

共同研究報告書

整理番号第 536 号

未利用アスファルト材料を用いた
床版舗装の適用性に関する
共同研究報告書

—溶剤脱れきピッチの特徴を活かした橋梁舗装材料の開発—

令和 3 年 3 月

国立研究開発法人土木研究所
株式会社 NIPPO
JXTG エネルギー株式会社

Copyright © (2021) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、国立研究開発法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、国立研究開発法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

未利用アスファルト材料を用いた床版舗装の 適用性に関する共同研究報告書

—溶剤脱れきピッチの特徴を活かした橋梁舗装材料の開発—

国立研究開発法人土木研究所舗装チーム	上席研究員	藪 雅之
	総括主任研究員	寺田 剛
	主任研究員	川上 篤史
	交流研究員	渡邊 真一

株式会社 N I P P O 技術研究所研究第二グループ 課長	植松 祥示
技術研究所研究第二グループ 副主任研究員	菊池 玲児

J X T G エネルギー株式会社

産業エネルギー部 コークス・アスファルトグループ 担当マネージャー

御領園 裕一

中央技術研究所 燃料技術グループ シニアスタッフ

小早川 尚之

要 旨

床版舗装は、床版面の水分影響を無くすため水密性を有するとともに、表層のひび割れを防ぐためにたわみ追従性を有する重要な役割を果たしている。しかし、この目的に舗設されるグースアスファルト混合物に用いられるアスファルトは、南米の限られた場所でしか採掘できないこと、輸送距離が非常に遠距離であること、硬質な固体であることから混合物製造時には作業性が良くないのが現状である。また、特異な臭気を放つため、製造場所、施工場所周辺の環境に与える影響が大きいのも課題である。

そこで、国立研究開発法人土木研究所と JXTG エネルギー(株)、(株)NIPPO は、平成 28 年度～令和元年度において共同研究を実施し、未利用アスファルト材料としてナフテン系 VR と SDA ピッチに着目し、従来のグースアスファルト混合物の機能に加え、耐久性を向上させ環境への負荷が低減可能な床版用舗装材料の開発を実施した。結果、耐流動性に優れ長期供用性が期待でき、環境負荷が少ない、従来の施工方法と同様な施工が可能な混合物を開発した。

キーワード：未利用材料、臭気低減、温度低減、環境負荷低減、グースアスファルト舗装、鋼床版舗装、コンクリート舗装

— 目 次 —

1. はじめに	1
1. 1 研究目的	1
1. 2 研究概要	1
1. 3 研究項目	1
1. 4 研究計画	1
2. 平成 28 年度 (2016 年度) の研究報告	2
2. 1 研究項目	2
2. 2 未利用アスファルト系材料	2
2. 2. 1 減圧蒸留残油	2
2. 2. 2 溶剤脱れきピッチ (SDAピッチ)	3
2. 3 検討材料の選定	4
2. 4 ブレンドバインダの配合調整	5
2. 5 混合物における検討	7
2. 5. 1 混合物の配合および製造条件	7
2. 5. 2 使用材料	7
2. 5. 2. 1 使用材料の産地および納入業者	7
2. 5. 2. 2 使用材料の基準試験結果	8
2. 5. 3 骨材配合および合材粒度	9
2. 5. 4 混合物性状	10
2. 6 得られた成果と課題	11
2. 7 耐流動性向上に向けた予備検討	11
2. 7. 1 樹脂系改質剤の検討	12
2. 7. 1. 1 熱可塑性樹脂	12
2. 7. 1. 2 芳香族系石油樹脂	12
2. 7. 2 検討配合および性状確認項目	13
2. 7. 3 試験結果	14
2. 7. 3. 1 針入度試験結果	14
2. 7. 3. 2 軟化点試験結果	14
2. 7. 3. 3 伸度試験結果	15
2. 7. 3. 4 フラース脆化点試験結果	15
2. 7. 3. 5 60℃粘度試験および二重円筒回転粘度試験結果	16
2. 7. 4 予備検討のまとめ	17
3. 平成 29 年度 (2017 年度) の研究報告	18
3. 1 研究項目	18
3. 2 検討バインダ配合および混合温度	18

3.3	試験方法	19
3.4	目標とする混合物性状	19
3.5	使用材料	19
3.5.1	使用材料の産地および納入業者	19
3.5.2	使用材料の基準試験結果	20
3.6	骨材配合および合成粒度	21
3.7	混合物性状	22
3.7.1	リュエル流動性	22
3.7.2	貫入量（供試体密度確認）	23
3.7.3	動的安定度	24
3.7.4	曲げ強度・曲げ破断ひずみ	25
3.8	試験結果	27
3.9	まとめ	29
4.	平成30年度（2018年度）、令和元年度（2019年度）の研究報告	30
4.1	研究項目	30
4.2	開発グースの配合	30
4.2.1	ベースバインダおよび混合温度	30
4.2.2	配合試験	30
4.2.2.1	試験項目および試験方法	30
4.2.2.2	使用材料	31
4.2.2.3	開発グースの配合試験結果	34
4.3	開発グースの臭気低減効果	37
4.3.1	臭気測定方法	37
4.3.2	臭気測定結果	38
4.3.3	臭気の定量評価方法の検討	38
4.4	開発グースの試験練り（汎用機械における製造）	42
4.4.1	目的	42
4.4.2	試験練り条件	42
4.4.3	試験項目	43
4.4.4	試験練り結果	44
4.4.5	まとめ	46
4.5	開発グースの試験施工（汎用機械による施工）	47
4.5.1	目的	47
4.5.2	試験施工概要	47
4.5.3	使用混合物	49
4.5.4	施工機械	51
4.5.5	施工手順	52
4.5.6	試験施工における試験および調査項目	53
4.5.7	試験施工結果	55

4. 5. 7. 1	鋼床版	55
4. 5. 7. 2	コンクリート床版	67
4. 5. 8	追跡調査	79
4. 5. 8. 1	鋼床版	79
4. 5. 8. 2	コンクリート床版	85
4. 6	まとめ	90
4. 6. 1	鋼床版	90
4. 6. 2	コンクリート床版	91
5.	今後の課題	91

1. はじめに

1. 1 研究目的

石油精製に伴い生成される材料としては、ストレートアスファルトを主に舗装用材料として活用しているが、未利用のアスファルト系材料としてはピッチあるいはナフテン系オイルなどがある。

本研究は、これらの材料および第3の材料を活用した流動化アスファルト混合物(以下、開発グース)について橋梁床版への適用性を研究し、加えて従来のグースアスファルト混合物(以下、従来グース)の課題改善も目的に検討を実施する。

1. 2 研究概要

研究は、石油生成物の種類や配合などを調整することにより、従来グースの機能に加え、わだち掘れ対策として耐流動性を向上させた混合物を検討する。

また、製造・施工時の臭気対策として、従来工法より低温で流動性を確保できる混合物を検討し、臭気低減の効果と汎用機械による施工性を検証する。

さらに、従来工法より低温施工にすることでブリスタリングの発生を抑制し、コンクリート床版などへの適用性に関しても検討する。

1. 3 研究項目

研究項目は以下に示すとおりである。

- (1) 未利用アスファルト材料の調査および性状分析
- (2) 床版舗装材料としての適用性に関する検討および実証実験
- (3) 未利用アスファルト材料を用いた床版舗装技術等の提案

1. 4 研究計画

本共同研究の実施期間は、平成28年5月25日から令和元年5月までとし、全体研究計画は表-1.4.1に示すとおりである。

表-1.4.1 研究全体計画

研究項目・内容		平成28年				平成29年				平成30年				H31	
		1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	
(1)未利用アスファルト材料の調査および性状分析															
①	未利用石油生成物の調査		■	■	■										
②	各種石油生成物の性状分析 (ピッチおよびナフテン系オイルなど)		■	■	■	■									
(2)床版舗装材料としての適用性に関する検討および実証実験															
①	各種石油生成物の配合調整と混合物性状の検討 (ピッチおよびナフテン系オイルなど)			■	■	■	■	■							
②	低温流動性を改善した混合物の臭気低減効果と 汎用機械による施工性の検証						■	■	■	■	■	■			
(3)未利用アスファルト材料を用いた床版舗装技術等の提案											■	■	■	■	■

2. 平成 28 年度（2016 年度）の研究報告

2. 1 研究項目

平成 28 年度（2016 年度）においては、表-1.4.1 に示した計画のうち（1）未利用アスファルト材料の調査および性状分析について検討するものである。

未利用材料の選定・成分分析、選定材料の配合・性状確認をしたのち、従来グース代替品の検討および従来グースの課題である耐流動性向上の予備検討を実施した。

2. 2 未利用アスファルト系材料

図-2.2.1 は一般的な石油精製のフローとそこから生産される各製品を示したものである。本検討において未利用アスファルト材料として使用した減圧蒸留残油および溶剤脱れきピッチ（SDAピッチ）について、以下に説明する。

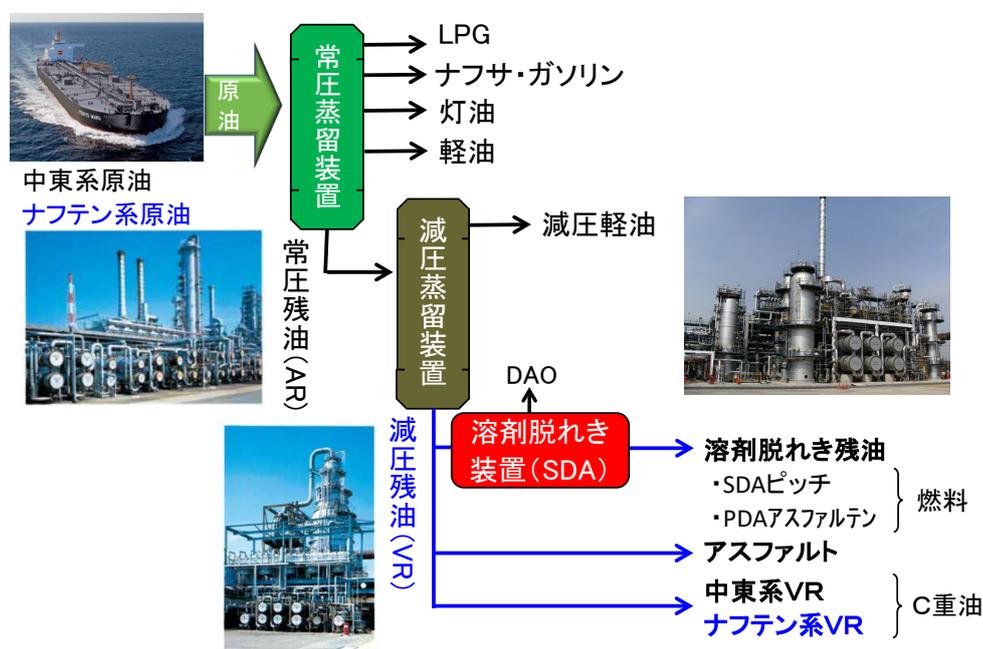


図-2.2.1 石油精製フロー

2. 2. 1 減圧蒸留残油

原油はその化学的特性によりパラフィン基原油、ナフテン基原油、中間基原油の3種類に大別され、アスファルトの製造には一般的にナフテン基原油、中間基原油（中東系など）が用いられている。

減圧蒸留残油（VR：Vacuum Distillation Residue）とは、原油を常圧蒸留装置で処理したボトム留分を更に減圧蒸留装置で精製した際のボトム留分であり、針入度を調整してアスファルトとして採取する以外には、C重油基材やボイラー燃料にも利用されている。

ナフテン基原油、中間基原油をある条件で処理した際のVR留分の性状は表-2.2.1に示すとおりである。

表-2.2.1 減圧蒸留残油（VR）の性状

項 目	ナフテン系VR	中東系VR
針入度(25°C), 1/10mm	300 超	300 超
密度(15°C), g/cm ³	0.996	1.014
100°C動粘度, mm ² /s	476	692
120°C動粘度, mm ² /s	161	383
組成分析(カラム法)		
飽和分, mass%	3.9	8.6
芳香族分, mass%	58.5	27.7
レジン分, mass%	27.2	26.6
アスファルテン分, mass%	10.2	37.1

アスファルト採取モード以外では表-2.2.1のような高針入度VRも採取可能であり、本検討ではその特徴を活かして、硬質基材（後述する溶剤脱れきピッチ）の針入度および軟化点の調整基材として選定した。

2. 2. 2 溶剤脱れきピッチ（SDAピッチ）

石油精製では、減圧蒸留残油を原料に高粘度潤滑油や燃料基材を採取する際に、溶剤に対する溶解度の違いを利用した溶剤抽出（SDA：Solvent DeAsphalting）プロセスを用いており、溶剤脱れきピッチは、そのプロセスから生成される超重質留分である。

溶剤脱れきピッチは、抽出溶剤によりその性状が大きく異なり、一般的には重質な抽出溶剤を使用した場合、ピッチの性状は硬質である。抽出溶剤としてプロパン、ブタン、ペンタンを使用したケースにおけるピッチの針入度、軟化点および組成分析（カラム法）結果は表-2.2.2に、それぞれのピッチ形状は写真-2.2.1～写真-2.2.3に示すとおりである。

表-2.2.2 溶剤脱れきピッチの種類とその性状

項 目	溶剤脱れきピッチ			
	使用溶剤	プロパン	ブタン	ペンタン
針入度(25°C), 1/10 mm		10	1	1
軟化点(R&B), °C		70.0	90.5	137.0
組成分析(カラム法)				
飽和分, mass%		3.9	8.6	6.7
芳香族分, mass%		58.5	27.7	6.8
レジン分, mass%		27.2	26.6	6.2
アスファルテン分, mass%		10.2	37.1	77.2



写真-2.2.1 プロパン脱れきピッチ



写真-2.2.2 ブタン脱れきピッチ



写真-2.2.3 ペンタン脱れきピッチ

上記3種の溶剤脱れきピッチのうち、ペンタン脱れきピッチはその発熱量の高さを活かして、現在、タービン発電におけるボイラー燃料として利用されているものの、アスファルテン分が非常に高いことから、高温下に長時間曝されるグースアスファルト混合物に利用することで熱劣化低減に寄与できる可能性があると考えられる。

また、ピッチは天然アスファルトであるギルソナイト（写真-2.2.4）に類似しており、従来のグースアスファルト混合物の材料であるトリニダッドレイクアスファルトと比較すると、軽質留分が除去されていることで低臭気かつ、より硬質である。本性質はグースアスファルトの課題である耐流動性の向上や臭気低減に寄与できる可能性があると考えられる。



写真-2.2.4 ギルソナイト

以上の理由により、本検討における硬質基材としてペンタン脱れきピッチを選定した。以後、ペンタン脱れきピッチをSDAピッチと称す。

2.3 検討材料の選定

減圧蒸留残油2種から最も適切な基材を設定するために加熱安定性の性能評価試験を実施した。VRにSDAピッチを溶かし、針入度15に調整したブレンドバイндаを用いて薄膜加熱試験を実施し、試験後の軟化点を評価した。その結果は図-2.3.1に示すとおりである。

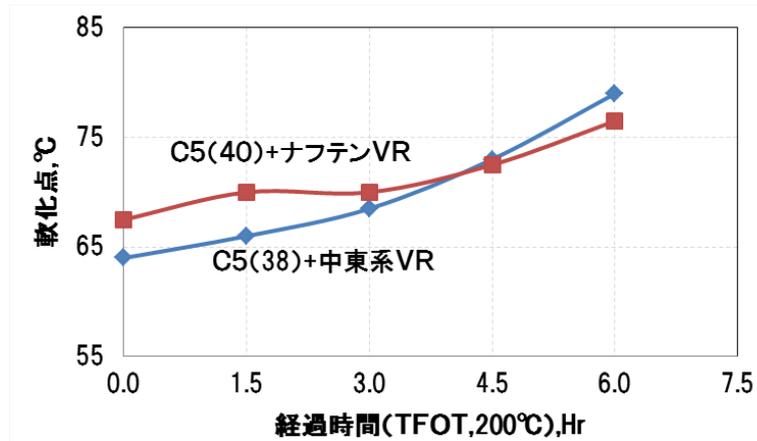


図-2.3.1 薄膜加熱後の軟化点の変化

ナフテン系VRで調整したブレンドバインダは軟化点の変化率が中東系VRより小さいため、若干ではあるが加熱安定性に優れているのではないかと考える。

また、ナフテン系原油はオーストラリア産であるが、中東産原油より品質のばらつきが小さいという原油の特徴から品質安定性も高いと考える。

以上のことから、VRはナフテン系VRを選定した。

よって、本検討に用いるブレンドバインダは以下の2材を用いて検討することにした。

硬質材：溶剤脱れきピッチ・・・ペンタン脱れきピッチ

基 材：減圧蒸留残油・・・・・・・・ナフテン系VR

2.4 ブレンドバインダの配合調整

一般的にストレートアスファルト20/40とトリニダッドレイクアスファルトを75:25の割合で混合して作られる従来グースの硬質バインダを比較標準として、SDAピッチの配合率を変えて5種類のブレンドバインダを製造し、それらの性状を確認した。ブレンドバインダの試製条件および確認項目は表-2.4.1にとおりである。

表-2.4.1 試製条件と確認項目

SDAピッチ配合率	30%	35%	39%	45%	50%
バインダ製造条件	180°C, 60分, 攪拌パドル回転数 300rpm				
性状確認項目	針入度, 軟化点, 伸度(25°C), 60°C粘度, 回転粘度				

5種類のブレンドバインダの性状試験結果は表-2.4.2、図-2.4.1に示すとおりである。

表-2.4.2 ブレンドバインダの性状一覧

VR:SDAピッチ	針入度	軟化点	伸度	60℃粘度	二重円筒回転粘度 (mPa·s)		
	1/10mm	℃	cm	Pa·s	180℃	210℃	240℃
50:50	6	76.5	1	39,242	272.0	92.5	41.5
55:45	11	69.5	6	10,894	280.0	65.0	31.0
61:39	17	63.5	75	2,691	115.5	45.0	22.5
65:35	24	61.0	150(+)	1,276	95.0	38.0	19.5
70:30	38	53.0	150(+)	562	81.0	34.0	17.5
従来グース	19	63.5	15	2,260	163.0	62.0	32.5

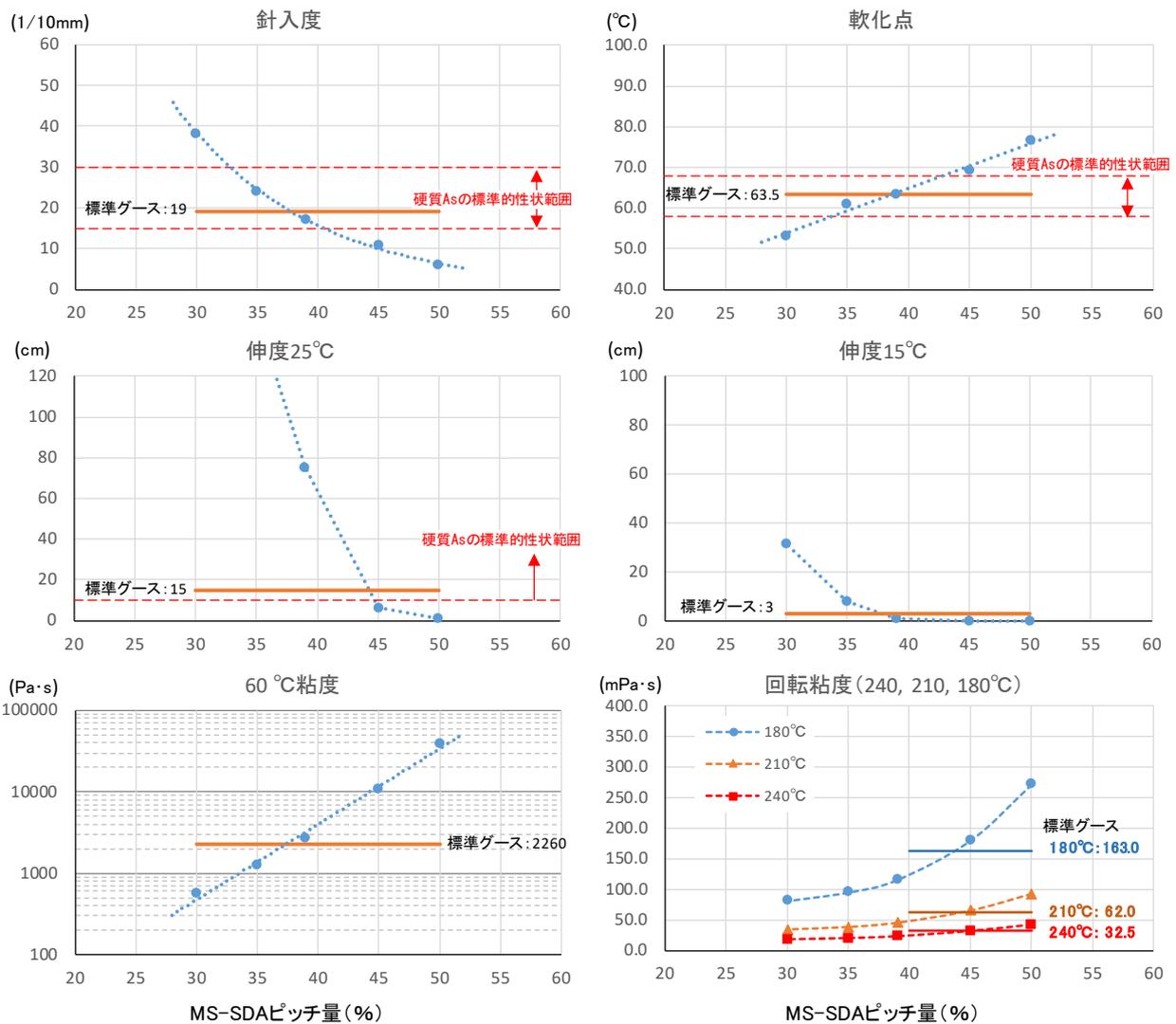


図-2.4.1 ブレンドバインダの性状試験結果

SDAピッチの添加量が増えるに従い、ブレンドバインダは硬質化、高粘性化の傾向にある。VR:SDAピッチ=61:39に着目すると、従来グースに対して針入度は同等であるが、伸度が5倍以上でありバインダの延性が高いことが確認できる。また、高温時の粘

度は低く、混合物温度の低減やアスファルト量の低減も期待できる。

以上の結果から、従来グースに用いられる硬質バインダと同等の性状と、その前後の性状が得られるナフテン系VRとSDAピッチの配合率を選択することにより、この2つの材料の従来グース代替品への適用性を判断できるのではないかと考える。選定したナフテン系VRとSDAピッチの配合比率とその性状は表-2.4.3に示すとおりである。

表-2.4.3 混合物での検討を実施するブレンドバインダの配合率とその性状

項目	配合種	ナフテン系VR：SDAピッチ			従来グース
		65：35	61：39	55：45	
針入度, (1/10mm)		24	17	11	19
軟化点, (°C)		61.0	63.5	69.5	63.5
伸 度 (25°C), (cm)		150(+)	75	6	15
60°C粘度, (Pa·s)		1,276	2,691	10,894	2,260
回転粘度 (240°C), (mPa·s)		19.5	22.5	31.0	32.5

2.5 混合物における検討

2.5.1 混合物の配合および製造条件

混合物の配合および製造条件は、以下のとおりである。

- ・骨材粒度・・・舗装調査・試験法便覧にある標準的な粒度範囲の中央値
- ・アスファルト量・・・施工性が従来グースと同一となる量（リュエル流動性 12 秒となる量）
- ・混合時間／混合物温度・・・60 分／240°C

2.5.2 使用材料

2.5.2.1 使用材料の産地および納入業者

使用材料の産地および納入業者は、表-2.5.1、写真-2.5.1～2.5.2に示すとおりである。

表-2.5.1 使用材料の産地および納入業者

材 料 名		業 者	産 地	備 考
碎石 6 号		東石物産(株)	栃木県佐野市	硬質砂岩
碎石 7 号		東石物産(株)		
粗 砂		西武建材(株)	埼玉県川越市	洗い砂
石 粉		奥多摩工業(株)	東京都西多摩郡	石灰岩
バインダ	ナフテン系VR	JXTG エネルギー(株)	千葉県市川市	
	SDAピッチ	JXTG エネルギー(株)	岡山県倉敷市	固形状



写真-2.5.1 ナフテン系VR



写真-2.5.2 SDAピッチ

2.5.2.2 使用材料の基準試験結果

使用材料の基準試験結果は表-2.5.2に示すとおりである。

表-2.5.2 使用材料の基準試験結果

項目		砕石 6号	砕石 7号	粗 砂	石 粉	規格値
通過質量百分率 (%)	19.0 mm	100.0				—
	13.2	95.6	100.0			
	4.75	2.6	87.2	100.0		
	2.36	0.4	7.1	95.0		
	0.600			44.8		
	0.300			21.9	100.0	
	0.150			7.5	92.3	
	0.075			3.8	79.2	
密度 (g/cm ³)	見 掛	2.668	2.685	2.673	2.721	—
	表 乾	2.644	2.646	2.612	—	砕石 2.45 以上
	か さ	2.629	2.623	2.575	—	—
吸水率 (%)		0.55	0.89	1.43	—	砕石 3.0% 以下

