

中温化ポリマー改質アスファルトを用いたひび割れ抑制効果に優れた高耐久薄層舗装の適用性検討

東亜道路工業(株) 技術研究所 ○片桐 聖太
同 平戸 利明
同 北海道支社 鴨 智彦

1. はじめに

近年、道路ストックの老朽化が進む中、限りある予算により舗装を延命することで、ライフサイクルコストの低減を図ることが望まれている。特に積雪寒冷地では、繰り返される凍結融解作用や融雪剤等の影響により表層の損傷のみならず、舗装体内からのひび割れといった損傷が発生しやすくなる。そのようなひび割れに対し、切削オーバーレイ工法やシート工法、じょく層工法が適用されているが、施工コストや工程の増加といった課題がある。

これらの課題に対し、ひび割れ抑制効果の優れた薄層舗装（施工厚 20mm 程度）を開発し¹⁾、実際の供用路線に適用しその効果を検証している。今回、薄層舗装のひび割れ抑制効果のメカニズムについて考察し、得られた知見に基づいて新たな高耐久薄層舗装を開発した。

本報では、開発した薄層舗装のひび割れ抑制効果の性能を比較した結果、ならびに寒冷地に適用した薄層舗装の追跡調査結果について述べる。

2. リフレクションクラック発生メカニズム

薄層舗装用混合物（以下、薄層用アスコン）をひび割れ箇所に対応した場合、既設に水が浸透し、さらに交通荷重が作用することでリフレクションクラックが発生する可能性がある（図-1）。

しかし、開発した薄層用アスコンはこれまで 13000m² 程の施工実績があり、ひび割れ率 40%の箇所へ適用した事例も存在するが、概ね良好な状態を維持している²⁾。特に、写真-1に示すような亀甲状となったひび割れ箇所においても高い耐久性を示している。これは混合物の高いたわみ追従性のみならず、薄層用アスコンが既設舗装と一体化し、耐久性を高めていると考えた。そこで、薄層用アスコンのひび割れ抑制効果を①走行荷重によるせん断抵抗性、②繰返し曲げ疲労に対する抵抗性、③ひび割れ部への充填性に分けて評価し、その耐久性を一般的な密粒度アスファルト混合物（以下、密粒（13））と比較することとした。

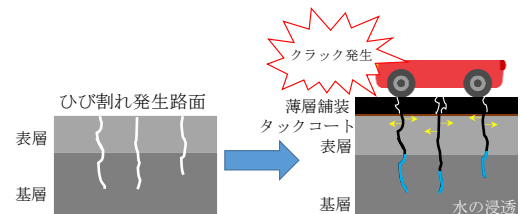


図-1 クラックの発生要因



写真-1 薄層用アスコンの施工例

3. 使用材料

加熱アスファルト混合物を薄層で舗装すると、急激な温度低下により、所定の締固め度が得られない可能性がある。そこで、転圧時にアスファルト混合物の温度が低下した場合でも、所定の密度が得られるように中温化技術を採用し、骨材飛散や剥離などへの抵抗性を高めたポリマー改質アスファルトⅡ型相当の特殊バインダ（以下、ⅡSB）を開発した。加えて、耐久性をより高めたポリマー改質アスファルトⅢ型相当の特殊バインダ（以下、ⅢSB）を開発し、比較検討を行った。

4. ひび割れ抑制効果

4.1. ひび割れ抑制効果の評価

薄層用アスコンのひび割れ抑制効果の評価するために、**図-2**に示すようなホイールトラッキング試験機を使用したクラック貫通試験³⁾および繰返し曲げ試験を実施した。**表-2**に試験条件を示す。表層下面から発生したクラックが舗装表面に達するまでの時間を測定し、これをひび割れ貫通までの走行時間として評価した。

図-3にクラック貫通試験結果を、**図-4**に繰返し曲げ試験結果を示す。クラック貫通試験の結果、密粒(13)やクラックシートを使用したものに比べ、薄層用アスコンのⅡSBでは約2~10倍、HSBでは約3~20倍長い走行時間であったことから、ひび割れ抑制効果に優れていると考えられる。

