

セミホット型アスファルト混合物の農道への適用に関する研究

江向俊文*・竹内 康**・小梁川雅**・牧 恒雄**

(平成 16 年 5 月 24 日受付/平成 16 年 9 月 17 日受理)

要約: 本研究では、セミホット型アスファルト混合物の農道での適用性を検討するために、プラントでの製造実験および実道での試験施工を実施し、施工性および供用性について調査を行い、従来工法である加熱アスファルト混合物との性能を比較した。その結果、セミホット型アスファルト混合物は、適用箇所をⅢ交通以下の軽交通の農道に限定することにより、従来工法と同等の供用性能を持ち、環境負荷軽減およびコスト縮減に有効であることが確認された。

キーワード: セミホット型アスファルト混合物, 農道, 省エネルギー, CO₂ 排出量, コスト縮減

はじめに

近年、地球環境問題は国際的広がりをみせており、1997年12月には地球温暖化防止京都会議（気候変動枠組条約第3回締約国会議；COP3）が開催され、世界的規模で温室効果ガスの排出抑制が図られることとなり、各産業分野で省エネルギーおよびCO₂排出量の削減など環境負荷軽減が強く求められている。一方、景気の低迷などによる財源不足などにより、政府は財政構造改革の一環として公共事業費の削減を進めている。これにより、道路建設事業においても環境負荷軽減とコスト縮減への取り組みは避けられない状況になっている。

現在、車道を舗装するアスファルト混合物を選定する場合、アスファルト舗装要綱や土地改良事業計画設計基準・設計「農道」¹⁾などにおいては、表1に示すように分類されている。しかし、農道の大半を占める大型車交通量の少ない軽交通道路（アスファルト舗装要綱=A交通以下、土地改良事業計画設計基準=Ⅲ交通以下）において、従来の加熱アスファルト混合物を適用した場合、供用時のパフォーマンスが過剰になっている場合が多く、製造・施工コスト縮減や省エネルギーなどを考慮した適用区分の細分化による舗装材料の適所・適材化が必要になってきている。

このような状況から筆者らは、環境基準に厳しい北欧の常温舗装技術²⁾を応用し、我が国の気象・交通条件に適した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³⁾。このセミホット混合物は、特殊な製造方法により、従来の加熱アスファルト混合物（以下、加熱混合物）と比較して、混合性および施工性の向上が期待できるもので、軽交通道路への適用を目標として検討を行っている⁴⁾。

そこで本研究では、セミホット混合物のプラントでの製

造実験および実道での試験施工を実施し、農道への適用性および環境負荷軽減、コスト縮減に対する有効性について検証することを目的としている。

セミホット混合物の特徴

セミホット混合物の特徴²⁻⁴⁾は、製造工程において低粘度の特殊アスファルトを使用することと、混合時に水を添加することにある。混合工程で骨材に添加された水分は、アスファルトとの混合時に気化することにより、アスファルトの粘性を一時的に低下させ、混合性を向上させる。さらに施工時には、混合物中の水分が、ベアリング的な動きをすることにより、転圧ローラによるニーディング作用を効果的に増幅させるため、施工性の向上が図れる。これらの効果によって、80℃程度での製造および50℃以下での施工が可能となる。それにより、従来の加熱混合物と比較して、製造時には骨材加熱の燃料消費量を低減させ、施工

表1 セミホット型アスファルト混合物の適用区分

混合物	従来の交通区分と適用アスファルト混合物						
	加熱アスファルト混合物						
アスファルト舗装要綱	—	—	I交通	A交通	B交通	C交通	D交通
土地改良事業計画設計基準	I-1	I-2	II	III	IV	—	—
大型車交通量 (台/日・方向)	15未満	15 ~40	40 ~100	100 ~250	250 ~1,000	1,000 ~3,000	3,000<

↓

混合物	本研究が提案する交通区分と適用アスファルト混合物						
	セミホット型アスファルト混合物			加熱アスファルト混合物			
アスファルト舗装要綱	—	—	I交通	A交通	B交通	C交通	D交通
土地改良事業計画設計基準	I-1	I-2	II	III	IV	—	—
大型車交通量 (台/日・方向)	<15	15 ~40	40 ~100	100 ~250	250 ~1,000	1,000 ~3,000	3,000<

* 東京農業大学大学院農学研究科農業工学専攻

** 東京農業大学地域環境科学部生産環境工学科



写真1 製造直後のセミホット型アスファルト混合物
(写真の白煙は、水蒸気)

