

凍結抑制材を配合した舗装材の試験性状

A Report on Experiments to Determine Properties of Ice-Retardant Asphalt Mixtures

二ノ宮秀彦* 川村 和幸** 沢田 俊作*

Hidehiko NINOMIYA, Kazuyuki KAWAMURA and Shunsaku SAWADA

これまでスパイクタイヤは、積雪寒冷地の冬期間の安全・円滑な交通に欠かせないものであったが、反面舗装の摩耗や粉塵による環境への影響を引起こし、深刻な社会問題をも伴ってきた。

そしてこの問題は、「スパイクタイヤ粉塵の発生防止に関する法律」(スパイクタイヤの使用を事実上禁止する法律)の施行(平成3年4月1日)により解消に向けて動きだしている。

こうした状況の中、冬期路面の安全対策として路面自体に凍結抑制作用を付与する方法が検討されている。

本報文では、塩化物系の凍結抑制材を配合した混合物について、効果を含め検討した結果を報告する。

《舗装：凍結抑制材；冬期路面》

Pavement surfaces are frequently covered with ice and snow in winter, and to protect against slipping, studded tires have been used in Japan. However the use of studded tires has been prohibited by law since April 1, 1991.

Investigations were conducted on the prevention of freezing of pavement surfaces by ice-retardant asphalt mixtures, and this paper describes the result of laboratory tests on ice-retardant asphalt mixtures.

Keywords: pavement, ice-retardant asphalt mixture, winter road surface.

はじめに¹⁾

凍結抑制舗装には、現在、塩化物系添加材により凍結温度などの降下などをもたらす方法と粒状ゴムにより舗装のたわみを促進し、路面への雪氷の付着を防止する方法の2種類がある。表-1に凍結抑制材の種類を示す²⁾。

このうち、舗装種類A, BおよびEについては、それぞれスイス、ドイツおよびスウェーデンで開発されたものであり、ヨーロッパにおいては、早いものでは1960年代からその研究、開発が行われてきている。

北海道においては、世界有数の積雪寒冷地であるにも係わらず試験施行の段階であり、混合物の性状をはじめ長期供用性などの確認が急がれている。

本文では、道内の国道で試験施行されている凍結抑制材2種類を使用して混合物を作製し、それぞれについて性状試験を行った結果について報告する。

1. 凍結抑制材

今回の実験では、舗装種類Aの粒状タイプ(写真-1)および舗装種類Bの粉末タイプ(写真-2)を使用した。

粒状タイプおよび粉末タイプの性状を、表-2、

* 維持管理研究室員 ** 同室長

表-1 凍結抑制舗装の種類

抑制材区分	舗装種類	組成・外観	標準添加量(%)	凍結抑制温度	特徴
塩化物系	A	・塩化カルシウムの表面を亜麻仁油でコーティングし、塩化物の溶出をコントロールしている。	5~6	-3 ~ -4℃	<p>添加する抑制材の違いにより多少異なるが、共通する点は以下のとおりである。</p> <p>①塩化物の水点降下を利用して、路面の凍結抑制をする。その機構は、混合物中の塩化物が外界の気象条件によって、浸透圧や毛細管現象で路面に溶出されるケース、あるいは舗装の摩耗によって塩化物が路面に出現するケースがある。</p> <p>②凍結抑制効果の持続性には限界がある。</p> <p>③凍結抑制舗装の耐久性は、添加材を混入しないものに比べて多少劣る。</p> <p>④融雪にも多少の効果があるが、凍結抑制が主目的である。</p> <p>⑤降雪が路面に氷結しづらくなるため、除雪作業が容易になる。</p> <p>⑥凍結防止剤散布においては、その量および頻度を軽減できる。</p>
	B	・火成岩粉末に塩化ナトリウムなどの有効成分を吸着させたもので、外観は粉末状。	6~8		
	C	・特殊塩化物を特殊なセメントに混入して硬化させた後、これを粉砕したもので、外観は10mm以下の粒状。	8		
	D	・原塩（成分は塩化ナトリウムで外国から輸入した天日塩を使用している。） 外観は粒状	5		
ゴム系	E	・廃タイヤを急冷粉砕したもので、外観は粒状。	3~4	-	<p>①ゴム粒子を添加した舗装は弾力性が付与され、たわみやすくなる。</p> <p>②ゴム粒子添加の舗装の効果は、路面に生じた氷結層を走行車両の荷重によって破壊する物理的作用によるものである。</p> <p>③路面にゴム粒子が突出することにより、すべり抵抗性が向上する。</p>