また、曲げ疲労試験の結果も同様に、ひずみ800 μ での密粒(13)の破壊回数が約700回に対し、薄層用アスコンのⅡSBでは約7000回、HSBでは約35万回であった。混合物単体のたわみ性や疲労抵抗性に優れていることが考えられる。このことから薄層用アスコンは、密粒(13)よりもはるかに高いひび割れ抵抗性を有していると考えられる。

4.2. ひび割れへの充填性の評価

ひび割れを有する既設舗装に薄層用アスコンを舗設した際のひび割れへの充填性を評価した。**図-5**に充填性評価用供試体を示す。このように、供試体に10mm幅の模擬的なひび割れを作製しその上に混合物を舗設することでひび割れへの充填性を評価した。同様の試験を密粒(13)、じょく層、シートについても行った。**表-3**に各供試体の舗装構成を示す。薄層用アスコンの上層厚は20mmもしくは30mmとし、密粒(13)は30mmとした。

写真-2に試験後の供試体状況を示す。写真からも分かるように、薄層用アスコンはひび割れ最下部まで混合物が充填しており、その内上部16mmは密実に締め固められていた。一方、密粒(13)ではひび割れ上部15mmまでは混合物が充填していたが、それ以下は全く充填していなかった。以上の結果より、薄層用アスコンは細粒分が多く締め固めやすいため、密粒(13)に比べ、充填性に優れている

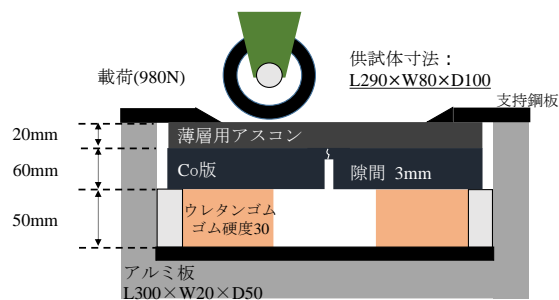


図-2 クラック貫通試験

表-2 試験条件

クラック貫通試験		繰返し曲げ試験	
項目	内容	項目	内容
試験温度	25℃	試験温度	20℃
積載荷重	980N	ひずみ	400, 800 μ
走行速度	42回/分	周波数	5Hz

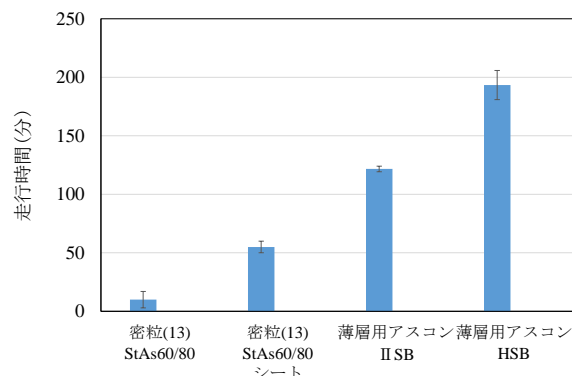


図-3 クラック貫通試験結果

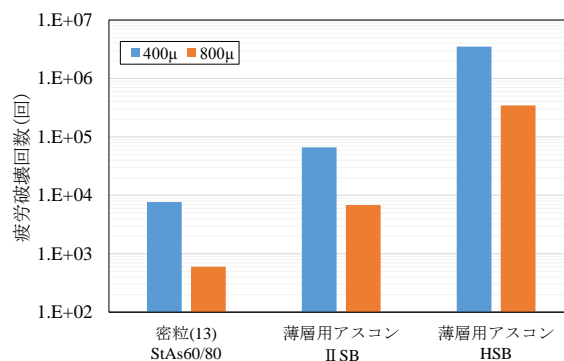


図-4 繰返し曲げ試験結果

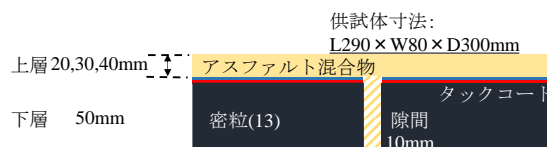


図-5 充填性評価用供試体

と考えられる。

4.3. 試験施工

薄層用アスコンの施工性およびひび割れへの充填性を確認するために、試験施工を行った。表-4に試験施工概要を示す。ひび割れへの混合物の充填性を確認するために、事前に既設舗装に幅 5mm、深さ 50mm のカッター目地を入れた。

