

アスファルトに代わる舗装材料の開発

世紀東急工業(株) 技術本部 技術研究所

○ミ ミ サン

〃

村井 宏美

国立研究開発法人土木研究所 材料資源研究グループ 百武 壮

1. はじめに

日本はパリ協定に基づき、2050年までにカーボンニュートラルを達成し、2030年までに温室効果ガスを46%削減することを目指している。道路舗装分野でも、化石原料に代わる脱炭素原料の導入が求められている。従来より、使用されてきた石油アスファルト（以下、アスファルト）は原油から製造されるため、供給の不安定や価格高騰の影響を受けやすく、安定的な確保が難しくなっている。そのため、アスファルトを代替する持続可能バインダ（以下、代替バインダ）への関心が高まっている。

そこで、天然素材や植物由来のオイル系材料、リサイクル材料を使用した代替バインダの開発を実施した。さらに、国立研究開発法人土木研究所と世紀東急工業（株）の共同研究「カーボンニュートラルに資するアスファルト代替舗装材料の研究開発」を実施し、各種性状、試験施工および供用性の評価を行った。

2. 開発の目的

本開発の目的は、将来的にアスファルトの一部または全部を置き換えられる舗装材料の開発と、環境負荷低減効果の実現である。具体的な目標は、代替バインダを使用した混合物(以下、代替混合物)が、一般的なアスファルト混合物と同様の混合物性状および施工性を有し、供用性においても同等の性能を持つこととした。

3. 代替バインダの概要

代替バインダに使用する素材としては、天然アスファルト由来のギルソナイト、植物由来のオイル系材料および廃プラスチック材料（以下、廃プラ）を選定した

り。また、選定した代替バインダの配合を表-3.1、概要を図-3.1に示す。代替バインダを使用した配合方法は、通常のアスファルト混合物ではバインダにストアスなどを使用するが、本検討ではバインダの全てを代替バインダに置き換えのち、最適バインダ量を確認して決定配合とした。

また、代替バインダはアスファルトと組成が異なるため、混合物で性状を評価した²⁾。代替混合物の基本性状を表-3.2に示す。試験の結果、どちらのバインダを使用した密粒度混合物もマーシャル安定度はほぼ同程度の値であるが、動的安定度は代替混合物において良好な値が得られた。また、代替混合物の曲げ強度はストアス混合物と比較して小さい傾向がみられたが、破断ひずみは2倍程度の値となった。

表-3.1 代替バインダの配合

	オイル系材料	ギルソナイト	廃プラ
配合割合(%)	60	40	0.3 (対混合物)



図-3.1 代替バインダの概要

表-3.2 混合物の基本性状

評価項目	代替混合物	ストアス混合物
バインダ量(%)	5.0	5.5
密度(g/cm ³)	2.370	2.398
マーシャル安定度(kN)	13.8	12.6
フロー値(1/100cm)	25	29
残留安定度(%)	89.2	89.2
動的安定度DS(回/mm)	3,150	423
曲げ強度(MPa)	2.35	7.53
破断時のひずみ(×10 ⁻³)	7.1	3.9

なお、表－3.3 に示す通り、試験練りおよび試験施工を実施した結果、混合ムラなどなく良好な混合物性状が得られた。製造時の温度はギルソナイトの融点が高いため、ストアス混合物より約 10℃高くなった。試験施工では、一般的な施工機械で問題なく施工できることを確認し、作業員からは代替混合物が一般的なアスファルト混合物より若干軽いとの評価があった。

表－3.3 代替混合物の製造・施工概要

項目	詳細
製造場所	世紀東急(株) 佐倉混合所
製造温度(℃)	175～185
代替バインダの温度	常温
敷均し温度(℃)	160以上
初期値転圧温度(℃)	150以上
二次転圧温度(℃)	110以上

4. 舗装走行実験場による促進载荷試験の供用性評価

4.1 評価内容

代替混合物の供用性を評価するため、土木研究所の舗装走行実験場において、舗装走行試験用荷重車を無人走行させ、一般の道路で数年に相当する交通荷重を短期間で再現し、荷重車走行前後でのわだち掘れ量などの変化を調査した。評価した舗装および調査の概要を表－4.1 に、施工状況を写真－4.1～4.3 に示す。

表－4.1 舗装走行実験場の舗装・調査概要

項目	詳細
舗装概要	場所 (国研)土木研究所 舗装走行実験場
	混合物種類 代替混合物の密粒度混合物13
	施工日 2023年7月
	施工規模 幅員3.5m×延長15m
	製造場所 世紀東急工業(株) 佐倉混合所
	舗装構成 切削オーバーレイ(表層5cm)
促進载荷	荷重車 車両重量392KN(40トン)、4台
	走行速度 40km/h
調査内容	すべり すべり抵抗値(BPN)、動的摩擦係数(μ_{60})
	横断形状 最大わだち掘れ量(mm)
	目視観察 ひび割れ、色の変化等



