

立命館大学大学院 ○学生員 三浦孝夫
日本工営株式会社 正会員 金 海生
立命館大学大学院 学生員 守田克成

立命館大学理工学部 正会員 江頭進治
(財)河川環境管理財団 正会員 大槻英樹

1. はじめに 近年、環境問題への関心が強まる中、自然との共生を目指した多自然型川づくりが求められるようになってきた。そこで、本稿においては多自然型護岸工の設計のための基礎資料づくりを目的として、180°弯曲移動水路実験および平面二次元解析を行い、弯曲河道の流れと河床変動に及ぼす護岸粗度の影響を考察したものである。

2. 実験条件および計算条件 実験水路は図 1 に示すようなもので、直線と円曲線を組み合わせた一様弯曲水路である。水路幅 50cm、低水路幅 26cm、法面幅 12cm、弯曲部中心角 180°、低水路中心線上での曲率半径 100cm、上流直線区間長 300cm、下流直線区間長 200cm、法面および根入れの勾配 1:2 である。河床材料には珪砂を、外岸法覆い工および根入れ工には、粗度の影響を考慮するために河床材料と同じ珪砂を用いた場合と、河床材料の約 7.5 倍の寒水石を用いた場合の 2 ケースについて No.0~No.23 の外岸から低水路中心にかけて施した。初期の横断形状は図 2 に示すようなものである。流量は、寒水石を用いた場合の護岸が崩壊しない範囲をあらかじめ求め、予備実験により決定した。河床材料と同じ材料を用いた場合の護岸は河岸侵食を防止するためにスプレーのりで固定した。実験は、表 1 に示すような条件で行った。

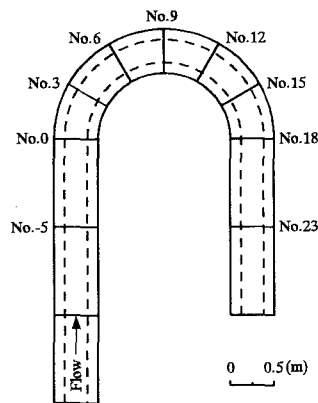


図 1 測線図

平面二次元解析に用いた支配方程式は、境界適合型直交曲線座標系での連続式、運動方程式、流砂の連続式である。河床近傍の二次流の流速は平均流の流線の曲率から求め、流砂量式には芦田・道上の式を用いている。計算は、表 2 に示すような条件で行った。モデルの妥当性を検討するために実験と同条件の 2 ケースと、粗度の影響を考慮するために護岸に河床材料の 30 倍の材料を用いたケースの計 3 ケースである。

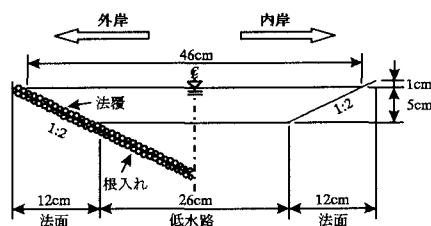


図 2 横断形状

3. 実験および計算結果と考察 図 3(a), (b)は、それぞれ実験における No.6, No.15 の通水 2.0hr 後における河床形状である。なお、(b)図には Case1 の弯曲部 135° の河床形状を参考までに示している。図 4(a), (b)は、それぞれ実験および計算の各断面における最大水深である。ここで、 h_m は初期の水深(5cm)、 L は No.0 を 0(m)とした縦断距離である。

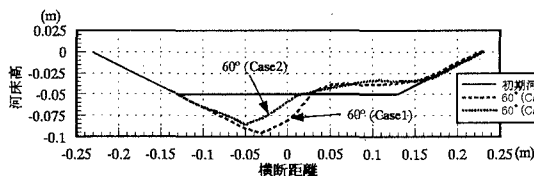
表 1 実験条件

Case	河床勾配	法面勾配	河床材料 (mm)	護岸材料 (mm)	流量 (l/s)	時間 (hr)
1	1/400	1:2	1.0	1.0	5.86	2.0
2	1/400	1:2	1.0	7.5	5.86	2.0

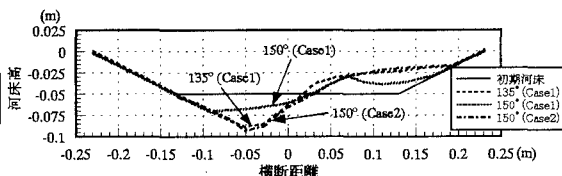
表 2 計算条件

Case	河床勾配	法面勾配	河床材料 (mm)	護岸材料 (mm)	流量 (l/s)	時間 (hr)
1	1/400	1:2	1.0	1.0	5.86	2.0
2	1/400	1:2	1.0	7.5	5.86	2.0
3	1/400	1:2	1.0	30.0	5.86	2.0

まず、図 3(a), (b)、図 4(a)に着目すると、いずれのケースにおいても弯曲部外岸側では侵食がみられ、内岸側では顕著な堆積がみられる。No.6 近傍の外岸に深掘れが生じ、下流に向かって減少した後 No.12 付近から再度深掘れが増加した後、減少する傾向を示している。No.3 近傍から二次流が発生し、下流に向けて発達するため、外岸側の土砂が内岸側に移動、堆積して固定砂州が形成される。図



