

仙台市における統合的道路交通 騒音削減施策の効果分析

横山重久¹・室町泰徳²・原田昇³・太田勝敏⁴

¹正会員 修士（工学） 都市基盤整備公団（〒102-8201 千代田区九段北 1-14-6）

²正会員 博士（工学） 東京大学助教授 工学部附属総合試験所（〒113-8656 文京区弥生 2-11-16）

³正会員 工博 東京大学教授 大学院新領域創成科学研究科（〒113-8656 文京区本郷 7-3-1）

⁴正会員 Ph. D. 東京大学教授 大学院工学系研究科（〒113-8656 文京区本郷 7-3-1）

本研究では交通量配分モデル、道路交通騒音被害予測モデルよりなる道路交通騒音分析モデルを構築し、ケーススタディとして仙台市にこれを適用して、複数の道路交通騒音削減施策を実施した場合の効果分析を行った。GIS 上で構築された道路交通騒音分析モデルは、道路交通騒音の現状把握、問題個所の抽出、施策効果の分析などを効率的、視覚的に行える点で有用である。分析結果より、仙台市中心部への交通流入に課金するコードンプライシングと低騒音舗装を敷設された環状道路の整備とを合わせた統合的道路交通騒音削減施策の有効性が示された。

Key Words : road traffic noise, integrated transport policy, TDM

1. 研究の目的

自動車単体からの騒音の規制強化等の対策にもかかわらず道路交通騒音の環境基準達成状況は十数パーセントと低いまま推移しており、改善の兆しは見られない。また、要請限度の超過状況についても三十数パーセントと深刻な状態にある。特に、交通過密な都市部や幹線道路の沿道地域では道路交通による騒音は大きな問題であり、発生源対策・道路構造対策といったハード面の施策、プライシングなどの交通需要マネジメント（TDM）といったソフト面の施策を統合的に導入する必要がある。このような統合的な施策の導入には、一貫性を保ちながら一連の施策の効果分析を実施できる道路交通騒音分析モデルの開発が必要である。

このような目的から道路交通騒音分析モデル、道路交通騒音を含む環境分析モデルに関する研究がこれまでも複数発表されてきている¹⁾²⁾。しかし、統合的に取り扱うべきデータの膨大さ等の理由から、具体的な道路交通騒音削減施策の検討に及ぶ研究例はそれ程多くは無かった³⁾。これに対し、近年のGISデータ等の整備により、道路交通騒音の現状把握、

問題個所の抽出、施策効果の分析などをGIS 上で効率的、視覚的に行えるようになってきた。そこで、本研究では交通量配分モデル、道路交通騒音被害予測モデルから構成される道路交通騒音分析モデルを構築し、ケーススタディとして仙台市にモデルを適用して、複数の道路交通騒音削減施策を実施した場合の効果分析を行った。

2. 道路交通騒音の現状

平成9年度全国自動車交通騒音実態調査報告によると、全国4,772測定地点のうち、4時間帯（朝、昼間、夕及び夜間）の全てで環境基準が達成されたのは637地点（13.3%）で、逆に4時間帯の全てにおいて達成されなかったのは2,613地点（54.8%）であった。また、要請限度に関しては、4時間帯のすべてにおいて超過したのが117地点（2.4%）、いずれかで超過したのは1401地点（28.2%）であった。図-1に示すように、平成5年～9年の経年変化を見ても、環境基準、要請限度共にほとんど変化は見られず、道路交通騒音問題解決の難しさが伺われる。

