

ウレタン充填型凍結抑制舗装の供用性に関する検討

日本道路（株）技術研究所○藤井 洋志
同上 梶谷 明宏
日本道路（株）東北支店 川村 修

1. はじめに

従来、積雪寒冷地における除雪・融雪作業は、除雪車や塩化カルシウム等の融雪剤を散布する方法で行われてきた。しかし、これら作業の適切なタイミングを予測することは難しく、夜間や緊急対応になることが多いため、作業への負担や管理上のコスト面などに課題がある。また、融雪剤の原料である塩化物によって、車の部品や沿道のガードレールなどの道路施設が腐食するとの報告もある。

近年、研究が行われている物理系凍結抑制舗装は、あらかじめ舗装自体に凍結抑制効果を付与することで除雪管理の負担を低減し、山間部などの勾配部や曲線部における車両のスリップを抑制して安全性の向上に寄与する。中でも、ウレタン充填型凍結抑制舗装は、母体アスファルト舗装（以下、母体アスコン）の表面空隙部に充填したウレタン樹脂と氷雪との弾性の差と交通荷重を利用して、氷雪の破砕と剥離を促進し、降雪時の路面凍結を抑制することができる。しかし、母体アスコンの種類やウレタン樹脂の充填パターンが耐久性や凍結抑制効果におよぼす影響についての知見が少ない。

本研究では、母体アスコンにポーラスアスファルト混合物（以下、ポーラスアスコン）と多機能型砕石マッシュ混合物（以下、多機能型 SMA）を用いたウレタン充填型凍結抑制舗装の耐久性等について室内実験と実路で確認したので、その結果について報告する。

2. 目標性能

ウレタン充填型凍結抑制舗装は、凍結抑制効果とすべり抵抗性を両立させる上でウレタン樹脂の充填量を適切に設定する必要がある。既往の研究や試験施工などでの実績では、舗装表面の骨材がわずかに露出する程度の仕上がりが標準とされている¹⁾。ウレタン樹脂充填イメージを図-1に、目標とする仕上がり表面を写真-1に、目標性能を表-1に示す。

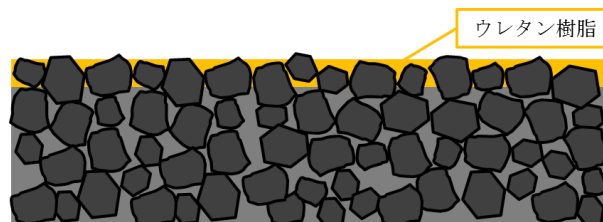


図-1 ウレタン樹脂充填イメージ¹⁾

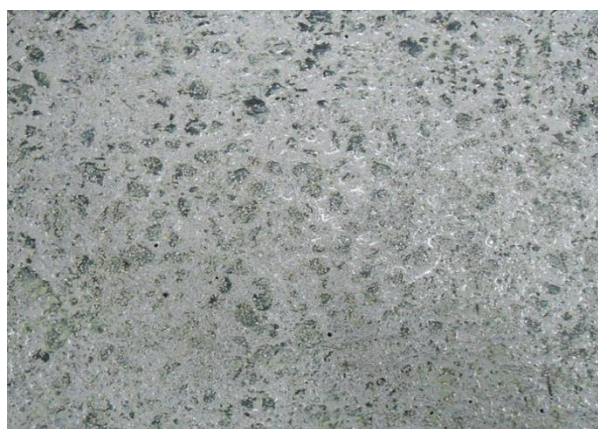


写真-1 目標とする仕上がり表面¹⁾

3. 室内検討

3.1 概要

本検討は、母体アスコンとしてポーラスアスコンと多機能型 SMA について実施した。母体アスコン表面空隙部にウレタン樹脂を充填する場合、凍結抑制効果とすべり抵抗性を確保する観点から、適切なウレタン樹脂充填量を把握する必要がある。そこで、舗装面の適切なきめ深さと、それに対するウレタン樹脂充填量を決定した後、充填面積率を変化させ氷着引張試験により凍結抑制効果を、DF テスタを用いてすべり抵抗性について評価した。

3.2 ウレタン樹脂充填量の検討

ポーラスアスコンを母体アスコンとする場合の標準充填量は、 3.0 kg/m^2 であるが、多機能型 SMA を母体アスコンとする場合、ポーラスアスコンと比較して内部がアスファルトモルタルで充填されてち密なため、目標仕上がり面を基準とした適切な充填量を検討する必要があった。

