

廃プラワックスと廃タイヤゴムの 舗装材料への再利用に関する研究 その3

Technical Study of Recycle of Wax from Waste Plastics and Rubber from Waste Tire for Pavement Material(Part.3)

篠原久雄
伊藤南己^{*1}

要旨

資源循環型社会の形成を図るためにも、産業廃棄物として排出される廃プラスチックや廃タイヤのゴムの有効活用が求められている。このため、11年度は廃プラスチックを解重合して得られるワックスを添加したアスファルトの試験施工を、また、12年度は、ワックスと新材のゴムを添加したアスファルトの試験施工を行った。今年度はこれらの試験施工の追跡調査を行った。また、歩道用の弾性舗装材として、廃タイヤのゴムチップをワックスで固めたゴムチップ平板（工場製作品）の試験施工およびゴムチップ平板（工場製作品）の敷設方法の改善を図るため、ゴムチップ平板に金具を接着し、これをモルタルで敷設する施工実験を行った。また、工場製作でなく直接現場でゴムチップをワックスで固めて施工するための施工実験を行った。その結果、次に示す事項が明らかになった。

ワックス添加アスファルトおよび新材のゴムワックス添加アスファルトの追跡調査では、ワックス添加アスファルトおよび新材のゴムワックス添加アスファルトは、現在のところ問題となるようなひびわれ等は発生しておらず、ワックス添加アスファルトは、ストレートアスファルトよりも耐流動性が若干よい。ゴムチップ平板（工場製作品）の試験施工では、既存の接着剤によるゴムチップ平板とモルタルとの接着は良好であった。また、ゴムチップ平板（工場製作品）の金具を用いた施工実験では、ゴムチップ平板とモルタルとの剥離は見られなかった。現場施工のための施工実験では、ゴムチップワックス混合物はアスファルト面との接着が悪く、ゴムチップが剥離した。

キーワード：廃プラスチック、廃タイヤ、耐流動性、ゴムワックス添加アスファルト、ゴムチップ平板

1. はじめに

産業活動に伴って発生する産業廃棄物は年々膨大な量に膨らんでおり、今後この有効活用が求められている。このため、11年度はオレフィン系廃プラスチック（電線被覆管）を解重合して得られるワックスをアスファルトに添加したワックス添加アスファルトについて、その物性、耐久性、施工性を検討するため、性状試験とこれを用いた舗装の試験施工を行った。

また、12年度はワックスと新材ゴムを添加したゴムワックス添加アスファルトについて、性状試験とこれを用いた舗装の試験施工を行った。また、廃タイヤのゴムチップをワックスで接着したゴムチップ平板の開発を行った。

今年度は、これらの試験施工の追跡調査を行うとともに、ゴムチップ平板（工場製作品）の試験施工およ

びゴムチップ平板（工場製作品）の敷設方法の改善を図るため、ゴムチップ平板に金具を接着し、これをモルタルで敷設する施工実験を行った。また、現場でゴムチップを直接ワックスで固めて施工するための施工実験を行った。

2. 廃プラワックスの性状

今回用いた廃プラワックスは顆粒状で、アスファルトに容易に溶解混合する。このワックスの性状を表-1に示す。

表-1 ワックスの標準性状

比重	粘度(140)	軟化点	針入度(25)
0.797	2,253cps	111.3	<1dmm
融点	引火点	油分	反応
106	238	0	中性

*1（有）リンネ

３．ワックス添加アスファルト

（１１年度、１２年度試験施工の追跡調査）

３．１．１１年度、１２年度試験施工概要

ワックス添加アスファルトはストレートアスファルトよりもむしろ改質アスファルトに近い性質を有していたが、改質型アスファルトの標準的性状を満足しない項目があった。しかし、新材のゴムとワックスを添加したアスファルトは、改質型アスファルトの標準的性状を満足した。表－２にワックスを添加したアスファルトの性状と改質型アスファルトの標準的性状を示す。