2. 5. 3 骨材配合および合材粒度

骨材配合および合成粒度は表-2.5.3、図-2.5.1に示すとおりである。

表-2.5.3 骨材配合および合成粒度

項 目		配合率 (%)	
骨材種別	碎石 6 号	22.0	—
	碎石 7 号	25.5	
	粗 砂	24.0	
	石 粉	28.5	
合成粒度	ふるい目	通過質量百分率 (%)	粒度範囲
	19.0 (mm)	100.0	100
	13.2	97.9	95 ~ 100
	4.75	75.1	65 ~ 85
	2.36	53.5	45 ~ 62
	0.600	41.1	35 ~ 50
	0.300	34.7	28 ~ 42
	0.150	28.5	25 ~ 34
	0.075	23.6	20 ~ 27

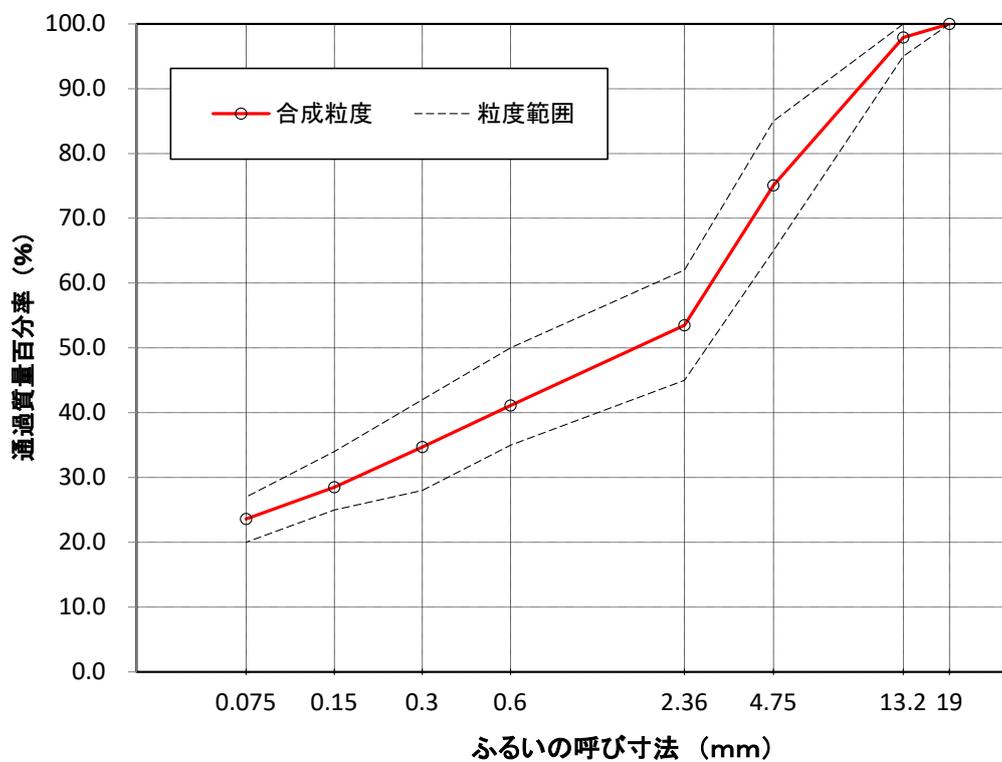


図-2.5.1 合成粒度曲線図

2. 5. 4 混合物性状

混合物性状評価項目は表-2.5.4 に示すとおりとし、その性状試験結果は表-2.5.5 に示すとおりである。

表-2.5.4 混合物性状評価項目

評価項目	試験方法	評価値	試験温度
耐流動性	ホイールトラッキング試験方法	動的安定度(回/mm)	60℃
貫入抵抗性	貫入試験方法	貫入量(mm)	40℃
たわみ性	曲げ試験方法	曲げ破断ひずみ	-10℃

表-2.5.5 混合物性状試験結果

VR : SDA	アスファルト量 %	動的安定度 回/mm	貫入量 mm	曲げ破断ひずみ $\times 10^{-3}$
65 : 35	6.6	356	1.5	8.94
61 : 39	7.0	642	1.2	9.04
55 : 45	7.3	1,068	1.1	9.17
従来グース	8.4	426	1.4	8.84

以上の結果から以下のことが言える。

①ホイールトラッキング試験結果

動的安定度は、従来グース同等以上の性能が確保できる。特に、ナフテン系VR : SDAピッチ=55 : 45は1,000回/mmを超え、グースとして十分な耐流動性を確保することができる。

②貫入量試験結果

貫入量は、従来グースと同等であり、舗装施工便覧に記載の一般的な目標値：1～6mm（基層）を満足することができる。

③曲げ試験結果

曲げ破断ひずみは、従来グースと同等であり、本州四国連絡橋・橋面舗装基準（案）の基準値： 8.0×10^{-3} 以上を満足することができる。

以上から、ナフテン系VRとSDAピッチのブレンドバイндаを用いることで、従来グースと同等以上の混合物性能を確保することが可能である。

また、定性的な評価ではあるが、トリニダッドレイクアスファルトを使用していないことから、混合物臭気は従来グースより弱く、特有な臭気は感じられない。

2. 7. 1 樹脂系改質剤の検討

2. 7. 1. 1 熱可塑性樹脂

検討した樹脂は、株式会社NUC社のエチレン-酢酸ビニル共重合体(EVA)とエチレン-アクリル酸エチル共重合体(EEA)を使用した。両材料は常温下では3mm程度の粒状であり取扱いは容易である。EVAの形状は写真-2.7.1に、EEAの形状は写真-2.7.2に、それぞれの代表性状は表-2.7.1に示すとおりである。



写真-2.7.1 EVA



写真-2.7.2 EEA

表-2.7.1 代表性状

銘柄	酢酸ビニル含有量 %	MFR g/10min	密度 g/cm ³	融点 °C	ピカット 軟化温度 °C	脆化温度 (F50) °C	引張 弾性率 MPa	引張 破壊応力 MPa	引張 破壊伸び %	デュロメータ硬さ	
										A硬さ HAD	D硬さ HDD
EVA NUC-3830	15	12	0.94	86	59	<-75	50	17	800	90	33
EEA DPDJ-6169	18	6	0.93	93	56	<-75	39	12	800	89	31

2. 7. 1. 2 芳香族系石油樹脂

検討した樹脂は、J X T Gエネルギー株式会社製のネオポリマー(170S)を使用した。常温下では0~10mm程度の粉末または顆粒状であり取扱いは容易である。ネオポリマーの形状は写真-2.7.3に、代表性状は表-2.7.2に示すとおりである。



写真-2.7.3 ネオポリマー(170S)

表-2.7.2 代表性状

銘柄	外観	色相 (ガードナー)	軟化点	酸価	臭素価	重量平均 分子量
			°C	mgKOH/g	g/100g	
ネオホ [®] リマー 170S	淡黄色フレーク	4	160	0.0	30	3,000

安衛法施行令第18条の2別表第9 名称等を通知すべき有害物: 該当物質なし
 PRTR法 第1種: 該当物質なし
 PRTR法 第2種: 該当物質なし

2.7.2 検討配合および性状確認項目

実施した配合は表-2.7.3に示すとおりであり、ブレンドバイндаの製造方法と性状確認項目は表-2.7.4に示すとおりである。

表-2.7.3 検討配合

配合番号		61:39	1-1	1-2	1-3	2-1	2-2	2-3	3-1	3-2	3-3
ナフテン系 VR	mass%	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61
SDA ヒッチ	mass%	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
EVA	mass%	—	0.5	1.0	1.5	—	—	—	—	—	—
EEA	mass%	—	—	—	—	0.5	1.0	1.5	—	—	—
ネオホ [®] リマー 170S	mass%	—	—	—	—	—	—	—	5.0	10.0	15.0

表-2.7.4 ブレンドバイндаの製造条件と性状確認項目

バイнда製造条件	200°C, 60分, 攪拌パドル回転数 300rpm
性状確認項目	針入度, 軟化点, 伸度 (25°C) フラス脆化点, 60°C粘度, 回転粘度

2. 7. 3 試験結果

2. 7. 3. 1 針入度試験結果

試験結果は図-2.7.2に示すとおりである。EVA、EEAは大きな変化は無いものの、ネオポリマーは添加量に応じて小さくなる傾向にある。

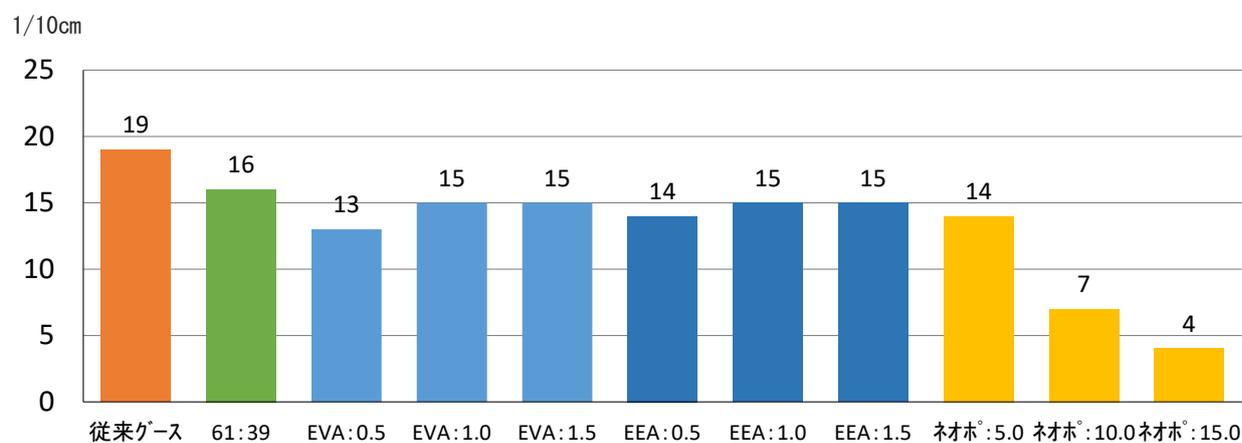


図-2.7.2 針入度試験結果

2. 7. 3. 2 軟化点試験結果

試験結果は図-2.7.3に示すとおりである。EVA、EEA、ネオポリマーは添加することによって従来グースや Base 配合より高い結果であるが、ネオポリマーは添加量に応じて高くなる傾向にある。

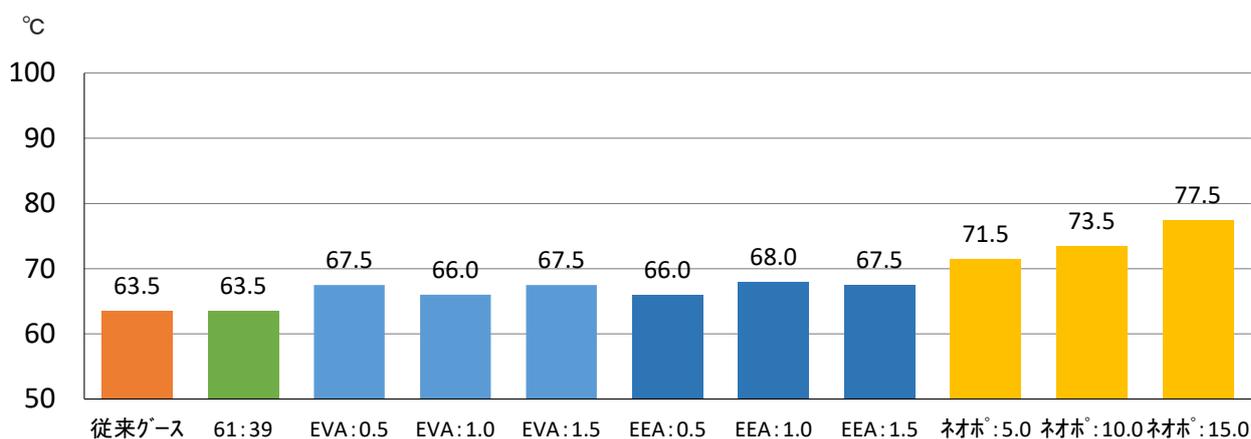


図-2.7.3 軟化点試験結果

2.7.3.3 伸度試験結果

試験結果は図-2.7.4に示すとおりである。EVA、EEA、ネオポリマーは添加することによって延性が失われる傾向にある。EVA、EEAは従来グースの目標値である10cm前後であり、ある程度の延性は確保できるが、ネオポリマーは極端に小さくなり延性が完全に失われてしまう傾向にある。

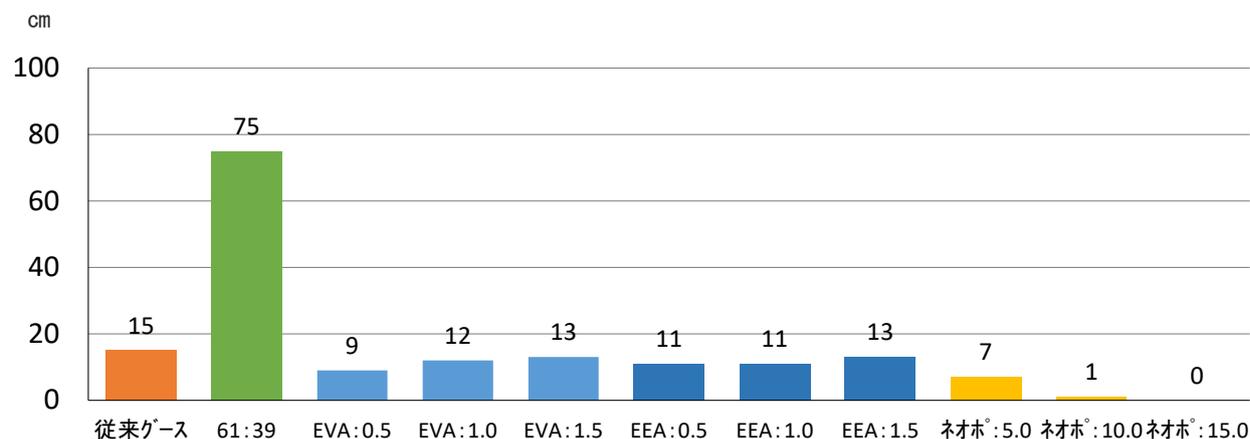


図-2.7.4 伸度試験結果

2.7.3.4 フラース脆化点試験結果

試験結果は図-2.7.5に示すとおりである。添加量に応じて高くなり、プラス領域に移行し低温時の可とう性が低下する傾向にある。特にネオポリマーはその傾向が顕著である。

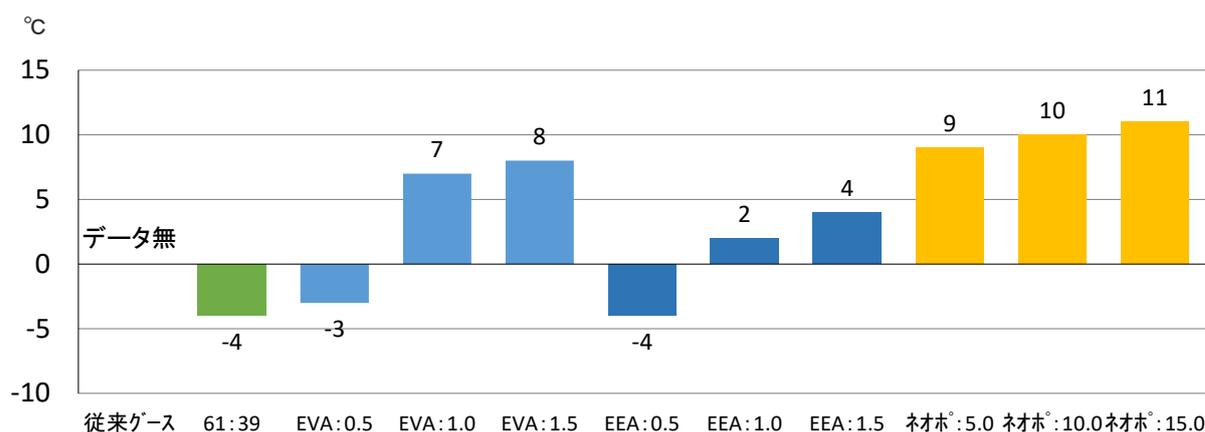


図-2.7.5 フラース脆化点試験結果

2. 7. 3. 5 60℃粘度試験および二重円筒回転粘度試験結果

60℃粘度試験結果は図-2.7.6 に、二重円筒回転粘度試験結果は図-2.7.7 に示すとおりである。EVA、EEA の添加により、60℃粘度は添加量に応じた大きな変化は見られないが、高温粘度は多少上昇する傾向である。ネオポリマーの添加により、60℃粘度は添加量に応じて極端に大きくなるが、高温粘度は多少上昇する傾向である。

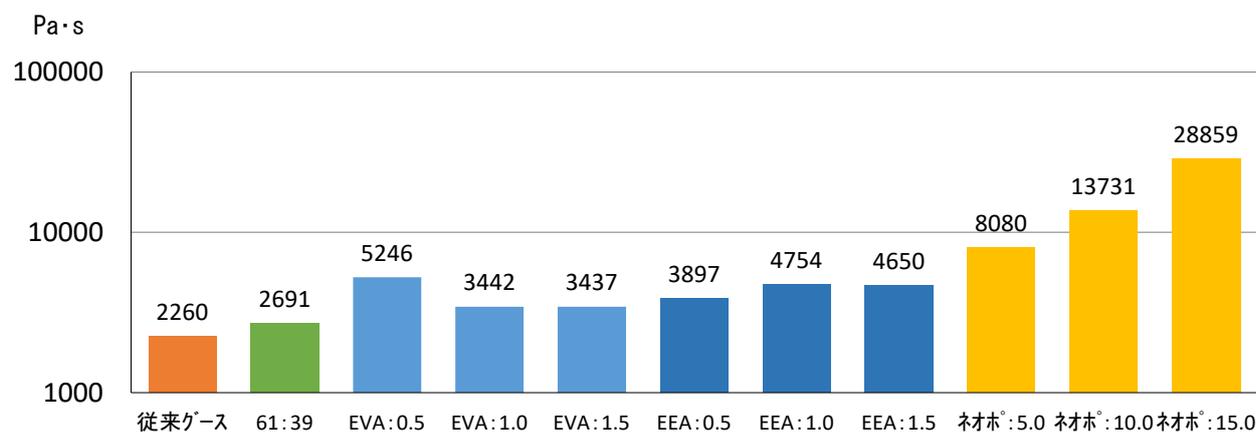


図-2.7.6 60℃粘度試験結果

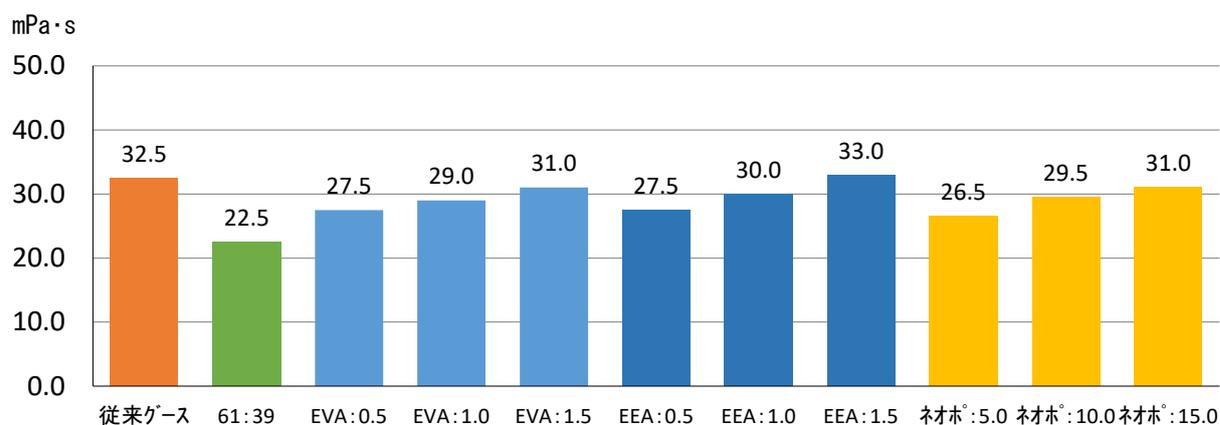


図-2.7.7 240℃二重円筒回転粘度試験結果

2. 7. 4 予備検討のまとめ

以上の結果から検討した3種の樹脂系改質剤の評価をとりまとめると、表-2.7.5に示すとおりである。

表-2.7.5 予備検討による樹脂系改質剤の評価

種 類	耐流動性	作業性	延 性	低温可とう性
EVA	△	○	△	△～×
EEA	△	○	△	△～×
材ホ°リマ-170S	○	○～△	×	×

○：影響が小さい または好影響を与える
△：どちらとも言えない
×：悪影響を与える

樹脂系改質剤による動的安定度の向上を試みたが、この結果から、良好な結果は得られないものと判断した。

次年度において、他の添加剤を検討し、動的安定度の向上および混合物温度の低減を検討していく予定である。

3. 平成 29 年度（2017 年度）の研究報告

3. 1 研究項目

平成 29 年度（2017 年度）においては、表-1.4.1 に示した計画のうち（2）①各種石油生成物の配合調整と混合物性状について検討するものである。

2016 年度の検討において検討した添加剤による動的安定度の向上が認められないことから、さらに他種添加剤に関して、動的安定度を高める改良を行ったものであり、ここでは、サソビットおよび施工性改善剤-M の添加効果に関してまとめたものである。

3. 2 検討バインダ配合および混合温度

混合物のベースバインダ配合・添加剤配合および混合温度条件は表-3.2.1 に示すとおりである。

表-3.2.1 バインダ配合および混合温度条件

配合記号	ベースバインダ		添加剤		混合温度
	種類	配合割合	種類	配合割合	
6139-S15	ナフテン系 VR	61%	サソビット	1.5% (対 As 外割)	180℃ 220℃
	SDA ピッチ	39%			
6139-S30	ナフテン系 VR	61%	サソビット	3.0% (対 As 外割)	180℃ 220℃
	SDA ピッチ	39%			
6139-M05	ナフテン系 VR	61%	施工性改善剤-M	0.05% (対混合物外割)	180℃ 200℃ 220℃
	SDA ピッチ	39%			
6139-M10	ナフテン系 VR	61%	施工性改善剤-M	0.10% (対混合物外割)	180℃ 200℃ 220℃
	SDA ピッチ	39%			
5545-S15	ナフテン系 VR	55%	サソビット	1.5% (対 As 外割)	180℃ 220℃
	SDA ピッチ	45%			
5545-S30	ナフテン系 VR	55%	サソビット	3.0% (対 As 外割)	180℃ 220℃
	SDA ピッチ	45%			
5545-M05	ナフテン系 VR	55%	施工性改善剤-M	0.05% (対混合物外割)	180℃ 200℃ 220℃
	SDA ピッチ	45%			
5545-M10	ナフテン系 VR	55%	施工性改善剤-M	0.10% (対混合物外割)	180℃ 200℃ 220℃
	SDA ピッチ	45%			

表中記号はナフテン系 VR の配合割合, SDA ピッチの配合割合-添加剤略称, 添加量を意味する

3. 3 試験方法

試験方法は表-3.3.1に示すとおりである。

表-3.3.1 試験方法

試験項目	試験条件	試験方法
リュエル流動性試験	180℃, 220℃	舗装調査・試験法便覧 C002
ホイールトラッキング試験	60℃	舗装調査・試験法便覧 B003
曲げ試験	-10℃, 初期ひずみ補正無	舗装調査・試験法便覧 B005
貫入試験	40℃, 30分	舗装調査・試験法便覧 C001

3. 4 目標とする混合物性状

目標とする混合物性状値は表-3.4.1に示すとおりである。

表-3.4.1 混合物性状の目標値

項目	目標値	標準値
アスファルト量 %	混合温度 180℃ : 6.5~7.5 混合温度 200℃ : 7.0~8.0 混合温度 220℃ : 8.0~9.0	7.0~10.0
混合温度 °C	180~220	240
リュエル流動性 秒	10~20	3~20
貫入量 mm	1~4	1~4
動的安定度 回/mm	1,000 以上	300 以上
曲げ破断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	8.0 以上	8.0 以上

