

II-16 洪水流の変形に関する実験的研究

京都大学防災研究所 正員 工博 矢野勝正

〃 〃 〃 芦田和男

京都大学大学院 学生員 〇高橋 保

洪水現象の水理学的解析はこれまでに種々行なわれており、一様河道の洪水流の伝播にともなう諸特性はかなり明らかになってきている。しかし、実際に河道に生じている洪水流は複雑な初期および境界条件の影響下であり、その実態を把握するためには、それらの条件の一つ一つがどのような効果を持っているか検討する必要がある。

著者らはこのような境界特性が洪水流におよぼす効果を一貫して研究するつもりであるが、まずその手はじめとして、双型堰による堰上の条件がどのように影響するか実験的検討を加えた。

1. 実験の概要 断面 $60 \times 60 \text{ cm}$ 、長さ 150 m の鋼製水路を $1/500$ の勾配に設置し、表-1に示したような実験を行なった。洪水は空気圧式の自動制御装置によって起し、表-2に示したような測点に設置した超音波式水位測定装置によって各測点の水位を20秒間隔に測定した。

表-1 実験ケース

表-2

実験番号	基準流量	最大流量	継続時間	堰高	測点番号	距離
1-1	5%	30%	5 min	—	01	17 m
1-2	〃	40	5	—	02	32
1-3	〃	50	10	—	03	56
2-1	〃	30	5	10 cm	04	73
2-2	〃	40	5	10	05	98
2-3	〃	50	10	10	06	119
3-1	〃	30	5	15	07	143
3-2	〃	40	5	15		
3-3	〃	50	10	15		

()は堰のない場合

2. 実験結果 各測点での基準流量を流したときの水位からの上昇量での水位—時間曲線の一例を図-1に示す。この図でも明らかにように、貯水池の湛水領域では水位のピーク付近以後では水面の変動はほぼ水平である。つぎに実験1-1, 2-1, 3-1について波頂の伝播速度に与える堰の影響を、縦軸に到達時間をとって求めたものが図-2である。図中の実線は伝播速度を W として求めたものであるが堰をもうけない場合はほぼこれに一致している。堰のある場合には湛水領域では伝播速度が非常に速くなり、上流の一様河道部分と湛水領域部分との間に伝播速度の遅くなる遷移領域の存在していることがわかる。しかし、この実験の場合には、堰の存在にほとんどピークの到達時間に顕著な差が生じていない。しかし実際の河道においてガムの存在が下流地点への洪水到達時間を早めるか遅らせるかは、その貯水池の規模、洪水流量その他の条件によってかわることと予想される。

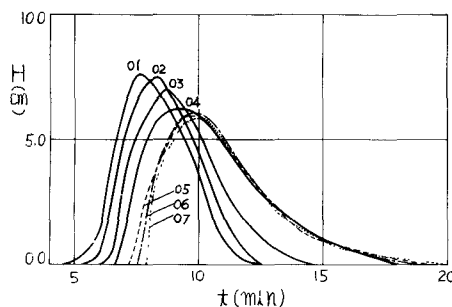


図-1 水位時間曲線(実験3-2)

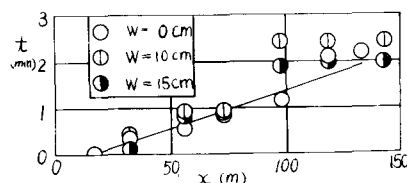


図-2 波頂の伝播速度

図-3(1), 図-3(2)は各測点において水面勾配Iの時間的

変化を握らない場合、握のある場合のそれぞれについて示した例である。図中、矢印をつけた時刻において各測点で水位の最大が生じておりIの最大時刻の方がかなり前に存在する。また同一の水位に対する水面勾配は水位上昇期の方が減衰期よりも大きく水位流量曲線はループを描く。このループが洪水波の減衰と密接な関係を持つ。例えば $Q_{max}(\partial h/\partial t = 0)$ の流下方向の減衰は

$$\frac{dQ}{dx} = \frac{\partial Q}{\partial x} = -B \frac{\partial h}{\partial t}$$

で与えられるが、 Q_{max} の時には $\frac{\partial h}{\partial t} > 0$ であるので、減衰することになるが、ループを描かないとすれば $\frac{\partial h}{\partial t} = 0$ であって減衰は生じない。

いま不定流の運動方程式

$$\frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{g} V \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} - i + I_f = 0 \quad (1)$$

