

<研究論文>

高速濾過의 效果에 關한 研究

Study on Effect of High Rate Filter.

朴 引 奎
Park, In Kyu

Abstract

This is an experimental study to raise higher efficiency of filtration than conventional filtration by increasing of filtration capacity for per unit area and by extending of filtration lasting time with biflow filter system which was improved from the conventional rapid sand filtration method in the process of water purification treatment.

In order to raise more efficient function of filtration and giving consideration to the filter layer at upper and lower parts of the filter, the fine sand & anthracite were used as a filter medium.

Although there is some difficulty than previous fine sand in procurement, it could confirm that such filter medium (fine sand & anthracite) was more effective in the field of load, lasting time and back wash, etc.

In consideration of practical effect of filtration.

The raw water which was used for this experimental study was not coagulated.

As a result of this experiment, the filtration volume could increase more than 2 times than that of conventional method. besides, much more advantages could be obtained for instance, the requirement of installation area was not much and installation cost could economize.

On the other hand, the following results were found.

The quality of filtered water became worse as time goes by and the turbidity of filtered water was more influenced by raw water turbidity than by rate of filtration.

Lasting time of filtration on change of filtration rate in the filter layer reached 2 times in comparison with previous filter basin, and until loss head reached to 1.0 meter and 1.5 meter, the following relate formulas between lasting time and rate of filtration were formed.

$$(T_{1.5}=181.96V^{-0.46}, T_{1.0}=121.31V^{-0.46})$$

Even though the lasting time can be shorten in case of the increase of the filtration rate, but the lasting time was prolonged more than 2 times than of previous method.

With taking aim at contribution to the development of water treatment technique, we are planning to study continuously for the future study basing on the results in this papers.

1. 序 論

多孔性物質을 利用하는 濾過는 有效한 固液分離法으로

로부터 使用되어왔다.

原水의 水質改良方法으로 沈澱濾過法이 發展한 것은 19世紀初葉이었으며 水質에 對한 檢討가 始作된 것은 1825年 James Simpson²⁾(英國)에 依하여 淨水施設을 한 것이 淨水技術의 嚆矢라 하겠다. 그後 1858년에

는 Flank Land¹²⁾가 水質의 細菌學的試驗을 通하여 Bacteria도 除去되는 것을 確認하였다. 急速濾過池는 最初로 美國에서 創建되고 이어 E.B. Weston 및 G.W. Fuller¹²⁾에 依하여 急速濾過法의 確立을 보기에 이르렀으며 最近에는 都市人口의 增加와 都市民의 生活向上으로 因한 需要量은 날로 增加하고 各工場廢水의 多量排出이 急激히 增加되어 生活環境을 크게 阻害하고 있다.

淨水의 處理過程에 있어서 原水의 水質과 이에 따라 凝集沈澱過程을 縮소 또는 省略한 直接濾過方法等 最近에 高分子 凝集 및 沈澱促進劑가 開發되어 前處理技術은 高度化 되어가고 있으며 近來에 와서는 淨水處理工程中 急速濾過의 地位가 높아져서 이에 對한 欠點을 補完하여 濾過能力을 向上시키는 데 重點을 두고 있다. 이의 變法으로 上向流濾過와 在來의 上向流濾過를 併用한 濾過方法으로 濁度, 色度, 藻類, 細菌類, 其他 不純物質의 固液分離 等を 兼하여 效率의인 물處理쪽으로 關心을 두게 되었다. 이에 따라 所謂 2方向濾過라는 새로운 濾過機構가 考慮되게 되었다. 濾過는 1920年 英國에서 開發²⁾하여 그後 유럽 및 소련에서 實用化되고 있고 우리나라에서도 實用化될 것으로 크게 期待된다. 따라서 本研究에서는 本 2方向濾過의 特性을 究明코자 各種濾材의 構成으로 濾過效果에 關하여 濾過速度, 原水濁度, 濾過水濁度, 및 濾過의 持續時間과 損失水頭, 濾過速度와 損失水頭와의 關係等を 實驗의으로 考察分析하였으며 本實驗은 在來의 濾過法을 改良한 2方向濾過裝置로서 單位面積當 濾過能力의 增大와 濾過의 持續時間을 延長시켜 在來濾過보다 濾過의 效率을 높이기 爲한 實驗的인 研究이며 將來 물處理에 活用이 될 것으로 確信하는 바이다.

2. 濾過理論의 解析

2方向濾過(biflow filtration)는 上向流濾過와 같이 全濾過層을 有效하게 活用하고 濾過時間의 延長과 上向流濾過의 欠點인 砂層의 膨脹을 防止하는 것을 目的으로 하여 下向流와 上向流의 兩濾過를 同時에 行할 수 있게 하는 濾過方式이다.

原水는 濾過層의 上下로부터 同時에 流入시켜 濾過水를 2方向濾層의 境界面에 設置한 集水裝置로 引出시켜 集水裝置로부터 濾水의 流向쪽으로 閉塞率이 낮은 相粒濾材로부터 閉塞率이 높은 細粒濾材를 配置시켜 所謂 逆粒度構成의 濾層(上層; anthracite, 中央層; fine sand & coarse sand, 下層; gravel)을 構想한 것이다. 이와같이 2方向濾過方式의 特徵은 濾材層上部가 動搖 浮上하지 않고 濾材全體가 逆粒度構成의 濾層이

므로 全濾過層을 有效하게 利用하여 安定한 濾過水를 얻을 수 있으며 濾過의 能力이 增加된다는 것이다. 至今 懸濁液을 粒狀濾過層으로 濾過시킬 때 濾過의 깊이 Z, 濾過時間t에 있어서 懸濁質濃度를 c라 하면 c는 z와 t와의 函數가 된다. 即 $c=c(z,t)$ (1)

따라서 懸濁質의 除去速度 dc/dt 는 다음과 같이 表示된다. $\frac{dc}{dt} = \frac{\partial c}{\partial z} \cdot \frac{dz}{dt} + \frac{\partial c}{\partial t} = V \frac{\partial c}{\partial z} + \frac{\partial c}{\partial t}$ (2)

至今 濾過速度를 v, 濾材의 初期空隙比를 ϵ_0 , 比推積量을 σ 라 하면 濾材空隙을 通過하는 水流의 流速 $V = \frac{dz}{dt} = \frac{v}{\epsilon_0 - \sigma}$ 로 表示된다. 至今 懸濁物의 除去速度가 流水中の 粒子濃度와 1次反應의 關係가 있다고 하면 (2)式은 다음과 같이 된다.

$$\frac{v}{\epsilon_0 - \sigma} \cdot \frac{\partial c}{\partial z} + \frac{\partial c}{\partial t} = -kc \text{(3)}$$

이것이 淸澄化方程式이다.