3. 道路交通騒音分析モデルの構築

(1) 道路交通騒音分析モデルの概要

本研究で構築した道路交通騒音分析モデルは、交通量配分モデル、及び道路交通騒音被害予測モデルからなる。図-2に道路交通騒音分析モデルの概要を示す。交通量配分モデルは、時間帯別車種別ODデータ、配分ネットワークデータを入力データとし、リンク別時間帯別車種別の交通量、平均旅行速度などを出力する。道路交通騒音被害予測モデルは、交通量配分モデルの出力であるリンク別時間帯別車種別の交通量、平均旅行速度、及び対象地域の4次メッシュ(緯度0.25°経度0.375°の区画、一辺がほぼ500mの方形)データを入力データとし、メッシュ別騒音暴露レベル別被害人口、人口割合、道路交通騒音被害総量などを出力する。

(2) 交通量配分モデル

交通量配分に用いたネットワークは、デジタル道路地図から幅員5.5m以上のリンクを抽出して作成されたものである(図-3)。ゾーンレベルは平成6年度の道路交通センサスのBゾーン、OD表は同じく道路交通センサスの自動車起終点調査から時間帯別に集計した(乗用車、小型貨物車、普通貨物車の3車種別)ものを用いた。リンクパフォーマンス関数は松井等⁴⁾により推定されたBPR関数(平成6年道路交通センサスベース)、道路交通容量は通常の基準交通容量(2車線道路は1250台/時/車線、多車線道路は2200台/時/車線)を用いた。車種別の時間価値は、道路投資の評価に関する指針(案)⁵⁾を参考に乗用車56円/分、小型貨物車90円/分、普通貨物車101円/分と設定した。交通量配分手法は、確率的利用者均衡法である。

仙台都市圏におけるODデータ、交通量配分ネットワークを用いて交通量配分を行い、その精度を確かめた。ODデータはピーク時に当たる午前7時台発のデータを用い、道路交通センサスの観測交通量、ピーク時平均旅行速度と配分結果を比較した。結果は、決定係数にして交通量0.62、速度0.59であり、ある程度の現況再現性を確認できた。

(3) 道路交通騒音被害予測モデル

交通量配分モデルの結果を入力データとし、以下のように道路交通騒音被害予測モデルを構築した。

a) 受音点における騒音レベル予測は日本音響学会の予測モデルASJ Model 1975(予測量は L_{90})、及び、

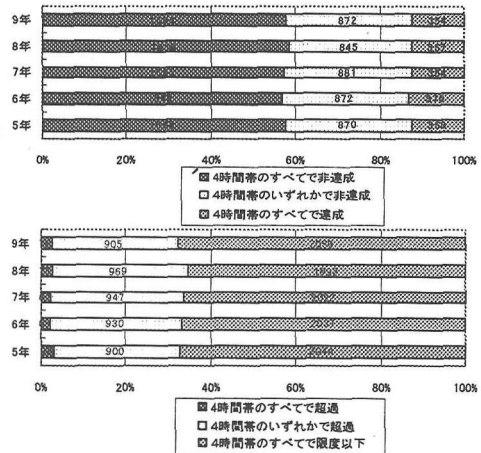


図-1 継続測定点における道路交通騒音の環境基準(上)・要請限度(下)の達成状況推移

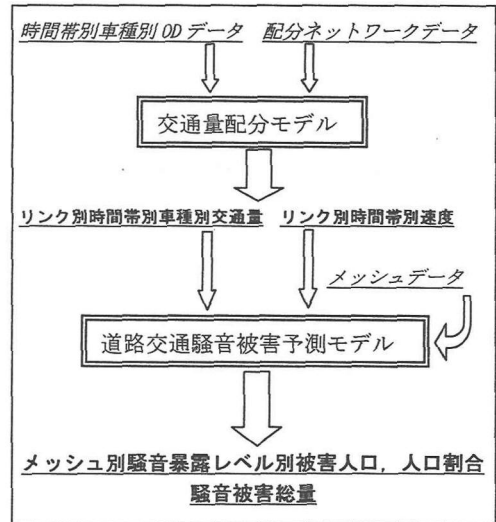


図-2 道路交通騒音分析モデルの概要



図-3 交通量配分ネットワーク

ASJ Model 1998 (予測量は L_{eq})⁶⁾を使用した。ただし、仙台市全域に及ぶ沿道の建物の状況や地表面の性状に関するGISデータが利用可能でなかったため、種々の障害物による回折効果、地表面効果は考慮していない。

