

底泥の巻き上げ・輸送に関する研究

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) 正員 大野 喜久雄

1. 諸論 都市河川や貯水池等に堆積している底泥は、侵食・巻き上げによる水質汚濁をはじめとした多くの環境問題を引き起こしている。そこで本研究は、粘性を有する底泥の侵食特性について実験的な検討を行なうものである。

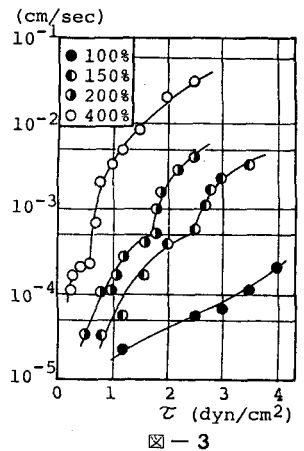
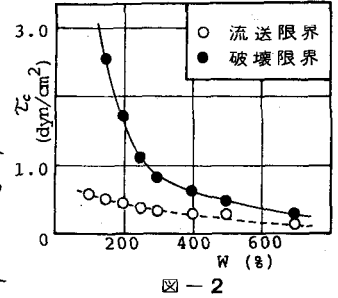
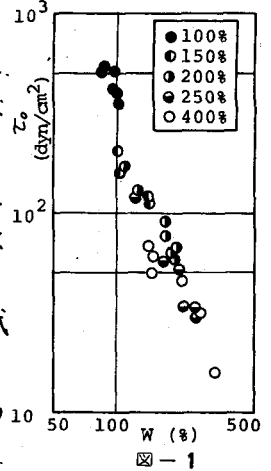
2. 試料の物性 実験試料には Pearl Clay と呼ばれる人工粘土と、滋賀県野州川の底泥とを用いた。平均粒径および比重は Pearl Clay が $8.8\mu\text{m}$, 2.68、野州川底泥が $3.1\mu\text{m}$, 2.69 である。

回転式円筒粘度計を用いて測定した Pearl Clay のせん断降伏値と含水比との関係を図-1に示す。せん断降伏値は含水比の増加とともに減少しており、野州川底泥においても同様の傾向が見られた。

3. 限界掃流力と侵食現象 実験用開水路に含水比を調整した試料を敷き、徐々に掃流力を増してゆき、試料の状態の変化を目視することによって限界掃流力を調べた。その結果、大坪ら¹⁾が指摘しているように底泥の限界掃流力には表層部が移動し始める限界(流送限界)と、

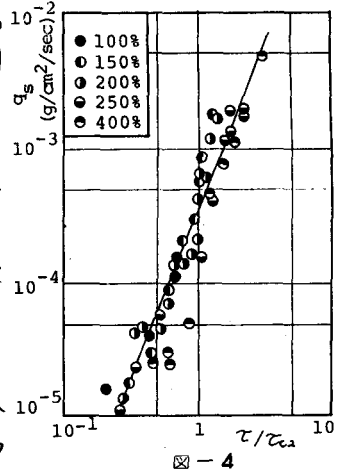
表層が破壊して試料高を維持できなくなる限界(破壊限界)とが存在することが観察された。図-2に Pearl Clay の限界掃流力と含水比の関係を示す。限界掃流力は含水比の増加とともに減少する傾向を示している。特に破壊限界は含水比によって大きく変化しており、含水比が高い試料ほど表層部が移動し始めてから破壊に至るまでの掃流力の差が小さくなっている。また含水比が400%以上の試料では流送～破壊過程において界面波が現われたことから、高含水比の底泥の侵食現象には密度流的な取り扱いも必要であると思われる。

次に、試料に一定の掃流力を作用させて侵食速度を測定した。ここで侵食速度は、侵食による単位時間あたりの試料高の減少量から求めた。Pearl Clay の侵食速度と掃流力との関係を図-3に示す。このように侵食速度は試料の含水状態によって大きく異なるが、掃流力との間には正の相関性が見られる。また、侵食速度が増加し始める掃流力は、前述した流送限界と一致し、侵食速度が急速となる掃流力は破壊限界と一致する。したがって、底泥の侵食量は限界掃流力、特に破壊限界に影響を受けるものと思われる。そこで侵食速度から単位時間・単位面積あた

