

北大工 正員 丹保憲仁

○北大工 学生員 海老江 邦雄

急速砂ろ過池の設計に直接適用できる公式を開発するためには、まず砂層による懸濁物の抑留機構を正確に把握することが大切である。それには、砂層を今までよりもマイクロに観察してみる必要がある。予備実験では砂層厚さ10～250 mmから10段階を選び、そのおのおのにつき120%と180%のろ過速度で実験を行った。実験中、適当な間隔で原水とろ過水を採水し、これと同時に損失水頭を測定した。そして、原水濁度に対するろ過水濁度の百分率を通過率と定義し、これらから懸濁物抑留の定性的なパターンを明らかにした。またそれを基として懸濁物抑留機構に対する仮説をたててみた。他方、本実験では、砂層の厚さを60 cmとしろ過速度180%ではろ過時間4, 8, 12, 16, 24, 32時間、120%では4, 8, 12, 16, 24, 32, 48時間の合計13種類の実験を行って、ろ過時間と共に抑留される懸濁物量の分布がどのように変遷していくかを詳細に調べてみた。即ち、予定のろ過時間が経過してから運転を止め、水抜きを行った後に砂層の各深さから適当量の砂をとり、これを1 lの蒸留水中に移し入れて5分間の急速攪拌を行い、懸濁液の濁度を測定し、砂は乾燥後重さをはかって、砂100 g当りの濁度成分量(mg)を求めて深さ方向の懸濁物の分布図を描いた。なお、原水は本学の井水にカオリン5 ppm、硫酸バンド6 ppm加えたもので、これを急速攪拌後直接ろ過筒に導くマイクロフロックシステムを採用した。〔図-1〕 また、使用したろ過砂の径は0.59～0.84 mm、初期の砂層空隙率は約43%であった。

次に実験の結果および結論を記述する。予備実験から……(1) 通過率変遷図〔図-2と図-3〕の一般形状はH.E. Hudson, Jr.らの言っている通り Initial break-throughが短時間ありその後、通過率最低が続き、やがて Terminal break-throughが起った。(2) 180%では砂層厚さ100 mm程度まで、120%では150 mm程度まで砂層厚さの増すにつれて通過率はほぼ比例的に減少するが、これ以後結果のパラッキが著しくなった。従ってこの近辺から別の抑留機構、例えばフロック形成作用、が卓越し始めるのだろうかと考えられる。(3) 通過率曲線の勾配は120%の方が180%のものより大であった。これは端的に言えば180%の方が砂層の抑留能力が大きいことを示している。(4) ろ過の経過に伴う損失水頭はろ過水中に懸濁物の流出が起っている場合にも直線的に増加した。(5) 抑留懸濁物量と損失水頭の伸縮とは一般に比例関係があるといわれているが、ろ過水中に懸濁物の流出が起りはじめると、それはあてはまらなくなる。予備実験の結果から懸濁物抑留機構に対して次のような仮説をたててみた。

(1) 砂層の空隙には水流に関係する部分としない部分の2種類あり、懸濁物にも損失水頭に関与するものとししないものの2種類がある。〔図-4〕 (2) 水流に関係しない空隙中に抑留される懸濁物は損失水頭に関与せず、水流に関係する空隙中に抑留される懸濁物は損失水頭の増加に関与する。(3) ろ過初期では水流に関係しない部分に抑留される懸濁物量の方が水流に関係する部分に抑留される懸濁物量より多く、ろ過が進むにつれてその比率が小さくなり、懸濁物は砂層の下方へ運ばれるであろう。(4) 水流に関係する部分に抑留される懸濁物量が、ある時期まで、ろ過時間と共に直線的に増加する

と考えれば損失水頭の直線的増加の説明がつく。(3) 懸濁物は水流の押し込み力と重力により砂層の水流に関係しない部分へ運ばれるのであろう。(6) 従って水流の速い程、押し込み力が大きくなるので、抑留懸濁物量に対する損失水頭の比は小さいだろう。本実験から----- (1) 抑留懸濁物量分布曲線〔図-5〕は砂層上部から下部へかけて特徴ある減衰形態を示している。この曲線は従来より提唱されている $S = S_0 e^{-\lambda L}$ 式で示され、それ故、片対数でデーターをとれば $\log_e S = -\lambda L + \log_e S_0$ 式で示される直線になると推測される。(2) データーを片対数グラフにプロットすると、〔図-6〕 120 %では24時間目から 180 %では16時間目から砂層厚さ 10cm位を境として勾配の変化がみられた。従って 10cmまでを $S' = S_0 e^{-\lambda' L}$, 10cm以後を $S = S_0 e^{-\lambda L}$ なる指数式で示すことにする。(3) (2)の勾配はろ過時間の逆数 $1/t$ に対してはほぼ直線となる。〔図-7〕 そこで $\lambda = a \frac{1}{t} + b$ とおいて、それぞれの場合の a, b を求めると、120 %に対して $\lambda_{120} = 1.170 \times \frac{1}{t} + 0.73$, 180 %に対して $\lambda_{180} = 0.675 \times \frac{1}{t} + 1.00$ を得た。(4) (2)の勾配 λ はほぼ一定値で $\lambda_{180} = 2.12$, $\lambda_{120} = 1.64$ であった。(5) (2)の指数式の砂層深さ $L=0$ における値 S_0 , および S_0 は図-8 に示すような変化をする。 S_0 に対する第一の飽和値, S_0 に対する第二の飽和値が存在するのは図から明らかである。(6) $\lambda > \lambda'$ となるのは抑留懸濁物量の圧密により充填量が増大するためであろう。(7) 図-9 は仮説の(6)を説明している。

