(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2012-140071
(P2012-140071A)
(43)公開日　平成24年7月26日(2012.7.26)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
B63B 25/00	(2006.01)	B63B	25/00	101Z	3J048
F16F 15/02	(2006.01)	F16F	15/02	C	

審査請求 未請求　請求項の数 6　OL　（全 11 頁）

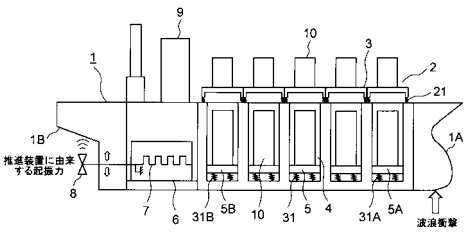
(21)出願番号　特願2010-293397 (P2010-293397)
(22)出願日　平成22年12月28日 (2010.12.28)

(71)出願人　000006208
三菱重工業株式会社
東京都港区港南二丁目１６番５号
(74)代理人　110000785
特許業務法人　高橋松本&パートナーズ
(72)発明者　森本　紘之
東京都港区港南二丁目１６番５号　三菱重工業株式会社内
(72)発明者　▲柳▼　和久
東京都港区港南二丁目１６番５号　三菱重工業株式会社内

Fターム(参考)　3J048 AD07　BC02　BE02　BF04　BF16
CB01　DA01　EA37

(54)【発明の名称】船舶積載コンテナの振動調整装置

(57)【要約】
【課題】船体振動を抑制可能であるとともに船舶に積載されるコンテナの振動を抑制して荷崩れを防止することができる船舶積載コンテナの振動調整装置を提供する。
【解決手段】複数のコンテナ１０が積載される船舶に設けられる船舶積載コンテナの振動調整装置であって、コンテナ１０が載置される複数のコンテナ支持台３、５の底部にそれぞれ設けられ、該コンテナ支持台３、５を弾性支持するバネ機構２１、３１を有する。
【選択図】　図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
複数のコンテナが積載される船舶に設けられる船舶積載コンテナの振動調整装置であって、
前記コンテナが載置される複数のコンテナ支持台の底部にそれぞれ設けられ、該コンテナ支持台を弾性支持するバネ機構を有することを特徴とする船舶積載コンテナの振動調整装置。
【請求項２】
請求項１に記載の振動調整装置が、船体への異なる複数の起振力により各コンテナに生じる振動を調整する装置であり、
前記コンテナの振動に主として影響を与える前記起振力に応じて、前記コンテナ支持台ごとに前記バネ機構のバネ定数が設定されており、
前記船体の船首側に配置された前記コンテナ支持台においては、前記コンテナが積載された状態で該コンテナ支持台の固有振動数が前記起振力による船体振動数と同一又はこれに近づくように前記バネ機構のバネ定数が設定され、
前記船体の船尾側に配置される前記コンテナ支持台においては、前記コンテナが積載された状態で該コンテナ支持台の固有振動数が前記起振力による船体振動数より小さくなるように前記バネ機構のバネ定数が設定されていることを特徴とする船舶積載コンテナの振動調整装置。
【請求項３】
前記船舶は甲板上の上部コンテナ収容区域と甲板下の下部コンテナ収容区域とを有しており、
前記上部コンテナ収容区域及び前記下部コンテナ収容区域の前記コンテナ支持台に前記バネ機構がそれぞれ設けられていることを特徴とする請求項１又は２に記載の船舶積載コンテナの振動調整装置。
【請求項４】
前記バネ機構はコイルバネを含むことを特徴とする請求項１乃至３のいずれか一項に記載の船舶積載コンテナの振動調整装置。
【請求項５】
前記バネ機構は全長の異なる複数のコイルバネを含み、該バネ機構のたわみ量に応じてバネ定数が段階的に変化する構成としたことを特徴とする請求項１乃至４のいずれか一項に記載の船舶積載コンテナの振動調整装置。
【請求項６】
前記バネ機構はコイルバネと空気バネとを含むことを特徴とする請求項１乃至５のいずれか一項に記載の船舶積載コンテナの振動調整装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、船舶に積載されるコンテナに用いられ、コンテナの振動を調整する船舶積載コンテナの振動調整装置に関し、特に、船体への波浪衝撃による起振力またはプロペラ変動圧等の推進装置に由来する起振力など、異なる複数の起振力に応じてコンテナの振動を調整することができる船舶積載コンテナの振動調整装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
一般に、コンテナ船においては、図８に示すように船体１０１の船首１０１Ａから船尾１０１Ｂに亘って複数の貨物格納用ホールド１０２及びハッチカバー１０３が設けられている。ホールド１０２内には多数のセルガイドが配設されており、このセルガイド間に多数個のコンテナ１１０が密に複数段積載される。また、ハッチカバー１０３上には、コンテナ固縛材により、多数個のコンテナ１１０が複数段積み付けされる。このようなコンテナ船においては、通常、船尾１０１Ｂ側の船底に機関室１０５が配設されている。機関室

