

スルースゲートからの流出に関する一実験

長崎大学工学部 ○武政剛弘 加藤重一
日本基礎技術 大濱康弘
東急建設 蒲地竜男

1. まえがき

水門を通る流れの状況は、射流の現れる自由流出（跳水現象が伴う）と、潜り流出とに分けられる。自由流出および潜り流出の場合、それぞれの流出流量を算定する流量公式は、充分な検討が加えられ実用に供されている（Pajer, Henry, Toch, 横田）。しかし、実際の流出には、この2つの流況の中間的な状態が存在する。すなわち、自由流出でありながら、烈しい波状跳水を伴う場合や、潜り流出でありながら、ゲート下端を通過する流勢が強く射流を形成する場合などの現象が観察される。これら完全な自由流出と、完全な潜り流出との間、いわゆる遷移領域とみられる場合の流量算定については、詳細に検討した報告例は見られない。

本報告では、この遷移領域の流出状況に着目し、模型実験から流出流量を検討したものである。

2. 実験装置の概観および実験方法

実験に使用した水路は、幅30cm、高さ60cmおよび有効長さ590cmで、側壁に透明なアクリル板、路床に鉄板を使用した水平水路である。スルースゲートは厚さ10mmのアクリル板を使用し、水路下流端から340cmの位置に設置した。ゲート下流側の水位設定は、水路下流端に設置した電動巻き上げ式水位調整スルースゲートで行った。下流側の水位の読みは、ゲートからの流出に伴う乱れにより水位変動が大きいため、水路下流端から上流に向かって、30cm、70cmおよび110cmの位置に設けたマンメーターの平均値を用いた。流出流量の測定は、水路下流端下方に設置した流量測定用水槽に設けた三角堰で行った。

実験は、上流側水位 H_1 を設定後、完全自由流出の状態から完全潜り流出の状態まで、下流側水位 H_2 を徐々に上昇させ、その間、設定された水位での流出流量を測定する。逆に、完全潜り流出から完全自由流出の状態まで、同様な操作を行う。スルースゲートの開度 a は、3.15cm、4.70cmおよび6.15cmの3通りで行った。

3. 実験結果および考察

一般に、スルースゲートの水理特性を示すと図-1 のようである。同図に示すように、原則的には自由流出の状態から、下流側水位 H_2 が徐々に高くなると跳水が生じ、さらに下流側水位が増すと跳水の渦乱は消え、潜り流出の状態となる。その過程で理論的には、 $H_2 = (2/3) \cdot H_0$ ($H_0 = H_1 + V_1^2/2g$, V_1 : 接近流速) となるまで流出流量 Q は不変であり、また逆に、潜り流出の状態から下流側水位が低下する場合も、 $H_2 = (2/3) \cdot H_0$ のときに射流が出現し、自由流出の状態になる。

しかし實際上、図中斜線部付近は、水位および水圧は不安定であり、したがって流出流量 Q も不安定となり、かつ自由流出の状態から潜り流出の状態に変化する場合とその逆の場合では、その変化量が一般に同一でない。

すなわち、図中斜線部分は不連続で、自由流出と潜り流出の中間的な領域を形成する。そして、このような状態の方が実際には多いのである。

実験では、上述の遷移領域での流出を、流出形状の相違から4つに分類し考察を行った。流出形状の概略図を図-2 に示す。

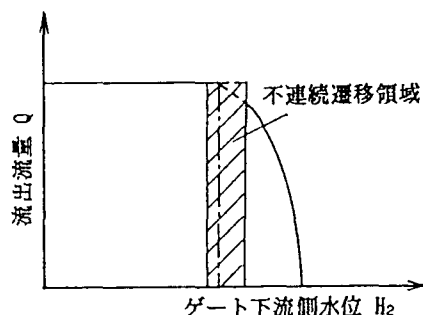


図-1 水門流量の特性

①初期中間流

跳水が水門に接触したり離れたりする不安定な状態で、わずかに自由流出の部分を残している。

この場合、跳水による渦流が、水門リップに達することもあることから、流出流量 Q に変化が生じ、流出流量が減少を始める。

②中期中間流

跳水が水門リップに達した直後の状態で、流出流量が明瞭に減少を始める。

③後期中間流

水門からの流出は射流であるが、その上に跳水の渦がおおいかさる水脈を形成している状態。この段階で水門リップは、完全に水にかくれる。

④末期中間流

下流側水脈はかなり動揺しているが、水門からの流出ジェットの形状の確認は、肉眼では困難となる。この段階では、流出流量がかなり低下しており、完全潜り流出の状態に近い。

