

堤内地樹林帯がある場での氾濫流量に関する研究

九州工業大学工学部 学生会員 ○恒松 誠也
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、大規模な集中豪雨が頻発している。このような外力の増大の自然的背景と限られた投資余力などの社会経済情勢の変化を受け、2005年には“防災”から“減災”への転換が新たな治水対策として打ち出されている。“減災”では、計画高水を越える洪水を危機管理として捉え、効果的にハード・ソフト両面の減災施策を講じるため、対象河川とその流域の特性を踏まえた上で、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となる。そこで、本研究では、本間の越流公式と秋山・重枝の河道・氾濫原包括解析¹⁾²⁾に基づき、氾濫流量の検討を行った。また、堤内地樹林帯が氾濫流量に及ぼす影響についての検討も加えた。

2. 実験の概要

実験装置は、図-1 に示すように貯水槽部、河道部、氾濫原部で構成され、河道部の一部の区間(1.99m)から氾濫原部へ氾濫するようになっている。河道部はその下流端に高さ 0.10m の刃形堰が設けられた幅 0.25m の長方形断面の水平直線水路であり、氾濫原部から 0.10m 掘り込まれている。なお、実験装置の縮尺は特定の状況を想定しているわけではない。

貯水槽部から河道部へ一定流量 Q_m を通水し、氾濫流が定常状態となった時点で、測定を行った。実験条件は表-1 に示す通りである。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: 0.1m)を河道に沿って設置した。氾濫形態は、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。また、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 $K: 0.64\text{m/s}$)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。

測定項目は、河道部の水深 h_1 ならびに氾濫部での水深 h_2 および表面流速ベクトルであり、図-1 に示す測定点で測定した。水深は、容量式波高計で測定し、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。流速については、直径約 5mm の発泡スチロール球を多数投入し、それら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、堤防天端中央部での水深(m)と水深平均流速(m/s)の積で評価した。また、全体的な雨水収支を把握する目的で、河道部下流での流出流量 Q_{out} も測定した。

3. 結果と考察

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秋山・重枝の「洪水氾濫・浸水対策シミュレータ」¹⁾²⁾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。

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、河道状態や氾濫形態に関わらず、包括解析がほぼ正確に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ずる。しかし、越流公式に流向補正を施すことで、全般的に予測精度は向上する。射流状態で氾濫する場合では、氾濫流量は堤外地水位だけで決まるため、予測値がかなり改善される。一方、常流状態で氾濫する場合では、流向補正をしてもさほど改善されない場合が生じる。これは、常流状態での氾濫流量は堤内地と堤外地の両水位から決まってくるので、堤内地水位の取り方に起因していると考えられる。

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。この状況においても、包括解析がほぼ正確に氾濫流量を評価できる。一方、越流公式による評価では、流向補正を施すことでほぼ正確に氾濫流量を評価できるが、やはり、常流状態では過大に評価する傾向が認められる。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

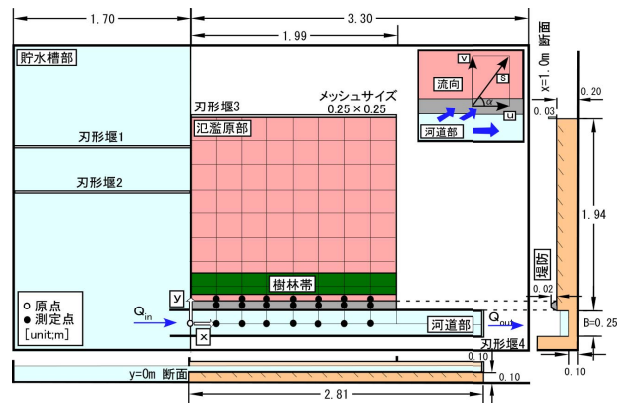


図-1 実験装置および測定点

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	構造物群の有無				
1	O	樹林帯なし	掘り込み	0.01730	なし	なし			
		樹林帯あり							
	S	樹林帯なし					0.00824	なし	なし
							0.01506		
							0.01730		
							0.00824		
							0.01506		
	0.01730								
2	O	築堤	0.01506	なし	なし				
	樹林帯あり								
	S			樹林帯なし		あり			
	樹林帯あり								

