

越流・浸透を伴う破堤過程に関する実験的研究

京都大学大学院 工学研究科 学生会員 ○北林 資也
 京都大学大学院 工学研究科 正会員 音田 慎一郎
 京都大学大学院 工学研究科 フェロー会員 細田 尚

1. はじめに

出水時における河川堤防の破堤は甚大な被害をもたらすことから、破堤のメカニズムに関する知見の発展は、堤防の安全性強化のためにも重要な課題であると考えられる。これまで、越流破堤に関する実験的研究は数多く行われてきた^{例えば 1)}が、未だに十分な知見が得られているとは言い難い。本研究では、破堤現象に関する基礎的な知見を得るため、模型実験を実施し、破堤過程の違いについて考察した。

2. 水理模型実験の概要

図-1 に示すように、水路幅($B=0.3\text{m}$)の直線水平水路に天端幅(L_T)が 0.04m 、堤防高(b)が 0.12m 、法面勾配が $1:2$ の堤体模型を設置し、破堤実験を行った。水理条件を表-1 に示す。3号砂の平均粒径は 1.38mm であり、砂の最小密度、最大密度試験を行った結果、間隙比が 0.81 であることから相対密度 $Dr = 46.99\%$ であった。また5号砂の場合、平均粒径が 0.53mm 、間隙比が 0.81 であることから相対密度 $Dr = 42.12\%$ であった。表中の w は堤体材料の含水比である。水路側壁と水路上方にビデオカメラを設置し、流況を撮影するとともに、水路側壁に貼りつけた格子間隔 0.02m の目盛りより湿潤面と堤体形状の時間変化をグラフ化した。本実験では、(1)流量の違い、(2)堤体材料の粒径の違い、(3)堤体材料の含水比の違いによる影響に関する知見を得るため、このような水理条件を設定し、越流・浸透を伴う破堤過程の特徴について考察した。

3. 実験結果と考察

(1) 流量の違いによる影響

Case1, Case2, Case3 の比較から流量の違いによる影響について考察する。図-2 は越流水が天端を通過して破堤が始まった時刻を $t=0$ とし、Case1, Case2,

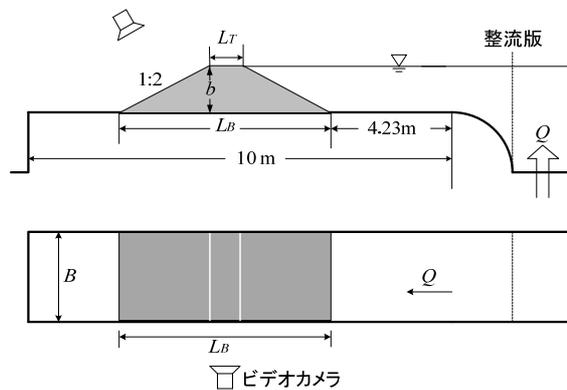


図-1 模型実験の概要

表-1 水理条件

Case	堤体材料	Q (l/s)	w (%)
1	3号砂	14.6	0
2		9.4	0
3		6.25	0
4		0.5	0
5	5号砂	14.5	0
6		6.25	0
7		6.25	10
8		0.5	0
9		0.5	10

Case3 における 8 秒後と 25 秒後の堤体形状についてビデオ画像からグラフ化したものである。図中の X 軸と Z 軸は、流下距離と堤体形状をそれぞれ L_B と b で除することで無次元化をしている。図より、流量が大きいほど堤体の浸食速度が早いこと、流量に関わらず堤体の最終形状は概ね一致することがわかる。また、図は省略するが、流量が小さい Case4 ではのり尻から浸透破壊が生じた。

(2) 粒径の違いによる影響

まず、流量の大きい Case1 と Case5 を比較することで、粒径の影響について考察する。写真-1 は Case1

キーワード 破堤, 浸食, 模型実験

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-3 河川流域マネジメント工学講座 TEL075-383-3269

