

排水性アスファルト混合物の寒冷期施工について

Installation of Porous Asphalt under Cold-Weather Conditions

上野 千草* 田高 淳** 安倍 隆二***

Chigusa UENO, Jun TAKOU, and Ryuji ABE

排水性アスファルト混合物は空隙の多い構造のため、一般のアスファルト混合物と比較し外気温の影響を受けやすく冷えやすい混合物であることから、寒冷期における施工は極力避けることとされている。しかしながら、工期等の都合によりやむを得ず舗設を行わなければならない場合がある。そこで、従来の混合物よりも低い温度での施工を可能にする中温化舗装技術を利用し、排水性アスファルト混合物の寒冷期施工への適用性を検討した。

試験施工の結果、寒冷期中温化舗装技術を用いて施工した排水性アスファルト混合物は、秋期に施工した排水性アスファルト混合物と同程度の品質が得られ、供用後の性状も同程度で推移しており、排水性アスファルト混合物の寒冷期施工における中温化舗装技術の有効性が確認された。

〈キーワード：排水性アスファルト混合物、寒冷期施工、中温化舗装〉

Installation of porous asphalt is avoided as much as possible in winter, because its porosity makes it more prone to pre-installation cooling than conventional asphalt. However, the construction schedule may make cold-weather installation unavoidable. This paper proposes a method that allows porous asphalt to be installed even at warm mix temperatures, in contrast to the high mix temperatures that are required for installation of conventional asphalt. Warm-mix installation allows for installation even under cold-weather conditions.

For porous asphalt, test installation using the warm-mix method during the cold-weather period achieved the same level of quality as test installation during the warmer autumn period. The respective pavements showed similar properties after opening to traffic, which confirms that the method allows cold-weather installation without performance problems.

〈 Keywords: porous asphalt pavement, cold-weather conditions, warm mix asphalt 〉

1. はじめに

北海道における舗装の寒冷期施工では、低い外気温が品質に与える影響が懸念されるため、排気熱利用車および二重シートによる運搬時の保温や、混合温度を上げること等により施工温度を確保している。

特に、高規格道路や都市部で利用が増加してきている排水性アスファルト混合物（以下、排水性混合物）は、空隙が多い構造のため密粒度アスコン13F等と比較して外気の影響を受けやすく温度管理が厳しいことから、寒冷期施工は極力避けることとされているが、やむを得ず舗設を行う場合がある。そこで、従来の混合物よりも低い温度での混合・施工を可能にする中温化舗装技術を利用し、排水性混合物の寒冷期施工への適用性を検討した。

2. 中温化舗装技術の概要

2.1 中温化舗装技術の効果

中温化舗装技術とは、特殊添加剤をアスファルトバインダーに加えることにより施工温度の低下によるワーカビリティの低下を抑える技術であり、通常の加熱アスファルト混合物よりも混合および施工温度を30℃程度低減することができる。

また、混合温度を低減することにより重油などのエネルギーを節約するだけでなく、発生するCO₂を削減することが可能な技術である。ここでは、中温化舗装技術を使用することにより施工温度を低減できるといふ特徴を利用し、寒冷期における排水性混合物への適用性を検討した結果を報告する。

2.2 中温化剤の概要

中温化剤は発泡剤系と添加剤系の2種類に大別される。

今回使用した発泡剤系中温化剤の概念を図-1に示す。この中温化剤は混合物中のアスファルトピッチューメン内に微細な気泡を一時的に発生させることにより、気泡が潤滑剤として作用し、アスファルト混合物の低温下での転圧作業を容易にする。

また、添加剤系中温化剤はアスファルトバインダーを直接改質し軟化させることによって、低温下での転圧作業を容易にする。添加剤系の中温化剤は添加成分が混合物中に残留するが、常温域での粘度に対する影響が小さく、アスファルト混合物の性状は無添加のものと同様である。

3. 調査方法

高規格幹線道路帯広広尾自動車道（芽室町）において排水性混合物の試験施工を行い、冬期において中温化舗装技術を用いて施工した舗装と、秋期に中温化舗装技術を用いずに通常の加熱アスファルトを施工した舗装の追跡調査を行い、現場透水量等の舗装体の状態

