

セミホット型アスファルト混合物の試験施工結果報告

Examination construction report of semi-hot asphalt mixture.

北海道開発局開発土木研究所 ○正員 吉井 昭博 (Akihiro Yoshii) 正員 岳本 秀人 (Hidetoto Takemoto)
正員 安倍 隆二 (Ryuuji Abe)
常温舗装研究会 非会員 鈴木 徹 (Tooru Suzuki) 正員 江向 俊文 (Toshifumi Emukai)

1. はじめに

近年、地球環境問題は国際的な広がりを見せており、1997年12月には地球温暖化防止京都会議が開催され世界的規模で温室効果ガスの排出規制が図られる事になった。我が国においても、各産業分野で省エネルギー及びCO₂排出量の削減が強く求められている。

従来の道路舗装における環境負荷軽減対策はカットバックアスファルトやアスファルト乳剤を用いた常温アスファルト混合物の使用が挙げられるが、加熱アスファルト混合物と比較してコストが割高になることや、強度の発現が遅く交通開放までに時間がかかるなどの問題があり、その使用率は伸びない現状にある。

このような状況から、フィンランドの常温舗装技術に応用し我が国の気象・交通条件に適した、80℃以下で製造及び施工が可能なセミホット型アスファルト混合物(以下;セミホット混合物)の開発を行っている。本文では、セミホット混合物の概要と道内での施工結果を報告するものである。

2. セミホット混合物の特性

2-1 セミホット混合物の特徴

セミホット混合物の主な特徴は「特殊アスファルトの使用」と「混合物製造時に加水を行う」事である。製造時に添加された水は、混合物中で潤滑剤として作用するため80℃程度での製造及び50℃以下での施工が可能となる。また特殊アスファルトは骨材が80℃程度および湿潤状態でも混合・被膜が可能な材質となっている。

強度は従来の常温アスファルト混合物に見られるカットバックアスファルトに含まれる成分の揮発やアスファルト乳剤の分解によるものではなく、混合物中の水分が蒸発することにより発現するため、早期の交通開放が可能である。また、その他にも以下のような特徴を有している。

- ①特殊バインダは大気を汚染する揮発成分を含まない。
- ②製造は、通常のアスファルトプラントを一部改造することで可能となる。
- ③配合設計は簡易舗装要綱¹⁾の常温混合方式に準拠したものである。
- ④ホットサイロへの貯蔵も可能である。
- ⑤CO₂排出量は、加熱混合物に比べ4割程度削減できる。
- ⑥施工コストは、加熱混合物に比べ2割程度削減できる。

2-2 セミホット混合物の一般的な性状

稼動中の加熱アスファルトプラントに水と特殊バインダの添加装置を増設・改造し、常温混合物を製造する手法を検討すると同時にセミホット混合物を作製した。室内作製混合物の性状と改造した加熱アスファルトプラントで連続して製造した常温混合物の性状の一例を表一に示す。

表一 セミホット混合物の基本性状

項目	室内作製混合物	プラント作製混合物	目標値
粒度	密粒度アスコン(13)相当	密粒度アスコン(13)相当	密粒度アスコン(13)相当
混合物温度(℃)	—	69	80
アスファルト量(%)	4.3	4.3	4.3
水分量(%)	4	4.5	4
マーシャル安定度(KN)	6	4.3	4.0以上
フロー値(1/100cm)	22	23	20~40

表一に示す様に、製造したセミホット混合物は、混合物温度が目標よりも若干低いものの、ほぼ目標性状を満足していた。また、室内で作製した混合物とも同等程度の性状を得た。このことから、加熱アスファルトプラントに加水装置を付加するなど、若干の改造を加えることでセミホット混合物を安定して供給することが可能であると考えられる。