そこで、粒度を調整することで得られた異なるきめ深さを有する 3 種類の多機能型 SMA とポーラスアスコンの供試体を用いて、きめ深さとウレタン樹脂充填量の関係を検討した。その結果を図-2 に示す。

この結果より、路面のきめ深さが大きくなるのに伴いウレタン樹脂の充填量が増加する傾向が確認され、多機能型 SMA を母体アスコンとする場合、 $1.3\sim 2 \text{ kg/m}^2$ の充填量であった。次に、路面のきめ深さと凍結抑制効果の関係を検討するため、氷着引張試験を実施した。その結果を図-3 に示す。

これより、ポーラスアスコンと多機能型 SMA を母体アスコンとする場合、どちらも密粒度アスコン (13) より低い氷着引張強度を示し、目標値の 0.3 MPa 以下を満足する結果となった。また、多機能型 SMA は、きめ深さが大きくなるのに伴い氷着引張強度が低下する傾向を示した。このことから、多機能型 SMA を母体アスコンとする場合のきめ深さは 1.8 mm 程度、ウレタン樹脂充填量は 2 kg/m^2 となる舗装面が望ましいと考えられる。

3.3 ウレタン充填面積率の検討

舗装表面の空隙部にウレタン樹脂を充填することで、路面のきめ深さが小さくなるため、安全性の観点から適切なすべり抵抗性 (DF テスタによる RSN 値 (60 km/h) : 0.33 以上) を確保するウレタン樹脂の充填面積率について検討した。検討方法は図-4 に示すように、格子の寸法を変えることでウレタン樹脂充填面積率の異なる路面を作製し、RSN 値の測定を実施した。結果を図-5 に示す。

これより、母体アスコンの種類に係わらずウレタン面積率の増加に伴って RSN 値は減少する傾向を示し、50% 以下の範囲で RSN 値の目標値 0.33 を満足する結果となった。

次に、ウレタン面積率と凍結抑制効果の関係を確認するため氷着引張強度試験を実施した。ウレタン

表-1 本検討における目標性能値

評価項目	評価指標	目標値
すべり抵抗性	DF テスタによる RSN 値 (60km/h) ※1	0.33 以上
凍結抑制性能	氷着引張強度※2	0.3MPa 以下