試験施工はストレートアスファルトおよび改質アスファルトと比較するため、１１年度はワックスのみを添加したアスファルトと１２年度は新材のゴムとワックスを添加したアスファルトについて行った。試験施工の概要を表－３に示す。施工は供用中の道路の表層切削、オーバーレイ４ｃｍで行った。なお、１１年度の試験施工のワックス添加量はアスファルト舗装要綱に「ＤＳ値を５，０００回／mm以上とした場合、混合物の種類によってはひび割れの発生しやすいものもある」とあることから４％とした。施工性については、ワックスを添加したアスファルト及び新材のゴムとワックスを添加したアスファルトとも通常の舗装機械で施工でき、また、平坦性、すべり抵抗、締固め率も規格値を満たしており問題はなかった。なお、ホイール

トラッキング試験の値は、施工現場での切取り供試体による結果である。

表－２ ワックス添加アスファルトの性状

試験項目		試験値			標準的性状
		ワックス4%	ワックス5% 液状ゴム 4%	ワックス6% 液状ゴム 4%	改質 型
バイ ン ダ ー 性 状	針入度(25)1/10mm	42	53	48	40以上
	軟点	59.0	59.0	57.5	56.0 ~ 70.0
	伸び(7)cm	2	100+	34	-
	伸び(15)cm	51	100+	100+	30以上
	薄層熱収縮率%	+0.01	0.01	0.04	-
	薄層針入度率%	69.0	73.6	81.3	65以上
	薄層熱の針入度%	94.6	95.8	97.8	-
	フロー軟点	-3	-3	-3	-
	タネス(25)N・m	6.3	11.9	9.7	7.8以上
	テグティ(25)N・m	0.2	5.5	4.2	3.9以上
	粘度(60)Pa・s	519	12,629	13,480	-
	粘度(150)cSt	192	520	463	-
粘度(180)cSt	68	173	161	-	
混 合 物	マニッシュ安定度N	13.5	13.0	13.2	標準4.9以上
	フロー値1/100cm	27	33	36	標準20～40
	動安定度回/mm	2,900	3,100	2,830	-

表－３ 試験施工の概要

項目	試験施工1		試験施工2		試験施工3		試験施工4		試験施工5		
	密粒度(13) (ストレートアスファルト(60/80))	密粒度(13) (ワックス) (質型)	密粒度(13) (ワックス) (質型)	密粒度(13) (質型)	密粒度(13) (ストレートアスファルト(60/80)) (ゴムワックス) (質型)	密粒度アスコン(13) (ゴムワックス) (質型)	密粒度アスコン(13) (ゴムワックス) (質型)	密粒度アスコン(13) (質型)	密粒度アスコン(13) (ゴムワックス) (質型)	密粒度アスコン(13) (質型)	密粒度アスコン(13) (質型)
道名	国道416号				国道364号		国道416号		国道365号		
施工箇所	福岡県糟屋郡		永平寺町光明寺		永平寺町諏訪間		永平寺町光明寺		福岡県丹生郡宮崎町上波		
実施日	平成11年5月28日		平成11年5月29日		平成11年5月31日		平成12年12月7日		平成13年3月26日		
面積	1,275㎡	1,275㎡	957㎡	957㎡	243㎡	267㎡	224㎡	235㎡	567㎡	480㎡	480㎡
ブラホ濃度	155±14	167±14	167±14	173±14	154±14	169±14	169±14	178±14	154±14	169±14	178±14
ブラホ濃度	Dry5% Wet35%	Dry5% Wet45%	Dry5% Wet45%	Dry5% Wet35%	Dry5% Wet35%	Dry5% Wet35%	Dry5% Wet35%	Dry5% Wet35%	Dry5% Wet35%	Dry5% Wet35%	Dry5% Wet35%
アスファルト量	5.9%	5.9%	5.8%	5.7%	5.7%	6.1%	6.1%	5.9%	5.7%	6.1%	5.9%
転移量(世)	100±10	110±10	110±10	110±10	125±10	135±10	135±10	135±10	125±10	135±10	135±10
平坦性試験	1.02	0.97	0.94	0.99	1.65	1.58	1.32	1.05	0.80	1.01	1.10
すべり抵抗試験	84	87	82	86	72	69	71	68	80	80	83
締固め率	98.0%	98.4%	98.6%	98.7%	97.6%	98.2%	99.1%	98.0%	98.9%	97.8%	97.8%
ホイールトラッキング試験	516 回/mm	1,330 回/mm	1,670 回/mm	2,660 回/mm	- 回/mm	2,780 回/mm	- 回/mm	- 回/mm	- 回/mm	3,100 回/mm	- 回/mm

