

京 都 府
立命館大学理工学部
立命館大学理工学部
(株) ニュージェック
立命館大学大学院

○正会員 青木章浩
正会員 江頭進治
正会員 金 海生
正会員 角野 稔
学生員 守田克成

1. はじめに 多自然型河川工法のための有用な情報を得ることを目的として、一様弯曲台形断面水路における移動床実験および平面二次元解析を行い、弯曲部における河床変動と河岸せん断力の評価法について考察したものである。

2. 実験および数値計算の概要 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を持つ複断面水路である。水路幅 250cm、低水路幅 100cm、弯曲部中心角 90° (90° 弯曲)、低水路中心線上での曲率半径 205cm、上流直線区間長 500cm、下流直線区間長 400cm、高水敷高 10cm である。実験では、平均粒径 1.13mm の寒水石を用い、法覆工、根固工にそれぞれ平均粒径 5.34mm、9.75mm の珪砂を用いた。河床勾配は 1/500、低水路河岸の法面勾配は 1:5、1:2 とした。流量は、予備実験により低水路が満杯となるときの流量を調べ、これを定常的に与えた。給砂は、河床が低下・上昇しないように留意しながら行った。実験は、表1に示すような条件で行った。測定項目は、水位、河床位、流速分布などであり、これらは、図1の各測線上で測定された。ただし、流速は図1の太線で書かれた断面の他に、断面0から断面11までの太線間の断面と断面-1について測定された。図2は、法面の状態を示している。

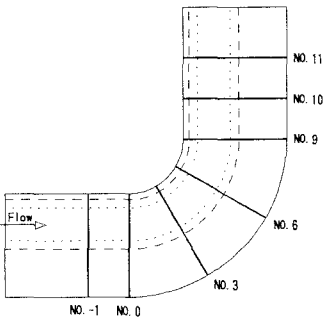


図1 測線図

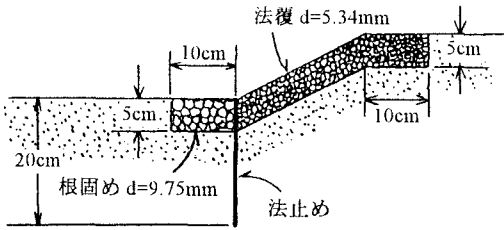


図2 法面の状態

表1 実験条件

Run	河床勾配 I	法面勾配 $1:s$	護岸	流量 Q (l/s)	時間 hr:mn
1	1/500	1:2	外岸	40.4	17:00
2	1/500	1:2	兩岸	40.4	32:20
3	1/500	1:5	兩岸	38.2	21:50

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運動方程式、連続式、流砂の連続式である。流砂量式は、芦田・道上式を用いている。

図3(a)、(b)は、Run 2の断面9における水位および河床横断面形を示している。実験、計算結果とも、河岸が護岸によって保護されているため河岸侵食はないが、弯曲部外岸側の河床部では激しい侵食が見られ、内岸部には顕著な堆積が見られる。河床最深部は、計算では実験よりも外岸側に生じている。堆積は、計算結果において若干大きく、ほぼ内岸法肩にまで達している。

図4は、最大洗掘深の縦断分布に関する実験値と計算値である。ここに、 L は弯曲入口から測った縦断距離、 $h_{\max}$ は最大水深、 h_0 は断面0の平均水深である。

図によると両者とも断面6、9付近の洗掘が大きいことが分かる。

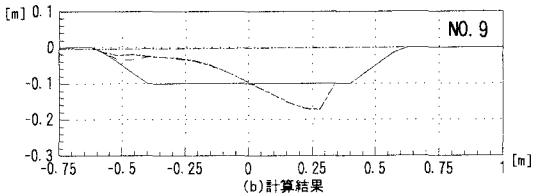
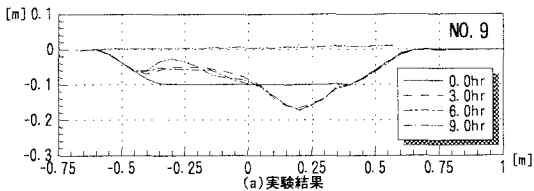


図3 Run2の河床横断面形

Akihiro AOKI, Shinji EGASHIRA, Hai-sheng JIN, Minoru SUMINO, Katsushige MORITA

3. 河岸せん断力の評価 図 5(a), (b)は、Run2 の水深平均流速の横断分布を表したものである。図の横軸の B は、水面幅である。 u_m は断面 0 から 9 までの空間平均流速であり、 $(u/u_m)^2$ は、流れの集中度を表している。実験では、上流直線区間の断面 -1 から断面 6 までは内岸側に流れが集中し、これより下流直線区間の断面 11 までの領域では外岸側に流れの集中が起きている。一方、計算値についてみると、断面 -1 から 3 までは内岸側に、断面 6 から下流直線区間の断面 11 において外岸側に流れの集中が生じている。流れの集中度の最大値は実験で 1.5、計算で 1.9 程度となっている。

