

○東工大 工学部 椎貝博美

AIT

CHING-DANN JUANG

1. 概説

質量変化を伴う振動系が、あまり応用力学上でてきめいなのは、現実にこれに相当する物理的な現象がないためと考えられる。その中であつて附加質量を伴う振動は、質量変化を伴う振動系の貴重な一例であると考えられる。

自由振動の場合には、質量変化を伴う振動でも、あるいは、バネ定数と抵抗係数が同時に変化する振動でも本質的な相違はない。しかし、強制振動の場合は両者は非常に異なつた性質を示すものと考えられる。この意味から、たとへ形式的にでも、質量が場所の関数であるような振動系の実例は貴重なものである。この論文では、そのような具体的例についていくつかの考察を行なうものである。

2. 水中の振動

図-1のように、流体中において物体が、壁面なり何なり、何かの境界のそばで運動するときは、附加質量が壁からの距離の関数となるから、物体の質量そのものは不変であつても、結果として、質量変化を伴う運動となる。これについては、すでに、椎貝、河野、あるいは沢本等の具体例についての報告がある。今、物体が球であるとし、 K , C の定数を有する振動系であるとすれば、その方程式は

$$(M+m+\frac{3}{8}\frac{m\omega^2}{F^3})\ddot{X}+C\dot{X}+KX=F(t) \quad (1)$$

となる。 M は球の質量、 m は壁がない時の附加質量、 A は球の半径、 r は球の中心と壁との間の距離である。

(1)式を適当に無次元化すると、

$$\left[1+\frac{R}{(A-X)^3}\right]\ddot{X}+C\dot{X}+KX=F(t) \quad (2)$$

となる。 $R=3m/8M$, $A=r_0/A$ 等である。(2)式の諸量はすべて無次元化されているので、今後は式(2)について考察を進める。

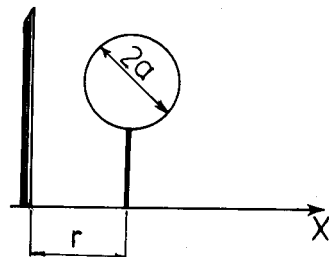


FIG. 1

3. 特性

(2)式は非線形振動であり、特異点をもたない。従つて、定性的には非常に変わったものであるが、定量的には取扱いは容易である可能性がある。まず1に考えられる解法は、 R が1より小さいとして擾動法を用いるものである。 $X=X_0+RX_1+R^2X_2+\dots$ とおき、解を求めると、

$$X_0=\frac{F_0}{\sqrt{(\omega^2-9)^2+45^2}}\cos(9t-\alpha), \quad C=25, K=\omega^2, F=F_0\cos 9t, \alpha=\tan^{-1}\frac{25}{\omega^2-9} \quad (3)$$

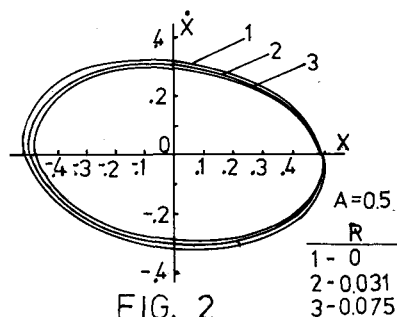
$$X_1=\frac{A_0 9^2}{\sqrt{(\omega^2-9)^2+48^2}}\cos(9t-2\alpha)+\frac{3A_0^2 9^2}{2A\omega^2}+\frac{3}{2A}\frac{A_0^2 9^2}{\sqrt{(\omega^2-49)^2+165^2}}\cos 2(9t-\alpha-\delta) \quad (4)$$

ただし、

$$\delta = \tan^{-1} \frac{4.58}{\omega^2 - 4.9^2}, \quad A_0 \div X_0 \text{ の振幅}$$

これらの解を用いて、位相平面を作ると、図2のようなになる。この場合にはもちろん自由振動であるが、運動はすべて、安定で周期的であり、非線型性の影響はそれほど大きくない。

又、このような非線型問題については振動法の結果を盲目的に信用することは危険であるので、他の方法を利用して多角的に検討を進めるべきではない。

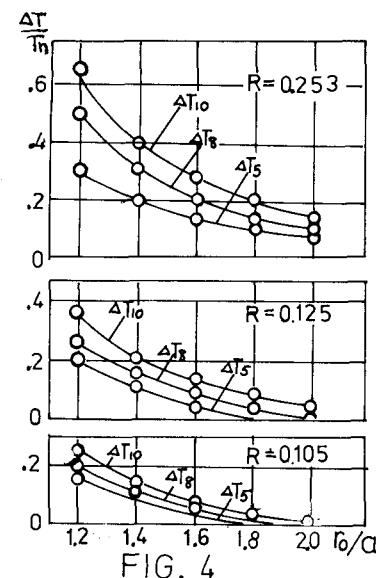
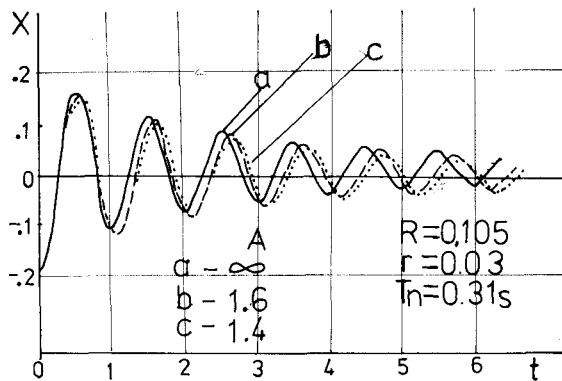


4. 実験

自由振動については多くの場合について、A I Tで実験が行なわれた。図3にはその例を示す。図において、 $A = \infty$ の場合、すなわち、壁の影響がない場合には、周期の移動がないのに対し、壁の位置が近くなると、周期が時間と共に変化して行く。しかし、その変化は、大きくはない。

振動法による解は、一般的に非常によく実験値と一致した。しかし、巨大な構造物に対しても同様に適用できるかどうかについてはなお検討を要する。

図4にはR(附加質量)の効果で、Rが大きいほど、軽い物体と考えるとよい)が変化した時、どの位、自由振動のピーク的位置が時間と共に変動して行くかを示してある。値はすべて実験によって求めたものであるが、振動法によっても同様の結果がえられる。 T_n は壁のない時の固有周期であり、 ΔT は変動量である。又、 ΔT_{10} は、10周期目の変動量である。Rが0.253の時には、変動は65%にも達するが、固有周期の変動は、平均して6%程度であることになる。



5. 結論

このような非線型の振動系は、性質がよく、実験の範囲では、実用上危険な場合の生ずることは発見されなかった。これを元にして、強制振動の場合にも実験、解析を行ない、巨大海中構造物の相互干渉の基礎資料を得ることが本研究の最終の目的である。

6. 参考文献 : SHI-IGAI & Kono, Study on vibration of submerged spheres caused by surface waves, Coast. Eng. in Japan, Vol.12, 1969. その他