

簡易式路上表層再生工法による薄層凍結抑制舗装の適用性検討

好見 絵里*1、大嶋 智彦*2、芳賀 潤一*2、五伝木 一*3、岡部 俊幸*4

1. はじめに

わが国の道路総延長は約120万kmに達している。これらのストックは、高度経済成長期から着実に増加の一途を辿り、現在、高速道路のストックは建設後平均で30年程度、その他の道路では平均で40年程度が経過している¹⁾。

その一方で、わが国の道路維持管理費は、財政上の制約等により近年減少傾向²⁾にあり、将来的にも少子高齢化などによる労働人口の減少から、限られた財源、労働力の中での維持管理が求められている。

このような背景の中、舗装においても車両の通行や気候などの影響により、わだち掘れやひび割れ、縦断凹凸の悪化などにより性能が低下した場合には、効率的な維持管理が必要視されている。

日本の積雪寒冷地域は、国土面積の約60%を占め、総人口の約20%がその地で生活している。積雪寒冷地域では、降雪に対する安全性の確保の他に多くの除雪費用と労力を要し、近年では除雪作業に携わる方の高齢化などが問題視されるなど、効率的な維持管理が求められている³⁾。

そこで、筆者らは、山間部や積雪寒冷地域の既設舗装の延命化および、冬期における走行安全性確保と効率的な除雪作業を図ることを目的として、簡易式路上表層再生工法の表層に凍結抑制混合物の適用を試みた。

本報では、積雪寒冷地域において、簡易式路上表層再生工法を適用した箇所の供用性を評価すると共に、薄層凍結抑制舗装として適用した際の検討結果について報告する。

2. 簡易式路上表層再生工法の概要

簡易式路上表層再生工法は、従来の路上表層再生工法の機械編成を簡素化することで、市街地などの道路にも適用可能な工法である(図-1)。

本工法は、既設舗装を路面ヒータ車で加熱し、掻きほぐした後に新規アスファルト混合物を2~3 cm敷きならして締固めを行う。そのため、舗装路面にひび割れが発生している場合、オーバーレイを行うよりも、リフレクションクラックの抑制効果が得られるという特長を有している(写真-1、図-2)。また、パッチング跡や局部補修箇所などが解消されることで、走行安全性や乗り心地の改善等を図ることが可能である。さらに、リペーブ方式の施工方法であることから、舗装発生材の抑制にも繋がる。本工法の位置づけは維持工法であり、既設舗装が構造破損していないことが適用条件の前提である。本工法の適用の目安は、基

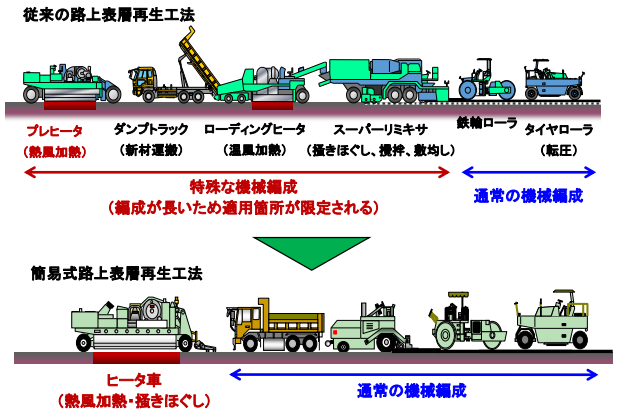


図-1 施工体制の比較



写真-1 加熱および掻きほぐしの状況

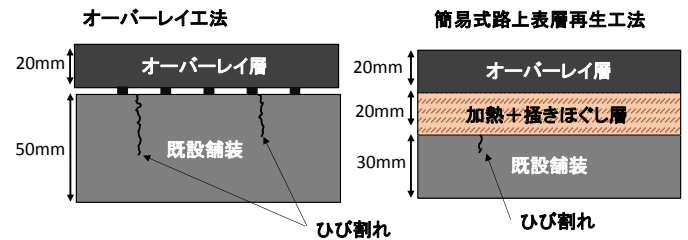


図-2 オーバーレイ工法との比較例

本的に、ひび割れ率20%程度以下、わだち掘れ量30mm以下、交通量区分N₅以下を推奨している。また、既設舗装のわだち掘れ量が20mm程度以上発生している場合には、わだち掘れの凸部を事前に除去する場合もある。

