

II-58 強制蛇行に關する実験的研究

京都大学防災研究所

正員

矢野勝正

〃

〃

茅田和男

鴻ノ池組

〃

塩見靖国

1. 要旨 移動床水路においては、ある水理条件のもとで左右交互の砂碲堆が形成され、これにより、水流が蛇行する。この砂碲堆は両壁を固定した直線水路においては流下移動するが、同じ波長(砂碲堆2ヶを一波長とする)をもつ両壁を固定した蛇行水路(ここでは強制蛇行水路と呼ぶ)においては、この括弧において、この移動状況は異なり、ある括弧において移動が停止する⁽¹⁾。本研究においては、括弧において砂碲堆の挙動がどのように変化するかを実験的に究明し、かつ砂碲堆が固定した場合における砂碲堆の形状に關して、若干の考察を行つたものである。こうして現象の解明は、蛇行現象解明の一つの approach と考えられ、かつ重要問題としては、流路を固定するという観点から経路計画を行つた場合の基礎資料を提供するものと考えられる重要な問題である。 表-1

2. 実験概要 実験水路は有効長18m、巾0.5m、この種類は図-1および表-1のとおりである。使用砂は $d_{50}=0.9$ mmの比較的均一砂。流量2~5ℓ/s、給砂量0~30g/s、勾配1/60~1/100の範囲内で34ケースに対して、砂碲堆の形状、移動状況、水角形状および流砂量などを測定した。

3. 実験結果とその考察 直線水路における砂碲堆^(堆)の高さ、平均の高さを Δz とすれば、実験の結果 $\Delta z/B$ 、 $\Delta z/d$ は主としてフルード数の関数になるものである。つまり砂碲堆の移動速度 U_d は、砂碲堆の上面の流砂量を q_B とすれば、

$$U_d = q_B / \Delta z (1 - \lambda) \quad \dots \quad (1)$$

で与えられる。 $\lambda = \tau_0 / \tau_c$

$$q_B / U_d = K \{ (U_{*c} - U_{*d}) / (\sigma - \rho) g d \}^2 \quad \dots \quad (2)$$

とし、 $\Delta z/B$ 、 $\Delta z/d$ が Froude 数の関数であることと考慮すれば、

$$(U_d / U_{*c}) (B/d) / \{ (U_{*c} - U_{*d}) / (\sigma - \rho) g d \}^2 = f(Fr) \quad \dots \quad (3)$$

となる。実験値により(3)式の関数を示すと図-2のとおりであり、各種の場合をかなり統一的に説明できるものである。次に蛇行水路における砂碲堆の特性であるが、もともと曲率半径の大より M_{III} の場合は直線水路の場合とほとんど変化なく、凸岸をまわって流下する。次に M_{II} 水路では砂碲堆は移動するが、ある所まで流下して消滅し、また最初的位置から発生するのように周期的な変動をする場合と、凸岸をまわって流下する場合と2通りがあり、停止限界に近い状態にある。さらに曲率半径を小さくした M_I 水路においては砂碲堆の移動は全く停止する。砂碲堆が停止する限界を求めるとは、弯曲部の水理機構に關する詳細な議論が必要で

水路記号	S	M_I	M_{II}	M_{III}
中心半径 r_c (m)	直	1.20	3.41	10.01
直線距離 a (m)	線	0.40	0	0
中心角 θ (°)		90°	34'12"	11'30"
波長 入 (m)		4.00	4.00	4.00

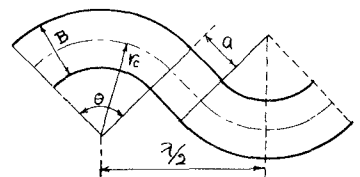


図-1

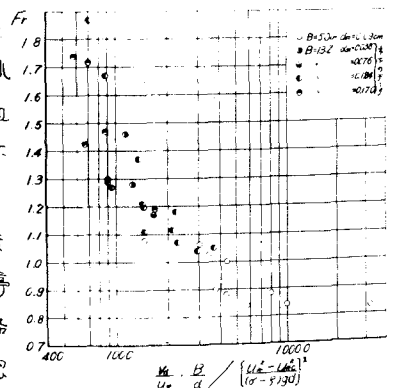


図-2

右に非常に困難であるが、定性的には次のように解される。直線水路において砂礫堆が発生している場合には、水流は蛇行し、丁度彎曲部におけるように横断方向に不均一な水流勾配が生じる。従って従前者に比してかなり小さい場合には、砂礫堆は移動し、かなり大きい場合には停止し、同程度の場合には限界状態にたどるものと思われる。彎曲水路における左右岸の水位差 ΔH は、図-3を参照して次の式には次のように書ける。

$$\Delta H = \int_{r_1}^{r_2} \alpha_1 \left\{ (u_{0m})^2 / g h_c \right\} dr = \alpha (u_m^2 / g h_c) \cdot B \quad (4)$$

