

河川堤防決壊口の拡大過程

京都大学防災研究所 正員 村本嘉雄 正員 藤田裕一郎
京都大学大学院 学生員 〇田村多佳志

1. まえがき 河川堤防の決壊による被災規模は決壊口からの外水流入量に支配される。外水流入量の予測や効果的な決壊口の締切りのためには、決壊口の形状と水理条件の時間的変化を把握することが重要である。これらの現象解明を目的として河川堤防決壊口の拡大過程について基礎的な実験を開始した。本文では、その概要と主な結果を述べる。

2. 実験の概要 実験には、図-1に示すような上、下流端に流量測定堰を取付けた、幅1.07m、長さ10m、深さ0.2mの水路を用いた。下流端からの距離をXとし、X=2mに高さ10cmの砂止め堰を設け、X=2~6mの区間に平均粒径0.604mmの一樣砂を敷き、その上にX=4.35mを法尻として表-1に示した所定形状の堤体を同一砂で設置した。ついで、堤体の上流部、低水槽及び水路上の計量水槽との間で外水を循環させ、堤体を十分浸潤させた後に堤体中央部のV字溝を塞いでいたアンクルを取り除き、外水を流入させて実験を開始した。供給流量Qの設定はポンプからの直接帰還量をバルブで調節して行い、水路上、下流端からの流出流量は容量式波高計で越水位を測定して求めた。水路上には、横断方向に自動往復する水位、砂面測定用のトラバース装置を取付けた測定台車が上載されている。さらに、堤体付近の外水位と堤体部の水路底のピエゾ水頭を測定し、台車及び水路上方から正面及び平面写真を撮影した。

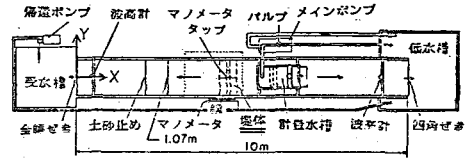


図-1 実験装置の平面図

表-1 実験の設定条件

堤体形状 (cm)	入水断面 (cm)	堤体断面 (cm)	法尻位置 (cm)	実験 時間 (s)	堤体の 傾斜率 (%)	供給 流量 (l/s)	水温 (°C)
Z-1	10	8	1:2	5 00	-	14.9	-
Z-2	10	8	1:2	5 04	0.49	15.3	-
Z-3	10	10	1:2	17 08	0.456	15.6	-
Z-4	5	10	1:2	13 00	0.436	15.6	-
Z-5	20	10	1:2	10 30	0.469	15.5	7.9
Z-6	10	10	1:3	11 00	0.457	15.7	6.5
Z-7	10	10	1:4	25 55	0.464	15.6	7.9
Z-8	10	10	1:1.5	10 00	0.502	15.7	6.7
Z-9	0	10	1:2	7 55	0.486	15.6	6.7
Z-10	10	10	1:2	14 15	0.494	15.8	6.6
Z-11	10	8	1:2	20 00	0.504	10.2	6.0

3. 実験の結果 図-2及び3に例示した決壊口の形状や表-2の特性量からわかるように、いずれの洗掘穴も細長く、その両側に裏法尻から堤内側に伸びる発達したリッジを伴っているが、堤外地盤はほとんど洗掘されない。最大洗掘深は等高線が絞り込まれた位置に現われており、ほぼ裏法尻(X=4.35m)に一致している。この形状は、砂床河川では一般に円形の深い洗掘穴になるという指摘¹⁾に対応して

表-2 決壊口形状の特性量

Run No.	Width of breach (cm)	Max. depth (cm)	Section of max. depth (cm)	Length of scour hole (cm)	Width bet- ween ridges (cm)	Profile ratio	Cross-sec. ratio	Plan ratio
Z-3	61.7	-5.5	4.35	134	43.8	0.041	0.126	3.06
Z-4	55.3	-6.3	4.35	120	42.0	0.0525	0.147	2.79
Z-5	49.6	-5.7	4.45	109	36.0	0.062	0.159	3.03
Z-6	45.4	-4.5	4.45	107	32.8	0.042	0.133	3.17
Z-7	56.4	-5.1	4.55	133	44.2	0.038	0.115	3.01
Z-8	58.6	-6.6	4.35	110	45.6	0.060	0.145	2.41
Z-9	71.0	-5.2	4.25	80	43.2	0.065	0.120	1.85
Z-10	34.9	-2.3	4.35	79	25.6	0.0291	0.090	3.09
	49.5	-5.6	4.35	96	37.2	0.0583	0.151	2.58
	61.4	-6.1	4.45-4.35	127	42.8	0.048	0.143	2.96
Z-11	54.0	-5.4	4.35	192	36.4	0.028	0.140	5.27

