

東北大学工学部 学生員 ○大西清介

東北大学工学部 正 員 佐藤敦久

東北大学工学部 学生員 川辺治隆

1. 目的

ろ層内の抑留物質の挙動については二つの考え方がある。第一は、ろ層内での懸濁物質は、付着と剥離が同時に起こる動力学的現象であるとする説であり、第二は、一旦付着した懸濁物質は剥離しないとする説である。海老江は最近の実験で定速ろ過の砂層内抑留物の挙動を観察した結果、実験条件にかかわらず剥離現象を確認している。Mintz はろ層内では抑留物の増加に伴ない空隙内流速が上昇し、抑留物に作用する水流の剪断力が増加して剥離を引き起こすと考え、ろ速を人為的に急激かつ段階的に上昇させ流出量を測定した。しかし実際の定速ろ過時のろ層内流速は連続的に上昇してゆくと考えられ、急激にろ速を変化させた場合とでは剪断力の大きさに相当の差が生じると思われる。Cleasby 等は、急激なろ速変動は徐々な変動に比べて数倍の流出率を示すと述べている。本実験においては、自然平衡ろ過管を用いて連続的にろ速を上昇させる方法によりろ速変化率及び抑留量を変化させて剥離流出量を定量し、定速ろ過の剥離について推定する。

2. 実験装置及び方法

補助管を連結した自然平衡ろ過管において、下部越流口を開いたまま一定条件下(表1)で定速ろ過を開始する。所定の時間後濁水を清水に切替え、完全に清水に切替ったら(濁度1以下)バルブの開度をそのままに保ち、下部越流口を閉じて所定の流量変化率 α 及び流出側断面積に対する流入側断面積の比 β において流量変動させる。すると砂上水深が上昇し流出量が増加する。このときの流出量損失水頭及び流出水の濁度を測定する。尚、損失水頭は逆U字管マンオメーターを用いて拡大して読み取る。図1に実験装置を示す。

3. 実験条件 表1に示す。

4. 実験結果 表2に示す。

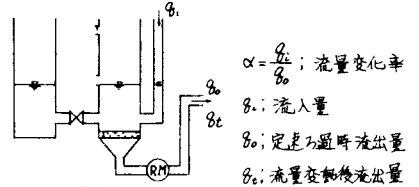


図1 実験装置

表1 実験条件

ろ 速	150 m/day
原 水	大学水道水 + カオリン 100 mg/l
凝 集 剤	硫酸バンド 20 mg/l
攪 拌 機	100 rpm
砂 層 厚	約 2 cm
砂幾何平均径	0.77 mm
均 等 係 数	1.0
砂 重 量	350 g

表2 実験結果

実験番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ろ 過 時 間 (hr)	7	6.5	6	6	6	6.83	8	2	4	6	7
流量変化率 α	4.0	4.0	2.0	2.0	1.33	1.33	1.33	4.0	4.0	4.0	4.0
ろ過管断面積比 β	1	2	1	2	1	2	4	1	1	1	1
全抑留量 (g)	777	726	732	733	750	765	808	370	575	755	777
剥離量 (g)	0.79	0.61	0.57	0.42	0.17	0.16	0.15	0.43	0.51	0.76	0.79
剥離率 (%)	10.16	8.38	7.72	5.74	2.20	2.03	1.79	11.57	8.79	10.13	10.16
濁度×流量のピーク値(1/min)	233	108	757	389	23.6	11.9	6.6	154	171	202	233
ろ過終了時損失水頭(cm)	18.9	14.6	17.5	17.2	19.5	19.2	18.9	5.1	9.3	14.4	18.2
流量変動後損失水頭(cm)	8.6	7.8	9.7	10.6	14.7	15.3	16.3	3.4	5.4	7.2	8.6
回復率 (%)	54.2	48.2	45.7	38.8	25.5	20.6	14.5	33.5	43.8	52.9	54.2
初期ろ速変化率(%/min)	23.6	15.6	9.41	4.61	3.88	1.86	0.96	25.1	26.3	30.3	23.6
通水時間 (min)	10	20	23	35	20	30	40	12	14	15	10

