



研究ノート

上部構造を持つ船体の 上下振動特性

善 積 廣 幸*

1. はじめに

現在の船舶の大部分は、船楼とか甲板室を船体後半部ないし船尾部に持つ船型であるが、客船、カーフェリー、自動車運搬船のように船体中央部に長大な上部構造を持つ船舶もある。船体設計の初期段階において、このような船舶の上下固有振動数を精度よく算定することは、上部構造内の居住区で生活する乗組員の乗り心地という面からも、船体と、エンジン、プロペラ等に起因する起振力との共振を回避するために重要なことである。しかし上部構造を持つ船体の上下固有振動数の算定に際しては、これらの上部構造の影響を正確に採り入れることがむずかしく、タンカーのような船型にくらべて客船のような船型の計算の精度はあまりよくないという問題が残っていた。

この問題についての過去の研究としては、船体上下固有振動数の略算式の中に含まれる船の深さ D として、上部構造の影響を考慮に入れた相当深さ D_E を用いる Lündberg の提案、Johnson と Ayling が示した船体の有効断面二次モーメント I_E を用いる方法、及び松浦¹⁾ が Bleich の計算法²⁾ に基づいて算定した船体有効断面二次モーメント I_0 の分布を用いる方法等がある。しかし、これらはいずれも上部構造を持つ船体の静的曲げについて導き出されたものであり、船体振動のような動的な問題において、低次振動から高次振動までの広い範囲にわたる解析に用いるには、必ずしも合理的な方法とはいえない。そこで筆者等は、船体の主構造と上部構造をそれぞれ梁とみなし、船体はこの二つの梁が甲板面で弾性的に結合された二層

梁として挙動するという、いわゆる Bleich 模型²⁾ の考え方に基づき、主構造と上部構造の連成影響を考慮に入れた一つの動的解析法³⁾ を示した。この解析法は、38隻の模型船の実験結果との比較により、5節振動程度までの船体上下固有振動数の算定に対し、かなりよい精度で適用し得ることを確認した。本稿では、上部構造を持つ船体の上下振動特性の解明を目的として、前述の解析法によって各種の系統的な現論計算を行ない、その結果を整理することによって明らかになった上部構造を持つ船体の上下振動特性⁴⁾ について述べる。

2. 基準船の設定および理論計算

供試模型船は、図1に示すような箱型等断面主構造に箱型等断面上部構造を取付けた模型船である。

上部構造を持つ船体の上下振動特性に支配的な影響を持つ量としては、主構造の長さ L 、上部構造の長さ l のほかに、上部構造の主構造に対する相対位置に関する量 X がある。船体上下振動特性に関係すると考えられるその他の量としては、主構造に対して添字 1、上部構造に対して添字 2 を付して区別することにして、主構造及び上部構造の断面二次モーメント I_1, I_2 、断面積 A_1, A_2 、剪断断面積 A_{w1}, A_{w2} 、単位長さ当りの重量 w_1, w_2 、断面の図心位置 a_1, a_2 及び両者を結合する連成ばね、すなわち船体の単位長さ当りの値で示した垂直ばね定数 k_V と水平（剪断）ばね定数 k_H が考えられる。

