

1. 概 説 急速ろ過池の下部集水装置に関する従来の研究は、ろ過池全般に対する洗浄水分布の均等性については根本的な解決は何らなされていなかった。この問題はろ過層の障害除去の点からもきわめて重要な課題であるので、着者はさきに多孔管型集水装置について洗浄水の分布均等度を導入した水理設計法を提案した。洗浄水の配分方式としては、この多孔管型のほかに Pressure Chamber を有する型式がある。これらと比較すると、水理的には明らかに後者が有利であり、わが国においても大型ろ過池はほとんどこの型式を採っている。しかしその水理的な設計方法は旧態依然としており、洗浄中に発生する砂層の乱れなど思わしくない事実も確認されている。

本研究の究極の目的は、多管型の場合と同様に、Pressure Chamber の水配分機構を明らかにするとともに設計法に洗浄水分布均等度を導入し、洗浄圧力の大小にともなって流出孔の寸法あるいは配置を変化させる方法を見出すことにあるが、現象がきわめて複雑であるので、普遍的な指針を与えることは不可能に近いものと思われる。この問題を実験によって解決しようとしても、Chamber 内の水圧分布の正確な値をあらゆる点について把握することはかなり困難であり、また Chamber 内の流速成分を綿密に測定することもきわめて面倒である。従ってここでは一つの試みとして、まず Chamber 内の流速分布を数値的に求める方法を研究し、流速の変化をもとにして洗浄水圧の変化を計算によって求めようとするものである。

2. 実 験 理論的研究にさき立って実験を行なった。これは実際の Pressure Chamber を模型的に再現することよりもむしろ、Chamber 内の流れの模様を確かめることを主眼とした。すなわち、長さ 45.0 cm、幅 15.67 cm、深さ約 5 cm のふたのない水槽を製作し、短辺の一端に幅 1.67 cm の流入水路を接続した。この水槽の底面のうち、流入口の部分を除いた長さ 45.0 cm、幅 14.0 cm の範囲に $\phi 1.6$ mm の孔を 120 個設けていわゆる Wheeler Bed とした。底面を水平に設置しておけば、槽内に生ずるごくわずかの水深変化を無視することにより、高さ一定の Pressure Chamber を開水槽に置換できることになる。槽内の水深を約 3.0 cm に保つための流入水量は 115 c/s であったから、流出孔の流量係数は約 0.65 と計算され、この場合底面積に対する流出孔総面積の有効比率は約 0.25 % となる。流入口に色素を添加し、その移動の模様を 8mm 撮影機でとらせ、流入後各時間ごとの色素の先端をトレースしたものが図-1 である。図-1 でわかるように槽内中央部には大規模な循環流を生じており、その中心部では洗浄水圧の低下が推定される一方、流入口を除く他の 3 隅では憩流の傾向にあり逆に水圧が高く、洗

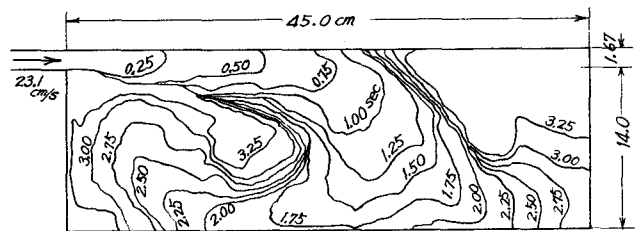


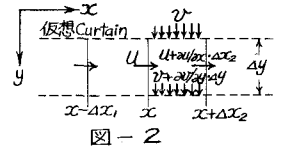
図-1

浄水分布割合も多くなるものと思われる。

3. 管網計算法を応用した流速分布の解法 図-1のような境界内の流れを2次元流と考へ、1側壁に平行にx軸、これと直角にy軸をとる。いまy方向にのみ水の出入りが自由であるような数多くの仮想的なCurtainをx軸と平行に固定し、相隣るCurtain間のCurtainにそった流速がy方向に一様であると仮定できるものとする。間隔 Δy の任意のCurtain間の粘性を無視した流れについて図-2を参照すれば次式が成立する。

$$\text{連続方程式: } \partial u / \partial x + \partial v / \partial y = -w / z, \dots (1) \quad \text{運動方程式: } d(u^2/g) / dx = -d\bar{y} / dx, \dots (2)$$

