

神戸大学工学部 正 員 篁 源亮

神戸大学大学院 学生員 ○田中英明

1. まえがき 本研究では分水路の底面粗さの違いが分流に与える影響を明らかにしようとするものである。実験は主水路と分水路のそれぞれの底面粗度が異なる分岐水路を用いて行い、底面粗さが大きくなると死水域が縮少することが認められた。その結果、底面粗さが増加すると形状損失が減少することがわかった。一方、底面粗さによる摩擦損失は形状損失より卓越しており、分岐部におけるこれらの損失の両者の和が底面粗さの効果と考えることができる。

2. 実験装置 実験には主水路全長3.5m, 分水路長1.5m, 幅15cmの亚克力製矩形水路を使用し、分岐角度は60°で一定とした。水路床勾配は主水路が1/500, 分水路が1/250とした。底面粗度配置は図-1に示す4通りとした。粗面には表-1に示す砂粒粗度を最も密な配置で設置した。従って、 $K_s/k=1$ と仮定した。流量は1.61, 1.29, 0.94, 0.59, 0.39ℓ/sec の5通りとし、分岐部における死水域形状, 水深等を測定した。

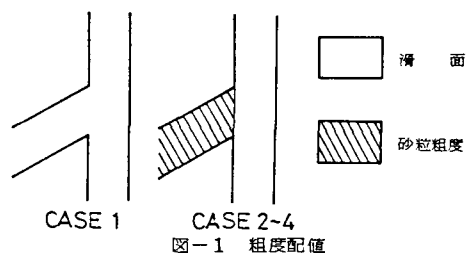


図-1 粗度配置

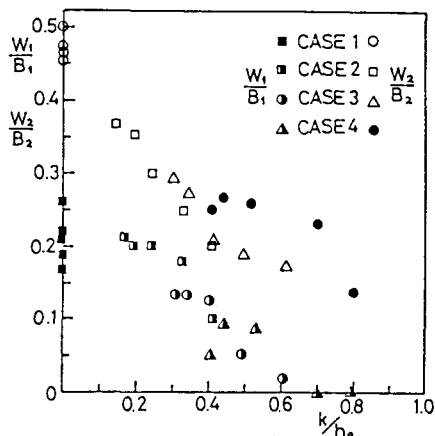
3. 死水域の特性 本研究では分岐部における死水域は分水路のみならず主水路にも認められた。ここで、主水路, 分水路の最大死水域幅 W_1 , W_2 について考える。最大死水域幅 W_1 , W_2 は本研究の場合、分岐角度, 主水路の相当粗度が一定であるため、次元解析の結果、次式となる。

$$\frac{W_1}{B_1} = f_1\left(1-K, \frac{v_0}{\sqrt{gh_0}}, \frac{k}{h_0}\right), \quad \frac{W_2}{B_2} = f_2\left(K, \frac{v_0}{\sqrt{gh_0}}, \frac{k}{h_0}\right) \quad (1)$$

ここに添字 0, 1, 2 はそれぞれ主路上流部, 下流部および分水路の物理量, B :水路幅, v :流速, h :水深, k :粗度粒径, K :流量配分比。(1)式の関係を実験結果より明らかにした。図-2に W_1/B_1 , W_2/B_2 と k/h_0 の関係を示す。これより k/h_0 が増加するに従い W_1/B_1 , W_2/B_2 が減少することが認められる。すなわち, k/h_0 が大きくなると形状損失が減少するということを示している。また, W_1/B_1 と $1-K$ の関係を図-3に, W_2/B_2 と K の関係を図-4に示す。図-3より $1-K$, すなわち主水路への流量比が増加するに従い, W_1/B_1 が減少することが認められる。これは主水路の死水域による形状損失が減少すると主水路への流量比が大きくなることを意味し, 妥当といえる。図-4ではCASE 1においては図-3と同じ傾向を呈し, 上で述べた様に形状損失が減少すると流量比は増加するという意味に妥当性が認められる。しかし, CASE 2~4では K が増加するに従い W_2/B_2 も増加する。これは形状損失だけを考慮した場合は矛盾するが, CASE 2~4では分水路に底面粗さを設置したために摩擦損失が K に影響したと考えられる。これについては次節で詳しく検討する。