b) 交通量配分モデルの結果は時間帯別であるので、騒音レベル予測値も1時間 L_{eq} になる。平成11年4月施行の新環境基準では昼間(6時から22時)と夜間(22時から6時)の L_{eq} が基準として採用されているので、本モデルにおいても各1時間 L_{eq} のエネルギー平均を計算することにより昼間・夜間の騒音レベルを予測した。

c) 4次メッシュの属性としては、昼間人口(平成3年事業所統計, 平成2年国勢調査より作成)と夜間人口(国勢調査)を考慮した。

d) 受音点は4次メッシュを50×50等分した10mメッシュの中心点とした。10mメッシュの属性値は4次メッシュの属性値を均等に1/2500にした値を用い、結果を4次メッシュ単位で出力した。

e) 集計した項目は、5dB刻みの騒音レベルに晒されている人口割合、人口、及び下記に定義する道路交通騒音被害総量($\text{dB} \times \text{人}$)とした。

$$\begin{aligned} \text{道路交通騒音被害総量} &= (Y - X) \times Z \quad (Y > X) \\ \text{道路交通騒音被害総量} &= 0 \quad (Y \leq X) \end{aligned}$$

ただし、基準レベル $X \text{ dB}$,
暴露レベル $Y \text{ dB}$,
暴露人口 $Z \text{ 人}$

なお、モデルの妥当性検証に際しては、検証用実測データ(平成6年)⁷⁾が当時 L_{50} を指標としたデータであったので、 L_{50} を指標とするASJ Model 1975を用いた。次節以降の統合的道路交通騒音削減施策の効果分析においては L_{eq} を指標とするASJ Model 1998を用いている。 L_{50} は統計量、 L_{eq} は物理量であるが、両者には高い相関があり、かつ両モデルの主要な入力には共通である。ここでは L_{50} を指標としたモデルの妥当性が検証されれば、 L_{eq} を指標としたモデルの妥当な精度も得られているという仮定を設けている。

仙台都市圏における交通量配分結果を入力データとして L_{50} を予測し、実測データと比較した。観測点は、仙台市内に全部で24地点あるがその中から道路端より50m以内にある17地点で比較した。その他の観測点は、道路端から100m以上離れている地点や、対象としている道路が交通量配分ネットワークのリンクに含まれていない観測点等である。一つの観測点ごとに朝、昼、夕、夜の4つの観測値があるので、合計68データで比較した。

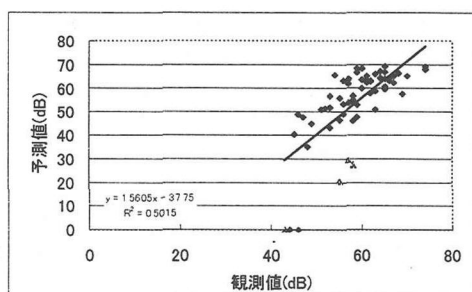


図-4 道路交通騒音分析モデルの予測精度

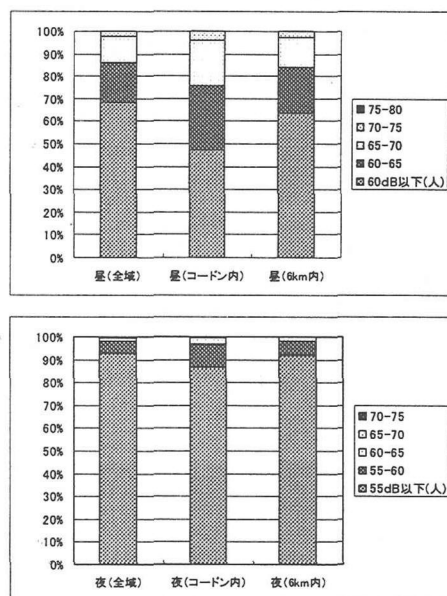


図-5 仙台市の道路交通騒音分布の予測

結果を図-4に示す。決定係数は0.50であるが、予測値が0のデータが3点存在する。これは配分交通量が0であるためである。また、三角で示した外れ値4点は、同一の観測点における朝、昼、夕、夜のデータである。この観測点では、観測交通量よりも配分結果が過少となっている。

