

堤防の耐越水破壊補強法に関する実験的研究

徳島大学 学生会員 〇永井 純平 徳島大学大学院 正会員 武藤裕則
徳島大学大学院 正会員 田村隆雄

1. 研究背景と目的

近年、全国各地で発生している台風や集中豪雨により、河川が氾濫し大規模水害が起こっている。特に堤防決壊による被害は甚大で、その8割以上が越水に起因するものであると言われている¹⁾。越水破堤に関する研究は様々な観点・手法で進められており²⁾、スケールモデルの実験は施工時間などの面から多くの利点がある。しかし、堤防の形状や土質の違いによる破壊プロセスへの影響については多く検討されているが、舗装や補強を施した堤防を対象とした実験は少ない。本研究では、各種の堤防補強法が破堤プロセスにどのような影響を与えるかを小規模模型実験によって検討した。

2. 実験設備および方法

水路長 4m、水路幅 0.8m の長方形断面水路に高さ 0.1m、天端幅 0.1m、法勾配 1:2 の堤体を図 1 のように設置した。堤体には真砂土と DL クレーを 7:3 で混ぜたもの（平均粒径:0.425mm、均等係数:5.6）を使用し、含水比調整を行い締固めた。また模型直上と模型真横（堤内地側）から 2 台のビデオカメラで撮影し、トレーサー粒子を用いて流況を可視化した。そして、PIV 解析により流速分布を求めた。表 1、表 2 に水理条件および実験ケースを示す。天端補強についてはインスタントセメントを一様に撒いて、水を吹きかけ固めた。裏法尻補強については粒径 10mm の玉石を詰めた蛇籠（厚さ:1.5cm、斜面部:9cm、堤内部:4cm、幅 75cm）を設置した。

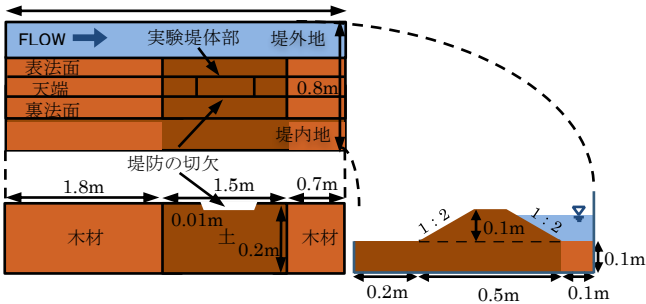


図 1 小規模模型概要
(上:平面図, 左下:縦断面図, 右下:横断面図)

3. 崩壊プロセスの安定性の評価

崩壊プロセスの安定性を評価するために、Case1 を 4 回繰り返した。4 回の実験における崩壊時間を図 3 に示す。越水開始後、Case1-2 を除き 10 秒程度で裏法面の破壊が始まり、そこから 80 秒から 90 秒で裏法肩に破壊が到達した。天端崩壊時間は 130 秒から 180 秒であり大きな差はなかった。Case1-2 で裏法面から裏法肩へ破壊が到達する時間が他よりも短い、この要因として越水開始直後に裏法肩直下の侵食が始まったことが挙げられる。次に決壊後の形状と崩壊幅を図 4 および図 5 に示す。決壊口の裏法尻の形状は共通してハの字型に広がっている。また、Case1-1 と Case1-3 では 1 か所の決壊であるが、Case1-2 と Case1-4 では 2 か所の決壊が見られた。この要因として、堤防を切り欠いて設置した越水範囲が 75cm と広く、破壊は切欠下流側の裏法面中央で開始するものの、その後、それ以外の場所でも破壊が発生する場合があるためである。天端中央で絵の崩壊幅を見ると、最小で 4.8cm、最大で 18.6cm となった。2 か所決壊した Case1-2 と Case1-4 では下流側の方が崩壊幅は広くなった。傾向として、1 か所の決壊の場合崩壊幅は広くなり、2 か所の決壊の場合、下流側の崩壊幅は決壊が 1 か所の場合に比べて狭くなる。以上より、同一条件でも崩壊幅と崩壊箇所にはこの程度のばらつきがあると言える。

表 1 水理条件

定常流量(l/s)	2.34
河床勾配	1/1000
越流水深(m)	0.01

表 2 実験ケース

	真砂土:DLクレー	法面勾配	天端幅	天端補強	裏法尻補強
Case1	7:3	1:2	10cm	×	×
Case2				○	×
Case3				×	○
Case4				○	○
Case5			20cm	×	×

