

サイフォンによる排砂機能に関する研究(1)

京都大学防災研究所 正員 芦田和男 江頭進治
農林省農業土木試験場 〇松本良男

1. まえがき

ダム堆砂により、ダムの機能障害など種々の問題が生じ、これらの問題に対処するための堆砂排除対策が重要な課題となっている。この対策の一つにサイフォンによる排砂法が考えられる。著者らはこの方法を取りあげ、本論においては吸水管によるスコアホールの形状特性に関する実験と、その理論的取り扱い方法を考察する。

2. 実験および実験結果の考察

吸い込み口近傍の模式図

式図を図-1に示す。

水槽は $1\text{m} \times 1\text{m} \times 0.8\text{m}$ の亚克力樹脂板で、水槽内には図-2に示すよう

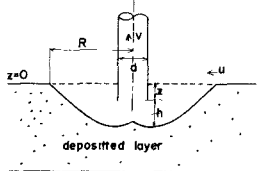


図-1 模式図

な実験砂を約10cm厚に敷いてある。吸水管として

$\phi 13\text{mm}$ の亚克力樹脂管、

$\phi 20\text{mm}$ の塩ビ管を用いた。

実験条件とその結果は表-2に

示す通りである。図-3は

Exp. 1~3におけるスコアホール最終断面である。吸い込み

口近傍の底面は、流量一定の条件下で、吸い込み

口の位置互にかかわらず

同一形状であり、最大洗

掘深、およびその位置も

ほぼ一定である。このことは、最終形状が底

面付近の流速によって支配されていることを

意味している。

3. 理論的取り扱い

吸い込み口近傍の流れは河床面粒子レベルの流れを除いて、流線の曲率半径が小さいか

ら運動方

表-1

程式の粘性項は無視し得る。したがって、この近傍の流れをポテンシャル流で近似し、後述のよう

d (mm)	v (cm/s)	Exp. No	z (cm)	h (cm)	R (cm)
13	128.0	1	0	1.06	2.93
		2	-1.0	1.08	4.35
		3	-2.0	0.98	5.60
	112.8	4	0	0.91	2.60
		5	-1.0	0.77	3.50
		6	-2.0	0.89	5.50
	92.6	7	0	0.83	2.60
		8	-1.0	0.87	3.55
		9	-2.0	0.89	5.20
20	144.8	10	0	1.55	3.65
		11	-2.0	1.65	7.00
	49.6	12	0	0.69	2.55
		13	-2.0	0.77	5.55

に粒子レベルでは粘性効果の卓越する粘性底層を考え、両者の流れを接続させて流体力と粒子抵抗のつり合い条件により、最大洗掘深および最終形状に関する考察を行なう。

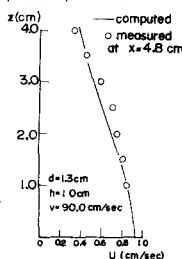


図-4

図-4は底面が水平な場合に、流れをポテンシャル流とした計算流速値と水素気泡法による流速実測値の比較である。この結果は前述の推論が妥当なものであることを示している。スコアホール内のポテンシャル流底面流速が、スコアホール最大洗掘深 R の値を等し

くおいた水平底面上の流速によって近似すると、 R/d をパラメーターと

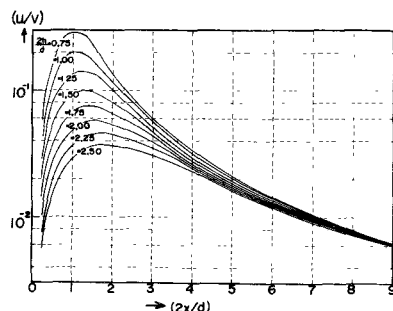


図-5 ポテンシャル流の底面流速値

した管軸からの距離 x と、その位置での底面流速 $(u_b)_x$ との関係は図5のようになる。また最大洗掘深を支配する

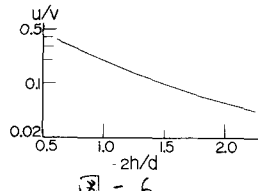


図-6

$(u_b)_{xc}$ と x との関係は図-6のようになっている。さて、砂粒レベルの流速を u_{bo} とすれば、砂粒移動限界のつり合い条件は揚力の項を無視して

$$u_{bo}^2 = \frac{1}{C_D} \cdot \frac{4}{3} (\sigma/\rho - 1) \tan \varphi g d_s \quad (1)$$

