

立命館大学大学院 ○学生員 渡辺有子
立命館大学大学院 学生員 片山直哉
立命館大学大学院 学生員 三浦孝夫

立命館大学理工学部 正会員 江頭進治
(株)ニュージェック 正会員 守田克成

1. はじめに 近年、人と自然の共生という考えが重視されてきており、環境を重視した川づくりが進められている。本稿は、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、弯曲河道における護岸粗度と掃流力が流れの集中度と河床変動にどのような影響を及ぼすかを移動床水路実験と二次元平面流モデルを用いて考察したものである。

2. 実験条件及び計算条件 図1は、実験水路であり、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、弯曲部中心角180°、低水路中心線の曲率半径100cm、上流直線区間長300cm、下流直線区間長200cm、法面及び根入れの勾配は1:2である。河床材料には平均粒径1.0mmの珪砂を用いた。流れおよび河床変動に対する護岸粗度の影響を調べるために実験を2ケース行なった。実験条件を表1に示している。Case1では外岸法覆い工及び根入れ工に平均粒径7.5mmの寒水石を用い、これをNo.0～No.23の外岸から中心にかけて施した。Case2では法覆い工及び根入れ工に河床材料と同じ平均粒径の珪砂を用いた。図2は初期の横断形状を示している。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。法面と根入れ工はスプレーのりで固定した。なお、表1に示すcaseA、Bは昨年行なった実験である。これらは、河床勾配1/400であり、今回のものよりも掃流力はかなり小さい。これら以外の実験条件はcase1、case2と同じである。

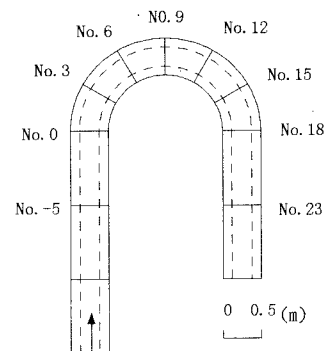


図1 実験水路および測線図

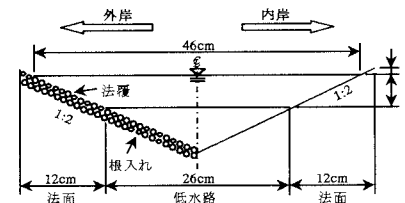


図2 横断形状

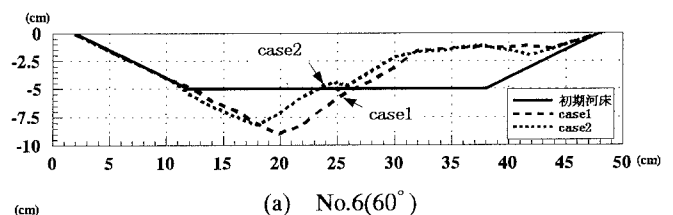
数値解析においては、連続式、運動方程式、流砂の連続式からなる支配方程式を境界適合型直交曲線座標系で表したものをを用いた。河床近傍の二次流は平均流の流れ線の曲率から求め、流砂量式には芦田・道上式を用いている。

表1 実験および計算条件

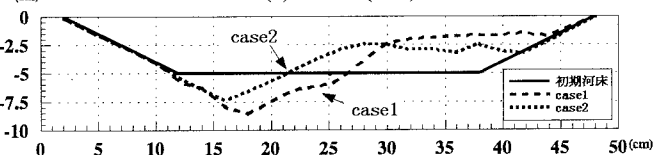
Case	河床勾配	法面勾配	河床材料 (mm)	護岸材料 (mm)	流量 (l/s)	時間 (hr.)	無次元掃流力 (τ_*)
1	1/200	1:2	1.0	7.5	5.65	2.0	0.136
2	1/200	1:2	1.0	1.0	5.65	2.0	0.140
A	1/400	1:2	1.0	7.5	5.86	2.0	0.0819
B	1/400	1:2	1.0	1.0	5.86	2.0	0.0752

3. 実験および計算結果と考察 図3(a)、(b)は、それぞれNo.6、No.15の通水2.0hr後におけるcase1、case2の河床形状に関する実験値である。図4(a)、(b)は、それぞれ最大洗掘深の縦断分布に関する実験値および計算値である。図4には、caseA、Bの結果も示している。ここで、 h_m はNo.0の断面における平均水深である。横軸LはNo.0を基準とした河道中心線上の縦断距離である。

図3(a)、(b)に示されるように、いずれのケースにおいても外岸側の深掘れおよび内岸砂州の発達が顕著である。図4(a)において、60°および150°断面で深掘れのピークがみられる。60°断面の外岸部は、後述の図5に示されるように、流



(a) No.6(60°)



(b) No.15(150°)

図3 通水2.0hr.後の河床形状 (実験値)