3. 5 使用材料

3. 5. 1 使用材料の産地および納入業者

使用材料の産地および納入業者は表-3.5.1に、ベースバインダおよび添加剤の姿は写真-3.5.1~写真-3.5.4に示すとおりである。

表-3.5.1 使用材料の産地および納入業者

材料名	業者	産地	備考	
碎石 6号	東石物産(株)	栃木県佐野市	硬質砂岩	
碎石 7号	東石物産(株)			
粗 砂	西武建材(株)	埼玉県川越市	洗い砂	
石 粉	奥多摩工業(株)	東京都西多摩郡	石灰岩	
添加剤	サソビット	SASOL 社	南アフリカ	顆粒状
	施工性改善剤-M	(株)NIPPO	埼玉県さいたま市	液状
バインダ	ナフテン系VR	JXTG エネルギー(株)	千葉県市川市	液状
	SDAピッチ	JXTG エネルギー(株)	岡山県倉敷市	固形状



写真-3.5.1 ナフテン系VR



写真-3.5.2 SDAピッチ



写真-3.5.3 サソビット

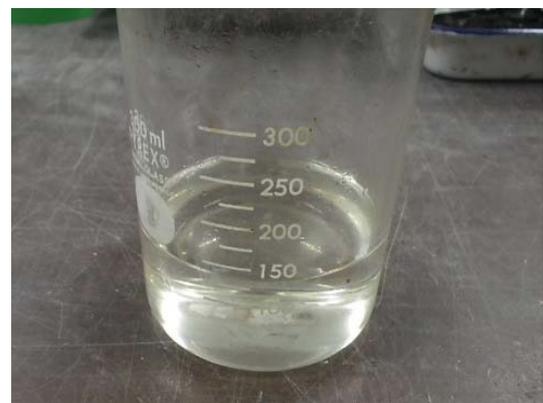


写真-3.5.4 施工性改善剤-M

3.5.2 使用材料の基準試験結果

使用材料の基準試験結果は表-3.5.2に示すとおりである。

表-3.5.2 使用材料の基準試験結果

項目		碎石6号	碎石7号	粗砂	石粉	規格値
通過質量百分率 (%)	19.0 mm	100.0				—
	13.2	95.6	100.0			
	4.75	2.6	87.2	100.0		
	2.36	0.4	7.1	95.0		
	0.600			44.8		
	0.300			21.9	100.0	
	0.150			7.5	92.3	
	0.075			3.8	79.2	
密度 (g/cm ³)	見掛	2.668	2.685	2.673	2.721	—
	表乾	2.644	2.646	2.612	—	碎石 2.45 以上
	かさ	2.629	2.623	2.575	—	—
吸水率 (%)		0.55	0.89	1.43	—	碎石 3.0% 以下

3. 6 骨材配合および合成粒度

骨材配合および合成粒度は表-3.6.1、図-3.6.1に示すとおりである。

いずれのバインダ検討種も骨材配合は同一とし、各ベースバインダ割合に対して添加剤の種類および添加量を変化（表-3.2.1参照）させ、混合物性状を確認する。

表-3.6.1 骨材配合および合成粒度

項 目		配合率(%)	
骨材種別	碎石 6 号	22.0	—
	碎石 7 号	25.5	
	粗 砂	24.0	
	石 粉	28.5	
合成粒度	ふるい目	通過質量百分率(%)	粒度範囲
	19.0 (mm)	100.0	100
	13.2	97.9	95 ~ 100
	4.75	75.1	65 ~ 85
	2.36	53.5	45 ~ 62
	0.600	41.1	35 ~ 50
	0.300	34.7	28 ~ 42
	0.150	28.5	25 ~ 34
	0.075	23.6	20 ~ 27

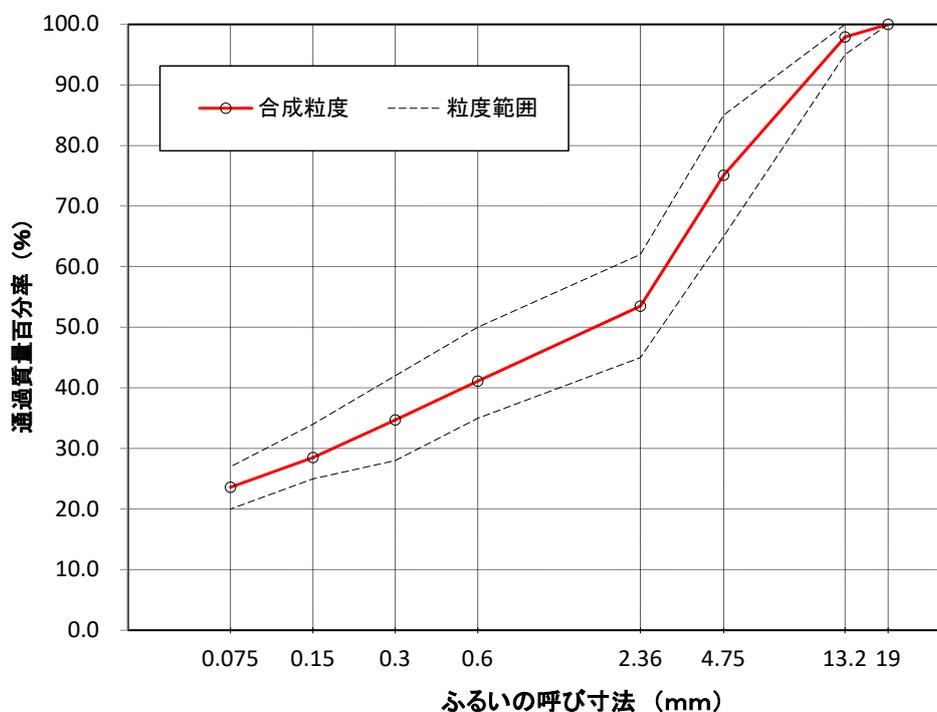


図-3.6.1 合材粒度曲線図

3. 7 混合物性状

3. 7. 1 リュエル流動性

各ベースバインダ配合および添加剤における混合物のリュエル流動性は、表-3.7.1～表-3.7.3、および図-3.7.1、図-3.7.2に示すとおりである。

表-3.7.1 リュエル流動性（サソビット配合）

配合記号	6139-S15				6139-S30				5545-S15				5545-S30			
	220℃		180℃		220℃		180℃		220℃		180℃		220℃		180℃	
As量(%)	7.0	7.5	8.0	8.5	7.0	7.5	8.0	8.5	7.0	7.5	8.5	9.0	7.0	7.5	8.5	9.0
秒数	28.0	8.6	13.5	11.9	14.8	7.6	10.0	8.0	41.0	13.5	12.8	12.4	42.0	11.5	14.0	11.0

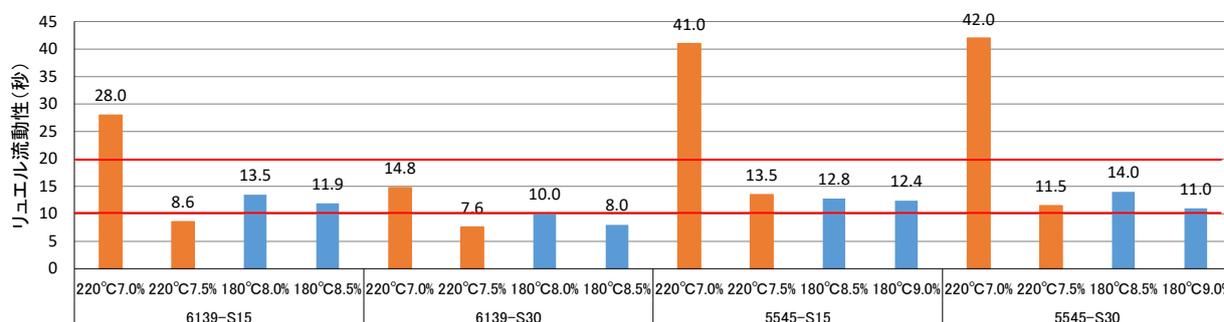


図-3.7.1 リュエル流動性（サソビット配合）

表-3.7.2 リュエル流動性（施工性改善剤-M配合）

配合記号	6139-M05						6139-M10				
	220℃		200℃		180℃		220℃		200℃		180℃
As量(%)	6.5	7.0	7.5	7.5	8.0	8.5	6.5	7.0	7.0	7.5	8.0
秒数	17.1	12.1	6.1	10.9	5.8	13.7	23.0	9.3	11.5	9.0	17.7

表-3.7.3 リュエル流動性（施工性改善剤-M配合）

配合記号	5545-M05				5545-M10			
	220℃		200℃		220℃		200℃	
As量(%)	7.0	7.5	7.5	9.0	7.0	7.5	7.5	9.0
秒数	20.0	9.0	17.5	17.6	17.2	6.9	12.1	14.1

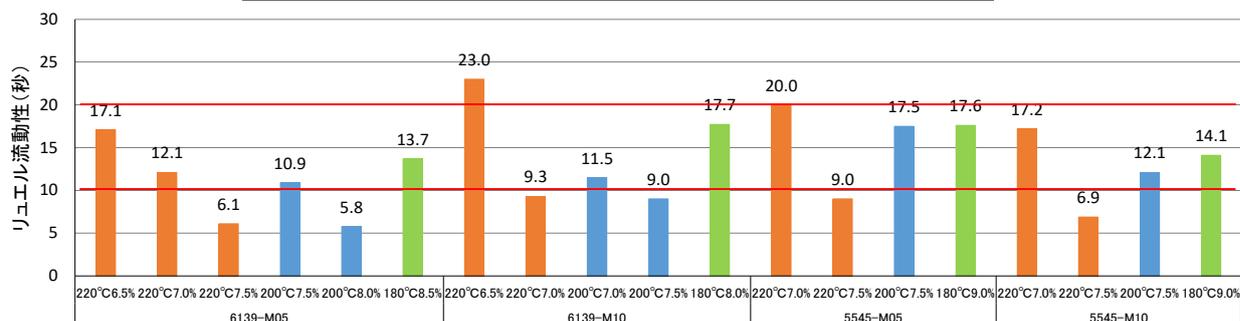


図-3.7.2 リュエル流動性（施工性改善剤-M配合）

3. 7. 2 貫入量（供試体密度確認）

各ベースバインダ配合および添加剤における混合物の貫入量は、表-3.7.4～表-3.7.6、および図-3.7.3、図-3.7.4に示すとおりである。

表-3.7.4 貫入量（サソビット配合）

配合記号	6139-S15				6139-S30				5545-S15				5545-S30			
	220℃		180℃		220℃		180℃		220℃		180℃		220℃		180℃	
As量 (%)	7.0	7.5	8.0	8.5	7.0	7.5	8.0	8.5	7.0	7.5	8.5	9.0	7.0	7.5	8.5	9.0
密度 (g/cm ³)	2.390	2.379	2.369	2.345	2.386	2.376	2.373	2.350	2.378	2.377	2.345	2.327	2.372	2.391	2.352	2.302
貫入量 (mm)	1.39	1.47	1.91	2.29	1.21	1.31	1.40	2.08	0.90	1.18	1.88	2.07	1.05	0.92	1.64	2.35

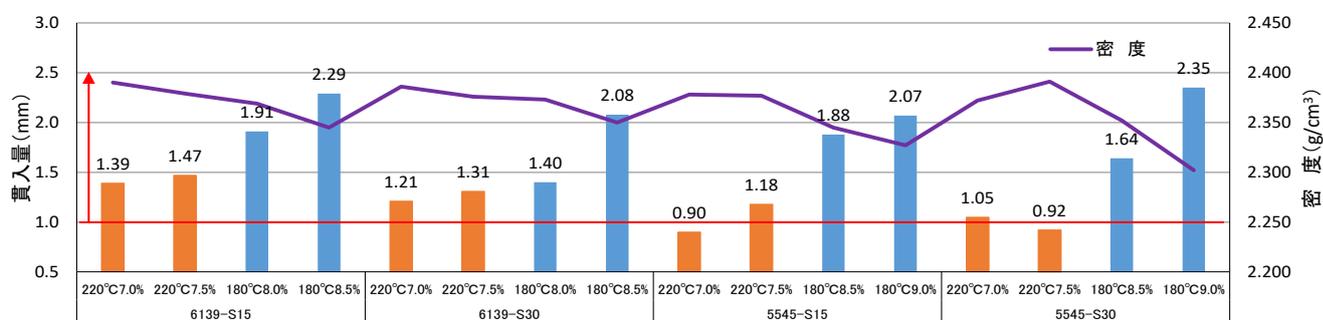


図-3.7.3 貫入量（サソビット配合）

表-3.7.5 貫入量（施工性改善剤-M配合）

配合名	6139-M05						6139-M10				
	220℃			200℃			220℃		200℃		180℃
As量 (%)	6.5	7.0	7.5	7.5	8.0	8.5	6.5	7.0	7.0	7.5	8.0
密度 (g/cm ³)	2.410	2.405	2.388	2.384	2.391	2.353	2.397	2.404	2.407	2.376	2.360
貫入量 (mm)	1.44	1.41	1.69	1.92	2.22	2.59	1.42	1.58	1.75	2.50	2.44

表-3.7.6 貫入量（施工性改善剤-M配合）

配合名	5545-M05				5545-M10			
	220℃		200℃		220℃		200℃	
As量 (%)	7.0	7.5	7.5	9.0	7.0	7.5	7.5	9.0
密度 (g/cm ³)	2.382	2.384	2.392	2.341	2.401	2.400	2.394	2.319
貫入量 (mm)	1.32	1.50	1.56	2.01	1.29	1.67	1.62	2.90

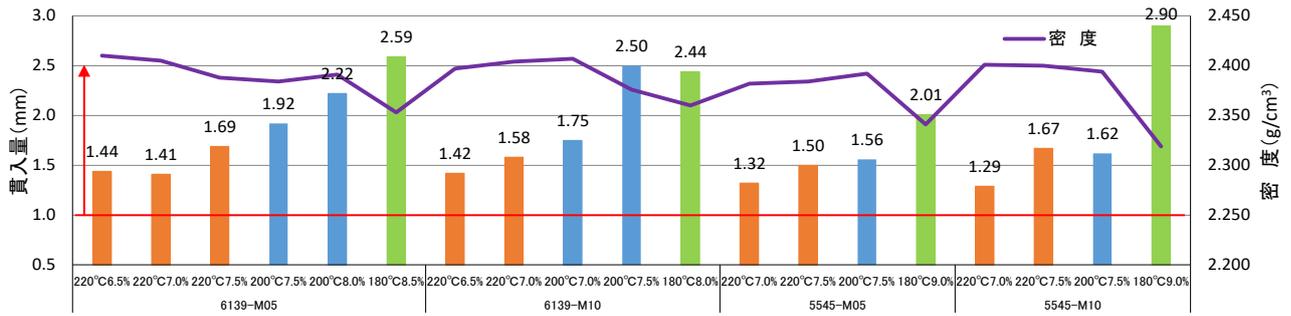


図-3.7.4 貫入試験結果（施工性改善剤-M配合）

3.7.3 動的安定度

各ベースバインダ配合および添加剤における混合物の動的安定度は、表-3.7.7～表-3.7.9、および図-3.7.5、図-3.7.6に示すとおりである。

表-3.7.7 動的安定度（サソビット配合）

配合記号	6139-S15				6139-S30				5545-S15				5545-S30			
	220°C		180°C		220°C		180°C		220°C		180°C		220°C		180°C	
As量(%)	7.0	7.5	8.0	8.5	7.0	7.5	8.0	8.5	7.0	7.5	8.5	9.0	7.0	7.5	8.5	9.0
動的安定度(回/mm)	794	600	291	205	1149	548	278	225	2183	1370	461	370	2625	1620	457	359

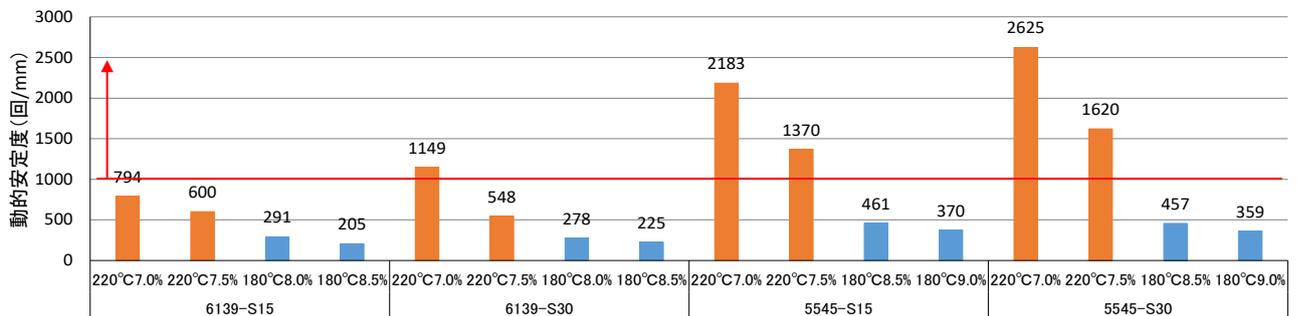


図-3.7.5 動的安定度（サソビット配合）

表-3.7.8 動的安定度（施工性改善剤-M配合）

配合記号	6139-M05						6139-M10				
	220°C		200°C		180°C		220°C		200°C		180°C
As量(%)	6.5	7.0	7.5	7.5	8.0	8.5	6.5	7.0	7.0	7.5	8.0
動的安定度(回/mm)	671	561	298	264	193	189	622	322	240	204	210

表-3.7.9 動的安定度（施工性改善剤-M配合）

配合記号	5545-M05				5545-M10			
	220°C		200°C		220°C		200°C	
As量(%)	7.0	7.5	7.5	9.0	7.0	7.5	7.5	9.0
動的安定度(回/mm)	1334	575	541	280	911	450	406	274

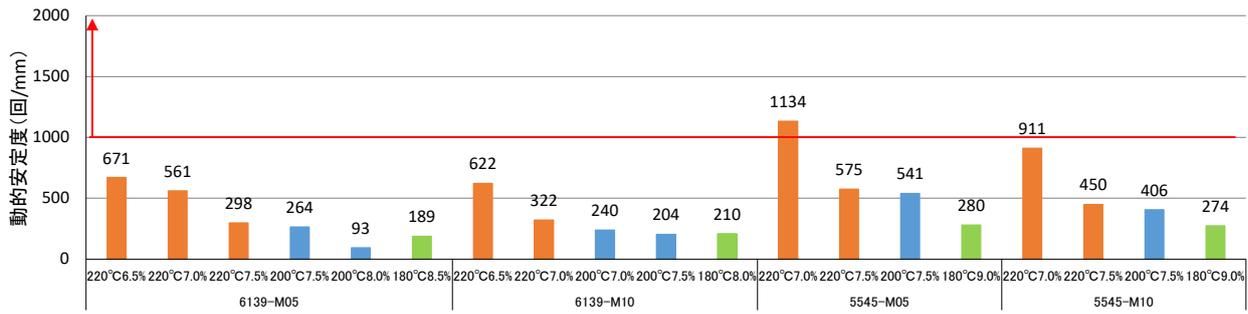


図-3.7.6 動的安定度 (施工性改善剤-M配合)

3.7.4 曲げ強度・曲げ破断ひずみ

各ベースバインダ配合および添加剤における混合物の曲げ強度および曲げ破断ひずみは、表-3.7.10～表-3.7.12、および図-3.7.7、図-3.7.8に示すとおりである。

表-3.7.10 曲げ強度・曲げ破断ひずみ (サソビット配合)

配合記号	6139-S15				6139-S30				5545-S15				5545-S30			
	220°C		180°C		220°C		180°C		220°C		180°C		220°C		180°C	
As量 (%)	7.0	7.5	8.0	8.5	7.0	7.5	8.0	8.5	7.0	7.5	8.5	9.0	7.0	7.5	8.5	9.0
曲げ強度 (N/mm ²)	10.87	9.89	9.68	8.78	11.15	11.07	9.92	9.50	9.92	10.24	9.33	8.35	10.45	10.48	8.93	8.38
破断ひずみ (×10 ⁻³)	8.7	8.2	9.2	8.9	7.9	8.6	8.7	8.9	8.0	8.5	9.7	9.2	8.2	8.4	9.4	10.1

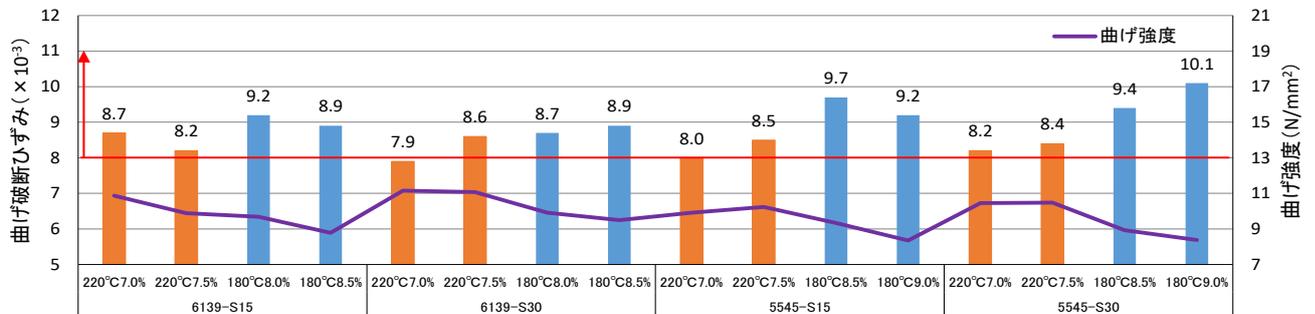


図-3.7.7 曲げ強度・曲げ破断ひずみ (サソビット配合)

表-3.7.11 曲げ強度・曲げ破断ひずみ（施工性改善剤-M配合）

配合記号	6139-M05						6139-M10										
	220℃			200℃			180℃			220℃			200℃			180℃	
As量(%)	6.5	7.0	7.5	7.5	8.0	8.5	6.5	7.0	7.0	7.5	8.0	6.5	7.0	7.0	7.5	8.0	
曲げ強度(N/mm ²)	10.74	10.76	9.49	9.79	9.25	9.16	10.92	10.24	10.04	9.20	9.44	10.92	10.24	10.04	9.20	9.44	
曲げ破断ひずみ(×10 ⁻³)	8.0	8.5	8.5	9.2	9.3	9.5	8.6	8.0	8.0	8.9	9.8	8.6	8.0	8.0	8.9	9.8	

表-3.7.12 曲げ強度・曲げ破断ひずみ（施工性改善剤-M配合）

配合記号	5545-M05				5545-M10			
	220℃		200℃		220℃		200℃	
As量(%)	7.0	7.5	7.5	9.0	7.0	7.5	7.5	9.0
曲げ強度(N/mm ²)	10.77	9.46	9.96	8.72	10.50	9.08	9.70	8.88
曲げ破断ひずみ(×10 ⁻³)	8.1	8.3	8.4	10.0	7.7	8.6	8.2	9.4

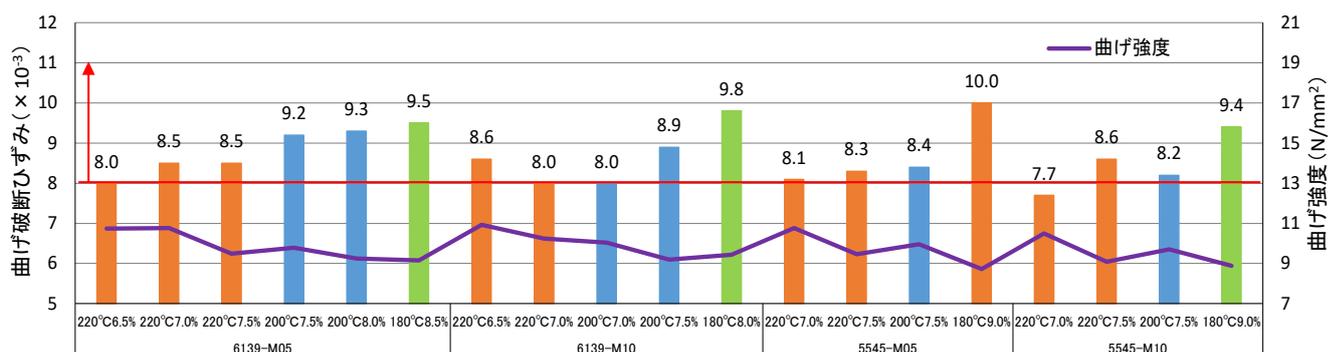


図-3.7.8 曲げ強度・曲げ破断ひずみ（施工性改善剤-M配合）

3. 8 試験結果

試験結果の一覧は表-3.8.1 および表-3.8.2 に示すとおりである。

表-3.8.1 サソビット配合の試験結果一覧

配合 記号	混合 温度	As 量	サソビット	リュエル 流動性	貫入試験		ホール トラッキング 試験	曲げ試験		適正 配合
		(%)	対 As 外割%	(秒)	貫入量 (mm)	密度 (g/cm ³)	動的安定度 (回/mm)	曲げ強度 (N/mm ²)	破断ひずみ (×10 ⁻³)	
6139 -S15	220	7.0	1.5	28.0	1.39	2.390	794	10.87	8.7	
	220	7.5	1.5	8.6	1.47	2.379	600	9.89	8.2	
	180	8.0	1.5	13.5	1.91	2.369	291	9.68	9.2	
	180	8.5	1.5	11.9	2.29	2.345	205	8.78	8.9	
6139 -S30	220	7.0	3.0	14.8	1.21	2.386	1,149	11.15	7.9	
	220	7.5	3.0	7.6	1.31	2.376	548	11.07	8.6	
	180	8.0	3.0	10.0	1.40	2.373	278	9.92	8.7	
	180	8.5	3.0	8.0	2.08	2.350	225	9.50	8.9	
5545 -S15	220	7.0	1.5	41.0	0.90	2.378	2,183	9.92	8.0	
	220	7.5	1.5	13.5	1.18	2.377	1,370	10.24	8.5	○
	180	8.5	1.5	12.8	1.88	2.345	461	9.33	9.7	
	180	9.0	1.5	12.4	2.07	2.327	370	8.35	9.2	
5545 -S30	220	7.0	3.0	42.0	1.05	2.372	2,625	10.45	8.2	
	220	7.5	3.0	11.5	0.92	2.391	1,620	10.48	8.4	
	180	8.5	3.0	14.0	1.64	2.352	457	8.93	9.4	
	180	9.0	3.0	11.9	2.35	2.302	359	8.38	10.1	
目 標 値				10~20	1~4		1,000 以上		8.0 以上	