(この表は参考文献2)をもとに作成した)

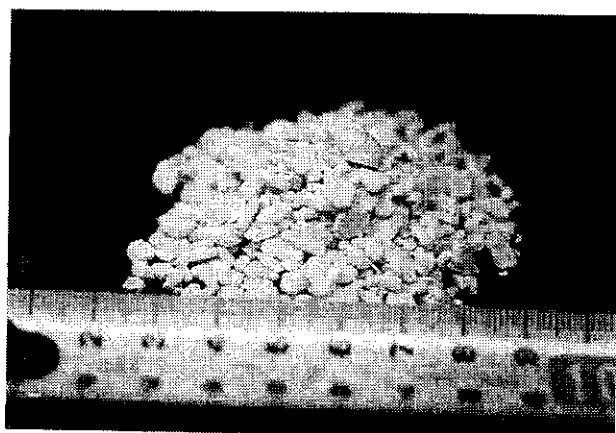


写真-1 粒状タイプの凍結抑制材

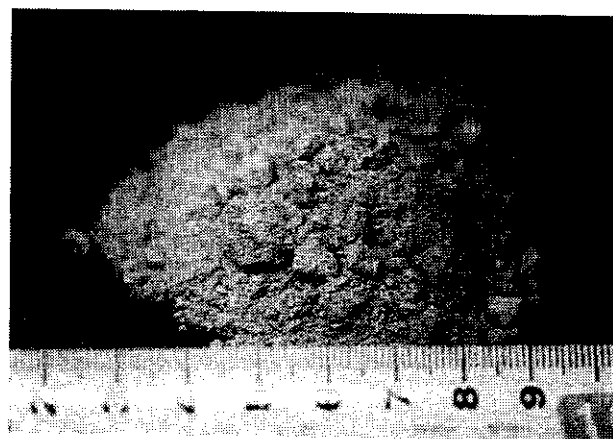


写真-2 粉末タイプの凍結抑制材

表-2 粒状タイプ(舗装種類A)の品質性状

項目	単位	品質・性状		
比重		1.80		
顆粒密度	g/cm ³	0.86		
粒度	フルイ目(mm)	13	5	2.5
	通過率(%)	100	85	22
融点	℃	175		

表-3 粉末タイプ(舗装種類B)の品質性状

項目	単位	品質・性状	
比重		2.315	
粒度	フルイ目(mm)	0.09	0.075
	通過率(%)	100	50
融点	℃	230	

表-4 供試体の配合

供試体の種類	アスファルト	石 碎	細 砂	粗 砂	砕 石 (7号)	砕 石 (6号)	凍 結 抑 制 材
13F50	6.0	10.2	19.4	19.4	13.6	31.4	-
粒状 3%	6.0	10.2	21.7	16.0	10.2	32.9	3.0
粒状 5%	6.0	10.2	21.7	16.0	8.2	32.9	5.0
粉末 50%	6.0	5.1	19.5	19.5	13.8	31.7	4.4
粉末100%	6.1	0	19.7	19.7	13.8	31.8	8.9

(数値は重量%)

