

II-257 振動するゲートに作用する非定常流体力の実験研究

三菱重工業(株)高砂研究所
 三菱重工業(株)横浜研究所
 三菱重工業(株)横浜製作所

正員 今村 建二
 大久保 精二
 金子 徹

1. 緒言 本研究は、ゲートの自励振動発生限界の研究に、強制加振法による非定常流体力研究法を適用することによって、正減衰域と負減衰域とを明確に判定し得る目途を得たことを示すものである。

2. 理論の概要¹⁾ 図-1は、流れのなかで振動している物体(同図では円柱を例示した)に作用する非定常流体力の特性を概念的に示したものである。物体の変位を $y = a \cos \omega t$ と表す。その振動状態下で物体に作用するいわゆる非定常流体力は、強い周期性を有していることが想像され、その周期は、ほぼ振動している物体の周期と等しいと考えられる。そこで非定常流体力を $F = L \cos(\omega t + \beta)$ と表す。 β は F と y との間の位相差である。 β が進み位相のとき、 F は振動系に対して正の仕事をする。すなわち、非定常流体力が、系に負減衰力作用をさせて振動を発生させる特性を有する。 β が遅れ位相のときは正減衰作用を有し、系は安定する。

3. 実験装置 図-2に説明を示す。図-2(a)の状態では、模型がローラベアリングで流れ方向に支持され、かつ上下方向に運動可能となっている。模型ゲートは、外部からモータとクランクで上下に強制加振される。ゲートの底面には圧力センサがとりつけられており、強制加振時に、ゲート底面に作用する水圧の変動特性を把握することができる。図-2(b)は、模型ゲートをバネで吊った状態であり、自由振動実験に供する。

4. 実験結果 4-1 負の減衰域 図-3は、自由振動実験において振動が発散した現象の記録及び変位とゲート底面の圧力変化位相差解析結果の例である。図-3(b)の変位と圧力変化記録をみると、圧力変化が変位に対して進み位相を有していることを見ることで

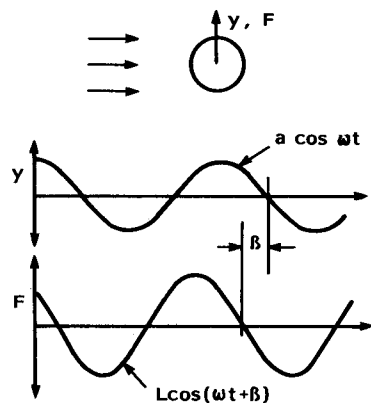


図-1 非定常流体力の概念

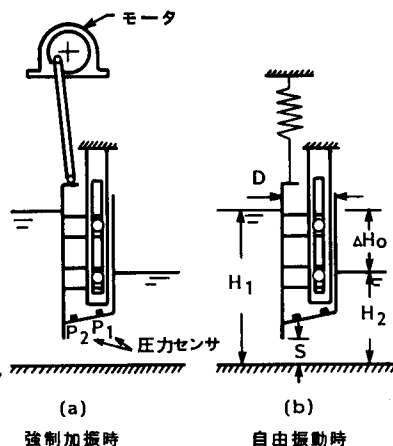
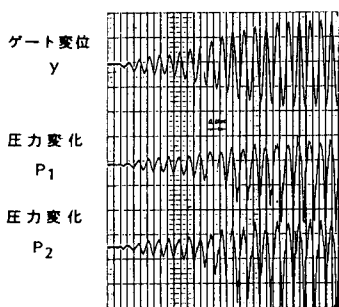
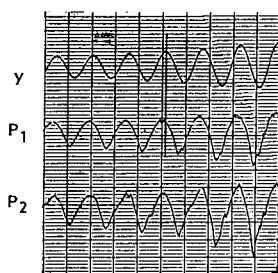


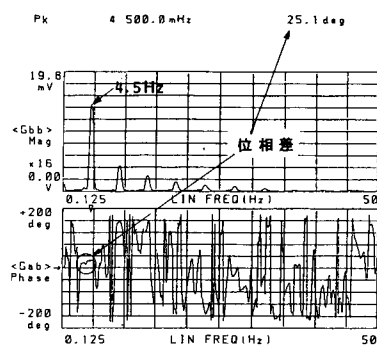
図-2 実験装置説明図



(a) 振動発散記録



(b) 発散過程

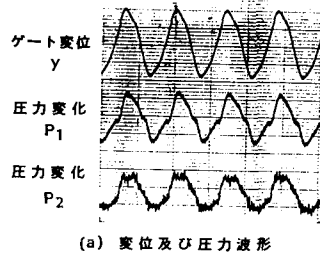


(c) 位相差解析

図-3 負減衰特性例

(水位 ; $H_1/D=12.1$, $H_2/D=3.4$, ゲート開度 ; $S/D=0.36$; 記号は図-2参照)

