

## II-122 急 拡 水 路 の 潜 り 跳 水 に つ い て (2)

日大理工 正 栗津清蔵

日大理工 正 O 大津岩夫

前報<sup>(1)</sup>では 急拡水路の潜り跳水の流況、水深間の関係、エネルギー損失について検討した。今回は、表面渦の大きさ、内部の流速特性、副ダム設置や河床掘削による潜り跳水の安定化について検討を加えた。

潜り跳水の長さ 前報(4)式に依り資料を整理し、実験式(1)を得た。

$$\log_{10}(L_{sj}/H_L) = -1.71(H_L/H_0) - 0.32R + 1.90 \quad (1)$$

$$0.25 \leq R \leq 1 \quad X_3 \leq 15 \quad 1.3 \leq F_0 \leq 8.2$$

$R=1$  の場合、文献(2)の(3)式と一致する。

最大流速と底流速の減衰状況 水路中央面に沿った鉛直流速分布  $\bar{u}$  の測定値より 最大流速  $U_m$  の減衰は図-1、底流速  $U_b$  ( $y=1.5\text{mm}$ ) の減衰は図-2 のように示される。これより、 $U_m, U_b$  は  $L_{sj}$  内で表面渦により急速に減衰し、 $L_{sj}$  の定義は妥当であることが示された。

流速分布  $\bar{u}/U_m = f(y/Y)$  に依り資料を整理すると  $U_m \propto 1/\sqrt{x}$ ,  $Y \propto x$  を満足する  $x$  の範囲で(各点  $(x, y, z)$  での  $\bar{u}$  の測定結果より、この範囲では  $y$  方向の混合が支配的で、流れが二次元的である(図4)、各  $F_0, X_3$  に対する実験値は図-5 のように  $x$  に無関係に同様な分布を示し、 $R=1$  の場合の近似的に相似な実験曲線(実線)とほぼ一致する。この領域の外では三次元的である。図-6 に各断面における  $\bar{u}=0$  の位置を示し、図-7 に circular jet の流速分布曲線との比較を示した。

副ダム設置や河床掘削による潜り跳水の安定化 下流水位が安定した潜り跳水(偏向や散散しない流況)を確保するための水位よりも低い場合は、水叩下流に副ダムを設けたり、あるいは河床掘削により水叩の標高を低下させることによって 安定な潜り跳水を起こすことが考えられる。

副ダム  $\alpha_4 = \alpha_5 = 1$ , 副ダム上で限流水深  $h_c = (F_0 R)^{3/2} h_0$  が生ずる、エネルギー損失は無視する、と仮定して II-V 断面間にベルヌーイの定理を適用すると(2)式が得られる。

$$W/h_0 = X_4 \left\{ 1 + \frac{1}{2} (F_0^2 R^2 / X_4^3) \right\} - \frac{3}{2} (F_0 R)^{3/2} \quad (2)$$