１０５内には、推進用プロペラ１０７が連結される主機１０６や補機類が設置されている。さらに、機関室１０５の上部には、船員室や操舵室等を有する居住区１０８が設けられている。

【０００３】

このような船舶においては、波浪衝撃やプロペラ変動圧等により低次の主船体節振動が励起される。これにより、船舶に積載されるコンテナに過大な慣性力が発生し、コンテナが荷崩れを起こす可能性がある。

そこで、従来はコンテナの荷崩れを防ぐため、コンテナの積載数を減らしたり、船舶の速度を下げて運航したりしていた。そのため、船舶の運搬効率が低下してしまうという問題があった。

【０００４】

これに対して、荷崩れを発生させる船体の振動を抑制するために、従来から各種の制振装置が提案、実用化されている。例えば特許文献１（特開平７－２９１１２１号公報）にはエアクッション型高速船の衝撃吸収装置が開示されている。この衝撃吸収装置は、エアクッション型高速船の船首部下面に、内部に水が充填された偏平ゴム膜を貼着した構成となっている。これにより、波浪衝撃がゴム膜を介して船底に作用するため船体への衝撃を低減することができる。

また、他の制振装置を備えた船舶として、特許文献２（特開２００３－２０５８９５号公報）には、多数の球体が収納されたケースを船体に固定した構成が開示されている。多数の球体は互いに接触してその摩擦により振動を減衰するようになっている。

【０００５】

一方、船舶における船体振動を有効に利用した技術が特許文献３（特開２０１０－１３２１１２号公報）に開示されている。これは、船体の振幅発生部に、弾性支持装置により船体の節振動に共振するように支持された振動体を設け、この振動体の移動エネルギを誘導発電機により電気エネルギに変換するようになっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００６】

【特許文献１】特開平７－２９１１２１号公報

【特許文献２】特開２００３－２０５８９５号公報

【特許文献３】特開２０１０－１３２１１２号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

上記したように、コンテナを積載した船舶においては、船体への波浪衝撃やプロペラ変動圧等によってコンテナが振動し、荷崩れが発生するおそれがあった。さらに、多数のコンテナが連動して振動することによって、逆にコンテナが船舶の起振源となり船体の揺動に影響を与えることもある。

そこで、特許文献１や特許文献２のように、船舶に制振装置を設けることによって船体の振動を抑制することが提案されているが、これらは新たに制振装置を設ける必要があり設備コストが増加するという問題があった。さらに、船舶においては、波浪衝撃やプロペラ変動圧等のように複数の異なる起振力が船体に与えられるため、船舶全体に適切な制振対策を施すことは困難であった。

【０００８】

特許文献３は船体振動を利用して発電を行う構成となっているが、振動体の振動は、発電とは別の副次的な作用として動吸振作用を有している。しかし、特許文献３の振動体は発電を目的としたものであるため船体を制振する程の動吸振作用は得られず、また動吸振作用が十分に得られる程度の振動体を船舶に搭載すると船舶の積載重量が減ってしまい、やはり運搬効率の低下を招いてしまう。

したがって、本発明はかかる従来技術の問題に鑑み、船体振動を抑制可能であるととも

に船舶に積載されるコンテナの振動を抑制して荷崩れを防止することができる船舶積載コンテナの振動調整装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００９】

上記の課題を解決するために、本発明に係る船舶積載コンテナの振動調整装置は、複数のコンテナが積載される船舶に設けられる船舶積載コンテナの振動調整装置であって、前記コンテナが載置される複数のコンテナ支持台の底部にそれぞれ設けられ、該コンテナ支持台を弾性支持するバネ機構を有することを特徴とする。