となる。ここに ε ; L_{∞} への係数, C_D ; 球の抵抗係数, d_s ; 代表砂粒径, である。いま、流れが近似的にポテンシャル流となる接続面の底面からの高さを δ' とする。ここで、 δ' が底面の摩擦速度 u_* と、動粘性係数 ν によって規定されると考え

$$u_* \delta' / \nu = K \quad (2)$$

であらわされるものとし、 $z \leq \delta'$ で流速分布が線形であると仮定すれば、摩擦応力は

$$\tau = \mu du/dz = \mu u_b / \delta' = \rho u_*^2 \quad (3)$$

$$(2), (3) \text{ から } u_b = K^2 \nu / \delta' \quad (4)$$

砂粒レベルの流速は(4)式から

$$u_{bo} = u_b \cdot \frac{d_s}{\delta'} = \frac{1}{K^2} \cdot \left(\frac{u_b d_s}{\nu} \right) \cdot u_b \quad (5)$$

また、ストークスによる抵抗係数 $C_D = 24/Re$ の用いられる Re 数の小さな範囲で(1)式を書き換えると u_{bo} は C_D にかかわらず

$$u_{bo} = \frac{1}{24\varepsilon} \cdot \frac{d_s}{\nu} \cdot \frac{4}{3} (\sigma/\rho - 1) \tan \varphi g d_s \quad (6)$$

となる。(6)式を(5)式代入すると

$$u_b^2 = \frac{K^2}{24\varepsilon} \cdot \frac{4}{3} (\sigma/\rho - 1) \tan \varphi g d_s \quad (7)$$

となる。(6), (7)式の適用範囲でスコアホールの断面形状は、最大洗掘深位置で分配 ϕ とし、距離 x に与える分配を $\tan \varphi'$ とすれば(1), (6)式から簡単に

$$\left\{ \frac{(u_{bo})_x}{(u_{bo})_{xc}} \right\} = \left\{ \frac{(u_b)_x}{(u_b)_{xc}} \right\}^2 = \frac{\sin(\varphi - \varphi')}{\sin \varphi} \quad (8)$$

となる。

ここで、実験結果から得られた x を用いて図6から $(u_b)_{xc}$ を求めてみると、

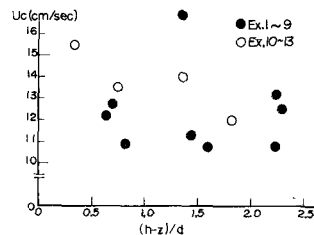


図-7 限界流速実験値

図-7のようになる。この値がポテンシャル流れの底面の限界流速と考えられるから、この平均値として $(u_b)_{xc} = 12 \text{ cm/sec}$ を用い、また K の値として岩垣の限界掃流力理論に用いられた粘性底層の厚さ δ の無次元表示値に等しく $K = u_{bo} \delta / \nu = 6.83$ とし、実験条件から $\nu = 0.014 (8^\circ\text{C})$, $\tan \varphi = 0.72$, $\sigma = 2.6$, また代表砂粒径として $d_s = d_{40} = 0.230 \text{ mm}$ を用いれば、(5)式から $u_{bo} = 3.58 \text{ cm/sec}$, $u_{bo} d_s / \nu = 5.9$, この値を(1)式に代入すれば式中の球の抵抗係数 $C_D = 6.0$ で、 $\varepsilon = 0.45$ となり従来の理論における砂粒が時々動く状態の L_{∞} への係数に一致する。

4. おすび

ポテンシャル流が支配時である流れの場合で、砂粒レベルでは粘性効果を考え、ポテンシャル流との接続面を与える流速分布を導入することにより、スコアホールの最大洗掘深および最終形状に與する理論的取り扱いを述べ、実験結果との比較検討によりほぼ妥当な結果が得られた。ここでは、スコアホールの形状変化が流速分布に与える影響を無視した手法を用いたが厳密には、この影響を考慮しなければならない。さらに、広い粒径範囲の実験検証も必要である。

参考文献 1) 岩垣, 限界掃流力に關する基礎的研究, 工会論, 1956, P. 5