

船舶居住区の騒音低減に関する 実証研究報告



2012年2月



財団法人日本船舶技術研究協会



一般財団法人日本海事協会

はじめに

船舶は乗員の職場であると同時に生活の場でもあることから、居住区の居住環境が職種としての船員の健康確保あるいは忌避要因に大きな影響を与える。

小型内航船では居住区が機関室の真上にあるため、騒音レベルは平均で約 70dB であり、IMO A468 で推奨されている騒音規制値（事務室で 65 dB(A)、居室で 60 dB(A)）と比較してもかなり高い値である。

このため、(財)日本船舶技術研究協会では、(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構の委託を受けて、平成 20 年度から平成 21 年度にかけて「居住環境の向上に関する研究」を実施し、小型内航船の居住区の壁及び床に制振性能の優れた制振材を適用することにより、約 3~5dB の騒音低減効果があることを実証した。

一方、IMO は現在、船舶の騒音規制の強化及び義務化についての審議を行っており、これによると 1,600GT 以上の新造船には、現在推奨のみである IMO A468 の騒音規制が、一部強化されて強制化される見通しである。このような状況を考えると、船舶における騒音低減はますます重要な課題となっていると言える。

以上のような状況を踏まえ、これまでに制振材の効果に対して得られた知見を一層深めるために、一般財団法人日本海事協会、財団法人日本船舶技術研究協会、東海大学、積水化学工業(株)、墨田川造船(株)、檜垣造船(株)、本瓦造船(株)、山中造船(株)による共同研究開発として、「居住区の騒音低減に関する実証研究委員会」（添付資料-1 参照）を立ち上げて、平成 22 年度から平成 23 年度にかけて調査研究を実施した。なお、本共同研究開発は、一般財団法人日本海事協会の「業界要望による共同研究開発」スキームによる研究支援に基づき実施した。

本書は、今後の制振材の船舶への適用に関して参考となるよう、この研究の成果を取り纏めたものである。

本書が、制振材の船舶への適用促進とそれに伴う騒音低減に寄与できれば幸いである。

船舶居住区の騒音低減に関する実証研究報告

目次

第1章 騒音の伝搬と防音対策	P1
1. 1 騒音の伝搬と防音対策	P1
1. 2 制振材料による受音側の対策	P2
第2章 居住区の音響放射特性	P3
2. 1 居住区壁の音響放射特性	P3
2. 2 居住区への制振材の適用方法	P7
2. 3 制振材の施工方法	p9
第3章 制振材の効果検証	P14
3. 1 供試船	P14
3. 2 実験条件	P15
3. 3 実験結果	P16
第4章 まとめ	P19
添付資料-1 「居住区の騒音低減に関する実証研究委員会」委員名簿	P20
添付資料-2 実船における騒音・振動の計測方法について	P21

1. 騒音の伝搬と防音対策

1. 1 騒音の伝播と防音対策

騒音対策として一般的には下記の対策が考えられる。

①配置上の対策

- ・騒音源から離す

②騒音源の対策

- ・騒音・振動の少ない機器にする
- ・騒音源にカバーをつける
- ・サイレンサーをつける
- ・指向性を考え、遮蔽する
- ・騒音源の室囲壁の遮音性を向上させる
- ・室内を吸音処理する
- ・機器台にゴムまたは適当な材質の防振材を挿入する
- ・パイプ、ダクトの接続部、支持部に防振材を使用する

③受音側の対策

- ・制振材料の利用
- ・吸音材、遮音材の利用
- ・浮き床構造とする
- ・アクティブ音響制御

船舶の振動の多くは主機、発電機等の動力機械とプロペラによる強制振動である。これらの防振・防音対策として最も有効なのは、上記の①の対策にあたる起振源から居住区を出来るだけ離すことである。しかし小型船の場合には居住区は機関室の直上の甲板の上甲板（または船尾楼甲板）か一層上の端艇甲板に配置されており、離すことはほとんど不可能に近い。従って居住区の騒音・振動に対する問題指摘はされてきたが、有効な方策がないということで現状のままにされてきた。

騒音を低減させるための実用的な方策としては、②の騒音源の対策としては主機の防振対策を行うか ③の受音側の対策として振動のエネルギーを粘弾性の特性から、熱エネルギーへ変換し、吸収・減少させる制振材料の利用が有効と考えられる。

1. 2 制振材料による受音側の対策

①制振材

金属等の拘束板に制振性能を有する樹脂を積層した二層で構成される材料と拘束板を有しない制振性能を有する樹脂一層のみで構成される材料に分けられる。前者は、拘束型制振材、後者は非拘束型制振材と呼ばれている。一般に、拘束型の方が制振性能は優れているが、曲面への追従性に問題があり、普及は限定した範囲に留まっていた。しかし、近年は、樹脂の性能が改善されることで上記問題を解決し、各社新しい拘束型制振材の開発がされている。具体的には、壁、床等の振動面の全面施工ではなく、例えば、大きな歪み等がある箇所は排除して、その他の比較的平滑な箇所だけに、部分的に施工することで、高い制振性能を発現する制振材が開発されている。

②制振合金

亜鉛、マグネシウムなどの制振性の高い金属結晶を用いて作られた、エネルギー吸収能力の高い合金。制振機能を有する構造部材や、歯車、鉄道用レール、加工工具、スピーカーの支治具などに用いられる。

次章ではこれらの制振材料の中の代表例として、NK,JG,MED の型式認定取得（難燃性上張り材、一次甲板床張り材）し、A60 防火区画の表面材としても使用できる拘束型の制振材を取り上げ、その居住区への適用方法について検討するものとする。

なお、以下に示すものは、拘束型制振材の一例について行った調査検討の結果であり、必ずしも一般的な内容とはなり得ないので、その点注意願いたい。

2. 居住区の音響放射特性

各構成の壁に対して、制振材を壁の面積の 50% 貼り付けた場合の効果について、計算により検討した。これまでの知見によると 50%以上貼り付けても効果がサチュレートする傾向である。

2.1 居住区壁の音響放射特性

壁を例に挙げ、音響放射特性を検討した。一般に船舶居住区の壁構造は、鋼壁に内装材を取り付けた構造をしており、夫々次のような種類がある。

鋼壁 コルゲート鋼壁及びスティフナー鋼壁

内装材 カセットパネル及びベニヤ板

従って、鋼壁と内装材の組合せ及び制振材を鋼壁に施工するか内装材に施工するか等によって図 2.1.1 に示すような居住区壁構造が考えられるが、これらの構造の音響放射特性を数値解析により検討した。ここで、計算法は床に与えた起振力による振動の伝搬を有限要素法 (FEM) により計算し、壁からの音響放射を境界要素法 (BEM) で計算するという方法を用い、計算結果と実験値と比較してその計算モデルの有効性を検証した。

