

II-65

鉛直もぐり噴流による最大洗掘深の時間的变化

西日本工業大学 正 石川 誠
西日本工業大学 正 赤司 信義
山口大学工学部 正 斎藤 隆

1. はじめに

鉛直もぐり噴流による洗掘現象について、著者らはこれまでに、洗掘機構の違いから洗掘過程を初期、中期、後期の三期に分けて、洗掘機構を数値的に検討してきた¹⁾。又、この解析モデルに砂堆頂下流斜面が安息角勾配の斜面を形成することなどの形状特性を導入して、漸進的に出現する最終洗掘状態を求めた²⁾。

本文は、最終洗掘状態へと続く後期洗掘での砂移動モデルを基に、最大洗掘深の時間的变化の関数形を定め、これまでに得られた実験結果をまとめて、最大洗掘深の時間的变化予測式を示そうとするものである。

2. 解析モデルによる時間的变化について

洗掘穴からのふき上げ流れによる拡散モデルの概略を図-1に示す。ふき上げ点は同図中のA点であり、+ΔT時刻の洗掘深の時間的变化率が0になる点である。洗掘穴からの掃流砂量はこの点を原点として、図-1中に示すS軸に沿ってふき上げられるとするものである。ふき上げ地点の流速砂量を q_j 、断面Sを通過する砂量 q_s として、 q_s/q_j を次の拡散方程式を基にして(2)式を求めた。

$$\frac{\partial}{\partial S} \left\{ C \cdot (U - u_0 \sin \theta) \right\} = \varepsilon \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + u_0 \cos \theta \frac{\partial C}{\partial y} \quad (1)$$

$$\frac{q_s}{q_j} = \sum_{n=0}^{\infty} \exp(F_s - F_j) \cdot C_n' \frac{u_0 h' \cos \theta}{\varepsilon} \bigg/ \frac{k^2 h'^2}{\varepsilon}$$

$$\begin{aligned} F_s = h' \left| \frac{U}{u_0} - \frac{u_0 \sin \theta}{u_0} \right| - \frac{1.6}{\alpha} \cdot \frac{k^2 h'}{u_0} \cdot \left(\frac{U_j}{u_0} \right)^2 \\ \cdot \left\{ - \left(\frac{u_0}{u_0 \sin \theta} \right)^3 h' \frac{U}{u_0} - \left(\frac{u_0}{u_0 \sin \theta} \right)^2 \frac{u_0}{U} \right. \\ \left. + \frac{1}{2} \frac{u_0}{u_0 \sin \theta} \left(\frac{u_0}{U} \right)^2 \right. \\ \left. + \left(\frac{u_0}{u_0 \sin \theta} \right)^3 \left| \frac{U}{u_0} - \frac{u_0 \sin \theta}{u_0} \right| \right\} \quad (2) \end{aligned}$$

さて、後期洗掘深は砂堆頂を越える砂量に規定されることと、ΔT時間での洗掘深の変化量は場所的に大

きな変化はないことを考慮すれば洗掘深の時間的变化率は次式で表わされる。

$$\frac{\Delta \zeta_0}{\Delta T} = \frac{1}{1-\lambda} \cdot \left(\frac{S g \alpha}{u_0^2} \right)^{1/5} \cdot \frac{d}{B_0} \cdot \frac{\Phi_j}{\Phi_j} \cdot \frac{\Phi_p}{\xi_p} \quad (3)$$

Φ_p は砂堆頂を通過する無次元掃流砂量で、 Φ_j はふき上げ点の無次元掃流砂量、 $\xi_p = L_p/B_0$ 、 $\Delta \zeta_0 = \Delta D/B_0$ である。 ξ_p は ζ_0 に比例し、ほぼ $\xi_p = (2 \sim 5) \zeta_0$ で表わされる。又 Φ_j は

$$\Phi_j \propto \left(\frac{u_0^2}{S g \alpha} \right) \cdot \left(\frac{U^*}{u_m} \right)^2 \cdot \left(\frac{u_m}{u_0} \right)^2 \quad (4)$$

と示され、 U^*/u_m は砂粒径 d/B_0 に關係する。

衝突噴流の最大流速の変化はこれまでに次式で示され

$$\frac{u_m}{u_0} = \frac{U_j}{u_0} \cdot \frac{u_m}{U_j}, \quad \frac{U_j}{u_0} = \sqrt{7.2 / \left(\frac{h}{B_0} + 3.2 \right)} \quad (5)$$

