

V-25 多孔壁による沈殿池流入部の整流について

京都大学工学部 正員 末石富太郎

1. 概説 整流壁に関する従来の研究は、主として模型実験によって池内の流況を観察し、その位置および整流孔の開口比などを決定していたが、単に幾何学的関係だけでも多くの条件があり、普遍的な指針が得られていない。沈殿池に用いられる種々の整流壁のうち、中間整流壁や導流壁は汚泥の堆積、風の吹送作用による偏流とか水温差による密度流などに対して効果があり、まず流入部整流壁によって水流の性状が最も支配されるようである。流入部における多孔壁の配置を平面的にみると、図-1に示すような流入管または流入渠による流入方向と直角に整流するもの、および図-2のように平行なものの2種が考えられ、鉛直方向にも同様な配置が考えられる。しかし仮に鉛直方向の整流が完全に実現されても、流下に伴って漸次鉛直方向速度勾配の生ずることは避けられない。これに反し、池幅は水深に比してかなり大きく、風の影響がない場合平面的にみた側壁附近のごく一部を除き流れの均等性を維持するための流入部整流壁の果たす役割は大きいものと考えられる。このような意味で問題を簡単化し、図-1または2において、矩形断面流入渠の水深が池内水深と等しい二次元整流区域内の流れに対する考察を試みた。解析の目的は流入水が任意の開口比の整流壁を通過する際の流速分布、あるいは逆に流速を均等にするための開口比の分布を求めることであるが、整流区域内の流速はきわめて緩慢であるから、粘性の影響を無視し、また水深変化もごくわずかなため高さ一定の圧力槽とみなし、その中の圧力変化が実際的水深変化に対応するものと考えた。

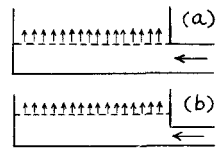


図-1

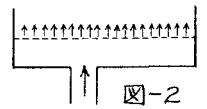


図-2

2. 流入幅と整流区域の幅が等しく流入方向と直角に整流する場合 図-3を考え、まず y 方向の流れの加速度を無視すると、横から流出する管路の理論¹⁾をそのまま適用すること

$$\left. \begin{aligned} \xi_c = \pi/2E \geq 1 \text{ のとき } r = v_e/v_0 \lambda = E \cos E \xi / \sin E, \\ \xi_c \leq 1 \text{ のとき } r = E \cos E \xi \quad (\xi \leq \xi_c), \quad r = 0 \quad (\xi \geq \xi_c), \end{aligned} \right\} \text{----- (1)}$$

によって与えられる。ただし $E = \sqrt{2\alpha_m} c \bar{e} / \lambda$, $\lambda = l/B$, $\xi = x/B$, α_m : 流速分布補正係数, c : 整流孔の流量係数であり、整流孔通過後の圧力は整流壁にそって一様と仮定している。

つぎに整流区域内の y 方向の流速 v を考慮する場合には、二次元流の連続方程式

$$\partial u / \partial x + \partial v / \partial y = 0 \text{----- (2)}$$

および y 方向の運動方程式

$$u \partial v / \partial x + v \partial v / \partial y = -g \partial Y / \partial y \text{----- (3)}$$

を用い、近似的に $v/u = v_e y / \bar{v} l$ と仮定すると、

$$Y = Y_e + (\bar{v} dv_e / dx - v_e d\bar{v} / dx) (l^2 - y^2) / 2gl \text{----- (4)}$$

を得る。ここに、 g : 重力加速度, $\bar{v}$: x 方向の平均流速, Y : 圧力水頭で、整流孔外の

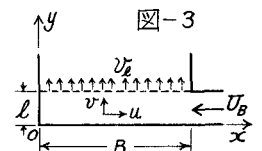


図-3

圧力を基準にとると、 $y=l$ においては $Y_l = U_l^2 / 2gc^2 \bar{e}^2$ となる。(4)式を用いて y 方向の Y の平均値 $\bar{Y}$ を求め、 x 方向の連続および運動方程式

$$dU/dx = -U_l/l, \quad \alpha_m dU^2/dx = -g d\bar{Y}/dx \quad \text{----- (5)}$$

に代入すると、

$$r = d\delta/d\xi = \sqrt{r_0^2 - 2\alpha_m c^2 \bar{e}^2 \delta^2 / \lambda^2 + C \delta^{(3/c^2 \bar{e}^2 + 2)}} \quad \text{----- (6)}$$