【００１０】

本発明によれば、コンテナ支持台の底部にバネ機構を設け、このバネ機構によりコンテナが支持される構成としため、船体振動に対するコンテナの振動応答を小さくすることができ、多段に積載されたコンテナの荷崩れを防止できる。

また、船体に対してコンテナをバネ機構で支持する構成としているため、このコンテナとバネ機構とが、コンテナ自体（コンテナ支持台を含む）を振動体とし船体を制振対象とした動吸振器として作用し、船舶の振動を抑制することが可能となる。このとき、コンテナの質量は動吸振器として有効に活かされる。したがって、新たに振動体を設置する必要がなく設備コストの増大を防げるとともに、新たに振動体を設置する場合に比べて船舶の積載重量を大きくとることができる。

【００１１】

また、上記の振動調整装置が、船体への異なる複数の起振力により各コンテナに生じる振動を調整する装置であり、前記コンテナの振動に主として影響を与える前記起振力に応じて、前記コンテナ支持台ごとに前記バネ機構のバネ定数が設定されており、前記船体の船首側に配置された前記コンテナ支持台においては、前記コンテナが積載された状態で該コンテナ支持台の固有振動数が前記起振力による船体振動数と同一又はこれに近づくように前記バネ機構のバネ定数が設定され、前記船体の船尾側に配置される前記コンテナ支持台においては、前記コンテナが積載された状態で該コンテナ支持台の固有振動数が前記起振力による船体振動数より小さくなるように前記バネ機構のバネ定数が設定されていることが好ましい。

【００１２】

船体へは波浪衝撃やプロペラ変動圧等の異なる複数の起振力が与えられるが、本構成ではこれらの異なる複数の起振力に応じてコンテナ支持台ごとにバネ機構のバネ定数を設定しているため、船体のどの部位においても船体及びコンテナの振動に対して最適な振動抑制対策を講じることが可能となる。

ここで、船体の船首側には主として波浪衝撃による起振力が与えられる。波浪衝撃を起振力とした船体振動は、推進装置に由来する起振力で励起される船体振動より振幅が大きい。そこで本構成では、コンテナ支持台の固有振動数がこの起振力による船体振動数と同一又はこれに近づくようにバネ定数を設定することにより、コンテナを動吸振器として作用させることができる。よって、船体とコンテナとの振幅拡大を抑えてコンテナの振動応答を抑制可能であるとともに、複数のコンテナが動吸振器として作用することにより船体の制振が可能となる。

一方、船体の船尾側には主としてプロペラ変動圧等の推進装置に由来する起振力が与えられる。推進装置に由来する起振力で励起される船体振動は、波浪衝撃を起振力とした船体振動より振動数が高く、コンテナを動吸振器として作用させることは困難である。そこで、船尾側ではコンテナ支持台の固有振動数がこの起振力による船体振動数より小さくなるようにバネ定数を設定することにより、起振力に対してコンテナの共振を回避し、船体とコンテナとの振幅拡大を抑えてコンテナの振動応答を抑制することが可能となる。

【００１３】

さらに、前記船舶は甲板上の上部コンテナ収容区域と甲板下の下部コンテナ収容区域とを有しており、前記上部コンテナ収容区域及び前記下部コンテナ収容区域の前記コンテナ支持台に前記バネ機構がそれぞれ設けられていることが好ましい。

このように、上部コンテナ収容区域と下部コンテナ収容区域との両方にバネ機構を設けることにより、船舶全体における制振効果を向上させることができる。

【００１４】

また、前記バネ機構はコイルバネを含むことが好ましい。

これにより、簡単な構成でコンテナの振動調整が可能となり、設備コストも安価にできる。

さらに、前記バネ機構は全長の異なる複数のコイルバネを含み、該バネ機構のたわみ量に応じてバネ定数が段階的に変化する構成とすることが好ましい。

これにより、コンテナの重量が変化しても常に最適なバネ定数に調整することが可能となる。また、コイルバネは使用時における制御が不要であるため取り扱いが容易となる。

【００１５】

さらにまた、前記バネ機構はコイルバネと空気バネとを含むことが好ましい。

このように、コイルバネと空気バネとを併用したバネ機構とすることにより、空気バネで微細なバネ定数の調整ができ、且つ空気バネに不具合があった場合においてもコイルバネにより確実にコンテナを支持することができる。