の各項のorderを比較するため、一様水路の部分では加速度項を無視してQを求め、湛水領域では堰の越流水深から流量を求めて Q_{max} の時刻での各項のorderを求めると、表-3のようになる。これから一様水路においては加速度項は小さく、この区間では、洪水流の運動方程式として、

$$Q = \frac{A}{R^{2/3}} \sqrt{i - \frac{\partial h}{\partial x}} \quad (2)$$

が使える、湛水領域では、

$$\frac{1}{g} V \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{n^2}{R^{4/3}} V^2 = 0 \quad (3)$$

が使えることがわかる。なお表中の*の欄は実験1-1の03点について水面勾配が最大になる時刻における各項のorderを調べたものである、これからこの実験のような急激な出水について一様な河道についてはかなりよくあてはまる

ことがわかる。図-4はこのようにして求めたQとhとの関係を図示したものでループを描いている。遷移部に入っている測点04ではループが円く上流の方では長くなっている。なお最下流の堰の越流水深流量曲線は一本の線になりしかもその勾配は上流のものとは平行に近い。このような境界条件下で実験を行なったので堰の有無によってあまり顕著な差が出てこなかったものと推察される。

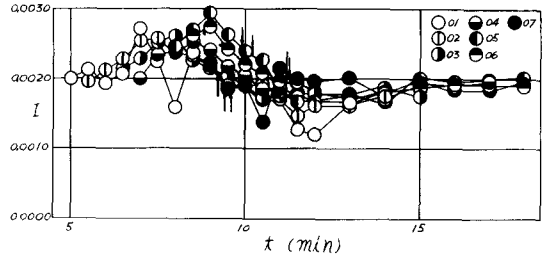


図-3(1) Iの時間的变化(実験1-1)

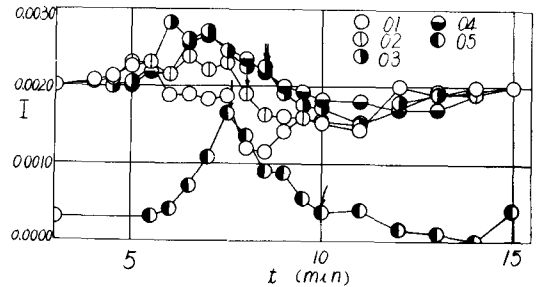


図-3(2) Iの時間的变化(実験2-1)

表-3 各項のorder比較

測点	$\frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t}$	$\frac{1}{g} V \frac{\partial V}{\partial x}$	i	$\frac{\partial h}{\partial x}$	I	I_f
実験						
02	-9.52×10^{-5}	2.36×10^{-3}	20×10^{-3}	0	20×10^{-3}	1.97×10^{-3}
03	-6.29×10^{-5}	3.75×10^{-3}	"	0	20×10^{-3}	1.93×10^{-3}
1-1						
04	-1.36×10^{-5}	6.22×10^{-3}	"	0	20×10^{-3}	2.07×10^{-3}
05	-6.12×10^{-5}	-2.05×10^{-3}	"	3×10^{-3}	2.3×10^{-3}	2.38×10^{-3}
06	-2.37×10^{-5}	7.8×10^{-3}	"	-0.5×10^{-3}	1.95×10^{-3}	1.90×10^{-3}
07	-9.52×10^{-5}	"	"	0.5×10^{-3}	2.05×10^{-3}	
実験						
02	-3.12×10^{-5}	9.15×10^{-3}	"	-1.0×10^{-3}	1.9×10^{-3}	2.12×10^{-3}
03	-1.08×10^{-4}	-5.05×10^{-3}	"	2.5×10^{-3}	2.25×10^{-3}	2.42×10^{-3}
04	-1.33×10^{-5}	-1.3×10^{-3}	"	1.5×10^{-3}	2.15×10^{-3}	2.41×10^{-3}
2-1						
07	0	-1.63×10^{-3}	"	2.0×10^{-3}	0	1.63×10^{-3}
*						
03	6.3×10^{-5}	-2.44×10^{-3}	"	-6.0×10^{-3}	2.6×10^{-3}	2.78×10^{-3}

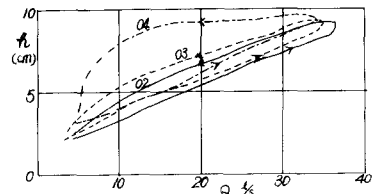


図-4 水位流量曲線(実験2-2)