

京都大学・防災研究所 正員 道上 正規
鹿島建設株式会社 正員 村雲 治

1. まえがき

分岐水路流れの特性を利用して、できるだけ多くの土砂を主水路から分岐水路に導いて、これを貯水池に入れることばく下流にバイパスする方策を検討するため、分岐水路付近の流れ特性と土砂配分の性状把握に関する実験を行った¹⁾。本報告は、これらの実験結果に二、三の考察を加えたものである。

2. 実験の概要

使用水路は水路幅10m、全長約20mのコンクリート水路で、水路下流端から2.13mのところに水路幅10cm、分岐角度90°の分岐水路が取付けられている。平均粒径0.544mmの一粒砂を河床勾配1/400にかなうように敷きつめ、移動床で実験を行い、主水路と分岐水路の流量および流砂量が測定された。また、分岐部付近の流線は糸を流れて沿わせて測定した。図-1に見られるように、流線形状は表層と底層では性状が異なり、多くの底層流線が分岐水路に入っている。掃流砂は底面付近の流れに支配されるので、このような現象を利用すると、流砂を効果的に分岐水路へ導入することができようであろう。

3. 実験結果の考察

(1) 流砂配分： こうした流れの特性に注目して、流砂配分比 K_g (分岐水路流砂量/全流砂量)と流量配分比 K (分岐流量/全流量)の関係を検討した空田の式²⁾(図中の曲線)と実験結果を比較したものが図-2に示されているが、概略的には両者は対応している。しかし、詳細に検討すると差異が認められ、著者の実験結果が K の小さいところで空田式よりも大きく、一方田中³⁾の実験値は小さい目になっている。この一つの原因は、開口比(分岐水路幅と主水路幅との比)の相違によるものと考えられる。すなわち、本実験の開口比は0.1、空田のそれは0.35、田中のそれは0.4となっており、同一の K に対して、開口比が小さいと、分岐水路の掃流力が増加するから、入口付近の砂州が消失して砂がスーズに流下するからであろう。 $K \geq 0.25$ のとき、 K_g に及ぼす開口比の影響は小さくなるようである。このことは、実河川の土砂導入のための分岐水路設計において注目すべき点であろう。もう一つ、要因として、 K_g に及ぼす河床粗度の効果が考えられるが、これについては後述する。

(2) 流線： 水流の分岐水路への曲がりによって、表層と底層の流線のずれが生じているとすれば、分岐水路側と中央では水位差が生じるはずである。この1例が図-3に示されており、分岐部付近で水位差が最大となり、 K の増加にともなって、それは小さくなる。このような流れの性状は非常に複雑であるが、単純化して、横断方向の水位差が遠くにか起因するとすれば、図-4を参照して、次の釣合条件より次の関係となる。

$$U^2/R = g \Delta h / B_{eff} \quad \text{----- (1)}$$

ただし、ここでは二次流による剪断応力は考慮してない。Rは分離流線の半径で、分岐より離れた曲率の小さいところでは、鉛直方向に一定と仮定することができよう。これに関しては、Ameyan⁴⁾が解析を試みているが、主流の流速分布を与えると、他は一定値であるので、分離流線中 B_{eff} が次のように書ける。

$$i) \quad U = U_{max} \sqrt{1 - d(Z/H)^2} : \quad B_{eff} = B \cdot [1 - d(Z/H)^2]^{-1} \quad \text{----- (2)}$$

ここに、 U_{max} ：最大流速、 d ：実験定数($d \approx 0.5$)

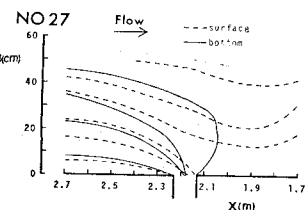


図-1 流線 ($Q_r=4.4$, $K=0.35$)

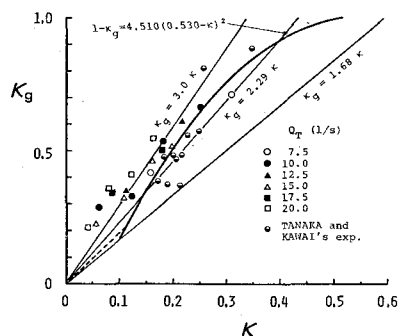


図-2 流砂配分比と流量配分比の関係

ii) $U/U_* = 8.5 + 5.75 \log_{10} (H-Z)/k_s$: $B_{2H}/B_0 = [1 + \{5.75 \log_{10} (1 - \frac{Z}{H})\} / \{2.5 + (U_m/U_*)\}]^2$ ----- (3)
 二に、 U_* : 摩阻速度、 k_s : 相当粗度、 U_m : 断面平均流速を表す。図-5 (a) および (b) は、それぞれ (2) および (3) 式の計算曲線と実験値を比較したもので、計算に際しては、流速係数 φ ($\varphi = U_m/U_*$) を 10、 B_0 として水面の実験値を用いている。(2) 式よりも (3) 式の方が適合性が良いようであるが、(3) 式では底面まで B_{2H} を計算することはできない。また、 $Z/H = 0.6$ の分離流線巾比 $K_{0.6}$ (B_{2H}/D) と K の間には、 $K = K_{0.6}$ の関係が見られた。

