# 河床と側岸侵食を伴う急勾配流路の変動に関する研究

九州大学大学院工学府	学生員	高岡広樹
九州大学大学院工学研究院	正会員	橋本晴行
九州大学大学院工学府		遠藤伸一

1. はじめに

山地流域からの土砂流出は下流域において河床上昇による氾 濫や濁水による水質悪化といった様々な問題を引き起こしてい る.このような問題に対しては,流出土砂量の評価が重要であ り,山腹斜面における流路変動と侵食速度について知る必要が ある.山腹斜面では大小さまざまな流路が発達し,このような 流路では河床と側岸が同時に侵食されている(図-1).従来,侵 食速度については多くの研究が緩勾配流路を対象として行われ てきたが<sup>1),2)</sup>,山腹斜面のような急勾配流路を対象とした研究 はほとんどない.



著者らは,急勾配移動床水路において側岸からの崩落土砂を 伴う場合の流出流量の特性について調べ,河床侵食,側岸侵食

が流出流量を規定する要因の一つであることが分かった<sup>3)</sup>.そこで,河床侵食のみの場合,側岸侵食のみの場合について侵食実験をそれぞれ行い,河床侵食速度式,側岸侵食速度式を評価した<sup>4)</sup>.

本研究は,まず河床侵食と側岸侵食が同時に生起する場合の流路変動について実験を 行った.次いで前報<sup>4)</sup>で得られた侵食速度式を用いて流路変動解析を行い,実験結果と 比較した.

# ↓

d(mm)

D(cm)

 $D_0(cm)$ 

 $B_{f}(cm)$ 

 $B_0(cm)$ 

0.17

10

2.5

30

5

2. 実験方法

実験に使用した水路は全長 L=12m,幅  $B_f=30$ cmのアクリルライト製の可変勾配水路である.水路勾配は  $_0=6$ °,10°,14°,移動床部の長さは  $L_b=11$ m とした.初期横断面については,厚さ D=10 cmの移動床上に幅  $B_0=5$  cm,深さ  $D_0=2.5$  cmの流路を水路中央部に設け,河床侵食と側岸侵食を同時に生起させる実験を行った(図-2).河床材料にはほ

ぼ均一な粒度分布を持つ平均粒径 d=0.17mm,比重 / =2.62の細砂を用いた.この細砂の最密充填濃度 C-は C-=0.51,土砂の初期含水比wはw 30%であった.実験条件を表-1に示す.

実験は上流より一定流量 Q<sub>w0</sub> 400cm<sup>3</sup>/s の水を所定の時間通水して行った.水と土砂を合わせた全流量 Q<sub>t</sub>,流砂 濃度 C<sub>T</sub> は下流端で流れを採取することにより測定した.また,通水停止後ポイントゲージを用いて河床高,流路 幅および x = 3.25mにおける流路の横断面を測定した.ここで,上流端を x = 0 とし,下流方向に x 軸を設定した.

### 3. 実験結果

図-3,4 はそれぞれ通水停止後における河床高,流路幅の縦断図である.図中の実線は実験結果を,点線は計算結果を示す.計算方法については後述する.ここで,t は通水時間である.水路勾配 0=6°の場合,側岸侵食が顕著であり,流路幅は非常に広くなっている.また,水路下流域で堆砂により河床が上昇している.一方, 0=10°の場合,拡幅はほとんど進行せず,河床侵食が卓越しているのが分かる.

図-5 は×=3.25mにおける流路の横断図である.水路勾配 0=6°の場合,広く浅い流路断面を形成している

が, 0=10°の場合,河床侵食が卓越し,深い谷地形を形成している.

### 4. 1次元流路変動計算

用いた基礎式は運動方程式,全相連続式,固相連続式,河床侵食速度式 と側岸侵食速度式<sup>4)</sup>である.流水断面は長方形であると近似すると基礎式 は次のようになる.

$$\frac{\partial(\rho_t Q_t)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho_t v Q_t)}{\partial x} = \rho_t g Bh \sin \theta_0 - gh \frac{\partial\{\rho_t B(h+z)\}}{\partial x} \cos \theta_0 - \rho_t \frac{B+2h}{\varphi^2} \left(v^2\right)$$
(1)

$$\frac{\partial(Bh)}{\partial t} + \frac{\partial Q_t}{\partial x} = B \frac{\partial z}{\partial t} + C_* \left( 1 + \frac{\sigma}{\rho} w \right) h \frac{\partial B}{\partial t} \quad (2) \qquad \frac{\partial(CBh)}{\partial t} + \frac{\partial(C_T Q_t)}{\partial x} = C_* \left( h \frac{\partial B}{\partial t} + B \frac{\partial z}{\partial t} \right) \quad (3)$$

$$C_{T} - C_{T} > 0$$
の場合  

$$C_{T} - C_{T} < 0$$
の場合  

$$\frac{\partial z}{\partial t} = -k_{b} (C_{Tx} - C_{T})^{0.6} v$$
(4)  

$$\frac{\partial z}{\partial t} = k_{b} (C_{T} - C_{Tx})^{0.6} v$$
(5)

$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = \mathbf{k}_{s} \mathbf{v} \tag{6}$$

ここに,  $\rho_t$ :流れの密度,  $Q_t$ :全流量, v:平均流速, h:水深, z:河床 高, B:流路幅,  $\varphi$ :流速係数(=11),  $C_T$ :流砂濃度,  $C_*$ :最密充填濃度(=0.51), w: 側岸土砂の含水比(=30%)である. $k_b$ ,  $k_s$ は係数で $k_b$ =0.01,  $k_s$ =0.001 で ある<sup>4)</sup>.また,平衡流砂濃度  $C_T$ は下流端における流砂濃度の実験値で近 似した. 側岸土砂の崩落モデルは前報<sup>4)</sup>と同様である.

初期条件はドライベッドとし、境界条件としては上流端において一定流量,等流水深,流砂濃度 C<sub>T</sub>=0 を与え,下流端では,せきにより河床侵食が抑えられているため,境界条件はz=0となる.

## 5. 計算結果と考察

図-3~5 は流路変動についての計算結果と実験結果との比較である.水 路勾配 0=6°の場合,拡幅が顕著であり,拡幅に伴って掃流力が減少す るため下流域で堆砂が生じる.一方, 0=10°の場合,河床侵食が顕著 であり,深い谷地形を形成する.いずれも計算結果と実験結果はよく一致 しているのが分かる.

### 6. おわりに

本研究では,河床侵食と側岸侵食が同時に生起する場合について流路変動の実験を行った.その結果,水路勾配 0=6°の場合,河床侵食より側 岸侵食が顕著であり,拡幅に伴って掃流力が減少するため,堆砂が生じる ことが分かった.また, 0=10°の場合,河床侵食が卓越し,横断面は 深い谷地形を形成することが分かった.さらに侵食速度式を用いて数値計 算を行い,実験結果と比較した.その結果,計算結果は実験結果を良好に



 高橋・中川・里深・奥村・安本,京都大学防災研究所年報,第41号,B-2,1998.2)芦田・江頭・加本,京都大学防災研究 所年報,第26号,B-2,1983.3)橋本・Park・池松・高岡,水工学論文集,第46巻,2002.4)遠藤・高岡・橋本・池松, 自然災害研究協議会西部地区部会報・研究論文集,第28号,2004.