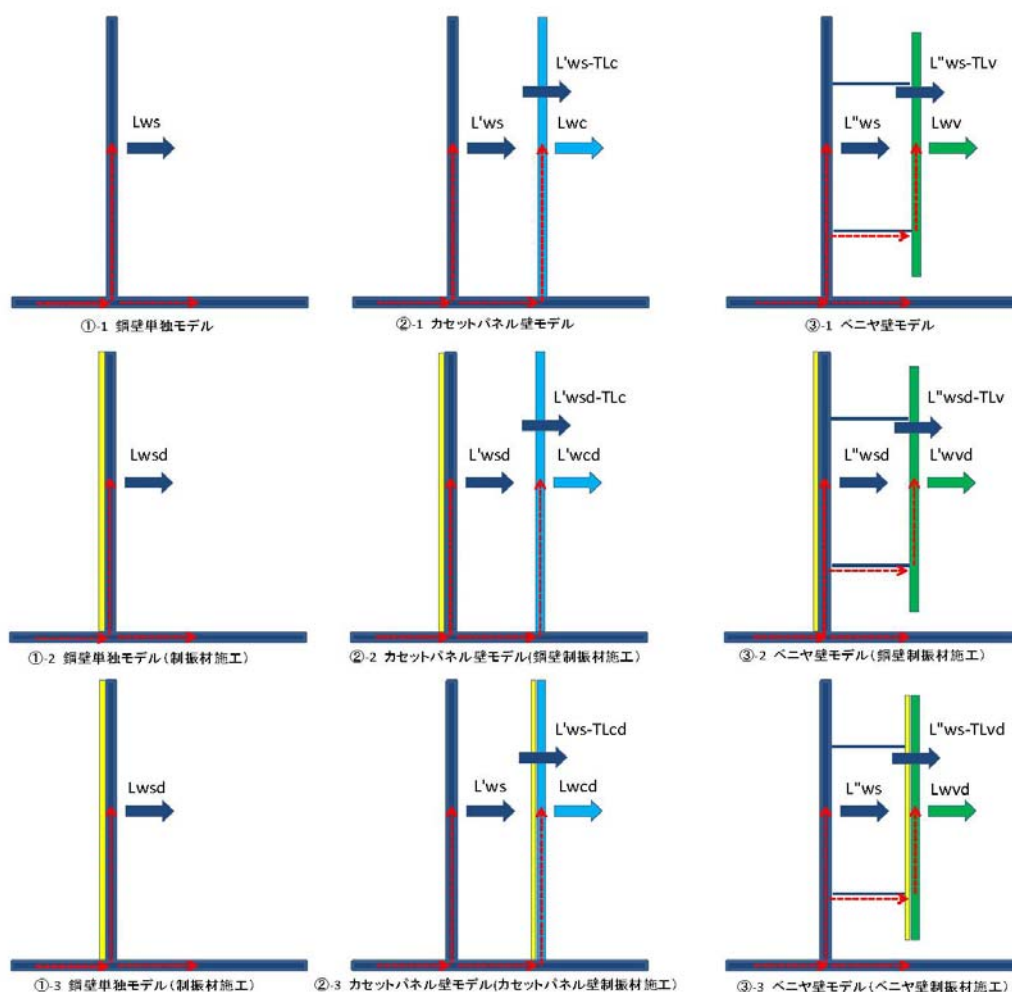


図 2.1.1 音響放射パワーの計算モデル

ここで、

L_{ws} : 鋼壁単独構造の音響放射パワーレベル

L_{wsd} : 鋼壁単独構造に制振材を施工した場合の音響放射パワーレベル

L'_{ws} : カセットパネルが取り付けられた鋼壁の音響放射パワーレベル

L''_{ws} : ベニヤが取り付けられた鋼壁の音響放射パワーレベル

L_{wc} : カセットパネルの音響放射パワーレベル

L_{wcd} : カセットパネルに制振材を施工した場合の音響放射パワーレベル

L'_{wcd} : 鋼壁に制振材を施工した場合のカセットパネルの音響放射パワーレベル

L_{wv} : ベニヤの放射パワーレベル

L_{wvd} : ベニヤに制振材を施工した場合の音響放射パワーレベル

L'_{wv} : 鋼壁に制振材を施工した場合のベニヤの音響放射パワーレベル

TL_c : カセットパネルの透過損失

TL_{cd} : カセットパネルに制振材を取り付けた場合の透過損失

TL_v : ベニヤの透過損失

TL_{vd} : ベニヤに制振材を取り付けた場合の透過損失

本計算の結果、次のことが明らかになった。

(1) 制振材施工前の音響放射パワー

- ① コルゲート鋼壁構造とスティフナー鋼壁構造の音響放射パワーレベルはほぼ同じである。これらの音響放射特性は壁の剛性、面密度、面積、内部損失係数などの壁の材料・特性によって決定される。従って、これらの材料・構造特性がほぼ同じであるコルゲート鋼壁構造とスティフナー鋼壁構造は、音響放射特性もほぼ同じである。
- ② 鋼壁単独と鋼壁／カセットパネルの音響放射パワーを比較するとほぼ同じである。これは、鋼壁／カセットパネルの場合、鋼壁の音響放射パワーよりカセットパネルの透過損失が大きいため、室内に伝わる鋼壁の音響放射パワーが相殺されるが、残ったカセットパネルからの音響放射パワーが鋼壁単独の音響放射パワーとほぼ同じであるためである。
- ③ 鋼壁単独と鋼壁／ベニアの音響放射パワーを比較すると、鋼壁／ベニアの音響放射パワーの方が小さい。これは、鋼壁／ベニアの場合、ベニアの透過損失より減少した鋼壁の音響放射パワーとベニアの音響放射パワーの両方の影響をうけるが、ベニアの音響放射パワーが鋼壁単独の音響放射パワーより小さいので室内の音響放射パワーは鋼壁／ベニアの方が小さい。

(2) 制振材施工後の音響放射パワー

- ① 鋼壁単独に制振材を施工した場合、鋼壁単独の音響放射パワーレベル L_{wsd} は、制振材施工前の音響放射パワーレベル L_{ws} よりも小さくなる。これはコルゲート鋼壁構造とスティフナー鋼壁構造でほぼ同じである。
- ② カセットパネルの鋼壁側に制振材を施工した場合（図 2.1：②-2）、鋼壁に施工した制振材の効果によって鋼壁からの音響放射パワーレベル L'_{wsd} は制振材の施工前の音響放射パワーレベル L'_{ws} より減少し、さらにカセットパネル壁の透過損失 TL_c によって減少する。この時、カセットパネルからの音響放射パワーレベル L'_{wcd} は鋼壁からの音響放射パワーレベル L'_{wsd} よりも大きい。このために、室内の音響パワーレベルはカセットパネルからの音響放射パワーレベル L'_{wcd} が支配的となり、鋼壁に制振材を施工しても室内の音響パワーレベルはあまり減少しないと推定される。
- ③ ベニアの鋼壁側に制振材を施工した場合（図 2.1：③-2）、鋼壁に施工した制振材の効果によって鋼壁からの音響放射パワーレベル L''_{wsd} は制振材の施工前 L''_{ws} より減少する。鋼壁からの音響放射パワーレベル L''_{wsd} はベニア壁からの音響放射パワーレベル L'_{wvd} よ

りも大きい、ベニア壁の透過損失 TL_v よりも小さい。従って、制振材の施工前において鋼壁から放射されてベニア壁を透過して室内に伝搬する音響放射パワーレベルは、ベニアからの音響放射パワーレベルよりも小さくなる。室内の音響放射パワーレベルはベニアからの音響放射パワーレベルが支配的になる。