表-3.8.2 施工性改善剤-M配合の試験結果一覧

配合 記号	混合 温度	As	施工性 改善剤 -M	リュエル 流動性	貫入試験		ホール トラッキング 試験	曲げ試験		適正 配合
		(%)	対混合物 外割%	(秒)	貫入量 (mm)	密度 (g/cm ³)	動的安定度 (回/mm)	曲げ強度 (N/mm ²)	破断ひずみ (×10 ⁻³)	
6139 -M05	220	6.5	0.05	17.1	1.44	2.410	671	10.74	8.0	
	220	7.0	0.05	12.1	1.41	2.405	561	10.76	8.5	
	220	7.5	0.05	6.1	1.69	2.388	298	9.49	8.5	
	200	7.5	0.05	10.9	1.92	2.384	264	9.79	9.2	
	200	8.0	0.05	5.8	2.22	2.391	193	9.25	9.3	
	180	8.5	0.05	13.7	2.59	2.353	189	9.16	9.5	
6139 -M10	220	6.5	0.10	23.0	1.42	2.397	622	10.92	8.6	
	220	7.0	0.10	9.3	1.58	2.404	322	10.24	8.0	
	200	7.0	0.10	11.5	1.75	2.407	240	10.04	8.0	
	200	7.5	0.10	9.0	2.50	2.376	204	9.20	8.9	
	180	8.0	0.10	17.7	2.44	2.360	210	9.44	9.8	
5545 -M05	220	7.0	0.05	20.0	1.32	2.382	1,334	10.77	8.1	○
	220	7.5	0.05	9.0	1.50	2.384	575	9.46	8.3	
	200	7.5	0.05	17.5	1.56	2.392	541	9.96	8.4	
	180	9.0	0.05	17.6	2.01	2.341	280	8.72	10.0	
5545 -M10	220	7.0	0.10	17.2	1.29	2.401	911	10.50	7.7	
	220	7.5	0.10	6.9	1.67	2.400	450	9.08	8.6	
	200	7.5	0.10	12.1	1.62	2.394	406	9.70	8.2	
	180	9.0	0.10	14.1	2.90	2.319	274	8.88	9.4	
目 標 値				10~20	1~4	—	1,000 以上	—	8.0 以上	

3.9 まとめ

今回検討した混合物性状を従来グースおよび 2016 年度までの検討配合と比較すると、表-3.9.1 に示すとおりである。

表-3.9.1 検討混合物の性状比較

種類	ベースバインダ配合		添加剤添加量		アスファルト量 (%)	混合 温度 (°C)	リュエル 流動性 (秒)	貫入量 (mm)	動的 安定度 (回/mm)	曲げ破断 ひずみ ($\times 10^{-3}$)
	ナフテン系 VR	SDA ピッチ	サソビット	施工性 改善剤 -M						
従来品	(StAs20/40:TLA=75:25)				8.4	240	12	1.4	426	8.8
開発品	61	39	—	—	7.0	240	12	1.2	642	9.0
改良品Ⅰ	55	45	—	—	7.3	240	12	1.1	1,068	9.2
改良品Ⅱ	55	45	対 As 1.5%	—	7.5	220	13.5	1.2	1,370	8.5
改良品Ⅲ	55	45	—	対混合物 0.05%	7.0	220	20	1.3	1,334	8.1

- ・ ナフテン系VRとSDAピッチを使用したグースアスファルトは、アスファルト量が軽減でき、動的安定度が1.5倍に向上する。また、トリニダッドレイクアスファルトを使用しないため臭気が少ない。
- ・ ベースバインダのナフテン系VRとSDAピッチの比率を調整することで、各目標値を満足した上で、動的安定度を更に向上することができ、動的安定度は1,000回/mm以上となることが確認された。
- ・ ナフテン系VRとSDAピッチの比率を調整したベースバインダに、さらにサソビットや施工性改善剤を添加することで、各目標値を満足した上で、動的安定度がさらに20~30%程度向上できることが確認された。

サソビットは欧州で使用実績も多く、添加量が3%以上となると破断ひずみの低下が懸念されるため、本検討では添加量1.5%の配合を選定したが、混合温度、アスファルト量、サソビットの添加量を調整することで、さらに動的安定度を向上できる可能性がある。

また、施工性改善剤は、少量で効果を発揮する半面、添加量とアスファルト量のバランスにより、動的安定度やリュエル流動性が増減するため、配合設計時に十分な検討試験が必要と考える。

今回、サソビットと施工性改善剤を検討したが、動的安定度の向上を目指すと施工温度の低減は、220°C(20°C低減)が限界と考えられる。

4. 平成30年度（2018年度）、令和元年度（2019年度）の研究報告

4. 1 研究項目

平成30年度（2018年度）においては、表-1.4.1に示した計画のうち(2)②「低温流動性を改善した混合物の臭気低減の効果と汎用機械による施工性の検証」について検討した。

2017年度の検討結果から、動的安定度の向上と施工温度の低減を考慮した配合（ナフテン系 VR：SDA ピッチ＝55：45、サソビット 1.5％）を適用し、土木研究所舗装走行実験場における試験施工で使用する混合物の性状確認、臭気低減効果の評価、試験練りおよび試験施工を行った。

4. 2. 開発グースの配合

4. 2. 1 ベースバインダおよび混合温度

2017年度の検討結果から開発グースに用いるベースバインダの配合率、添加剤配合率および混合温度条件は表-4.2.1に示すとおりである。

表-4.2.1 ベースバインダ配合率、添加剤配合率および混合温度条件

	ベースバインダ		添加剤	混合温度
	ナフテン系 VR	SDA ピッチ	サソビット	
	%	%	% (対 As 外割)	°C
配合率	55	45	1.5	220

4. 2. 2 配合試験

土木研究所舗装走行実験場における試験施工に用いる開発グースの出荷工場は、株式会社NIPPO筑波合材工場（住所：茨城県つくば市みどりの17丁目2番地）とし、配合試験は当該工場において使用している材料を用いて行った。

4. 2. 2. 1 試験項目および試験方法

試験項目および試験方法は、表-4.2.2に示すとおりである。また、開発グースの粒度範囲は表-4.2.3に、混合物性状の目標値は表-4.2.4に示すとおりである。

表-4.2.2 試験項目および試験方法

試験項目	試験条件	試験方法
リュエル流動性試験	220°C	舗装調査・試験法便覧(C002)
ホイールトラッキング試験	60°C	舗装調査・試験法便覧(B003)
曲げ試験	-10°C、初期歪補正無	舗装調査・試験法便覧(B005)
貫入試験	40°C、30分	舗装調査・試験法便覧(C001)

表-4.2.3 開発グースの粒度範囲

		最大粒径 13mm
通過質量百分率 (%)	19.0 (mm)	100
	13.2	95 ~ 100
	4.75	65 ~ 85
	2.36	45 ~ 62
	0.600	35 ~ 50
	0.300	28 ~ 42
	0.150	25 ~ 34
	0.075	20 ~ 27
アスファルト量 (%)		7 ~ 10

表-4.2.4 混合物性状の目標値

項目	目標値	備考
リュエル流動性 (秒)	3~20	220℃
貫入量 (mm)	1~6	40℃、515N/500mm ² 、30分
動的安定度 (回/mm)	1,000以上	60℃
曲げ破断ひずみ (mm/mm)	8.0×10 ⁻³ 以上	-10℃、50mm/分

4.2.2.2 使用材料

(1) 使用材料の産地および納入業者

使用材料の産地および納入業者は表-4.2.5に示すとおりである。

表-4.2.5 使用材料の産地および納入業者

材料名	産地	生産者または納入業者	材質
碎石6号	茨城県石岡市	東京石灰工業(株)	硬質砂岩
碎石7号	茨城県土浦市	塚田陶管(株)	硬質砂岩
粗砂	茨城県稲敷郡阿見町	丸三商事工業(株)	洗い砂
細砂	千葉県香取市	(株)長岡	洗い砂
石粉	栃木県佐野市	太平洋セメント(株)	石灰岩粉末
ナフテン系VR	千葉県市川市	JXTGエネルギー(株)	液状
SDAピッチ	岡山県倉敷市	JXTGエネルギー(株)	固形状
サソビット	南アフリカ	SASOL	顆粒状

(2) 使用骨材の性状試験結果

使用骨材の性状試験結果は、表-4.2.6に示すとおりである。

表-4.2.6 使用骨材の性状試験結果

項目		砕石 6号	砕石 7号	粗 砂	細 砂	石 粉	規格値
通過質量百分率 (%)	19.0 mm	100.0					—
	13.2	94.2	100.0	100.0			
	4.75	2.1	93.1	98.8	100.0		
	2.36		11.2	86.2	99.2		
	0.600		1.0	42.7	86.3		
	0.300			19.5	39.7	100.0	
	0.150			8.5	10.7	97.4	
	0.075			2.8	1.2	83.0	
密度 (g/cm ³)	見 掛	2.692	2.661	2.683	2.697	2.770	—
	表 乾	2.670	2.620	2.618	2.573	—	砕石 2.45 以上
	か さ	2.656	2.594	2.580	2.499	—	—
吸水率 (%)		0.52	0.97	1.49	2.93	—	砕石 3.0% 以下
すり減り減量 (%)		13.9	—	—	—	—	砕石 30% 以下

(3) 使用アスファルトの物理性状

使用アスファルトの物理性状は、表-4.2.7～表-4.2.9に示すとおりである。

ナフテン系VRとSDAピッチを55:45の比率で混合したものに添加剤(サソビット)を1.5%(外割)添加したものである。

表-4.2.7 ナフテン系VRの物理性状

項目	試験値
針入度(25℃)(1/10mm)	300 以上
軟化点(R&B)(℃)	37.5
伸度(25℃)(cm)	100+
蒸発質量変化率(mass%)	0.04(+)
トルエン可溶分(%)	99.9
引火点(COC)(℃)	350
密度(15℃)(g/cm ³)	0.996
組成分析(カラム法)	
飽和分(mass%)	28.1
芳香族分(mass%)	47.5
レジン分(mass%)	23.7
アスファルテン分(mass%)	0.7

表-4.2.8 SDAピッチの物理性状

項目	試験値
針入度(25°C) (1/10mm)	1
軟化点(R&B) (°C)	137.0
組成分析(カラム法)	
飽和分(mass%)	6.7
芳香族分(mass%)	6.8
レジン分(mass%)	6.2
アスファルテン分(mass%)	77.2

表-4.2.9 使用アスファルト(ベースバインダ)の物理性状

項目	試験値
針入度(25°C) (1/10mm)	9
軟化点(R&B) (°C)	74.0
伸度(25°C) (cm)	6
引火点(COC) (°C)	340
蒸発質量変化率(%)	-0.03
トルエン可溶分(%)	99.65
密度(15°C) (g/cm ³)	1.054

4. 2. 2. 3 開発グースの配合試験結果

(1) 骨材配合

骨材配合は表-4.2.10に、合材粒度曲線は図-4.2.1に示すとおりである。

表-4.2.10 骨材配合および粒度

項 目		配合率 (%)	
骨材種別	碎石 6 号	25	—
	碎石 7 号	23	
	粗 砂	12	
	細 砂	12	
	石 粉	28	
合成粒度	ふるい目	通過質量百分率 (%)	粒度範囲
	19.0 (mm)	100.0	100
	13.2	98.6	95 ~ 100
	4.75	73.8	65 ~ 85
	2.36	52.8	45 ~ 62
	0.600	43.7	35 ~ 50
	0.300	35.1	28 ~ 42
	0.150	29.6	25 ~ 34
	0.075	23.6	20 ~ 27

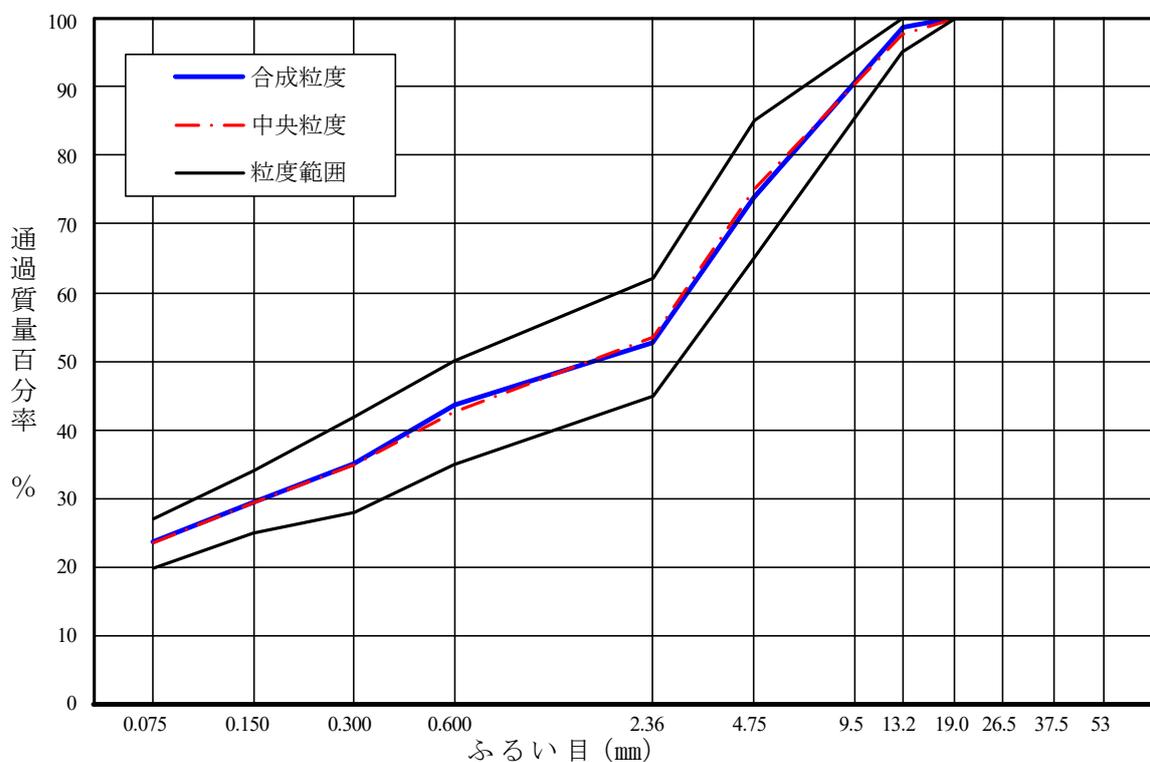


図-4.2.1 合材粒度曲線図

(2) 混合物性状確認試験結果

混合物性状確認試験結果は、表-4.2.11 および図-4.2.2 に示すとおりである。

表-4.2.11 混合物性状確認結果

試験項目	アスファルト量 (%)			目標値
	7.0	7.4	7.8	
リュエル流動性 (220℃) (秒)	26	12	7	3~20
貫入量 (mm)	1.1	1.4	1.6	1~6
動的安定度 (回/mm)	1,212	1,000	663	1,000 以上
曲げ破断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	7.72	8.30	9.83	8.0×10^{-3} 以上

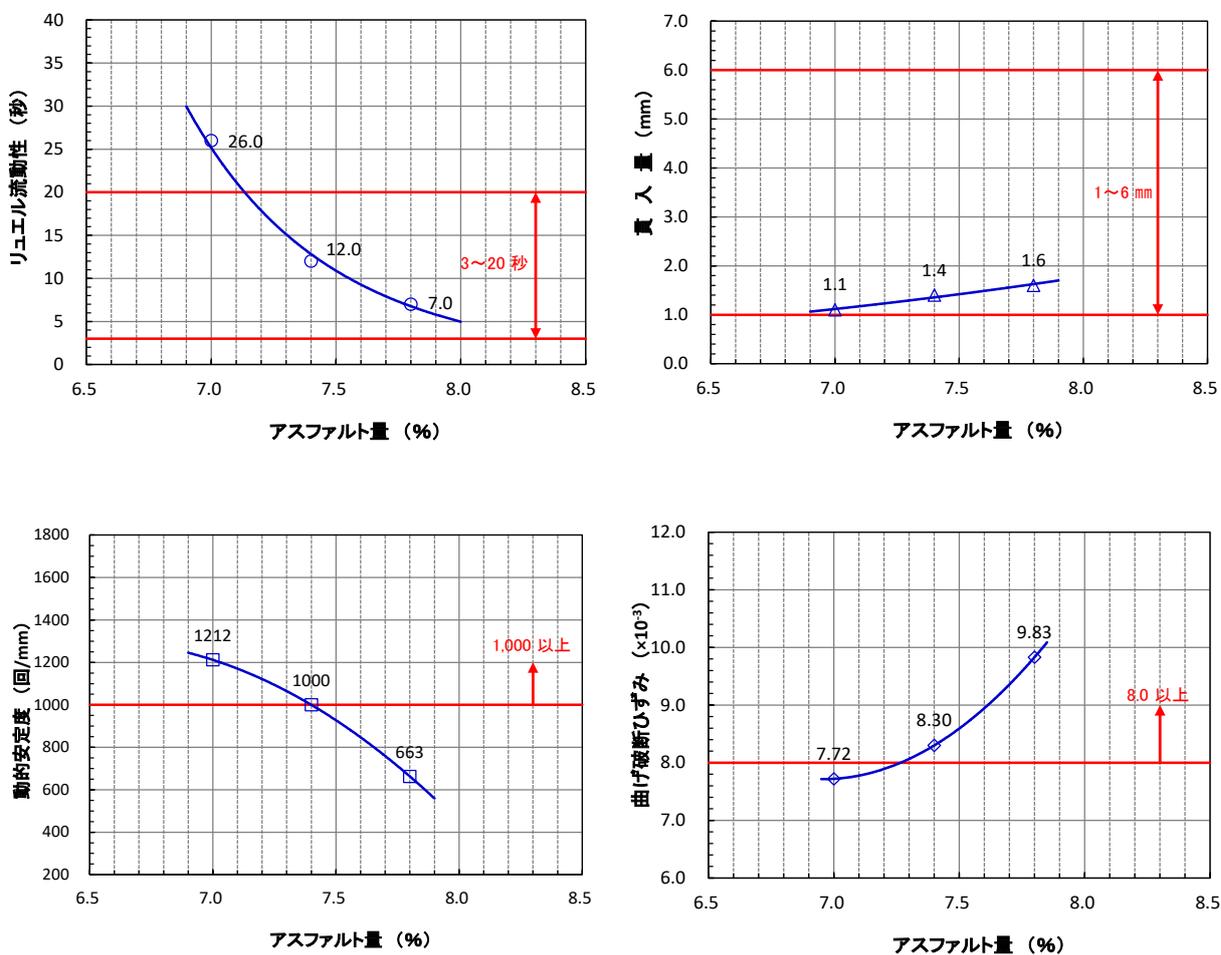


図-4.2.2 混合物性状確認結果

(3) 最適アスファルト量の決定

最適アスファルト量は、混合物性状確認試験結果より全ての目標値を満足するアスファルト量の共通範囲の中央値とする。その結果は、表-4.2.12に示すとおりである。

表-4.2.12 最適アスファルト量の決定

試験項目	目標値を満足するアスファルト量 (%)	目標値
リュエル流動性	7.2 ~ 7.8	3~20
貫入量	7.0 ~ 7.8	1~6
動的安定度	7.0 ~ 7.4	1,000 以上
曲げ破断ひずみ	7.2 ~ 7.8	8.0×10^{-3} 以上
共通範囲	7.2 ~ 7.4	—
共通範囲の中央値	7.3	7~10

(4) 最適アスファルト量における混合物性状

最適アスファルト量 (=7.3%) において室内製造した混合物性状は、表-4.2.13に示すとおりであり、すべての目標値を満足するものである。

表-4.2.13 最適アスファルト量における混合物性状

試験項目	試験値	目標値
リュエル流動性 (220°C) (秒)	15	3~20
貫入量 (mm)	1.4	1~6
動的安定度 (回/mm)	1,033	1,000 以上
曲げ破断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	8.21	8.0×10^{-3} 以上

4. 3 開発グースの臭気低減効果

従来グースにおいては、天然アスファルト（トリニダッドレイクアスファルト）が発する特有の臭気が要因で、周辺環境に与える影響が問題になることが多い。

本研究においては、トリニダッドレイクアスファルトを使用しないことで発生源を絶つことと、混合物温度を低減することによって、臭気の発生を抑制することを試みた。

4. 3. 1 臭気測定方法

臭気の測定方法は、通常、製造した混合物にニオイセンサを近づけ、臭気レベルを計測することで行われる。臭気レベルは、ニオイの強弱を数値化（無単位）したものである。測定に用いたニオイセンサの仕様は表-4.3.1に、臭気レベルの測定手順は図-4.3.1に、臭気レベル測定状況は写真-4.3.1に示すとおりである。

表-4.3.1 ニオイセンサの仕様

製造業者/型式	新コスモス電機(株) / XP-329ⅢR
測定対象	各種香気・臭気成分
測定原理	高感度酸化インジウム系熱線型焼結半導体式
測定モード	モニタリングモード・バッチモード
測定（検知）範囲	レベル表示時 : 0~2000 臭気指数表示時 : 0~(40) (レベル表示の2000相当値まで)
繰返し再現性	測定値±5%±1digit
使用温湿度範囲	温度 : 0~40℃ / 湿度 : 10~80%RH



図-4.3.1 臭気レベル測定手順



写真-4.3.1 ニオイセンサによる臭気測定状況

4.3.2 臭気測定結果

ニオイセンサを用いた臭気レベル測定結果は表-4.3.2に示すとおりである。

開発グースは、臭気レベルを従来のグースの30%程度低減することが可能であることを確認した。

表-4.3.2 ニオイセンサによる臭気レベル測定結果

	開発グース	従来グース
混合物温度	220±10℃	240±10℃
臭気レベル	400 ~ 480	600 ~ 650

4.3.3 臭気の定量評価方法の検討

これまで一般的に行われている臭気の定量評価方法は、測定位置周辺外気の臭気レベルや測定時の気流に影響を受け、測定値がばらつくことがある。測定によっては、体感として明らかに臭気が異なる試料であるにも関わらず値に差が出ない場合や、同一試料を測定しても値が大きく異なるなど、精度の高い評価が難しいのが現状である。

本研究において開発した混合物の臭気を定量評価することを目的として、試験結果に差が生じないような試験装置および評価方法が必要である。そこで、臭気採取装置を含めた評価方法を検討し、一定条件で各種混合物の臭気が評価できる方法を試験的に実施した。

(1) 臭気評価方法

臭気評価方法は、環境省告示79号「臭気指数及び臭気排出強度の算定の方法（平成28年8月19日）」における「三点比較式臭袋法（排出口試料の判定試験）」に準拠し、臭気指数を算出する。内寸23×23×34cm角の容器内に試料（所定の温度で混合したグース）を入れ、2分間静置したのち、臭気採取口から発生した臭気を臭気サンプリングバッグに採取する。同時に、ニオイセンサにて臭気レベルを測定する。

