

九州大学 正員 栗谷陽一

〃 楠田哲也

学生員 〇 杉山英清

〃 古賀憲一

1.) はじめに

水質汚濁や環境保全が強く叫ばれている今日、水処理プロセス中の汚泥の処理処分の重要性はますます増加している。ところが、ミクシナーにおける圧縮沈降および脱水プロセスは、Kynch, Park, Kohler などの研究がなされているにもかかわらず、スラッジブランケット内の有効応力すら求められていない等、その現象の解析、および定式化は、まったくなされていない。本実験は圧縮沈降および脱水プロセスの定式化を目的とし、その第一歩として、実験室内における模型槽を用いた圧縮沈降実験を行い、若干の知見を得るためここに報告する。

2.) 実験装置および方法

実験装置：概略は図-1のとおりである。(A)はジャーテスト(60cm×60cm×60cm, 216ℓ)で、実験では水深5cm(100ℓ)となるようCとDの接合部からの逆流用パイプの上下動により調節する。(B)はフロック製作中、フロックをこのパイプと隔離するためのフタであり、フロックを沈降させる時はこれを開放する。(C)は沈降筒(内径10cm, 断面積78.5cm², 高さ1mのアクリルパイプ)であり、Aで作ったフロックはパイプCを経てDに沈降する。このパイプの壁面には小穴がけられており、マンメータによる水頭測定、および試料の採取に利用する。Dの底部にはステンレス焼結板フィルターを設け、フロックの沈降を防止するとともに、上向きを整流させる。

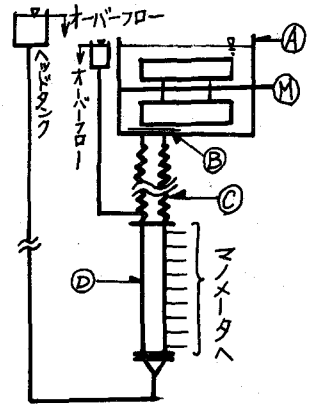


図-1

実験方法：まずジャーテストAでフロックを作る。この際、原水としては学内水道水を用い、濁質としては葉巻カオリンを濃度2000ppmとなるように調整する。次に硫酸バンド(20ppm)を注入後、五分間の急速攪拌(35rpm)を行ない、さらに凝集補助剤としてセランを2ppmとなるように注入後、10分間の緩速攪拌(20rpm)を行なう。フロックは高い剪断応力を受けないようにするため、フタBを開放し、しる後、Cを通してDに直接沈降させる。こうすることにより、フロックに高い剪断応力を加えることなくジャーテストから、沈降筒に移すことができる。沈降筒Dに十分フロックが沈降した後上部を放水後、CとDの接合部を外す。マンメータと沈降筒とを連絡するビニールパイプを開いていピンチコックを外し、水頭差が読められるようにする。ビニールパイプの先端にはフロックの侵入を防ぐためにタバコフィルターを挿入してあるのでメニスカスが静止するまで待つ。フロック濃度が定常状態になるまで上向き流速を減かしメニスカスが静止したときの水頭を、よみとり顕微鏡で測定する。この際溶液境界面の高さHと水温を測定しておく。測定終了後、マンメータに引き出されていた小穴までの区間の全試料を採取し、それを水と区間での全乾燥重量ならびにその区間を代表する密度および濃度を測定する。

3.) 圧縮沈降に関する基本式

定常状態における固相、液相および全体の運動方程式は次のとおりである。

$$\text{固相} \quad -\frac{\partial}{\partial x} \{ (1-\varepsilon) \rho_s' \} + \rho_s' (v_s - v_f) - (1-\varepsilon) \rho_s g + \rho_s' \frac{\partial}{\partial x} (1-\varepsilon) = 0 \quad (1)$$

$$\text{液相} \quad -\varepsilon \frac{\partial}{\partial x} \rho_f - \rho_f (v_s - v_f) - \varepsilon \rho_f g = 0 \quad (2)$$

$$\text{全体} \quad -\frac{\partial}{\partial x} \{ \varepsilon \rho_f + (1-\varepsilon) \rho_s' \} - \{ (1-\varepsilon) \rho_s + \varepsilon \rho_f \} g = 0 \quad (3)$$

ここで、 ρ_s : 粒子の真の圧力, ρ_f : 流体の真の圧力, v_s : 粒子の真の移動速度, v_f : 流体の真の移動速度

ε : 空隙率, ρ : 密度, g : 重力の加速度, $\nu(\varepsilon, \mu)$: 粘性抵抗を与える係数, μ : 粘性係数,
 さらに $P_0 = P_0' - \rho_0 g(h_0 - x)$ (h_0 : 水表面の高さ) に対し, $P_0 = [P_0' - P_0' + \rho_0 g(h_0 - x)](1 - \varepsilon)$ とおくと, P_0 は静
 水圧を差し引いた水圧, P_0 は圧縮のための水中での有効応力となる。