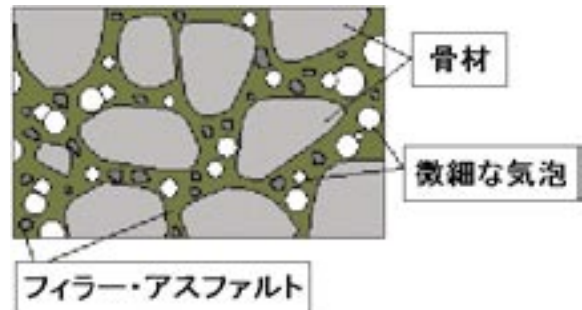


図-1 発泡系中温化剤概念図

表-1 調査項目

調査項目	小項目	調査時期	試験方法・使用機器
混合物の温度低下傾向の把握	温度の低下状況	室内試験	棒状温度計
	敷均し温度	試験施工時	棒状温度計
	混合物表面の敷均し後の温度分布		サーモグラフィー(Avio Neo Thermo TVS-600)
混合物の品質確認	混合物強度	室内試験	マーシャル試験
	空隙率	試験練り	切り取り供試体測定(舗装試験便覧 ¹⁾)
	透水性		現場透水量試験(舗装試験便覧別冊 ⁵⁾)
	耐流動性		切り取り供試体によるホイールラッキング試験(舗装試験便覧 ¹⁾)
	骨材の飛散特性	室内試験	低温カンタプロ試験(舗装試験便覧別冊 ⁵⁾)
供用性評価	わだち掘れ量	使用後	横断プロフィルメーター(舗装試験便覧 ¹⁾)
	路面のきめ深さ		MTM(舗装試験便覧別冊 ⁵⁾)
	現場透水量		現場透水量試験(舗装試験便覧別冊 ⁵⁾)
	路面状態		目視観察

を比較した。

また、これに先立ちアスファルトプラント敷地内において、中温化剤を使用した排水性混合物（以下、中温化混合物）と中温化剤を使用しない排水性混合物（以下、比較混合物）の試験練りを行い、1次転圧温度、2次転圧温度を変化させ、排水性混合物の品質および最適転圧温度を確認した。さらに、室内および試験施工時において排水性混合物の温度低下傾向の把握を行った。調査項目を表-1に示す。

4. 混合物の温度低下傾向の把握

排水性混合物は碎石6号を主体とした開粒度型の加熱アスファルト混合物であることから、運搬時および施工時の温度低下が通常の上層混合物である密粒度アスコン13Fおよび細密粒度ギャップアスコン13F55（以下、細密粒度アスコン）に比べ早いと考えられる。また、高粘度改質アスファルトバインダーを用いていることから、特に寒冷期には温度低下により施工性が劣る傾向にある。

北海道において外気温が氷点下になる11月中旬以降においても排水性混合物の施工を予定している箇所があり、混合物の温度管理が厳しい寒冷期では十分な施工性、品質確保に苦慮している。ここでは排水性混合物の温度低下傾向の把握を行った。

4.1 混合物の温度低下状況

排水性混合物の温度低下状況を把握するため、室内において混合物の温度低下をシミュレートした。また、比較のため細密粒度アスコンを用いて同様の測定を行った。

測定条件は冬期間を想定し、混合物を防寒シート二枚重ねで覆い、気温-10℃、5℃の各条件で養生し混合物の内部温度を測定した。図-2に温度測定の結果を示す。

排水性混合物は細密粒度アスコンより温度低下が早く、外気温が低いほどその差が大きく現れる傾向が見られた。

4.2 混合物の敷均し温度

寒冷期における混合物の敷均し時の温度を確認するため、施工時の敷均し温度を計測した。秋期（10月）と、冬期（12月）の排水性混合物の敷均し温度の計測結果を図-3に示す。また、施工時の温度条件を表-2に示す。