図 6 は、Run2 における $(u_s/u_m)^2$ の縦断分布である。ここに、 u_s は法面の中心から低水路中心までの平均流速である。この図によると、 $(u_s/u_m)^2$ は実験、計算ともに断面 10 において最も大きいことが分かる。

斜面上における砂礫の無次元限界掃流力は、次式で与えられる。

$$\tau_{*sc} = \tau_{*c} \frac{\cos \theta - \frac{1}{\mu} \tan \theta \tan \delta + \sqrt{\tan^2 \delta - \frac{1}{\mu^2} \tan^2 \theta + 1}}{\cos \delta \tan^2 \delta + 1} \quad (1)$$

ここに、 τ_{*c} は平坦床の無次元限界掃流力、 δ は 2 次流と主流のなす角度、 θ は斜面の傾斜角である。

ここで、流れの集中度 $\varepsilon^2 = (u_s/u_m)^2$ を導入し、 $\tau_{*sc} = \varepsilon^2 \tau_{*c}$ (τ_{*c} は断面平均掃流力) として、 τ_{*c} と θ の平面上に式(1)を書くと、図 7 のようになる。図の曲線の原点側は、外岸の砂粒子が移動しない領域に相当する。河床材料および護岸材料を用いて作られる無次元掃流力をプロットすると図示ようになる。計算値において、流れの集中度の最大値がほぼ $\varepsilon^2 = 2.0$ であることから、この場合の移動限界線に着目してデータを見ると、Run2 では河床材料は限界線の上側にあり、護岸材料は侵食限界の境界にある。Run3 では護岸材料はかなり安定な領域にある。これらのことは実験事実に対応している。

4. おわりに 河岸せん断力の評価法についての考察を行い、流れの集中度の推定が可能であることを示した。今後、弯曲角、曲率の違いによる検証を行い、より一般的な河岸せん断力の評価法の確立を目指すつもりである。

参考文献 1) 芦田和男・江頭進治・加本 実：山地流域における侵食と流路変動に関する研究(2)、京都大学防災研究所年報、第 26 号 B-2、1983。2) Shinji Egashira, Hai-sheng Jin and Fuminao Nakanishi: Characteristics of Flow and Bed Deformation in Meandering Reach of Brantas River, Indonesia, Proc. WDFGM, Yogyakarta, Indonesia. Aug.21-23,1996.

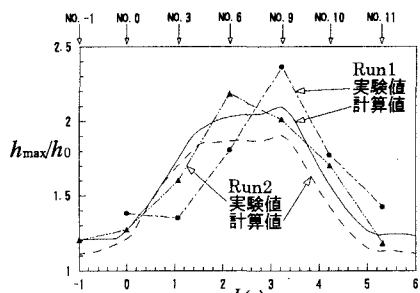


図 4 L と $h_{\max}/h_0$ の関係

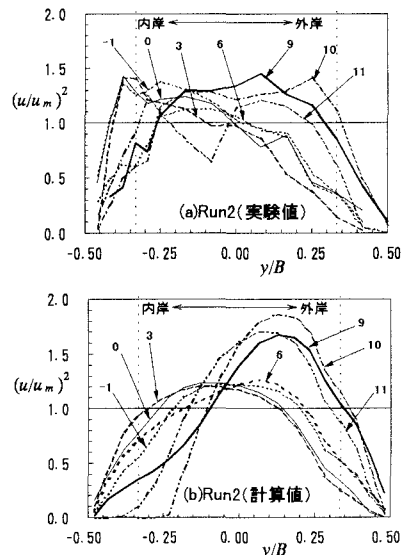


図 5 流速の横断分布

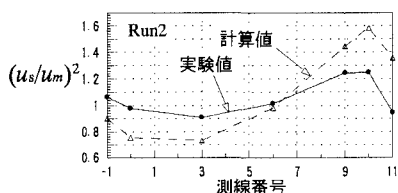


図 6 $(u_s/u_m)^2$ の縦断分布

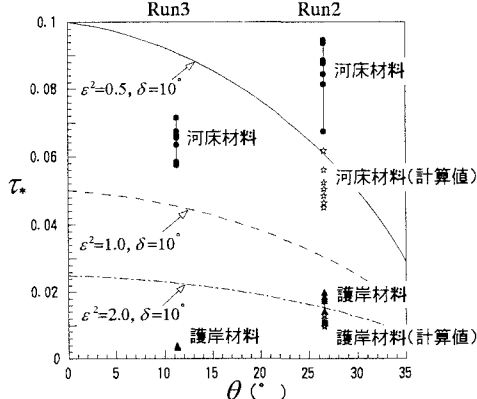


図 7 θ と τ_* の関係