- ④ カセットパネルに制振材を施工した場合（図 2.1：②-3）、制振材の効果によってカセットパネルからの音響放射パワーレベル L_{wcd} は減少する。しかし、音響放射パワーレベル L_{wcd} は鋼壁単独に制振材を施工した場合の音響放射パワーレベル L_{wsd} （図 2.1：①-3）よりも大きい。この結果、制振材を施工した鋼壁に制振材を施工したカセットパネル壁を追加設置しても室内も騒音低減ができない場合がある。
- ⑤ ベニア壁に制振材を施工した場合（図 2.1：③-3）、制振材の効果によってベニア壁からの音響放射パワーレベル L_{wvd} は減少する。音響放射パワーレベル L_{wvd} は鋼壁単独に制振材を施工した場合の音響放射パワーレベル L_{wsd} （図 2.1：①-3）よりも小さい。この結果、制振材を施工した鋼壁に制振材を施工したベニア壁を追加設置する場合には、室内の騒音低減が実現できる。
- ⑥ コルゲート鋼壁では、壁面中央部のコルゲート間の平板とコルゲート部からの音響放射パワーレベルが大きい。コルゲート間の平板に制振材を施工した場合、コルゲート間の平板の音響放射パワーレベルが減少する。制振材を施工していないコルゲート部の音響放射パワーレベルも減少する。
- ⑦ スティフナー鋼壁も同様に、スティフナー間およびスティフナー部からの音響放射パワーレベルが大きい。スティフナー間の平板に制振材を施工した場合、スティフナー間及びスティフナー部の音響放射パワーレベルが減少する。
- ⑧ カセットパネル壁では、壁面の中央部からの音響放射パワーレベルが大きい。制振材を壁面中央部に分布して施工した場合、壁面全体の音響放射パワーレベルが減少する。
- ⑨ ベニヤ壁では、壁面の音響放射パワーレベルが一様となり、壁面全体から音が放射される。制振材を壁面中央部に分布して施工した場合、壁面全体の音響放射パワーレベルが減少する。

2. 2 居住区への制振材の適用方法

前節の結果より、居住区壁への制振材を貼り付けた際の、適用方法は次の通りである。

- ①（鋼壁＋カセットパネル内装）では、制振材を鋼壁に施工しても、元々カセットパネル自体の遮音性能が高いため、結果としての室内騒音の低減効果が減殺される。むしろカセットパネル表面が振動して発生する騒音を直接カットできるように、カセットパネル表面鋼板の裏側に貼付する方が騒音低減効果は大きい。また、この場合は鋼壁に制振材を追加貼付しても効果は小さいと考えられる。
- ②（鋼壁＋ベニア内装）でも、計算上はベニアに制振材を施工した方が騒音低減効果は大きくなる。但し実際にベニアに制振材を施工することは、工法上難しいと考えられる。
- ③ 制振材はできるだけパネルの中央に寄せて貼付することが効果的である。

居室で制振材を適用できる場所は、居住区壁以外に床及び天井があるが、天井の場合は作業性に問題があるので、一般には制振材が適用できるのは壁と床である。

居住区の床への制振材の適用については、特に検討すべき要因は無い。床の鋼板の出来るだけ中央に寄せて制振材を貼り付けすること以外に留意すべきことは無いと考えられる。制振材を約 50% 貼り付けた例を、図 2.2.1～図 2.2.2 に示す。

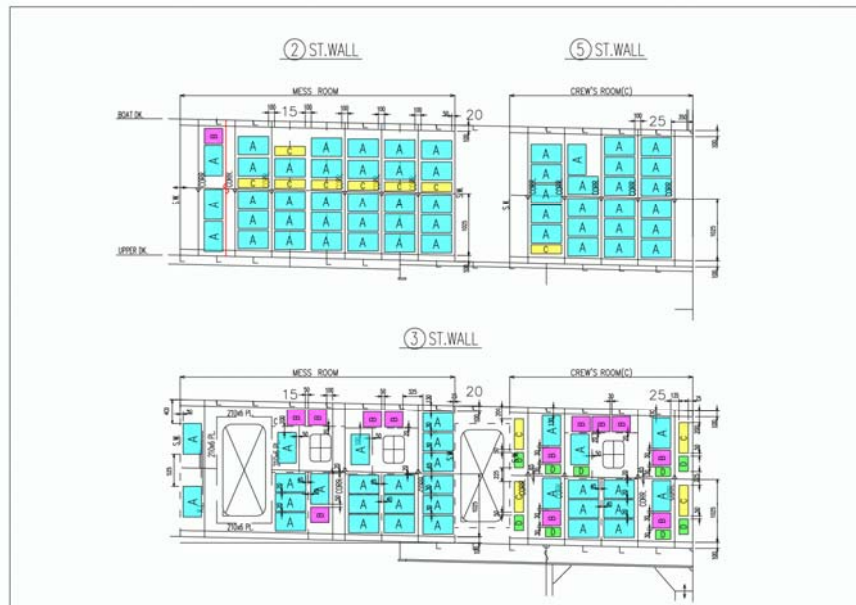


図 2.2.1 鋼壁への貼り付け図 (例)

※A~D : 制振材

A:300mm×500mm、 B:300mm×250mm、 C:150mm×500mm、 D:150mm×250mm

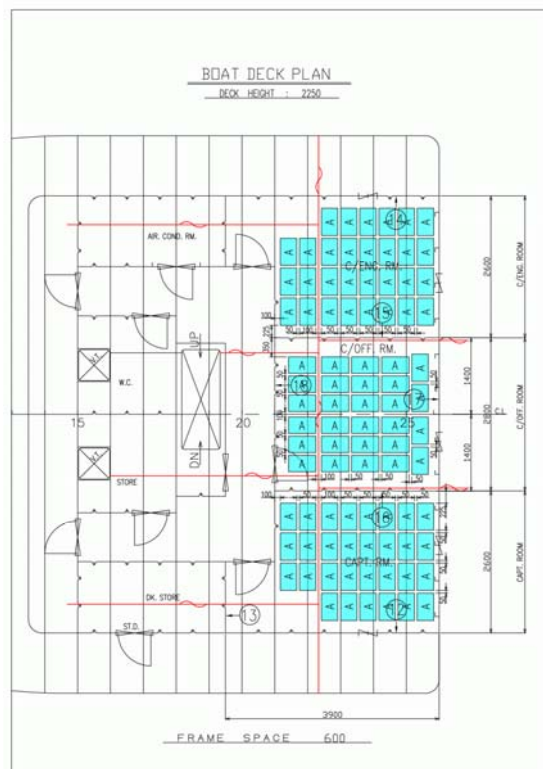


図 2.2.2 床への貼り付け図 (例)

2. 3 制振材の施工方法

制振材を施工して効果的な場所は、居住区及び機関室である。したがって、ここでは居住区と機関室に制振材を施工する場合について述べる。

2. 3. 1 居住区への施工方法

居住区において制振材を施工できる場所は、壁、床及び天井があるが、先に述べたように天井面の作業は全て上向き作業となるため作業性が悪く、極力避ける方が望ましい。従って、ここでは壁面と床面に制振材を施工する場合について述べる。