秋期（平均気温6.8℃）の施工では全ての測定において排水性混合物の敷均し温度の規格値である140℃以上を満たすことができたが、冬期（平均気温-3.0℃）

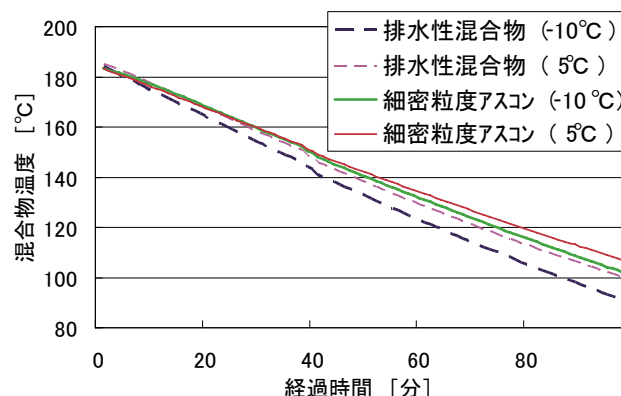


図-2 混合物の温度低下

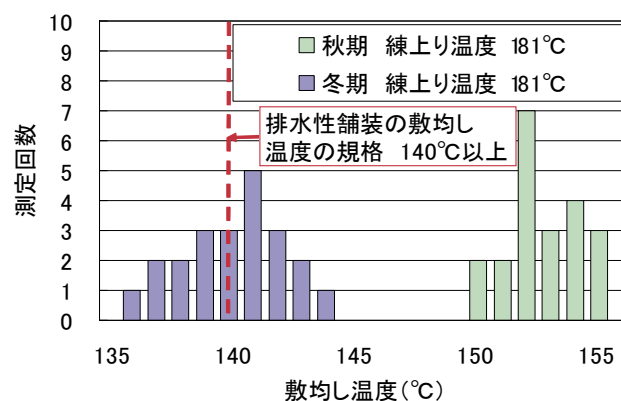


図-3 転圧温度

表-2 試験施工時の気象条件

	施工日	施工場所	敷均温度	気温
排水性混合物	H14.12.21	芽室町	126℃	-2.1℃
細密粒度アスコン	H12.12.1	札幌市	124℃	2.2℃

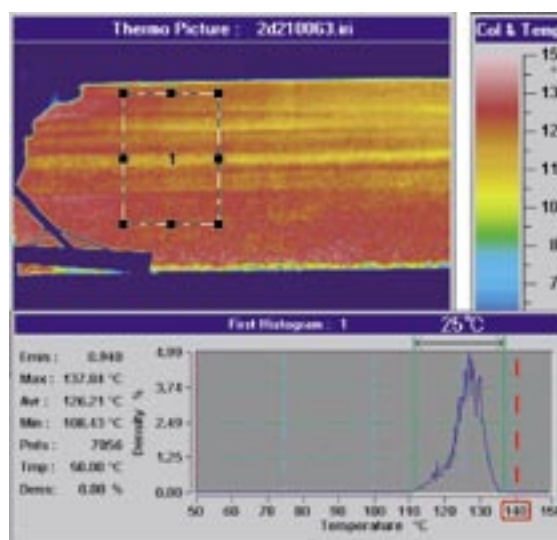


図-4 舗装体温度測定（排水性混合物）

の施工では、混合温度を規格値上限である185℃としても、施工時の敷均し温度の規格値を満足できない箇所があった。

このことから、排水性混合物の寒冷期施工では、敷均し・転圧温度が確保できず十分な品質が得られない場合があると考えられる。

4.3 混合物表面の敷均し温度分布

敷均し時の混合物表面の温度分布を調べるためサーモグラフィによる解析を行った。図-4は寒冷期における排水性混合物の敷均し直後の表面温度を示したサーモグラフィ [Thermo Picture]、およびサーモグラフィ上の破線枠内の混合物温度分布グラフ [First Histogram] である。また、比較のため寒冷期に施工した細密粒度アスコンの解析結果を図-5に示す。

図-4の排水性混合物の温度分布グラフから、寒冷期では敷均し温度の規格を満足できない場合があることが分かる。また、細密粒度アスコンでは混合物温度の分布幅が15℃程度であるのに対し、排水性混合物では部分的に温度低下の大きな箇所がみられ、温度分布の幅は25℃程度となっており、温度ムラが生じやすい混合物であることが分かる。

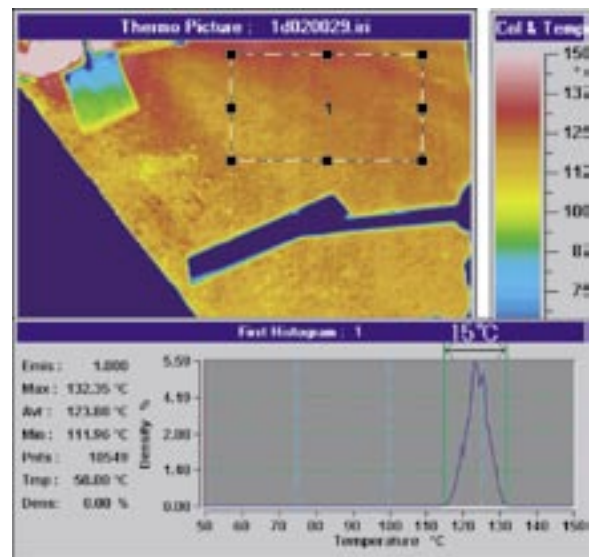


図-5 舗装体温度測定 (細密粒度アスコン)

