

河川氾濫流における越流幅と河道内の流動機構

熊本大学工学部

学生会員 ○鶴本 晋也

豊田工業高等専門学校

正会員 田中 貴幸

熊本大学大学院 正会員 大本 照憲

1. はじめに

近年多発する豪雨災害により、破堤氾濫による洪水被害が頻発している。その中で、河川堤防決壊の原因は約80%が越水によるものであり¹⁾、河川の流下能力を超えた流量が発生した場合の流れに関する流動機構について検討する必要がある。

河川氾濫流に関する研究は辻本ら²⁾、秋山ら³⁾によって主に市街地を対象とした洪水氾濫流の解析が行われているものの、堤外地である河道内の流動機構に関する研究はあまり行われていない。また、開水路において越流幅を変化させた場合の越流量に関しては多くの知見が得られているものの、越流幅の変化に伴う流動機構の違いについては検討されていない。河川氾濫を伴う河道内の流れ構造を把握することで、浮遊物の挙動や土砂動態に関する知見を得ることも可能となる。

そこで本研究では、越流幅を変化させたときの河川氾濫流の流動機構について検討を行う。

2. 実験装置および実験方法

実験は図-1のように長さ14.5m、幅60cm、高さ40cmの水路の中に、長さ14.88m、幅 $B=30\text{cm}$ 、高さ25cmの小水路を設置して行った。図-2および図-3のように上流から6.7mの位置

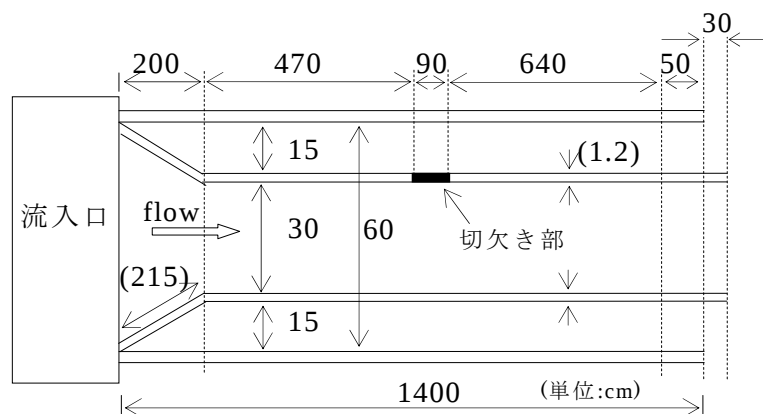


図-1 開水路平面図

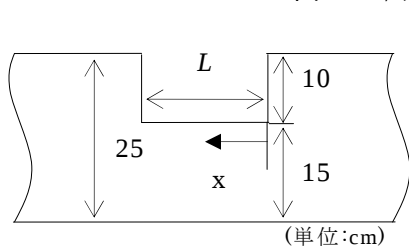


図-2 切欠き部：側面図

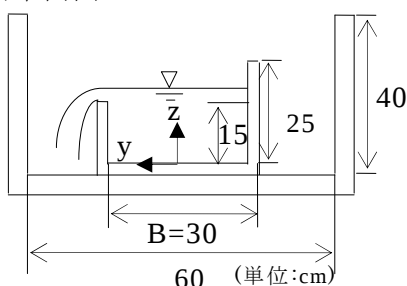


図-3 切欠き部横断面図

において左岸側に切欠き部を設置し、越流幅を $L/B=0\sim 3.0$ まで変化させる。実験条件は表-1のように設定した。流量 $Q=8\text{ l/s}$ および 9 l/s 、水路勾配 $I=1/2,000$ の条件下において、越流幅と水路幅の比 L/B を $1/3$ ずつ変化させることで横越流量 Q_w を測定した。座標系は切欠き部上流端の水路中央底面を原点とし、流下方向に x 軸、横断方向に y 軸、鉛直方向に z 軸を取り、右手系とする。また、それぞれの流速成分を u, v, w 、平均値を U, V, W 、変動成分を u', v', w' と表す。

