

II - 7

侵食性河道における河床変動特性

東北大学工学部 学生員 ○島田 典和
東北大学大学院 正会員 泉 典洋
東北大学大学院 正会員 山路 弘人

1. はじめに

長期的な河道形態の変化は河川工学において古くから興味の対象になってきた。広瀬川上流、青葉山など河床に岩盤がみられるものは侵食が卓越する河道である（本論文では侵食性河道と呼ぶ）。このような侵食性河道の河床変動を明らかにすることは、長期的な河道計画を考える上で重要である。

これらの侵食性河床の斜面は降雨などによって侵食を受け、その形態を変化させていく。本研究では侵食性河道の基本的な変動特性を明らかにするために、流下方向一次元の実験を行った。実験では段差斜面を水路に与え、その段差斜面がどのように変動するかをビデオを用いて観察した。

2. 実験の概要

一次元の実験を行うために幅 1 cm の水路を用いた。上流側に自然越流するような貯水タンクを設け、そのタンクに一定流量が流れ込むよう揚水ポンプ、定ヘッドタンク、調整バルブを設けて水を流す。下流部は自然放流とした。水路はアクリル板で作成し、河床勾配 S は 0.004 とする。水路には粘性土砂により段差斜面を有する河道を設ける。実験装置の概要図を図-1 に示す。

斜面構成材料はカオリナイト、シリカを混ぜたものとし、この時の含水比などは考慮しなかった。

実験は調整バルブにより流量を調節する。実験中は、河道の段差斜面部分を約 1 分間に 0.2 秒でビデオ録画し、その変動を記録する。各実験においてカオリナイト、シリカの混合比、段差斜面の勾配、形状を変え実験を行い、理論定常解の形状との比較、考察を行った。

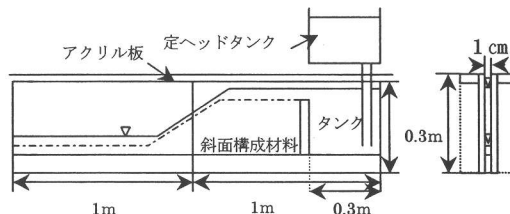


図-1 実験装置

3. 実験結果

実験の一例としてケース 7 の結果を写真-1 に示す。ケース 7 は条件として流量を $11.7 \text{ m}^3/\text{s}$ 、斜面構成材料はカオリナイト、シリカが 30 : 70 の割合で混合されたものであり、段差斜面勾配 S は 0.475 である。実験 7 は段差斜面下部での堆積が若干みられた。侵食によって斜面上にはステップが 2~3 個形成され、ある程度の時間が経過すると形状の変化は緩慢になった。

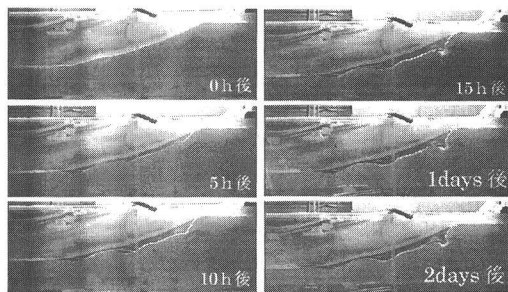


写真-1 実験 7

4. 考察

4. 1 理論定常解との比較

表面流を表現する浅水流方程式とそれによる侵食の式を用い、流下方向一次元の定常解の形状を求める。段差斜面形状は式 (4.1) を流速分布を用いて積分することにより得られる。

$$\frac{\partial \eta}{\partial x} = -\sigma - c^{-1} [E(u^2) - E(u_n^2)] \quad (4.1)$$

得られた形状は、無次元パラメータ γ 、無次元限界

掃流力 τ_{th} により形状が異なる。ここで、実験結果との比較を行い、その理論式の妥当性を調べた。

図-2 に実験値と理論値を示す。無次元パラメータ γ が1.5~2.2, 無次元限界掃流力 τ_{th} が0.5~0.7のときフルード限界点上部の形状が一致した。従来の研究^{1) 2) 3) 4)}から γ は0.5~4.0程度であり、無次元限界掃流力は0.5程度であるので、図-2の定常解の γ , τ_{th} は合理的な値といえる。しかし、図-2からフルード限界点より下流側では定常解形状とは大きく異なる結果となった。これは侵食性河道が表現できず堆積が起きてしまっていることが原因の一つと考えられる。

侵食性河道を完全に表現するのに、どのような条件下で可能になるのが今後の課題である。

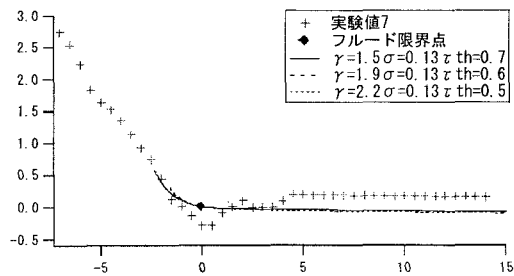


図-2 下部形状比較

4. 2 ステップ形状

斜面上を流れる流水がその侵食によって流路を形成する際、段上の河床が形成された。この実験結果を山口、泉²⁾によるステップ発生線の線形安定解析の結果と比較した。

侵食の初期における微小擾乱の発生過程を、レイノルズ方程式を用いた線形安定解析を行い、本実験の抵抗係数 $C_f=0.03$ に相当する $\kappa=0.1$ の図-3のコンタ図を得た。図-3は横軸が無次元波数 k 、縦軸がフルード数を表す発達速度 Ω の等高線図である。太い実線は中立曲線であり、実線が正、点線が負のコンタとなる。この図に各実験の初期ステップ形成時の結果をプロットした。 k による Ω の値の変化に着目すると、ある F_r の範囲で、 Ω の値を最大にする卓越波長が存在することがわかる。これを破線で表す。実験で得られた波長は破線付近に位置した。

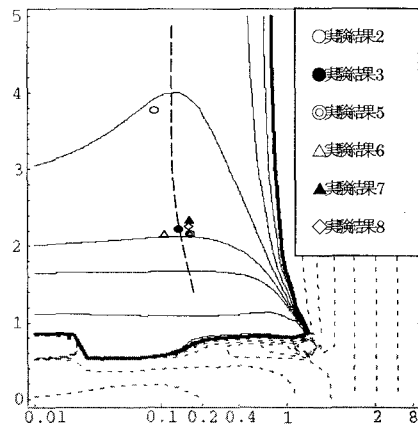


図-3 実験結果との比較。 $\kappa=0.1$

5. 結論

- (1) 実験結果は理論解とあまり良い一致を示さなかった。これは侵食性河道が完全に表現できなかったことが原因と考えられる。
- (2) 実験ではある程度時間が経過しステップ形状が作られると、侵食力が低下し形状の変化が緩慢になった。
- (3) 実験結果と比較すると、解析で求められた卓越波長は実験の発生初期の波長と近い値を示していることがわかった。

参考文献

- 1) 泉 典洋：水路群発生の線形安定論-斜面下流端からの発生理論-, 土木学会論文集, No614/ II-46, pp. 65-75, 1999. 2
- 2) 山口 里実, 泉 典洋：侵食性河床におけるステップ発生の線形安定性理論, 水工学論文集, 第45巻, pp. 751-756, 2001. 2
- 3) 山口 里実, 泉 典洋：侵食性河床上のステップ発達に関する弱非線形型安定解析, 応用力学論文集, Vol. 5, pp. 639-648, 2002. 8
- 4) 泉 典洋, Gary Parker：斜面下流端から発生する水路群について, 土木学会論文集, No521, pp. 79-91, 1995-8