## II－86　水平床上に設置された鉛直水門の流出機構について

京都大学工学部　正員　工博　岩佐義朗
京都大学工学部　正員　工修　名合宏之

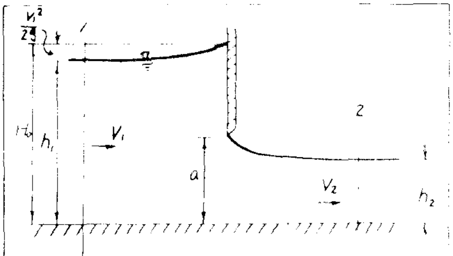
### 1．流速分布の流量係数におよぼす影響

図－1に示されるような水門からの流出を考えよう。いま，流れをポテンシャル流とみなし，せきをはさんで，流速が一様と考えられる断面1－1と断面2－2とでエネルギー保存則を適用し，断面2－2を通過する流量を求めると，

$$q = Ca\sqrt{2gH_0} \tag{1.1}$$

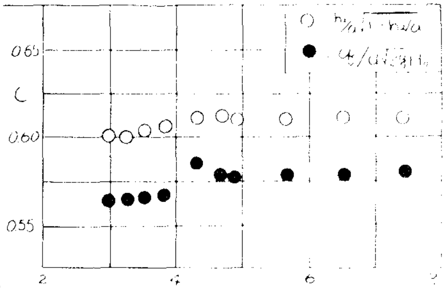
ここに，$a$はゲート開度であり，$H_0$は比エネルギーである。

また，　$C = h_2/a\sqrt{1-h_2/H_0}$　(1.2)



図－1　水門流出図

いま，ゲート開度$a$=2.00cmについておこなわれた実験資料から，$q$と$H_0$を与えて，式(1.1)により流量係数を整理すると，図－2の●印のようになる。また，実測された下流側最浅点の水深$h_2$と$q/H_0$を与えて，式(1.2)により，流量係数を整理すると，同図○印のようになる。ここで，流れが完全にポテンシャル流であるとすれば，●印と○印は当然一致しなければならない性質のものであるが，図にみられるように，○印が●印よりも大きな値を与えている。この原因は，式(1.2)が流れ全体をポテンシャル流と仮定して求められた流量係数であるためと考えられる。実在する流体として，式(1.1)のような形の流量係数を求めれば，そこには粘性による種々の影響がはいってこなければならない。粘性の影響を考慮した場合，流速分布の変化とエネルギー損失の問題が考えられるが，後者については，その機構がほとんど解明されていないため，ここでは，前者の流速分布の変化という問題について考えてみる。



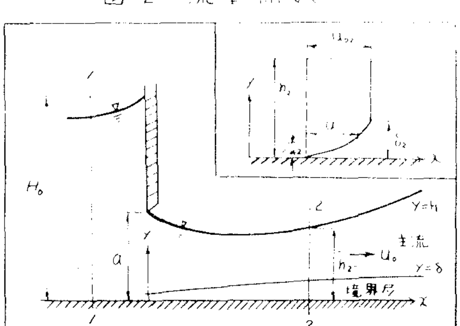
図－2　流量係数

水門からの流出にみられるような高速の流れにおいては，流速分布に対する粘性の影響は，境界面近傍においてのみ，きわめて大きいと予想されるので，境界層的概念の導入によって，この問題を考えてみる。

水門から流出する流れを二次元的と仮定し，図－3に示されるように，ポテンシャル流と考えられる主流の部分と表面抵抗の影響を大きくうける境界層の部分に分けよう。断面2－2は，下流側水深の最小の位置で，そこにおける流速分布は，同図，右上隅に示されるものとする。ここで，

$$\delta_* = 1/u_0\int_0^{\delta}(u_0-u)\,dy\ ,$$

であり，以上のような仮定のもとに断面1－1と断面2－2のポテンシャル流れに対するエネルギー式，および，連続の



図－3　境界層の発達を考慮した場合の流出図

式，　$q = u_{02}(h_2 - \delta_{*2})$　(1.4)

