

河川堤防の越水対策に関する遠心模型実験

安藤ハザマ 正会員 ○西尾竜文, 足立有史
上田祥央
ナカダ産業 正会員 関谷勇太, 遠藤優輝
京都大学防災研究所 正会員 渦岡良介

1. はじめに

近年、降雨の激甚化、集中化による河川堤防の被害が増加している。特に令和元年台風第 19 号では、全国で多くの河川堤防が「越水」により決壊しており、越水が生じた場合でも決壊するまでの時間を少しでも長くできる「粘り強い河川堤防」の整備が求められている¹⁾。このような背景から、著者らは、透水性を有する被覆工および地盤改良工を併用した越水対策工法を開発している。本報では、対策工法の適用効果確認を目的として実施した遠心模型実験について報告する。

2. 実験概要

図-1、表-1 に模型概要図と材料一覧を示す。本実験は遠心加速度 50G 場にて行った。模型土槽は幅 64cm、高さ 27cm、奥行 15cm の剛土槽を使用し、遠心力場の相似則に基づいて実物の 1/50 の寸法で模型を作製した。模型堤体は、堤高 4m の中規模の河川堤防を想定した。基礎地盤および堤体盛土は珪砂 8 号とカオリン粘土を 5:1 の割合で混合したものを突き固めて作製した。対策工として設置した法尻改良体は、プレキャストとし、上流側法尻に止水性改良体、下流側法尻に透水性改良体を配置した。透水性改良体とは、透水性の高い碎石や砂などに少量のセメントスラリーと混和材を混合して、空隙を確保した状態で固化した優れた透水性とせん断強度を有する改良体である。被覆工として設置したグラベルマットは、実物寸法で 10mm の化学繊維ネット素材の袋に最大粒径 10~80mm の碎石を充填した透水性を有する被覆工である。模型実験では、珪砂 5 号を粒度調整した材料を、目開き 0.25mm のメッシュ状の袋に充填した模型材料を堤体上に設置し、アンカーを模擬した針で固定した。表-2、図-2 に実験ケースと CASE2、3 の法尻固定状況を示す。本実験では合計 3 ケースの実験を行った。対策有の 2 ケースのうち、CASE2 では、透水性改良体の上部にグラベルマットを重ねて針で固定した。CASE3 では、透水性改良体の上流側を深さ 6mm で掘削し、グラベルマットを透水性改良体にすりつけて設置し、境界部分を粘土で接続した。本実験では、遠心加速度 50G に到達後、河川水位の急上昇を模擬して、堤体上流側の水位を上昇させた。目標越流水深を 30cm として上流側水位を保持し、越水に伴う堤体の侵食状況を観察した。土槽上流側に接続した容量 8.3L のタンクの水を使い切った段階で実験を終了した。

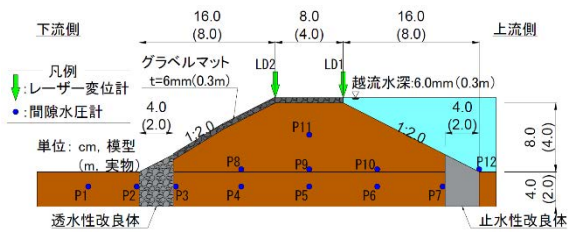


図-1 模型概要図

表-1 材料一覧

モデル名	材料	材料物性
堤体 基礎地盤	珪砂 8 号, カオリン粘土	$\rho_{dmax}=1.812 \text{ g/cm}^3$, $w_{opt}=13.0 \%$, $D_c=95 \%$, $\rho_d=1.721 \text{ g/cm}^3$, $k=7.7 \times 10^{-7} \text{ m/sec}$
止水性 改良体	セメント 改良体	$\rho_t=1.795 \text{ g/cm}^3$, $k=6.76 \times 10^{-10} \text{ m/sec}$
透水性 改良体	ボース コンクリート	$\rho_t=1.891 \text{ g/cm}^3$, $k=1.56 \times 10^{-7} \text{ m/sec}$
グラベル マット	メッシュ材 珪砂 5 号	$D_{max}=0.3 \text{ mm}$, $t=6 \text{ mm}$ $\rho_t=1.800 \text{ g/cm}^3$
間隙水	脱気水	-

表-2 実験ケース

ケース名	対策工	
	法尻改良	被覆工
CASE1	無	無
CASE2	有	有 (重ねて固定)
CASE3	有	有 (粘土で接続)

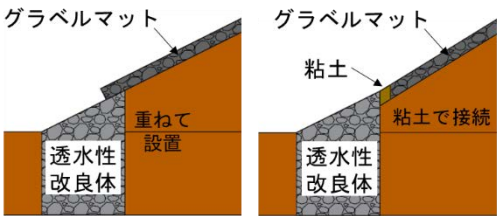


図-2 下流側法尻部の固定状況
(左: CASE2, 右: CASE3)

キーワード 河川堤防, 越水, 遠心模型実験
連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市荏荏 515-1
安藤ハザマ 技術研究所 地盤・基礎研究部 TEL028-858-8813