2-3 セミホット混合物の貯蔵性

セミホット混合物は、特殊バインダを使用することや製造時に加水を行うため、通常加熱プラントで製造する場合には、通常合材出荷の合間にたびたび出荷製造することができない。そのため1回の製造で、出荷分のすべてを製造しホットサイロに貯蔵する方法を取ることが予想される。今回は、セミホット混合物をホットサイロに貯蔵した場合の混合物性状の変化を調査し、セミホット混合物の可使時間について検証した結果を報告するものである。時間毎にセミホット混合物をホットサイロより2~3tずつ取り出しマーシャル供試体を作製し混合物性状試験を行った。性状試験結果を表二に示す。

表二 セミホット混合物の貯蔵性状

経過時間		0時間	5時間	11時間	18時間
気温	℃	4℃	2℃	2℃	9℃
混合物温度	℃	85	70	67	65
含水比	%	3.1	3.2	4	3.9
マーシャル法	密度	2.187	2.187	2.197	2.2
	安定度	3.7	3.8	4.2	4
	フロー	19	22	22	21
簡易舗装要綱	密度	2.211	2.212	2.234	2.231
	安定度	5.5	5.3	6.2	6.3
	フロー	21	22	24	22

常温混合物はサイロに貯蔵することにより、混合物温度が18時間で20℃低下するが、混合物性状は良好であり目視観察の結果も良好であった。含水比については、サイロ下方の混合物の水分が上方に上がり水分が不均一になる場合もあるが、2%~5%の水分量を確保できると品質が変わらない²⁾。このことから、セミホット混合物は、含水比の変動に注意を払い、30℃以上の温度を確保できれば、24時間程度の可使時間を得る事ができる。

2-4 セミホット混合物のCO₂削減効果について

セミホット混合物は、加熱アスファルト混合物に比べて混合温度を低下させることができることから加熱に使用する重油量を減らすことができる。表一3は、実際のアスファルトプラントにおいて混合温度を変化させ、その時の消費燃料を調査し、CO₂排出量を試算した結果である。

表—3 セミホット混合物のCO₂削減効果

製造混合物	混合温度	製造数量	重油使用量	CO ₂ 排出量	CO ₂ 削減率
加熱アスファルト混合物	160	443	7.5	5.52	0
常温アスファルト混合物	80	46	4.6	3.35	39.2

これよりセミホット混合物は、加熱アスファルト混合物より混合温度を80℃低減した80℃でも混合が可能であることから、製造時のCO₂排出量を39%削減することが可能である。

2—5 セミホット混合物の転圧について

施工時におけるセミホット混合物中の水分は、空隙でベアリングとして機能するため、小型タンデムローラ(3t～5t程度)1台を2往復程度の転圧させるだけで所要の締固め度を得るため、加熱混合物施工時よりも転圧機械の簡略・小型化が可能である。

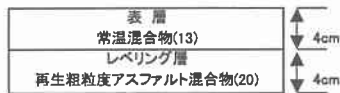
3. セミホット混合物の試験施工

3—1 試験施工の概要

試験施工の概要を表—4、標準断面図を図—1に各々示すとおりである。本路線は、旭川と稚内を結ぶ一般国道40号であり、試験施工区間はKP=170.229～KP=170.300の旭川から稚内に向かう下り線の約L=70mである。

表—4 試験施工の概要

施工日	平成14年8月22日
施工面積	約385㎡(W=5.5m、L=約70m)
施工厚	4cm
施工位置	一般国道40号 KP=170.229～KP=170.300(下り線)
混合物の種類	常温混合物(13)
目標粒度	密粒度アスファルト混合物(13)
調査日	施工直後：平成14年8月22日 供用1日後：平成14年8月23日 供用4日後：平成14年8月26日 供用7日後：平成14年8月29日



図—1 標準断面図

3—2 施工箇所の交通量調査

施工箇所前方300mの箇所にトラフィックカウンターを設置し交通量を測定した。結果を表—5に示す。

1日の交通量（旭川→稚内）は808台/日・方向、うち大型車が303台/日・方向である。

表—5 施工箇所の交通量

時刻	12:00～	16:00～	20:00～	0:00～
交通量(台/4時間・1方向)	298	125	60	11
大型車交通量(台/4時間・1方向)	119	31	27	5
時刻	4:00～	8:00～	12:00～	16:00～
交通量(台/4時間・1方向)	117	221	226	146
大型車交通量(台/4時間・1方向)	46	73	88	56

