

可撓性を考慮した植生模型周辺に生じる流れの可視化計測

東北工業大学 学生会員 ○ 岡崎麻衣  
東北工業大学 正会員 菅原景一・高橋敏彦

1. はじめに

河道内樹木は、河川を管理するうえでさまざまな諸問題を引き起こす原因とされている。

特に河道内の樹林化は河道環境に大きな影響を与えており、東北地方においては、ヤナギ類の河道内樹林面積が約 50%を占めている。<sup>1)</sup> しかし、特定の樹木に着目した研究は少なく、加えて河道内樹木が河川の流れに及ぼす影響に関する研究の多くは、植物を円柱模型に見立てて実施されている。

本研究では樹林化に影響を及ぼすヤナギ類に着目し、相似則に基づく模型実験を実施することで、樹木の可撓性の再現と、それに伴う流れ場の変化について検討を行った。

2. 相似則に基づく材料特性の評価

2-1 ヤング率の計算

実験で使用する樹木模型を製作するにあたり、使用する材料の特性としてヤング率を設定する必要がある。目標とするヤング率を想定するにあたり、実際の樹木（ヤナギの枝）の撓みを計測してヤング率を求めた。表 1 に計測結果を示したが、平均すると  $3.1 \times 10^4 (N/cm^2)$  であった。模型実験の縮尺を 1/10 として、樹木模型の材料として要求されるヤング率を相似則に基づいて計算した。流体力の計算には、渦と粘性の影響は無視することとして式(1)に示したニュートンの相似則を適用した。

$$\rho U^2 L^2 \propto P \dots (1)$$

ここに、 $\rho$ ：流体密度、 $U$ ：流速、 $L$ ：模型の高さであり、 $L$  を 1/10 と仮定すると流速  $U$  はフルードの相似則から  $1/\sqrt{10}$  となるので樹木に作用する力  $P$  は 1/1000 になる。以上の値を式(2)に代入すると  $E = 1/10$  となり、要求されるヤング率は  $3.1 \times 10^3 (N/cm^2)$  となる。

$$E = \frac{PL^3}{3I\sigma} \dots (2)$$

ここに、 $I$ ：断面二次モーメント、 $\sigma$ ：撓みである。

3. 樹木模型の製作

樹木模型を作成するための材料として、可撓性のある Elastic50A (以後 50A)、可撓性のない gray を選定した。50A のヤング率は撓み計測用の円柱を出力して、ヤナギの枝と同様に計測して撓みを用いて求めた。樹木模型材料のヤング率を表 2 に示した。50A は小さな値、即ち撓みやすい模型材料であることを確認した。樹木模型の形状は図 1 に示したヤナギの模型 2 種類とし、樹高を 0.8m と仮定し、1/10 スケール 0.08m、直径 0.08m で作製した。

表 1 ヤナギの枝のヤング率

	直径 (cm)	撓み (cm)	ヤング率 (N/cm <sup>2</sup> )	ヤング率×1/10 (N/cm <sup>2</sup> )
枝 1	0.66	0.26	38011.69	3801.17
枝 2	0.55	1.50	13742.47	1374.25
枝 3	0.45	1.17	37244.33	3724.43
枝 4	0.44	1.70	27035.53	2703.55
枝 5	0.41	2.17	36720.62	3672.06
平均	0.50	1.36	30550.93	3055.09

表 2 円柱のヤング率

	直径 (cm)	たわみ (cm)	ヤング率 (N/cm <sup>2</sup> )
gray		0.00	0.000
Elastic50A	1.08	2.27	716.482

