

下流水位の時間変化が水面形に及ぼす影響について

京都大学防災研究所 正員 今本博徳

〇澤井健二

摂南大学 工学部

上田伸三

1. まえがき 一様断面開水路流の水面形状は、一次元漸変流モデルにより、解析され、定常流に関してはその特性がほぼ解明されている。しかしながら、非定常流に関しては、境界条件が多様なことから一般的議論が難しく、Case Study のなされることが多い。

常流を対象とした場合、流れの非定常性を生じさせる主要な要素としては、上流からの流入流量と下流の水位とが挙げられるが、本研究は、従来比較的検討例の少ない下流水位の変化の影響に着目して、実験的な検討を行うものである。

2. 実験方法 実験に用いた水路は、幅60cm、深さ60cm、長さ150mの鋼製で、底面は勾配約1/500のモルタル張となっている。水路下流には、縦横3m、深さ1mの水槽が接続されており、その下流端にスライドゲートが取り付けられている(図-1)。実験は2つのシリーズから成っており、シリーズAでは下流水位が比較的緩速で周期的に変化する場合を対象として、所定の初期水理条件で定常な水面形が得られた後、スライドゲートを一定速度で交互に昇降させた。実験条件は、流量 $Q=50\text{ l/s}$ 、最低堰高 $z_{\min}=0\text{ cm}$ 、堰変化速度 $\frac{dz}{dt}=0.5\text{ mm/sec}$ 、周期 $T=10\text{ min}$ を基本として、各パラメータを4通りに変化させている。

シリーズBでは、下流水位が比較的急速かつ単発的に上昇した場合を対象として、水路下流端のフラッターゲートを水平にした状態で定常流が得られた後、ゲートを急激に約20cm引上げた。実験条件は、流量 $Q=10\text{ l/s}$ 、スライドゲート堰高 $z=10\text{ cm}$ 、フラッターゲート引上げ時間 $\Delta T=1.6\text{ sec}$ を基本として、各パラメータを3通り変化させている。

3. 実験結果 図-2は、シリーズAの基本実験条件における水面形の時間変化を示したものである。下流水位の変化に伴って水面形が大きく変化するのは当然であるが、堰の上昇期と下降期とでは、同じ堰高に対してかなり異なる水面形が現れている。また、 $\phi=0$ 、 $\frac{\pi}{2}$ においては、 $x=25\sim 50\text{ m}$ の区間で水面勾配が負となっているが、これはそれぞれの堰高における定常状態の水面形には見られないものであり、非定常の効果が強く現れている。しかしながら、これらの水面形の上下の包絡線は、それぞれある堰高での定常状態における水面形にほぼ対応している。

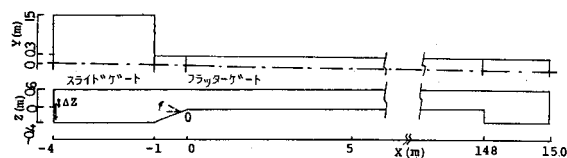


図-1 実験水路(上:平面図, 下:側面図)

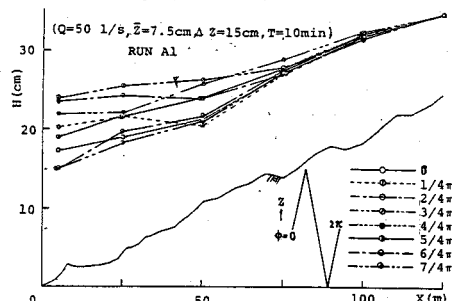


図-2 水面形の時間変化(Run A1)

Hirotake IMAMOTO, Kenji SAWAI and Shinzō UEDA

図-3

水位の変化高
(シリーズA)

