

弾性応答を示す大型バージ型浮体の構造強度に関する基礎的研究

A Fundamental Study on Structural Strength of the Elastic Large Scale Barge

○ 惠藤浩朗<sup>1</sup>, 佐藤千昭<sup>2</sup>, 居駒知樹<sup>3</sup>, 増田光一<sup>3</sup>

\*Hiroaki ETO<sup>1</sup>, Chiaki SATO<sup>2</sup>, Tomoki IKOMA<sup>3</sup>, Koichi MASUDA<sup>3</sup>

Abstract: When a ship was designed, a designed wave of  $\lambda/L=1.0$  were used well. However, the conditions of the design wave are not necessarily suitable for it because the large scale barge is the floating structure that the elastic response is dominant compared to rigid body motions. Therefore, the relationships of  $\lambda/L$ , maximum stress and the size of the floating barge were examined.

1. はじめに

大型バージ型浮体は、弾性的な運動が支配的となり、船舶を設計する際によく用いられる設計波の条件：波長（ $\lambda$ ）／船長（ $L$ ）=1.0 で構造検討すれば良いとは限らない。そこでバージ型浮体のサイズと波長の関係や、最大応力発生時の応力分布と波圧分布の相関関係について数値計算を行い考察した。

2. 計算概要と計算条件

本研究では大型バージ型浮体の波浪応答計算を実施しその計算結果を受けて応力解析を行うことでバージの内部に生じる応力を算出する。ここで扱う付加質量や波浪荷重などは境界積分方程式法により算定し、バージは一樣剛性の平板と仮定して有限要素法により構造解析を行った。また応答問題にはモード法を採用し計算を行った<sup>1)</sup>。また計算対象モデルは Fig.1 に示すバージ型浮体として  $L=100[m]$ ,  $200[m]$ ,  $500[m]$  で  $B=L/2$  としてサイズの異なる 3 種類のモデルを準備した。また構造深さ ( $t$ ) は  $3[m]$ , 喫水深さ ( $d$ ) は  $0.75[m]$ , バージの等価ヤング係数は  $1.476 \times 10^7 [kPa]$  とし、入射波の波長は(1)式、波高は(2)式の通り周期に依存した値<sup>2)</sup>で設定した。

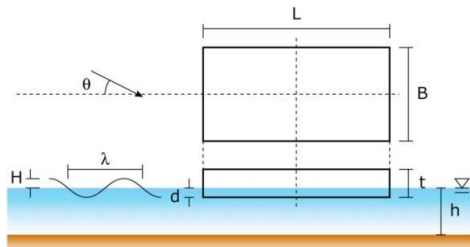


Fig.1 Calculation model.

$$\lambda = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi h}{\lambda}\right) \quad (1)$$

$$H = \begin{cases} 0.22T^2 & T \leq 6[\text{sec}] \\ T^2 & 6 < T \leq 18.3[\text{sec}] \\ \frac{4.5 + (0.02(T^2 - 36))}{32} & 18.3[\text{sec}] < T \end{cases} \quad (2)$$

3. 計算結果および考察

Fig.2 に  $100[m]$ ,  $200[m]$ ,  $500[m]$  の 3 つのモデルに  $\lambda/L$  が  $0.5 \sim 2.0$  の範囲の波が入射した際の構造物に生じる応力の最大値を示す。