ただし、 w は洗浄速度、 z はChamberの高さ、 $\bar{y}$ はある x における Δy 間の平均圧力水頭である。(2)式を $x - \Delta x_1 \sim x$ および $x \sim x + \Delta x_2$ についてそれぞれ2度積分し組みあわせると、



$$\left(\int_{x-\Delta x_1}^x \bar{y} dx \right) / \Delta x_1 - \left(\int_x^{x+\Delta x_2} \bar{y} dx \right) / \Delta x_2 = - \left(\int_{x-\Delta x_1}^x u^2 dx \right) / \Delta x_1 g + \left(\int_x^{x+\Delta x_2} u^2 dx \right) / \Delta x_2 g \dots (3)$$

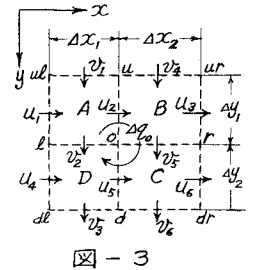
となり、(3)式の左辺は両区間の平均圧力水頭の差、右辺は u^2/g の平均値の差を示している。同様な関係がy方向についても成立し、図-3のごとく任意の点'o'を中心とした $(\Delta x_1 + \Delta x_2) \times (\Delta y_1 + \Delta y_2)$ の部分を考えて、(1)式からたとえ

$$(u_1 - u_2) \Delta y_1 + (v_1 - v_2) \Delta x_1 = -w \Delta x_1 \Delta y_1 / z \dots (4)$$

が図-3のA'につき成立し、また(3)式およびy方向の同様の式から、

$$U_A^2 - U_B^2 + V_B^2 - V_C^2 + U_C^2 - U_D^2 + V_D^2 - V_A^2 = 0 \dots (5)$$

が成立すべきである。ただし、(5)式の記号はたとえば $U_A^2 = u_1^2 + u_1 u_2 + u_2^2$ 、 $V_A^2 = v_1^2 + v_1 v_2 + v_2^2$ などである。与えられた流入流量および洗浄速度に対して、(4)式を成立させることはきわめて容易であるが、その場合一般



に u 、 v は(5)式を満さない。そこで管網計算法と同様にして、図-3の点'o'の周囲に $\Delta q_0 z$ の流量を補正し、同様に'o'の周囲8個の点にも各 $\Delta q z$ を考えると(5)式は

$$\begin{aligned} & \Delta q_0 (U_{Bo} - U_{Ao} + U_{Co} - U_{Do} + V_{Co} - V_{Do} - V_{Ao}) + \Delta q_L (-U_{AL} - U_{DL} + V_{Ao} - V_{Do}) + \Delta q_U (-V_{Au} - V_{Bu} + U_{Ao} - U_{Bo}) \\ & + \Delta q_r (U_{Br} + U_{Cr} + V_{Bo} - V_{Co}) + \Delta q_d (V_{Dd} + V_{Cd} + U_{Do} - U_{Co}) + \Delta q_{ul} (U_{AL} + V_{Au}) + \Delta q_{ur} (-U_{Br} + V_{Bu}) \\ & + \Delta q_{dr} (-U_{Cr} - V_{Cd}) + \Delta q_{dl} (U_{DL} - V_{Dd}) = U_A^2 - U_B^2 + V_B^2 - V_C^2 + U_C^2 - U_D^2 + V_D^2 - V_A^2 \dots (6) \end{aligned}$$

となる。ただし Δq の2次の項は省略してあり、また各 Δq の係数は、 $U_{Ao} = (u_1 + 2u_2) / \Delta y_1$ 、 $U_{AL} = (2u_1 + u_2) / \Delta y_1$ 、 $V_{Ao} = (v_1 + 2v_2) / \Delta x_1$ 、 $V_{Au} = (2v_1 + v_2) / \Delta x_1$ などである。(6)式を満すような各 Δq によって、図-3の各流速は、たとえば $u_2 + \Delta u_2 = u_2 + (\Delta q_0 - \Delta q_u) / \Delta y_1$ のように補正され、補正後の各流速も明らかに(4)式を満している。(6)式は流速分布を求めようとする境界内に仮定したx、y両方向のCurtainの交点について1個ずつ成立することになり、これらを連立に解けば各点の Δq を求めることができる。なおChamberの境界に接するところでは当然 $\Delta q = 0$ である。また粘性を考慮する場合には、(6)式の Δq の係数および右辺に粘性による附加項を加えるとい。こうしてChamber内各点の流速分布が求められると、これらを(2)あるいは(3)式に代入して各点の洗浄水压を算出することができるはずである。(6)式を検討するだけでも、Pressure Chamber内の流れに関し種々の特性を明らかにすることができたが、現在図-1の場合を対象として実際に計算を進めており、これと並行して流速の仮定とCurtainの挿入方法に関して(6)式の実用的解法を考究中である。なお本研究に際し文部省科学研究費をうけた。