

音響的にソフトな面を持つ高性能遮音壁の3次元空間内における特性

北海道大学 正 長谷部正基

(株)長大 正 石原 泰

北海道環境科学研究センター 齋 庄輔

1. はじめに

遮音壁の性能はその高さに依存するが、遮音壁の高さを上げることは日照・電波障害への影響など種々の問題がある。

このような状況の中、従来の単壁（地面に対して垂直な平面上の遮音壁）に比べて騒音低減効果の高い遮音壁を実現する方法のひとつに障害物の表面が音響的にソフトであれば、その障害物背後の音場が小さくなることに着目し、壁表面に音響管を配列した管配列遮音壁¹⁾があり二次元空間内での特性の概要は既に報告しているが今回、三次元空間内で境界要素法及び波動回折理論の解析解も含めて管配列遮音壁の基本的な性能を評価したのでその結果を報告する。

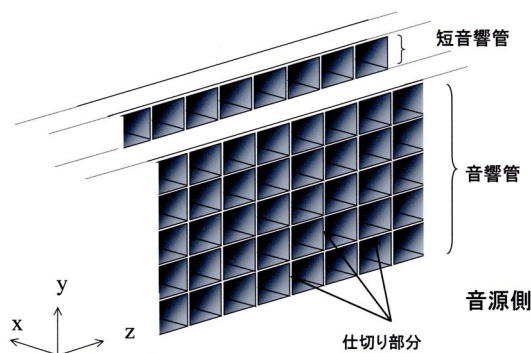


図1 遮音壁概観

2. 音響的にソフトな面の形成

管配列遮音壁は音響的にソフトな表面を形成することで遮音壁背後の音場を低くしている。音響的にソフトな表面の条件とは、その表面で常に音圧がゼロになるということである。この条件を全周波数に対して同時に満たすには、空気より遙かに密度の小さい音響材料が必要となる。しかしこのような材料は存在しないので、それを実現する手段として、一端の閉じた1/4波長音響管の開口部音圧が非常に小さくなる性質を利用した。この1/4波長の音響特性は周波数依存ソフトな表面の効果を十分に発揮できない。管配列遮音壁はその点を考慮し、遮音壁表面の音響管の他に壁先端部に短い音響管を取り付けることで幅広い周波数に対応させた。

3. 半無限障壁に関する回折理論と境界要素法による音場解析

管配列遮音壁の音響的特性を捉えるため、管配列遮音壁の性能を波動回折理論及び境界要素法を用いて検討した。

3.1 波動回折理論に関して

地表面があるときの音場を考慮するとき、音源から放射された音波の、図2のような幾何学的配置における受音点Rでの総合音場 Φ は、音源Sとその地中の像Tが受音点Rにおいて寄与する成分、見かけの受音点Xにおいて寄与する成分、同様に音源Sの遮音壁に対する虚像Uに寄与する成分の和で求めることができる。

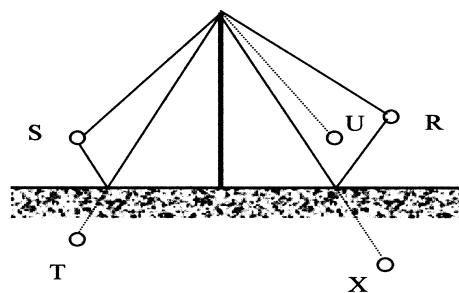


図2 地表面を考慮した音場

この考え方を式で表すと次式で示される。なお本研究では地表面、遮音壁表面ともに完全反射としている。

$$\Phi = \Phi_{SR} + \Phi_{TR} + \Phi_{SX} + \Phi_{TX} + \Phi_{UR} + \Phi_{UX}$$

一方、全周波数に対し遮音壁の壁表面の音圧がゼロ、すなわち音響的にソフトな表面を持ち合わせた遮音壁周辺の音場は、上式中の虚像Uに関する音場の位相角が 180° シフトした式、すなわち虚像Uに関する項に-1を掛けられた式で表すことができる。本研究では回折理論の中で厚みのある遮音壁周辺の音場を計算できるPierceの解析解²⁾を用いた。

キーワード：遮音壁、道路交通騒音、回折

連絡先：札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学大学院工学研究科 email: hasebe@eng.hokudai.ac.jp

