

波浪中における没水球体の運動特性

熊本大学

佐世保重工 (株)
運輸省第四港湾建設局

正員	滝川	清彦
正員	山田	文好
正員	児玉	史光
正員	筒井	泰男
正員	川野	泰広
○学生		

1はじめに

近年、沿岸海域の有効利用とともに海岸構造物の形式も多様化してきている。この様な中で、現在までの建設方法では建設費用等の諸問題から架橋が不可能であると考えられてきた場所に浮遊式橋梁（フローティング・ブリッジ）を利用しようと検討されている。本研究ではその中でも車両が走行する路面が水上にあり、浮体としての機能を持たせるような橋脚が水中にある半潜水橋にメリットがあるとして、図-1のような円柱に球体を組み合わせたモデル（今後、没水体と呼ぶ）を用い、この没水体の運動特性を明らかにしようと言っている。本報告では、線形理論を適用し、作用波力をモリソン式で評価し、球体位置、係留索（針金とチェーン）等の相違による運動の特性について、実験結果と共に発表する。

2 没水体運動の解析

没水体に作用する抵抗として、変位速度に比例する減衰抵抗（主としてジョイント部の摩擦抵抗）と水粒子間の相対速度の二乗に比例する非線形抗力を考慮すると波の進行方向における没水体の振動の運動方程式は(1)式のようになる。¹⁾

$$I \ddot{\theta}_1 = P_m(t) - I' \dot{\theta}_1 - C \theta_1 + Mg \cdot S_{\text{os}} s i n \theta_1 - B \cdot S_{\text{cs}} s i n \theta_1 - D_m(t) \quad (1)$$

ここで、 $P_m(t)$ は外力によるモーメント、 $D_m(t)$ は非線形抗力によるモーメント、 θ_1 は没水体の傾斜角、 I, I' は慣性、付加質量による慣性モーメント、 B は浮力、 C は減衰係数、 $S_{\text{os}}, S_{\text{cs}}$ は支点から重心、浮心までの距離とする。

また係留索をチェーン係留にした場合は、線形近似ができるとして、X 方向では定常漂流力 P_{xc} と水平方向波力 P_{xw} 、Z 方向では鉛直方向波力 P_{zw} 、重力と浮力が水平、鉛直方向張力 T_h 、 T_v と釣り合うのではないかと仮定し(2)式のようになる。

$$P_{xc} + P_{xw} = T_g = T s i n \theta_2$$

$$P_{zw} + \rho g V - (Mg + T_o) = T_v = T c o s \theta_2$$

ここで T_o は初期張力とする。

3 実験方法

実験は長さ 38m、幅 50cm の片面アクリル板 2 次元造波水槽を用い、波高をできるだけ小さく（10cm 以内）を設定して行った。また、没水体の振動はビデオカメラで撮影（シャッタースピードは 1/100(S) に設定）し画像処理をおこなった。（図-3 参照）

4 実験結果と考察

水深を一定 ($h=53\text{cm}$) として以下のようないくつかの条件で実験を行った。

	球体位置 1	係留索
CASE1	28cm	針金
CASE2	38cm	針金
CASE3	38cm	チェーン

表-1 実験ケース

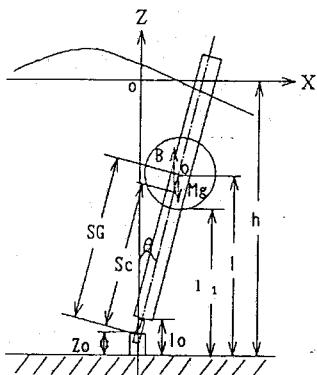


図-1 没水体モデル

$$(1)$$

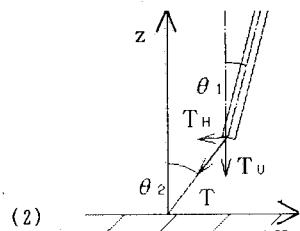


図-2

チェーン係留における係留部略図

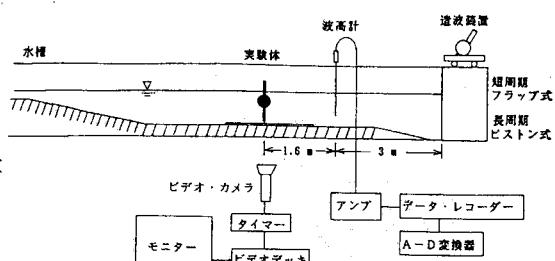


図-3 実験装置

実験値を求める方法は、図-4(a)、(b)の σ は波の角振動数($=2\pi/T$)、 ω_0 は没水体の固有角振動数($=\sqrt{(B \cdot S_o - Mg \cdot S_c)/(I + I')}$)として

