

II-279

大口径円柱の波浪による振動実験

鹿島建設技術研究所 今井貫爾 ○岩瀬浩二
 鹿島建設（株）情報システム部 松本 喬 沖見芳秀

1. はじめに

現在までに行われた着底式構造物の波浪による振動予測法は、小口径部材で構成された柔な構造物を対象とし、波力の算定にはモリソン式を用いるものがほとんどであった。¹⁾ しかし、構造物が大型化すると、その径が波長に比べて相対的に大きくなるため、波の回折を考慮した上で波浪による振動を評価することが必要となる。この観点より著者らは、文献2)により波の回折と散乱を取り入れた円柱の振動解析法を示した。そこで今回は、この解析法を実験により検証するとともに、柔な円柱に働く波圧と固定円柱に働く波圧との比較を行った。

2. 解析概要

①円柱は、水底に固定された Bernoulli-Euler 梁とし、曲げ変形のみを考える。②流体場は圧縮性を有する完全流体で、円柱の運動に伴い円柱表面での水の剥離や渦が生じないものとする。③円柱と波浪場は調和振動が仮定できるものとする。これらの仮定のもとで、弾性円柱と流体場のそれぞれの支配方程式を立て境界条件を設定する。次に円柱の変位を未知数として含んだ流体場の速度ポテンシャルを求める。最終的に円柱の支配方程式と流体場の速度ポテンシャルを用い、GALERKIN 法により定式化し、離散化することにより弾性円柱と流体場の FEM 連成振動方程式が得られる。これを解くことにより、円柱の変位及び流体場の速度ポテンシャル等が得られる。

3. 大口径円柱波浪振動実験

(1) 実験概要

実験には長さ60m、幅2m、高さ2mの造波水路を用い、模型は造波機の前30mの地点に据え付けた。図-1に示すように、模型は直径40cm、高さ1.3mのシリコン製円柱であり、水路床に固定している。表-1に模型の構造諸元を示す。表中の円柱のヤング率は空中の自由振動実験より求めた。実験は規則波を用いて行い、周期を0.8sec～2.6secの10段階、波高を3cm～10cmの4段階にそれぞれ変化させた。また、 D/L （円柱と波長の比）は0.054～0.396の範囲とした。模型頂部の変位を非接触式（光学式）変位計により測定し、同時に頂部の加速度をひずみゲージ式加速度計により測定した。また、波圧は円柱正面に埋め込んだひずみゲージ式波圧計により4点計測した。

(2) 実験結果及び考察

図-2に円柱頂部の変位と波周期との関係を示す。図-3に円柱頂部の加速度と波周期との関係を示す。なお、加速度の場合、実験では天端が傾斜することにより重力加速度の影響を受けるため、解析結果を補正することにより、実験結果と解析結果とも傾斜することによる重力加速度を加えた値を示している。図-2、図-3より以下の事項が明らかになった。

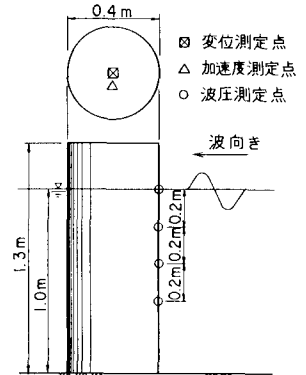


図-1 弾性円柱模型

表-1 模型の構造諸元

構造諸元	数 値
重量	1890 Kg f
比重	1.19
ヤング率	646,000 N/m ²
基本固有周期 （空中）	1.31 sec
減衰定数 （空中）	0.035
基本固有周期 （水中）	1.43 sec
減衰定数 （水中）	0.035

① 円柱頂部の変位のピークは、解析では 1.5sec，実験では 1.4sec とわずかにずれているものの、実験を行った波周期の全般に渡り、実験値と解析値は比較的良好一致を示している。

