

急速ろ過池におけるろ層の閉塞について

名古屋工業大学 酒井清太郎

1. 緒 言

急速ろ過池において、ろ層中に侵入した汚泥の量を知ることは、最適のろ層構成を解明するに必要な事項の一つである。昨年、Thomas R. Camp は論文 1) を発表して、先の Eliassen の実験結果 2) と Stein の式とを使用して、ろ層中の動水勾配の変化とろ層中の汚泥の Deposit ratio との関係を示した。筆者らは、この方法について、若干の検討と、2、3の実験とを行なった。以下簡単に報告する。

2. ろ過の水理

ろ層中の動水勾配 i は次式で示される。

$$i = \frac{j s^2 \nu}{g} \frac{(1-P)^2}{P^3} \frac{U}{d^2} \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 j : 係数、層流域では $j \div 6$ 、 s : 形状係数 $\div 6$ 、 ν : 水の動粘性係数、 g : 重力加速度、 P : ろ層の空隙率 U : 3 過速度、 d : 3 材の粒径 K を次式のようにおけば、式(3)が得られる。

$$K = \frac{j s^2 \nu}{g} U \dots\dots\dots (2)$$

$$i = K \frac{(1-P)^2}{P^3} \frac{1}{d^2} \dots\dots\dots (3)$$

ろ過継続中、ろ層中の汚泥の Deposit ratio を とおけば、動水勾配 i は式(4)で示される。

$$i = K \frac{(1 - P_0 + \delta)^2}{(P_0 - \delta)^3 (d_0 + \Delta d)^2} \dots\dots\dots (4)$$

但し、 P_0 : ろ過開始時のろ層の空隙率

δ : ろ層中の汚泥の Deposit ratio

d_0 : ろ過開始時のろ材粒子の直径

Δd : 附着した汚泥によるろ材粒子の直径の増大分

この δ と Δd については次式が成立する。

$$\frac{\beta (d_0 + \Delta d)^3 - \beta_0 d_0^3}{\beta_0 d_0^3} (1 - P_0) = \delta \dots\dots\dots (5)$$

上式中、 $\beta_0 d_0^3$ 、 $\beta(d_0 + \Delta d)^3$ はそれぞれ、ろ過開始時のろ材粒子と、汚泥の附着した粒子の容積とを示す。 $\beta/\beta_0 \doteq 1$ とおき、 Δd^3 の項を省略すれば式(6)が得られる。

$$\frac{Ad}{d_0} + \left(\frac{\Delta d}{d_0}\right)^2 = \frac{\delta}{3(1-P_0)} \dots\dots\dots (6)$$

式(4)と(6)から次式が得られる。

$$\frac{i d_0^2}{K} = \frac{(1-P_0 + \delta)^2}{(P_0 - \delta)^3} \cdot \frac{1}{\left[\sqrt{\frac{\delta}{3(1-P_0)} + \frac{1}{4}} + \frac{\delta}{3(1-P_0)} + \frac{1}{2}\right]} \dots\dots\dots (7)$$

ろ過開始前の動力勾配を i_0 とおけば、式(1)と(7)から、式(8)が得られる。

$$\frac{i}{i_0} = \frac{(1-P_0 + \delta)^2}{(1-P_0)^2} \cdot \frac{P_0^3}{(P_0 - \delta)^3} \cdot \frac{1}{\left[\sqrt{\frac{\delta}{3(1-P_0)} + \frac{1}{4}} + \frac{\delta}{3(1-P_0)} + \frac{1}{2}\right]} \dots\dots\dots (8)$$

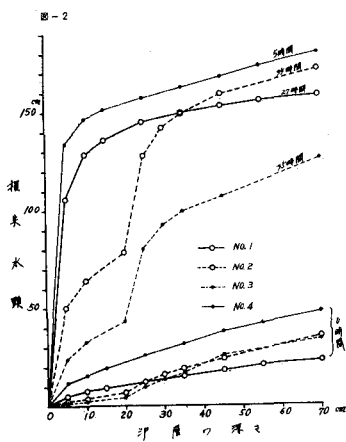
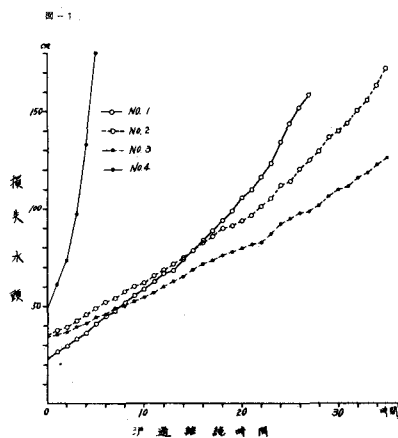
3. 実 験

径 6 cm の実験用ろ過筒 4 本を使用した。原水は学内水道水に名古屋市浄水場の汚砂から採取した汚泥 50 ppm を加え、さらに硫酸バンド 12 ppm を注加し凝集させたもので、実験を短時間で終了せしめるため、沈でん槽の使用を略した。表－1 に示すとおり、2 層ろ過に対してもこの適用を試みた。