【発明の効果】

【００１６】

以上記載のように本発明によれば、コンテナ支持台の底部にバネ機構を設け、このバネ機構によりコンテナが支持される構成としため、船体振動に対するコンテナの振動応答を小さくすることができ、多段に積載されたコンテナの荷崩れを防止できる。

また、コンテナとバネ機構とが、コンテナ自体（コンテナ支持台を含む）を振動体とし船体を制振対象とした動吸振器として作用するため、船舶の振動を抑制することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【００１７】

【図１】本発明の実施形態に係る振動調整装置を備えたコンテナ船の全体構成図である。

【図２】本発明の実施形態におけるバネ機構の第１構成例を示す側面図である。

【図３】本発明の実施形態におけるバネ機構の第２構成例を示す側面図である。

【図４】本発明の実施形態におけるバネ機構の第３構成例を示す側面図である。

【図５】船体とコンテナの振動モデルを示す図であり、（Ａ）は動吸振器の場合のモデル、（Ｂ）は共振回避の場合のモデルを示す。

【図６】コンテナの上下方向加速度を示すグラフである。

【図７】バネ機構と起振力の振動数比とコンテナ上下振動の船体振動に対する振幅拡大率の関係を示すグラフである。

【図８】従来のコンテナ船を示す全体構成図である。

【発明を実施するための形態】

【００１８】

以下、図面を参照して本発明の好適な実施形態を例示的に詳しく説明する。但しこの実施形態に記載されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は特に特定的な記載がない限りは、この発明の範囲をそれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例に過ぎない。

【００１９】

まず最初に、図１を用いて本発明の実施形態に係る振動調整装置を備えたコンテナ船の全体構成を説明する。

コンテナ船は、船体１の船首１Ａから船尾１Ｂに亘って複数のコンテナ収容区域が設けられている。また、船尾１Ｂ側の船底に機関室６が配設されている。機関室６内には、推進用プロペラ８が連結される主機７や補機類が設置されている。さらに、機関室６の上部には、船員室や操舵室等を有する居住区９が設けられている。

【００２０】

コンテナ収容区域は、甲板上に設けられた複数の上部コンテナ収容区域２と、甲板下に

設けられた複数の下部コンテナ収容区域４とを有する。そして、上部コンテナ収容区域２及び下部コンテナ収容区域４にはそれぞれコンテナ支持台３、５が設けられている。コンテナ支持台３、５はいずれも剛性の高い材料、例えば鋼材で形成される。

具体的には、上部コンテナ収容区域２はハッチカバー上方に形成されている。このとき、上部コンテナ収容区域２におけるコンテナ支持台３はハッチカバー自体としてもよいし、ハッチカバーの上部にこれとは別にコンテナ支持台３を設けてもよい。上部コンテナ収容区域２のコンテナ支持台３上には、多数個のコンテナ１０が複数段積み付けされて、これらのコンテナ１０は固縛部材により固定される。

下部コンテナ収容区域４は隔壁によって仕切られた空間からなり、例えば貨物格納用ホールドである。下部コンテナ収容区域４の底部にはコンテナ支持台５が設けられている。このコンテナ支持台５上には、多数個のコンテナ１０が複数段積載され、これらのコンテナ１０は不図示のガイドによって隔壁に固定される。

【００２１】

このような構成を有する船舶においては、波浪衝撃やプロペラ変動圧等のように、異なる複数の起振力が船体１に与えられる。これらの起振力により船体が振動し、これにともないコンテナ１０が振動する。

本発明の実施形態に係る振動調整装置は、船体１への異なる複数の起振力により各コンテナ１０に生じる振動を調整するものである。

この振動調整装置は、コンテナ支持台３、５の底部に配置されるバネ機構２１、３１を有している。このバネ機構２１、３１によりコンテナ支持台３、５は船体１に対して弾性支持される。バネ機構２１、３１は、複数のバネ部材から構成されるものである。

