

円筒構造物を海底にヒンジ支持する場合の波による運動

東海大学工学部 正会員 ○飯田 邦孝
工学部 正会員 浜野 哲造

1. まえがき

近年、沿岸域の開発と設計、施工技術の発達により海洋構造物の設置水深が深くなる傾向がある。それにつれて固定式の構造物は経済的にも技術的にも難しくなり、浮遊式、半浮遊式の構造物が建設されるようになってきた。筆者らは水深30～100m前後の海域において、船舶の係留、海洋作業、海象観測等に多目的に利用できるように施設について研究しているが、今回は大口径の円筒構造物をユニバーサルジョイントで海底のアジャカーに接続するような半浮遊式の構造物をその対象に選んだ。

このような形式の構造物は外力を受けるとき、受ける力を固定式に比べて小さくすることが出来るが、その代わりに構造物自身がジョイントを中心にして動揺し、この動揺を構造物の利用目的の許容範囲内におさめることが設計上重要な項目となる。本実験は規則波を作用させたときの構造物の動揺を物理模型実験により検討したものである。

2. 実験装置と実験方法

実験は長さ30cm、幅0.9m、高さ1mの二次元造波水槽の逆波板より1.5mはなれた位置に円筒構造物の模型を設置した。この模型は直径10cm、長さ70cm、厚さ0.5cmの透明アクリルパイプで水槽の底にユニバーサルジョイントで固定してある。

表1 模型の諸元

区 分	模 型
水 深	60 cm
吃 水	47 cm
ヒンジ深さ	50 cm
重心深さ	31.2 cm
全 重 量	2.07 kg
慣性モーメント	3.38 kg・cm ²
慣性付加モーメント	9.05 kg・cm ²
復元モーメント係数	35.48 kg・cm

模型の運動は水槽の側面と水槽上部に置いたガラス板に目盛をつけ、模型頂部にとりつけた豆電球の軌跡をビデオカメラで撮影・ビデオレコーダーにより再生して解析し、波の波高と周期は容量式波高計とペンレコーダーで測定した。水深は $h=60$ cmとし、周期は $T=0.8\sim 2.0$ 秒、波高は $H=5\sim 20$ cmの範囲の波を作用させ、動揺が定常状態になってから約10波の記録より解析した。模型の諸元は表1の通りである。

3. 動揺振幅の計算法

このような形式の構造物は入射波の方向に縦揺れする一自由度の運動系であり、作用する流体力は2つの成分に分けて考えることができる。

$$(\text{構造物に作用する流体力}) = (\text{波強制力}) + (\text{造波抵抗力}) + (\text{静水圧的復元力})$$

動揺振幅の運動方程式をポテンシャル理論により解くと波強制力の抗力と造波抵抗力が非線形減衰力は無理でできるので動揺の振幅は次のように求まる。

$$\theta = \frac{M_{PM}}{[\{- (I + I_a) \omega^2 + C\}^2 + (B\omega)^2]^{1/2}}$$

ここに、

M_{PM} : 固定円筒に作用する慣性力による波力モーメント

I : ヒンジまわりの円筒の慣性モーメント

I_a : 付加慣性モーメント C : 復元モーメント係数

B : 線形減衰力モーメント係数 a : 波の角振動数

4. 実験結果と考察

前述のように原則的には入射波の方向に縦揺れる一自由度系の運動であるが、円筒構造物の下流側に発生するカルマン渦の変動揚力のために入射方向に直交に横揺れを起す。図1は模型の真上より測定した模型頂部の運動にサーンを示めたものである。周期が短い時は入射波の進行方向の縦揺れから始まり、周期が大きくなるにつれて横揺れが起り、長円形の運動をするようになる。また周期の短い時に8の字の運動を示めする場合もある。このような長円形運動の原因となる揚力については、橋本他による固定円柱に作用する揚力の研究がある。それによると、円柱周囲に発生する渦と関係があり、 $K \cdot C$ 数の大きさによって生じる後流渦のパターンを分類している。すなわち、直方向力に対して揚力は円柱背後の流況の非対称性に原因があるとし、 $K \cdot C$ 数が4以上になると直方向力に対して無視できないとしている。本実験においては横揺れの振幅が入射方向の振幅の60%以上になる場合もあり、それらの $K \cdot C$ 数を計算してみると5.5前後の値となる。また横揺れの周期は入射波の周期とほとんど同じであり、特に周期の短い振動は観測されなかった。

