

学 位 論 文 題 名

排水性舗装の騒音低減要因に関する研究

(Study on the Noise Reduction Factors of Drainage Asphalt Pavement)

学位論文内容の要旨

我が国の都市地域における道路交通公害が顕在化した背景には、高度経済社会の形成過程における都市地域への人口の集中、輸送機関としての自動車交通需要の増大及び特定地域への集中があげられる。また、都市の道路とその周辺の土地利用計画は、交通公害を考慮されないまま放置されていたことによって、問題解決をより困難なものにしている。

発生源対策としての自動車単体対策としては、1971年以降の加速騒音規制がある。最新規制では、最初に実施された1971年規制と比較して6～9dBの大幅な規制強化となっており、追加対策による低減効果も限界に近づいている。

騒音対策を道路側からみると、環境施設帯の設置・道路構造の堀割化は、用地の確保の点から困難である。また、遮音壁の設置は、沿道とのアクセス機能に制限のない都市内の一般道路に対して適用することが極めて難しい。

そこで、適用場所の制限を受けない低騒音舗装としての排水性舗装による対策が期待されている。このように、新しい騒音対策として着目されている排水性舗装ではあるが、その普及を妨げる以下に示すような要因がある。第一に、従来の舗装に比べるとコストが高い（約3倍）こと。第二に、舗装の構造的な耐久年数からみるとかなり早い時期に排水機能・騒音低減機能が失われること。第三に、排水機能及び騒音低減機能を回復させる有効な維持管理手法が確立されていない。騒音低減機能は排水機能に比べて、機能の喪失が早い。第四に、その騒音低減効果は施工初期の段階においても3～5dB程度であり、通常の騒音対策に期待される騒音低減効果（5dB以上）に比較すると不十分である。

したがって、このような改善点を克服して、より機能性の高い低騒音舗装の開発を行うことが求められている。そこで、本研究では排水性舗装の騒音低減のメカニズムを定量的に明らかにすることを目的として、多角的な調査研究を実施した。

本研究では、第1章で研究の背景および目的を述べ、本論文の位置づけを行った。

第2章では、騒音に関する基本事項をとりまとめた。

第3章では、既存の発表文献の収集整理を行い、排水性舗装の騒音低減要因の定量的な比較を行うための手法等についてとりまとめを行った。その結果、走行騒音の測定には、試験走路を用いた実車走行騒音測定が本研究の目的に対して最も適当であり、そのときの騒音測定値に影響を与える要因としては、車種・積載重量・タイヤ・走行速度等であることがわかった。

第4章では、既存文献から得られた知見及び一般道路において実測したデータの分析結果から、排水性舗装の騒音低減要因の定量的な比較を行うための仮説の設定を行った。その結果、主要な騒音低減要因が舗装の有する吸音効果とタイヤ音の発生量の低減効果であることが推察された。また、定常走行騒音に占めるタイヤ音の寄与が大きい車両の方が、騒音低減量が大きいことが推察された。

第5章では、主要な騒音低減要因の一つである吸音特性を明らかにするために、排水性舗装の斜め入射吸音率・垂直入射吸音率・残響室法吸音率を測定した。その結果、ノーマル音響インピーダンス比によって、垂直入射吸音率・残響室法吸音率・斜め入射吸音率を推定できることが明らかになった。また、最も単純な点音源モデルを利用して、排水性舗装の吸音効果による騒音低減量を推定したが、既存の文献等で示されている騒音低減量に比べるとかなり小さいので、タイヤ音の発生量の低減も加味できるような測定を行うとともに、騒音低減量を説明することのできるようなモデルを作成する必要があることがわかった。

第6章では、試験走路を用いて、自動車走行騒音を測定し自動車のパワーレベルの推定を行った。さらに、自動車騒音の発生要因別騒音を分離し、各発生要因ごとに排水性舗装及び密粒舗装のそれを比較し、車種・走行速度の違いによる主要な騒音低減要因の把握を行った。

走行騒音のデータから自動車のパワーレベルを推定するには通常のピークレベル法によるが、測定値はばらつきが大きいので、二乗積分法をもとに構築した有限二乗積分法を用いてパワーレベルを推定した。また、定常走行・各種タイヤを装着しての惰性走行を行い、駆動機関音・タイヤ音（トレッドパターンエアポンピング音・トレッドパターン加振音等）・空力音等の発生要因別騒音の分離を行い、排水性舗装による発生要因別騒音の低減量を明らかにした。その結果、駆動機関音とタイヤ音の両方に排水性舗装による騒音低減効果が見られることがわかった。また、駆動機関音よりもタイヤ音の低減量が大きいことが確認され、第3章で得られた仮説の妥当性が確認できた。

