

蛇行河川からの氾濫流量の評価に関する研究

九州工業大学工学部 学生会員 ○梅木 雄大
九州工業大学工学部 正 会 員 重枝 未玲

九州工業大学工学部	フェロー会員	秋山 壽一郎
九州工業大学大学院	学 生 会 員	津 崎 周平

1. はじめに

近年，わが国では想定範囲を超えた降雨によって甚大な豪雨災害が頻発している．日本では地球温暖化の影響によって豪雨が増加することも予測されており，2005年には新しい災害対策として“防災”から“減災”への転換が打ち出された．“減災”では，効果的にハード・ソフト両面の減災施策を講じることになるため，事前に洪水・氾濫プロセスを正確に把握することが求められる．特に氾濫箇所や氾濫流量は，氾濫水の制御や避難行動や支援などの効果的な対策を講じる上で極めて重要になる．そこで本研究では，これまでの直線河道での研究¹⁾をさらに発展させ，蛇行河道での氾濫流量について，本間公式と河道・氾濫原包括解析²⁾に基づき検討を加えた．

2. 実験の概要

実験装置は貯水槽部・河道部・氾濫原部より構成されており、河道部の一部の区間(2.70m)から氾濫原部へ氾濫するようになっている。河道部は、幅0.16mの長方形断面の蛇行水路であり、氾濫原部から0.05mだけ掘り込まれている。その平面形状は、わが国の河川の平面形状特性の統計資料を踏まえ設定した。実験装置の概要は図-1に示す通りである。また、図中の $\alpha(^{\circ})$ は氾濫流量の流向を示している。なお、実験装置の縮尺は特定の状況を想定して設定したものではない。

実験条件を表-1にまとめて示す。氾濫流量を調べる実験では、河道状態を掘り込み河道(CASE 1)あるいは築堤河道(CASE 2)とし、CASE 2では法面勾配2割の堤防(堤防高：0.02m, 堤防敷幅：0.10m)を河道に沿って設置した。氾濫形態については、CASE 1では射流(CASE 1-O)あるいは常流(CASE 1-S)での溢水状態、CASE 2では完全越流状態(CASE 2-O)あるいは潜り越流状態(CASE 2-S)とした。

実験の方法と計測内容は次のとおりである。貯水槽部から河道部へ一定流量 Q_{in} を通水し、氾濫流が定常状態となった時点で、河道部の水深 h_1 ならびに氾濫部での水深 h_2 と表面流速ベクトルを計測した。流速については、直径約5mmの発泡スチロール球(比重0.05)を多数投入し、測定点付近の発泡スチロール球の動きをデジタルビデオカメラで撮影・収録した後に、画像をPTV解析することで氾濫流の流向と表面流速ベクトル $\mathbf{U}_s=(u_s, v_s)$ を求め、等流実験より得られた表面流速 $\mathbf{U}_s$ と水深平均流速 $\mathbf{U}$ との関係式($\mathbf{U}=0.90\mathbf{U}_s$)を用い、 $\mathbf{U}_s$ を水深平均流速ベクトル $\mathbf{U}=(u, v)$ に変換した。単位幅当たりの氾濫流量 $q(\text{m}^2/\text{s})$ は、CASE 2の堤防天端中央部に位置する測定点での水深(m)と水深平均流速 $\mathbf{U}(\text{m/s})$ の積で評価した。CASE 1についても同様である。また、全体的な流量収支を把握する目的で、河道部下流端での流出流量 Q_{out} も測定した。

3. 氾濫流量の評価法の概要

氾濫流量の評価には、それぞれ式(1)、(2)で与えられる本間の越流公式と河道・氾濫原包括解析を用いた。なお、越流公式の流向補正には、実験結果から得られた流向を用いた。また、越流公式における水深の取り方は、堤外地では河道中央の水深、堤内地では堤防の裏法尻の水深とした。

4. 結果と考察

図-2は、実験結果と各手法での予測結果との比較を示したものである。これより、河道の形態、溢水・越水の状態にかかわらず、包括解析は高い精度で氾濫流量を算定できることが確認できる。

越流公式では、射流状態において流量が過小評価されている区間や、図では省略しているが、常流あるいは潜り状態で氾濫する場合に最大で15倍程度、射流状態や完全越流状態(CASE 1-O, CASE 2-O)では最大で5倍程度過大に評価されていた区間もあった。これは、蛇行河道部の湾曲部外側から溢水、越水する際に、湾曲部付近における河