注) 平坦性試験の規格値は2.4以下、すべり抵抗試験の規格値は60以上、締固め率の規格値は94%以上

3.2. 追跡調査の結果

試験施工の平坦性、すべり抵抗、わだち掘れの変化を図-1～図-3、表-4に示す。なお、わだち掘れについては各測点での平均値を示す。

平坦性については、ばらつきはあるもののおおむねストアス、ワックス添加、ゴムワックス添加、改質型の順に値がよくなっている。なお、試験施工1のワックス添加の値が20ヶ月で急に変化しているのは付近で行われていた工事が影響しているものと思われる。

また、すべり抵抗についても、ばらつきはあるもののストアス、ワックス添加、ゴムワックス添加、改質型の順に値がよくなっている。

また、わだち掘れについては、試験施工1、2においてストアス、ワックス添加、改質型とともに経過月数の増加とともに値が大きくなっているが、ワックス添加はストアスに比べ増加の割合が小さく、耐流動性が若干よいといえる。試験施工3、4、5についてはまだ経過月数が少なく目立ったわだち掘れは発生していない。

また、ひび割れについては、試験施工1、2において多少発生しているが、これは施工前からあったところで発生しているものであり、現状では問題ないと考えられる。なお、他の試験施工については現状ではひび割れは発生していない。

なお、長期の性状の変化を調べるため、今後とも追跡調査を継続していく必要がある。

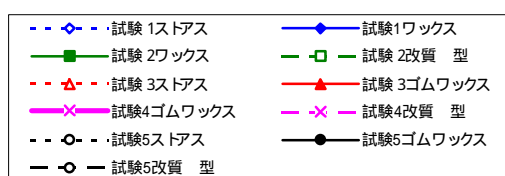


図-1 平坦性の変化

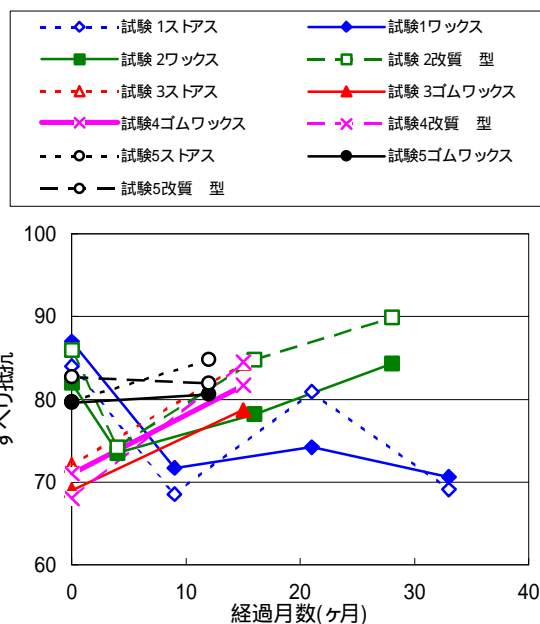


図-2 すべり抵抗の変化

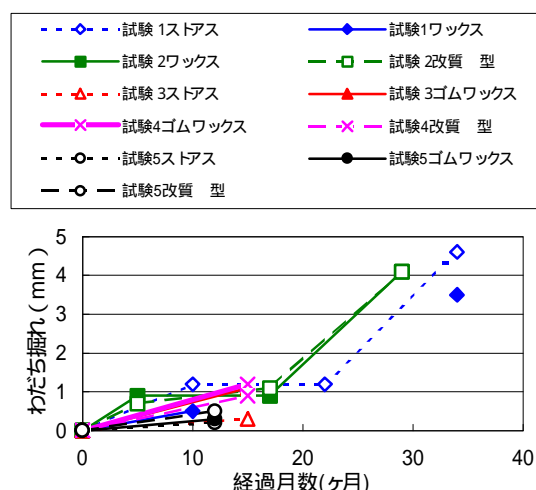


図-3 わだち掘れの変化

表-4 わだち掘れの変化

試験施工名	経過月数							
	5	10	12	15	17	22	29	34
1ストアス		1~1.5				1~1.5		4.5~5
ワックス		1未満				-		3~3.5
2ワックス	1未満				1未満		4~4.5	
改質型	1未満				1~1.5		4~4.5	
3ストアス				1未満				
ゴムワッ				1~1.5				
4ゴムワッ				1~1.5				
改質型				1未満				
5ストアス			1未満					
ゴムワッ			1未満					
改質型			1未満					