이式에서 左邊 2項이 1項에 比하여 작다고 볼 수 있으므로 다음과 같이 變形된다.

$$\frac{\partial c}{\partial z} = -\frac{k(\epsilon_0 - \sigma)}{v} c \text{(4)}$$

$$= -\lambda c$$

여기서

$$\lambda = f(\sigma, v) \text{(5)}$$

이다. 即 式中 λ 는 (時間的 空間的으로 變化하며) σ 의 函數이므로 時間的으로 空間的으로 變化한다. 한便 原水는 dz 인 濾層을 通過하면서 懸濁物이 除去되며 時間經過와 더불어 그 淨化效果가 나타난다. c인 濃도가 두께 dz 의 濾層을 通過하는 사이에 變化된 濃도는

$$c + \frac{\partial c}{\partial z} dz \text{(6)}$$

이며 또한 dt 時間後의 懸濁物 濃도는

$$c + \frac{\partial c}{\partial t} dt \text{(7)}$$

만큼 變化할 것이다. 따라서 濾過層下側에서의 dt 時間後의 懸濁物 濃도는 (6), (7)式에서 다음과 같이 表示된다.

$$(c + \frac{\partial c}{\partial z} dz) + \frac{\partial}{\partial t} (c + \frac{\partial c}{\partial z} dz) dt$$

$$= c + \frac{\partial c}{\partial z} dz + \frac{\partial c}{\partial t} dt \text{(8)}$$

한便 dz 두께의 單이 層位體積當에 仰留되는 懸濁物의 量 σ 는 dt 時間後에는 다음과 같이 된다.

$$\sigma + \frac{\partial \sigma}{\partial t} dt \text{(9)}$$

至今 濃度の 變化量과 懸濁物의 變化量과는 같아야 하므로 dt 時間동안의 物質收支는 (8)式과 (9)式과을 考慮할 때

$$\begin{aligned}
 & v \cdot \left\{ c - \left(c + \frac{\partial c}{\partial z} dz + \frac{\partial c}{\partial t} dt \right) \right\} dt \\
 & = \left\{ \left(\sigma + \frac{\partial \sigma}{\partial t} dt \right) - \sigma \right\} dz \\
 \therefore & v \left(-\frac{\partial c}{\partial z} \cdot \frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial c}{\partial t} \right) = -\frac{\partial \sigma}{\partial t} \cdot \frac{dz}{dt} \\
 \therefore & v \left(-\frac{\partial c}{\partial z} \cdot \frac{v}{\epsilon_0 - \sigma} + \frac{\partial c}{\partial t} \right) = -\frac{\partial \sigma}{\partial t} \cdot \frac{v}{\epsilon_0 - \sigma} \\
 \therefore & v \frac{\partial c}{\partial z} + (\epsilon_0 - \sigma) \frac{\partial c}{\partial t} = -\frac{\partial \sigma}{\partial t} \dots\dots\dots(10)
 \end{aligned}$$

이것이懸濁物의連續方程式이다.
 (10)式의左邊第2項은他項에比해서작다고볼수있으므로이를省略하면

$$v \frac{\partial c}{\partial z} = -\frac{\partial \sigma}{\partial t} \dots\dots\dots(11)$$

閉塞濾過의濾過抵抗 h , 比推積量의函數로表示할수있다. 即얇은濾層의두께 Δz 에서壓力損失를 Δh 라하면比推積量 σ 와의關係는

$$\frac{\Delta h}{\Delta z} = f(\sigma)$$

가되며全濾過層에서의損失水頭는이를積分하여求한다.

$$h = \int_{z=0}^{z=L} dh = \int_0^L f(\sigma) dz \dots\dots\dots(12)$$

Mohanka의 相當히單純化된 Model⁸⁾ 即 Kozeny-Carman 式에서 $y=z=1$ 로하면

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta h}{\Delta z} &= \frac{5\mu v s^2}{g \epsilon^3 \rho r} \\
 &= \frac{5\mu v}{g \rho r} \cdot \frac{s^2}{(\epsilon_0 - \sigma)^3} \left(1 + \frac{b\sigma}{\epsilon_0} \right)^2 \left(1 - \frac{\sigma}{\epsilon_0} \right)^2 \\
 &= \frac{h_0}{L} \left(1 + \frac{b\sigma}{\epsilon_0} \right)^2 \left(1 - \frac{\sigma}{\epsilon_0} \right)^{-1} \dots\dots\dots(13)
 \end{aligned}$$

上式을展開하여第2項까지를取하면

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta h}{\Delta z} &\doteq \frac{h_0}{L} + \frac{2b+1}{\epsilon_0} \cdot \frac{h_0}{L} \sigma \\
 \therefore h_0 &= \int_0^L \frac{h_0}{L} dz + \frac{h_0(2b+1)}{\epsilon_0 L} \int_0^L \sigma dz
 \end{aligned}$$

濾層에서流出하는懸濁物濃도가流入濃도에比하여작다고하면

$$h \doteq h_0 + \frac{h_0}{\epsilon_0 L} (2b+1) v c_0 t \dots\dots\dots(14)$$

이된다. 이에의하면閉塞濾過의抵抗은初期空隙比가작고濾過速度가크며濾過時間및濁度の濃도에따라濾過의抵抗이크게되는結果이다. 이것이濾過抵抗에對한基本式이라할수있다. 이에對해서여러學者들의提案된計算式들은表-1과같다.