さらに $P_0 = \varepsilon P_0'$, $P_0' = (1 - \varepsilon) P_0'$, $\nu/\varepsilon^2 = \mu/K$, 水中のみかけ密度: $\rho' = (1 - \varepsilon)\rho_0 + \varepsilon\rho$ とおけば, (1), (2), (3) は

$$\text{固相} \rightarrow \frac{\partial P_0'}{\partial x} + \frac{\mu}{K} (P_0' - \varepsilon/\varepsilon - P_0') - (\rho' - \rho_0)g = 0 \quad (1)'$$

$$\text{液相} \rightarrow \frac{\partial P_0}{\partial x} - \frac{\mu}{K} (P_0' - \varepsilon/\varepsilon - P_0') = 0 \quad (2)'$$

$$\text{全体} \rightarrow \frac{\partial [P_0 + P_0']}{\partial x} - (\rho' - \rho_0)g = 0 \quad (3)'$$

と導ける。

4) 実験結果と考察

水圧, フロッグの水中での見かけ重量, 界面からの積分値およびこれらの
 差し引きの有効応力を各々水頭で示した実験例を図2, 3, 4に示す。これから
 わかるように有効応力は下方にいっほど直線的に増大していることがわかる。
 本実験においては上向き流とせん断、界面を静止させているため、粒子の空隙速
 度等は0となっている。したがって(2)により P_0, P_0' とを求めれば, $K = K(\varepsilon)$
 として透水係数と空隙率の関係を求めることが出来る。これを図4に示す。
 横軸には $\varepsilon^3/(1 - \varepsilon)^2$ としている。これは近似的に $K = \nu\varepsilon^3/(1 - \varepsilon)^2$ とおけば、
 ν と μ の関係が求まる。この表現において ε を用いるとフロッグの
 形状を無視し、均一化したことになり、若干問題がある。しかし圧縮がな
 り進行すればフロッグの形状は保たれなくなると考えられる。

一方、 SP と ε の関係は図3に示すように、 $SP(ppm) = 250 \times 10^6$ となっており、
 $SP(ppm) = P_{00} \times 10^6 (1 - \varepsilon)$ から、平均として $P_{00} = 250$ であることを示してい
 る。この値は若干低めであるけれどもこの実験に用いた装置がすりこび、若干
 の有機物等を含んでいるためと考えられる。さらに有効応力 P_0 と $(1 - \varepsilon)$ の関
 係を図5に示す。セパランを用いたフロッグの流動水速度は通常 $80 \sim 90,000 ppm$
 である。このとき ε は図6から $1 - \varepsilon \approx 0.035$ となる。このため本図において
 P_0 は $1 - \varepsilon = 0.035$ 付近で0になっている。バンドで作ったフロッグではこの値
 はもっと小さいと考えられる。この場合、 P_0 は $(1 - \varepsilon)$ の増加とともに急増し
 $(1 - \varepsilon)$ の増加、つまり ε が減るに容易でないことが読みとれる。またこの P_0
 がかなり分散しているのはマノメータの読みとりがかなり困難であることが
 よび圧縮の進行に伴いチャンネルングが発生し、二次的な解析が必要となる
 ためと考えられる。

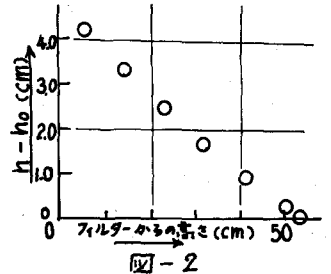


図-2

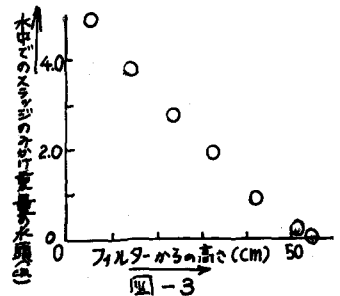


図-3

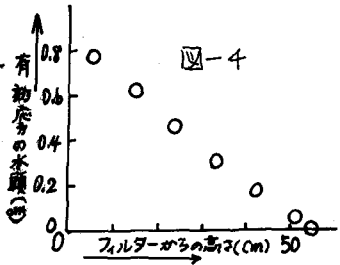


図-4

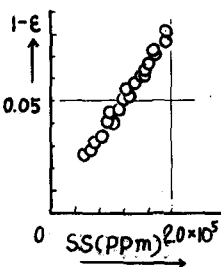


図-5

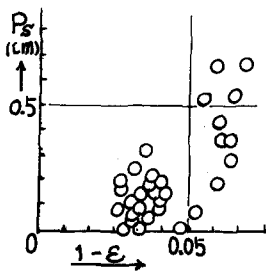


図-6

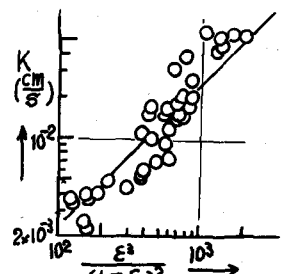


図-7