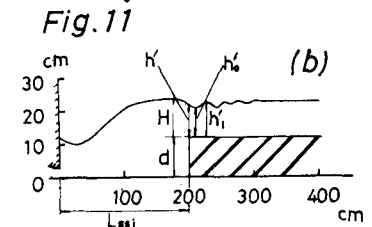
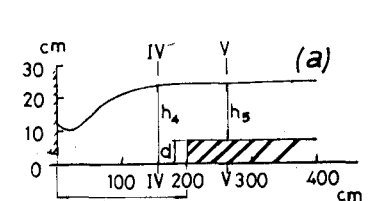
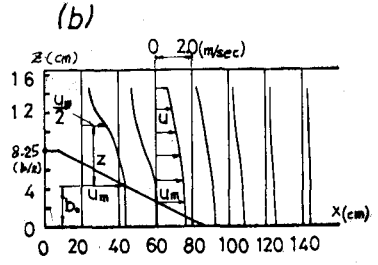
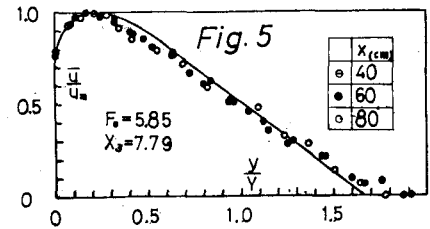
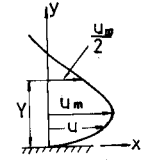
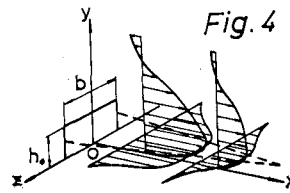
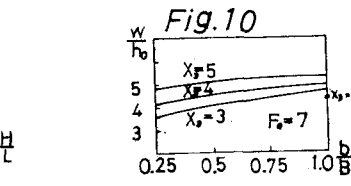
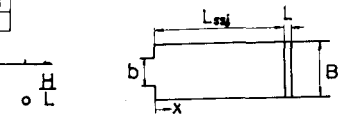
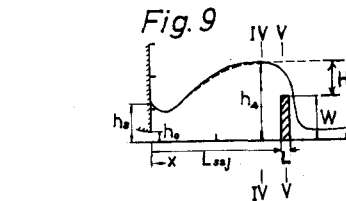
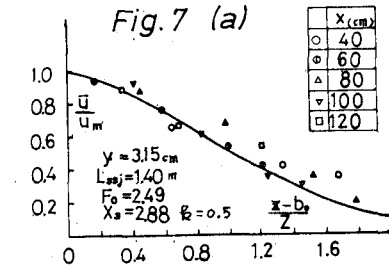
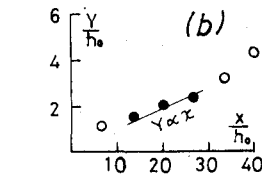
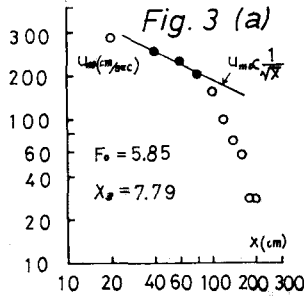
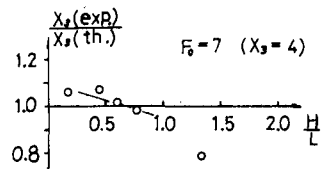
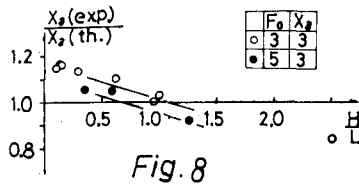
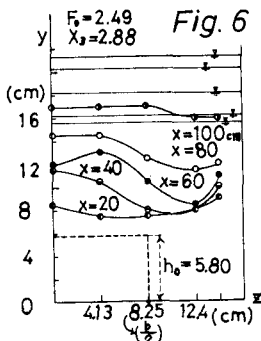
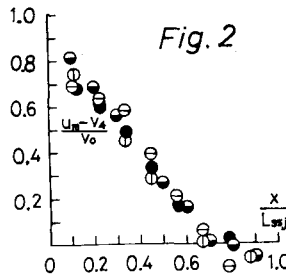
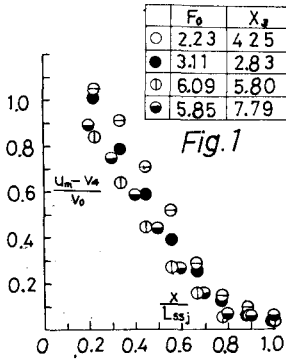
(2)式と前報(1)式より、 $R, F_0, X_3$  を与えると 副ダム高  $W/h_0$  が求まる。実験( $R=0.5, h_0=3\text{cm}$ , 形状は長方形)によると、 $X = L_{sj}$  の位置に副ダムを設置した場合、 $F_0$  が 3 と 5 のとき  $X_3 \geq 3$ ,  $F_0$  が 7 のとき  $X_3 \geq 3 \sim 4$  で安定な潜り跳水となる。 $F_0$  が 3 と 5 のとき  $X_3 = 3$ ,  $F_0$  が 7 のとき  $X_3 = 4$  となるような副ダム高  $W$  (この  $W$  が安定な潜り跳水を得るための最小高さであり、このとき前報(1),(2)式より  $H/H_0$  は最大値に近い値となる)を計算によって求め、実験値と比較した(図-8)。水面形状を図-9 に示す。なお、 $R$  が 1 に近づくほど減勢池の深さ  $X_4$  が必要となり、定常跳水の範囲では  $R$  が小になると  $W/h_0$  は幾分低くなる(図-10)。