さらに振動調整装置は、コンテナ１０の振動に主として影響を与える起振力に応じて、コンテナ支持台３、５ごとにバネ機構２１、３１のバネ定数が設定されている。ここでいうバネ定数とは、複数のバネ部材の合成バネ定数である。

【００２２】

上記構成によれば、コンテナ支持台３、５の底部にバネ機構２１、３１を設け、このバネ機構２１、３１によりコンテナ１０が支持される構成としため、船体振動に対するコンテナ１０の振動応答を小さくすることができ、多段に積載されたコンテナ１０の荷崩れを防止できる。

また、船体１に対してコンテナ１０をバネ機構２１、３１で支持する構成としているため、このコンテナ１０とバネ機構２１、３１とが、コンテナ１０自体（コンテナ支持台を含む）を振動体とし船体を制振対象とした動吸振器として作用し、船舶の振動を抑制することが可能となる。このとき、コンテナ１０の質量は動吸振器として有効に活かされる。したがって、新たに振動体を設置する必要がなく設備コストの増大を防げるとともに、新たに振動体を設置する場合に比べて船舶の積載重量を大きくとることができる。

さらに、船体１へは波浪衝撃やプロペラ変動圧等の異なる複数の起振力が与えられるが、本発明ではこれらの異なる複数の起振力に応じてコンテナ支持台３、５ごとにバネ機構２１、３１のバネ定数を設定しているため、船体１のどの部位においても船体１及びコンテナ１０の振動に対して最適な振動抑制対策を講じることが可能となる。

【００２３】

なお、本実施形態の振動調整装置において、バネ機構２１、３１は上部コンテナ収容区域２及び下部コンテナ収容区域４のコンテナ支持台３、５の少なくとも一方に設けられるが、好ましくは、図示したように上部コンテナ収容区域２及び下部コンテナ収容区域４のコンテナ支持台３、５の両方にバネ機構２１、３１が設けられているとよい。これにより船舶全体における制振効果をより一層向上させることができる。

【００２４】

図２乃至図５を用いて、バネ機構３１の具体的な構成例を説明する。

これらの図では、上部コンテナ収容区域２及び下部コンテナ収容区域４のコンテナ支持台３、５の両方にバネ機構２１、３１を設けた場合を示しているが、これに限定されるものではない。また、バネ機構の説明においては、下部コンテナ収容区域４のバネ機構３１

を例に挙げて説明するが、これと同様のバネ機構を上部コンテナ収容区域２のコンテナ支持台３にも適用できる。

【００２５】

図２は本発明の実施形態におけるバネ機構の第１構成例を示す側面図である。

第１構成例のバネ機構３１は、コンテナ１０が載置されるコンテナ支持台５の底部に設けられた複数のコイルバネ３２、３２を含む。コイルバネ３２は、例えばヘリカルコイルバネが用いられる。このコイルバネ３２は、コンテナ収容区域４の底部とコンテナ支持台５との間に鉛直方向に架設され、バネ上端がコンテナ支持台５底面に固定され、バネ下端がコンテナ収容区域４の底部に固定される。ここで、コイルバネ３２は鉛直方向に立設するようにコンテナ収容区域４の底部に固定されている場合は、バネ上端を固定しなくてもよい。

【００２６】

このようにバネ機構３１がコイルバネ３２を含むことにより、簡単な構成でコンテナ１０の振動調整が可能となり、設備コストも安価にできる。また、コイルバネ３２は使用時における制御が不要であるため取り扱いが容易となる。

さらに、コイルバネ３２は、対数減衰率の大きなバネであることが好ましい。これにより、コンテナ１０の振動の減衰を促進でき、コンテナ１０の振動応答をより一層低減することができる。

【００２７】

図３は本発明の実施形態におけるバネ機構の第２構成例を示す側面図である。

第２構成例のバネ機構３１は、コンテナ１０が載置されるコンテナ支持台５の底部に設けられた全長の異なる複数のコイルバネ３２ａ、３２ｂ、３２ｃを含む。このバネ機構３１は、そのたわみ量に応じてバネ定数が段階的に変化する構成となっている。

