

II-3

底泥のレオロジー特性の測定に関する基礎的研究

九州大学工学部 学生員 〇原 浩
 九州大学工学部 正 員 古賀 憲一
 九州大学工学部 正 員 栗谷 陽一
 九州大学工学部 正 員 楠田 哲也
 九州大学工学部 学生員 二 渡 了

1.はじめに 底泥のレオロジー特性を把握することは、底泥の巻き上げ現象、ひいては水域における物質輸送現象を解明する上で重要である。これまで底泥のレオロジー特性を知るために、回転粘度計、毛管粘度計、その他特殊水路を用いて種々の検討がなされてきた。しかしながら、装置寸法、外力伝達方式、底泥と容器壁とのスリップ現象などの装置特性について十分な考慮が払われた底泥のレオロジー特性についての測定例は少なく、また解明せねばならない問題もあるようである。本研究は、以上の観点に立ち剪断応力規定型の回転粘度計を製作し、底泥のレオロジー特性及びその測定方法について検討を加えたものである。

2.実験装置及び方法

図-1に二重円筒型回転粘度計の概略図を示す。試料を入れる容器は、外筒(アクリルパイプ・内径99.6mm)内筒(デリリン製・外径81.2mm)より成っている。トルクを検出する中間筒は、塩化ビニールパイプ(外径91.4mm、内径88.5mm)で、外筒、内筒と中間筒との間隙は、各々4.1mm、3.7mmである。トルクは、うず巻きバネの捩れ角より求められ、校正を予め行なった。本粘度計の制御方法は、剪断応力を一定に保つように歪速度を調整する方式を採用し、制御にはマイコンを用いた。剪断応力の検出、即ち中間筒の位置検出には、光学センサーを用い、駆動にはステッピングモーターを使用した。

実験手順として、まず容器に充分攪拌した試料を注入する。次に、所定の位置に光学センサーを設定する。以後の操作はマイコンにより、なされ、中間筒が所定の位置を維持するようステッピングモーターを駆動する。歪速度は、ステッピングモーターに送るパルス数から算定される。以後剪断応力・試料の含水率等を変えて同様の操作を行なった。なお、位置検出の誤差は $\pm 0.5^\circ$ (半径5cm)であり、試料は、市販カオリンASP-600を塩水(比重1.025)に1週間以上浸したものをを使用した。

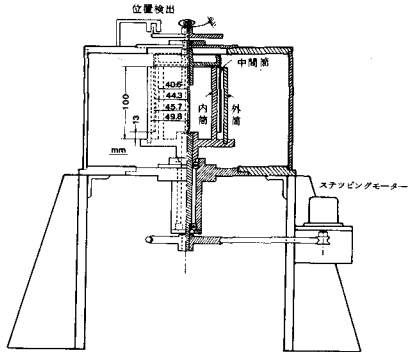


図-1 実験装置

また、後述するように内壁に生ずるスリップの影響を調べるために図-2に示すような識別子を用いて、試料内部の実質的歪速度を求めた。測定方法としては、この識別子を図-2に示すようにさし込む。識別子は、何ら拘束をされず、泥の歪に基づいた分だけ回転すると考えられるので所定の角度($-22.5^\circ \sim 22.5^\circ$)だけ回転するに要する時間を計測し、この計測時間から試料内部の実質的歪速度が得られる。(次式参照)

$$\dot{\gamma} = (2 \tan \frac{\theta}{2}) / t \quad t: \text{計測時間}$$

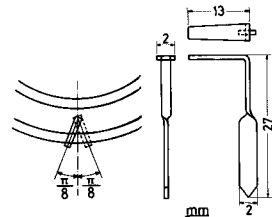


図-2 識別子

3.実験結果及び考察

図-3に剪断応力を一定に保ち、前述の方法で得られた歪速度の時間変化の一例を示す。本例から歪速度は、急激に減少した後、ある一定値に落ち着くことがわかる。他の例についてもほぼ同様の傾向が認められたが、初期の急激な減少が顕著に現われない例も若干認められた。この歪速度の減少傾向は、レオパキシー硬化とも思われる。

