

二成層流からの分離取水について

〈取水におよぼす障害物の影響〉

京都大学工学部 正員 岩佐義朗
 京都大学大学院 学生員 ○野口正人
 大阪府 正員 松尾昌憲

1. まえがき

前報¹⁾において、線形密度分布の場合に障害物が取水にどのような影響を与えるかについて若干の考察を行なった。ここでは、二層流からの分離取水にさいし、障害物の影響を実験的に検討する。

2. 平坦な場からの取水

図1に示すような障害物のある場からの取水を考えるまえに、まづ、障害物のない平坦な場からの取水について調べる。内部境界面においてたまたBernoulli式よりエネルギー損失の項を無視し、いくらかの変形を行なうと、 $(h_2^0 - y_0)/y_0 \gg 1$ の場合、限界Froude数は、

$$\frac{g_c}{y_0 \sqrt{\epsilon g y_0}} = F_c = 0.588 K \left(\frac{h_2^0 - y_0}{y_0} \right)^{\frac{3}{2}} \quad (1)$$

の形で表わされる。ここに $\epsilon = (h_2 - h_1)/h_2$ であり、 K は取水口の流速分布形および内部境界面形状より決定される定数である。これより上流側での限界Froude数 ($F_c' = g_c / (h_2^0 - y_0) \sqrt{\epsilon g (h_2^0 - y_0)}$) は一定になることがわかる。

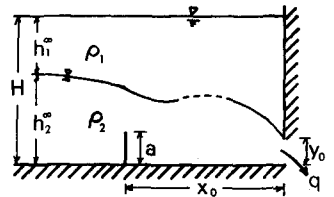


図-1

実験に使用した水路および実験方法等は前報とほぼ同じであるので省略し、ここでは実験結果のみを示す。 F_c を縦軸に、 $(h_2^0 - y_0)/y_0$ を横軸にとって実験値をまとめたのが図2であり、図3では F_c' および h_2^0/H の値を座標軸にとった。データにかなりのばらつきがみられるが、 $(h_2^0 - y_0)/y_0 > 8 \sim 10$ の場合には、上述の関係が実験面からも立証され、 K の値として $K = 0.48$ とおればよいことがわかる。 $(h_2^0 - y_0)/y_0$ の値が $8 \sim 10$ より小さいと、限界Froude数 F_c' はもはや一定にならず、 K は取水口の流速分布形等で表わされる変数となる。なお取水口付近では $\theta_1/\theta_2 = F_1/F_2 \cdot (h_1^0/h_2^0)^2$ (ここに θ_1, θ_2 はそれぞれ、内部境界面の鉛直面ならびに水平面との傾きであり、 F_1, F_2 は上下層のFroude数である) の関係が成り立つこと

