

[1] はじめに

筆者等はスルースゲートの振動（特に越流と流出を同時に許す場合の振動）について、ゲートをバネで支持した一質点系の振動現象として実験解析を行って来た。しかしながら板バネの強さを変える事によって発生振動がかなり異なってくる事がわかって来たので、振動の模型実験をする場合の振動系の相似性をどの様にすれば良いか若干の検討を加え実験を行なってみたのでここにまとめて報告するしだいです。ここに行なったのは円柱ゲートであるが、最近の巻スリゲートは扉高と扉厚が同程度になっているので基本的な意味を考え円柱ゲートを使用した。

[2] 振動の相似性についての検討

ゲートの振動系を図-1のごとく考えるとき、振動方程式は

$$(M+M') \frac{d^2 z}{dt^2} + R \frac{dz}{dt} + Kz + F = P(z, t) \quad (1)$$

M' は附加質量、 $P(z, t)$ はゲートに働く圧力変動の鉛直成分の合力（例：は $\int p \sin \theta \frac{D}{2} \cdot B d\theta$, B はゲート巾）

流れの条件はベルヌイの定理を満足するとすれば

$$\frac{dp}{\rho} + \frac{dV^2}{2} + d(gz) + d\left(\frac{\partial \psi}{\partial t}\right) = 0 \quad (2)$$

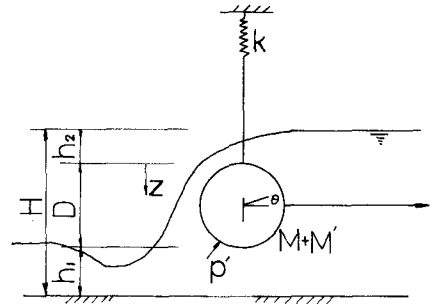


図 - 1

図式による流れの相似則はFroudeの相似則故、鉛直方向の流れの方向の縮尺は K_R 、時間 t の縮尺は K_t 、速度 V の縮尺は K_V 、水路巾の縮尺を K_B 、流量の縮尺を K_Q とする。圧力の縮尺は K_P とすれば

$$K_V = \sqrt{K_R}, \quad K_t = \sqrt{K_R}, \quad K_Q = K_V \cdot K_R \cdot K_B = K_R^{\frac{3}{2}} \cdot K_B, \quad K_B = 1 \text{ (この実験では)}, \quad K_P = K_R, \quad (3)$$

次に(1)式について相似関係を求めると、

$$K_M \cdot \frac{K_z}{K_R^2} = K_R \cdot \frac{K_R}{K_t^2} = K_R K_R = K_F = K_P' \cdot K_P \cdot K_B, \quad K_D = K_R, \quad K_B = 1, \quad K_z = \sqrt{K_R} \text{ を考えると}$$

$$\frac{K_H}{K_R} = \frac{K_K}{\sqrt{K_R}} = K_R = \frac{K_F}{K_R} = \frac{K_P' \cdot K_R \cdot K_B}{K_R} \quad (4)$$

この内、 K_H は模型製作上決まって来るので既知量 K_H, K_R と他の任意量より未知の K_K, K_R, K_F, K_R, K_P' は4量を定める事になる。この量の内 K_R, K_R, K_F は適量に合わせる事ができるが、 K_P', K_R は流れ又は振動より決まる量である（とてえにくい量である。ここでは1)の仮定として $K_P' = K_P = K_R$ とする）

$$K_R = K_H \cdot \sqrt{K_R}, \quad K_R = \frac{K_H}{K_R}, \quad K_z = \frac{K_R^{\frac{3}{2}}}{K_M} K_B, \quad K_F = K_R^2 \quad (5)$$

となる。又固有振動数の縮尺比は $K_f = \sqrt{\frac{K_R}{K_H}} = \frac{1}{\sqrt{K_R}}$ となる事がわかる。模型に同一材料を使った場合には $K_H = K_R^2 K_B$ 故 $K_z = K_R$ となる。

[3] 実験結果

実験は模型(直径 $D=10, 7.5, 5\text{ cm}$ で重量 $W=2.85\text{ kg}, 2.0\text{ kg}, 1.1\text{ kg}$, 長さ $B=59.6\text{ cm}$)

3種について $h/D=1.75$ で下流水深はセキ上げのない場合について $h_0=3.09\sim 13.2\text{ kg/cm}$ までの板バネ3種を用いて振動状態を調べてみた。振動の大きさはバネの固さによってかなり様相が異ってくる事が図-2より判る。このようにゲート支持条件で振動がかなり異なる事がわかるので、逆に似たような振動状態を示すケースを $D=10, 7.5, 5$ の各場合より2~3づつさがしDで除し無次元化して表示したのが図-3である。この場合の卓越周波数及び最大振りを調べてみるとそれぞれ表-1のごとくなっている。