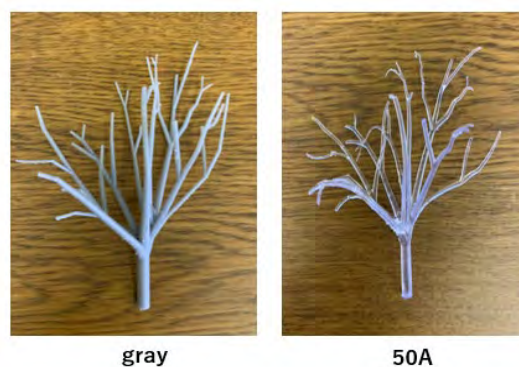


図 1 樹木模型

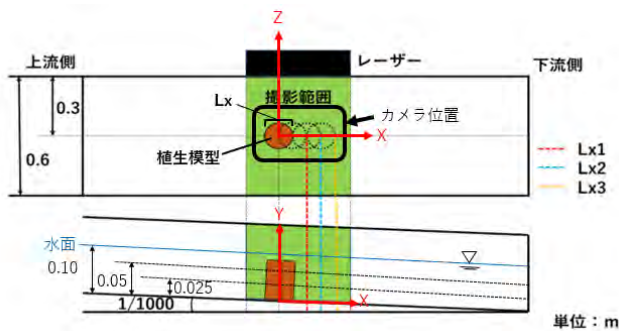


図 2 勾配可変式水路の模式図

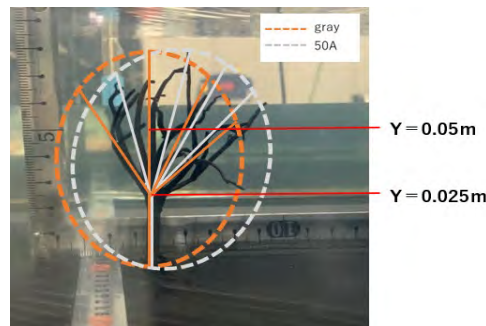


図 3 通水中の樹木模型の様子

キーワード：撓み、植生、可視化計測、ヤング係数、相似則

連絡先：〒981-8577 宮城県仙台市太白区香澄町 35-1 東北工業大学都市マネジメント学科 TEL：022-305-3550

#### 4. 実験方法

実験で用いた勾配可変型水路は、長さ 10m、幅 0.6m で、水路勾配を 1/1000 として実験を行った。流れ場は水深 0.1m、流速 0.3m/s とし、PIV 可視化技術を用いて計測した（図 2）。計測の断面は  $Y=0.05\text{m}$ 、 $0.025\text{m}$  の 2 平面で撮影して流速場を求めた。

#### 5. 樹木の可撓性が流れ場に及ぼす影響

##### (1) 植生模型の撓みの様子

図 3 は通水中の樹木模型の変形の様子を示したものである。比較のために基準となる gray をオレンジの線で記載している。同図から 50A で作製した模型は流れによって上流側の枝が最大で 0.013m 程撓みが生じた。

##### (2) 植生周辺の流速に及ぼす可撓性の影響

図 4 に主流速の横断分布を示した。同図において模型の樹幹の中心を  $z=0\text{m}$  に枝を含めた樹木模型全体の直径を  $L_x$  とし、模型中心から下流側へ直径分移動した地点をそれぞれ  $L_x=1, 2, 3$  とした。幹と枝の境界の高さである  $Y=0.025\text{m}$  の結果を示した同図(a)によると  $L_x=1$  では同程度の流速分布を示しているが、 $L_x=3$  地点では撓みやすい 50A の方が流速は小さくなっている。 $Y=0.05\text{m}$  の結果を示した同図(b)では模型に最も近い  $L_x=1$  地点で、可撓性がある 50A のほうが流速の変化がみられることから、撓むことで流水抵抗が小さくなっていると考えられる。 $L_x=2$  地点以降になると樹木による減速は小さくなるものの、可撓性による影響はほぼなくなっていることが分かる。

図 5 は、 $Y=0.05\text{m}$  の断面の主流速をスカラー図として示したものである。同図によると  $L_x=1$  地点における減速域の幅が可撓性のない gray では 0.057m ( $0.72L_x$ )、可撓性のある 50A では、0.032m ( $0.39L_x$ ) と小さくなっていることが確認できたので、撓むことで流水抵抗が小さくなっていることが確認できた。

