

超大型浮体構造物の津波低減効果

鹿児島大学工学部	学生会員	中平達也
鹿児島大学大学院理工学研究科	学生会員	山元 公
鹿児島大学大学院理工学研究科	学生会員	山下 啓
鹿児島大学大学院理工学研究科	正会員	柿沼太郎
関西大学システム理工学部		村上佳広

1. 研究の背景及び目的

近年、海上空港や災害時の避難場所として超大型浮体構造物の利用が考えられている。日本のような島国では、空間の創造という意味でも有効であろう。ところで、こうした構造物は、流体上に存在し、超大型であるがゆえに変形し、振動する。従って、超大型浮体構造物の設計のためには、変形する構造物の振動と流体の運動の相互干渉を把握する必要がある。また、現在、巨大津波の発生が想定されている南海地震津波等に対し、津波対策の見直しが行なわれている。劉・堺（2000）は、津波を想定した孤立波が、弾性体である薄板状浮体構造物に入射する場合の浮体の応答を水理実験により調べた。そして、入射波の非線形性が比較的強い場合、孤立波に先行する分裂波が生じることを見出した。こうした波の分裂は、主波の波高を低減させる効果を有しており、薄板状浮体が津波低減効果を有すると考えられる。そこで、本研究では、薄板状浮体と流体の相互干渉問題を対象とした数値モデル（Kakinuma ら、2012）を用いて、超大型浮体構造物が有する、津波高さの低減効果を検討する。

2. 数値モデルの検証

基礎方程式系は、水の波の変分原理に基づく非線形方程式系と、線形古典理論から得られる薄板の運動方程式である（Kakinuma ら、2012）。本数値モデルの精度を検証するため、数値解析結果と既存の水理実験結果を比較して、薄板状浮体の応答の再現性を調べる。劉・堺（2000）は、造波水路内に、曲げ剛性率が 450.0 Nm^2 の薄板状浮体を設置し、津波の来襲を想定して、この薄板状浮体に孤立波が入射する場合の水理実験を行なった。数値解析では、薄板状浮体構造物が存在する地点の水面に曲げ剛性率の分布を与えて、一部の水域を覆う薄板を表現する。この手法により、薄板の端部における波の反射や透過を考慮することが可能になる。また、計算格子間隔及び計算時間間隔は、それぞれ、 $\Delta x = 0.05 \text{ m}$ 及び $\Delta t = 2.5 \times 10^{-5} \text{ s}$ とする。

図-1 に、 $x = 7.0 \text{ m}$ 及び 14.5 m における浮体及び水面の変動 ζ の実験値と計算値を示す。これより、本数値モデルによる結果の精度が十分高いことが確かめられる。

3. 浮体構造物を通過し伝播する孤立波の数値シミュレーション

薄板状浮体構造物に孤立波を入射させ、相互干渉する浮体の運動と孤立波の伝播の数値シミュレーションを行なう。まず、図-2 のように、超大型浮体構造物の長さを 8.0 km と設定する。そして、この薄板状浮体構造物の曲げ剛性率 B を一様に $1.0 \times 10^{11} \text{ Nm}^2$ とする。超大型浮体構造物を設置する水域の静水深 h が 50 m 、入射波波高 a が 5.0 m の場合の浮体及び水面の変動を図-3 に示す。浮体に孤立波が入射すると、浮体波が分裂波として発生し、主波の波高が低減する。そして、分裂した波高の小さい波が浮体を通過し、続いて、波高の大きな主波が浮体を通過する。浮体を通過後、後者の、波高の大きな主波が、前者の、波高の小さな波に追い付き重合する過程で、波高の増大が認められる。これは、図-3 では、時刻 $t = 500 \text{ s}$ で顕著に見られる。その後、波高の大きな主波が、波高の小さな波を追い越し切ると、波高の大きな主波の波高は、入射時の孤立波の波高より低減している。すなわち、超大型浮体構造物に、津波高さの低減効果があると言える。この場合、波高が一定となった主波の最大水位の低減率は、約 23% である。

次に、長さ 8.0 km の浮体構造物を 2 等分し、長さ各 4.0 km の 2 基の浮体構造物に孤立波を入射させる。入射波波高 a は、 5.0 m とする。2 基の浮体構造物間の距離 ΔL が異なる場合の最大水位の低減率を図-4 に示す。波高が一定となった主波の最大水位の低減率は、 $\Delta L = 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0$ 及び 3.5 km の順に、

約 26, 28, 29, 26, 17 及び 7% である。主波が、1 基目の浮体構造物を通過後、波の重合によって波高が大きくなった状態で、2 基目の浮体構造物に入射すると、この入射波の波形勾配が大きいため、最大水位の低減効果が大きくなる。このように、数基に分割して、津波高さの低減効果を大きくすることができる。図-5 に、 $a = 2.5 \text{ m}$ の場合の最大水位の低減率を示す。図-4 の場合の方が波形勾配が大きく、低減効果が大きい。

参考文献

劉 曉東・堺 茂樹: 大型弾性浮体下での孤立波の分裂に関する数値解析, 海岸工学論文集, 第 47 巻, pp. 31-35, 2000.
 Kakinuma, T., Yamashita, K., and Nakayama, K.: Surface and internal waves due to a moving load on a very large floating structure, J. Applied Mathematics, Vol. 2012, Article ID 830530, 14 pages, 2012.

