

上水汚泥の流動特性に関する考察

東北大学 学生員 ○ 陳 鴻霞
正会員 佐藤敦久
学生員 二本祐輔

1 はじめに: 上水汚泥の管路輸送計画を立てるには、その管内の圧力損失、速度分布、粘度などの流動特性を調べる必要がある。上水汚泥は非ニュートン流動の挙動を示し、その流動特性は時間の経過、せん断速度の大小、汚泥の含水率等によって変化し、それに、みかけ粘度、またはせん断応力が時間の経過とともに減りするチクソトロピー軟化、および増加するレオペキシー硬化等の現象が起こる。上水汚泥の流動曲線の決定方法に、管路輸送による方法および回転粘度計による方法があり、本報告では この二つの方法による流動特性を求めて 比較検討してみた。

2 実験装置および方法: 管路輸送による実験装置を図-1に示す。管路摩擦損失の測定区間は44.9cmの直線部である。実験はポンプによって試料を管路中に流し、流量を測定すると同時に、圧力測定用の圧力差をマノメータによって読み取るものである。これによって、せん断応力 τ_0 とせん断速度 $\dot{\gamma}$ を求め、降伏せん断応力 τ_y 、塑性粘度 μ_p が得られる。回転粘度計による装置は図-2に示すようなCouette型二重円筒回転粘度計である。外円筒の回転数を段階的に変化させ、各段階における内円筒のトルクを測定し、せん断応力 τ_0 とせん断速度 $\dot{\gamma}$ の関係から、降伏せん断応力 τ_y 、塑性粘度 μ_p を求めるものである。

3 実験試料および条件: 試料はダム貯留水を取水源とする高館浄水場の上水汚泥で、250 μ mのふるいを通過させ、粗大固形物を除去し、初期含水率を水道水で希釈して、95%~98%に調整した。前攪拌の条件はせん断応力の大きさに大きな影響を与えるため、すべての汚泥ともせん断速度は約900 sec⁻¹で、1時間攪拌し、12時間静置後、実験を行なった。

4 実験結果および考察: ①履歴曲線の変化: 外円筒の回転数を等速で上昇下降させ、また、最大回転数へ到達する時間 t_0 を変化させ、その際のせん断速度とトルクのヒステリシス曲線を求め、この二本の曲線にはさまれた面積の大きさによって上水汚泥のチクソトロピー性の強さを求めようとするものである。図-3には、リ歴時間5分、

最大回転数は500rpmの場合である。図からすべての含水率ともチクソトロピー性を示すことがわかる。また、含水率の高くなるにつれて、リ歴面積も小さくなり、ついに、消滅する傾向を示している。

②時間によるトルクの変化: 図-4に、同一含水率のトルク経時変化を示した。この図から、含水率95%以上では、経過時間が10分で、トルクがほぼ平衡に達することが

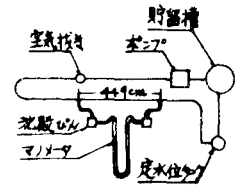


図1 管路輸送装置

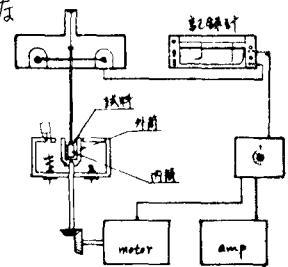


図2 回転粘度計

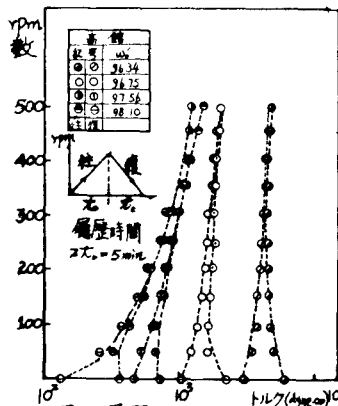


図3 履歴曲線の変化

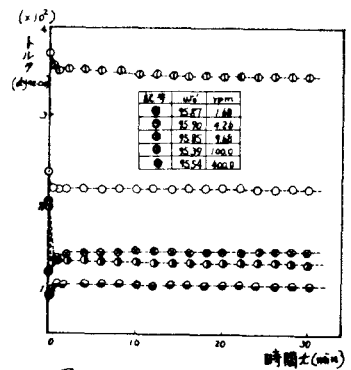


図4 トルクの経時変化

知れる。また、一般に、同じせん断速度では、含水率の減少と共に、トルクは増大する傾向を示し、含水率の低い場合には、初期にレオペキシー硬化を示し、後に、チクソトロピー軟化を示す傾向にある。含水率の高い場合には、一般に、チクソトロピー軟化を示す結果が得られた。