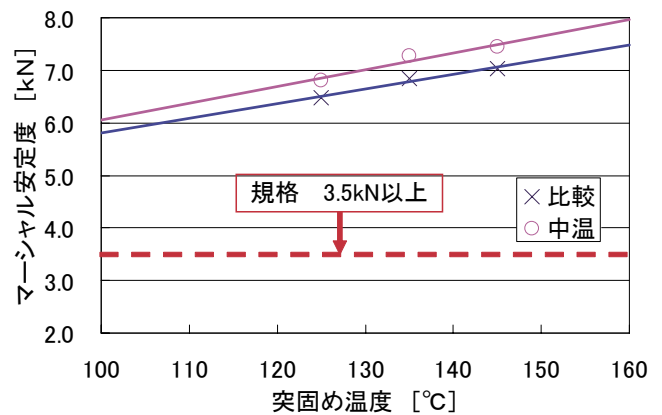


図-6 締固め温度と安定度の関係

5. 品質確認

5.1 混合物強度

室内試験によって中温化混合物と比較混合物の突固め温度と混合物強度の関係を検討した。マーシャル安定度試験¹⁾の結果を図-6に示す。

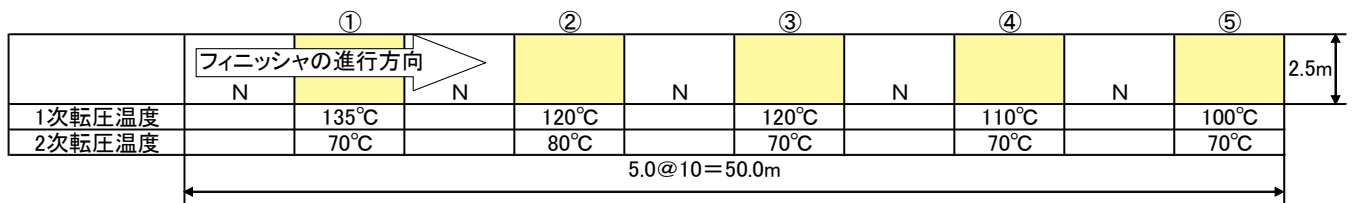


図-7 施工方法の概要 (中温化混合物)

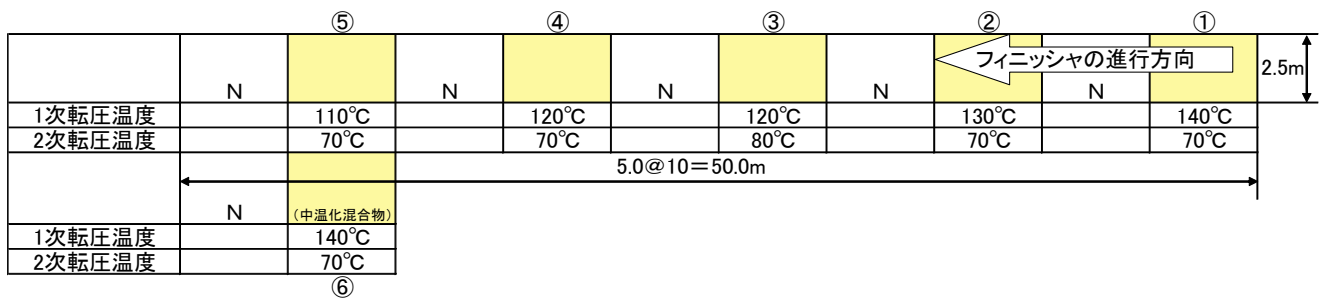


図-8 施工方法の概要 (比較混合物)

両混合物とも規格値 $3.5kN^{2)}$ を満足しているが、同温度における突固めでは中温化混合物のほうが比較混合物に比べて $0.5kN$ 程度大きな安定度を得る結果となった。この結果より、転圧温度の確保が難しい寒冷期施工では、同じ締固め温度においてより強度を確保できる中温化剤を使用した混合物を用いることが望ましいと考えられる。

次に、中温化混合物の適切な敷均し温度および転圧温度を求めるため、実施工の前にプラント構内において試験練りを行った。工区概要をそれぞれ図-7、図-8に、気象条件を表-3に示す。

アスファルト混合物は、敷均し・転圧温度が低下すると締固めが十分に行えず、規格を満たさない混合物となることから、1次転圧温度および2次転圧温度を変化させ品質確保が可能な敷均し・転圧温度の下限を確認した³⁾。

5.2 空隙率

排水性混合物の品質に大きな影響を与える空隙率を測定するため密度測定を行った。なお、北海道開発局が管理する国道の排水性舗装では、骨材の飛散などの耐久性向上を目的として空隙率を17%としているため⁴⁾、本検討ではこの値を目標とした。測定結果を図-9に示す。