4. 仙台市の道路交通騒音削減施策の効果分析

(1) 現状の道路交通騒音状況

道路交通騒音分析モデルを仙台市に適用し、現状の道路交通騒音状況を推定した。図-5に結果を示す。なお、コードン内、6km内とはそれぞれJR仙台駅よ

り約 3km, 6km 内の範囲を表す。新環境基準に照らし合わせると、昼間では 60dB 以下が 70%弱であり 70dB 以上の騒音に晒されている人も数パーセント存在する。一方、夜間の状況を見ると 90%程度が 55dB 以下であり、かなりの割合の人が環境基準を満たされていると推定される。そこで、以下の施策の検討では昼間について検討することにする。また、昼間の時間別の騒音状況を見ると、7 時～20 時までが特に騒音被害が大きくなっているため、交通需要マネジメント (TDM) の一つであるコードンプライシングの実施時間は 7 時～20 時とする。

現状の騒音暴露人口割合は、幹線道路近接空間の環境基準 (70dB) 以上について見ると、70～75dB では高速道路、幹線国道沿いに高い地域が見られるが、75dB 以上ではほとんどの地域で数パーセント以下になる。よって、5dB 程度の騒音削減を行えば、大部分の地域において幹線道路近接空間の環境基準が達成されることになり、幹線道路へのハード施策が有望であると予想される。また、騒音被害総量を見ると、仙台市中心部が飛び抜けて大きな値になっており、この地域の騒音レベル削減施策が重要であることが分かる。中心部に対しては、コードンプライシング、環状道路整備などの強力な施策を実施する必要があると予想される。

(2) ハード施策による効果の検討

本節では、既存のハード施策は存在しないものとして、舗装の改良の効果を検討する。幹線道路として、12 時間交通量が 5000 台以上 (片方向) のリンクを抽出し、これらに低騒音舗装の敷設を仮定した (敷設延長は約 214km)。低騒音舗装としては、排水性舗装 (case2)、及び多孔質弾性舗装 (case3) を検討した。また、参考文献⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾より以下の仮定を設けた。騒音低減効果は速度により異なるが、排水性舗装では 2～3dB、多孔質弾性舗装では 6～9dB と仮定した。また、排水性舗装の㎡当りの費用原単位を 2200 円、多孔質弾性舗装のそれを 25000 円、排水性舗装と多孔質弾性舗装の耐用年数を 3 年と仮定した。初期敷設費用は各々約 52 億円、590 億円となる。さらに比較として、全リンクに排水性舗装 (case1) を敷設する場合も考えた (敷設延長約 1357km、費用約 216 億円)。

排水性舗装、多孔質弾性舗装による効果は表-1、図-6 のように推定された。道路投資の評価に関する指針 (案)⁵⁾を参考にして、騒音被害の貨幣評価原単位を 2 万円/dB・人・年、社会的割引率を 4%とし、各施策の費用便益比を概算すると、幹線道路への排水

表-1 ハード施策の効果

施策	全域における騒音被害総量 (dB×人) 削減率 (%)		
	60dB 超過	65dB 超過	70dB 超過
case1: 排水性舗装 (全リンク)	34.4	51.7	72.7
case2: 排水性舗装 (幹線)	19.2	39.0	68.3
case3: 多孔質弾性舗装 (幹線)	68.7	87.3	98.4
費用便益比			
	60dB 超過	65dB 超過	70dB 超過
	1.152	0.447	0.064
	2.679	1.401	0.250
	0.843	0.276	0.032