②流動曲線の決定：図-5に(5)回転粘度計による上水汚泥の流動曲線を示した。本試料の場合、速度勾配が約50 sec以下では擬塑性流体の挙動を示した。それ以上の直線部分ではビニガム流体の挙動を示し、せん断降伏値 τ_0 、塑性粘度 μ_p が得られる。図中の実線はせん断応力を大きい方から徐々に小さくした場合で、実線は小さい方から徐々に大きくした場合である。流動曲線はこの両方の実験方法により結果が異なり、この傾向は含水率の低下と共に顕著となる。一般には、実線で示した流動曲線が用いられる。しかし速度勾配が大きくなると、図-6の直線部分の傾きにより大きくなり、ダイヤラント流体の挙動に移る傾向となる。図-7.8に、管路

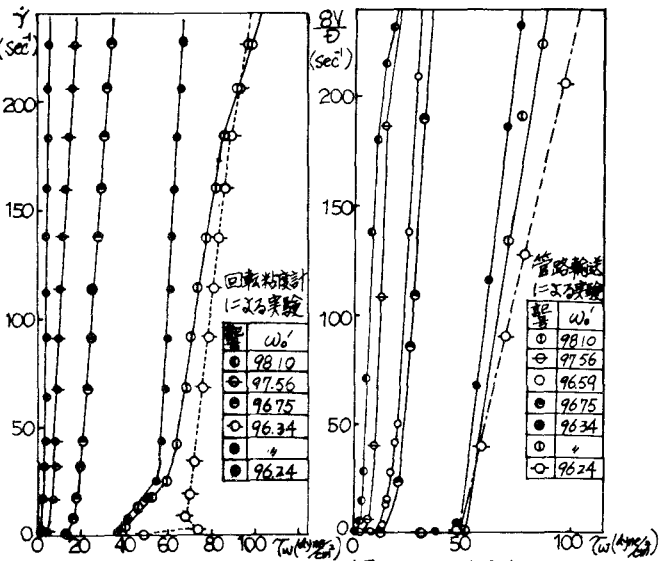


図5. せん断速度 $\dot{\gamma}$ vs せん断応力 τ

図7. せん断速度8% vs せん断応力 τ

輸送による流動曲線を示した。これらの結果は回転粘度計による方法とほぼ同じであった。すなわち、いずれの方法でも流動曲線は σ_{twd} 型に従い、また、含水率の低下と共に、乱流域に移るせん断速度はだんだん大きくなることわかる。図-9に、塑性粘度 μ_p と含水率 w_0 の関係を示した。 μ_p は w_0 の高くなるにつれて小さくなる。また、二つの方法による μ_p の値は本試料の場合ほぼ一致した。図-10に、降伏せん断応力 τ_0 と含水率 w_0 の関係を示した。これによると、 τ_0 は w_0 の増大と共に小さくなるが、二つの方法で得られた τ_0 は異なる結果となった。

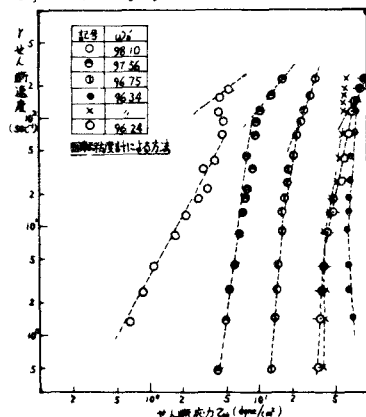


図6. せん断速度 $\dot{\gamma}$ vs せん断応力 τ

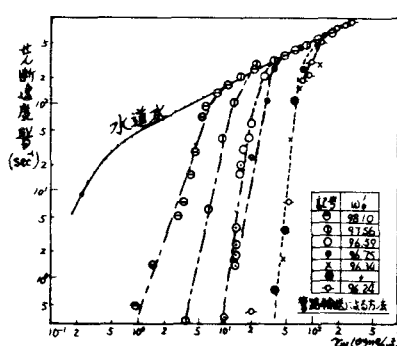


図8. せん断速度(%) vs せん断応力 τ

互いおわりに：以上述べた二つの流動曲線の決定法の一致性と組成の異なる上水汚泥についての検討は今後の課題である。

(参考文献)：1. 橋本 菅野：『懸濁液のレオロジー』Gypsum & Lime, No. 146~149 1977年

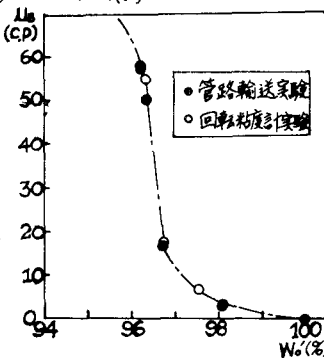


図9. 塑性粘度 μ_p vs 含水率 w_0

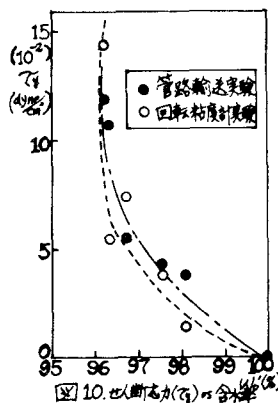


図10. せん断応力 τ_0 vs 含水率 w_0