

河道内樹林の縦断拡大が洪水時の抗力と粗度係数に与える影響に関する研究

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共に生物の生息場としての機能を有していることから保全の対照になる。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、洪水時には樹林の捕砂能力により背部に州を形成する要因となる。そのため、樹林化は縦断的に拡大するケースが多い。河道内樹林の横断方向への繁茂は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が縦断方向への繁茂を検討した研究事例は少なく伐採は河川管理者の判断に頼る現状がある¹⁾。

本研究では単断面開水路を用い、川幅 20m 程度の直線河道に樹木が縦断方向に拡大分布することを想定した水理実験を行った。これにより樹林が持つ洪水時の流下能力に及ぼす影響を、抗力と合成粗度係数を用いて把握することを目的とする。

2. 実験概要

1) 実験条件

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た。模型縮尺は 1/20、フルードの相似則を適応した。粗度係数は自然河川の河床粗度 0.035 とした。

桜川で行った現地調査から樹林規模、樹木本数を設定した。詳細を図-1 に示す。尚、括弧内に示す値はプロトスケールに換算した値である。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(16cm)、密度 λ (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(2m)間隔とし、千鳥状に配置した。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。現状の樹林を樹林規模:小とし、幅 0.23m(4.6m)、区間長 0.5m(10m)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 倍に拡大した樹林規模:大と設定した。また樹林位置を α 、 β 、 γ と変化させた。右岸側沿いに繁茂したものを樹林位置: α 、右岸から 0.05m(1m)の流路を有する樹林位置: β 、0.15m(3m)の流路を有する樹林位置: γ とした。流量条件は、モデル河川にて不等流計算を行った。現状河川の最大流下能力である 44.72l/s(80m³/s)を実験流量と定義した。

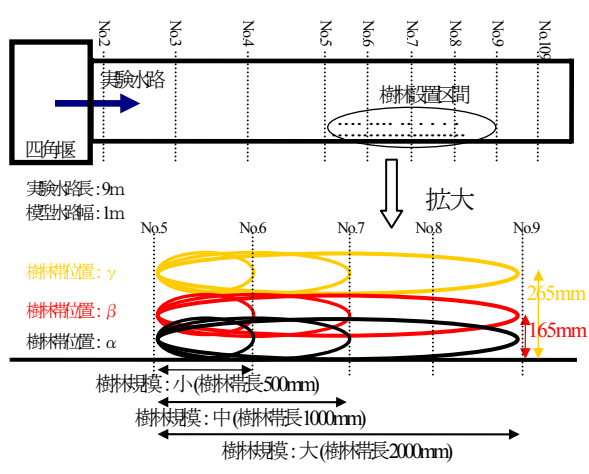


図-1 模型水路ケース詳細平面図

表-1 抗力係数 C_D 、境界混合係数 f 、 f を考慮した抗力係数 C_{Df} 、合成粗度係数 N_t

	C_D	f	C_{Df}	N_t
case3	1.14	0.012	1.50	0.053
case4	1.52	0.021	1.63	0.060
case5	1.70	0.033	1.88	0.060
case6	1.46	0.013	1.70	0.057
case7	1.38	0.020	1.89	0.065
case8	1.77	0.034	2.20	0.064
case9	1.48	0.014	1.75	0.059
case10	1.51	0.021	2.14	0.068
case11	2.30	0.040	2.54	0.069

3. 水理項目の検討と考察

1) 抗力、抗力係数、合成粗度係数の検討

以後、本論に示す値はプロトタイプスケールに変換した値である。樹林が流体力に対する抵抗として働く時、橋脚などと同様に抗力係数で評価することができる。よって樹林設置区間の抗力の総和 D 、抗力係数 C_D を算出するに当たり円柱型粗度の計算手法を適応した²⁾。抗力係数を算出後、樹林側部と樹林内の運動量交換を考慮するため境界混合係数を算出し、運動量交換を考慮した抗力係数を算出した結果を表-1 に示す。規模により樹林の持つ抗力は増加し、それに伴い抗力係数が増加した。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いる²⁾。抗力係数は1より大きくなり、規模が大きくなるとともに増加する結果を得たことから樹林規模が抗力に与える影響は大きいことが推察される。

キーワード：模型実験、抗力係数、粗度係数、境界混合係数

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

また、河川管理では一般的に粗度係数が設定されるが樹林の存在を前提とした粗度係数は極めて少なく、ほとんど考慮されない場合が多い。したがって、本研究では抗力係数にて樹林の抵抗を考慮した合成粗度係数 N_t にて検討を行った³⁴⁾。計算結果を表-1 に示す。樹林帯区間で 0.035 から約 40% 以上の上昇を確認した。この合成粗度は任意の樹林設置区間での粗度であるため、樹林規模、位置による影響は少ない結果となった。これにより樹林設置区間での粗度係数は、縦断方向への樹林規模拡大の影響が少ないと推察できる。