コイルバネ３２ａ、３２ｂ、３２ｃは、コンテナ収容区域４の底部とコンテナ支持台５との間に鉛直方向に立設され、バネ下端がコンテナ収容区域４の底部に固定されている。バネ上端は、水平方向に板状部材が設けられ、コンテナ支持台５の底面に面接触可能なように形成されている。なお、最も全長の長いコイルバネ３２ａにおいては、バネ上端がコンテナ支持台５の底面に固定されていてもよい。

【００２８】

バネ機構３１は、コンテナ１０の重量に比例してたわみ量が大きくなる。このたわみ量に応じてバネ定数が段階的に変化することにより、コンテナ重量に応じて支持剛性を高くし、コンテナ重量変化によるたわみ量の変化を少なくする。

本第２構成例によれば、コンテナ１０の重量が変化してもバネ機構３１を常に最適なバネ定数に調整することが可能となる。

【００２９】

図４は本発明の実施形態におけるバネ機構の第３構成例を示す側面図である。

第３構成例のバネ機構３１は、コンテナ１０が載置されるコンテナ支持台５の底部に設けられたコイルバネ３２と空気バネ３３とを含む。コイルバネ３２と空気バネ３３とは、コンテナ収容区域４の底部とコンテナ支持台５との間に鉛直方向に架設されている。

このように、コイルバネ３２と空気バネ３３とを併用したバネ機構３１とすることにより、空気バネ３３で微細なバネ定数の調整ができ、且つ空気バネ３３に不具合があった場合においてもコイルバネ３１により確実にコンテナ１０を支持することができる。

【００３０】

図１に戻り、本実施形態の振動調整装置の別の態様として、船体１の船首１Ａ側と船尾１Ｂ側とでバネ機構３１のバネ定数を変えてもよい。

船体１の船首１Ａ側には主として波浪衝撃による起振力が与えられる。波浪衝撃を起振力とした船体振動は、推進装置の振動を起振力とした船体振動より振幅が大きい。そこで、船体１の船首１Ａ側に配置されたコンテナ支持台５Ａにおいては、コンテナ１０が積載された状態で該コンテナ支持台５Ａの固有振動数が波浪起振力による船体振動数と同一又はこれに近づくように、バネ機構３１のバネ定数を設定する。

これにより、コンテナ１０を動吸振器として作用させることができる。よって、船体１とコンテナ１０との振幅拡大を抑えてコンテナ１０の振動応答を抑制可能であるとともに、複数のコンテナ１０が動吸振器として作用することにより船体１の制振が可能となる。

【００３１】

具体例として、船首１Ａ側のバネ機構３１Ａにおけるバネ定数の設定方法を説明する。

図５は船体とコンテナの振動モデルを示す図であり、（Ａ）は動吸振器の場合のモデル、（Ｂ）は共振回避の場合のモデルを示す。

この振動モデルにおいて、波浪起振力による船体の振動数と、コンテナ（コンテナ支持台を含む）の振動数とを同じ振動数に調整して、船体とコンテナの振幅拡大を抑える。

ここで、制振対象である船体１の質量をＭ、バネ定数をＫ、減衰係数をＣとし、動吸振器として作用するコンテナの総質量をｍ、バネ定数をｋとし、さらに船体の絶対変位をＸ、コンテナの絶対変位をｘ、船体に与えられる起振力を$F_0 e^{j\Omega t}$とする。

【００３２】

コンテナの固有振動数ｆｃ、及び波浪起振振動数f_Eは以下のようになる。

【数１】

$$f_C = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} \quad :\text{コンテナ支持台固有振動数}$$

$$f_E \approx 1\text{Hz} \quad :\text{波浪衝撃振動数}$$

この振動モデルの運動方程式は以下の式となる。

【数２】

$$\begin{cases} M\ddot{X} + C\dot{X} + KX + c(\dot{X} - \dot{x}) + k(X - x) = Fe^{i\Omega t} \\ m\ddot{x} + c(\dot{x} - \dot{X}) + k(x - X) = 0 \end{cases}$$

$$\sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{K}{M}} = 2\pi f_E$$

上記式から図６に示すグラフが得られる。図６はコンテナの加速度を示すグラフである。比較例としてコンテナをバネ機構で支持していない場合、つまり船体と一体となって移動する場合についても示している。このグラフから、バネ機構で支持したコンテナは、バネ機構で支持していないコンテナに比べて振幅が０．５倍以下であることがわかる。すなわちバネ支持により船体振動に対するコンテナの振幅拡大率を０．５以下とすることができる。

