

京都大学 正員 工博 岩佐義朗
 京大防災研 正員 工修 中川博次
 京大大学院 学生員 工修 宇民 正

流量配分構造物に沿う流れとして、局所的に流量が変化するものが多い。本報告はそのような流れの一例として、水路底面の横断方向に設けられた1本のスリットからの流出機構を簡単なモデルの設定のもとに解析し、またスリット上で示される開水路流れの水理特性について若干の考察を加えたものである。

1. 流出機構のモデル化 スリットの近傍の流れ(図-1(c)の非対称流)の流速ベクトルは、図-1(b)に示される対称流の流速ベクトルと、場所的に一樣な流速をもつ流出に関与しない流れ(図-1(a))の流速ベクトルとを重ねあわせたものと考え、対称流についてスリットの近傍ではスリットの中心Oを中心とする半円周上で流速は一樣で流向は円の中心に向くと仮定す。そのとき水路単位幅あたりのスリットからの流出量を Q とすと、半径 r の半円周上の等流速 u_r は、 $u_r = Q/\pi r$ と与えられ、一オ一様流の流速 u_m は重ねあわせの仮定から $u_m = u_1 - (Q/2h_1)$ と与えられる。ここで、 u_1 および h_1 はそれぞれ非対称流においてスリットより上流で静水圧分布を示す断面Iでの平均流速および水深である。

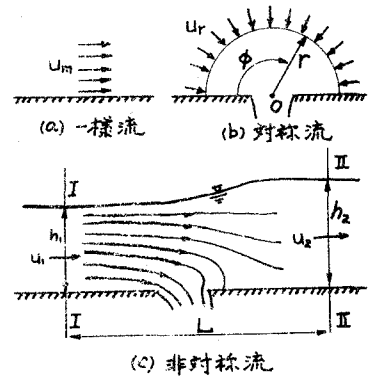


図-1

2. 流出量の表示式 スリットからの流出量として断面Iでの比エネルギー H_1 に基づく表示を与え、また重ねあわせ一様流が流出に関与しないことを考慮すれば、次の関係が成立する。

$$Q = 2C_0 r_0 \sqrt{2gH_1} = 2C_0 r_0 \sqrt{2gH_0} \quad (1)$$

ただし、 C_0 , C_1 および H_0 , H_1 はそれぞれ対称流および非対称流における流量係数および断面Iでの比エネルギーであり、 $2r_0$ はスリット幅である。いま対称流と非対称流の断面Iにおける水深が等しいと仮定すれば、(1)式の関係から流量係数に関する次式をうる。

$$C_1 = C_0 / \sqrt{(1 + \frac{1}{2}F^2)(1 - C_0^2 F^2)} \quad (2)$$

ここに、 F は断面Iでのフルード数、 ϵ は r_0/h_1 である。 C_0 の値として2次元間隙からの自由流出と関係収縮係数の理論値 $\pi/(\pi+2)$ を用いて計算した C_1 の値を実験値と比較して図-2に示す。

3. 圧力分布 前述の u_r および u_m の表示式を運動方程式に代入し、境界条件としてスリットの始端底面での圧力

$$(P/\rho g) \Big|_{r=r_0, \phi=0} = H_1 - \{(u_r + u_m)^2 / 2g\}$$

を与え積分すると、非対称流における点 $P(r, \phi)$ での圧力分布として、

$$\frac{P}{\rho g h_1} = -\frac{4C_1^2 r_0^2}{\pi^2 r^2} \left(1 + \frac{F_1}{2}\right) - \frac{2C_1 r_0}{\pi r} \sqrt{2 + F^2} (F_1 - C_1 \sqrt{2 + F^2}) \cos \phi - \frac{\sin \phi}{h_1} r + 1 + \frac{F_1^2}{2} \quad (3)$$

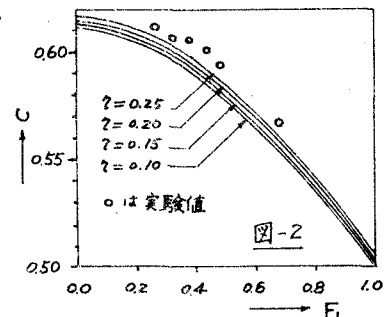


図-2

をうる。

4. 主流の水深変化 図-1に示す断面IとIIの間で連続方程式および運動方程式を立てると、

$$u_1 h_1 = u_2 h_2 + \Delta q \quad (4)$$

$$\rho h_2 u_2^2 - \rho h_1 u_1^2 = \frac{\rho g h_1^2}{2} - \frac{\rho g h_2^2}{2} + \frac{h_1 + h_2}{2} \rho g L \sin \theta - \rho g \Delta M - \tau_0 L \quad (5)$$

となる。ここで、 ΔM は水路単位幅あたりの流出量のもつ比力であり、 $\tau_0 L$ は断面I, II間で水路単位幅あたりに作用する底面せん断力である。(1)~(4)式を(5)式に代入し、無次元量 $\xi \equiv h_2/h_1$, $\tau = \tau_0/h_1$, $F_1 \equiv u_1/\sqrt{gh_1}$ および $K \equiv \sqrt{2}C\tau/\sqrt{1-C^2\tau^2}$ を導入すると、 ξ に関する次式が得られる。

$$\xi^3 - (\tau \frac{L}{h_1} \sin \theta) \xi^2 - \left\{ 1 + 2F_1^2 + \frac{L}{h_1} \tau \sin \theta - 4K(F_1 - K) + \pi \tau^2 \sin \theta \right\} \xi + \left\{ 2(F_1 - 2K)^2 - 2 \frac{L}{h_1} \tau \frac{\tau_0}{\rho g h_1} \right\} = 0 \quad (6)$$

種々の τ の値に対する F_1 と ξ との関係曲線を(6)式によって求めると図-3のようになる。また実験によって得られた ξ の値と図-3によって得られる ξ の値を比較したのが図-4であり、両者の間に満足すべき一致が認められることから、前述の流出モデルに関する仮定はこの種の流れについては正しいものといえる。

5. 比エネルギーの変化 断面IおよびIIにおける比エネルギー H_1, H_2 の差 ΔH の H_1 に対する割合は次式により表わされる。

$$f \equiv \frac{\Delta H}{H_1} = 1 - \frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{\tau}{F_1^2} + 1 \right) - \xi \left\{ \frac{\tau}{F_1^2} + \left(1 - \frac{K}{F_1} \right)^2 \xi^{-3} \right\} \quad (7)$$

(6)式と(7)式とから、 f は τ および F_1 の関数として図-5のようになえられる。図-5に基づいて得た ΔH より H_2 が計算され、この H_2 の値と実験された H_2 の値とを図-6に示して比較した。

6. 結論 水路底のスリットから流出がある流れで、スリットの上流および下流かともに常流の場合は、十分な適合度で重ねあわせの仮定が適用されうることが明らかになった。しかしそれ以外の流況の流れについてはさらに検討が必要である。

