

II-207 水質物質の掃流に関する実験研究

京都大学工学部 正員 末石富太郎、住反 恒
京都市下水道局 " 〇弘元 晋市
大阪市水道局 " 大久保 徹

1. はじめに

水質物質は流下過程で沈殿したり、掃流によりまき上げられつ流下依着することが知られている。特に近年、汚濁防止計画におけるBOD物質流出率の採用など、水質物質がいかにまき上げ作用をうけるかについて、その研究の必要性は高い。砂の掃流については古くから多くの研究があり、また下水管き設計時における掃流力の取扱いに関する研究も少なくない¹⁾。しかし、一般に水質物質は溶出をはじめの浮上流出、あるいは極細粒径の掃流なども考えられる。そこで、ここに改めて水質物質の掃流による流出現象を実験的に研究することにした。ただ、水質物質としては多種存在するが、ここではその溶解度および粒径分布を考慮して、炭酸カルシウム(沈降性)をモデル物質として選定した。

2. 管路内水路における水質物質の掃流流出

水質物質の掃流による流出は種々の水理特性に影響されるが、ここでは流出炭酸カルシウム量と水路底面に働くせん断応力との関係を調べることにした。底面に働くせん断応力としては断面における平均せん断応力 $\bar{\tau}$ をとる。

$$\bar{\tau} = \int_{-\theta_0}^{\theta_0} \rho g h_z I ds / \int_{-\theta_0}^{\theta_0} ds$$

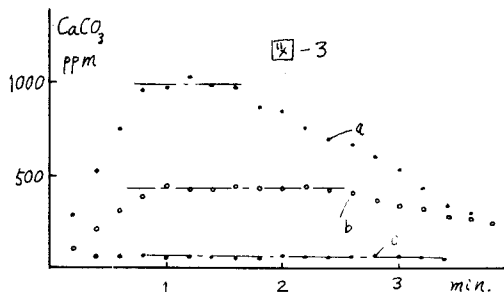
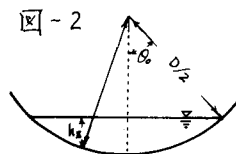
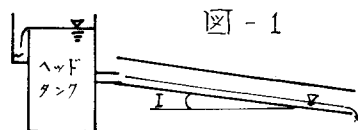
$$= \rho g I D (\sin \theta_0 - \theta_0 \cos \theta_0) / 2 \theta_0$$

ここに、 ρ : 水の密度、 g : 重力の加速度、 I : 管路こう配、 D : 内径

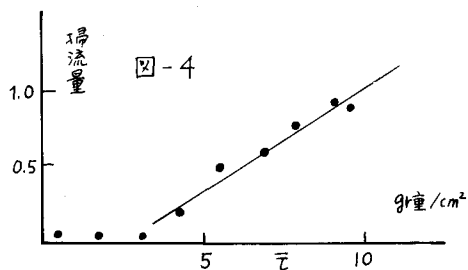
θ_0 : 管中心での水面からのなす角度の $1/2$ (図-2 参照)

なお、実験装置の概略は図-1に示すように内径約6cm、長さ約150cmのガラス管を用いる。このガラス管にあらかじめ炭酸カルシウムを乾燥固着させ、種々のこう配で上流端より水流を与え、一定間隔で採水する。流出する炭酸カルシウム濃度は原子吸光分析機で測定する。なお、炭酸カルシウムの乾燥固着法は、一定量の水で一定重量の炭酸カルシウムを液状化し、これとガラス管に流し込んで均等に分布させた後、ガラス管の下部と外側から熱して乾燥させたものである。

実験結果を一例として図-3に示す。ガラス管に固着させる炭酸カルシウムが一定量であるため、ピーク濃度が高くなるにつれて、当然濃度の減少こう配はきつくなっている。掃流物質量を算定する際の炭酸カルシウム濃度は平衡状態にあるときのピーク濃度をとる。ただ、現段階で掃流物質の絶対量を定

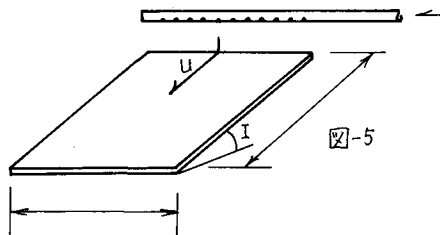


量的に表示することは時期尚早と考え、流出量の変化を相対的に表示するにとどめる。したがって、平均せん断応力で 10 g/cm^2 のときの流出量を 1.0 として、その変化に伴う流出量の変化を例示したのが図-4 である。図からわかるように、砂の掃流現象と同様、限界せん断応力が認められ、せん断応力が限界せん断応力を越えるとほぼ直線的に掃流物質量は増大している。一方、限界せん断応力以下では流出物質量はほぼ一定の小さな値をとっている。これは溶出を含むごく微細な物質の流出と考えられる。

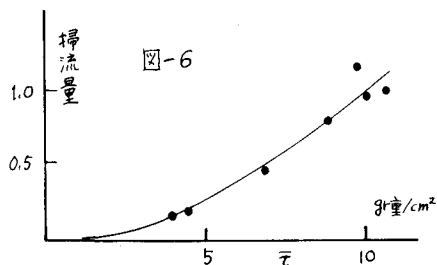


3. 平板上薄層流における水質物質の掃流流出

都市域からの水質物質の流出を考慮する際、上記のごとく個々の管路における掃流現象を取り上げることにはきわめて困難である。ある程度平均的に取り扱うため、管路群をモデル化して取り扱うことが考えられる。後者として管路群を平板上の薄層流としてモデル表示することも十分考えうる。また、湿润状態の水質物質が流出する場合も多い。そこで、その予備的実験として図-5 に示すように塩ビ板上に一律に濃い炭酸カルシウム液を溶液状のまま附着させた後、上流端より水流を与えろ。このときの掃流作用を先と同様に流出水の濃度から推算し、せん断応力と対応して表示した例が図-6 である。



本実験では水質物質が乾燥状態でないところから、先の実験結果と異なり、限界せん断応力の存在が明確でないのが特徴である。いかえれば、水質物質が湿润状態で、微小なせん断応力が働いてもそれによつて流出する物質が認められ、砂の流出現象とやや異なった特徴を定性的にはあるが見出しえた。しかし、せん断応力がある一定値を越えるとほぼ直線的に流出物質が増大するという結果は先の実験結果と同じ特徴を持っている。



4. おわりに

標題に関する研究としては、未だ研究の初期段階で、上記結果についてはいずれも今後さらに定量精度を高揚したり、物質条件を変化したり研究を深めてゆく必要がある。ただ、水質物質の流出について無批判に砂の流出現象と同一に取り扱うことにはやや危険性があることを指摘し、これと現段階の結論として報告しておく。

参考文献

- 1) たとえば、D.K. Lysne; Hydraulic Design of Self-Cleaning Sewage Tunnels, SA1, Proc. ASCE, 1969, Feb.