

横越流せきの越流特性について

京都大学防災研究所 正員 中川博次
同 正員 中川 修

1. まえがき ダムの側方余水吐や下水管渠の設計に関連して、古くから横越流せきの流量配分機能ならびに水面形解析法に関する研究が行なわれているが、越流に伴って流れは複雑な三次元性状を示し、また越流区間で流れの状態が変化する場合もあつて、越流量に関しても適確な推定を行なうことは不可能であつた。筆者らは横越流双形せきの越流特性を実験的に考察し、既往の横越流量公式の適合性を検討するとともに、より合理的な越流量推定の方法を確立しようと試みた。

2. 実験装置 幅20cm, 高さ20cm, 長さ10mの合成樹脂製長方形断面一様水路の中程に切り欠き部を設け、横越流双形せきが構成されるように鋼板をビス止めすることによつて、せき高さを3cmおよび5cm, せき長を20~60cmに変えられるようにした。水路こう配は全実験を通して一定で1/1,000とした。越流水脈下面がせき頂面に付着しない状態で実験を行ない、またせき全長からの越流量および水面変化を測定した。

3. 射流分岐の二次元解析¹⁾ 従来の一次元解析法によるDe MarchiおよびFragen公式は射流分岐についてはその越流量表示に問題があり、これらの式による流量推定誤差は10~40%に達することが認められたので、Prandtl-Meyer flowとしてこの取り扱いによる二次元解析を行ない、次の結論を得た。

(1) せき長を L , せき上流端での越流水深を d_0 , 初期マッハ角を β_0 , 初期フルード数を Fr_0 , せき頂面内での越流水に関する圧力係数を入とするととき、越流量 ΔQ は次式で与えられる。

$$\Delta Q = \frac{2\sqrt{g} L d_0^{3/2}}{(1+\lambda)} \left(\cos \frac{\beta_0 + \theta_1}{\sqrt{3}} \right)^3 \left(\cos \frac{\theta_1}{\sqrt{3}} \right)^{-3} \quad (1)$$

$$\frac{2}{2+Fr_0^2} = \frac{2}{3} \cos^2 \frac{\theta_1}{\sqrt{3}} \quad (2)$$

(1)式によつて横越流量を最大誤差4%の範囲内で推定することができる。

(2) 射流状態では主流の比エネルギーが流下方向に減少し、その遞減率は初期フルード数の増大とともに大きくなる。したがつて、従来の比エネルギーを一定と仮定した水面形解析法は適合精度がかなり低い。

(3) 分岐流と主流とで擾乱波の伝播特性を変えた取り扱いによつて、越流区間での水面形の変化を満足すべき精度で解析することができるといふ。

図-1に(1)式による理論越流量と測定値とを比較して示す。

4. 常流分岐の越流量 一様水路における横越流量公式として広く用いられているDe

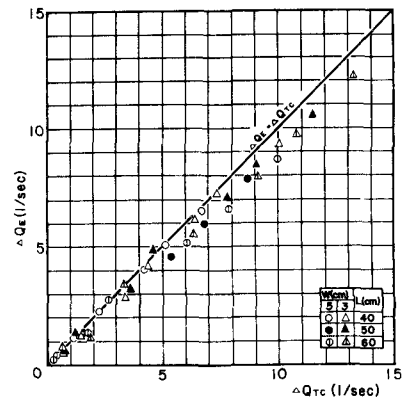


図-1

MarchiおよびFraserの式の適合性を検討した。De Marchiは単位せき長当りの越流量を次式で表わしている。

$$q_f = -(dQ/dx) = (2\sqrt{2g}\mu/3) d^{3/2} \quad (3)$$

ここに、 Q :流量、 d :越流水深、 μ :越流水深($=0.623$)、 x :流下距離である。いま、各断面での平均水深を用いて(3)式より計算された理論越流量 ΔQ_T と実測値 ΔQ_E を比較した結果、 ΔQ_T は ΔQ_E より常に5~20%大きくなることが認められた。越流水深はせきを斜めによさるから、越流量はその断面より上流の水深に支配されるはずである。いま、流出流線がせき頂面となす