河床掘削 実験( $R=0.5, F_0=7, X_3=4$ , 段は  $X=L_{sj}$  の位置)によると、この場合は、下流水位の影響が敏感に効いてくるので、副ダムの場合よりも減勢池内の水位変動が大きい。前報(1)式を実験値は満足している。II-V 断面間の水深は、 $h_5/h_c > 1.85 \sim 1.9$  では、実験的に  $h_4 = d + h_5 \cdots (3)$  となり(図-11(a)), 与えられた  $F_0, X_3$  に対する  $h_4$  を前報(1)式より求めると、与えられた下流水位  $h_5$  に対する掘削高  $d$  が(3)式により求まる。 $1.4 < h_5/h_c < 1.85$  では、図-11(b) のように段の下流で現状水面となり、オー波の波形は Serre の広頂堰上の流れの理論<sup>(3)</sup>と一致している。<sup>(4)</sup>すなわち、鉛直加速度を考慮し、完全流体、 $\bar{u} = Q/BH$  と仮定して導かれた(4)式によって水面が表わされ、 $H, Q, B$  を与えると、 $h'$  は(4.1)式より求まり、 $h'_0, h'_1$  は(4)式において  $dh/dx = 0$  とおいて得られる三次方程式の大きい方の根( $h'_1 > h' > h'_0$ )である。また、波長  $\lambda$  も求まる。

$$(Q^2/6gB^2)(d^2h/dx^2) = Hh'^2 - h'^3/2 + Q^2/2gB^2 - Mh \quad (4)$$

$$H = h' + Q^2/2gB^2h'^2 \quad (4.1) \quad M = H^2/2 + (Q^2/6gB^2H)(11 - 3h'/H) \quad (4.2)$$

$$\lambda = \left[ 2\pi Q/B \sqrt{3g \left( \frac{h'_1 + h'_0}{2} - Q^2/3gB^2h'_0 h'_1 \right)} \right] \left( 1 + \frac{3}{16}K + \cdots \right), \quad K = (h'_1 - h'_0)/(h'_1 + h'_0 - 2Q^2/3gB^2h'_0 h'_1) \quad (4.3)$$



| Run | Q (m³/s) | H (cm) | h_0 (cm) |      | h_1 (cm) |      | h_2 (cm) |      |
|-----|----------|--------|----------|------|----------|------|----------|------|
|     |          |        | th.      | exp. | th.      | exp. | th.      | exp. |
| 1   | 0.0189   | 11.7   | 8.5      | 8.2  | 11.4     | 10.9 | 13.2     | 13.8 |
| 2   | 0.0188   | 12.5   | 10.7     | 10.2 | 11.7     | 11.6 | 11.3     | 11.6 |

B = 33 cm  
Re = 6.93 cm

Run 1 d = 12.3 cm  
Run 2 d = 11.8 cm

Table-1

(記号)  $L_{sj}$ : 著り跳水の長さ,  $R = b/B$ ,  $X_3 = h_0/h_0$ ,  $X_4 = h_4/h_0$ ,  $v_0 = Q/bh_0$ .  $\alpha$ : 運動エネルギー補正係数  
 $H_0 = h_3 + v_0^2/2g$ ,  $H_4 = h_4 + v_4^2/2g$ ,  $H_L = H_0 - H_4$ ,  $W$ : 副ダムの高さ,  $L$ : 副ダムの長さ,  $h$ : 水深  
 (文献) (1): 29回年誌 (2): 28回年誌 (跳水時の流速について) (3): F. Serre La Houille Blanche 1953, Dec.  
 (謝辞) 実験には、丸山勝久、伊沢直人、岡田仁 君の協力を得た。記して謝辞を表します。