※1: 道路構造令の解説と運用を参考に設定
 ※2: 舗装性能評価法別冊を参考に設定

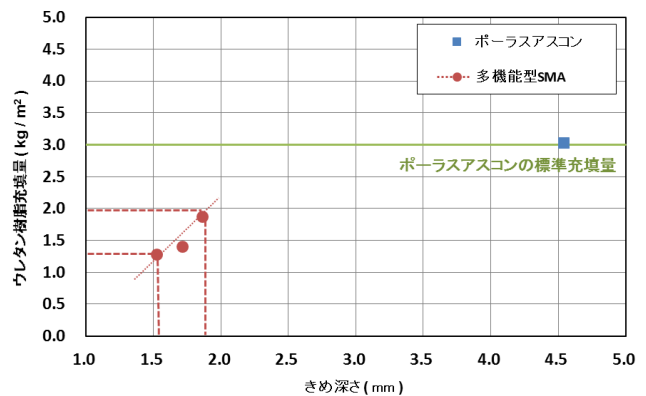


図-2 きめ深さとウレタン充填量の関係¹⁾

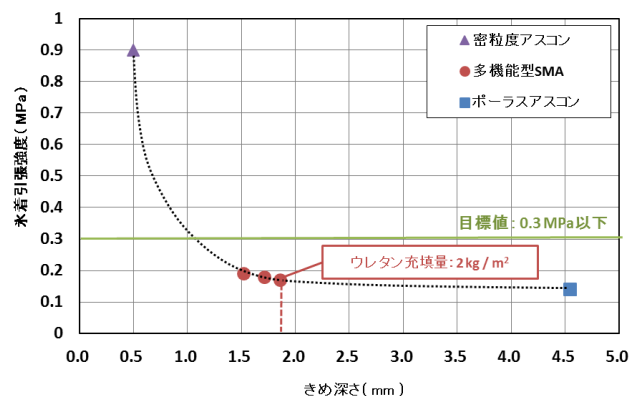


図-3 氷着引張試験結果¹⁾

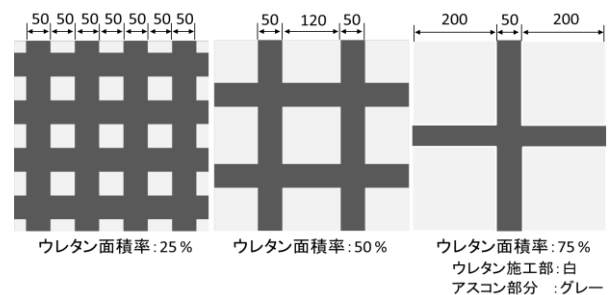


図-4 格子寸法とウレタン面積率

図-5 (not visible in the provided image) would show the RSN values for the different grid patterns.

面積率と氷着引張強度の関係を図-6 に示す。

この結果から、母体アスコンの種類に係わらずウレタン面積率の増加に伴い氷着引張強度は低下する傾向を示した。多機能型 SMA を母体アスコンとした場合は、ウレタン面積率 50%以上で目標値 0.3 MPa を満足する結果が得られた。また、ポーラスアスコンは多機能型 SMA に比べて若干、氷着引張強度が小さく、ウレタン面積率 35%程度で目標値を満足することが明らかとなった。

以上のことから、適切なウレタン樹脂充填量とウレタン面積率は以下のとおりである。

- ・ポーラスアスコン：3 kg / m²
- ・多機能型 SMA：2 kg / m²
- ・ウレタン面積率：約 50%

4. 実路における調査

4.1 概要

室内検討の結果を踏まえて、実路におけるウレタン充填型凍結抑制舗装の耐久性および凍結抑制効果を検証した。本検証では福島県内の県道において、ポーラスアスコンと多機能型 SMA を母体アスコンとしたウレタン充填型凍結抑制舗装の路面性状測定および冬期降雪時の目視観察を実施した。また、供用 2 年経過後のウレタン樹脂の上から、再度ウレタン樹脂を充填することで、リフレッシュの効果についても検討したので、その結果について報告する。

4.2 耐久性・凍結抑制効果の検討

ウレタン充填型凍結抑制舗装の耐久性は、ひび割れ面積率とわだち掘れ深さを測定することで評価した。これら路面性状変化を図-7、8 に示す。

図-7 の結果より、ひび割れ面積率（打換え、パッチング面積を含む）は、多機能型 SMA を母体アスコンとする場合 7 年経過後において 5%程度であった。一方で、ポーラスアスコンの場合、7~8 年経過すると平均約 25%程度のひび割れ面積率であり多機能型 SMA より損傷が著しいことが確認された。また、図-8 の結果から、わだち掘れ深さは母体アスコンの種類に係わらず、経年に

