

河道湾曲部に群生する樹木群が流れと河床変動に与える影響

広島大学工学部

○正 員 福岡 捷二

広島大学工学部

正 員 渡邊 明英

広島大学大学院

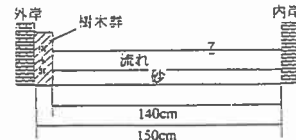
学生員 王 海暉

1、序論

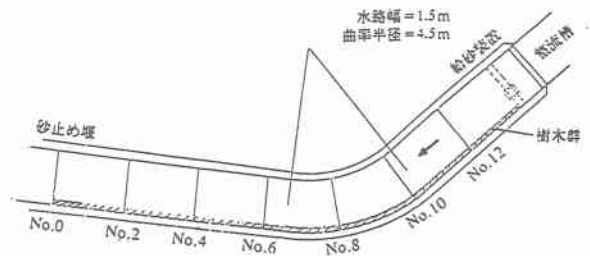
河川には水害防備林を始めとして様々な植生が群生している。河道内に繁茂している樹木群は、流れに対して抵抗を与え、水理的には大きな粗度となり洪水位を上昇させる。しかし、樹木を適切に残せば樹木は堤防や護岸を保護する機能を持っている。直線水路において樹木群が流れに及ぼす影響は、福岡・渡邊¹⁾の樹木群模型実験や、解析によってほぼ解明されている。しかしながら、流れに遠心力が作用する河道湾曲部に樹木群がある場合には、樹木が流れに及ぼす抵抗力や流れに及ぼす影響を評価する方法は明らかにされていない。河道湾曲部の外岸側に樹木群がある場合には、樹木群はその抵抗により河岸近くの流れを減勢させ、主流の偏流を緩和させる効果を持つことが期待される。本研究は、単断面湾曲水路の外岸側に連続的に残されている樹木群が流れに及ぼす影響を調べ、樹木群の水制的効果について検討することを目的とする。

2、実験

本研究では、湾曲河道外岸側に群生する植生が流れに与える影響を明らかにするために、図1に示す単断面湾曲水路を用いて、流量、樹木の配置を変えて移動床実験を行った。実験ケース及び実験条件を表1に示す。ケース1は河道内に樹木群がない場合、ケース2は外岸沿いに連続的に樹木群を設置した場合である。ケース1、及びケース2では、流量32 l/sで8時間通水した。ケース3はケース2と同様に分布させた樹木群に対し流量を25 l/sに変化させた場合である。測定項目は水位、河床高と流速である。水位は、両岸側と中央の3点を測定し、その平均値で表す。河床高の測定は、超音波河床高測定器を用いて、No.0～No.13の各断面で、横断方向10cmおきに測定した。流速ベクトルはx-y 2成分電磁流速計を用いて測定し、結果をパソコンで記録した。実験結果として、水位及び河床高の縦断変化について、いずれの実験ケースも水位勾配と河床勾配はほぼ1/800と同じで等流になっている。断面4付近で樹木があるケース2、3は樹木がないケース1より、洗掘が軽減されている。流速についてケース1～3を比較検討すると、樹木のあるケース2、3では、樹木の抵抗によって外岸付近での流速が遅くなっている。また、湾曲部下流部では、全体的に流れが一様化され、内岸側の流速も樹木がない場合に比べて速くなっている。これが樹木群による水制的効果である。ケース1～3の河床変動を比較する。湾曲部の下流、No.4、No.5、No.6では、外岸側に分布している樹木群によって、



(1) 配置図



(2) 平面図

図1 実験水路

表1 実験の諸元

水理条件	ケース1	ケース2	ケース3
給砂粒径(mm)	0.8	0.8	0.8
給砂量(l/min)	0.2	0.2	0.2
水路勾配	1/800	1/800	1/800
流量(l/s)	32	32	25
樹木群幅(cm)	なし	10	10

外岸側の洗掘と内岸側の堆積が減少している。樹木群の配置によって、二次流の発達域はやや中央へ寄る。以上のことから、弯曲部の外岸側に沿って群生した樹木は、外岸側近くの流れを遅くし、流れを均一にさせるとともに、河床変動を小さくし、十分に水制的效果を発揮していると判断できる。