臭気採取装置の概略および臭気レベルの測定方法は図-4.3.2に、臭気採取装置の仕様は表-4.3.3に示すとおりである。

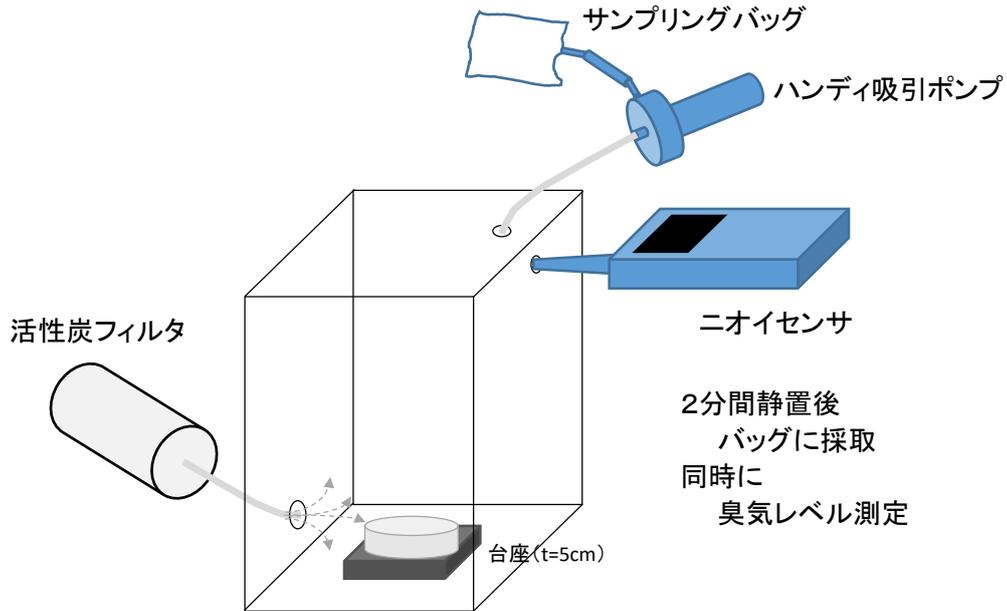


図-4.3.2 臭気採取装置の概略および臭気レベルの測定方法

表-4.3.3 臭気採取装置の仕様

項目	仕様
大きさ	外寸 幅:25 cm 奥行:25 cm 高さ:35 cm 内寸 幅:23 cm 奥行:23 cm 高さ:34 cm
空気取入口中央の高さ	底面から 8 cm 直径:7 cm
臭気採取口中央の高さ	底面から 34 cm 直径:1.4 cm
ニオイセンサの穴の高さ	底面から 29 cm 直径:1.4 cm
試料採取口	10 cm × 12 cm

臭気サンプリングバッグに採取した臭気は、図-4.3.3に示す臭気指数の算出フローに従って、段階的に希釈した多段階の試料（例：30倍、100倍、300倍、…）をパネルに順次判定させていく方法（下降法）を用いる。なお、臭気指数とは、人間の嗅覚でその臭気を感じできなくなるまで気体または水で希釈をした場合におけるその希釈倍数【臭気濃度】を基礎として算出されるものである。

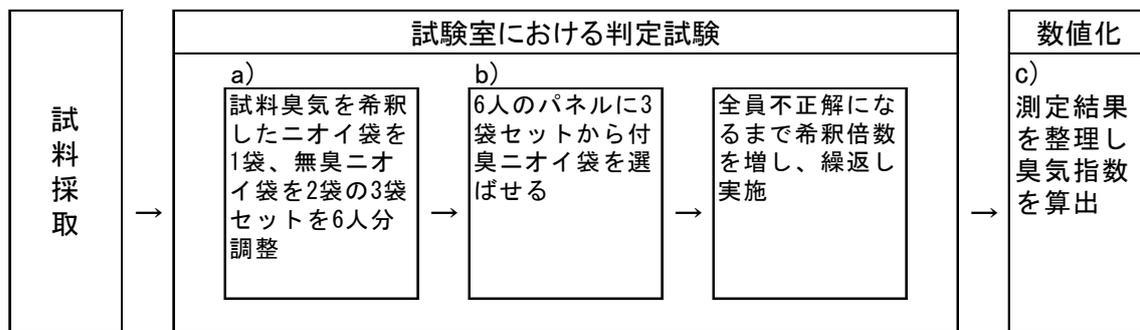


図-4.3.3 臭気指数の算出フロー（排出口試料の判定試験）

a) 当初希釈倍数の設定

当初希釈倍数は、パネルによる臭気の有無の判定が十分に可能な程度に濃く（1回目の選定操作でパネルの大半が正解となること）、かつ、パネルに嗅覚疲労等の影響が生じないように調整する。

b) 選定操作

当初希釈倍数でにおい袋3つ1組のセットを調整し、パネル全員に選定操作を行わせる。この選定操作で、付臭におい袋を正しく選定できたパネルについては、次に当初希釈倍数を概ね3倍（30倍→1,000倍、1,000倍→3,000倍など）した希釈倍数のにおい袋のセットについて選定操作を行わせる。ここで再度選定に成功したパネルについては、さらに概ね3倍に希釈されたにおい袋のセットについて選定操作を行わせる。このようにして、順次概ね3倍に希釈倍数を高めたにおい袋について選定を行わせる。パネル個人の回答が不正解になった希釈倍数でそのパネルの判定試験は終了する。このようにパネル全員が不正解になるまでこの試験を行う。なお、パネル1人のみが正解し続けている時点で、試験を終了しても良い。

c) 臭気指数の算出

- ・次式により試料臭気の希釈倍数に係る各パネルの閾値を算出する。

$$X_i = \frac{\log M_{1i} + \log M_{0i}}{2}$$

X_i : パネル i の閾値(常用対数表示)

M_{1i} : パネル i の回答が正解である最大の希釈倍数

M_{0i} : パネル i の回答が不正解である希釈倍数

- ・各パネルについて算出した X_i のうち、最大値と最小値をそれぞれ1つずつ除き、その他の4人の値を平均したパネル全体の閾値(常用対数表示)を算出する。

$$X = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4}{4}$$

X : パネル全体の閾値(常用対数表示)

X_i : パネル i の閾値

- ・次式により臭気指数、臭気濃度を算出する。

$$Y = 10X \quad \text{ただし、1未満の端数があるときは、それを四捨五入し整数とする。}$$

Y : 臭気指数

X : ②により算出された値

$$Z = 10^X$$

Z : 臭気濃度

X : ②により算出された値

以下に、判定例を示す。

【例】

パネル個人の閾値の計算を行うと、パネルAは100倍希釈で正解、300倍希釈で不正解であるから、その希釈倍数の対数値の中間値である2.24が閾値(常用対数表示)となる。同様にパネルBは300倍希釈で正解、1000倍希釈で不正解であるから閾値(常用対数表示)は2.74となる。以下、表-4.3.4に示すとおりである。各パネルの閾値が計算された後、この中の最大の値と最小の値を除き、それ以外の値を平均する。すなわち、この表では最大はパネルCであり、最小はパネルAまたはパネルEである。よって、それらを除き、中間の4人の値を平均すると、

$$X = \frac{2.74+2.74+2.24+3.24}{4}$$

となる。これがパネル全体の閾値(常用対数表示)である。

従って、臭気指数は

$$Y = 10 \times 2.74 = 27.4 \quad \text{小数点以下を四捨五入} \rightarrow 27 \quad \text{となる。}$$

表-4.3.4 排出口試料の判定試験の結果の例

希釈倍数	30	100	300	1000	3000	1万	各パネルの 閾値	最大・最小 カット	
対数値	1.48	2.00	2.48	3.00	3.48	4.00			
パ ネ ル	A	/	○	×			2.24	カット	
	B	/	○	○	×		2.74		
	C	/	○	○	○	○	○		カット
	D	/	○	○	×			2.74	
	E	/	○	×				2.24	
	F	/	○	○	○	×		3.24	

(2) 臭気評価結果

上記試験方法を用いて評価した臭気濃度、臭気指数および臭気レベル(ピーク値)は、表-4.3.5に示すとおりである。

表-4.3.5 臭気評価結果

項 目	開発グース	従来グース
臭気濃度	980	13,030
臭気指数	30	41
臭気レベル(ピーク値)	729	1,320

開発グースは従来グースに対して、臭気濃度で約92%減、臭気指数で約27%減、臭気レベルで約45%減、となり、ニオイの大幅な低減が可能であることを確認した。

4. 4 開発グースの試験練り（汎用機械における製造）

4. 4. 1 目的

舗装走行実験場で行う試験施工に先立ち、開発グースをアスファルトプラントおよびアスファルトクッカー車（以下、クッカー車）で混合した場合の混合物特性、混合状況の確認および試験施工に向けた混合条件を決定するために行う。

4. 4. 2 試験練り条件

試験練りは、土木研究所舗装走行実験場内で行う試験施工において実際に出荷する㈱N IPPO筑波合材工場にて行った。試験練りを実施する混合物は、表-4.4.1に示すとおりであり、クッカー車積込み数は6トンとする。

表-4.4.1 試験練り混合物

混合物種別	アスファルト量		添加剤
開発グース	7.3%	ナフテン系 VR : 4.015% SDA ピッチ : 3.285%	サソビット : 対 As1.5% (外割)

使用する材料および配合は4. 2. 2の項で示したとおりであり、プラント配合は表-4.4.2に示すとおりである。なお、ナフテン系VRは別途供給装置によりアスファルトプラント計量槽へ圧送して計量し、SDAピッチおよび添加剤は予め計量されたものを人力投入する。

表-4.4.2 プラント配合

項目	割合 (%)	計量値 (kg)	設定値 (kg)
1ビン	25.0	250.0	250
2ビン	20.4	204.0	204
3ビン	21.3	213.0	213
石粉	26.0	260.0	260
ナフテン系VR	4.015	40.15	40.15
プラント計	96.715	967.15	967.15
SDAピッチ	3.285	32.85	(人力投入)
合計	100.0	1000.0	967.15
特殊添加剤	1.5(対As外割)	1.095kg	(人力投入)

混合物製造手順は、図-4.4.1 に示すとおりである。

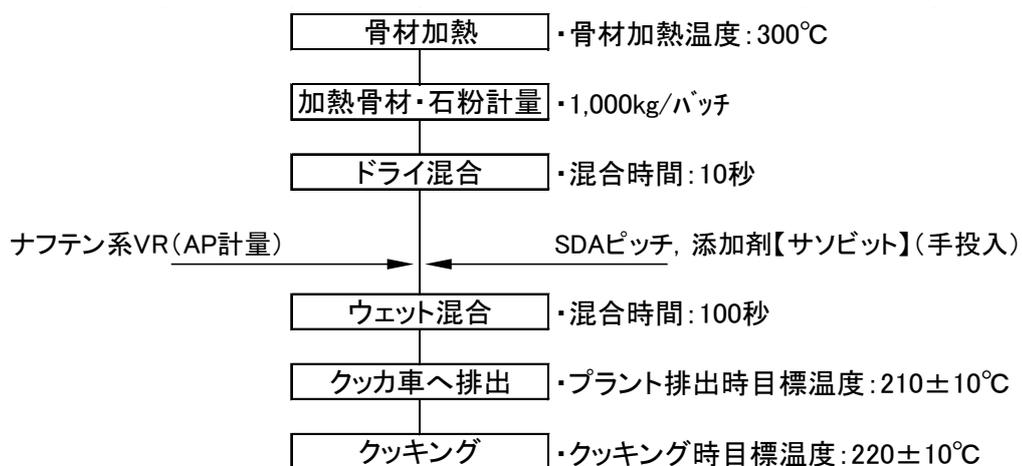


図-4.4.1 混合物製造手順

4.4.3 試験項目

試験項目および頻度は、表-4.4.3 に示すとおりである。クッカー車クッキング時間による混合物特性の変化を確認するため、クッキング時間を 1、2、3 時間の 3 水準を設定する。

表-4.4.3 試験項目および頻度

試験項目	頻度	実施(作製)数
リュエル流動性試験	1Hr, 2Hr, 3Hr 後	220°C前後で適宜
ホイールトラッキング試験	1Hr, 2Hr, 3Hr 後	各時間 3枚
曲げ試験	1Hr, 2Hr, 3Hr 後	各時間 1枚
貫入試験	1Hr, 2Hr, 3Hr 後	各時間 2個

4. 4. 4 試験練り結果

開発グースの各種混合物性状試験結果は表-4. 4. 4、図-4. 4. 2 に示すとおりである。

表-4. 4. 4 開発グースの各種混合物性状試験結果

クッキング 時間	混合物 温 度	リュエル 流動性		混合 状態	動的 安定度	貫入量	曲げ破断 ひずみ
		°C	秒				
60	230	229	12.0	良好	887	1.74	8.60
		222	22.3				
		214	34.8				
		220 換算	23.5				
120	229	228	9.8	良好	913	1.79	8.40
		223	12.1				
		218	14.0				
		213	17.3				
		220 換算	13.0				
180	237	235	8.9	良好	926	1.42	6.32
		229	12.2				
		219	16.1				
		212	20.4				
		220 換算	15.5				
室内配合時	—	220	15.0	—	1,033	1.4	8.21
目標値	210~230	220	3~20	—	1,000 以上	1~6	8.0 以上

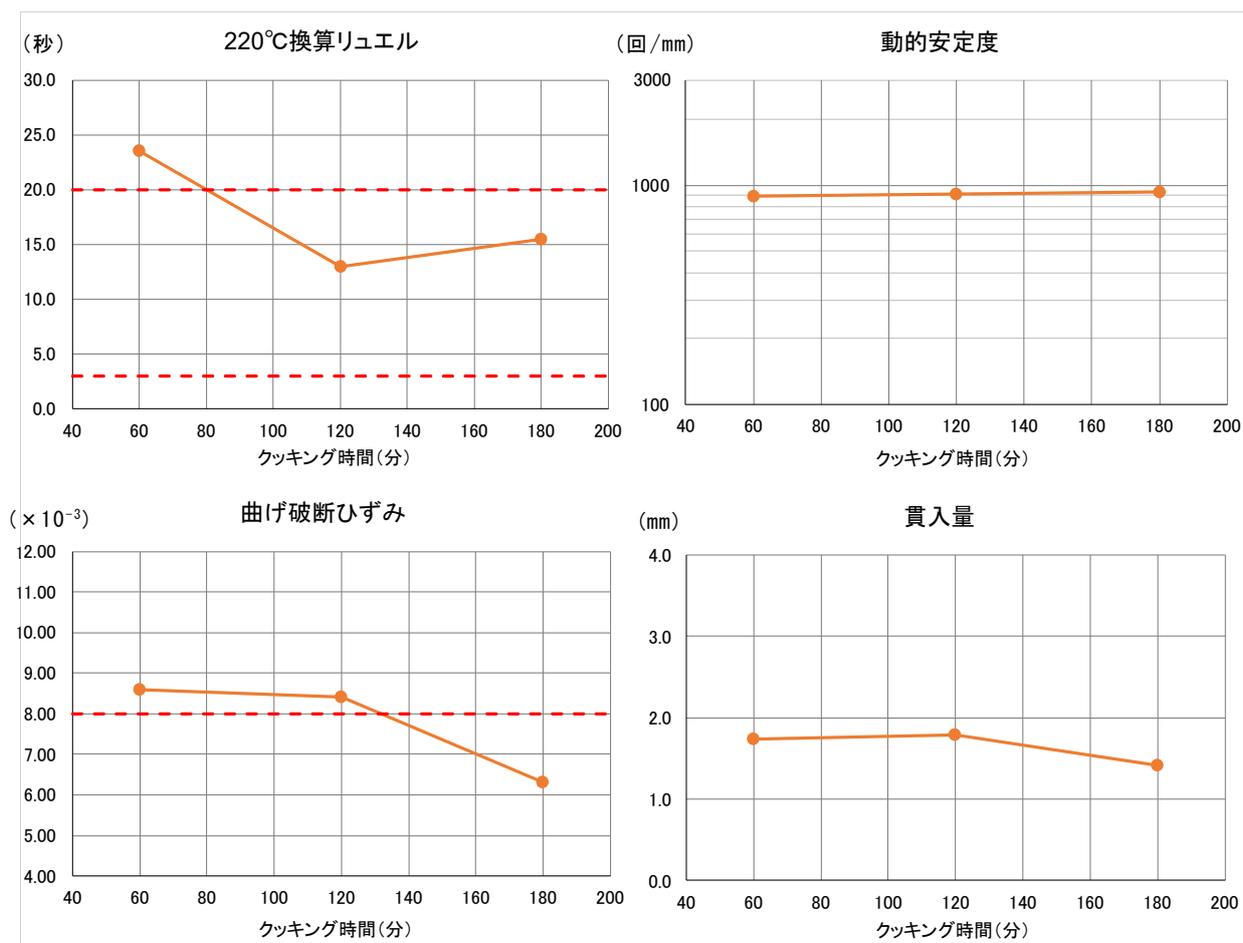


図-4.4.2 混合物性状試験結果

(1) 混合物温度・混合状態の観察結果

クッカー車から排出時の混合物温度は目標範囲の上限側であり、やや高めとなっている。さらにクッキングを3時間した混合物は230℃を超えている。これは2時間までに供試体作製などに混合物を使用したことで内部の混合物量が減少したことによるクッカー車自体の温度調整が難しくなったものと考ええる。

目視観察した上でのクッカー車から排出時の練上り状態は良好であり、プラントミキシング条件、クッキング時間については問題ないものと考ええる。

(2) リュエル流動性試験結果

当該混合物は新規開発した混合物で規格値が未設定であるため、従来のグースアスファルト混合物(13)の規格値と対比した。目標温度である220℃の試験値においてクッキング時間が1時間では目標値を満足するものでなかったが、2時間以上の場合には目標値を満足するものであった。

クッキング時間1時間程度では、常温添加したSDAピッチ、添加剤とナフテン系VRとが相容せずに混合物の粘性が高い状態にあったものと推測する。よって、クッキング時間は1～3時間におけるリュエル流動性を考慮して、80分以上必要であると考ええる。

(3) ホイールトラッキング試験結果

動的安定度は目標値 1,000 回/mm 以上に対し 900 回/mm 前後であり、目標値を満足するものではなかった。また、クッカー車クッキング時間による変化は時間を追う毎に若干増加する傾向であるが、大きな性状変化は認められなかった。

(4) 貫入試験結果

全てのクッキング時間の試験値において目標値を満足するものであった。また、クッカー車クッキング時間による変化は 3 時間後においては若干小さくなる、つまり混合物が硬くなる傾向であるが、目標値を満足するものであった。

(5) 曲げ試験結果

クッカー車クッキング時間 2 時間までは目標値を満足するものであったが、3 時間においては満足するものではなかった。つまり混合物が硬くなる傾向であり、曲げ抵抗性が低下しているものとする。

4. 4. 5 まとめ

実施アスファルト量 (=7.3%) においては、室内性状とほぼ同等の各種性状を満たしている。動的安定度は目標値 1,000 回/mm を満足できていないが 900 回/mm 程度は確保できており、試験舗装に臨むアスファルト量は、室内配合で決定した最適アスファルト量 7.3% で設定するものとする。

また、クッカー車クッキング時間の経過による混合物性状の変化が大きいため、クッキング時間を長くすることが難しいため、十分なクッキング時間の管理が必要である。

以上の結果から決定した混合条件および現場配合は表-4.4.5 に示すとおりである。

表-4.4.5 試験施工における混合条件および現場配合

項 目				単 位	条 件
1 バッチあたりの混合量				kg	1,000
ドライミキシング				秒	10
ウェットミキシング				秒	100
骨材加熱温度				℃	300±10
混合温度 (プラント練落し)				℃	210±10
混合温度 (クッカー排出)				℃	220±10
アスファルト量		ナフテン系 VR		%	4.015
		SDA ピッチ		%	3.285
添加剤 (サソビット)				%	対アスファルト 1.5 外割
常温骨材配合割合 (%)					
砕石 6 号	砕石 7 号	粗砂	細砂	石粉	合計
25	23	12	12	28	100
加熱骨材配合割合 (%)					
3 ビン	2 ビン	1 ビン	ダスト	石粉	合計
23	22	27	0	28	100

4.5 開発グースの試験施工（汎用機械による施工）

4.5.1 目的

開発グースの橋梁床版への適用性（機能性、臭気低減効果および供用性能）と汎用機械による施工性の検証を目的とする。

4.5.2 試験施工概要

試験施工の概要は表-4.5.1に示すとおりである。

表-4.5.1 試験施工の概要

項目	鋼床版	コンクリート床版
日時	2018年9月6日	2018年9月7日
施工場所	国立研究開発法人土木研究所内 舗装走行実験場大ループ西側	国立研究開発法人土木研究所内 舗装走行実験場中ループ北西側
施工面積	表・基層：4.5m×10m=90m ²	表層：6m×13m=78m ² 基層：5.25m×13m=68.3m ²
表層混合物	ポリマー改質アスファルトⅡ型 密粒度アスファルト混合物(13)	ポリマー改質アスファルトⅡ型 密粒度アスファルト混合物(13)
基層混合物	開発グースアスファルト混合物	開発グースアスファルト混合物
床版接着剤	カチコートSR（ニチレキ）	カチコートR（ニチレキ）
表層厚さ	35 mm	60 mm
基層厚さ	40 mm	40 mm
接着層塗布量	0.3 L/m ² (0.15 L/m ² :2度塗り)	0.4 L/m ² (0.2 L/m ² :2度塗り)

鋼床版の概略は図-4.5.1に示すとおりである。全長60mが4スパンに分割されており、第1・第2橋梁は延長10m、第3・第4橋梁は延長20mである。また、第3橋梁と第4橋梁には模擬添接板が設置されている。

NIPPO工区は第2橋梁（延長10m）である。

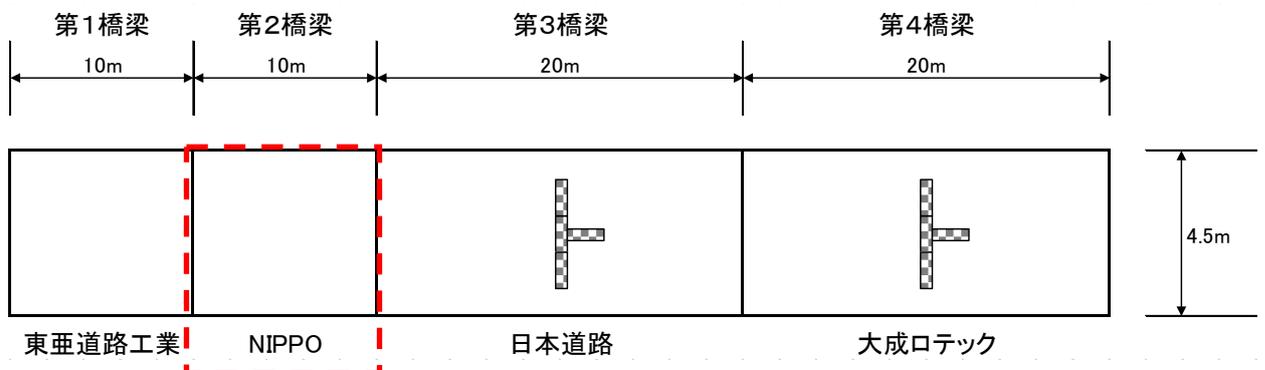


図-4.5.1 鋼床版の概略とNIPPO施工区の位置

コンクリート床版の概略は図-4.5.2に示すとおりである。全長約39mが3スパン（工区番号0811, 0812, 0813）に分割されている。

NIPPO工区は工区番号0812（延長約13m）である。

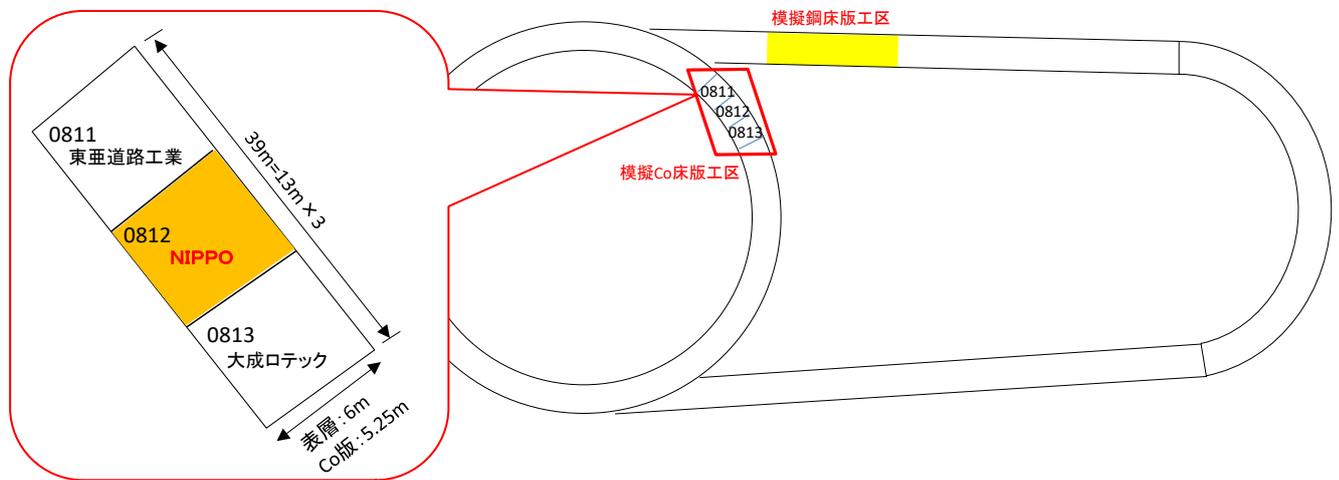


図-4.5.2 コンクリート床版の概略とNIPPO施工区の位置

また、各床版の施工断面は図-4.5.3～図-4.5.4に示すとおりである。

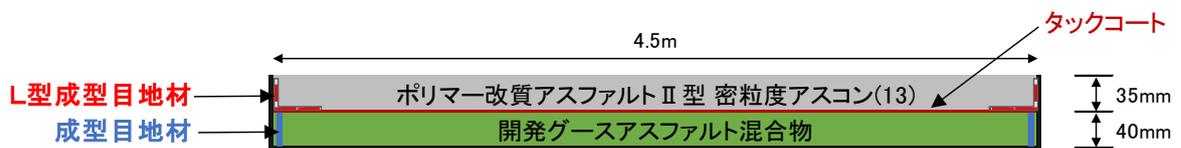


図-4.5.3 鋼床版施工断面図

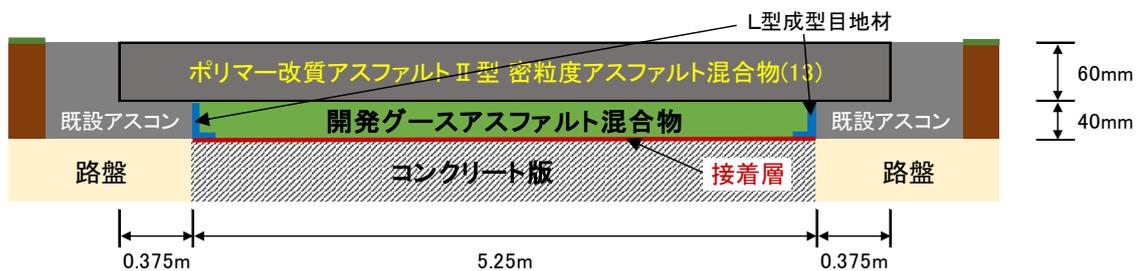


図-4.5.4 コンクリート床版施工断面図

4. 5. 3 使用混合物

(1) 開発グース

開発グースの現場配合は表-4.5.2に示すとおりである。

表-4.5.2 開発グースの現場配合

混合物種	開発グース		基準値	
	骨材配合	混合物配合		
混合物配合 (%)	碎石 6号	25	23.2	—
	碎石 7号	23	21.3	
	粗 砂	12	11.1	
	細 砂	12	11.1	
	石 粉	28	26.0	
	ナフテン系VR	—	4.015	
	SDAピッチ	—	3.285	
	サソビット (対AS量)	—	1.5	
	合 計	100	100.1095	
通過質量百分率 (%)	19.0 mm	100.0		100
	13.2	98.6		95 ~ 100
	4.75	73.8		65 ~ 85
	2.36	52.8		45 ~ 62
	0.600	43.7		35 ~ 50
	0.300	35.1		28 ~ 42
	0.150	29.6		25 ~ 34
	0.075	23.6		20 ~ 27

