

堰のエネルギー損失について

山口大学工学部 正○羽田野袈裟義
山口大学工学部 太田 幸孝
建設省 正瀬戸口 忠臣

1. まえがき

日本の河川には取水用の堰が設置されていることが多い。堰、特に固定堰は治水上のネックになるため、堰を可動化することにより対処している。洪水時に堰を転倒する場合、不等流計算では転倒堰部分を広頂堰として取り扱うことが適当と思われる。この場合に問題となる広頂堰上のもぐり越流に関する従来の研究は必ずしも十分とはいえない。ここでは完全越流からもぐり越流まで取り扱った本間¹⁾の実験データに基づき若干の検討を行なう。

2. 本間の研究の検討

本間は図-1に示すような台形および長方形断面の堰堤に関する実験を行い、 h_2/h_1 の値により完全越流、不完全越流、もぐり越流の3つの流動形態に分類されることを示し、これら3つの越流形態に対して各々式(1)、(2)および(3)の流量公式を与えている。

$Q = \mu B h_1 \sqrt{2gh_1}$ (1); $Q = (\alpha h_2/h_1 + \beta) B h_1 \sqrt{2gh_1}$ (2);

$Q = \mu' B h_2 \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$ (3)

ここで、 μ 、 α/μ 、 β/μ 、 μ'/μ および上記の3つの越流形態を区分する h_2/h_1 値は堰堤上流面勾配 $I_u = n_1/m_1$ と下流面勾配 $I_D = n_2/m_2$ により変化する。また勾配による堰の分類として

A: $I_D < 3/5$, $I_u > 3/4$

B: $I_D \approx 1$, $I_u > 2/3$

C: $I_D \approx 3/2$, $I_u > 3/1$

としている。図-3は式(1)~(3)に h_1 と h_2 の実験値を適用して得られる流量 Q の計算値と実験値の比をプロットしたものである。また、図-2は河川の不等流計算を考慮し、 Q と h_2 の実験値から式(1)~(3)の逆算により得た h_1 の計算値と実験値の比をプロットしたものである。図より、完全越流と不完全越流では実験値と計算値の一致は比較的良好であるが、潜り堰につ

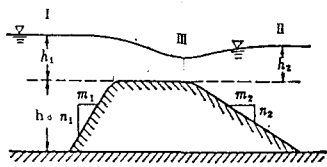


図-1 台形堰²⁾

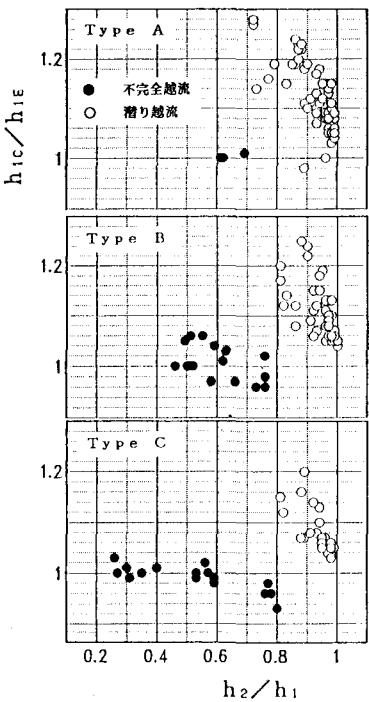


図-2 本間式による h_1

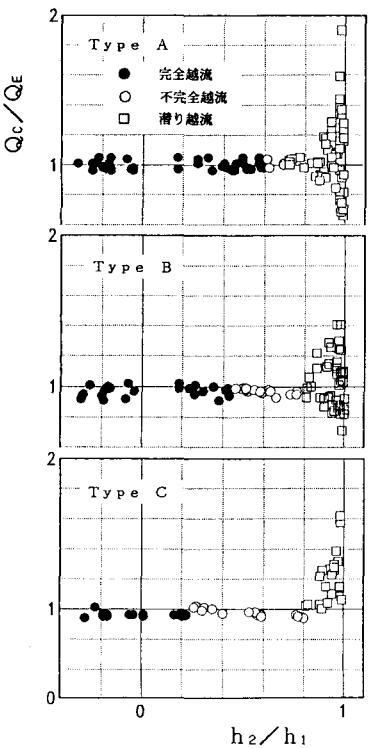


図-3 本間式による Q

いては両者の不一致が著しい。したがって河川計画のための資料として、洪水時に転倒した堰上のもぐり越流を本間式により解析したものをを用いることには問題が残る。

3. 台形堰の潜り越流

上記の問題に対処するため、運動量の式とベルヌイの式を組み合わせで検討する。図-1中、堰上で水深が最小となる断面(Ⅲ)が存在する。この断面では流線は堰頂に平行であると考えられる。したがってこの断面Ⅲと下流水深測定断面(Ⅱ)に運動量の定理を適用する。また、上流水深測定断面(Ⅰ)から断面Ⅲまではエネルギー損失は無視しようと考えられる。以上よりエネルギーの式と運動量式は、