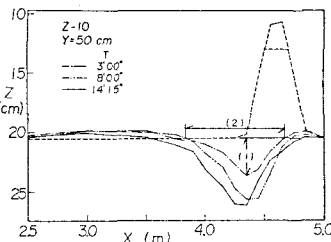


図-2 決壊口の縦断形状

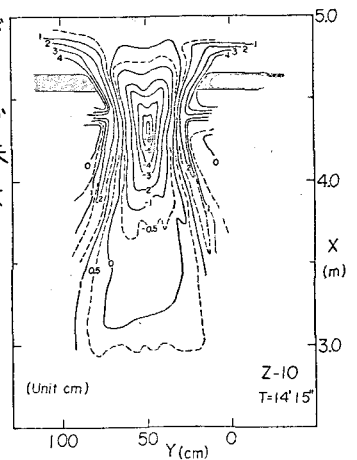


図-3 決壊口の平面形状

* 図-2参照

** 図-5参照

Yoshio MURAMOTO

Yuuichiro FUJITA

Takashi TAMURA

いないが、その理由としては水路側壁による制約や堤体材料の非粘着性の効果が考えられる。また表2から、堤体が厚い(天端幅が大あるいは法勾配が緩い)ほど最大洗掘深が小さくかつ洗掘穴が長くなり、逆に薄いほど深くかつ幅の広くなる傾向が認められる。

つぎに、堤防天端の開口幅 B の時間的变化を図-4に示す。明らかに堤体の厚いものほど拡張速度が小さくなっているが、その変化は4段階に分けられよう。すなわち、第1は開始直後の拡張速度の小さい段階、第2は $B \approx 40\text{ cm}$ までの急激な拡張の段階、第3は緩慢な拡張の持続段階、第4は $B \approx 60\text{ cm}$ の横ばいの段階である。堤体の薄い実験(Z-8、9)では第1段階はほとんど見出せない。図-5は洗掘穴の堤内側横断面の変化例である。堤体の厚いZ-5では堤体上部の洗掘砂が顕著な扇状丘を形成した後に洗掘されるのに対し、薄いZ-9では最初からリッジを伴う三角形状に洗掘されていて、堤体断面形状は決壊口拡大の初期過程に強く影響することかわかる。これは、厚い堤防ではV字溝の下刻に多量の土砂流送を要するにも拘わらず、図-6のピエゾ水頭から推定されるように湿潤線の位置が低くかつV字溝が長いので、流入流量の多くが浸透して土砂流送能力が低下することによる。

図-7は、堤体の通過流量を把握するために上、下流端からの流出流量 Q_1 、 Q_2 の時間的变化を示したものである。 Q_2 は Q_1 の逆位相の変化を示し、図-4の B の変化とも良く対応していて、第3段階の開始時点がやや早いと同様の4段階に分けることができる。

4. まとめ 以上の結果及び写真記録から上の4段階はつぎのようにまとめられる。第1段階では主にV字溝の下刻が堤内側法面から堤外側に向って進み、決壊口が小さいため流入量が小さく開口幅の拡大はみられない。V字溝の下刻が表法まで達した時点で第2段階に入り、決壊口の拡大と流入流量の増加が相乗的となって拡張と洗掘が急激に進む。第3段階では大量の流入水によって拡張は持続するが流入量の増加はわずかなり、第4段階では両者とも変化が緩慢になる。

今後、他の破堤要因の場合の拡大過程の検討とともに、泥の詳細な測定を行い、水理機構の明確化を図りたい。

《参考文献》1)池田ら;筑波大水利実験センター報告,第6号,1982,pp118

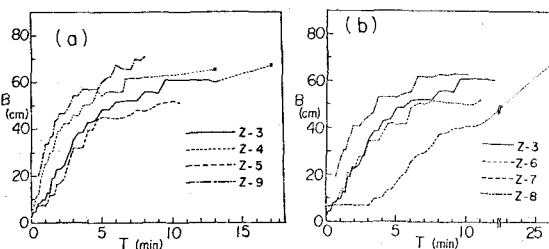


図-4 開口幅の時間的变化 (a)天端幅の異なるもの (b)法勾配の異なるもの

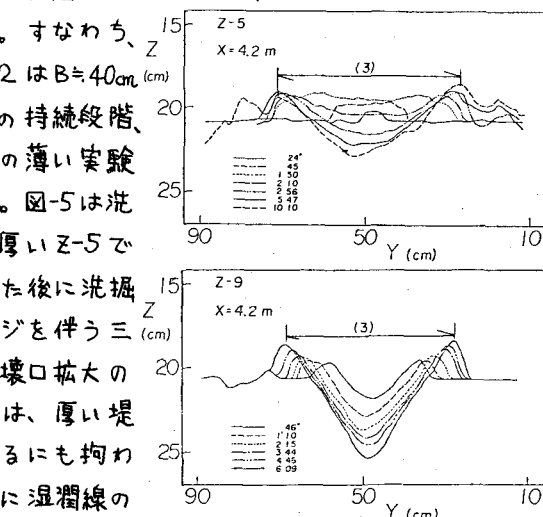


図-5 洗掘穴の時間的变化

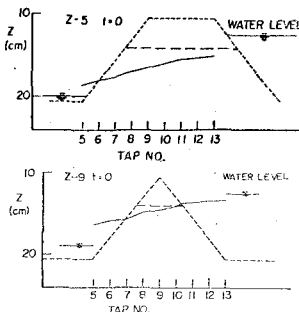


図-6 初期の水路底のピエゾ水頭

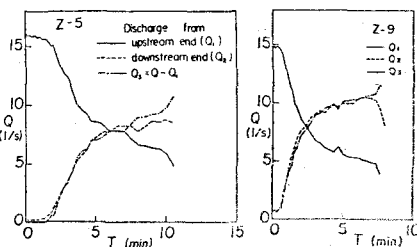


図-7 上、下流端流出量の時間的变化