

排水性舗装の適用条件に関する研究

研究予算：運営費交付金（道路整備勘定）

研究期間：平 17～平 19

担当チーム：道路技術研究グループ（舗装）

研究担当者：久保和幸、加納孝志

【要旨】

排水性舗装は雨天時の走行安全性の向上やタイヤ／路面音の発生抑制が期待できる舗装として施工実績が増加してきた。一方、排水性舗装の適用による効果を最大限に高めるための設置条件等の整理は行われておらず、限られた予算を有効に運用するためにも適材適所の技術の選定が必要であり、排水性舗装においても適用条件の整理が必要と考えられる。

本研究は、これまで施工された排水性舗装について、設置箇所の実態（沿道条件、沿道環境の実態等）を明らかにするとともに、騒音低減機能、供用性、費用対効果などの観点から、排水性舗装を設置することが望ましい適用箇所の条件を整理した。その結果、騒音低減機能、機能の持続性などの観点から、排水性舗装の設置に適した沿道条件や地域、施工時期などが明らかになった。

キーワード：排水性舗装、騒音低減効果、機能の持続性、供用性、沿道条件、地域

1. はじめに

排水性舗装は、雨天時の走行安全性の向上やタイヤ／路面騒音の発生抑制などの機能を有する舗装として、昭和62年に東京都の環状7号線において初めて施工されて以降、施工実績が増加している¹⁾。一方、排水性舗装の適用による効果を最大限に高めるためには、排水性舗装に適した地域条件や交通条件などを考慮する必要があると考えられるが、これらについて検討された事例は少ないのが現状である。今後の社会・経済情勢の変化などによる投資余力の減少を踏まえ、限られた予算を有効に運用するためにも適材適所の技術の選定が必要であり、排水性舗装においても適用条件の整理が必要と考えられる。

これらのことを踏まえ、排水性舗装の適用条件を明確にするため、これまで直轄国道で施工された排水性舗装の設置箇所の実態（適用地域、沿道条件等）を調査するとともに、騒音低減効果、供用性、費用対効果などの観点から、排水性舗装を設置することが望ましい適用箇所の条件について整理した。

2. 研究概要

2.1 排水性舗装の適用箇所の実態調査

排水性舗装の適用が望ましい条件を整理するための基礎データとして、(1) 直轄国道における排水性舗

装の施工延長の推移、(2) 適用箇所の沿道の利用状況（DID、市街部、平地部、山地部）、(3) 直轄国道における道路交通騒音の環境基準の達成状況について整理した。表-1には、沿道の利用状況の定義を示す²⁾。なお、(1)および(2)については舗装管理支援システムのデータから、(3)については平成12～17年の道路環境センサスデータから整理した。

表-1 沿道利用状況の定義²⁾

	定義
DID (人口集中地域)	市区町村の区域内で人口密度の高い調査区域(4,000人/km ² 以上)が互いに隣接し、その人口が5000人以上となる地域。
市街地 (その他の市街部)	道路の両側に人家が連担し、市街地を形成している地域。
平地部	人家が連担していない地域で、一般的に平野、低地、盆地など、道路勾配が緩やかな地域。
山地部	山地、丘陵および山麓をいい、一般に道路の勾配や線形が良くない地域。

2.2 排水性舗装の騒音低減効果

騒音低減機能からみた排水性舗装の適用が好ましい条件を把握するために、道路環境センサスおよび舗装管理支援システムの全国データを用いて地域区分、沿道条件、構造条件と道路交通騒音の関係を整理した。なお、排水性舗装の騒音低減効果は、環境センサスによる道路交通騒音測定結果と舗装管理支援システムによる排水性舗装適用年次をマッチングさせ算出した。騒音低減効果算出の概念を図-1に示す。

舗装管理支援システムデータ例

年	2000	2001	2002	2003	2004
舗装構造	密粒	密粒	排水性	排水性	排水性

↓ 排水性舗装の適用年次を特定

環境センサスデータ例

年	2000	2001	2002	2003	2004
騒音値	73	73	69	69	70

↑ 適用前後の騒音値から、排水性舗装の騒音低減効果を算出

騒音低減効果

= 排水性舗装適用前の騒音値(dB) - 適用後の騒音値(dB)

