

立命館大学大学院 ○学生員 青木章浩
立命館大学理工学部 正会員 江頭進治
株式会社ニュージェック 正会員 大槻英樹
株式会社ニュージェック 正会員 松田哲裕

1 緒言 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、一様弯曲複断面水路における移動床実験を行い、低水路外岸における砂粒子の移動限界と河岸侵食機構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、河床勾配は、1/1000、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、局所流速などであり、これらは、図1の各測線上で測定された。以下、図1の太線で書かれた断面で測定された河床横断形状のデータに基づいて検討する。

図2は、RUN1の0および10における水位および河床横断形の一例である。弯曲入口では顕著な変化はないのに対し、弯曲出口の外岸部は侵食が進み、内岸部に顕著な堆積が見られる。

表1 実験条件

RUN	河床勾配	法面勾配	流量
	I	1:s	Q (ℓ/s)
1	1/500	1:5	38.2
2	1/1000	1:5	35.5
3	1/1000	1:2	38.9

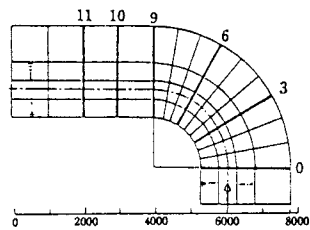


図1 模式図

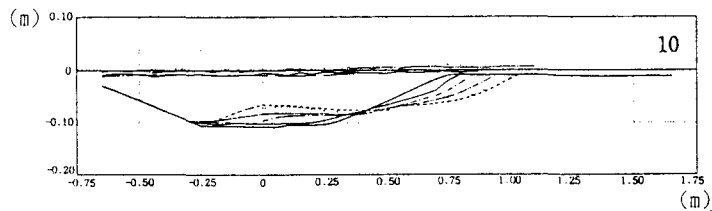
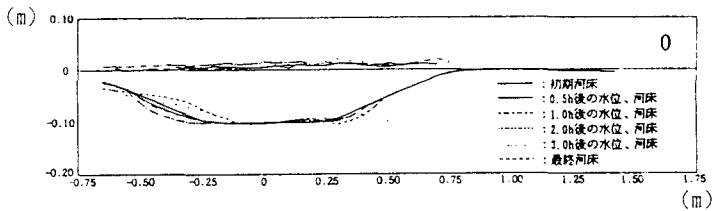


図2 RUN1の河床横断形

3 河岸侵食機構 図3は、外岸斜面における砂礫の移動限界を検討するための模式図である。ここに、 θ は、外岸の傾斜角、 x 軸は主流の向き、 $\overline{v_b}$ は斜面における流速ベクトルで、 x 軸とのなす角は δ である。 $\overline{v_g}$ は砂粒子の移動方向で、 x 軸とのなす角は γ である。すると、このような場において、砂粒子の移動限界状態における力のつり合いを考え、 γ に対する揚力の影響を省略すると、外岸斜面における粒子の移動限界が、次式のように得られる。

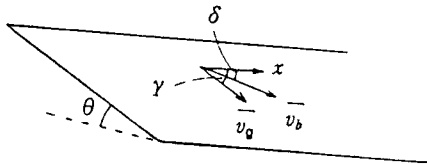


図3 模式図

Akihiro AOKI, Shinji EGASHIRA, Hideki OTSUKI, Tetsuhiro MATSUDA

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

ここに、 τ_{*c} は平坦床における無次元限界掃流力、 μ は砂礫の摩擦係数である。図4は、 $\mu=0.8$ 、 $\delta=0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ のもので、 $\delta=0^\circ$ は二次流がないときのものである。

芦田・江頭¹⁾らの側岸侵食量式を外岸斜面部のものに書き直すと次のようになる。

$$q_{ps} = \frac{q_p}{u_* d} = F_{0s} \varepsilon^2 \tau_*^{1/2} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^2} \frac{\tau_{*sc}}{\tau_*} \right)^3 \frac{1}{\sin \theta} \frac{h}{d} \quad (2)$$

である。ここに、 $F_{0s} = (k_3/k_2) F_0$ であり、 $k_2 = \pi/4$ 、 $k_3 = \pi/6$ 、 $F_0 = 0.03$ 、 $u_{*s} = \varepsilon u_*$ (u_{*s} 、 u_* は斜面部および平坦部摩擦速度) であって、 ε は河岸部への流れの集中度を表すパラメータである。直線水路では従来、 $\varepsilon^2 = 0.5$ 程度に推定されている。上式によれば、河岸侵食量は、 $\tau_{*sc}(\delta, \theta)$ および流れの集中度 ε に依存することが分かる。

そこで、各断面の河岸侵食のデータが、 δ や ε^2 のどんな値によって説明されるか調べてみる。図5(a),(b),(c)は、それぞれ、式(2)とRUN 1, 2, 3を比較したものである。式(2)において、 $\tau_{*c} = 0.05$ 、 $\theta = 20^\circ$ 、 $h/d = 61.9$ としている。また、 τ_* には、弯曲部の断面平均値を用いている。実験データは各断面ごとに、かつ、通水初期 t_0 から通水終了時点 t_4 までの間に得られた4つのデータを線で結んでいる。ここに、黒点は、 $t=t_3 \sim t_4$ のデータである。この時点は、外岸の侵食は進行するが、断面形状の顕著な変化は見られない。すなわち、自己形成流路に近い状態になる。このことを念頭に置いて図を見ると、外岸の侵食が激しい断面6より下流のデータは時間の経過に伴い、式(2)の $\varepsilon^2 = 1$ ($u_* = u_{*s}$) とした曲線の方へシフトしているのが分かる。これは流れの集中に伴い外岸斜面の掃流力が増加していることを意味している。

4 結語 弯曲水路外岸の侵食機構について若干の考察を行った。今後、同様の流路を対象として ε^2 および δ に関する一般的な評価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，

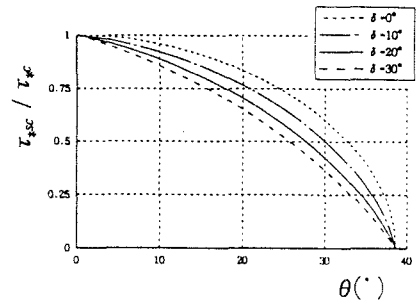


図4 θ と τ_{*sc} / τ_{*c} の関係

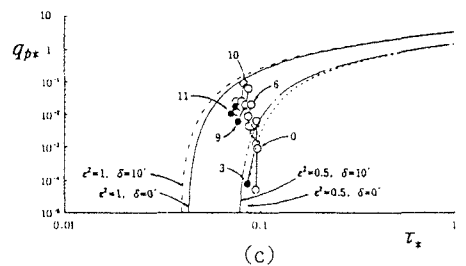
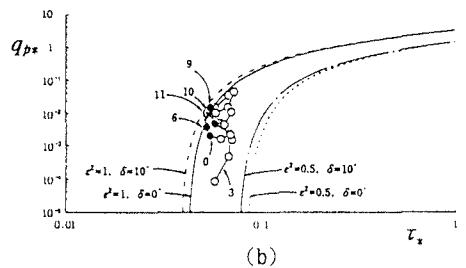
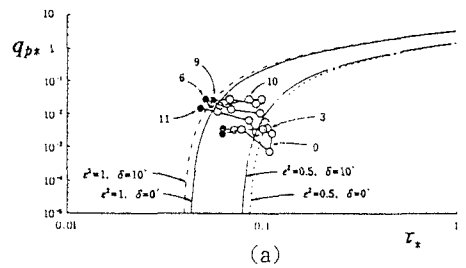


図5 式(2)と実験値