

立命館大学大学院 ○学生員 青木章浩
 (株) ニュージェック 松田哲裕
 (財) 河川環境管理財団 正会員 大槻英樹
 立命館大学理工学部 正会員 江頭進治

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を行い、外岸部における流れと河床変動、および砂礫の移動限界について考察したものである。

2 実験の概要 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時の流量を調べ、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、断面詳細流速などであり、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、法面の状態を示すもので、護岸は水路上流端から下流端までの左右両岸に対して行った。

図3は、Run1の断面0および断面6における水位および河床横断形を示している。これらは、河床形状が、ほぼ動的平衡状態に達するまで通水したときのものである。両断面とも護岸により河岸侵食はないが、弯曲部外岸側の河床部では激しい侵食が見られ、内岸部に顕著な堆積が見られる。

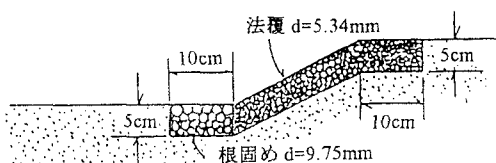


図2 法面の状態

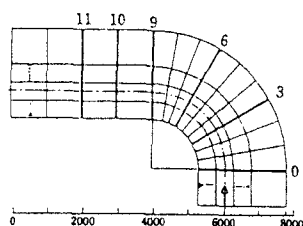


図1 測線図

表1 実験条件

Run	河床勾配 I	法面勾配 $1:s$	流量 $Q(l/s)$
1	1/500	1:2	40.2
2	1/500	1:5	38.2

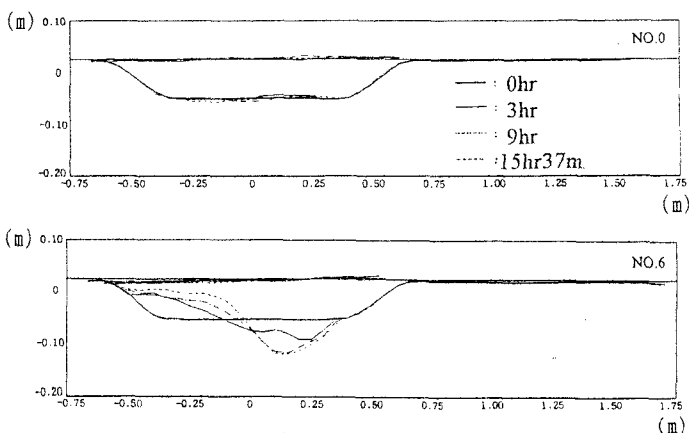


図3 RUN1の河床横断形

3 流れと砂礫の移動限界 図4は、Run1 において微流速計を用いて測定された河床から 5mm の位置の流速ベクトルである。流速は、弯曲入り口の内岸側で大きく、下流の断面7よりも下流では外岸側で大きくなっている。

図5(a),(b)は、それぞれ水深平均流速の横断分布を表したものである。図の縦軸の B は、水面幅である。 $\bar{v}$ は各断面での断面平均流速である。したがって、 $(\bar{v}/\bar{v})^2$ は、流れの集中度を表している。上流直線区間の断面-1から断面6までは内岸側で、断面9から下流直線区間の断面10までは、外岸側で最大流速が生じている。これは、断面6から断面9の区間で流心が外岸側に寄り、流れの集中が起こることを示している。Run1、2では、外岸側に流れは集中し、図3に示すように外岸部河床は激しい侵食を受けるが、河岸部は、護岸材料で保護されているために、侵食を受けていない。なお、結果は示されていないが、洗堀はRun1、2とも断面6の外岸において最も大きくなっており、全測定断面では、護岸をしないケースで、弯曲を出た断面10の外岸の侵食が、最も著しいことは特筆すべき点である。

ついで、斜面上の砂礫の移動限界式において、河床材料および護岸の安全性について検討する。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。

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

ここに、 τ_c は平坦床の無次元限界掃流力、 δ はに2次流と主流のなす角度、 θ は斜面の傾斜角である。いま、流れの集中度 $\varepsilon = u_s / u$ 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6のようになる。図や曲線の内側は、外岸の砂粒子が移動しない領域に相当する。各実験におけ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のようになる。Run1、2とも流れの集中度は $\varepsilon^2 = 2.0$ 程度になっており、この場合の移動限界線に着目してデータを見ると、河床材料は限界線の外側にあり、護岸材料はRun1ではかなり安定な領域で、Run2においては侵食限界の近傍にあることが分かる。これらのことは実験事実とかなりよく一致している。

4 おわりに 今後、河床変動を考慮した流れの集中度に関する評価法について検討するとともに、弯曲部外岸の護岸材料を選定するための土砂水理学的方法の確立に努めたい。

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、

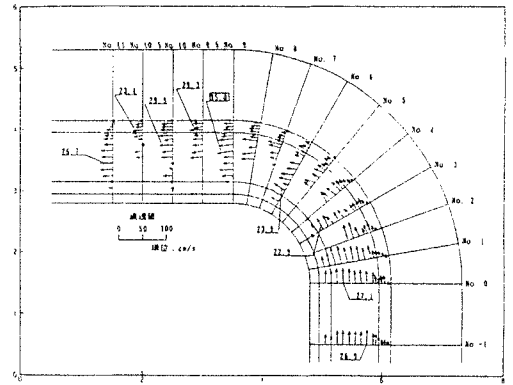


図4 RUN1の流速ベクトル図

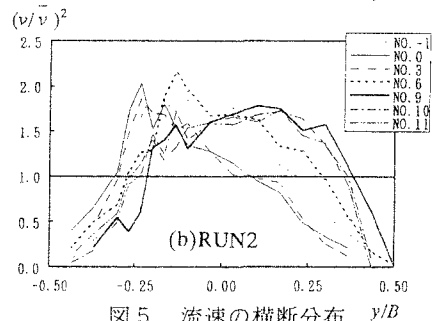
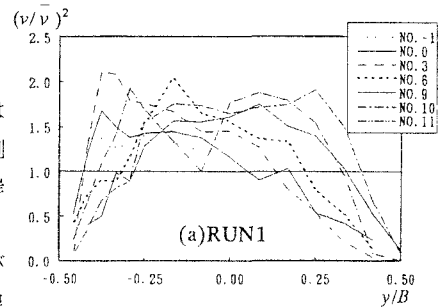


図5 流速の横断分布

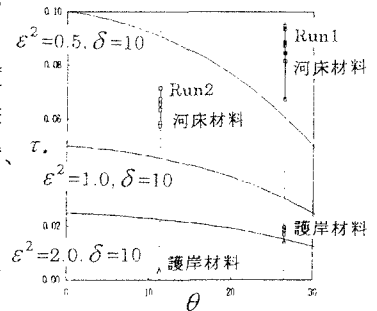


図6 θ と τ_c の関係