(1) 居住区鋼壁への施工方法

スティフナー鋼壁に制振材を貼り付ける場合を例に取り、施工手順と参考写真を下記に示す。コルゲート鋼壁の場合も基本的に同様である。

歪み除去 → (塗装*、完全乾燥) → 表面を清掃 → (墨打ち**)-> 制振材貼り付け (必要に応じて所望のサイズに切断した制振材を貼り付ける) → 溶接***
→ 塗装 → 内装材取り付け (カセットパネル、化粧ベニア等) → 完成



図 2.3.1 制振材の切断機 (一例)



図 2.3.2 制振材の切断



図 2.3.3 制振材の貼り付け



図 2.3.4 溶接機



図 2.3.5 SUS 溶接棒



図 2.3.6 スポット溶接



図 2.3.7 スポット溶接後の制振材



図 2.3.8 鋼壁への施工例 1



図 2.3.9 鋼壁への施工例 2



図 2.3.10 化粧ベニヤ取り付け

※塗装 : 前段の塗装は、後工程での溶接ができない場合があり、必要に応じて省くことができる。溶接ができない場合、制振材の塗装付着部をサンダー等で削った後、溶接すること。

※※墨打ち : 必要に応じて省くことができる。

※※※溶接 : 制振材端部周辺 4ヶ所以上を溶接で固定する。その際、通常の SS 溶接棒を使うと錆びるので SUS 溶接棒を用いること。また、薄板用の小入熱溶接機で行うこと。

(2) カセットパネルへの施工方法

表面を清掃 → 制振材のカセットパネルへの貼り付け (制振材は 500mm×300mm の定尺品を使用。艤装小物取り付け部のみ裁断) → 制振材の中央 1ヶ所をビス止め※ → カセットパネルの取り付け → 完成



図 2.3.11 カセットパネル裏面への制振材の貼り付け



図 2.3.12 制振材をビス止め



図 2.3.13 制振材のカット部分
(電線取り出し口)



図 2.3.14 居住区周壁のカセットパネル

※ビス止め：必要に応じて、2～4ヶ所とする。

(3) 居住区床への施工方法

初めて施工する場合、事前に制振材の上にデッキコンポジションを塗布して、問題ないかを確認すること。

歪み除去 → 表面を清掃 → (墨打ち※) → 制振材貼り付け (必要に応じて所望のサイズに切断した制振材を貼り付ける) → (スポット溶接**) → (プライマー***)) → デッキコンポジション施工 → 完成



図 2.3.15 制振材の貼り付け



図 2.3.16 制振材貼り付け後の床



図 2.3.17 デッキコンポジション施工

※墨打ち : 必要に応じて省くことができる。

※※スポット溶接 : 必要に応じて省くことができる。

※※※プライマー : 必要に応じて、制振材とデッキコンポジションとの密着性を高めるために、制振材の鋼板上にプライマー等を塗布すること。

<施工上の注意点>

- ① 制振材は清掃した裸鋼板あるいはカセットパネルに直接はりつけることを標準とするが、塗装した面に制振材を貼り付ける場合は、塗装の完全乾燥後に貼り付けること。また、スポット溶接部にはタッチアップ塗装を行うこと。
- ② 施工箇所の床や壁の鋼板表面のスパッター、さび等はハツリ、グラインダー、ワイヤーブラシ等の施工により除去し、清掃しておくこと。
- ③ 配管、電線用の取付台、内装材根太用ピース類は、出来るだけスティフナーまたはスティフナー近くの鋼板に設け、制振材貼り付けの際、障害物にならないよう、また新たな振動源とならないようにすること。
- ④ 制振材は定尺品、および事前に準備したカット品（1/2 カット品、1/4 カット品等）を用いて貼り付けできるようにするため事前に図面上で数量を確認して手配することとし、現場でのカットは極力少なくすること。
- ⑤ 制振材は壁、床ともにできるだけ中央部に貼付するものとする。スティフナー鋼壁の場合はスティフナー間の中央に貼り付けし、コルゲート鋼壁の場合は、コルゲート間の中央に貼り付けするものとする。
- ⑥ 制振材との間隔は 10mm～30mm とるように順次貼り付け、隙間が 150mm 未満になるまで、制振材を貼り付けし、貼り付け面積率が、約 50%になるようにこころがけること。従って、制振材は、150mm 未満のサイズに切断する必要はない。
- ⑦ 制振材を貼り付ける際、制振材に付与されている離型紙を剥がす必要があるが、樹脂（粘着剤付与）面に離型紙が残らないように、注意すること。離型紙が残ると、壁、床等への接着強度が弱くなるばかりでなく、本来の性能が発現しなくなる。
- ⑧ 制振材を床に貼り付けた際、端面の浮きが大きい場合、制振材が人手で剥がれない位の密着力があることを確認し、浮きが大きい箇所をアルミテープ等を貼り、浮きをなくす。制振材が、剥がれた場合、再度床面を清掃した上で、新たな制振材を貼り付けること。
- ⑨ 冬場の施工時（樹脂温度が 10℃以下の場合）、制振材を貼り付ける際、アイロン等で加熱しながら、押さえつけること。

2. 3. 2 制振材の機関室への施工方法

機関室への制振材の施工は、基本的に居住区の鋼壁への施工要領と同様である。但し、小型船の機関室は一般に狭くて作業性が悪いので、制振材を貼る予定のデッキ、ガーダー或いは隔壁等の寸法に合わせて予め制振材をカットしておく方が、施工時間が短縮される。制振材を機関室へ施工した例として、機関室主機台近傍に制振材を貼り付けた際の写真を図 2.3.18~図 2.3.23 に示す。

