

二次元模型による長径間ゲートの振動特性に関する研究

京都大学工学部 正 員 中川 博次

京都大学大学院 学生員 畑 明仁

京都大学大学院 学生員 〇守安 邦弘

1. はじめに 河川に設置される長径間シェルゲートは微小開度で振動が発生することが知られている。ゲートの径間がゲートの高さに比べて長いため、流下方向に対して柔らかい構造となり振動時には鉛直振動だけでなく流れ方向のたわみ振動を起こしてしまう。これは扉体の安全性に関わり社会的問題になることがある。本実験ではこうした長径間ゲートの振動特性を2次元模型を使って実験することにより明確化することを目的としている。

2. 実験の概要 模型ゲートは原型ゲートとの間に以下の3つの相似関係を満足するように設計されている。

①ゲート断面の幾何的相似。(縮尺比 $n=1/7.5$) ②径間についてはゲート単位長さ当りの質量相似。③ゲート剛性については固有振動数のフルード相似。

ゲートの断面形状はその違いによる振動特性の違いを比較するため図1に示す3種類のものを用い、順にA型、D型、E型と呼んで区別する。ゲート模型は水路中に図2のようにバネ支持され、鉛直、水平方向に弾性を持っている。実験は本年度は許容たわみ 1/500で、昨年度は1/180で行い、バネの強さを変えている。

実験の手順は以下の通りである。ところで、ゲートの振動特性は下流側が自由流出であるか潜り流出であるかによってその振動特性は大きく異なるが、今回は自由流出についてのみ取り扱った。

予備実験 ゲート振動実験を行う前にゲート開度を 1cmに固定して3種類のゲートそれぞれについて空气中及び水中の鉛直、水平方向の固有振動数を測定した。

振動実験 3種類のゲートそれぞれについてゲート開度、上流水深、下流水深を変えながら実験を行い、それぞれの実験条件の下で振動周波数、振動振幅を測定した。

3. 実験結果とその考察 以下に必要な応じて

図面を示しながら結果を説明していくが、記号については次のように決めている。ちなみに、図面はすべて鉛直方向は上方を正に、水平方向は上流側を正にとっている。

Hu: 上流水深

fn: ゲート固有振動数

f: ゲート振動周波数

s: ゲート開度

ver: 鉛直方向

hor: 水平方向

本年度の実験結果を上流水深、ゲートの開度によって整理し簡単にまとめると次のようになる。①振動特性はA、D型ゲートは酷似し、E型ゲートだけ違った性質を示した。A、D型ゲートは水平方向に、E型ゲートは鉛直方向に大きく振動した。②A、D型ゲートのうちでもA型ゲートの方がより広い水利条件で振動した。③A、D型ゲートの振動周波数、複振幅は上流水深とゲート開度の両方に大きく依存

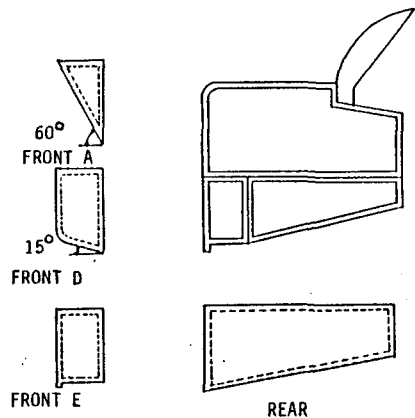


図1 断面形状

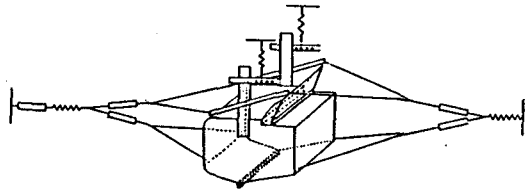


図2 ゲート模型

したが、E型ゲートの場合、上流水深にはほとんど依存せず、ゲート開度のみに依存した。

ところで、予備実験に近い比較的大開度での上流水深に対する振動周波数の変化と予備実験での固有振動数の変化を比較したものを図3に示すと、ゲートは鉛直と水平の固有振動数が一致するような上流水深で振動し始め、かつ、そのときの振動周波数は固有振動数付近の値であることがわかる。