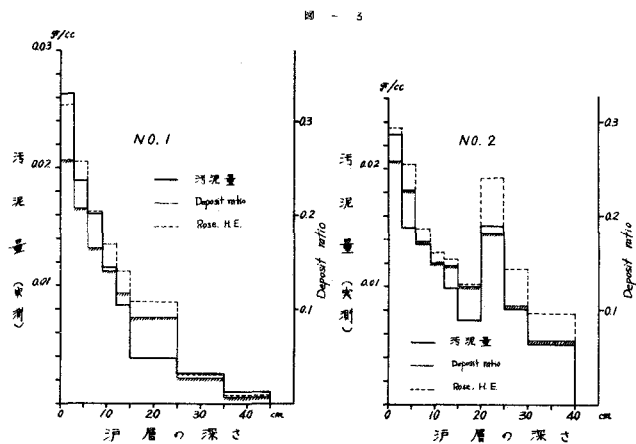
表－1

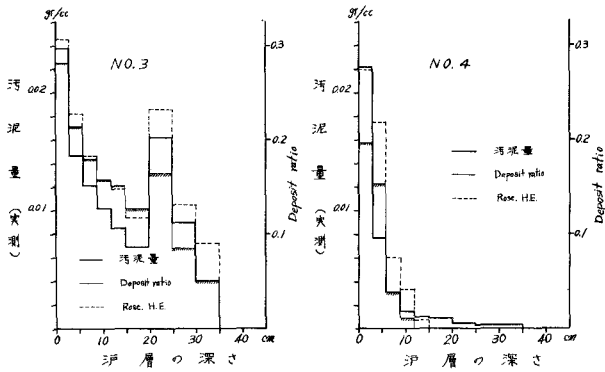
番号	無 煙 炭 層				砂 層				備 考
	有効径	均等 係数	層 厚	空隙率	有効径	均等 係数	層 厚	空隙率	
1	無効		無効		無効	1.7	700	0.425	2 層ろ過 同 上
2	0.72	1.7	200	0.447	0.40	1.6	500	0.410	
3	0.72	1.7	200	0.456	0.49	1.4	500	0.398	
4					0.49	1.4	700	0.398	

図－1 にろ過継続時間とろ過水頭増加の関係を、図－2 にろ過終了時におけるろ層のろ過水頭曲線を示す。



ろ過終了後、ろ層中の汚泥量を測定し、式(8)から算出した Deposit ratio と比較した。汚泥の含水率は平均 96.7% であった。





4. 考 察

Camp の論文においては式(5)から次式を誘出している。

$$\frac{\Delta d}{d o} + \left(\frac{\Delta d}{d o} \right)^2 = \frac{\beta}{\beta_0} \frac{\delta}{3(1-P_0)} \dots \dots \dots (A)$$

上式は明らかに誤りであり、次の式が正しいと考えられよう。

$$\frac{\Delta d}{d o} + \left(\frac{\Delta d}{d o} \right)^2 = \frac{1}{3} \frac{\beta_0}{\beta} \left(1 - \frac{\beta}{\beta_0} + \frac{\delta}{1-P_0} \right) \dots \dots \dots (B)$$

したがって、次の式(C)が求められる。

$$\frac{i}{i_0} = \frac{(1-P_0+\delta)^2}{(1-P_0)^2} \frac{P_0^3}{(P_0-\delta)^3} \frac{1}{\left[\sqrt{\frac{1}{3} \frac{\beta_0}{\beta} \left(1 - \frac{\beta}{\beta_0} + \frac{\delta}{1-P_0} \right)} + \frac{1}{4} + \frac{1}{3} \frac{\beta_0}{\beta} \left(1 - \frac{\beta}{\beta_0} + \frac{\delta}{1-P_0} \right) + \frac{1}{2} \right]} \dots \dots \dots (C)$$

しかし実際の計算は $\beta = \beta_0$ として扱っているので、この誤りは表面に出ていない。この Camp の論文に対する Arunk Deb の discussion においても、この不注意の誤りを指摘していないのは不思議である。

図-3に示すとおり、実測汚泥量と Deposit ratio とには、その分布の形において若干の相違があるが、全体としては比較的よい適合性を示すようである。なお、Rose, H.E. の実験式 4) は本方法よりやや大きい Deposit ratio を与えるようである。

5. 結 言

Stein の式は実験結果と比較的よく適合する。しかし、ろ過中に発生するろ層の圧密沈下をいかに扱うか、また、ろ層中の汚泥の含水率の変化、汚泥の移動の有無、さらに、ろ材表面上に堆積する汚泥の影響など、問題点が多い。今後引き続き以上の諸点を解明したいと考えている。

本研究は昭和39年度文部省科学研究費で行った実験の一部である。

(文 献)

- 1) Camp, T.R. Theory of Water Filtration. Proc, A.S.C.E., Aug., 1964.
- 2) Eliassen, R. Clogging of Rapid Sand Filters. Jour. A.W.W.A., May, 1941.
- 3) Arun K. Ded 1) に対する discussion. Proc. A.S.C.E., April, 1965.
- 4) Rose H.E., Rik A.M.A. Further Researches in Fluids Flow Through Beds of Granular Materials. Proc. Inst. of Mech. Engrs. Vol. 160, 1949,