



社会にひろがる新技術

～JSTの研究開発成果から～

VOL.12

新理論で騒音を大幅に低減

「エッジ効果」を抑制して遮音壁を低くできる装置を開発

道路や鉄道、工事現場などの騒音対策として用いられている遮音壁。背の高い壁は威圧的で、近隣に圧迫感を与え、日照を遮り街の美観も損ねてきた。この問題を解決する優れたものが登場する。関西大学環境都市工学部長の河井康人教授が提唱する「エッジ効果抑制理論」に基づいて開発した遮音壁用の先端装置だ。



関西大学の音の実験室（無響室）で。左から、株式会社音響デザイン研究所代表取締役の荒木邦彦さん、関西大学環境都市工学部長・教授の河井康人さん、日本板硝子環境アメニティ株式会社常務取締役の木元肖吾さん、関西大学社会連携部産学官連携コーディネーターの石原治さん。

画期的な発見の「エッジ効果」

河井さんの研究テーマは、建築音響や環境音響の理論解析だ。音の発生や伝達、空間の音響特性をコンピューターシミュレーションで解析する研究を進めている。ここでは、騒音として出ている音波がどのような挙動をしているかを境界積分方程式という数式を使って解明する。河井さんは、この式を使ってプレート板周りの音場を解析していたときに、ある現象を発見した。孤立した領域に発生する大きな粒子速度だ。

薄くて堅いプレート板に音波が当たると、当たった面とその裏面では音圧に大きな差が生じる。つまり表面と裏面の境である縁辺（エッジ）では、急激な圧力の変化（勾配）

が生じることから、エッジに沿って空気の粒子が非常に大きく振動する。この現象を河

井さんは「エッジ効果」と名付けた。

「波の一種である音は空気を媒体として伝わります。そのとき、空気の粒子は定位置で振動しています。その振動がエッジで極端に大きくなる現象が『エッジ効果』です。学生時代にはこの現象にすでに気づいていたのですが、当時は遮音に応用することまでは考えつきませんでした」

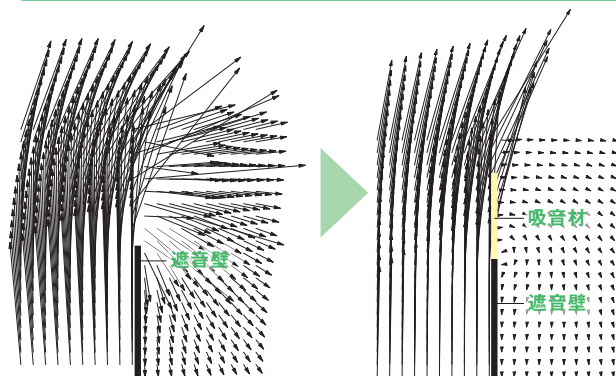
“逆転の発想”で遮音する

2009年頃、河井さんは学会の準備中に学生時代に発見したこの不思議な現象を30年ぶりにふと思い出した。

「プレートエッジ付近に布を置けば、騒音を吸音できるのではないか」

そう考えた河井さんは、空気の粒子速度を抑える材料の検討に着手。急激な圧力変化の起きるプレートのエッジに適切な流れ抵抗を持つ布や多孔質材を取り付けると、粒子の振動を緩和し、プレートの背後に回り込む音を低減できる。これは吸音材の内部を空気（粒子）が通過した際、摩擦によって音エネルギーが熱エネルギーとして吸収されるためだ。また吸音材の上方向の流れ抵抗を徐々に減少させることで、さらに大きな減音効果が得られることも分かった。

■遮音壁エッジ付近での音のエネルギーの時間平均流（向きと大きさ）

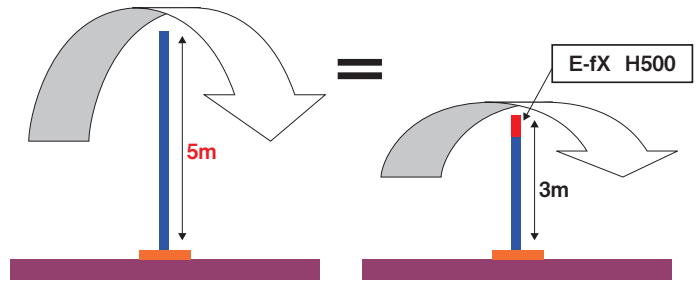


通常の遮音壁

遮音壁の先端に吸音材を設置

吸音材の流れ抵抗を上方へ行くに従って徐々に減少させる特性を持たせることで効果的な減音が可能になる。（音源は遮音壁の左側下方）

■エッジ効果抑制型の遮音装置「デュラカムE-fX」の効果



左写真は、高速道路への「デュラカムE-fX」設置イメージ。従来の遮音壁より低くすることができる。上図左は、従来の遮音壁の高さを表したもの。「デュラカムE-fX」を設置する（上図右）と、壁の高さを2メートル下げた同等の遮音効果を得ることができる。

