

II-31 流水中の灌木の抵抗力に関する研究

東北大学工学部 ○学生員 高橋和明
東北大学工学部 正員 石川忠晴

1. はじめに

近年、河道内の自然環境に留意した河川計画が模索されているが、その中で樹木をどのように取り扱うかが重要な点となっている。特にヤナギ類などの灌木は、河道内にごく一般的にみられる他、成長速度が大きく、また、洪水や土砂沈積に大きな影響を及ぼすので、その特性を十分検討しておくことが必要である。本研究は河道内に繁茂する灌木の流水抵抗特性を実験的に検討するものである。サンプルの採取は鳴瀬川水系吉田川の26km付近で行った。樹種はカワヤナギである。

2. 実験方法について

現地で採取した枝を持ち帰り、水路実験を行った。使用した水路の形状、性能は、次の通りである。

長さ：16.9m、幅：1.2m、深さ：1.3m、

最大流量：0.4m³/s → 最大平均流速：30cm/s

流量の調整は蝶形バルブで行い、その測定は下流の全幅ぜきを用いて行った。

図-1に示す片持梁を水路下流より6.3mの位置に設置し、先端にサンプルを取り付けて流水中につけ、梁の根元に貼りつけた歪計によって抵抗力を算定した。抵抗力の算定には枝の付け根から作用点までの距離（図中のL）を知る必要があるが、それを実験で求めるのは困難であった。そこで、枝が流水から受ける力はその大部分を葉で受け持つと仮定し（これは後述する実験結果からも明らかである）、枝において葉が密生する部分の中央を作用点として抵抗力を算定することにした。歪の大きさをεとすると、片持梁ではεをPとLの関数で表すことができる。キャリブレーションの結果、今回の実験では

$$\varepsilon(1) = P(0.0188L + 0.868)$$

$$\varepsilon(2) = P(0.0185L + 0.670)$$

の2式を使用することにした。式が2本あるのは、精度をあげるために歪計を2カ所に取り付けたためである。なお、流速が大きくなるにつれて枝のたわみが増大し、それによって作用点が移動するので、応力と作用点位置の変化の関係を求めるため、葉をすべて切り落とした枝について段階的に力を加えてゆき、たわみ度を調べた。あるサンプルの各点に力をかけた場合のたわみの様子を示したのが図-2で、抵抗力と作用点の変化の関係を表したのが図-3である。上の式とこの図よりPとLが求められることができる。

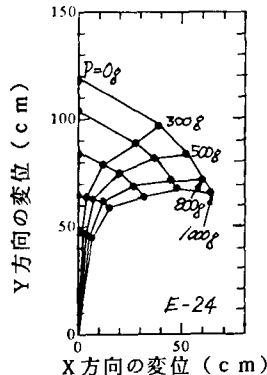


図-2

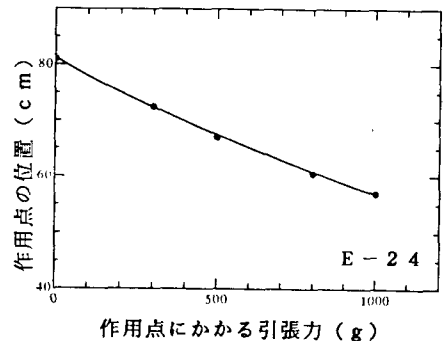


図-3

各々のサンプルにつき数段階の流速で試験し、さらに段階的に葉を切り落として同様の試験を行っていき、最終的に枝だけで葉のない状態で同様の試験を行った。この結果から流速、葉の枚数の変化による抵抗力の変化を検討した。

