

II-127 河床横断形状の形成過程

京都大学防災研究所 正員 村本 嘉雄

京都大学防災研究所 正員 藤田 裕一郎

台形の初期形状をもった流路に通水して、形成される河床横断形状について、実験とその解析の結果を述べる。

1. 横断形状の形成過程に関する実験 横断形状の形成は、土砂の連続式から考えると、河床の横断方向の各点で、流砂量の流下方向成分 $\partial \bar{q}_x / \partial x$ の流下方向変化 $\partial^2 \bar{q}_x / \partial x^2$ が異なることと、流砂量の横断方向成分 $\partial \bar{q}_y / \partial y$ が異なることによって行なわれる。右の表に示す

A, B 2 実験とも、中流区間にほぼ一樣な流路が形成され、この区間での流砂量の流下方向の変化は小さいと思われ、横断形状の形成は主に $\partial \bar{q}_y$ の変化によると考えられる。したがって、横断方向の土砂収支の検討から $\partial \bar{q}_y$ の把握ができる。図-1, 2 にそれぞれ実験 A, B で得られた、横断形状と侵食を正とした横断方向の土砂収支図、その兩岸から中央への累積図を上から下に示す。A は小粒径のため複雑な形状を示すが、A, B とも兩岸で侵食、中央部で堆積が初期に顕著である。累積図は $\int \frac{\partial \bar{q}_y}{\partial y} dy$ が 0 なら中央で 0、正なら正、負なら負となり、0 の場合曲線の高さが横断方向の砂の通過量を示す。一樣砂と混合砂の違いはこれらの図からは明確ではないが、後者がより安定な形状を示すようであり、流況の観察では混合砂の横断方向の分級作用が強く、小粒径の砂ほど早く中央部へ移動して結果的に河岸近くに Armouring 効果が現われて着着き、中央部には流砂のある動的平衡状態が予想できた。この平衡状態はあそうく砂礫堆の発生しないような水理条件の範囲に存在するように思われる。これに対し、一樣砂では振幅がすすむと流れに偏りが生じて上述の状態の形成は困難であった。

2. 横断形状の形成過程の基礎式 平面上の土砂の連続式に流砂の方向 $\tan \varphi$ を導入し、水流が一次元的と仮定すると、この過程の基礎式は、図-3 の座標系と諸量を用いてつぎのようになり、原理的には解析できる。 $\frac{\partial \bar{q}_x}{\partial x} + \frac{1}{\lambda} \left(\frac{\partial \bar{q}_x}{\partial x} + \frac{\partial \bar{q}_y}{\partial y} \right) = 0 \dots \textcircled{1}$, $\bar{q}_x = \frac{M_1}{(\phi-1)g} U_* (U_*^2 - U_{*c}^2) \dots \textcircled{2}$, $\bar{q}_y = \bar{q}_x \cdot \tan \varphi \dots \textcircled{3}$, $\tan \varphi = f(x, y, t) \dots \textcircled{4}$, $U_*^2 = U_{*L}^2 \cos \theta = g(H-Z) \text{Ie} \cos \theta \dots \textcircled{5}$, $U_{*L}^2 = U_{*Lc}^2 \cos \theta \sqrt{1 - \tan^2 \theta} \dots \textcircled{6}$, $Q = \int_{B_1}^{B_2} U(H-Z) dy = \int_{B_1}^{B_2} C U_{*L} (H-Z) dy \dots \textcircled{7}$, $\text{Ie} = -\frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} - \frac{\partial v}{\partial x} \frac{\partial v}{\partial x} - (1-\beta) \frac{\partial v}{\partial x} \frac{\partial A}{\partial t} - \cos \delta \frac{\partial (H-Z)}{\partial x} + \sin \delta + \cos \delta \frac{\partial Z}{\partial x} \dots \textcircled{8}$, $Z(B_1) = Z(B_2) = H \dots \textcircled{9}$, $\tan \theta = \frac{\partial Z}{\partial y} \dots \textcircled{10}$, $\cos \theta = 1 / \sqrt{1 + (\frac{\partial Z}{\partial y})^2} \dots \textcircled{12}$ $\therefore \therefore \therefore$, λ は間隙率の $1/100$, M_1 は係数, ϕ は砂の水中静上摩擦角,

表

	A. 一樣砂	B. 混合砂
平均粒径	0.42 mm	0.88 mm
初期こう配	1/100	1/200
初期形状	台形 (35-5-25°)	台形 (90-10-50°)
敷設延長	8 m	40 m
流量, 給砂量	3ℓ/s, 3.65 cm ³ /s	10ℓ/s, 7.5 cm ³ /s