空隙率は転圧温度が低下するほど増加する傾向にあり、比較混合物は1次転圧温度が $140^{\circ}C$ でも目標値を確保することができなかったが、中温化混合物は1次転圧温度が $120^{\circ}C$ 以上で所定の空隙率を確保できる結果となった。

5.3 透水性

排水性混合物の性能を確認するため、現場透水量試験⁵⁾を行った。試験の結果を図-10に示す。

現場透水量は両混合物とも、全ての温度条件において規格値²⁾である $1000ml/15sec$ を満足した。また、同一の温度条件では中温化混合物の値がやや大きくなる結果となったが、転圧温度による影響はほとんど見られなかった。

5.4 耐流動性

混合物の耐流動性を、切り取り供試体のホイールトラッキング試験¹⁾により評価した。試験結果を図-11に示す。

中温化混合物、比較混合物ともに1次転圧温度が低下するに従い、動的安定度(DS)が低下する傾向が見

表-3 試験練り時の気象条件

	施工日	気温	風速
中温化混合物	H14.11.14	$3.0^{\circ}C$	$0.3m$
比較混合物	H14.11.28	$1.4^{\circ}C$	$2.4m$

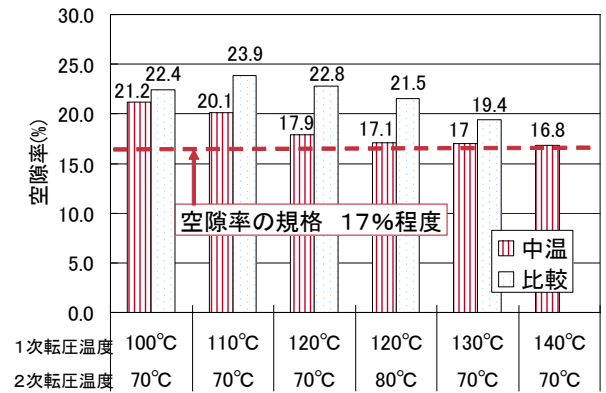


図-9 転圧温度と空隙率の関係

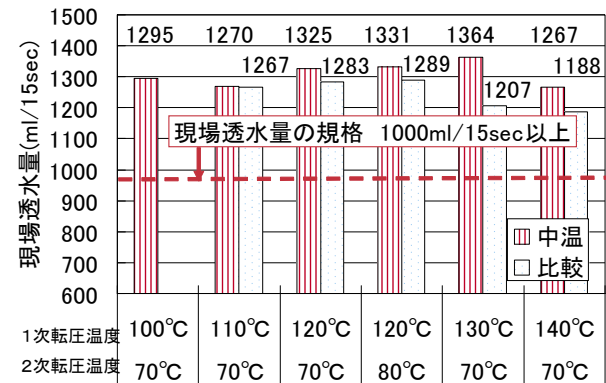


図-10 転圧温度と現場透水量の関係

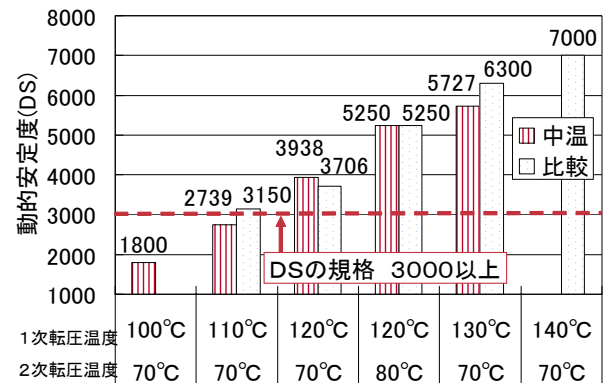


図-11 転圧温度と動的安定度(DS)の関係

られ、規格(DS3000以上²⁾)を確保するためには、比較混合物で1次転圧温度 $110^{\circ}C$ 程度以上、中温化混合物で1次転圧温度 $120^{\circ}C$ 程度以上を必要とする結果となった。

5.5 骨材の飛散特性

北海道では冬期間にチェーンを装着している車両も

多く、骨材の飛散が懸念されるため、室内作製供試体による低温カンタプロ試験（供試体の養生温度:-20℃）⁵⁾を行った。試験結果を図-12に示す。

転圧温度が低くなるに従い、損失量が大きくなり、比較混合物は締固め温度が140℃程度以下となると規格（カンタプロ損失率20%）⁴⁾を満足できない結果となった。一方、中温化混合物では1次転圧温度が130℃程度以上の確保で規格を満足した。