図-1 騒音低減効果算出の概念

2.3 排水性舗装の供用性

舗装管理支援システムの全国のデータから、地域ごと(一般地域、積雪寒冷地域)、施工時期ごと(夏季、冬季)に排水性舗装が適用されて以降の路面性状データ(ひび割れ、わだち掘れ、平坦性)を抽出し、路面性状の経年変化を整理した。なお、夏季は6~8月、冬季は12~3月の期間とした。

2.4 排水性舗装の費用対効果

排水性舗装とその他の一般的な騒音対策工法の費用対効果を比較した。一般的な騒音対策工法は、国土交通省が実施している主な騒音対策³⁾を取り上げた。また、排水性舗装の騒音低減効果と耐久性の向上が期待できる表面処理工法(透水性樹脂モルタル充填工法)についても費用対効果を算出した。表-2に取り上げた騒音対策工法の騒音低減効果と施工単価を、表-3に解析条件を、式-1に費用対効果の算出式を示す。なお、各対策の騒音低減効果については国土交通省が示している参考値や文献を、施工単価については実績を参考に設定した。

表-2 騒音対策工法の効果と施工単価^{3)、4)}

騒音対策	騒音低減効果 (dB)	施工単価	施工規模
排水性舗装	3	1,730 円/m ²	100m × 6m
排水性舗装 + 表面処理	5	4,130 円/m ²	100m × 6m
遮音壁	10	220,000 円/m	H=5m, L=100m
低層遮音壁	1.5	64,000 円/m	H=1.2m, L=100m

表-3 試算条件

項目	設定値	備考
解析期間	40年	
社会的割引率	4%/年	参考文献5), 6)
騒音の貨幣評価減単位	2,400,000(円/dB/km/年)	参考文献7)
更新間隔	排水性舗装=10年 (施工単価=1730円/m ²) 遮音壁、低層遮音壁=20年	遮音壁、低層遮音壁の更新は吸音板のみ(基礎の更新は含まない)
維持管理費	排水性: なし、機能回復1回/月 排水性(表面処理): なし 遮音壁、低層遮音壁: なし ※舗装更新: 10年(1500円/m ²)	機能回復費用(1回当たり) =2.67円/m ² × 600m ² ≒ 1600円
騒音低減効果の持続性	排水性(機能回復あり/なし): 10年/5年 排水性(表面処理): 7年 遮音壁、低層遮音壁: 20年 ⁶⁾	排水性は一定の割合で減少し10年または5年で効果が消失。排水性(表面処理)は一定の割合で減少し7年で効果が消失。遮音壁、低層遮音壁は効果が持続。

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^n B_t / (1+i)^{t-1}}{\sum_{t=1}^n C_t / (1+i)^{t-1}} \quad \dots \text{式-1}$$

ここで、

n : 評価期間

B_t : t 年次の便益

C_t : t 年次の費用

i : 社会的割引率

3. 調査結果

3.1 排水性舗装の適用箇所の実態調査結果

3.1.1 地域別の適用実績

直轄国道における地域(地方整備局)別の排水性舗装の施工延長の経年変化を図-2に示す。図から、排水性舗装の施工実績は、平成7年度以降急激に伸び、平成17年度末現在で約3,000kmに達している。また、地域(地方整備局)別では、関東、中部、近畿の大都市圏で全体の約65%を占めている。なお、平成17年度末現在、一般地域と積雪寒冷地域別の施工延長は、一般地域が約8割、積雪寒冷地域が2割となっている。

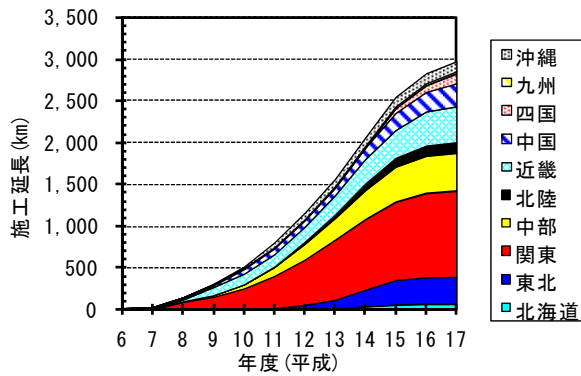


図-2 排水性舗装の施工延長の経年変化

3.1.2 沿道の利用状況別の施工実績

平成 17 年度の環境センサスのデータから排水性舗装適用箇所の沿道の利用状況を整理した。図-3 に沿道の利用状況ごとの排水性舗装の施工延長の推移を、図-4 に平成 17 年度の沿道の利用状況ごとの舗装延長に占める排水性舗装の割合を示す。図から、排水性舗装は人口の集中している地域で適用されている割合が高くなっている。

