

II - 307

長径間シェルゲートの下端放流に伴う振動現象に関する研究

三菱重工業㈱ 正員 平野晴彦
建設省土木研究所 正員 柏井条介
建設省土木研究所 正員 薬師寺公文

1. はじめに

河川ゲートに使用されているシェル構造鋼製長径間ゲートの振動に関しては、従来から多数の基礎研究・実験が行われてきている。しかし、下端放流時の強制振動に関しては現象・原因が曖昧な点が多く実用されているゲート形状に適用した例は少なく適用方法も確立されていない。そこで本研究では、従来行われてきた研究・実験を基に実用ゲートの振動特性を求める方法を検討する。

2. 実験方法

今回用いた実験方法は流水によってゲートモデルを振動させる方法ではなく、ゲートモデルを強制的に加振してそのときのゲート周囲の圧力応答を調べるという強制加振法を用いた。実験の流れを図-1に示す。実験は、放流量実験でゲートの流量特性を調べると共に静止状態での流水圧力を測定し、付加質量実験でゲート振動時の付加質量を求め、付加質量と設計データからゲートの水中固有振動数を求める。その後、強制加振実験を行い圧力応答を調べることにより危険水位・振動発生条件等を求め、ゲートの水中固有振動数と照らし合わせてゲートの振動発生可能性の有無を判定する。図-2に今回実験に用いた縮尺1/10の模型外形図及び圧力測定点を示す。強制振動を与える起振機及び各測定器構成は、図-3のとおりである。

3. 実験結果

(1) 付加質量実験

付加質量実験は図-4(a)に示す機構にて、模型の空中における共振振動数 f_a 及び水中における共振振動数 f_w を求め、付加質量を算出することにより、ゲートの水中固有振動数を求めた。

$$F_{sn} = \frac{n^2 \pi}{2} \sqrt{\frac{EI}{(M_m + M_{om}) L^4}} \quad [n=1, 2, \dots]$$

$$\frac{f_a}{f_w} = \sqrt{\frac{m + m_w}{m}}$$

F_{sn} : 単純支持固有振動数 (Hz)

E : ヤング率 (N/m^2)

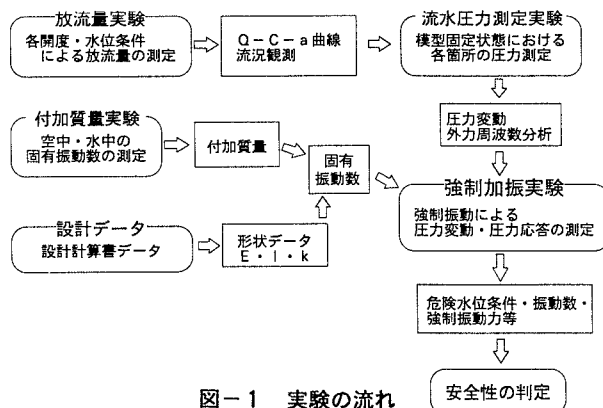


図-1 実験の流れ

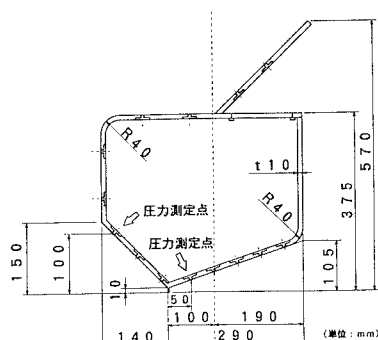


図-2 模型断面形状

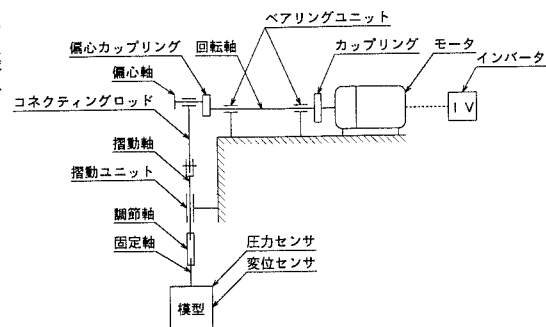


図-3 実験装置構成図

- I : 断面2次モーメント (m^4)
 M_m : 単位長さ当たりの自重 (kg/m)
 M_{om} : 単位長さ当たりの付加質量 (kg/m)
 L : 支持スパン (m)