4．廃タイヤゴムチップ弾性舗装

4．1 ゴムチップ平板の概要

12年度に廃タイヤの利用方法の拡大を図るために、廃タイヤのゴムのチップをワックスを混合物で固め、歩道用の弾力性のある舗装材の開発を行った。開発された舗装材はシート状(30cm*30cm*1.5cm)でコンクリートに接着して用いることとした。

4．2 試験施工

このゴムチップ平板を用いて試験施工を行った。図-4に試験施工箇所の図面、表-5にその概要、写真-1に施工状況の写真を示す。試験施工は福井市内の橋梁(つくも橋)の歩道部分である。敷設方法は表面のタイルを切削しモルタル施工後、接着剤で接着した。また、ゴムチップ平板は温度収縮が大きいことから5mm程度の目地をあけて、目地はシーリング材で充填した。

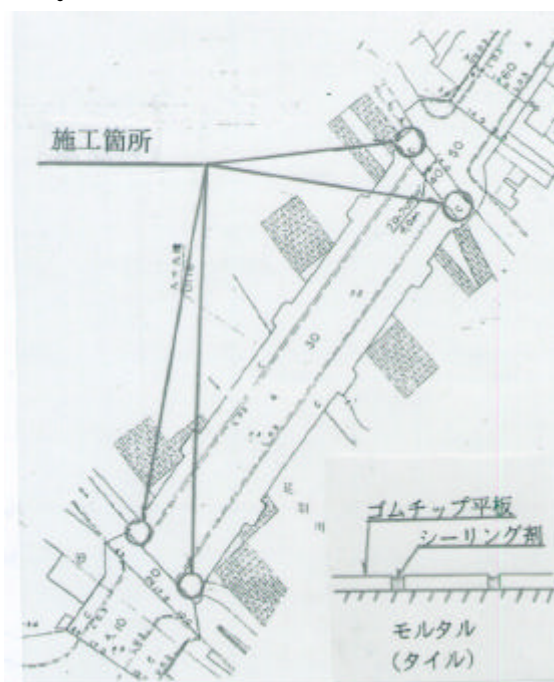


図-4 試験施工

表-5 試験施工の概要

工事名	県単交通安全補修工事
施工箇所	福井県福井市つくも2丁目他
実施日	平成13年8月
天気	晴れ
面積	77m ²



写真-1 施工状況

4．3 追跡調査の結果

10月と翌年の3月に試験施工の追跡調査を行った。その結果を表-6に示す。これより施工時に計ったつくも橋のタイル上のすべり抵抗が約35であったことから、今回の工事により、施工箇所のすべり抵抗がかなり改善されたことがわかる。また、平板は841枚敷設したが、平板とモルタル部分の接着は一冬経過した後も良好であった。当初から問題のない平板はあまり変化しなかったが、32枚の平板が、当初からゴムチップとワックス混合物の接着が良好でなく、ゴムチップが表面から剥離する状況であったことから、取り替えを行った。今後は工場での品質管理の徹底を図る必要がある。

表-6 追跡調査の結果

試験項目	調査箇所	13年10月	14年3月
すべり抵抗(BPN)	右岸上流	74	64
	右岸下流	67	66
	左岸上流	72	69
	左岸下流	74	65
モルタルシート の付着状況	右岸上流	良好	良好
	右岸下流	良好	良好
	左岸上流	良好	良好
	左岸下流	良好	良好
最大剥離 深さ (mm)	右岸上流	6	6
	右岸下流	3	3
	左岸上流	3	5
	左岸下流	6	7
良好でない ゴムチップ 平板 の数	右岸上流	5枚	5枚(3枚)
	右岸下流	6枚	6枚(3枚)
	左岸上流	3枚	3枚(2枚)
	左岸下流	33枚	35(24枚)

