

フロス内気泡の形状と有効応力の関係

九州大学 工学部 学生員 ○張 満良

同上 正 員 楠田哲也

神鋼パナテック 正 員 平井孝明

1. はじめに

加圧浮上濃縮を行う際には、気泡の下方側が液相に接し、上方側が汚泥固相に接し浮力がすべて汚泥固相に伝達されているならば、効率100%となるが、そうではないならば、効率は低下することになる。このように、効率が低下する場合には、浮力の一部の伝達が汚泥固相でなく汚泥気相（気泡）を通して行われ、汚泥固相に作用する力が一部減少する。

本研究は、浮上濃縮機構の解明の一環として、フロス層における、有効応力によって変形された気泡の形状を実験的に調べ、さらにその結果に基づいて気泡の形状と有効応力の関係について検討を加えたものである。

2. 実験装置および方法

実験装置 容積3.0ℓの全量加圧式フローテーションテスターに内径2.7cm、高さ30.5cmの亚克力樹脂製円筒を取り付けたもので¹⁾、円筒の側面に越流管を接続している。実験用試料には公共下水処理場の返送汚泥を用いた。汚泥の性状因子は採取後、直ちに測定した。

実験方法 実験は0℃の冷凍槽にて行われた。まず、テスターに所定のSS濃度の試料を入れ、加圧力4.0kgf/cm² (3.92×10⁵Pa) で、7分間曝気した後、円筒中にフロスを発生させる。フロス発生終了後4時間、フロス厚がほとんど変化しなくなったときに円筒の外側からドライアイスでフロスを凍らせる。凍ったフロス層の上、中、下三カ所でフロスを採取して、マイクロームで10μm刻みに切断し、顕微鏡撮影によってフロス内の気泡の立体形状を調べる。また、残ったフロスを1cm毎に層状に採取して3000rpm、20分間遠心分離にかける。得られた湿潤汚泥と上澄水の質量を求め、これらの値を基に各相の体積分率を求める。実験に用いた試料のSSは5200、4700、3900、3100mg/ℓに調整しており、それに対するA/Sは0.0229、0.0251、0.0305、0.0382(kg-air/kg-drySS)となる(0℃、4.0kgf/cm²での空気理論溶解量の80%の空気(118mg/ℓ)が析出するとして算出)。

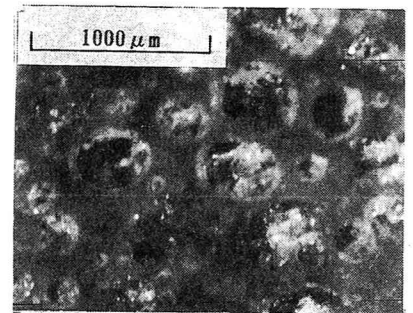


図-1 気泡の鉛直断面の写真

3. 実験結果および考察

1) 気泡の形状

通常水中の気泡は自由エネルギーの原理により表面積の一番小さい形を呈するが、フロス層内における気泡は、有効応力を受けて変形する。図-1に示す気泡の鉛直断面の写真から変形後の気泡は楕円体を呈することが分かる。多数の写真から気泡の立体形状を求め、気泡のX、Y、Z軸（水平軸をX、Y、鉛直軸をZとする）方向の長さa、b、cによって

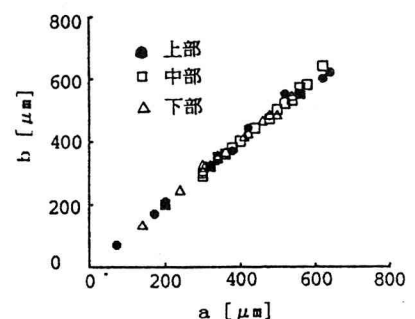


図-2 気泡のaとb

表すると、図-2、3のようになる。図-2からフロス層の上、中、下部のどこでも、aとbが同じであり、気泡は回転楕円体を呈することが分かる。図-3に離心率 c/a をとって気泡の変形程度を示す。気泡は大きいほど、 c/a が小さく、変形度が大きくなるが、径 $250\mu\text{m}$ 以下の気泡では c がほぼaと同じであり、無変形に近い。一方、同じ大きさの気泡ではフロス層の下部より上部で c が小さく、大きい変形度を示している。これは、フロス層の上部ほど有効応力が大きいことによると考えられる。