写真－4.1 敷均し



写真－4.2 転圧



写真－4.3 完成

4.2 評価結果

荷重車の走行中の様子を写真－4.4 に、荷重車走行前後の路面性状を表－4.2 に示す。表に示す通り、すべり抵抗値(BPN)および動的摩擦係数(μ_{60})は、施工直後から 50 万輪走行後の値が概ね同程度であった。また、図－4.1 に示す通り、わだち掘れ量にも大きな変化は見られなかった。

ただし、写真－4.5 に示す通り、30 万輪走行後までは路面性状に問題はなかったが、40 万輪走行後から表面にひび割れが発生し、50 万輪走行後には多少進行した。ひび割れは、車輪走行部の一部に発生し、形状はヘアクラックに近い。また、舗設直後と比較して舗装表面のバインダモルタル分が減少していることと、基層にクラックはなかったため、ひび割れは舗装表面から生じたと推測できる。さらに、発生時期は、夏期の高温時と一致し、高温時のひび割れ抵抗性に課題があると推測される。



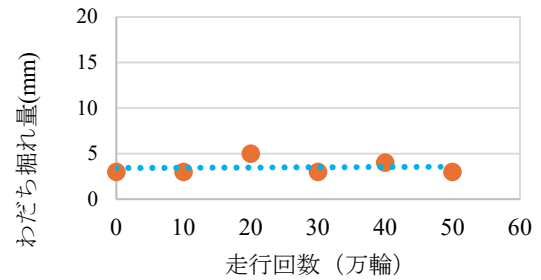
写真－4.4 荷重車走行中



写真－4.5 50 万輪走行後のひび割れ発生状況

表－4.2 路面性状

経過	調査日	すべり抵抗値		動的摩擦係数 μ_{60}		わだち掘れ量 (mm)	クラック (目視)
		BWP(中)	OWP(左)	BWP(中)	OWP(左)		
施工直後	2023/7/31	88	88	0.47	0.47	3	無し
10万輪後	2023/11/8	79	76	0.45	0.43	3	無し
20万輪後	2023/12/26	79	74	0.45	0.49	5	無し
30万輪後	2024/4/3	80	78	0.49	0.49	3	無し
40万輪後	2024/7/30	76	81	0.46	0.49	4	有り
50万輪後	2024/11/12	77	77	0.56	0.59	3	有り
目標値	-	60以上		-		-	-



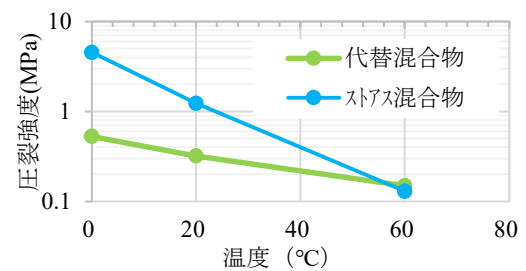
図－4.1 わだち掘れ量

5. ひび割れ抵抗性に関する検討

5.1 圧裂強度比と高温カンタブロ損失率による高温時のひび割れ抵抗性

代替混合物のひび割れ抵抗性を確認するため圧裂強度比およびカンタブロ損失率を測定した。圧裂強度比は、0℃の圧裂強度を60℃の値で除したものである。一般的には、この値が大きいとわだち掘れが発生しやすく、小さいとひび割れが生じやすいとされている^{3)、4)、5)}。

試験の結果を図－5.1、表－5.1～5.2に示す。代替混合物の圧裂強度は、60℃ではストアス混合物と同程度であったが、0℃と20℃では低い傾向となった。また、代替混合物のカンタブロ損失率は0℃では良好であった。それ以外の温度ではストアス混合物よりカンタブロ損失率が高い傾向であった。なお、60℃でのストアス混合物のカンタブロ損失率は0%ではあったが、供試体は変形する現象が見られた。



図－5.1 圧裂強度

表－5.1 圧裂強度とカンタブロ損失率

種類	圧裂強度(Mpa)			カンタブロ損失率(%)		
	0℃	20℃	60℃	0℃	20℃	60℃
代替混合物	0.53	0.32	0.15	9.5	27.5	63.0
ストアス混合物	4.56	1.24	0.13	12.4	3.4	0.0

表－5.2 圧裂強度比と高温カンタブロ損失率

種類	カンタブロ損失率 (%)		
温度	0℃	20℃	60℃
代替混合物	9.5	27.5	63.0
ストアス混合物	12.4	3.4	0.0

アスファルト混合物の指標で評価した場合、代替混合物の圧裂強度比の値が20未満であり、ストアス混合物より小さいことから、わだち掘れが発生しにくく、ひび割れが生じしやすい性状と言える。さらに、圧裂強度比と高温カンタブロ損失率の関係から、圧裂強度比が20未満かつ高温カンタブロ損失率が2.4以上であるため、高温時のひび割れ抵抗性が低いと言える。ただし、代替混合物は0℃で良好な性状が得られており、アスファルト混合物と挙動が異なることから、一般的な指標では評価しきれない可能性も考えられる。

