

東北大学 正員 佐藤 敦久
東北大学 学生員 今野 弘

1. 序

水処理の基本的プロセスを占める砂ろ過現象のメカニズムの研究は、凝集理論とならんで古典的問題の一つである。従来は、砂ろ過池の応答性を観測することによってメカニズムを推測する手法に頼っていたが、その手法から得られる知識には限界があり、機構解明は疎遠になる。また、複雑で多岐にわたる砂ろ過現象の数式化のための物理モデルの仮定ならびに簡略化に対する実験的検討は残された課題である。我々は、このような認識のもとに急速砂ろ過機構についての研究を進めてきたが、今回フロクの抑留特性について若干の知見を発表する。

2. 実験方法

図-1に実験装置の概要を示した。実験条件ならびに測定項目は一覧にして表に示した。ろ過筒への流入水は凝集剤添加後、急速混和のみを行ないフロク形成、沈殿を省略したマイクロフロク形式の懸濁水とした。抑留された状態でのフロクの体積の実測は極めて困難であるのでフロクの乾燥重量を測定するにとどめた。抑留フロク定量用のサンプルの採取および測定手順は以下のとおりである。

- ① 6本のろ過筒によるろ過の進行が近似的に同一になるように十分留意しながらろ過を継続する。
- ② 各所定ろ過時間毎に、1本ずつろ過を停止する。
- ③ 停止したろ過筒は砂層上部の未ろ水をすみやかにサイフォンで排水したのち、砂層内の水を極く少量ずつ排水する。
- ④ 排水終了後、ろ過筒を一部解体し、砂層を深さ方向にスライス状に切断する。
- ⑤ 砂をビーカーに取り、水を注入し、ガラス棒で攪拌しながらその分離液を傾斜法により上澄水が透明になるまで所定量を採水する。
- ⑥ 分離液の一定量をガラスフィルター(孔径 0.6μ)でろ過し、その乾燥重量を測定する。
- ⑦ 分離した砂の乾燥重量を別に測定する。

3. 実験結果および考察

本報告のように砂層内のフロクの抑留を論じるときにあたっては、各砂層深さ毎の損失水頭のかわりにフロクの抑留に伴う実質の損失水頭の増加に注目すべきであろう。そこで、 $\Delta(h-h_0)$ なるものを導入し (h : 各砂層深さ毎の損失水頭、 h_0 : 初期損失水頭で、それらの砂層深さ方向の差変化) 各砂層深さにおける $\Delta(h-h_0)$ の経時変化を示したのが図-2である。図をみると明らかに、 $\Delta(h-h_0)$ は砂層表面付近を除いて時間的にほぼ一様に増加している。また、図-3は、(砂粒径に相当物砂層深さ) $\times 100\text{ cm}^2$ あ

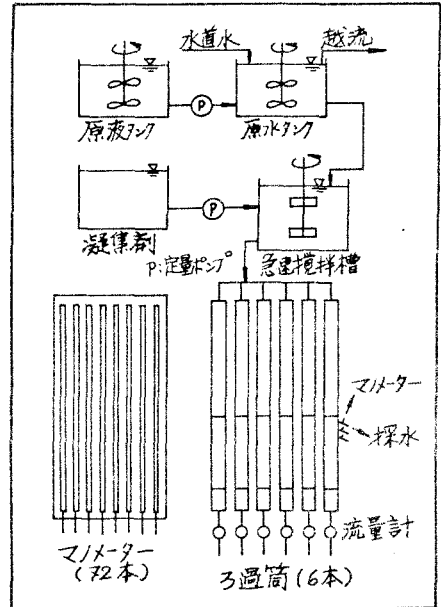


図-1 実験装置の概要

表 実験条件と測定項目

実験条件	原水	100 m ³ /日 東北大学排水工学会調べ
	凝集剤	硫酸バンド
	注入量	Al ₂ (SO ₄) ₃ 10 ppm, 1.50 AK ³ ppm
	攪拌速度	100 rpm
	攪拌時間	約 1 分
ろ過条件	その他	原水 pH=7.4~7.5, 水温 11~13°C, 流速 50
	ろ過砂	幾何平均径 $d=0.75\text{ mm}$, 均等係数 1.0
	ろ過速度	270 m/day
	砂層深さ	(初期) 48.2 %
	砂層厚	50.0 cm
	砂土水深	176.5 cm
	ろ過筒	10 × 10 cm の透明塩化ビニール
	ろ過制御	流入一定水位, 流出: バルブ
測定項目	損失水頭, 抑留フロクの乾燥重量	

