

III—26 水制の水理に関する実験的考察

山口大学工学部

橋 東 一 郎

河中に流量 Q (単位中), 水深 h_0 , 流達 L_0 の河川に長さ B , 高さ B' の不透過水制を設けた場合, 最も問題となるのは, (I)護岸の見地から非溢流型水制の背後に形成される渦領域の形状及び溢流型水制においては, 溢流水と主流との速度差による拡散の模様と側壁速度 V_s の回復状態, (II)流路の安定, 河床の変動に關聯して, 主流部に誘起される速度増加, (III)水制自体の安定の立場から, 水制の直前に誘起される局部的な流れ, とくに溢流水による底面速度 V_b などであろう。これらの問題を定量的に調べるために, 山口大学工学部の実験水路において, 一つの不透過水制が直前に出された場合について表-Iに示すような実験を行った。なお水路床は水平で, 流速の測定には径 1cm のプロベラ型流速計及び掃型に排列したピトー管を使用した。

1. 非溢流型水制

水制の坐端から出る不連続流れは下流に行くに従って拡散し, 流れの場は流達分布が y 方向に一様な主流部①と, 流速が急激に減少してゆく拡散領域②及び側壁附近の逆流領域③に分けることができる。①と②との境界を h_1 , ②と③との境界を h_2 とすると, これらは m によって著しく変化し, また流れのなかに射流部を生じると, 限界水深より下流の流れは常流の場合とは著しく異なってくる。得られた主な結果は次のようである。

表-I. 実験の要目

	h_{cm}	B	B'	$m = \frac{B'}{B}$
非溢流型水制	80	10		0.125
	80	20		0.25
	40	10		0.25
	40	20		0.50
全付板	80	80	5.3	1.0
	80	80	2.8	1.0
溢流型水制	80	20	5.3	0.25
	80	20	3.0	0.25
	40	20	5.3	0.5
	40	20	2.8	0.5
	80	40	5.3	0.5
	80	60	5.3	0.67

(a)流れの一部に射流があらわれる場合には, 流量公式(堰上げ高)は $Q = (1-2m) \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{2}{3}\right)^{\frac{3}{2}} \sqrt{2g} e_0^{\frac{3}{2}} \dots (1)$ で与えられ, 流れの全域が常流のときには, $Q = C'(1-2m) h_0 \sqrt{2g(e_0 - h_0)}$ ($C' \approx 1.0$) で表わされる。

(b)二つの型の流量公式に対応して渦の長さ L_v/B と h_v/e_0 に対してプロットすると, L_v/B の値は限界値 $(h_v/e_0)_c$ を境にして不連続的に大きくなり, 流れが常流のときには $L_v/B = 8 \sim 16.5$ の範囲にある。この領域における L_v/B は h_v/e_0 と m にはほぼ無関係であって, 相對水深 R_v/B と相關をもち, $h_v/B \rightarrow 0$ において 17程度の値をもつようである。(1)式より求められた m 及び $(h_v/e_0)_c$ の値を表-IIに記した。

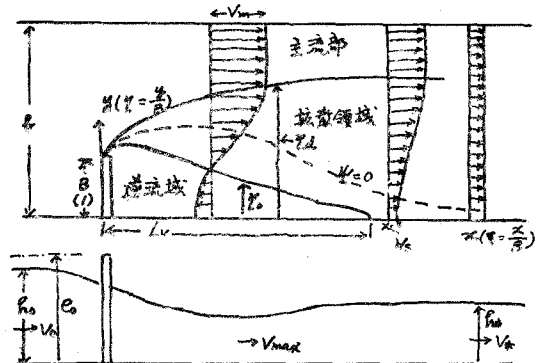
表-II

m	α	$(R_v/e_0)_c$	V_{max}/V_0	ξ_m	V_{max}/V_0	ξ_s
0.125	1.64	0.91	1.38	6	-0.3	7~8
0.25	1.42	0.67	1.86	4	-0.45	5~7
0.50	1.085	0.63	2.90	2	-0.6	3~5

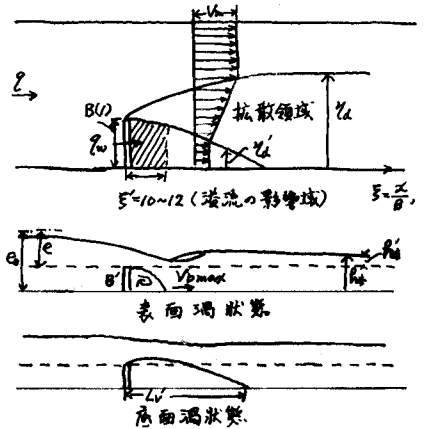
(c)主流に誘起される最大速度 V_{max}/V_0 とその位置 ξ_m 及び側壁にそつ逆流の最大速度 V_{smax}/V_0 と

