

改良型エラストマーを使用した改質アスファルトの性能評価に関する研究

長岡技術科学大学大学院 工学専攻 環境社会基盤工学分野 ○佐々木星紀
長岡技術科学大学 環境社会基盤系 正会員 高橋 修

1. 本研究の背景

現在、我が国の道路舗装には、コンクリート舗装とアスファルト舗装が運用されているが、その 95%以上はアスファルト舗装が占めている¹⁾。アスファルト舗装は長期間の供用により、ひび割れやわだち掘れなどの様々な損傷が生じる。アスファルト舗装の損傷の要因には様々なものがあり、アスファルトの劣化や老化、疲労ダメージや温度変化、水分の凍結融解など多岐に渡る。これらの要因によって、アスファルト舗装の損傷が顕著になると、更新工事を行わざるを得なくなる。現在、アスファルト舗装の更新工事では多くのアスファルト廃材が発生し、問題視されている。そのため、更新までの期間が長くなるような高耐久かつ長寿命なアスファルト舗装が求められる。

交通量や気象条件などにより高い耐久性が求められる場合には、日本改質アスファルト協会の規格に基づいて、アスファルトバインダとしてエラストマーやゴムなどの高分子材料（以下、ポリマー）をストレートアスファルトに添加したポリマー改質アスファルト（以下、ポリマス）が用いられる。近年では、様々な種類のポリマスが開発されている。

その中で、既往のポリマーよりも高耐久性を見込んで、新型エラストマーを使用した新型ポリマスが開発されている。この新型ポリマスは、バインダベースで既存のポリマスよりも熱劣化に対する耐久性などの性能が高いことが事前の検討で確認されている。しかし、アスファルトコンクリート（以下、アスコン）ベースでの性能が検討されていない。そのため、新型ポリマスを用いたアスコンの供試体を作製し、適正に性能を評価することが求められている。

2. 本研究の目的及び検討内容

本研究では、既往のポリマーよりも高耐久性を見込んで開発された改良型エラストマーの改質効果が、アスコン物性にどのような効果を及ぼし、耐久性に

どの程度寄与しているのか定量的に評価することを検討した。ここで検討した改良型エラストマーには、水添技術と変性技術の二つが使用されている。水添技術は、アスファルト相溶性を向上させて、耐熱劣化性を向上させるものである。変性技術は、骨材とアスファルトとの境界に官能基を加えることで、骨材とアスファルトの接着を強化し、塑性流動抵抗性や骨材飛散抵抗性、耐水性の向上することが期待される。これらの物性を評価するため、各種アスコンの性能評価試験を行った。

検討において、使用したバインダの種類を表-1に示す。変性、水添の有無でアスファルトの改質効果を検討するために、バインダの種類のみ変化させて、アスコンの供試体を作製して評価試験を行った。骨材は、同一のものを使用し、設計アスファルト量は5.2%であった。

検討は表-1に示した2つのPhaseに分けて実施した。Phase1では、ストレートアスファルト60/80（以下、ストアス）、一般的な高分子材料として使用されるSBSを使用したポリマス（以下、改質N）、変性及び水添の両方の技術を用いた改良型エラストマーを使用したポリマス（以下、改質A）の3種類のバインダを使用したアスコンで検討を行った。その後、Phase2では残りのバインダで同様の評価試験を実施した。

3. アスファルトコンクリートの性能評価

本研究で行ったアスファルトコンクリートの性能評価試験を表-2に示す。本文の執筆時ではPhase1のバインダ種まで評価試験が終了している。

ホイールトラッキング試験は高温時におけるアスコンの塑性流動抵抗性を評価することを目的とした試験である。試験により得られる動的安定度（以下、Dynamic Stability : DS）から、塑性流動抵抗性の評価を行う²⁾。

直接引張試験はひび割れ抵抗性の評価を目的とした試験である。直接引張試験は、供試体の両端に一定速度で引張変位を与えて引き延ばし、供試体の引張強度及び破壊時ひずみを測定する。試験温度は30℃とした。

劣化エージング後の直接引張試験は、促進熱劣化

した混合物に対しての熱劣化に対する抵抗性を評価するために実施した。アスコン供試体に、AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) R30 に規定されている劣化作用を施し、その後試験温度30℃で直接引張試験を行った。表-3 にここで適用した劣化条件を示す。

表-1 検討の Phase と使用バインダの概要

検討の Phase	バインダ種	略称	摘要
Phase1	ストレートアスファルト 60/80	ストアス	一般的なバインダ
	SBS+ストレートアスファルト	改質 N	一般的なポリアス
	変性・水添+ストレートアスファルト	改質 A	本命ポリアス
Phase2	変性・非水添+ストレートアスファルト	改質 B	変性のみ
	非変性・水添+ストレートアスファルト	改質 C	水添のみ
	非変性・高水添+ストレートアスファルト	改質 D	高レベルの水添のみ