$$\frac{1}{2g} \left(\frac{q}{h_d + h_1} \right)^2 + h_d + h_1 = \frac{1}{2g} \left(\frac{q}{h_3} \right)^2 + h_d + h_3 \quad (4); \quad \rho q \left(\frac{q}{h_d + h_2} - \frac{q}{h_3} \right) = \frac{1}{2} \rho g [(h_d + h_3)^2 - (h_d + h_2)^2] \quad (5)$$

不等流計算を考慮し、

h_d 、 q および h_2 が与え

られたとき h_1 を求める

ことを考える。まず、与え

られた水理量から式(5)

により堰頂水深 h_3 を求め、

この h_3 を式(4)に用いて

越流水深 h_1 を求める。

その計算結果が潜り越流

のケースについて図-4

および5に示されている。

図中添加え c は計算値、

E (または e)は実験値、

h_c は限界水深、横軸の

量は実験値である。それによると、 h_2 が大きい部分では h_1 の計算値は実験値と近い値を示すが、これが小さくなると実験値より小さな値を与えている。これは、 h_2 が小さくなるにつれて、断面Ⅲでの圧力の静水圧からのずれが大きくなること、流速分布の非一様性が大きくなることによると考えられる。図-4は2に比べてまとまりがよく本解析の有効性を示唆している。今後圧力や流速の非一様性を考慮したい。なお、この方法では不完全越流の場合は計算できなかった。式(5)の成立条件とあわせて再検討する必要がある。

次に、エネルギー損失であるが、断面ⅠとⅡの間のエネルギー損失 ΔE を次式で表現する； $\Delta E = \zeta / [0.5g(q/h_3)^2]$ 。 q 、 h_1 、 h_2 および h_3 のデータを用いて上式の ζ を求めた結果を図-6に示す。図によると、実験の範囲では上式で定義される ζ は、 h_2/h_1 が大体0.3から0.8までの間で単調に増大している。そして $h_2/h_1 > 0.8$ では ζ の値は大きくバラつく。この点については今後検討したい。

参考文献

- 1) 本間 仁：低溢流堰堤の流量係数、土木学会誌、26巻6号および9号、1940。
- 2) 土木学会：水理公式集、1971。

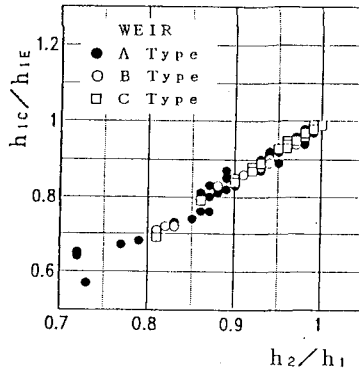


図-4 h_{1c}/h_{1E} と h_2/h_1

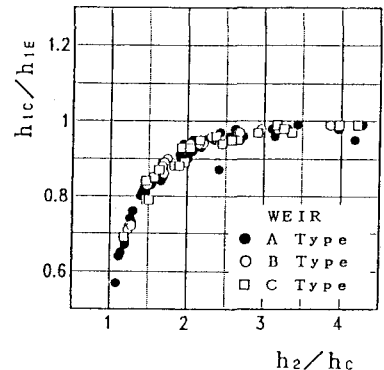


図-5 h_{1c}/h_{1E} と h_2/h_c

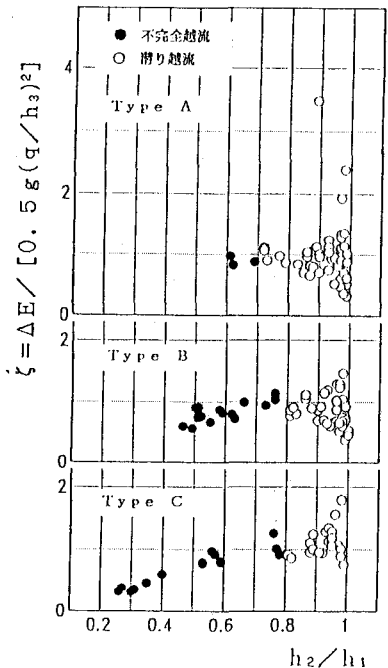


図-6 エネルギー損失係数