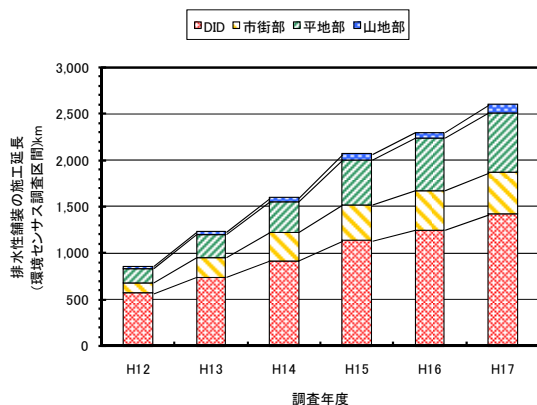


図-3 沿道の利用状況と排水性舗装延長の推移

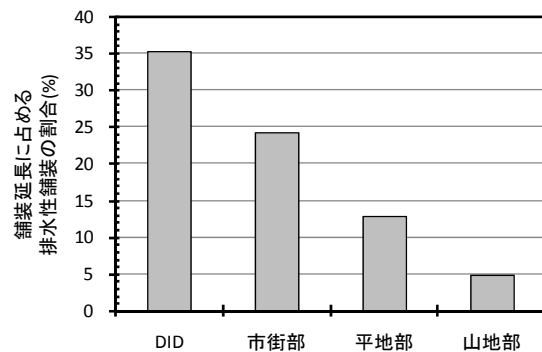


図-4 沿道の利用状況ごとの舗装延長に占める排水性舗装の割合

3.1.3 直轄国道における道路交通騒音の環境基準および要請限度の達成状況

平成 17 年度の環境センサスのデータから、直轄国道における道路交通騒音の環境基準および要請限度の達成状況の推移を図-5 に示す。図から、直轄国道における道路交通騒音の環境基準および要請限度は、年々改善する傾向が見られている。また、調査区間に占める排水性舗装区間の割合も増加しており、直轄国道における道路交通騒音の環境基準達成率と排水性舗装の整備率には相関関係が認められた。

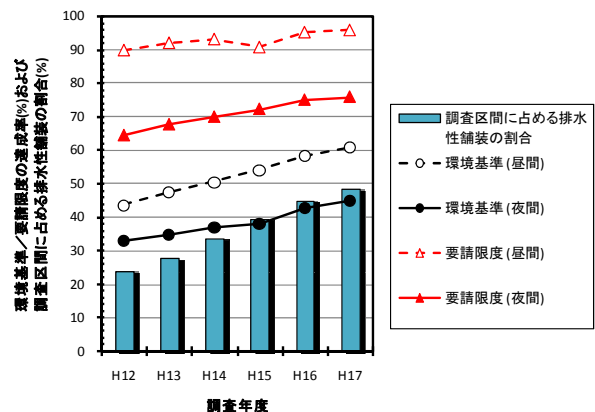


図-5 環境基準および要請限度の達成状況

3.2 排水性舗装の騒音低減効果

3.2.1 道路構造および沿道利用状況と騒音低減効果

排水性舗装の道路構造および沿道の利用状況ごとの騒音低減効果を確認した。一般地域の騒音低減効果を図-6 に、積雪寒冷地域の騒音低減効果を図-7 に示す。図から、道路構造で比較した場合の騒音低減効果は、交差点部と高架下に比べ単路部で高くなる傾向が見られた。これは、交差点部では加速時のエンジン音が、高架下では反射音が影響しているものと考えられる。また、沿道の利用状況で比較した場合の騒音低減効果は、DID、市街部、山地部に比べ平地部で大きい傾向が見られた。これは、DID、市街部、山地部では、車両走行速度が低下し加減速が繰り返されることで、道路交通騒音に占めるエンジン音等の割合が相対的に高くなるためと考えられる。

