

九州大学工学部 正員 栗谷 陽一、正員 楠田 哲也。
正員 山崎 雅義の学生員 田中 慎一郎。

§-1 まえがき 今般最終沈殿池の設計において二～三の式が適用されているが、フロック除去に対して、十分に有効であるとは言えない。フロックの除去に關しては、水表面負荷率、偏流、密度流、沈殿物の巻き上げ等が重り合つて影響しているものと思える。本研究はその中で特に沈殿物の巻き上げ機構を解明する基礎資料を得ることを目的として、水路内に汚泥を敷き、種々の条件下における巻き上げ開始点、及び巻き上げ量の時間変化を実験的に考察し、それらの定量化を試みたものである。

§-2 実験装置と方法 実験水路は長さ7.6m中0.2mのアクリル製可変勾配水路である。(図-1参照)助走部1.7m、中間部5.7m、ゲート部0.4mとし、助走部、ゲート部は高さ3.5cmの台をつけている。返送水路、貯水槽、ポンプを設けて水を循環させ、水深、流速を一定に保つてヘッドタンクを配置している。さらに貯水槽内の濃度を均一に保つためミキサーを設置している。水表面勾配の測定にはチャート圧力計を用い、液にはトルエン(比重0.87)と水を採用している。ピトー管型マンノメータを間隔2520mmで設置した。流量の測定は水路末端で行なつた。水深はマンノメータ位置の二点で測定した。活性汚泥は福岡市中央処理場で採取した返送汚泥を820 μ のフルイにかけて用いた。汚泥を敷く際には、中間部両端に堰をし、所定の時間放置して助走部、ゲート部の高さと同様に初期のスラッジ量を変化させて行つた。実験は種々のRe数に対して巻き上げ開始点を求め、その時の動的な限界掃流力を算出した。一方これと平行してコンプレート型粘度計により、静的な巻き上げ実験を行なつた。これは底に砂をはりつけたシャーレの中に汚泥を注ぎ込み、静置し、沈降時間と限界掃流力の関係も求めた。さらに巻き上げ限界以上の領域で汚泥の巻き上げ量の時間変化を追跡した。水中の浮遊物量は水路上流端、下流端、及び貯水槽内の3点において採取した試料を口過し乾燥重量を測定し、測定点の重さを乗じて求めた。

§-3 結果と考察 i) 活性汚泥を敷いた水路に一定流量を流し、徐々に水深を下げていく。まず始めは写真-1のように微小な

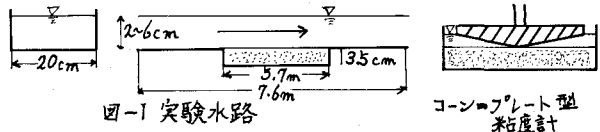


図-1 実験水路

コンプレート型
粘度計

なフロックが4～5本の筋となって回転を始める。さらに水深を下げるにより、流速を上げていくと汚泥表面に波長約2cm、振幅約2mm、横中約3cmの波が発生し、単独で下流方向へ伝播してゆく。この状態よりわずかに流速を上げると汚泥表面全体にわたつて波が連続して起り、波の振幅が特に大きくなった時に写真-2のような形で局部的な巻き上げが汚泥表面各部で起る。一度巻き上げが起るとその部分を起点として表層がはがれるようにして巻き上げが下流方向に進行していく。(写真-3参照) この場合剥離は一定の厚さを保ち、深く掘れる事はない。さらに時間が立つと第2層の剥離が生じ始める。この実験の終了時の汚泥表面は写真-4のようである。これによると剥離は第3層まで進んでおり、中央部に第2層が、また壁面近くに第1、第2層が残っている。中央部に第2層がとり残されているのは二次流の影響を受けたものと思われる。

ii) 巻き上げ開始時の定義は問題であるが、ここでは局部的な巻き上げが生ずる時とした。この時の限界掃流力 τ_c は測定時が定常状態であり、測定範囲が $u = 10 \text{ cm/s}$, $R = 5 \text{ cm}$, $I = 1/2000$ 程度であるため $\partial u/\partial x \approx 0$, $\partial u/\partial y \approx 0$ と見なせるから次式より求めらる。

$$\tau_c = \rho g R I$$

ここで τ_c とRe数との関係を取ると図-2のようになりRe数の増大とともに τ_c は増大する傾向にある。そこで

Re数と摩擦損失係数 f ($2\tau/\rho U^2$)の関係を求めると図-3のようになる。これは明らかに従来の結果と異なるのでこの点について今後の検討を要す。

iii)汚泥表面の波打ち現象は巻き上げ機構の本質があると思われるので本実験のモデル化として、図-4のように理想流体として扱った。Kelvin-Helmholtzの考え方によれば界面の安定性と界面に発生する内部波の波長 λ との関係は次式のようになる。

$$\frac{|U|}{\sqrt{\frac{\Delta\rho}{\rho_1} g h_2}} \leq \sqrt{\frac{1}{\alpha} \left[\tanh \frac{h_1}{h_2} + \tanh \alpha \right]} \quad \text{ここで } \alpha = \frac{2\pi h_2}{\lambda}$$

