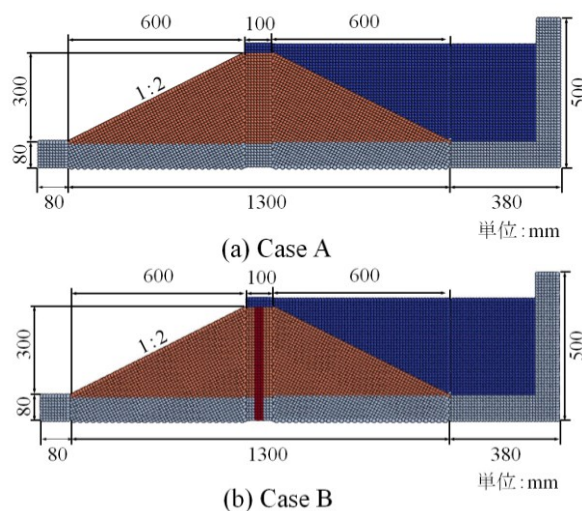


Fig. 1 解析モデル
MPS models of erosion simulation

3. 解析結果

Fig. 2 に Case A および Case B の堤体の越流浸食解析の結果を示す. Fig. 2(a)からは時間の経過とともに堤体が浸食されている様子が読み取れる. 越流開始9分後には, ため池堤体は貯留機能を消失していた. このような浸食過程は, 実験結果³⁾と定性的に一致しており, 本解析の結果の妥当性が確認された. また, Fig. 2(a)と Fig. 2(b)を比較すると, Case Bの方が堤体の浸食が抑制されており, その傾向は上流側でより顕著に確認できる.

Fig. 3 に各ケースでの堤体の浸食状況を比較するために, 堤体を構成する粒子数の残存率の時間変化を示す. ここで, 粒子残存率は, 時刻ごとの堤体を構成する粒子数を求め, それを越流開始時の初期値でそれぞれ除した値である. この図より, 越流開始3分後までは両ケースでの浸食の程度に差は見られないものの, それ以降, Case Bでは粒子残存率の減少勾配が緩やかであることから, Case Bで浸食が抑制されていることがわかる.

Fig. 4 に越流開始9分後の Case B の堤体の浸食の様子を示す. この図から, 上流側では天端付近で堤高の17%程度が浸食されるものの概ね残存する一方で, 下流側の堤体はほとんど浸食されていることがわかる. このように, 上流側の堤体のみが残存することで, 上流側と下流側で土圧や水圧による不均衡が生じ, 越流浸食後の堤体が安定的であるかは不明である. 今後別途, 越流浸食後の堤体の力学的安定性について検討する必要がある.

4. まとめ

本研究では, 地中連続壁により改修されたため池堤体の越流浸食について検討することを目的として MPS 法を用いて改良部が全く浸食されないという仮定の下で, 数値解析を実施した. その結果, 改修された堤体では, 特に上流側で耐越流浸食性の向上が確認された. 一方, 下流側では堤体はほぼ全て浸食されることがわかった. 越流浸食後に上流側と下流側とでの不均衡が考えられるため, 今後別途, 越流浸食後の堤体の力学的安定性について検討する必要がある.

引用文献

- 1) Koshizuka and Oka (1996): Moving-Particles Semi-Implicit Method for Fragmentation of Incompressible Fluid, *Nuclear Science and Engineering*, **123**, 421-434
- 2) Shuku, T. et al. (2016): Numerical Simulation of Embankment Failure due to Overflow by Moving Particle Semi-implicit Method, *農業農村工学会論文集*, **301**, 31-38
- 3) 藤澤ら (2011): 砂・粘土混合材料の侵食速度測定と室内越流破堤実験, *農業農村工学会論文集*, **273**, 45-55
- 4) 角川ら (2020): 地中連続壁により改修されたため池堤体天端の越流時浸食特性に関する実験的検討, 第69回農業農村工学会大会講演会
- 5) 後藤ら (2008): 粒子法による河川堤防裏法侵食の数値シミュレーション, *水工学論文集*, **52**, 979-984

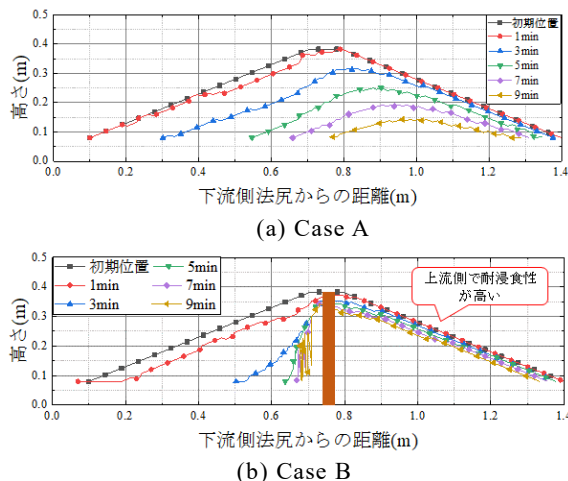


Fig. 2 堤体の浸食過程

Simulation results for embankment erosion process

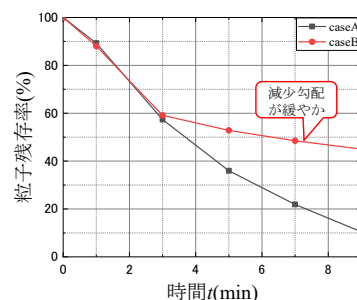


Fig. 3 粒子残存率

Residual rate of particles

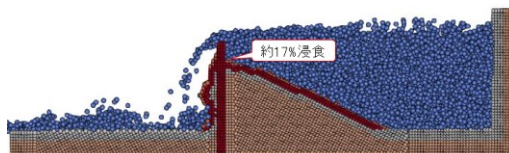


Fig. 4 浸食の様子 (越流開始9分後)
State of erosion