

樹林帯の破堤氾濫流に及ぼす影響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おり、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。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) 実験水路と実験条件

図-1に示すように、実験水路は貯水槽部と氾濫部より構成され、水路勾配は1/624である。座標軸は破堤断面の右岸際を原点とし、流下方向を x 、左岸方向を y と定義する。河床高は $x=10.4\text{m}$ において $z=0.014\text{m}$ としている。マンニングの粗度係数は $n=0.010$ であり、破堤部中央に幅0.5mの亚克力製ゲートを設置している。破堤部のゲートを瞬間的に開放することにより、ダムブレイク流れを発生させ、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回を行い、それらの平均を求めた。図-2に樹林帯と建物群の配置位置、図-3に氾濫域の水位の計測点を示す。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。また、 $(x,y)=(-2.0,1.5)$ の水位変化の計測を行うことにより、手動によるゲート開放と計器の計測時間のずれを調整する。

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。

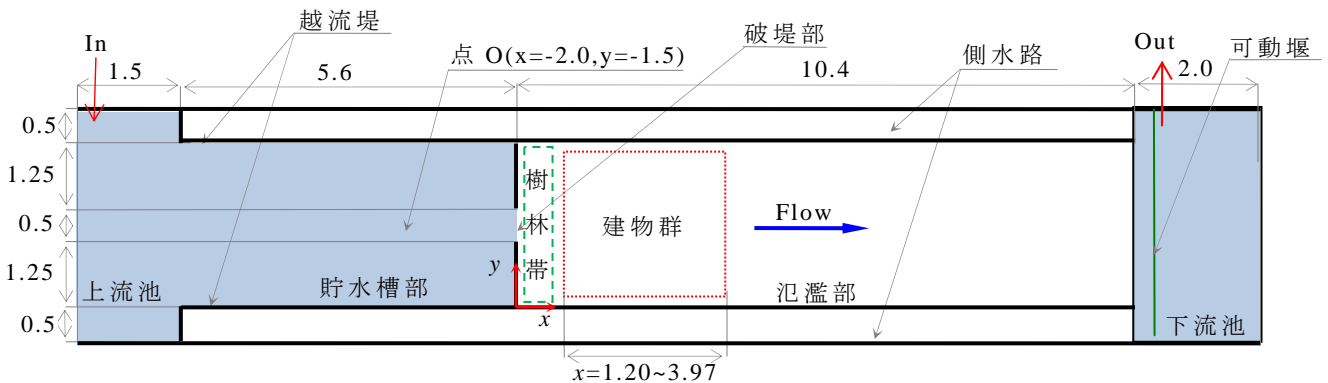


図-1 実験水路 (Unit:m)

