

## 河道内樹林群が流水挙動に及ぼす実験的研究

前橋工科大学大学院 ○学生会員 林丈男  
前橋工科大学 正会員 土屋十圀

## 1. はじめに

多自然型川づくりのように自然との調和、共生を重点に置いた河川改修が全国で行われている。河道内樹木は景観的価値と生物の生息場としての機能を有していることから保全される。しかし洪水時には流下能力を低下させる要因になり、治水とのバランスが大きな課題となる。また、ダムの影響で土砂供給が減少し、河道の複断面化、河床の固定化を進行させるため、河道内樹林帯は拡大し易い傾向にある。

河道内樹林の横断方向への繁茂は、伐採基準は定められていないが流水面積を狭め、疎通能力を低減させることから伐採の対象になりやすい。しかし縦断方向への繁茂を検討した研究事例は少なく河川管理者の判断に頼る現状がある。

本研究では単断面開水路を使用した模型実験により、川幅 20m程度 of 直線の河道内に樹木が縦断方向に拡大分布していくと共に、樹木が堆砂を促進させ複断面化した場合を想定して、洪水時の流下能力に及ぼす影響の把握を目的とする。

## 2. 実験概要

## 1) 実験水路

実験には、水路長 9m、水路幅 1m、河床勾配 1/300 の固定床単断面模型水路を用いた。実験に際し、群馬県川場村を流れる桜川をモデルとし、対象区間 450m 内に 8 断面の代表断面を選定し横断測量を行った。桜川は自然の複断面構造であるが実験施設の制約と樹林の流水挙動を正確に把握するため平均化した単断面として扱った。模型縮尺は 1/20、フルードの相似則を適応した。河床面の粗度係数は土羽の状態である実粗度係数 0.035 とした。

## 2) 実験条件

以後、本文及び図中に示す数値はすべて模型実験での値である。桜川で行った現地調査から樹林帯規模、樹木本数を設定した。詳細は表-1、図-1 の通りである。樹木模型には木製円柱を用い迎角 90°で直立させる。直径 8mm、密度  $\lambda$ (河床単位面積に占める樹木の断面積比) を 0.0012、樹木間隔は相互間の影響が少ないよう横断、縦断方向に 0.1m 間隔とし、千鳥状に配置した。

キーワード：模型実験、抗力係数、粗度係数

連絡先 〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町 460-1 前橋工科大学大学院 Tel:027-265-7353 E-mail:m0616007@maebashi-it.ac.jp

表-1 実験ケース詳細

case	土砂有		case	土砂無	
	規模	位置		規模	位置
1	無	無	—	—	—
3	小	$\alpha$	3-s	小	$\alpha$
4	中	$\alpha$	4-s	中	$\alpha$
5	大	$\alpha$	5-s	大	$\alpha$
6	小	$\beta$	6-s	小	$\beta$
7	中	$\beta$	7-s	中	$\beta$
8	大	$\beta$	8-s	大	$\beta$
9	小	$\gamma$	9-s	小	$\gamma$
10	中	$\gamma$	10-s	中	$\gamma$
11	大	$\gamma$	11-s	大	$\gamma$

