-046

大型・小型模型実験に基づく平成 27 年9月鬼怒川堤防決壊状況の検討

東京理科大学大学院理工学研究科土木工学専攻	学生会員	○ 守屋	博貴
東京理科大学大学院理工学研究科土木工学専攻	学生会員	倉上	由貴
東京理科大学理工学部土木工学科	正会員	二瓶	泰雄

1. 序論

2015年関東・東北豪雨により、鬼怒川下流部の大部分ではピーク水位が計画高水位(H.W.L)と同程度か 上回った. 左岸側 21k 地点では越水を主要因とする堤防決壊が生じ¹⁾,周辺域では多数の家屋が流出するな ど甚大な被害が発生した.決壊地点の堤防は、図1(a)と表1に示すように、高さと天端幅共に4mであり、 越流水深は約20cm、越水開始から約2時間後の9月10日12:50過ぎに決壊した.決壊プロセスとしては、 越水開始後,裏のり尻付近が侵食され、アスファルト舗装された天端下が庇状に侵食され、その後、天端が崩 落し決壊に至った¹⁾.我が国の河川堤防は、土のみで築く『土堤主義』であるが、土堤は越水に弱く、越水が 決壊要因の8割を占める²⁾.本研究では、大型・小型堤防模型を用いた越水実験を行い、上述した鬼怒川での 決壊条件を念頭にして堤体・水理条件を設定し、これら堤体・水理条件と越水決壊状況の関係を検討すること を試みる.ここでは、図1(a)に示す鬼怒川決壊地点における堤防断面を鑑みて、①天端のアスファルト舗装 の有無、②越流水深の大小、③堤体土質条件(粘性土の有無)について検討する.

2. 研究方法

(1)実験水路概要:大型・小型模型実験では、本学所有の大型・ 小型水平開水路を用いた.大型水路は長さ20m,高さ1.8m, 幅 1.0m であり、この水路内に基礎地盤 0.30m の上に堤体高 さ 1.0m,天端幅 1.0m, 2割ののり面勾配の模型堤防を設置 した(鬼怒川堤防 1/4 スケール).一方,長さ4.0m,高さ0.4m, 幅 0.2m の小型水平開水路の中央部に、堤体高さ0.2m,天端 幅 0.2m,2割ののり面勾配の模型堤防(同 1/20 スケール) を設置した.堤防の侵食状況や越水状況を把握するために、 複数台のデジタルビデオカメラを側面.上面等に設置した. (2)実験条件:上記の①~③の影響を検討するために設定され た実験条件を、鬼怒川の堤防決壊状況と共に表1に示す.大 型模型では、土堤の基礎的な越水侵食状況を把握することや 天端舗装の効果を見るために、砂質土で作られ、天端の厚さ

4cm アスファルト舗装無 (Case1) と有 (Case2)の 2 ケースを設定した. 現地の水理状況とフルードの相 似則に基づいて, Case1 では越流水深 h=2cm, Case2 では t=10, 20, 30 分 (t: 越流開始からの時間)ま で h=2, 3, 4cm としと段階的に増やした. 堤体材料 の砂質土としては,現地堤防の砂質土における粒度 分布に近い鉾田砂 ($D_{50}=0.22$ mm, $F_c=6.1$ %)を採用 した.

小型模型では,越流水深を変えた Case3,4 と堤体 土質を変えた Case5 を設定した. Case5 では,決壊 地点の堤体土質を参考に,表のり面・天端下の部分 を粘性土で作り,裏のり面は鉾田砂とした(**図1**). 粘性土には藤ノ森粘土($D_{50}=0.058$ mm, $F_{c}=64\%$) を用いた.なお,締固め度は砂質土では $D_{c}=90\%$, 粘性土では $D_{c}=65\%$ とした.