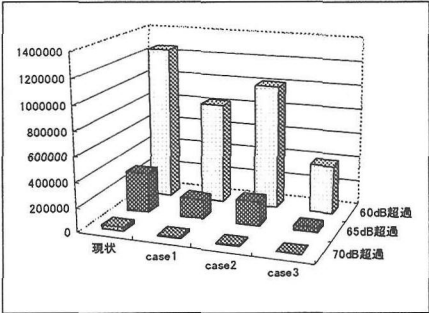


図-6 ハード施策による騒音被害総量 (dB×人)

性舗装の敷設が効率的であると分かった。多孔質弾性舗装に関しては、騒音低減効果は大きいですが費用が排水性舗装に比べ高いため、排水性舗装ほど効率的な施策にはならなかった。

(3) ソフト施策による効果の検討

コードンラインを仙台中心部から約 3km に設置し、外部から流入してくる自動車に対し 200 円 (PR200)、400 円 (PR400)、600 円 (PR600) (普通貨物車は 2 倍) の 3 ケースで課金するコードンプライシングの検討を行った。このコードンラインは、現在は環状道路が整備されていないが、将来的には都市計画道路として整備される予定となっている。なお、コードンプライシングの料金収受方法としては ETC を想定し、料金収受に伴う渋滞などの環境悪化は軽微であると想定している。また、実際には ETC の敷設費用と通常はこれを上回るプライシングによる収入が生じるが、ここでは分析の複雑化を避けるために分析対象から除外している。

コードンプライシングによる 60dB 超過騒音被害総量は図-7 のようになる。賦課する金額を上げていくと、全域では 6～11%程度、コードン内では 9～18%程度の騒音被害総量の削減が見られるが、コードン周辺ではほぼ一定、コードン周辺～6km 内では 1～4%程度悪化している。これはコードンライン内部を通過していた交通が周辺に分散したためである。図-8 には 600 円賦課における 60dB 超過騒音被害総量の変化率を示す。

(4) 統合的施策による効果の検討

次に、更なる通過交通の排除、及びコードン周辺への騒音被害の分散を緩和するために、環状道路を整備しコードンプライシングを行うケースを考える。道路整備は、コードンライン上の新規道路建設、及び既存道路拡幅である。整備した道路自体が新たな騒音の発生源になると考えられるので、舗装に排水性舗装、多孔質弾性舗装を用いた場合と通常舗装の場合の3通りを考える。料金賦課は600円(普通貨物車は1200円)とした。

プライシング+環状道路整備の効果は表-2、図-9のようになった。全域、コードン内、コードン周辺～6km内ではプライシングのみの場合より削減率が向上し環状道路の整備効果が現れた。一方、コードン周辺においては、新たに整備した環状道路のため通常舗装、排水性舗装ではかなりの被害総量増加が生じた。コードン周辺～6km内では、0.3%の増加であり、環状道路に至る幹線に多少の悪化が見られるものの、ほぼ現状を維持できているといえる。

この結果より、プライシング+環状道路整備施策は、交通の集中する環状道路の整備を交通騒音に配慮して行えば、問題を他の場所に分散することなく中心部の騒音被害も削減することができることが分かった。図-10にはプライシング+環状道路整備(多孔質弾性舗装)による60dB超過騒音被害総量の変化率を示す。図-8と比較すると、コードン周辺～6km内での騒音被害総量の増加率が小さいことが分かる。最後に、先に用いた費用原単位等より、環状道路整備+コードンプライシングの費用/便益を計算した。結果を表-3に示す。これによると、排水性舗装による環状道路整備が最も効率的である。