()は取り替えを行った枚数

4.3 ゴムチップ平板敷設実験

ゴムチップ平板をコンクリート（モルタル）面に接着する方法では接着剤が高いために割高となることから、ゴムチップ平板に金具を接着し、これをモルタルで敷設する方法の検討を行った。

金具は既存の水道用の金具を用い、金具をガスで加熱し、ゴムチップ平板に押し当て、水をかけて冷却して接着した。ワックスの融点は106のためこの方法により容易に接着できた。（写真-2参照）これをフライアッシュモルタル（フライアッシュ：セメント：水＝9：3：5）を用いて敷設した。なお、ゴムチップ平板は約1cm程度の間隔をあけて敷設し、間隔もフライアッシュモルタルで充填した。敷設実験は7月上旬に行った。（写真-3参照）

この方法により敷設したゴムチップ平板は1冬経過した後も、モルタルと平板との剥離もなく良好な状況であった。



写真-2 金具接着状況



写真-3 敷設実験状況

4.4 ゴムチップワックス混合物現場敷設実験

ゴムチップ平板を工場で製作した場合、現場施工に比べ割高となることから、直接現場でゴムチップワックス混合物を敷設するための実験を行った。

敷設方法は、あらかじめゴムチップとワックス混合を混練しておき、それを140 から160 に加

温したアスファルト合材を敷きならした上に散布し、タイヤローラーで転圧締め固める方法と、それを140 から160 に加温したアスファルト合材を敷きならした上に散布した後、焼きコテで加熱した後、タイヤローラーで転圧締め固める方法と、それを140 から160 に加温したアスファルト合材と混合し、これらを敷きならした後、タイヤローラーで転圧締め固める方法の3種類の方法で行った。敷設実験は5月下旬に行った。（写真-4、写真-5、写真-6参照）



写真-4 敷設実験 状況



写真-5 敷設実験 状況



写真-6 敷設実験 状況

、の方法により敷設したゴムチップは施工時から既にゴムが浮いている状況であり、3ヶ月後には完全にアスファルト面とゴムチップが剥離した状態となった。また、この方法により敷設したゴムチップは施工時にゴムチップが冷却するに従い収縮し、クラックが入った。そして、3ヶ月後にはアスファルト面とゴムチップが剥離した状態となった。

6. まとめ

今回、11年度、12年度に行ったワックスを添加したアスファルト舗装の試験施工の追跡調査を行うとともに、12年度に開発した廃タイヤのゴムチップをワックス混合物で接着したゴムチップ平板の試験施工およびこの施工方法の改善を行うための施工実験を行った。その結果、次に示す事項が明らかになった。

ワックス添加アスファルトおよび新材のゴムワックス添加アスファルトの追跡調査では、ワックス添加アスファルトおよび新材のゴムワックス添加アスファルトは、現在のところ問題となるようなひびわれ等は発生しておらず、ワックス添加アスファルトはストレートアスファルトよりも耐流動性が若干よい。

ゴムチップ平板（工場製作品）の試験施工では、ゴムチップ平板の施工により施工箇所のすべり抵抗がかなり改善された。

ゴムチップ平板の試験施工では既存の接着剤による平板とモルタルの接着は良好であった。

金具を取り付けたゴムチップ平板の施工実験では、ゴムチップ平板とモルタルとの付着は良好であり、平板のモルタルとの剥離は見られなかった。

現場施工のための施工実験では、ゴムチップワックス混合物はアスファルト面との接着が悪く、ゴムチップが剥離した。

謝辞

この研究は、福井県雪対策・建設技術研究所、（有）リンネの共同で行われたものである。また、本研究中のワックスを用いたアスファルト改質材の開発に関する研究については、（社）近畿建設協会から（有）リンネが助成を受けている。本研究に当たり、福井土木事務所、（株）道端組、（株）アーツ・アサハラ、（有）荒井土木など多くの方々に助言と多大な協力を頂いたことを記し謝辞とする。