$$\theta = 1/\sqrt{1 - (\sigma/\omega_0)^2 + \gamma^2(\sigma/\omega_0)^2} \quad (3)$$

$$\gamma = C/(I + I')\sigma$$

この実験値を図-4にプロットしていく。

図-4(a)、(b)両方において波の角振動数 σ と没水体の固有角振動数 ω_0 がほぼ等しくなる $\sigma/\omega_0 = 1$ の共振現象がみられ没水体の傾斜角が最大になっており、共振地点付近の傾斜角は他の地点と比べかなり大きな値になっている。共振地点以外の傾斜角をみると σ が ω_0 の二倍以上になる $\sigma/\omega_0 > 2$ の領域では、傾斜角が小さく、 σ が大きくなるに従い徐々に小さくなってゆく。しかし、実際の外洋波は長周期であるので、 $\sigma/\omega_0 < 0.5$ になるように ω_0 の値を大きくする必要がある。

図-4(a)は球体位置を変化させて比較したものである。解析曲線をみると共振地点付近では位置を下げるほど傾斜角は小さくなる事がわかるが、長周期($T=2.5(S)$ 以上)ではさほど違いがみられないで球体部が水深の浅いところでとどまると、波高が小さい場合には、水圧が小さくてすみ経済的にする事ができ、球体位置は水面に近い方がよいといえる。しかしながら、異なる浮体モデルでは共振地点以外では $1/h$ が小さい方が傾斜角が大きくなる場合もあり得るので、他の多くの場合について検討する必要がある。

図-4(b)では係留を針金とチェーン一本で係留した場合の比較である。後者は共振地点付近の傾斜角は前者に比べ大きくなる。また、流れ方向の左右に揺れ(長周期運動)が生じるので二、三本で係留する必要があるといえる。

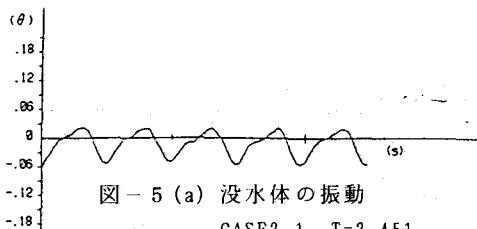
図-5(a), (b)はCASE2における長周期の場合と共振地点付近での没水体の振動を表している。それぞれ振動がマイナス方向に片寄っているが、これは波がこの没水体の特性か、あるいは実験装置(水槽)によるものか、さらに検討を要する。

5 おわりに

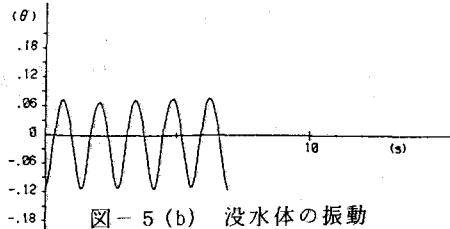
今後の課題として既に述べたように実用化に向けてチェーン係留を二、三本にした場合、上載荷重を加えた場合、非線形抗力を考慮した場合について検討して行きたい。また他のCASEなどについては講演時に発表する。

参考文献

- 椎貝博美・関口定男・星野久雄：ヒンジで支えられた柱状構造物の振動特性、土木学会論文報告集342号、pp. 153-160, 1984.



CASE2-1 $T=2.451$



CASE2-2 $T=1.390$

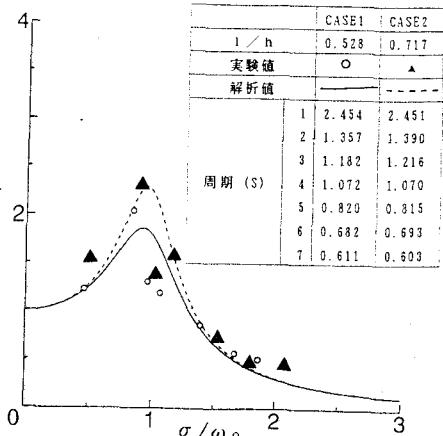


図-4(a) $h=53cm$
没水体の傾斜角と外力の振動数の関係

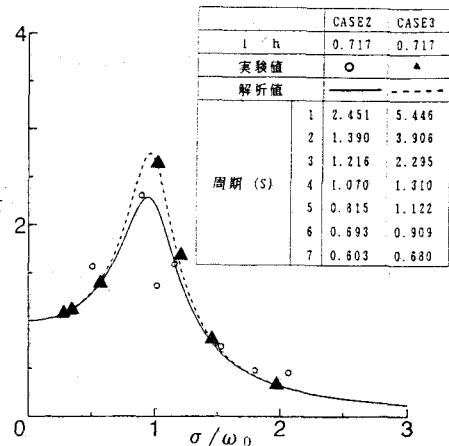


図-4(b) $h=53cm$
没水体の傾斜角と外力の振動数の関係