5. 結論と今後の課題

本研究では交通量配分モデル、道路交通騒音被害予測モデルよりなる道路交通騒音分析モデルを構築し、ケーススタディとして仙台市にこれを適用して、複数の道路交通騒音削減施策を実施した場合の効果分析を行った。本研究の主な結論としては、

(1) GIS上で構築された道路交通騒音分析モデルは、道路交通騒音の現状把握、問題個所の抽出、施策効果の分析等を効率的、視覚的に行えて有用である。

(2) 仙台市中心部への交通流入に課金するコードンプライシングは、低騒音舗装を敷設された環状道路の整備と合わせて行わなければ、騒音被害の他地域

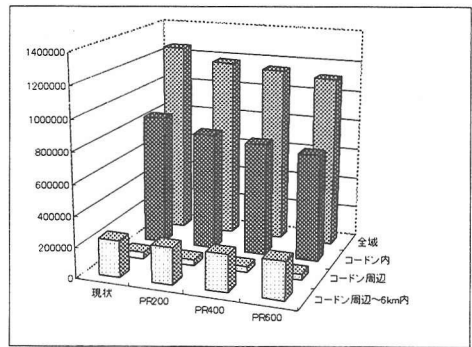


図-7 コードンプライシングによる騒音被害総量 (dB×人, 60dB 超)

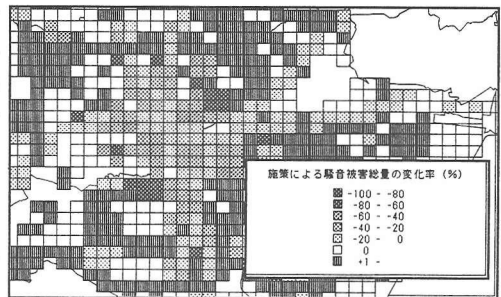


図-8 コードンプライシングによる騒音被害総量の変化率 (現状との比較)

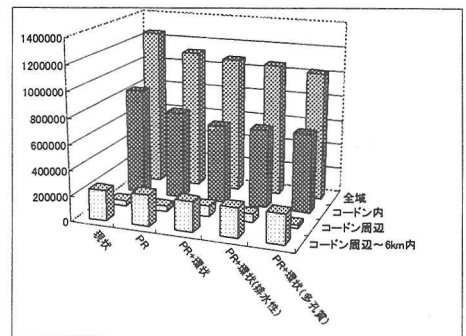


図-9 コードンプライシング+環状道路整備による騒音被害総量 (dB×人, 60dB 超)

表-2 コードンプライシング+環状道路整備の効果

	現状に対する60dB超過騒音被害総量削減率(%)			
	全域	コードン内	コードン周辺 ～6km内	コードン周辺 ～6km内
PR600	11.2	17.6	7.2	-3.8
+環状整備	13.6	25.9	-103.0	-0.3
+環状(排水性舗装)	15.6	25.9	-52.1	-0.3
+環状(多孔質弾性舗装)	18.6	25.9	35.6	-0.3

への転嫁を起こすことが示された。

(3) また、騒音低減効果の大きい多孔質弾性舗装は費用が高いため、環状道路のように騒音低減効果を生みやすい場所に適用した場合でも、排水性舗装

表-3 コードンプライシング+環状道路整備の費用便益

	全域の騒音被害総量削減額(億円/年)			費用(億円)	騒音レベル削減便益(億円)		
	60dB超過	65dB超過	70dB超過		60dB超過	65dB超過	70dB超過
PR600	28.09	11.59	1.46	0	572.00	236.00	30.53
+環状整備	34.62	15.07	2.06	530	705.22	307.00	42.03
+環状(排水性舗装)	39.03	16.62	2.25	565	794.98	338.52	45.92
+環状(多孔質弾性舗装)	46.63	18.09	2.30	1070	949.73	368.38	46.92

ほど効率的な施策にはならないことが示された。といった点が挙げられる。なお、本研究で構築した道路交通騒音分析モデルは、より高い精度を追求する上で様々な改良の余地がある。主だった点としては、以下が挙げられる。