(2) ポリマー改質アスファルトⅡ型密粒度アスファルト混合物(13)

ポリマー改質アスファルトⅡ型密粒度アスファルト混合物(13) (以下、改質Ⅱ型密粒(13)と称す) に使用した材料と骨材の性状は表-4.5.3～表-4.5.4に示すとおりである。

表-4.5.3 改質Ⅱ型密粒(13)に使用した材料

材料種	産 地	材 質
碎石 6号	茨城県石岡市染谷	硬質砂岩
碎石 7号	茨城県土浦市小高	硬質砂岩
碎 砂	茨城県土浦市小高	硬質砂岩
粗 砂	茨城県稲敷郡阿見町	洗い砂
細 砂	千葉県香取市	洗い砂
石 粉	栃木県佐野市	石灰岩粉末
アスファルト	ニチレキ(株)	ポリマー改質アスファルトⅡ型

表-4.5.4 改質Ⅱ型密粒(13)の配合設計に使用した骨材の性状

項目		碎石 6号	碎石 7号	碎 砂	粗 砂	細 砂	石 粉	規格値
通過質量百分率 (%)	19.0 mm	100.0						—
	13.2	95.5	100.0		100.0			
	4.75	1.0	88.8	100.0	98.6	100.0		
	2.36		7.2	87.2	85.5	98.8		
	0.600		0.5	36.8	42.8	84.9		
	0.300			22.3	21.8	43.0	100.0	
	0.150			12.8	6.3	9.6	97.6	
	0.075			4.1	2.3	1.8	83.4	
密度 (g/cm ³)	見 掛	2.686	2.671	2.663	2.686	2.700	2.758	—
	表 乾	2.666	2.630	2.569	2.622	2.577	—	碎石 2.45 以上
	か さ	2.654	2.606	2.512	2.584	2.504	—	—
吸水率 (%)		0.46	0.95	3.62	1.47	2.91	—	碎石 3.0% 以下
すり減り減量 (%)		14.6	—	—	—	—	—	碎石 30% 以下

改質Ⅱ型密粒(13)の現場配合は表-4.5.5に示すとおりである。

表-4.5.5 改質Ⅱ型密粒(13)の現場配合

混合物種		改質Ⅱ型密粒(13)		基準値
		骨材配合	混合物配合	
混合物配合 (%)	碎石 6号	37	35.0	—
	碎石 7号	17	16.0	
	碎 砂	20	18.8	
	粗 砂	10	9.5	
	細 砂	10	9.5	
	石 粉	6	5.7	
	ホ [○] リマー改質アスファルトⅡ型	—	5.5	
	合 計	100	100.0	
通過質量百分率 (%)	19.0 mm	100.0		100
	13.2	98.3		95 ~ 100
	4.75	61.5		55 ~ 70
	2.36	43.1		35 ~ 50
	0.600	26.3		18 ~ 30
	0.300	17.0		10 ~ 21
	0.150	10.1		6 ~ 16
	0.075	6.2		4 ~ 8

表-4.5.6 改質Ⅱ型密粒(13)のマーシャル試験およびホイールトラッキング試験結果

項目	単位	試験値	規格値	備考
アスファルト量	%	5.5	—	
密度	g/cm ³	2.376	—	
理論密度	g/cm ³	2.468	—	
空隙率	%	3.7	3~6	
飽和度	%	77.3	70~85	
安定度	kN	11.50	7.35以上	
フロー値	1/100cm	29	20~40	
動的安定度	回/mm	5,730	—	出荷混合物

4.5.4 施工機械

使用する施工機械は表-4.5.7に示すとおりである。

それぞれの機械は、従来の施工において使用されている汎用機械であり、特殊な措置などは必要ないものである。

表-4.5.7 施工機械

名称	仕様	用途	台数	備考
アスファルトクッカー車	電気加熱式 6 t	混合物クッキング ゲース混合物運搬	2	基層
ゲースアスファルトフィニッシャ	4.5m級 (最大5.5m)	ゲース混合物敷均し	1	基層
ダンプトラック	10 t	表層用混合物運搬	3	表層
アスファルトフィニッシャ	6.0m級	表層用混合物敷均し	1	表層
マカダムローラ	10 t	初期転圧	1	表層
タイヤローラ	15 t	二次転圧	1	表層
タイヤショベル		材料運搬ほか	1	表層 基層

4. 5. 5 施工手順

基層工（グース舗装工）の施工手順は図-4.5.5に示すとおりである。

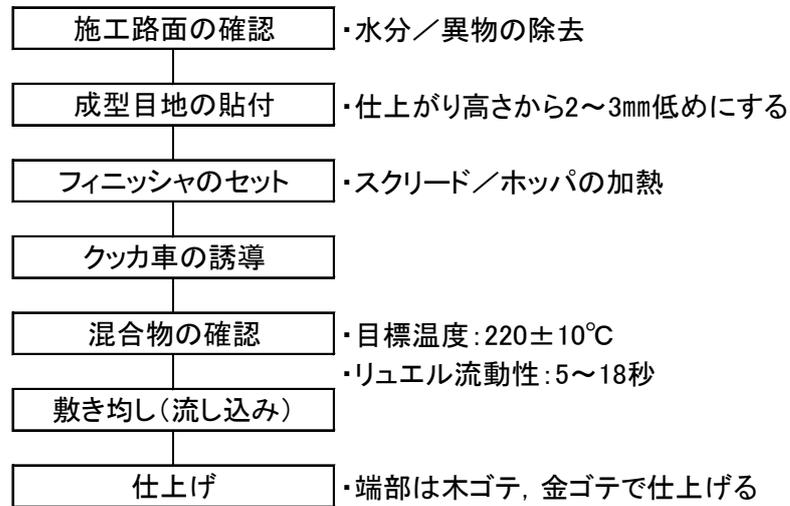


図-4.5.5 基層工の施工手順

<ブリスタリングが発生した場合の対応方法>

- ・エア抜き棒（千枚通しなど）でエア抜きを行い、木ゴテにて押さえ、仕上げる。
- ・ブリスタリングには舗設直後の発生と時間が経過してからの発生があり、時間経過後に発生したものについては、エア抜き穴に「SDA ピッチ」を置き、ガスバーナで加熱し金ゴテで仕上げ、エア抜き穴を封かんする。

表層工の施工手順は図-4.5.6に示すとおりである。

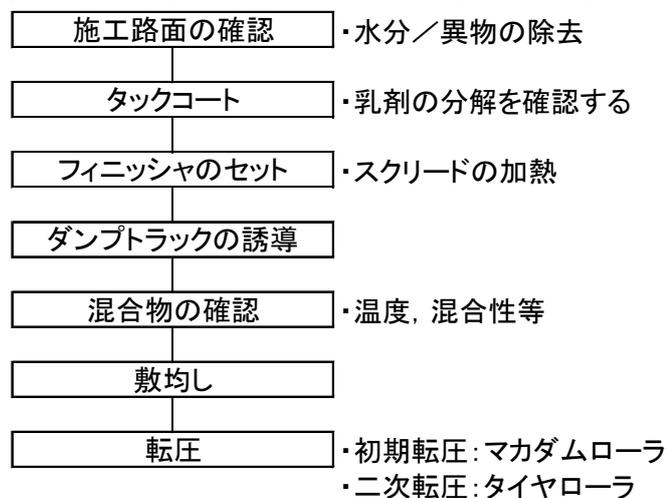


図-4.5.6 表層工の施工手順

4. 5. 6 試験施工における試験および調査項目

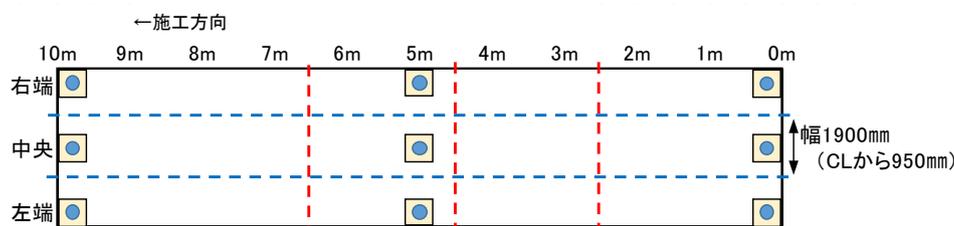
鋼床版工区における試験および調査一覧は表-4.5.8 に、各種試験位置は図-4.5.7 に示すとおりである。

なお、現場試験で使用する各種試験機は機差を無くするため同一機器を使用する。

表-4.5.8 鋼床版工区における試験および調査一覧

	時期	評価項目	評価方法	頻度または条件
基 層 工	施工中	混合状況、施工性	目視、写真	適宜
		混合物温度	温度計	施工前、施工中適宜
		流動性	リュエル流動性試験	
		混合物臭気	臭気計	クッカー車ゲート前 フィニッシュスクリード前 敷均し面
	施工後 (室内)	動的安定度	ホイールトラッキング試験	n=3
		貫入量	貫入試験	n=2
		曲げ強度／曲げひずみ	曲げ試験	-10℃, n=2
		締固め度	密度試験(切取コア)	起終点部, 中央部: 各 n=3
		防水性	加圧透水試験(切取コア)	起終点部, 中央部: 各 n=3
		引張接着強度(床版 - 基層間)	引張接着試験(建研式)	-10℃, +23℃: 各 n=4
施工後 (現場)	舗装厚さ	切取コア	起終点部, 中央部: 各 n=3	
表 層 工	プラント	出荷温度	温度計	出荷時
		混合物性状	合成粒度	出荷時
			マーシャル試験	n=3
			ホイールトラッキング試験	n=3
	施工中	敷き均し温度	温度計	敷均し時適宜
		転圧温度	温度計	転圧時適宜
		施工後 (室内)	舗装厚さ	切取コア
締固め度	密度試験(切取コア)		起終点部, 中央部: 各 n=3	
追跡調査 (表層後)	下がり観測	水系下がり	3箇所(2.5, 4.5, 6.5m地点)	
	わだち掘れ量	MRP	3箇所(2.5, 4.5, 6.5m地点)	
	平坦性	MRP	輪跡部(右, 左)	
	ひび割れ率	目視, スケッチ	ひび割れ確認後	

追跡調査の実施頻度：荷重車 49kN 換算輪数：1 万回、2 万回、3 万回、5 万回、7 万回、10 万回、20 万回、…



- : 平坦性測定位置
 - - - : わだち掘れ量測定位置
 - : 切取コア採取位置 (左右端部は舗装端から10cm位置)
- ※接着層との縁を断つため、コア採取箇所離型紙等を設置しリースを施工する

図-4.5.7 鋼床版工区における各種試験位置

4. 5. 7 試験施工結果

4. 5. 7. 1 鋼床版

既設舗装の切削工、研掃工および接着層工は、共通工として別途工事にて実施した。切削後、1種ケレンとしてスチールショットブラストによる研掃を実施し、接着層は「カチコートSR」を塗布量 $0.15\text{L}/\text{m}^2$ にて2回（計 $0.3\text{L}/\text{m}^2$ ）塗布した。

施工前の床版面の状況は写真-4.5.1、写真-4.5.2に示すとおりである。



写真-4.5.1 鋼床版面（切削・1種ケレン完了後）



写真-4.5.2 施工前（接着層完了面）

(1) 混合物温度と施工性

所定の混合物温度 $220^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ においては流動性が確保できなかった（リュエル流動性 53 秒, 222°C ）ため、混合物温度の調整を行い、リュエル流動性が 18～20 秒程度になったことを確認して敷均しを行った。そのため、敷均し面は粗くなり、常時コテ仕上げが必須となる状況であった。

グースアスファルトフィニッシャの右側スクリードの加熱不良により、特に施工右半面の敷均し面が粗くなった要因のひとつであった。



写真-4.5.3 施工起点部人力敷均し状況



写真-4.5.4 敷均し状況



写真-4.5.5 敷均し状況



写真-4.5.6 敷均し完了

(2) アスファルト混合物の性状試験結果

試験施工で出荷された開発グースの各種性状試験結果は表-4.5.10 に示すとおりである。

表-4.5.10 開発グースの各種性状試験結果

混合物の種類	試験項目		単位	供試体番号 情報	試験結果	備考	
開発グース	混合物温度	施工前	°C	混練約90分後	219	・ 棒状温度計	
				混練約120分後	242		
		敷均し時	°C	施工前半	238		
				施工後半	235		
	リュエル流動性		秒	約80分	53	222°C	
				約120分	33	230°C	
				約140分	16	244°C	
					21	239°C	
	混合物臭気	共通計測器	—	クッカーゲート上	282 (—)		・ 新コスモス電機： XP-329ⅢN
				グ-スAF スクリッド前	1,803 (風下)	441 (無風)	
					敷均し面		
		NIPPO計測器		クッカーゲート上	600 (風下)		・ 新コスモス電機： XP-329ⅢR
				グ-スAF スクリッド前	881 (風下)	576 (風下)	
					敷均し面		
	動的安定度		回/mm	1	21,000		・ 60°C, 6時間以上養生
				2	15,750		
				3	31,500		
				平均	21,000		
	貫入量 (供試体密度)		mm (g/cm ³)	1	0.82	(2.396)	・ 40°C, 30分, 515N
				2	0.84	(2.400)	
				平均	0.83	(2.398)	
曲げ破断強度		MPa	1	9.353		・ -10°C, 50mm/分	
			2	10.664			
			平均	10.009			
曲げ破断ひずみ		(×10 ⁻³)	1	7.11			
			2	6.46			
			平均	6.79			
引張接着強度	試験温度 -10°C	N/mm ²	1	1.24	B	・ 10mm厚の鋼板にカチコートSR を0.3L/m ² 塗布し、ホイール ラッキング試験供試体用型枠 に設置後、現地で混合物 を打設 <破壊状況> A : 舗装材破壊 AB : 舗装と接着層の 界面破壊 B : 接着層の破壊 BC : 接着層と鋼板の 界面破壊	
			2	1.21	B		
			3	1.27	B		
			4	1.17	A		
			平均	1.22	—		
	試験温度 +23°C	N/mm ²	1	1.46	BC		
			2	1.57	BC		
			3	1.54	BC		
			4	1.48	BC		
			平均	1.51	—		

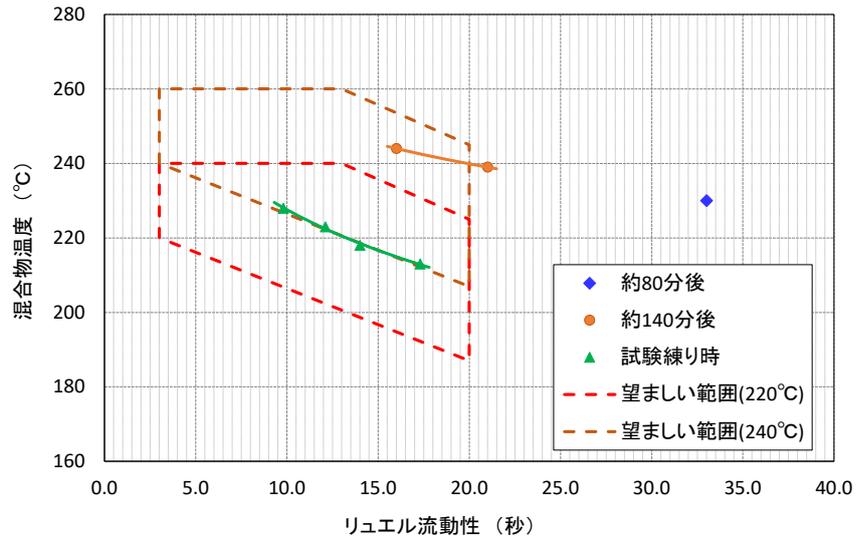


図-4.5.9 リュエル流動性試験結果



写真-4.5.7 リュエル流動性試験状況



写真-4.5.8 臭気測定状況 (スクリード前)



写真-4.5.9 臭気測定結果（スクリーン前）



写真-4.5.10 ホイールトラッキング試験後供試体



写真-4.5.11 曲げ試験状況

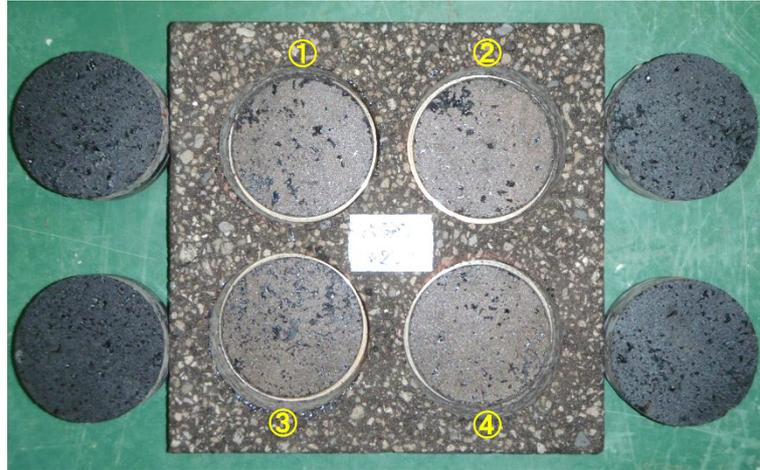


写真-4.5.12 試験後供試体 (+23°C)

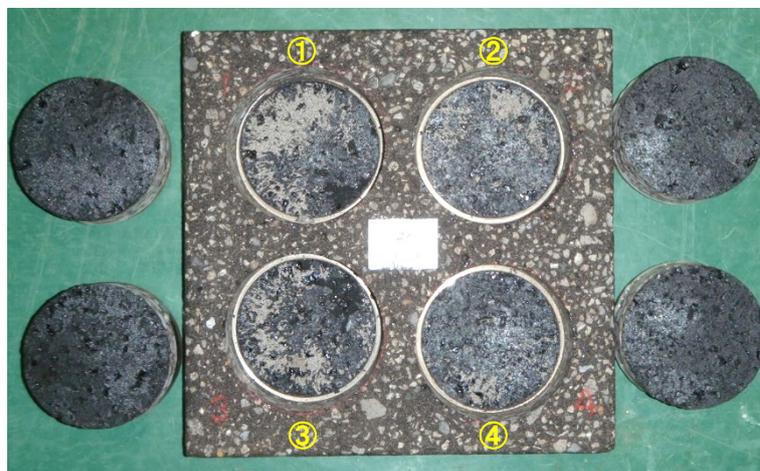


写真-4.5.13 試験後供試体 (-10°C)

これらの結果より、以下のことが言える。

①混合物温度と作業性

- ・混合物温度 220°Cでは良好な作業性を確保することができなかった。
- ・混合物温度を高めて流動性を改善することで、リュエル流動性の目標範囲の流動性を得ることができた。

流動性が良くなかった要因の1つとしてアスファルト量の不足を考え、当日の混合物のアスファルト添加量をアスファルト抽出試験によって確認したが、平均 7.35% (7.13%~7.69% : n=4) であり、設定アスファルト量 (=7.3%) との差異は見られなかった。事前の試験練り結果 (4.4項参照) より設定アスファルト量における混合物性状は問題ないことが確認されていること、試験施工におけるアスファルト量も設定どおりであることから、プラント混合条件は問題なかったものとする。

また、4.5.7.2の項で後述しているとおり、コンクリート床版における開発グースは同材料・同配合で施工しているが、混合物性状値は適切であることから、混合物は適切

であったと考える。

②混合物の臭気

- ・ 共通試験器（新コスモス電機 XP-329N）による測定値は、282～1,803 である。
- ・ NIPPO 測定器（新コスモス電機 XP-329ⅢR）による測定値は、344～881 である。

屋外作業であるため風が吹く場合もあり、測定時の風向・風速によりレベルが変動したことによるものとする。風上側での測定値は相対的に小さくなり、風下側での測定値は相対的に大きくなる傾向にある。よって、測定時における風向・風速に留意する必要があると考える。

室内において、同一の NIPPO 測定器（新コスモス電機 XP-329ⅢR）を用いて測定した結果は、ピークレベルで 400～480 であり、試験施工時に測定した値と近い結果である。従来グースの測定値が 600～650（室内同条件）であることから、施工現場においても従来グースよりは臭気の低減ができていたものとする。

③混合物の性状

- ・ 動的安定度は平均で 21,000 回/mm と、室内試験時（1,033 回/mm）と比べ大きい。
- ・ 曲げひずみ、貫入量は、ともに目標値を満足しない。
- ・ 試験温度条件：-10℃の引張接着強度は、一般的な鋼床版グース目標値（1.20N/mm²以上）を満足している。
- ・ 試験温度条件：+23℃の引張接着強度は、一般的な鋼床版グース目標値（0.60N/mm²以上）を十分に満足している。

混合物温度を調整するための追加クッキングやグースアスファルトフィニッシャの不具合（スクリード右半分の加熱不良）など、施工時の手間取りにより、クッキング時間が 3 時間以上経過後に各種供試体を作製した。そのため、混合物の熱劣化が進行した試料での供試体作製となった。

試験施工で出荷された改質Ⅱ型密粒(13)の各種性状試験結果は表-4.5.11 に示すとおりである。

改質Ⅱ型密粒(13)は、混合物性状を満足する結果である。

表-4.5.11 改質Ⅱ型密粒(13)の各種性状試験結果

混合物の種類	試験項目	単位	供試体番号情報	試験結果	備考
改質Ⅱ型密粒(13)	混合物 出荷温度	°C	1台目	178	・棒状温度計
			2台目	179	
			3台目	180	
	動的安定度	回/mm	1	5,250	・60°C, 6時間以上養生
			2	6,300	
			3	6,300	
			平均	5,730	
	マーシャル 密度	g/cm ³	1	2.376	・出荷時作製 マーシャル供試体 かさ密度
			2	2.378	
			3	2.370	
			平均	2.375	
	空隙率	%	1	3.7	・出荷時作製 マーシャル供試体
			2	3.6	
			3	4.0	
			平均	3.7	
	加熱骨材 合成粒度	%	19.0 mm	100.0	100
			13.2	97.6	95 ~ 100
			4.75	62.9	55 ~ 70
			2.36	43.8	35 ~ 50
			0.600	26.7	18 ~ 30
			0.300	17.6	10 ~ 21
			0.150	11.4	6 ~ 16
			0.075	6.0	4 ~ 8
敷均し温度	°C	1台目	173	共同研究4社連続施工	
		2台目	174		
		3台目	173		

