

開水路流れにおける植生の影響とその特徴について

秋田工業高等専門学校 学生会員 ○岩谷 栄林
秋田工業高等専門学校 正会員 佐藤 悟

1. はじめに

流れに与える植生の影響には、植物の変形・揺動、植物群落による遮水効果が挙げられる。これらは主に植物の形状とその柔軟さに起因するが、その変形・揺動、遮水効果といった物理的変化が流れ特性に及ぼす影響については未だ不明な点が多い。ここでは、直線開水路において、剛性部である茎の抵抗をほぼ無視できる構造をもつ沈水性の水草を模擬した揺動性粗度要素を敷設し、水草の特性である揺動の有無とその存在が流れに及ぼす影響について様々な条件下のもとで実験を行い、その特徴について検討した。

2. 実験方法

実験では水草の柔軟な性質を持つ素材として厚さ 0.03mm のポリエステルフィルムを幅 12mm、長さ 150mm の短冊状に加工し、粗度要素とした。さらに、水路幅に合わせた厚さ 2mm、長さ 2m のアルミ板に粗度要素を接着固定し、水路幅方向に 26 枚、流れ方向に 12 列の総数 312 枚を密に配置した。

水草の揺動に焦点を絞るため、粗度要素の下端を次列の粗度要素の先端に接着固定し、水草が揺動しない状況を再現することで、揺動するものと揺動しないものを比較した。また、一部、粗度要素の長さを変えたものについても検討した。実験には幅 0.4m、高さ 0.4m、長さ 15m の可傾斜型実験水路を使用し、水路勾配はすべての条件で $i = 0.75 \times 10^{-3}$ で一定とした。水路下流端には堰を設けることで、同一流量において自由に水深を変化させられるようにし、流速測定には超小型の電磁流速計と PC に接続した高速 A/D 変換機を用いた。

3. 結論

(1) 流速分布

図-1 は縦軸を座標、横軸を流速として滑面時 (Flat) と水草設置時 (Water Plant B)、固定水草設置時 (Water Plant A) のそれぞれの流速分布を比較したものである。

これによると滑面時では、どの水深でも平均流速に近い値が得られ、かつ速度変化も緩慢であることがわかる。一方、模型設置時では水深方向の速度変化が大きく、特に路床付近での速度の減少が顕著である。また、水草模型設置時と固定水草模型設置時を比較すると水草模型設置時でより速度変化が大きくなっていることがわかる。これらより、水草の存在は水草近傍の流速を抑え、さらに水草が揺動することで、その効果はより顕著となることが考察できる。

(2) 壁法則による流速分布

図-2 は滑面時と模型設置時に分け Plandtle-Karman の壁法則に従ってプロットしたものを、同程度の流量データでまとめたグラフである。また、表-1 にはこれらの傾きと切片をまとめた。ここで傾きの増加は水深による流速の変化が大きくなることを示している。表-1 では、傾きを表す A 値の比較において、滑面時

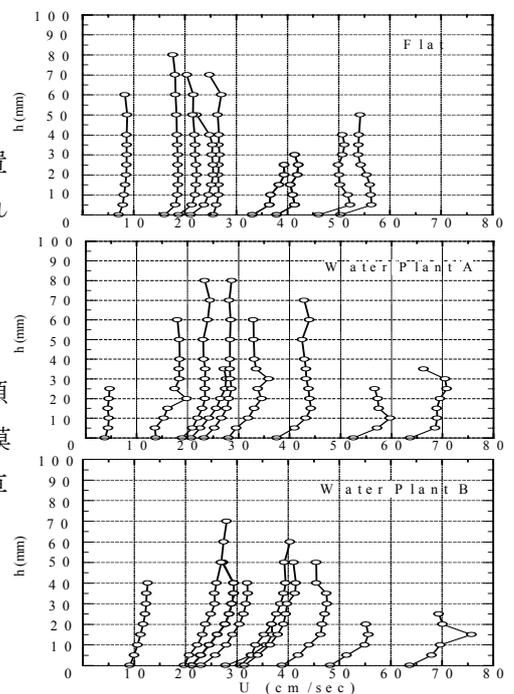


図-1 流速分布図

表-1 係数の比較

| Type | 流量(m ³ /sec) | A値 | B値 |
|------|-------------------------|-------|-------|
| 滑面 | 0.0084 | 0.093 | 10.74 |
| | 0.0171 | 0.095 | 15.02 |
| 固定水草 | 0.0083 | 0.303 | 5.46 |
| | 0.0126 | 0.309 | 6.65 |
| 水草 | 0.0085 | 0.922 | 2.06 |
| | 0.0137 | 1.172 | 2.51 |

と固定水草模型設置時、水草模型設置時での差はそれぞれ約3倍になり、水草の影響が大きいことが考察できる。

(3) レイノルズ数と摩擦損失係数の関係

レイノルズ数 Re と摩擦損失係数 f は密接な関係を持ち、その傾向は路床条件により大きく変化する。図-3には路床勾配 $I=0.75 \times 10^{-3}$ における摩擦抵抗係数とレイノルズ数の関係を示した。

