

河川砂州の崩壊に関する実験的研究

東北大学工学部 学生員 山岸 弘明
東北大学工学部 正会員 小川 由信
東北大学工学部 正会員 首藤 伸夫

1. はじめに

日本における中小河川では平常時と出水時の流量に大きな差があるため平常時に形成された河川砂州が出水時に崩壊するという現象が起こる。しかし、河川砂州の崩壊に関しては、これまであまり研究されておらず、その崩壊の機構は明確にされていない。砂州が崩壊するに際しては、水が砂州を乗り越える加速流となるためその流速分布が変化すると考えられ、砂の移動と共に現象が把握されなければならぬ。そこで本研究では、まず移動床実験において崩壊の過程を追ひ、流量に拠り、固定床実験において流速分布を求めて底面剪断応力をも考慮して河川砂州の崩壊の過程、機構について解析を試みた。

2. 実験方法

(1) 移動床実験：図-1に示す様な片面アクリル張り実験水路内に長さ2m高さ7cmの2次元砂州を形造り通水し、砂州の崩壊の様子を調べた。カメラ4台による写真同時撮影を行ない、各時間毎に流れ方向に5cmピッチで水面と砂面の高さを読み取る事によって砂州形状と水面形の時間的変動を調べた。流量に関しては1360 cm³/s, 2840 cm³/s, 3840 cm³/sの3種類について実験し、砂は中央粒径0.6mmのものをを用いた。なお、砂州形状に関しては福島県鮫川河口部の実験データを参考にした。

(2) 固定床実験：移動床実験の結果得られた崩壊途中の砂州形状の固定床模型をベニア板で形造り、水位、流速分布、底面剪断力の測定を行なった。模型の表面には移動床実験時に用いた砂をはり付けた。水位測定はサーボ式水位計を用いて流れ方向に5cmおきに行なった。流速分布の測定は3mmのアロペラ流速計を用いて流れ方向に10cmおき、鉛直方向には水底より0.3cm~1.0cm間は1mmおき、1.0cm~2.0cm間は2mmおき、それ以降は5mmおきに測定した。またプレストンチューブを用いての底面剪断応力の算定も行なった。

3. 実験結果

(1) 対数分布則による流速分布と剪断力：開水路等流状態では流速分布は以下の対数分布で近似できる。

$$\frac{u}{u_*} = 2.5 \ln \frac{u}{u_*} + Ar(Rs) \quad \text{----- (1)}$$

$Rs \geq 70.0$ (粗面)	$Ar = 8.5$
$Rs \leq 4.0$ (滑面)	$Ar = 5.5 + 2.5 \ln Rs$
$4.0 \leq Rs \leq 70.0$ (粗滑遷移領域)	$Ar = 3.75 + 6.18 \ln Rs - 2.03 (\ln Rs)^2 + 0.199 (\ln Rs)^3$

式(1)を水深方向に積分すると

$$\frac{\bar{u}}{u_*} = 2.5 \ln \frac{\bar{u}}{u_*} - 2.5 + Ar(Rs) \quad \text{----- (2)}$$

従って、 $\bar{u}$, h , Rs , u_* を与えると u_* が求まり流速分布および底面剪断応力 $\tau_0 = \rho u_*^2$ が算定される。

(2) 移動床実験結果：流量が2840 cm³/sの場合について砂面および水面の経時変化を示したのが図-2である。砂州崩壊の初期段階では、(a)に示したように下流側斜面全域に渡り侵食が生じ、砂州が平坦化されるにつれ、b)のように侵食される領域