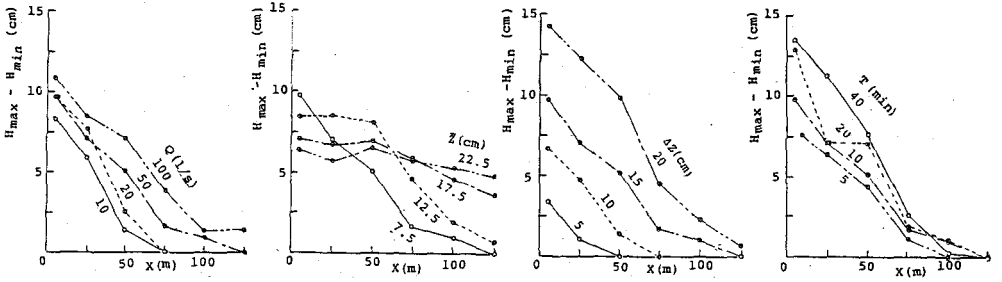


図-4

水位ピークが
生じるまでの
時間遅れ

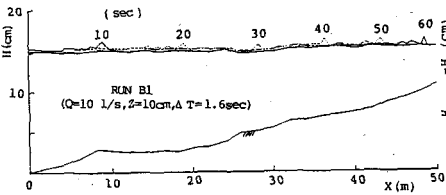
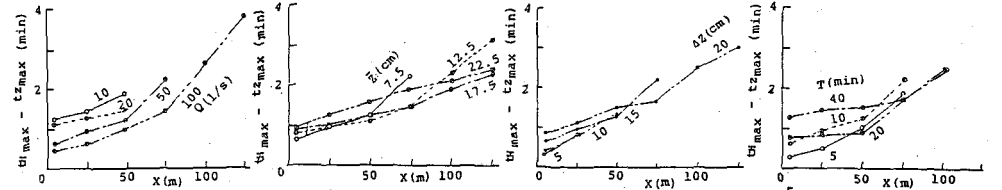


図-5 水面形の時間変化 (Run B1)

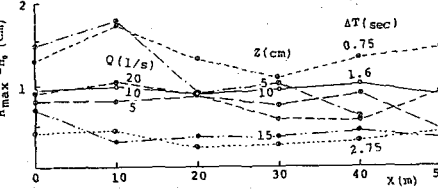


図-6 縦波の最大波高 (シリーズB)

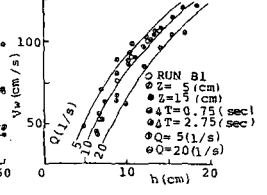


図-7 縦波の遡上速度

図-3は、各実験ケースにおける各点での水位の変化高を較べたものであり、流量が大きく、堰の変化高が大きく、周期が長いほど大きくなる傾向にあるが、堰高の影響は複雑で、堰高の上昇に伴って下流部では水位の変化高が減少するのに対し、上流部では増加し、距離変化がしだいに少なくなっている。図-4は、堰高が最大になったから各点に水位ピークが生じるまでの時間遅れを示したもので、堰の振幅が小さく、周期が短く、流量が多いほど短くなる傾向にあるが、堰高による差異は明確でない。

図-5は、シリーズBの基本実験条件における水面形の時間変化を示したものであり、フラッターゲートの急激な引上げによ、上流部に数個の波列を伴った段波が形成され、ほとんど減衰することなく50m以上遡上しているが、遡上速度はしだいに小さくなる。これは、ゲートによるせき上げのため、下流部で水深が大きくなっているからであろう。図-6は、各実験ケースにおける各点での最大波高を示したものであり、スライドゲートの堰高が低く、フラッターゲートの引上げ速度が速いほど大きくなる傾向にあるが、流量の違いによる変化には定まった傾向が認められない。なお、下流堰高の最も低い $Z=5\text{cm}$ の場合には、遡上に伴って波高がかなり減衰している。他の実験ケースにおいても、さらに上流部では同様の傾向にあるものと思われる。図-7は段波の遡上速度を示したもので、堰高が高く、堰の引上げ速度が速く、流量が大きいほど速くなる。図中には、微小段波の伝播速度式 ($V_w = \sqrt{gh} - V$) による理論値を実線として示しているが、実験値とよく対応している。

4. あとがき 以上、下流水位の時空間変化に伴う水面形の変化について、実験に基づく定性的な考察を行ったが、今後、理論的な検討を加えて一般化を図りたい。