[表-1] 濾過抵抗의計算式

研究者	計 算 式	備 考
Ives 1960	$\frac{\partial h}{\partial z} = \frac{h_0}{L} \cdot \frac{f'}{f} \cdot \frac{\gamma}{\gamma_0} \left(\frac{\epsilon_0}{\epsilon_0 - \sigma} \right)^3 \left(\frac{1 - \epsilon_0 + \sigma}{1 - \epsilon_0} \right)^2$	
Shekhtman 1961	$\frac{\partial h}{\partial z} = \frac{h_0}{L} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{\epsilon_0 - \sigma}{\epsilon_0}} \right)^{-3}$	$\frac{f'}{f} \left(\frac{\phi D}{\phi' D'} \right)^2 = 1$
Camp 1964	$\frac{\partial h}{\partial z} = \frac{h_0}{L} \left\{ \sqrt{\frac{\sigma}{3(1-\epsilon_0)} + \frac{1}{4}} + \frac{\sigma}{3(1-\epsilon_0)} + \frac{1}{2} \right\} \left(\frac{\epsilon_0}{\epsilon_0 - \sigma} \right)^3 \left(\frac{1 - \epsilon_0 + \sigma}{1 - \epsilon_0} \right)^2$	$\frac{f'}{f} = 1 \cdot \left(\frac{\phi D}{\phi' D'} \right)^2 = \sqrt{\frac{\sigma}{3(1-\epsilon_0)} + \frac{1}{4}} + \frac{\sigma}{3(1-\epsilon_0)}$
Mackrle 1965	$\frac{\partial h}{\partial z} = \frac{h_0}{L} \left(1 + \frac{p\sigma}{\epsilon_0} \right) \left(\frac{\epsilon_0}{\epsilon_0 - \sigma} \right)^{1.5}$	$\frac{\phi D}{\phi' D'} = \left(1 + \frac{\sigma}{\epsilon_0} \right)^2 \left(1 - \frac{\sigma}{\epsilon_0} \right)^z$ y=1.5 z=0.75,
Sakthivadivel 1966	$\frac{\partial h}{\partial z} = \frac{h_0}{L} \cdot \frac{1}{\xi^2} \left(\frac{\epsilon_0}{\epsilon_0 - \sigma} \right)^3 \left(\frac{1 - \epsilon_0 + \sigma}{1 - \epsilon_0} \right)^2$	$\xi^2 = \frac{f'}{f} \left(\frac{\phi D}{\phi' D'} \right)^2$
Mohanka 1969	$\frac{\partial h}{\partial z} = \frac{h_0}{L} \left(1 + \frac{p\sigma}{\epsilon_0} \right)^2 \left(\frac{\sigma}{\epsilon_0 - \sigma} \right)$	y=z=1, p= $\frac{29}{(s')^{0.65}}$
Deb 1969	$\frac{\partial h}{\partial z} = \frac{h_0}{L} [1 + G(1 - 10^{-K\sigma})] \left(\frac{\epsilon_0}{\epsilon_0 - \sigma} \right)^3$	$\frac{f'}{f} \left(\frac{\phi D}{\phi' D'} \right)^2 = 1 + G(1 - 10^{-K\sigma})$, G=3.2, K=13.3,

3. 實驗裝置 및 材料

가. 實驗裝置

本實驗에 利用된 물은 우물물이며 取水 pump로 揚水하여 $\phi 1''$ 送水管을 通하여 透明아크릴로 製作된 column에 流入토록하였고 其他 附帶施設을 갖추어 主로 濾過 過程만을 試圖하였다. 濾過裝置는 流入部 및 流出部에 壓力計를 附着시켰고 流入管은 分岐시켜 column의 上部와 下部에서 流入量을 一定하게 調節할 수있게 하였다. 原水는 濾過層을 通過하여 column 中央部의 流出管을 通하여 淨水가 流出되며 流出部에는 流量計를 附着시켜 濾過量을 計測할수있게 하였다. 其外에 附帶施設等을 갖추었으며 實驗裝置의 諸元 및 實驗裝置는 아래 表-2 및 그림-1과 같다.

