

## (65) 砂防ダム下流部における洗掘現象について(Ⅳ)

三重大農 O林 拙郎 山崎 武男 林 雄治

### 1. はじめに

ここでは、砂防ダム水叩部の洗掘現象における最大洗掘深と洗掘長に関する公式化について報告する。なお、砂礫に関しては均一粒径を前提としている。

著者は以前、洗掘底面の境界層の方程式から底面上での最大剪断力  $t_{b\max}$  を求め、これと底面砂礫との釣合から、釣合点での傾斜角  $\theta_b$  を  $\theta_b \approx 0$  として、次式のような最大洗掘深の理論式を求めた。

$$\frac{h}{d \sin \theta} = \left[ \frac{1}{(S_0 - 1)\mu} \left( \frac{8V_{00}}{gd^2} \right) \left( \frac{D}{d} \right)^{\alpha} \right]^{\beta} = C \varphi^{\beta} \left( \frac{D}{d} \right)^{\alpha \beta}, \quad \varphi = \frac{1}{(S_0 - 1)\mu} \left( \frac{8V_{00}}{gd^2} \right) \quad (1)$$

$$h = T + h_d, \quad \alpha = 2p - 1, \quad \beta = 1/(2p+1), \quad \gamma = 2n/(1+2n)$$

ここに、 $T$ : 最大洗掘深、 $h_d$ : ナップ貫入位置での副ダム天端面から上部の水深、 $d$ : 砂礫の平均粒径、 $\theta$ : 水脈の水タッショソへの進入角、 $S_0$ : 砂礫の比重、 $\mu$ : 砂礫の水中での静止摩擦角、 $g$ : 単位幅流量、 $V_{00}$ : 水脈の貫入速度、 $g$ : 重力加速度、 $D$ : ナップ厚、 $\alpha, p, \beta, \gamma, C$ : 定数である。やは、洗掘底面における主流流速の最大値  $U_{0\max}$ 、すなわち  $U_{0\max}/V_{00} = k_0 (D \sin \theta / h)^p$  に関するベキ係数であり、既に  $p = 3/4$  が得られている。

### 2. 最大洗掘深に関する洗掘パラメータの係数

ナップ形成装置を用いた洗掘実験データより、(1)式の係数  $\alpha, \beta, C$  を求めるには、次のように変形する。

$$\frac{h}{d \sin \theta} = \varphi \left[ \frac{1}{(S_0 - 1)\mu} \left( \frac{8V_{00}}{gd^2} \right) \right]^{\beta} = \varphi \varphi^{\beta} \quad (2), \quad \varphi = C \left( \frac{D}{d} \right)^{\alpha \beta} \quad (3)$$

ナップ厚  $D$  を人工的に制御して行った実験結果より、図-1のようなデータが得られる。この図より、 $D/d \geq 1$  に無関係に  $\beta = 1/2$  が求められる。前回までは、 $D/d < 1$  のとき  $\alpha = 1/2$  となることがはっきりしていなかったが、ここで確定したことになる。

(2)式で  $\beta = 1/2$  としたときに得られる  $\varphi$  と  $D/d$  の関係を図-2 に示した。図-2 より、この場合も  $D/d \geq 1$  に無関係に  $\alpha \beta = 1/4$  となることがわかる。但し、 $D/d = 1$  のときの  $\varphi$  は、(3)式の  $C$  を表しているか、図から明らかのように  $C$  は、 $D/d \geq 1$  によって異なっている。しかし、粒径  $d$  が小さくなるほど  $D/d < 1$  のデータは、 $D/d \geq 1$  のときの  $C (= 4.2)$  に接近するようである。したがって安全のために、 $D/d < 1$  の場合に対して、洗掘深として最大の値を採用することにすれば、このときの  $C$  も  $C = 4.2$  となる。

ベキ係数  $\alpha$  については、 $\beta = 1/2, \alpha \beta = 1/4$  より、 $\alpha = 1/2$  を得る。又、底面境界層に関する因子  $p, \gamma, n$  は(1)式の関係式より、 $p = 3/4, \gamma = 1/2, n = 1/2$  となる。 $\gamma$  の値は、すでに底面主流流速の測定結果より同じ値が得られており、理論的な関係式に一致することになる。又の値も、相対水深の小さい粗面乱流の流れに対しては、 $n = 1/2$  が山口・本田によつ

て与えられており、間接的ではあるが、 $\alpha$ の値に対しても妥当性が示されたことになる。以上より、最大洗掘深に関する(1)式の係数として  $\alpha = \beta = 1/2$ ,  $C = 4.2$  が、 $D/d \geq 1$  に関係なく決定されることになる。