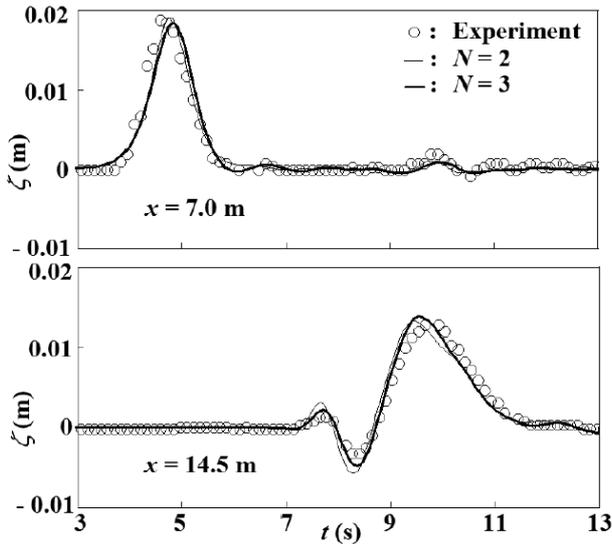


図-1 $x = 7.0 \text{ m}$ 及び 14.5 m の地点における表面変動 (静水深及び入射波波高は、 0.4 m 及び 0.02 m である.)

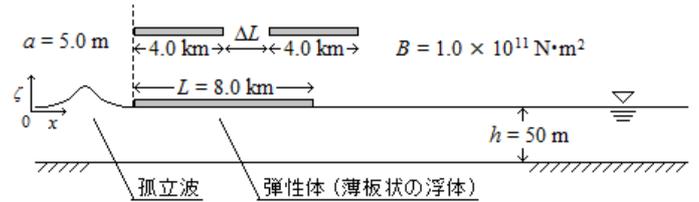


図-2 薄板状浮体構造物が設置された計算対象領域

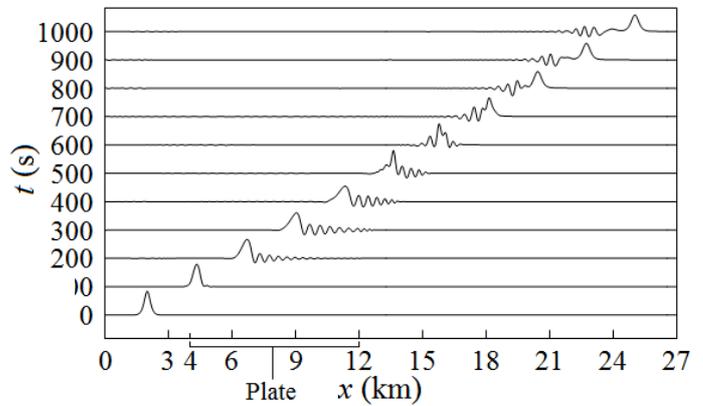


図-3 一部が浮体で覆われた水域を伝播する波の表面形

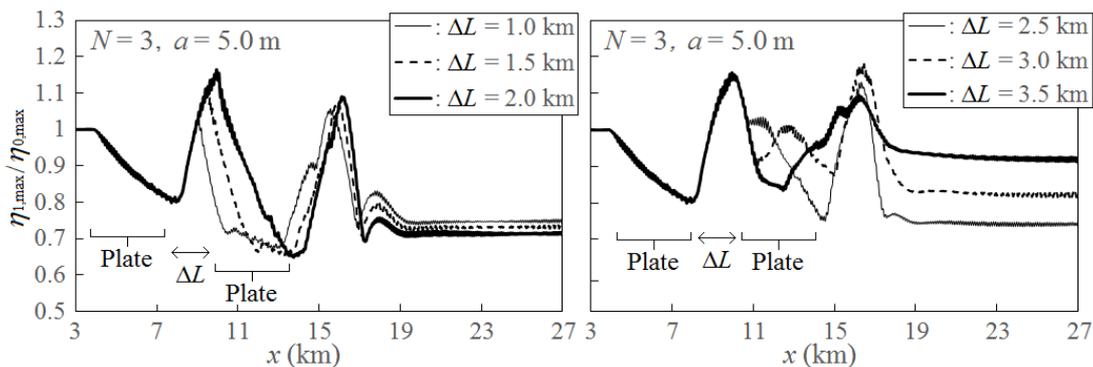


図-4 各地点の低減率 ($\eta_{0,max}$: 浮体が無い場合の最大水位, $\eta_{1,max}$: 浮体が有る場合の最大水位)

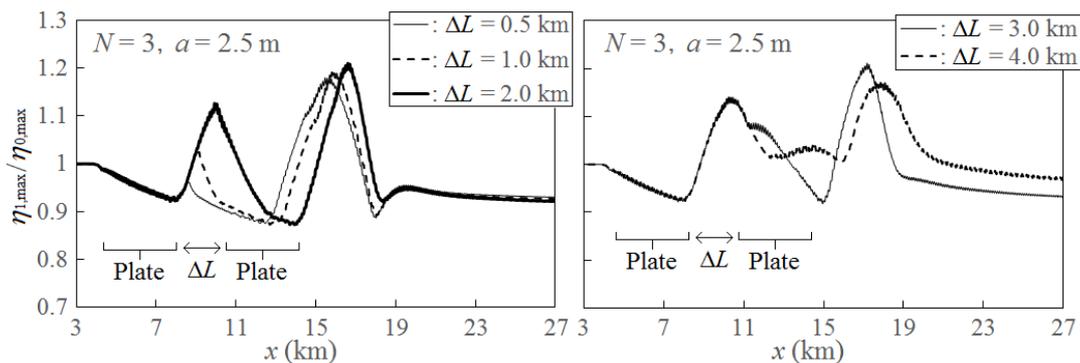


図-5 各地点の低減率 ($\eta_{0,max}$: 浮体が無い場合の最大水位, $\eta_{1,max}$: 浮体が有る場合の最大水位)