表-2 アスファルトコンクリートの性能評価試験

評価試験名	評価指標	性能項目
ホイールトラッキング試験 (WT 試験)	動的安定度 (DS)	塑性流動抵抗性
直接引張試験	破壊時応力 破壊時ひずみ	ひび割れ抵抗性
熱劣化エージング後の 直接引張試験	破壊時応力 破壊時ひずみ	熱劣化抵抗性

表-3 AASHTOR30 の劣化条件

劣化段階	劣化内容	摘要
混合時の コンディショニング	練り混ぜ後の緩い混合物において、 混合物の締固め温度で2時間加熱する	実験室で作製する混合物に適用し、プラント等で作製する混合物には適用しない
短期間エージング	混合時のコンディショニング後、 135℃で4時間加熱する	混合物がプラントから現場で締固めされるまでの劣化を想定したシミュレーション
長期間エージング	短期間エージング後、混合物を締固め、 16時間冷却後、85℃で120時間加熱する	混合物が締固められ、何年も供用する間に起こる劣化を想定したシミュレーション

4. 評価試験の結果及び考察

(1) WT 試験の結果

WT 試験の結果として、各混合物の DS とわだち掘れ深さの値を図-1 と図-2 にそれぞれ示す。図-1 より、改質 A の供試体が最も DS が大きく、次に改質 N、ストアスとの順になった。DS が大きいほど塑性流動抵抗性が高いものとされている。

わだち掘れ深さに関しても、改質 A が最も小さい値になり、次点で改質 N、ストアスとなった。これらのことから、ここでの検討においては新型ポリアスが最も塑性流動抵抗性が優れている。

このような結果になった要因は、改質 A に添加したポリマーの高い改質効果によるものである。改質 A の塑性流動抵抗性が改質 N よりも高い結果となっており、一般に運用している SBS よりも改良型エラストマーの改質効果が高いといえる。

(2) 直接引張試験の結果

直接引張試験の結果から求めた各混合物の破壊強度を図-3 に、破壊時ひずみを図-4 に示す。図-3 より、改質 A の供試体が最も破壊強度が大きく、改質 N、ストアスの順という結果である。

破壊強度については、改質 A に使用したポリマーの改質効果によって、改質 A の粘結力が高く、その供試体が最も破壊強度が大きくなったと考えられる。

また、図-4 より、改質 A が最も破壊ひずみが大きくなり、その次に改質 N、ストアスという順序である。破壊時ひずみについても、改質 A のポリマーの改質効果によるもので、粘結力に加えて延伸性も向上したと評価される。これらの結果から、改質 A が最もひび割れ抵抗性が高いといえる。

(3) 劣化エージング後の直接引張試験の結果

劣化エージングを施したアスコンの性能評価として、短期間エージング後の各混合物の破壊強度、破壊時ひずみの結果を図-5、図-6 に、長期間エージングの破壊強度と破壊時ひずみの結果を図-7、図-8 にそれぞれ示す。

図-5、図-6 より、短期間エージング後の供試体は各バイндаともエージングの無い直接引張試験の結果よりも破壊強度が増加しており、改質 A が最も大きく、ストアスが最も小さいという序列の傾向は一

致している。その一方、破壊時ひずみの結果、はストアスが最も大きく、改質 N と改質 A が同程度の値となっている。

このような結果となった要因は、アスファルトバイндаは熱劣化によって硬くなる傾向があり、本研究のバイндаにおいても劣化したことにより各バイндаの破壊強度が増加したものと考えられる。破壊時ひずみについては、改質 N、改質 A はともにストアスよりも低下し、改質 N と改質 A は短期間エージングの作用により破壊時ひずみに多少の減少が認められるが、ストアスはエージングを施さない場合とほぼ同じであり、破壊強度も改質 N と改質 A はかなり増加したことも考慮すると、熱劣化によってポリマーの状態が変化していることが示唆される。

図-7、図-8 より、長期間エージング後に対する結果は短期間エージング後の結果と同様となっており、短期間エージング後の結果よりも全体的に破壊強度は増加し、破壊時ひずみは減少している。ストアスについても約 20%減少している。

この要因も短期間エージング後の場合と同様のものと考えられ、この要因も短期間エージング後の結果と同様のものと考えられ、エージングによるバイндаの硬化増加と延伸性減少の傾向が認められる。破壊時ひずみについては短期間エージング後の結果と比較すると、どのバイндаともほぼ同じ割合で低下していることから、ポリマーの有無や種類の違いによるものは少ないと推察される。

エージングなし、短期間エージング後、及び長期間エージング後の破壊時ひずみの推移に着目して考察すると、改質 A は、エージングのない状態ではひび割れ抵抗性が高く、エージングの進行に伴ってひび割れ抵抗性は減少していき、エージングがかなり進行した状態ではストアスと同等あるいはわずかに劣るひび割れ抵抗性であると考えられる。