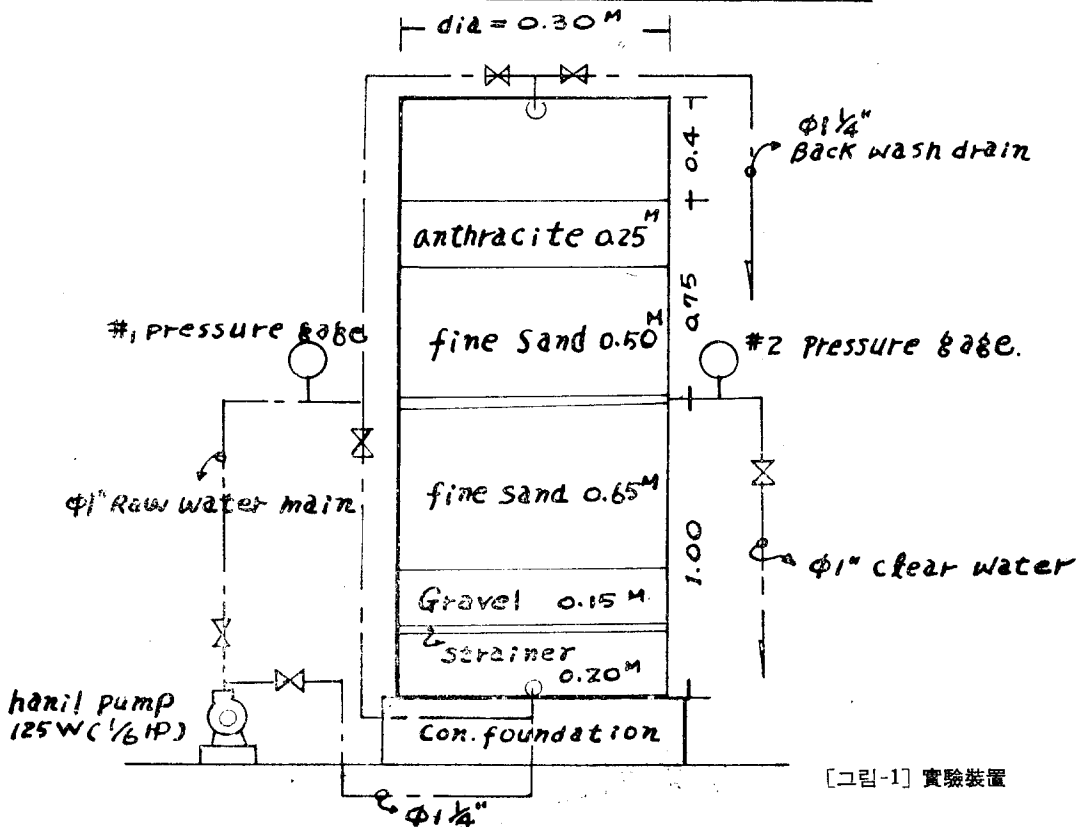
나. 濾材의 粒徑

濾過의 機能은 濾層의 두께 및 粒徑에 크게 影響을 받는다. 特히 2方向濾過에서는 濾過方向에 따라 濾材의 粒徑 및 比重을 달리해야 할 必要가 있다. 그러므로 本研究에서는 各濾材가 最適逆洗速度를 維持할수있도록 하고 上下의 濾材位置가 轉倒되지 않도록 粒徑比를

[表-2] 實驗裝置의 諸元

項 目	內 容
Column 의 크기	直徑; $\phi 300$ 高; 2,150m/m
濾 過 面 積	面積; 0.07m ²
流入流出管의 크기	流入管; $\phi 1''$ PVC 流出管; $\phi 1''$ PVC 逆洗滌管; $\phi 1\frac{1}{4}''$ PVC
Valve 類	流入部 上下; $\phi 1''$ 各 1個 流出部; $\phi 1''$ 1個 逆洗滌部; $\phi 1\frac{1}{4}''$ 各 1個
壓 力 計	流入流出部; 各 5kg/cm ² 用 1個
測 定 裝 置	流量計; $\phi 1''$ 1個
取 水 pump	PW-128 (hanil pump) 自吸式自動 125W (1/6HP) 吸上式 7m, 立上高 13m, 最大揚水量 Q=1500l/h(36m ³ /day) 其他自動空氣補給機 및 自動壓力開閉機가 取付된것
定 量 注 入 機	diaphragm pump (p=2.5kg/cm ²)
其 他	附屬資材 1式

Biflow filter tank.



[그림-1] 實驗裝置

選定하였다. 여러學者⁵⁾⁶⁾⁸⁾들도 多年間 實驗結果를 土臺로 하여⁹⁾ 利用하고 있으며 本實驗에 使用된 粒徑比는 逆洗速度 0.6m/min 일때 finesand 의 有効徑을 0.6 m/m(比重2.63) anthracite 의 有効徑을 1~1.2m/m(比重1.55)로 하여¹⁾ 粒徑比를 選擇하였다. 이는 普通濾過 汚泥의 剝離되는 限界值가 0.6m/min¹³⁾으로서 그以上의 速度로 增加시켜도 濾過層內의 殘留汚泥量에 影響이 없는것이 究明되고 있으므로 最適 逆洗速度¹³⁾를 0.6m/min 으로 取하여 豫備實驗에 의해 砂層의 膨脹에 의한 再配列에 影響이 없는 有効徑 및 比重을 擇한 것이다. 採擇된 各濾材의 種別 및 粒徑는 다음 表-3과 같다.

다. 濾材의 構成

[表-3] 本實驗에 利用된 濾材構成

層 別	濾材 種別	眞比重	有効徑	均等係數	調和平均徑 (D)	層 (L) 厚	L/D	總濾層厚	$\Sigma(L/D)$
上 層	anthracite	1.55	1~1.2 (平均1.1)	1.4	1.57	250	162	750	811
	fine sand	2.63	0.6	1.4	0.77	500	649		
下 層	fine sand	2.63	0.6	1.4	0.77	650	844	650	844
	coarse sand	2.63	0.85	1.13	0.93				

라. 原水濁度の 調製

實驗에 使用할 原水濁도가 低濁度(3PPM±1PPM)였으므로 一般上水道의 沈殿處理後의 濁度(10PPM~15PPM)와¹⁴⁾¹⁵⁾같은 程度를 만들기 爲해 Kaolin(粒子62~74 μ)을 藥品注入槽에서 混合하여 揚水管에 直接 diaphragm pump (p=2.5kg/cm²)에 依하여 定量注入 하도록하여 實驗하였다.

4. 實 驗

3項의 實驗裝置와 材料 및 原水を 非凝集水로 使用하여

가. 濾過速度의 變化에 따른 原水濁도와 濾過水濁도의 關係

나. 濾材層의 初期損失水頭와 濾過速度와의 關係

다. 濾過의 持續時間과 損失水頭와의 關係

라. 濾過速度와 濾過持續時間과의 關係 등을 究明하

從來의 急速濾過의 逆洗淨에서는 濾層이 流動狀態가 되어 濾過의 機能面에서 볼때 濾過層上部의 細粒層에서 大部分의 濁質이 捕攔하는 結果가 되어 濾過抵抗이 急速히 上昇하게 된다. 故로 濾層이 效率的으로 利用됨을 考慮하여 볼때 濾過 및 逆洗工程이 不合理하게 된다. 本實驗에서는 上部의 下向濾過層은 比重이 적고 큰粒徑의 濾材(anthracite)와 下部의 上向濾過層은 比重이 크고 小粒徑의 濾材(珪砂)로 配列構成하여 濾層全體를 有效하게 利用하도록 하였으며 濾過의 速度를 높이고 濾過의 持續時間을 延長토록하기 爲해서 2方向濾過를 試圖한 것이다. 本實驗에 使用한 濾材構成은 表-3와 같다.