5.2 脆化点の確認

アスファルト舗装のひび割れは、アスファルトの脆化による材料劣化、交通荷重、温度変化などが原因で発生する⁶⁾。そこで、代替混合物の脆化点を把握するため、小型曲げ試験を行った。試験の概要を表－5.3に示す。

図－5.2～5.3に示す通り、代替混合物の曲げ強度から求めた脆化点は、-40℃以下の低温域にあることを確認

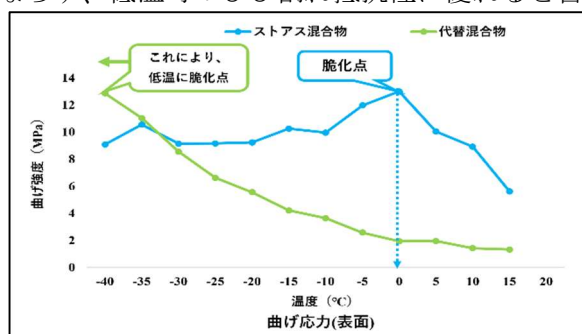
表－5.3 小型曲げ試験の概要

混合物の種類	ストアス混合物、代替混合物
載荷速度	10mm/min
支点間距離	80mm
原点補正	有
供試体寸法	厚さ：20mm 長さ：120mm 幅：20mm
供試体採取位置	表面：混合物表面から0～20mm 内部：混合物表面から20～40mm

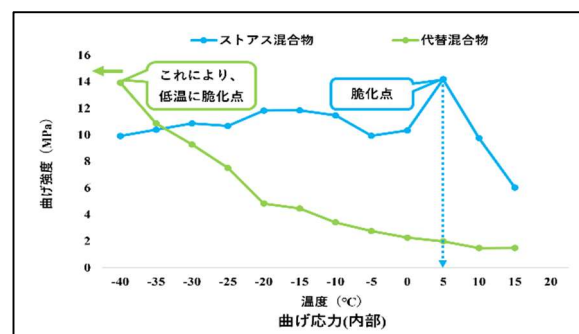
した。また、各混合物の曲げ強度および破断ひずみから求めた脆化点を表—5.4 に示す。これらの結果から、代替混合物は脆化点が 0℃以下と低いため、低温でも脆くならず、低温時のひび割れ抵抗性に優れると言える。

表—5.3 各混合物の脆化点

脆化点 (℃)	ストアス混合物		代替混合物	
	曲げ強度	ひずみ	曲げ強度	ひずみ
表面	0	-5	-40 以下	-35
内部	5	0	-40 以下	-30



図—5.2 曲げ強度（表面）



図—5.3 曲げ強度（内部）

6. まとめ

以下に研究の成果をまとめる。

- 促進載荷試験の結果、代替混合物は、30 万輪走行後（N4 交通で 20 年間に相当）までは、供用に問題ないことを確認できた。
- 供用性評価から、代替混合物はわだち掘れ抵抗性に強いと言える。
- 代替混合物の圧裂強度比が小さいため、わだち掘れが発生しにくく、ひび割れが生じしやすいと言える。しかし、脆化点が-40℃程度と低かったことから、一般的なアスファルトの評価とは異なり、低温時のひび割れ抵抗性に優れることが確認できた。
- 圧裂強度比と高温カンタプロ損失率の関係から、代替混合物の高温時のひび割れ抵抗性が低いことが確認できた。

7 おわりに

石油アスファルトに代わる代替バインダを使用した混合物の検討を行った結果、一般的なアスファルト混合物と同等の混合物性状、施工性が得られた。さらに、わだち掘れ抵抗性と低温性状はアスファルト混合物よりも優れる結果を得た。しかし、長期供用を想定すると高温時のひび割れ抵抗性に課題がある。今後は、代替バインダの使用量や置換量を検討するなど課題解決に努め、実用化に向けた検討を進めたい。

【参考文献】

- 1) 村井宏美、ミミサン、源藤勉：天然素材を使用した代替バインダの検討、第 35 回日本道路会議、2023.11
- 2) ミミサン、堤丈瑠、村井宏美、田中俊輔：アスファルトに代わる舗装材料に関する検討、土木学会、第 79 回年次学術講演会 V628、2024
- 3) 建設省関東技術事務所：昭和 56 年度試験道路における試験調査報告書(1982)
- 4) 阿部頼政：第 5 回アスファルト規格試験とその意義(1)、アスファルト、Vol.17、No.96(1974.4)
- 5) 掛札さくら、川上篤史、藪雅行、新田弘之、山本富業：再生アスファルト混合物評価方法としてのカンタプロ損失率と圧裂強度比の関係、舗装 pp24-29、57-9、2022
- 6) 佐々木徹、新田弘之：促進紫外線劣化試験における舗装表面のアスファルト劣化性状土木学会論文集 E1(舗装工学)、2020、25、Vol.76、No.2、p.I_211-I_216