

Noise shielding efficiency of barriers with special edge shapes

石塚, 崇

<https://doi.org/10.15017/458564>

出版情報 : Kyushu Institute of Design, 2003, 博士 (芸術工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

第1章 序論

研究の背景, 目的と本論文の構成を以下にまとめる。

1.1 研究の背景及び目的

1995 年, 兵庫におけるいわゆる「国道 43 号線訴訟」に住民側が全面勝訴したのを契機として, 自動車や鉄道による交通騒音が環境問題としてますます注目されることとなった。日本経済の発展と共に日本における自動車の保有台数は急激に増加した。現代の日本社会が車社会と呼べることは改めて述べるまでもなく周知の通りである。最近の数年間是一年に 80 万台から 100 万台のペースで増加しており, 2002 年における総保有台数は 7600 万台を超える。「一家に一台」から「一人に一台」と言われるゆえんである。増え続ける交通量に伴って騒音公害は深刻化する一方であり, 近年の高速道路における最高速度の引き上げがこれに拍車をかけるといった状況にある。交通騒音は影響を及ぼす範囲が広く, 近隣住民の心身に悪影響を与えるほど深刻な場合もあり, その対策が急がれている。

このような交通騒音が問題となる道路において, 一般的にとられている対策が防音壁の設置である。防音壁は騒音源からの直接音の伝搬経路を遮断し, その背後における騒音レベルを低下させるといった物理的効果と共に, 騒音源を視野から隠すことによる心理的効果も併せ持つ。従来, 自動車専用道路等に設置される防音壁は高さが 2m から 3m のものが一般的であった。しかし, 先述した交通量の増加, 最高速度の引き上げに伴い上昇する一方の騒音レベルに対して, この高さのものでは十分な対策とは言えないのが現実である。防音壁による騒音低減効果は, その高さを増すことで確実に向上する。現在では, 必要とする騒音低減量を得るために高さが 5m あるいは 6m になる防音壁も珍しいものではない。都心部においては高さ 8m の防音壁も設置されている。また, 第二東名神高速道路 (東京～名古屋～神戸) においては最高速度が 140km/h に設定される予定であり, それによる騒音問題に対応するため, 実質の高

さが9mで更に道路側に6mから7m曲がり込んだ防音壁が設置される予定である。あまりに巨大な防音壁は、構造上の強度不足を補うための補強設備の設置費用が防音壁そのものよりもかかるなど、そのメンテナンスにかかる費用も考えると非常に高価な防音壁といえる。このような経済的問題に加え、巨大な防音壁が設置された場合、周辺住民の日照権の侵害や電波障害といった問題、更にはドライバーに与える心理的圧迫感や景観に与える悪影響といった社会問題までも生じる。そこで近年、防音壁の高さを変えることによらずに防音壁遮音性能を向上させることを目的とした研究が盛んに行なわれている。このうち本論文と関連の深いものについて以下にまとめる。

防音壁遮音性能の向上を目的とした研究には大きく分けて二つの流れがある。そのうちの一つは、防音壁の上端の形状を変更することで防音壁遮音性能を向上させることを目的としたものである。Mayらは防音壁上端をT型、Y型、矢型等の形にすることで防音壁の遮音効果が向上することを実験により確認している [1,2]。このなかでもT型は特に大きい効果が得られると報告されている。また、コンピュータの高速化と境界要素法という音場解析手法の発達に伴い、このような比較的複雑な形状を持つ防音壁周辺の音場についても数値解析が可能になった。HothersallらはMayらの実験結果を境界要素法による数値解析によっても確認している [3]。この境界要素法による音場解析は本論文においても重要な位置付けにある。また、Crombieらによって防音壁先端を分岐させる、あるいはサイドパネルを取り付けるといった多重エッジを持つ防音壁の遮音効果についての報告がなされている [4]。これらは、複数のエッジによる多重回折の効果を得ることを目的とした防音壁である。

一方、藤原らによって防音壁上端に吸音体を取り付けることで、防音壁背後における音圧を低減できることが報告されている [5]。これは、防音壁エッジ周辺のポテンシャルが防音壁背後の回折場にとって仮想的な音源とみなせることに着目し、エッジ周辺の音圧を低減することで防音壁背後領域における音圧も低減することができるという考え方に基づくものである。この考え方に基づく研究の流れの一つとして、音響的にソフトなエッジを持つ防音壁に関する研究が進められている。ソフトな境界とは、その境界上において音響インピーダンスが0であり、音圧が0となる境界を意味する。水と空気の境界を水中からみた場合、空気の固有インピーダンスが水のそれと比較して非常に小さいため、この境界はソフトな境界とみなせる。このような境界を持つ物体を防音壁エッジ部分に取り付けた場合、吸音体を取り付けるより更