バージ型浮体に波浪荷重が作用する際、原理的には  $\lambda/L$  が  $1.0$  の時に最大応力が生じると想像される。しかし Fig.2 において最大応力が生じている  $\lambda/L$  を確認すると、およそ  $\lambda/L=1.0$  付近に最大応力が生じているものの、浮体が大型となるほど  $\lambda/L$  が高い値で最大応力が生じる結果を示した。この最大応力が生じる際の浮体の応力と浮体底板に作用する波圧の分布状態を Fig.3 に示す。これらはすべて水深が  $20[m]$  の時の結果である。Fig.3(a-1)~(c-1) に示す浮体に作用する応力の振幅分布をみると浮体中央部で撓むか窪む形で変形していることが確認できる。状態としては船体のサギングやホギングに近い状態の変形と考えられるが、Fig.3(a-2)~(c-2) の波圧の振幅分布を確認するとバージ浮体の両端に最大波力が生じていない波圧分布でないことが確認される。そして、この波圧分布から入射波端部が波力により押し上げられ、浮体が半分折れ曲がるように変形し応力を生じさせていることが分かる。また特に浮体は平面的な広がりを持つため、入射する波の回折効果が顕著となり、 $500[m]$  モデルでは  $\lambda/L=1.5$  付近で最大応力が生じる結果が得られたと考えられる。

また Fig.2 の  $100[m]$ ,  $200[m]$  のモデルと  $500[m]$  のモデルを比較すると  $500[m]$  のモデルは  $\lambda/L=1.5$  付近以外に最大応力のピークを示すグラフとなっている。これは  $500[m]$  モデルが、その規模に対して仮想的に  $3[m]$  の構造厚さでモデル化しているため剛性が低く弾性挙動を顕著に示すことから、浮体が共振状態となり応力のピークを迎えたものだと考察される。

Fig.4 に  $500[m]$  モデルの固有周期と振動モード、Fig.5 に Fig.2(c) のグラフの横軸を周期で表現した図を示す。グ

1:日大理工・教員・子情 2:日大理工・上席研究員・海建 3:日大理工・教員・海建

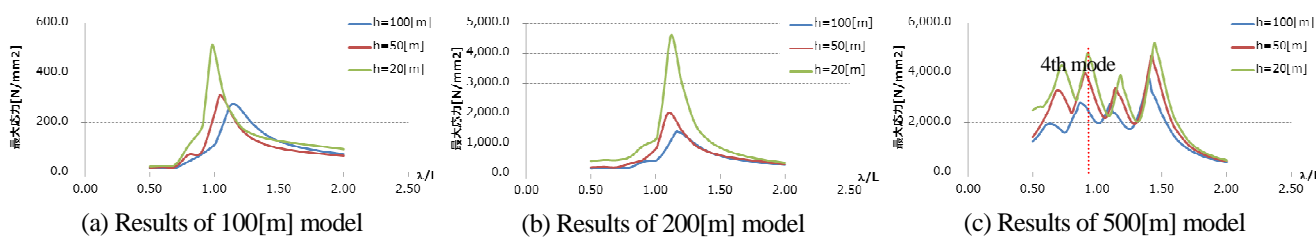


Fig.2 The relation between  $\lambda/L$  and maximum stress.