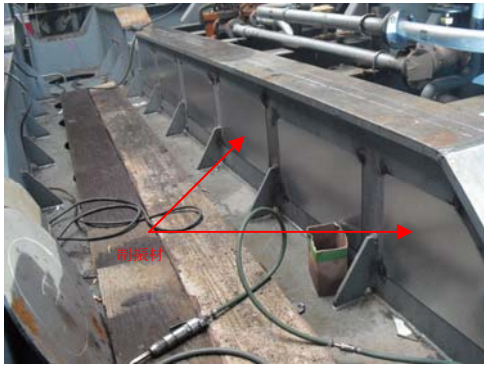


図 2.3.18 主機台ガーダーへの貼り付け

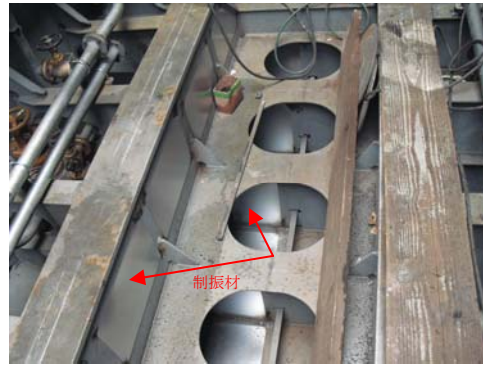


図 2.3.19 主機台下隔壁への貼り付け

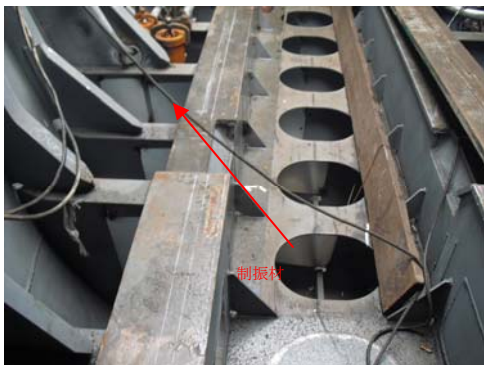


図 2.3.20 主機台横隔壁への貼り付け

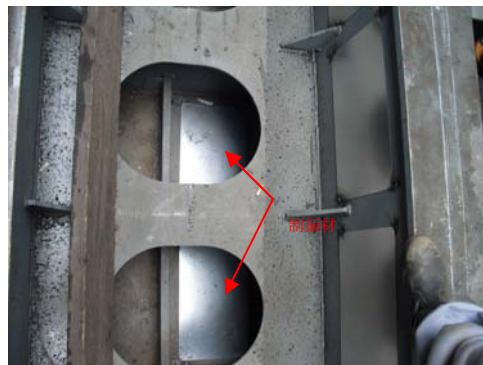


図 2.3.21 主機台下デッキへの貼り付け



図 2.3.22 主機台横隔壁への貼り付け



図 2.3.23 主機台横隔壁への貼り付け

3. 制振材の効果検証

3.1 供試船

制振材の騒音低減効果を実証するために、それぞれ大きさと用途が異なる 3 隻の船舶に制振材を貼付して騒音の低減効果を調べる実船試験を実施した。制振材の居住区への適用方法は、前章で示された方法に従った。また、制振材は拘束型制振材の代表例としてA社の製品を使用した。

供試船の主要目を表 3.1.1 に、制振材の概要を図 3.1.1 に示す。

表 3.1.1 供試船の主要目

船種	299GT型セメント船	4300GT型エチレン船	499GT型タンカー
Lpp	52.00 m	98.90 m	59.98 m
B (型)	10.20 m	16.00 m	10.40 m
D (型)	5.50 m	8.00 m	4.50 m
d (満載喫水)	3.75 m	5.75 m	4.23 m
主機関	ヤンマー 6N21A-EU2×1	阪神 LH41LA×1	阪神LH28G
計画出力	736KW×780min-1	2,647KW×240min-1	735KW×355min-1
居住区鋼壁	コルゲート鋼壁	コルゲート鋼壁	スチフナー鋼壁
居住区内装壁	ベニヤ	カセットパネル	カセットパネル

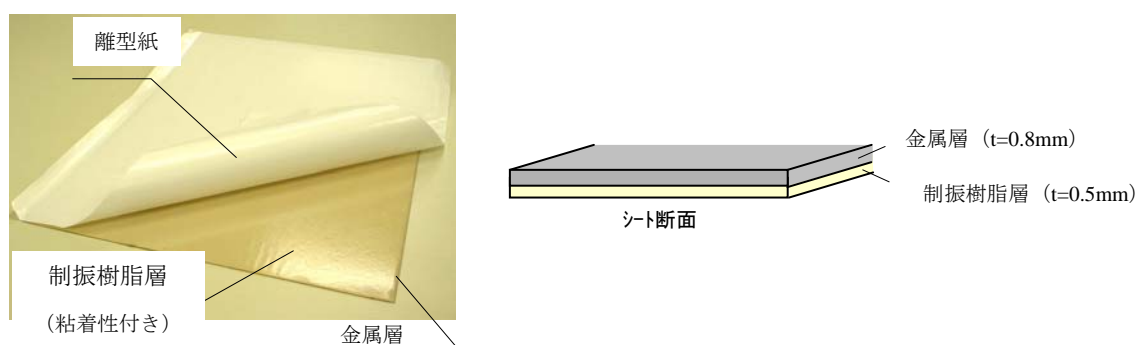


図 3.1.1 A社の拘束型制振材

3. 2 実験条件

(1) 299GT 型セメント船

居住区の鋼壁と床に制振材を貼付した。貼付面積率はそれぞれ約 50%である。騒音を計測した際の船の条件は、バラスト状態及び 85%MCR である。制振材による居住区の騒音低減効果の推定は、制振材未施工の同型船の同じ条件での騒音の計測結果と比較することにより実施した。

騒音の計測方法の詳細は、(添付資料—2：実船の騒音・振動の計測方法について)を参照されたい。

(2) 4300GT エチレン船

居住区壁のカセットパネル及び床にそれぞれ制振材を貼付した。貼付面積率は約 50%である。騒音計測時の船の条件は、バラスト状態及び 85%MCR である。制振材による居住区の騒音低減効果の計測は、この場合同型船が無い場合、振動伝搬において対称性が成立すると仮定し、船のセンターラインに対して対称と考えられる 2つ居室の一方に制振材を施工して両居室の騒音を比較することにより、制振材による騒音の低減効果を推定した。

(3) 499GT タンカー

居住区の荷役検査室の壁のカセットパネル及び床に制振材を貼付した。貼付面積率は約 50%である。また、本船の場合、機関室に制振材を貼付した場合の騒音低減効果を調べるために、機関室の主機台及びその近傍においてセンターラインから片側部分に制振材を貼付した。制振材を貼付した面積は、主機台の表面積の約 25%、Bottom Deck の床面の面積の約 35%である (制振材の使用量の合計は 9m²)。騒音計測時の船の条件は、バラスト状態及び 85%MCR である。機関室と居住区に制振材を貼付した場合の騒音低減効果の推定は、制振材未施工の同じ条件での騒音の計測結果と比較することにより実施した。

3.3 実験結果

(1) 居住区へ制振材を貼付した場合の騒音低減効果

749GT 型貨物船、299GT 型セメント船及び 4300GT 型エチレン船の居住区の騒音計測結果の中から制振材の騒音低減効果が最も低かったものと、最も高かったものをそれぞれ図 3.3.1 及び図 3.3.2 に示す。これらの結果から、居住区の壁と床に制振材を適用した場合の騒音の低減効果は、約 3~5dB 程度あることがわかった。