とから，式(1.1)の形の流量をもとめると，

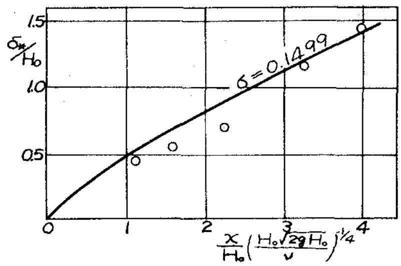
$$q = m\,a\sqrt{2gH_0}\ ,\qquad m = \left(1-\frac{\delta_{*2}}{h_2}\right)\cdot C \qquad (1.5)$$

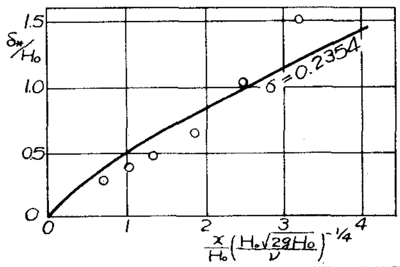
となる。したがって，このように考えた場合，流量係数mは，式(1.2)に示されるCの値の$(1-\delta_{*2}/h_2)$倍になることがわかる。そこで，以下においては，$\delta_{*2}$の評価について，実験結果をもとにして，若干の考察をおこなう。

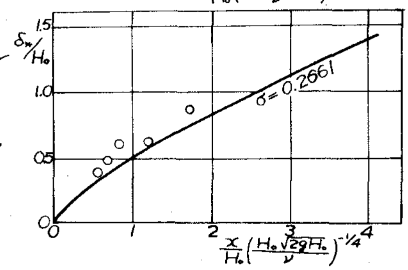
2. 水門からの流出にともなう境界層の発達に関する実験的研究.

水門からの流出にともなう境界層の発達を理論的に取り扱うことは，水面の弯曲が大きく，圧力分布が静水圧的と考えられない部分の存在や，発達をはじめる位置の不明確さなどの点から，現在では，非常に困難である。そこで，著者らは，水路中心線に沿って，流速分布を測定し，その結果から，排除厚を，近似的に，つぎのような数値積分によってもとめた。

$$\delta_* = 1/u_0 \sum_{i=1}^{n}(u_0-u_i)\Delta y_i \qquad (2.1)$$



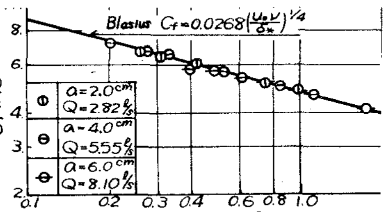




この結果の数例を無次元表示して，図-4 a),b),c) に示した。

これらの実験値の測定断面は，縮流断面より，かなり下流であるため，これらの実験結果から，直接，縮流断面における排除厚$\delta_{*2}$をもとめることは困難である。そこで，この$\delta_{*2}$を推定するために，開水路の境界層を解析するのに必要な，三つの基本式，すなわち，主流に対するエネルギー方程式，境界層の流れに対する運動量方程式および両方の流れに対する流量の連続式を，長さの単位を上流側比エネルギーにとり，Delleur[1)]と同様な手法で無次元化し，流速分布，摩擦係数に対しては，実験結果と，かなりよい一致を示した，1/7乗法則，Blasiusの式を用いて，流下距離に対し，排除厚の発達の関係を，流量の無次元量である，σを助変数としてもとめ，その結果を，図-4 a),b),c) に実線として記入した。このようにして得られた曲線は，実験結果と，かなり，よい一致を示すが，この理論において，流れの全領域に対して，静水圧分布を仮定している点や，境界層内の流れを，すべて，乱流であると考えている点などについては，今後，究明していかねばならない点が含まれていると考えられる。

3. 排除厚と流量係数との関係について，




縮流断面2-2は，ゲート開きaの約2倍の距離の位置にあらわれることが，実験により，判明しているので，$\delta_{*2}$として，$x=2a$における値をとり，式(1.5)により，流量係数mを整理すると，Cに対して，約2%～1%の減少がみとめられる。以上は流れを二次元的と考えてきたが，流量係数のような全体的なものを考える場合には，三次元的な要素をも考慮しなければならないであろう。


参考文献　1) J.W. Delleur　The Boundary Layer Development on A Broad Crested Weir. Proc. of the forth midwestern conference on fluid mech.