平面角度 θ は近似的に、 $\cos \theta = \sqrt{1 - (u_m^2/2gE)}$ で表わされる。ここに、 u_m : x 断面での平均流速、 E :せき頂を基準とするエネルギー水頭である。(3)式の d として、 x 断面のせき上から水路軸方向と θ なる傾きをもつ断面の平均越流水深をとって ΔQ_T を計算し、 ΔQ_E と比較したのが図-2であり、両者の間にかなり高い相関が得られる。Fraser公式の適合性を検討した結果が図-3であり、推定精度がきわめて低いことが示される。

5. 流速分布と比エネルギー 流速測定によってえられたエネルギー係数の流下方向変化を図-4に示す。 $x=0.15\text{cm}$ 付近から流心のせき側への偏りが顕著となり、そのため α が無激に増加し、下流端断面ではせきと反対側に死水域の生じることが確認された。

この α の値を用いて断面平均比エネルギーを求め、せき上、下流端での変化を示したのが図-5である。常流状態でも比エネルギーが多少流下方向に減少することが示されたが、射流の場合に比べて遞減率は小さく、比エネルギー一定の仮定にもとづく水面解析法が適用されるものとみなしてよい。

常流分岐ではせき上流端に局所射流が現われることが多く、

水面の乱れが大きく、流況も複雑であるから、局所射流の発生限界、支配曲線の位置、形状の考慮にもとづいた越流量に関するより高度な解析法の展開が必要である。本研究は文部省科学研究費(特定研究)による研究の一部であることを付記する。

参考文献

1) 中川博次 中川修:横越流せきの越流特性について、京大防災研年報11号, 昭.43.3.

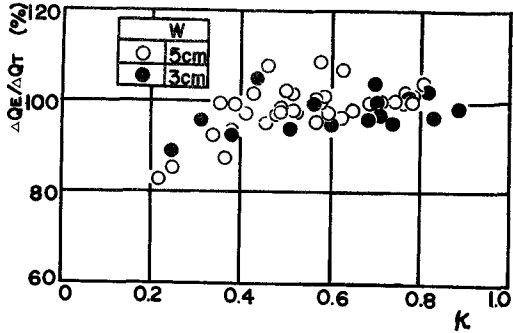


図-2

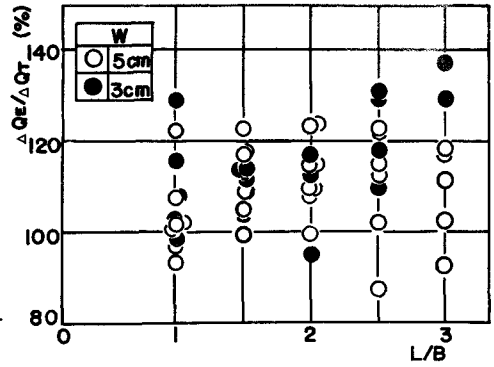


図-3

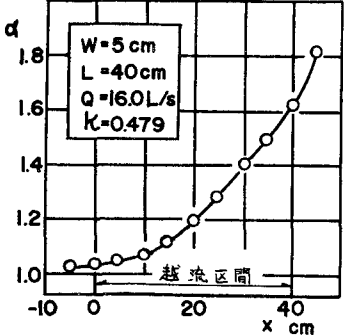


図-4

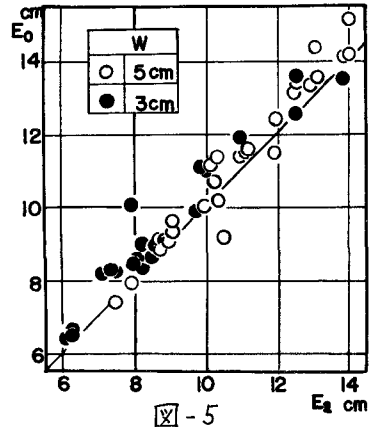


図-5