外筒、内筒及び中間筒に砂粒子(平均径0.25mm)を張り、粗度を付けて同様の実験を行なった。その結果を

図-4に示す。同図中に同一条件で行な、た粗度なしの結果も示している。この図から歪速度の小さいところでは同一歪速度の剪断応力は、粗度ありの方が大きくなっていることがわかる。この実験結果から、粗度なしの場合については容器壁と底泥との間にスリップが生じているようであり、応力-歪速度の関数を知るには、容器壁と底泥粒子とのスリップを考慮する必要があると思われる。そのために、前述した識別子(図-2参照)を用いて、試料内部の歪速度を求める実験を行なった。

図-5に試料内部の実質的歪速度と通常の方法で得られた見掛けの歪速度との関係を示す。図中の実線は、スリップをないものと考えた場合の両者の関係を示している。この図から試料内部の実質的歪速度の値の方が、見掛けの歪速度より小さいことがわかる。また、本実験ではデータに散らばりがあるものの、歪速度の大きいところでは両者の違いが大きくなっているようである。即ち、歪速度の小さなところではスリップの影響が、顕著に現われているといえる。

いずれにしても底泥の的確な剪断応力-歪曲線を得るには、スリップについて十分な注意を払う必要がある。そのためには本報で示したような識別子も一つの有用な手段であるが、測定誤差が大きいこと、高含水率の試料には不向きなどの欠点があり、別の実質的歪速度検出装置を検討する必要がある。

図-6に歪速度-剪断応力曲線の一例を示す。(矢印の向きは、剪断応力を増加させた場合、減少させた場合の方向を示している。)歪速度は図-3に示したように歪速度が充分落ち着いた時点での値を採用している。また、この歪速度は見掛けの歪速度であり、実質的歪速度への補正は行なっていない。

本例に示す範囲内では、再現性は良好のようであり、また含水率の低いもの(WC 267%)については若干履歴現象が認められるようである。歪速度 $\dot{\gamma}$ が小さいところの直線を線 extrapolate して求めた降伏値は、本例の場合0.1~2.0 N/m²であり、この値は他のデータともオーダー的には一致するようである。

4. あとがき

本例でも示したように一般的な回転粘度計を用いると、底泥-容器壁間の正しい歪速度が粘土の含水比によって得られないことがわかった。

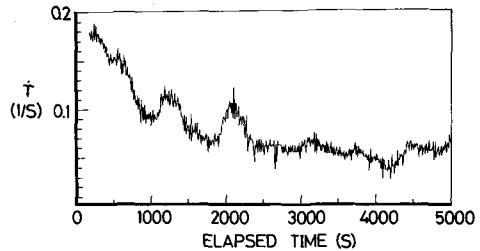


図-3 歪の経時変化

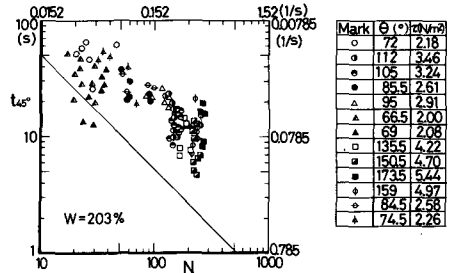


図-4 実質的歪速度と見掛け歪速度との関係

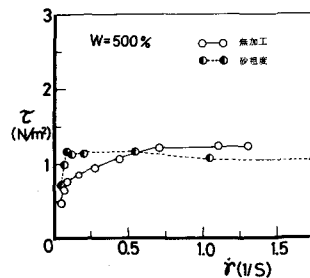


図-5 応力歪曲線

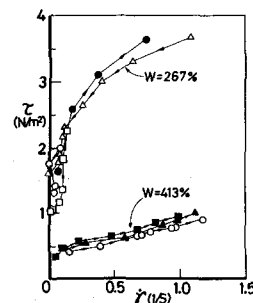


図-6 応力歪曲線

今後、今日得られた成果をもとに、的確な応力-歪曲線が得られる装置並びに方法を開発していきたい。

<参考文献>

- 1) 佐藤敦久・陳 霞：上水汚泥の流動特性に関する研究(I)・(II) 水道協会雑誌 第577号P.33 ~ P.39 1982, 第584号 P.30~P.40 1983
- 2) 大坪国順：底泥の物性及び流送特性に関する実験的研究 国立公害研究所研究報告第42号P.79~P.83, 1983