(3) 現場切取供試体の各種性状試験結果

切取供試体の採取位置は図-4.5.10 に、各種性状試験結果は表-4.5.12 に示すとおりである。

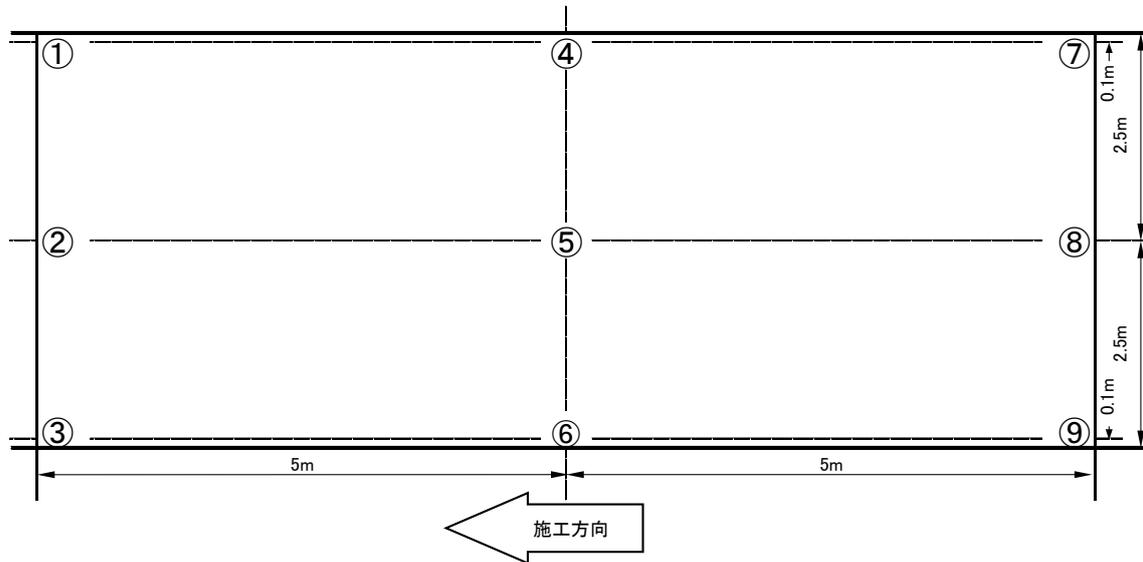


図-4.5.10 切取供試体の採取位置（鋼床版）



写真-4.5.14 切取供試体採取状況

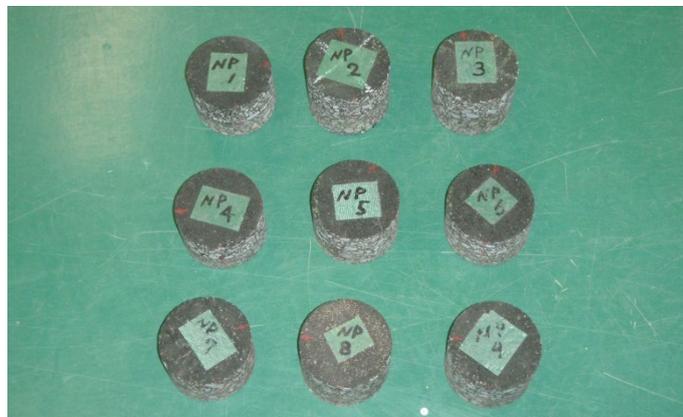


写真-4.5.15 採取コア（全9箇所）

表-4.5.12 切取供試体の各種性状試験結果

混合物の種類	試験項目	単位	供試体番号	試験結果	備考		
開発グース	厚さ	mm	施工 終点	①	37		
				②	48		
				③	44		
			施工 中央	④	31		
				⑤	29		
				⑥	28		
			施工 起点	⑦	33		
				⑧	39		
				⑨	37		
	締固め度	%	施工 終点	①	100.2		・貫入試験供試体密度基準
				②	99.2		
				③	100.8		
			施工 中央	④	99.4		
				⑤	100.0		
				⑥	99.8		
			施工 起点	⑦	100.2		
				⑧	99.9		
				⑨	99.9		
	透水係数	cm/s	施工 終点	①	不透水		・0.15MPa, 24時間加圧後
				②	不透水		
				③	不透水		
			施工 中央	④	不透水		
				⑤	不透水		
				⑥	不透水		
			施工 起点	⑦	不透水		
				⑧	不透水		
				⑨	不透水		

これらの結果より、以下のことが言える。

①施工厚さ

- ・基層は、床版の不陸があり舗装厚さは異なるが、施工起点は 40 mm弱、中央部は 30mm 前後、施工終点は 40mm 以上と施工厚さにばらつきはあるが、グース層としては一般的な施工厚さを確保できている。

②締固め度

- ・基層は混合物の流動性が悪く施工性が良くなかったものの、値は均一であり、舗装端部においても十分に充填されている。

③ 舗装体としての防水性

- ・採取した切取供試体を加圧透水試験によって測定した開発グース層の透水係数は、中央部、端部のいずれの供試体も不透水であり、防水性は十分に確保できている。
- ・施工性の悪さや仕上がり面の粗さなどから防水性に懸念があったが、グースとしての防水性は確保できている。

(4) 水密性の確認試験結果

水密性の測定は透気試験機を用いて行った。その測定結果は図-4.5.11 に示すとおりである。施工延長方向の中央部および終点部のそれぞれ左端・中央・右端において測定した。

いずれの点も圧力の変化が無いことから、舗装の仕上がり面の粗さが良くなかったにも関わらず、開発グースの水密性は十分に確保できているものとする。

< 計測方法 >

試験機を測定面に設置し 0.080MPa になるまで減圧後、1 分後の圧力を計測

	10m点	5m点	0m点
東亜 道路 工業 工区	○:0.078	○:0.078	日本 道路 工区
	○:0.078	○:0.078	
	○:0.078	○:0.078	

単位：MPa

図-4.5.11 透気試験位置と測定結果



写真-4.5.16 透気試験状況

4. 5. 7. 2 コンクリート床版

既設舗装の切削工、表面処理工および接着層工は、共通工として別途工事にて実施した。切削後、スチールショットブラストによる研掃を投射密度 $150\text{kg}/\text{m}^2$ にて2回実施し、接着層は「カチコートR」を塗布量 $0.2\text{L}/\text{m}^2$ にて2回塗布した。

施工前の床版面の状況は写真-4.5.17、写真-4.5.18に示すとおりである。



写真-4.5.17 施工前（切削・表面処理面）



写真-4.5.18 施工前（接着層完了面）

(1) 施工性

混合物 220℃付近の流動性は良好であり、敷均しやすさなどの作業性は問題ない。また、現場の横断勾配は6%であるが勾配下方へのダレも小さいことから、施工は順調であった。



写真-4.5.19 敷均し状況



写真-4.5.20 敷均し状況



写真-4.5.21 施工中に発生したブリスタリング



写真-4.5.22 敷均し完了

(2) アスファルト混合物の性状試験結果

試験施工で出荷された開発グースの各種性状試験結果は表-4.5.13に示すとおりである。

表-4.5.13 開発グースの各種性状試験結果

混合物の種類	試験項目		単位	供試体番号情報	試験結果	備考			
開発グース	混合物温度	施工前	°C	1台目	224	・棒状温度計			
				2台目	229				
		敷均し時	°C	施工前半	219				
				施工後半	224				
	リュエル流動性		秒	1台目	15.5	222°C	・混練約90分後		
					18.0	220°C			
					21.0	215°C			
				2台目	15.0	225°C		・混練約90分後	
					17.6	221°C			
					21.0	218°C			
	混合物臭気	共通計測器	—	クッカーゲート上	2,450(風下)	・新コスモス電機： XP-329N			
					540(風下)				
					AFスクリーン前		245(風上)		
		NIPPO計測器		—	クッカーゲート上		406(風下)	・新コスモス電機： XP-329ⅢR	
							AFスクリーン前		335(風上)
							敷均し面		600(風下)
	動的安定度		回/mm	1	612	・60°C, 6時間以上養生			
				2	750				
				3	778				
				平均	708				
	貫入量 (供試体密度)		mm (g/cm ³)	1	1.64 (2.384)	・40°C, 30分, 515N			
				2	1.82 (2.387)				
				平均	1.73 (2.386)				
曲げ破断強度		MPa	1	11.100	・-10°C, 50mm/分				
			2	10.070					
			平均	10.585					
曲げ破断ひずみ		(×10 ⁻³)	1	8.29					
			2	7.79					
			平均	8.04					

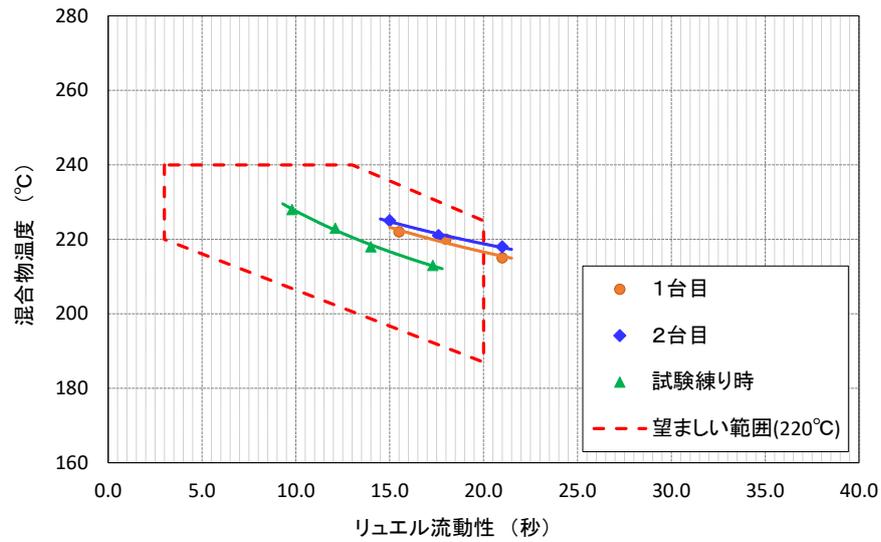


図-4.5.12 リユエル流動性試験結果



写真-4.5.23 リユエル流動性試験状況



写真-4.5.24 ホイールトラッキング試験後供試体



写真-4.5.25 曲げ試験状況

これらの結果より、以下のことが言える。

①混合物温度と作業性

- ・混合物温度は施工前で 224～229℃、敷均し時は 219～224℃であり、概ね目標範囲内である。
- ・リュエル流動性は目標範囲内であり、敷均しは従来グースと同様な施工性である。
- ・敷均し直後にブリスタリングが比較的面全体に発生しており、ブリスタリングの処理が必要である。
- ・仕上がり面は従来グースと同程度の仕上がり面であり、良好な作業性のもとでは問題ない。

②混合物の臭気

- ・共通試験器（新コスモス電機 XP-329N）による測定結果は、245～2,450 である。
- ・NIPPO 測定器（新コスモス電機 XP-329ⅢR）による測定結果は、335～600 である。

屋外作業であるため風が吹く場合もあり、測定時の風向・風速によりレベルが変動したことによるものとする。風上側での測定値は相対的に小さくなり、風下側での測定値は相対的に大きくなる傾向にある。よって、測定時における風向・風速に留意する必要があると考える。

室内において同じ NIPPO 測定器（新コスモス電機 XP-329ⅢR）を用いて測定した結果は、ピークレベルで 400～480 であり、試験施工時に測定した値と近い結果である。従来グースの測定値が 600～650（室内同条件）であることから、施工現場においても従来グースよりは臭気の低減ができていているものとする。

③混合物の各種性状

- ・動的安定度は、室内配合時の 1,033 回/mm に対し試験舗装時は 708 回/mm であるが、同一骨材を使用した従来グース（300～350 回/mm 程度）と比較すると 2 倍程度の耐流動性が確保できている。
- ・貫入量は 1.73mm であり、目標値を満足している。
- ・曲げ破断ひずみは 8.04×10^{-3} であり、目標値を満足している。

試験施工で出荷された改質Ⅱ型密粒(13)の各種性状試験結果は表-4.5.14 に示すとおりである。

改質Ⅱ型密粒(13)は、混合物性状を満足する結果である。

表-4.5.14 改質Ⅱ型密粒(13)の各種性状試験結果

混合物の種類	試験項目	単位	供試体番号情報	試験結果	備考
改質Ⅱ型密粒 (13)	混合物出荷温度	℃	1 台目	179	・ 棒状温度計
			2 台目	179	
			3 台目	178	
			4 台目	179	
	動的安定度	回/mm	1	5,250	・ 60℃, 6時間以上養生
			2	6,300	
			3	6,300	
			平均	5,730	
	マーシャル密度	g/cm ³	1	2.372	・ 出荷時作製 マーシャル供試体 かさ密度
			2	2.375	
			3	2.383	
			平均	2.377	
	空隙率	%	1	3.9	・ 出荷時作製 マーシャル供試体
			2	3.8	
			3	3.4	
			平均	3.7	
	加熱骨材合成粒度	%	19.0 mm	100.0	100
			13.2	97.6	95 ~ 100
			4.75	62.9	55 ~ 70
			2.36	43.8	35 ~ 50
			0.600	26.7	18 ~ 30
			0.300	17.6	10 ~ 21
			0.150	11.4	6 ~ 16
			0.075	6.0	4 ~ 8
敷均し温度	℃	1 台目	171	・ 共同研究 4 社連続施工	
		2 台目	170		
		3 台目	171		
		4 台目	172		

(3) 現場切取供試体の各種性状試験結果

施工後に採取した切取供試体の採取位置は図-4.5.13に、各種性状試験結果は表-4.5.15に示すとおりである。

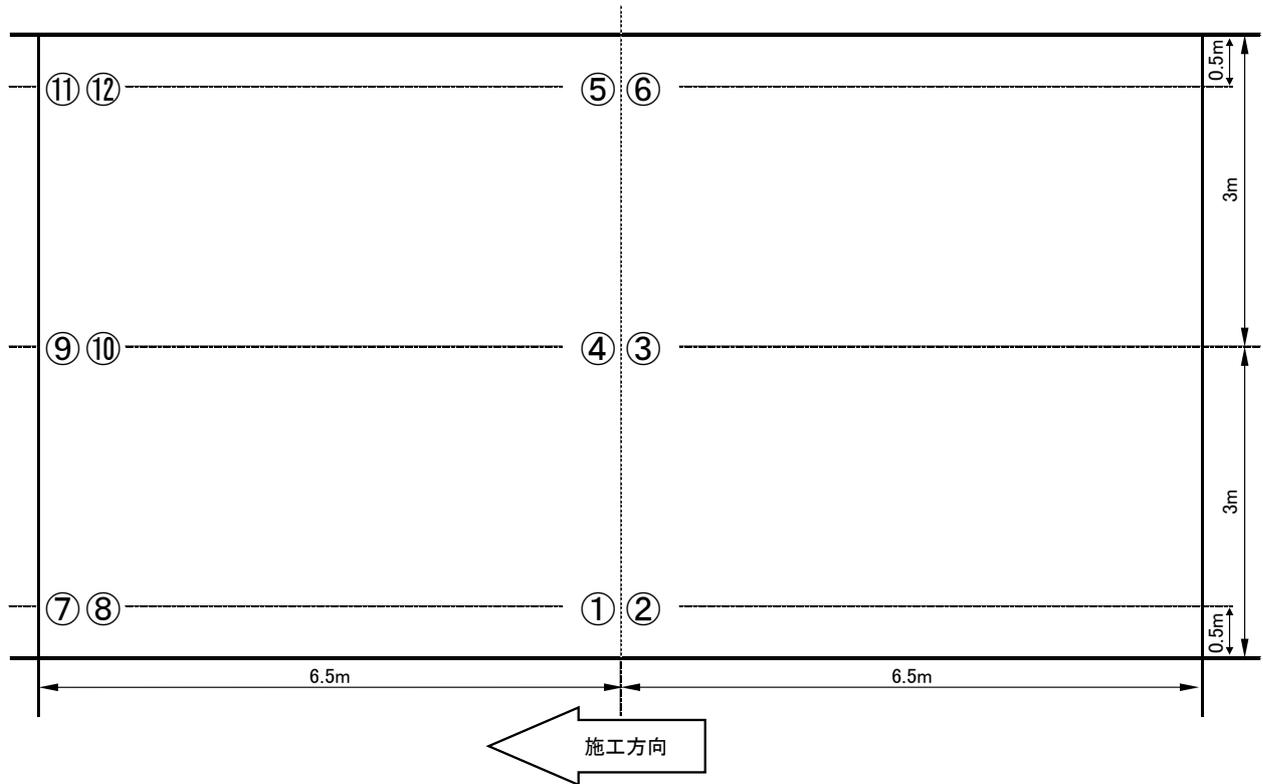


図-4.5.13 切取供試体の採取位置（コンクリート床版）



写真-4.5.26 切取供試体採取状況



写真-4.5.27 採取コア（舗装厚さ・密度・加圧透水試験用：全6個）

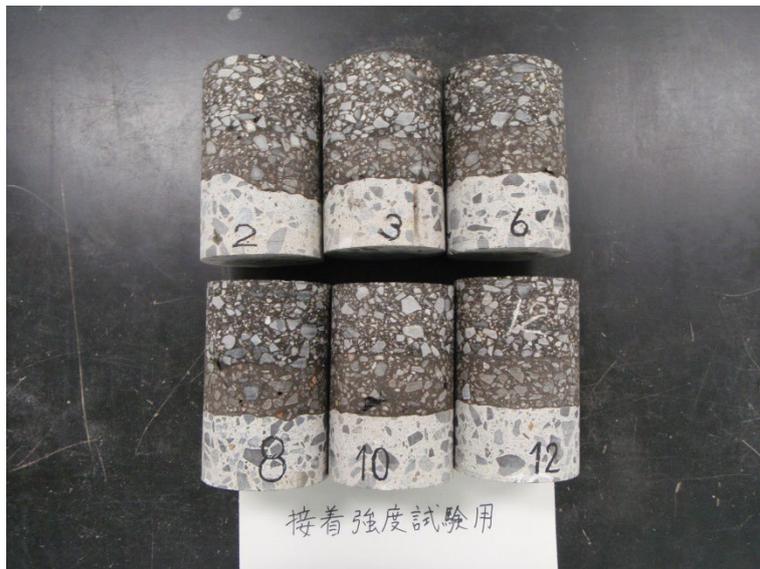


写真-4.5.28 採取コア（接着強度試験用：全6個）

表-4.5.15 切取供試体の各種性状試験結果

混合物の種類	試験項目	単位	供試体番号	試験結果	備考				
開発グース	厚さ	mm	施工中央	①	37				
				④	40				
				⑤	39				
			施工終点	⑦	41				
				⑨	44				
				⑪	39				
	締固め度	%	施工中央	①	100.2		・貫入試験供試体密度基準		
				④	99.2				
				⑤	100.8				
			施工終点	⑦	99.4				
				⑨	100.0				
				⑪	99.8				
	透水係数	cm/s	施工中央	①	不透水		・0.15MPa, 24時間加圧後		
				④	不透水				
				⑤	不透水				
			施工終点	⑦	不透水				
				⑨	不透水				
				⑪	不透水				
	引張接着強度 試験温度：23℃ 上層：グース層 下層：Co床版	N/mm ²	施工中央	②	1.58		BC	<破壊状況> A：グース層の破壊 AB：グース層と接着層の 界面破壊 B：接着層の破壊 BC：接着層とCo床版の 界面破壊 C：Co床版の破壊	
				③	0.78		BC		
				⑥	1.52		BC		
				平均	1.29		—		
				施工終点	⑧		1.93		BC
					⑩		1.16		BC
⑫			1.57		C				
平均			1.55	—					
引張接着強度 試験温度：23℃ 上層：表層 下層：グース層			N/mm ²	施工中央	②	1.66	A		<破壊状況> A：表層の破壊 AB：表層と接着層の 界面破壊 B：接着層の破壊 BC：接着層とグース層の 界面破壊 C：グース層の破壊
					③	1.12	A		
					⑥	1.23	A		
					平均	1.34	—		
	施工終点	⑧		1.30	AB				
		⑩		1.23	A				
		⑫		0.85	A				
		平均		1.13	—				



写真-4.5.29 引張接着強度試験後供試体②③⑥（表層—ゲース層間）



写真-4.5.30 引張接着強度試験後供試体⑧⑩⑫（表層—ゲース層間）



写真-4.5.31 引張接着強度試験後供試体②③⑥（ゲース層—コンクリート床版間）



写真-4.5.32 引張接着強度試験後供試体⑧⑩⑫（ゲース層—コンクリート床版間）

これらの結果より、以下のことが言える。

①施工厚さ

- ・基層は、終点部で平均 41 mm、中央部で平均 39mm と所定の 40mm 前後の施工厚が確保できている。

②締固め度

- ・基層は、中央部、舗装端部においても十分に充填されているものとする。

③舗装体としての防水性

- ・切取供試体を用いて加圧透水試験により測定した基層（開発グース層）の透水係数は、中央部、端部のいずれの供試体も不透水であり、防水性は十分に確保できている。
- ・施工中に発生したブリストリングにより防水性の低下が懸念されたが、結果は不透水であり、発生した気泡は貫通孔になっていないと考える。

④各層間の接着性

- ・採取した切取供試体を用いて建研式引張試験条件にて測定した引張接着強度は、
床版—基層間の中央部は 1.29N/mm²、終点部は 1.55N/mm²
基層—表層間の中央部は 1.34N/mm²、終点部は 1.13N/mm²
であり、いずれも基準値 0.6N/mm² 以上を確保できている。
- ・施工中に発生したブリストリングより床版と基層の接着性の低下が懸念されたが、接着性に問題はないものとする。

(4) 水密性の確認試験結果

水密性の測定は透気試験機を用いて行った。その測定結果は図-4.5.14 に示すとおりである。施工延長方向の中央部および終点部のそれぞれ左端・中央・右端において測定した。

いずれの点も圧力の変化が無いことから、開発グースの水密性は十分に確保できているものとする。

<計測方法>

試験機を測定面に設置し 0.080MPa になるまで減圧後、1 分後の圧力を計測する。

	13m点(終点)	6.5m点	0m点(起点)
東亜 道路 工業 工区	○:0.078	○:0.078	大成 ロッキ 工区
	○:0.078	○:0.078	
	○:0.078	○:0.078	

単位：MPa

図-4.5.14 透気試験位置と測定結果



写真-4.5.33 透気試験状況

4.5.8 追跡調査

4.5.8.1 鋼床版

荷重車を用いた往復走行により実証実験を行った。実証実験における追跡調査項目は、下がり観測、わだち掘れ量、平坦性およびひび割れ率とした。荷重車の条件は表-4.5.16に、走行状況は写真-4.5.34、写真-4.5.35に示すとおりである。走行期間は2018年10月3日～2020年2月であり、49kN換算輪数で15万回まで行った。