「エッジ効果抑制理論」は、エッジ付近の大きな粒子速度を多孔質材などで効果的に抑制することで回り込む音を大きく減少させるという全く新しいアプローチだ。従来の遮音壁の先端には金属などの堅い素材を利用していた。それを布のような音がよく透過する材料に置き換えて性能を向上させようとする試みは、逆転の発想といえる。

「常識的には受け入れがたいものですが、研究室で模型実験を行なうと、実験値と理論予測値が高い精度で一致しました。そこでエッジ効果抑制理論に基づいた遮音壁の開発スタートを切ることにしたのです」



プレート板に多孔質材を取り付けた様子。

製品化の立役者は、音響プロと産学連携コーディネーター

2010年、河井さんは友人である(株)音響デザイン研究所(大阪市)の代表取締役、荒木邦彦さんに「エッジ効果抑制理論」の詳細を話した。いくつかの劇場やコンサートホールの設計を手がけてきた音響のプロである荒木さんが強い興味を示した。

「河井先生からお話を聞き、大阪・千里の建築総合試験場での音響実験に立ち会ってみました。多孔質の繊維が空気粒子の振動を抑えて音を吸収するという理論やその効果の高さに驚きました。しかも、理論値と実測値がぴったりと合うし、応用範囲も広い。長年、音響に携わってきましたが、こんなケースはまれですね」

この画期的な理論は、高速道路の遮音壁をはじめ、室内外でさまざまな展開が考えられると荒木さんは直感した。まずは汎用性の高い遮音壁をいち早く製品化しようと、道路遮音壁のトップメーカーである日本板硝子環境アメニティ(株)(東京都港区)に共同開発を打診。

さらに河井さんの研究を支えたのが、関西大学で産学官連携コーディネーターを務める石原治さんだ。

「河井先生の成果を聞いて、ぜひ製品化のお手伝いをしたいと思い、11年春にJSTのA-STEPの制度に応募しました。同時に、貴重な研究成果を知的財産として守りたくて特許出願もしました」

こうして各界のプロが集い、これまでにないユニークな理論による遮音壁の製品化が加速する。

シンプルな構造が製品化へのハードルに

日本板硝子環境アメニティは、道路・建築音響・工場などの分野で数多くの製品を提供している。常務取締役の木元肖吾さんは、荒木さんから話があったときのことをこう語る。

「最初にお話を伺ったときは半信半疑でした。これまでの遮音壁とは発想が全く違っていたからです。ところが、実験に立ち会ってその性能が実証されたときには、半信が大きな信頼に、半疑がうれしさと驚きに変わっていきました」

エッジ効果抑制理論に基づいた遮音壁の構造は、エッジ付近の粒子速度を抑制するため多孔質材を設置するというシンプルなものであったが、製品化のハードルは高かった。遮音壁の先端に単純に布を張れば良いというものではないからだ。

課題はいくつもあった。まず、繊維材を保護する外装パネルを取り付けた際に、理論

値への影響を最小限にすること。そこで理想的な値に近づけるための繊維材の選定や制作方法を検討した。高速道路に設置した際の安全性や強度、耐候性も必要だ。さらに遮音性能のバランスやコストも重要である。

しかし、改良余地を残しながらも開発期間1年半という短期間で製品化を実現した。「デュラカムE-fX」と命名され12年11月に発売、13年度中には高速道路へのテスト導入を見込んでいる。



デュラカムE-fX H500(高さが500mm)タイプ

性能を向上させ用途をひろげたい

従来の3mの遮音壁は約15dBの騒音を低減する。この高さを変えずに最上部をデュラカムE-fX(H=500タイプ)に置き換えると、さらに約5dB抑え、合計で20dBを低減できる。音のエネルギーは100分の1になる。これは、5mの遮音壁の性能に匹敵するという。

遮音壁を低くできるだけだけでなく、パネル本体の小型化・薄型化にも貢献する。河井さんは、今後さらに5dBの低減を目指している。

「理論的に予測される最適な物理特性を持つ繊維材を開発すれば可能になります」

これによって、道路や鉄道用の遮音壁だけでなく、工場や空調ダクトから出る騒音対策にも使える。大きな音を出す楽器の練習場などにも最適で、将来は住宅地の騒音防止など、快適な生活の確保にも役立ちそうだ。