

1. 狭窄部のタイプ.

長方形水路の狭窄部の選定に当って, i) 水路幅が連続的に変る, ii) 水面形が簡単に計算される等と考慮して図-1, (1)式で示されるものを選定した。

片側の形状

$$y = \frac{d}{2} (1 - \cos \frac{2\pi x}{\ell}), 0 \leq x \leq \ell \quad (1)$$

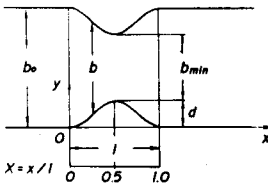


図-1

このタイプの狭窄部の特性は次のように述べられる

- a) $b_{min}/b_0 = K$ or $2d/b_0 = K_d$: 一種の収縮比
b) $2\pi d/\ell = K_d$: b 曲線の曲率変のこの配の大きさ

2. 狭窄部の選定に関する無次元基礎方程式.

Case A: 下りこう配の水路の場合.

次に定義される無次元水理量を用いる, たとえ h_0 , V_0 は狭窄部のないう流水の水理量.

$$H = h/h_0, B = b/b_0, V = V/V_0, X = x/\ell \quad (2)$$

i) 連続の式 $HBV = 1.0 \quad (3)$

ii) 運動の方程式

$$\frac{dH}{dX} = \left[N_0 F_0 \left\{ (2H+1)^{4/3} + \frac{(2H_0 H + B)^{4/3}}{(BH)^{1/3}} \right\} - \frac{\alpha F_0 H_0 K_d \sin 2\pi X}{B^3 H^2} \right] / H_0 \left(1 - \frac{\alpha F_0}{B^2 H^3} \right) \quad (4)$$

$$0 \leq X \leq 1.0$$

たとえ $N_0 = g\eta^2/\rho^2$, $F_0 = V_0/\sqrt{g h_0}$, $H_0 = h_0/b_0$, $H_2 = h_0/\ell$.

Case B: 水平水路の場合.

次に定義される無次元水理量を用いる, たとえ h_c , V_c は狭窄部のないう流水の限界水深, 限界流速を示す。

$$H = h/h_c, B = b/b_0, V = V/V_c, X = x/\ell \quad (5)$$

i) 連続の式 $HBV = 1.0 \quad (6)$

ii) 運動の方程式

$$\frac{dH}{dX} = - \left[\frac{H_0 K_d \sin 2\pi X}{B^3 H^2} + \frac{N_c (2H_0 H + B)^{4/3}}{\alpha (BH)^{1/3}} \right] / H_0 \left(1 - \frac{1}{B^2 H^3} \right) \quad (7)$$

たとえ, $H_0 = h_c/b_0$, $N_c = g\eta^2/\rho^2$, $H_2 = h_c/\ell$ 。一方

$$B = 1 - K_d \sin^2 \pi X \quad (8)$$

3. 局所流の性質.

局所流が本来どんな流れから生じたかを考える必要がある, 本来の流れを N.F. (normal flow: 狭窄部のないう場合の流れ) と呼ぶ, 局所流はこの N.F. と関連して考える必要がある。

i) 理論的推論.

Case A の場合: 相対水深は (4), (8) 式より次の関係が推論される。

$$H = F(N_0, F_0, H_0, H_2, K_d, X) \quad (9)$$

狭窄部中心の設置予定断面 $X=0.5$ の N.F. の相対水深 $H_n (= h_n/h_0)$ は

$$H_n = (F_0/F_n)^{2/3} \quad (10)$$

不変流の N.F. と考慮して, (9), (10) 式より次の関係が推論される。

$$H = F(N_0, F_0, F_n \text{ or } H_n, H_2/H_0, K_d, X) \quad (11)$$

Case B の場合: A の場合と同様に (9)~(11) 式に相当する式がそれぞれ (12)~(14) 式によって示される。

$$H = F(N_c, H_0, H_2, K_d, X) \quad (12)$$

$$H_n = (1/\sqrt{\alpha} F_n)^{2/3} \quad (13)$$

$$H = F(N_c, F_n \text{ or } H_n, H_2/H_0, K_d, X) \quad (14)$$

ii) 実験値による推論への検討.

次の実験条件のもとで得られた資料に基づいて検討する。

Experimental Conditions				
Experimentalist		SATŌ et al. [1]	OKAZUMI et al. [2]	IWASAKI et al. [3]
Channel	ℓ	1/500	0	0
	b_o (cm)	20	36.9	36.9
	L_e (cm)	600	2000	2000
Model	ℓ (cm)	100, 50, 40, 30	100	100, 150, 200
	d (cm)	1.5, 2.0	2, 4, 6	4, 6, 8
Discharge	$10^{-3} Q$ (m ³ /s)	1.04	2.09, 3.06, 3.59	1.26, 2.09, 2.81

