九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

鉄道高架橋防音壁の吸遮音性能の違いを反映した騒音低減評価に関する研究

佐藤, 大悟

https://hdl.handle.net/2324/4110415

出版情報：Kyushu University, 2020, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：

氏　　名　：佐藤　大悟

論 文 名　：鉄道高架橋防音壁の吸遮音性能の違いを反映した
騒音低減評価に関する研究

区　　分　：甲

論　文　内　容　の　要　旨

鉄道高架橋防音壁をはじめ，防音壁を設置した際の騒音低減評価では，通常は防音壁が十分な遮音性能を有していることが前提となっており，防音壁からの透過音の影響が考慮されることが少ない。そのため，例えば厚さ 100mm 程度のコンクリート製防音壁と比較して 1/10 程度の厚さの平板を用いる場合，反射性の非透過な壁として扱うと実際の騒音低減効果よりも高く評価されてしまうといった課題があり，評価の際には防音壁の音響透過損失の違いを考慮することが望ましい。

そこで，第 2 章において，防音壁の音響透過損失の違いと防音壁背面からの透過音の影響が考慮可能な評価手法として，音場を規定する Helmholtz 方程式において，方程式中の複素波数によって対象とする音場中で任意の減衰効果（dB）を付与することを提案し，平面波を対象に検証を行った。その結果，媒質中での入射波を対象に，媒質の長さと付与する減衰量（dB）に基づいて複素波数を決定し，媒質中で任意の減衰効果が付与可能なことを示した。また，媒質の入射側および透過側表面で反射がある場合を対象に，各表面での反射波による音圧の増加を考慮して，媒質中での入射波の減衰量と合成波の減衰量の関係性を導いた。合成波の減衰量を目的とする任意の媒質前後の音圧レベル差とを一致させ，それをもとに媒質の複素波数を決定することで，媒質による減衰量として媒質前後で任意の音圧レベル差が反映されることを示した。

第 3 章では，第 2 章に示した手法を有限要素法による音響解析へ適用し，鉄道高架橋防音壁を対象とした開領域問題を扱う前段として，無限要素を導入した有限要素法による音響解析の妥当性について検証した。その結果，球面波を対象に有限要素領域と無限要素内の観測点で求めた解が理論解と一致することを確認し，有限要素領域においては外部境界での反射影響は無く評価が可能であり，無限要素内の観測点では単純な放射音領域としての扱いが可能であることを示した。また，本論文の解析では，無限要素内は点音源に基づく評価となるため，有限要素領域で線音源に基づく評価を行うと減衰特性が異なる結果を得る。そこで，点音源と線音源の距離減衰の相違に関わる補正を導入し，文献に示された結果と比較した。その結果，両者は良く一致し，導入した補正が妥当であることを示した。

第 4 章では，鉄道高架橋防音壁を対象に，無限要素を導入した 3 次元の有限要素法による音響解析に基づき，高架橋内外の音圧レベル分布へ与える影響について車体下部からの走行音を対象として評価を行った。まず，車体や防音壁を含めた高架橋周囲の複雑な音の伝搬空間を有限要素領域とし，高架橋外の評価領域を無限要素内の観測点として縮尺模型実験との比較を行った。その結果，レールレベルより上方では解析と縮尺模型実験で得られた音圧レベル分布の傾向は良く一致した一方，レールレベルより下方においては音源の干渉性と非干渉性の違いによる差異が認められた。ただし，防音壁の挿入損失の違いに着目した評価であれば干渉性線音源による評価は可能と考えられ，無限要素を導入した 3 次元の有限要素法による音響解析は，鉄道高架橋防音壁を対象とした騒音低

減評価手法として有効であると判断された。続いて，既設のコンクリート製防音壁上に厚さ 8mm の透明なポリカーボネート板が嵩上げ設置される例に対して，第 2 章で示した手法によって嵩上げ部でポリカーボネート板の音響透過損失を反映した場合と反射性の非透過面とした場合とを比較した。その結果，音響透過損失を反映した場合，嵩上げ部の背後から斜め下方の領域で音圧レベル分布の高い領域が遠方まで広がる結果を得た。これは嵩上げ部からの透過音の影響と考えられた一方，嵩上げ部の上方では透過音の寄与が音源からの直接音や回折音に対して相対的に小さいと考えられた。厚さ 8mm の透明なポリカーボネート板を用いることについては，例えば軌道中心から 25m 離れたレールレベルから 6m～9m 下方で最大 1.5dB 程度音圧レベルが高い結果となったが，実用上は十分な音の遮蔽効果が得られていると判断された。

第 5 章では，防音壁の壁面に吸音パネルが設置されることを考慮し，音響解析中で吸音材による音への効果を反映するため，吸音材中での音の伝搬が，材料特性である特性インピーダンスと伝搬定数によって規定されることに着目し，これらを解析領域中の媒質の特性として付与することを検討した。まず，吸音材の特性インピーダンスおよび伝搬定数は，流れ抵抗をパラメータとして良好な近似式で示されることを示した。続いて，近似式で表現された特性インピーダンスと伝搬定数から複素密度と複素音速を求め，平面波を対象に吸音材の吸音率を求めた。その結果，実験で求めた垂直入射吸音率と良好に一致した。以上より，特性インピーダンスおよび伝搬定数から複素密度および複素音速へ変換し，媒質による吸音材の材料特性を反映するモデル化手法が十分妥当であることを示した。

以上の遮音と吸音のモデル化手法を活用し，第 6 章では，防音壁の嵩上げ対策，吸音対策および嵩上げ対策と吸音対策を併用した場合の各対策による騒音低減効果への影響について，車体下部からの走行音を対象に評価を行った。前章までの手法により嵩上げ部には音響透過損失に基づく遮音性能を，吸音対策では吸音材の特性インピーダンスと伝搬定数に基づく材料特性を反映した。その結果，騒音低減効果として，嵩上げ対策では嵩上げに伴って音源からの直接音や車体側面からの反射音を直接遮蔽する領域，吸音対策では車体側面からの反射音が放射する領域となる高架橋外の防音壁上端から斜め上方での効果が顕著であることを示し，嵩上げ高さの増加と吸音性能の向上によって騒音低減効果が向上することを示した。嵩上げ対策と吸音対策を併用する場合には，嵩上げ対策による低減効果に対して吸音対策による低減効果が上積みされる傾向となることを示した。また，嵩上げ後の防音壁全高が車体高さを上回ると吸音対策の騒音低減効果への寄与が顕著に小さくなる一方，嵩上げ高さが制限される場合には吸音材の性能を向上させることが重要であることを示した。