

破堤氾濫流の挙動計測と樹林帯の効果に関する実験的研究

広島大学大学院 学生会員 ○山田雄也 広島大学大学院 学生会員 吉田 晋
 広島大学大学院 フェロー会員 河原能久 広島大学大学院 正会員 椿 涼太

1. 序論

近年、全国各地において集中豪雨や台風により河川の洪水氾濫が多発している。近年、減災体制の視点から、ソフト対策とハード対策を組み合わせることで、被害の最小化を図ることが望まれている。堤防に沿う樹林帯の設置は氾濫流を制御する一つの手段であり、その構造物に対する被害軽減効果については過去の被害調査でも認められている。しかし、樹林帯が氾濫流の挙動に及ぼす影響や建物に作用する流体力の軽減効果については、その非定常効果も含め、定量的知見は未だ少ないのが現状である。このような背景を踏まえ、本研究では、大型水理模型実験水路を用いた非定常実験を行い、流体力と水位の時系列な分布を計測するとともに、PIV法を用いた可視化計測により建物周辺の流速分布を計測し、樹林帯の列数やその配置形状が破堤氾濫流の挙動に及ぼす影響と非定常流中の建物の流体力の特性を明らかにすることを目的としている。

2. 破堤氾濫流大型水理実験

(1) 実験概要

図-1に実験水路、図-2に実験風景、図-3に樹林帯と建物群の配置位置、図-4に氾濫域の水位の計測点を示す。破堤部のゲートを瞬間的に開放し、破堤氾濫流を想定した非定常実験を行った。樹林帯は、直径1cm、高さ20cmの亚克力製の円柱でモデル化し、 $x=0.27\text{m}$ を樹林帯の先頭として建物群前面に配置した。列数は3列と5列、植生配置は整列と千鳥配置と実験条件で変化させた。計測は、氾濫域の水位をサーボ式水位計、建物に作用する流体力を分力計によって連続的に計測した。計測時間は70秒、計測間隔は0.1秒である。実験結果の信頼性を高めるために、同一測点における計測は同一条件下で3回行い、それらの平均を求めた。

表-1に実験条件を示す。実験では樹林帯の列数と配置形状を変化させ、建物にかかる流体力、氾濫域の水位を計測している。流体力計測においては、計測建物位置を変化させ、同一の条件において実験を行っている。また、氾濫域での水位計データとPIV計測データから各ケースでの氾濫流の挙動について比較する。

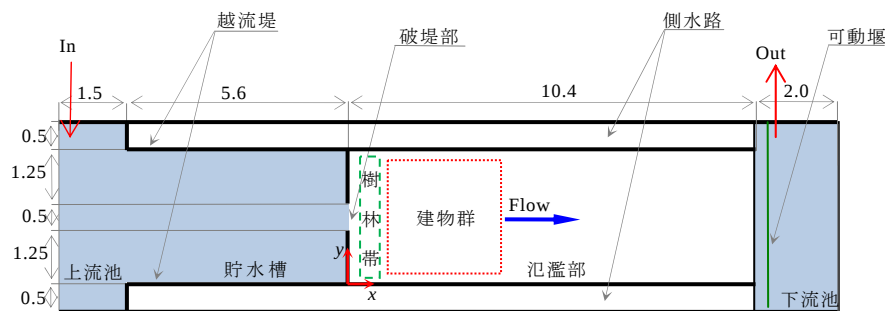


図-1 実験水路

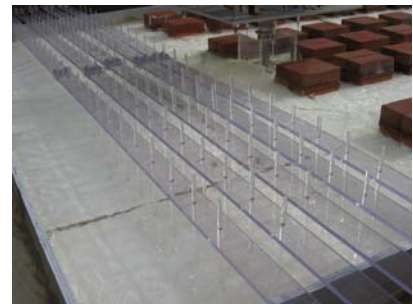


図-2 実験風景(5列千鳥)

