

ダムの排砂に関する研究

岐阜大学 正員 田中祐一朗
岐阜大学 ○ 学生員 木寺 秀洋

1: 緒言 現在、わが国ではダムの堆砂が深刻な問題となってきた。ダムの堆砂は、有効貯水量の減少だけでなく、下流部の河床低下や海岸浸食にまで顕著な影響が現れるようになってきたが、この問題を解決する排砂方法についての抜本的なものは何もない。従来 I) 砂防ダムなどによる流入土砂の防止、II) 貯水池内での土砂排除、の2つに分けた対策が取られてきた。特に II) としては、美和ダムのように浚渫による排砂と骨材の生産をシステム化し効果を上げている。しかしながら、ほとんどのダムでは何ら排砂対策が講じられないままに堆砂が進行している状態にある。排砂法としては浚渫によるもの以外に、i) 排砂ゲートによる点排砂、ii) 渦動管による線排砂、などが実験的に研究されてきたが、排砂効率が局所的範囲にとどまることから、実用に供された例がない。以上のような現状から、本研究では排砂範囲の能率性と排砂エネルギーの能率性と言うことを考え、サイフォンを利用した排砂の方法を検討するものである。すなわち、本方法の実用の可能性、能率性を明らかにするために行った若干の実験とその結果について述べることにする。

2: サイフォンの管路長 サイフォンのような管路における土砂輸送の場合、i) 管路長が長く水平設置部分が鉛直部分よりも支配的である場合、と ii) 管路長が短く水平設置部分よりも鉛直部分の方が支配的である場合、の2通りに分けて考える必要がある。これは運動している砂粒子に作用する重力の影響により、その運動形態が全く異なる事によるものである。昨年寺田ら¹⁾は、ii) の場合を対象に実験を行った。しかし、ii) の場合はダム直上流部分の排砂が行えるだけであり、貯水池内の排砂範囲を拡大するためには、i) の場合の検討が重要となる。しかし、管路が長くなると摩擦損失水頭が増大し、流速が減少するためやがては砂粒子は運動しなくなり閉塞が生じることになる。その限界流速とは若干意味が異なるが、値としては近似的に等しい限界堆積流速 V_L は、Condolis and Chapus²⁾ および Gibert³⁾ らによって、粒径 d_m に無関係に次式によって与えられる。

$$\frac{V_L}{\sqrt{(gD)}} = \text{const} (2.1 \sim 2.3) \quad \text{----- (1)}$$

ここに D : 輸送管径、 g : 重力加速度、である。一方サイフォン内の平均流速は周知のように、

$$V^2 = \frac{2gH}{1 + f_0 + f_0 + f_0 + f(L/D)} \quad \text{----- (2)}$$

ここに、 H : 高度水頭、 f_0 : 入口損失係数、 f_0 : 出口損失係数、 f_0 : 曲がり損失係数、 f : 摩擦損失係数、 L : 管路長さ、で与えられる。(1)、(2) 式を L について解けば管内流速が限界堆積流速 V_L となる L が求められる。

3: 実験およびその結果

表-1 実験の種類

前述のように計算された管路長により、表-1に示す落差、粒径、管径各々3種類ずつ計27のケースについて、サイフォンによる排砂実験を行った。また、各ケースについて清水のみの実験も行い、損失係数を求めた。本実験では流速と土砂濃度(体積濃度)を測定した。管路の土砂輸送については、Durand⁴⁾の式が広く認められている。

落差 cm	50	100	150
管長 cm	500	1000	1000
管径 cm	1.0, 1.5, 2.0		
粒径 mm	0.105, 0.40, 0.87		

$$i = i_w(1 + C\phi) \quad \text{----- (3)}$$

$$\phi = \frac{i - i_w}{C i_w} = 81 \left[\frac{Vs^2 \sqrt{CD}}{gD(\gamma_s - 1)} \right]^{-1.5} \quad \text{----- (4)}$$