3) 樹木本数による抗力係数及び粗度係数

上記に示した抗力係数、合成粗度係数の結果から、樹林規模の縦断方向への拡大は抗力を増加させるが、一定の規模以上になると粗度係数には影響が少ないことが推察された。上記の実験では樹林規模の拡大を規模小(12 本)、規模中(24 本)及び規模大(48 本)と 3 段階で変化させたがその間の抗力係数及び合成粗度係数の変化も検討する必要がある。そこで、最も流水の阻害が少ない右岸沿いに繁茂するケースである位置 α にて樹林規模を詳細に拡大させる実験を行った。樹林の密度、間隔は固定し樹木を 0 本から 48 本まで 1 本ずつ増加させる。また、樹林密度を変化させた。現状の樹林密度である $\lambda=0.0012(2 \times 2\text{m}^2$ に 1 本)から、密に繁茂したケースである $\lambda=0.0024(1 \times 1\text{m}^2$ に 1 本)、粗に間伐したケースである $\lambda=0.0006(4 \times 4\text{m}^2$ に 1 本)を想定したケースにて実験を行った。また、横軸は河道内樹林の阻害を無次元化で示すため、河道断面に占める樹林阻害断面の比を阻害率 σ として定義した。

抗力係数は樹林規模の拡大により増加する結果を得た。また、合成粗度係数は指数関数的に増加する傾向が認められた。合成粗度係数は $\lambda=0.0012$ 以上のケースでは阻害率が 0.07 まで増加し、0.07 以上では密度により任意の値に推移することが認められた。 $\lambda=0.0024$ では粗度係数 0.07、 $\lambda=0.0012$ では 0.055 となった。また、 $\lambda=0.0006$ では序々に増加する傾向が見られた。(1)、(2)、(3)式に近似式を示す。

$$\lambda=0.002 \quad N_t = 0.12\sigma^{0.21} \quad (1)$$

$$\lambda=0.001 \quad N_t = 0.066\sigma^{0.092} \quad (2)$$

$$\lambda=0.0006 \quad N_t = 0.058\sigma^{0.086} \quad (3)$$

各ケース共に相関係数 $R=0.94$ 以上と高い相関を示した。

4. まとめ

本研究は河道内樹林が流下能力に与える影響を把握するために樹林が縦断方向に拡大したケース、樹林繁茂位置が異なるケース、樹林密度が異なるケースでの水理模型実験を行った。得られた結果は以下のようになる。

- 1) 樹林位置の変化は抗力係数、合成粗度係数に影響を与えた。護岸沿いに繁茂するケースが最も抗力、粗

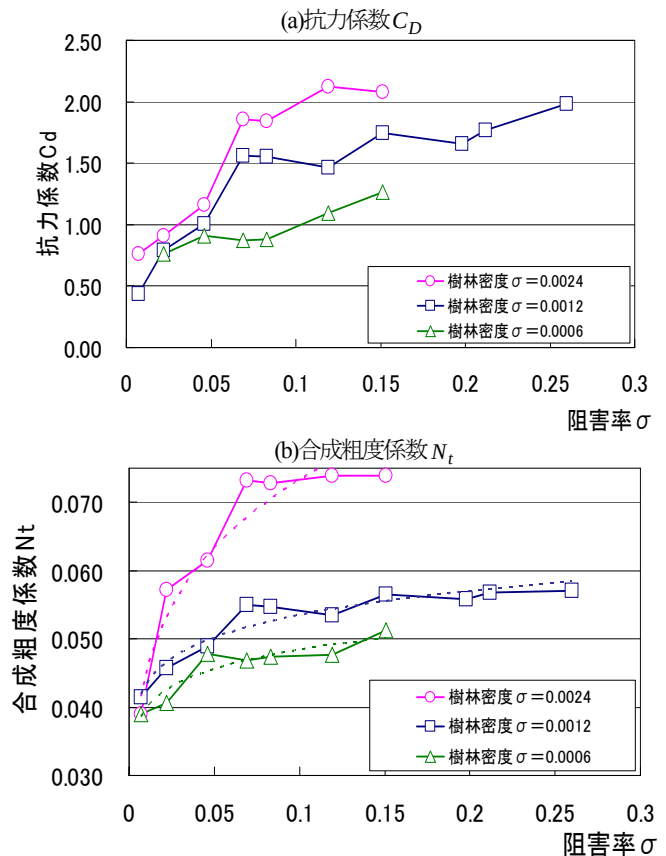


図-6 抗力、抗力係数及び合成粗度係数の挙動

度係数が低い。

- 2) 樹林規模の拡大は抗力係数を増加させるが合成粗度係数に与える影響は一定の規模以上に繁茂すると少ない。
- 3) 境界混合係数は一般的な値より低く算出された。このことから主流部と樹林内での運動量交換は少ないことが推察される。境界混合係数を考慮した抗力係数と考慮しない抗力係数を比較すると 1 割～4 割抗力係数が増加する。
- 4) 阻害率が増加すると抗力係数は増加することが認められた。また、合成粗度係数は $\lambda=0.0012$ 以上で阻害率 0.07 以下では急激に増加し、阻害率 0.07 以上で $\lambda=0.0024$ では合成粗度係数が 0.075、 $\lambda=0.0012$ では合成粗度係数が 0.057 程度に推移することが認められた。これらは指数関数的に増加することが推察される。また、 $\lambda=0.0006$ では線形的な増加が推察される。

参考文献

- 1) 河川における樹木管理の手引き、リバーフロント整備センター、山海堂、pp18-37、1999。
- 2) 吉川秀夫：河川工学(改訂増補版)、朝倉書店、pp226-228、1966
- 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、pp475-480、2001
- 4) 諸田恵士・土屋十圀：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、pp255-260、2002