舗設後に採取した舗装コアより、ひび割れへの充填状況を確認した(写真-2)。その結果、ひび割れ箇所の深部まで混合物が充填されており、室内試験と同様の結果となった。

表-3 供試体の舗装構成

上層厚 mm	上層 混合物	下層厚 mm	応力緩和層	充填深さ mm	
20	薄層用	50	なし	50	
30	アスコン			50	
30	密粒(13)			15	
30				じよく層(10mm)	15
30				シート	10

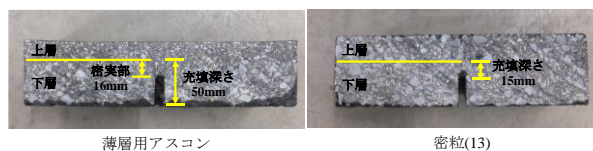


写真-2 供試体充填状況

表-4 試験施工概要

項目	内容	
混合物	薄層用アスコン：II SB (t=2cm)	
施工面積	36m ² (L=7.5m, W=4.8m)	
施工機械	敷均し	6m級アスファルトフィニッシャ
	初転圧	7tタンDEMローラ
	二次転圧	15tタイヤローラ

5. その他の混合物性状

薄層用アスコン (II SB、HSB) の混合物性状を密粒 (13) と比較した。表-3 に試験結果を示す。

混合物の耐流動性を把握するため、ホイールトラッキング試験により動的安定度を算出した。試験方法は舗装調査・試験法便覧に準拠して行った。その結果、開発した薄層用アスコンは細粒分の多い粒度にも関わらず高い耐流動性を有していることが分かった。

また、積雪寒冷地では、除雪やタイヤチェーンによって舗装路面が損傷する。そこで、摩耗に対してはラベリング試験、骨材飛散に対してはカンタブロ試験により評価した。その結果、薄層用アスコンは密粒 (13) に比べ、摩耗量、カンタブロ



写真-2 ひび割れ充填状況

表-3 混合物の性状試験結果

項目		密粒(13)	薄層用アスコン	薄層用アスコン
		StAs 60/80	II SB	HSB
マーシャル	安定度 (kN)	10.2	11.6	13.0
	フロー値 (1/100cm)	33	28	40
	水浸残留安定度 (%)	81.8	88.2	86.9
ホイールトラッキング	動的安定度 (回/mm)	525	4500	9000
ラベリング	摩耗量(-10℃) (cm ²)	0.64	0.23	0.26
	損失率(20℃) (%)	7.3	1.6	0.5
カンタブロ	損失率(-20℃) (%)	21.4	10.4	8.1

損失率共に小さくなっており、耐摩耗性や骨材飛散抵抗性の高い混合物であると考えられる。

6. 施工事例

供用路線における薄層オーバーレイの効果検証を行うため、札幌市内の市道において施工を実施した。表-5に施工概要を示す。また、上下線の各施工延長 60m のうち、上り車線 50-60m 区間においては、比較工区としてストレートアスファルトを用いて施工した。

表-5 施工概要

項目	内容
施工場所	札幌市東区法国寺通線
混合物	薄層用アスコン：II SB (t=2cm)
施工面積	360m ² (L=60m, W=3m上下線)
交通量	N3以下

一般的に路面のひび割れ評価は、目視やスケッチ、路面性状測定車が用いられているが、本施工工区では、より簡便で迅速な定量評価を行うため、市販のデジタルカメラと画像解析ソフトを利用した手法により評価を行った。図-6に施工前後のひび割れ状況図を示す。その結果、施工前のひび割れ率は、下り車線 41.8%、上り車線 46.5%であり、特にわだち部や埋設