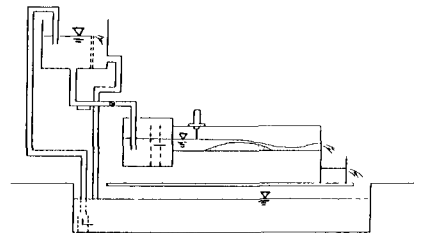


図-1 実験装置

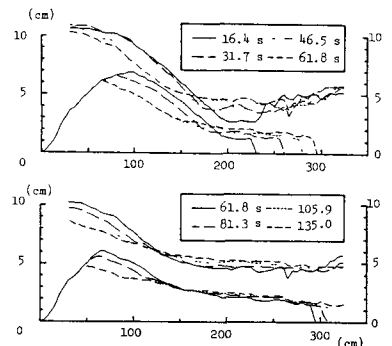


図-2 砂面・水面の経時変化

は砂州頂直下のみとなる。図-3は実測流量のMeyer・Peter-Müllerの掃流砂量に対する比率 α の時空間的变化を調べたものである。但しシールズ数は式(2)を用いて算定した。流れはほぼすべての時間・場所において粗粒遷移領域と判定されている。砂州崩壊初期においては上流側で α が4~5と大きく、その後2程度の値となる。T=60秒以降では α は場所的に均一化し、その平均値は時間とともに減少する。ただし、いまだの場合も α は1より大きい。山口ら(1967)は砂州崩壊機構をシミュレートするためには、流砂量を佐藤・吉川・芦田公式の3倍とすることが必要であると述べているが、上述の結果も平均的には同様の傾向を示している。

(3) 固定床実験結果：図-4に示す固定床模型の各測点について流速分布を調べた結果を図-5に示す。図中の直線は式(1)、(2)から計算した値である。砂州の上流のNO.1および下流側のNO.12では対数分布となる。ただし下流側の流速の鉛直勾配は式(1)の値に比べ大きい。またNO.3では上部に突出した流れが生じるのに対しNO.5,7では引込んだ流れが見われている。次に、図-4の砂州地形に対する剪断力の場所的分布の測定結果を示したのが図-6である。図には式(4)による計算結果も示してある。下流側の減速域では、計算値が15~70%程度大きくなるが上流側の加速域では逆に測定値の方が計算値よりも幾分大きくなる。また両者の差は流量が小さいケースの方が大きい。従って、この結果から(1)で述べた α が1より大きくなるということが必ずしも底面剪断力の過小評価に起因しないものと考えられる。

4. おわりに

河川砂州の崩壊機構を移動床実験のみならず、固定床実験も行なって検討した。今後、固定床実験をより詳細に行ない、さらに流砂の非平衡性、場所的遅れを考慮してモデル化を行なう必要がある。

〔謝辞〕

本研究の一部は、文部省科学研究費(代表 東北大学理学部、栗原康教授)によることを付記する。

〔参考文献〕土屋・山口, 第11回水講, 1967

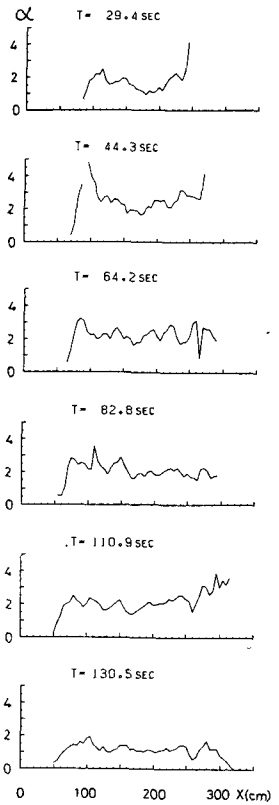


図-3 流砂量比 α の変化

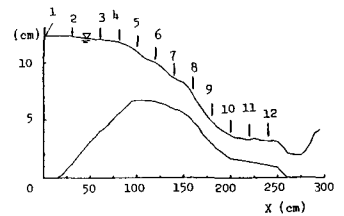


図-4 固定床模型

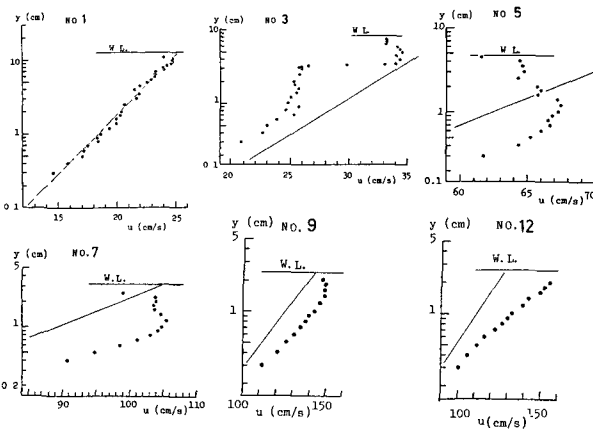


図-5 固定床における流速分布

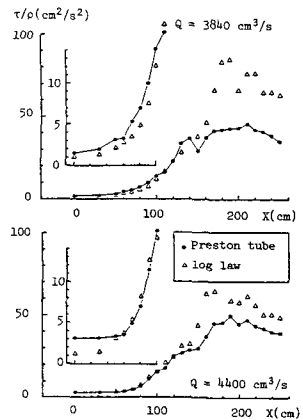


図-6 底面剪断応力