今 $D=10$ の場合に対し $7.5, 5$ を模型、 7.5 に対し 5 を模型と考え表-1より各比を求めると表-2のごとくなる。一先この結果について先の相似則との結果と比較してみよう。ゲートの附加質量としてゲートの排除した水量を考えて表-2の各場合に相当する K_H 及び K_{H+H} を求めると表-3となる。又図-3の場合に相当する k より k_0 を求め、 $K_{H+H} = \sqrt{k_0 K_{H+H}}$ の計算をし同表中に示してある。この k_0 は固有振動数の増大比である。

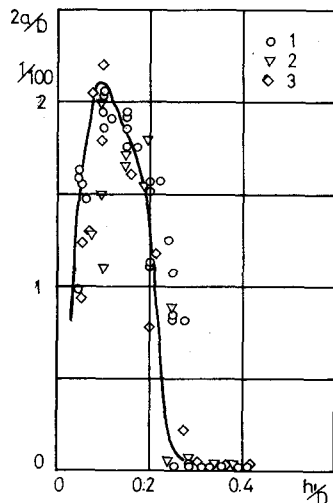
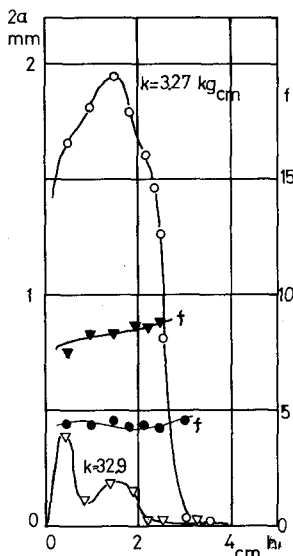
この結果1割程度の誤差を許しても良いと考え、表-2の k_0 と表-3の k_0 は同程度の値であり、なお $k_f = k_0^{-1/2}$ である事もわかる。又この実験に使用した模型では $k_H = k_0^2$ とは完全になっていない。そこで(5)式の $K_2 = K_0^2/K_H$ によって計算すると表-3の K_{2a} のごとき値になってくる。これと表-2の K_{2a} と比較してみるとかなり異なった値をとっている事がわかる。それは図-3からも判るごとく振りの測定値はかなり散らばっており、どれをとるかによってかなり異なった結果になる事が考えられる。

それに本実験では K_H 及び K_f について(5)式に相当する相似則を満たすような相似則を全く行っていない事と $k_f = k_0 = k_H$ とした点にも疑問があるので振りまで十分に相似させる事は無理であると考えられる。しかしながらこの問題の考えているような固有振動系が関連した自励振動の現象ではゲートの動き自体が振動外力を規制すると考えられるので K_f, K_{2a} 共に満足するようにすべきであると考え。が少なくとも固有振動の振動数の相似性を保たせれば、出てくる振動がかなり似たものになる事が図-3の結果より判る。

それに本実験では K_H 及び K_f について(5)式に相当する相似則を満たすような相似則を全く行っていない事と $k_f = k_0 = k_H$ とした点にも疑問があるので振りまで十分に相似させる事は無理であると考えられる。しかしながらこの問題の

考えているような固有振動系が関連した自励振動の現象ではゲートの動き自体が振動外力を規制すると考えられるので K_f, K_{2a} 共に満足するようにすべきであると考え。が少なくとも固有振動の振動数の相似性を保たせれば、出てくる振動がかなり似たものになる事が図-3の結果より判る。

なお本研究は昭和43年度の文部省科学研究費(試験研究費)の援助と東洋大学工業技術師会会員の研究援助金の一部を使わせていただいた事を記し謝意を表したいと思います。又実験は昭和44年3月の卒業生、生方知之君に手伝っていただき同君の卒論よりデーターを引用いたしました。



D	10	7.5	5
f	5.04	5.89	7.2 cycle
2a	2.18	1.84	1.04 mm

表-1

K_D	0.75	0.5	0.66
K_f	1.17	1.43	1.22
K_{2a}	0.844	0.486	0.575

表-2

K_M	0.702	0.386	0.550
$K_{M'}^2$	0.664	0.303	0.456
K_k	0.833	0.666	0.800
K_{f_0}	1.09	1.48	1.32
K_H	0.75	0.5	0.66
$\sqrt{K_f}$	1.15	1.41	1.22
K_{2a}	0.635	0.412	0.647

$$K_{f_0} = \sqrt{K_k / K_{H+H}}$$

$$K_{2a} = K_k^2 / K_H$$

表-3