여 2方向濾過의 特性 및 濾過의 效果 밝히는데 限한 것이다.

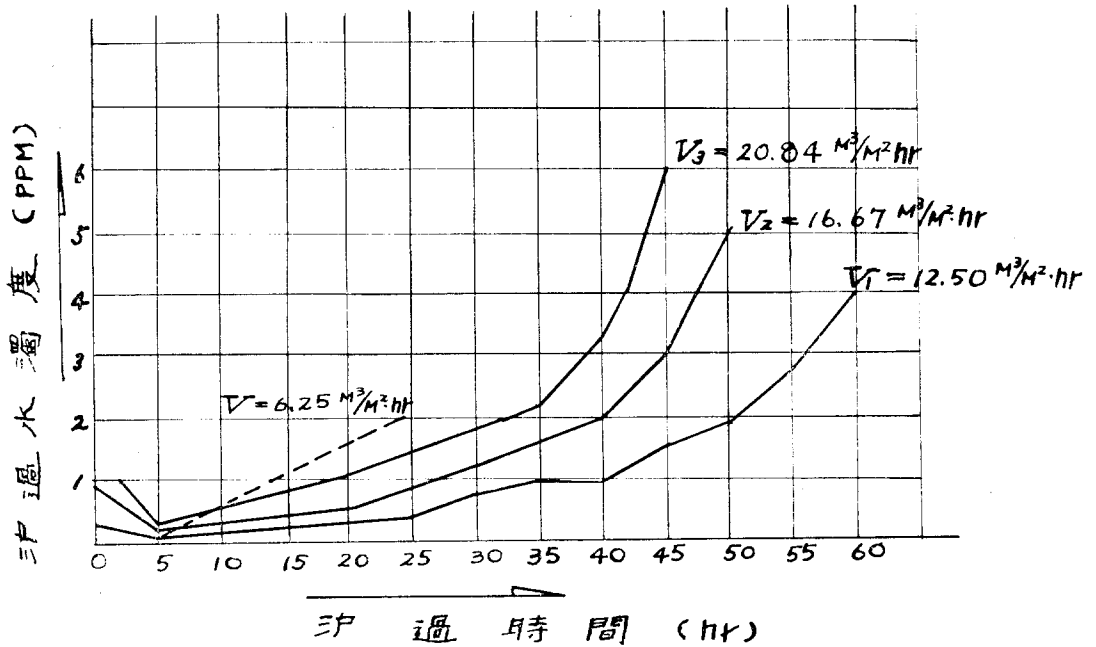
가. 過濾速度의 變化에 따른 濾過水濁度の 關係
이들을 究明하기 爲하여 本實驗에서 原水濁도를 一定하게 유지시키면서 濾過速度를 300m/day, 400m/day, 500 m/day의 3가지로 變形시켜 濾過水의 濁도를 分析하였다. 그結果는 [表-4]와 같다. 여기서 濾過速度에 따른 濾過損失水頭의 變化樣相도 測定하였으며 濾過抵抗이 커지면 濾過池內의 水位가 繼續上昇하므로 濾過池內의 水位의 制限을 두어 그것이 1m에 達할때까지의 濾過水濁度の 變化를 보았다.

나. 濾材層(fine sand & anthracite)의 初期損失水頭와 濾過速度와의 關係

本實驗의 裝置에서 濾過速度의 變化를 주어서 初期損失水頭를 얻기가 매우 困難하므로 다음과 같은 經驗式⁸⁾에 의해 初期 損失水頭의 값을 얻었다. 一般的으

[表-4] 濾過速度에 變化에 따른 原水濁도와 濾過水濁도의 關係

濾過速度(m ³ /m ² ·day)	原水濁度(PPM)	濾過水濁度(PPM)	低抗水位 1m에 達할때까지의 時間(hr)
300	15~20	4	60
400	15~20	5	50
500	15~20	6	45



[그림-2] 濾過持續時間과 濾過水濁度

로 粒狀濾過에서의 損失水頭는 Lewis, Carman, fair-hatch式²⁾들이 있으나 이는 모두 Kozeny-carman 式을 基礎로하여 透導된 것이므로 이식이 가장 理論的이며 一般的으로 잘 利用된다. 式은 다음과 같다.

$$\Delta p = \frac{f \mu v L}{g \rho_r \phi^2 D^2} \cdot \frac{(1 - \epsilon_0)^2}{\epsilon_0^3}$$

여기서 Δp 는 初期損失水頭, v 는 濾過速度, L 은 濾材層의 두께, D 는 濾材粒徑이며, ϕ 는 濾材의 形狀係數로서 普通 $\phi = 0.8$ 이다. 또 ϵ_0 는 濾材의 初期空隙比(fine sand 0.45, anthracite 0.5) ρ_r 은 液體의 密度, μ 는 液體의 粘性係數이다. 上式에서 Leva는 $R_e < 10$ 의 領域에서 $f = 200$ ³⁾이며 이를 윗식에代入하여 fine sand, anthracite 層에 對한 各各 다음식이 얻어졌다.

