

河床波を伴う植生群内の流れと抵抗について

佐賀大学工学部 学生会員 ○岩田 大祐 正会員 渡辺 訓補  
 佐賀大学大学院 学生会員 田中 康浩 学生会員 杉田 前

1. はじめに

著者らは、模擬植生を配置した移動床水路を用いて植生群内の流砂量に関する実験的な検討を行い、流砂量が非植生流れの流砂量式に適合することを示した<sup>1)</sup>。しかしながら植生密度が小さく植生群内に河床波が形成される場合には、流水抵抗や流砂量、河床変動に影響を及ぼすため、流砂量式にうまく適合しない。

本文は、植生群内において河床波を伴う固定床実験を行い、流れの特性を、流れの抵抗、植生抵抗及び河床波の形状抵抗について考察したものである。

2. 実験概要

実験は、図-1に示すような有効長20m、幅0.4m、高さ0.4mの可変勾配水路で行った。過去の移動床実験において発生した河床波

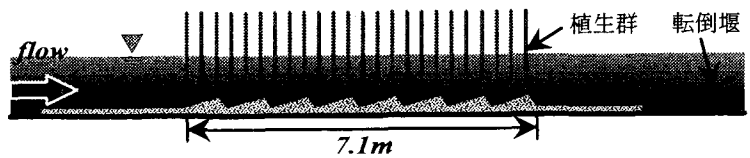


図-1 実験水路

(Dune)のモデルとして三角形粗度(波長 $L=29.6\text{cm}$ 、波高 $H=1.0\text{cm}$ )を河床に24波敷きつめ、模擬植生として、直径 $D=8.0\text{mm}$ の円柱を格子状(植生間隔 $S=6.53, 9.8\text{cm}$ 、植生密度 $\lambda=\pi D^2/4S^2=0.0135, 0.0064$ )に配置した。実験は河床勾配 $i_b=1/100\sim 1/184$ 、流量 $Q=10,078\sim 11,185\text{cm}^3/\text{sec}$ の範囲において等流状態で行った。

3. 実験結果と考察

3.1 鉛直流速分布 図-2に植生間における一波長間の鉛直流速分布を示す。図中C, T, R.P.はそれぞれ山, 谷, 再付着点を示している。流速分布は $z=1.0\sim 1.5\text{cm}$ ( $z$ :河床からの距離)の位置で、植生の影響を受け一様化されている層と底面付近の粗度の影響を受けている剥離による渦の拡散領域とに分かれている。さらに河床近傍において再付着点より下流で壁面の存在により新たに形成され対数則が成立する境界層がある。底面付近において流速は、crestから発生する逆流渦の影響を受け、山から谷, 再付着点にかけて急減し、その後山まで加速している。図-3は流速分布から各領域を区分したものである。

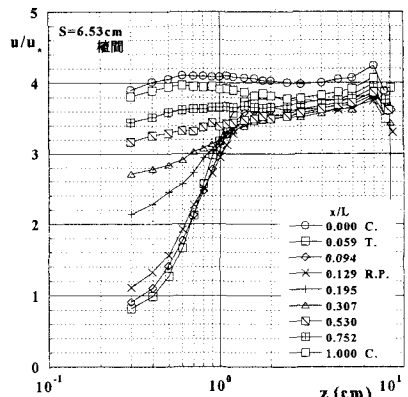


図-2 鉛直流速分布

3.2 流れの特性 図-4に主流域断面平均流速 $U'/u_0$ の流下方向分布を非植生流れの実験結果とあわせて示す。主流域平均流速は非植生流れでは、流下方向に減速、加速が顕著に現れているが植生流れにおいてはほぼ一定である。植生の列では植生後流の影響を受け、植生間に比べ小さくなっている。図-5に境界層外端流速 $u_0/u_0$ の流下方向分布を同様に示す。境界層外端流速は、植生の列

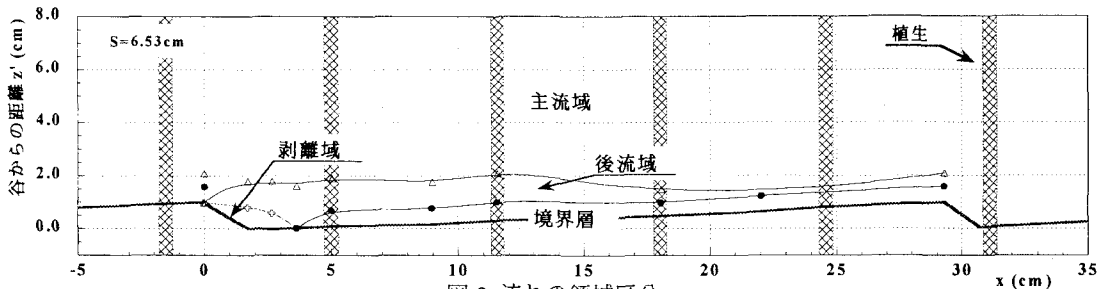


図-3 流れの領域区分

は流下方向に大きな変化はないが、植生間においては、非植生流れと同様に再付着点から山まで加速している。

**3.3 流れの抵抗** 図-6 に示すように流速係数  $U'/u_*'$  は  $\lambda$  の増加と共に減少し、Dunes はその形状抵抗により Flat bed より若干小さくなっている。このことは移動床実験より固定床実験のほうがより顕著である。