3. 積雪寒冷地域を対象とした供用性の評価

凍結抑制舗装の検討に先立ち、積雪寒冷地域における本工法の供用性を評価することとした。供用性の評価は、

*1 鹿島道路株式会社 生産技術本部 技術研究所
 *2 鹿島道路株式会社 生産技術本部 技術研究所 係長
 *3 鹿島道路株式会社 生産技術本部 技術研究所 室長
 *4 鹿島道路株式会社 生産技術本部 技術研究所 次長

簡易型の路面性状測定車により表-1に示す10路線を対象に、ひび割れ、わだち掘れおよび平坦性の測定結果を比較した。なお、測定結果は10 m間隔で路面性状値を整理しているため、路線ごとにデータ数は異なっている。

測定結果を図-3に示す。わだち掘れ、平坦性は、供用に伴う顕著な悪化は認められないが、ひび割れに関しては、他の指標よりも悪化する傾向が認められた。したがって、今回対象とした簡易式路上表層再生工法の適用箇所の破損は、主にひび割れによるものと考え、供用年数とひび割れ率の関係に着目して供用性を評価した。また、評価の際には、交通量の影響を排除することを目的として、10路線中6路線を占める交通量区分N₄の路面を対象として、そのうち供用して間もないNo.1および、距離が短くデータ数が少ないNo.8を除いた4路線を対象とした。

各路線のひび割れ率の累積分布関数の結果を図-4に示す。供用3年程度までは分散が小さく、ひび割れ率も最大5%程度以下となっている。供用約4年を過ぎると、ひび割れ率が増加し、分散が大きい傾向が見受けられるが、ひび割れ率はほとんどが20%以下となっている。

参考として、MCIの累積分布関数を図-5に示す。一般に、修繕を必要とするMCI 4以下を占める割合は、供用9年を超える路線においても極めて少ないことがわかる。

図-6は、4路線における供用年数とひび割れ率およびMCIの変化を累積分布関数における50%のときの値を示したものである。供用9年程度を経過した時点においても、MCI 6程度を保っており、ひび割れ率に関しても8%程度となっている。

以上の結果から、気象条件が過酷な積雪寒冷地域においても当該工法の適用は十分に可能であると判断した。また、このように、交通量や供用年数に着目して条件を整理し、累積分布関数を用いることで、簡便に将来の劣化予測が可能になるものと思われる。

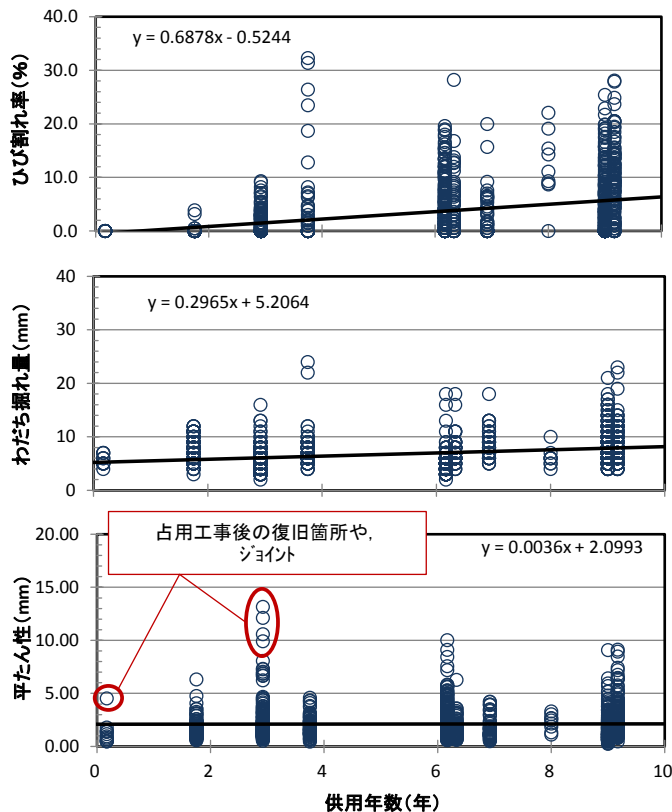


図-3 路面性状測定結果

表-1 供用性の調査箇所一覧

路線 No.	施工時期	供用年数 (年)	交通量 区分	施工延長 (m)
1	平成28年 7月	0.2	N ₄	297
2	平成26年12月	1.8	N ₄	860
3	平成25年10月	2.9	N ₄	1880
4	平成24年12月	3.8	N ₄	720
5	平成22年 7月	6.2	N ₃	2480
6	平成22年 5月	6.3	N ₃	640
7	平成21年10月	6.9	N ₃	620
8	平成20年 9月	8.0	N ₄	160
9	平成19年 9月	9.0	N ₅	2740
10	平成19年 7月	9.2	N ₄	1352