(1) 交通量配分モデルに関しては、交通手段分担などを考慮したOD表の変化、走行パターンなどを組み込む必要がある。

(2) 道路交通騒音被害予測モデルに関しては、基本的に4次メッシュを集計単位としており、道路沿道の人口密度分布、沿道建物による遮音などの影響が組み込まれていない。また、気象、地形、土壌等の影響、値の信頼区間の出力を組み込む必要がある。

(3) 排水性舗装、多孔質弾性舗装などの新技術は、耐用年数、費用原単位の点で将来変化する可能性が高く、今後も引き続きデータ収集が必要である。

参考文献

- 1) 森口祐一・西岡秀三・清水浩, 広域的な道路交通公害対策による環境改善効果の予測システムの開発, 土木計画学研究・論文集 No. 11, pp. 279-286, 1993
- 2) 林良嗣・加藤博和・望月昇・小島健・中井啓介, ユーザーフレンドリーな土地利用-交通-環境分析システムの開発, 土木計画学研究・講演集 No. 19(1), pp. 321-324, 1996
- 3) 渡辺義則・出口忠義, 都市部幹線道路近傍の騒音を音源対策から改善できる可能性の定量的検討, 環境システム研究 Vol. 24, pp. 179-185, 1996

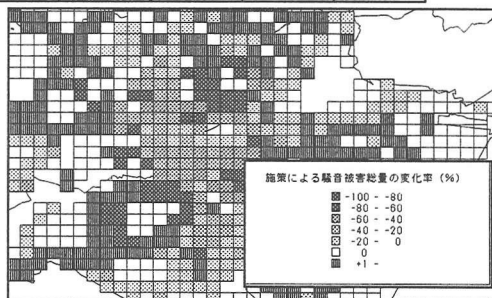


図-10 コードンプライシング+環状道路整備による騒音被害総量の変化率(現状との比較)

- 4) 松井寛・山田周治, 道路交通センサデータに基づくBPR関数の設定, 交通工学 Vol. 33 No. 6, pp. 9-16, 1998
- 5) 道路投資の評価に関する指針検討委員会編, 道路投資の評価に関する指針(案), 1998
- 6) 日本音響学会道路交通騒音調査研究委員会, 道路交通騒音の予測モデル“ASJ Model 1998”, 日本音響学会誌 55 巻 4 号, pp. 281-324, 1999
- 7) 環境庁, 道路周辺の交通騒音状況, 1996/1999
- 8) 低騒音舗装研究会, 低騒音舗装の概説-設計・積算・施工・検査-, 財団法人建設物価調査会, 1996
- 9) 建設省土木研究所環境部交通環境研究室, 多孔質弾性舗装の開発(平成9年研究成果報告書), pp. 154-155, 1998
- 10) 明嵐政司・藤原敏彰・長谷部正基, 多孔質弾性舗装の騒音低減特性について, 交通工学 Vol. 30 No. 6, pp. 21-27, 1998

AN ANALYSIS ON THE EFFECTS OF INTEGRATED ROAD TAFFIC NOISE REDUCTION POLICIES IN SENDAI CITY

Shigehisa YOKOYAMA, Yasunori MUROMACHI, Noboru HARATA and KATSUTOSHI OHTA

This paper estimated the damage from road traffic noise and analyzed the effects of integrated noise reduction policies in Sendai City. First road traffic noise analysis model was developed which consisted of road traffic assignment model and road traffic noise estimation model. Then policy measures such as noiseless pavement (drainage asphalt pavement and porous elastic road surface), cordon pricing and the combined action were tested. We found that drainage asphalt pavement was more efficient than porous elastic road surface in terms of cost/benefit ratio. We also predicted that cordon pricing without beltways caused deterioration of noise damage around the cordon line, while cordon pricing with beltways decreased total noise damage with little deterioration there.