にエッジ周辺の音圧を小さくすることができる。しかし空気音響においては、空気より固有インピーダンスの小さい物質は存在しないため、一般に空気に対するソフトな境界を実現するのは困難であるとされる。藤原らは $1/4$ 波長の長さを持つ音響管開口部においては干渉により音圧が0に近くなることに着目し、 $1/4$ 波長音響管配列を用いて近似的にソフトな境界を実現した [6]。ここで、近似的としたのはソフトな境界の実現が周波数に依存するためである。大久保らはこの音響管配列を応用し、円筒上に音響管を配置した物体を防音壁エッジに設置した防音壁を提案している [7, 8]。また、金らは同じ概念に基づき音響管配列を持つ T 型防音壁を提案している [9]。

ここにまとめたように、現在まで様々なアイディアに基づいて高い遮音効果を持つ防音壁がこれまでに研究、開発されている。しかし、これらの研究はそれぞれ個別に行われているものが殆んどで、相互の関係や統一的な評価をした研究は少ない。本論文ではこれらを総合的に扱い、様々なエッジ形状、境界条件を持つ防音壁を対象としてその遮音性能を評価、検討することを目的とする。

1.2 本論文の構成

以下に本論文の構成をまとめる。

第1章では、本論文の背景となる防音壁を用いた道路交通騒音の現状と、その遮音性能を向上させるために行われてきた先行研究についてまとめる。

第2章では、本論文中で中核をなす境界要素法による数値解析について、その理論的背景と定式化の過程を示す。一般的に用いられる局所作用を仮定した境界要素法に加え、境界要素法の結合解法を用いた多孔質材内部の音場も含めた解析についても定式化を行う。この解析手法を用い、吸音性エッジ内部の構造まで含めたより現実に沿った検討を進めることができる。また、境界要素法を用いた解析の問題点として知られる固有周波数近傍の解の非一意性問題について、比較的導入の容易な回避策を提案し、その有効性を確認する。

第3章では、現在実用化されている吸音性エッジの内部構造を変えることで、防音壁遮音性能に与える影響を調べる。ここでは、現段階では音響的な役割りを持たない吸音体内部の空間を有効利用し、吸音体の騒音低減効果を向上させることを考える。その利用方法の一つめとし

て、内部をグラスウールで充填し吸音性能を向上させる方法を試みる。このとき、吸音体内部の遮音板が吸音体中心までのものと、吸音体上端まであるものを考え、その違いについても検討する。二つめとして、吸音体に音響管を組み込み吸音性境界の一部をソフトな境界とすることでその効果を向上させる方法を試みる。まず、吸音体の効果の小さい周波数を目標に設計した音響管を組み込み、その効果を確認する。ここでは、効果の周波数特性に加え、音響インテンシティ解析によって音響管の与える影響を調べる。次ぎに、この結果を踏まえ音響管による負の効果を音響管周囲の吸音材により低減させることを考える。

第4章では、これまで個々に研究されてきた様々な防音壁の遮音性能を、ある統一した条件下で評価、定量化する。まず、理想的な境界条件と様々な形状を持つ防音壁の遮音性能を比較し、境界条件、形状が防音壁遮音性能に与える影響を調べる。また、既に実用化されているものを含め、グラスウールや音響管で構成される実用型特殊エッジの効果についても同様に定量化、比較する。ここでは、遮音性能の評価値をもとに遮音性能比較のための図表を作成する。

第5章では、特殊エッジ形状を持つ防音壁遮音性能の簡易予測式の導出を試みる。ここでは、既に実用化されている吸音性およびソフトな特殊エッジを対象とする。数多くの数値解析結果から回折による伝搬経路差に対する効果の予測式を決定する。このとき、予測式は直壁の効果についてのものを基本とする。また、導出した予測式の妥当性について検討を行う。

第6章では、本論文で行った研究についてまとめ、今後の課題を述べて総括とする。

1.3 防音壁挿入損失の定義

本論文では、防音壁の遮音性能について主として挿入損失で評価する。防音壁挿入損失は以下の式で定義される。

$$IL = SPL_g - SPL_b \quad (1.1)$$

ここで、 SPL_b は地面上に設置された防音壁背後の受音点における音圧レベル、 SPL_g は音源位置受音点等は同じで音場内に地面のみが存在する場合の音圧レベルを表す。道路交通騒音に対しての広帯域挿入損失は、オーバーオールでのA特性音圧レベル SPL_b , SPL_g を求め、同じく上式から算出する。