

SEAとFEMのハイブリッドモデルによるエレベーターかご内の騒音予測技術

河村 陽右 (Yosuke Kawamura)
株式会社 日立ビルシステム

野澤 勇貴 (Yuki Nozawa)
株式会社 日立製作所

1. はじめに

エレベーターを快適に利用いただくためには、かご内の静粛性は重要な要素であり、それを実現するためには、かご内騒音の性能を開発初期段階で高精度に評価することが求められています。

エレベーターのかご内騒音は、ガイド装置などの振動がかご床や側板などの板材に伝搬し、かごの板材からかご内に放射される固体伝搬音と、モーターなどから発生した放射音がかご側板を透過してかご内に伝わる空気伝搬音に分類することができます。

これらの騒音を精度良く予測するためには、昇降路を含むかご内外の空気とかごの側板などの構造体を伝搬経路として考慮する必要があります。固体伝搬から騒音を求める際に、FEM（有限要素法）を用いることがありますが、かごの構造体や昇降路の空気層を要素分割すると、要素数が増大し計算に長時間を要してしまいます。別の手法として、SEA（統計的エネルギー分析法）があり、SEAはFEMよりモデルの規模が小さく短時間で計算できる特徴がありますが、音場や構造の固有モードが考慮できないため、解析結果に誤差が発生する可能性があります。

そのため、SEAが不得意とする固有モードは、FEMを用いて構造の固有モードによる損失を求め、SEAのパラメータを適正化することで、かご内騒音を設計段階で高精度に推定できる解析モデルを構築しましたので紹介します。

2. エレベーターのかご内騒音伝搬経路

エレベーターの全体構成図及び、今回対象とするかごの構成を図1に示します。かご内騒音を推定するにあたり、騒音源からかご内への固体伝搬と空気伝搬の伝達経路を図2に示します。図2の実線矢印が固体伝搬、破線矢印が空気伝搬を示しています。今回の解析では、音源はかご枠に設置されたガイド装置、かごプリー、昇降路内の巻上機の3つの音源要素としました。

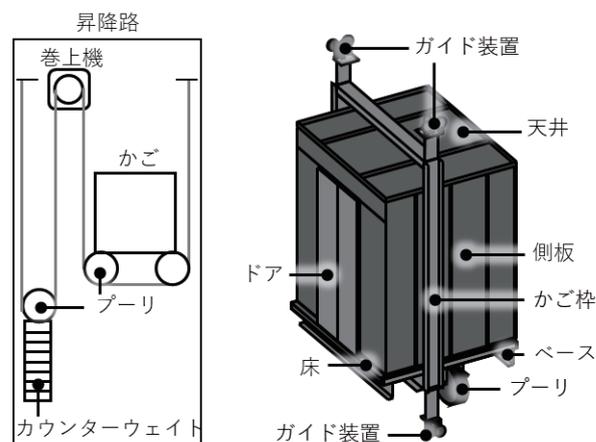


図1 エレベーター全体構成、かごの構成図

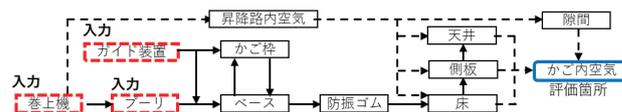


図2 かご内への騒音伝達経路

技術講座

3. SEA及びFEMのモデル化手法

3.1 SEA解析モデル

SEAの解析モデルを図3に示します。
 振動入力、かごプリー2か所、かご上下のガイド装置4か所としており、音響入力のかごプリー2か所、かご上下のガイド装置およびかご上方の巻上機としております。かごプリー及びガイド装置の振動入力、図4に示す1/3オクターブバンド周波数での実測値を用いています。また、かごプリー、ガイド装置、巻上機の音響入力、図5に示す実測値を用いています。

