

Ⅱ－94

孤立波による浮体の弾性変形と浮体に作用する波圧に関する研究

岩手大学大学院 学生員○今野 弘雄 牧野 周作
岩手大学工学部 正 員 劉 暁東 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．没水構造物や地形変化などによって自由水面で起きる孤立波の分裂現象に関する研究はこれまでも数多く行われているが，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い．超大型浮体式構造物の設計上，この現象の解明はきわめて重要かつ有益であると考えられる．

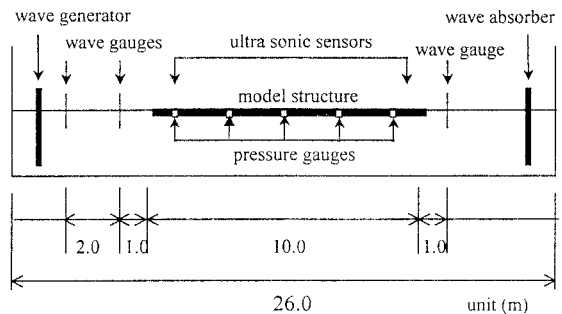
本研究では模型実験を行い，孤立波が浮体下を透過する際に浮体底面にかかる圧力を測定し，浮体の弾性変形と比較することにより，分裂波の発生機構を検討した．

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，浮体の曲げ剛性の影響を検討するため，ポリエチレン板とポリプロピレン板の 2 種類を用いた．表・1 にその諸元を示す．

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．浮体底面にかかる波の圧力は模型浮体に圧力センサーを埋め込み浮体前端から 1m，3m，5m，7m，9m の地点で測定した．

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，ポリエチレン板とポリプロピレン板において合計 50 ケースの実験を行った．



図・1 実験装置

表・1 模型浮体条件

材質	厚さ(m)	長さ(m)	弾性係数(MPa)	比重
ポリエチレン	0.02	10	625	0.914
ポリプロピレン	0.02	10	3470	0.960

3. 実験結果及び考察

孤立波が浮体下を透過する間の，浮体の鉛直変位と浮体にかかる圧力との時間的変化の例として，分裂波の発生が見られる水深 30cm，孤立波の波高 3cm，ポリプロピレン板での結果を図・2 に示す．浮体前端から 1m では圧力が浮体変形を先行しており，圧力の伝播速度が浮体変形の伝播速度を上回っていることがわかる（図中第 1 段）．また，浮体前端から 5m の位置では孤立波本体の圧力の前方に負の圧力が存在している．更に前方には正の圧力も発生しており，この圧力の発達に伴い分裂波が発生していることが分かった（図中第 2 段）．更に孤立波の進行距離の増大に伴い浮体前端から 9m の位置では，分裂波にかかる圧力のほうが，孤立波本体にかかる圧力より大きくなっていることが分かる（図中第 3 段）．

次に圧力と浮体変形の伝播速度の相違を検討するため水深 40cm での各波高における浮体変形の伝播速度(V_s)に対する圧力の伝播速度(V_p)の比を図-3 に示す。この図より波高の増加に伴い V_p/V_s は徐々に大きくなり、また曲げ剛性の影響によりポリプロピレン板のほうが顕著に表れている。次に図-4 は波高 4cm での各水深を示したものであるが、この場合水深の減少に伴い V_p/V_s は増加している事が分かる。また V_p/V_s は入射波の非線型性が強いほど大きくなり、さらに波高より水深の影響が大きいことが分かった。

ここで水深及び波高の両者の影響を統一的に表現するために、浮体の長さ L_s と孤立波理論の一次近似解より波形の総面積の 99.6% を含む長さ λ_s (式 (1) より) との比 L_s/λ_s を浮体の相対長さとして定義し、分裂の有無に関わる V_p/V_s と相対長さの関係を本実験の全てのケースにおいてまとめたのが図-5 である。2 種類の浮体において V_p/V_s がある限界値を超えると分裂波が生じていることが分かる。しかし、曲げ剛性の違いにより分裂の発生する波浪条件が異なるため、浮体の相対長さにおける分裂発生の限界値は異なる。

$$\lambda_s = \frac{4\pi}{\sqrt{3}} \left(\frac{d}{H} \right)^{\frac{2}{3}} H \quad \dots \dots (1) \quad (d: \text{水深}, H: \text{波高})$$

また、孤立波の進行距離の増大に伴う圧力の変化を検討するため、図-6 では水深 30cm における、孤立波本体と分裂波第一目の伝播速度と ρgH (H : 入射波高, g : 重力加速度, ρ : 水の密度) で無次元化した両者の圧力の空間分布を各波高ごとに示したものである。孤立波の進行に伴い孤立波本体での圧力は減少し伝播速度も遅くなるが、分裂波での圧力は増加し本体での圧力よりも大きくなり、その伝播速度も速くなる。

4. 結 論

本研究では弾性浮体下での孤立波の分裂に関する模型実験を行い、得られた主な結論は以下の通りである。

- ① 弾性浮体下での孤立波の分裂は浮体の曲げ剛性によらず V_p/V_s がある限界値を超えると分裂波が生じていることが分かった。
- ② 孤立波の進行距離の増大に伴い孤立波本体にかかる圧力より分裂波にかかる圧力が大きくなり、その伝播速度も変化していることが分かった。

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

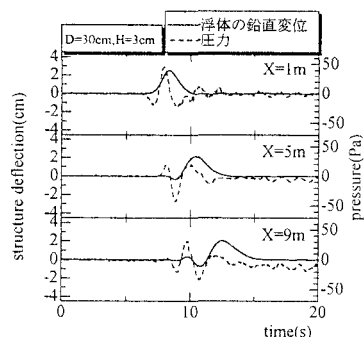


図-2 浮体鉛直変位及び圧力の時間的変化

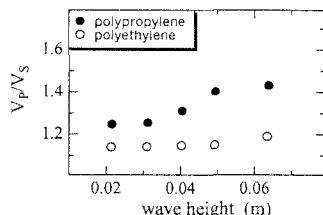


図-3 圧力と浮体変形の伝播速度と波高の関係

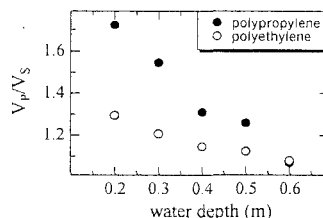


図-4 圧力と浮体変形の伝播速度と水深の関係

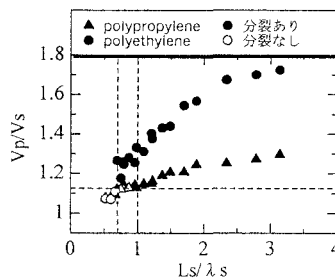


図-5 圧力と浮体変形の伝播速度と浮体の相対長さの関係

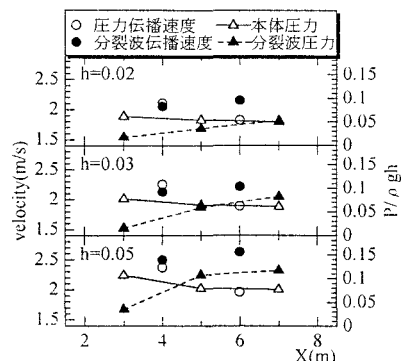


図-6 圧力と伝播速度の空間分布