

京都大学工学部 正 員 中川 博次 京都大学大学院 学生員 畠山 健
京都大学大学院○学生員 高津 昌夫

1. はじめに 実際に河川に設置されている長径間ゲートは、高さに比べて径間が非常に長いため、鉛直方向のみならず流下方向にも撓みやすい構造になっており、微小開度時に自励振動が発生することがある。本研究では特に振動時にゲートに作用する外力に注目し、2次元模型を用いて自由流出時、潜り流出時にゲート面に作用する圧力を測定した。これによりゲート面での圧力状態を把握し、さらにはゲートの振動機構の解明に役立てる。

2. 実験の概要 実験装置を図-1に示す。模型ゲートは2次元模型であり、鉛直、水平方向の弾性を板バネによって再現している。そしてゲート形状、バネ剛性(1/800)、開度(3mm)を固定し、上流水深、下流水深を変化させて実験を行った。また、図-2はゲート諸元の定義および圧力の計測点を示したものである。圧力計測点は、上流側の上部に1点、傾斜部分に7点、リップ部に3点、下流側の下面に7点設けた。

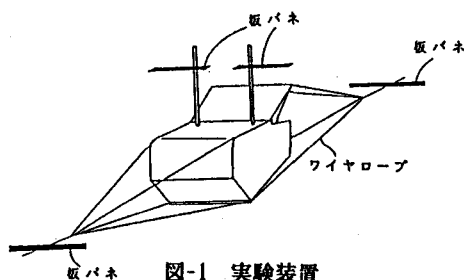


図-1 実験装置

3. 実験結果および考察 以下に、下流水深が0である自由流出時と下流水深を変化させた潜り流出時について実験結果の考察を行う。

①自由流出時

自励振動時の圧力とゲートの応答関係は図-3のようになると考えられる。以下ではこの図に沿って自由流出時の振動について説明していく。

まずゲートには流体力が作用しており、その分布状況を示したものが図-4である。これを見るとゲート下部にいくつて圧力低下が起こっており、リップ部では圧力低下が特に顕著である。これはゲート上部ではほとんど流速がないが、リップ部では開度が小さいために一種の縮流のようになり、速度水頭が増加するために圧力が減少することを示している。

この状態で何らかの外乱が作用するとゲートに変位が生じ、これにより圧力変動が生じる。図-5に示すように圧力変動の振幅は、上流水深が大きくなるに従って大きくなり、ある上流水深を境に値が減少した。これは実験から観察された振動の挙動と同様の傾向を示しており、圧力変動と振動との間に相関関係があることがわかる。この圧力変動が励振力として作用すれば、ゲートはさらに変位を起こす。

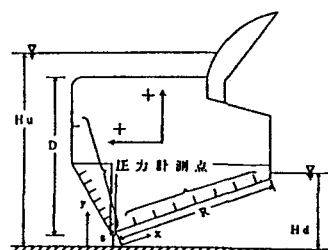
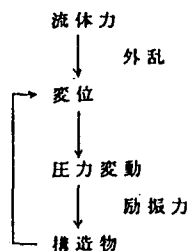
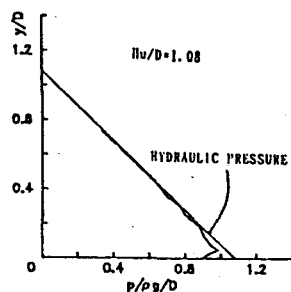


図-2 ゲート諸元および圧力計測点

図-3 圧力とゲートの
応答関係図-4 ゲート前面での圧力
分布の状況(自由流
出時, $H_u/D=1.08$)

ここで実験結果より、振動時の水平加速度と圧力の位相差はほぼ -30° 程度の値にまとまっており、鉛直加速度と圧力の位相差も、値はこれと比較して -15° 程度ずれているものの(この値は水平加速度と鉛直加速度の位相差である)これと同様の傾向を示した。これより振動時において圧力変動は水平方向、鉛直方向ともに励振力として作用していることがわかる。

以上のように圧力変動が励振力として作用するとき、振動系は閉ループを形成する。

② 潜り流出時

ゲート前面における圧力分布の状況は自由流出時とほぼ同様の傾向を示した。また位相特性より、ゲート前面の圧力変動は振動時であっても、減衰力として作用していることが確認された。これよりゲート上流側の流況は振動にあまり影響を及ぼさないと考えられる。

ゲート下流側では渦が発生しており、この渦が振動に大きく影響を及ぼしている。以下でゲート下面での流れと外力の特性についてまとめてみる。

ビデオ解析の結果より、下流水深が大きいほど、リップから剥離した流れがゲート面に付着するまでの距離が短くなることが確認された。一方、ゲートが振動しないときには、付着点が存在したりしなかったりした。このことから考えてこの付着するまでの距離が振動に影響を及ぼすと考えられる。

図-6にゲート下面での圧力の分布状況を示す。これよりゲート下面全域において圧力低下が起こっていることが確認されたが、これは渦の作用によるものである。このうちでも、リップに近い領域では圧力低下が顕著であった。したがって、この領域では強い渦が発生していると考えることができる。また実験結果より、圧力変動の振幅は下流水深が大きくなるにしたがって大きくなることが確認された。これは振動の挙動と同様の傾向を示している。

ゲート下面での鉛直加速度と圧力の位相差を図-7に示す。この図においては 180° より上側が励振域、下側が減衰域である。圧力変動が励振効果を示しているのはリップに近い領域においてであり、リップから離れた領域ではむしろ減衰効果を示している所もある。

以上の結果より、ゲートの振動は下流側のリップ近くの外力特性に大きく影響されると考えられる。

4. おわりに 今回の実験により自励振動時にゲート面に作用している外力が計測された。今後は振動を定式化するために、得られた外力を速度成分と加速度、変位成分に分解する必要がある。

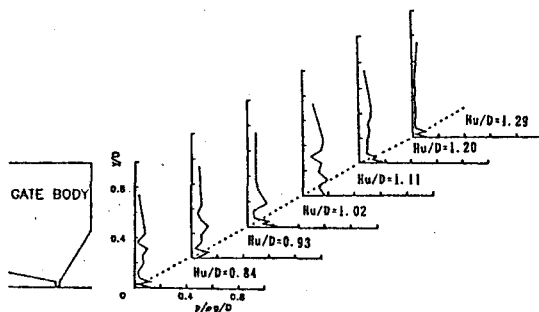


図-5 ゲート前面での圧力変動の振幅(自由流出時)

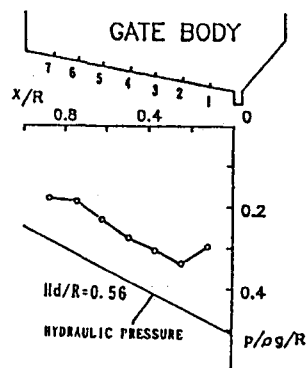


図-6 ゲート下面での圧力分布の状況(潜り流出時, $Hd/R=0.56$)

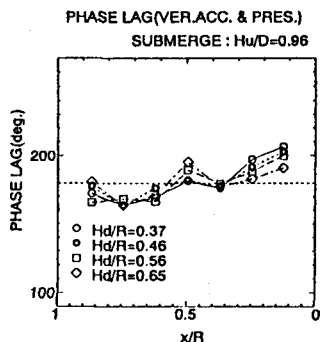


図-7 ゲート下面での鉛直加速度と圧力の位相差(潜り流出時)