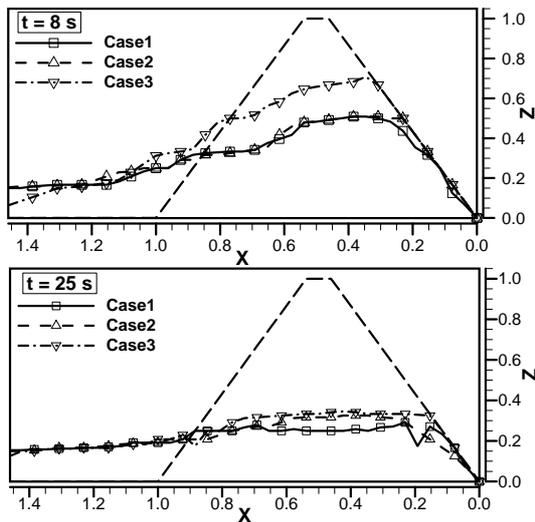


図-2 堤体形状の比較



(a) Case1 (b) Case5

写真-1 t = 2s における側面からの堤体の様子

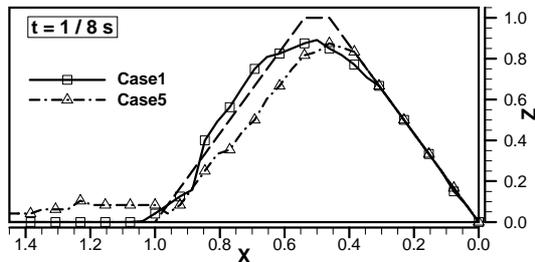
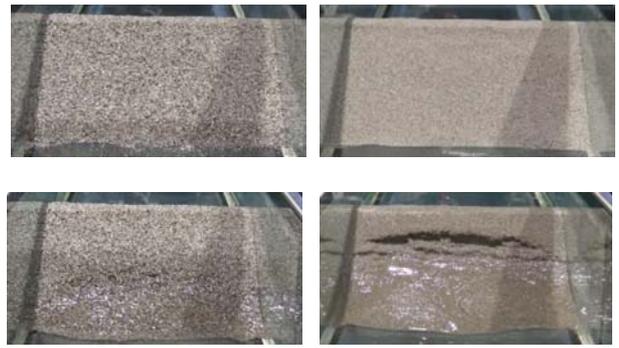


図-3 類似形状を示した時刻での比較

と Case5 における 2 秒後のビデオ画像を示しており、図-3 は、1 秒後における Case1 と 8 秒後における Case5 の堤体形状を比較したものである。どちらのケースも越流によりり肩から浸食が始まっているが、Case1 では越流した瞬間に堤体上部が一気に押し流され、Case5 に比べて早く浸食されることがわかる。

つぎに、流量が小さい Case4 と Case8 を比較する。

写真-2 は表のり面に流入水が到達してから 128 秒後、408 秒後の裏のり面の様子を示したものである。128 秒後の写真を比較すると、粒径の大きい Case4 では水平方向の浸透速度が速く、り尻から浸透水が流出していくため、堤体全体が飽和するまでに時間を要し、裏のり面は崩壊しにくいことがわかった。一方、粒径の小さい Case8 では Case4 に比べて鉛直方向の浸透速度が速いため、堤体内全体が早く飽和状態となる。その結果、Case8 では裏のり尻から崩壊が始まり、浸透破壊に至った。また、粒径の小さい



(a) Case4 (b) Case8

写真-2 裏のり面の様子(上:t = 128s, 下:t = 408s)

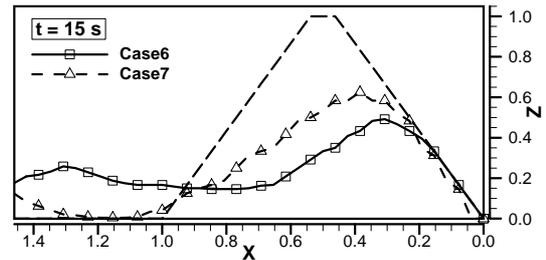


図-4 堤体形状の比較

Case8 では、土塊として滑動するため、裏のり面が崖状になっている。これは粒径によって内部摩擦角が異なることが原因であると考えられる。

(3) 堤体材料の含水比に関する考察

Case6 と Case7, Case8 と Case9 を比較することで含水比の影響について考察する。越流開始から 15 秒後の Case6, Case7 における堤体形状を図-4 に示す。図より乾燥堤体である Case6 の方が越流による浸食速度が早いことがわかった。また、Case8 と Case9 の浸透破壊に対しても同様の所見が得られた。これは含水比を与えると土粒子間にサクションが働き、土砂の移動を妨げることが原因であると思われるが、これについては今後の検討を要する。

4. おわりに

本研究では、越流・浸透に伴う破堤に関する模型実験を行い、流量、粒径、堤体材料の含水比に関する影響について考察した。今後、今回得られた知見をもとに、数値モデルを発展させ、モデルの適用性について検討したい。

参考文献

- 1) Schmocker, L. and Hager, W.H.: Modelling dike breaching due to overtopping, *Journal of Hydraulic Research, IAHR*, Vol.47, No.5, pp.585-597, 2009.