(3) 分離流線巾比と流量配分比: 底面の分離流線巾比と K_g が等しいと仮定すれば、 $K_{0.6}/K_1$ と K/K_g との間には次の等式が成立する。

$$K_{0.6}/K_1 = K/K_g \quad \text{----- (4)}$$

(4) 式に (2) および (3) 式を適用すると、次の関係が導かれる。

i) (2) 式を用いる場合: $K_g = 1.64 K$ ----- (5)

ii) (3) 式を用いる場合: $\varphi = 8$; $K_g = 3K$, $\varphi = 10$; $K_g = 2.29K$ { ... (6)
 $\varphi = 15$; $K_g = 1.68K$

ただし、(3) 式を用いる場合、底面の分離流線巾が求まらないので、 $Z/H = 0.9$ の値を代入している。図-6 は固定床の流線計算の実験値を再整理したものであるが、(6) 式 $\varphi = 15$ を用いた $K_g = 1.68K$ および (5) 式とよく対応している。一方、図-2 に (6) 式の関係を示しているが、本実験では $\varphi \approx 10 \sim 12$ で前述の固定床実験よりも河床粗度が大よくなっているため、同一の K に対して K_g が大きくなったものと想定される。

(4) 水制を設置した場合: 分岐水路の対岸に、水制長 40cm の非越流水制を設置して、流量を K に一定にし、その位置を順次変えたとする K_g が図-7 に示されている。 K_g は水制が分岐口の直下流にあるとき最大になっている。水制を設置しない場合の K_g 値も記入されているが、こうした水制によって効率的に砂を堆入することができそうである。

4. あとがき

$K_g - K$ の関係は、概略的には空田の実験式で説明されるが、さらに詳細に検討すると、 K_g は K の他に、開口比や河床粗度の効果も関係している。今後急勾配水路においてこうした効果を検討したい。

最後に、有益な御助言をいただいた京都大学 河床工学教授に御意を表します。〈参考文献〉1) 道上・村栗: 渠面年報, 昭52。

2) 空田: 土木学会論文集, 170号, 昭35。 3) 田中・川合: 年報, 昭50, 昭51。

4) Ananyan, A.K.: "Fluid Flow in Bends of Channel", 1965。

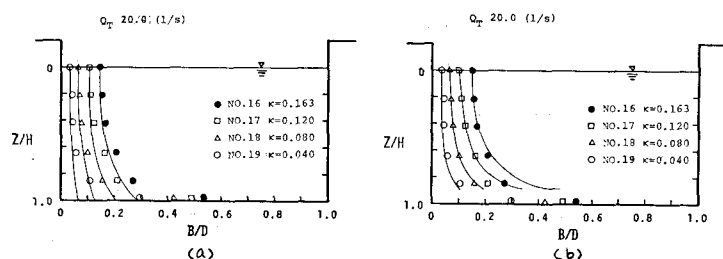


図-5 分離流線巾の計算値と実験値の比較

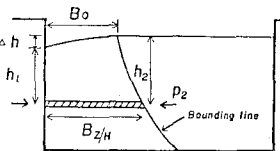


図-4 記号説明図

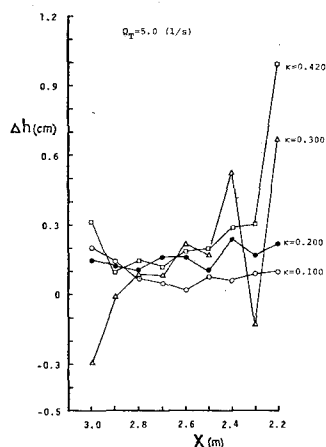


図-3 水位差の場所的变化

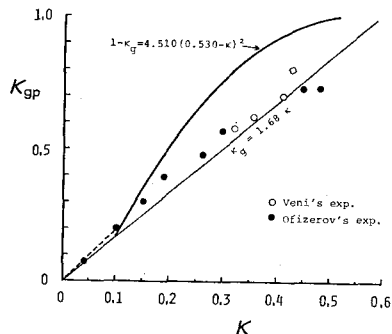


図-6 底分流線巾比と流量配分比の関係

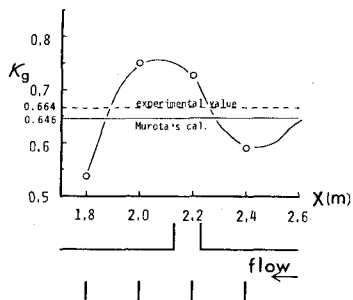


図-7 水制を設置した場合 ($Q = 10$ l/s, $K = 0.25$)