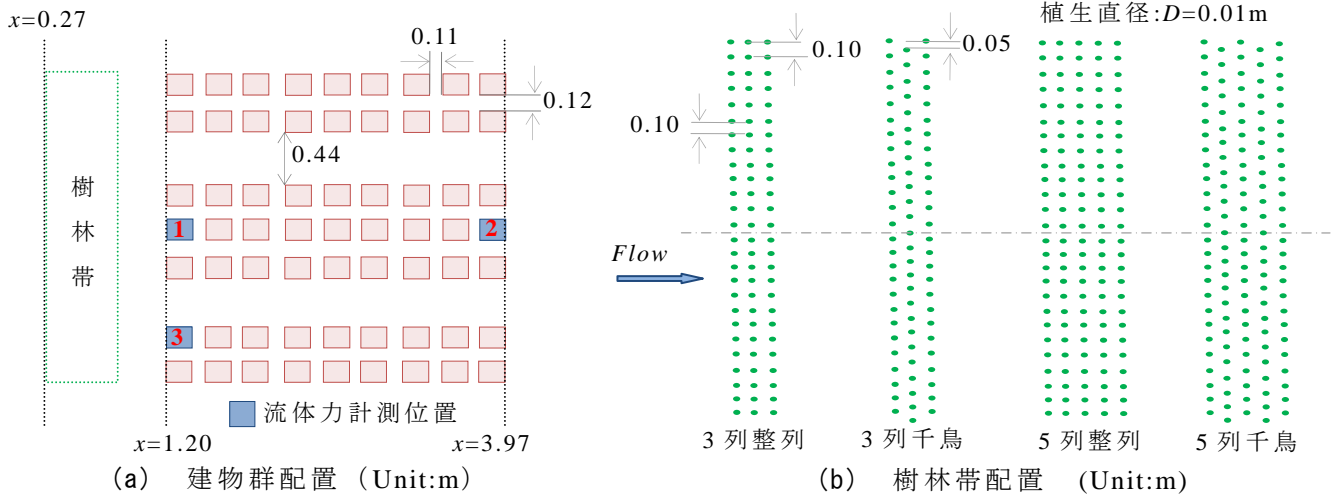


図-2 樹林帯および建物群配置図

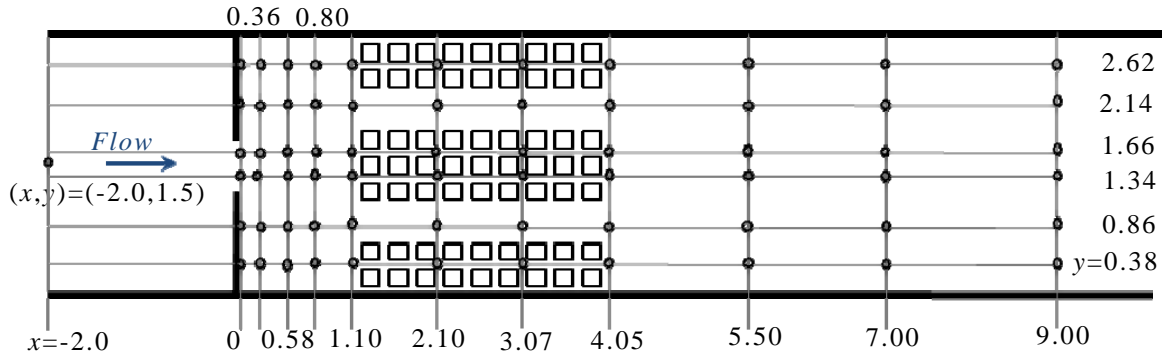


図-3 水位計測地点 (Unit:m)

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、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、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 software²⁾ 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) 時間軸の調整方法

非定常実験において、計測開始からおよそ $t_s=10$ 秒後にゲートを手動で開放する。しかし、各計測においてゲートを開放するタイミングにはずれが生じるため、図-3の $(x,y)=(-2.0,1.5)$ に設置した波高計のデータを用いて、以下の方法で時間軸を調整した。すなわち、各計測において負の段波の点 $(x,y)=(-2.0,1.5)$ への到達時間を t_i 、負の段波到達時間の理論値 ($=1.93$ 秒) を t_0 とすると、各計測のゲート開放時間のずれは $t'=t_i-t_0$ となる。したがって、ゲート開放時刻を 0 秒とする時、各計測の時間軸は次式で求められる。

