

PS-8 船内騒音に影響を及ぼす因子の考察

構造安全評価系 * 平方 勝, 有馬 俊朗, 構造基盤技術系 小沢 匠

1. 諸言

2012年11月に国際海事機関(International Maritime Organization; IMO)より船員の健康保持を目的とした、居室や機関室の騒音コードの改正および強制化が行われた。同コードは総トン数が1,600 GT以上の新造船を対象としており、2014年7月1日以降に建造契約、建造契約がない場合には2015年1月1日以降に起工、もしくは2018年7月1日以降に引き渡しが行われる全ての新造船に適用される¹⁾。

同コードの騒音規制値をまとめたものを表-1¹⁾に示し、身の回りにおける騒音の大きさをまとめたものを表-2²⁾に示す。居室において10,000 GT未満の船舶に対しては60 dB、10,000 GT以上の船舶に対しては55 dB以下の騒音レベルを満たさなければならないとされているが、これは一般的な事務所、普通の会話あるいは図書館、静かな住宅地程度の騒音レベルを要求していることになる。通常、機関区域の直上に居住区がある商船では騒音コードを満たすことが非常に困難であり、現状この騒音コードを満たせていない居室を有する船舶も多数存在する。特に、騒音源から居住区までの距離が短い中小型船において影響が大きく、大変厳しい規制となっている。

このため、現在、造船所、関連団体および研究機関で船内騒音の有効な対策を模索しており、海上・港湾・航空技術研究所(National Institute of Maritime, Port and Aviation Technology; MPAT)では各騒音対策の効果予測および効果検証を行っている。

特に騒音計測が可能となる内装工事後に可能な対策施工は限られているため、設計段階で各種騒音対策の効果予測を行うことは非常に重要である。MPATでは統計的エネルギー解析法(Statistical Energy Analysis; SEA)による解析ソフトVA Oneを用いて様々な騒音対策の効果を数値解析により検証している。本稿ではその中でエンジンケーシング(Engine Casing; EC)配置および発電機配置の二つの対策に焦点を当てて解説する。

表-1 IMOによる騒音コード

区域	1,600~10,000 GT	10,000 GT以上
居室・病室	60	55
公室など	65	60
機関制御室	75	75
工作室	85	85
機関区域	110	110

表-2 環境騒音

騒音レベル	想定される状況例
120 dB	飛行機エンジンの付近
100 dB	電車通過時のガード下
90 dB	騒々しい工場の中
80 dB	地下鉄車内
70 dB	騒々しい事務所、賑やかな街頭
60 dB	一般的な事務所、普通の会話
40 dB	図書館、静かな住宅地

2. 統計的エネルギー解析法 (SEA)

SEAはエネルギー平衡を仮定した連立方程式を解くことにより、各系の振動エネルギーを求める手法である。FEAと比較し、高周波の振動においても少ない計算コストで解析が可能であるため、車両や建築物の振動・騒音解析³⁾に広く用いられている。

系1および系2からなる2サブシステムの系1におけるパワーバランス方程式は式(1)で示される。

$$\Pi_{in,1} = \Pi_{diss,1} + \Pi_{coupling,12} \quad (1)$$

ここで、 $\Pi_{in,1}$ は系1に与える仕事率、 $\Pi_{diss,1}$ は系1の内部で損失する仕事率、 $\Pi_{coupling,12}$ は系1から系2に移動する仕事率を示す。系1の内部で損失する仕事率 $\Pi_{diss,1}$ および系1から系2に移動する仕事率 $\Pi_{coupling,12}$ は系1、系2の振動エネルギー E_1 、 E_2 、内部損失係数 η_1 、系1と系2間の結合損失係数 η_{12} 、振動の角周波数 ω および系1、系2のモード密度 n_1 、 n_2 を用いて式(2)、(3)で示される。

$$\Pi_{diss,1} = \omega \eta_1 E_1 \quad (2)$$

$$\Pi_{coupling,12} = \omega \eta_{12} (E_1 / n_1 - E_2 / n_2) \quad (3)$$

式(1)~(3)より系2においても同様の式を立て、この2サブシステムのエネルギー平衡に関する連立方程式を行列計算でまとめると式(4)となる。

$$\begin{bmatrix} \Pi_{in,1} \\ \Pi_{in,2} \end{bmatrix} = \omega \begin{bmatrix} n_1(\eta_1 + \eta_{12}) & -\eta_{12} \\ -\eta_{21} & n_2(\eta_2 + \eta_{21}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_1 / n_1 \\ E_2 / n_2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

ここで、相反性により式(5)が成立するため、式(4)の 2×2 の行列は対称マトリックスとなる。

$$n_1 \eta_{12} = n_2 \eta_{21} \quad (5)$$

振動・音響解析ソフトウェアVAONEを用いて船舶の構造モデルを作成およびSEAを行うことにより、各騒音対策の効果検証を行う。

3. 騒音対策施工効果検証

3.1 エンジンケーシング (EC) 配置

本章で検討する SEA モデルを図-1 に示す。いずれのモデルにおいても、主機が設置されている Lower Floor、発電機が配置されている 2nd Deck、機関制御室がある Upper Deck、居住区である Poop、Boat、Captain Deck および Nav. Deck から構成されている。図-1 (a) の分離型は EC が Boat Deck より上方の居住区で完全に居住区と分離されており、騒音低減に最も効果のある EC 配置であると考えられる。図-1 (b) の隣接型は EC が Boat Deck から Captain Deck まで居住区後方で隣接しており、分離型ほどまではいかなくとも、騒音低減に比較的高価のある EC 配置と考えられている。図-1 (c) の巻込型は EC が Poop から Captain Deck まで居住区内を通っており、最も騒音レベルが高くなる EC 配置であると考えられる。

