

II-118 湾曲開水路における樹木群の河床変動軽減機構に関する一考察

名古屋工業大学 学生員○今野威一郎 名古屋工業大学 学生員 木村 聡洋
 名古屋工業大学 正 員 富永 晃宏 名古屋工業大学 学生員 藤長 賢二

1. はじめに 開水路の湾曲部の流れでは遠心力と釣り合うように圧力勾配が決定され、これに伴って2次流が発生する。河道湾曲部に存在する樹木群は流れの減速と上流側の水位上昇を促し、湾曲部の圧力勾配を変化させ、2次流や主流、底面せん断応力の構造に影響し、河床変動にも影響を与えるものと推測される。これまでの移動床における実験の結果から、内岸の湾曲部入り口付近に樹木群がある場合に外岸の洗掘が抑制されることが示された¹⁾。そこで本研究では樹木群の配置による河床変動の抑制効果について実験的に確認するとともに、曲線座標系を用いた2次元の数値計算によって主流速分布と水面形から河床変動軽減効果について考察した。

2. 実験条件及び方法 実験水路は水路幅 $B=90\text{cm}$ の長方形断面水路で、上流端から 10.8m の位置に湾曲角 60° の中心曲率半径 $R=2.7\text{m}$ の単一湾曲部を設置し、その下流に 4.5m の直線部を設けた。樹木群模型は直径 5mm の木材の棒を用い 5cm 間隔で格子状に横断方向に5列で幅 22.5cm の带状配置とした。移動床として平均粒径 0.05cm の砂を湾曲上流 180cm から湾曲下流 200cm まで厚さ 11.5cm で敷詰めた。樹木帯を外岸側下流部に設置したケース K-6 では、樹木帯の前面と側面において大きな河床洗掘が発生することが示されたことから¹⁾、本研究では河床変動の抑制効果のある内岸側配置を考え、図-1 に示すように3通りの配置 (K-5, K-51, K-52) を考えた。流量 $Q=40\text{ l/s}$ 、水深 $h=15\text{cm}$ として、通水5時間後に河床形状を計測した。

3. 実験結果 図-2 は、通水5時間後の河床形状を示したものである。ケース K-5 では樹木群を設置しない場合に比べ、最大洗掘が生じる位置はほぼ同じであるが、最大洗掘深は 11cm から 4.5cm へ半減している。樹木群がない場合、湾曲角 30 度付近から内岸側に堆積が見られたのに対し、K-5 では中央付近へ堆積域が移動し堆積高も小さくなっている。しかし、K-52 では最大洗掘深が 12cm と樹木群がない場合よりも大きくなり、またその範囲は K-5 よりさらに上流側に移っている。K-51 では K-5 よりもさらに洗掘が軽減される場合も見られたが、河床波がいったん発生すると、K-5 と同程度の洗掘になる場合もあり、再現性に問題が残った。

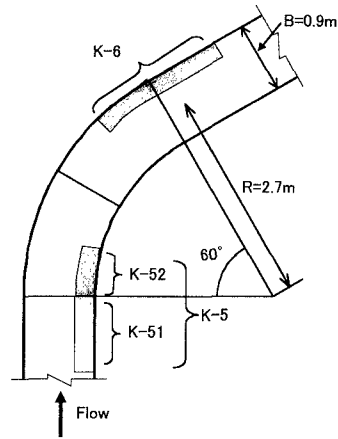


図-1 実験水路及び樹木群配置

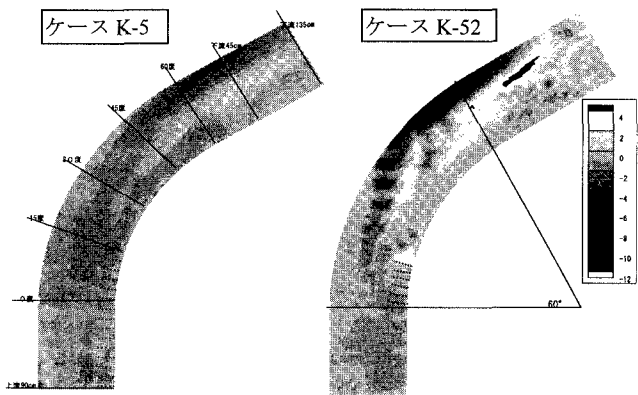


図-2 河床高コンター

キーワード：湾曲部流れ，河道内植生，河床変動，2次流，数値計算

〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学工学部社会開発工学科 Tel&Fax 052-755-5490

