

建設車両のエンジン音へのアクティブ消音技術の適用

中日本高速道路(株)	正会員	○中島 康介
(株)奥村組	正会員	竹本 光慶
(株)奥村組	正会員	金澤 朗蘭
中日本高速道路(株)	非会員	伊藤 聡一郎

1. はじめに

人家連担地における建設工事では、近隣住民への工事騒音対策の成否が事業の進捗に大きく影響する。防音シートやパネルなどの対策では、中・高音域の騒音に対して効果が得られるものの、エンジン音などの低い周波数の騒音に対する効果は小さく、有効な対策がなかった。そこで、重機から発生するエンジン音対策としてアクティブ消音システムを適用した¹⁾。アクティブ消音システムとは、スピーカから騒音と逆位相の音を出し騒音を打ち消す技術である。適用したシステムは、急激に変化するエンジン音へ適用可能なことが特長である。本報では、アクティブ消音システムの概要と、現場における建設車両への適用結果について報告する。

2. アクティブ消音システムの概要 とシステム構成

アクティブ消音システムは、音を音で打ち消す技術である。図-1に示すように、騒音と逆位相の音(正負が逆の音)をスピーカから出力し、騒音を打ち消すことで、騒音を低減させる。マイクで観測した音の卓越周波数を推定し、振幅と位相を補正して騒音と逆位相の音をスピーカから出力するが、処理時間の遅れが生じるため、波長(図-1中のL)の長い、低い音ほどアクティブ消音システムの適用効果が期待できる。

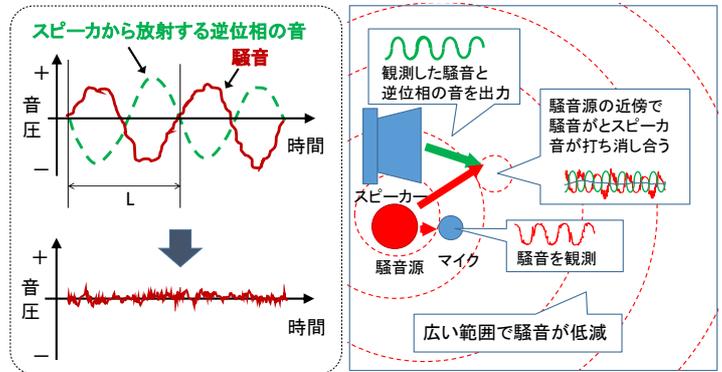


図-1 アクティブ消音システムの概要

図-2 スピーカ配置と消音方法

図-2にアクティブ消音システムのスピーカ位置と消音のイメージを示す。騒音源の周囲の広い範囲で効果を得るには、騒音源の近傍から騒音を打ち消す必要があるため、騒音源(排気筒)の近傍にスピーカを配置する。

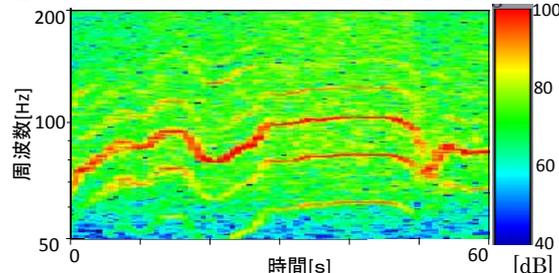


図-3 エンジン音のスペクトログラム

3. 対象とする騒音と制御方法

走行する建設車両から発生するエンジン音のスペクトログラム(周波数特性の時系列変化)を図-3に示す。音圧の高い部分(赤)が複数存在しており、さらに数秒間のうちに音圧の高い周波数が大きく変化していることがわかる。最も変化が大きい部分では1秒間で周波数が15Hzも変化しており、アクティブ消音システムはこの変化に追従した制御が必要となる。

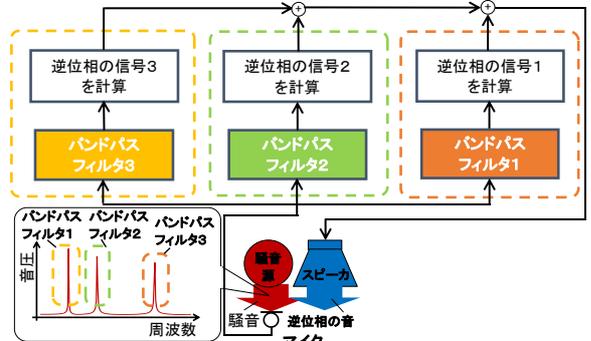


図-4 制御方法のブロックダイアグラム

アクティブ消音システムのブロックダイアグラムを図-4に示す。図では例として、3つの卓越周波数を含む騒音を想定している。マイクからの入力音は、複数の帯域制限フィルタへ同時に入力され、それぞれの処理システムで入力音と逆位相の音を計算し、最終的に一つの信号に合算してスピーカから出力する。各卓越周波数の逆位相音を同時に計算するため、出力までの時間は単一の卓越キーワード アクティブノイズコントロール, 騒音対策, エンジン音, 制御速度

連絡先 〒400-0405 山梨県南アルプス市下宮地 445-5 中日本高速道路(株) 東京支社 TEL:055-283-8888 FAX:055-283-5700

周波数を対象とする場合とほとんど変わらず、0.5秒間で30Hz程度の変化に対し十分に追従可能である(コントロール用パソコンのCPU:3.6GHz, サンプル周波数:25600Hzの場合)²⁾。

4. 現場への適用

コンクリートミキサー車からの騒音を対象として、アクティブ消音システムを適用した。ミキサー車の走行経路と民家の配置を図-5、写真-1に示す。ミキサー車の走行経路は、近隣民家に近接しており、防音壁による中～高音域の騒音だけでなく低周波音であるエンジン音についても対策を検討する必要があった。