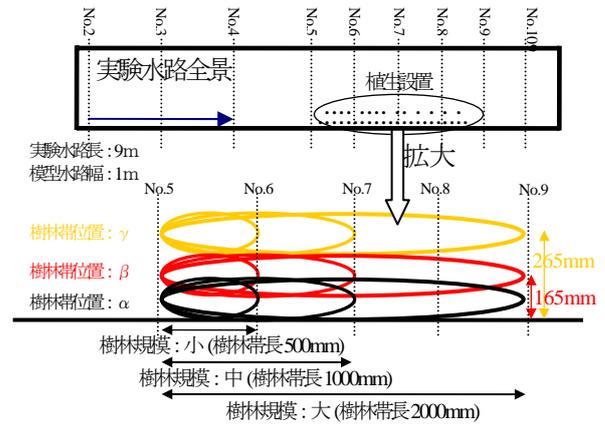


図-1 模型水路ケース詳細平面図

樹木高は堤防よりも高いものとし、葉、枝の影響は無視した。現状の樹林帯を樹林帯規模:小とし、幅 0.23m、区間長 0.5m 内に模型樹木 12 本を楕円形に配置する。樹林帯幅は固定させ、区間長が下流部に 2 倍になった樹林規模:中、4 倍に拡大した樹林帯規模:大と設定した。また樹林帯位置を  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  と変化させた。右岸側沿いに繁茂したものを樹林位置: $\alpha$ 、右岸から 0.05m の流路を有する樹林位置: $\beta$ 、0.15m の流路を有する樹林位置: $\gamma$  とした。次に複断面化した場合を想定した。土砂は樹木周りに高さ 0.025m で堆砂し、樹林帯に併せて拡大させた。実験ケース名は土砂無の case1~11、これに土砂が付いたものを case3-s~11-s と表記する。

流量条件は、モデル河川の断面形状にて不等流計算を行った。桜川は浚渫がされておらず計画高水流量は  $240 \text{ m}^3/\text{s}$  であるが、計算の結果、現状河川では  $80 \text{ m}^3/\text{s}$  (モデルタイプ 44.72l/s) 以上で越流することが結果となりこれを実験流量と定義した。

水路下流端には水位調節用の可動堰があり樹木、土砂のない基礎ケースである case1 の粗度が模型水路平均で 0.021 になるように堰で水位調節をした。

3. 水理項目の検討と考察

1) 流速

図-2 は(a)case1, (b)case5, (c) case5-s の樹林带上流部の横断計測線 No.5 の横断面流速分布図である. Case5,5-s は case1 と比較し, 右岸側の樹林内で流速が著しく低下し, 樹林帯側部に流心が集中した. これは, 鉛直に設置された樹木からの後流渦により樹林内の流れ構造が一様化された影響が樹林帯側部にも現れたと考えられる. 土砂の有無では 0.5m/s 程度の流速増加が見られた. 全ケースに同様の傾向が見られ, 樹林帯規模: 大が樹林内外の流速の違いが明確に表れた.

