

## 河道湾曲部周辺における越流発生時の破堤状況と流動機構

豊田工業高等専門学校 学生会員 ○小池 功晃  
 豊田工業高等専門学校 正会員 田中 貴幸  
 豊田工業高等専門学校 学生会員 澤 洸太

### 1. 研究背景および目的

近年、集中豪雨等により洪水氾濫が頻発し、全国各地で壊滅的な被害を受けている。特に河道湾曲部では、外岸側が水衝部となり破堤が発生しやすい状況となることから、より詳細な破堤発生状況の解明が急務となっている。

そこで本研究では、湾曲部を有する河道を対象に、越流発生時の破堤状況について検討するとともに、洪水流の挙動を実験により明らかにする。

### 2. 実験装置および実験・解析方法

実験は、全長 180cm、幅 90cm の模型台上に、川幅  $B=20\text{cm}$ 、曲率半径  $R=60\text{cm}$ 、接線角  $\theta=60^\circ$  の湾曲部を有する土堤および木製堤防模型を用いて行った。河道形状を図-1 に、実験条件を表-1 に示す。土堤の材料には、八木ら<sup>2)</sup>の堤防材料を参考に、珪砂と藤森粘土を 2:1 で混合したものを用いた。土の乾燥密度は  $1.742\text{g/cm}^3 \sim 1.936\text{g/cm}^3$  の範囲で行った。

流速の点計測には I 型および L 型の電磁流速計を用い、サンプリング周波数は 100Hz、サンプリングデータ数は 4,100 とした。

### 3. 破堤実験

越流発生時の破堤実験結果を図-2 に示す。破堤は湾曲する位置よりも上流の内岸側直線部と湾曲流入部で最も発生した。また、外岸湾曲部でも実験の 2 割程度で破堤が発生した。この要因について明らかにするため、木製模型を用いて流れ構造に

ついて解析する。

### 4. 流動機構

#### (1) 水位分布

越流状態における水位分布を図-3 に示す。 $x=100\text{cm}$  付近までは外岸側に比べ内岸側の水位が高く、越流が発生している。また、 $x=120\text{cm}$  より下流では外岸側の水位も上昇し越流している。これらの越流箇所では、越流によって堤防上部から堤防模型が削られていき、破堤に至ったと考えられる。

#### (2) 横断面における流速分布

図-4 に、図-1 に示す横断面における主流速の等値線と二次流ベクトルを示す。断面 1 では右岸側水面付近にて越流が発生しているため、二次流は越流箇所に向かう流れを示す。断面 2 においては、遠心力効果により二次流ベクトルは左岸側水面に向かっている。また、主流速は内岸側で大きな値を示している。断面 3 においては外岸の主流速が大きな値を示すとともに、二次流も左岸側を向いている様子が見てとれる。

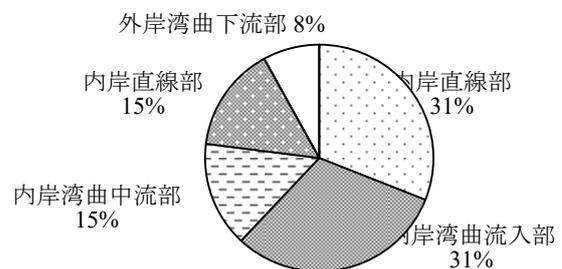


図-2 模型実験における越流時の破堤の割合

表-1 実験条件

川幅 $B$ (cm)	20
堤防高 $h_e$ (cm)	10
水路勾配 $I$	1/1000
流量 $Q$ (l/s)	2
フルード数 $Fr$	0.10
レイノルズ数 $Re$	8700

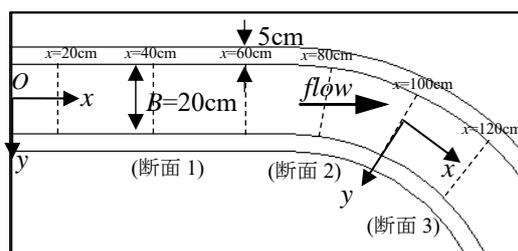


図-1 河道形状

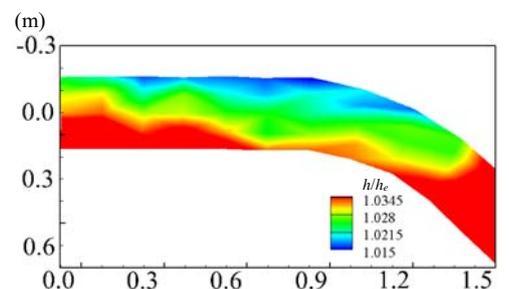


図-3 湾曲河道内の水位変化 (m)