3に示す。

凍結抑制材は粒径が舗装用材料に近いこと、骨材として配合した。また、比重が低いこともあり、基本の粒度曲線に近づけるため比重補正を行った。

2. 供試体

混合物の配合は、細粒度ギャップアスコンの最大粒径13mm、砕石量50%とした。

凍結抑制材の添加量については、粒状タイプは混合物重量の3%および5%を7号砕石に置き換えた。なお、粒状タイプは、ふるい分けを行って2.5~5mmとした上で使用した。また、粉末タイプはフィラーの容積の50%(混合物に対する重量比4.4%)および100%(混合物に対する重量比8.9%)を置き換えた。供試体の配合を表-4に示す。

基本的に、配合は中央粒度に近づけるように行っているが、粒状タイプの細砂分は空隙率を低く抑えるために若干多く配合した。

3. 試験内容

今回行った試験を以下に示す。

- マーシャル試験
 - 標準マーシャル試験
 - 水浸マーシャル試験 (48時間)
 - 凍結融解後のマーシャル試験 (凍結融解 100cy, 200cy)

○ホイールトラッキング試験

- ・荷重: 53.5kg
- ・接地圧: 5.5kg/cm²
- ・試験温度: 45℃

○スパイクラベリング試験(凍結融解 0cy, 100cy)

- ・輪荷重: 335kg/輪
- ・固行速度: 40km/h
- ・円盤回転数: 30,000回
- ・試験温度: 0℃

○凍結抑制試験

凍結融解試験中のホイールトラッキング試験供試体を用いて、室温-5℃、-10℃における凍結状態および0℃における氷膜剥離時間(氷結温度は-5℃)を計測した。

○塩化物濃度測定

凍結融解試験中にマーシャル供試体を浸している水について、塩化物濃度の測定を行った。

4. 試験結果

4.1 マーシャル試験結果

マーシャル試験結果を表-5に示す。

4.1.1 標準マーシャル試験

粒状タイプの3%を除いた供試体の安定度は、13F50と同程度もしくはそれ以上であった。

表-5 マーシャル試験結果

供試体の種類	基準密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	基準安定度 (kg)	水浸安定度 (kg)	凍結融安定度 (kg)	
					100cy	200cy
13F50	2.386	3.61	754	721	732	679
粒状 3%	2.328	3.56	709	523	505	390
粒状 5%	2.323	3.25	758	573	502	368
粉末 50%	2.346	4.30	832	732	584	389
粉末100%	2.335	3.90	840	779	721	519

4.1.2 水浸マーシャル安定度試験

水浸マーシャル安定度試験結果を図-1に示す。

13F50の安定度の低下が4%であるのに対し、粉末タイプの安定度の低下は50%添加で12%、100%添加で7%であった。また、粒状タイプの安定度の低下は3%添加で26%、5%添加で24%であった。

アスファルト舗装要綱の水浸マーシャル安定度試験では残留安定度75%以上が望ましいとされており、粒状タイプの安定度の低下が大きいことがわかる。

4.1.3 凍結融解後のマーシャル安定度試験

凍結融解後のマーシャル安定度試験の結果を、図-2に示す。

13F50の安定度の低下が100サイクル、200サイクルで約3%、10%であるのに対し、粒状タイプの3%では29%、45%、粒状タイプの5%では約44%、

52%、粉末タイプの50%では30%、53%、粉末タイプの100%では14%、28%とかなり大きいことがわかる。

本試験では、実際の供用状況に近づけるため供試体を浸している水を取り替えながら行った。その結果塩化物の溶出が促進され、安定度の大きな低下につながったものと推測される。

4.2 ホイールトラッキング試験試験

ホイールトラッキング試験の結果を、図-3に示す。

粒状タイプの5%を除いた供試体は13F50と比較して動的安定度が高い。粒状タイプの5%は45℃で12時間養生した際、かなりの塩化物溶出があり、試験後の供試体表面は塩化物で白くなるほどであった。このことから、塩化物の溶出が動的安定度の低下につながったものと考えられる。

