

京都大学防災研究所

正員

芦田和男

〃

〃

〇高橋 保

著者らは種々の境界条件下の洪水流の挙動に関する研究の一環として先に自由溢流型固定堰による堰上げ領域の洪水流について若干の検討を加えた。今回は下流端水位一定の境界条件下の洪水流の挙動について実験結果を述べる。この種の境界条件は多くの発電用貯水池や河口部で発生していると考えられ、また合流点における問題解決の糸口ともなるものとおもわれる。

1. 実験の概要：使用水路は全長150m、断面60×60cm、勾配1/500の鋼製でその下流端の4×4mのプール出口に幅60cmの可動の四角堰を設け、その堰高をプール水面にある浮子の上下によって調節し水位を一定に保持できるようになっている。実験は空気圧式の自動制御装置によって基底流量5ℓ/s、上流端最大流量31.5ℓ/s、継続時間7分の流量波形を発生させ下流端の堰高を10cm、13cm、15cmの三種類に設置したときの基底流量に対するプール水位を実験継続中保持するという方法で行なった。水位の測定は抵抗線式波高計によって上流より18, 34, 56, 78, 88, 98, 110, 120, 135, 147mの測点No1~No10で行ないさらに測点No8, No9ではピット管と差圧計によって断面中央における流速分布の連続記録をとった。なお比較のために堰高15cmについては堰を固定した実験も行なった。

2. 実験結果と考察：図-1に1分ごとの同時刻、水位の縦断形状の1例を示す。図中破線で示したのは定常流量31ℓ/sに対する水面形であるが、上流の水位peakはこれとほぼ等しくなっているが下流の堰上げの領域ではこれよりも水位が高くなっている。この傾向は他の堰高の場合にもあらわれており、下流端が一定水位に制限されているため水位peak付近で加速度項が大きくなりその結果水面勾配がた、すなわち水深が定常流に対するものよりも大となるものと考えられる。加速度項の非常に大きくなるような急激な出水の場合には実際の河川でこのような現象が生起する可能性があり注意を要する。

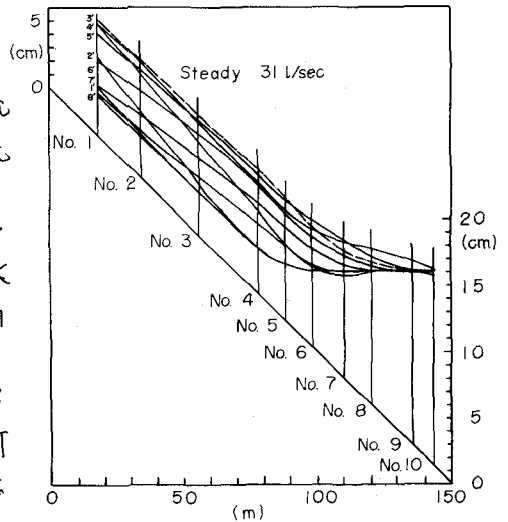


図-1 各時刻水位縦断形状 (堰高15cm)

水位peakの伝播速度については一様河道ではKleitz-Seddonの式がよくあてはまることが知られているが、この境界条件下でのpeakおよびfrontの伝播の状況は図-2のようである。すなわち水位peakは上流側よりも下流側に先に生じており水位peakの伝播が非常に速くなる。その理由としては最下流の水深はほとんど加速度項のみによって決定し、加速度項の最大時に水深が最大となるが、それより上流では摩擦項、加速度項の両方によって水深が決定するのでこの実験のように出水が急激である

と下流端で加速度項最大以上流での水位 peak よりも早く生じて下流での水位 peak 以上流よりも早く生じたものと考えられる。このような場合水位と流量の伝播がずれて水位流量曲線は大きなループを描くが、この場合水位 peak の方が流量 peak に先行するのでループの回転方向は図-3 にみるように一樣河道あるいは固定堰による堰上げ領域のものとは逆になっている。このように水位変動がおさえられて伝播速度加速くなる場合には伝播にとえなう流量低減が少ないことが予想されるが図-4 はその様子を示している。この図より最初の堰高が高いほど、すなわち下流の境界条件の影響する範囲の広いほど流量低減が少なくなっており、流量 peak の生起時間も一樣河道あるいは固定堰のある場合よりも早くなり堰下流の流量波形は急激になっていることがわかる。

