

植生帯の抵抗に関する実験的検討

佐賀大学理工学部 学 ○小林 孝伸 正 渡辺 訓甫
学 日吉 和裕 正 大串 浩一郎

1. まえがき： 河道内の樹木群は、従来水害防備林として洪水中的水制、沈砂の役割をもたされてきたものが多いが、その機能については必ずしも定量的に明らかにされているわけではない。また、最近になって河川に親水機能も求められるようになり、洪水の阻害要因とならない範囲でのその適正な管理を行おうという試みもある。

本文は、竹製円柱を模擬植生として水路に設置して流速分布を測定し、その特性から植生帯の抵抗について検討を行ったものである。

2. 実験の概要： 実験は幅40cm、長さ20mの可変勾配水路に直径 $D=1.5\text{mm}$ の竹製円柱を間隔 $s=1.8\text{cm}$ の千鳥に配置し、非水没型の模擬植生群とした。植生区間の水深がほぼ一定になるように下流端堰を調節し、水路全幅を被覆した場合 (Run A: 植生区間 4m) と水路半断面を被覆した場合 (Run C: 植生区間 8m) について表-1に示す水理条件で実験を行った。Run A1 では勾配を5種類に変化させ、各勾配について水深をほぼ3cm、5cm、7cmの等流状態になるように流量を調節した。Run A2 及び Run C では直径3mmのプロベラ流速計を用いて流速分布を測定した。なお、植生帯上流端の水路中央を原点として下流向きにx軸、幅方向 (右岸側正) にy軸、路床より鉛直上方にz軸をとった。

3. 植生層の抵抗： 図-1は水路を植生で全面被覆した Run A2 における縦横断流速分布である。植生層内の流速分布は一様で浸透的な流れ場を形成しているが、流れの抵抗は非ダルシー則の領域にあり底面摩擦を無視した力の釣り合いから得られる

$$v = K \cdot i^{1/2} \quad (1)$$

の関係^{1), 2)}が成立している (図-2)。Kは透過係数と呼ばれ¹⁾

$$K = (2gs^3/C_0D)^{1/2} \quad (2)$$

で定義される。 C_0 は抗力係数である。式(1)における v は個々の抵抗に関する植生層内の代表的流速であるが、局所的には植生間で流速分布が一様でないことと、実用的な見地から $v=Q/Bh$ (B : 植生帯の幅=水路幅) とした。

本実験における植生群の抵抗は $K=145.5 \text{ (cm/s)}$ であり、これから逆算される植生の C_0 は2.0程度である。 $Re (=vD/\nu) = 90 \sim 100$ であるから、この値は一様流中の単一円柱の抗力係数にほぼ一致している。式(1)をManning式と対応づけると、植生層流れのManningの粗度係数は福岡・藤田³⁾が導いたように

$$n = (1/K) \cdot h^{2/3} \quad (3)$$

で与えられる。

4. 植生帯を有する流れの流速分布： 図-3は $y=4\text{cm}$ における鉛

表-1 水理条件

Run	i	(cm^3/sec)	(cm)
A1	1/303 ~ 1/889	662 ~ 2360	3~7
A2	1/529	1,488	5.64
C1	1/889	2,609	5.32
C2	1/636	3,130	5.30

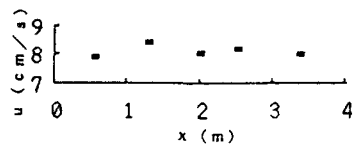
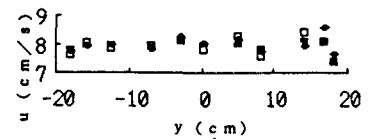


図-1 縦横断流速分布 (Run A2)

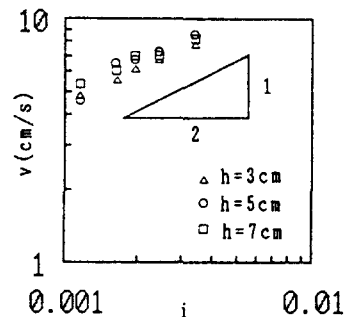


図-2 v と i の関係

直流速分布の流れ方向の変化を示したもので、図中の数値は $x(m)$ の値を示す。植生帯上流端では主流に流れが集中するため主流の流れは一旦加速されるが、植生群の抵抗で植生層内の流速が急減するにつれて主流の流れも減速され、 $x=0.5\sim 2m$ では流入地点流速を下まわる。特に、水深中央部には植生層の低速流体塊の流出による低速部が存在し、流速分布形はS字型を呈する。 $x=1m$ から下流では次第に加速されてこの低速部も水表面へ移動しつつ消失していく。水深の中央付近における低速部の存在は、図-4にも示すように上流側では主流部の全域に及んでいる。 $y=8cm$ では低速部は流下するにつれて加速され、流速分布は放物線形となる。 $y=12.16cm$ の測線では水表面近くに低速部が現れ、いずれも放物線形の特異な流速分布形状を呈す。これらのことは植生帯を伴う流れの周期的な平面渦では説明できず、流下方向に伸びた低速流体塊の存在することをうかがわせる。

