

下水汚泥の攪拌消費動力について

大阪工業大学 正員 高田 巖

学生員 飯田 哲也

1. はじめに

下水処理場において、汚泥のコンディショニングのため、攪拌操作が多用されている。従来、汚泥の攪拌に関しては化学工学の分野で研究されてきている。しかしながら下水汚泥の攪拌に関してはその研究は乏しいようである。そこでわれわれは、物性の複雑な下水汚泥を攪拌した場合の消費動力と攪拌羽根の回転速度との関係について実験的に検討を行った。

2. 実験装置と方法

攪拌トルクの測定に用いた装置は図-1に示したように、内径14.9cm、深さ17.0cmの塩化ビニール製攪拌槽を、ベアリング台上に架せ、攪拌羽根に働くトルクを求める代りに、攪拌槽の回転トルクを測定してこれに代えた。トルク測定は荷重交換器を用いて自動記録できるようにした。一方攪拌羽根の回転は、シンクロナスモーターを用い回転コントローラーを用いて20~120r.p.m.に可変できるようにした。攪拌羽根は図-2に示すように、巾2.6cm長さ45cmの長方形アクリル板2枚の羽根で、傾斜角35°に取り付けた。又、羽根の中心は攪拌槽の底部より8cmの位置に設置した。

図-1 実験装置略図

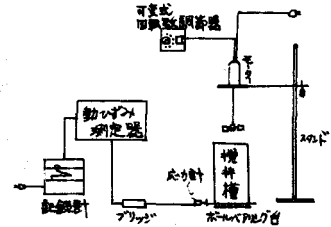
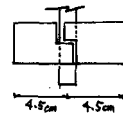


図-2 攪拌羽根



使用した汚泥は、大阪市内のH、O、Eの各下水処理場の生汚泥と下水処理場の消化汚泥とした。汚泥採取後直ちに2mm篩で篩別しホルマリンで固定した。汚泥の含水率の調整は、汚泥を乾燥し含水率を90%まで下げたものに汚泥ろ液を加えて90~95%まで5種類の汚泥を調節し試料汚泥とした。

3. 実験結果と考察

攪拌トルクと時間の関係：

実験結果の1例を図-3に示す。図は汚泥の含水率をパラメーターにとって攪拌トルクと時間の関係を示したもので、含水率が92%以下の汚泥は攪拌初期にトルクが最大となり、時間の経過と共に順次減少し、含水率が93%以上の汚泥はこれと逆の傾向を示した。ほぼ5分経過

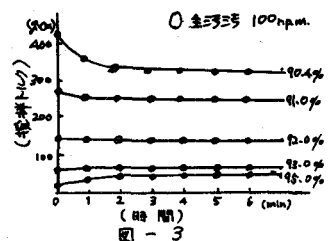


図-3

で、いずれの場合でも、いわゆる平衡トルクに達した。この平衡トルクを攪拌トルクとした。

攪拌トルクと攪拌羽根の回転数との関係：

攪拌トルクと攪拌羽根の回転数の関係を試料汚泥の含水率をパラメーターにとった結果の一例を図-4に示す。明らかに回転数が大きくなれば攪拌トルクも大きくなるが、特に100 r.p.m.以上となると、トルクの増加率が大きくなる傾向を示した。この傾向は、いずれの汚泥の場合でも同様の傾向であった。

攪拌トルクとレイノルズ数の関係：

汚泥を攪拌した時のレイノルズ数は一般に N_{Re} = 慣性力 / 剪断力で与えられる。長方形羽根による攪拌を行った時の慣性力は $\rho D_i^2 (D_i N)^2$ と表わされている。ここに、 ρ は流体の密度、 D_i は攪拌羽根の直径、 N は回転数である。一方汚泥流動特性に関しては、従来から行ってきたように、汚泥の流動は擬塑性流動であるので

$$\tau = K (du/dz)^n \quad \text{--- (1)}$$

とおける。ここに、 τ は剪断応力、 K は擬塑性粘度、 n は粘度指数である。 du/dz は、攪拌羽根による攪拌の場合、 $du/dz = (D_i N / D_i)$ とおけるので (1) 式は

$$\tau = K (D_i N / D_i)^n = K (N)^n \quad \text{--- (2)}$$

となる。全剪断力は、

$$\tau = \tau D_i^2 = K (N)^n \cdot D_i \quad \text{--- (3)}$$

それ故に見掛けのレイノルズ数 N_{Re} は

$$N_{Re} = \frac{\rho D_i^3 (D_i N)^2}{D_i K D_i^2 (N)^n} = \frac{\rho D_i^2 N^{2-n}}{K} \quad \text{--- (4)}$$

を得る。他方で試料汚泥の K , n について回転円筒型粘度計を用いて測定を行い、その結果からそれぞれの攪拌条件のもとにおける N_{Re} を計算した。攪拌トルクと N_{Re} の関係を含水率をパラメーターにとって表わした結果を図-5に示した。図よりトルクと N_{Re} の関係はほぼ N_{Re} が1000以下で半対数紙上で直線の関係を示したが、 N_{Re} が1000以上になると直線関係が認められなくなってきた。 N_{Re} が1000のところで、含水率が93%でほぼ60 r.p.m., 92%で100 r.p.m., 91%で120 r.p.m., 90%になると160 r.p.m. に相当する値であった。

