

内水氾濫に関する実験研究

九州工業大学工学部 正会員 秋山壽一郎, 重枝未玲, 学生会員 ○下出 昌毅
九州工業大学大学院 学生会員 浅野 孝典

1. はじめに

近年, 局地的集中豪雨による洪水氾濫が頻発している¹⁾. その多くは, 河川の水位上昇による雨水排除システムの機能低下に伴う内水氾濫によるものである. 内水氾濫を予測する上で, 支川からの溢水または越流流量の評価手法は極めて重要である. 一般に, 氾濫シミュレーションでは, 溢水または越流流量は, 本間の越流公式より求め, それを内部境界条件として与えることで河川と氾濫原の水のやり取りが考慮される²⁾. しかし, 越流公式は, 一般に流れ方向が堰に垂直な場合を対象に求められたものであり, 流れ方向が堰に平行やそれに近い場合には, その適用性については不明である. 本研究は, 数値シミュレーションにおける支川と氾濫原との接続方法の確立を目的としている. ここでは, 掘込み河川を対象に, 数値モデルの検証用データの収集を行うとともに越流公式の適合性について検討を加えた.

2. 実験の概要

実験装置は, 図-1 に示す貯水槽部, 河道部, 氾濫原部で構成される洪水氾濫水槽である. 水槽全体は水平に保たれており, 河道部および氾濫原部の底面にはアクリル板が敷き詰められている. 河道部は氾濫原底面から 0.10m 掘り込まれており, 右岸側には側壁が左岸側は氾濫原に接続されている. 河道の下流には高さ 0.10m の刃形堰が設けられている.

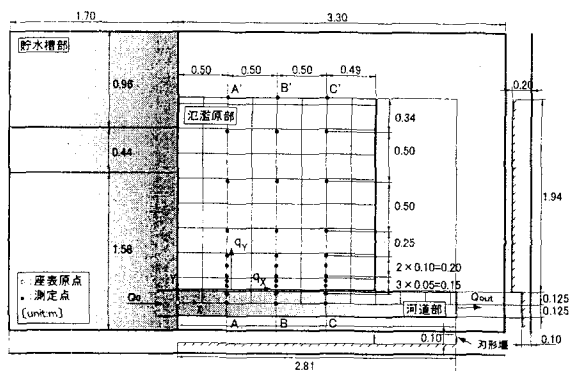


図-1 洪水氾濫水槽と測定点

貯水槽部の左端から一定流量 Q_0 を流入させ, 定常状態となった時点で, 測定を開始した. 表-1 に実験条件を示す. なお, 表には河道部下流端から流出流量 Q_{out} も付記している. これより, Q_0 の約 80% の流量が河道部から氾濫原部へと流出していることが確認できる. 測定項目は, 水深, X, Y 方向の表面流速 u_s, v_s および河道部下流からの流出流量であり, 水深と表面流速については図-1 に示す測定点でそれぞれ測定を行った. 水深 h は, 容量式波高計により測定を行った. 測定時間および間隔は, それぞれ 60 秒および 0.05 秒である. X および Y 方向の表面流速 u_s および v_s は, 直径約 5mm の発砲スチロール球を多数投入し, それらの動きを PTV 解析することにより求めた. この測定結果を log 則より求めた水表面流速ベクトル $U_{sa}=(u_s, v_s)$ と水深平均流速ベクトル $U=(u, v)$ との関係式 ($U=0.90U_{sa}$) に適用し, X, Y 方向の水深平均流速 u, v を算定した.

表-1 実験条件

Case	Q_0 (m ³ /s)	Q_{out} (m ³ /s)
1	0.007235	0.001424
2	0.014297	0.002933

3. 結果と考察

図-2 と図-3 は, それぞれ図-1 に示す A-A', B-B' および C-C' 断面における Case2 の水面形状と水深平均流速 u, v の結果を示したものである. これらから, 水面形状については, 各断面で傾向的には大きな違いは無く, 河道部で水位は最大となり, 河道部と氾濫原部との接続部付近の氾濫原部で最小となる様子が確認できる. 水深平均流速については, 河道部では A-A' 断面で u が最大となる様子や, 下流側の断面で v が大きくなる様子などが確認できる. 河道部と氾濫原部の接続付近の流速に着目すると, いずれの断面においても, u, v が大きな値となっていることが確認できる. これより, 越流した流れは, 河道境界の垂線方向に流れるのではなく, 河道内流れの影響により流れ方向に傾いた流向を有していることがわかる. また, 氾濫原部では