表-4.5.16 荷重車の条件

項目		値
前軸荷重	kg	6,920
後前軸荷重	kg	11,120
後後軸荷重	kg	10,410
49kN換算輪数	輪/回	2.9327



写真-4.5.34 荷重車に積んだ荷重調整ウエイト



写真-4.5.35 走行状況

また、各追跡調査の位置は図-4.5.15 に示すとおりである。

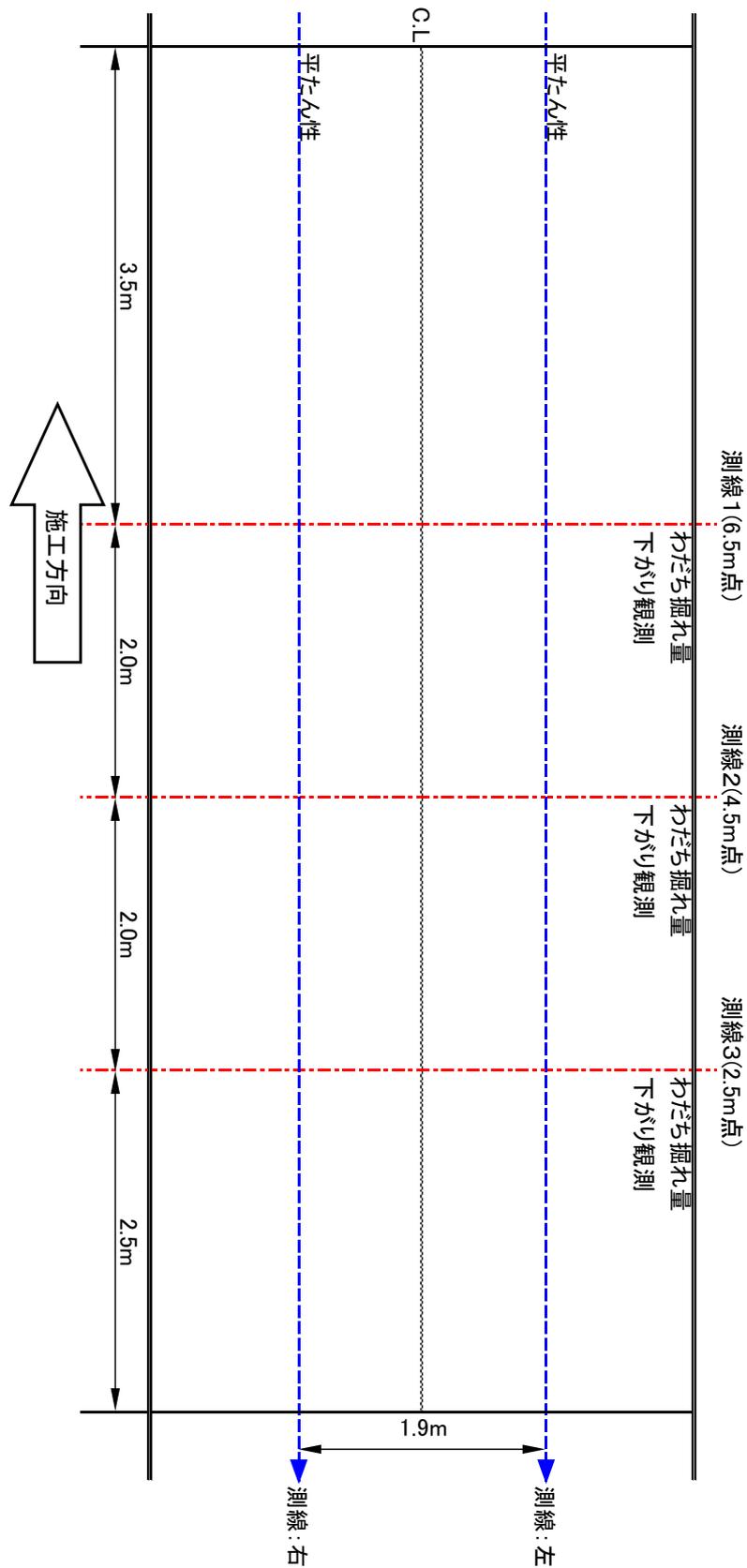


図-4.5.15 追跡調査位置 (平面図)

(1) 下がり観測

床版両端にあるコンクリート壁から高さ 10cm の基準高を設定し観測した。下がり観測位置は図-4.5.16 に、観測結果は表-4.5.17 に示すとおりである。図中の観測位置 2 と 4 は、荷重車走行位置である。

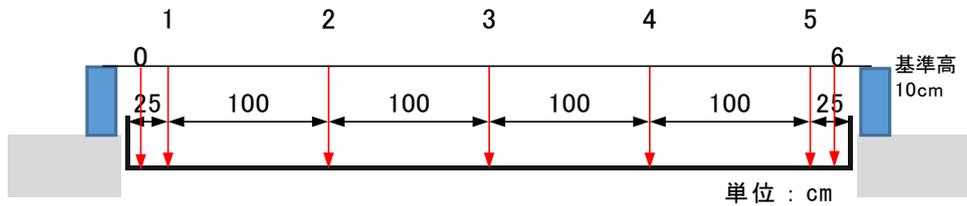


図-4.5.16 下がり観測位置（横断面図）

表-4.5.17 下がり観測結果

単位：mm

延長方向 観測位置	走行輪数 (万回)	項目	観測位置						
			0	1	2	3	4	5	6
2.5m点	0	下がり	71	71	70	70	70	71	72
	1	下がり	71	71	70	70	70	71	72
		変化量	0	0	0	0	0	0	0
	2	下がり	71	71	70	70	70	71	72
		変化量	0	0	0	0	0	0	0
	3	下がり	71	71	71	70	71	71	71
変化量		0	0	1	0	1	0	-1	
4.5m点	0	下がり	65	65	63	64	63	65	65
	1	下がり	65	64	63	64	63	64	65
		変化量	0	-1	0	0	0	-1	0
	2	下がり	64	64	63	62	62	64	64
		変化量	-1	-1	0	-2	-1	-1	-1
	3	下がり	64	64	63	63	63	64	64
変化量		-1	-1	0	-1	0	-1	-1	
6.5m点	0	下がり	66	66	65	67	68	69	70
	1	下がり	65	66	65	67	68	69	70
		変化量	-1	0	0	0	0	0	0
	2	下がり	65	65	65	66	68	69	70
		変化量	-1	-1	0	-1	0	0	0
	3	下がり	65	65	65	66	69	69	70
変化量		-1	-1	0	-1	1	0	0	

走行時期が 10 月であり舗装体の温度が高くなかったことから、49kN 換算輪数 3 万回によって舗装が大きな変状は無く、初期状態を保っている。

(2) わだち掘れ量

わだち掘れ量はプロフィルメータ（MRP）を用いて測定した。測定結果は表-4.5.18、図-4.5.17に示すとおりである。3万輪までは秋期、4～6万輪は夏期、9～15万輪は冬期に荷重車を走行した。

表-4.5.18 わだち掘れ量測定結果(MRP)

走行輪数 (万輪)	走行輪数 達成日	わだち掘れ量(車輪通過位置)(mm)					
		測点1(6.5m点)		測点2(4.5m点)		測点3(2.5m点)	
		左	右	左	右	左	右
0	2018.09.14	1	1	0	1	0	0
1	2018.10.15	1	1	0	1	1	0
2	2018.10.24	1	1	1	1	1	1
3	2018.11.01	1	1	1	1	1	1
4	2019.07.29	1	2	1	2	1	1
5	2019.08.02	1	2	1	1	1	1
6	2019.08.07	1	2	1	2	1	1
9	2019.11	1	1	1	1	1	1
12	2020.02	1	1	1	2	2	1
15	2020.02	1	1	1	2	1	1

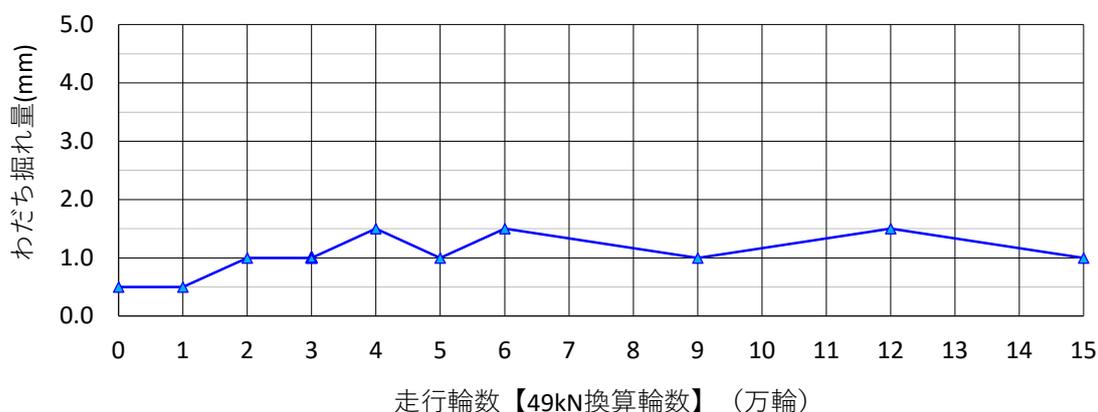


図-4.5.17 わだち掘れ量（平均，0.5 mm単位）(MRP)

走行輪数3万輪までは、走行時期が10月であり舗装体の温度が高くならなかったことから、49kN換算輪数3万輪によって大きな増加は無く、平均で0.5mm程度の増加幅である。4万輪から6万輪までは夏期の走行であったが、増加量は0.5mm程度であった。15万輪までは冬期の走行であり、その後の増加はほとんど確認されなかった。

(3) 平坦性

平坦性はプロフィルメータ（MRP）を用いて測定した。測定結果は表-4.5.19に示すとおりである。

表-4.5.19 平たん性測定結果(MRP)

単位：mm

走行輪数 (万輪)	走行輪数 達成日	平たん性		
		左	中央	右
0	2018.09.14	2.28	3.65	2.47
1	2018.10.15	1.54	—	2.74
2	2018.10.24	1.93	—	2.61
3	2018.11.01	2.92	—	3.51
4	2019.07.29	1.43	—	1.79
5	2019.08.02	1.83	—	2.53
6	2019.08.07	—	—	—
9	2019.11	2.14	—	2.28
12	2020.02	2.31	—	2.76
15	2020.02	1.88	—	2.53

施工延長が約 10m と短いため、完成時の値は平均で 3.00 mm と大きめの値となっている。
また、49kN 換算輪数 15 万輪による極端な変化は見受けられない。

(4) ひび割れ率

ひび割れは、49kN 換算輪数 15 万輪によっても発生しておらず、率は 0% である。

4. 5. 8. 2 コンクリート床版

無人走行荷重車を4台同時に走行させることで実証実験を行った。実証実験における追跡調査項目は、下がり観測、わだち掘れ量、平坦性およびひび割れ率とした。荷重車の条件は表-4.5.20に示すとおりである。走行期間は2018年10月17日～2020年01月17日であり、累積49kN換算輪数は約60万輪までである。

表-4.5.20 荷重車の条件

車両総重量	40t (392kN)
前軸荷重	8t (78.4kN)
後軸荷重	2×16t (156.8kN)
車両台数	4台
49kN換算輪数	703万輪(約200日/年, 10h/日)

なお、わだち掘れ量および平坦性の測定は、以下に示す各累積49kN換算輪数が完了毎に測定し、下がり観測は20万輪達成後に測定した。

初期値測定日：2018年09月14日

1万回達成日：2018年10月19日

2万回達成日：2018年10月25日

3万回達成日：2018年11月01日

5万回達成日：2018年11月08日

10万回達成日：2018年11月26日

20万回達成日：2019年02月14日

40万回達成日：2019年07月01日

41万回達成日：2019年07月29日

43.2万回達成日：2019年08月20日

45万回達成日：2019年08月23日

50万回達成日：2019年10月16日

60万回達成日：2020年01月20日

また、各追跡調査の位置は図-4.5.18 に示すとおりである。

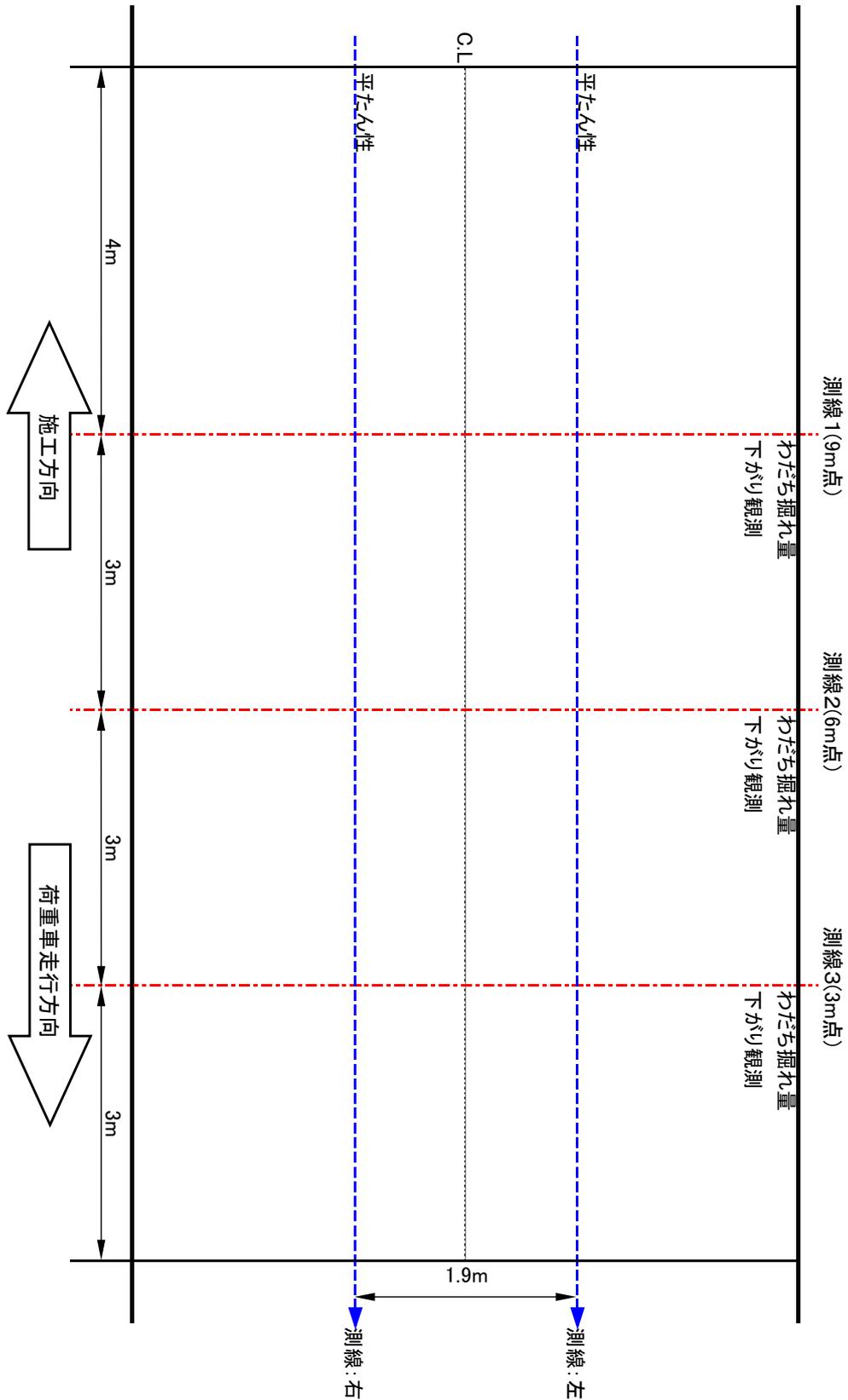


図-4.5.18 追跡調査位置 (平面図)

(1) 下がり観測

既設舗装面から高さ 10cm にて基準高を設定し観測した。下がり観測位置は図-4.5.19 に、観測結果は表-4.5.21 に示すとおりである。図中の観測位置 2 と 4 は荷重車走行位置である。

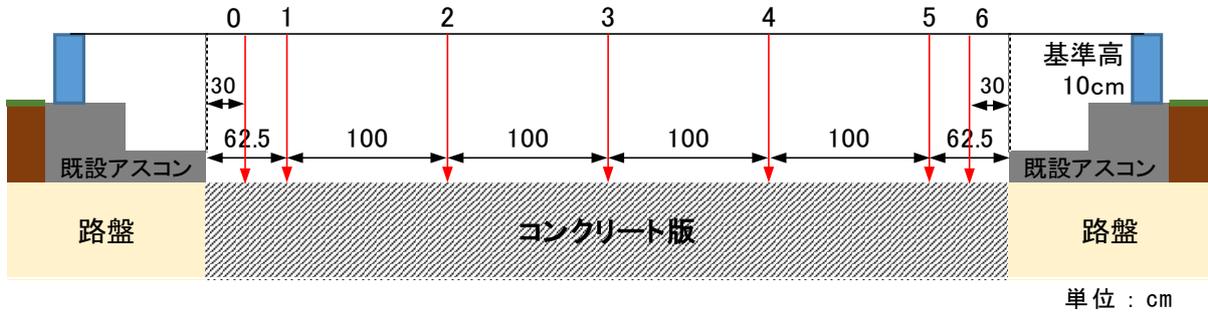


図-4.5.19 下がり観測位置（横断面図）

表-4.5.21 下がり観測結果

単位：mm

延長方向 観測位置	走行輪数 (万回)	項目	観測位置						
			0	1	2	3	4	5	6
3m点	0	下がり	98	97	97	96	97	99	98
		変化量	0	0	0	0	-1	0	0
	20	下がり	98	97	97	96	96	99	98
		変化量	0	0	0	0	-1	0	0
		下がり							
		変化量							
6m点	0	下がり	97	98	98	99	98	102	102
		変化量	0	0	0	0	0	0	0
	20	下がり	97	98	98	99	98	102	102
		変化量	0	0	0	0	0	0	0
		下がり							
		変化量							
9m点	0	下がり	101	99	96	96	95	98	97
		変化量	0	0	2	1	1	0	0
	20	下がり	101	99	98	97	96	98	97
		変化量	0	0	2	1	1	0	0
		下がり							
		変化量							

走行時期が 10 月から 2 月の寒冷期であったこともあり、荷重車走行位置で最大 2mm 程度の変化である。よって、49kN 換算輪数 20 万回により舗装が大きく変状しているということはなく、初期状態を保っている。

(2) わだち掘れ量

わだち掘れ量はプロフィールメータ（MRP）を用いて測定した。測定結果は表-4.5.22、図-4.5.20に示すとおりである。

表-4.5.22 わだち掘れ量(MRP)

走行輪数 (万輪)	走行輪数 達成日	わだち掘れ量(車輪通過位置)(mm)					
		測点1(9m点)		測点2(6m点)		測点3(3m点)	
		左	右	左	右	左	右
0	2018.09.14	1	1	0	1	1	1
1	2018.10.19	1	2	1	1	1	1
2	2018.10.25	1	2	1	1	1	1
5	2018.11.01	1	2	1	1	1	1
7	2018.11.08	1	2	1	1	1	1
10	2018.11.26	1	2	1	1	1	1
20	2019.02.14	2	2	1	2	1	1
40	2019.07.01	1	2	1	2	1	1
41	2019.07.29	2	2	2	1	1	2
43.2	2019.08.20	3	3	2	2	2	4
45	2019.08.23	3	3	2	2	3	4
50	2019.10.16	3	3	2	2	3	4
60	2020.01.20	3	3	4	2	3	5

※左右は荷重車走行方向に対して

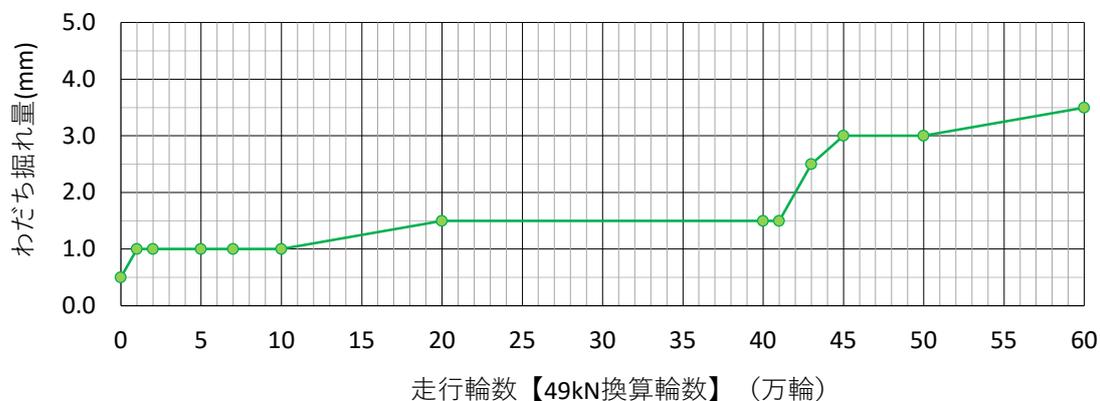


図-4.5.20 わだち掘れ量（平均, 0.5mm 単位）(MRP)

走行輪数 41 万輪までは、走行時期が 10 月から 7 月の盛夏期外であったこともあり、49kN 換算輪数 41 万輪によって大きな増加はなく、平均で 0.8 mm 程度の増加幅である。走行輪数 45 万輪までは、走行時期が 8 月の盛夏期であったこともあり、わだち掘れ量は 3 mm 程度に達した。その後、60 万輪までは秋期～冬期であったため、わだち掘れの増加はほとんどなく、平均で 3.5 mm 程度となった。

(3) 平坦性

平坦性はプロフィールメータ（MRP）を用いて測定した。測定結果は表-4.5.23に示すとおりである。

表-4.5.23 平たん性(MRP)

単位：mm

走行輪数 (万輪)	走行輪数 達成日	平たん性(車輪通過位置)		
		左	中央	右
0	2018.09.14	2.21	2.82	3.24
1	2018.10.19	3.67	—	2.90
2	2018.10.25	3.25	—	4.33
5	2018.11.01	2.81	—	3.81
7	2018.11.08	2.19	—	2.73
10	2018.11.26	3.11	—	4.10
20	2019.02.14	2.74	—	2.74
40	2019.07.01	2.71	—	2.54
41	2019.07.29	2.19	—	2.51
43.2	2019.08.20	2.45	—	3.01
45	2019.08.23	2.90	—	3.16
50	2019.10.16	2.21	—	4.20
60	2020.01.20	2.62	—	3.14

※左右は荷重車走行方向に対して

施工区間が約 13m と短いため、完成時の値は平均で 2.76 mm と大きめの値となっている。
また、49kN 換算輪数 60 万回によって極端な変化は見受けられない。

(4) ひび割れ率

ひび割れは、49kN 換算輪数 60 万回によっても発生しておらず、率は 0% である。

4. 6 まとめ

4. 6. 1 鋼床版

試験施工において確認された事項は以下のとおりである。

(1) 施工された混合物の品質

- ・試験練りで決定した混合条件で製造したが、試験施工時の施工性は不十分であった。
- ・供試体は混合物のクッキング時間が3時間以上経過後の採取となり、動的安定度は高くなり、貫入量、曲げ破断ひずみは、目標値を満足することができなかった。
- ・鋼板との接着強度は、試験温度 -10°C 、 $+23^{\circ}\text{C}$ ともに目標値を満足する。
- ・同材料・同配合で混合したコンクリート床版において敷均した混合物は、作業性、混合物性状ともに適切であり、鋼床版において施工された混合物の品質は適切であると考ええる。

(2) 施工で得られた品質と出来形

- ・混合物の流動性が目標範囲の上限付近であったことや、グースアスファルトフィニッシュスクリードの加熱不良などにより、仕上がり面は部分的に粗くなっているが、中央部および端部のどちらにおいても十分な締固め(充填)が得られている。
- ・切取供試体による加圧透水試験結果は、中央部および端部のどちらにおいても不透水であり、防水性は十分確保されている。
- ・床版の不陸もあるため、施工厚さは所定の40mmより薄い箇所はあるが、グース層としての一般的な厚さは確保できている。
- ・表基層完成時の平坦性は、施工区間が約10mと短いことにより、3.00mmと良い数値ではなかったが、通常の施工規模であれば解決できるものと考ええる。

(3) 供用性

- ・49kN換算輪数15万輪載荷後の供用性は、わだち掘れ量、平坦性ともに大きな変化は見られず、良好な状態を維持しており問題は見受けられない。
- ・ひび割れは発生しておらず、良好な路面を維持している。

4. 6. 2 コンクリート床版

試験施工において確認された事項は以下のとおりである。

(1) 施工された混合物の品質

- ・リュエル流動性は目標範囲内であり、適切な流動性である。
- ・動的安定度は目標値を満足しなかったものの、従来グースの2倍程度であり、耐流動性は向上している。
- ・貫入量、曲げ破断ひずみは目標値を満足している。

(2) 施工で得られた品質と出来形

- ・仕上がりは従来グースと同程度の仕上がり面である。
- ・中央部および端部のどちらにおいても十分な締固め(充填)が得られている。
- ・切取供試体による加圧透水試験結果は、中央部および端部のどちらにおいても不透水である。施工中に発生したブリストリングにより舗装体の防水性が懸念されたが、防水性は十分確保されている。
- ・グース層との引張接着強度(試験温度+23℃)は、コンクリート床版、表層ともに0.6N/mm²以上であり、層間接着性は確保されている。
- ・表基層完成時の平坦性は、施工区間が13mと短いことにより、2.76mmと良い数値ではなかったが、通常の施工規模であれば解決できるものと考えられる。

(3) 供用性

- ・49kN換算輪数60万回載荷後の供用性は、わだち掘れ量、平坦性ともに大きな変化は見られない。盛夏期にわだち掘れの増加が見られたが、開発グースの流動によるものか、表層用混合物の流動によるものか確認できていない。
- ・ひび割れは発生しておらず、良好な路面を維持している。

5. 今後の課題

供用性(耐久性)は、走行時期が寒冷期～夏期～寒冷期であったため、実路における不具合が多く発生する温暖期(路温が高くなる時期)の確認が1期であったため、気温が高い時期に追加の促進載荷走行を実施する必要がある。

盛夏期に増加したわだち掘れについて、基層由来のものか表層由来のものか、切取供試体を採取して確認する必要がある。

以 上

共同研究報告書

Cooperative Research Report of PWRI

No.536 March 2021

編集・発行 ©国立研究開発法人土木研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

国立研究開発法人土木研究所 企画部 業務課

〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 電話029-879-6754