

分流に対する分水路の粗度効果に関する研究

神戸大学大学院 学生員 ○田中英明

神戸大学工学部 正員 寛 源 亮

神戸大学工学部 正員 順良昌憲

1. まえがき 従来より、分流の流量を制御するために分岐点に流量規制構造物が設けられてきた。しかし、このような構造物は少ない方が望ましい。そこで、底面粗さによる流量制御の可能性を追究するために、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実験より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ない、底面粗さによる死水域の縮少が認められた。その結果、底面粗さによって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それより卓越しており、分岐部における損失について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 3.5 m, 分水路長 1.5 m, 幅 15 cm の矩形水路を使用し、分岐角度は 60° で一定とした。底面粗度配置は図 1 に示す

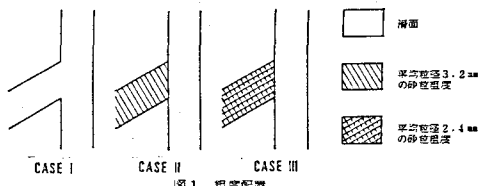


図1 粗度配置

3 通りとした。粗面にはCASE II が平均粒径 3.2 mm

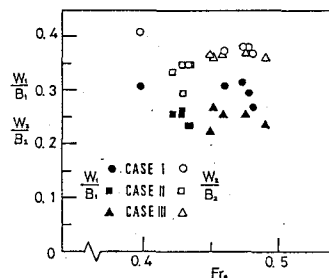
CASE III が平均粒径 2.4 mm の砂粒粗度を用い、滑面にはベニヤ板を用いた。流量は 0.92, 0.70, 0.58, 0.51, 0.37 l/sec の 5 通りとし、分岐部における死水域形状、流速、流向等を測定した。

3. 死水域の特性 分岐部における死水域は一般に主水路と分水路の両方に形成される。また、目視によって死水域の大きさは水面近傍が最も大きく、次に中間層、底面近傍の順に小さくなることが認められた。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。

$$\frac{W_1}{B_1} = f_1 \left(1 - K, \frac{v_0}{\sqrt{g h_0}}, \frac{K s_2}{h_0} \right), \quad \frac{W_2}{B_2} = f_2 \left(K, \frac{v_0}{\sqrt{g h_0}}, \frac{K s_2}{h_0} \right) \quad (1)$$

ここに添字 0, 1, 2 はそれぞれ主水路上流部, 下流部および分水路の物理量, B: 水路幅, v: 流速, h: 水深, Ks : 相当粗度, 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 と上流フルード数 Fr_0 の関係を示す。これより底面粗さの違いによる影響が認められる。即ち、 W_2/B_2 において CASE I ではフルード数が増加するに従って死水域幅は大きくなるが、CASE II ではその逆の傾向を示し、CASE III では両者の中間の傾向を示す。また、 W_1/B_1 にも底面粗さによる影響が認められる。主水路は 3 ケースとも滑面を使用しているが、分水路に設置さ

図2 W_1/B_1 , W_2/B_2 と Fr_0 の関係

Hideaki TANAKA, Motoaki YANO, Masanori SERA

れた粗度が主水路の死水域に対しても影響していると考えられる．次に W_2/B_2 と K_s/h_0 の関係を図 3 に示す．これより右下りの傾向が認められる．つまり，粗度が大きくなるに従がい主水路，分水路の死水域幅は小さくなる傾向を示している．以上のことから，分水路に設置された底面粗さによって主水路，分水路の死水域幅が大きく支配されていることが明らかになった．

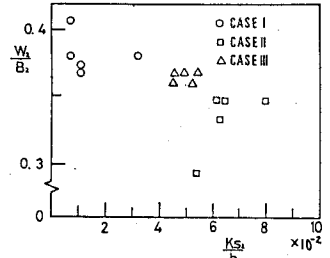


図 3 W_2/B_2 と K_s/h_0 の関係

4. 流量配分比の特性 図 4 に各ケースに対する流量配分比を示す．これより底面粗さの違いによる影響が認められたが，その差は小さい．これは主水路，分水路に堰を設けて水深を大きくしたために粗度の影響が小さくなったと考えられる．本研究では分水路に底面粗さを設けたため死水域が縮少し，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' に底面粗さによる影響

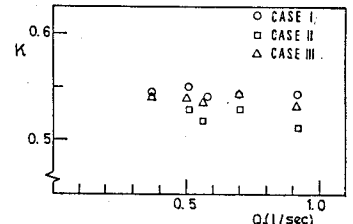


図 4 全流量と流量配分比の関係

$\Delta\zeta_e$ 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_s/h_0 の関係を示す．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_{f1} ， h_{f2} を損失係数 ζ_{f1} ， ζ_{f2} で表わした次式

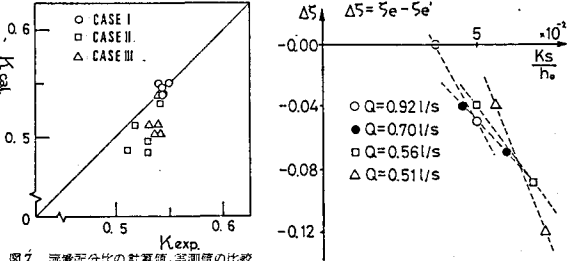


図 5 $\Delta\zeta_e$ と K_s/h_0 の関係

$$h_{f1} = \frac{1}{2} \left(\frac{v_{e1}^2}{Re_1^{4/3}} + \frac{v_{f1}^2}{R_1^{4/3}} \right) n_1^2 l_1 = \zeta_{f1} \frac{v_{f1}^2}{2g}, \quad h_{f2} = \frac{1}{2} \left(\frac{v_{e2}^2}{Re_2^{4/3}} + \frac{v_{f2}^2}{R_2^{4/3}} \right) n_2^2 l_2 = \zeta_{f2} \frac{v_{f2}^2}{2g} \quad (2)$$

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．実測値によって 2 式より算定した摩擦損失係数 ζ_{f1} ， ζ_{f2} と形状損失係数 ζ_{e1} ， ζ_{e2} を一例として $Q = 0.56 \text{ l/sec}$ の場合について図 6 に示す．これより各ケースとも摩擦損失係数が卓越している．特に滑面としてベニヤ板を用いた CASE I の ζ_{f1} ， ζ_{f2} や CASE II，III の ζ_{f1} においても大きな値を示すことが認められ，本研究では摩擦損失の影響を無視することはできないと考えられる．

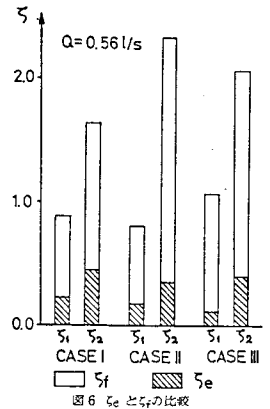


図 6 ζ_e と ζ_f の比較

そこで損失係数 ζ を断面急拡部の摩擦損失係数 ζ_f に底面粗さによる影響 $\Delta\zeta_e$ と摩擦損失係数 ζ_f を加えた $\zeta = \zeta_e' + \Delta\zeta_e + \zeta_f$ によって算定し，芦田らの方法を適用して流量配分比を算定した．算定結果を図 7 に示す．これより実測値と計算値はよく一致していることが認められる．

5. あとがき 本研究では分水路の底面粗さが死水域等に大きく影響することを明らかにしたが，今後底面粗度のケースを増やすことによりこれらをさらに明確にし，主水路に形成される死水域と分水路に形成されるそれとの関係も検討する予定である．