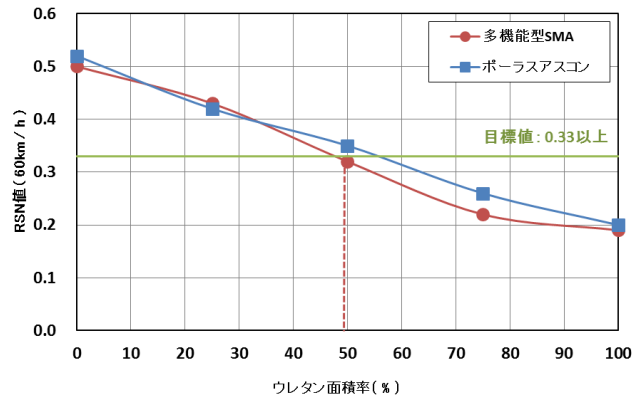


図-5 RSN 値とウレタン面積率の関係¹⁾

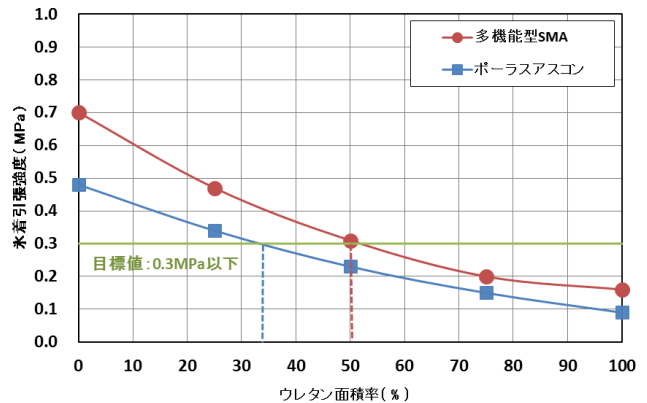


図-6 氷着引張強度とウレタン面積率の関係

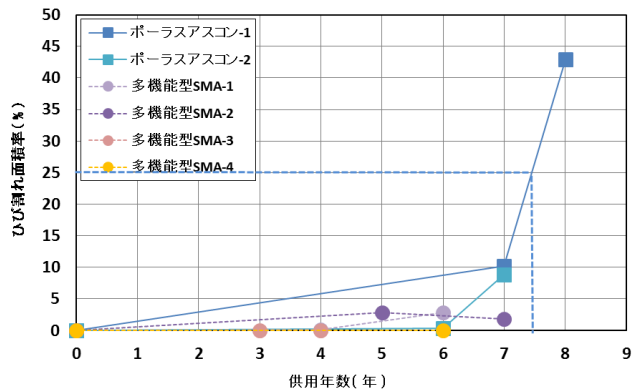


図-7 供用後のひび割れ面積率の変化

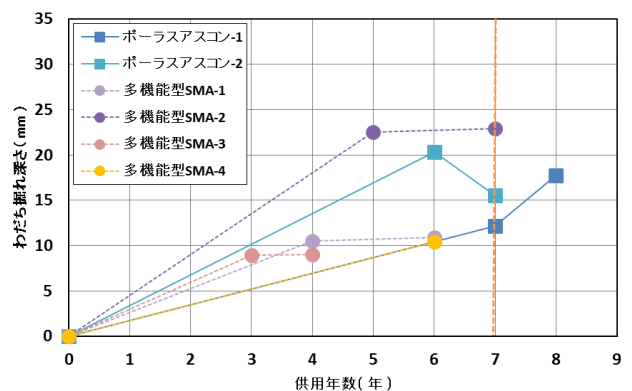


図-8 供用後のわだち掘れ深さの変化

に伴い増加する傾向を示し、供用後7年で10~25 mm程度であることが確認された。

これらの結果から、母体アスコンを多機能型 SMA とすることで、ひび割れの発生が低減してウレタン樹脂による凍結抑制効果が持続する可能性が示された。

母体アスコンが多機能型 SMA の冬期積雪時における供用状況（供用1年）を写真-2に示す。調査時は左側の車線の交通量が多く、車両の走行に伴って路面の氷雪が減少し、路面が露出することが確認された。



写真-2 冬期の供用状況

4.3 ウレタン樹脂のリフレッシュの検討

供用後2年経過した現場においてウレタン樹脂の再充填を行い、リフレッシュ後の経年変化を確認した。リフレッシュ後2年経過した路面の状況を写真-3に示す。

再充填したウレタン樹脂は、健全な状態で空隙部に保持されており、旧ウレタン樹脂との剥離などは確認されなかった。

今後、冬期における凍結抑制効果について追跡調査する予定である。



写真-3 リフレッシュ2年経過後の状況

5. まとめ

本研究における室内試験および実路での調査結果から、以下の知見が得られた。

- ① 母体アスコンの種類およびきめ深さの違いによって最適なウレタン樹脂の充填量が異なり、本検討ではポーラスアスコンで 3 kg/m^2 、多機能型 SMA で 2 kg/m^2 であった。
- ② 120 mm 角の格子状にウレタン樹脂を充填することで、ウレタン充填面積率が 50% 程度となり、良好なすべり抵抗性と凍結抑制効果が得られた。
- ③ 多機能型 SMA を母体アスコンとすることで、ひび割れの発生が抑制され、ウレタン樹脂を保持することで、より長期間凍結抑制効果が得られることがわかった。

6. おわりに

今後、各所における母体アスコンの耐久性や凍結抑制効果についての調査を継続するとともに、リフレッシュしたウレタン樹脂の性能についても追跡調査を実施する予定である。

<参考文献>

- 1) 常松直志他, ウレタン充填型凍結抑制舗装の耐久性と性能改善に関する検討, 第19回舗装技術に関する懸賞論文.