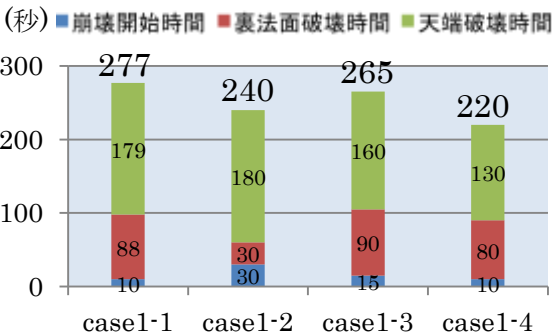


図 3 Case1 の崩壊時間

4. 補強法の違いによる影響

図 6 に補強法の違いによる堤体の崩壊時間を示す。越水開始から裏法面が破壊されるまでの時間を比較すると、Case3 と Case4 は他のケースと異なり大幅に時間が伸びた。これは、裏法尻補強が影響していると考えられる。一方、裏法面の破壊から裏法肩に破壊が到達するまでを比較すると、裏法尻補強を施した Case3 と Case4 では他のケースに比べやや短い結果となった。これは、Case3 と Case4 では補強材と堤体の境目から破壊が始まり、そこから裏法肩までの距離が短いためこの時間が短くなったと考えられる。次に、裏法肩の破壊から表法肩に破壊が到達するまでを見ると、天端補強を施した Case2 と Case4 は他のケースに比べ大幅に時間が長くなった。天端補強が越流水による堤体の侵食を防いだためと考えられる。天端幅を 2 倍にした Case5 は、Case1 の 1 割程度の伸びとなった。

図 7 に決壊後の形状及び崩壊幅を示す。すべてのケースにおいて決壊口法尻部分の形状はハの字型となっている。天端補強を施した Case2 と Case4 は、決壊口法尻部分の広がり方が他のケースに比べて広がっている。なお、決壊箇所において Case1, Case2, Case5 では横断的にすべての土が流出しているが、裏法尻補強を施した Case3 と Case4 は、補強材が入っている高さまでの土は流出せず残ったままであった。さらに、天端補強を施した Case2 と Case4 では決壊場所が上流側へ移動し越水区間の中心に近くなった。

5. まとめ

越水破堤実験において、土質および水理条件が同一の場合崩壊時間と崩壊過程は一定であるが、決壊箇所と崩壊幅にはある程度のばらつきがあることが分かった。また、実験より天端補強が最も崩壊時間を延ばす効果があることが分かった。裏法尻補強と天端拡幅は、崩壊時間を延ばす効果があることが分かったが、裏法尻補強は補強材と堤体の境目から破壊が開始することにより裏法肩までの破壊の進行を早めることがあり、天端拡幅は天端が先行して崩壊するなど、崩壊時間延長を妨げる効果があることが分かった。これらの補強法の実河川への適応性について、今後も検討する必要がある。

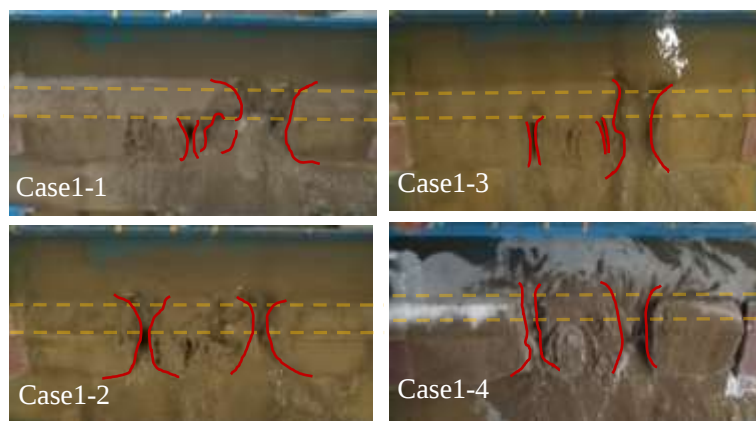


図 4 Case1 における決壊後の形状

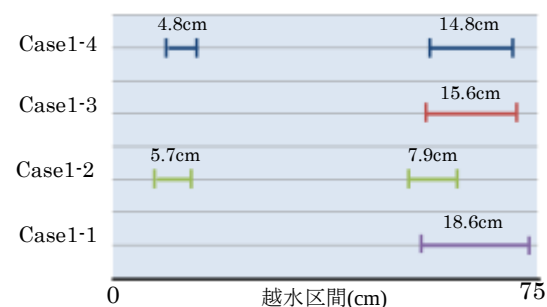


図 5 Case1 における崩壊幅

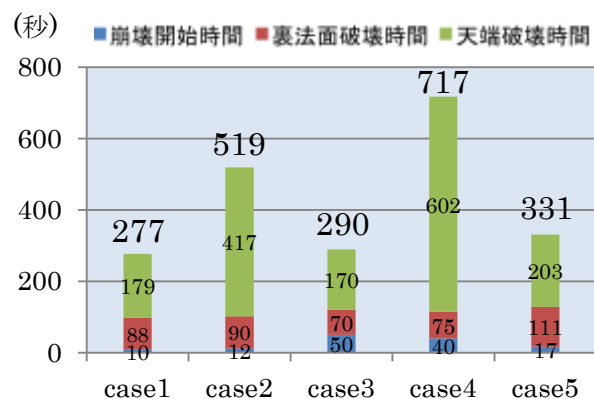


図 6 補強の違いによる堤体の崩壊時間



図 7 補強の違いによる決壊後の形状