

II-274 斜め棧粗度による湾曲部の局所洗掘防止工法に関する研究

早稲田大学大学院 学生員 井田 泰蔵 早稲田大学 正会員 関根 正人
早稲田大学大学院 学生員 田村 浩敏 日 建 設 計 斎藤 貴裕

1. はじめに 河道の湾曲部においては、遠心力に起因する二次流により外岸侵食が生じ、これが河川管理上重要な問題となっている。著者らは直線水路において、棧粗度上部を流れ方向に傾けることにより二次流を人工的に生成させた流れの特性について明らかにし、これを湾曲部外岸に設置し、外岸の侵食防止に役立てるための基礎的な研究を進めてきた^{1), 2), 3)}。本研究では、一様湾曲水路を用い、その外岸に実際に斜め棧粗度を設置し、前報までに明らかになった知見の検討を行うとともに、移動床での実験を行い、斜め棧粗度の設置が局所洗掘防止のためにいかに効果があるかを確かめる。

2. 実験概要 実験には図 1(a) に示すような中心曲率半径 100 cm、水路幅 20 cm、湾曲角 270° を持つ長方形断面の一様湾曲水路で行った。棧粗度は、図 1(b) のように上部を流下方向に 45° 傾けて湾曲部の 40 cm 上流側の直線部から湾曲部全面にわたって外岸側壁に設置した。ただし、棧前後の洗掘を避けるために、設置する棧の下端を、固定床実験では 1 cm、移動床実験では 0.5 cm だけ水路床より浮かせてある。固定床実験 (Series F) では、図 1(b) に示すように棧と棧の中央の断面を測定断面として、熱膜流速計による流速測定を行った。また、移動床実験 (Series M) では、粒径が 2 mm の均一粒径の樹脂製ビーズ (比重 1.41) を水路床に 5.5 cm の厚さだけ敷き詰め、給砂を行いつつ、河床形状が平衡状態に達したと判断される時間まで通水し、止水後ポイントゲージを用いて河床形状を測定した。なお、比較のために棧粗度を直角に設置、あるいは設置せずに行った実験もある。実験条件は表 1 に示されている。

3. 実験結果とその考察

3. 1 固定床実験 まず、図 2 に得られた二次流ベクトル図を示す。棧粗度を設置していない場合 (図 2(a), Case F0) では、遠心力の作用により、反時計方向の二次流が生じている。これに対して、斜め棧粗度を間隔が棧の高さの 21 倍となるように設置する (図 2(b), Case F1) と、斜め棧粗度により外岸付近に遠心力による二次流と逆向きの二次流が形成され、遠心力による二次流と一対のセルを形成するようになる。さらに、棧粗度の間隔を 10 倍にし、棧の密度を高めると (図 2(c), Case F2)、棧粗度による二次流が強まり、遠心力による二次流セルの占める領域が小さくなる。図 3 は主流速分布図である。棧を設置していない場合は、最大主流速の生じる位置が、遠心力により運動量が輸送され水路中央より外岸寄りに生じるが、棧を設置すると (Case F1)、水路中央付近に最大主流速が現れ、その値は増大している。また、棧をより密に設置すると、最大主流速が生じる位置がさらに内岸へ寄っているのがわかる。また、図 4 にはレイノルズ応力分布を示したが、水路中央付近において $-\overline{u'v'}$ 、 $-\overline{u'w'}$ の値が大きくなっているものの、棧の下端付近では顕著な値の変化はなく、棧を設置したことによる洗掘は、棧の下端を水路床より浮かせて設置すれば防げることがわかる。最後に、Case F0 と Case F1 の場合において、流れ関数 ϕ を底面で $\phi = 0$ として求め、図 5 に示した。この図から $\phi = -4$ [cm²/s] で囲まれた領域について循環を求めると、Case F1 に比べ Case F0 の循環は 3.4 倍であり、棧を設置することで、二次流による循環も小さくなっていることがわかった。

3. 2 移動床実験 移動床実験により得られた河床の横断形状を図 6 に示す。棧を設置していない Case M0 では外岸付近に最深部が生じるのに対し、棧を斜めに設置した Case M2 では、最も洗掘される位置が水路中央付近に移動し、外岸付近での洗掘が抑制されていることがわかる。このように斜め棧粗度を湾曲部外岸の設置することにより生じる二次流を利用すれば、湾曲部の二次流が制御でき、結果として、深掘れが生じる位置を河川管理上好ましい位置に移動させることができると考える。なお、棧を鉛直に設置した Case M3 では、外岸付近の洗掘はほとんど抑制できず、効果がないことがわかる。