流動機構の検討においては、表面流況の計測には流速の多点同時計測が可能なビデオカメラを用いたPIV法を、流速の点計測にはI型およびL型の電磁流速計を用いた。

3. 越流幅と越流量の関係

図-4に越流幅と水路幅の比 L/B と越流量の関係を示す。また、Forchheimerの式による算出結果も併せて図示する。Forchheimerの式を式(1)に示す。

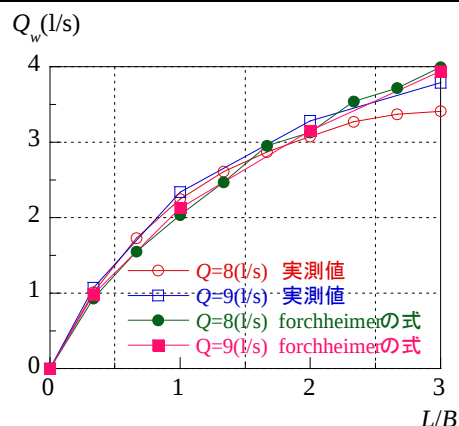
$$Q_w = C_2 L \{ (h_0 + h_1) / 2 \}^{3/2} \quad (1)$$

ここに、 L : 越流幅(m)、 C_2 : 流量係数($=1.901$) ($\text{m}^{1/2}/\text{s}$)、 h_0, h_1 : せきの上流端における越流水深(m)である。

図-4により、いずれの流量においても L/B が大きくなるにつれ越流量 Q_w は対数関数的に増

表-1 実験条件

流量 $Q(\text{l/s})$	8,9	9
水路勾配 I	1/2,000	1/2,000
水路幅 $B(\text{cm})$	30	30
越流幅/水路幅 L/B	0~3.0	0~3
水路高(cm)	25	25

図-4 越流幅と水路幅の比 L/B と越流量の比

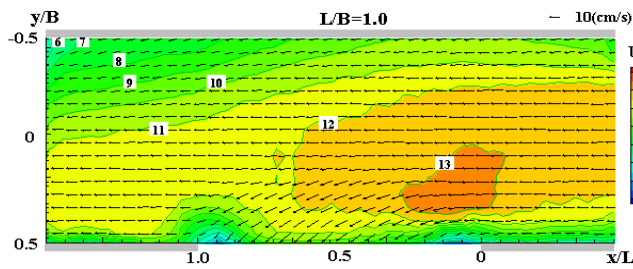


図-4 表面流況

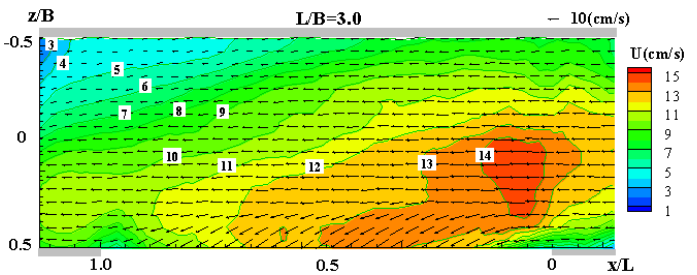
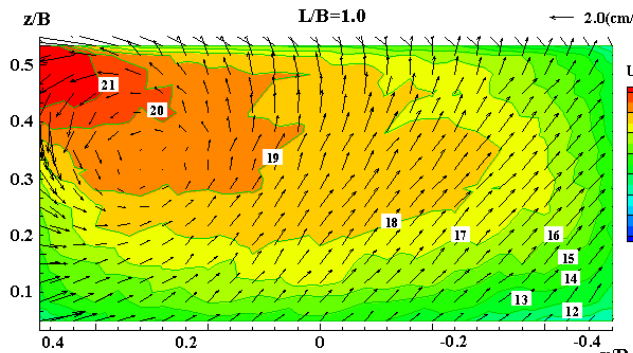
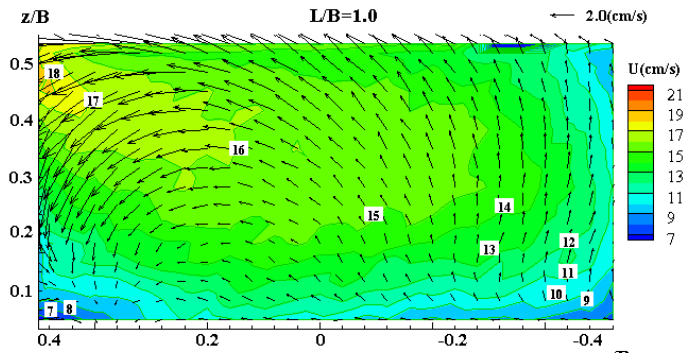