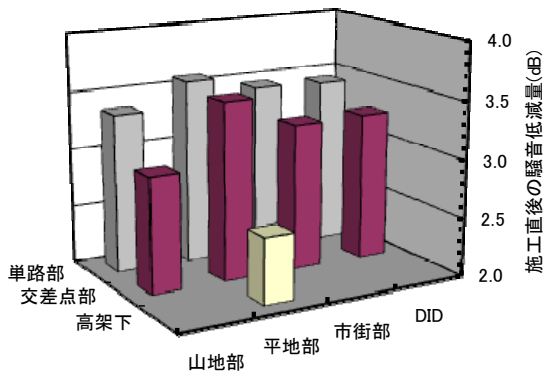


図-6 道路構造、沿道利用状況と騒音低減効果 (一般地域)

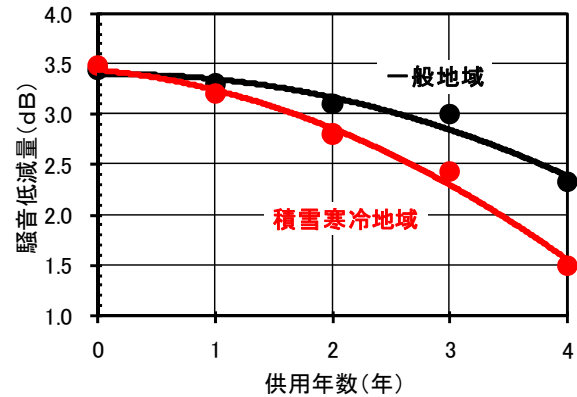


図-8 供用年数と騒音低減効果の持続性の関係

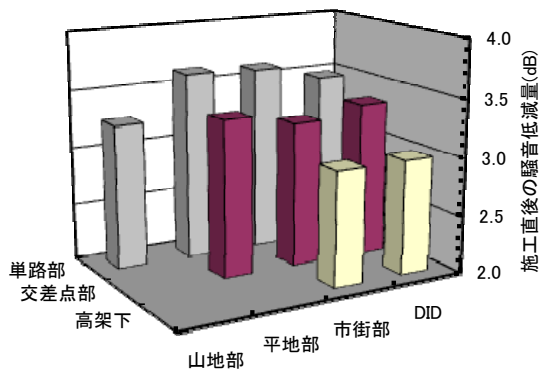


図-7 道路構造、沿道利用状況と騒音低減効果 (積雪寒冷地域)

3.2.3 適用地域と騒音低減効果の持続性

一般地域と積雪寒冷地域の単路部での供用年数と騒音低減効果の関係を確認した。結果を図-8に示す。図から、施工直後および供用1年後では、適用地域による騒音低減効果に差は見られないが、供用2年目以降、一般地域に比べ積雪寒冷地域の騒音低減効果が小さくなる傾向が見られた。これは、積雪寒冷地域では、タイヤチェーンによる骨材飛散を考慮して設計空隙率が一般地域に比べ小さくなっており、発生する粉じん等による空隙詰まりが発生し易いためと考えられる。

3.3 排水性舗装の供用性

3.3.1 適用地域と供用性の関係

排水性舗装の適用地域の違いが供用性に与える影響を確認した。供用年数とわだち掘れ量を図-9~11に示す。図から、積雪寒冷地域の排水性舗装は一般地域に比べ、比較的早期にわだち掘れ量が大きくなる傾向が見られた。これは、積雪寒冷地域では冬季にタイヤチェーンを装着した車両が走行することにより発生した骨材飛散が、わだち掘れとして計測されたためと考えられる。なお、ひび割れ率と平坦性については地域間による差は見られなかった。

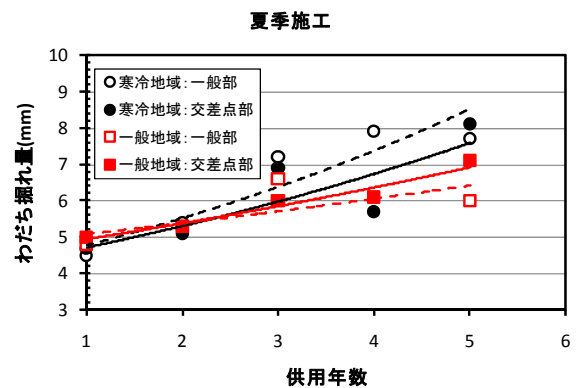


図-9 供用年数とわだち掘れ量の関係

3.3.2 施工時期の違いが供用性に与える影響

夏季と冬季の施工時期の違いが供用性に与える影響を確認した。供用年数とわだち掘れ量の間を関係を図-104に示す。図から、排水性舗装を冬季に施工した場合は、夏季に比べ、わだち掘れ量が大きくなる傾向が見られた。これは、冬季に施工した場合には、外気温が低く混合物温度が低下しやすいため、施工性が低下し締固

