

選択取水における円形取水盤の効果

農業土木試験場 正員 松本良男

1. はじめに 本研究は密度2成層場において、円形取水盤を有する呑み口の取水限界について考察したものであり、貯水池における表層取水法として、フローティング・ゲート、あるいはシリンダーゲートなどを、取水装置として用いる場合を対象としている。

従来、密度成層流体からの選択取水については、取水口形状の差異を包含した一種の内部フルード数の限界値(無次元常数)で与えられてきている。一様密度勾配時の取水理論によれば、line sinkは Y_{ih} などによる F_c 、また、point sinkは日野・大西による G_c で説明される。

一方、密度2成層時の下層取水では、Harlemanらが2次元水路におけるカーテンシールの取水限界を、相対密度差を考慮した簡単なエネルギー式を解いて求めている。また、千秋らは長方形呑み口を有する水平取水管の取水限界を、等ポテンシャル面の仮定によって3次元流入の効果を含めた半理論式を提案している。以上の取水限界の表示式は、それぞれ取水口への流れの性状、あるいは次元を代表する別個の表示関数であらわされている。

さて、本課題において、実用上の取水口規模を考慮すれば、これと取水口厚との相対的な関係によって流れの次元が異なってくる。すなわち、取水口厚が薄い場合には2次元流入が卓越し、逆に、これが十分深いものであればpoint sink的に取り扱う必要がある。

従って、本題の取水限界を説明するには、上述の流れの変化を包含した表示法が必要となる。筆者は先に流動層主流域では完全流体としての取扱いが可能となることを実験的に

見出した¹⁾。この結果は模式的に図-1のようになる。これから、流動層底面付近の水平流速が取水限界に対して主要なファクターとなることが予想される。もし、この仮定が妥当なものであれば、取水口と流動層の厚さとを境界条件としたポテンシャル解析により、取水限界の統一的表现が可能となろう。

ここでは、内部境界面付近に生ずる最大流速に着目した取扱いにより、円形取水盤の効果を含めた表示式を得たので報告する。

2. 理論的取扱い

Rouseによる上方鉛直取水管の取水限界は図-2の記号を用いて

$$\frac{V_c}{\sqrt{gEZ_0}} = 5.7 \left(\frac{Z_0}{D} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (1)$$

ここで、流動層を軸対称ポテンシャル流と仮定し、界面を流れの最下層とした場合、界面上の水平方向流速の最大値 u_{max} は

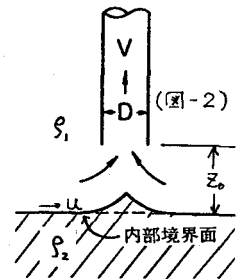
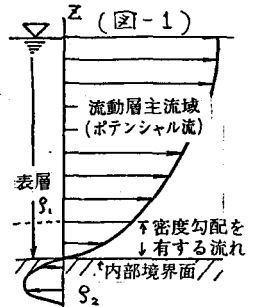
$$\frac{u_{max}}{V} = \phi \left(\frac{Z_0}{D} \right) = 0.06 \left(\frac{Z_0}{D} \right)^{-\frac{2}{3}} \quad (2)$$

となる。²⁾ 取水限界に対応させて $u_{max} = (u_{max})_c$ とすれば、(1)、(2)式より

$$(u_{max})_c / \sqrt{gEZ_0} = 0.342 = \text{CONST} \quad (3)$$

となる。次に、本課題の場合には図-3の記号を用いて

$$\frac{u_{max}}{V} = \phi \left(\frac{Z_0}{D}, \frac{R}{Z_0}, \frac{Z_0}{b_0} \right) \quad (4)$$



となる。 ϕ の関数形はやや複雑であるが、 b_0 の効果を見れば次式となる。

$$\frac{U_{max}}{V} = \phi = \left(\frac{Z_0}{D}\right)^{-2} \cdot f\left(\frac{R}{Z_0}\right) \quad (5)$$