これによると、全体の傾向としてレイノルズ数の増加に伴い摩擦損失係数が減少する右下がりの傾向が見られ、特に揺動する水草模型を設置したほうがその減少量は大きい。さらにその割合はレイノルズ数の増加、一般には流速の増加により大きくなることが考察できる。

(4) 乱流速度頻度分布

図-4は、乱流時の速度変化を平均値から偏差として求め無次元化したものを頻度分布として比較したものである。ここでは、固定水草模型設置時、水草模型設置時のそれぞれにおいて路床近傍 ($y=0\text{mm}$) と水面近傍を、さらにレイノルズ数の近いデータを選択してそれぞれを示した。

これによると、いずれの条件においても路床近傍に比べ水面近傍では乱流を構成する速度成分の変動幅が大きく広がり、流れが攪乱されていく様子がわかる。また、固定水草と揺動する水草を比較するならば固定水草のほうがより攪乱される程度が大きくなることがわかる。

これらの現象は路床近傍と水面近傍以外にも多くの実験例に見られ、水草が揺動することで速度成分の変動を押さえる、いわゆる流れの整流作用が行われているものと考えられる。

(5) スペクトル解析

次に乱流の速度変動に含まれる周波数成分をスペクトル解析により比較した。一例として、図-5は測定座標を10mm、また、流速もほぼ等しいものを選択して比較したものである。これによると固定水草模型設置時 (Water Plant B) に比べ、揺動する水草模型設置時 (Water Plant A) のスペクトルは特に高い周波数成分を効果的に減衰し、流れの構造を大きく変化させていることがわかる。

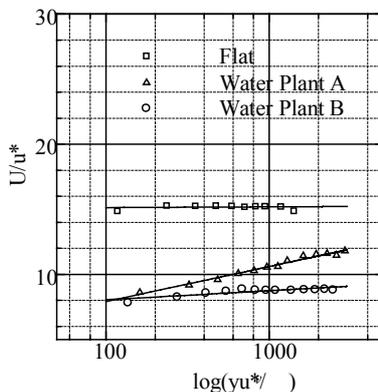


図-2 平均流速分布の比較

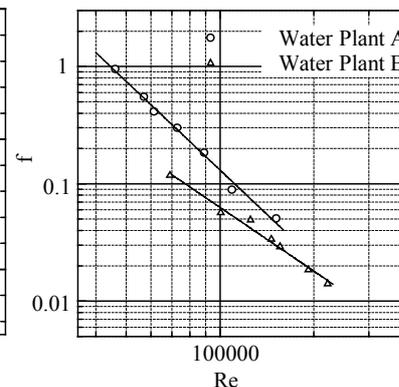


図-3 Re数とfの関係

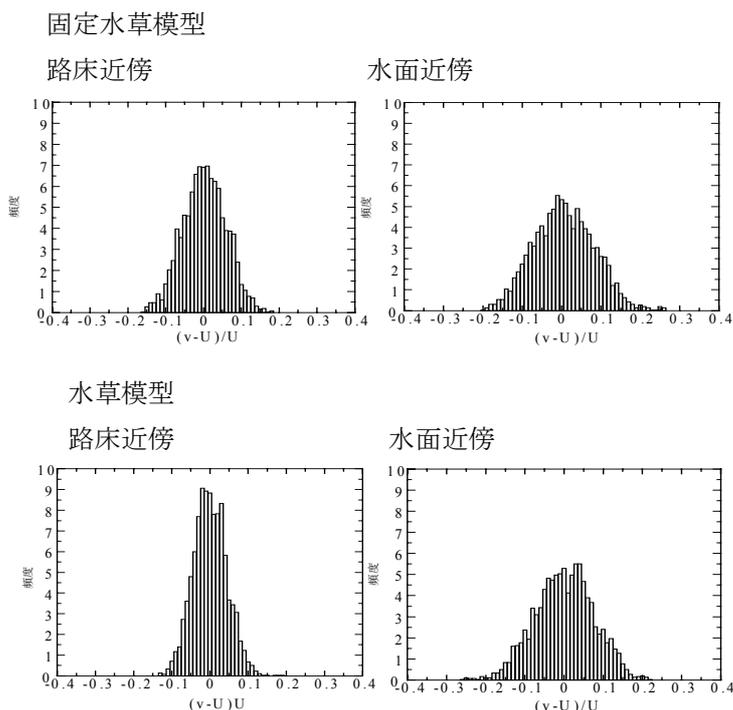


図-4 乱流速度頻度分布

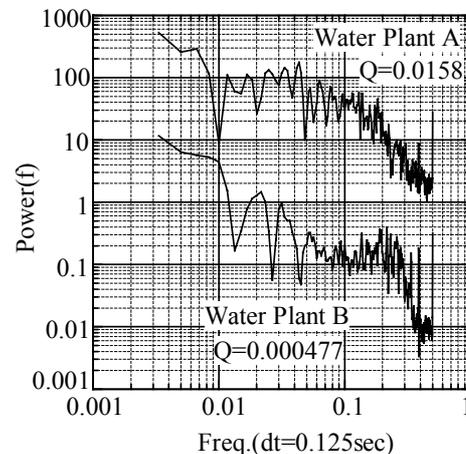


図-5 スペクトルの比較