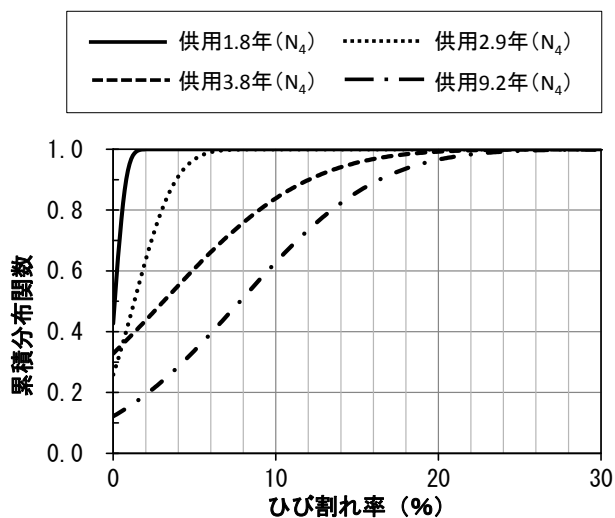


図-4 ひび割れ率の累積分布関数

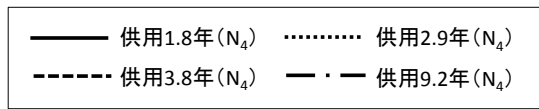


図-5 MCIの累積分布関数

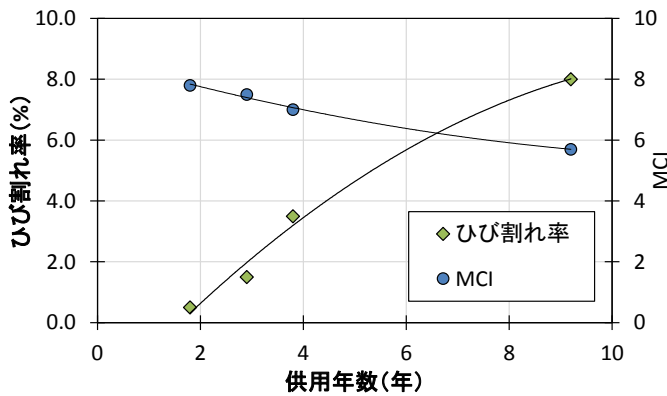


図-6 供用年数に対するひび割れ率およびMCI

4. 凍結抑制機能を付加した簡易式路上表層再生工法

簡易式路上表層再生工法へ適用する凍結抑制混合物は、**図-7**に示す物理系の凍結抑制を採択した。この凍結抑制舗装は、簡易式路上表層再生工法の表層材だけでなく、単独で2~3 cmの薄層凍結抑制舗装として適用する場合についても検討した。

以降では、本検討に用いた凍結抑制混合物の性状や、既設舗装との接着性に関する室内検討結果、また、実路に適用した場合の凍結抑制効果および路面性状について報告する。

4. 1. 混合物性状に関する検討

凍結抑制混合物の混合物性状を確認するために、**表-2**に示す試験を実施した。なお、凍結抑制効果の確認は、一般的に評価項目として適用されている氷着引張試験⁴⁾を採択した。

氷着引張試験結果を**図-8**に示す。凍結抑制混合物は、密粒度混合物と比較して氷着引張強度が低いことから、路面から氷が剥がれやすく、凍結抑制効果が期待できる

と考えられる。

混合物性状の試験結果は、**表-3**に示すとおりであり、いずれの評価項目においても、密粒度混合物と比較しても遜色の無い結果が得られた。



図-7 凍結抑制舗装のイメージ (物理系)