さらに、(3)式右辺を C_0 (常数)とおき、(5)式を取水限界に対応させて添字 c をつければ、限界取水量 Q_c は(3)、(5)式から

$$Q_c = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 V_c = 2\pi \cdot \frac{C_0}{8\phi} \left(\frac{D}{Z_0}\right)^2 \sqrt{gEZ_0^5} \quad (6)$$

ここで、日野・大西が与えた G_c に対応させて密度2成層時の場合を K_c で評価することとし、上式を書き換れば

$$K_c = \frac{Q_c}{2\pi \sqrt{gEZ_0^5}} = \frac{C_0}{8\phi} \left(\frac{D}{Z_0}\right)^2 \quad (7)$$

また、(7)式に(5)式を代入すれば

$$K_c = (C_0/8) / f\left(\frac{R}{Z_0}\right) = f'\left(\frac{R}{Z_0}\right) \quad (8)$$

となり、実用上、 K_c は R/Z_0 の関数で与えられる。

(6)式を C_0 について書き換れば

$$C_0 = \frac{4Q_c \cdot \phi}{\pi D^2 \sqrt{gEZ_0}} \quad (9)$$

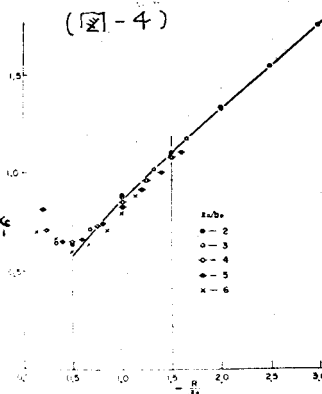
上式に、先に行った実験値¹⁾と同条件における ϕ 値を与えると、

$C_0 = 0.406$ が得られる。

この値を(7)式に代入すれば、

$$K_c = \frac{0.051}{\phi} \left(\frac{D}{Z_0}\right)^2 \quad (10)$$

となる。上式は(8)式の関係から、 R/Z_0 の関数で与えられるから、任意の R/b_0 、 Z_0/b_0 に対応する ϕ 値を求めて、 $K_c \sim R/Z_0$ の関係を



けたものが図-4である。また、本図から表示関数形を求めれば、実用上を考慮して次式で表わせようである。すなわち、

$$\left. \begin{aligned} K_c &= 0.65, \quad \text{たゞレ } 0 < R/Z_0 < 1/2 \\ K_c &= 0.93 \left(\frac{R}{Z_0} - 0.1\right)^{0.5}, \quad \frac{1}{2} \leq R/Z_0 \leq \frac{3}{2} \\ K_c &= 0.44 \left(1.0 + \frac{R}{Z_0}\right), \quad \frac{3}{2} < R/Z_0 \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

ここで、提案式による Q_c と、Harlemanらの2次元流の理論による Q_c' との比を α として評価すると次式となる。

$$\alpha = \frac{Q_c}{Q_c'} = \frac{2\pi K_c \sqrt{gEZ_0^5}}{2\pi R \sqrt{gE} \left(\frac{Z_0}{2}\right)^3} \quad (12)$$

(12)式の関係は図-5のように示され、 R が小、 Z_0 が大である程、 α の値は増大し、反面 R が無限に大きくなれば、2次元水路の実験結果と等しい $\alpha = 0.8$ 程度の値をもつ。

3. 結び MITによるキャブ円板付き鉛直取水管の取水限界は $R/b_0 = 2$ の条件で $K_c = 0.66$ 。これには工学的資料がないが、 $Z_0/b_0 \geq 4$ であれば $R/Z_0 \leq \frac{1}{2}$ となり(11)式と良く一致する。また、白砂は一様密度勾配時の表層取水実験結果から、 $G_c = 0.324$ を提案しており、興味深い。

(参考文献) 1) 川合・松本他3名(1977)、貯水池の表層取水に関する研究、農工学会誌 2-28。
2) 芦田・江頭・松本(1975)、サイフォンによる排砂機能に関する研究、土木学会支部年報 II-33

