

流況変化に着目した堤防天端補強工法による耐越水性向上効果の検討

東京理科大学大学院 学生会員 ○篠原 麻太郎
 東京理科大学 正会員 二瓶 泰雄
 元東京理科大学大学院 正会員 倉上 由貴

1. はじめに

近年、度重なる集中豪雨により、堤防高を上回る超過洪水とそれに伴う堤防決壊、洪水氾濫が頻発している。こうした背景を受け、国土交通省は、2015年に河川の施設では防ぐことのできない大洪水は必ず発生するものと意識改革を行うべく、「水防災意識社会 再構築ビジョン」¹⁾を発表した。この中では、ハード・ソフト両面からの対策により、防災に加え減災を試みる方針を示している。またハード対策に対し超過洪水発生時に堤防決壊までの時間を少しでも延ばし、避難や水防活動の時間を確保するための危機管理型ハード対策を奨めている。例えば、天端を簡易的に補強し、堤体土よりも大幅に侵食されにくい天端から越流水を剥離させ天端直下の堤体土を侵食を抑制し得る「ひさし効果」により、越水破堤に至る時間を引き延ばす効果を期待するものである。土研・河川研究室²⁾や国総研・服部ら³⁾などにより、天端舗装の簡易補強技術はある程度検討されているものの、天端保護工形状の工夫などの課題は残されている。本研究では、天端舗装のひさし効果を強化し得る簡易補強工法を提示し、その耐越水性向上効果を検討する。そのため、大型模型（同 1.0 m）の堤防越水実験を行い、いくつかの天端補強工における耐越水性を比較・検討する。

2. 実験方法

図-1に示す大型水平水路（長さ 20 m、高さ 1.8 m、幅 1.0 m）に、高さ 1.0 m、天端幅 1.0 m、のり面勾配 1:2、基礎地盤厚さ 0.30 m の堤体模型を設置した。堤体土は江戸崎砂（細粒分含有率 $F_c = 15\%$ 、最大乾燥密度 $\rho_{dmax} = 1.82 \text{ g/cm}^3$ 、最適含水比 $w_{opt} = 16.0\%$ ）を使用した。ここでも最適含水比、 $D_u = 90\%$ になるように層厚 0.057 m で各層締固めを行った。大型模型実験の天端補強方法を図-2に示す。補強工法は、3 ケースである。一般舗装では、天端に家庭用アスファルト（アスファルト V、家庭化学工業(株)製）を使用し、路盤層は設けず層厚 0.04 m で作成した。天端一体化工法では、ステンレス板（1.0 m × 0.995 m、厚さ 1 cm）を天端に敷設した。天端-裏のり肩一体化工法では、天端には上記と同じステンレス板、裏のり肩にはアルミ板（厚さ 0.08 mm、のり面方向 0.223 m × 奥行方向 1.0 m）を各々繋いで設置した。天端一体化・天端-裏のり肩一体化工法では、転動防止策として、表のり肩にコンクリートパネル（0.25 × 0.25 × 0.05 m）を奥行方向に 4 枚設置した。2015 年鬼怒川での被災事例を参考にした越流水深の時系列変化⁴⁾を図-3に示す。

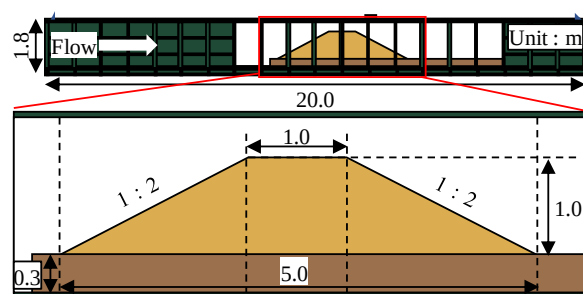


図-1 大型水平水路の概要

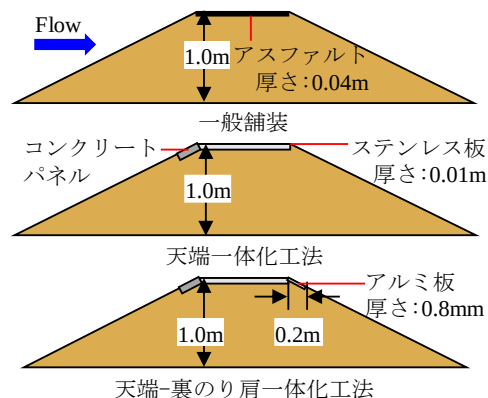


図-2 天端補強方法

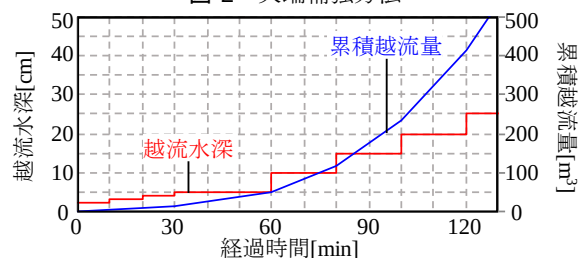


図-3 大型模型実験における水利条件の設定

キーワード 堤防, 天端補強, 侵食, 大型模型実験, 危機管理型ハード対策

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学 TEL: 04-7124-1501 (内線 4069)