以上のことから、排水性混合物の寒冷期施工において中温化剤を使用しなければ、敷均し温度の規格値である140℃を下回ると規定の性状を確保できない結果となり、中温化舗装技術を使用した場合には130℃程度以上の敷均し温度の確保で規定の性状を満足できることが確認された。

6. 供用性評価

高規格幹線道路 帯広広尾自動車道 芽室町において試験施工を行い、冬期間に中温化剤を用いて排水性混合物を舗設した工区（以下、中温化工区）と、秋期に中温化剤を用いずに排水性混合物を舗設した工区（以下、比較工区）の比較を行った。

供用後約二年経過時における供用性調査結果を以下に示す。また、試験施工箇所の概要を表-4に示す。

6.1 わだち掘れ量

わだち掘れの状況を調べるため、横断凹凸量測定¹⁾を行った。結果を図-13に示す。

施工14ヶ月後では、全ての工区で同程度の性状を示した。施工26ヶ月後において、盛土部の中温化工区で他の工区よりも大きな変化量となったが、供用に問題が生じるほど大きなものではなかった。

6.2 路面のきめ深さ

すべり特性に影響を与える路面の粗さを調べるため、路面のきめ深さ測定⁵⁾を行った。調査結果を図-14に示す。路面のきめ深さにおいては、工区、施工場所によらず同程度の性状を示している。また、供用による品質の低下も見られていない。

6.3 現場透水量

図-15に現場透水量試験⁵⁾結果を示す。供用26ヶ月後においても全ての工区で規格（現場透水量1000ml/15sec）²⁾を満足しており、中温化工区と比較工区の違いに品質の差はほとんど見られず、良好な排水機能を