$$\Delta p_1 = 1.766 \times 10^2 v \quad (\text{fine sand})$$

$$\Delta p_2 = 0.128 \times 10^2 v \quad (\text{anthracite})$$

$$\therefore \Delta p = kv$$

따라서 이 式을 利用하여 濾過速度의 變化를 주어서 初期損失水頭를 얻었으며

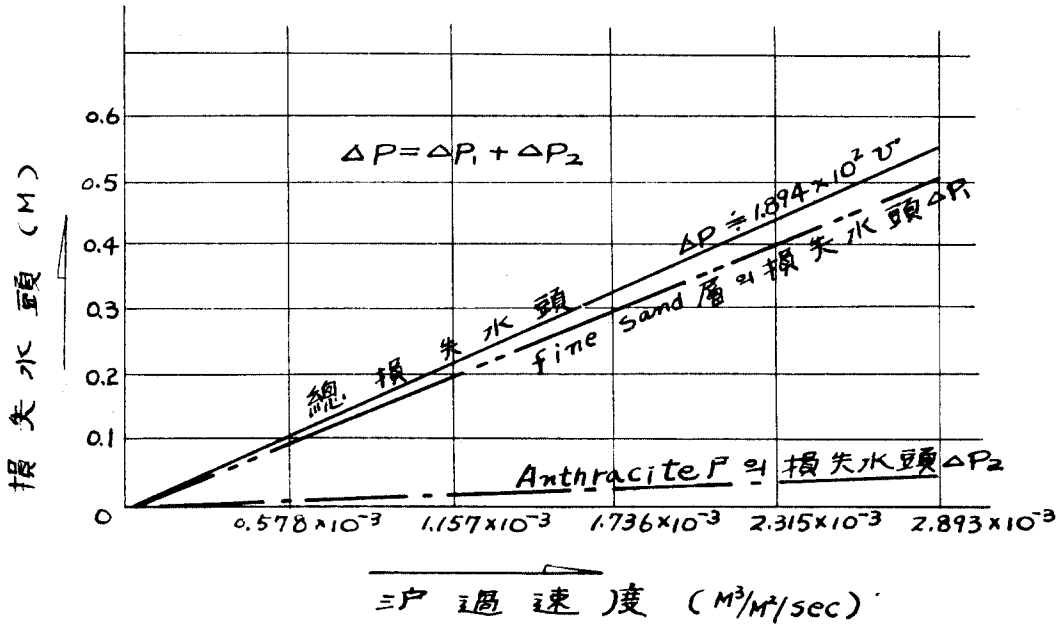
그結果는 다음 [表-5]와 같다.

다. 濾過의 持續時間과 損失水頭와의 關係

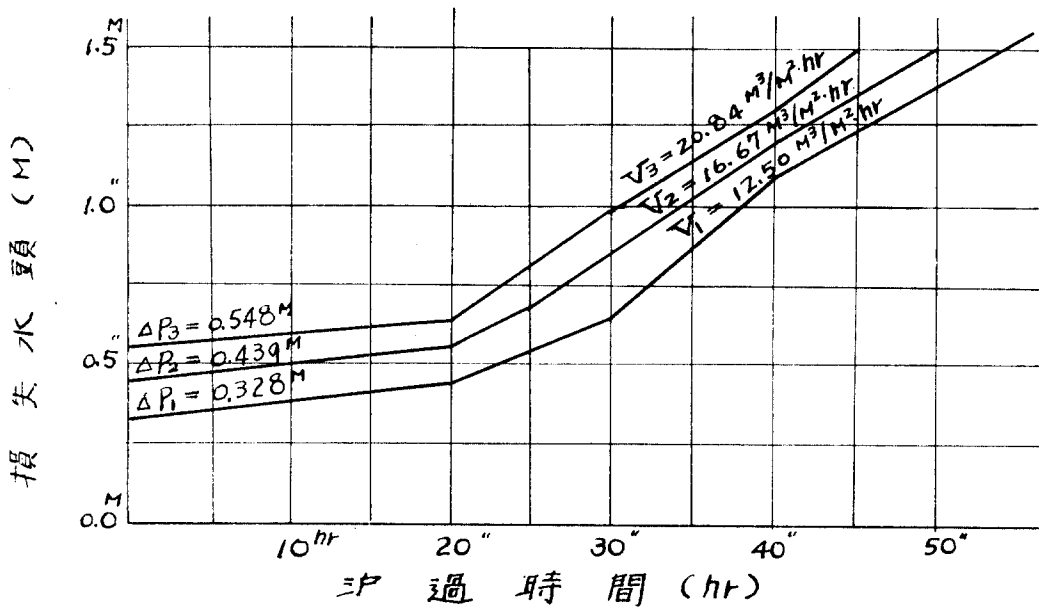
이를 究明하기 爲해서 濾過速度를 前述한바와같이 3가지 경우에 對해 實驗하였고 初期損失은 나項의 經驗式을 利用하여 損失水頭를 얻었다. 濾過抵抗은 濾過持續時間의 經過에 따라 增加하지만 本實驗에서는 濾過의 水量은 一定하게 維持되도록하여 濾過時間에 따른 損失水頭를 調査하였으며 그結果는 다음 [表-6], [表-7], [表-8]과 같다.

[表-5]

濾過速度 v (m/sec)	fine sand層의 損失水頭(m)	anthracite 損失水頭(m)	總損失水頭(m)	備 考
0.578×10^{-3}	0.102	0.007	0.109	
1.157×10^{-3}	0.204	0.015	0.219	
1.736×10^{-3}	0.306	0.022	0.328	
2.315×10^{-3}	0.409	0.030	0.439	
2.893×10^{-3}	0.511	0.037	0.548	



[그림-3] 濾過時間에 따른 初期損失水頭



[그림-4] 濾過持續時間과 損失水頭

[表-6] 濾過速度($v=20.84\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{hr}$)

持續時間 (hr)	流入壓 (kg/cm ²)	流出壓 (kg/cm ²)	壓差 (kg/cm ²)	壓損失水頭 (m)	備考
0	0.255	0.20	0.055	0.55	
20	0.265	0.20	0.065	0.65	
30	0.300	0.20	0.100	1.00	
40	0.330	0.20	0.130	1.30	
45	0.350	0.20	0.150	1.50	

[表-7] 濾過速度($v=16.67\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{hr}$)

