

II-43

数値波動水槽による弾性浮体の非線形波浪応答解析

日本道路公団 正会員 谷中 慎 京都大学工学研究科 フェロー 渡邊 英一
 京都大学工学研究科 正会員 杉浦 邦征 京都大学工学研究科 正会員 宇都宮 智昭

1. 研究目的

近年、浮体方式の超大型海洋構造物が注目されている。浮体の弾性変形も考慮したこれまでの研究では、微小振幅波理論に基づいて解析が行われてきた。しかし、浮体構造物を設計する際の波浪条件は、一般に微小振幅波理論の適用範囲を超えている場合が多い。そのため、大型浮体構造物の応答に対する波の非線形性の影響について検討することが不可欠と考えられる。本研究では、鉛直応答に着目し、非線形波および2周期合成波に対する大型浮体構造物の波浪応答解析を行うことを目的とした。

2. 解析手法

本研究では、大山ら¹⁾が提案した、境界要素法による2次元非線形数値波動水槽に、浮体の運動方程式を有限要素法（はり要素）を用いて組み込み、各時間ステップで境界形状と速度ポテンシャル値を更新する時刻歴解析プログラムを開発した。開発したプログラムを用いて、Fig.1

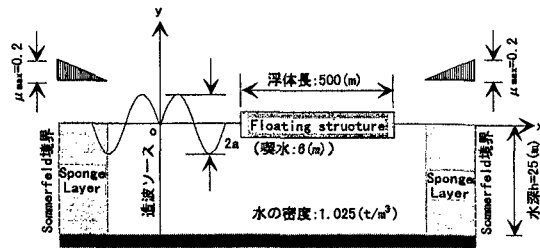


Fig. 1 弾性浮体の解析モデル

に示すような解析モデルに対して、非線形波および2周期合成波に対する弾性浮体の波浪応答解析を行った。

3. 解析結果

弾性浮体は、長さ500(m)、喫水6(m)、単位幅あたりの曲げ剛性EIを $3.136 \times 10^8 (\text{kN} \cdot \text{m}^2/\text{m})$ とし、はり要素の要素長は5(m)とした。自由水面境界の要素長は、入射波の波長の1/20以下とし、造波ソースおよびSommerfeld境界の分割数は5分割とした。計算時間間隔 Δt は、入射波の周期の1/40とした。

単周期波に対しては、入射波周期を12(s)および20(s)とし、入射波の片振幅波高を $a=0.1, 1.0, 2.5(\text{m})$ として解析した。最大応答振幅結果をAiry波理論に基づく周波数領域での解析結果(M.E.E.M)とともにFig.2, Fig.3に示す。Fig.2, Fig.3では、入射波の片振幅波高の増大に伴い最大応答振幅が増大する。これは、2次成分波の影響が増大するためと考えられる。Fig.4, Fig.5に浮体先端の最大変位の結果を示す。Fig.5では、 $a=2.5(\text{m})$ でAiry波理論に対して約15(%)増加している。Fig.6, Fig.7に、入射波の2次成分の影響を考慮し、線形解の重ね合わせにより補正したM.E.E.Mとの最大応答振幅の比較結果を示す。Fig.6, Fig.7から、補正したM.E.E.Mと本研究の結果が一致していないことがわかる。

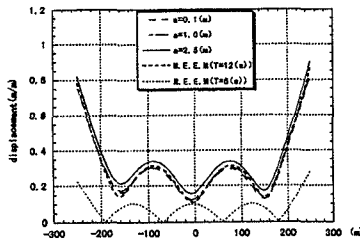


Fig. 2 入射波の波高による最大応答振幅の比較 (T=12(s))

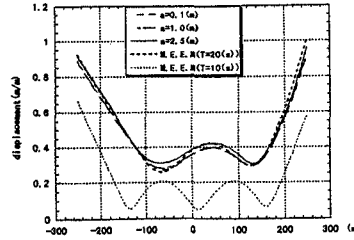


Fig. 3 入射波の波高による最大応答振幅の比較 (T=20(s))