これらのモデルに対して SEA を行い、EC 配置、デッキごとの居室の平均騒音レベルを求めた。結果を図-2 に示す。巻込型と隣接型の騒音レベルはあまり大きな差は表れなかったが、分離型は他の EC 配置モデルと比較して 2~3 dB ほど騒音レベルが低い結果となった。なお、本 SEA モデルでは、船体内部構造等を忠実に再現していないため、モデルごとの相対的比較を中心に船内騒音に及ぼす影響を検討している。

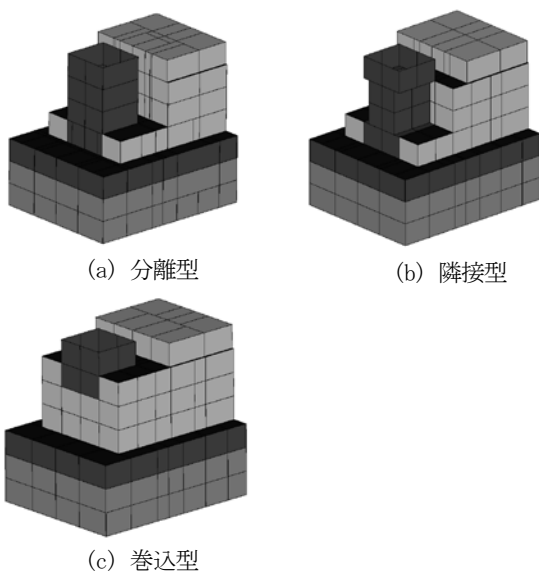


図-1 EC 配置ごとの SEA モデル

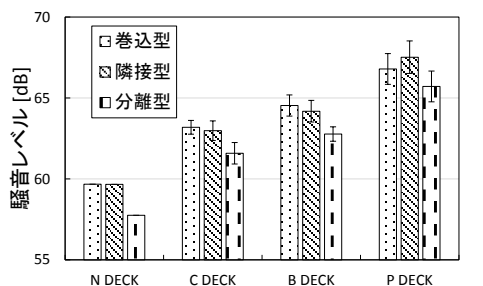


図-2 EC 配置ごとの平均騒音レベル

3. 2 発電機配置

図-3 に本章で検討する発電機の配置箇所を示す。後方中央、後方右舷端、中央、前方中央、前方右舷端からなる 5 通

りの配置箇所を検討している。なお、前節での検討の際には発電機は後方中央に配置されているものとして計算を行っている。一般的に居住区は機関室の前方側に配置されているため、起振源である発電機が前方に配置されていると居住区での騒音レベルが高くなると考えられている。

前節の分離型において発電機配置ごとに SEA を行い、平均騒音レベルを求めたものを図-4 に示す。EC の影響が強い Poop Deck では低減効果があまりみられないが、Boat Deck から上方では発電機を後方に配置することにより騒音レベルが 1 から 2 dB ほど低減する結果となった。前節同様、モデルごとの相対的比較を中心に船内騒音に及ぼす影響を検討している。

4. 結 言

IMO の騒音コードを受け、騒音対策ごとに SEA モデルを構築し、騒音低減効果を解析的に検証した。結果は定性的に実船での傾向と一致した結果となった。

5. 謝 辞

本研究は、独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構からの委託研究により実施しました。関係各位に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) CODE ON NOISE LEVELS ON BOARD SHIPS, International Maritime Organization (IMO), 2012
- 2) 音と騒音の基礎知識, 船内騒音測定技術者講習会テキスト, 一般財団法人日本建築総合試験所, 2014
- 3) 小泉孝之, 辻内伸好, 金谷泰士, 田中秀典, 大久保稔, 篠宮将文, 統計的エネルギー解析法を用いた建築物内振動・騒音予測, 関西支部講演会講演論文集, 2002

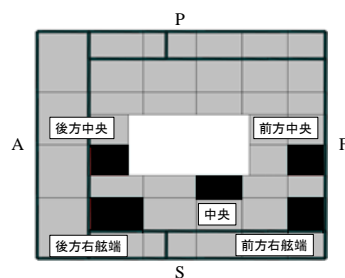


図-3 発電機の配置箇所

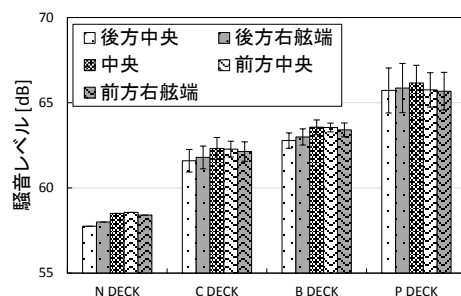


図-4 発電機配置ごとの平均騒音レベル