タイヤ音の中では、トレッドパターンエアポンピング音とトレッドパターン加振音が、ほとんど無視できる程度の大きさまで低減しているのに対して、タイヤ全体の振動によって生じるその他のタイヤ音が増大していることがわかった。したがって、タイヤ音全体の発生量の低減は、前者の騒音低減に対する正の効果と後者の負の効果の和によって決定されることが明らかになった。

さらに駆動機関音・空力音の騒音低減量を推定するため、車両の床面と舗装面との間に形成される残響音場に対して、新たなモデルを構築し実測データと良好な適合性を得ることができた。

第7章では、これまでに各章で得られた結論を概括するとともに、より大きな騒音低減効果を有する舗装を開発するために舗装に求められる要件を整理した。

学位論文審査の要旨

主査	教授	加来	照俊
副査	教授	森吉	昭博
副査	教授	佐藤	馨一
副査	助教授	長谷部	正基

学位論文題名

排水性舗装の騒音低減要因に関する研究

(Study on the Noise Reduction Factors of Drainage Asphalt Pavement)

これまでに、車両の走行安全性を目的として開発された排水性舗装の有する付随的な機能としての騒音低減機能に着目した調査研究が国内外で活発に行われている。

しかし、その騒音低減機能のメカニズムに関して定性的分析は行われているが、定量的分析にまで踏み込んだものはない。そのために、騒音低減効果の大きさ及びその持続性が不十分な排水性舗装の機能の改善に関する知見については、殆ど得られていないのが現状である。

本論文では、排水性舗装の騒音低減機能のメカニズムを解明するために、実証的な騒音測定データの分析を中心とした排水性舗装の騒音低減要因の定量的な評価を行っている。本論文の主要な成果は以下の通りである。

①既存の関連研究文献に示されている騒音低減機能のメカニズムに関する定性的な分析結果をとりまとめた。既存研究によれば、舗装の有する吸音効果及びトレッドパターンエアポンピング音の抑制が排水性舗装の騒音低減要因となっていることを示した。

②独自の簡易な騒音測定結果のデータから、排水性舗装は、車種・自動車騒音の発生要因(駆動機関音及びタイヤ音)・騒音の評価量(L_{eq} 及び L_{50})によりその低減効果が異なることを明らかにした。

③舗装の吸音特性を評価するには、比較的測定の簡便なノーマル比音響インピーダンスを測定すればよいことを示した。ノーマル比音響インピーダンスから斜め入射吸音率・垂直入射吸音率・残響室法吸音率を推定できることを明らかにした。

④排水性舗装の騒音低減効果を期待するのであれば、舗装の空隙率は20%程度以上必要であり、舗装の厚さを増すことは、小型貨物車及び大型貨物車の騒音低減に対して1~2dB程度の追加の効果はあるが、乗用車の騒音低減には効果のないことを明らかにした。

⑤自動車騒音の発生要因別パワーレベルを求めることによって、排水性舗装の騒

音低減に大きな影響をもたらす騒音発生要因は、車種・走行速度によって、多岐にわたっていることを明らかにした。

すなわち、騒音発生要因としては、乗用車の低中速域(走行速度40～80km/h)では、トレッドパターンエアポンピング音及びトレッドパターン加振音、高速域(走行速度100km/h以上)では、トレッドパターン音以外のタイヤ音+空力音、小型貨物車の低中速域では駆動機関音、高速域では駆動機関音及びトレッドパターン音以外のタイヤ音+空力音、大型貨物車の低中速域では駆動機関音及びトレッドパターン音以外のタイヤ音+空力音、高速域では駆動機関音、トレッドパターン音以外のタイヤ音+空力音及びトレッドパターンエアポンピング音であることが明らかにした。

⑥通常の舗装と排水性舗装との騒音レベル差を計算するために、非常に簡便なモデルを作成し、そのモデルの妥当性を、モデルによる計算結果と測定データを比較することによって検証している。

これを要するに、本論文は、これまで十分明らかにされていなかった排水性舗装の主要な騒音低減要因に関して多くの有用な新知見を得ており、より効果の高い低騒音舗装の開発、道路交通騒音問題の解決に寄与するところが大である。

よって、著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。