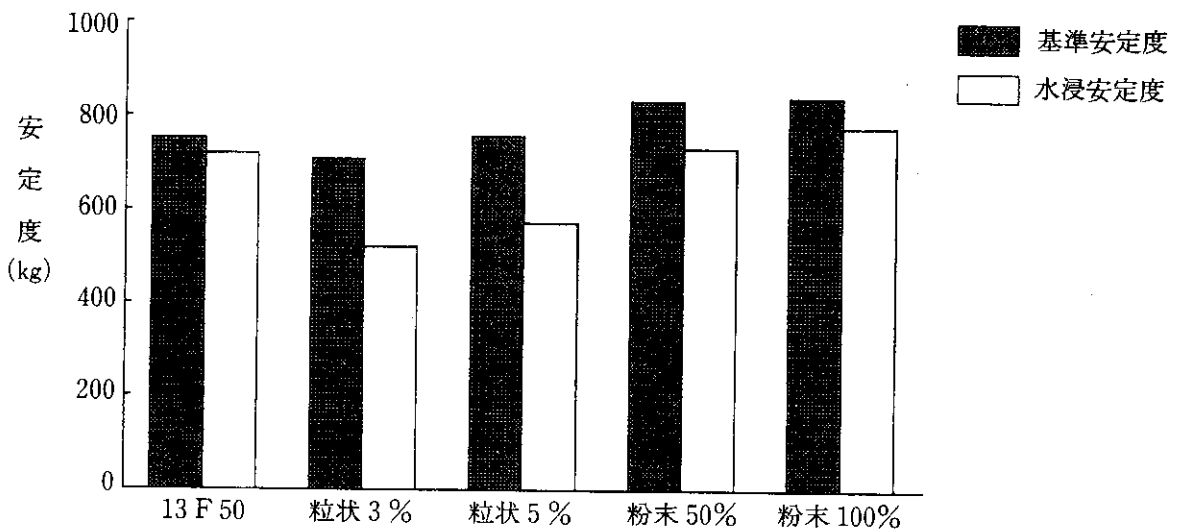


図-1 水浸マーシャル安定度試験結果

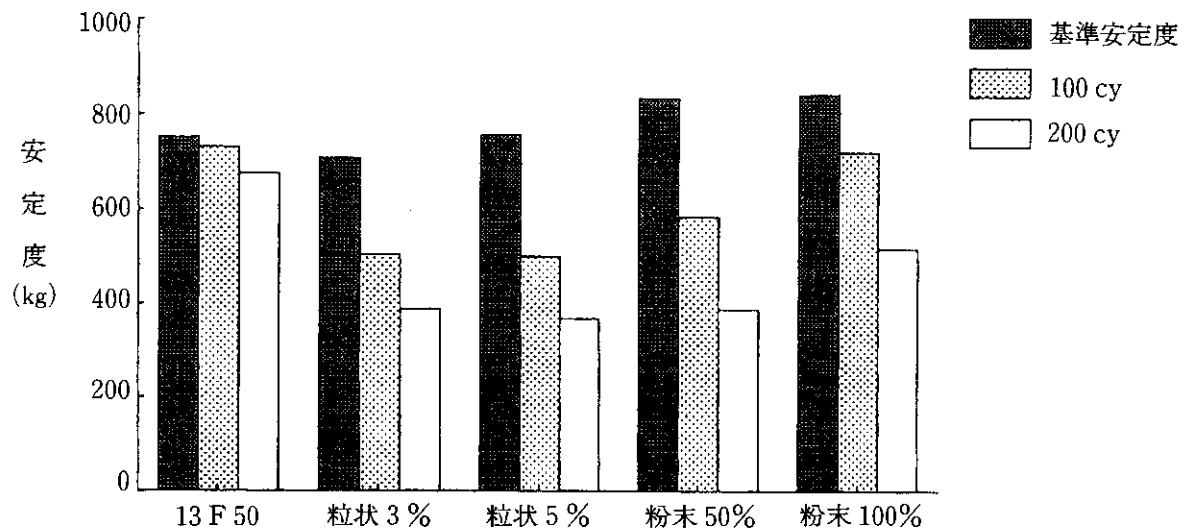


図-2 凍結融解後のマーシャル安定度試験結果

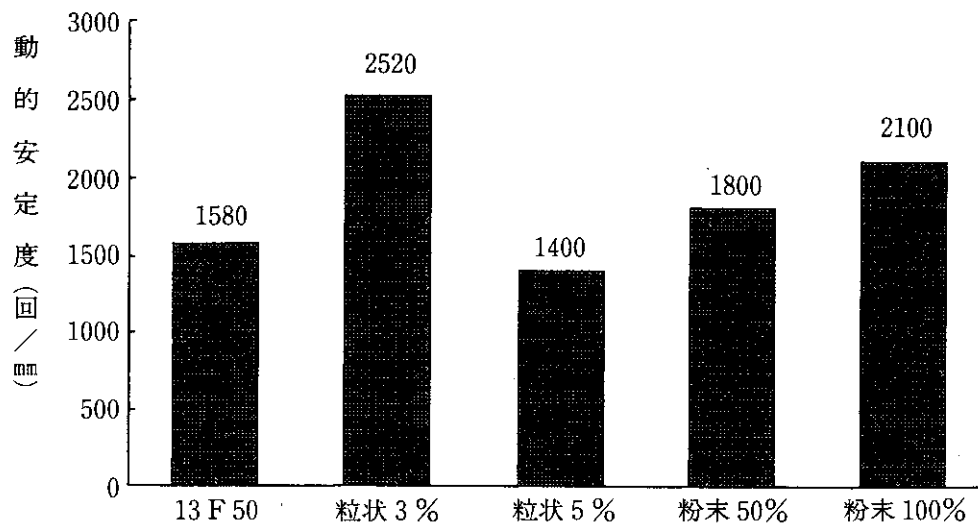


図-3 ホイールトラッキング試験結果

4.3 スパイクラベリング試験

スパイクラベリング試験の結果を図-4に示す。

凍結融解後の凍結抑制材を配合した混合物の摩耗量の増加は13F50を上まわっており、その増加率は13F50の1.5倍に対して粒状タイプの3%で1.6倍、粒状タイプの5%で1.8倍、粉末タイプの50%で1.8倍、粉末タイプの100%で1.7倍であった。