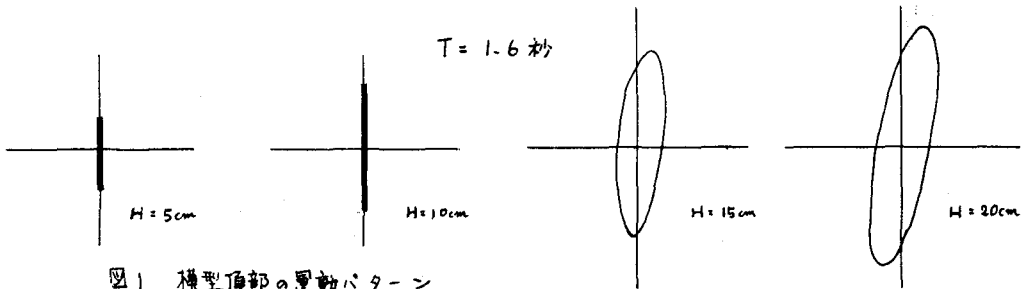


図1 模型頂部の運動パターン

図2は周期 T と入射方向の動揺振幅 θ との実験値と計算値を比較したものである。図中の実線は運動方程式をポテンシャル理論により解いた計算値である。実験値のえがきやや大きめに出てゐるがほぼ一致している。図3は波高 H と動揺振幅 θ とを比較したものである。波高と振幅は比例していることがわかる。しかし、本実験の周期が共振周期より小さく、非線形減衰力の影響を受けないためであるとも考えられ、今後検討してみたい。

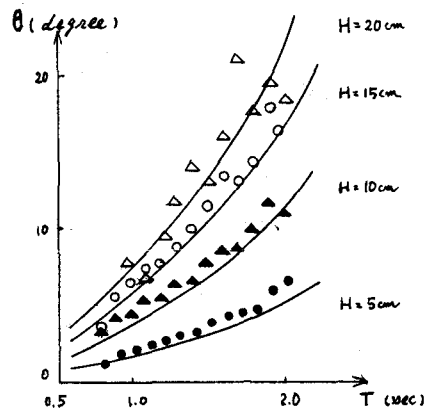


図2 周期 - 動揺振幅

5. あとがき

円筒構造物を海唇にヒンゲ支持したときの波による運動について検討してきたが、長円形運動と揚力との関係、ヒンゲ部分に作用する力などについてさらに解析を行ないたい。

(謝辞) 本研究に対して有益な助言をいただいた、東海大学長岡作治教授、実験に協力された元大学院生戸田典夫君、本研究生に対して心から謝意を表します。また青森記念ブレストレストコンクリート技術研究奨励基金より研究助成金を受けた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

1. 谷田他 直立式円筒構造体の設計の動揺振幅に関する研究、港湾技術報告17巻4号
2. 雅也他 ヒンゲで支えられた柱状海洋構造物の振動特性、土木学会文集342号

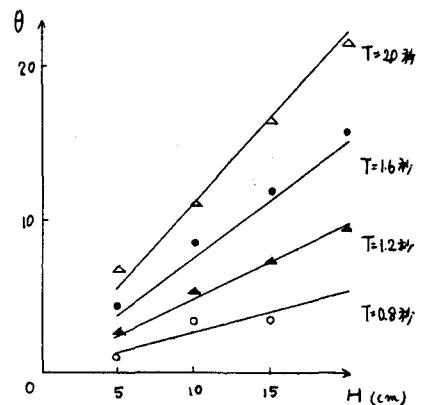


図3 波高 - 動揺振幅