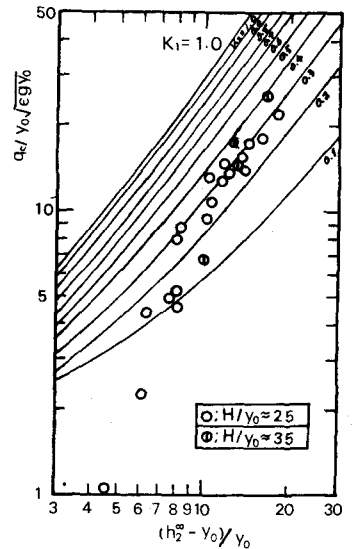


図-2

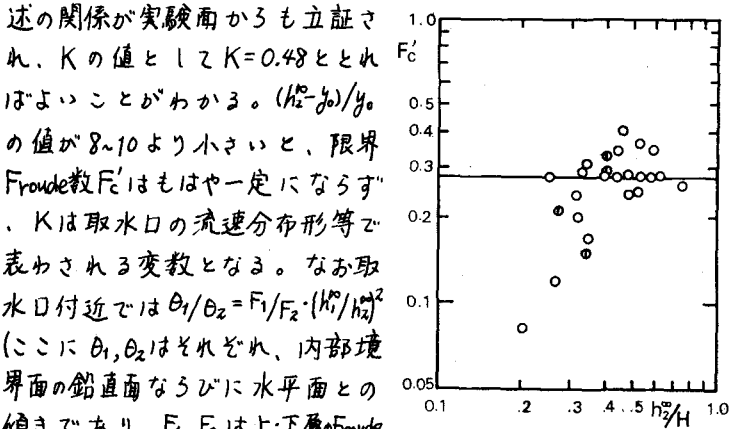


図-3

の関係が成り立つこと

より、限界状態では限界水深を取水口のごく近くでとり、内部境界面がそこから急に取水口まで降り

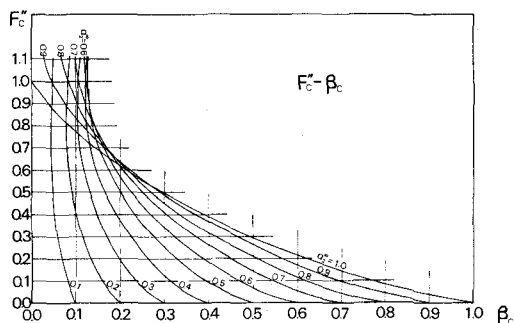


図-4

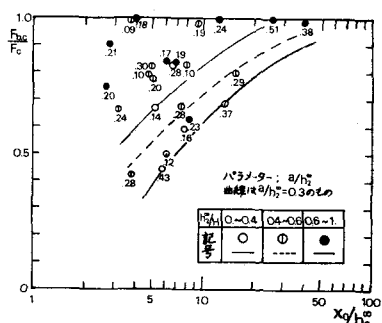


図-5

てくる。このことは実験における限界状態の判定を困難にし、実験データがばらつく結果になった。

3. 障害物の影響

つぎに、図1に示されるような障害物のある場からの取水について考える。一方向流れに障害物がおかれた状態については、Longにより研究がなされている⁽¹⁾。いま考えているような上層静止の場合には、限界Froude数は次式で表わされる。

$$\left(\frac{F_c^2}{2} + 1\right)\alpha_2^2 - F_c^2\alpha_2^2 - \frac{1}{2}(F_c^2\alpha_2^2)^2 = \beta_c \quad (2)$$

ここに、 $F_c = g_0/h_2\sqrt{egh_2}$ 、 $\alpha_2^2 = h_2^2/H$ 、 $\beta = a/H$ である。(2)式の関係を示したのが図4である。しかし、図1に示されるような二次元流れにおいては、限界Froude数は図4に示されたものより小さな値をとる。限界Froude数の低減率は、障害物が取水口に近づくほど大となる。障害物のある場合のFroude数 $g_0/y_0\sqrt{egy_0}$ を $F_{b,c}$ とすると、

$$F_{b,c} = f_1(H/y_0, h_2/H, x_0/h_2, a/h_2) \quad (3)$$

のように表わされるので、障害物のない場合のものとの比をとって、

$$F_{b,c}/F_c = f_2(x_0/h_2, a/h_2) \quad (4)$$

障害物が取水口から十分離れている場合には、(2)式で示される限界Froude数以下の流量ならば、分離取水の限界Froude数は2で述べたものとほぼ一致する。しかし、障害物が取水口に近づくと、内部跳水を起す限界Froude数が小さくなり、2で求められた分離取水の限界Froude数では、もはや純粋な意味での分離取水ができなくなる。障害物を設置した今回の実験は、分離取水の限界が内部跳水を起す限界内にあるものみにしぼった。実験値を(4)式の関係で整理したものが図5である。この図よりわかるように、 h_2/H を一定に保つと(たとえば $h_2/H \approx 0.5$; ①) a/h_2 の同じ値に対しては x_0/h_2 が小さくなるほど $F_{b,c}/F_c$ が小さくなり、ついには跳水を起す。これは障壁が取水口に近づくほど、下層内の平均流速が大きくなり、障壁でのエネルギー損失が大となることを示している。もちろん、これらの度合は a/h_2 の大きさに比例する。なお、 a/h_2 の値により、図中細線破線および太線で示されるように変化することが考えられるが、今回の実験では十分に裏付けられなかった。これは障壁として使用したものが、相似のエネルギー損失を生ずると考えられなかったからである。整理の都合上データを h_2/H の値により三分したが、 h_2/H の変化が $F_{b,c}/F_c$ に大きく影響してくるため、データの散らばりを生むこととなった。

参考文献 (1) 岩佐野口; 第25回年次学術講演会概要集, 1970 (2) Long, R.R.; Tellus VI, 1954