5. 凍結抑制試験

凍結抑制試験は、混合物への添加重量が比較的接近している粒状タイプの5%と粉末タイプの50%について行った。

5.1 マーシャル試験

凍結抑制試験を行う際に使用した6号碎石の変更があったので、改めてマーシャル試験を実施した。

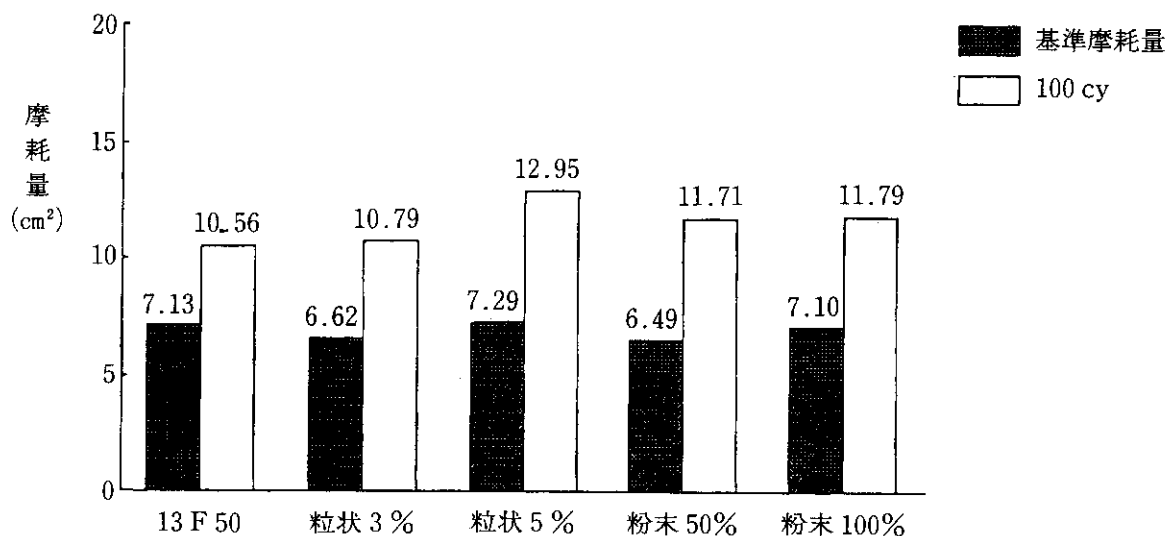


図-4 スパイクラベリング試験結果

表-6 供試体の配合

供試体の種類	アスファルト	石 碎	細 砂	粗 砂	砕 石 (7号)	砕 石 (6号)	凍 結 抑 制 材
13 F 50	6.1	10.4	19.4	19.4	13.5	31.2	-
粒状 5%	6.0	10.2	21.7	16.0	8.2	32.9	5.0
粉末50%	6.0	5.1	19.5	19.5	13.8	31.7	4.4

(数値は重量%)

供試体の配合を表-6に示す。

なお、配合にほとんど変更はないが、13F50の配合が、アスファルト量が0.1%高くなっていることにより若干変わっている。

マーシャル試験結果を表-7に示す。

基準密度が低下しているのは、6号砕石の密度が低下したためである。

5.2 凍結抑制試験

試験は、凍結融解試験50サイクル毎に供試体を取

りだし、室温で表面を乾燥させた後に転圧面に厚さ3mmの水を張り、室温-5℃、-10℃において約16時間放置した供試体の凍結状態、および-5℃で氷結させた供試体が室温0℃において氷膜剥離状態になるまでの時間を測定した。

スタッドレスタイヤの装着車両の増加に伴い、舗装の摩耗の減少が予想される。したがって、凍結融解を繰返しつつ凍結抑制試験を行うことは、車両走行による影響は加味し得ないものの、効果の持続性を調査する上で有効と考えられる。試験の結果を、表-8に示す。

0サイクルにおいて13F50が氷点下になると凍結してしまうのに比べ、粒状タイプ、粉末タイプともに-5℃までの凍結抑制効果が確認された。

また、凍結融解サイクルが増えるに従い凍結抑制効果が低下していることもわかる。

0℃における氷膜剥離時間についてみると、粒状タ

表-7 マーシャル試験結果

供試体の種類	基準密度 (g/cm³)	空隙率 (%)	安定度 (kg)	フロー値 (1/10cm)
13 F 50	2.361	3.40	941	31
粒状 5%	2.301	3.80	867	23
粉末50%	2.331	4.10	961	25

表-8 凍結抑制効果試験結果

サイクル数	0			50			100			150			200		
室温(°C)	-10	-5	0*	-10	-5	0*	-10	-5	0*	-10	-5	0*	-10	-5	0*
13F50	A	A	-	A	A	-	A	A	-	A	A	-	A	A	-
粒状 5%	D	E	0	B	B	20	A	A	50	A	A	50	A	A	70
粉末 50%	A	B	15	B	B	40	A	A	40	A	A	40	A	A	50

A: 完全凍結 (供試体と氷膜は固着している) D: 部分凍結 (一部融解)
 B: -"- (供試体と氷膜は固着していない) E: 不凍結 (シャーベットを含む)
 C: -"- (供試体と氷膜の間に水分がある) * 0°Cについては、Cの状態になるまでの時間 (分)