図1 堤体断面図

液 - 鬼忩川伏瑗仄伔及い人望・小望美缺り㈱	表 1	3	表1 鬼怒	川決壊状況及び	「大型・ノ	小型実験の)硪要
-------------------------------	-----	---	--------------	---------	-------	-------	-----

		鬼怒川 大型模型 (1/4スケール))	小型模型 (1/20スケール)					
Case			1 2			3	4	5		
堤防高さ[m]		4	1			0.2				
天	天端幅[m] 4		1			0.2		.2		
坊	堤体土質 砂質土 砂質土 砂質土 砂質		砂質土 砂質土 粘性土							
堤	天端	アスファルト	土 アスファルト			土				
体 表 面		植生	±			±				
水理条件	越流時間 [min]	約120	0 5	0 5	10 ۲	20 ۲	30 5	0 5	0 5	0 5
	越流水深 [cm]	約20	2	2	3	4	5	0.4	1	1

キーワード:堤防,越水,侵食,平成27年関東・東北豪雨,鬼怒川

連絡先 : 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL: 04-7124-1501 (内線 4069) FAX: 04-7123-9766

3.結果と考察

(1) 天端舗装効果:堤防天端のアスファルト舗装が越流決壊 状況に及ぼす影響を把握するために、大型模型の天端舗装無 (Case1)と有(Case 2)における越流侵食形状の時間変化 を図2に示す.まず,舗装無(Case1)では越流直後から侵食 が始まり、t=2.5min で侵食が表のり肩に到達し、決壊(天端 が崩落し、堤体高さが減少した時点を決壊と定義)した.こ の時,裏のり面ではガリ侵食が発生し(図3(a)),ガリの深 さが増えつつその周囲が崩れてガリ幅が拡大する、というプ ロセスを経て裏のり面の侵食が進んだ.一方,舗装有(Case2) では、 =10min まで裏のり面のみが侵食された. この時, 裏 のり面ではガリ侵食は顕著でない(図3(b)).その後,裏の り面が庇状に侵食され, た15min 以降天端が徐々に侵食され, t=25min に決壊した. この侵食状況を定量的に調べるために, 堤防の高さ・面積残存率を図4に示す. Case1 では堤体高さ・ 面積が同時に減少したが、Case2 では裏のり面の侵食により 面積残存率が先に減少し、天端侵食が表のり肩に到達する t=25min まで堤体高さを維持した.このように、天端のアス ファルト舗装は耐越水対策に有効であることが示された.

(2) ガリ侵食の発生条件: Case 1 で見られた裏のり面のガ リ侵食発生条件を調べるために,小型模型の越流水深 0.4cm (Case 3) と 1.0cm (Case 4) での裏のり面侵食状況を図3 (c) と(d) に示す. Case3 では Case1 と同じく明確なガリが形 成されたが, Case4 ではガリは形成されたが Case3 より不明 確であった.より大きな越流水深 (6cm) ではガリは発生せ ず, Case 1 では越流水深が小さい (=2cm) ためガリ侵食が発 生したものと考えられる.ただし,ガリ侵食の発生点が裏の り肩や天端であるため,天端舗装のケースではガリ発生点を 被覆しているため Case2 ではガリ侵食が発生しなかった.

また、小型模型の Case3 における結果をフルードの相似則 で大型模型スケール換算した結果と Case1 を比べると、両者 は概ね類似していることが示された.

(3) 堤体土質の影響:越水侵食に対する粘性土の影響を調べるため、粘性土を含む Case5 の侵食形状を図5,堤体高さ残存率の時間変化を図6に示す. Case 5 では裏のり面の侵食が進行するが、粘性土部分の侵食速度は大きく低下した.この部分は垂直に切り立った状態で庇状に侵食され、た7min後に決壊した.決壊時間は砂質土のみの Case4 の 6.60 倍となり、粘性土により耐越水性は強化されたが、最終的には決壊した.

(4)考察: Case2 の決壊時間をフルードの相似則により鬼怒 川スケールに換算すると,決壊時間は 50 分となり,実際の約 半分であった.この差は Case2 で考慮されていない堤体表面 の植生や,堤体土に含まれる粘性土の影響が挙げられる.特 に,粘性土は締固め度や含水比の条件により耐越水侵食性が 大幅に向上することが予想されるため,粘性土の影響抽出に は注意を要する.

参考文献:1)国土交通省関東地方整備局:第2回鬼怒川堤防 調查委員会資料,2015,2)吉川勝秀(編著),技法堂出版, 2008.



図4 大型模型 (Case1, 2) と小型模型 (Case3, 大型スケールに換算)の堤体高さ・面積残存率 の時間変化(実線:高さ,点線:面積)