3.2 境界要素法と回折理論の比較

計算はPierceの解析解（点音源）と二次元境界要素法（干渉性線音源）を用い、解析解では単壁（地面に垂直に設置された平面）と音響的ソフトな面を持つ遮音壁、境界要素法では単壁と管配列遮音壁に関してそれぞれ挿入損失を計算した。ここでの挿入損失は遮音壁設置後の音圧レベルから、自由空間での音圧レベルを差し引いた値である。境界要素法で扱った管配列遮音壁の断面図、及び配置図を図3に示す。管配列遮音壁の制御対象周波数は、音響管の深さ40cmと壁先端の短い音響管の深さ20cmが1/4波長にあたる周波数間の領域である。したがって、制御対象周波数は、215Hzから425Hzとなる。音源は遮音壁前面から2m、地表面上0m、受音点は遮音壁背面から10m、地表面上0mに設定した。

結果を図3に示す。管配列遮音壁と同じ厚みを持つ単壁に関して、干渉性線音源に対する解を表す二次元境界要素法と点音源に対するPierceの解析解が精度よく一致している。Hothersall³⁾らが報告した、干渉性線音源に関する二次元境界要素法による遮音壁の挿入損失と、点音源に関する半無限遮音壁の挿入損失がほぼ一致することと同じ結果を得た。

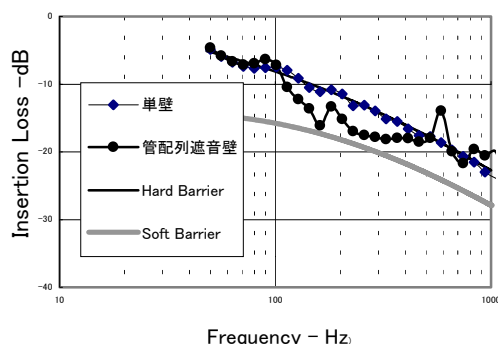


図3 Pierceの解析解と二次元境界要素法の挿入損失値

一方、波動回折理論におけるソフトな面とは、現実的に存在する状態ではないが、壁表面が全周波数において完全にソフトな表面を形成していると考えられる。図3によると、制御対象周波数の領域では音響管によるソフトな表面の挿入損失がPierceの解析解による理想的なソフトな表面の性能に近いと考えられる。

4. 有限長遮音壁の音場計算

4.1 三次元境界要素法の適用

前節までの結果は無限長遮音壁に対するもの

であるが、図4に示されたモデル周辺の三次元音場の数値解析を境界要素法によって行うことで、有限長管配列遮音壁に関する挿入損失を評価する。

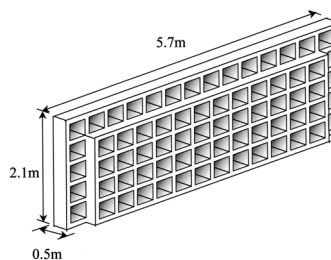


図4 有限長管配列遮音壁の寸法

4.2 挿入損失及び音圧レベル分布の計算結果

図5は音源、受音点が遮音壁面に垂直面内で且つ図3と同じ配置位置での挿入損失の計算結果である。管配列遮音壁は三次元境界要素法による計算に関しても制御対象周波数を中心に大きな減衰効果が見られる。

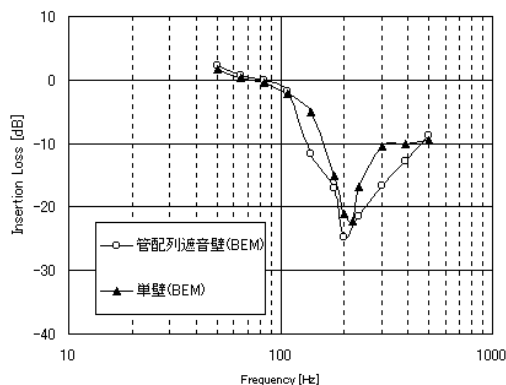


図5 挿入損失の計算結果

本研究で行った有限長遮音壁性能改善の研究の応用としては、実用上沿道出入りのため連続性のとぎれる低層遮音壁の高性能化が考えられる。

参考文献

- 1) M. Hasebe: New profile noise barrier with an acoustically soft surface, Proc.WESTPRAC VII, 747-750, 2000.
- 2) A.D.Pierce: Diffraction of around corners and overwidebarriers, J.Acoust.Soc.Am. Vol.55, p941-955(1974).
- 3) D.H.Hothersall, S.N.Chandler-Wild, M.N.Hajmirzae: Efficiency of single noise barriers, Journal of Sound and Vibration, 146(2), p.303-309 (1991).