

[資 料]

発生源低騒音化手法の開発

白石英孝* 上原律** 戸井武司**

1 はじめに

機器や機械施設など騒音の発生源自体を低騒音化する対策(発生源対策)は、工場建屋などの構造物の遮音強化や防音塀設置のような伝搬経路対策に比べて小規模な対策で済むため、一般に大幅な対策コストの削減が期待できる。その一方で、発生源自体は複雑な内部機構をもつため、どの周波数の音がどの部材から発生しているのかという対策に必要な基本情報を得ようとする場合には多くの手間がかかり、作業上の困難を伴うことが多い。そこで、本研究では、対策を行う際の騒音発生箇所を効率的に推定するための実験的検討を行った。

2 騒音発生箇所の推定方法

発生源(機器)の対策に必要な基本情報(対策対象となる周波数成分の発生箇所など)を得るためには、一般に実験モード解析やFEM(有限要素法)解析などの騒音の原因となる部材の振動を解析する手法が用いられる。しかし、これらの手法は比較的高い周波数帯域を対象とする場合には、適用が難しくなる。すなわち、実験モード解析は、機器(対象とする部材)に振動センサを設置して機器のもつ固有の振動モード等を推定する解析方法であるが、高い周波数領域でのモードを表現するには、センサーを密に配置する必要があるため、計測には多くの手間が必要になる。またFEM解析についてもより高い周波数領域を検討するには要素分割を細かくしなければならず、モデルが肥大化することになる。

こうした問題点を克服するために、近年、比較的高い周波数領域の解析に統計的エネルギー法(SEA法)の適用が試みられている。SEA法は、実測により部材間の振動エネルギーの流れを求めてそれを理論式にあてはめ、その式を解くことでエネルギー集中箇所の特定や発生騒音の予測を行う手法である^{1,2)}。この方法は比較的高い周波数領域が扱えるメリットはあるものの、高精度を得るにはやはり多くの観測点数が必要になるし、対策時に考慮すべき発生メカニズムの推定も、この方法単独では十分な精度で行うことは困難である。

こうした問題点を克服するために、本研究では、SEA法と従来法の利点を併用した対策方法について検討を行った。

この方法では、まずSEA法で振動エネルギーの流れを求めて騒音発生箇所の粗い推定を行い、次に当該箇所を従来法(FEMや実験モード解析)で詳細解析することで、発生メカニズム等を明らかにして具体的な対策を実施する。こうした方法をとることで、SEA法を適用する際の観測点や解析量を減らすことができ、また従来法での詳細解析を狭い範囲に限定できるため、対策のプロセスを効率化できると思われる。

このような考え方の下に、本研究では家庭用エアコン室外機を供試体に用い、そのコンプレッサ部分を対象として実験的検討を行った。図1はエアコン室外機近傍における騒音の1/3オクターブバンド分析結果である。実験では、この図にみられた2つの周波数成分、400Hz帯域および630Hz帯域の2つの成分の低減化を図ることとした。

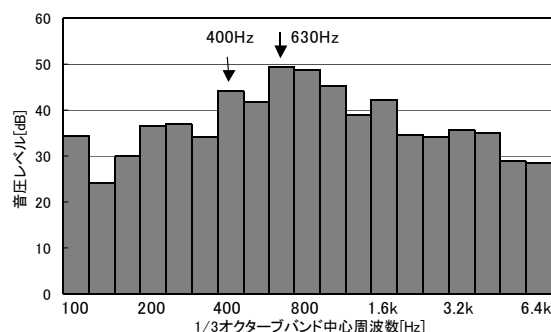


図1 室外機騒音の周波数分析結果

3 エネルギーフローと放射音響パワーの推定

3.1 エネルギーフローの推定

コンプレッサ部分はコンプレッサ本体、アキュムレータ、配管の3つに分けることができる。ただし配管系はさらに冷暖房の別で4系統に分離できる。これらのどの部材が騒音の原因となるのかを知るために、部材間を伝わる振動エネルギーの方向と大きさ(エネルギーフロー)を調べた。図2はその結果で、compはコンプレッサ、accuはアキュムレータ、それ以外が配管系である。矢印の太さはエネルギーの強さを表しておりコンプレッサからアキュムレータと配管(suc)へのエネルギー伝搬が強いことがわかる。したがって、コンプレッサ系の音の放