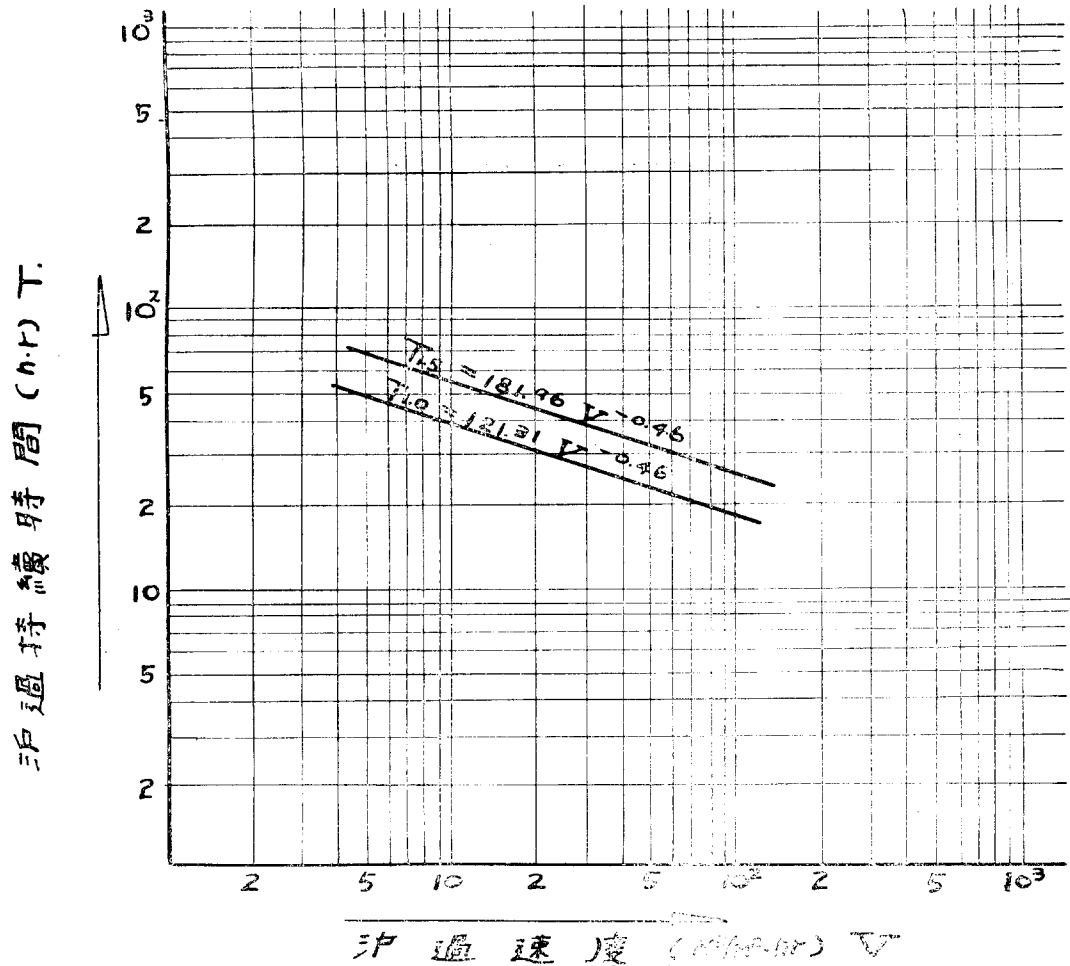
持續時間 (hr)	流入壓 (kg/cm ²)	流出壓 (kg/cm ²)	壓差 (kg/cm ²)	壓損失水頭 (m)	備考
0	0.304	0.26	0.044	0.44	
20	0.315	0.26	0.055	0.55	
30	0.330	0.26	0.070	0.70	
34	0.360	0.26	0.100	1.00	
40	0.380	0.26	0.120	1.20	
50	0.410	0.26	0.150	1.50	

[表-8] 濾過速度($v=12.25\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{hr}$)

持續時間 (hr)	流入壓 (kg/cm ²)	流出壓 (kg/cm ²)	壓差 (kg/cm ²)	壓損失水頭 (m)	備考
0	0.373	0.34	0.033	0.33	
20	0.384	0.34	0.044	0.44	
30	0.405	0.34	0.065	0.65	
38	0.440	0.34	0.100	1.00	
40	0.450	0.34	0.110	1.10	
50	0.490	0.34	0.150	1.50	

라. 濾過速度와 濾過持續時間과의 關係
 濾過速度에 따른 濾過持續時間의 變化를 究明하기 爲해 여러가지 速度를 ($v=20.84\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{hr}$, $v=16.67\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{hr}$, $12.25\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{hr}$)에서 損失水頭 1.0m, 1.5m에 達할때까지의 持續時間을 測定하였다. 그結果는 다음 [그림-5]와 같으며 이것을 다음式으로 透導하였다.

$$T_{1.5} = 181.96V^{-0.46}, T_{1.0} = 121.31V^{-0.46}$$



[그림-5] 濾過速度와 濾過持續時間의 關係

5. 實驗結果의 分析 및 檢討

가. 濾過速度에 따른 原水濁度와 濾過水 濁度와의 關係

[表-4]와 [그림-2]에 依하면 濾過速度가 커지면 濾過의 抵抗이 上昇되고 濾過濁度도 많아지는 傾向이었다. 그러나 2方向濾過에서는 濾過水 濁度가 濾過速度보다 原水濁度에서 크게 支配됨을 알수있다. 一般적으로 濾過處理水의 濁度許容値는 2PPM 以下로보고 있으며 2PPM 以上이 되면 適定逆洗滌의 週期가 되고있다. 濾過速度가 커면 洗滌의 週期가 짧고 濾過速度가 적으면 洗滌의 週期가 길어지는 結果를 나타내었다. 그原因은 濁度의 抑留現象에 基因하는 것이며 速度가 빠르면 抑留現象이 早期에 일어나기 때문인 것으로 判斷된다. 從來濾過法에서는 같은 條件으로 實驗할때 [그림-2]의 點線과 같이된다. 따라서 在來濾過裝置에서 濾過面積當 濾過速度 150m/day 와 比較할때 2方向濾過에서는 300m/day 가 됨으로 2배에 該當된다. 따라서 濾過持續時間도 거의 2배가되는 50hr까지 持續되며 逆洗滌의 週期가 그만큼 길어지게되며 單位面積當의 濾過量도 在來의 砂濾過層에 依한 것보다 2배가 되는 셈이며 經濟적으로도 바람직하다 할수있다. 그러나 濾過速度 500m/day 일때 濾過를 오랜時間 繼續하였더니 濁度捕捉量이 最大值로 나타나 濾過의 機能이 상실되고 效率이 低下되는 現象이었다.

