

II-78

河道内灌木の流水抵抗特性に関する考察

東北大学大学院 学生員○高橋和明

東北大学工学部 正 員 石川忠晴

東北大学工学部 学生員 中田成俊

1. はじめに

自然のままの河川は、本来数多くの植生を河道内に繁茂、生育させる。そのなかで、ヤナギ類をはじめとする灌木は、洪水時での疎通能力を低下させ、また、複断面流れでの混合現象に影響を及ぼすことが指摘されるなど¹⁾、河道設計上、非常に重要なファクターになるものと予想される。筆者らはすでにカワヤナギの流水抵抗特性に関する基礎的な研究を行っており、前年に発表した²⁾。そこでは、以下のような結論を得た。（図1は、その時の実験で得られたものである。）

①. 流水抵抗力の大きさは、葉の量（枚数）に比例する。

②. 流水抵抗力の大部分は葉で受けている。純粋に枝、幹のみにかかる力はそれに比べてかなり小さい。

本研究では、以上の2点から、灌木の流水抵抗特性は葉がポイントであると考え、カワヤナギの葉にかかる流水抵抗についてのより詳しい検討を試みた。

2. 実験方法について

抵抗力の測定は、カワヤナギの枝を先端に取り付けた片持梁を流水中につけ、その片持梁のたわみを歪計で読み取るという方法を用い、表1に示した条件のもとで流速や葉の枚数を徐々

に変えながら行った。本来ならば、できるだけ大きな枝をサンプルとして実験を行うのが望ましいが（より実物に近いという意味で）、ケース2の水路では流速を大きく変化させることが困難であった。そこで、まず流量調整が容易なケース1（小型水路）で、小型サンプルでの抵抗特性を、流速との関係を中心に詳細に調べ、ケース2の大きなサンプルとの比較を行うことによって検討を行うこととした。

3. 結果・考察

実験結果の一例として、図2にケース1でのあるサンプルの流速と抵抗力の関係を、葉の枚数別に示す。次いで、各々の結果から枝のみ（葉が0枚の時）にかかる力を差し引いて、葉の枚数で割ることにより、葉1枚あたりの抵抗力を求めた。それを、ケース1、2全サンプルについてまとめたのが図3である。これで見ると、ケース1とケース2とで連続性がほぼ保たれている。従って、小型サンプルでの結果がそのまま大型サンプルでも適用できることが示されるので、実際の灌木全体の抵抗特性も、実験水路から得られる抵抗特性に従うことが予想される。

次に葉の抵抗係数について考える。流水中にさらされたカワヤナギの葉は流れに沿うが、水草などと違ってある程度の硬さをも

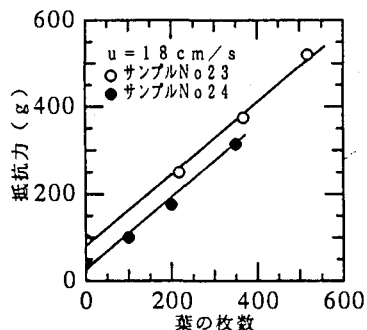
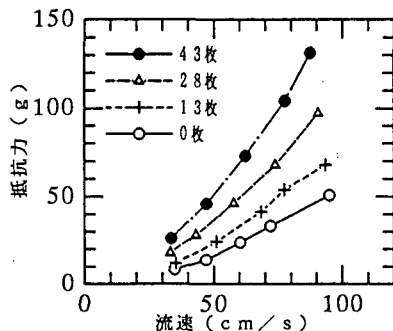