キーワード：弾性浮体、数値波動水槽、非線形波、2周期合成波、時刻歴解析

〒606-01 京都市左京区吉田本町 Tel 075-753-5079 Fax 075-753-5130

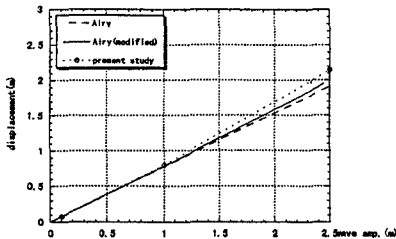


Fig. 4 入射波高による浮体先端の最大変位の比較
($T=12(s)$)

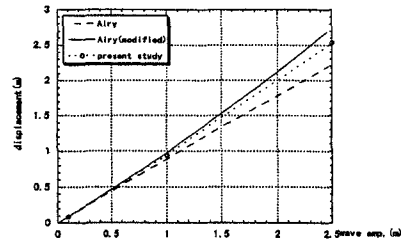


Fig. 5 入射波高による浮体先端の最大変位の比較
($T=20(s)$)

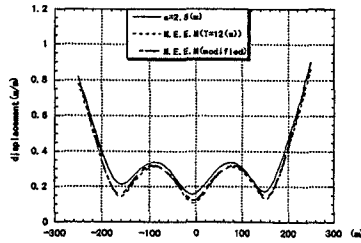


Fig. 6 補正したM.E.E.Mとの最大応答振幅の比較
($T=12(s)$)

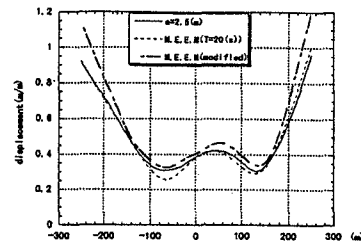


Fig. 7 補正したM.E.E.Mとの最大応答振幅の比較
($T=20(s)$)

2 周期合成波に対しては、2 つの入射波周期を 12,20(s)とし、2 つの入射波の片振幅波高を $a_1=0.1(m)$, $a_2=0.1(m)$ および $a_1=1.0(m)$, $a_2=1.0(m)$ として解析した。最大応答振幅結果を Fig.8 に示す。Fig.9 に、重ね合わせた M.E.E.M との最大応答振幅の比較結果を示す。Fig.9 より、2 つの単周期波に対する最大応答振幅を重ね合わせたものにほぼ一致することがわかる。

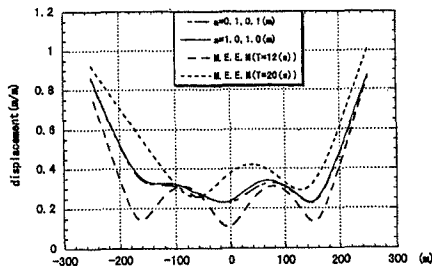


Fig. 8 入射波高による最大応答振幅の比較
($T=12, 20(s)$)

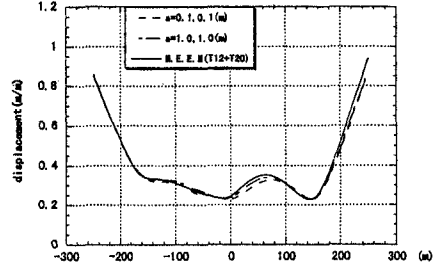


Fig. 9 重ね合わせたM.E.E.Mとの最大応答振幅比較
($T=12, 20(s)$)

4. 結論

- 1) 入射波高の増大により、非線形波の 2 次の項の成分が増加し、浮体の最大応答振幅が線形解より大きくなる。
- 2) 浮体先端の鉛直変位および浮体の最大応答振幅では、Airy 波理論から求まる解の重ね合わせにより非線形波の 2 次の項を考慮し補正を加えても、波高の高い場合には精度良い近似解は得られない。
- 3) 比較的波高の低い場合における 2 周期合成波に対しては、浮体の最大応答振幅は、2 つの単周期波に対する最大応答振幅を重ね合わせたものにほぼ一致した。

参考文献

- 1) 大山 巧・灘岡和夫：非線形不規則波動場を対象とした数値波動水槽の開発，土木学会論文集 No.429/II-15, pp.77~pp.86, 1991.5