【００３３】

一方、船体１の船尾１Ｂ側には主として推進用プロペラ変動圧による起振力が与えられる。推進用プロペラ変動圧を起振力とした船体振動は、波浪衝撃を起振力とした船体振動より振動数が高く、コンテナを動吸振器として作用させることは困難である。そこで、船体１の船尾１Ｂ側に配置されるコンテナ支持台５Ｂにおいては、コンテナ１０が積載された状態で該コンテナ支持台５Ｂの固有振動数がプロペラ起振力による船体振動数より小さくなるように、バネ機構３１Ｂのバネ定数を設定する。

これにより、プロペラ起振力に対してコンテナ１０の共振を回避し、船体１とコンテナ１０との振幅拡大を抑えてコンテナ１０の振動応答を抑制することが可能となる。

【００３４】

船尾１Ｂ側のバネ機構３１Ｂにおけるバネ定数の設定方法を説明する。

コンテナ（コンテナ支持台を含む）の振動数が、プロペラ起振力による船体の振動数より小さくなるように調整して、起振力による船体の振動とコンテナの振動とが共振することを回避し、船体とコンテナの振幅拡大を抑える。

【００３５】
ここで、コンテナの総質量をｍ、バネ定数をｋとする。
コンテナの固有振動数ｆｃ、及びプロペラ起振力振動数f_Eは以下のようになる。
【数３】

$$f_C = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} \quad :\text{コンテナ支持台固有振動数}$$

$$f_E \approx 10\text{Hz} \quad :\text{プロペラ起振振動数}$$

又、コンテナの応答は以下の運動方程式から次のようになる。
【数４】

$$m\ddot{x} + c(\dot{x} - j\Omega X e^{j\Omega t}) + k(x - Xe^{j\Omega t}) = 0$$

$$\left|\frac{x}{X}\right| = \sqrt{\frac{1+(2\zeta\nu)^2}{(1-\nu^2)^2+(2\zeta\nu)^2}} \qquad \zeta = \frac{C}{2\sqrt{mk}} = \frac{\delta}{2\pi}, \nu = \frac{\Omega}{\sqrt{k/m}} = \frac{\Omega}{2\pi f_C}$$

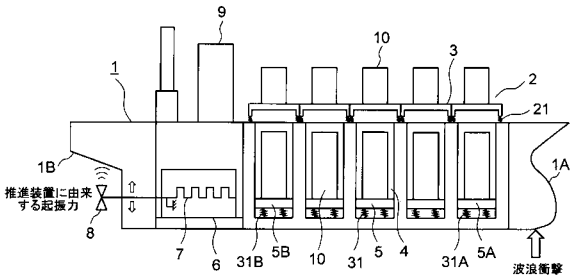
対数減衰率２πζが０．３以下の場合、図７に示す振動数比（f_E／f_C）と振幅拡大率｜ｘ／Ｘ｜の関係を示すグラフから、プロペラ起振力による船体振動に対する振幅拡大率が０．５以下となるのは、f_E／f_C＞１．７３のときである。
よって、以下の式によりバネ機構３１Ｂのバネ定数が求められる。対数減衰率が０．３以上の場合も、振幅拡大率が０．５以下となる振動数比を計算することで同様にバネ定数を求められる。
【数５】

$$k = m(2\pi f_C)^2 < m\left(2\pi \times \frac{f_E}{1.73}\right)^2 \approx 13.19 m f_E{}^2$$