② 実験における円柱頂部の変位のピーク（ $T = 1.4\text{sec}$ の場合）では、波高が大きくなる程無次元変位は小さくなっている。これは、共振時に円柱が大きく振れるため、波高が大きくなる程渦の発生が顕著になって、変位が抑制されたものと考えられる。

③ 一般に波の回折が卓越するとされている場合（ $D/L > 0.2$ ， $T = 0.8, 1.0, 1.2\text{sec}$ ）では変位の実験値と解析値は良好一致を示している。

④ 円柱頂部の加速度も共振する周期に多少の差異があるものの、実験値と解析値は比較的良好合っている。

図-4 に回折が卓越していると思われる場合（ $T=1.0\text{sec}$ ， $D/L=0.25$ ）の円柱正面の波圧の鉛直分布を示す。なお、図中の実線は今回の解析（円柱が振動している場合）の値であり、破線は MaCamy Fuchs の理論³⁾（固定円柱の場合）による値である。これより以下の事項が明らかになった。

① 円柱正面の波圧は波高によらず今回の解析（実線）と良好一致を示している。

② 固定円柱に働く波圧（破線）は、振動している円柱に働く波圧（実線、実験値）より大きくなり、この場合に関しては過大に波圧を評価することになる。

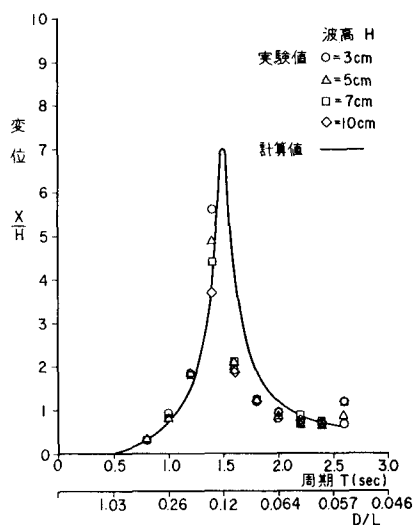


図-2 変位と周期の関係

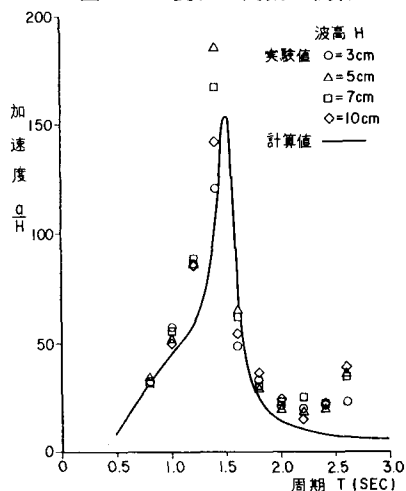


図-3 加速度と周期の関係

4. まとめ

今回行った大口径円柱の波浪応答実験により、前述した弾性円柱の連成振動解析法の妥当性が検証された。また波長に比べ、径の大きい柔構造物に作用する波圧を予測する場合には、波と構造物の動的相互作用を考慮する必要があることが分った。

参考文献

- 1) 例えば今井ら；海洋構造物の波浪応答，第41回土木学会年次学術講演会講演概要，1986
- 2) 沖見，松本；水-地盤-円柱の連成振動解析，第33回海岸工学講演会論文集，PP.516~520, 1986
- 3) MaCamy and Fuchs；Wave forces on piles：A diffraction theory, U.S. Army Corps of Engrs, Beach Erosion Board, Tech. Memo. No.69, P.17, 1954

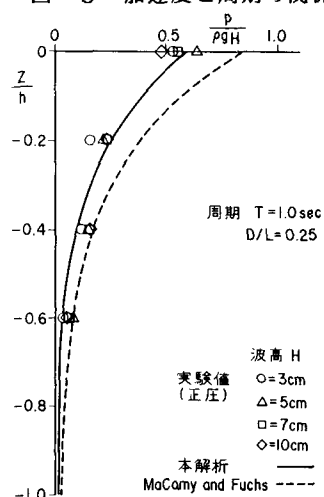


図-4 鉛直波圧分布