3、計算

三次元解析法を使って、樹木群が流れに及ぼす抵抗の大きさを明らかにする。基本方程式に $\theta-r$ 座標系の $N-S$ 方程式を選び、これをレイノルズ化する。ここで、 θ 座標を弯曲部の流れ方向に、 r 座標を弯曲外向きにとる。次に水深方向に積分し、水深平均した二次元方程式を得る。最後に、平面ボリュームを取り面積積分する。ここに左辺第1項、第2項は θ 方向の運動量フラックス、第3項は曲がりによる運動量フラックス、第4、5項は重力項、第6項は底面摩擦力項第8項は水平せん断力項である。弯曲部の $N0.7 \sim N0.8$ の区間をコントロールボリュームとして選び、測定した流速、水深を用い、基本式に代入し、各項の大きさを計算した。用いた流速、レイノルズ応力の時間的変動の一例を図2に示す。大きなレイノルズ応力が周期的に現れていることが分かる。オーダー比較の結果、第7項と第9項は無視できる。各項の大きさの横断分布を図3に示す。樹木群付近において横断方向流速差によるせん断力は大きな値となっているが、樹木の影響は極めて狭い範囲に限定されていることが明らかになった。この場合は水路幅の約1割(10~15cm)の範囲にレイノルズ応力が現れている。樹木群による水平せん断力の大きさは、トータルとしては底面摩擦力よりも小さい。

4、結論

1) 河川弯曲部外岸側に繁茂する樹木群は、外岸付近の流速を低減させ、また二次流を弱めることにより、外岸側の洗掘と内岸側の堆積を減少させる。このことは樹木群が通常用いられる水制工と同様な機能を発揮すること示している。

2) 樹木群がある弯曲流れにおいて成立する運動量方程式を導いた。この基本式の各項の大きさを実測水理量を用いて調べ、樹木群のもたらす水平せん断力の大きさを明らかにした。水平せん断力の大きさは樹木群の付近で大きく、樹木群から離れると急激に減少する。

5、参考文献

- 1) 渡辺明英・福岡捷二：樹木群を有する河道流れの境界せん断力の特性と境界混合係数 f の評価、土木学会論文集、NO. 503/II-29, PP. 79~88, 1994. 11

$$\begin{aligned} & - \left[\int_{r_1}^{r_2} u_\theta u_\theta h dr \right]_{\theta_1}^{\theta_2} - \int_{\theta_1}^{\theta_2} \left[\int_{r_1}^{r_2} (u_\theta u_r h r) dr \right]_{\theta_1}^{\theta_2} d\theta \\ & - \int_{\theta_1}^{\theta_2} \left(\int_{r_1}^{r_2} u_\theta u_r h dr \right) d\theta - \left[\int_{r_1}^{r_2} \frac{1}{2} g h^2 dr \right]_{\theta_1}^{\theta_2} \\ & - \int_{\theta_1}^{\theta_2} \left(\int_{r_1}^{r_2} g I_\theta h r dr \right) d\theta - \int_{\theta_1}^{\theta_2} \left(\int_{r_1}^{r_2} \frac{g h u_\theta \sqrt{u_\theta^2 + u_r^2}}{h^3} r dr \right) d\theta \\ & - \left[\int_{r_1}^{r_2} u'_\theta u'_\theta h dr \right]_{\theta_1}^{\theta_2} - \int_{\theta_1}^{\theta_2} \left[u'_\theta u'_r h r \right]_{\theta_1}^{\theta_2} d\theta \\ & - \int_{\theta_1}^{\theta_2} \left(\int_{r_1}^{r_2} u'_\theta u'_r h dr \right) d\theta = 0 \end{aligned}$$

基本方程式

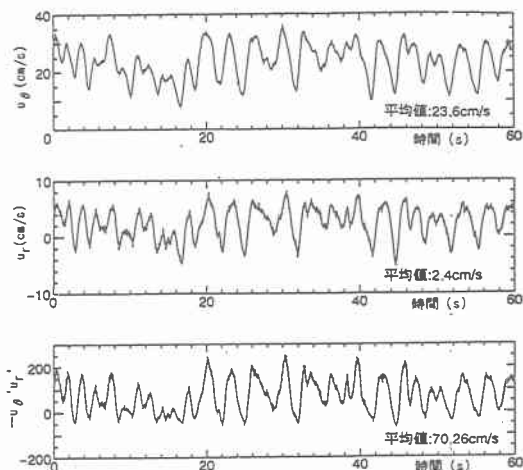


図2 樹木付近の流速の時間変動

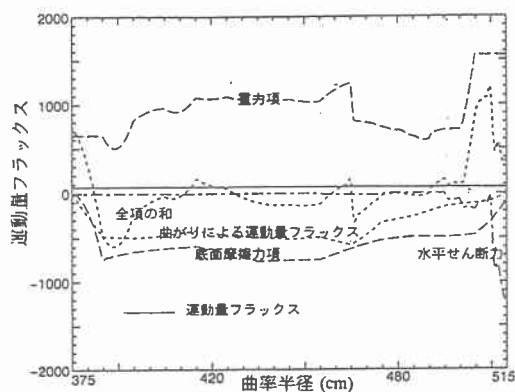


図3 基本式における各項の大きさの横断分布