3—3 セミホット混合物の配合と性状

セミホット混合物(13)に使用した特殊バインダの主な性状は表—6、骨材配合率は表—7、合成粒度は表—8、セミホット混合物(13)のマーシャル性状は表—9に各々示すとおりである。ここで、表—6および表—9には、常温舗装技術研究会が作成したマニュアル³⁾に示されている品質の目標値を参考値として併記している。

表—6 特殊バインダの性状概要

項目	換算値	品質の目標値 ⁴⁾
針入度[25℃](1/10mm)	707	600～800
針入度[15℃](1/10mm)	262	—

表—7 骨材配合率

項目	6号 砕石	7号 砕石	粗目砂	細目砂	石粉	アスファルト	合計
質量配合率(%)	33	23	31	5	8	—	100
	31.6	22	29.7	4.8	7.7	4.2	100

表—8 セミホット混合物の合成粒度

ふるい目の寸法(mm)	19	13.2	4.75	2.36
通過質量 百分率(%)	合成 100	99.8	62.3	43.3
	目標 100	97.5	62.5	42.5
ふるい目の寸法(mm)	0.6	0.3	0.15	0.075
通過質量 百分率(%)	合成 25.1	16.7	9.4	7.2
	目標 24	15.5	11	6

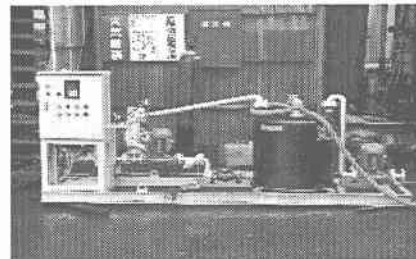
表—9 セミホット混合物のマーシャル性状

項目	アスファルト量 (%)	密度 (g/cm ³)	理論最大密度 (g/cm ³)	安定度 (kN)	フロー値 (1/100cm)
製造直後	4.2	2.236	—	2.8	23
製造4時間後	4.2	2.229	2.535	2.6	22
品質の目標値 ⁴⁾	—	—	—	1.5以上	20～40

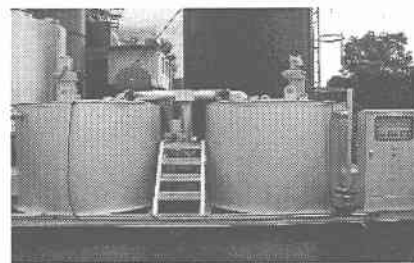
3—3 使用するプラントと機械

セミホット混合物を作製する上で水の投入時期と合材の混合は重要なことである。セミホット混合物を作製するプラントには、加水装置(写真—1)、特殊アスファルトパイнда投入装置(写真—2)が取り付けられている。先に行われた試験練りでドライミキシング10秒、水添加後10秒、アスファルト添加後40秒のミキシングタイムが最適であると判断されたため、試験施工でも同様とした。合材出荷プラントには、工事箇所から運搬距離で約170km、運搬時間で約4時間の箇所に位置する。

試験施工に使用した機械の種類と施工条件は表—10に示すとおりである。なお、当初転圧は、3tタンデムローラ1台で実施する予定であったが、鉄輪のローラマークが残ってしまったため、仕上げ転圧にコンパインドローラを使用した。



写真—1 アスファルト加水装置



写真—2 特殊アスファルト投入装置

表—10 使用機械の概要

機械名	形式・能力	台数	施工条件	目的
アスファルトフィニッシャー	—	1	4m/min、ハブON	敷均し
タンデムローラ	3t	1	往復2回(施工区間の前)	初期転圧
コンパインドローラ	4t	1	往復1回(施工区間の後)	仕上げ転圧
タンクトラック	10t	4	片道1回	運搬

