

底泥の流動機構と粘度について

関西大学工学部 正員 山岡 一三

関西大学工学部 正員 西形 達明

日本シールドエンジニアリング株式会社 正員 田家 孝

1. まえがき： 底泥の流動特性は、移動抵抗力がその表面力に起因し、底泥の物理化学的性質、沈降特性および流動特性と密接な関係があるとされている。本研究では、底泥の流動特性ならびにその温度依存性について考察し、またチフットロビー性の評価を行うことにより、底泥の侵食機構解明の手掛りの一つにすることを目的としたものである。

2. 実験方法： 実験には、カオリンおよび二種のベントナイトを用い、含水比を段階的に変えて底泥試料とした。底泥のずり応力、ずり速度ならびに粘度の測定には、有段変速式コーンプレート型回転粘度計を使用し、自然界における泥温を考慮して5℃～30℃の範囲で定温状態として実験を行った。

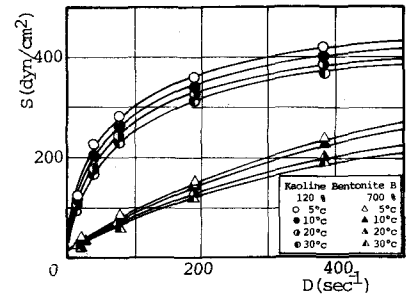


図-1

3. 流動特性および物性： 測定の結果、図-1に底泥の流動曲線を示す。ずり速度の増加に対し、割合にずり応力の上昇が見られ、その挙動は非ニュートン性を示すものである。泥温の影響については、比較的高ずり速度領域になると、明確に表われており、泥温が低下するとずり応力は高い値を示している。この流動曲線の挙動から、ずり速度の領域によって、二種の流動曲線に区別するのが妥当であると考えられる。そこで、微小ずり速度領域における降伏値および粘度を τ_0 とし、高ずり速度領域における流動曲線を直線近似して、降伏値 τ_0 ならびに粘度 η を求めた。なお降伏値 τ_0 は、ビンガム体としての降伏値に相当するものである。降伏値 τ_0 および粘度 η と底泥の含水比との関係を図-2、図-3に示す。両者ともに、含水比の増加に伴い顕著に減少している。また今回の実験条件下では、粘度は泥温の上昇とともに低下傾向を示しているが、降伏値については、ほとんど泥温の影響を受けていないように思われる。

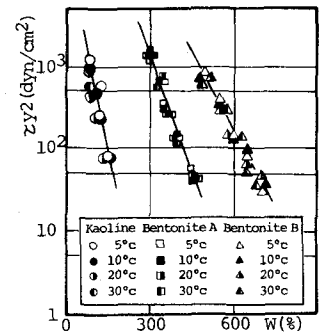


図-2

4. チフットロビー性： 一般に、底泥のチフットロビー性の評価法には次の二通りがある。一つは、ずり速度チフットロビー (shear-rate thixotropy) で、他の一つは、ずりチフットロビー (shear thixotropy) である。ずり速度チフットロビーの評価は、ヒステリシスループ曲線で行う。図-4は、ずり速度の増減に

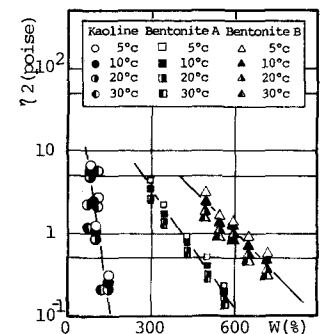


図-3

対する往復の流動曲線、すなわち底泥のヒステリシスループ曲線を示したものである。下降曲線が上昇曲線を下回り、両方に軟化現象が生じたことがわかる。また低ずり速度領域において、両者の値に差異が認められないが、これは時間依存性による構造回復を示すものである。ここで、ループ内の面積は、底泥が示すずり速度 $\dot{\gamma}$ とトロビーの度合を表現するものであり、その大きさは、含水比の増加に従い減少傾向にあった。このことは、底泥の内部構造組織の履歴特性に起因しているものと考えられる。

そこで本研究では、ずり $\dot{\gamma}$ とトロビーによって底泥の $\dot{\gamma}$ -トロビー性の定量的な評価を試みた。図-5は、一定ずり速度における塑性粘度の下降曲線を示したものである。底泥の塑性粘度は、泥温が低下するとはなり高くなっている。またそれは、時間経過に伴い減少し、やがて平衡状態に達するようになる。この現象は、ある程度底泥の内部構造破壊が進行したところで、構造の破壊と形成の速度が等しくなったものと考えられる。一般に、塑性粘度 η と対数時間 $\ln t$ との関係は次式で与えられる。

$$\eta = A - B \cdot \ln t, \quad A: \text{定数} \quad B = -t \frac{d\eta}{dt}$$

この係数 B が、内部破壊係数であり、ずり $\dot{\gamma}$ とトロビーを示す特性値となる。図-6に示した内部破壊係数と泥温の関係から、底泥の $\dot{\gamma}$ -トロビー性は泥温の影響を受け、温度の上昇に伴いやや低下しており、その傾向はカオリンよりも両ベントナイトでよく生じている。さらにその性質は、高含水比底泥のものほど弱く、それ自体の物性強度と密接な関連性があるものと思われる。そこで、内部破壊係数と底泥の降伏値との関係を図-7に示した。両者の間には、明らかに正の相関性が認められるが、カオリンと両ベントナイト間では、その関係に差異が生じている。この理由としては、各底質における粘土分含有量およびその種類、吸着イオン等による粒子間構造組織の相違が考えられる。

5. おとがき：本研究の結果、底泥の流動形態は、含水比およびずり速度によって種々に変化することが明らかになり、低含水比底泥ほど $\dot{\gamma}$ -トロビー性が強く現れ、非ニュートン性の挙動を示した。さらに、温度依存性の検討から、底泥の粘度や $\dot{\gamma}$ -トロビー性の泥温による影響は降伏値の場合に比べて大きく、底泥の侵食現象における流水抵抗力の履歴特性に影響を与えるものと考えられる。

参考文献：大坪国順，国立公害研究所研究報告，No.42，1983。

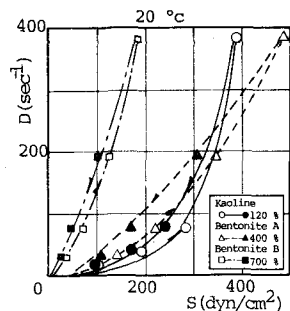


図-4

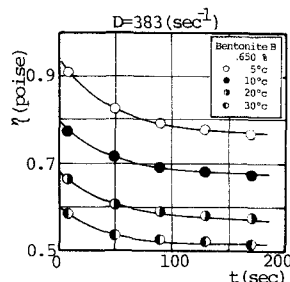


図-5

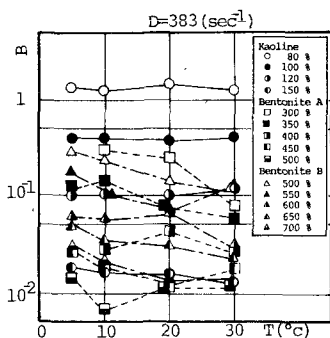


図-6

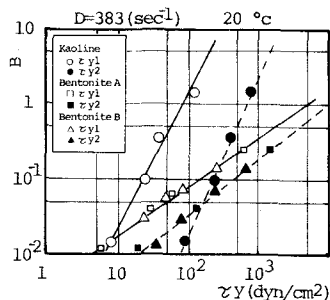


図-7