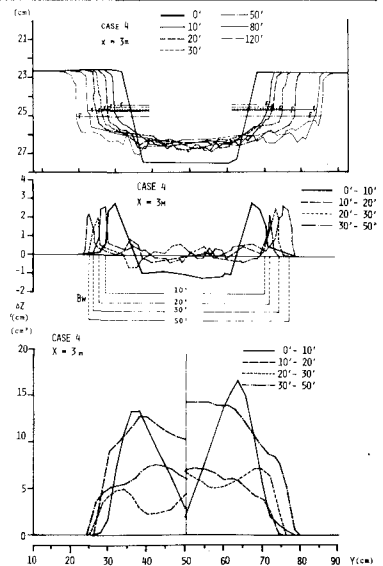


図-1

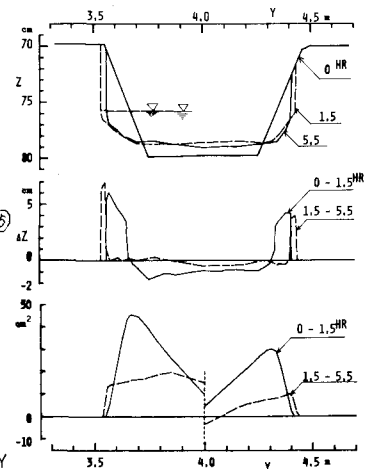


図-2

は流速係数、添字は水平での値を示し、他は慣用の記号である。

④式の $\tan \theta$ について、流下方向変化の小さい実験Aの初期の土砂収支から、この期間の平均的な移動方向として推算を行なった。図-1の累積図から単位時間当りに換算して g_{by} を、通水10分後の横断形について②、⑤、④式を用いて g_{bx} を求めた結果が図-4である。これから $\tan \theta = g_{by}/g_{bx}$ を求めて片対数紙上に描くと図-5のようになつて実験式として図中の式が得られた。しかし、側岸に近い車軸の0.1以下では適合がわるく、この部分での g_{bx} , g_{by} の推算に問題があり、機構的検討が必要がある。

⑤、④式の掃流力分布と境界掃流力分布について簡単な実験的検討を行なった。側岸こう配 $\theta = 0.733$ 、水路こう配 $1/500$ の流路に段階的に流量を増加させ、水深を大きくして掃流力を増し砂の移動限界を観察した。水路底での境界掃流力で④式より斜面での値 τ_{cs} を、測定した水深から⑤式によつて各流量ごとに掃流力分布を求め図-6に示す。この図によれば、 $Q=0.6$ %以下で全河床が移動限界以下、 $Q=0.8$ %以上で河床と側岸斜面の一部が移動限界以上、 $Q=0.65$, 0.7 %に対し斜面の一部のみが移動限界以上となる。実験では、 $Q=0.6$ %以下では全く砂の動きはみられず、 $Q=0.8$ %以上では河床全体が動き出したが、 $Q=0.65$, 0.7 % に対しては斜面の一部だけで間断的移動があった。これより、⑤、④は一応妥当とみなした。

①~④式を流下方向に一樣な単純な条件で数値計算を行なった結果が図-7である。水際の境界条件と計算途中で $\tan \theta > \tan \theta_0$ となつたときの処理の仕方で異なる結果が生じるようである。

3. 側方侵食を伴う河床変動の一次元解析法と2次元解析法の関連
流下方向に一樣な場合の一次元解析法の解と図-7の例とではともに実験値より拡幅が早く同じ傾向を示すようであった。

一次元解析法の問題点は側岸の侵食量の表現である。平均河床高として水周縁での平均値をとれば、この侵食量は水際を横断方向に通過する土砂量となる。これは側岸付近の掃流力と流砂の移動に伴う河床の変形によって生じる崩落やすり込みの量であつて、この解析法では水際の境界条件として与えるものである。この境界条件は、側岸の変形過程としてとらえれば土質力学的な安定条件から与えねばならないが、実験的には側岸付近の河床の変形を追跡して、どの程度の変形でどのような土砂の移動を生じるかを把握できれば良いものか与えられる。これを側岸侵食量式に導入するには、形状に關したパラメータが必要であらう。

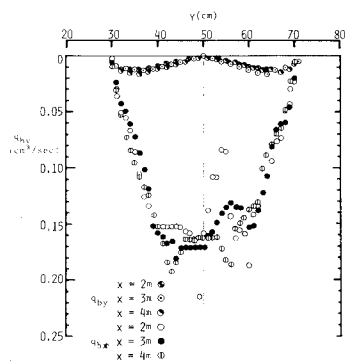


図-4

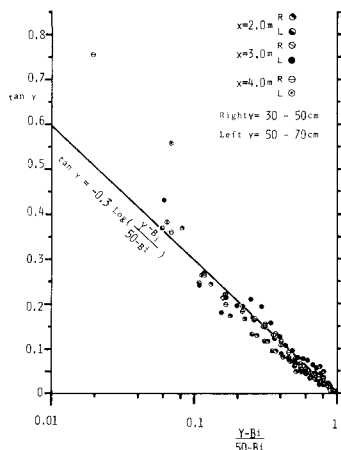


図-5

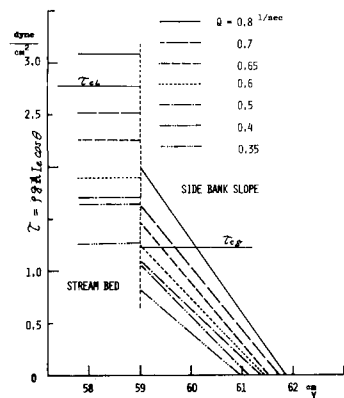


図-6

<参考文献>

- 1) 村本・藤田・古園; 昭和閣面支部年報, 1974.
- 2) 芦田・村本・奈良井; 京大防災研年報第14号B, 1971.
- 3) 村本・田中・藤田; 京大防災研年報第15号B, 1972.

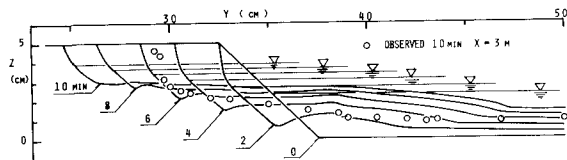


図-7