模型船の構造、寸法の特徴を表わすものとして、上記の各種の量を適当に組合わせた次のような無次元量の構造パラメータを考えた。すなわち

$$l/L, X/L, I_2/I_1, A_2/A_1, A_{w1}/A_{w2}, a/D, w_2/w_1, k_V, k_H$$

*善積廣幸 (Hiroyuki ZENJAKU), 大阪大学, 工学部, 造船学科, 松浦研究室, 助手, 工学修士, 造船学

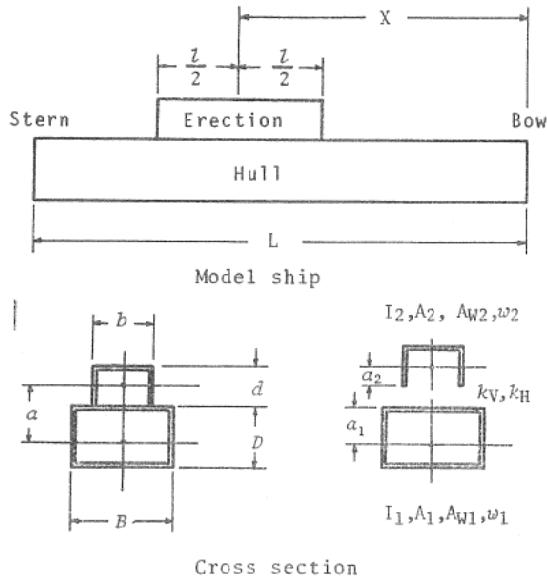


図1 模型船の概略図

の9個である。ここで k_V および k_H は無次元ばね定数である。上記の9個の構造パラメータが、船体の上下固有振動数にどのような影響を与えているかを検討するために、 X/L を除く8個の構造パラメータが実験模型船群の平均的な値を持つような架空の基準船を設定した。この基準船に対する系統的な数値計算は、一つの構造パラメータの値を変化させ他の構造パラメータの値は一定に保つという方法で、主として固有振動数 $N(i)$ ($i=1, 2, 3, 4$) を求める計算を行なった。以上の計算のうち w_2/w_1 以外はすべて上部構造に関する量を変化させた。 w_2/w_1 については、主構造の船倉に載貨すると考えて w_2 を一定に保ち、 w_1 を変化させた。このような計算を上部構造が、船体中央部、船尾部そして船体中央と船尾の中間の位置にある場合の系統的な計算を行なった。

3. 上部構造を持つ船体の上下振動特性

系統的計算の結果を整理した一部が図2～図3.2に示したグラフになる。各グラフは、横軸に構造パラメータ、縦軸に基準船の主構造の一次固有振動数 $N_{1(i)}$ で無次元化した無次元化固有振動数 $N_{(i)}/N_{1(i)}$ をとっている。図中、 $N_{1(i)}$ ($i=1, 2, 3, 4$) は主構造のみの固有振動数であり、細い水平な実線は主構造のみの無次元化固有振動数 $N_{1(i)}/N_{1(i)}$ を示している。

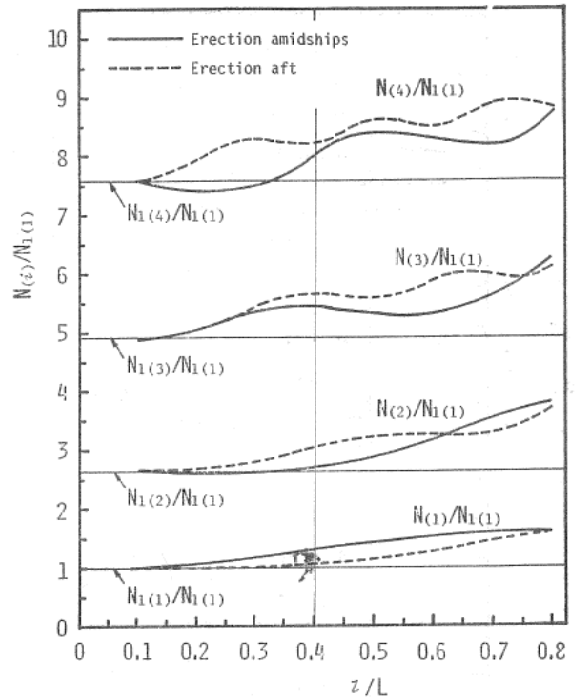


図2 主構造と上部構造の長さ比 (l/L) と上下固有振動数の関係

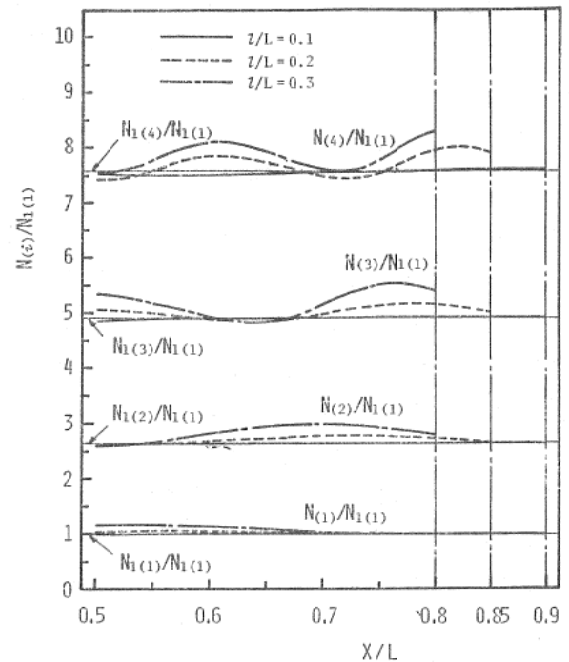


図3-1 上部構造の位置と上下固有振動数の関係 ($l/L=0.1, 0.2, 0.3$)

