

建設技術研究所 正会員 倉島 幸夫
 〇田代 洋一

1. はじめに

河道法線を計画する上では、地形土地利用計画等の条件によって、せむを得ず曲線部を設ける場合がある。特に急勾配の射流水路で、連続した湾曲部を有する場合は、湾曲の流水の状況は非常に複雑となり、衝撃波等によって発生する水位上昇も、当然単一の湾曲部のそれとは異なるものと思う。したがって、本実験では、水路幅 $B=40\text{cm}$ 、曲率半径 $R=80\text{cm}$ 、湾曲内角 $\theta=60^\circ, 45^\circ$ の複湾曲を設けた矩形水路を用いて、水路勾配 $i=1/50, 1/100, 1/150, 1/200$ で、流量 $Q=40\text{ l/s}$ について主に湾曲部の流速、流速分布、水位上昇等の観測を行ない、今後の資料を得ることとする。

2. 湾曲部における流速および流速分布について

図-1 に示した水位等高線および流速分布図は、 $Q=40\text{ l/s}$ 、 $i=1/50$ の最も急勾配の水路の場合であり、湾曲部始端から上流 1.00m における水位は $H=6.5\text{cm}$ 、フルード数 $F_1=2.0$ 程度の射流である。

なお、図中における矢印は、各断面の水路底面から 5mm 上層における流速を表わしているものである。

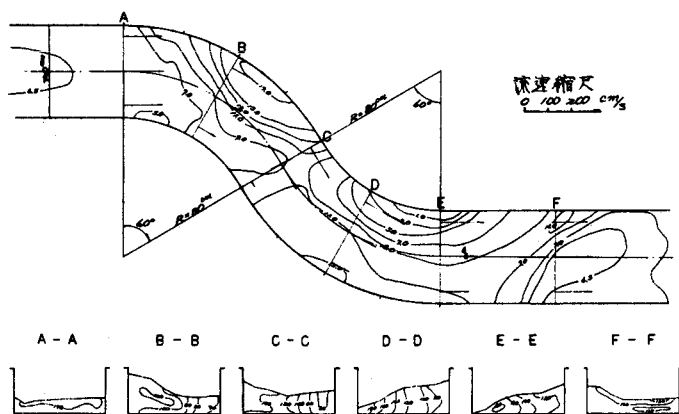


図-1 水位等高線および流速分布図

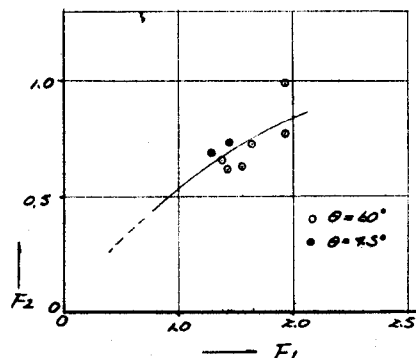


図-2 湾曲部変曲点と流入時のフルード数

しかし、この断面において片寄った流速は、除々に増しながらオー湾曲部凸岸側へ減下し、水位は湾曲部終端付近で非常に低下する。凹岸側では、ほぼ湾曲部中央から幾分上流付近で最大水位となる。湾曲部始端から 0.5m

湾曲部へ流入した流れは、湾曲部始端から衝撃波を発生し、ほぼB断面中心とA断面の兩岸を結ぶ線から、段段を形成しながら凹岸側壁に沿う水位は、側壁による摩擦損失、射流の側壁に突き当たること等による流速、水頭の減少にともなう、除々に上昇し、最高水位は直線部中心線の延長線と、凹岸側壁との交点付近に生じる。凸岸湾曲部始端付近では、幾分水位が低下し、はく離状態となるが、衝撃波の伝播が非常に速く、水位は流入水位より

りも全体としては上昇し逆流を起すまでにはならないが、流速の低下は著しい。湾曲部変曲点付近においては、流速は凹岸側に片寄るが、水位は流入水位に対して、約5割増程度となり、フルード数 F_2 は、1.0 ないし、それ以下では、常流となる。これは、衝撃波の発生等による水位上昇とはく離等による水頭損失によるものであり、この損失量がどの程度となるかを流入部の F_1 と、オー湾曲部終端(湾曲部変曲点)の F_2 の関係として、図示しているのが、図-2である。このため、オー湾曲部の水位上昇はオー湾曲部より幾分低下するが、オー湾曲部の流速と異なり、常流水路にみられる速心カの影響による水位上昇を起す。

下流からは、流速は平均的に射流状態にもどるが、湾曲の影響は大きく、衝撃波はかなり下流まで続く。勾配が様々になれば、当然水位上昇も小さく、これの場合も小さいが、この流況は、いずれの勾配でもほとんど同様の状態で下流する。

