

九州大学 工学部 学生員 ○ 山田 修司

〃 〃 正 員 楠田 哲也

〃 〃 正 員 古賀 憲一

〃 〃 正 員 栗谷 陽一

I. まえがき 今日、水処理プロセスに於ける汚泥処理の問題は、水需要の増加、水源の悪化とともに、重要性を増している。汚泥の圧縮沈降の理論的解析は、Kynch によるものがあるが、沈降現象が複雑なため、実用に際して多くの問題を有している。本研究の目的は、汚泥の圧縮沈降の解析に有効応力を考慮することにより、現象を解明し、さらにシックナーの設計等に関して検討を加えようとするものである。本報においては、初期濃度を一定とし、初高を変化させた場合の透水係数と有効応力の比較および、 pH を一定とし、バン土注入量/粘土量を変えた場合の両者の同様の比較を行ない、初高およびバン土注入量/粘土量の影響について、若干の知見を得たので、報告する。

II. 基本式 基本式を導くにあたり以下の如く仮定する。(1)汚泥は均一である。(2)汚泥および水の圧縮量は無視できる。(3)汚泥の間隙は水で完全に飽和されている。(4)汚泥中の水の排出は、一軸的に行なわれ、Darcyの法則を満足する。(5)汚泥の圧縮も一軸的である。これらの仮定により基本式は、次の如く求められる。

$$-\frac{\partial P_s}{\partial x} + \frac{\mu}{K} (V_s - \frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} V_s) - (1-\varepsilon)(P_s - P_a)g = 0 \quad (1)$$

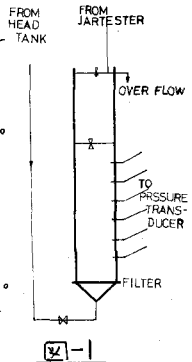
$$\frac{\partial P_s}{\partial x} + \frac{\partial P_a}{\partial x} + (1-\varepsilon)(P_s - P_a)g = 0 \quad (2)$$

$$\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial x}\right)_x - \frac{\partial V_s}{\partial x} = 0 \quad (3)$$

$$V_a + V_s = g \quad (4)$$

ここで、 ε : 汚泥の空隙率、 V_a , V_s : 流体および汚泥の空塔速度、 P_a , P_s : 流体および汚泥の密度、 K : 透水係数、 μ : 粘性係数、 P_a : 静水圧を差引いた水圧、 P_s : 汚泥の有効応力、 g : 混相流としての空塔速度、 g : 重力の加速度、である。

III. 実験装置および方法 図-1に実験装置を示す。沈降筒(内径10cm, 高さ2m, アクリル樹脂製円筒)の底部に整流および逆流防止用のフィルターを付け、さらにフィルター面より上奥に向かって3cm間隔に圧力検出用の銅管(内径6mm)をゴム栓をとおして差し込んだものである。圧力検出は、ゲージ式の圧力変換器にて行ない、出力電圧をAD変換して数値を読み取り、校正曲線から水頭に変換した。試料は充分水篩した筑豊産カオリン($P_s=271 \text{ g/cm}^3$)を学内水道水に濃度2000ppmになるように混和し、バン土20ppm注入後、5分間の急速攪拌($G=200 \text{ sec}$)を行なう。さらにセパランNP-10 8ppmを注入後、20分間の緩速攪拌($G=100 \text{ sec}$)の後、静置沈降させたものである。このフロックを、一定の上向流を与えている沈降筒内に沈降させ、筒内の濃度を一定に近づける。上向流を止めた時点を実験開始時刻とし、その時点から汚泥を沈降させる。そこで、



予め沈降筒内の内壁に適当な間隔で、外部から磁力により固定したマーカー(発泡スチロールにブリキ片を取付け比重を汚泥のものに近づけた直径約4mmの球状のもの)に作用している磁力を順次切る。このマーカーが、汚泥の圧縮につれて、汚泥と一体となって、下方に移動するようにし、各層での汚泥の実沈降速度を求める。さらに圧縮沈降が十分に完了した時点で、グラウンケットを数層に分割して、汚泥を採取し、各層の全乾燥重量および密度を求める。また、次の実験として、セパランを用いず、バン土のみでフロックを形成した汚泥の沈降実験を行なう。試料を得るためのカオリン濃度は2000ppmであり、フロック形成のためのバン土注入量は、400ppmおよび500ppm

とした。pH調整用として、 NaHCO_3 を用いた。このバン土のみで処理した汚泥は、上向流を与えずに、沈降筒内で、十分混合した後、沈降させ、マーカーおよび圧力検出などの操作は、前述と同様とした。

IV実験結果および考察 図-2に、バン土20ppm、セパラン8ppmで形成したフロックに、上向流を与えて、濃度を均一化させた後、空塔速度を0にした場合の界面および各層の移動曲線を示す。初期濃度を両者一定にし、初高を2倍変化させている。つまり総汚泥乾燥重量からみれば、2倍の重量である。時間経過とともに、総重量の多い方が、早く圧縮沈降する。圧縮沈降終了時においても、総重量の多い方が、よく圧縮されていることは、有効応力の存在を示すものであり、総重量の少ない方の有効応力が、大きくなっている。図-3に、バン土20ppm、セパラン8ppmで形成したフロックと、図-4にバン土のみ(400ppmと500ppm)で形成したフロックでの透水係数と空隙率との関係を示す。同じ薬品でフロックを形成すれば、透水係数は初高が異なっても、また本実験程度の薬品量の差でも、透水係数と空隙率の関係には、ほとんど差が生じないことがわかる。両者の曲線を比較した場合、バン土のみのフロックでは空隙率が1に近づくにつれて透水係数が急増している。このことは、流動状態に近くなるためと考えられる。ところが、逆にバン土とセパランで作ったフロックは、透水係数が大きくなると、横ばいになるのは、フロックの均一性が保持されていないためであると考えられる。つまり、ブランケット上層部には、極めて密度が小さく、しかも径も小さいフロックが集まっていることによる。両者の勾配は、約1, 2という差を示している。図-5に、バン土とセパランで形成したフロックでの有効応力と空隙率との関係を示す。初高の差によっても、ほとんど有効応力と空隙率との関係に差がないことがわかる。図-6に、バン土のみで形成したフロックでの有効応力と空隙率との関係を示す。バン土のみで形成したものは、バン土の注入率を増すと、同一の空隙率に対して、有効応力は増している。これより、有効応力は、フロック形成時の水質および薬品注入率で大きく左右されるものであることがわかる。今後、精密な数値計算を行ない、圧縮沈降現象についての解明を詳細に行ない、いくつもありである。

＜参考文献＞

- ① Kynch, G. J.: A Theory of Sedimentation, Trans. Faraday Society, Vol. 48, p166-176, 1952.
- ② 栗谷・楠田・古賀: 汚泥の圧縮沈降に関する基礎的研究, 第31回土木学会年次学術講演会講演概要集 1976, p450-451
- ③ 栗谷・楠田・古賀: 汚泥の圧縮沈降に関する基礎的研究, 第13回衛生工学研究討論会講演集, p142~p147, 1977. 1