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

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

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

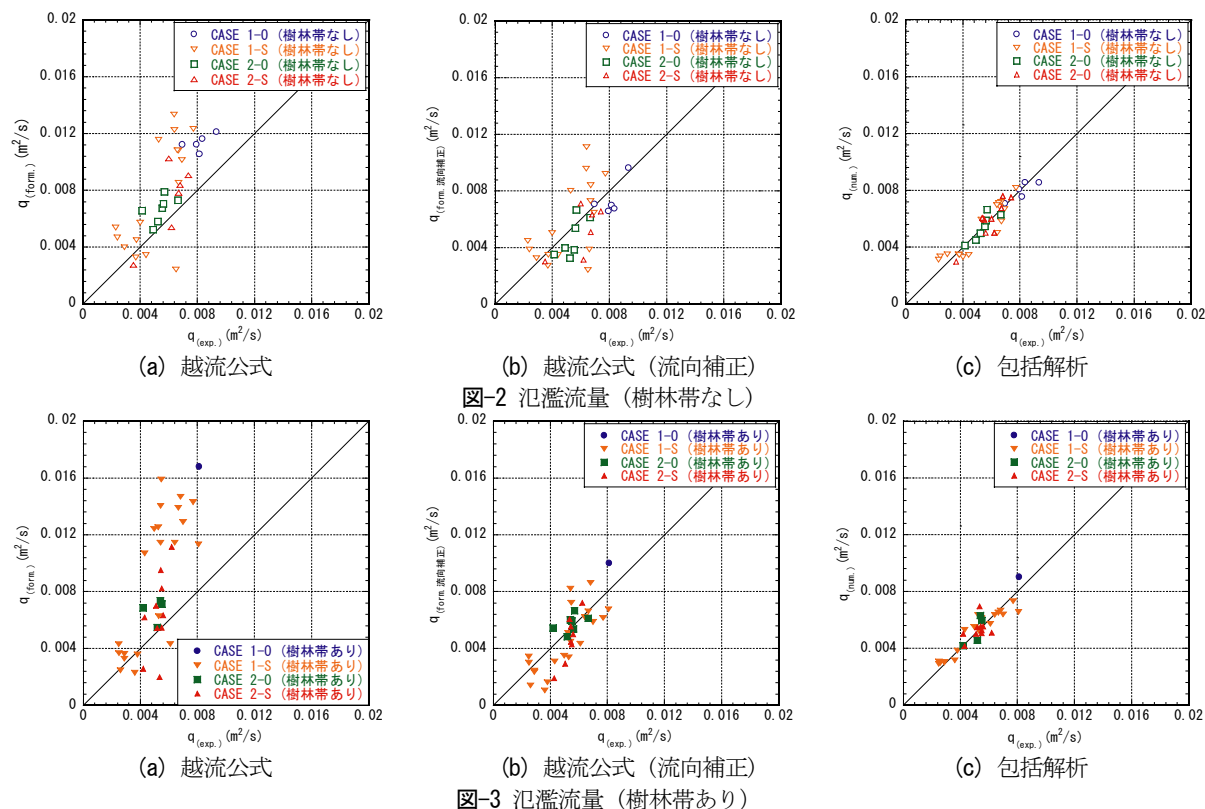


図-3 氾濫流量 (樹林帯あり)

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。

以上より、氾濫流量式は流向が考慮されたものでなければならない。ただし、越流公式に必要な堤内地水位の取り方に任意性がある常流状態では、流向を考慮しても正しく評価されない可能性が残る。流向は洪水氾濫流の特性の一つであり、対象とする堤外地と堤内地の諸条件によって規定されるため、流向を考慮して氾濫流量式を一般化することはほぼ不可能と考えられる。このことから、氾濫状態や堤外・堤内地状態に関わらず、氾濫流量を的確に評価できる包括解析は、“減災”に資する有効な水理解析法と考えられる。

図-4 は、包括解析により樹林帯の有無による氾濫流量の変化を示したものである。これより、CASE 2-0 においては、支配断面の水理より、樹林帯は氾濫流量に何ら影響を及ぼすことはないが、CASE 1 と CASE 2-S においては、氾濫流量が増加あるいは低減していることが分かる。増加する理由は、樹林帯の設置により上流側での堤外地水位が上昇するためである。逆に、低減しているのは、CASE 1 では、樹林帯無設置の状態で射流で溢水していたものが、樹林帯により、氾濫流が堰き上げられ常流状態になるためである。CASE 2-S では、樹林帯が流水抵抗として作用し、堤内地水位が上昇するためであることが考えられる。

一般に樹林帯の氾濫流抑制機能は、河道横断的な状況、つまり正面越流状態として論じられている³⁾。しかし、包括解析では、河道縦断方向の堤外・堤内地水位に影響を及ぼし、その結果、河道と氾濫原との雨水のやり取りも縦断方向に複雑に変化することを示す。これは、樹林帯が洪水・氾濫流に及ぼす影響を縦・横断的に捉えた上で、減災施設として適正に保全・管理する必要があることを示唆している。

4. おわりに

本研究により、氾濫流量の評価には本間の越流公式に流向が考慮されたものでなければならないことが確認された。しかし、流向は洪水氾濫流の特性の一つであり、対象とする堤外・堤内地の諸条件によって規定されるため、流向を考慮して氾濫流量式を一般化することは難しい。このようなことから、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・氾濫原包括解析が、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を示した。

参考文献

- 1) 秋山壽一郎・重枝末玲：飯塚市を中心とした都市域のダイナミック氾濫解 -2003年7月速賀川豪雨災害を対象として-，水工学論文集，第49巻，pp.619-624，2005。
- 2) 秋山壽一郎・重枝末玲：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.691-696，2005。
- 3) 国土交通省河川局治水課監修：堤防に沿った樹林帯の手引き，山海堂，2001。

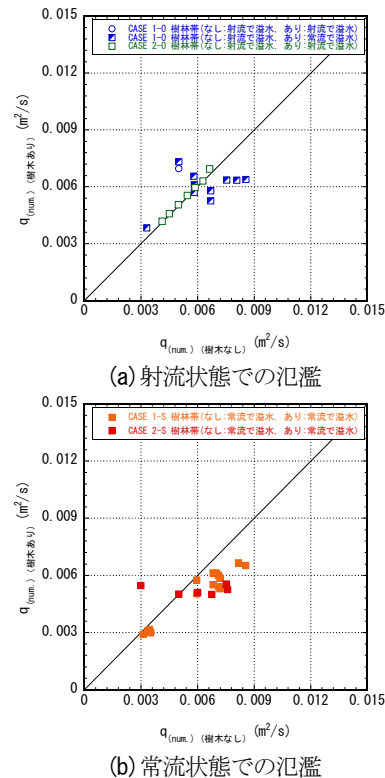


図-4 樹林帯の有無と越水・溢水氾濫流量