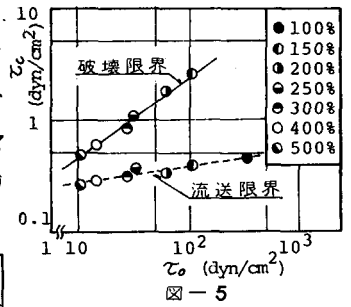


りの侵食量を求め、試料に働く掃流力 τ と破壊限界 τ_{c2} との比 τ/τ_{c2} で整理すると図-4のような一定の関係が得られる。野州川底泥においても、ほぼ同様の傾向が見られた。

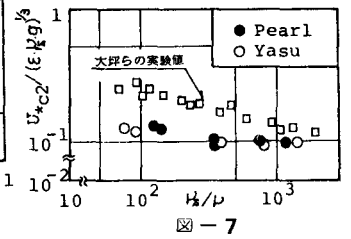
次に、限界掃流力の支配要因について検討を加える。試料のせん断降伏値 τ_0 との関係を調べると図-5のようにオーダーの違いはあるが明らかな相関性を示している。ここで破壊限界にくらべて流送限界は、その変化が小さいことから、流送限界付近の侵食機構は、含水比やせん断降伏値などによる影響が小さいものと思われる。したがって、粒子の重量と粒径が現象を支配する非粘性性砂粒の侵食抵抗と類似した傾向を示すことが推察される。そこで、Shieldsの無次元表示を用いて整理してみると図-6



のように細粒部の Shields-curve の延長上に位置する。しかし、このような微細な粒径の範囲での Shields-curve は確立されておらず、今回のデータだけで測定することは難かしいと思われる。一方、破壊限界は試料の含水比、せん断降伏値や粘度による影響を受けているため、粘性を考慮した密度流の分野での Kaulsteg 数に対応する無次元表示 $U_{*c2}/(\epsilon H_s g)^{1/3}$ を用いて整理してみた。

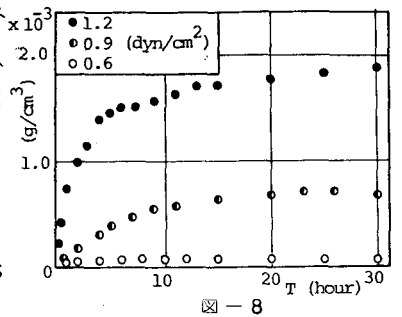


(U_{*c2} : 破壊限界腐蝕速度, ϵ : 相対密度差, H_s : 底泥の動粘度, g : 重力加速度) その結果、図-7のように底泥と水との動粘度の比 H_s/ν の値の増加に伴ってわずかに減少するという大坪らの実験結果とほぼ同様の傾向を示している。



破壊限界は、このように粘性を考慮した指標が必要であり、図-7の表示でもある程度、表現できると思われるが、さらに粒子間の結合力や有機物の含有量などの要因を考慮に入れる必要があるものと考えられる。

4 巻き上げ濃度 自然沈降によって形成した底質を用いて侵食による浮遊物質濃度の時間変化を調べた結果を図-8に示す。掃流力が入ったもののほど濃度が高くなっており、濃度上昇は初期における急速な部分と、その後のゆるやかな部分とに分けられる。したがって、このように長時間にわたって侵食作用を受ける場合には、粒子の選択的な巻き上げや底泥の強度の変化などによって侵食量が時間的に変化してゆくものと思われる。



末筆ながら、実験に助力してくれた岩井 尊君、田家 学君に感謝の意を表します。

<参考文献> 大坪 国順・村岡 浩爾: 底泥の物性と限界掃流力の関係について, 第25回水理講演会論文集, pp.73-78, 1981