め度の確保が困難なためと考えられる。なお、ひび割れ率と平坦性についても同様に、冬季に施工した場合は夏季に比べ、性能が低い傾向が見られた。

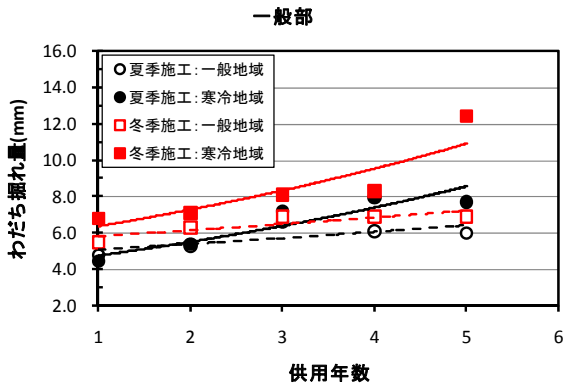


図-10 供用年数とわだち掘れ量の関係

3.4 排水性舗装の費用対効果の試算

DID において、排水性舗装(機能回復あり/なし)、表面処理工法を適用した排水性舗装、遮音壁および低層遮音壁のそれぞれを個々に適用した場合の費用対効果を試算した。試算結果を図-11 に示す。図から、排水性舗装の費用対効果は機能回復行為の有無にかかわらず、遮音壁に比べ大きくなった。また、排水性舗装の機能回復を定期的に行った場合は、機能回復を行わない場合に比べ費用対効果が高く、排水性舗装の表面処理を実施し騒音低減効果と機能の持続性を向上させた場合は、費用対効果が小さくなった。

しかしながら、排水性舗装の騒音低減効果は 3dB 程度であり、排水性舗装を適用した場合でも道路交通騒音の環境基準を満足しないことも考えられる。このような場合には、騒音低減効果の大きい遮音壁の適用を検討する必要がある。また、排水性舗装の機能回復を行う場合は、機能回復を行わない場合に比べ費用対効果が大きくなるが、現状の機能回復手法では、排水性舗装の機能を十分に回復させることができないため、機能回復装置の性能向上などを検討する必要がある。

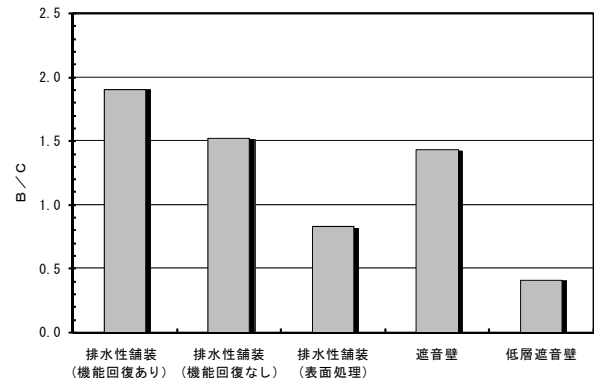


図-15 道路交通騒音対策の費用対効果の試算結果

3.5 排水性舗装の適用が望ましい箇所の条件

騒音低減効果、供用性の面から、排水性舗装の適用が望ましい箇所および施工の条件を整理して表-4 示す。

表-4 排水性舗装の適用が望ましい箇所の条件

騒音低減効果・供用性	道路構造	単路部	>	交差点部	>	高架下	
	沿道の利用状況	平地部	>	市街部	>	DID > 山地部	
	地域	一般地域	>	積雪寒冷地域			
	施工時期	夏季 (6~8月)	>	冬季 (12~3月)			
費用対効果(DID)	排水性 (回復あり)	>	排水性 (回復なし)	>	遮音壁	>	排水性 (表面処理)

4. まとめ

本研究で、明らかになった事項を整理して示す。

- ①DID や市街部では舗装の管理延長に占める排水性舗装の割合が 25~35%に達しており、排水性舗装の施工延長の増加と道路交通騒音の環境基準の達成率に相関関係が見られた。
- ②道路構造別の排水性舗装の施工直後の騒音低減効果は、単路部が最も高く、次いで交差点部、高架下の順に小さくなった。また、沿道の利用状況別の騒音低減効果は平地部が最も高く、次いで市街部、DID、山地部の順に小さくなった。これは、単路部や平地部では車両が定速度で走行するため、道路交通騒音に占めるタイヤ/路面音の割合が相対的に高く、交差点部や山地部、DID および市街部では加減速時のエンジン音が、高架下では反射音が影響し道路交通騒音に占めるタイヤ/路面音の割合が相対的に低くなるためと考えられる。