$$t_m = t - t' - t_s \quad (1)$$

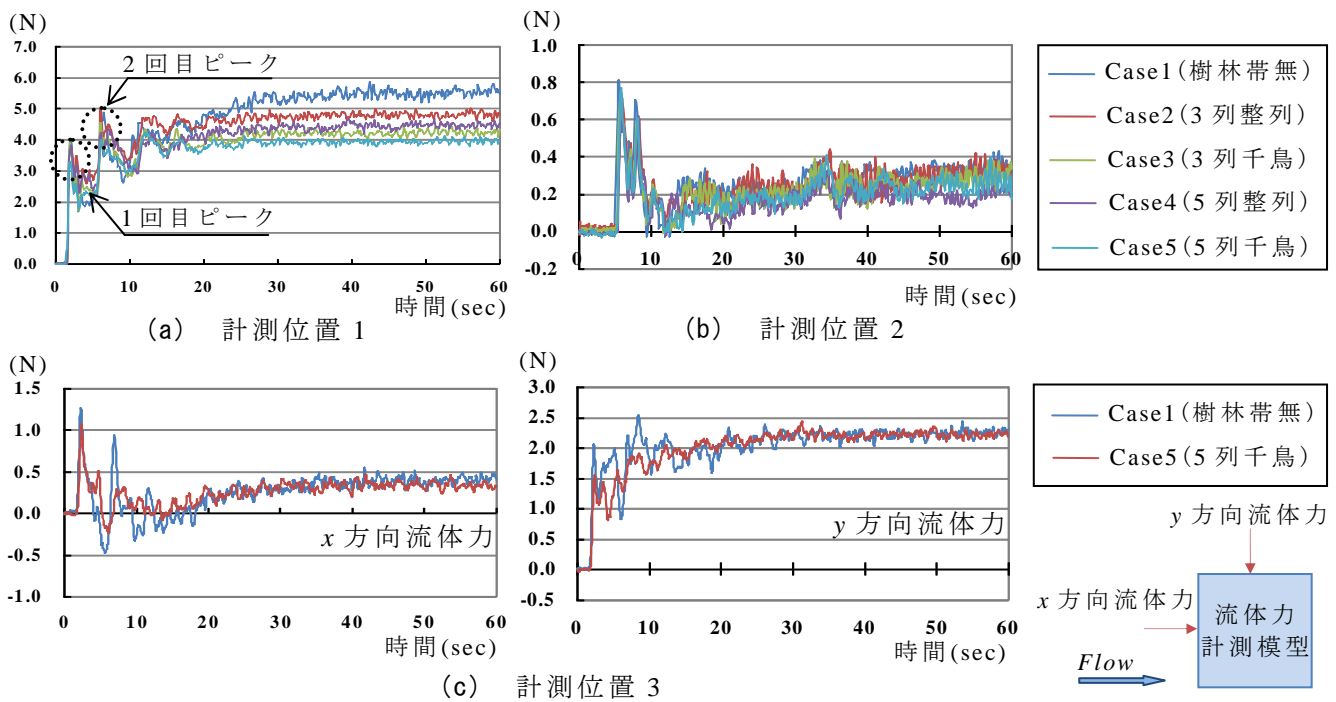


図-4 各計測位置における流体力の時系列グラフ

3. 実験結果と考察

図-4 に各計測位置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。なお、計測位置 1, 2 においては x 方向(氾濫流の流下方向)に作用する流体力であるが、計測位置 3 においては、流体力が x 方向と y 方向に作用するため、それぞれを x 方向流体力、y 方向流体力とする。各計測位置における流況の違いで流体力値は大きく異なっている。また、図-5 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示す。

樹林帯が存在すれば、計測位置 1 前面で水位上昇が抑制されているのが確認できる。しかし、他の計測位置付近では水位の変化が微小といえる。これは、各計測位置において樹林帯の効果が一様でないことを意味する。

表-2に樹林帯の効果が顕著に発揮された計測位置1において、千鳥形状の場合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、

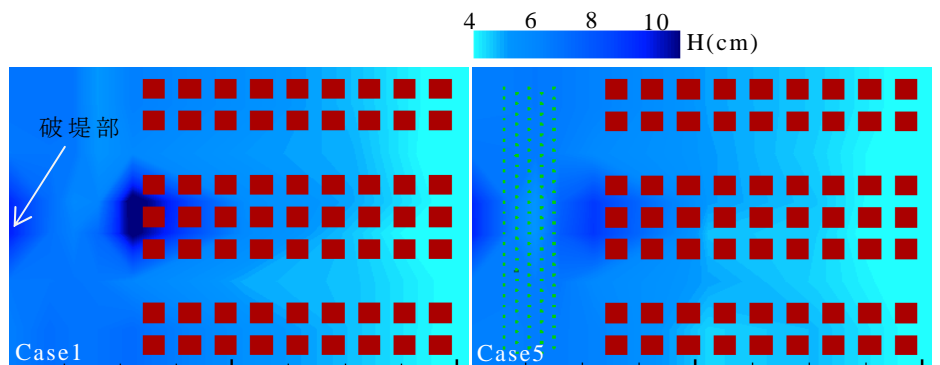


図-5 水位コンター(定常流時)