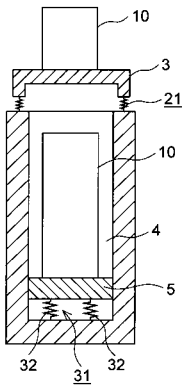
【００３６】
上記したように本実施形態によれば、コンテナ支持台３、５の底部にバネ機構２１、３１を設け、このバネ機構２１、３１によりコンテナ１０が支持される構成としため、船体振動に対するコンテナ１０の振動応答を小さくすることができ、多段に積載されたコンテナ１０の荷崩れを防止できる。
また、コンテナ１０とバネ機構２１、３１とが、コンテナ１０自体（コンテナ支持台を含む）を振動体とし制振対象を船体１とした動吸振器として作用するため、船舶の振動を抑制することが可能となる。
さらに、船体１への異なる複数の起振力に応じてコンテナ支持台３、５ごとにバネ機構２１、３１のバネ定数を設定しているため、船体１のどの部位においても船体１及びコンテナ１０の振動に対して最適な振動抑制対策を講じることが可能となる。
【符号の説明】
【００３７】
１　船体
１Ａ　船首
１Ｂ　船尾
２　上部コンテナ収容区域
３　コンテナ支持台
４　下部コンテナ収容区域
５　コンテナ支持台
７　推進用プロペラ
１０　コンテナ
２１、３１　バネ機構
３２、３２ａ、３２ｂ、３２ｃ　コイルバネ

３３　空気バネ

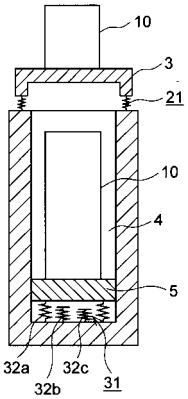
【図１】



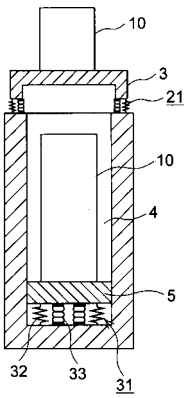
【図２】



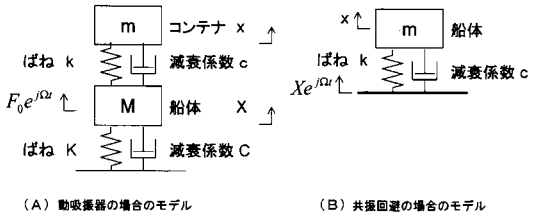
【図３】



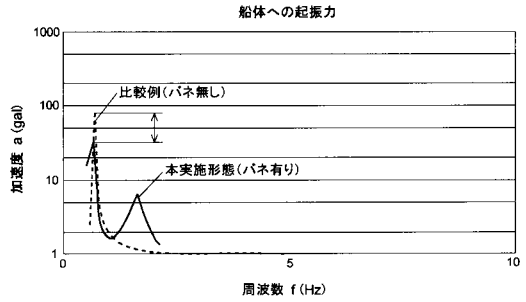
【図４】



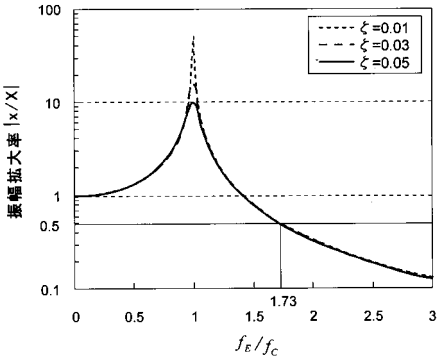
【図５】


m
コンテナ x
ばね k
減衰係数 c
$F_0e^{j\Omega t}$
M
船体 X
ばね K
減衰係数 C
x
m
船体
ばね k
減衰係数 c
$Xe^{j\Omega t}$
（A）動吸振器の場合のモデル
（B）共振回避の場合のモデル

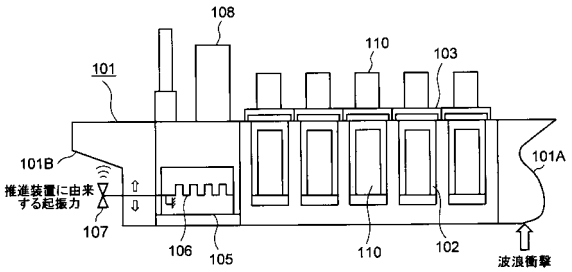
【図６】


船体への起振力
1000
100
10
1
0
5
10
比較例（バネ無し）
本実施形態（バネ有り）
加速度 a (gal)
周波数 f (Hz)

【図７】


100
10
1
0.5
0.1
0
0.5
1
1.5
1.73
2
2.5
3
ζ=0.01
ζ=0.03
ζ=0.05
振幅拡大率 |x/X|
f_E/f_C

【図８】


108
101
110
103
101B
101A
推進装置に由来する起振力
107
106
105
110
102
波浪衝撃