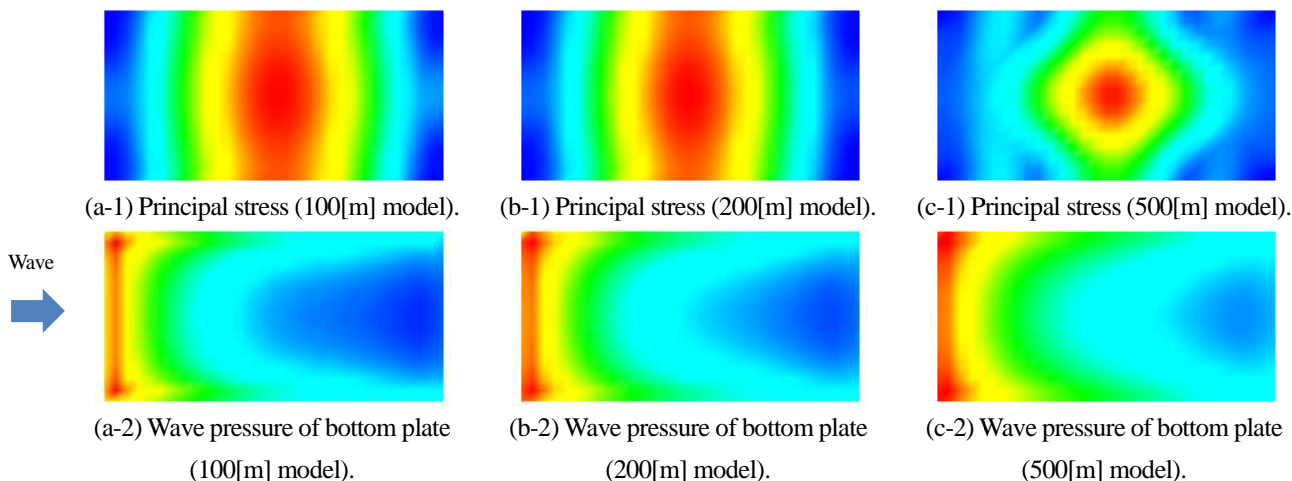


Fig.3 Results of principal stress and wave pressure ( $h/L=0.2$ ).

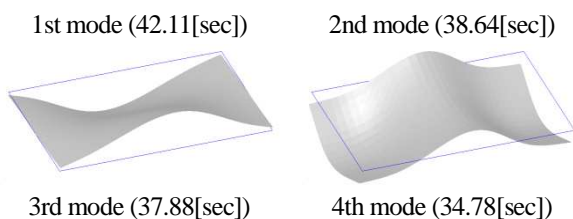


Fig.4 Vibration mode and natural period (500[m] model,  $h/L=0.2$ ).

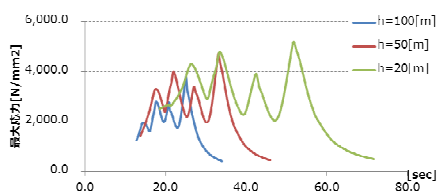


Fig.5 The relation between wave period and maximum stress.

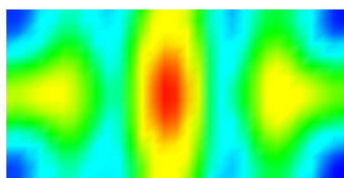


Fig.6 Principal stress (500[m] model,  $h/L=0.2$ ,  $\lambda/L=0.92$ ).

ラフより低次振動モードの固有周期が $\lambda/L=0.5\sim 1.5$  の範囲内に含まれていることが確認でき、周期 34.78[sec]の 4 次モード (Fig.2(c)の入れる) ようにモデルがヘッドシーの波に乗るような条件で、最大応力も高い値で得られることが確認された。ここで 4 次モードを示す周期の波が

入射した際のモデルの応答変位に伴う応力分布を Fig.6 に示す。この Fig.6 の応力分布は 4 次モードの動きによる分布であるため、ここで共振現象が生じていることが確認できる。

ここで取り上げた 500[m]のモデルは、構造深さを 3[m]と設定しており、かなり剛性の低い解析モデルであったため、共振現象が生じやすい結果となった。そのため解析対象がより大きい超大型浮体の場合には十分な構造深さを有していても弾性挙動を示すと考えられるため、構造計画の際に、設置海域の海象条件だけでなく弾性モードも考慮した条件でも検討し、その安全性を確認する必要があることがわかった。

#### 4. おわりに

本研究により大型バージ型浮体は平面的な広がりをもつ回折の効果も効いてくるため $\lambda/L$ が必ずしも 1.0 で最大応力が生じることはなく、弾性挙動が支配的となる場合には浮体の構造特性で決まる固有周期による共振現象についても考慮する必要があることが確認された。

#### 参考文献

- 1) Hiroaki Eto, et al. "A study on wave response and evaluation of habitability of floating restaurant", Proceedings of OMAE, OMAE2008-57364, 2008
- 2) 吉田宏一郎 他, 海洋工学の基礎知識, 成山堂書店, p.18-21, 1999