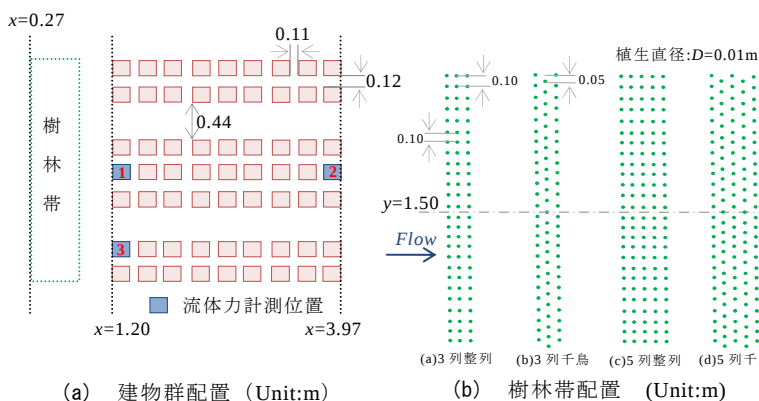


図-3 樹林帯および建物群配置図

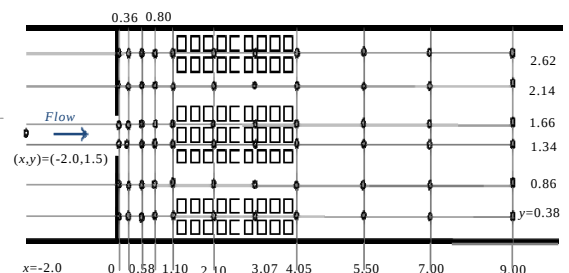


図-4 水位計測地点 (Unit:m)

キーワード：樹林帯、破堤氾濫流、水位、流体力、PIV

連絡先：広島大学大学院工学研究科社会環境システム専攻 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 Tel./Fax.:082-424-7847

表-1 実験条件

	破堤流量 (l/s)	樹林帯 配置形状	計測項目
Case1	23.6 ¹⁾ *	-	氾濫域水位 流体力 PIV
Case2		3列整列	氾濫域水位 流体力
Case3		3列千鳥	流体力
Case4		5列整列	流体力
Case5		5列千鳥	氾濫域水位 流体力 PIV

*1) この流量は、貯水槽の両側に設けられた水路への越流量を除いた、定常流時における破堤部からの流出量である。

(2) PIV による表面流速の測定

PIV 法を用いて建物周りの流況を把握する。実験手順は以下の通りである。

- ① 流体力計測位置付近の動画撮影を水路上方から三脚で固定したデジタルビデオカメラ（SONY 製 HDR-SR8）を用いて行う。
- ② ゲートを開放し、流況を撮影する。その際に常に建物前面に木炭の粉末を水面に散布する。
- ③ 得られた動画データを Large-scale PIV software⁴⁾を用いて PIV 解析を行い、建物周りの表面流速分布データを得る。

3. 実験結果と考察

図-5に樹林帯の効果が期待される計測模型位置1における流体力の時系列データを、各ケースにおいて比較する形で示す。また、表-2に最も樹林帯の効果が発揮された千鳥形状における流体力の軽減効果について示す。1回目のピーク時において、樹林帯が建物前面に存在しているので、流体力が軽減されている。2回目の流体力のピーク（ $t=6\text{sec}$ 付近）は破堤部から流入した流れとその前に到達した流れが側壁に反射し返ってきた波が干渉したものである。2回目のピークでは、1回目のピークよりも流体力の軽減効果が高く発揮されているのが分かる。これは、側壁から反射してきた氾濫流が樹林帯により再度拡散の影響を受け、Case1 の場合よりも、流体力軽減の効果を発揮したと考えられる。図-6にCase1,5の定常流時（概ね開放後40秒から60秒までの状態）における水位コンターを、図-7にPIVにより得られた、定常状態での流速ベクトルの比較を示す。定常流時には、建物の影響等で計測建物の前面水位が増すことで、静水圧差により全体的に流体力の値は上昇しているものの、Case1と比較した流体力はさらに抑

