

V-4 積雪寒冷地における機能性舗装の評価と適応性に関する研究 (第1報)

北海道開発局開発土木研究所 正員○武田 祐輔
正員 小笠原 章
野竹 俊雄
正員 栗山 清

1. はじめに

これまで積雪寒冷地における舗装は、主にスパイクタイヤ等による摩耗を減少させるための研究によって開発されたアスファルト混合物が主に使用されてきた。また、舗装に対する評価も耐摩耗性が中心であった。しかし、脱スパイクタイヤ後は、凍結抑制舗装、排水性舗装、半たわみ性舗装のように様々な機能に着目した舗装が施工されるようになってきたが、耐摩耗性以外の視点からの評価方法や気象条件、道路構造や交通条件等が様々に異なる地域への適応性などについては、今後の研究課題となっている部分も多い。また、単に機能性の部分的な評価ではなく、例えばすべり抵抗性、耐流動性、クラック防止、施工性、メンテナンス、経済性などトータルにバランスのとれた舗装としての評価も同時に行なう必要がある。この場合の評価は一般には相対的な評価となるため、より普遍的な評価を行なうための試験方法の標準化や舗装性能の標準値の設定が重要になると考えられる。

本論文では、まず第1報としてこうした各種舗装の種類及び評価方法などについて現在の状況を分析した結果について報告するものである。

2. 研究の概要

スパイクタイヤの規制による大幅な摩耗量の低下及びそれに伴う冬期間の交通安全の確保、生活環境としての道路舗装に対する新たな要求から、従来の舗装に対し配合や構造を工夫することにより舗装の機能や用途を拡大した、いわゆる機能性舗装と呼ばれる舗装の需要が増加した。研究フローを図-1に示すが、本研究では機能性舗装について、その効果を把握するとともに適切な評価を行なうための手法を確立し、これらの機能性舗装を体系的に整理し実際の現場における適用箇所や適用地域の検討を行なおうとするものである。

現在までに北海道開発局が施工した主な各種機能性舗装及びその特徴

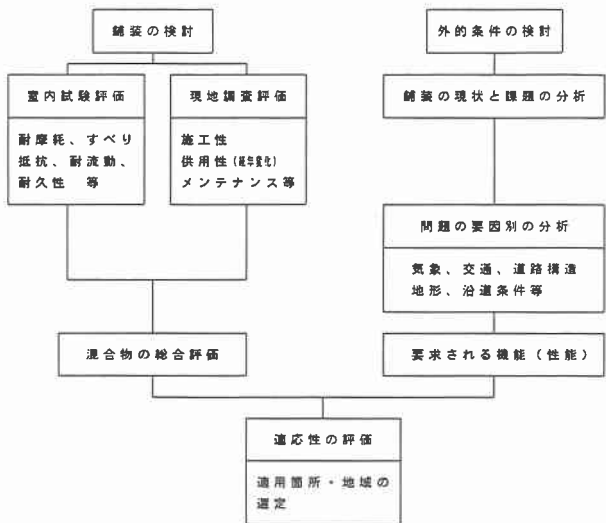


図-1 研究フロー図

A study of evaluation and adaptability on special pavements in cold area.(1)
by Yusuke TAKEDA ,Akira OGASAWARA ,Toshio NOTAKE ,Kiyoshi KURIYAMA

を表－１に示す。機能性舗装の持つ特徴からわかるとおり、ここでは積雪寒冷地の機能性舗装に求められる機能を、大きく次の３種類に分類した。

１．高い耐久性

２．冬期の雪氷路面改善

３．生活環境の向上

高い耐久性とは、主に脱スパイク後に摩耗に変わって舗装のわだち発生の要因になっている高温時のアスファルト混合物の流動の抑制を主眼としたものである。これは単に夏期の問題だけとしてではなく、冬期の除雪レベルの向上にも間接的に関係するものである。

冬期の雪氷路面改善とは、スタッドレス化によって出現したすべりやすい雪氷路面の改善を目的としているものである。このタイプの舗装には、その凍結抑制のメカニズムから次の３つのタイプがある。混合物からの塩化物の溶出によって凍結温度を低下させるタイプ、混合物中に弾性体を混入し舗装のたわみで雪氷を剥離・破壊するタイプ、舗装表面の排水性を高め再凍結を防止、及び路面性状を粗くしすべり抵抗性を向上させるタイプである。

生活環境の向上とは、１，２についてもその中に含まれると考えられるが、ここでは、騒音の低減や、景観、バスレーン等、生活環境の向上を主眼としたものである

機能性舗装はこれらのいずれかもしくは複数の効果を目的としているが、現在はこの中でも冬期間の雪氷路面改善を目的とした機能性舗装の研究開発が当面の課題となっている。

３．舗装の評価手法の現状と考察

道路舗装の適切な評価には、何らかの測定値に基いた、定量的な評価手法の開発が必要である。特に機能性舗装に至っては従来の舗装としての評価に加え、その機能についての評価の手法が必要となる。一般に道路舗装の評価手法は、室内試験による混合物の基本性状や機能性に関する効果の評価と、実際の施工現場に於ける施工性、供用性や効果の評価に分けられる。表－２に現在よく行なわれている室内試験と現場測定項目を示す。機能性舗装を評価する際にはこうした舗装としての基本的な評価を踏まえた上で、