鉛直断面平均流速 U の横断分布を示すと図-5のようである。図中の数値は $x(cm)$ の値である。植生群の抵抗で植生域の流速が小さくなるにつれて、流量が主流部に集中し、主流部の流れは次第に加速されている。 $x=3m$ 付近で主流と植生域との流速差は最大となり、大きなせん断抵抗を受けて主流の減速と植生層流れの加速が生じる。すなわち、主流部と植生域の運動量混合により、主流は次第に一様化され、干涉領域は植生層の中央付近まで及んでくる。植生域の非干涉領域の流速はRun A1で得られた K から計算される $4.9cm/s$ とほぼ一致している。

図-6に U の各測線に沿う分布を示した(図中▲はRun C2)。植生群の抵抗による植生層内の流速減少と主流部への流量集中及び両者間の干涉により植生・主流境界からの距離によってそれぞれ特異な変化を示している。この遷移距離はかなり長くRun C1では $x=6m$ 付近から平衡状態に近づいているようであるが、図-3の流速分布形状からは必ずしも平衡状態に達しているとはいえない。Run C2の場合は明らかに平衡状態に達していない。

5. まとめ: 水路断面の一部に植生帯を有する流れは、周期的な平面渦による運動量混合がその特徴であるが⁴⁾、このような周期変動以外に、植生層から流出した低速流体塊が主流の時間平均流速に大きな影響を及ぼしていることが明らかになった。また、流れが平衡状態に達するのにかなりの流下距離を必要とするのは、主流・植生層間の流速差と境界のせん断応力との間に位相差が存在しているためであろう。今後、これらのことが抵抗則にどのように影響するか検討する予定である。

参考文献

- 1) 福岡ら：31回水講，19897. 2) 清水ら：土論，No. 438/2-17，1991.
- 3) 藤田ら：土研報告，180号，1990. 4) 日吉ら：3年度西部支部，1992.

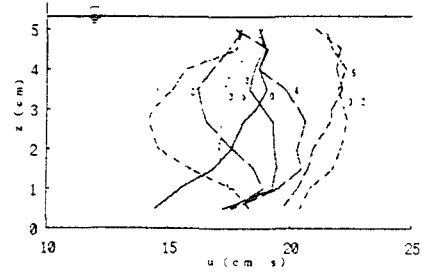


図-3 鉛直流速分布(Run C1)

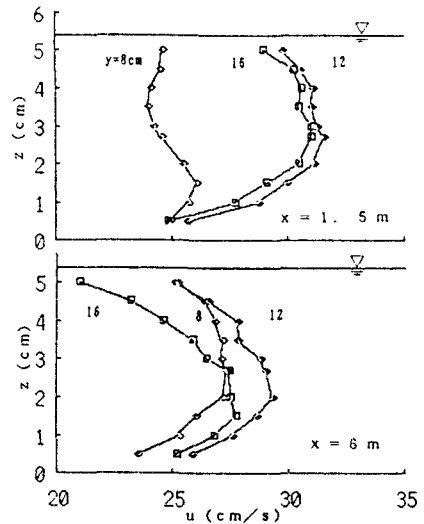


図-4 鉛直流速分布(Run C1)

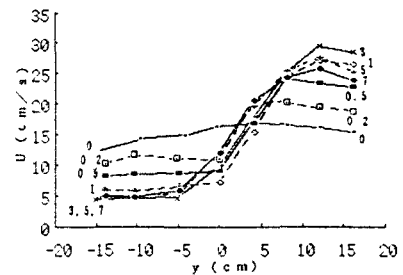


図-5 横断方向流速分布(Run C1)

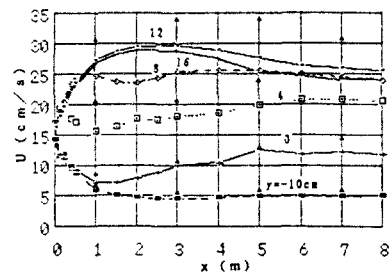


図-6 縦断方向流速分布