

広島大学工学部 正 員 ○名合宏之

大学院 学生員 桐原圭司

鉛直刃形水門や傾斜水門などのような平板水門の圧力分布は従来より2次元ポテンシャル理論によってかなりよく説明されている。^{1),2)} 本研究は最近河口水門などに使用されている比較的低水頭の傾斜底水門の圧力分布と同様の理論を用いて解析し、実験をおこなって理論の適合性を検討するとともに圧力分布特性について若干の考察をおこなったものである。

1. 理論解

i) モデル：対象とする傾斜底水門としては、図-1に示されるような水門底面および上流面が直線状に構成されており、底面は水平な水路床に対して δ の傾斜角をもち、上流面は鉛直であるものを考える。流れは他の底流出構造物の理論解析において一般に用いられる完全流体のポテンシャル流れと仮定する。この場合図-1のC点において流線がはく離するか否かが問題となるが、実際の流れにおいてこの点近傍の流速が小さい場合には粘性の影響によりはく離がおこらず境界面に沿って流れると考えられる。この限界については実験的に定められなければならないであろうが、ここでは低水頭の水門を対象としていることも考慮して流れは連続であると仮定する。上流および下流水面は水平とする。また、下流側においては図の曲線DEで示されるような流速一定の自由流線が存在し、その上方の水面までの部分の圧力分布は静水圧的であるとするとする。

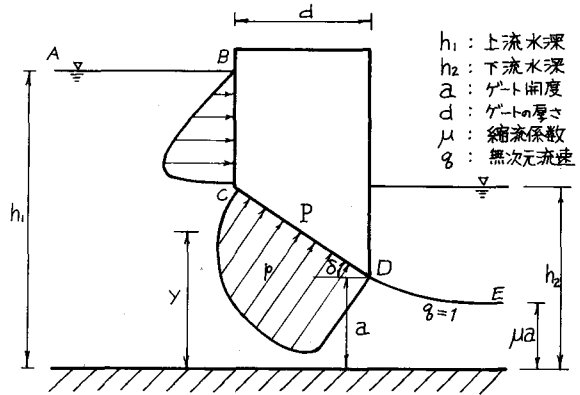


図-1 傾斜底水門

ii) 解析方法：水門板上の圧力分布を求めるためには縮減係数および各点の流速を求めなければならないが、その方法についてはすでに報告しているの³⁾、ここでは省略する。

iii) 水門板上の圧力分布：図における点Pの圧力 p は以下のようにして求められる。

点Dの流速を V_0 とし、点Pの流速の V_0 に対する比を g とすると点Bと点Pの間には次式が成り立つ。

$$h_1 = h_2 + V_0/2g \quad (1)$$

ここに h_1 および h_2 はそれぞれ上流および下流水深である。また点Bと点Pの間には次式が成り立つ。

$$h_1 = y + g^2 \cdot V_0^2/2g + p/pg \quad (2)$$

ここに y は水路底より測った点Pまでの鉛直距離である。これらの式より点Pの圧力は

$$p/pg = (1-g^2) \cdot V_0^2/2ga + h_2/a - y/a \quad (3)$$

とあらわされる。この式における y/a および g はii)の解析結果よりつぎのようにあらわされる。

点Pが境界面DC上にある場合：

$$\frac{y}{a} = 1 + \frac{2\mu}{\pi} \int_0^{\sigma} \left(\frac{\sin \sigma_0 + \sin \sigma}{\sin \sigma_0 - \sin \sigma} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\sin \sigma_0 - \sin \sigma}{\sin \sigma_0 + \sin \sigma} \right)^{\left(\frac{1}{2} - \frac{\delta}{\pi}\right)} \tan \sigma \, d\sigma \quad (4)$$

$$q = \left(\frac{\sin \sigma_B - \sin \sigma_C}{\sin \sigma_B + \sin \sigma_C} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\sin \sigma_C + \sin \sigma}{\sin \sigma_C - \sin \sigma} \right)^{\left(\frac{1}{2} - \frac{\delta}{\pi} \right)} \quad (5)$$

ただし $0 < \sigma < \sigma_C$.

点Pが境界面CB上にある場合:

$$\frac{y}{a} = 1 + \frac{d}{a} \tan \delta + \frac{2\mu}{\pi} \int_{\sigma_C}^{\sigma} \left(\frac{\sin \sigma_B + \sin \sigma}{\sin \sigma_B - \sin \sigma} \right)^{\frac{1}{2}} \times \left(\frac{\sin \sigma - \sin \sigma_C}{\sin \sigma + \sin \sigma_C} \right)^{\left(\frac{1}{2} - \frac{\delta}{\pi} \right)} \tan \sigma \, d\sigma \quad (6)$$

$$q = \left(\frac{\sin \sigma_B - \sin \sigma}{\sin \sigma_B + \sin \sigma} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\sin \sigma + \sin \sigma_C}{\sin \sigma - \sin \sigma_C} \right)^{\left(\frac{1}{2} - \frac{\delta}{\pi} \right)} \quad (7)$$

ただし $\sigma_C < \sigma < \sigma_B$.