表-2 流体力の軽減効果(計測位置 1)

	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%

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(a)にPIVにより得られた，計測位置1における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-6(b)にPIVにより得られた，計測位置2における定常状態での流速ベクトルの比較を示す．この計測位置では，ピーク時においても定常流時においても流体力値は1.0N以下と小さく，樹林帯の軽減効果をはっきりと確認することができなかつた．樹林帯の効果よりも建物群の流水抵抗効果の影響の方が卓越し，流体力の変化が小さいことから樹林帯の効果を評価するには難しい計測位置である．また，計測位置の前面において死水域となっているため，定常流時において建物にかかる流体力には差がないといえる．

図-6(c)に PIV により得られた，計測位置 3 における定常状態での流速ベクトルの比較を示す．樹林帯が存在すれば，およそ 20 秒までの値の変動が比較的抑えられており，衝突時に関しても x 方向，y 方向流体力ともに流体力が軽減されている．しかし，定常流時では樹林帯の効果がほぼ無いといえる．これは，定常流時においては，計測建物付近の水位や流速ベクトルなどの流況の変化が，樹林帯が存在してもしなくても変化がなく，同程度の流体力が建物に作用しているからと考えられる．

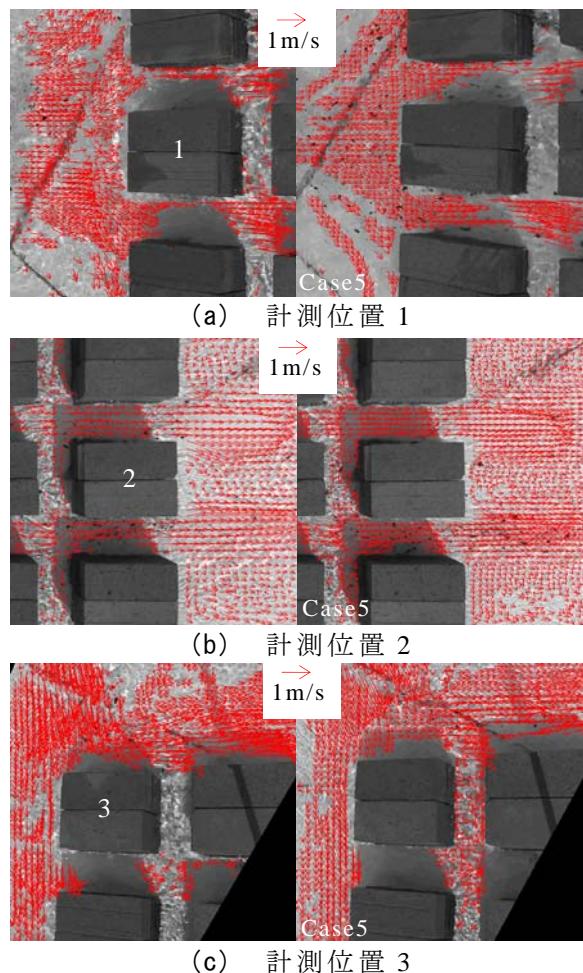


図-6 PIV による定常状態での流速ベクトルの比較

4. 結論

- 1) 樹林帯は流速の低下と流向の変化を生じさせるが，計測位置の違いで流況の様子や建物に作用する流体力は大きく異なり，樹林帯の効果は一様ではない．
- 2) 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大きい．

5. 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，pp.979-984，2009．
- 2) Tsubaki, R. and Fujita, I : Large-scale PIV software.
- 3) 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．
- 4) 国土交通省河川局治水課監修，財団法人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．