表-1

CASE	$k(m)$
2	0.0072
3	0.0124
4	0.0175

図-2 $W_1/B_1, W_2/B_2 \sim k/h_0$ の関係

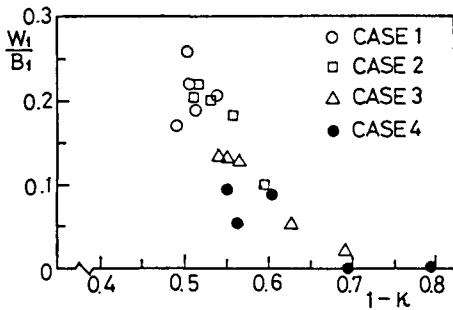


図-3 $W_1/B_1 \sim 1-K$ の関係

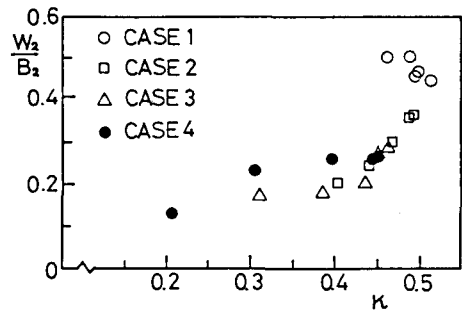


図-4 $W_2/B_2 \sim K$ の関係

4. 損失係数 本研究では分水路に底面粗さを設けたために死水域が縮小し、それによる形状損失も減少する。即ち、摩擦を無視した芦田らによる断面急拡部の形状損失係数 ζ_e に底面粗さが形状損失に及ぼす影響 $\Delta\zeta_e$ を加えたものを形状損失係数 ζ_e とする。図-5 に $\Delta\zeta_e$ と k/h_o の関係を示す。なお、 $\Delta\zeta_e$ は総流量が同じものに関して $\Delta\zeta_e = \zeta_e - \zeta_{e0}$ より求めた。これより粗度が大きい程 $\Delta\zeta_e$ の絶対値は増大し、形状損失への寄与が大きくなっていることがわかる。次に、分水路の底面粗さによる摩擦損失を考える。本研究では断面急拡部の摩擦損失水頭 h_f を損失係数 ζ_f で表わした次式

$$h_f = \frac{1}{2} \left(\frac{v_e^2}{Re^{1/3}} + \frac{v^2}{R^{1/3}} \right) n^2 l = \zeta_f \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

を使用した。ここに n はマンニングの粗度係数、 l は等流水深に回復するまでの距離、添字 e は急縮部の水理量を表わす。また、分水路における水深は $h = h' - k$ とした。ここに h' は水路床からの水深である。(2) 式より算定した摩擦損失係数 ζ_{f2} と形状損失係数 ζ_{e2} さらに実測した水頭差より求めた損失係数 ζ_2 を、一例として $Q = 1.29 \text{ l/sec}$ について図-6 に示す。これよりCASE 1 では ζ_{e2} が卓越しており、一方CASE 2~4

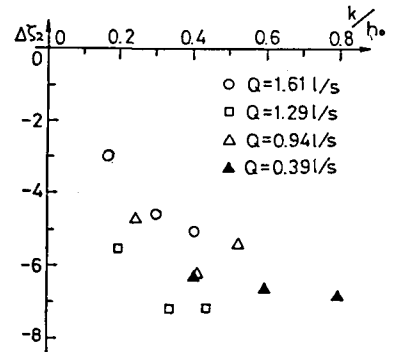


図-5 $\Delta\zeta_e \sim k/h_o$ の関係

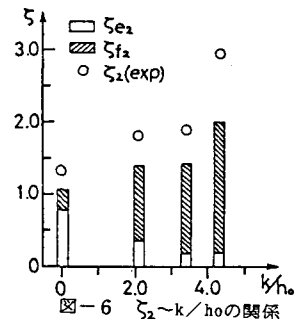


図-6 $\zeta_2 \sim k/h_o$ の関係

では ζ_{f2} が卓越していることがわかる。また、実測値とは多少誤差があるものの傾向は同じといえるが、今後検討が必要である。図-7 に $\zeta_2 = \zeta_{e2} + \Delta\zeta_{e2} + \zeta_{f2}$ として算定した ζ_2 と k/h_o の関係を示す。これより k/h_o が増加するに伴い ζ_2 も増加することが認められる。

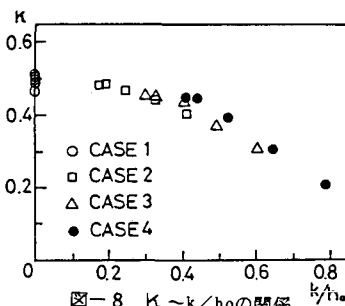


図-8 $K \sim k/h_o$ の関係

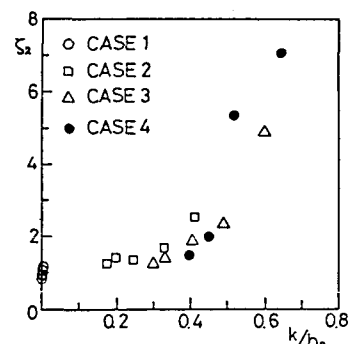


図-7 $\zeta_2 \sim k/h_o$ の関係

これは図-8 に示す k/h_o と K の関係を説明していると考えられる。

5. 結論 本研究の結果より分水路を設計する場合に、水路床が滑面の場合は水路形状を変えて死水域を操作することにより流量配分を制御できるが、粗面の場合はその効果が小さく、水路床の粗度を操作することにより流量配分を制御できるのではないかと考えられる。