3—4 試験施工調査

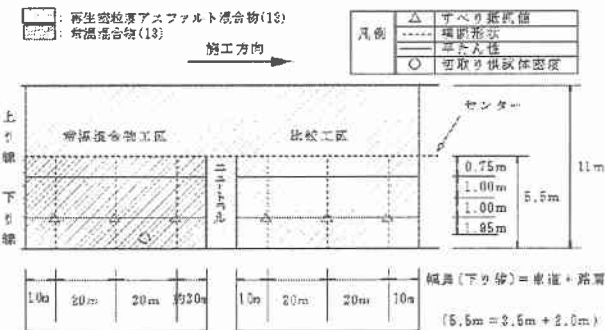
試験施工における調査項目と頻度は表—11、試験位置は図—2に示すとおりである。

すべり抵抗値、横断形状、平たん性、ひび割れ、路面性状の目視確認およびGB反発試験については、通常の再生密

粒度アスファルト混合物(13)と比較検討するため、セミホット混合物の試験施工を実施した路線と同じ下り線で同様な規模の調査を実施した。

表－1 1 調査項目と頻度

項目	時期	頻度
気温	通算	通算
混合物温度	出荷時、到着時	タンク毎
舗装体温度	敷均し時、転圧時、開放直前	タンク毎
すべり抵抗値(BPN)	直後、4日後、7日後	3点
横断形状	直後、1日後、4日後、7日後	20m毎・3点
平坦性	直後、1日後、4日後、7日後	道路中心線から±1.0m・2点
ひび割れ(スケッチ)	施工前、直後、1日後、4日後、7日	全面
切取り供試体密度	2ヶ月後	3本
路面性状の目視確認	直後、1日後、4日後、7日後	全面
GB反発試験	転圧終了直後、2時間後、3時間開放直前、7日後	30m毎・2点



図－2 調査位置

(1) 気象条件

試験施工時の気象条件は、表－1 2に示すように、天候が曇りのち晴れ、気温が20～32℃、湿度が44～68%であった。

表－1 2 気象条件

時刻	8:30	10:20	11:00	12:40
天候	曇り		晴れ	
風	微風			
気温	20℃	23℃	24℃	25℃
湿度	68%	59%	59%	44%

(2) 混合物および舗装体の温度測定結果

混合物の温度測定結果は、出荷温度が80～83℃、現場到着温度が73～74℃であり、運搬時間が約4時間あったが、約9℃しか下がらなかった。

また、舗装体の温度測定結果は、敷均し温度が36～44℃、初期転圧が28～30℃、二次転圧が25～32℃、交通開放温度が36～42℃であった。二次転圧温度が交通開放温度より低いのは、天候が曇りから晴れになった事による日射の影響である。

(3) 切取り供試体密度測定結果

切取り供試体の密度測定結果を表－1 3に示す。この結果、密度は2.169g/cm³、締固め度は97.3%であった。これは常温舗装技術研究会が作成したマニュアル³⁾に示される締固め度の管理基準(94%以上)を上回る結果であり、転圧温度が30℃前後でも所定の品質を確保しているといえる。

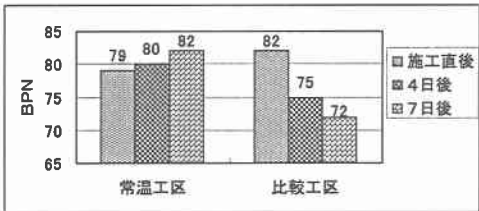
表－1 3 切取り供試体密度測定結果

No.	採取場所	基準密度 (g/cm3)	密度 (g/cm3)	締固め度 (%)	管理基準
1	KP=170.261 CL~4.7	2.229	2.157	96.8	
2	KP=170.261 CL~4.7		2.176	97.6	
3	KP=170.261 CL~4.7		2.175	97.6	
平均			2.169	97.3	≥94.0

(4) すべり抵抗測定結果

すべり抵抗測定結果を図－3に示す。ただしここで示す、すべり抵抗値は、路面が湿潤状態における測定値3個の平均値で、20℃のBPNに換算した値である。

この結果、セミホット混合物のすべり抵抗値は、施工直後が79BPN、4日後が80BPN、7日後が82BPNと、ほぼ変化が見られなかった。加熱混合物のすべり抵抗値は、施工直後が82BPN、4日後が75BPN、7日後が72BPNとなり、供用に伴って徐々に低下していく傾向を示した。