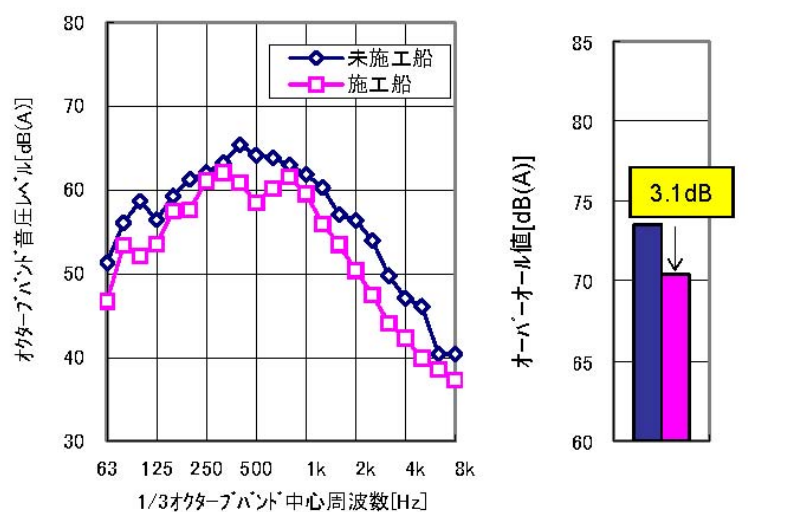


図 3.3.1 騒音計測結果（船員室(1)（上甲板、右舷側）、299GT セメント船）

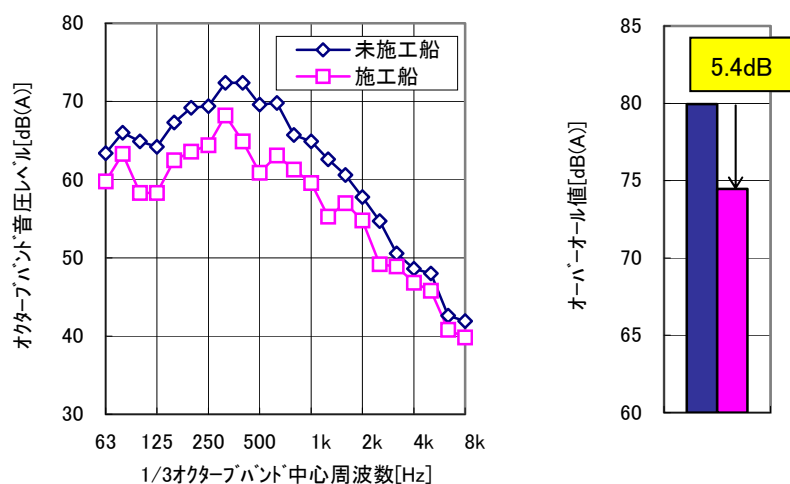


図 3.3.2 騒音計測結果（船員室(3)（上甲板、左舷側のメスルーム前）、299GT セメント船）

(2) 居住区と機関室へ制振材を添付した場合の騒音低減効果

499GT 型タンカーの場合は、居住区の1室（荷役検査室）と機関室の主機台近傍に制振材を貼付した。その結果を図 3.3.3 に示す。これより、制振材による騒音低減効果は約 7dB あるが、居住区に貼付した制振材の騒音低減効果は3~5 dB 程度なので、これに機関室に貼付した制振材の騒音低減効果の分が相乗されて約 7dB の騒音低減効果が表れたと推定される。

そこでこのことを確認するために、SEA（統計的エネルギー解析）により機関室に制振材を貼付した場合と貼付していない場合の本船の騒音推定計算を実施した。船全体の分割モデルと制振材を主機台構造に貼付した様子を図 3.3.4 に示す。実験ではセンターラインから片側に制振材を貼付したが、計算では両側に貼付した。居住区の2部屋の騒音の計算結果の比較を図 3.3.5 に示す。これより、機関室に制振材を貼付した場合、騒音源である機関室から居住区への騒音の固体伝搬を元から減少させるために、居住区の各部屋で約 2dB 程度の騒音低減効果が得られる可能性があることがわかった。

以上より、約 7dB の騒音低減効果が表れた理由は、居住区に貼付した制振材の効果に 2 dB 程度の機関室に貼付した制振材の効果が相乗したものと推定される。

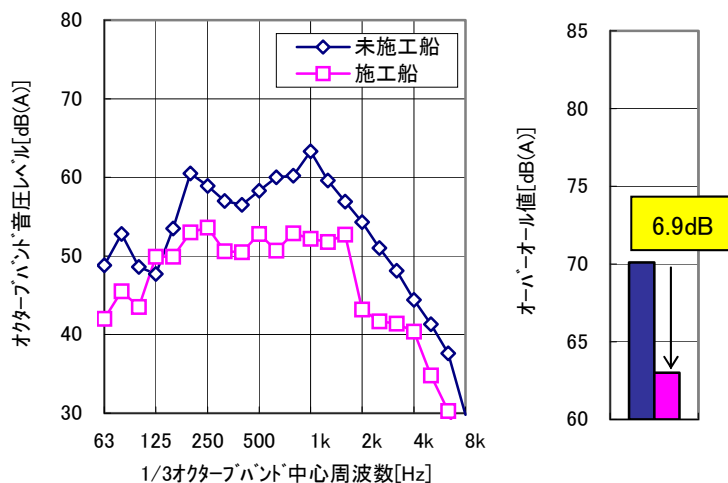


図 3.3.3 騒音計測結果（荷役検査室、499GT タンカー）

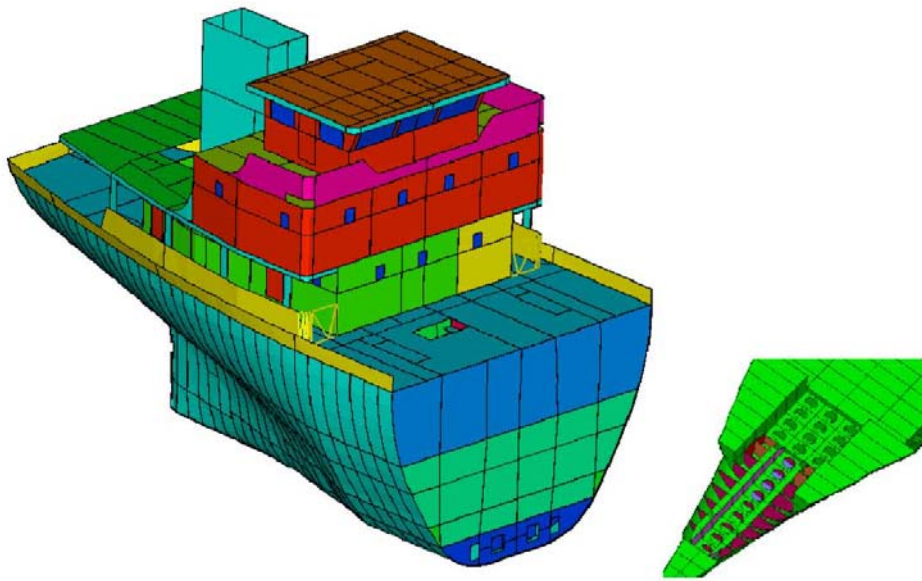


図 3.3.4 SEA計算モデル (499GT タンカー、右図は機関室主機台構造に制振材を貼付した図)