土の体積分のフロク押留量 $[g/cm^3]$ 、これを $\sigma'_s(100d)$ と表わす] の砂層深さにおける経時変化を示したものである。図から砂層の深さによって押留量の経時変化の傾向が異なることがわかる。すなわち、砂層上部部は初期の押留量増加が著しいものだけに増加率が低下してくるのに対して、砂層下部部においては初めは緩やかな増加率が時間の経過につれて急激な増加率を示す。また、中層部においては、下部部の傾向から上部部の傾向に転移することが認められる。図より、フロクの押留量と損失水頭の相関性が単純ではないことが予想される。そこで、それらの比 $(\Delta(h-h_0)/\sigma'_s(100d))$ の砂層方向の分布の時間的変化を示す一例が図-4である。図をみると明らかのように、 $\Delta(h-h_0)/\sigma'_s(100d)$ は砂層深さによって大きく異なり、かつ過時間によってとがかり大きく変動する。また、 $\Delta(h-h_0)/\sigma'_s(100d)$ は、初め砂層内に極小値を有し、その極小値を示す砂層深さが時間とともに深くなり、やがて消失するという過程をとる（他の過時間における図は省略）。これらのことより、先に、著者が指摘した^{*} 砂層内押留フロクの空ゲキ率 (η_f) の砂層方向および時間的変化（このことは、押留フロクのみが密度の変化に相応する）が存在するか、あるいは、押留が始まった後の損失水頭の評価式を誘導する際に導入する Curman の定数および形状係数が一定であるという仮定が成立しないことをいすれかを示していると考えられる。

お、極小値の存在等の要因については現在検討中であるので別の機会に発表したい。

最後に、本実験の遂行に協力して戴いた東北大学学生 川股孝彦君、渡辺由宏君に感謝致します。

参考文献

^{*} 佐藤・今野：急速砂通過における懸濁物押留について、土木学会 第31回年次集、昭51.10

$\Delta(h-h_0)$ [cm]

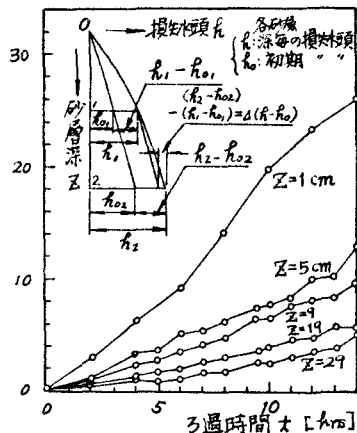


図-2 各砂層深さにおける $\Delta(h-h_0)$ の経時変化

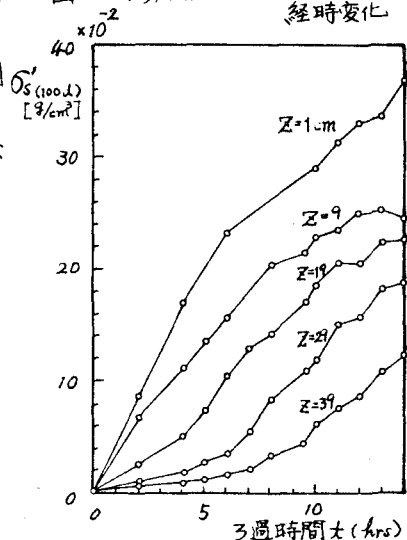
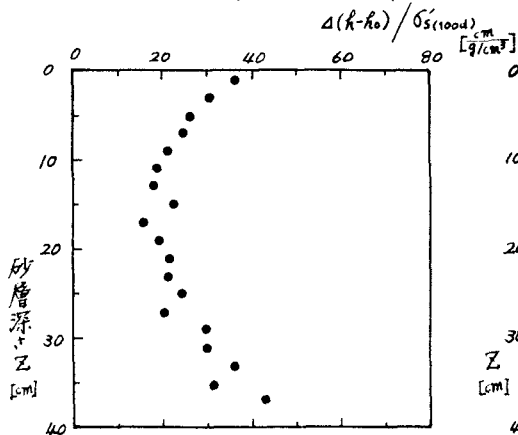
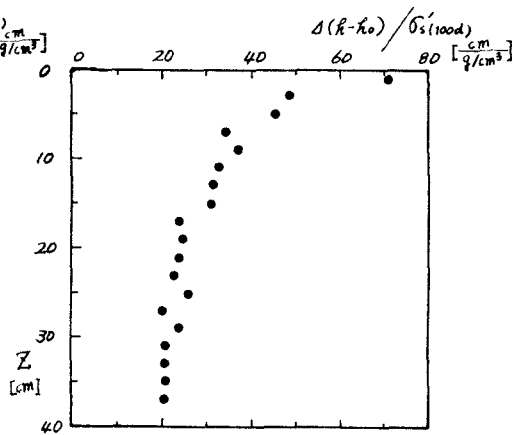


図-3 各砂層深さにおける $\Delta(h-h_0)/\sigma'_s(100d)$ の経時変化



(a) 3過時間 $t=7$ 時間



(b) 3過時間 $t=14$ 時間

図-4 $\Delta(h-h_0)/\sigma'_s(100d)$ の分布性状