表-2 試験項目

試験項目	確認項目
氷着引張試験	凍結抑制効果
低温カンタプロ試験	骨材飛散抵抗性
ラベリング試験	摩耗抵抗性
ホイールトラッキング試験	塑性変形抵抗性

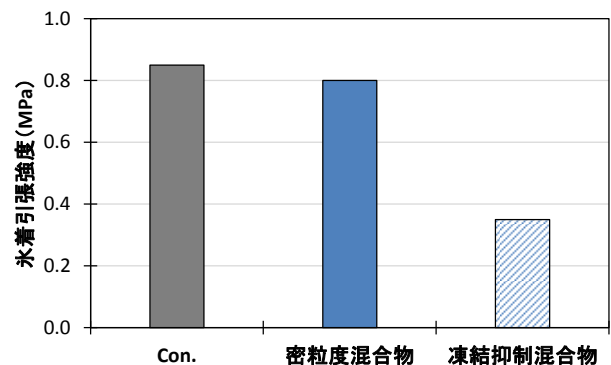


図-8 氷着引張試験結果

表-3 試験結果

評価項目	密粒度混合物	凍結抑制混合物
骨材飛散率 (%)	13.6	12.7
すり減り量 (cm ²)	0.3	0.2
動的安定度 (回/mm)	3,320	4,200

4. 2. 既設舗装との接着性に関する検討

ゴムチップを用いた物理系の凍結抑制混合物の適用にあたっては、通常のオーバーレイ工法に用いている密粒度混合物に比べて弾性的な挙動を示す混合物であるため、基盤の混合物との接着性が懸念されることから、室内で検証することとした。検証内容は、簡易式路上表層再生工法に適用する場合と、既設舗装上に薄層オーバーレイとして適用する場合の2ケースを想定し、せん断試験とホイールトラッキング疲労試験で評価した。

簡易式路上表層再生工法を模擬した供試体は、既設舗装を模擬した基盤供試体の上面を掻きほぐし、オーバーレイ混合物を打ち継いだ。薄層オーバーレイを模擬した供試体については、基盤供試体に乳剤を塗布した後にオーバーレイ混合物を打ち継いだ。なお、いずれの検討においても厚さ5 cmの基盤供試体の上に、2 cmのオーバーレイ混合物を打ち継いだ供試体を用いた。

せん断試験結果を図-9に示す。簡易式路上表層再生工法を模擬した掻きほぐしの場合、凍結抑制混合物は密粒度混合物と比較してやや劣る結果となったが、乳剤を塗布した密粒度混合物と同等の値を示している。薄層オーバーレイ工法に用いる乳剤の違いをみると、凍結抑制混合物は密粒度混合物に比べ、いずれの乳剤もせん断強度が低下しているものの、検討した乳剤の中では、PKM-Tを用いた場合が最もせん断強度が大きいことから、薄層オーバーレイ工法として適用する場合にはPKM-Tの使用が望ましいといえる。

次にホイールトラッキング疲労試験の実施状況を写真-2に、結果の一例を図-10に示す。本試験では、型枠で周囲を拘束せずにタイヤを走行させ、接着界面に生じるずれについて、水平変位および試験後の目視確認により評価した。掻きほぐしの場合、凍結抑制混合物は密粒度混合物の変位よりも大きく、変形量は最大1.7 mmであったが、試験後の供試体を確認する限り目立ったずれ等の破損は認められなかった。乳剤の場合も、試験後供試体の界面のずれ等は認められないものの、密粒度混合物と比較して、いずれの乳剤も変位が大きい結果となった。検討した乳剤の中では、PKR-TおよびPKM-Tの変位量が小さいことから、PKR-TもしくはPKM-Tが適していると考えられる。