Case A: (11) 式の常数となる因子を除くと

$$H = F(F_n \text{ or } H_n, K_d, X) \quad (15)$$

a) $H_{X=1.0}$ について [1]。

(14) 式の境界条件となる $H_{X=1.0}$ に注目すると, 測定値より図-2 が得られる。

b) 水路中心線上の流速の鉛直分布 [1] について。

例えばその一例として図-3 が得られ, 局所流の複雑性が見られる。

Case B:

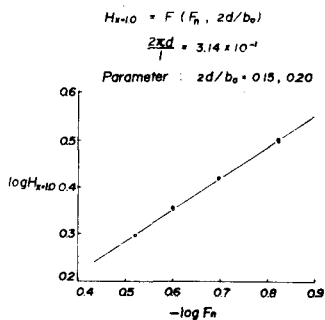


図-2

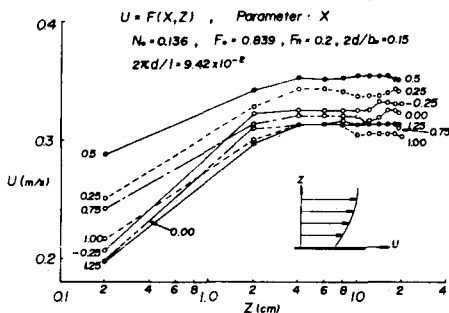


図-3

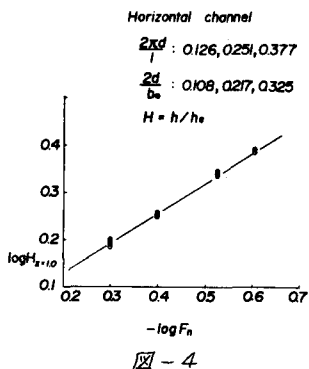


図-4

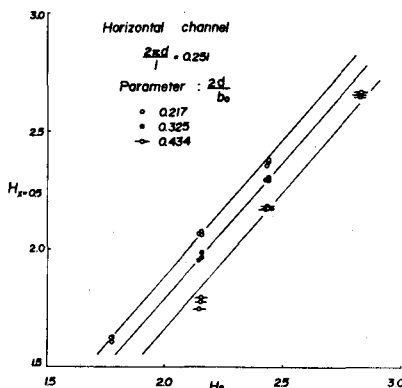


図-7

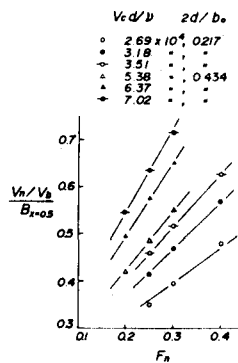


図-8

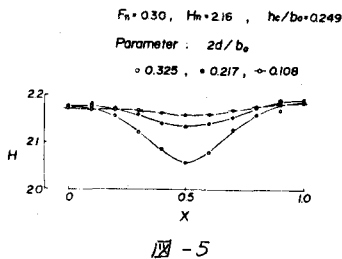


図-5

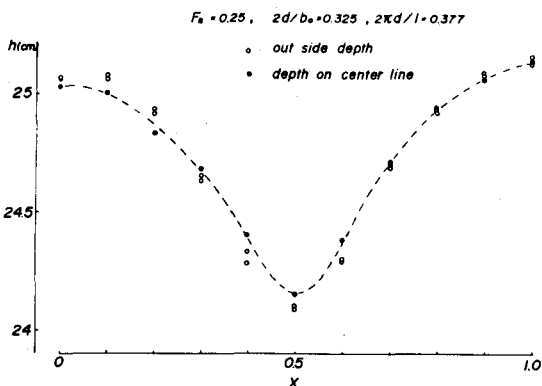


図-6

a) $H_{x=1.0}$ について[2].
 (14)式より $H_{x=1.0}$ は次のように近似され、断面を幅方向に三等分し、それぞれの水の中心の水理量を用いて図-4が得られた。

$$H_{x=1.0} = F(F_n \text{ or } H_n, K_d, K_d) \quad (14)$$

b) H について[2].

(14)式より次のように近似され、図-5、6が得られた。

$$H = F(F_n \text{ or } H_n, K_d, X) \quad (17)$$

c) $X = 0.5$ 断面の流水特性[3].

① $H_{x=0.5}$ について。

$$(17)式より H_{x=0.5} = F(H_n, K_d) \quad (18)$$

図-7が得られた。

② 流速 V_b について。

$$(16)式より (HBV)_{x=0.5} = (HBV)_n, B_n = 1.0 \quad (19)$$

$$(17)式より H_{x=0.5}/H_n = F(F_n, K_d) \quad (20)$$

さらに(a) $V_b \propto V_{x=0.5}$, (b)粘性の効果, (c) (19), (20)式に従って推論すると

$$(V_b/V_b)/(1-K_d) = F(F_n, R_e, K_d), R_e = V_b d/\nu \quad (21)$$

図-8が得られた。

[1]: 佐藤武, 今井信治, 図本スネ, [2] 岡田豊, 大塚正雄, 佐藤隆, [3] 岩崎一好, 永岡弘, 根本雅夫, 山崎孝幸 等の「橋脚設計」の資料である。資料の使用に際し謝意を表す。