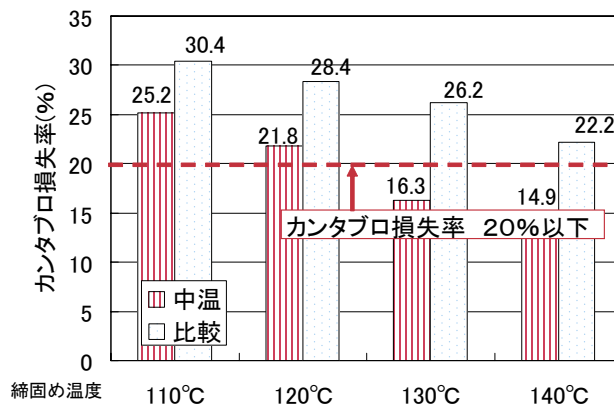


図-12 締固め温度と骨材飛散特性の関係

表-4 試験施工箇所の概要

	施工日	気温	風速
中温化混合物	H14.11.14	3.0℃	0.3m
比較混合物	H14.11.28	1.4℃	2.4m

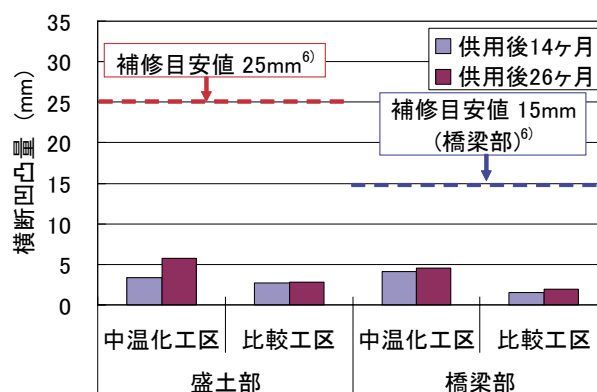


図-13 わだち掘れ量

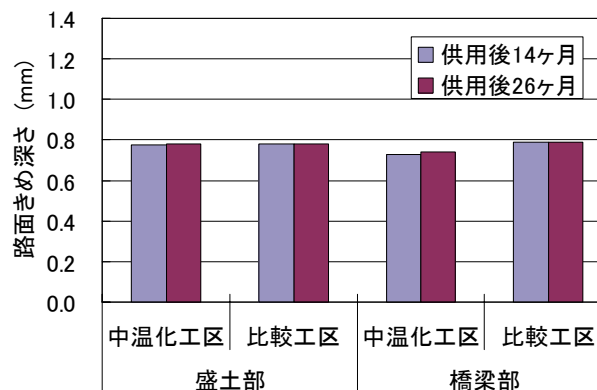


図-14 路面のきめ深さ

維持している。

6.4 路面状態

中温化工区の路面状態を写真－1、2に示す。舗装面の剥離や骨材の飛散等の飛散等は見られず、良好な状態を維持している。

7. まとめ

これまでの調査から、排水性混合物の寒冷期施工における中温化舗装技術の適用について明かとなったことについて以下に示す。

- ①排水性混合物の寒冷期施工では、敷均し温度の下限值（140℃以上）を確保できない場合がある。
- ②排水性混合物の品質確認の結果、中温化剤を使用しない排水性混合物では品質を満足させるために初期転圧温度140℃以上を必要とするが、中温化剤を使用した排水性混合物では初期転圧温度130℃程度以上で品質の確保ができた。
- ③供用開始2年経過後も中温化剤を使用して寒冷期施工を行った排水性混合物は、秋期に施工された排水性混合物と同程度の品質を示している。

8. おわりに

以上のことから排水性混合物の寒冷期施工において中温化舗装技術を用いることは有効であると言える。

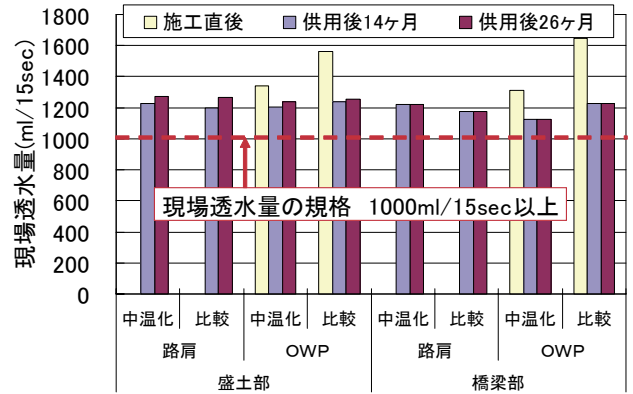
この結果から、寒冷期にやむを得ず排水性混合物を舗装する場合は、施工性、品質の確保のため中温化舗装技術を使用することとする「排水性舗装の寒冷期施工（案）」（北海道開発局 道路建設課 事務連絡）を平成17年4月に作成した。資料として別紙に添付する。なお、排水性混合物以外の混合物については、一般的な寒冷期施工対策での対応が可能のため、適用外とした。

また、今回の検討では長期的な供用性や機能の持続性等の検証が済んでいないため、追跡調査を継続して行っていきたい。

最後に、試験施工に御協力頂いた関係各位に感謝します。

参考文献

- 1) 社団法人 日本道路協会：舗装試験法便覧、1988.11
- 2) 財団法人 北海道開発協会：北海道開発局道路・河川工事仕様書、2005.4
- 3) 吉井、岳本、安倍：積雪寒冷地における中温化舗装技術の一検討について、第57回土木学会年次学術講演会、2003.9



図－15 現場透水量



写真－1 中温化工区の路面の状態



写真－2 中温化工区の路面の状態（遠景）

- 4) 北海道開発局：道路舗装工事特記仕様書、2005.4
- 5) 社団法人 日本道路協会：舗装試験法便覧別冊、1996.10
- 6) 社団法人 日本道路協会：道路維持修繕要綱、1978.7

排水性舗装の寒冷期施工（案）

1. 総則

1-1. 目的

寒冷期において、排水性舗装は基本的に施工を行うべきではない。しかしながら、施工上の制約上からやむを得ず寒冷期に排水性舗装の舗設を行う場合、中温化技術を使用する適用条件および留意事項を示すものである。

【解説】

排水性舗装は高粘度改質バインダーを用いることや空隙が多い構造であることから、密粒度アスコンと比較して外気の影響を受けやすく温度管理が厳しいため、寒冷期においては、排水性舗装は基本的に施工すべきでない。ただし、施工上の制約等からやむを得ず寒冷期に排水性舗装を施工する場合に、中温化舗装技術を使用する際の適用条件および留意事項を示すものである。

1-2. 適用の範囲

寒冷期にやむを得ず排水性混合物を舗設する場合で、混合物の品質の確保が困難な場合に適用する。また、時期や地域によって差があるので、それぞれの地域の気象条件を十分に勘案して施工計画を立てるものとする。なお、寒冷期とは外気温5℃以下の気象条件とする。

【解説】

北海道では地域により気候が異なるが、平均気温が5℃を下回る期間は11月上・中旬～3月下旬・4月上・中旬頃であり、5℃を下回る期間は1年間に5ヶ月間程度である（図-1）。