2) 気泡の変形と有効応力

図-4、5はA/Sの異なったフロス層の上、中部における気泡形状の測定結果を示す。図中の横軸は気泡のa、b、cから求めた等価体積球の直径であり、縦軸は離心率の逆数 $k(=a/c)$ である。A/Sの大きい場合、 k が大きくなる傾向にあり、気泡変形度が大きいことを示している。これはフロス層内の有効応力がA/Sに比例するからである。また、気泡径の増加に伴い k が大きくなることが分かる。

図-6はそれぞれのA/Sで測定された等価体積球 $200\mu\text{m}$ 、 $300\mu\text{m}$ と $400\mu\text{m}$ の気泡の k と有効応力の関係を示す。図中の横軸はフロス層内の、測定された気泡の位置での有効応力である。この値は測定された気泡の位置以下にあるフロス中の浮力の積分値である。 k は有効応力に伴い増加し、両者の間にはっきりした相関関係を示している。一方、有効応力が一定の場合、大きい気泡は小さい気泡より k が大きいことから、前者は後者より伝える有効応力が大きく、効率が低いことが分かる。

4. おわりに

気泡の形状と有効応力の関係について検討したところ、フロス層内の気泡は有効応力を受けて回転楕円体を呈することと、気泡の変形程度は、有効応力あるいはA/Sの増加とともに大きくなるが、大きい気泡は小さい気泡より変形しやすく、効率が低いことを明かにした。したがって、高濃度、高効率かつ省エネルギーの浮上濃縮を図るためには汚泥固相に付着する気泡径を小さくするのも一方法であると考えられる。

<参考文献>

1) 楠田哲也:下水余剰汚泥浮上濃縮時の濃度予測指標に関する実験的研究,第27回下水道研究発表会講演集, PP453-455,1990

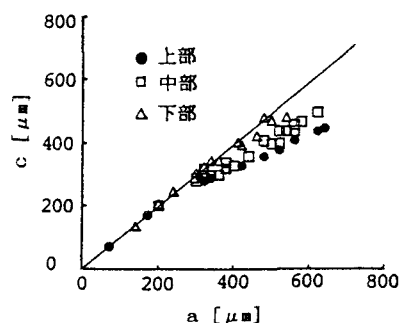


図-3 気泡のaとc

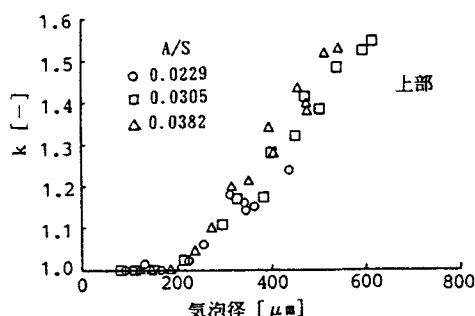


図-4 気泡の変形とA/S

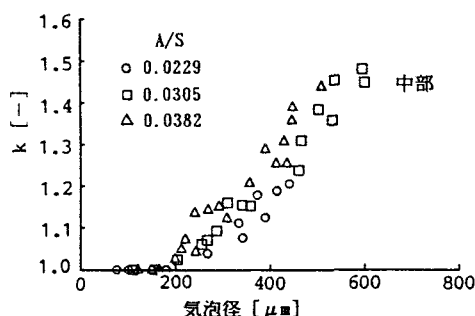


図-5 気泡の変形とA/S

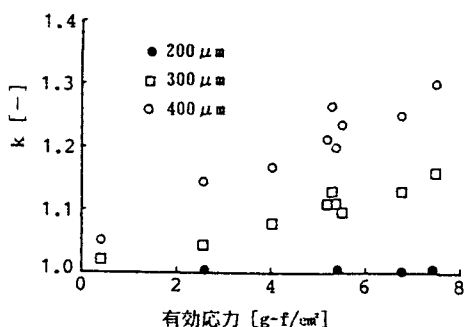


図-6 気泡の変形と実際の有効応力