これらの式における σ はII)の解析においてあらわされる補助平面の変数で σ_C および σ_B はそれぞれ点Cおよび点Bをあらわし、 $\sigma=0$ は点Dをあらわしている。 σ_C 、 σ_B および縮流係数 μ は δ 、 d/a および h_1/a を与えると一義的に決定されるのでこれらの量をあらかじめ計算しておき、適当な σ を与えることによって上述の諸式を用いて任意点の圧力を計算することができる。計算された理論解は以下の各図において実線で示されている。

2. 実験結果

幅40 cm、深さ60 cmおよび長さ10 mの水平直線水路に、底面傾斜角が30°で水門の厚さが6.0 cm、12.0 cmおよび24.0 cmの傾斜底水門と、同じ底面傾斜角の傾斜水門をゲート開度を6.0 cmにして設置し、それぞれについて圧力測定をおこなった。その結果は図-2、図-3および図-4に示されるとおりである。図-2は自由流出の場合で水門の厚さを一定にして上流水深を変化させた場合の圧力分布を示している。この図によると水門上流面では実験値と理論値とはかなりよく一致しているが、水門底面においては上流水深が大きくなるにつれて両者の差が大きくなっていくことがわかる。

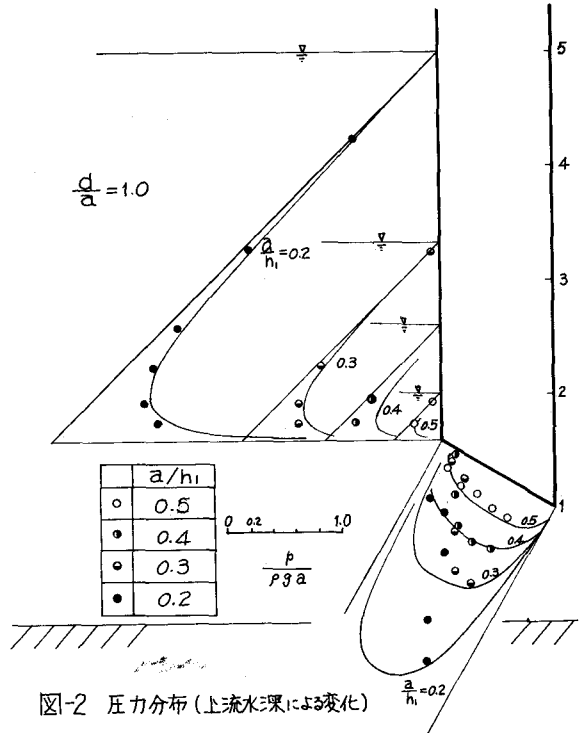


図-2 圧力分布(上流水深による変化)

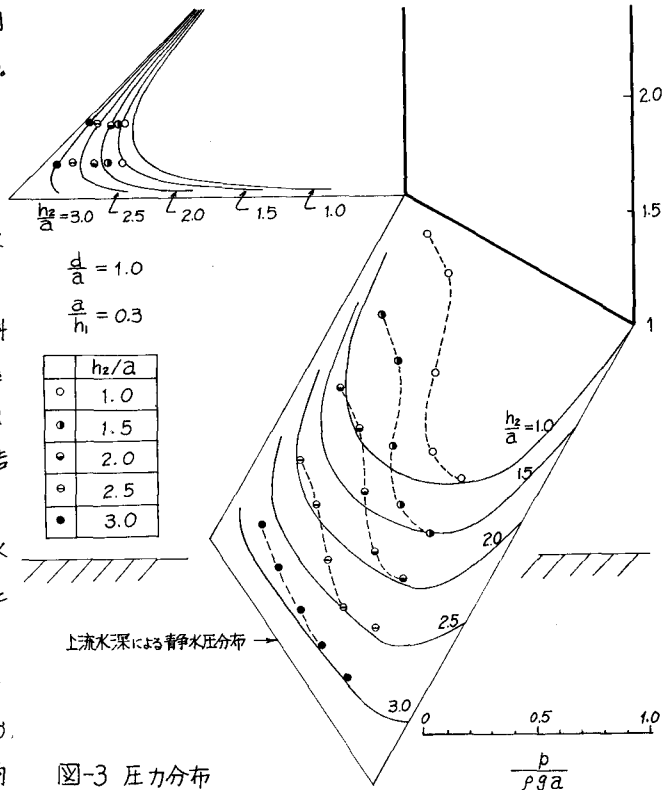


図-3 圧力分布
(下流水深による変化)