表－１ 機能性舗装の種類と特徴

機能性舗装の種類	特 徴
改質アスファルト舗装	特殊なアスファルトを使用することで、動的安定度を高め、流動によるわだちを低減させるものや、低温時の収縮によるひびわれの発生を低減させる
半たわみ舗装	間粒度アスファルト混合物に浸透用セメントミルクを浸透させたもので、アスファルト舗装のたわみ性とコンクリート舗装の剛性を複合的に活用して、耐久性を高める。
凍結抑制舗装 （塩化物混入タイプ）	アスファルト混合物中に塩化物を混入させ、塩化物の溶出によって凍結温度を低下させる。
凍結抑制舗装 （弾性体混入タイプ）	アスファルト混合物中に弾性体を混入させ、舗装体の表面のたわみを高めることによって雪氷を破壊する。
グルーピング舗装	舗装表面に小さな溝を切り、排水性の向上による再凍結の防止やすべり抵抗性を向上させる。
ゴムマット舗装	舗装表面にゴムマットを敷き、ゴムのたわみによって雪氷を舗装面から剥離・破壊する。
排水性舗装	透水性の高い間粒度アスファルト混合物で、表面水の排除による再凍結防止や表面粗度の高さによるすべり抵抗の向上。また水はねの防止や車両騒音の低減。
カラー舗装	着色骨材や脱色アスファルト等の使用によって、舗装に各種の色彩を付加する。街路の景観を重視した箇所やバスレーン等の道路使用の区分化。

更に機能性の部分の効果を評価する手法が必要である。表－２の中には機能性舗装の評価手法として考えられる試験・測定項目も含まれているが、機能性舗装の効果を評価する手法は最低限その効果の種類だけ必要になるわけであり、今後新たな効果をもった舗装が出現した場合や、その構造上の問題から従来の測定方法では評価が困難な場合には、新たな評価手法の開発が必要になると考えられる。

表－３に各種試験・測定結果に対する基準値を示すが、摩耗や流動については、試験値についてそれぞれ目安や基準とするべき値が示されている。また、現場での測定項目については、表－４に示すＭＣＩ値やＰＳＩ値の算出時の変数として用いられ目安が示されている。

一方、機能性舗装に関する試験や測定結果に対する基準値が明確に明かされているものはほとんどない。機能性舗装に対しても一般の舗装と同等の耐久性や供用性が要求されるのは勿論のことであり、耐摩耗性や耐流動性等の基準には準拠しなければならない。しかし、機能についての評価基準がなければ正当な評価は困難であり、現在までの少ない施工実績ではまだ評価基準の設定に十分なデータの蓄積がなされていない。現在の機能性舗装に求められる機能としては冬期の雪氷路面の改善が大きな割合を占めるようになってきている。その効果については室内及び現地での評価手法についていくつか研究されているが、基準値の設定は今後の課題となっている。

以下に積雪寒冷地特有の問題として検討が必要と考えられる主な事項について考察を行なった結果を示す。

(１) 耐摩耗性

現在、耐摩耗性のチェックとしてはラベリング試験がアスファルトモルタルで行なわれるが、排水性舗装や半たわみ性舗装のような特殊な配合の混合物のチェックには適さない。このため混合物そのものの耐摩耗性のチェック手法の確立が必要である。

(２) 耐流動性

従来、積雪寒冷地であることを考慮してホイールトラッキング試験の試験温度は４５℃で行なわれていることが多かった。しかし、改質Ⅱ型アスファルト等を使用した混合物の評価は６０℃の試験温度でなければ困難であり、これらを検討した適切な試験温度の設定が必要である。また、必要以上に硬いアスファルトを用いると温度応力クラックの発生等も懸念されるので、適切な動的安定度（ＤＳ）の設定も重要である。

(３) 耐低温脆性

表－２ 代表的な試験・評価方法一覧

評価項目（室内）	代表的な試験・測定方法
耐摩耗性	ラベリング試験
耐流動性	ホイールトラッキング試験
耐低温脆性	フラス脆化点試験
耐久性	凍結融解試験
すべり抵抗性	ホータワールスキッドレジスタンステスター ダイナミックフリクションテスター
雪氷路面改善	付着力試験
評価項目（現地）	代表的な試験・測定方法
平坦性測定（縦断）	３ｍプロフィルメーター
横断凹凸測定	横断プロフィルメーター
ひびわれ測定	スケッチ 路面性状調査車
すべり抵抗測定	ホータワールスキッドレジスタンステスター ダイナミックフリクションテスター すべり抵抗測定車
路面の粗さ測定	サンドパッチング方法
透水性測定	現場透水性試験
雪氷路面改善	現地観測（路面露出率）