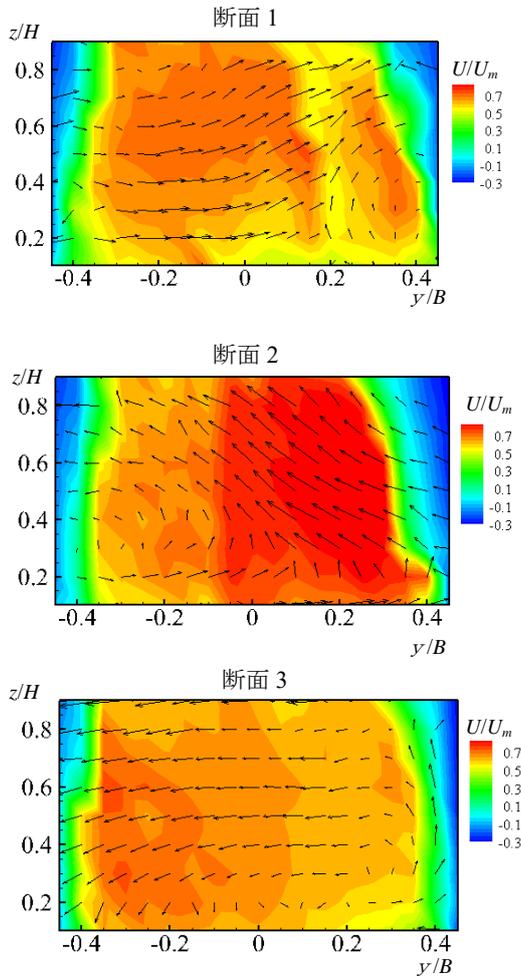


図-4 横断面における主流速の等値線および二次流ベクトル分布

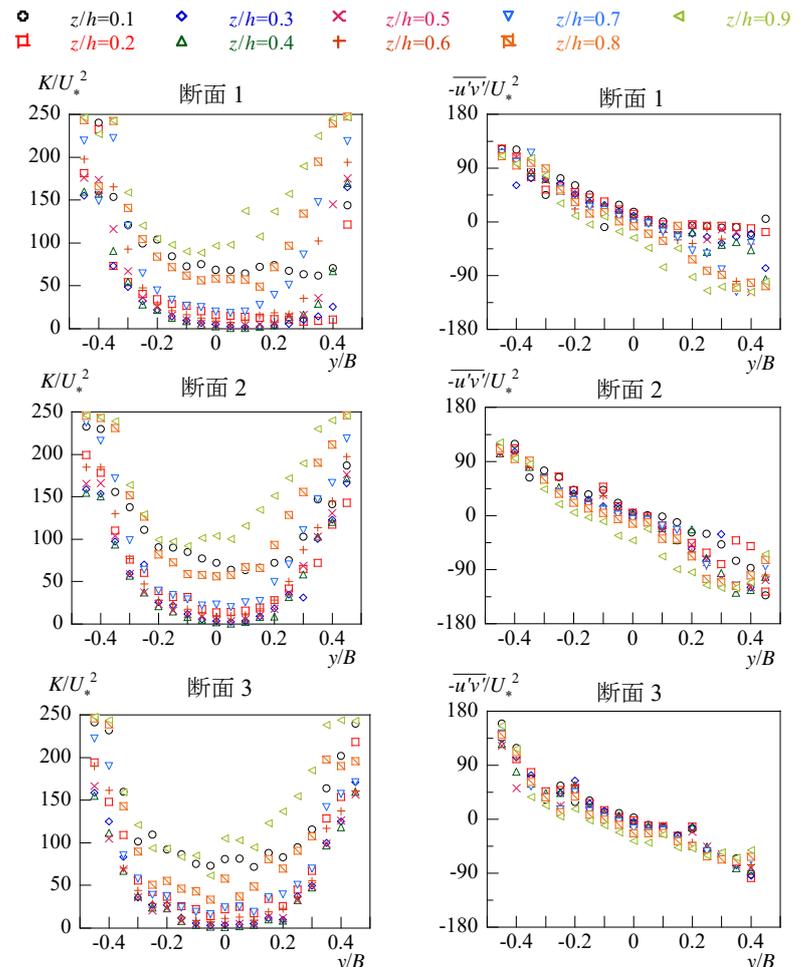


図-5 乱れエネルギーの横断方向分布

図-6 レイノルズ応力の横断方向分布

(3) 横断面における乱れ特性

各横断面における乱れエネルギーを図-5 に、レイノルズ応力を図-6 に示す。乱れエネルギーは次式により表す。

$$K = \frac{1}{2}(\overline{u'^2} + \overline{v'^2} + \overline{w'^2}) \quad (1)$$

いずれの断面においても乱れエネルギーは壁面付近にて大きな値を示している。断面 1 では内岸側の半水深以下で主流速が大きな値を示すことから乱れが抑えられている。断面 2 ではその傾向が弱まり、断面 3 では湾曲の影響はほとんど見られなくなっている。

レイノルズ応力に注目すると、左岸側では各断面とも大きな差は見られないが、右岸側では断面 1 において水面付近の値が底面付近に比べ大きな値を示している。流下方向に向かうにつれその差はほとんど見られなくなる。このように、湾曲部を有する流れにおいては、遠心力効果や越流を伴うために乱れ

構造が変化することが明らかになった。

5. まとめ

本研究では、土堤および木製堤防模型を用いて越流発生時の河道湾曲部の破堤状況と流れ構造について解析した。これにより、越流発生箇所にて破堤が発生しやすい状況を確認し、遠心力効果や越流により乱れ構造が変化することを明らかにした。

【謝辞】

本研究は JSPS 科研費 JP16K16380 の助成を受けたものです。

【参考文献】

1) 八木啓介, 中村孝博, 磯部公一, 大塚悟: 剛塑性有限要素解析による河川堤防の浸透崩壊時刻予測手法の提案, 応用力学論文集 Vol.13, pp.391-400, 2010.