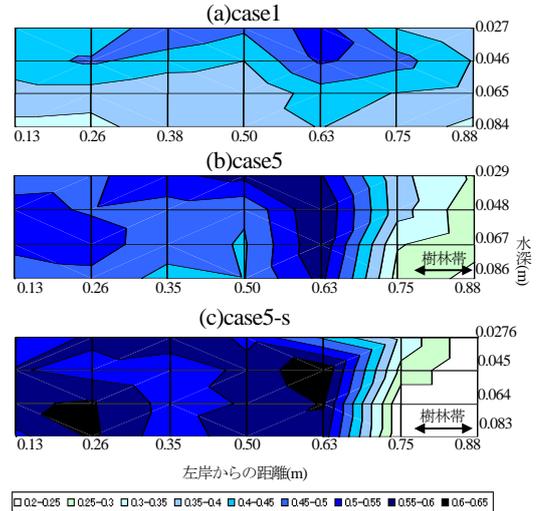


図-2 case1, case5, case5-s 側線 No.7 の断面流速分布

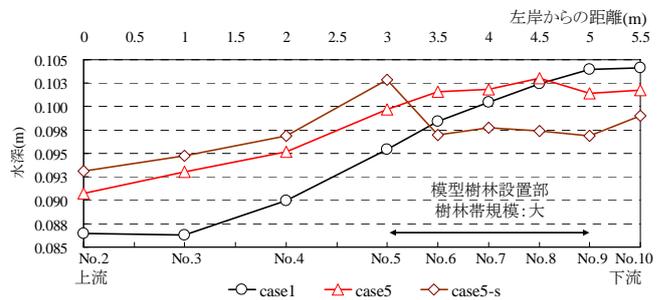


図-3 case1, case5, case5-s 縦断面水位分布

2) 水位

図-3 はcase1, 5, 5-sの樹林帯中央での縦断面水位図である. case1 と比較すると樹林带上流部では水位が上がり, 下流部で水位が下がった. 樹林帯内外で流れの相互干渉<sup>1)</sup>が起こり, 抗力が増加し, 樹林帯周辺の減速効果が現れた結果, 上流部への水位上昇が現れたと推測される. 植生内では水位の変化が少なく, 植生上流側での水位上昇が見られる. 土砂無より土砂有の方が No.5 での急激な水位上昇と, より上流部への水位上昇が確認された. 樹林帯位置の変化で特徴が見られた. 樹林帯位置が河道中央に寄るにつれ, より上流への水位上昇効果が見られる. これは河岸沿いに繁茂する場合は流水への影響が少ないが, 護岸から離れ繁茂する樹林帯は流れを二分し, 相互干渉の影響が大きく現れていると推察される.

3) 抗力  $D$ , 抗力係数  $C_D$

樹林帯の抗力  $D$ , 抗力係数  $C_D$  を円柱型粗度の計算手法<sup>2)</sup>にて算出した. 表-3 に結果を示す. 樹林帯の抗力, 抗力係数は樹林帯規模の拡大により以下に示すように増加した. 規模別で比較すると, 土砂無では小から中では約 90%, 小から大では 220%, 土砂有では小から中では 85%, 小から大では 135%となった. また, 土砂の影響で抗力が増加していることが確認でき, 水位増加もそれが影響していると推察できる. 円柱杭の抗力係数は 1 に近い値であるということが既往の研究で明らかとされており, 樹林の抗力係数は 1 より大きく, 規模により抗力係数が増加することが分かった.

表-3 抗力  $D$ , 抗力係数  $C_D$ , 合成粗度係数  $N_t$

case	$D$ (N)	$C_D$	$N_t$	case	$D$ (N)	$C_D$	$N_t$
1	—	—	0.024	—	—	—	—
3	1.89	1.14	0.033	3-s	2.51	1.51	0.036
4	4.28	1.52	0.036	4-s	3.87	1.86	0.038
5	4.55	1.70	0.037	5-s	6.82	2.71	0.043
6	2.32	1.46	0.036	6-s	2.21	1.28	0.035
7	3.77	1.38	0.035	7-s	4.43	2.04	0.039
8	4.91	1.77	0.038	8-s	7.79	3.22	0.046
9	2.42	1.48	0.036	9-s	1.90	1.06	0.033
10	4.09	1.51	0.036	10-s	4.05	1.67	0.037
11	6.09	2.30	0.041	11-s	6.49	2.44	0.042

4) 合成粗度係数の検討

河床面の粗度係数に鉛直に設置された樹林帯の粗度係数を含めた合成粗度係数  $N_t$ <sup>3,4)</sup>を算出した. 合成粗度係数は模型樹木設置区間の河床粗度(0.024)に樹林帯の粗度係数を加えたものであり, 樹林帯の影響で 50%以上, 粗度係数の増加することになり, 樹林規模が拡大するごとにさらに増加する. 樹林帯区間で 0.024 から 0.035 程度への急激な上昇が確認された.

4. まとめ

樹林群は有効断面積を犯すだけでなく, 樹林内での流速の急激な低下による土砂堆積効果, 樹林帯側部での流速増加による河床洗掘効果, 上流への水位上昇が把握できた. 抗力, 抗力係数の算出により, 樹林帯規模の拡大は大幅な抗力, 抗力係数の増加をもたらす結果を得た. このことから樹林帯規模の拡大は流下能力に大きな影響を与えると推察される. また, 土砂による疎通能力の低下も大きいことも把握できた.

参考文献

- 1) 玉井信行, 水野信彦, 中村俊六: 河川生態環境工学, 東京大学出版
- 2) 吉川秀夫: 河川工学(改訂増補版), 朝倉書店
- 3) 林健二郎, 藤井優宏, 重村利幸: 開水路中における円柱群に作用する流体力に関する実験, 水工学論文集, 第 45 巻, pp.475-480, 2001
- 4) 諸田恵士・土屋十圓: 合流部・湾曲部における水制工の効果とその影響に関する実験的研究, 河川技術論文集, 第 8 巻, pp.255-260, 2002