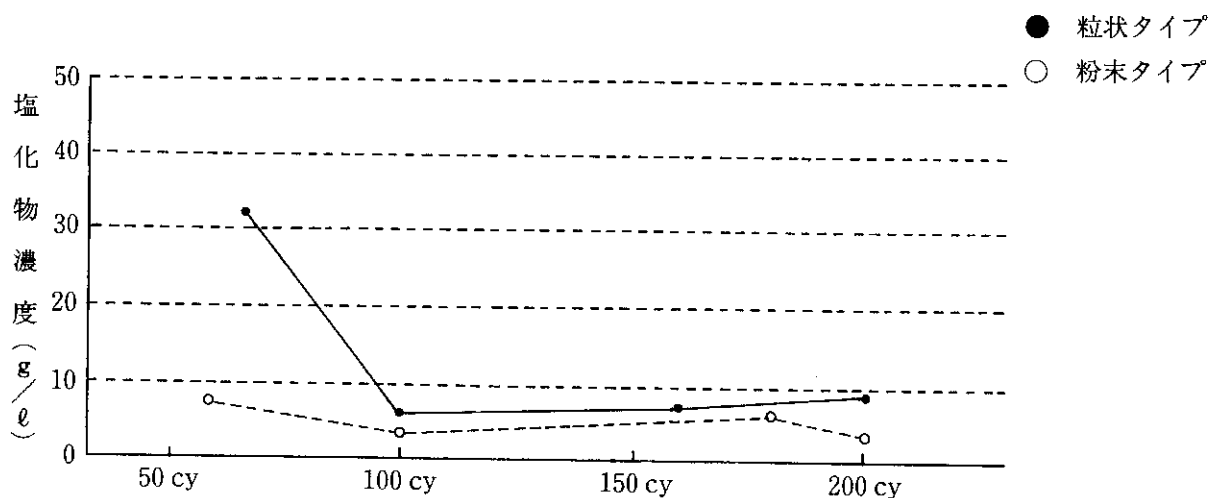


図-5 凍結融解試験における塩化物の溶出

イプが50サイクルまで高い効果を発揮し、以後低下していくのに対し、粉末タイプの効果の発現は50サイクルから200サイクルまで40~50分と大きな変化はない。

また、図-5は凍結融解試験において、ほぼ50サイクル毎に供試体を浸している水を取り替え、その水について塩化物濃度を測定したものであるが、0°Cにおける氷膜剥離時間を測定した結果とほぼ合致している。

6. まとめ

これまでの試験結果から、以下のことがわかった。

1. 粒状タイプおよび粉末タイプの凍結抑制材を配合した混合物の水浸マーシャル安定度試験による強度低下は、13F50と比較して大きい。
2. 粒状タイプおよび粉末タイプの凍結抑制材を配合

した混合物の凍結融解に対する抵抗性は低く、マーシャル安定度および耐摩耗性は低下する。

3. 凍結抑制効果試験を行った結果、粒状タイプ、粉末タイプとも-5°C程度まで凍結抑制効果があることがわかった。また、氷膜剥離時間については、粒状タイプが初期に高い効果を発現し、以後低下していくのに対し、粉末タイプの効果の発現は40~50分で大きな変化はない。

あとがき

凍結抑制舗装の効果の持続性は、まだはっきりわかっておらず、今後試験施行を通じての確認を行っていく予定である。今回の試験から、効果発現の特性はだいたいつかめた感があるが、この結果を踏まえた上で試験施工の調査と照らし合わせながら、耐久性の検討をしたいと考えている。

最後に、当研究所において試験などを担当された平成元年度および2年度北海道舗装事業協会依頼研修員の方々に対し、謝意を表す。

参考文献

- 1) 二ノ宮秀彦；凍結抑制舗装について，開発土木研究所月報 No452, pp.17~20, 1991年.
- 2) 坂本浩行，野村健一郎；アスファルト舗装における新素材・新材料－冬期路面と新素材－，舗装 vol.26 No.8 pp. 11~15, 1991年.
- 3) 二ノ宮秀彦，川村和幸，沢田俊作；凍結抑制材を混入したアスファルト混合物の試験性状について，第34回北海道開発局技術研究発表会講演概要集(2), pp.91~96, 1991年2月.

*

*

*