堤防の越流侵食挙動における堤体形状の影響について

京都大学大学院　学生員　○山口　凌大
京都大学大学院　正会員　音田　慎一郎
京都大学大学院　正会員　肥後　陽介
京都大学大学院　学生員　清水　皓一
新潟大学大学院　正会員　大竹　雄

１．はじめに

近年，局地的集中豪雨や大型台風により甚大な被害が発生し，河川堤防が決壊する事例が報告されている．したがって，決壊メカニズムの解明とその対策を検討することは喫緊の課題といえる．これまで越流破堤に関する実験的研究[例えば 1)]が数多く行われてきたが，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，水平直線水路に基礎地盤及び堤体を設置し，堤体形状を変化させて破堤に関する水理模型実験を行い，それぞれの結果を比較することで破堤過程における天端幅，裏法勾配による影響を考察した．

２．水理模型実験の概要

横断堤を用いて正面越流破堤実験を行った．実験水路の概要図を**図-1** に示す. 水路幅が 0.2 (m)の水平直線水路に高さ 0.05 (m)の基礎地盤をしき，その上に高さが 0.3 (m), 表法面勾配が 1:2 堤体を設置した．基礎地盤，および堤防模型の試料には最適含水比となるように加水した珪砂 7 号(D_{50} = 0.25μm)を用いている．本実験では天端幅を 0.10 (m)，0.15 (m)，裏法面勾配は 1:2，1:3 と変化させた．実験条件を**表-1** に示す．堤体の作製では基礎地盤，堤体下部 0.1(m)，堤体中部 0.1(m)，堤体上部 0.1(m)というように基礎地盤を含めて堤体を垂直方向に 4 分割し，各層に必要な重量の砂を水路内に運び，木材を用いて十分に締め固めた後，所定の形状に成形した．各実験の様子を水路側面からビデオカメラで撮影し，その映像から堤体及び基礎地盤の時間変化をグラフ化した．流入流量は 3.3 (*l*/*s*)である．

３．実験結果と考察

Case1～Case4 での堤体形状の時間変化を**図-2** から**図-5** に示す．また，越流開始時を t = 0 (s)とし，各ケースにおいて諸現象が起こった時刻を**表-2** に示す．

表-1　実験条件

Case	天端幅 (m)	裏法勾配
1	0.1	1:2
2	0.15	1:2
3	0.1	1:3
4	0.15	1:3

Case1 の破堤状況について説明する．**図-2** をみると，破堤の初期段階では，裏法肩での侵食に比べ，裏法尻での侵食が早い．その後，基礎地盤をも大きく侵食し，裏法面勾配の急峻化，基礎地盤の侵食位置（水路底面まで侵食が進行した点）の上流側への移動を伴いながら，t = 60 (s)ほどでオーバーハングする．その間，堤体高は徐々に失われ，5 (cm)低くなった時刻は t = 75.3 (s)であった．Case2 では Case1 と同様，裏法尻での侵食速度が大きいことが**図-3** より確認できる．破堤が進むにつれ，基礎地盤の侵食位置は上流側に移動していき，裏法面は t = 60 (s)ほどでオーバーハングする．裏法尻での侵食が進む間も堤体高は低減し，t = 83.1 (s)で 5 (cm)失われた．天端幅が長い分，Case1 と比べ多くの時間を要したと考えられる. Case3 の破堤状況について**図-4** をみると，裏法面勾配が緩くなったため，裏法尻での侵食が Case1，Case2 に比べて進行せず，裏法尻の急峻化が進む上部と侵食は進むが急峻化は見られない下部にわかれ，下に凸の形状となる．凸部はその後水路床に到達し，t = 70 (s)ほどで裏法面はオーバーハングする．一方，天端では徐々に侵食が進み，t = 79.1

キーワード　破堤，水理模型実験，堤体形状
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

© Japan Society of Civil Engineers

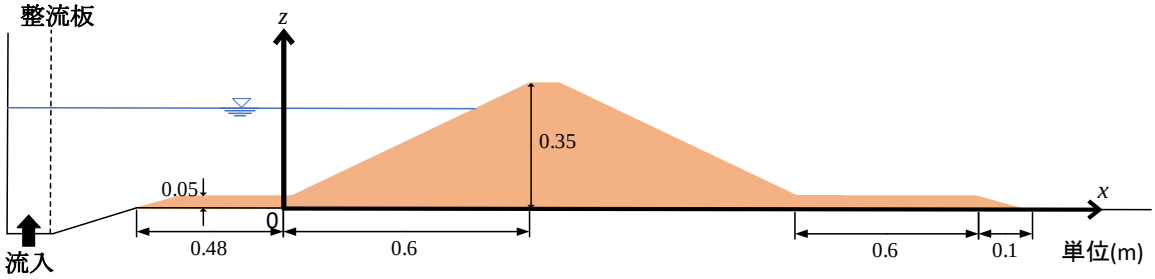

図-1　実験水路及び堤体の模式図

表-2 実験結果

Case	越流水が裏法肩に達するまでの時間 (s)	越流水が裏法尻に達するまでの時間 (s)	裏法尻が高さ 5 (cm) 失うまでの時間 (s)	堤体が高さ 5 (cm) 失うまでの時間 (s)
1	1.0	2.5	16.0	75.3
2	1.1	2.6	16.1	83.1
3	1.0	2.9	20.7	79.1
4	1.2	3.1	20.1	86.9