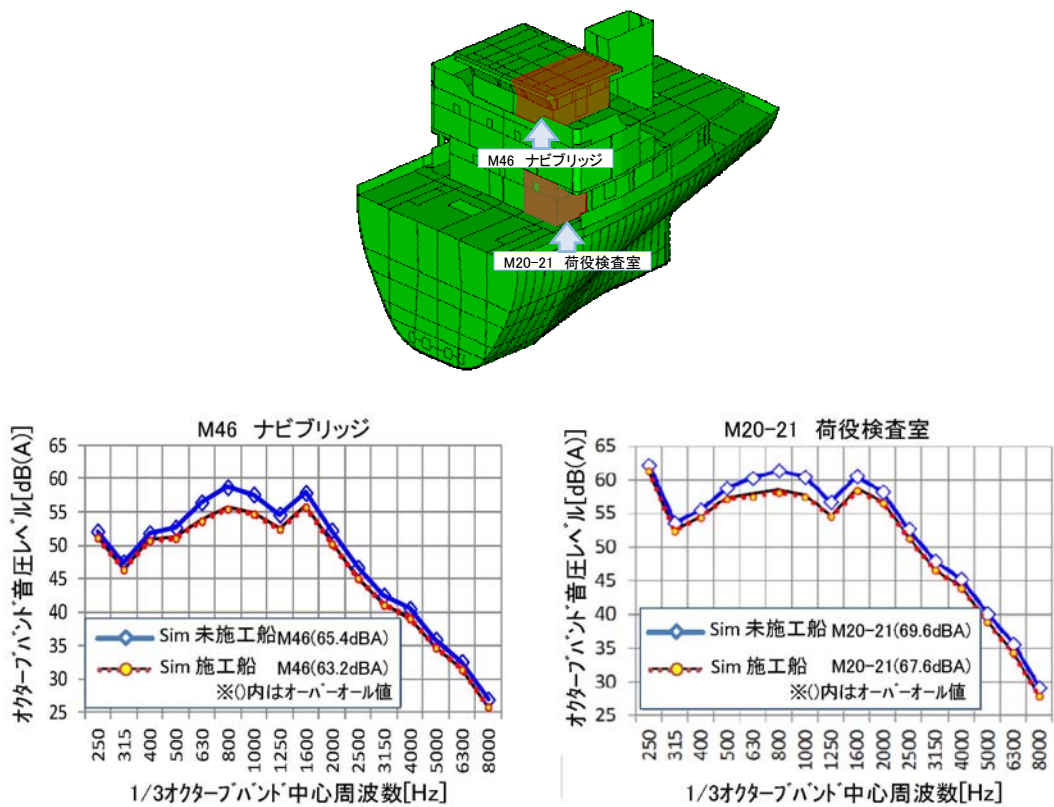


図 3.3.5 機関室へ制振材を貼付した場合の居住区の騒音低減効果

4. まとめ

以上の研究より、居住区に拘束型制振材を貼付することにより 3~5 dB 程度の騒音低減効果が得られる可能性がある。また、機関室主機台に拘束型制振材を貼付することにより、2dB 程度の騒音低減効果が得られる可能性がある。従って、両方の対策を施すことによりおよそ 5dB~7dB 程度の騒音低減効果が得られる可能性があることが分かった。

添付資料－ 1

「居住区の騒音低減に関する実証研究委員会」
委員名簿（順不動、敬称略）

委員長	修理 英幸（東海大学）
委員	松本 俊之（一般財団法人 日本海事協会） 安部 裕幸（積水化学工業株式会社） 上田 一雄（墨田川造船株式会社） 平澤 峰雄（檜垣造船株式会社） 本瓦 誠（本瓦造船株式会社） 武田 裕文（山中造船株式会社）
アドバイザー	谷田 宏次（株式会社 I H I テクノソリューションズ） 矢作 佳敬（J F E テクノデザイン株式会社） 川崎 豊彦（独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構） 田中 圭（ダイハツディーゼル株式会社） 岡田 博之（阪神内燃機工業株式会社）
オブザーバー	井村 享之（井村造船株式会社） 黒河 保（山中造船株式会社）
事務局	田村 顕洋（財産法人 日本船舶技術研究協会） 森山 厚夫（財団法人 日本船舶技術研究協会） 井下 聡（財団法人 日本船舶技術研究協会） 諸富 恭子（財団法人 日本船舶技術研究協会）

添付資料－ 2

実船における騒音・振動の計測方法について

本資料では、実際に造船所にて運用しやすい騒音の計測方法、手順等について、その一例を参考として紹介する。

また、騒音計測に加え、同時に振動計測をすることで、各地点での振動レベルの比較により騒音を支配する箇所の特特定や、騒音データの信頼性等を確認することができる。従って、振動の計測方法についても紹介する。

1. 騒音の計測方法

1.1 手順

(1) 計測点の確定

今後、各船でのデータを取得し、比較できるように、計測点を固定する。

居住区：部屋の中央、高さ 1.2m 地点とする。図 1 に、計測点の例を示す。

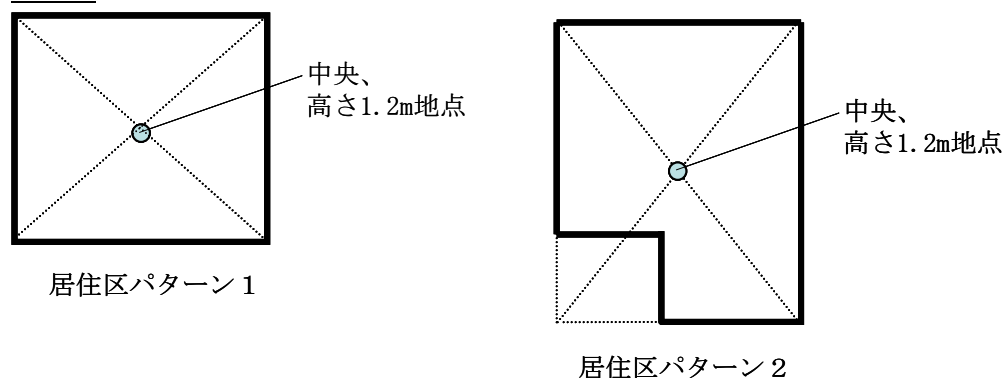


図 1 計測点の例

M E S S ROOM 等空間が大きい箇所：居住区と同様だが、必要に応じて 2 点以上とする。

機関室：多数の音源（主機、発電機等の補機）が設置されているため、各音源の近傍点、並びに各デッキの中央点の複数点とする。

計測箇所を決定した後、構造図、配置図等（以下、図面とする）へ計測点をプロットし、記録する。

(2) 計測点のマーキング

図面に基づき、計測点を実船のデッキ上にマーキングする。マーキングの方法は、任意だが、計測終了後は、マーキング前の状態に戻す必要があるため、剥離しやすい

テープ等が好ましい。

(3) 条件記録

各船で仕様が異なるので、表1に示す主要目を記録する。

表1 船の主要目

造船所	
船番	
船名	
船種	
船型	
航行区域	
船級	
総トン数	
垂線間長(Lpp)	
型幅(B)	
型深(D)	
満水喫水(d)	
載貨重量	
主機関	
発電機関	
プロペラ	
進水	
試運転	
竣工	

また、同一船でも、諸条件が異なれば、騒音レベルも異なるので、表 2~表 5 に示す条件を記録する。

1) 環境

表 2 条件記録表-1

日時	
気象	
海象	
場所	
水深	

2) 船体状態

<主機及び補機の稼働状態>

表 3 条件記録表-2

主機	〇〇%MCR(〇〇rpm)
発電機	〇〇号機 (〇舷側) 〇〇rpm

原則、主機は、85%MCR 稼働の状態、計測する。

<搭載重量>

各タンク等の状態を記録する。表 4 に、例を示す。

表 4 条件記録表(例)-3

区分		状態 (FULL or %)	重量(ト)	備考
タンク	F. W. T (P)			
	F. W. T (S)	-		
	A. P. T. (C)	-		
	No. 1 B. W. T (C)	-		
	No. 2 B. W. T (P)	-		
	No. 2 B. W. T (S)	-		
	D. O. T. (P)	-		
	D. O. T. (S)	-		
	L. . O. SUMP. T (C)	-		
	L. . O. STOR. T (S)	-		
	CYL. . O. STOR. T (S)	-		
機関室内の水及び油		-		
人		名		
計				