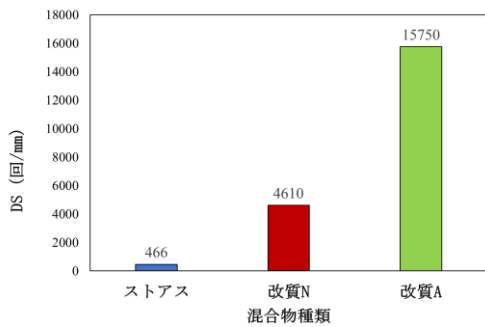


図-1 各混合物のDS

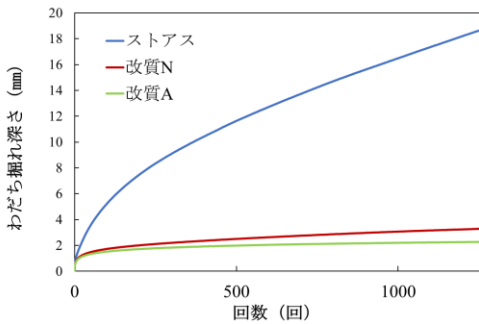


図-2 各混合物のわだち掘れ深さ

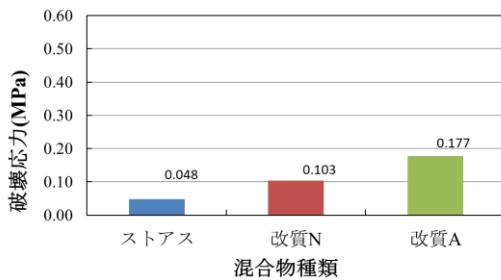


図-3 各混合物の破壊強度

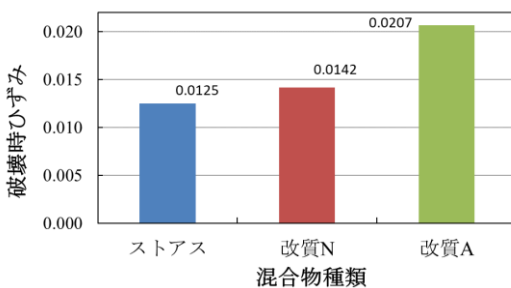


図-4 各混合物の破壊時ひずみ

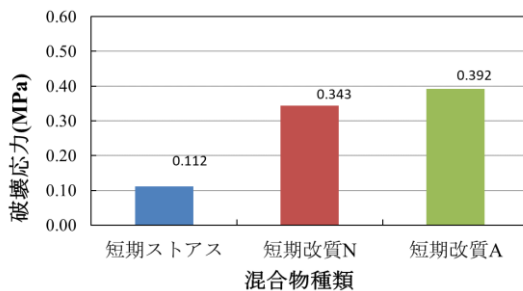


図-5 短期間エージング後の各混合物の破壊強度

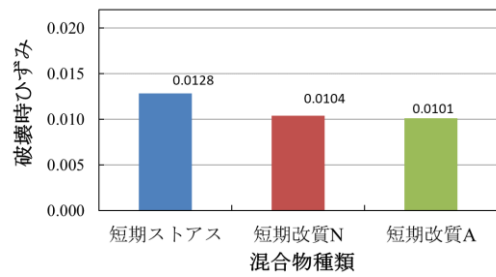


図-6 短期間エージング後の各混合物の破壊時ひずみ

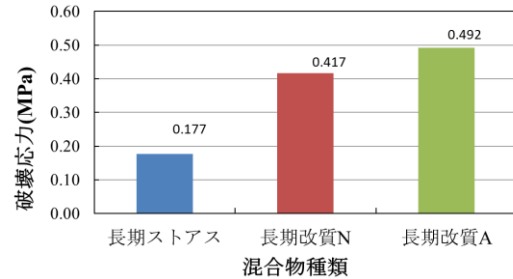


図-7 長期間エージング後の各混合物の破壊強度

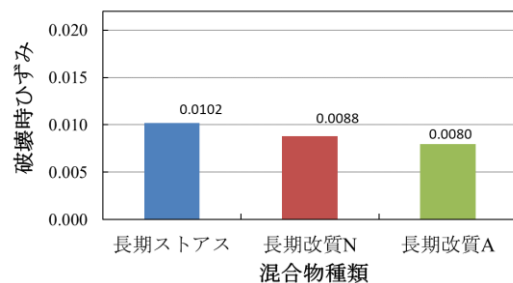


図-8 長期間エージング後の各混合物の破壊時ひずみ

5. まとめ

本研究では、新型ポリアスを用いたアスコンの耐久性について評価した。本研究で得られた知見は以下のとおりである。

- ・改質 A の塑性流動性はかなり高く、通常の改質 N と同等以上の性能である。
- ・改質 A のひび割れ抵抗性は、エージングの無い状態ではかなり高いが、エージング後の進行に伴って性能は低下し、エージングがかなり進行した状態では、ストアスと同等あるいはわずかに劣る性能である。

参考文献

- 1) 国土交通省, 道路統計年報 2020, 道路の現況, 表 3 道路実延長内訳の総括表, <https://www.mlit.go.jp/road/ir-ir-data/tokei-nen/2020/nenpo02.html>, 2020
- 2) 公益社団法人 日本道路協会, 『舗装調査・試験法便覧 (平成 31 年版) 〔第 3 分冊〕』, pp44-64, 2019