以上の結果から、検討した凍結抑制混合物は、簡易式路上表層再生工法に適用可能であり、薄層オーバーレイの場合には、PKM-Tを使用することが望ましいといえる。

混合物性状および接着性に関する試験結果から、実路における供用性の評価については、基盤との接着性に優れる簡易式路上表層再生工法により行うこととした。

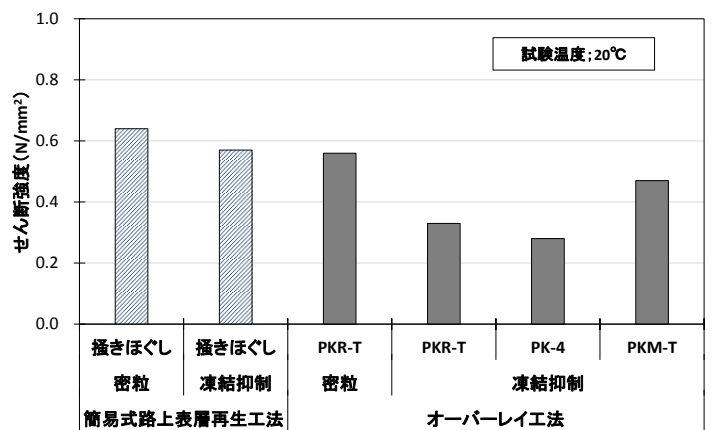


図-9 せん断試験結果

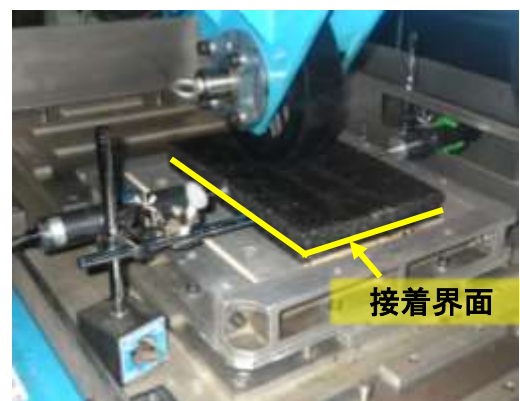


写真-2 ホイールトラッキング疲労試験実施状況

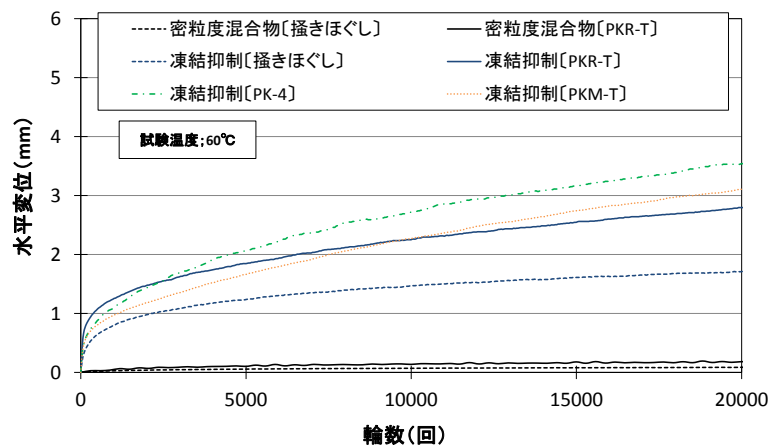


図-10 ホイールトラッキング疲労試験

5. 実路における供用性評価

交通量区分N₄の実路において、簡易式路上表層再生工法により、延長50 m×幅員3.2 m×厚さ2 cmの規模で施工し、供用性の評価を行った。

なお、隣接する箇所にも、比較対象として実績のある密粒度混合物を用いた簡易式路上表層再生工法の工区を設け、これら2つの工区で凍結抑制効果を含む供用性の評価を行った。

5. 1. 施工前の現況

施工前の路面性状を写真-3および表-4に示す。施工前の路面性状は、パッチングによる補修箇所その他、ひび割れが点在しており、乗り心地が低下していた。また、わだち掘れ量に関しては、簡易式路上表層再生工法の表層厚20 mmを超えている箇所も含まれたため、既設舗装のわだち部の凸部を事前に切削した。



写真-3 施工前の路面状況

表-4 施工前の路面状況

評価項目	舗装種別	特性値
ひび割れ率 (%)	密粒 (比較)	11.0
	凍結抑制	14.2
わだち掘れ量 (mm)	密粒 (比較)	27
	凍結抑制	19
平たん性 (mm)	密粒 (比較)	3.45
	凍結抑制	3.51

コアである。このように、掻きほぐしを行うことで、リフレクションクラックを抑制することが可能になる。

当該工区においては、冬期の凍結抑制効果の確認の他に、通年で舗装の供用性についても確認を行っている。その結果の一部を図-11、写真-7に示す。凍結抑制工区の路面性状は、供用期間が短いものの、一冬二夏経過した時点であっても実績のある密粒度混合物と同等の供用性を有していることから、適用にあたっては特に問題ないものといえる。



写真-4 施工状況



写真-5 凍結抑制効果

5. 2. 施工および追跡調査結果

施工は、前述したように、事前に切削した路面を対象として、ヒータ車で加熱した後に20 mm掻きほぐし、新規アスファルト混合物を20 mmオーバーレイした。

施工状況を写真-4に示す。特殊機械はヒータ車のみであり、その他は一般的な施工機械である。

凍結抑制効果の一例を写真-5に示す。凍結抑制工区は、隣接している比較対象の密粒工区と比べ、路面の露出が顕著であり、凍結抑制機能が備わっているものといえる。また、融雪剤を散布した箇所と比較しても、遜色ない凍結抑制効果が認められた。