れの集中度が大きくなるところに相当しており、この深掘れは、流れの集中と二次流によるものであると考えられる。150°断面での深掘れは二次流の影響に加えて、砂州上に形成された砂堆による流れの集中の影響によるものと思われる。

ついで、図(b)の計算値についてみると、いずれも60°付近に深掘れのピークがみられ、180°より下流直線部で深掘れは急激に減少している。

深掘れに対する護岸粗度の影響をみると、実験においては粗度による軽減効果はみられないが、計算では軽減効果が明瞭に現れている。これらについては、実験上の問題があって、今後の課題としたい。

深掘れに対する掃流力の影響についてみると、実験値および計算値ともに、その影響が顕著にみられ、caseA、Bに比べて掃流力の大きいcase1、case2において深掘れは大きい。

図5は流れの集中度の横断分布を示している。ここで、集中度は断面平均流速 u_m と水深平均流速 u を用いて、 $(u/u_m)^2$ で定義されている。まず、護岸粗度の大きいcase1の実験値と計算値についてみると、計算において粗度の影響が過大に評価され、60°よりも下流においても集中度のピークは水路中心近傍にある。

一方、case2においては、60°よりも下流において集中度の大きさには若干の相違は見られるが、その分布形状はほぼ一致している。以上、要するに護岸粗度が大きいほど外岸への流れの集中はある程度抑えられるものの、実験値と計算値には多少の相違が見られる。これは、計算モデルでは二次流による運動量輸送や護岸上の複雑な流れが十分に考慮されていないためである。

4. おわりに 今後、実験と数値シミュレーションにより、曲率半径や根入れの入れ方などの要因が弯曲河道における河床変動と流れの集中度に及ぼす影響を明らかにし、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。

5. 参考文献 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.

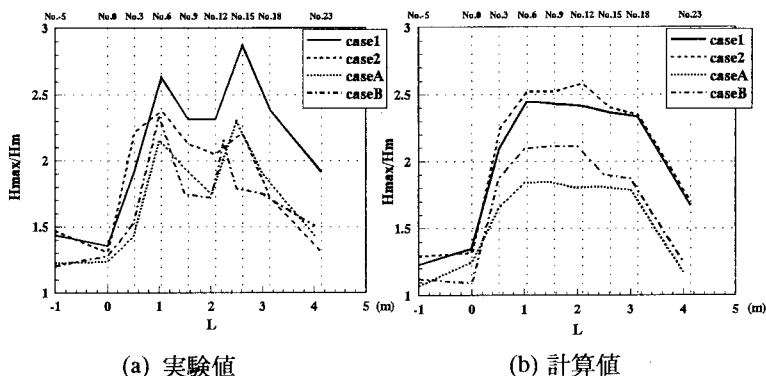


図4 最大洗掘深の縦断分布

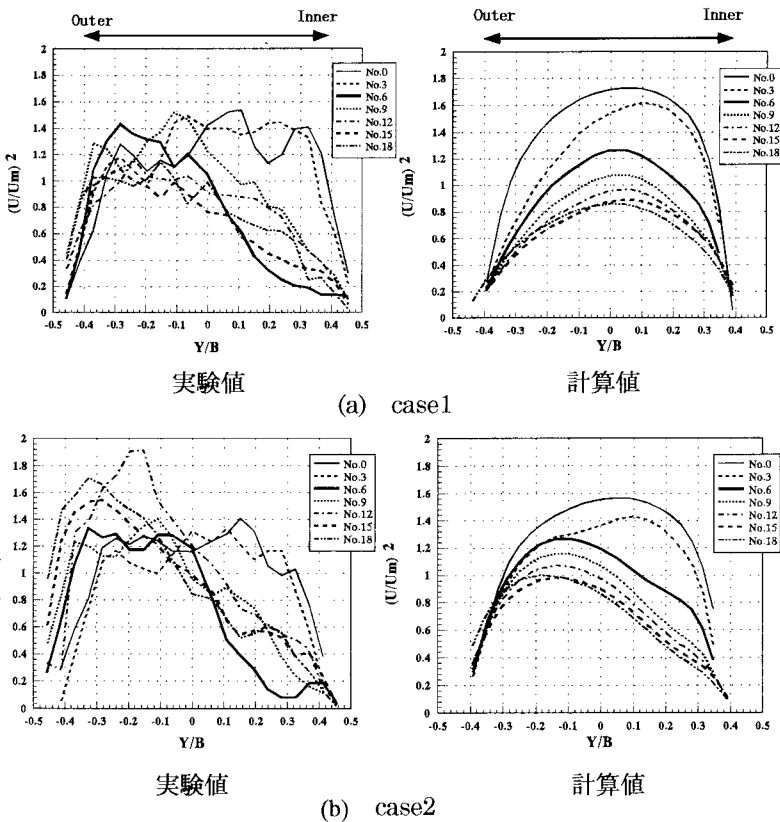


図5 流れの集中度