ここに i : 砂水混合体を流送している動水勾配、 i_w : 混合体の平均流速と同一の流速で清水のみを流した場合の動水勾配、 C : 流送された混合体の中で砂の占める体積混合率、 V_s : 混合体の平均流速、 CD : 砂の抗力係数、 γ_s : 砂の密度である。さらに久光・東海林・小杉⁵⁾等はシルト等の微細粒子の流動する場合には D -urand の式の適合性は悪くなるとして次のような修正式を提案した。

$$\phi = 120 \left[\frac{Vs^2 \sqrt{CD}}{gD(\gamma_s - 1)} \right]^{-1.5} + (\sqrt{\gamma_s} - 1) \text{----- (5)}$$

図-1 に実験値と (4) 式 (5) 式の比較を示す。この図から見てわかるように、実験値の適合性は (5) 式の方が優れているようである。又、図-2 は昨年寺田¹⁾らによって提案された流速に関する関係式 (6) との比較を示す。

$$Vs = Vw(1-C) - CW = Vw - C(Vw - W) \text{----- (6)}$$

ここに、 Vw : 清水のみの管内平均流速、 W : 沈降速度である。図に見られるように、昨年の寺田らのデータ及び今回の実験データの中で粒径の細かなものは (6) 式との適合性はよいが、粒径が粗くなるとその適合性に問題がある。これは限界堆積流速での実験のため粗粒径の場合には閉塞が生じ易い微妙な問題を含んでいることに起因しているものと思われる。

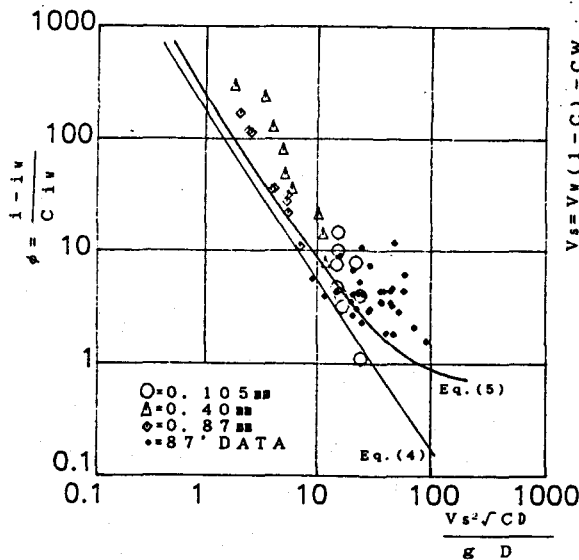


図-1 Eq. (4) Eq. (5) と実験値の比較

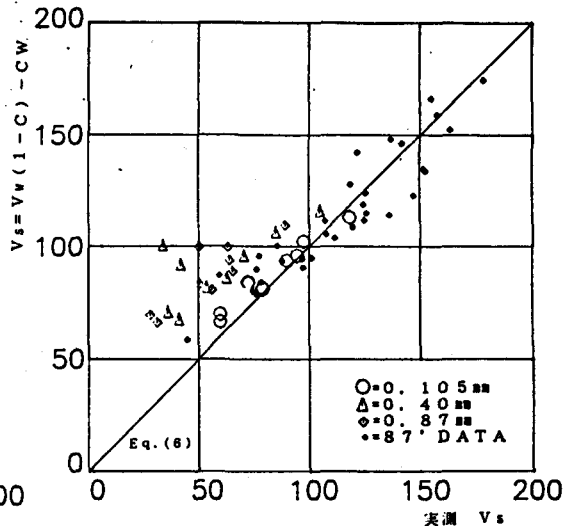


図-2 Eq. (6) と実験値の比較

4 : 結 語 以上のように実験値より濃度を規定する式としては (5) 式が、また粒砂を含む管内流速を規定する式としては (6) 式がほぼ使用できる。これらの式を用いることによりサイフォン式土砂排除法の管路の設計を行うことが可能となる。

《参考文献》

- 1) 寺田賢秋: ダムの排砂に関する研究, 卒業論文 (1987)
- 2) Condolios, E. and Chapus, E. E: Chem. Eng. June-July (1963)
- 3) Robinson, M. and Yucel, O. : Proc. ASCE, March (1971)
- 4) Durand, R: Proc. Minnesota International Hydraulic convention, I. A. H. R. pp89~103 (1953)
- 5) Hisamitu, N., Shouji, Y. and Kosugi, S. : Proc. Hydrotans. port 5, B. H. R. A. ppD3-29~50 (1978)