

1) はじめに

フラップゲートの自励振動についての理論解析および一部の実験結果については、すでに本年の水理講演会において発表した、その後、現在までに判明した23の結果についてこゝにまとめて発表する。なお解析は継続中ですので、これも中間報告にならざるをえない。

前報では理論解析との関係より、ゲート越流頂より下流水面の間に波(ナップの脈動)が n 個($n=1, 2, 3, \dots$)入っている事が自励振動の発生条件の1つであることを確認したものであった。今回はそれに引き続いて行なわれたゲートの振動とゲート下の空気の圧力変動を同時にオシロペーパーに記録したものよりの結果と、付加質量について考察したものを示す。

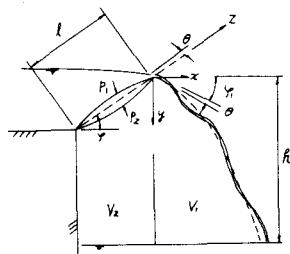


図-1

2) 付加質量について

このゲートの付加質量は流れの中におかれた物体の場合であって、静水中の場合とは異なってくると考えられ、余り解析されていない。今回は実験結果について、空気中での固有周波数 f_a と流れのある所で振動している場合の周波数 f_w との関係によって求めることにした。 f_w は上記理論の結果、自励振動となっている場合には固有周波数となっている事が判っているので、次のような関係式によって求めることにする。

$$2\pi f_a = \sqrt{\frac{k}{M} \frac{\bar{\ell}^2}{\ell^2}}, \quad 2\pi f_w = \sqrt{\frac{k' \bar{\ell}_0^2}{(M+M') \ell^2}} \quad (1)$$

k は板パネのバネ定数であり、 M はゲートの質量である。 k' は k の他にゲート下面下の空気によるバネ定数を加えたものである。が今回は、これは k に比して小さいものとして省略して求めた。 M' が付加質量である。 $\bar{\ell}$ 、 $\bar{\ell}_0$ は質量の中心とバネへの連結系の取付け位置までの支点からの距離である。

$$\frac{M'}{M} = \left(\frac{f_a}{f_w} \right)^2 - 1$$

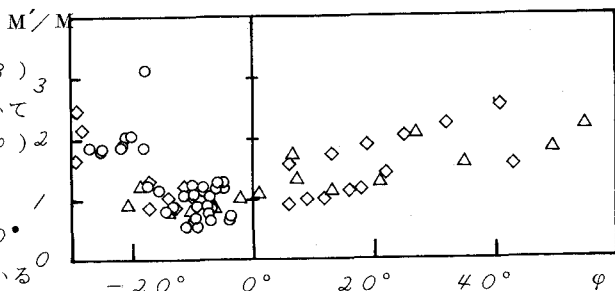
$$M = 1.18 \text{ kg}, \quad B = 40 \text{ cm}, \quad l = 20 \text{ cm} \quad (2)$$

ゲートの表面全体に等分布しているとすれば

$$\frac{M'}{B\ell} = M \left[\left(\frac{f_a}{f_w} \right)^2 - 1 \right] \quad (3)$$

となる。昭和50年度に行なった実験結果について、これらの式によって求めた値をゲート開度(φ)との関係でグラフにしたのが図-2である。

この図をみると判るごとく $\theta = 10^\circ$ より 50° までは付加質量が一様に増加する傾向を示している。また -10° 以下では逆に角度が減少すれば付加質量が増加する傾向を示している。ゲート上にある水は、ゲート表面上を流れる高速水流であるため、体積にしたら大きなものではない。この事を考える



$$M' = (\text{図-2の縦軸のよみ}) \times 1.4758 / \text{cm}^2$$

と高速水流に接した物体の運動を扱うときには、かなり大きめの付加質量を考えなければならないかもしれない。

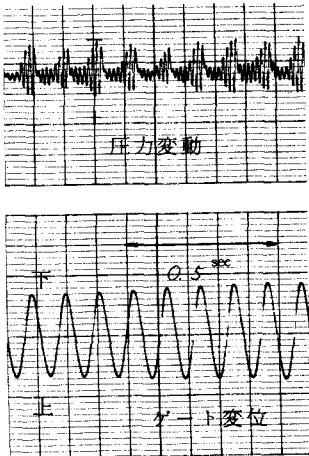
3) 振動波形と空気室の圧力変動の波形

ゲートの振動とゲート下の空気室の圧力変動を同時にオシログラフに記録してみた。その代表的なものを3種類に分類して図-3に示してある。Aは $\varphi = -8^\circ$ で $f_w = 1.029 \text{ Hz}$ の場合であって、圧力変動も比較的Sin曲線に近いケースである。これは先の理論解析に近い現象であると考えてよい。Bは圧力変動が衝撃的に加わる場合で瞬間的に加わっていて、圧力変動が圧力変換器の固有振動で減衰を示していることが良く判る。Cはこのタイプがさらに変わって(+)の方向にも(-)の方向にも圧力変動が表われてくる場合である。これは $\varphi = 25^\circ$ 、 $f_w = 8.15 \text{ Hz}$ の場合である。なおBは $\varphi = -33^\circ$ 、 $f_w = 8.93 \text{ Hz}$ の場合である。このB、Cのタイプのものは先の理論解析に一致しない現象である。したがって自励振動でも先の理論解析モデルと異なるタイプのものが存在することが判る。

この昭和50年度のデータをもとにして水の落下時間と、ゲートの固有周期Tとの関係をプロットしたのが図-3である。n = 1.2...の附近にある点とn = 1.5附近にある点とがあることが判る。さきのAのグループのものはn = 2の線の附近に集中しており、B,Cのタイプのものはn = 1.5の附近に集中している。このことより前者は前報告の解析モデルと同じであり、後者はこれと違うタイプのものと考えなければならない。これはオシログラフを見ると判るごとく、Bタイプのものでは、ゲートが下り始めて中立軸を通過しようとするときに衝撃的な負圧となる力が作用している。またCタイプのものはさらに(正)、(負)のくりかえしの圧力変動がゲートの最上昇点附近で発生している。これらの力の変動も当然Aタイプのものと同じく、ナップの形の変化によっていると考えられるが、これはAタイプのような体積変化ではなく、水脈の変形が大きくなって、それが下流水面に落下するときに発生する圧力変動によるものと考えられる。

この点についても現在、解析モデルを考えているので、まともらしい機会をみて発表したいと考えている。

「フラップゲートの自励振動について」本間 仁、萩原国宏。水理講演会(昭和50年2月)論文集, p. 197.



Bタイプ

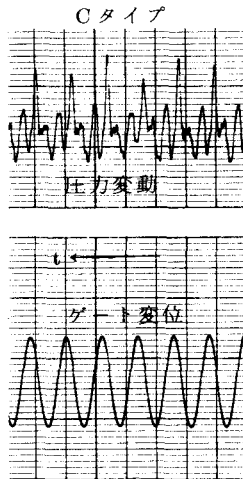
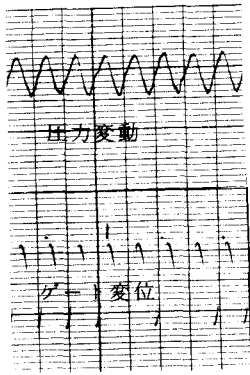


図-3



Aタイプ

各図とも上が圧力変動で下がゲート変位である。記録スピードは2 cm/secであり、圧力変動は上が+である。ゲート変位は上が下向きの運動である。