4. 樹木群の影響に関する数値シミュレーション

樹木群配置の違いが流れ構造と河床形状になぜこのような違いをもたらしたかを数値シミュレーションによって検討してみる。基礎式として次の曲線座標系における水深平均平面流方程式を用いる²⁾。

$$\frac{R}{R+y} \frac{\partial UU}{\partial x} + \frac{\partial UV}{\partial y} + \frac{2UV}{R+y} = -g \frac{R}{R+y} \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho h} + \frac{1}{\rho} \frac{R}{R+y} \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} - F_x - \frac{R}{R+y} \frac{\partial U'U'}{\partial x} - \frac{\partial U'V'}{\partial y} - \frac{2U'V'}{R+y} \quad (1)$$

$$\frac{R}{R+y} \frac{\partial UV}{\partial x} + \frac{\partial VV}{\partial y} + \frac{(U^2 - V^2)}{R+y} = -g \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho h} + \frac{1}{\rho} \frac{R}{R+y} \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} - F_y - \frac{R}{R+y} \frac{\partial U'V'}{\partial x} - \frac{\partial V'V'}{\partial y} - \frac{U'^2 - V'^2}{R+y} \quad (2)$$

$$\frac{R}{R+y} \frac{\partial hU}{\partial x} + \frac{\partial hV}{\partial y} + \frac{hV}{R+y} = 0 \quad (3)$$

ここに、 R は水路内岸の曲率半径であり、 U, V はそれぞれ流下方向 x 及び横断方向 y の水深平均流速、 $\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$ は水深平均レイノルズ応力でありゼロ方程式モデルで与えた。 F_x, F_y は樹木群の形状抵抗を与える。 U', V' は流速鉛直分布における水深平均流速からのずれを表し、(2), (3)式の右辺の最後の3項は水深平均に伴う分散項を示している。これらの分散項は実験値から検討できるが、複雑であるため、ここではいったん無視して検討する。図-3 は実験と同じ樹木群配列のもとで固定床として計算された水深平均流速の横断分布である。2次流の影響は無視されているが、樹木群抵抗を有する湾曲部の流れ構造の特徴はよく再現していることが固定床実験結果との比較から確かめられている。樹木帯配置の違いについて見ると、K-5 では最も樹木帯が長い内岸の減速が大きく主流域の加速も大きくなるが、高速域が内岸から外岸へ徐々に移っていく。K-51 では上流の樹木帯横の高速流が湾曲部に入ると樹木帯背後の流速増加へ配分され、外岸の流速増加がほとんど現れていない。K-52 では湾曲入口から $\theta = 30^\circ$ にかけて樹木帯外で加速されていることがわかる。以上より、K-51 では洗掘が減少し、K-52 では増大した理由がある程度説明できる。

図-4 は湾曲入口における計算された水位横断分布である。内岸上流に樹木を配置することによって樹木群上流で内岸側が高くなり、通常の横断方向圧力勾配を緩和する。K-52 では特にこの効果が現れているため、高速域が内岸へ移動しなかったと考えられる。K-5, K-51 では樹木群内を通過する間に水深が低下し樹木群外の領域では樹木群がない場合とほぼ同程度の勾配を有している。

5. おわりに K-5 において洗掘が減少した理由としては、樹木群がない場合に高速な内岸の流れが湾曲部内岸の堆積をもたらす高速度外岸への移動を促進するのに対して、K-5 では内岸への流れ込みが小さく堆積が抑制されたことが一因として考えられる。遠心力と樹木群抵抗の効果によってある程度流れの傾向を把握することはできたが、今後は2次流の運動量輸送を考慮して、さらに詳細に議論する必要がある。

〈参考文献〉 1) 富永・長尾・木村: 湾曲部の流れ構造と河床変動に及ぼす樹木群配置の影響, 水工学論文集, 第43巻, pp.809-814, 1999. 2) Shimizu, Y., Yamaguchi, H. and Itakura, T.: Three-Dimensional Computation of Flow and Bed Deformation, J. Hydraulic Engineering, vol.116, No.9, pp.1090-1108, 1989.

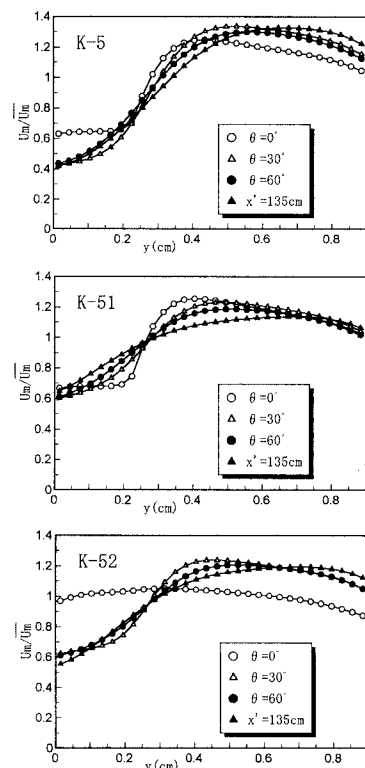


図-3 水深平均流速横断分布(計算値)

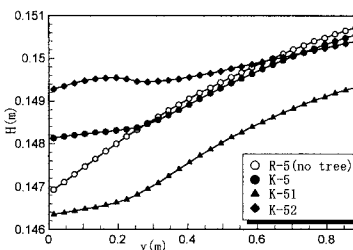


図-4 湾曲入口における水位横断分布