このような条件下における洪水流の水理学的解析を行なうためには不定流の運動方程式

$$\frac{1}{g} \frac{\partial^2 V}{\partial t^2} + \frac{1}{g} V \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} - i + \frac{\partial H}{\partial x} + I_f = 0$$

の実験による各項の order および抵抗法則の検討を必要とするが図-5 は order 比較の結果の一例である。堰上げの大きい範囲では各項の order はほぼ同一となり厳密にはどの項も省略することができないことがわかるが、この実験の範囲内では流量 peak 付近についてみると摩擦勾配および水面勾配の項が他の項に比して大きく流量 peak に着目するかわり加速度項を省略しても大きな誤差は生じないものと思われる。しかし水位 peak 付近についてみると前述のようにとくに $\frac{1}{g} \frac{\partial^2 V}{\partial t^2}$ の項が大きい。

抵抗項 I_f は一般に $I_f = \frac{V^2}{2gR}$ で与えられるが図-6 にみるように堰上げのあまり大きくない場合には $\frac{1}{g} \frac{\partial^2 V}{\partial t^2}$ が一定値と考えてよいようである。しかし堰上高の大きい場合は減衰期に $\frac{1}{g} \frac{\partial^2 V}{\partial t^2}$ の値が大きくなっており堰上げの規模による抵抗法則変化が予想され今後の検討を必要とする。

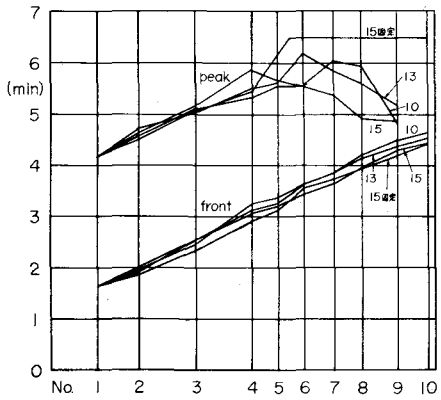


図-2 伝播速度

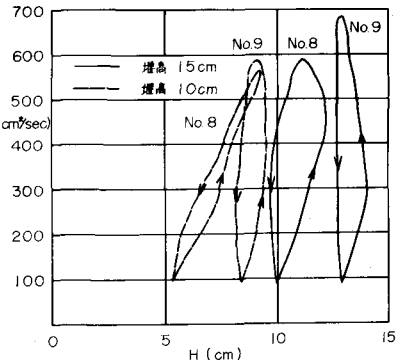


図-3 水位～流量曲線

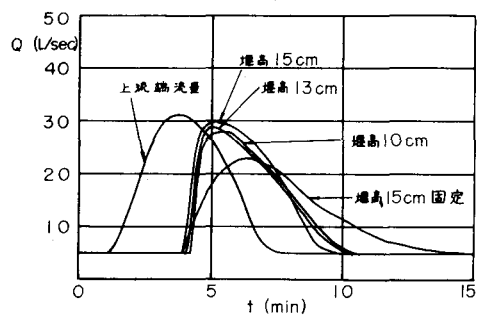


図-4 流量～時間曲線

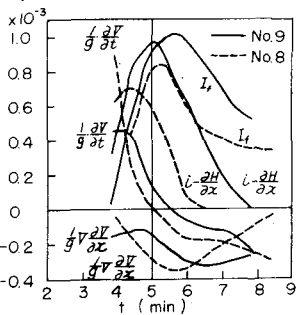


図-5 order比較

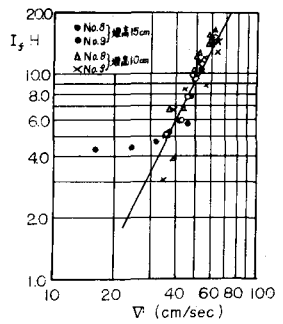


図-6 $I_f H$ と V の関係