

II-107

弾性浮体下での孤立波分裂に関する研究

岩手大学工学部 学生員○浅沼 陽介 今野 弘雄
岩手大学工学部 正 員 劉 曉東 堺 茂樹

1. 緒 言

近年、超大型浮体式海洋構造物の実用化に向け各種の研究が活発に行われており、様々な波浪条件下での浮体の応答解析が可能となってきた。その一つとして、Liu et al.¹⁾ は数値計算及び模型実験により弾性浮体下での孤立波の分裂現象を見出し、その分裂波の発生が浮体の曲げモーメントの分布²⁾に大きく影響する事が確認されている。弾性浮体下での孤立波の分裂現象に関する研究はきわめて少なく、孤立波分裂のメカニズムに関しては明らかではない。本研究では、孤立波が浮体下を透過する際の浮体の弾性変形と浮体底面に作用する波圧に関して模型実験及び数値計算を行い、浮体下での孤立波の分裂について検討した。

2. 実験装置及び実験方法

実験は図-1に示すように長さ 26m、幅 0.8m、深さ 1m の二次元造波水路を用いて行った。孤立波の造波には、吸収式造波装置を用いたが、これと同一の装置が水路後端にも設置されており反射波の発生を抑制している。模型浮体として、板厚が 20mm、板長が 10m のポリエチレン板を用いた。板の密度及び弾性係数は 0.914g/cm^3 、 625MPa であった。模型浮体を水路中央に設置し、浮体の前後にある開水域での水位変動を容量線式波高計により測定し、浮体の鉛直変位は超音波式変位計を用いて測定した。底面圧力及び模型浮体に圧力センサーを埋め込み浮体底面にかかる圧力をそれぞれ浮体前端から 1m、5m、9m の同地点で測定した。孤立波の条件は、水深 20cm、30cm、40cm、50cm、60cm の 5 種類、波高 2cm、3cm、4cm、5cm、6cm の 5 種類とし、合計 25 ケースの実験を行った。

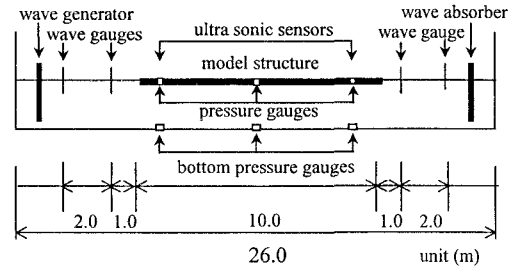


図-1 実験装置

3. 考 察

図-3では弾性板の曲げ振動方程式(式(1)より)を用いて、孤立波理論式により求められた波形が弾性浮体下で形を保つために必要な圧力 p_i をあらわしたものである。

$$D \frac{\partial^4 \eta}{\partial x^4} + m \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} = p_i \quad (1)$$

ここで、 $D = Eh^3/12(1-\nu^2)$: 曲げ剛性、 E : 弾性係数

h : 厚さ、 ν : ポアソン比、 η : 変位

$m = \rho_f h$: 単位長さあたりの質量、 ρ_f : 密度

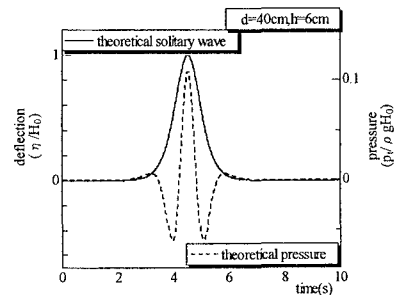


図-2 理論による孤立波の波形と圧力の時間的変化

図-4では分裂波の発生機構を検討するため、分裂波の発生が見られる水深 40cm、孤立波の波高 6cm において、浮体鉛直変位、浮体底面にかかる圧力 p 、底面圧力 p_b 及び式(1)を用いて浮体鉛直変位から求めた浮体変形に必要な圧力 p_i の時間的変化を比較した。底面圧力はどの位置でも浮体変位との位相差はないが、浮体底面にかかる圧力に関しては孤立波の進行に伴いさまざまな挙動を示すことがわかった。孤立波入射直後の浮体前端付近では p が p_i より先行しており、また p_i は図-3における孤立波理論式の圧力分布とほぼ同じであるのに対し p は孤立波前方で正の圧力が見られない(図中(a))。この状態は浮体の変位に見合う圧力が実際には計測されておらず、浮体の変形と流体運動が一致していない遷移領域である。孤立波の進行に伴って孤立波前方での圧力差を補うように p でも正に圧力が発達してきており、浮体中央付近では孤立波本体では p_i と p に位相差は見られず浮体の変

