

## I-14 水制工に関する研究(予報)

日本大学理工学部 正員 栗津 清蔵  
高知工業高等学校 正員 宮田 隆弘  
日本大学理工学部 正員 近藤 勉

### §1. 理論的考察

単一不透過水制の周りの局部的洗掘の支配的因子は、水平固定床の水制近くの流況より次の式で示されることを示した<sup>(1)</sup>。

$$F(N_{ay}, \tau_{ay}/\tau_c, 1-\frac{b}{B}, \tau_c, F_{ay})=0 \quad (1)$$

添字 $ay$ のあるものは、水制設置以前の設置断面に関する水理量である。

$N_{ay}$ :粗度を示す無次元量 $\tau_{ay}/\tau_c$ ,  $\tau_{ay}$ :掃流力,  $\tau_c$ :移動床の限界掃流力,  $1-\frac{b}{B}$ :水制による水路幅の縮小率,  $\tau_c$ :移動床のフクレ上りの限界動水コウ配,  $F_{ay}$ :フルード数 $U_{ay}/\sqrt{gR_{ay}}$ .

不等流下の掃流力は乱流で、圧力、流速分布が等流時と相似であると次のように示される<sup>(2)</sup>

$$\tau = f \rho \frac{v^2}{2}, \quad f = \frac{2g}{C^2} \quad (2)$$

Chézyの係数にManningの式を用いると $C = R^{1/6}/n$ で示されるから $\tau_{ay}$ は

$$\frac{\tau_{ay}}{w \cdot R_{ay}} = \frac{w \tau_c U_{ay}^2 \cdot g R_{ay}}{w R_{ay} R_{ay}^2 \cdot g R_{ay}} = N_{ay} \cdot F_{ay}^2 \quad (3)$$

$n$ は砂粒の平均径が $1 \sim 10 \text{ mm}$ では約 $1/1$ で殆んど変りないから<sup>(3)</sup>、近似的に常数とみなされ、さらに(3)式を加味すると(1)式は次の式に近似される  $F(\tau_{ay}/\tau_c, 1-\frac{b}{B})=0$  (4)

洗掘量として図-1の $h_b$ ,  $X_u$ ,  $X_d$ を取り水深 $h_{ay}$ との無次元洗掘量は次のように示される  $\frac{h_b}{h_{ay}}, \frac{X_u}{h_{ay}}, \frac{X_d}{h_{ay}} = F_1\left(\frac{\tau_{ay}}{\tau_c}, 1-\frac{b}{B}\right)$  (5)

洗掘の発生しない最大の $\tau_{ay}$ , または洗掘の発生する最小の $\tau_{ay}$ と $\tau_{ay*}$ (水制設置に伴う限界掃流力)とする、従って $\tau_{ay} = \tau_{ay*}$ のときには洗掘量は零であるから(5)式は(6)式となる。

$$F\left(\tau_{ay*}/\tau_c, 1-\frac{b}{B}\right)=0 \quad (6)$$

すなわち水制の周りの洗掘発生限界時の現象は(6)式によって示されることが推論された、なお $(1-\frac{b}{B})=0$ のとき $\tau_{ay*}/\tau_c=1.0$ で一般に $(1-\frac{b}{B})$ が増加すると $\tau_{ay*}/\tau_c$ は減少するが $\tau_{ay*}/\tau_c > 0$ ,  $(1-\frac{b}{B}) \rightarrow 1.0$ と $\tau_{ay*}/\tau_c \rightarrow 0$ するものと推論される。

$$(6)式より \tau_{ay*}/\tau_c = f\left(1-\frac{b}{B}\right) \quad (7)$$

次に(7)式の性質を用いて、新しい無次元変数 $\tau_{ay}/\tau_{ay*}$ を考える

$$\frac{\tau_{ay}}{\tau_{ay*}} = \left(\frac{\tau_{ay}}{\tau_c}\right) \cdot \left(\frac{\tau_c}{\tau_{ay*}}\right) = F\left(\frac{\tau_{ay}}{\tau_c}, 1-\frac{b}{B}\right) \quad (8)$$

(5)と(8)式より近似的に次の関係が導かれる

$$\frac{h_b}{h_{ay}}, \frac{X_u}{h_{ay}}, \frac{X_d}{h_{ay}} = F\left(\frac{\tau_{ay}}{\tau_{ay*}}\right) \quad (9)$$

以上の推論によって近似的ではあるが、水制工の洗掘現象は、定性的に(6), (9)式によって表示されるものと考えられる。

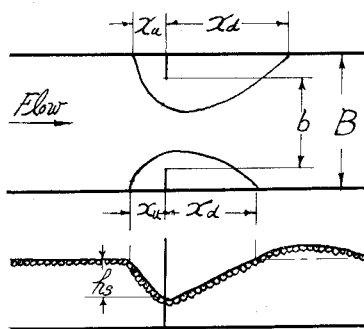


図-1.