##### (3) 植生周辺の渦度に及ぼす可撓性の影響

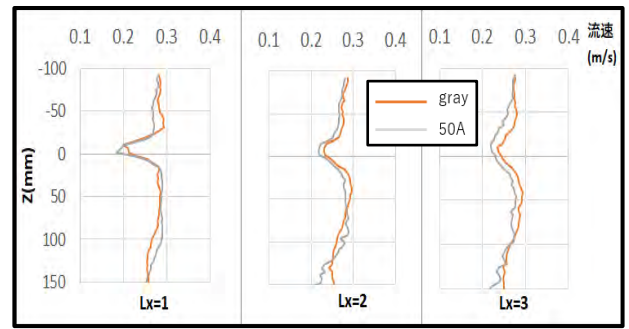
図 6 は  $L_x=1\sim 3$  の各地点における主流速の乱れの横断分布を示したものである。同図から、いずれの地点においても可撓性のない gray に対して可撓性のある 50A の方が小さな値を示していることが確認できる。これは水流によって撓む、即ち流水抵抗が小さくなるように変形することで乱れが小さく抑えられていると考えられる。

#### 6. おわりに

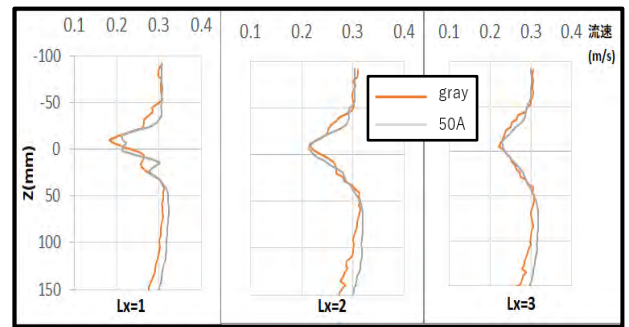
本研究では植生模型の可撓性がどのような影響を与えるかについて、可撓性を考慮した材料で作製した樹木模型を用いて流水抵抗と乱れの発生について検討を行った。その結果、樹木が撓むことで水流の抵抗が小さくなり、水の影響が小さくなることで乱れも小さく抑えられることが分かった。また、今回の実験では、相似則に基づいて想定したヤング率に比較して模型のヤング率の値が低くなることや、葉については考慮していないことなどの課題が残されており、今後さらに検討を重ねる必要がある。

#### 参考文献

- 1) 佐貫方城, 大石哲也, 美輪準二(2010):全国一級河川における河道内樹林化と樹木管理の現状に関する考察、河川技術論文集,第 16 巻,pp.241-246.

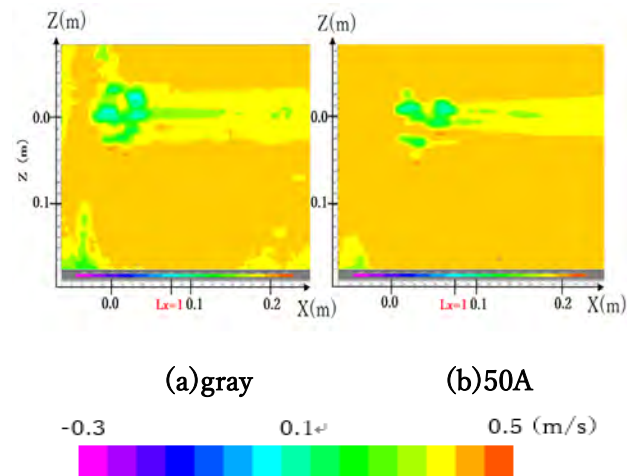


(a)  $Y=0.025\text{m}$



(b)  $Y=0.05\text{m}$

図 4 主流速の横断分布



(a) gray

(b) 50A

図 5 主流速  $U$  のスカラー図

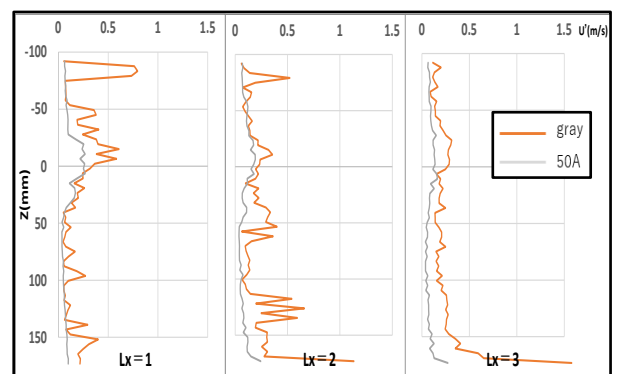


図 6 乱れの横断分布  
( $Y=0.05\text{m}$ )