

蛇行河川の溢水・越水氾濫流量に関する研究

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。そのためには氾濫流量の評価が極めて重要になる。そこで本研究では、蛇行河川での氾濫流量について、本間公式と河道・氾濫原包括解析^{3),6),8)}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。

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)での越水状態とした。堤内地に樹林帯を設けた実験では、各CASEについて、樹林帯を模したプラスチックの糸が絡み合った高さ0.10m, 幅0.12mの多孔体(透過係数 $K:0.32\text{m/s}$)を河道部と氾濫原の境界から0.16m堤内地側に河道部沿いに設置した。

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 $U_s=(u_s, v_s)$ を求め、等流実験より得られた表面流速 U_s と水深平均流速 U との関係式($U=0.90U_s$)を用い、 U_s を水深平均流速ベクトル $U=(u, v)$ 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 $v(\text{m/s})$ の積で評価した。CASE 1についても同様である。

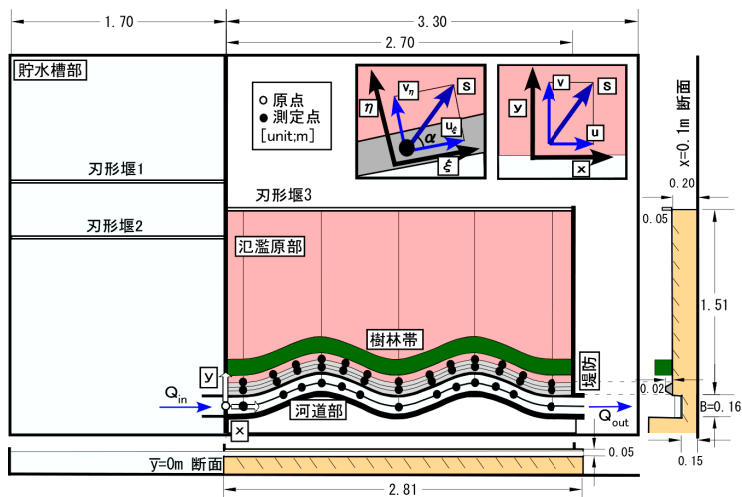


図-1 実験装置の概要

表-1 実験条件

CASE		水路の状態	流量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$	刃形堰3の有無
1	O	樹林帯なし	0.01072	なし
		樹林帯あり		
	S	樹林帯なし	0.01350	
		樹林帯あり		
2	O	樹林帯なし	0.01108	なし
		樹林帯あり		
	S	樹林帯なし	0.01394	
		樹林帯あり		
S	樹林帯なし	0.01397	あり	
	樹林帯あり			

3. 氾濫流量の評価法の概要

越流公式および河道・氾濫原包括解析に基づく氾濫流量には、それぞれ式(1)、(2)で与えられる本間の越流公式および本研究室の「洪水氾濫・浸水対策シミュレータ」を用いた。なお、越流公式の流向補正には、実験から得られた流向を用いた。また、越流公式における水位の取り方は、堤外地では河道中央の水位、堤内地では堤防の裏法尻の水位とした。

$$\text{完全越流： } h_2/h_1 < 2/3 \text{ では、 } q = 0.35h_1\sqrt{2gh_1} \quad (1)$$

$$\text{潜り越流： } h_2/h_1 \geq 2/3 \text{ では、 } q = 0.91h_2\sqrt{2g(h_1 - h_2)} \quad (2)$$

4. 結果と考察

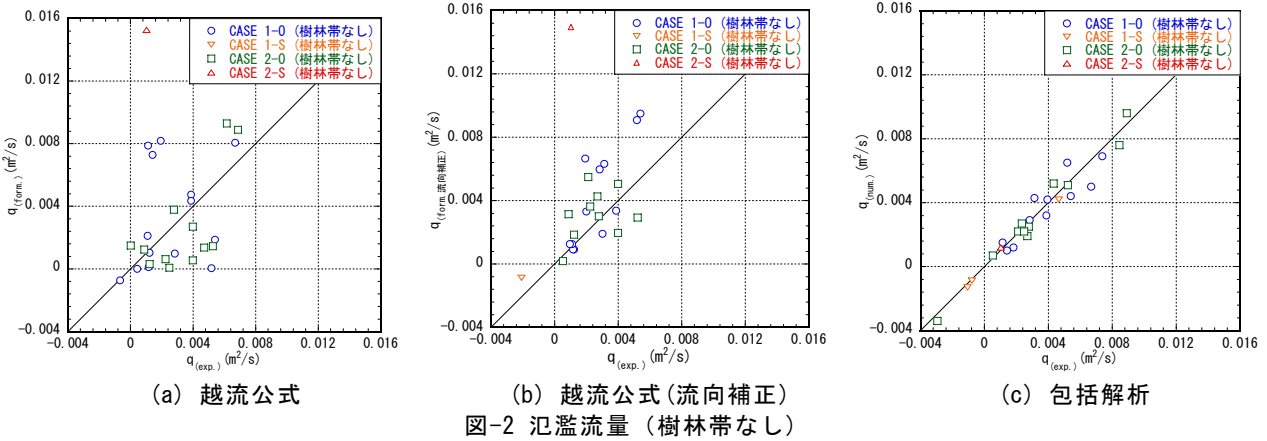


図-2は、堤内地に何も設けられていない状況について、実験結果と予測結果との比較を示したものである。これより、河道の形態、溢水・越水の状態にかかわらず、包括解析は高い精度で氾濫流量を算定できることが確認できる。一方、越流公式による評価では、大きくばらついた結果を生じる。越流公式に流向補正を施すことで、予測値は全体的に改善されるが、やや過大評価される傾向がみられる。これは、今回対象とした蛇行河川においては、河道特性により、河道水位が様になり難いので、堤外地水位が特定し難く、結果として予測値に誤差が含まれるものと考えられる。常流状態においては、堤内地と堤外地の両水位により氾濫流量が決定されるので、その分予測値の精度は低くなる。