写真-6は、実路にて施工した箇所から採取した切り取り

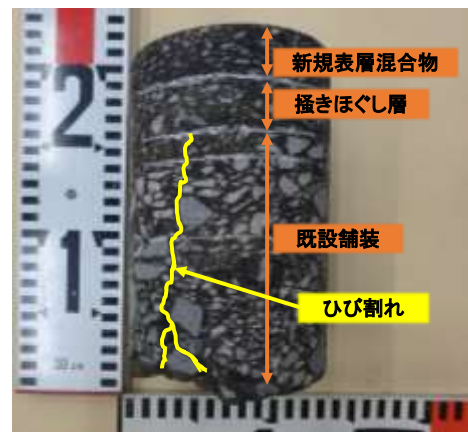


写真-6 切り取りコア

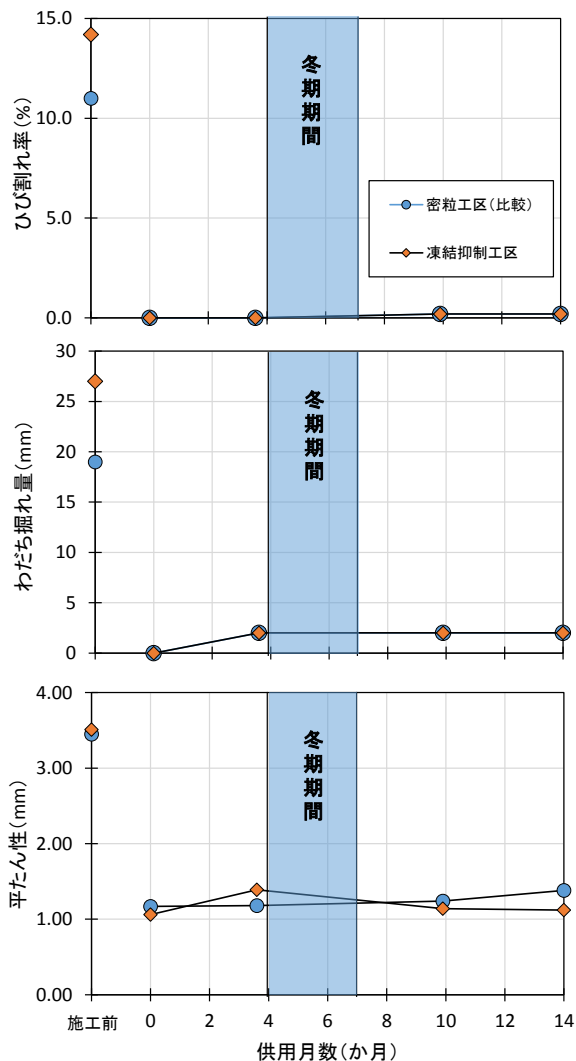


図-11 施工後の路面性状



写真-7 凍結抑制舗装 (供用420日後)

簡便に将来的なおよその劣化予測が可能となることが示唆された。

簡易式路上表層再生工法による薄層凍結抑制舗装については、凍結抑制効果が確認され、近隣住民や道路利用者の環境保全対策にも有効であることが確認された。

今後も供用性および凍結抑制効果に着目し、評価を続けていくと共に、既設舗装の維持修繕に有効な工法の開発に努めたい。

参考文献

- 1) 国土技術センター：道路ストックの管理について
 〈http://www.jice.or.jp/reports/autonomy/roads/detail_01〉 (参照2018-10)
- 2) (公社) 日本道路協会：舗装の維持修繕ガイドブック 2013, p.1 (2013)
- 3) (公社) 土木学会：舗装工学ライブラリー6 積雪寒冷地の舗装, p.1 (2011)
- 4) (公社) 日本道路協会：舗装性能評価法 別冊, pp.63~72 (2008)

6. おわりに

舗装舗装の適切な維持修繕が重要視される現在において、簡易式路上表層再生工法は、既設舗装の走行安全性や乗り心地の改善および延命措置などを図る1つの工法として有効であると考えられる。また、供用性に関しては、交通量や供用年数に着目して累積分布関数を用いることで、