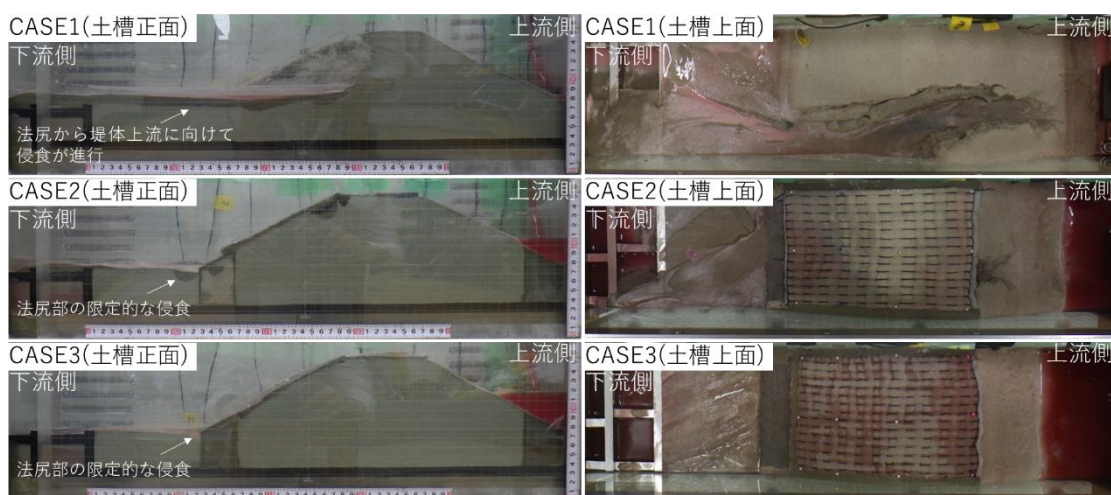


図-3 模型の侵食状況

3. 実験結果

図-3, 4 に実験後の模型の侵食状況を示す. 図-4 の CASE2, 3 には, グラベルマットを撤去した状態での堤体の侵食状況を示している. CASE1 では, 越水に伴い, 堤体法尻部から侵食が発生し, 徐々に堤体上流側に向かって侵食が進行した. 最終的には, 侵食が上流側法面に達し, 堤高 4.0m に対して, 堤体天端から深さ約 2.8m まで侵食された. これに対して, CASE2 では, 越水に伴い, 法尻部に侵食が発生するものの, 下流側法尻に配置した透水性改良により, その範囲が下流側基礎地盤に限定された. 越水初期において, グラベルマットの効果により堤体盛土の侵食は抑制されたが, 越水開始から 10 分後より堤体下流側法面に侵食が発生し, グラベルマットと透水性改良の境界部分から堤体土砂が流出した. 最終的には, 堤体天端から深さ約 1.4m まで侵食された. 一方, CASE3 では, CASE2 と同様に下流側法尻部において侵食範囲が限定され, さらに堤体盛土では, 越流時間を通して侵食は発生しなかった. 下流側法面の状況では, CASE2 では, 透水性改良上流側の広い範囲に侵食が発生しているのに対して, CASE3 では, 法面に上流側から流入したとみられる土砂が付着しているものの, 透水性改良体上流側に侵食はなく健全な状態を保っている.

図-5 に各ケースの上流側水位の時刻歴を示す. 水位データは堤体

上流側に設置した水圧計より推定した. 越流水深は CASE1 では 20cm, CASE2, 3 では 40cm であった. CASE1 では, 侵食の発生に伴い, 急激に上流側水位が低下しており, 侵食速度が速いことがわかる. これに対して, CASE2 では, 侵食発生後の水位低下がやや緩やかになる傾向を示しており, CASE1 に対して, 侵食速度が遅く, 粘り強い構造となっていると考えられる. CASE3 では, 実験設備の制約上, 越流時間が 2 時間程度であるが, 実験後も侵食等を生じていないことから, さらに長い越流時間に耐えられる可能性がある.

4. まとめ

河川堤防を対象とした透水性改良体とグラベルマットによる越水対策について, 遠心模型実験により効果の確認を行った. その結果, 無対策に対して越水時の侵食を抑制でき, 粘り強い構造となることが確認できた. 今後は実験設備を改良し, さらに越流時間を長くした実験を実施するとともに, 数値解析による効果検証を進める予定である. 【参考文献】1)第2回河川堤防の強化に関する技術検討会資料, 2023.3.1.



図-4 堤体下流側の侵食状況

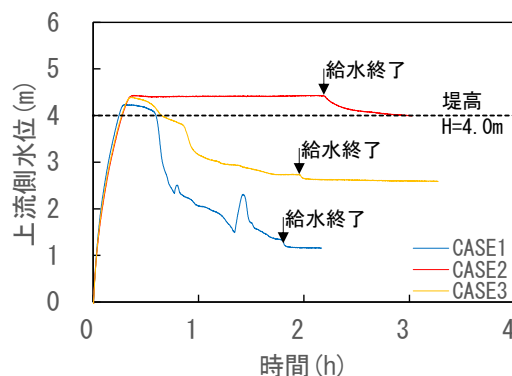


図-5 各ケースの上流側水位