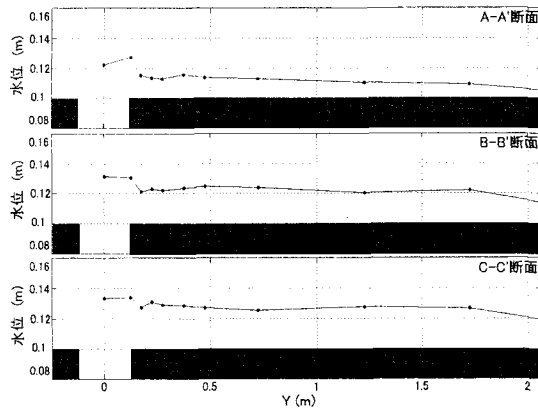


図-2 各断面における水位

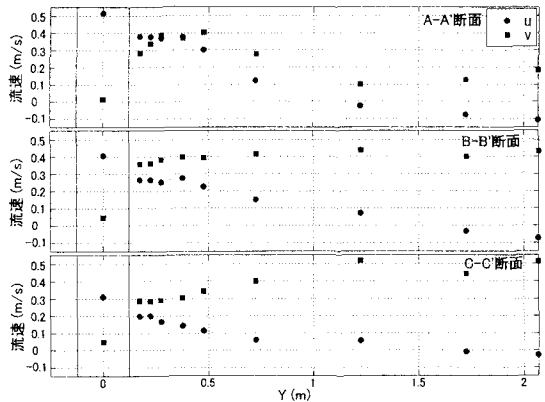


図-3 各断面における流速ベクトル

A-A'断面を除き、 u は減速、 v は加速する様子が確認できる。一方、A-A'断面では u は他の断面と同様に減速しているが、 v は複雑な挙動を示している。これは、流れの流向の影響と氾濫原部両端の側壁の影響により、渦が発生したためである。このように、越流した流れの流向は、氾濫原部での流況に大きな影響を及ぼす場合があり、高い精度で氾濫流の挙動を予測するためには、越流した流れの流向を適切に評価する必要があると考えられる。

$$h_2/h_1 < 2/3 \text{ の場合} : q = 0.35 \cdot h_1 \sqrt{2gh_1} \quad (1)$$

$$h_2/h_1 \geq 2/3 \text{ の場合} : q = 0.91 \cdot h_2 \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \quad (2)$$

h_1 =河道部の水位、 h_2 =の氾濫部の水位

図-4は、A-A'、B-B'およびC-C'断面における河道法線方向の単位幅越流流量 q_T を示したものである。なお、図中には、氾濫シミュレーション・マニュアル²⁾で推奨されている式(1)、(2)の越流公式から求めた越流流量もあわせて示している。河道部の水位 h_1 には $Y=0.125\text{m}$ の値を、氾濫原部の水位 h_2 には $Y=0.175\text{m}$ の値を用いた。越流量の計算には、Case2のA-A'断面では $h_1/h_2 < 2/3$ であったので式(1)を、他の断面では $h_1/h_2 \geq 2/3$ であったので式(2)を用いた。図-4より、実験および計算結果のいずれも、Case1では流れ方向にほぼ一定、Case2ではA-A'断面で最小を取り、B-B'とC-C'断面はほぼ一定となることが確認できる。また、越流公式より求めた単位幅流量と実験より求めた単位幅流量を比較すると、Case2のA-A'断面を除き、その相対誤差の平均値は6%程度であり、越流公式より越流量を実用上十分な精度で予測可能であることが確認できる。

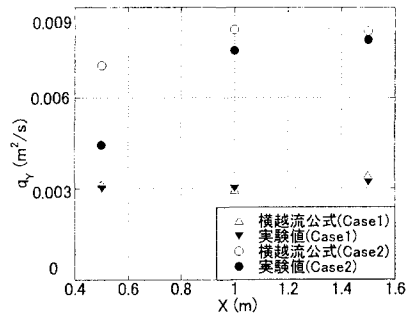


図-4 越流流量

一方、Case2のA-A'断面では実験より求めた越流量は、越流公式より求めた越流量よりもはるかに小さく、越流公式の適合度は悪い。これは、図-3から明らかのように、河道内では他の断面に比べ u が卓越し、流れが氾濫原部へ越流しにくくなったためだと考えられる。このように、河道内の流れが卓越する場合には、越流公式では越流流量が過大評価される可能性があると考えられる。

4. おわりに

以上から、河道内の流れが卓越する場合を除いては、流れ方向が堰に平行やそれに近い場合であっても、越流公式により越流流量を十分な精度で予測可能であると考えられる。一方、河道内の流れが卓越する場合には、越流公式では越流流量が過大評価される可能性がある。また、越流公式では越流した流れの方向性を考慮できないため、流れ方向が氾濫現象に大きな影響を及ぼす場合にはその適用には限界がある。今後は、河道に堤防を設けた場合について検討する予定である。

参考文献:1)例えば、辻本哲郎(編):平成12年度科学研究費補助金(特別研究促進費(1))研究報告書、2001。2)例えば、氾濫シミュレーション・マニュアル(案)、土木研究所資料3400、1996。