

II - 22

複断面開水路の大規模渦構造に関する実験的研究

日本大学工学部 学生員○甲田 知正 小林 敬嗣
齋藤 孝康
日本大学工学部 正 員 長林 久夫 木村喜代治

1. 研究目的

複断面開水路の流れは、低水路と高水敷との境界面における流速差に起因するせん断効果による水深方向に軸を持つ大規模平面渦と、流下方向に軸を持つ二次流による斜昇流の存在によって特徴づけられる。本研究は、複断面開水路の抵抗特性に関する渦構造に着目して実験的検討を行った。

2. 抵抗特性の検討

実験に用いた非対称の複断面開水路を図-1に示す。抵抗特性は、低水路と高水敷の境界面に見掛けのせん断力を考慮した福岡・藤田の手法、図-2より検討した。 τ_{mc} と τ_{fp} は低水路と高水敷の潤辺上の平均せん断力、 τ_{as} は分割面に作用する見掛けのせん断力である。分割面での境界混合係数 f を(5)式とすると見掛けのせん断力を考慮した基礎式が(6)(7)式で与えられる。低水路と高水敷上の粗度係数が既知の場合は(6)(7)式を連立することにより u_{mc} と u_{fp} が得られ(2)、(1)式により合成粗度係数 N_c が算出される。

また、粗度係数 n は水量により変化するが実験範囲でのReynolds数の変化は小さく、 n はほぼ一様であるものとして、単断面開水路の実流量から逆算した n の平均値を低水路、高水敷に与えている。図-3は、低水路上が滑面で高水敷上が粗面の場合（左）と高水敷上が粗面の場合（右）を示す。図-3の曲線は(1)から(7)式による計算値、・印は実験値であり N_c の比較と f の推定を示す。図-3より $f=0$ の計算値による曲線が断面分割法による N_c を表す。高水敷が滑面の計算値の N_c は $H=0.06m$ でピーク値を示している。実験値は急勾配では $f=0.2 \sim 0.3$ の計算値の分布に従うが、 $1/1000$ 程度より緩勾配になるとピーク値は $H=0.07m$ 程度となる。 f は緩勾配で大きく、急勾配で $f=0.3$ 程度である。高水敷が粗面では計算値の N_c は $H=0.065m$

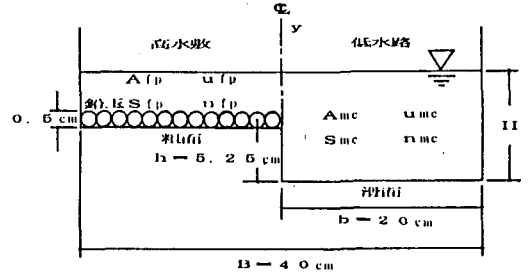


図-1 横断面図及び記号の説明

$$N_c = \frac{\Lambda_{mc} + \Lambda_{fp}}{Q} R_{fp}^{1/2} I_b^{1/2} \dots \dots \dots (1)$$

$$R_c = \left(\frac{\Lambda_{mc} R_{mc}^{1/2} + \Lambda_{fp} R_{fp}^{1/2}}{\Lambda_{mc} + \Lambda_{fp}} \right)^{1/2} \dots \dots \dots (2)$$

$$\tau_{mc} S_{mc} + \tau_{as} (H-h) = \rho g \Lambda_{mc} I_b \dots \dots \dots (3)$$

$$\tau_{fp} S_{fp} - \tau_{as} (H-h) = \rho g \Lambda_{fp} I_b \dots \dots \dots (4)$$

$$\tau_{as} = \rho f (u_{mc} - u_{fp})^2 \dots \dots \dots (5)$$

$$\frac{\rho g n_{mc}^2 u_{mc}^2}{R_{mc}^{1/2}} (h+b+H) + \rho f (u_{mc} - u_{fp})^2 (H-h) = \rho g \Lambda_{mc} I_b \dots \dots \dots (6)$$

$$\frac{\rho g n_{fp}^2 u_{fp}^2}{R_{fp}^{1/2}} (B-b+H-h) - \rho f (u_{mc} - u_{fp})^2 (H-h) = \rho g \Lambda_{fp} I_b \dots \dots \dots (7)$$