3. 実験結果

図-4は、一定の流速のもとで葉を少しずつ減らしていった場合の抵抗力の変化を調べたものである。

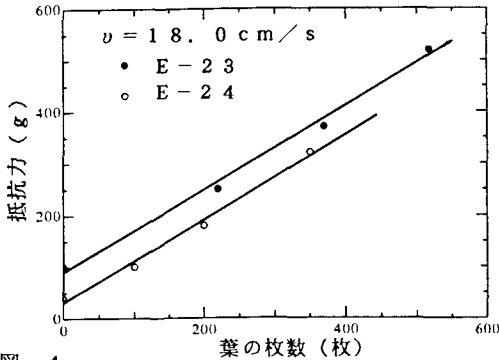


図-4

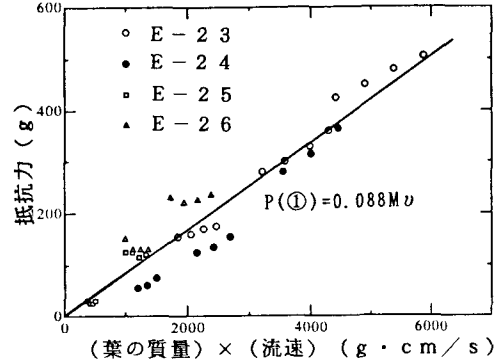


図-5

抵抗力は葉の枚数の減少にしたがって直線的に小さくなっている。図の左端の値は葉をすべて落として枝だけにした場合の抵抗力である。これで見ると、葉を含めた枝全体にかかる力に対する枝のみにかかる力はかなり小さい。しかも葉の枚数と抵抗力とのあいだには線形性がある。したがって葉のみにかかる力と枝のみにかかる力を別々に検討し、それを合成して全体にかかる力を算定しても差し支えないと考えられる。

①. 葉について

通常、灌木が流れから受ける力は流速の2乗に比例すると考えられている。しかし、本測定結果では、多少のばらつきはあったものの流速の2乗よりもむしろ1乗に比例しているようであった。

図-5は葉の質量と流速の積を横軸にとって抵抗力を示したものであるが、ほぼ線形の関係にあることがわかる。抵抗力が流速の1乗に比例する理由は不明だが、試みに葉1枚を流れに平行な平板と見なしてレイノルズ数 (Ux/ν , x : 葉の長さ) を計算すると 10^4 のオーダーになる。したがって葉の表面の境界層は層流境界層 ($Re < 10^6$) となっている可能性がある。

②. 枝について

枝を、流水中に垂直に立つ円柱と考えた場合、抵抗力は流れに対する投影面積の一乗、流速の2乗の積に比例すると考えられる。そこで、分岐する枝の全てについて投影面積を算出し、その和と枝部の抵抗力の関係を調べた。結果を図-6に示す。図の傾きから推定される抗力係数は 1.27 (図中の係数に $2g$ を乗じる) となり、円柱の抗力係数にはほぼ一致している。

③. まとめ

①、②より

$$P(\text{枝全体にかかる抵抗力}) = P(1) + P(2) \\ = 0.088 M v + 6.5 \times 10^{-4} \Sigma (d \times l) v^2$$

が、得られる。データが少ないので回帰式の定数の値などの信頼性に多少疑問が残るが、灌木が流水から受ける力のおおまかな傾向が把握できたと思う。

本研究は河川環境管理財団の助成を受けている。また、調査に当たり、建設省北上川下流工事事務所、ならびに東北大学河川研究室の各位にお世話になった。記して謝意を表する。

【参考文献】石川 忠晴・田中 昌宏：開水路中の灌木の抵抗特性に関する研究、第31回水理講演会論文集、pp 329～333、1987

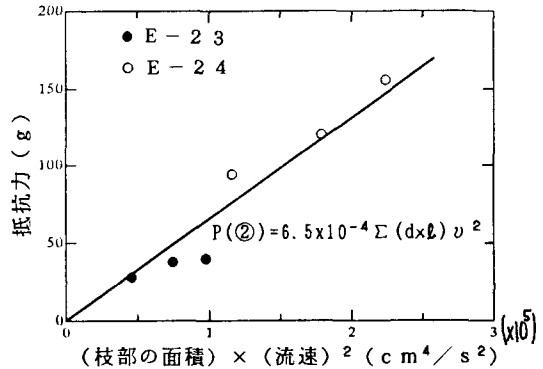


図-6