이것은 floc(凝集水로 濾過할때)의 性狀 및 濾材의 構成에 多少 影響이 있을 것으로 생각된다. 本實驗에서 上向流나 下向流나 흐르는 方向에 對하여 濾材 粒徑이 粗粒에서 細粒으로 配列되어 있으므로 凝集沈澱水를 本實驗裝置와 같은 多層型濾材에 濾過시켜도 [表-4]에 나타난 값은 大幅變動하지 않을 것으로 본다.

나. 濾材層(fine sand & anthracite)의 初期損失水頭와 濾過速度와의 關係

經驗式을 適用한 本實驗에서 損失水頭 Δp 는 다음과 같은 式이 成立되었다.

$$\Delta p_1 = 1.766 \times 10^2 v (\text{fine sand})$$

$$\Delta p_2 = 0.128 \times 10^2 v (\text{anthracite})$$

위式에서 損失水頭 Δp 는 濾過速度에 比例하였으므로 거의 直線에 가까웠다.

다. 濾過持續時間과 損失水頭와의 關係

原水流入壓力이 上昇하면 濾過의 抵抗이 增加되고 濾過量은 이에 比例하여 減少하는 減殺濾過現象이 생겼다. 그러나 本實驗에서는 原水注入壓力이 上昇하지만 濾過量을 一定하게 維持하도록 하여 定量濾過가 되도록 하였으므로 濾過持續時間이 經過함에 따라 損失水

頭는 原水流入壓力이 增加되는 現象으로 나타났다. 即 流速이 커지면 濾過의 拜續時間이 짧아져서 [그림-4]와 같이 限界值($h=1.5m$ 基準으로 하였을때)에 빨리達하게 되었으며 濾過速度가 적으면 持續時間이 길어지는 結果로 나타나서 一般下向式濾過와 같은 性向이었으나 같은 損失에 이르는 時間은 從來의 下向式보다 約倍에 가까웠다.

라. 濾過速度와 濾過持續時間과의 關係

濾過가 開始되어 損失水頭가 1.0m~1.5m 達할때까지의 濾過速度의 變化에 따른 持續時間과의 關係를 圖示한 것이 [그림-5]이며 이式을 透導한 $T_{1.5}=181.96V^{-0.46}$, $T_{1.0}=121.31V^{-0.46}$ 이며 이關係式은 直線에 가까웠다.

6. 結論

高速濾過의 效果에 對한 實驗에서 얻어진 結果로서 이를 要約하면 다음과 같다.

가. 濾過層의 構成으로서 濾過의 水質은 時間이 經過함에 따라서 惡化하였다. 이것은 在來式과 別差異는 없었다.

나. 1日 1回 逆洗滌을 基準으로 할때, 10~15PPM의 原水濁度로 할때 適定濾速은 300m/day 가 되었다.

다. 珪砂와 anthracite의 두 濾材層을 使用하였을時 濾過速度에 따른 損失水頭的 값은 다음과같은 關係式이 成立되었다.

$$\Delta p = 1.894 \times 10^2 v$$

라. 濾過速度와 濾過持續時間과의 相關關係는 다음과 같은 關係式이 成立하였다.

$$T_{1.5} = 181.96V^{-0.46}, T_{1.0} = 121.31V^{-0.46}$$

마. 以上을 綜合하면 本實驗裝置는 在來의 上向流나 下向流인 急速濾過에 比하여 濁質分의 捕捉量이 많고 濾過持續 時間이 길며 濾過量도 거의 2倍以上 增加시킬수 있으므로 經濟性이 매우 높으며 앞으로 需要量增加에 對備한 水處理의 展望에 크게 期待되는 濾過方法이라 본다.

參 考 文 獻

1. 圓保憲仁, 水笠原紘, “砂濾過의 柳留機序에 關する 研究” J.W.W.A. No. 458 2p~9p
2. 林方郎, 水原彪世, “高速濾過에 關する 研究” J.W.W.A No.422 18p~26p
3. 玉井義弘, “逆粒度構成의 濾過池에 關する 實驗” J.W.W.A. No. 383 17p~27p
4. lengo industry Co, Ltd “水處理と資材 Catalog”
5. 藤田賢二, “急速濾過工程의 數學的表現” J.W.W.A.

No.510 12p~29p

6. 藤田賢二, “急速濾過池の濾材層厚と粒徑とに關する考察” J.W.W.A. No.485 2p~14p
7. J.R. Baylis, “Experience with High-Rate Filtration” A.W.W.A. Vol. 42, 687p~701p, 1950
8. 藤田賢二, “急速濾過池の設計に關する研究”(東京大學) 16p~27p, 1976
9. 藤田賢二, “急速濾過池における洗淨に關する諸元の水理學的考察” J.W.W.A. No.455 2p~31p
10. 永田明, 永井勲, “高速度處理の目的とす子濾過實驗について” 日本工業用水 Vol. 44, 1962
11. 朴仲鉉, 金應鎬, “上下流濾過의 特性에 關한 實驗的研究” 1977
- 12) 丁奎榮, “上水道의 計劃과 設計(1)” K.W.W.A. Vol.8 2p~3p, 1976
13. 永井勝, 平賀岑吾, “急速濾過池の洗淨効果について” J.W.W.A. Vol.364, 39p~52p, 1965
14. 掘春雄外, “上水道試驗法” J.W.W.A. 1970
15. Apha, Awwa Wpcf, “Standard Methods” 13th edition, 1971
16. J.R.Baylis, “Experience with High-Rate Filtration” A.W.W.A. Vol. 42, No. 3, 1950
17. Kreisst, Robeck, Sommerville, “Use of Pilot Filters to Predict Optimum Chemical Feeds” A.W.W.A. Vol. 60 No.3, 1968
18. Published by Betz, “Betz Hand Book of Industrial Water Conditioning” Trevoise pennsylvania, 1962