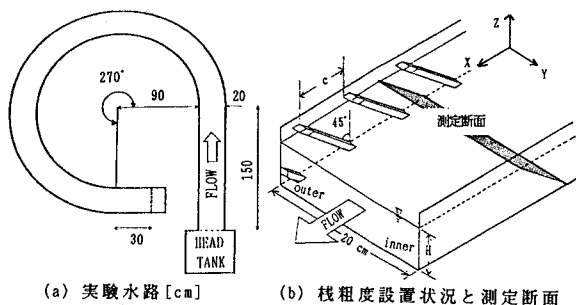


図 1 実験概要

表 1 実験条件

Case	流量 Q [l/sec]	枝粗度の 粗度高さ k [cm]	枝粗度の 枝間隔 c [cm]	枝粗度の 間隔/高さ比 c/k	枝粗度の 角度 α [°]	底上げ H [cm]	平均 水深 H [cm]	断面 平均流速 U _{mean} [cm/sec]
F0	2.50						4.6	27
F1	2.50	0.5	10.5	21	45	1.0	4.4	28
F2	2.50	0.5	5.0	10	45	1.0	4.5	28
M0	1.67						3.1	28
M2	1.67	0.5	5.0	10	45	0.5	3.3	25
M3	1.67	0.5	5.0	10	0	0.5	2.9	29

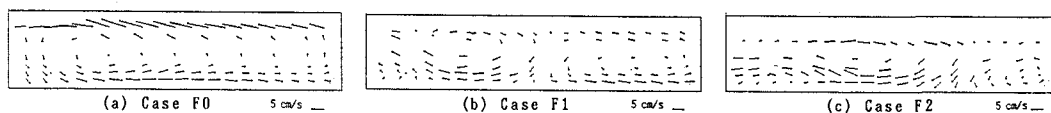


図 2 二次流ベクトル図

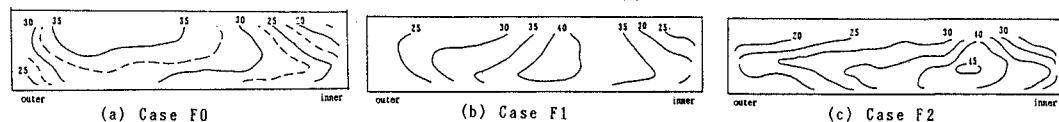


図 3 主流速分布図 [cm/s]

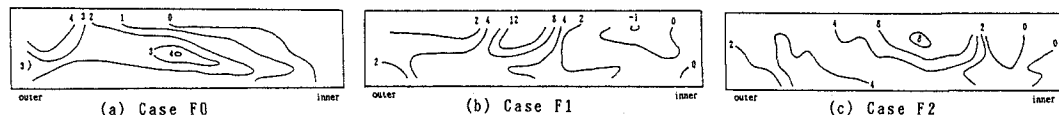


図 4-1 レイノルズ応力 $-u'v'$ [cm²/s²]

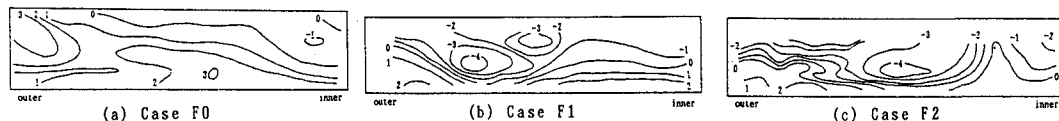


図 4-2 レイノルズ応力 $-u'w'$ [cm²/s²]

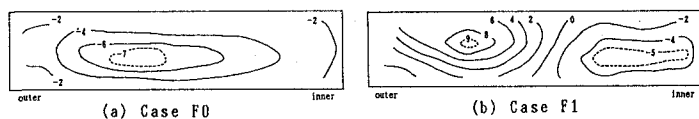


図 5 二次流の流線（数字はψの値 [cm²/s]）

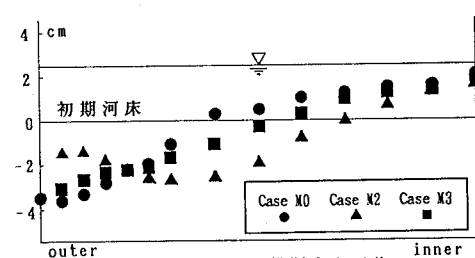


図 6 河床の横断方向形状

4. おわりに 湾曲部の外岸側壁に斜め枝粗度を設置すると、これにより生成される二次流と、遠心力により生じる二次流とが干渉し合い、後

者を制御できることを示した。また、この結果として、外岸侵食と密接に関係する外岸部河床の深掘れも抑制されることがわかった。本研究では湾曲部入口から約 40° の深掘れの断面におけるデータを示したが、今後は、流下方向への流況変化、枝の配置の違いによる流況の変化等についてさらに調べるとともに、枝の最適配置方法についても検討していく予定である。最後に、本研究は河川整備基金（代表者：関根正人）の補助を受けた。記して謝意を表します。

参考文献 1) 仲村・高松・福井・吉川：河川護岸の設計に関する基礎的研究、水工学論文集、第37巻、pp. 569～574、1993. 2) 井田・高松・仲村・関根・吉川：斜め枝粗度を有する流れの水理特性に関する研究、第48回年次講演会概要集、pp. 432～433、1993. 3) 吉川・関根・高松・仲村・井田：斜め枝粗度による二次流制御に関する基礎的研究（土木学会論文集投稿中）