これらの気象データが示すように時期や地域によって差があるので、それぞれの地域の気象条件を十分に勘案して検討するものとする。

出典；平年値 統計期間1971～2000年，（財）日本気象協会北海道本部，2001，4

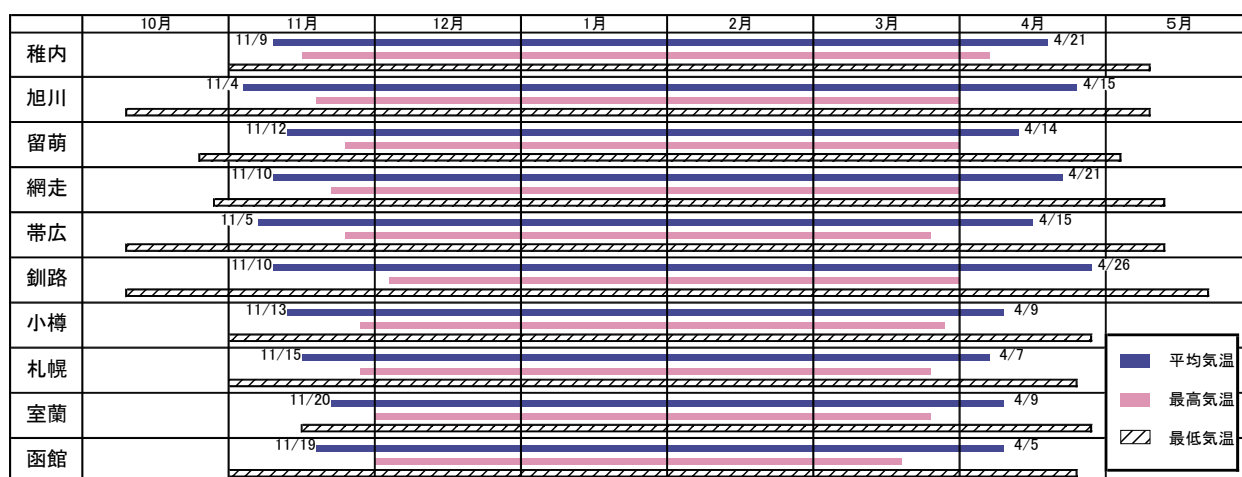


図-1 平均気温5℃以下の期間

2. 中温化舗装

2-1. 中温化舗装技術

寒冷期にやむを得ず排水性混合物を舗設する場合で、混合物の品質の確保が困難な場合は、中温化剤を使用することとする。

【解説】

試験施工より、以下に示す中温化舗装技術の効果が確認された。

- ① 排水性混合物は一般の舗装に比べ温度低下が早く、外気温が低いほどその差が大きく現れる傾向がある。そのため、敷き均し・転圧温度が確保できず、十分な品質を確保できないことがある。さらに排水性混合物は空隙が多く、温度ムラを生じやすい構造となっており、温度管理が困難な場合がある。
- ② 試験施工を行った結果、敷均し温度の規格値を満足できない場合においても、中温化剤を使用することにより、空隙率、動的安定度 (DS)、低温カンタブロ損失量などの排水性混合物の規格を満足することができた。
- ③ 中温化剤を使用して排水性舗装の寒冷期施工を行った結果、温度が低下しても良好な作業性が得られた。
- ④ 寒冷期において中温化剤を使用して敷き均し温度を130℃以上確保した排水性舗装は、通常期に施工された排水性舗装と同程度の品質を確保することができた。

このような結果から、寒冷期にやむを得ず排水性混合物を舗設する場合は、中温化剤を使用することにより品質の確保を行うこととした。なお、中温化剤は各社により配合方法が異なるので、使用にあたっては、室内試験で所定の品質が確保されることを確認すること。

参照：上野千草、岳本秀人、安倍隆二：排水性舗装の寒冷期施工における中温化舗装技術の適用について、第20回寒地技術シンポジウム、(2004.9)、pp.421-427

2-2. 留意事項

寒冷期の施工は各現場で状況に応じて施工方法を検討し、所定の品質が得られることを確認してから施工を行うこと。

【解説】

寒冷期の施工は気象条件が地域により異なるため、各現場で保温対策、施工方法を検討し、所定の品質が得られることを確認してから施工を行うこと。



上野 千草*
Chigusa UENO

寒地土木研究所
寒地道路研究グループ
寒地道路保全チーム
研究員



田高 淳**
Jun TAKOU

寒地土木研究所
寒地道路研究グループ
寒地道路保全チーム
上席研究員



安倍 隆二***
Ryuji ABE

寒地土木研究所
寒地道路研究グループ
寒地道路保全チーム
主任研究員