ゲート開度 $a=3.17\text{cm}$ の場合、遷移領域での流量係数 C_d について検討する。図-3 は、流量係数について、中期中間流および完全自由流出の場合の実験値と、自由流出の流量公式からの算定値を比較したものである。使用した理論式は次のようである。

(自由流出の流量公式)

$$Q=C_d \cdot a \cdot L \sqrt{2gH_1} \quad (1)$$

ここに、 $C_d=C_c \sqrt{1/(1+C_c \cdot a/H_1)}$ 、 L :水路幅、 C_c :収縮係数で理論計算では $C_c=0.606$ を用いた。

図では、完全自由流出の場合、理論値と実験値はほぼ一致している。しかし、遷移領域の場合、中期中間流の状態になると、急

激に流量係数の値が低下している。また、自由流出から潜り流出へ変化する場合およびその逆の場合では、流量係数の値に変動幅が生じている。すなわち、上部限界および下部限界が明瞭に現れており、しかも、途中で値が逆転する結果となっている。このことは、遷移領域での流出状態がかなり不安定であり、中期中間流の状態すなわち、跳水が水門リップに接触すると同時に、急激に流出流量が低下し、潜り流出の領域に移行することを示唆していると考えられる。(参考文献) 石原・本間編集:応用水理学、中 I.159~164,173。

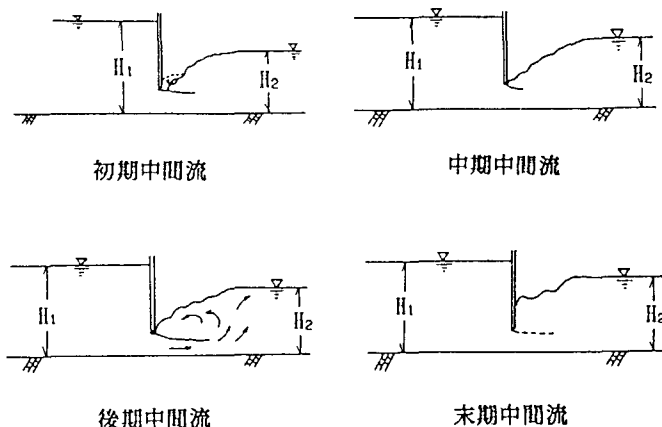


図-2 遷移領域における流出形状の分類

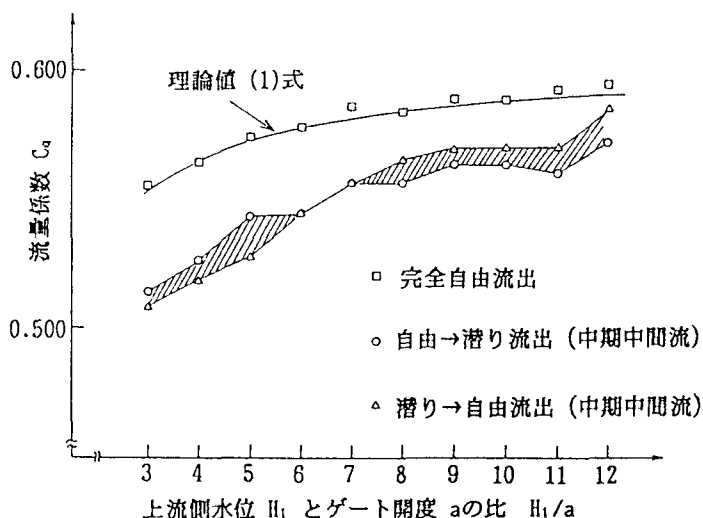


図-3 流量係数の理論値と実験値の比較