

名古屋工業大学 正 員 細井 正延

杉山 錦雄

名工大大学院 学生員 ○越村 一雄

1. はし加き : 河川に水制を設けた場合に問題になるのは, (1) 水制工によるエネルギー消費, したがって, 流速減少がどうなるか, (2) 洗掘による水制工自体の破損防止, などであり, これらの観点にたって水制高さ¹⁾と水制間隔との関係を合理的に決定することが必要である。

越流型水制では, (水深)/(水制高)の値が一般に小さいので, 水制間で跳水現象が現われることがあるため, 著者は, 従来の相当粗度という考え方ではなく, 流れを, 水制による段落ち流とせき上げ流の組合せとして取扱い, さらに水制上での流線が曲率をもつための影響を考慮して, エネルギー損失, 後流領域の長さ¹⁾とそこでの渦の強度, および水制上で限界水深が現われるための条件などを検討した。またエネルギー損失を, つぎの3種, すなわち, (1) 底面摩擦によるもの, (2) 後流領域の渦によるもの, (3) 表面擾乱によるもの, に分類した。(2)としては, 後流領域の境界面に作用するセン断力により生ずるものとし, (3)については, 跳水による表面擾乱に起因するものが大部分と考えた。

2. 実験方法および装置 : 実験水路は, 長さ15 m, 幅60 cmの勾配可変の鋼製で, 水路中央部の両側面はガラス張りである。水路底面に直径49 mmの円形断面のパイプを, 水路方向に直角に水路を横断して棧型状に敷き, 水制の模型とした。パイプの間隔と直径の比 $S/k=10, 20, 25$ の3種類とし, 水路底面勾配 $J=1/80, 1/400$ とし, 水制上での水深を2~10 cmの間で変化させ, ポイントゲージおよび抵抗線式水位計を用いて測定した。平均流速, 流量, 運動量補正係数 β , 流速分布係数 α の値は, 水路断面中央でピトー管により測定した鉛直流速分布から求め, またパイプ面およびパイプ上の各水深の点で静水圧を測定して, パイプ面の水圧, 圧力分布補正係数 β , Jaegerの圧力分布補正係数 η を求めた。

3. 実験結果と考察 : (水深)/(水制高)の値が小さい場合には, 水流が水制上を越流する際, かなり大きな曲率をもち, 特に射流が現われる場合には, その影響が大きいので, 曲率の影響を考慮した。図-1にて, Sec. IとSec. IIの間で, 後流領域を含むのと含まない場合の2個の運動量方程式をたて, Separation boundaryに作用

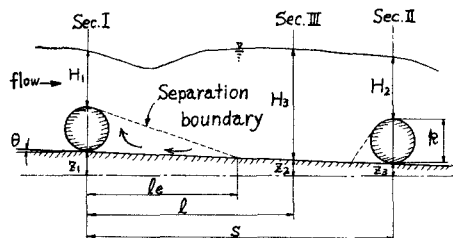


図-1.

するセン断力 F_e と, 底面摩擦力 F_f を計算する。 $(F_e + F_f)/S = \tau$ として, $U_m/\sqrt{\tau/\rho} \sim H_m/k$ の関係を示したのが図-2であり(H_m は後流領域を除外した平均的水深), これは全抵抗から表面擾乱による抵抗を除いた, 後流領域の渦と底面摩擦とによる抵抗係数を示すものである。 $S/k=10, 25$ の常流のものと射流のものとは, 非常に近い値をもつことがわかり, これにより, 流れの一部に射流が現われても, 抵抗係数の値は大きな影響を受けないものと思われる。図-3は, 全抵抗(表面擾乱によるものを含む)を考慮した場合の抵抗係数を示すものであり, 図-2と比較して, 射流の場合に点が下降しているのは, 表面擾乱に起因する抵抗係数の増加を示す。図-2と図-3の常流の場合の点が同じ位置にないのは, 計算過程での近似のさせ方によること, あるいは, 常流の場合でも, 多少の表面擾乱によ

る抵抗が存在するためであろうと思われる。図-4は、前の2個の図と同じ方法により、 $Fe/le = Te$ として、 $U_m/\sqrt{Te/\rho} \sim H_m/k$ の関係を示したもので（ H_m は後流領域の存在する部分の平均的水深）、これは後流領域の渦の強度を表わすための一つの指標である。すなわち、Sec. Iでのフルード数が大きいものほど、点が下位に位置しており、抵抗係数が大きい。これにより、水制背後の洗掘を考える場合の一つのめやすとなるであろう。