表－３ 主な試験・測定結果に対する基準

試験方法等	基準値等	備考
ラベリング試験	1.3 cm ² 以下	北海道開発局 道路・河川工事仕様書
ホイールトラッキング試験	DS1500以上 (一般箇所) DS3000以上 (大型車の著しく多い箇所)	アスファルト舗装要綱
路面のすべり抵抗測定 ホータフ・ルスキット・レジスタンステスター	BPN 65以上良好 BPN 55～64一般的に申し分無い BPN 45～54順調な状態の場合だけ申し分無い BPN 45以下する可能性もある	R. R. L
路面湿潤状態、路面温度35℃、速度時速60 km 直線 条件良 曲線 条件悪	μ 0.40以上 μ 0.45以上	土木研究所
新しい舗装 速度 時速45 km " 50 km	μ 0.45以上 μ 0.40以上	PAIRCすべり対策委員会

表－４ 維持修繕基準

維持修繕基準		
M C I 維持管理指数	M C I	維持修繕基準
$MCI = 10 - 1.48C^{0.3} - 0.29D^{0.7} - 0.47\sigma^{0.2}$ $MCI_0 = 10 - 1.51C^{0.3} - 0.3D^{0.7}$ $MCI_1 = 10 - 2.23C^{0.3}$ $MCI_2 = 10 - 0.54D^{0.7}$ 4式の中の最小値を採用	3以下 4以下 5以上	早急に修繕が必要 修繕が必要である 望ましい管理基準
C : ひびわれ率 (%) ※調査対象面積に対するひびわれおよびパッチング面積率 D : わだち掘れ量 (mm) ※最大わだち掘れ量の平均値 σ : 平坦性 (mm) 縦断凹凸量 ※3mプロフィルメーターによる測定値の標準偏差		
P S I 供用性指数	P S I	おおよその対応工法
$PSI = 4.53 - 0.518 \log \sigma - 0.371C^{0.5} - 0.174D^2$	3～2.1 2～1.1 1～0	表面処理 オーバーレイ 打換え
C : ひびわれ率 (%) D : わだち掘れ深さの平均 (cm) σ : 縦断方向の凹凸の標準偏差 (mm)		

温度応力に対するアスファルト及び混合物の標準的な試験法とその基準値が今のところ存在しない。また、半たわみ性舗装等の特殊な形態の舗装については混合物から低温脆性をチェックする必要がある。

(4) 耐久性

積雪寒冷地における耐久性の評価は、主として凍結融解試験によって行なわれている。しかし、凍結融解回数や凍結融解前後の試験（現在はマーシャル試験やホイールトラッキング試験が多い）の適切な設定や凍結融解前後の試験値の評価手法の確立が必要である。

(5) すべり抵抗

グルーピングや路面を粗面化させた舗装の評価として薄い氷が路面にはったいわゆるブラックアイス状態でのすべり抵抗の評価を行なう必要がある。

(6) 雪氷路面改善

舗装路面からの雪氷のはがれ易さの試験方法の確立が必要である。特に繰り返し荷重の作用による舗装表面のたわみを利用した雪氷の破壊剥離効果を定量的に評価する試験方法の開発が必要である。また、現地における雪氷路面の改善効果を合理的に調査する手法の確立と調査結果に基づく評価基準の作成が必要である。

(7) ひびわれ測定

温度応力クラックを適切に評価するため、特に温度応力によって発生したクラックを他のクラックと区分けして調査・解析できるような手法の開発が必要である。

4. まとめ

機能性舗装に対する評価方法については、標準となるべき基準を設けることが重要であるが、積雪寒冷地における表層混合物の選定ということも考慮した場合、既存の評価方法及び基準値についても積雪寒冷地としての特殊な状況を付加させたものが必要になると考えられる。今回の論文におけるまとめは次の通りである。

1. 機能性舗装を適切に評価するため、新たな評価手法の開発及び、評価基準の作成を行なう必要がある。

2. 評価基準の作成に当たっては、積雪寒冷地としての特性を加味する必要がある。

これまで述べてきたように、積雪寒冷地として独自に考慮しなければならない点も多く、気象条件や地域の実情を加味した基準値の再検討及び新たな基準作りが重要といえる。

5. あとがき

今回は、現在施工されている各種機能性舗装について、その概要とそれらの評価方法について、現在の状況を述べてきた。その結果、機能性舗装の多くはその適用箇所や評価手法の確立に向けて研究課題が多いことが示された。しかし、道路舗装に対して要求されるレベルは確実に高くなるとともに、新しいタイプの舗装の研究開発も盛んに行なわれており、そうした状況に対して道路管理者も的確に対応していく必要がある。そのため機能性舗装をより適切に活用していくための評価基準の作成は急務といえる。

こうしたことから当研究室では、積雪寒冷地の舗装の体系の再構築と、コストパフォーマンスを含めた総合評価を最終目標として研究を進めている。本研究においては手始めとして各機能性舗装に着目して評価方法の検討や評価基準の作成を試みることにしてお

り、評価データをさらに蓄積していくと共に、そのデータの解析を行なっていく予定である。

今後、本研究の推進にあたり各方面の専門家の方々からの御指導御鞭撻を頂けたら幸いです。

参考文献

社団法人日本道路協会 舗装試験法便覧

社団法人日本道路協会 アスファルト舗装要綱

建設図書 アスファルト舗装に関する試験