を得る。ただし $r_0 = (r)_{\xi=0}$ は $\int_0^1 r d\xi = 1$ として決定され、常数 C は $\xi=1$ における圧力の条件から決定されるが、 $\xi < 1$ では $\delta^{(3/c^2 \bar{e}^2 + 2)}$ の値はきわめて小さく、事実上この項を無視することができ、この場合の解は(1)式と全く同じになる。

さらに、完全に整流するための開口比の変化は次式によって求められる。

$$e = e_0 \lambda / \sqrt{\lambda^2 - 2e_0^2 \xi^2} \quad \text{----- (7)}$$

ただし $e_0 = (e)_{\xi=0}$ である。(7)式から流入部に近いほど e を大きくする必要があり、また e の最大値は1であるが実際施工上可能な値を e_{max} とすると、 $e_0^2 \leq e_{max}^2 \lambda^2 / (2e_{max}^2 + \lambda^2) < \lambda^2/2$ を満足させる必要がある。

3. 流入方向と同方向に整流する場合 図-2に示した配置の最も基本的な場合として、

図-4に示すような整流区域を考える。完全に整流するための e を求める近似解として、 x 方向の流れをそれぞれ一様な幅 f の逆流域と $l-f$ の順流域に分けて考える。 $(v)_{y=0} = U_0$, $(v)_{y=f} = U_f$ とかき、 $y=0 \sim f$ では $v = -(U_0 - U_f)y/f + U_0$, $y=f \sim l$ では $v = \{U_f(l-y) + U_0(y-f)\}/(l-f)$ と仮定し、上と同様の取り扱いによって、まず

$$\begin{aligned} x=0 \sim D, \quad r_f &= r_{f,0} + [r_{f,0} - \{w(1-q) - q\}/(1-2q)] F(K\xi^2), \quad K = 12/\lambda^2 q(1-q), \\ x=D \sim B, \quad r_f &= r_{f,B} + [r_{f,B} + q/(1-2q)] F\{K(1-\xi)^2\}, \quad F(t) = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n t^{m/1.35 \dots (2m-1) \cdot 3.7 \cdot 11 \dots (4m-1)} \end{aligned} \quad \text{--- (8)}$$

を用いて境界条件を満たすような U_f を求め、これから Y_l を媒介として e を求めることができる。²⁾ ただし $r_f = U_f/U_l$, $w = B/D = U_0/U_l$, $q = f/l$ である。図-1(b)のような場合に対しても同様な考え方を適用することができるが、整流区域内の流れを直接対象とするには近似の程度がまだ不十分である。

4. 実験 上述の理論を検証するため塩化ビニール板製の模型整流壁を作製し、種々の条件のもとで、整流壁通過後の整流流速を主に測定した。

計算および実験結果を比較した例を図-5, 6に示した。なお流速測定には熱線微流速計を使用した。

以上から明らかになったことは、従来経験的に知られてきた開口比の5~10%という値である程度の整流効果を期待できるが、流入部から遠い部分ほど開口比を大きくすることは正しくなく、図-1(a)のような場合はむしろ逆になる。また図-2のような場合には、ごくわずかな水深変化に起因して、図-6に例示したような複雑な振動解をもっている。

文献

- 1) 末石富太郎:「横から流入のある管流の特性と排水埋渠の水理設計について」工業用水 第17号, 昭和35年2月。
- 2) 末石富太郎:「多孔式整流壁による水流の整流機構について」土木学会関西支部年次学術講演会概要, 昭和34年11月。

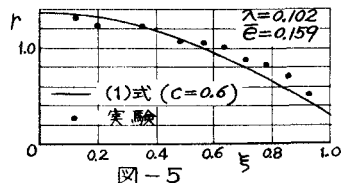
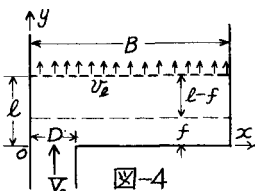


図-5

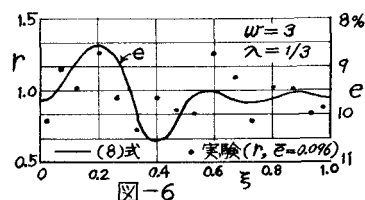


図-6