### §2 実験とその結果

両面ガラス張り、一部分ガラス張りのそれぞれ幅 $20 \text{ cm}$ , 高さ $45 \text{ cm}$ の長方形断面、長さ $7.35 \text{ m}$ , 下流端に $1/10 \text{ mm}$ の微動装置のあ

る引揚扉のある水路を使用，水制は一分板がラス，移動床は $A_1$  1.19~2.38mm,  $B_2$  2.38~4.76mm の二つを単独に，15cm厚に敷きならして実験を行なった。

#### i) $\tau_{cg}^*$ について

流量 2.5~10.2 l/sec,  $1-\frac{b}{B}$  を 0.0 (注の実測用), 0.1, 0.2, 0.3 の組合せによる 22 個の実験を行なった，各実験において引揚扉を余々に開いて，水制の周りの移動床の一層程度の砂が移動するけれども，すぐ安定する状態を測定した，測定は定流下で行なう必要があるので，扉の操作は微動装置によって動かし一旦停止する作業を繰返し洗掘限界を求めた。

実験値を(6)式に従ってプロットして，図-2が得られた，相当にバラズキが目立つが現象の性質上ある程度許容されるものと思はれる，実験式化すると

$$\frac{\tau_{cg}^*}{\tau_c} = \frac{1-(1-\frac{b}{B})}{1+6.75(1-\frac{b}{B})} \quad (10)$$

#### ii) 洗掘量について

流量は 2.00~12.6 l/sec,  $(1-\frac{b}{B})$  は 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35 ただしバーのあるものは検証の意味を含めた実験である，これらの組合せによる 40 個の実験を行なった，洗掘量は移動床が安定した状態下での量で，実験条件によって安定するに要する時間  $T$  は違うけれども，この実験では  $T$  は 300~960 min の範囲にある，実験値を(9)式に従ってプロットすると(図-3~5)が得られる，相当のバラズキが目立つが，洗掘が非対称であること，右の差が  $Z_L$  に大きく影響することに注目すると許容さ

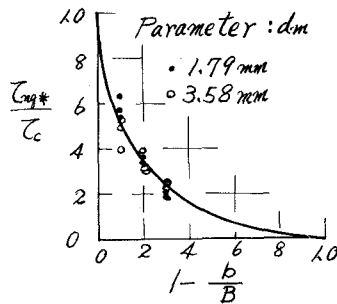


図-2

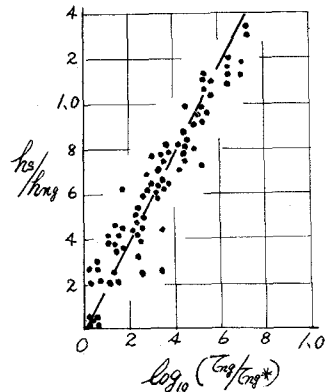


図-3

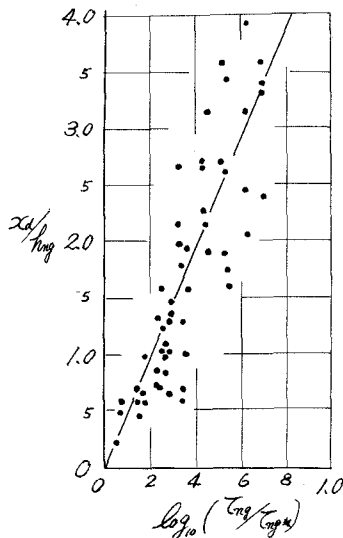


図-5

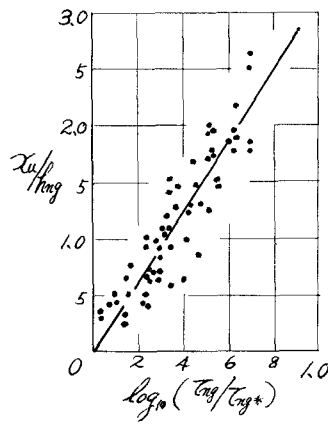


図-4

れるものと思はれる，実験式を導くと次の結果が得られた。

$$\frac{h_s}{h_{sg}} = 1.97 \log_{10} \left( \frac{\tau_{cg}}{\tau_{cg}^*} \right) \quad (11)$$

$$\frac{Z_L}{h_{sg}} = 3.12 \log_{10} \left( \frac{\tau_{cg}}{\tau_{cg}^*} \right) \quad (12)$$

$$\frac{Z_L}{h_{sg}} = 4.93 \log_{10} \left( \frac{\tau_{cg}}{\tau_{cg}^*} \right) \quad (13)$$

以上の事項をもつて結論とする，なおこの研究は文部省科学試験研究費補助金を受けた研究の分担研究の一部である。

#### 引用文献

- (1) 栗津：水制工に関する研究(中一報) 林学雑誌 17 回年次講演会
- (2) 栗津：掃流力の再確認 林学雑誌 18 回年次講演会
- (3) 栗津：河床物質の二重の性質とその応用 林学雑誌 36 号