3. 実験結果と考察

(1) 各補強条件の流況と侵食過程

大型模型実験における堤体の侵食過程を図-4 示す。ここでは、江戸崎砂における一般舗装、天端一体化工法、天端-裏のり肩一体化工法の結果を表示する。これより、まず、一般舗装では、 $t=20$ 分で裏のり面部分が掃流され侵食面が切り立った。その後、舗装を支える直下の堤体土が徐々に侵食され、アスファルトがひさし状に宙に浮いた状態になると欠落し、この過程を繰り返して決壊に至った。天端一体化工法では、一般舗装と同じく裏のり側の侵食面が切り立つが ($t=10\sim20$ 分)、その後は、堤体下部のみ侵食され、ある程度進行すると堤体土上部が大規模に崩落し、全体として侵食面が表のり面側に進行する。越流水は裏のり面側に着水し、堤体側に形成される渦により堤体下部が侵食されていることが確認されている。さらに、天端-裏のり肩一体化工法に関しては、概ねの侵食過程は天端一体化工法と類似しており、かつ、その侵食状況はより緩やかになっていることが分かる。

(2) 全ケースの堤体面積残存率の時間変化

各ケースにおける堤体の面積残存率の時間変化を図-5 示す。面積残存率は、水路側面から撮影した動画より、時々刻々の堤体断面積を初期値で除したものである。また、決壊時間を図中×印で表示する。面積残存率や決壊時間の大小関係は、一般舗装<天端一体化工法<天端-裏のり肩一体化工法、となっている。特に、天端一体化工法と天端-裏のり肩一体化工法では、面積残存率の勾配が緩く、一旦侵食が堤体土のどこかで始まっても、決壊にかかる時間を引き延ばす粘り強さを発揮できており、特に天端-裏のり肩一体化工法で顕著になっていることが分かる。

(3) 着水位置と侵食面までの距離の時間変化

各ケースにおける着水位置と侵食面までの距離 (侵食距離 X_e) の時間変化を図-6 に示す。一般舗装では、着水位置と侵食面の距離が開かないまま、決壊へと至っている。これに対して、天端一体化工法と天端-裏のり肩一体化工法では、侵食距離 X_e が時間と共に大きくなり、両者の挙動は概ね一致した。これより、ひさし効果を向上させるには、剥離した越流水の着水位置を下流側へ移動させる工夫が有効である。

参考文献: 1)国交省:水防災意識社会再構築ビジョン, 2015. 2)土木研究所河川研究室:土木研究所資料, No.2074, pp.1-61, 1984. 3)服部ら:国土技術政策総合研究所資料, No.911, pp.1-61, 2016. 4)倉上ら:ジオシンセティックス論文集, Vol.31, pp.191-198, 2016.

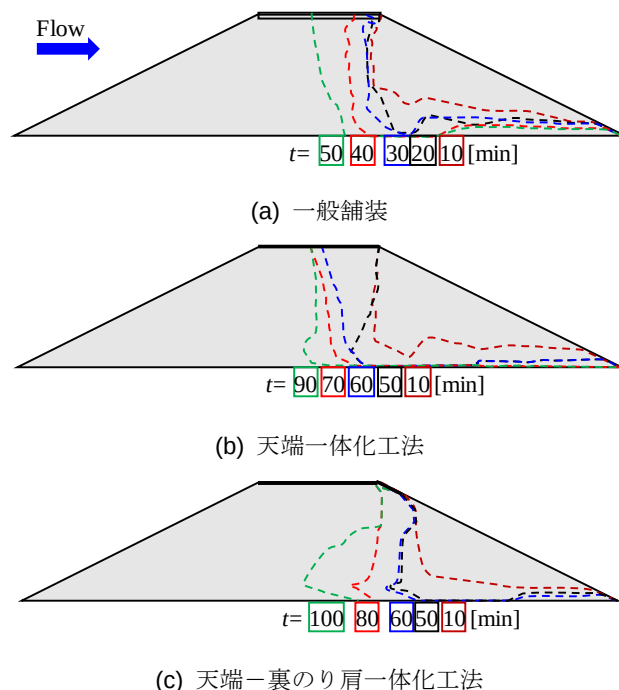


図-4 堤体の侵食過程 (大型模型実験, 江戸崎砂)

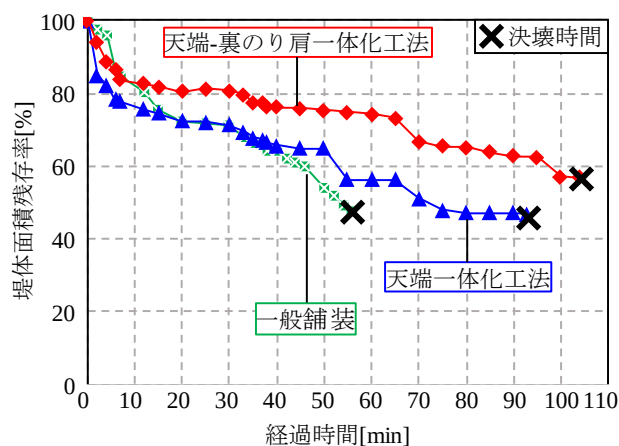


図-5 堤体面積残存率の時間変化

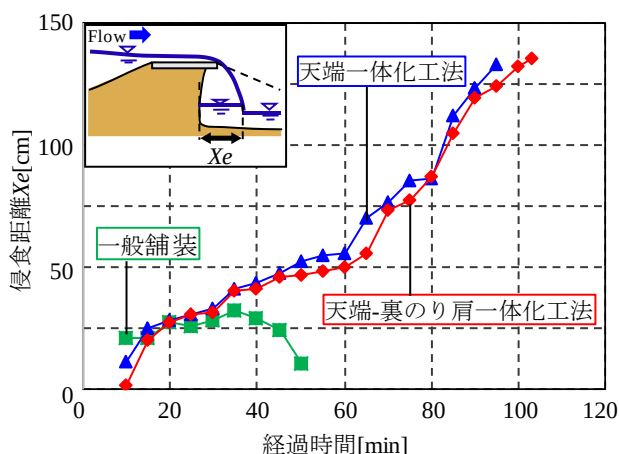


図-6 着水位置と侵食面までの距離 X_e の時間変化