図-2 非対称の複断面開水路の基礎式

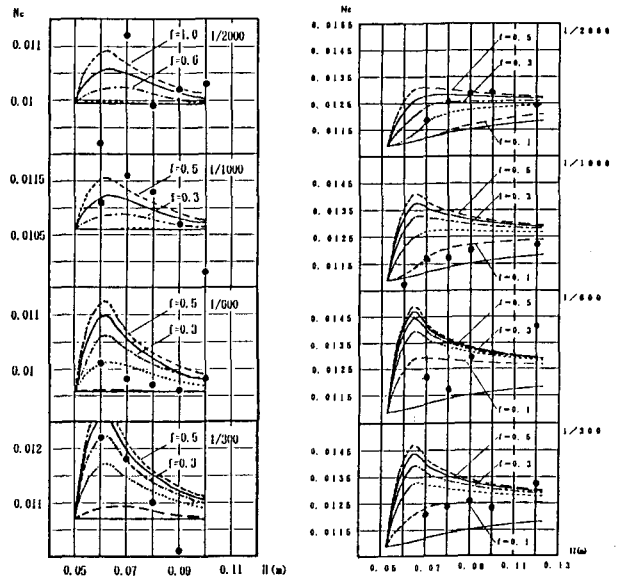


図-3 合成粗度係数 N_c と水深 H との関係

でピーク値を示しているが実験値は明確なピーク値を持たない。 f は1/2000で $f=0.3$ 、1/300で $f=0.1$ 程度であり、急勾配ほど f 値が低下することがわかる。これより、いずれにおいても緩勾配で f が高く低水路と高水敷との境界部における混合が激しいことがわかる。

3. 染料法による可視化

高水敷上の粗度が滑面と粗面の2種の複断面開水路において水深7cmと12cmで蛍光染料を境界部の $y=4$ cmと、高水敷中央部底面に注入し、 $y=6.5$ cmの水平面をスリット光で可視化した。高水敷及び境界部から低水路右岸側に向かう染料模様の放出角度・発生間隔・放出長さの頻度分布を水深7cmは図-4、水深12cmは図-5に示す。

図-4の水深が7cmの角度は低水路側、高水敷側共に滑面、粗面の違いはなく、平均値は低水路側で約40度、高水敷側で約22度である。発生間隔は低水路側、高水敷側共に滑面、粗面の違いはないが、低水路側と高水敷側を比べると低水路側で5cm付近に集中して分布しているのに対し、高水敷側では10~40cmの間に広く一様に分布している。放出長さは低水路側では滑面が、高水敷側では粗面の方が長くなっている。よって高水敷上の、平面渦は発生間隔が幅広く変化し、放出長さは粗面の方が長くなっている。一方、低水路側の二次流による斜昇流は滑面、粗面共に放出角度と発生間隔は一樣な大きさであるが、放出長さは平面渦の影響を受けて短くなっている、滑面の時は低水路側の二次流は大きく、粗面の時は境界部の流速差が大きくなるため、大規模平面渦が強くなり、二次流の効果を抑えられていると考えられる。

図-5の水深が12cmの角度は低水路側、高水敷側共に滑面、粗面の違いはなく、平均値は低水路側、高水敷側共に約35度である。発生間隔は低水路側、高水敷側共に滑面、粗面の違いはなく、平均値は低水路側、高水敷側共に約9cmである。放出長さは低水路側、高水敷側共に粗面の方が長くなっている。よって、水深が12cmでは滑面、粗面共に、境界部の流速差が小さくなるため、大規模平面渦が弱まり、二次流に影響する効果が少なくなったと考えられる。

以上のことから、水深7cmでは、境界部の流速差が大きくなるため、大規模平面渦が強くなり、二次流の効果が抑えられ、水深12cmでは、境界部の流速差が小さくなるため、大規模平面渦が弱まり、二次流に影響する効果が少なくなっていると考えられる。