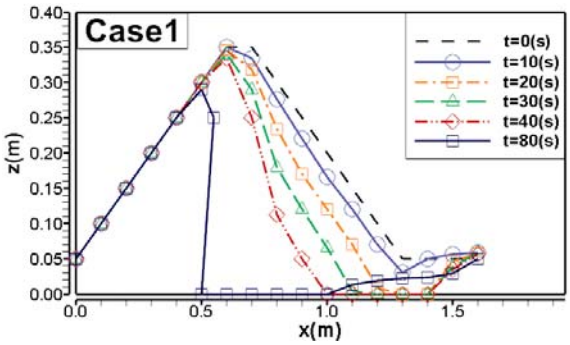

図-2　Case1 での堤体形状の時間変化

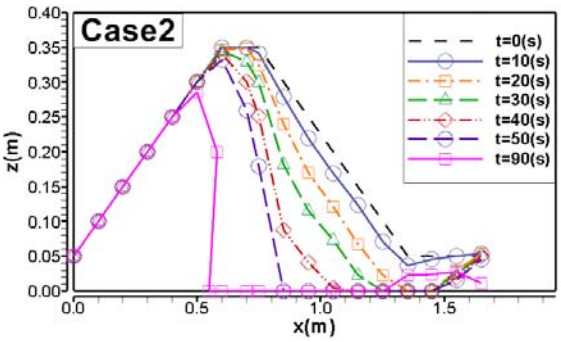

図-3　Case2 での堤体形状の時間変化

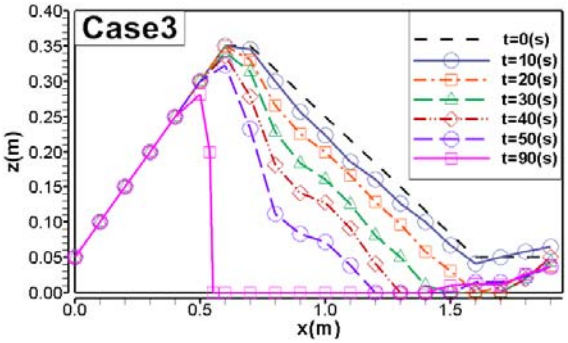

図-4　Case3 での堤体形状の時間変化

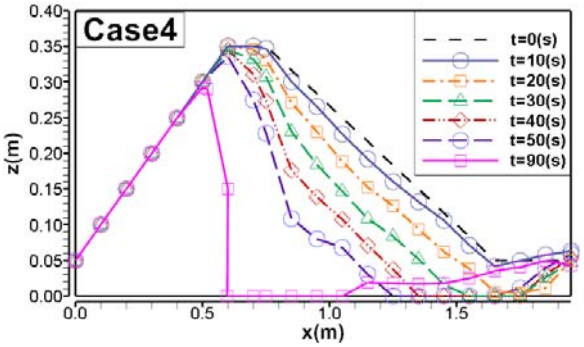

図-5　Case4 での堤体形状の時間変化

(s)で堤体高は 5 (cm)低減したが，裏法勾配を緩やかにした分多くの時間を要した．最後に，Case4 での破堤状況について説明する．図-5 をみると，概ね Case3 と同様の侵食特性を示した．一方，天端幅が長いため，侵食に要する時間が長くなり，堤体高 5 (cm)を失うまでに t = 86.9 (s)要した．

4．おわりに

本研究では，堤体における天端幅，裏法勾配を変化させ，破堤実験を行い，その影響について考察した．その結果，堤体形状によって侵食に要する時間が異なることがわかった．今後，数値解析を行い，モデルの適用性について検討したい．

謝辞：模型実験を行うにあたり，小森直人氏には多大なご助力を頂いた．また本研究は JSPS 科研費 17H01290 の助成を受けた．ここに記して謝意を表す．

参考文献

1) Schmocker, L. and Hager, W.H.: Dyke overtopping: effects of shape and headwater elevation, *Journal of Hydraulic Research*, 54(4), pp.410-422, 2016.

© Japan Society of Civil Engineers