図2は $N_{(i)}/N_{1(i)}$ と l/L の関係を示す。 l/L が大きくなると固有振動数は増加するが、その増加の仕方は単調ではなく、増減の波をくりかえしながら全体としては l/L の値とともに増加する。図には中央上部構造と船尾部上部構造の両方の場合について示してあるが、曲線の波

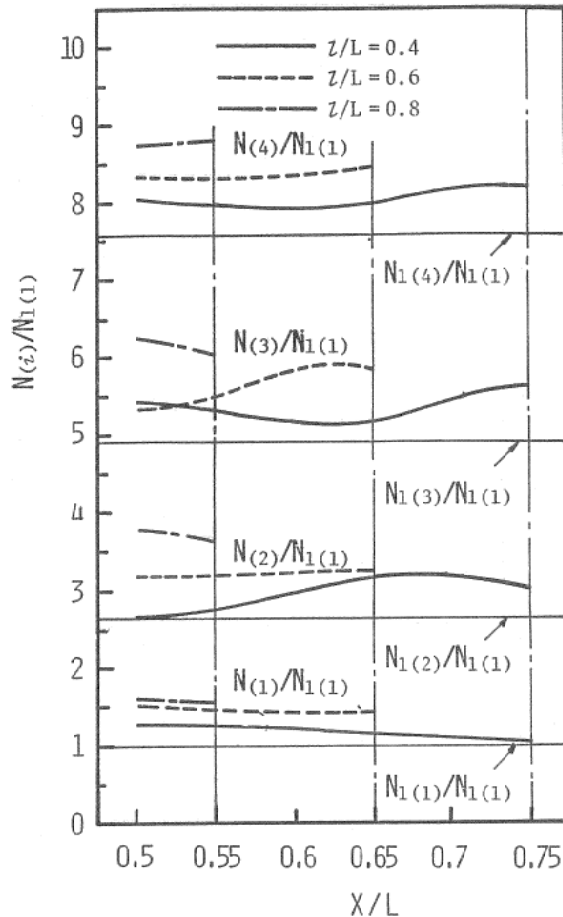


図3-2 上部構造の位置と上下固有振動数の関係 ($l/L=0.4, 0.6, 0.8$)

打ち現象は船尾部上部構造の方がひんぱんに現われる。さらにこの波打ち現象は高次振動になるほどひんぱんに現われることから主構造の振動モード曲線の節と上部構造の長さ l の関係で微妙に変化するものと思われる。なお $l/L \leq 0.1$ の短い上部構造の場合には上部構造の存在は船体固有振動数にほとんど影響を及ぼさないと考えてよい。

図3-1, 3-2は $N_{(i)}/N_{1(i)}$ と X/L の関係を示す。これは中央上部構造と船尾部上部構造の中間の位置にある上部構造の場合であって、 $l/L=0.1 \sim 0.8$ の上部構造についての計算結果

が示されている。

図3-1に見られるように、 $l/L=0.1$ の上部構造の場合は、固有振動数に影響はほとんどなく、 $l/L=0.2$ より大きくなると固有振動数への影響が現われてくる。図に見られるように上部構造の位置により固有振動数の増減があり、波打ち現象が見られ、この現象は高次振動になるほどひんぱんに現われる。これは、図2において述べたと同様の理由によるものと思われる。図3-2には、 $l/L=0.4, 0.6, 0.8$ の場合が示されており、 X/L に対する固有振動数の変化は図3-1と同様に複雑である。

構造パラメータ $I_2/I_1, A_2/A_1, A_{w2}/A_{w1}, a/D, w_2/w_1, \kappa_V$ 及び κ_H と $N_{(i)}/N_{1(i)}$ の関係については省略する。

4. おわりに

上部構造を持つ箱型模型船を対象として、系統的な数値計算を行なうことにより、この種の船体の上下振動特性が明らかになった。このことから上部構造を持つ実船の上下振動特性の基本的な事柄は類推できる。しかし模型船と実船の差異は、主構造が等断面か可変断面かであるから、上部構造を持つ実船の上下振動特性を解明するためには、筆者等が模型船の上下振動特性を説明するために用いた9個の構造パラメータに可変断面効果をもたす必要がある。現在、この点について検討中である。

参考文献

- 1) 松浦：造船協会論文集，108 (1960)，P. 255—275.
- 2) H. H. Bleich：Journal of Applied Mechanics, March, 1953, P. 95—104.
- 3) 松浦，善積：関西造船協会誌，176 (1980)，P. 93—104.
- 4) 松浦，善積：関西造船協会誌，185 (1982)，P. 153—165.