

審査の結果の要旨

氏名 武田 裕

船体構造の振動は時代とともに変化するので、これに適した防振設計法や防振装置は変化せざるを得ず、不断の進歩と開発を要求される。

1990年代以降、世界的な経済競争の激化により燃費改善の要請が強まったが、このため超大型コンテナ船やVLCCでは、特に大きな振動問題として船体上部構造の振動や機関室内タンク構造の振動問題が発生した。

船舶で発生する有害な振動を初期設計段階で未然に防止するためには、精度良い予測にもとづく防振設計技術と、万一振動が発生した際に適切に防振できる防振装置の2つが不可欠である。船舶の防振設計手法には大別して、船体構造と起振外力との共振を防ぐ共振回避設計法と、たとえ共振したとしても応答値を許容値以下に抑えるという振動応答許容値設計法の2種類がある。しかし、さらに設計的に有効な手だてを打つ手段として適切な防振装置を開発してそれを設置することが必要となる。

このようなことから、振動の少ない船を実現するためには、**共振回避設計法**、**応答解析設計法**ならびに**防振装置開発**の3つの分野でバランス良く研究し、その時代に即した総合的な防振システムを実現することが重要である。

本論文では、ここ10年間ほどの間に損傷を生じた振動問題を対象に、次の防振設計手法および防振装置に関する研究成果をまとめた。

- (a) **機関室内タンク構造の共振回避設計法** (第2章)
- (b) **船体振動の応答解析設計法** (第3章)
- (c) **上部構造用能動型制振装置の開発** (第4章)
- (d) **主機弾性支持方式の設計法** (第5章)

第2章では、**機関室内タンク構造の共振回避設計法**を研究した。損傷防止を目的として機関室内タンク構造の共振回避設計法を実現するために、最初にパターン別に固有振動数低下のメカニズムを分類し、次に矩形タンク囲壁を構成する防撓平板の接水時固有振動数の算定式を導いた。さらに本算定式の解析精度を検証したのち、これを使用してシリーズ計算を行い、タンク形状が最低次固有振動モードの発生に与える影響を検討して、防振設計上の留意点を得た。

第3章では、主として**船体上部構造のように大型の局部構造に対する応答解析設計法**の開発について述べた。船のような大規模建造物の振動応答推定精度を向上して応答解析にもとづく設計法を確立するために、つぎの研究を行った。

(1) 供試船による高精度の伝達関数の計測：次章で開発した上部構造頂部に設置した電磁式アクティブ制振装置(以下AMDと略記)を起振機として使用し、上部構造の前後方向のスイープ加振試験を行い、既知の起振力に対する上部構造の応答特性を計測した。

(2) 高精度の大型 FEM モデル作成要領の検討：高精度の大型 FEM 構造モデルをどう表現するかを検討するために、上部構造の振動特性に影響を与える可能性のある局部構造を忠実にモデル化した FEM モデルを使用してシリーズ計算を行い、それぞれが上部構造の固有振動数に与える影響を検討し、精度良い FEM モデルを作成するためのモデル化指針を検討した。

(3) 減衰同定係数法の開発：モード解析を利用せずに応答を計算する方法を利用した減衰同定法を開発し、模型架台による起振機試験結果にて本法の有効性を確認した。

(4) 流体圧縮性による減衰が振動応答に与える影響の検討：従来の振動応答解析では無視していた流体非圧縮性の仮定を検証した。すなわち流体の圧縮性の影響度を検討し、流体力は付加水質量として作用するのみならず、圧縮性により減衰力としても作用するので、振動応答解析では流体圧縮性を考慮する必要がある場合が存在することを確認した。

(5) 流体と構造の分離による減衰要因の分離の検討：減衰の推定をさらに高度化するために、Rayleigh 減衰の仮定を拡張して付加水質量の影響を分離して取り扱う。この分離の仮定箱形模型による起振機試験を実施し、この計測データに対して同定法を適用し模型実験による結果から同定法が適用できることを示した。VLCC の高精度起振機試験結果と高精度モデルに対して本同定法を適用することにより、減衰係数の組み合わせを求めることができることを実験的に示した。最終的に VLCC 上部構造の応答を解析して、十分実用的な精度で推定できることを確認した。

第 4 章では、万一大きな**上部構造振動が発生した場合、これを効果的に抑制するための防振装置の開発**について記述した。電磁アクチュエータとアクティブ制御方式を組み合わせた電磁式アクティブ制振装置を開発した。本アクティブ制振装置では構造物の振動数をセンサーにより検知し、その信号をもとに制御則を用いて可動マスの動きを最適にコントロールして制振する能動制御方式であり、振幅変動や振動数変化に追従できるだけでなく、複数の起振成分の低減に効果があるものである。最初に小型の制振装置試作機を製作し、枠組み架台を用いた陸上での起振試験と制振試験により装置が正常に作動することを確認し、つぎに制振装置実用機を製作し VLCC および大型撒積貨物船に搭載し、これらの航走試験を実施して実船の上部構造振動に対しても、良好な制振効果が得られることが確認した。

第 5 章では、船体への**起振力伝達を低減するための主機弾性支持方式**の開発について研究した。最初に中速ディーゼル主機関の起振次数を検討して、低減対象とする起振周波数帯を決定し、つぎにこの次数の主機起振力の伝達率を検討するために主機応答計算法を考察し、これを用いて最適弾性要素配置を決定した。さらに裸殻運転と呼ばれる試験に際しては弾性要素を鋼製要素に入れ替えることにより弾性支持方式の作動と非作動の検証試験を実施して本弾性支持方式の有効性を検証した。主機起振力の伝達率、構造の振動ともに大きく減少したことが確認され、本防振方式の有効性が検証された

以上のように、船体振動の重要課題をここ 10 年に亘って、実験には現象解析、高度な数値解析によるシミュレーション、そのモデル化の開発等を行い、設計並びに振動回避に有効な手段を開発したと評価する。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。