図-5にその結果を示す。図中区間Aでは流況は自由流出であり、付加質量に影響を与えるのが上流側下面水のみであるため $f_a/f_w \div 1.1$ で一定値をとる。また区間Bでは流況は潜り流出に変わり下流側下面水の影響により付加質量は増大する。しかし区間Cになると下流側下面は完全に没水状態になるため水位比が増大しても振動数比は一定値 $f_a/f_w \div 1.37$ をとる。この結果は付加質量がゲート底面の投影面積に関係していることを示し、この付加質量より水中固有振動数が求められることができる。

(2) 強制振動実験

本実験では図-4(b)に示す機構にて模型を強制的に加振し、その強制変位に対する圧力変動を測定することにより、流れが振動系に及ぼす作用を明らかにした。流水中における振動系の強制変位と流体力の変動の関係は、正減衰作用の場合流体力は変位に対して遅れ位相をとり、負減衰作用の場合は進み位相をとる。よって、種々の状態において変位と圧力の変動を調べることににより、振動系が流体力に対して減衰状態にあるか発振状態にあるかが判定できる。但し、発振状態にあったとしても振動系のもつ減衰力の大小によって実際に発振するかが決まるので本方法は発振する可能性を見つけるという意味で安全側の判定ができるといえる。図-6に今回の実験において負減衰作用を示している例を示す。

4. まとめ

今回の実験により、強制振動法を用いてゲートの振動特性を求める方法を実証することができた。本方法によって強制変位に対する圧力変動が負減衰作用を示す領域が特定でき、ゲートの剛性・減衰特性によっては発振現象に移る可能性があることがわかった。この負減衰作用は主に下流水の波動によるゲート下面の圧力変動によるものと考えられる。

参考文献 今村健二他：強制加振実験法によるゲートの自励振動発生限界把握研究：土木学会論文集

上田幸彦・萩原邦宏・角哲也：長径間ゲートの振動に関する基礎的解析：水門鉄管

- f_a : 模型空中共振振動数 (Hz)
 f_w : 模型水中共振振動数 (Hz)
 m : 模型重量 (kg)
 m_w : 模型付加質量 (kg)

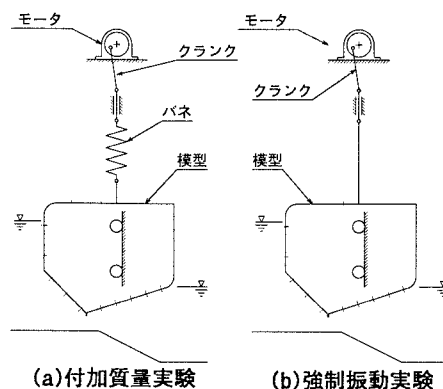


図-4 実験機構図

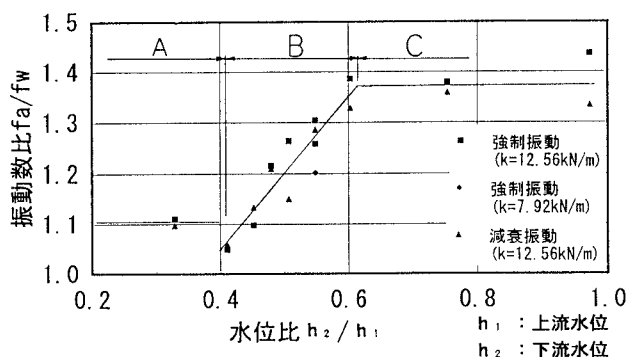


図-5 下流水位変動に伴う共振振動数比の変化(開度5cm)

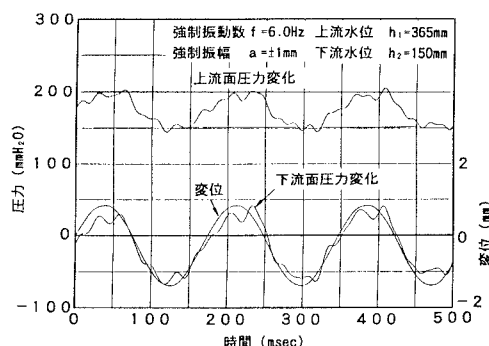


図-6 強制振動に伴う圧力変動の一例