形と流体運動が連成しているが、分裂波第一波目の前方付近では浮体前端と同様の遷移状態となり、次の分裂波が発生していくと考えられる(図中(b), (c))。

図-4では浮体の鉛直変位と浮体底面にかかる圧力の時間的変化において、実験値と数値解を比較するため水深40cm、孤立波の波高6cmでの結果を図-4に示す。図中の白丸は実験値、実線は数値解析を表している。数値解析は実験値と極めて良く一致しており、孤立波本体と分裂波の形状、及び浮体底面にかかる圧力をよく再現している事がわかる。次に図-5では数値計算において浮体の長さ10m、水深40cm、波高6cmとした場合の浮体前端から9.5mでの p 、 p_t 及び浮体鉛直変位を示した。この場合、 p_t が p を先行しており、浮対変形と p の伝播はほぼ変わらない。これが圧力の伝播特性、または浮体の長さによるものなのかを検討するため図-6を示す。これは、同じ波浪条件で浮体の長さ40mとした場合の浮体前端から10mでの結果である。この場合は、 p は浮体変形を先行する状態を保っている。これより図-5の現象は浮体の長さの影響によるものとわかった。これは、浮体後端が自由端に近い状態にあり進行方向前方の浮体による影響を受けないためである。

4. 結 論

本研究で得られた主な結論は以下の通りである。

- ① 浮体底面の圧力 p と浮体鉛直変位に見合うべき圧力 p_t の入射直後における圧力差が、分裂波発生の一因であることがわかった。
- ② 分裂波の発達には浮体前端での遷移領域と同様な現象が、分裂波の先端において繰り返される事により発達していくものと考えられる。
- ③ 浮体後端においても遷移領域が存在する。

おわりに、本研究の一部は平成14年度 科学研究費 基盤研究(C)の研究助成を受けて行われたものである。

参考文献

1) Xiaodong LIU, Shigeki SAKAI and Makoto SASAMOTO : A Numerical Simulation for the Interaction of Mega-Float with Solitary Wave, Proceedings of the 17th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, ASME, OMAE98-4343, 1998.7

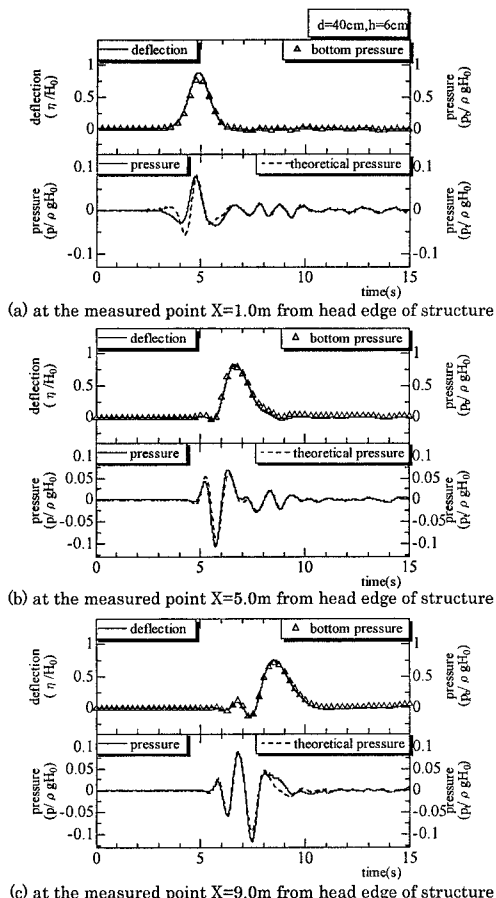


図-3 浮体鉛直変位と底面にかかる圧力及び
浮体底面にかかる圧力と理論的圧力の時間的変化

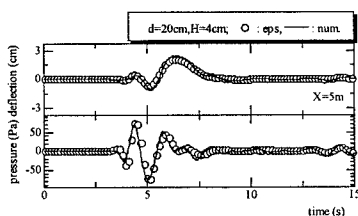


図-4 実験と数値解析における浮体鉛直変位及び
浮体底面にかかる圧力の時間的変化

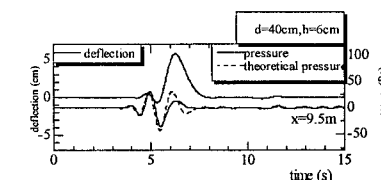


図-5 数値解析における浮体鉛直変位と浮体底面
にかかる圧力及び理論的圧力の時間的変化

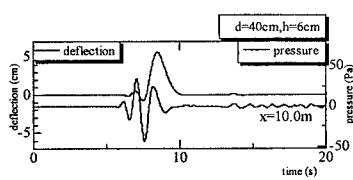


図-6 数値解析における浮体鉛直変位と
浮体底面にかかる圧力の時間的変化