ただし、 α_1 は鉛直方向の流速分布形、 u_{0m} の影響、 α は鉛直方向の流速分布形による影響を全として、また α には α_1 および u_{0m} の分布形による影響を全として、 u_m は全断面の平均流速である。いま直線水路における砂礫堆による左右岸の水位差を ΔH_s とすれば、砂礫堆の停止は次の(4)式から

$$\Delta H_s / B = \alpha (u_m^2 / g h_c) \quad (5)$$

と表わされる。この式の内容が不明確であるので、限界状態を適格に求めることはできない。同様の要素を知ることである。いま給砂量、流量および勾配が同じ若干の資料により、 $\Delta H_s / B \cdot (u_m^2 / g h_c)$ の値を求めると、MI、MII、MIII 水路に対してそれぞれ、0.7 ~ 1.6, 2.2 ~ 4.7, 6 ~ 18 が得られるが MIII がほぼ限界にありとみなす。この限界値は一応、2 ~ 5 程度と考えられ、これに基づいて範囲の資料により検討する必要がある。

砂礫堆が固定した場合にありては、その前縁の位置は非常に重要な要素にならねば、よって水路形状および水深とこの関係により、次のように説明を試みる。

Rogonakii⁽²⁾ は相似をもつ彎曲部流れに対して、主流の流速分布は対数法則に従う、つまり向う運動方程式において今までの加速度項を u^2/r の項に対して省略する、断面並流の場合の流線方向に流線は一致するなどの仮定のもとに、

$$u_r = (1/r^2) (u_{0m}) (h/r) \{ F_1(\eta) - (1/r^2) [F_2(\eta) + 0.8 (1 + h/r)] \}$$

$$u_\theta = (u_{0m}) [1 + (1/r^2) (1 + h/r)]$$

$$F_1(\eta) = \int \{ 2 \ln \eta / (\eta - 1) \} d\eta, \quad F_2(\eta) = \int \{ 1/\eta^2 / (1 - \eta) \} d\eta$$

に Karman 定数、 C : Chézy の係数、 $\eta = z/h$

を代入し、(1)より $\eta = d/h$ とし、彎曲部入口を起点として、

流線を表わしたものが図-4である。同図のA印は砂礫堆の

前縁の位置を示す。両者はかなりよく一致している。砂礫堆の後半部には多少差異が生じているが、この区間は砂礫堆の境界線が時間的にかなり変動する不安定な領域である。上の理論は河床変動の著しくなり場合のものであるので、変動がかなり進行してからの砂礫堆の位置をこのまま表わすことはできない。砂礫堆前縁の位置は変動が進行してもあまり変化しないので、上のよう説明を試みたのである。

(1) 木下良作：河川砂礫堆の移動性について、新砂防 Vol. 14, No. 2, 昭和36年。

(2) Rogonakii : Flow of water in bends of open channels, Academy of Science of the Ukrainian SSR 1957

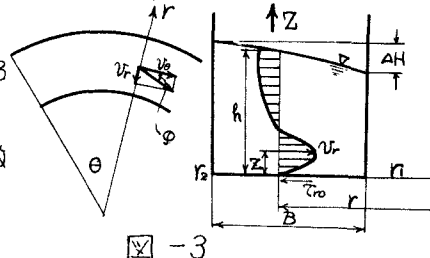


図-3

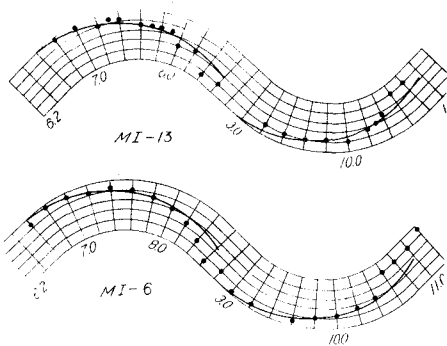


図-4