昨年度の実験結果を本年度と同様にまとめると次のようになる。①A型ゲートは広い水理条件で振動したが、D、E型ゲートは狭い水理条件でしか振動しなかった。②A、D型ゲートは低い上流水深に対しては水平方向にのみ大きく振動したが、上流水深が高くなるにつれて鉛直方向にも大きく振動し始めた。また、E型ゲートも水平方向に大きく振動した。

本年度と昨年度の実験結果を比較し、互いの類似点と相違点を以下にまとめてみる。類似点としては①A型ゲートが最も振動しやすい形状である。②A、D、E型ゲート全て、固有振動数付近の振動周波数で振動している。しかも、その振動は鉛直方向と水平方向で連成している。③いずれのゲートも微小開度、高い上流水深という水理条件の下で振動しやすい。相違点としては①E型ゲートの振動特性が大きく変わった。本年度の高剛性ゲートでは鉛直方向が卓越した振動であったが、昨年度の底剛性のゲートは水平方向が卓越した振動であった。

本年度、昨年度と剛性を変えて実験を行ったが、E型ゲートの振動特性がそれに従って大きく変化したことよりゲートの剛性と形状の両面からゲート振動を考えていかなければならない。

以下に今までに得た結果から考えられる振動のメカニズムについて述べてみる。振動を発生させる原因はゲートの下を通過する流量の変動であると思われる。流量の変動はゲート周辺部に圧力変動を起こし、それがゲートを振動させる外力になっていると思われる。また、ゲートは鉛直、水平方向に同じ振動周波数で振動し、ゲート上流側の水面変動はゲートの変位の周期の2倍の周期で変動していることが確認されたが、このことよりこの3つの動きは連成していることがわかる。即ち、ゲートの振動、その周辺部の流れの変動と流量の変動がループを形成していると考えられる。

以上のことからゲートの振動を防ぐ方法を考える。ゲート振動は連成振動であるので、可能であれば鉛直方向の固有振動数と水平方向の固有振動数が一致しないようにゲートの鉛直、水平方向の剛性を調整するか、ゲート上流側のゲートから近いところにゲートの振動周波数の整数倍と決して重ならないような周期を持つ波を立てて水面変動を乱すとかすればこうした連成振動を防ぐことができるのではないだろうか。その他の方法としては、振動が発生しにくい形状でゲートをつくるのが考えられる。また、複数の防振方法を組み合わせればより大きい効果が期待できるのは言うまでもない。

4. おわりに 今後更にゲート振動を解明するために以下のことに注目していくつもりである。①ゲート振動は連成振動なので、その連成の仕方。②振動方程式をたてる上での振動外力とゲート質量の評価③鉛直方向の振動と水平方向の振動をモード解析し、その2方向のモード合成の可能性。

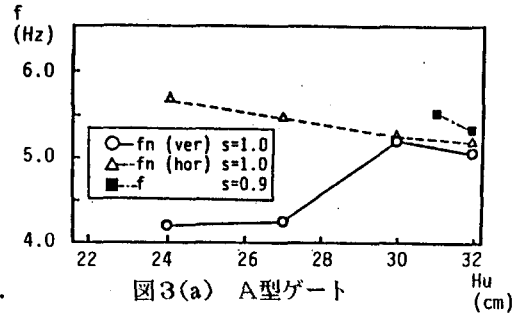


図3(a) A型ゲート

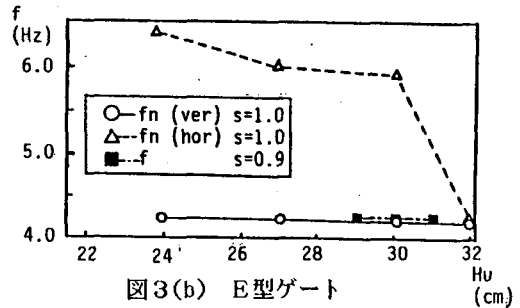


図3(b) E型ゲート