一般に、バラスト状態で、計測される。

また、荷物が FULL 状態で積載されている場合、居住区の騒音が、約 2dB 低減（対バラスト状態）するとの報告もあり、注意を要する。

<喫水>

表 5 条件記録表-4

船首(m)	
中央(m)	
船尾(m)	

(4)計測

1)計測器の選定

IEC 61672-1 Class 1 (精密騒音計)仕様を満足するものであれば、任意に選定できる。

データの信頼性を確認するために、オーバーオール値だけではなく、1/3 オクターブバンド周波数帯での音圧レベルを測定できるものを使い、記録する。例えば、同型船での同じ居住区の騒音を比較する際、周波数の波形がほぼ等しい場合は、正しく比較ができていないと判断できる。

2)計測条件の設定

計測器にて、計測条件を A 特性、時定数は、SLOW と設定する。

測定時間は、原則、定常騒音であるので、長時間計測する必要がない。従って、5～10sec を目安にし、LAeq (=等価騒音レベル) を計測する。

3)計測の実行

計測終了後の計測点と計測データとの対応をとる作業の際、混乱しないために、計測は二人以上で実施した方が望ましい。尚、一人は、計測係、他の一人は、記録係とするとよい。

また、計測の際の注意事項を以下に示す。

- ・居住区測定時には、計測係のみが入室し、居住区の扉を閉めて測定すること。
- ・直進航行時に、計測すること。
(旋回時に、計測しないこと。)
- ・船内放送、異音等の非定常音の発生時に測定しないこと。
- ・機関室と居住区層の最下層との間の扉は閉めること。
(機関室での発生音が、居住区等への測定に影響がでないこと)
- ・空調機の吹き出し口は、閉じること。
- ・騒音計のモニターで LAp (瞬時の騒音レベル) を見ながら、値が大きく変動する際は、計測しないこと。
- ・計測の際、予めマーキングした計測点の位置を確認すること。また、高さ方向においては、コンベックス等を持参し、計測器が、デッキ上から 1.2m の高さに設定されていることを確認すること。



図2 居住区での騒音測定（イメージ※）



図3 機関室での騒音測定

※実際の居住区の騒音測定は、扉を閉めて測定する。

(5)データ整理

計測結果を、表、グラフ等に纏める。グラフ化の際、横軸を、周波数、縦軸を音圧レベルとする。原則、グラフの縦軸のスケールをあわせる等により、各地点での騒音レベルの大小関係が、わかりやすくするように工夫する。

また、同型船2隻の比較により制振材の効果を把握する（一方の船の居住区に制振材を施工し、他方の船の居住区に制振材を施工せずに、両船の騒音レベルを比較する）際は、両船とも船の状態が同じでなければいけない。同じ状態とは、主機の加振力、主機架台の構造、機関室等での騒音レベル、積載重量（喫水レベル）等（表2~表5に示す項目の状態）が同じであることをいう。すなわち、例えば、両船において、機関室の騒音レベルが、異なれば、正しい比較、すなわち制振材の効果を、正しく把握できないことになる。

2. 振動の計測方法

2.1 手順

(1) 計測点の確定

計測の目的、計測の許容時間、船の構造等に応じて、測定点数、測定位置を決める。例えば、居住区での振動分布を把握したい場合、各面に対し、2～3点以上選定するのが、望ましい。但し、床、壁面の支持部材上の点は、選定しない方がよい。支持部材上の点でないことを判断する方法として、図面での位置確認、もしくは、ハンマー等で叩いた際の聴感での確認等がある。

船全体の振動分布を把握したい場合、各デッキに対し、前後方向の2フレームピッチ、幅方向を中央から外板に向かって、2～3点選定するとよい。

計測箇所を決定した後、構造図、配置図等（以下、図面とする）へ計測点をプロットし、記録する。

上記のいずれの場合において、突発的な外部振動等が発生しないことを確認するために、計測箇所を別途1点（リファレンス）設ける。

(2) 計測点のマーキング

図面に基づき、計測点を、実船の壁、床にマーキングする。その他は、騒音測定時と同じである。

(3) 条件記録

騒音測定時と同じである。

(4) 計測

1)計測器の選定

計測器は、任意であるが、データの信頼性を確認するために、オーバーオール値だけではなく、1/3 オクターブバンド中心周波数帯での音圧レベルを測定できるものを使い、記録する。例えば、同型船での同じ居住区の騒音を比較する際、周波数の波形がほぼ等しい場合は、正しく比較ができていると判断できる。

振動加速度センサーは、任意であるが、鋼板デッキ、主機、主機台等を計測する際、マグネット式の方がよい。マグネット式の場合、取り付け時にワックス等の塗布作業が不要となり、作業が簡易となる。また、主機台を計測する際、少ないスペース等に配管等が設置されているので、振動加速度センサーの大きさは、小さい方がよい。

また、計測システムの構成例を、図4に示す。

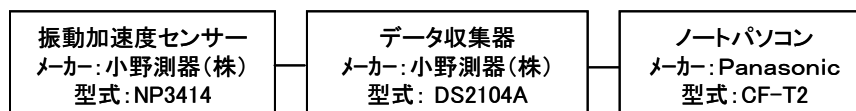


図4 計測システムの構成例

2)計測条件の設定

計測器及び計測ソフトにて、計測条件を、A 特性、時定数は、**SLOW** とする。通常は、F 特性での計測が一般的だが、A 特性で計測するとよい。理由は、騒音と振動の測定結果とが比較しやすくなり、騒音との相関を把握できるからである。

また、測定時間は、騒音計測時と同様の理由で、5～10sec を目安にし、**LAeq** (=等価騒音レベル) を計測する。

3)計測の実行

計測終了後の計測点と計測データとの対応をとる作業の際、混乱しないために、計測は二人以上で実施した方が望ましい。尚、一人は、計測係、他の一人は、記録及び振動加速度センサーを各計測点へ移動する係とするとよい。

計測の際の注意事項は、騒音測定時と同じである。



図5 振動測定



図6 振動加速度センサーの設置

(5)データ整理

原則、データ整理方法、計測時の留意点は、騒音測定時と同様である。振動の分布を把握する場合は、前後方向、幅方向、高さ方向に分けて、各位置での振動レベルの大小関係がわかりやすいように工夫する。

船舶居住区の騒音低減に関する実証研究報告

2012年（平成24年）2月発行

発行 財団法人 日本船舶技術研究協会

〒107-0052 東京都港区赤坂2丁目10番9号 ラウンドクロス赤坂

TEL 03-5575-6428

FAX 03-5114-8941

URL <http://www.jstra.jp>

E-mail info@jstra.jp

本書の無断転載、複写、複製を禁じます。