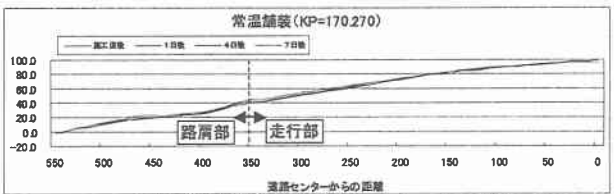


図－3 すべり抵抗性試験結果(セミホット混合物工区)

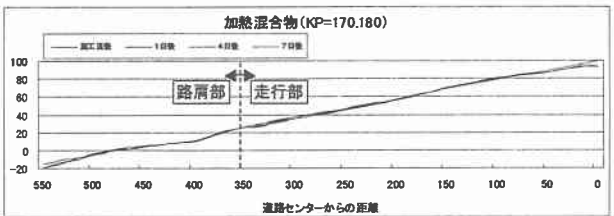
(5) 横断形状測定結果

横断形状測定結果を図－4(セミホット舗装工区)、図－5(加熱混合物工区)に示す。ここでは、施工直後の道路センターの地盤高を100として横断形状を示している。

この結果、常温混合物工区および比較工区ともに、交通開放7日ではあまり変化は見られなかった。常温混合物は、加熱混合物と比較すると若干安定性は低い、供用性等に大きな変化は見られていない。



図－4 横断形状測定結果(セミホット舗装工区)



図－5 横断形状測定結果(加熱混合物工区)

(6) 平坦性測定結果

平坦性測定結果を表－1 4に示す。この結果、平坦性は、セミホット混合物工区および比較工区ともに施工直後から供用7日後程度ではあまり変化は見られなかったが、施工直後からセミホット混合物は、加熱混合物より高い値を示し、加熱混合物より平坦性に劣る結果を示した。したがって、セミホット混合物の平坦性は、加熱混合物より若干高くなる傾向を示すが、常温舗装技術研究会が作成したマニュアル³⁾に示される平坦性の管理基準(2.4mm以下)を超えていない。

表－1 4 平坦性測定結果

工区	測定位置	施工直後	1日後	4日後	7日後
常温混合物工区	IWP	1.32	1.34	1.37	1.06
	OWP	1.43	1.2	1.21	1.31
比較工区	IWP	0.76	0.83	0.8	0.74
	OWP	0.64	0.69	0.7	0.53

(7) ひび割れ目視確認結果

交通開放7日後における路面性状の目視確認結果では、常温混合物工区、比較工区ともにひび割れは観察されなかった。

(8) GB (ゴルフボール) 反発試験結果

GB (ゴルフボール) 反発試験は、セミホット混合物の交通開放時期を決定する資料として参考に実施したものである。GB 反発試験は、舗装試験法便覧別冊⁴⁾に示されている弾力性試験方法をそのまま使用している(写真-3)。また、セミホット混合物の強度発現を測定する目的で交通開放7日後にも試験を行った。



図-3 GB反発係数試験

(8)-1 交通開放前におけるGB反発試験結果

交通開放前におけるGB反発試験結果を図-6、7に示す。測定は基層(加熱混合物)上部の車線部と、路盤上部の路肩部で行った。

この結果、セミホット混合物のGB反発係数は、施工直後が0.5~3%であったものが、4時間後(交通開放直前)には、車線部で11~16%、路肩部で16~21%となった。加熱混合物工区(加熱混合物)の路面温度が50℃におけるGB反発係数は、車線部で62%、路肩部で64%であった。この結果より、交通開放直前におけるセミホット混合物のGB反発係数は、加熱混合物と比較すると1/5程度とかなり低い値であったにもかかわらず、大型車交通量が300台/日・方向、程度においては供用性等に問題が生じていない。