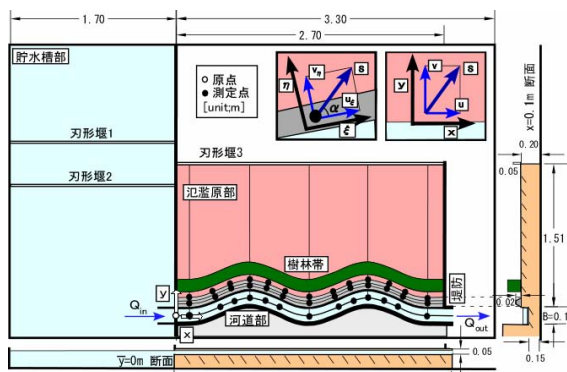


図-1 実験装置の概要

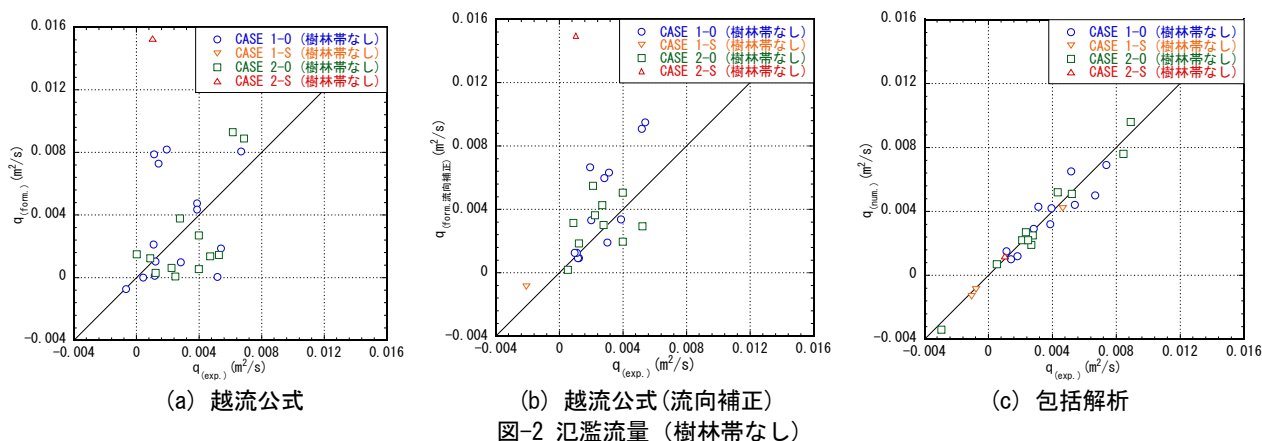
表-1 実験条件

CASE			水路の状態	流量Q(m ³ /s)	刃型堰3の有無
1	O	樹林帯なし	掘り込み	0.01072	なし
		樹林帯あり		0.01350	
	S	樹林帯なし		0.01350	あり
		樹林帯あり		0.01108	なし
2	O	樹林帯なし	築堤	0.01394	
		樹林帯あり		0.01397	
		樹林帯なし			
	S	樹林帯あり			

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

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

$$h_1 = \text{河道部の水位}, h_2 = \text{氾濫原部の水}$$



道の流れが、内側から外側に向かって集中するために、河道中央部の水位が低くなるために越流量が過小評価されているものと考えられる。氾濫流量が過大に評価された区間を確認すると、いずれも氾濫が発生する区間の境界付近であった。このことは、後で検討するように、越流公式では溢水あるいは越流区間を予測できないことを示唆している。

流向補正を行った越流公式では、予測値は全体的には改善されるが、やや過大評価される傾向がみられる。直線水路では、射流状態で氾濫する場合には流向補正を施すことで概ね改善されていた¹⁾が、蛇行水路においては全ての予測値が補正されるわけではない。これは、直線水路では射流状態で氾濫する場合に、氾濫流量は堤外地水位だけで決まるので流向補正を施すことで予測値の改善ができるが、今回対象とした蛇行河川においては、河道特性により河道水位が一様になり難いので、堤外地水位が特定し難く、結果として予測値に誤差が含まれるものと考えられる。常流状態においては、堤内地と堤外地の両水位により氾濫流量が決定されるので、その分予測値の精度は低くなる。また、河道線形との関係によっては、堤外地水位を測定することができない箇所もあり、全ての断面で流向補正をできるわけではない。従って、図中のプロット数は、越流公式に比べ減少している。

図-3は、氾濫流量の空間分布を示したものである。これより、次のことがわかる。包括解析は、氾濫流量の空間分布をほぼ正確に評価できている。一方、越流公式による評価では値がばらついている。流向補正を施すことで改善がみられるがあまり改善されない場合もある。このことから、包括解析では氾濫流量の空間分布つまり氾濫箇所の特定が可能であることに對して、越流公式ではそれが難しいことを示唆している。また、流向補正を施しても同様である。

このように、越流公式を用いた場合、流向補正を施すことで予測値がかなり改善されるが、流向は対象とする堤内外地の特性により決まるもので一般化することは難しい。また、蛇行河川では河道線形によっては、流向補正後の堤内・堤外水位の設定ができない場合がある。従って、越流公式で氾濫流量を予測することは困難であると考えられる。このようなことから、氾濫の状態や堤外・堤内地の状態にかかわらず、氾濫流量を的確に評価できる包括解析は有効な水理解析法と考えられる。

5. おわりに

本研究では、河道・氾濫原包括解析と本間の越流公式とに基づき、単断面蛇行水路における溢水・越水流量の検討を行った。その結果、蛇行河川では形状特性により河道内水位に偏りが生じるので、本間の越流公式で流量の検討を行う事が困難であることが確認された。しかし、そのような河川においても、河道特性と氾濫原特性を考慮した上で両者間の複雑な雨水のやり取りを評価できる河道・氾濫原包括解析モデルでは、氾濫流量をほぼ正確に算定できることが示された。

参考文献

- 1) 秋山壽一郎, 重枝未玲, 津崎周平: 氾濫流量の評価と堤内物体群の影響, 水工学論文集, 第51巻, pp.523-528, 2007.
- 2) 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, 第50巻, pp.691-696, 2006.