- ③排水性舗装は、積雪寒冷地域に適用された場合、一般地域に比べ早期にわだち掘れ量が大きくなる傾向がある。これは、タイヤチェーンを装着した車両が走行することにより発生した骨材飛散が、わだち掘れとして計測されるためと考えられる。
- ④冬季に施工された排水性舗装は、夏季に施工された場合に比べ、早期に供用性が低下する傾向がある。これは、冬季は外気温が低く混合物温度が低下しやすいため、施工性が低下し締固め度が確保しにくいと考えられる。
- ⑤道路交通騒音対策を比較した場合、費用対効果は、機能回復を定期的に行った排水性舗装が最も高く、次いで、機能回復を行わない排水性舗装、遮音壁、表面処理工法を適用した排水性舗装、低層遮音壁の順に小さくなった。しかしながら、排水性舗装の騒音低減効果は遮音壁に比べ小さいことから、排水性舗装を適用した場合でも道路交通騒音の環境基準を満足しない場合には、遮音壁などの設置を検討する必要がある。また、現状の機能回復手法では、排水性舗装の機能を十分に回復させることができないため、機能回復装置の性能向上などを検討する必要がある。

5. おわりに

本研究の結果、排水性舗装は道路交通騒音対策として適用され、費用対効果が高いことが確認できた。しかしながら、排水性舗装は、積雪寒冷地域での耐久性や機能の持続性が低い、現状の技術では排水性舗装の

機能を十分に回復できないなどの課題もある。また、排水性舗装に用いられているポーラスアスファルト混合物の再生利用技術は検討中であり⁸⁾、現状では確立されていない。今後は、これら課題についても検討し、排水性舗装の適用効果をより高める必要がある。

参考文献

- 1) 加納孝志, 久保和幸: 直轄国道におけるポーラスアスファルト舗装の実態について, 第 27 回日本道路会議, 論文番号 12081, 平成 19 年 11 月
- 2) 国土交通省道路局: 平成 17 年度 全国道路交通情勢調査(道路交通センサス)実施要領(案) 一般交通量調査(調査編), 平成 17 年 4 月
- 3) 国土交通省道路局ホームページ:
<http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/k5.html>
- 4) 大西博文, 鉢嶺清範: 低騒音遮音壁, 道路, 1973 年 3 月
- 5) 国土交通省: 公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針, 平成 16 年 2 月
- 6) 道路資産評価・会計基準検討会: 道路資産評価・会計基準検討会の検討報告, 平成 18 年 3 月
- 7) 林山泰久: 自動車をもたらす騒音の社会的費用とその評価方法
- 8) 佐々木巖, 新田弘之, 久保和幸: 排水性舗装発生材を再生利用した直轄国道試験舗装の路面性状変化, 第 27 回日本道路会議, 論文番号 12P64, 平成 19 年 11 月

A STUDY ON THE STANDARD OF CONSTRUCTION PLACE OF THE POROUS ASPHALT PAVEMENT

Abstract : Experience of construction of porous asphalt pavement increased rapidly, because the porous asphalt pavement can improve safety in the case of the rain and reduce tire road noise. But, the standard of construction place of the porous asphalt pavement is not arranged. So, I studied to propose the standard of construction place of the porous asphalt pavement from the noise reduction effect and a durable point of view. The noise reduction effect was checked using environment census data. And the durability of the porous asphalt pavement was checked using a pavement management system data.

As a result,

- (1) The noise reduction effect of the porous asphalt pavement was found to be smaller at an intersection and under the elevating structure road.
- (2) The noise reduction effect of the cold area falls earlier rather than a general area. And its durability in the cold areas was found to be worse than that in general areas.
- (3) It is better to construct porous asphalt pavement in summer rather than in winter.
- (4) Porous asphalt pavement can provide almost the same effect comparing with sound wall with cheaper cost is higher than the sound insulation wall.

Key words : porous asphalt pavement, noise reduction effect, durability, use situation by roadside, cold and general area