その位置 ξ_s の値は, 主として m によってかわり, 表-IIに示した程度になる。

2. 溢流の性質



低い dem ($m=1$ の場合) の溢流係数 $C = 8/\sqrt{2ge^3}$ は下流水位 h_w/e の増大とともに、完全溢流、不完全溢流、及び潜り堰の状態を経過することはよく知られているが、この二つに対応して底面堰の長さ L/b' と h_w/e に対してプロットすると、その値は $h_w/e \approx 0.79$ を境にして $1.0 \sim 2.5$ の値より不連続的に増大し、 $h_w/e \geq 0.8$ では大きな底面堰が形成される。 $(L/b' = 8 \sim 10)$ 溢流型水制においても、その傾向は $m=1$ の場合と同様であるが、底面堰状態における堰の長さ L/b' の値及び h_w/e の限界値はいずれも m の減少とともに小さくなり、 $m=0.25$ では $L/b' = 5.5 \sim 6.5$ 、 $(h_w/e) = 0.66$ となる。したがって、水制の根が洗掘されるのは h_w/e が限界値と二えない表面堰の状態に限られる。この場合底面における最大速度 V_{max} を表すために、射流の露出状態における速度 V (V/V_{ge} は B/e の関数として求められる) 及び露出限界における下流水深 h_{wc} を導入し、 V_{max}/V と $\frac{h_w - h_{wc}}{B}$ との関係求めて、潜流の度合い及び m の影響を知る事ができる。なお、溢流型水制の流量係数は、流量が水制上と河川部とに分割されるものと仮定して、 $Q = C_1(1-\alpha m)h_w\sqrt{2g(e-h_w)} + mQ_w$ とおき、 Q_w については金中堰の式をそのまま用いて、 C_1 と B/h_w との関係を実験的に求めた。



3. 溢流型水制によって誘起される流水

m を一定に保ち、流量配分 $q = \frac{Q_w}{Q}$ を変化させて流水の標高をしらべてみると、主流部と拡散領域及び溢流水によってかき養われる一様速度の領域に分けることができる。両者の限界を α_d , α_d' とすると、 α_d は q が大きくなるとともに $q=0$ の非溢流の値から減少し、 q が 0.7 をこすと $\alpha_d \approx 1$ となる。これに反して、 α_d' は q にはほぼ無関係であって、 $q \approx 0.8$ において劇的に到達する。

(a) 主流流速の変化: m を一定に保ち、 q をパラメーターとして V_m/V_{ge} を q に対してプロットすると、最大流速 V_{max}/V_{ge} は式

$$\left(\frac{V_{max}}{V_{ge}} - 1\right) / \left(\left(\frac{V_{max}}{V_{ge}}\right)_{非溢流} - 1\right) = 0.55(1-q) + 0.45(1-q)^2$$

で与えられ、かつ最大流速差は q の増加とともに水制の方に移動してゆく。

(b) 側壁速度の変化: m を一定に保ち、 q をパラメーターとして V_s/V_{ge} を q に対してプロットすると、 q が小さい場合には壁面に逆流があるが非溢流水制に近い性質を示すが、 q が大きくなると V_s/V_{ge} の変化は小さく、かつその値は 1 に近づく水制としての効果が失われゆくことがわかる。また q = 一定の場合の流速の回復状態をみると、 $q \approx 1.0$ までは溢流水の直接の影響をうけるが、 $q \approx 1.0$ より $q \approx 0.8$ までは一様流速 (V_{ge}) で、 $q \approx 0.8$ より増加し初め、さらに $q \approx 1.3 \sim 1.6$ より V_s/V_{ge} は異なった曲線によって回復してゆく。このように側壁速度が二段構えで回復してゆくのは、前者は拡散領域 α_d' が側壁に達すること、後者は非溢流状態における端の終点に対応するものであろう。側壁速度と流量配分との関係を示す具体的な図表として、 V_{ge}/V_{ge} , $(V_s/V_{ge})_{q=1.0}$, $(V_s/V_{ge})_{q=0.8}$, 及び $(V_s/V_{ge})_{q=0.2}$ を q に対してプロットすると、 V_{ge}/V_{ge} が m によって若干系統的な差を示す他は、実用上 m にもほぼ無関係とみなして差をえない程度である。