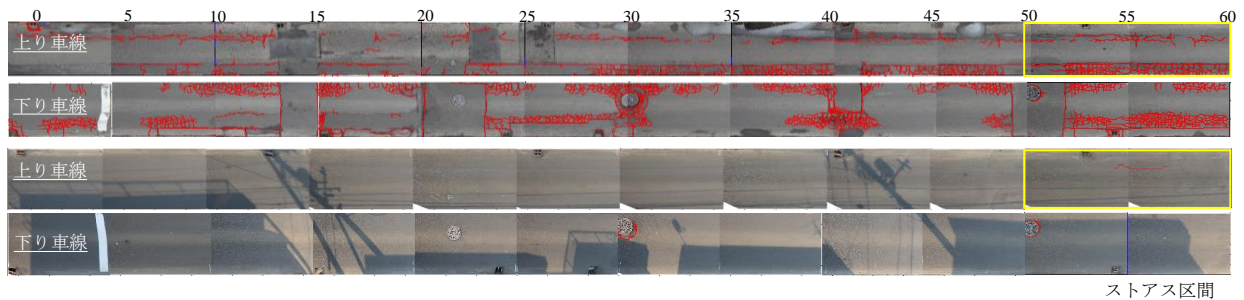


図-6 ひび割れ状況図（上：施工前、下：供用1年後）※赤線はひび割れ箇所

復旧箇所付近でのひび割れ率が高い状況であった。

施工後の追跡調査は、これまでに積雪期間を除き1ヶ月毎に1年間実施している。上り車線においては供用5ヶ月目にストアス区間においてリフレクションクラックの発生を確認した。また、供用9ヶ月の調査では、下り車線のマンホール周りでひび割れを確認した。こちらの箇所は施工前にもひび割れが多く発生しており、部分的に施工厚が薄いため、走行荷重やマンホール周囲が暖められることによる周囲との温度差の影響を顕著に受けたことがひび割れの発生に繋がったと考えられる。II SBを使用した区間では、1年後でもひび割れがみられなかったことから、薄層用アスコンの高い疲労抵抗性や充填性によるリフレクションクラック抑制効果が窺える結果となった。

7. 施工コスト

切削オーバーレイやじょく層工法、表・基層打ち換え工法と本工法を適用した場合の施工コストの比較を行った。図-7に表層切削オーバーレイを1とした時の工事対比を示す。本工法は表層を切削することなく薄層で施工できることから、工事費は表層切削オーバーレイの60~70%程度となる。さらに、現在までの試験施工や実道での追跡調査から薄層工法によるリフレクションクラック抑制効果が得られていることから、ライフサイクルコストを考慮すると本工法の適用効果は今後さらに大きくなると考えられる。

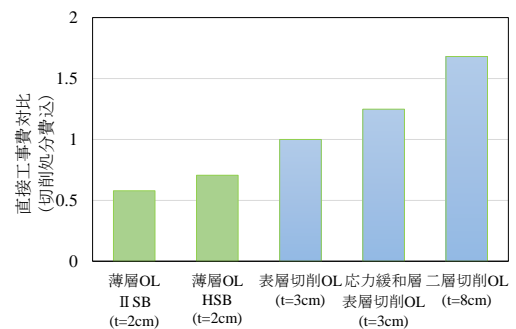


図-7 施工コストの比較

8. おわりに

今回の結果を踏まえ、今後は HSB を使用した薄層舗装を様々な条件の実路で施工し、施工性、供用性、費用対効果を検証する所存である。

最後に、本研究にご協力いただいた皆様に感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 松下 裕弥, 増戸 洋幸, 平戸 利明: 加熱アスファルト混合物を用いた高耐久表面処理工法の開発, 第13回北陸道路会議, 2015, 6
- 2) 武藤 臣文, 平戸 利明, 小林 秀樹: 中温化ポリマー改質アスファルトを用いた薄層アスファルト舗装の施工1年経過後の追跡調査結果, 第32回日本道路会議, 2017, 10
- 3) 池田 拓哉: 室内試験によるひび割れ防止材の評価方法, 道路建設, pp.61-67, 1988.8.