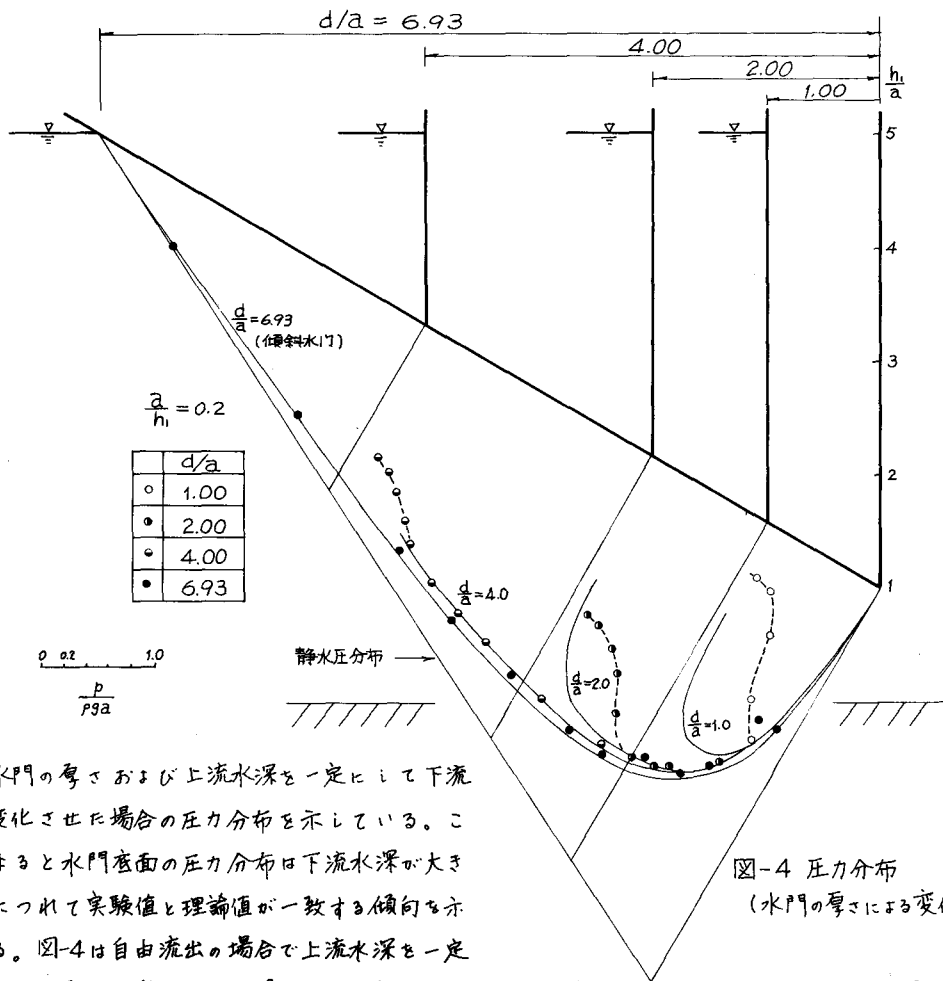


図-4 圧力分布
(水門の厚さによる変化)

図-3は水門の厚さおよび上流水深を一定にして下流水深を変化させた場合の圧力分布を示している。この図によると水門底面の圧力分布は下流水深が大きくなるにつれて実験値と理論値が一致する傾向を示している。図-4は自由流出の場合で上流水深を一定

にして水門の厚さを変化させた場合の水門底面の圧力分布を示している。この図では水門の厚さを大きくするにつれて理論値と実験値が一致していく傾向がわかる。またその値は傾斜水門のそれに近づいていくことがわかる。

以上の結果より水門底面の圧力分布に関する理論解の適合性は水門底面上流端近傍の流速の大きさに依存していると考えられる。すなわちこの近傍の流速が小さい場合には理論解はかなりよく現象を説明するが、流速が大きくなるにつれて両者は一致しなくなる。流速が大きくなる場合には流線がはく離し水門底面に渦領域が発生していることも考えられるが、この点についてはさらに詳細な実験をおこなって理論解析におけるより各当るモデルをつくっていくことが必要であろう。

最後にこのような研究をすすめていくにあたりつねに御指導を賜わっている京都大学の岩佐義朝教授ならびに適切な御助言を賜わった広島大学の金丸昭治教授に深く感謝致します。

参考文献

- 1) 岩佐名合・堀江：水平底上に設置された鉛直水門に作用する流体力について，昭和42年度 内閣府第12次学術講演会講演概要。
- 2) Gentilini, B: Efflusso dalle luci soggiacenti alle paratoie piane inclinate e a settore, L'ENERGIA ELETTRICA, Giugno, 1941.
- 3) 名合・桐原：傾斜水門の流出機構（水門底にはく離領域を以てする場合），昭和45年度 中国四国支部 学術講演会一般講演概要。