図1 葉の枚数と抵抗力の関係

	ケース1	ケース2
水路断面(m)	高さ0.5x幅0.3	高さ1.3x幅1.2
最大流量(m ² /s)	0.08	0.40
サンプル本数	3	2

表1 実験ケース

図2 流速と抵抗力の関係
注) 実験装置にかかる力も含む

っており、ゆらゆらとなびくような動きはみられなかった。そこで葉に類似した単純なモデルとして流れに沿う平板を考え、それと同様な方法で抵抗係数の算定を試みた。図3に、カワヤナギの葉の抵抗係数 C_F （片面）とレイノルズ数 R_L の関係を示した。なお、 C_F と R_L は以下のように算定される。

$$C_F = \frac{p}{(1/2) \rho L B u^2} \dots\dots\dots (1)$$

$$R_L = \frac{uL}{\nu} \dots\dots\dots (2)$$

但し、 p ：葉1枚あたりの抵抗力、 L ：葉の長さ、 B ：葉の幅、 u ：平均流速である。 L 、 B は、サンプルの葉を測定し、平均したものを用いた。各々 $L=11\text{cm}$ 、 $B=1.5\text{cm}$ である。この図では以下のことがいえる。

- ①. R_L が 10^4 と 10^5 の範囲内である。
- ②. C_F が R_L の0.5乗に逆比例する。

従って、葉にかかる抵抗力は層流境界層の抵抗則に従っているという可能性が考えられ、その場合、抵抗係数は、

$$C_F = \frac{6.8}{R_L^{0.5}} \dots\dots\dots (3)$$

で、与えられる。

以上より、流速 u (cm/s)から葉1枚（両面）がうける抵抗力は、

$$\begin{aligned} p &= (1/2) \rho C_F L B u^2 \times 2 \\ &= 3.46 \times 10^{-3} u^{1.5} (\text{g}) \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

で与えられ、これに葉の枚数をかけることによって灌木全体がうける抵抗力が求まるとされる。これは、灌木全体を密な物体とみなして流水抵抗力を算定していた従来の方法とは全く異なった考え方である。

なお、図3には層流境界層での平板の抵抗係数（理論値） $C_F=1.33/R_L^{0.5}$ もあわせて示した³⁾。葉の抵抗係数（(3)式）は、平板の場合と関数形は同じだが、絶対値がかなり異なっている。この点については、葉の形状による影響などを考慮にいれた、さらに詳細な検討が必要になるものと考えられる。

4. まとめ

- 以下のような結論、考察が得られた。
- ①. 葉1枚にかかる抵抗力は、流速の1.5乗に比例し、その合計が灌木1本当りの流水抵抗力とみなせる。
- ②. 葉を平板とみなした時のレイノルズ数は、乱流への遷移点よりも小さく、また、抵抗係数がその0.5乗に逆比例する点で、層流境界層の抵抗則とほぼ一致した。

なお、本研究は、河川環境管理財団の助成を受けたことを付記する。

【参考文献】1) 石川・田中：開水路中の灌木の流水抵抗特性に関する研究，第36回水理講演会論文集，pp329～333，'87

2) 高橋・石川：流水中の灌木の抵抗力に関する研究，平成2年度土木学会東北支部技術研究発表会概要集，pp128～129，'91

3) 日野幹雄：理工学基礎講座16・流体力学，朝倉書店，pp127～194，'74

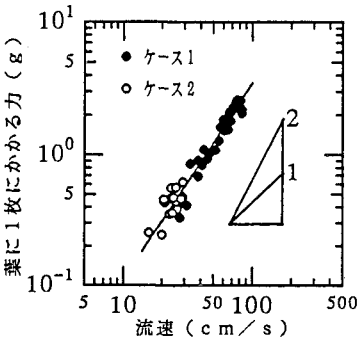


図3 流速と葉にかかる抵抗力の関係

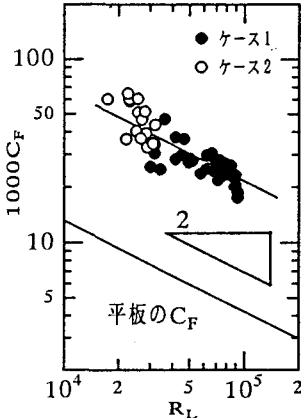


図4 R_L と C_F の関係