本実験条件では $\alpha \geq 2\pi$ $h_1 = h_2$ なので式は簡略化されて

$$\frac{|U|}{\sqrt{\frac{\Delta\rho}{\rho_1} g \lambda}} \leq \sqrt{\frac{1}{\pi}}$$

となる。これによれば $\lambda = 2\text{cm}$, $\Delta\rho = 0.0059\text{g/cm}^3$ のとき $|U| \leq 5.7\text{cm}$ となる。このことと上述の実験結果との比較から汚泥の巻き上げ機構は密度流のものとかかなり類似の要因を持つと推定される。

iv)コーン-プレート型粘度計で行なった静的巻き上げ実験の結果と、水路における結果を比較すると層流領域における限界掃流力の方がかなり大であった。これは水路における巻き上げが粘性底層以外の領域で起っている事を示している。

v)浮遊物量の時間変化を図-5に示す。この図によれば初期/時間ほどの間に急激に巻き上げが生じており、その後は沈降が卓越している。よってこの実験からだけでは巻き上げ量の時間変化は明確には追跡できなかったが、流量、流速ともこの間には変化していないので、この点についても今後検討したい。

vi)沈降時間と静的限界掃流力の関係を図-6に示す。

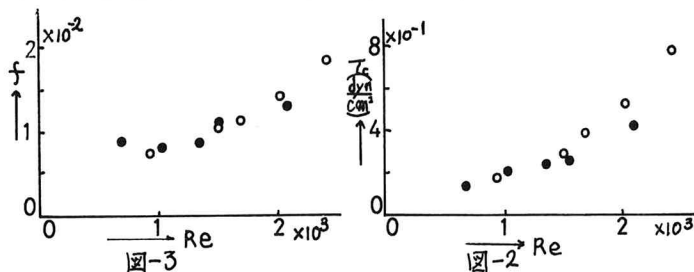


図-3

図-2

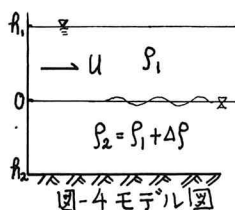


図-4 モデル図

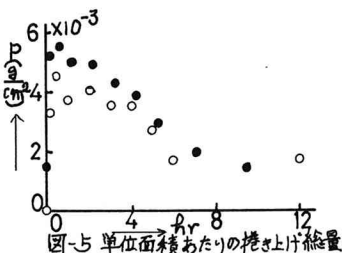


図-5 単位面積あたりの巻き上げ総量

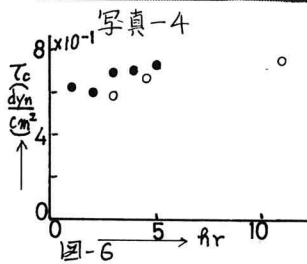


図-6

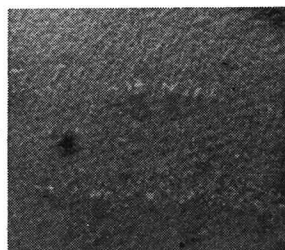


写真-1

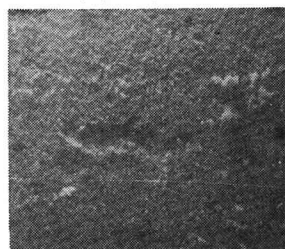


写真-2

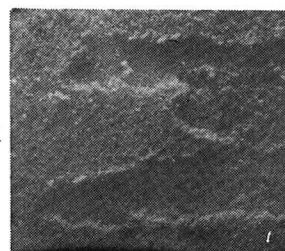


写真-3

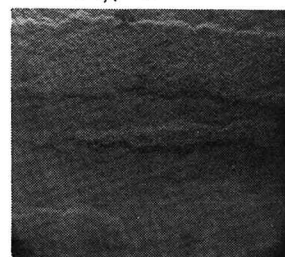


写真-4

参考文献

- 1) E. Partheniadi: Erosion and deposition of cohesive Soils, J.H.D., January, 1965.
- 2) 村岡浩雨: 流れによる底泥浮上と水質との関連, 水理講演会講演集 No18.