図-5 表面流況

図-6 $x/L=0$ における主流速 U の等値線および二次流ベクトル図-7 $x/L=0.5$ における主流速 U の等値線および二次流ベクトル

加している様子が伺える。また、越流量の実測値は Forchheimer の式による算出結果と類似の分布傾向を示した。

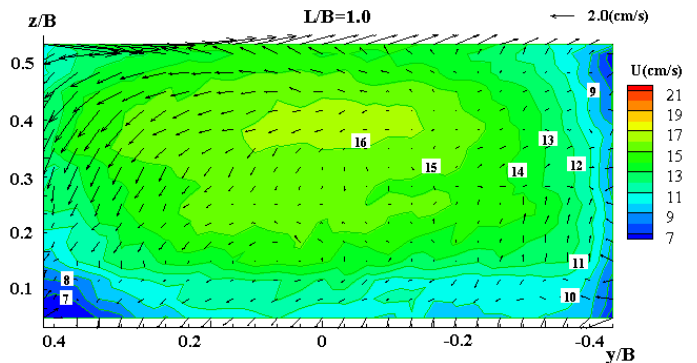
4. 越流幅と表面流況の関係

図-4 および図-5 に $L/B=1.0$ および 3.0 における表面流況を示す。いずれのケースにおいても主流速 U は切欠き部上流端付近で最大値、切欠き部下流端付近で最小値をとることが認められる。横断方向流速 V は $L/B=1.0$ では切欠き部下流端で大きな値を示すが、 $L/B=3.0$ では越流部中央で大きな値をとる。このため、 L/B が大きくなった場合横断方向流速 V は弱まり、下流端の越水量が小さくなると考えられる。実際に越水による破堤幅は川幅の約 $1\sim3$ 倍が多く、破堤延長は川幅に左右されると考えられる。

また、いずれのケースも表面流に関しては、右岸側は越水による影響は小さい様子が伺える。

5. 越流幅と二次流の関係

図-6～図-8 に $L/B=1.0$ における切欠き部上流端 ($x/L=0$)、中央 ($x/L=0.5$)、下流端 ($x/L=1.0$) における主流速 U の等値線及び二次流ベクトルを示す。図-6～図-8 より全ての断面で右岸側に上昇流が発生していることが分かる。また、下流に向かうにつれ循環流が右岸方向に遷移していることが見てとれる。また、 $x/L=0.5$ では $x/L=0$ に比べ越水の影響が大きくなることが伺える。 $x/L=1.0$ では $x/L=0$ および $x/L=0.5$ と比べ主流速 U の最大流速点が中央に寄っているが、 $x/L=0$ と比べると越流部周辺において横断方向流速 V が大きな値を示すことから、越水による影響は切

図-8 $x/L=1.0$ における主流速 U の等値線および二次流ベクトル

欠き部下流端においても表れており、切欠き部下流端より下流においても越水の影響を受けることが示唆される。

6. おわりに

本研究では切欠き部からの越流を伴う洪水氾濫流について、表面流況や二次流構造を把握することにより河川氾濫を伴う河道内の流れ構造を把握し、越流幅を変化させたときの河川氾濫流の流動機構を明らかにした。

参考文献

- 1) 吉川勝秀：河川堤防学～新しい河川工学～，技報堂出版，pp98，2008。
- 2) 辻本哲郎，鷺見哲也，寺本敦子，前田 和：破堤拡大過程と河川特性の関係について，河川技術論文集，Vol.11，pp.121-126，2005。
- 3) 秋山壽一郎，重枝未玲：河道特性と市街地構造を考慮した越水・破堤氾濫シミュレーション，水工学論文集，Vol.50，pp.691-696，2006。