制されている。これは樹林帯の形状の効果が発揮されており、樹林帯が建物前面における流れの抵抗体となって働くことで、流れが拡散し、軽減効果が十分発揮されたためだと考えられる。

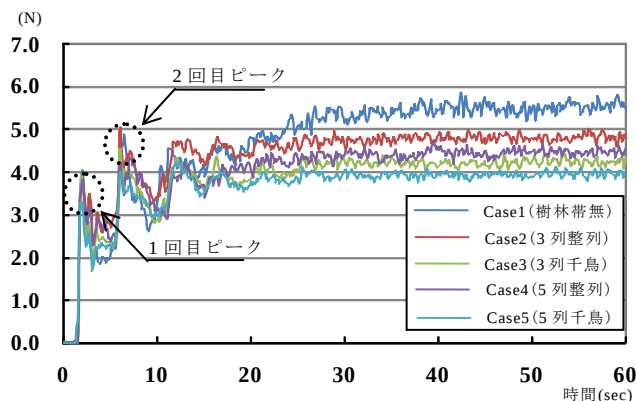


図-5 各ケースにおける流体力（計測位置1）

表-2 流体力の軽減効果

	建物に作用する流体力値(N)			Case1と比較した軽減効果(%)		
	1回目 ピーク	2回目 ピーク	定常時	1回目 ピーク	2回目 ピーク	定常時
Case 1	4.04	4.97	5.51	-	-	-
Case 3	3.96	4.55	4.22	2.2%	8.4%	23.7%
Case 5	3.29	3.99	3.94	18.6%	19.7%	28.8%

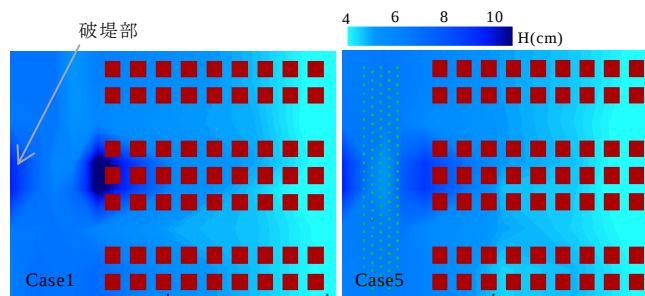


図-6 定常流時における水位コンター

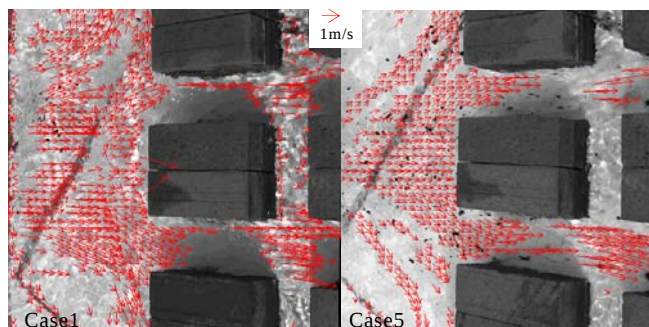


図-7 PIVによる定常状態での流速ベクトルの比較

4. 結論

樹林帯は流速の低下と流向の変化を生じさせる。流体力の軽減効果は、樹林帯の列数と配置形状で大きく異なる。また、千鳥形状の樹林帯の設置は氾濫流を制御する効果を発揮する。

参考文献 1)河原能久, 伊藤康, 内田龍彦, 家藤憲司: 非定常流中の建物に作用する流体力の直接測定, 水工学論文集, 第53巻, pp979-984, 2009. 2)重枝未玲, 秋山壽一郎, 浦勝, 小林俊彦: 水害防備林による氾濫流の制御効果, 河川技術論文集, 第8巻, pp.133~138, 2002. 3)国土交通省河川局治水課監修, (財)河川環境管理財団編著: 堤防に沿った樹林帯の手引き, p243, 2001. 4) Tsubaki, R. and Fujita, I.: Large-scale PIV software.