図-7 に Dunes 及び Flat bed の固定床実験における各応力のせん断応力に対する割合について示す。植生抵抗  $\tau_v$ 、河床波の形状抵抗  $\tau_s$  は実験値より算出し、底面せん断応力  $\tau_e$  は(1)式により求めた。

$$\rho g h I_b = \rho u_*'^2 \frac{L'}{L} + \frac{1}{2} \rho C_D u'^{-2} \frac{hD}{S^2} + \frac{1}{2} \rho C_D' u_H^2 \frac{H}{L} \quad (1)$$

ここに、 $I_b$ :河床勾配、 $u_*'$ :底面摩擦速度、 $C_D$ :植生の抵抗係数、 $\bar{u}$ :植生前の流速、 $C_D'$ :河床波の抵抗係数、 $u_H$ :河床波抵抗の代表流速である。ここで  $C_D'$  には非植生流れにおける河床波の抵抗係数<sup>2)</sup>、 $u_H$  には固有浸透流速を用いた。河床形態が Flat bed の場合は、底面せん断応力が7~8割、植生抵抗が2~3割程度になっている。Dunes については植生密度が大きくなると河床波の形状抵抗は非常に小さく、植生密度が小さい場合は1割程度になっており、植生抵抗が Flat bed の場合と同程度であるため、河床波の形状抵抗増加は、底面せん断応力を減少させることになる。固定床と移動床における応力比<sup>3)</sup>は定性的にも定量的にも本研究結果と同様である。

**4 河床波の発生条件** 河床波の発生領域区分に非植生流れで用いられる従来の水理量を用いたが、特に、水深をパラメータとして含む水理量ではうまく説明が出来なかった<sup>3)</sup>。ここで、水面勾配を用いた方法を試みた。図-8 は過去の移動床実験における河床形態を  $\Psi_e$  (=流れの掃流力: $\Psi_0$ -植生に働く掃流力: $\Psi_f$ ) と  $I_b/s$  (s:砂の水中比重) とによって領域区分したものである。図中の実線は Flat bed と Dunes との境界を示しており、(2)式で表される。

$$\Psi_e = 18.01 (I_b/s)^{1.14} \quad (2)$$

## 5. おわりに

今後、植生流れにおける河床波の抵抗係数と代表流速について検討を加える予定である。

【参考文献】 1) 渡辺 満・大津龍二ほか:植生層内における流砂量に関する実験的研究, 土木学会西部支部研究発表会講演概要集(2002), II-B-182/183 2) H.NAGY・K.WATANABE ほか:FLOW RESISTANCE IN ALLUVIAL CHANNELS, Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE VOL.39(1995) 3) 田中康浩・杉田前ほか:植生群内における河床波の特性と流砂量について, 土木学会西部支部研究発表会講演概要集(2003), II-B-71/72

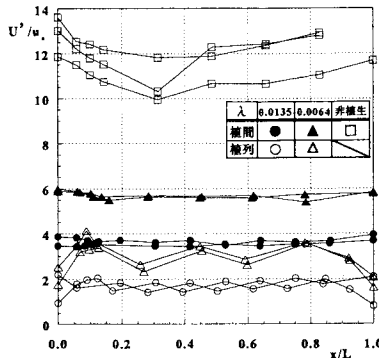


図-4 主流域断面平均流速

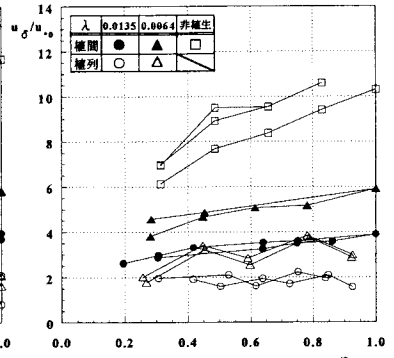


図-5 境界層外端流速

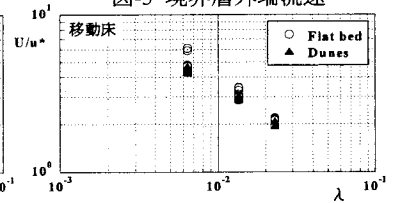
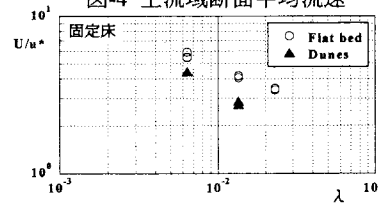


図-6 流速係数

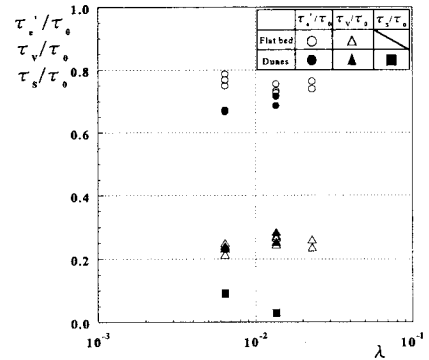


図-7 応力比 (固定床)

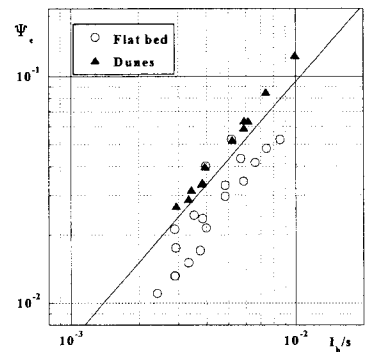


図-8 河床波の発生条件