* 埼玉県環境科学国際センター 〒347-0115 埼玉県北埼玉郡騎西町上種足914

** 中央大学理工学部 〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27

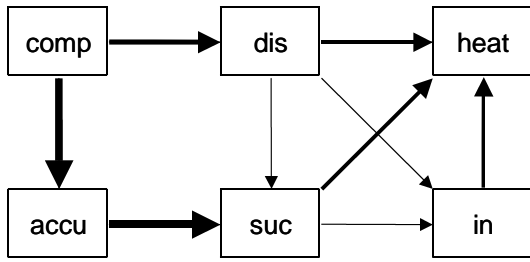


図2 コンプレッサ系のエネルギーフロー

射は、この3つの部材が主体になっていると考えられる。

3.2 放射音響パワーの推定

エネルギーフローの実測結果から各部材の放射音響パワーを推定した。図3はコンプレッサおよび配管(suc)の推定値を示したものである。コンプレッサについては、1.25kHz付近に顕著な卓越成分がみられ、630Hz付近にも低レベルだが卓越成分が存在する。このうち1.25kHz周辺の成分は実稼働中の音では顕著ではなく、騒音に影響の少ない成分と考えられる。また配管(suc)については1.0~1.25kHz付近と200~400Hz付近に卓越成分が存在する。1.25kHz付近はコンプレッサと共通するため、コンプレッサから伝搬した成分と推測される。一方200~400Hz付近はコンプレッサでは顕著ではなく、したがって配管(suc)に起因する成分であると考えられる。また、図には示さないが、アキュムレータについては、1.25kHzおよび315Hzだけに卓越成分がみられた。

以上から、対策対象の400Hz帯域および630Hz帯域成分は、それぞれ配管(suc)およびコンプレッサの振動に起因して発生しているものと考えられる。このように、SEA法のエネルギーフローを用いるだけで比較的容易に対策箇所の絞り込みを行うことができる。

4 FEMモデルとの対応

SEA法によって絞り込みが行われた対策箇所のうち、ここでは400Hzの発生箇所として推定された配管(suc)に着目して、FEMモデルによる詳細解析を行った結果を述べる。図4はFEMモデルから得られた400Hz付近の配管(suc)の固有モードを示したものである。この固有振動は配管の放射音響パワーでみられた400Hz帯域のエネルギー集中に対応している。したがって、400Hz帯域の音は、この配管の振動で発生していることが明らかである。なお630Hz帯域については、コンプレッサ周りの簡単な振動測定から、SEA法による測定結果(コンプレッサ部が発生源)を確認した。

5 対策結果とまとめ

以上のように、特定された400Hzと630Hz成分に対策を施

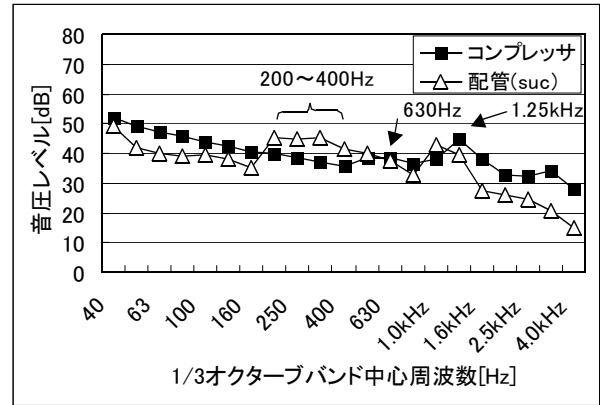
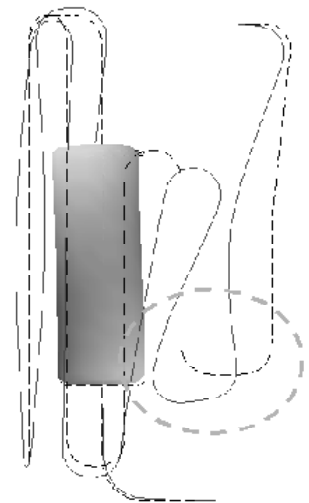


図3 放射音響パワー推定値

した。それらは、いずれも発生騒音の原因となる振動の対策である。すなわち、400Hz帯域については配管の拘束、また630Hz帯域についてはコンプレッサ据え付け方法の変更である。その結果、図5に示したとおり、両成分とも十分に低減し、目的通りの対策効果が得られた。したがって本研究による発生箇所の推定方法が妥当であることが確認された。



この方法では、SEA法で 図4 配管の振動モード(377Hz)発生箇所の粗い推定を行った後に、限られた範囲だけを対象に詳細解析を実施すればよいいため、検討に要する手間を省くことができ、対策を行う場合の作業の効率化に役立つものと考えられる。

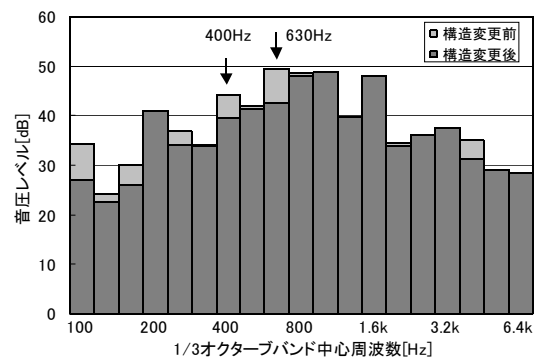


図5 対策前後の比較

文献

- 1) R.H. Lyon(1995)Theory and Application of Statistical Energy Analysis, BH.
- 2) 白木万博(1995)騒音防止設計とシミュレーション、産業科学システムズ.