後流領域の長さについては、椿博士が述べているように²⁾、射流が現われる場合に短かく、常流の場合に長くなること、が、実測結果より明瞭であった。

水制頂面上で射流が現われる場合と常流の場合とでは、後流領域の長さ、渦の強度、エネルギー損失などが著しく異った値を示すので、水制上で限界水深をとるための条件をみいだす必要がある。¹⁾

図-1で、Sec. I ~ Sec. IIIに運動量方程式をたて、Sec. Iでは曲率を考慮し、Sec. IIIでは静圧分布とする。限界状態では、水制上では、 $U/U_m = 1.0$ と仮定すると（実測結果よりこれが言い得る。）、 $\alpha_1 = (1 + \eta_1)/2$ となる。また、 $H_1/H_3 = \beta$ 、 $le/H_3 = K$ 、 $(z_1 - z_3)/H_3 = \Delta K$ 、 $U_m/\sqrt{gH_3} = F_3$ とて運動量方程式に代入し、さらに、 $\eta_1 = \eta_3 = 1.0$ 、 $\Delta K/K \ll 1$ として、限界フルード数 $Fe = \sqrt{\alpha_1/\alpha_1}$ を用いて整理すると、^{1), 3)}

$$\left(\frac{2\alpha}{1+\eta_1}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot F_3^{\frac{2}{3}} = -\frac{2}{3}K - 2\sqrt{\frac{1}{3}\left(\frac{1}{3}K^2 + \frac{1+2F_3^2}{\eta_1}\right)} \cdot \cos\left(\frac{\varphi}{3} + 120^\circ\right)$$

ただし、

$$\cos \varphi = \frac{-\frac{K^3}{27} + \frac{K}{3\eta_1} + \frac{1}{\eta_1}\left(\frac{2}{3}K + 1\right)F_3^2}{\left\{\frac{1}{3}\left(\frac{1}{3}K^2 + \frac{1+2F_3^2}{\eta_1}\right)\right\}^{\frac{3}{2}}}, \quad 0 < \varphi \leq \frac{\pi}{2}$$

上式において、 $\alpha_1 = 1.0$ として、 η_1 をパラメータとして F_3 と K の関係を図示すると、図-5のようになる。なお、本研究は、文部省科学研究費（特定研究）の補助を受けたことを付記する。

参考文献

- 1) 芦田 和男：開水路断面急拡大部の水理に関する研究(2)，土木研究所報告第105号
- 2) 椿 東一郎：水制の水理に関する実験的考察，第14回年次学術講演会講演要旨 第Ⅲ部
- 3) 芦田 荒木：開水路断面急拡大部における水理に関する研究(1)，土木研究所報告第101号

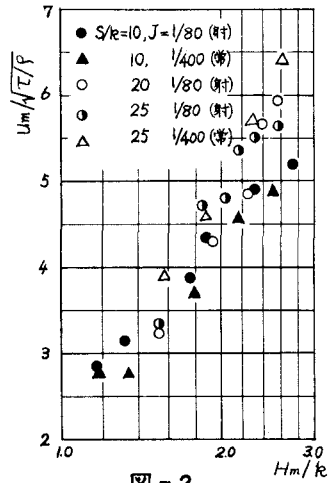


図-2

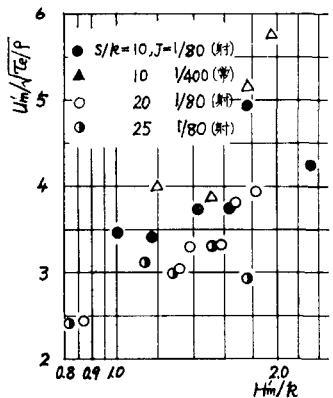


図-4

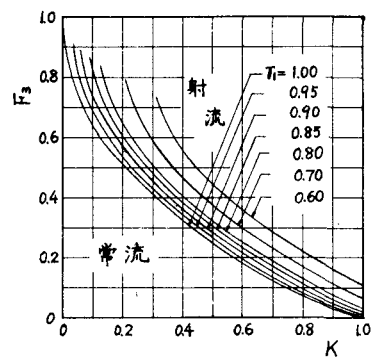


図-5