

研究主論文抄録

論文題目 換気性能を有する窓の防音ユニット内の音響伝搬に関する研究
(Study on the sound propagation in ventilated soundproofing casement windows)

熊本大学大学院自然科学研究科 環境共生工学専攻 人間環境計画学講座
(主任指導 矢野 隆教授)

論文提出者 西村 勇也
(by Yuya Nishimura)

主論文要旨

熱帯地域の国では換気性の良い観音開き窓が広く用いられている。これは一般に2枚の扉で構成され、それぞれの縦側面に蝶番などの固定金具で取り付けられているため、室外の状況に応じて様々な角度で開閉することが可能である。ところが、これらの国における近年の著しい経済発展に伴い、道路騒音を含めた環境問題が深刻化しており、もはやこの騒音問題に関しては換気性の良い観音開きの扉での対応は不可能となっている。扉は換気孔を有するよろい戸の形状のため、道路の騒音はそこを通過して居住空間に伝搬してくる。結果的に、室内と外部との騒音レベルの差がほとんどなく、このような環境で暮らしている人々はかなりの慣れと忍耐があっても、年々増加する騒音に対する不快感が高くなっていることは明らかである。

そこで、本研究では従来の換気と採光機能を生かしながら騒音を低減できる窓を目指した設計および開発を行う。またこの扉は一般の住宅の扉と簡単に取り替えられ、かつ、できるだけ安価で多くの住民に提供できるような設計を指針とする。

提案する窓は数組の採光部と換気ユニットから構成され、前者は透明ガラスもしくは複層ガラスであり、後者は入出口を持った直方体の空洞であり、本窓の性能を決めるための重要なユニットとなっている。以降このユニットを防音ユニットと呼ぶことにする。

本研究で提案する防音ユニットの原理は膨張型マフラーと同じく、空洞と入出口のインピーダンスミスマッチング効果を利用する。この防音ユニットは、広い周波数帯域の音を低減させるためにそれに応じた体積が必要となる。しかし、体積を大きくすることによりユニット内部には高次波音圧成分が多数発生することになり、それに対して適切な対策を施さなければ音を低減するどころか、逆に増大されるというトレードオフの関係を持つことが一般的に知られている。この問題を解消するため本研究では波動方程式に基づく理論解析を行い、まず高次波音圧成分の発生メカニズムを解明し、次にそれに対する低減方法を検討する。本論文の構成及び得られた成果は以下ようになる。

第1章では、東南アジアのベトナム社会主義共和国において、深刻な社会問題となっている交通騒音の実態に触れ、それらの問題の対策手段として住宅用窓に対し、従来の機構を維持した形状でさらなる防音効果が期待できる新方式の防音窓の提案を行った。また、これまで数多くの研究が行われている騒音制御に関する理論的、実験的研究を概説し、本研究の背景、目的、意義な

などを述べた。

第2章では後章で用いる音波についての基本式の原理及び物理的な意味について述べ、さらに理論計算を検証するための実験方法また、実験式について詳細に述べた。

第3章では防音ユニット内の音波伝搬を理論的に解析するため、まず三次元の波動方程式によりユニット内の音圧を求め、次にその音圧式から高次波音圧成分を抽出する。これにより、高次波音圧成分の発生メカニズムが明らかになり、それらの発生を防ぐために入出口の面積や配置を理論的に求めた。さらに実験検証を行うことにより理論計算の正当性が証明でき、結果としてユニットの入口と出口の側面の長さを a と b とした場合、入口及び出口の中心座標を $(a/2, b/2)$ 及び $(a/4, b/4)$ に配置し、また入口の開口面積とユニットの断面積比を 0.56 と設計すれば、ユニット内の 73% の高次波音圧成分の発生を防止することができることを示した。

第4章では、前章で示された入出口の配置による高次波音圧成分の抑制を基に、防音ユニットに対してさらなる換気機能を得るため、広い面積を有する直方体の面に対して入出口を配置することを検討した。また、入出口の配置に関して対向位置に限定せず、さまざまな位置に配置することが可能であれば、デザイン性や強度の向上また、容易な加工ができると考え、防音ユニットにおける理論計算のモデルとして、入口と出口が対向面であるモデル1と、互いに直交する面に配置したモデル2の2種類を抽出した。次にそれぞれのモデルについて、入口面上の平均音圧と出口面上の平均音圧を理論計算より求めた。これらの理論式を検証するためにそれぞれのモデルにおいて、入出口の面上に任意の点を設け計測を行った。これらの点における共振周波数の計測値と理論値の比較を行った結果、両者は一致しており理論式の正当性が立証された。本研究で提案した理論式を用いれば任意寸法の防音ユニットの音響特性を求めることができ、また最適な入出口の位置決定が可能であることを示した。

第5章は結論として、本論文のまとめ及び成果を統括して述べた。