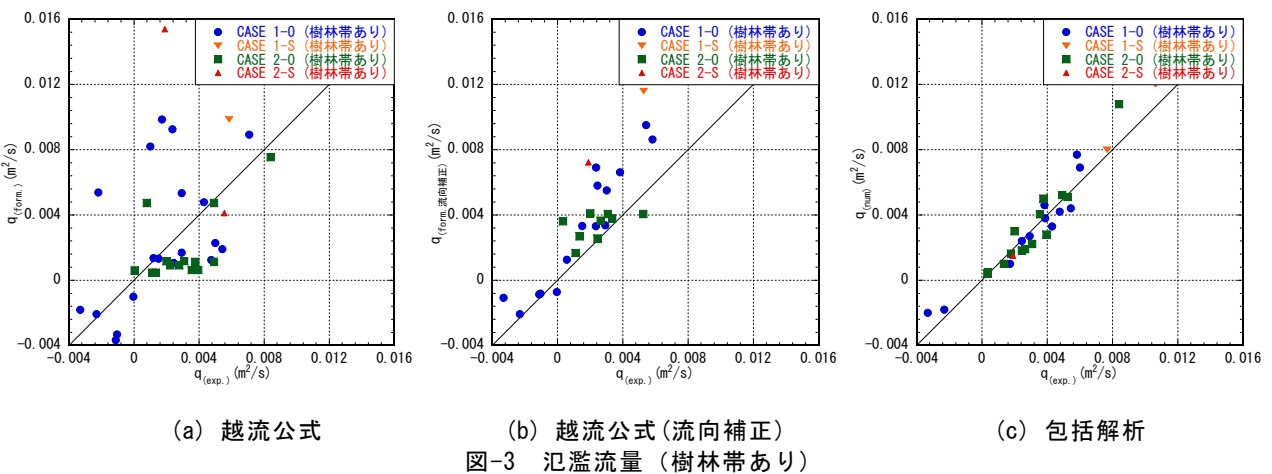


図-3は、堤内地に樹林帯が設けられた状況について、実験結果と予測結果との比較を示したものである。これより、包括解析は樹林帯が設置された状況に対しても氾濫流量をほぼ正確に評価できること、一方、越流公式による評価では、射流状態で氾濫する場合については、流向補正をすることでほぼ正しく完全越流状態の氾濫流量を評価できること、常流状態で氾濫する場合では、やはり過大に評価する傾向が認めら

れること、などがわかる。実験から得られた水位を用いているため、このような誤差は樹林帯によってもたらされた堤外・堤内地水位の変化に起因したものではない。また、流向補正では予測値が大幅に改善されていることが確認できる。これは樹林帯無設置の場合と比べ、樹林帯により水位が空間的に一様化されるため、堤内地水位の取り方の影響がより少なくなっているためである。これらのことから、樹林帯が流向に影響を及ぼす可能性も含めて、誤差を生む主因はやはり流向であると考えられる。

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。さらに、堤内地樹林帯の設置における氾濫流量の抑制効果についての検討も加えた。その結果、蛇行河川は、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、河道と氾濫原の境界に位置する樹林帯の取扱いも含め、いくつかの氾濫状況に対して氾濫流量をほぼ正確に算定できることが示された。

論文リスト

- 1) 秋山壽一郎, 重枝未玲, 津崎周平: 蛇行河川での溢水・越水氾濫流量とその予測に関する研究, 水工学論文集, 第52巻, pp.823-828, 2008.
- 2) 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.
- 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, 第50巻, pp.691-696, 2006.
- 4) 福岡捷二, 山崎憲人, 黒田勇一, 井内拓馬, 渡邊明英: 急流河川の河床変動機構と破堤による氾濫流量算定法の調査研究, 河川技術論文集, 第12巻, pp.55-60, 2006.
- 5) 福岡捷二: 洪水の水利と河道の設計法 治水と環境の調和した川づくり, 森北出版, 2005.
- 6) 重枝未玲・秋山壽一郎: 市街地構造を考慮した氾濫解析モデルの総合的な検証, 水工学論文集, 第48巻, pp.577-582, 2004.
- 7) 環境省: 地球シミュレータによる最新の地球温暖化予測計算が完了 -温暖化により日本の猛暑と豪雨は増加-, <http://www.env.go.jp/earth/earthsimulator/>, 2004.
- 8) 秋山壽一郎, 重枝未玲, 浦 勝: 非構造格子を用いた有限体積法に基づく1次および2次精度平面2次元洪水流数値モデル, 土木学会論文集, No.705/II-59, pp.31-43, 2002.
- 9) 栗城 稔, 末次忠司, 海野 仁, 田中義人, 小林裕明: 氾濫シミュレーション・マニュアル(案) -シミュレーションの手引き及び新モデルの検証-, 土研資料第3400号, 1996.
- 10) 社会資本整備審議会河川分科会, 豪雨災害対策総合政策委員会: 総合的な豪雨災害対策の推進について(提言), http://www.mlit.go.jp/river/link/link_kanren/index.html.