(a) No.6



(b) No.15

図 3 通水 2.0hr 後の河床形状(実験値)

Takao MIURA, Shinji EGASHIRA, Hai-sheng JIN, Hideki OTSUKI, Katsushige MORITA

定砂州上には砂堆が発達しながら下流に移動する。砂堆の形成は No.6 よりも下流の内岸側で顕著であり、外岸側の深掘れの増減は砂堆の発達と移動に支配されているものと推察される。

No.6 の外岸は水衝部になっており、二次流の影響が大きいため深掘れが顕著であり、砂堆の発達も十分でないため、この位置の深掘れは常に極大になっている。これに対し、No.6 よりも下流側では深掘れの極大点は移動する。

Case1 と Case2 における No.6 近傍の深掘れについてみると、護岸粗度の小さい Case1 の方が大きくなっており、外岸の深掘れに対する粗度の影響がみれる。このことは、固定砂州上の砂堆が顕著でない領域においては、護岸粗度が弯曲河道の外岸の深掘れを抑える効果があることを示している。

上述の実験結果に対して図 4(b)をみると、No.6 近傍において深掘れは若干

小さく算定されているものの、全体的には計算値によって実験値はかなりよく説明されている。なお、Case2 と Case3 の比較については、講演時に述べる。

図 5(a)、(b)は、それぞれ Case1、Case2 の通水 2.0hr 後における実験値と計算値の鉛直平均流速分布である。実験値と計算値を比較すると、大局的には再現できている。Case1 では計算値のほうが外岸への流れの集中が大きい。一方、粗度の影響をみると、実験に比べて計算では影響が大きく現れている。これは、本モデルは水深平均された二次元平面流モデルであり、二次流による横断方向の運動量輸送が考慮されていたためである。

4. おわりに 今後、弯曲部中心角や曲率半径、根入れの入れ方などの異なる様々な数値シミュレーションを行い、弯曲河道における流れと河床変動に及ぼす護岸粗度の影響を明らかにし、多自然型護岸工の設計のための基礎資料づくりに関する情報を提供していきたい。

参考文献 1) S. Egashira, H. S. Jin, and F. Nakanishi : Characteristics of Flow and Bed Deformation in Meandering Reach of Brantas River, Indonesia, Proc.WDFGM, Yogyakarta, Indonesia, Aug.21-23, 1996.

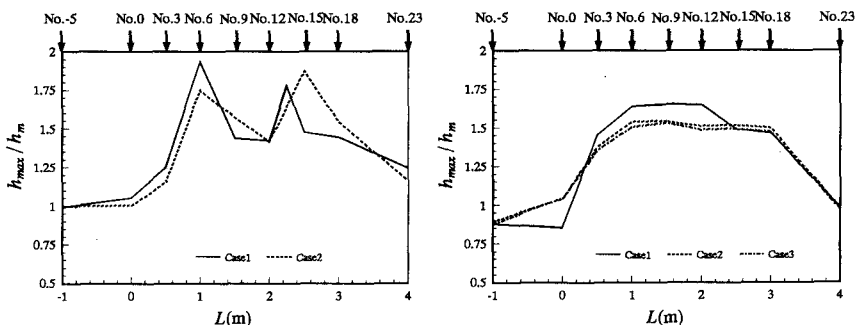


図 4 各断面における最大水深

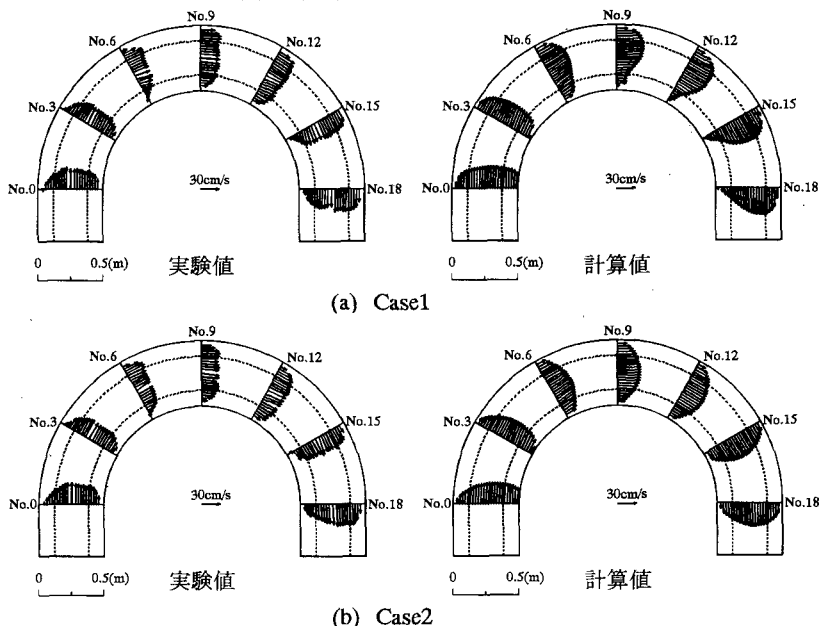


図 5 鉛直平均流速分布