た。 u_m/U_j は洗掘穴付近ではほぼ1であり、砂堆部付近では次式で示される。 α はほぼ1である。

$$\frac{u_m}{U_j} = \sqrt{0.9 / (\alpha \frac{S}{h} + 0.4)} \quad (6)$$

砂堆頂までの流速距離 S は ξ_p に比例する。 h/B_0 が ζ_0 と同程度であれば砂堆頂付近の u_m/u_0 は

$$u_m/u_0 \propto (h/B_0 + \zeta_0)^{-1/2} \quad (7)$$

となるから、 Φ_j は $(h/B_0 + \zeta_0)^{-1/5}$ にほぼ比例する。

Φ_p/Φ_j は $\exp(F_p - F_j)$ に比例し、 F_p, F_j は(2)式の中括弧の第2, 3項より大略的に、

$$F_p, F_j \propto \left(\frac{h}{B_0} + \zeta_0 \right)^{1/2} + \left(\frac{h}{B_0} + \zeta_0 \right) \quad (8)$$

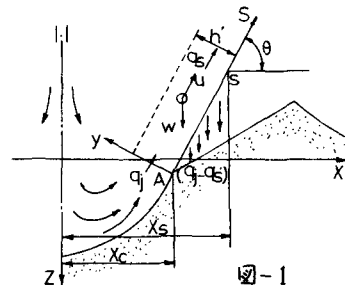


図-1

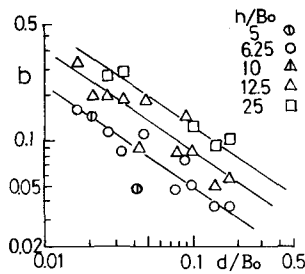


図-2

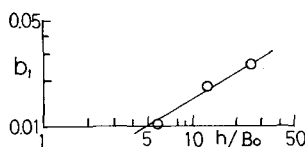


図-3

と考えられる。

b_0 の変化が小さいとき Φ_0/Φ は b_0^n に比例させた形で近似できる。このとき、 $d b_0/d\tau$ の b_0^n となるから次式の形で最大洗掘深の時間的変化をとらえることができる。

$$b_0 = a\tau^b \quad \text{----- (9)}$$

係数 a , b は U_0^2/sgd , d/B_0 , h/B_0 によって表わされる関数となる。

3. 後期最大洗掘深の時間的変化

最大洗掘深の時間的変化は、文献2に示すように、(9)式の形で表わされることが分かる。時間的変化率は、 h/B_0 , d/B_0 が同じ場合、 U_0^2/sgd が変化しても変わらないことが認められる。時間的変化率 b を各実験結果より読み取って描点したものが図-2である。これらをまとめると次式が得られる。

$$b = b_1 \left(\frac{d}{B_0} \right)^{-0.68}, \quad b_1 = 0.004 \left(\frac{h}{B_0} \right)^{1.58} \quad \text{----- (10)}$$

又、 a の値を読み取って描点したものが図-4であり、実験式として示すため、図-4より図-5, 6を示した。これらの関係を示すと次式となる。

$$a = a_1 \left(\frac{U_0^2}{sgd} \right)^{0.5}, \quad a_1 = a_2 \left(\frac{d}{B_0} \right)^{0.3}$$

$$a_2 = 0.5 \left(\frac{h}{B_0} \right)^{0.9}, \quad a_3 = 0.29 \left(\frac{h}{B_0} \right)^{0.6} \quad \text{----- (11)}$$

4. おわりに

ここに示した最大洗掘深の時間的変化式を先に示し

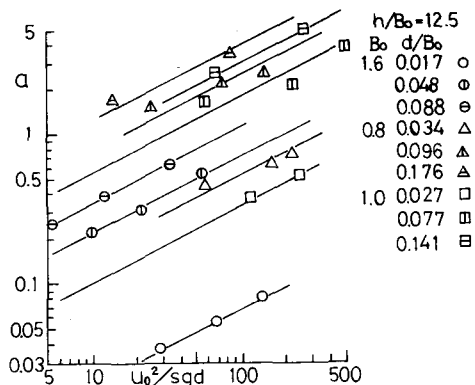


図-4

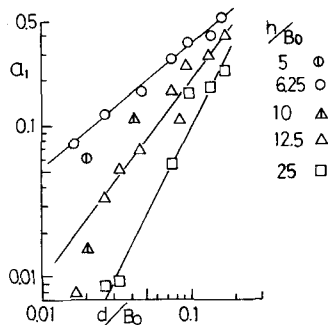


図-5

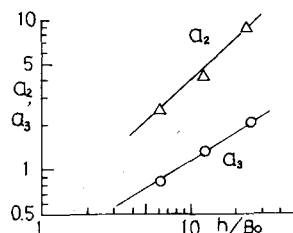


図-6

た、²⁾最終洗掘深予測結果に導入することで、漸近的に出現する最終洗掘状態への到達時間を評価することが可能となった。

参考文献

- 1) 鉛直噴流による洗掘に関する研究、土木学会論文集 Vol. 298, 1980
- 2) 鉛直もぐり噴流による最大洗掘深について、58年度西部支部研究発表概要集
- 3) 衝突及び再接触噴流による壁面噴流、山口大学工学部研究報告 28巻1号 1977