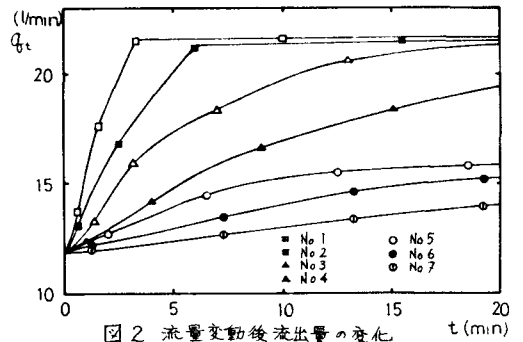


図2 流量変動後流出量の変化

5. 考察

まず α 及び β による割離量の変化について見てみる。 α 及び β の違いにより流量変化の様子は図2に示すように異なってくる。図3を見ると、損失水頭は初め断水水深の上昇に伴ない急激に上昇するが、ある程度で割離が起これり空腔内の実流速上昇にもかかわらず減少し始める。 α が小さくなるにつれて、 β が大きくなるにつれて初期の損失水頭の増加が穏やかになり、割離も緩やかに起こるようになる。図4を見ると α が大きいほど、 β が小さいほど割離が早く終了し、 α が大きいほど全割離量が大きいことがわかる。ここで濁度 $\times$ 流量のピークに影響するのは初期の流量変化速度であると考え、両者の関係を図5にプロットしてみた。この図より両者が直線関係にあることがわかる。従って、流量変化速度がわかればこの図より割離量が推定できるとであろう。実際の定速通過において流量変化速度は $1\%/min$ 以下であると考えられ、その割離状況は流量変化速度が $0.96\%/min$ である $\alpha=1.33$, $\beta=4$ の場合に類似しているものと推測できる。

次に抑留量による割離の変化について見てみる。抑留量は割離終了後の通過から砂を取り出し残留抑留量を求め、図4を積分して求めた割離量との和として表わした。割離率は抑留量に対する割離量である。表2の $\alpha=0$ の項を見てみると、割離終了までの時間及び割離率はほぼ一定である。このことより割離量は抑留量に比例すると言えるであろう。又図6からも、濁度 $\times$ 流量の値は抑留量に依存していると思われる。

6. 結論

以上のことより、割離量は空腔内実流速の変化速度と抑留量に比例することがわかり、空腔内実流速の変化速度がわかればその抑留量のときの割離量が推定できる。実際の定速通過における割離現象においても同様のことが予想される。

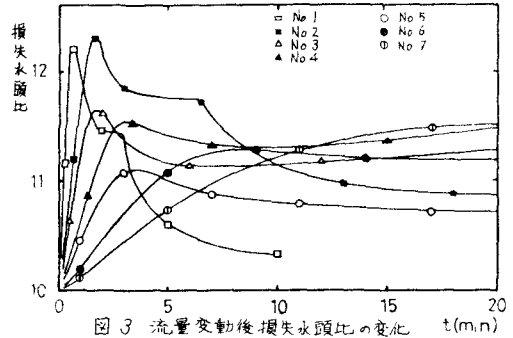


図3 流量変動後損失水頭比の変化 $t(\text{min})$

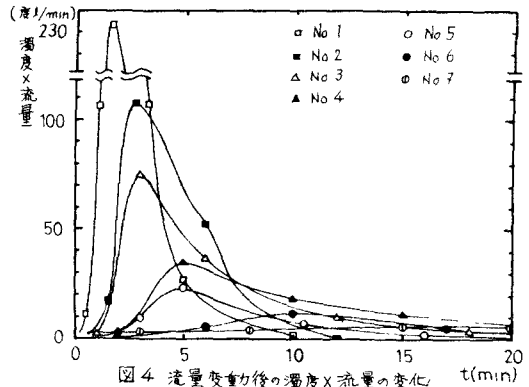


図4 流量変動後の濁度×流量の変化 $t(\text{min})$

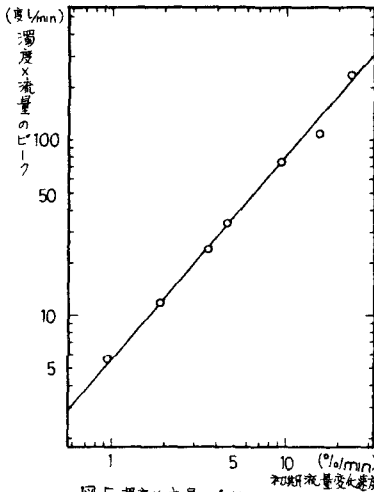


図5 濁度 $\times$ 流量のピークと初期流量変化速度の関係

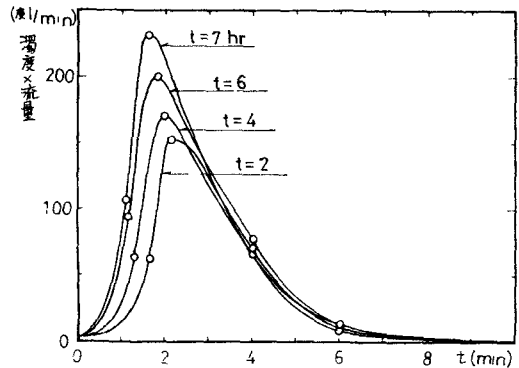


図6 流量変動後の濁度×流量の変化