3. 湾曲部の水位上昇について

図-3は、湾曲部側壁に沿う右岸の水位上昇 Δh を、流入水深 H に対する上昇率 $\frac{\Delta h}{H}$ として、縦断距離に対応して描いたものである。同図には、オー湾曲部の水位上昇を次のイッペンの近似式により求めて示して、

$$\sin \theta_0 = \frac{1}{R}, \tan \theta_0 = \frac{B}{(R + \frac{B}{2}) \tan \theta_0}, \Delta h = \frac{V^2}{g} \sin^2 (\theta_0 \pm \frac{\theta}{2}) \quad \text{ここに } \theta_0: \text{マッハ角}$$

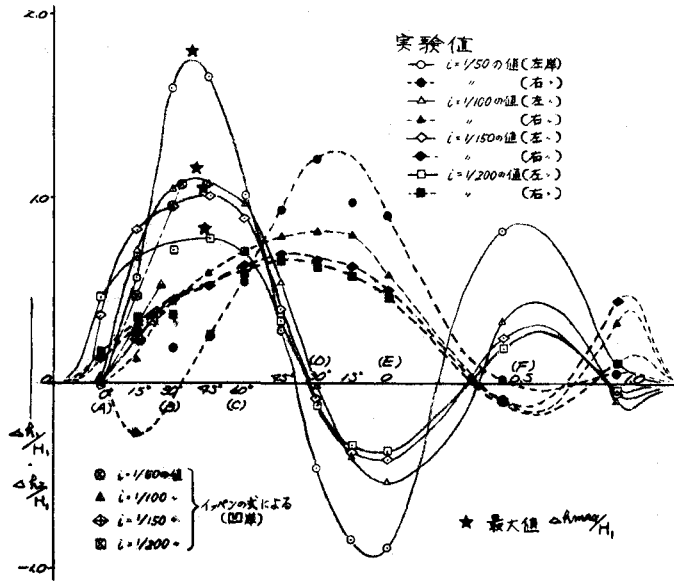


図-3 水位上昇

θ_0 : 最高水位発生位置を表わす角度
 Fr : 流入時のフルード数
 h : θ 度における水位
 計算値(○△◇□)では、実験値より、オー湾曲部の最高水位発生する位置が、かなり上流側に発生する。またその位置までの範囲の水位上昇量は、いずれの勾配でも小さめになっている。そこで、フルード数 $Fr = \infty$ 程度の水路では、最高水位付近から常流となることから、上流側の比エネルギーの速度水頭が高度水頭に変遷されるとして求めてみた。この値が★で表わしたものであり、ほぼ妥当であることが示されて、

$$\Delta h_{max} = \frac{V^2}{2g}, \Delta h = H + \frac{V^2}{2g}$$

H : 流入水位

V : 流入流速

したがって、フルード数の小さな射流水路では、イッペンの式では適応されず、最大水位の位置においても、限界水深に達し得ないようなフルード数の大きな射流水路に適応するのではないかと思う。

オー湾曲部については、変曲点付近では、常流となることから、常流水路の流入水位に対する上昇量 $\Delta h_{max} = \frac{B V^2}{2g R}$ の式で、平均流速を用いて計算してみたが、いずれも実験値より大きな値となる。これは湾曲点付近の流速分布から明らかなように、流速の片寄りがあり、水位上昇に影響する中心より凹岸側の流速が著しく小さく、平均流速を用いた遠心加速度 V^2/R で Δh を求めては、やはり過大な値となる。

また、左右岸の水位上昇率は、概してサインカーブを描きながら減少する。

4. 結論

- ① フルード数 ∞ 程度の水路では、オー湾曲部の水衝部は、河道中心の延長線と凹岸側壁の交点付近に生ずる。
- ② オー湾曲部凹岸側の最大水位上昇量は、流入する比エネルギーの速度水頭を高度水頭に変遷させる程度となる。
- ③ 湾曲部変曲点付近では、常流になり、その水位はほぼ流入水位の1.5倍程度となる。
- ④ 勾配 $1/50$ の水路のオー湾曲部の水位上昇より約4割程度減少する。勾配が様々になればそれにだけ水位上昇は小さくなる。
- ⑤ 水衝部は、ほぼ凹岸側湾曲部中央に生じ、水位の著しく低下する位置は、湾曲部終端付近に生ずる。

おわりに

奥湾曲部の左右岸の水位上昇の傾向も一応確認され、オー湾曲部の水位上昇量も変曲点付近の流速がどの程度減少するかを把握すれば、実験式の誘導も可能であると思われる。今後の実験でこれらの点を検討する予定である。