事前に排気筒近傍で計測した、ミキサー車エンジン音の音圧レベルの時系列変化を図-6に示す。

ミキサー車は走行路の踊り場で方向転換するため走行速度が遅くなるため、エンジン音も低下する。しかし、その後の長い上りにおいてエンジン負荷が大きくなること、さらにエンジン排気の放射方向(騒音の伝搬方向)に民家があることから、特にこの区間でエンジン音を低減させる必要があった。

ミキサー車へのシステムの適用状況を写真-2に示す。エンジン音の主な音源となる排気筒の近傍にスピーカおよびマイクを配置した。なお、コントローラは運転室内に設置した。適用効果については、場内と図-5内に示す民家の周辺において音圧レベルの計測を行い、制御の有無による差を効果として評価した。

アイドリング時における、エンジン音と制御音の位相状況の比較を図-7に示す。エンジン音と制御音は逆位相となっていることが確認できる。また、民家の周辺で計測した効果を図-8に示す。音源であるミキサー車から距離があるため、音圧レベルそのものは小さいが、システムの適用によって対象としたエンジン音を低減できることを確認した。

5. おわりに

アクティブ消音システムを適用し、現場において使用している建設車両の騒音低減に適用した。対象としたエンジン音が8dB程度低減し、聴感による効果も確認した。今後は、効果の向上を検討するとともに、より多くの現場への適用を考慮して、耐久性や小型化を検討していきたい。

参考文献

- 1) 金澤他：フィードフォワード型能動制御による重機騒音の低減効果，日本建築学会環境系論文集第82巻732号，pp97-103，2017.2
- 2) 金澤他：アクティブ・ノイズ・コントロールの制御方法に関する研究，奥村組技術研究所報第42号，pp.101-106，2016.9

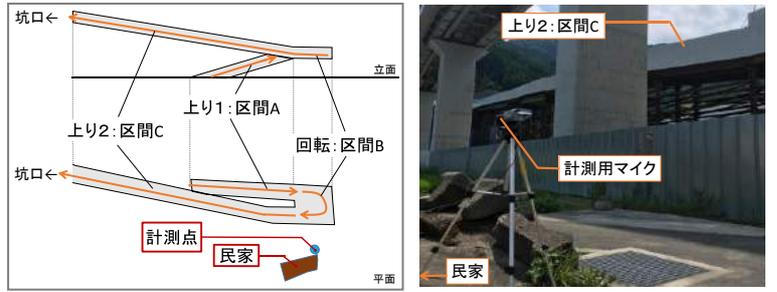


図-5 ミキサー車の走行経路



写真-1 走行経路と計測マイクの配置

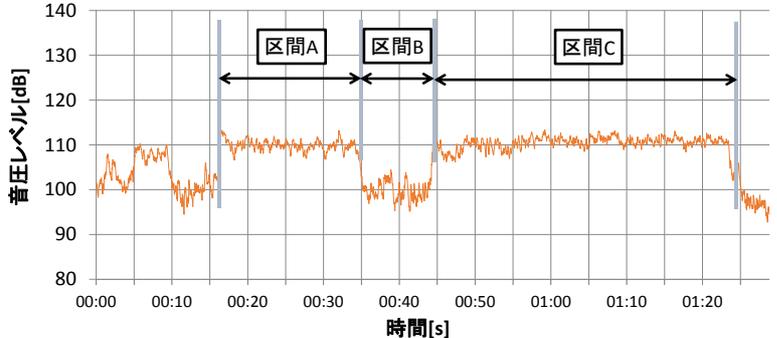


図-6 排気筒近傍におけるミキサー車エンジン音の変化

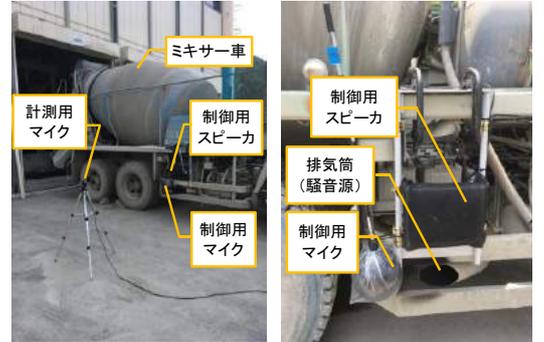


写真-2 システムの適用状況 (ミキサー車)

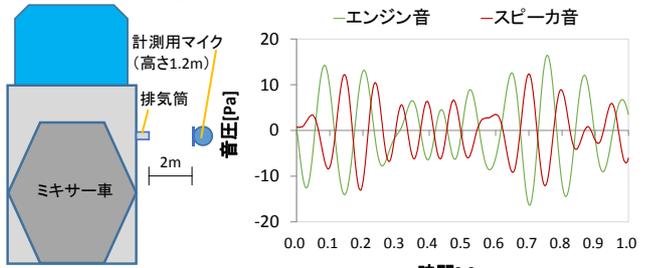


図-7 エンジン音と制御音の比較

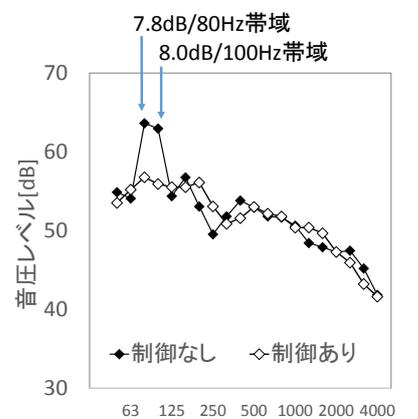


図-8 民家周辺における効果