きる。その位相差を解析した結果が図-3(c)である。図-3(c)の上部の図はゲートの変位波形の周波数スペクトルであり、ゲートは固有振動数(この試験では4.5 Hzであった)で振動している。図-3(c)の下部の図は、ゲートの変位波形とゲート底面の圧力変化波形との間の位相差解析結果である。但し、図-2(a)の P_1 を例として採用している。図-3(c)下部の図において、ゲートの振動数の4.5 Hzの振動数に関し、変位と圧力変化との間には安定した位相差があることを見る事ができる。その位相差の解析値は、図-3(c)上部右上に示すごとく+25.1 degであった。すなわち圧力変化波形が変位に対し、上記の進み位相を有していることが解析された。これは非定常流体力が負の減衰作用を有していることを示している。その負減衰作用によって、この実験では振動が発散したわけである。



(a) 変位及び圧力波形

図-4 正減衰特性例

$$\left[\begin{array}{l} H_1/D=7.5, H_2/D=6.4, S/D=1.0 \\ \text{記号は図-2参照} \end{array} \right]$$

4-2 正の減衰域

前述の振動発生状態に対し、バネ定数を高めて固有振動数を高めるとか、あるいはゲート上下流の水位差を小さくして流速を小さくする等の条件変更をほどこすとゲートは振動しなくなる。そのように、図-2(b)様の自由振動実験装置では振動が生じない動作域に対しては、実験装置を図-2(a)様に変更し、強制加振して変位と圧力変化との位相差解析を行なう。そのような試験における振動波形記録及び位相差解析結果の例を図-4に示す。図-4(a)において、圧力変化が、ゲート変位に対し遅れ位相を有していることを見る事ができる。また、図-4(b)において、それは-31.3 degであることを見る事ができる。すなわち、この条件では、非定常流体力は正減衰作用を有していることを示している。

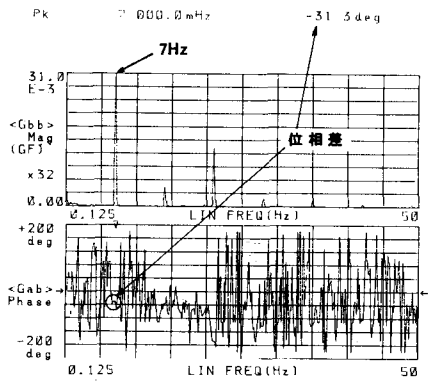
4-3 正・負減衰の分岐点及び減衰力の大きさ

図-5はゲート開度及び上下流水位を一定にしておき、強制加振振動数を変化させた場のデータの例である。図-5(a)に示すごとく、位相差が負から正へ移行する状況が明確に把握されており、正・負減衰の分岐点を明確に知ることが出来る。つぎに減衰力の大きさは、非定常流体力の理論によれば $L \sin \beta$ (記号は図-1参照)である。今回の実験では $L \propto \Delta H$ (ここに ΔH はゲート底面の圧力変動振幅)と考えられるので、図-3(c)に $\Delta H \sin \beta$ の値を極座標で示した。(4Hの値は図-5(b)参照)この条件では $V_r \approx 8$ に負減衰のピークがあることがわかる。

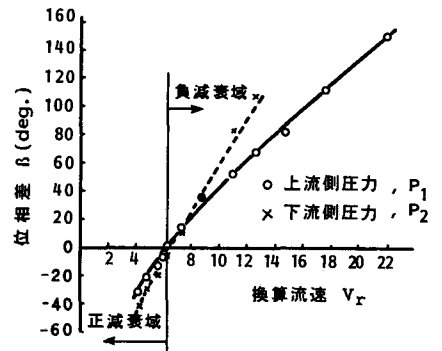
5. その他

非定常流体力特性は、ゲート開度、水位、振動振幅等の影響をうけて変化する。それらの要因の影響報告は講演にて示すほか別報で示す。

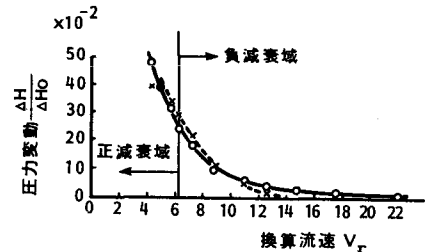
参考文献 1) 例えば岡内他『耐風構造』丸善株式会社



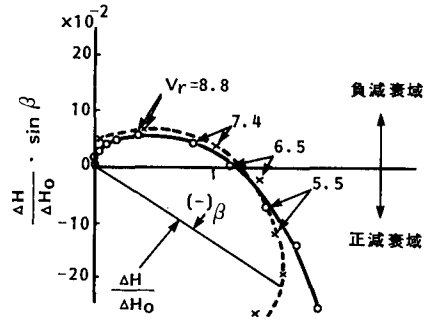
(b) 位相差解析



(a) 位相差の換算流速に対する変化



(b) 圧力振巾の換算流速に対する変化



(c) 減衰度の極座標表示

図-5 正・負減衰分岐点把握例

$$\left[\begin{array}{l} \text{換算流速 } V_r = \sqrt{2g \Delta H_0 / fD} \\ f: \text{加振振動数 (Hz)} \\ H_1/D=9.8, H_2/D=3, S/D=0.36 \end{array} \right]$$