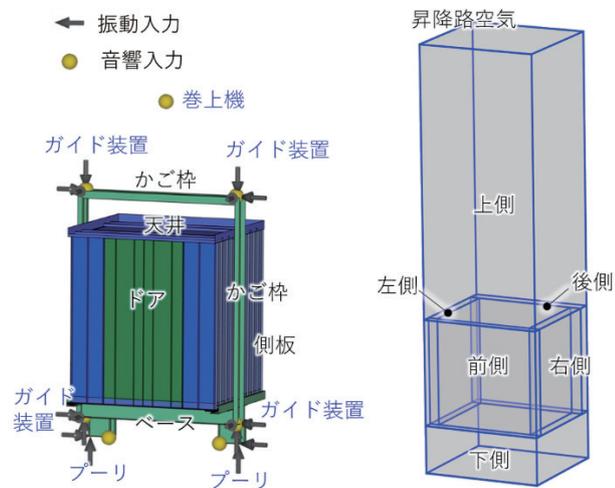


図3 SEA解析モデル

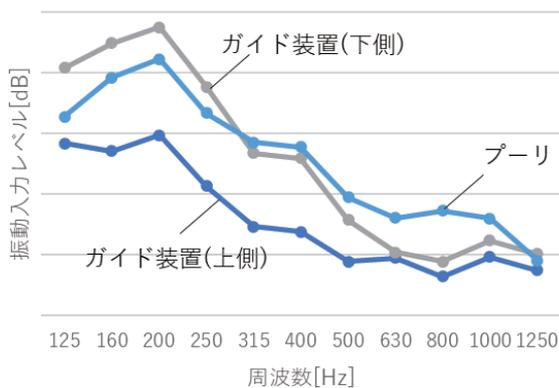


図4 振動入力の周波数特性

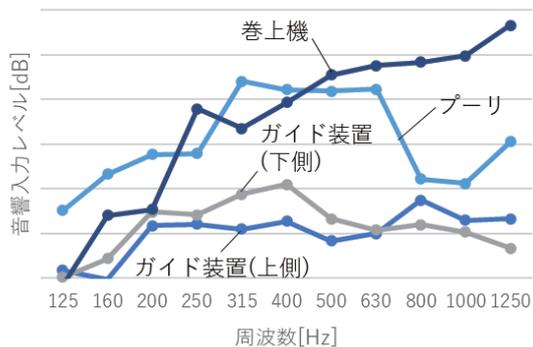


図5 音響入力の周波数特性

3.2 SEAとFEMのハイブリッドモデル

SEAが得意とするかご内音場の固有モードを考慮するため、かご内空気をFEMでモデル化したSEAとFEMのハイブリッドモデルを図6に示します。かご内空気のFEMの要素数は、評価対象とした125～1250Hzのモードの分析が可能となる必要最小限とすることで、計算時間の短縮を図りました。

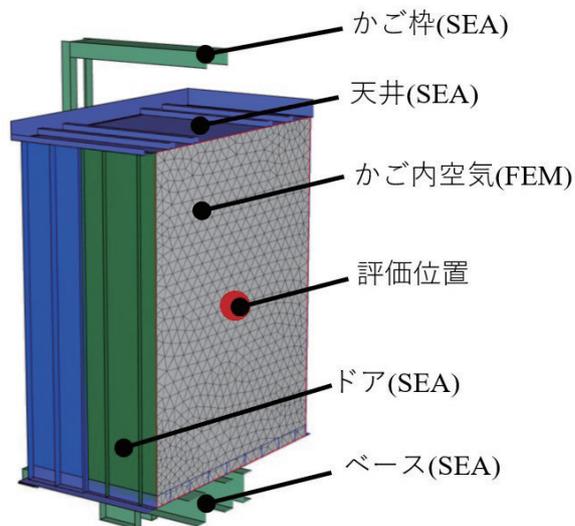


図6 SEAとFEMでモデル化したかご断面図

技術講座

本解析モデルによるかご内音場の固有モードの解析結果を図7に示します。上下方向の2次モードは150Hz、上下と前後で2つの節をもつ2次モードは240Hzとなっています。解析結果は、式3.2で求められる理論値と周波数及びモード形状が一致しており、かご内に発生する固有モードの影響を考慮できていることを確認しました。式3.2は直方体の閉空間に生じる固有振動数の理論値を示しており、音速 c (m/s)、直方体内の長さを L_x 、 L_y 、 L_z (m)、モード次数を n_x 、 n_y 、 n_z としています。

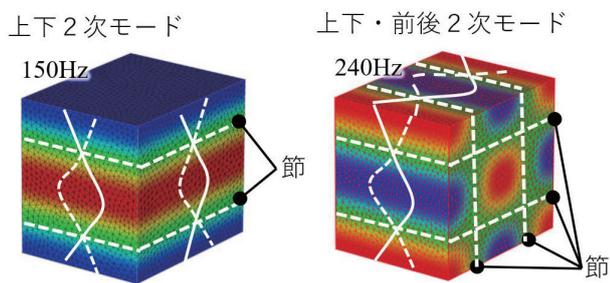


図7 固有モード解析結果

$$f_n = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{n_x}{L_x}\right)^2 + \left(\frac{n_y}{L_y}\right)^2 + \left(\frac{n_z}{L_z}\right)^2} \dots \text{(式 3.2)}$$

3.3 解析結果

かご内騒音の解析結果を図8に示します。横軸に1/3オクターブバンド周波数、縦軸に騒音レベルの実測値、SEA単体の解析モデルの結果、SEAとFEMのハイブリッドモデル（SEA+FEMと記載）の結果を示します。SEA単体では実測値に対する誤差が大きくなりますが、SEAとFEMのハイブリッドモデルとすることで、各周波数帯における誤差を低減し高い精度でかご内騒音を予測できることを確認しました。

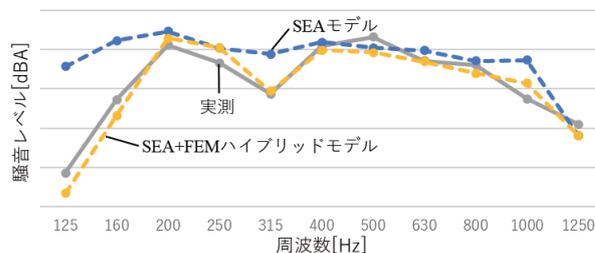


図8 かご内騒音解析結果

4. おわりに

エレベーターを快適にご利用頂くために、走行時の静粛性は必要であり、そのために当社としては、かご内騒音の評価技術は今後より一層重要になると考えております。当社は、これからも新しい技術を用いた安全、安心、快適な製品、サービスを提供してまいります。