GB反発試験は、交通開放の目安として利用できる可能性があり、今後の施工でもデータ収集を重ね、交通開放の目安となる値を調査して行く必要があると考えられる。

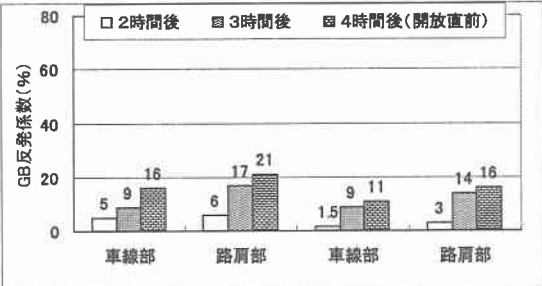


図-6 交通開放迄のGB反発係数試験結果(常温)

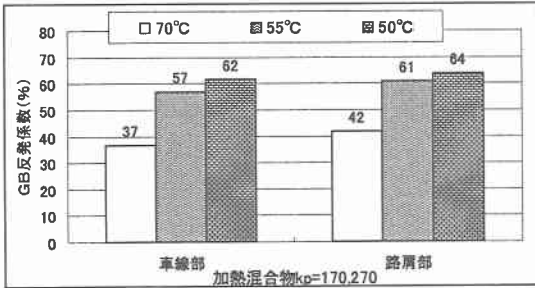


図-7 交通開放迄のGB反発係数試験結果(比較)

(8)-2 交通開放7日後におけるGB反発試験結果

交通開放7日後におけるGB反発試験結果を表-15に示す。

この結果、交通開放7日後におけるGB反発係数は、車両走行部で53~60%、路肩部で32~40%となり、車両走行部よりも路肩部の方が2/3程度低い値であった。

なお、交通開放7日後における車両走行部のGB反発係数は、加熱混合物の表面温度が50℃で測定した値(62~64%)とほぼ変わらない値となっていた。

このように、セミホット混合物に含まれる水分の蒸発と、供用による圧密によって強度発現が進む過程は、GB反発試験によって概ね把握できることがわかった。

表-15 交通開放後のGB反発係数試験結果(常温)

測定時期	測定位置	車両走行部(わだち部)		路肩部
		CL~0.75m	CL~2.75m	CL~4.50m
交通開放7日後	KP=170.290	59	60	32
	KP=170.270	55	53	40
交通開放直前	KP=170.290		16	21
	KP=170.270		11	16

3-5 試験施工におけるまとめ

水膜を潤滑剤としたセミホット混合物の試験施工によって、以下のようなことを得た。

- スベリ抵抗性状は通常混合物と同等以上の性能を持つ。
- 混合物温度が30℃程度になっても水分管理を適切に行えば施工できる。
- 今回の試験施工では、GB反発試験で10%以上の反発を確保できるようになった際、交通開放して7日後までの供用性には問題がなかった。

4. おわりに

既存のアスファルトプラントを使用した試験施工を通して今回舗装したセミホット混合物は、比較的温暖な時期に施工できれば、B交通以下の道路の修繕工法として使用できる可能性があり、今後、供用性等を確認していく予定である。

また、80℃程度で混合物を作製できることから加熱混合物と比較すると発生CO₂量を40%削減できることが示された。今後はさらにセミホット混合物の特性を生かした利用方法を考案していきたい。

なお、本文は大林道路(株)、鹿島道路(株)、世紀東急工業(株)、大成ロテック(株)、前田道路(株)の5社により構成される常温舗装技術研究会と(独)北海道開発土木研究所の共同研究によって得られた成果をまとめたものである。

最後に本研究を進めるにあたり試験施工を実施していただいた、北海道開発局 旭川開発建設部 美深道路維持事業所の皆様に深く感謝いたします。

(参考文献)

- 1) (社)日本道路協会編：簡易舗装要綱(昭和54年版)、1980年
- 2) 加納他、環境に配慮した新しい常温アスファルト混合物、「舗装」2001年11月
- 3) 常温舗装研究会：舗装施工管理マニュアル、2002年
- 4) (社)日本道路協会編：舗装試験法便覧別冊、1996年