## 2. 洗掘長

主ダム壁面から最大洗掘深までの距離を  $X_T$ 、最大洗掘深を  $T_{max}$  として、洗掘深  $T$  と、 $X - X_T$  を  $T_{max}$  で無次元化して示すと図-3 のようになる。他の実験においても、このような方法による洗掘形状は似た形を示す。もちろん細かく見れば、図-3 でもみられるように、洗掘形状は水理量によって変化しているのであり、完全な相似形ではない。そこで、ここでは、概略相似形とみなすことにするが、細かなところに水理量の因子を考慮することにする。

洗掘長を求めるにあたっては、洗掘頂部  $X_T$  までの長さを三つの区间に分けて、次のように表した。

$$\text{洗掘長} = L_p + h \cot \theta + (X_T - X_T) \quad (4)$$

ここに、 $L_p$ ：ナップの飛距離であり、又、 $L_p$ ,  $h$ ,  $\theta$  等は計算によって求められるので、残った項は  $(X_T - X_T)$  である。今仮に、 $(X_T - X_T) \propto h$  であるとする、これは(1)式の関係を用いて、次式のようになる。

$$\frac{X_T - X_T}{d \sin \theta} \propto C \varphi^\beta \left(\frac{D}{d}\right)^{\alpha \beta}$$

ここで、上式の  $C, \alpha, \beta$  を新しく置き直すと

$$\frac{X_T - X_T}{d \sin \theta} = C \varphi^\beta \left(\frac{D}{d}\right)^{\alpha \beta} \quad (5)$$

のようになる。ここで、 $\beta$  は洗掘深のときと同じ値 ( $\beta = 1/2$ ) が期待される。

$\alpha, \beta$  の詳細と実測値については、講演時に述べることにする。

### 参考文献

- 1) 林忠郎：新砂防117
- 2) 山口伊佐夫：治山設計
- 3) 山口・本田：新砂防87

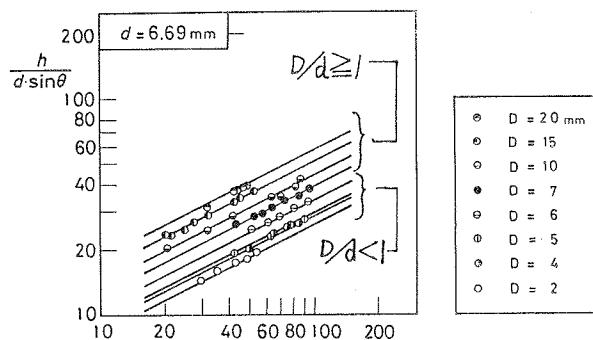


図-1

$$\frac{1}{(\sigma/\rho - 1) \mu} \left( \frac{q V_{00}}{g d^2} \right)$$

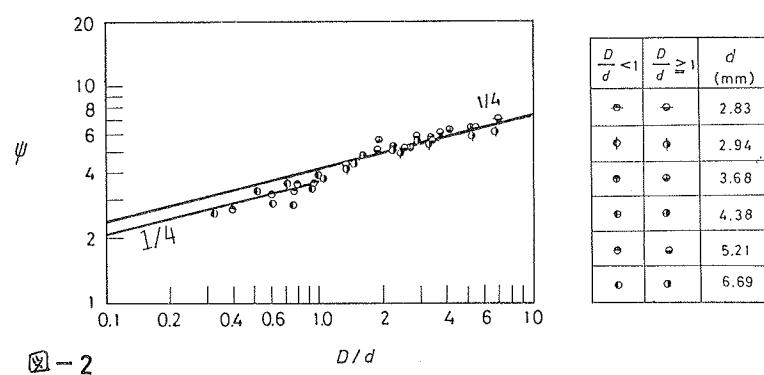


図-2

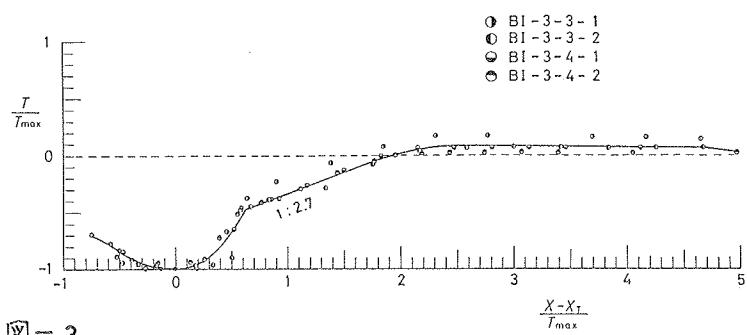


図-3