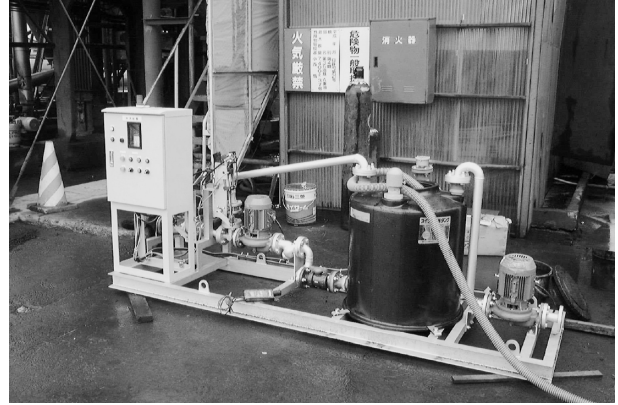


写真2 加水装置

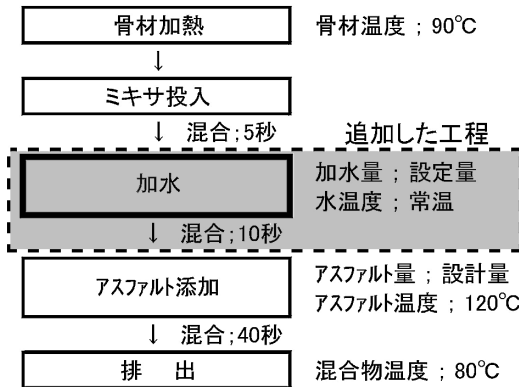


図1 セミホット型アスファルト混合物の製造工程

表2 セミホット混合物の性状

項目	室内製造	プラント製造	基準値
粒度	密粒(13)	密粒(13)	中央粒度
混合物温度 (°C)	80	77	80±5
アスファルト量 (%)	4.0	4.0	4.0
水分量 (%)	5.0	5.1	5.0
マーシャル安定度 (kN)	7.1	7.5	5以上
フロー値 (1/10mm)	23	25	20~40
動的安定度 (回/mm)	550	600	500以上

表3 製造時のCO₂排出量

混合物	骨材加熱温度 (°C)	A重油消費量 (kg/t)	CO ₂ 排出係数 (kg-CO ₂ /kg)	CO ₂ 排出量※ (kg-CO ₂ /t)	削減率 (%)
加熱	163	10.5	0.7357	7.72	-
セミホット	90	5.9	0.7357	4.34	▲43.8

※ 混合物1t 製造時

時には転圧機械の簡略化・小型化による機関燃料消費量の低減が可能であるため、省エネルギーに伴うCO₂排出量の低減とコスト縮減を両立させている。ただし、骨材が80°C程度および湿潤状態でも混合・被膜を可能とする特殊アスファルトは、低粘度アスファルトを使用しているため、適用箇所は軽交通道路に限定される。

製造に関する検証

(1) 製造方法の検証結果

セミホット混合物の製造上の特徴は「特殊アスファルトの使用」と「混合時の水の添加」であるため、図1に示す様な従来の加熱混合物製造工程に加水を行う作業工程を付加することが必要となる。実際の製造においては、既存の製造プラントに加水装置（写真2）を付加し、製造試験を行った。

表2は、製造試験時のセミホット混合物性状の測定結果を示したものであるが、測定値は基準値を満足しており、室内で製造した混合物性状値と比較しても、同程度の性状値であり、品質的には何ら問題が無いことが確認できた。

これらのことから、セミホット混合物の製造は、既存のプラントに簡易な加水装置を設置することで可能になることを実証した。

(2) 製造時のCO₂排出量試算結果

アスファルト混合物の製造に伴って消費される燃料は、

材料の加熱用バーナーの燃焼によるものが大部分であり、燃料の消費量は骨材加熱温度に比例する。表3は、製造プラントにおける製造時の加熱燃料消費量（A重油使用量）を測定し、燃焼時に発生するCO₂排出量を試算³⁾した結果である。これよりセミホット混合物は、混合性の向上により、骨材加熱温度を加熱混合物より70°C程度低く設定できるため、加熱混合物と比較してCO₂排出量が約44%少なくなることを確認した。

施工に関する検証

(1) 試験施工概要

セミホット混合物の施工性および供用性などを検証することを目的に、実道において施工を実施した。試験施工の概要を表4に、工区の概略図を図2に示す。施工場所は、福島県郡山市の広域農道に隣接する片側1車線の市道で、交通量および舗装断面は、広域農道と同等である。

また、試験施工に使用する転圧機械および転圧回数は、試験施工前のプラント構内での確認試験により、混合物の密度が目標とする品質（締固め度=100%）が得られる機種、転圧回数を選定した。これにより決定された施工時の

機械編成および転圧回数は表5に示すとおりである。この結果より、セミホット混合物は転圧機械を簡略化・小型化し、締固めエネルギーを少なくしても、十分な品質が得られることが確認された

(2) 施工性の検証

図3は、各混合物の試験施工時の温度測定結果を示したものである。セミホット混合物は、加熱混合物より施工温度が70~80°C程度低い温度で施工を行ったが、締固め度(施工管理基準=94%以上)は99.8%であり、加熱混合物の99.7%と同程度であった。

これらのことから、セミホット混合物は、加水効果により施工性が飛躍的に向上しており、また実際の施工現場に於いて転圧機械を簡略化・小型化して施工を行っても、十分な品質が得られることが確認された。

表4 試験施工概要

施工箇所	福島県郡山市
交通量	850台/日 (大型車混入量15%)
交通区分	Ⅲ交通
施工面積	セミホット混合物: 210m ² (幅員3.5m×延長60m)
	加熱混合物: 210m ² (幅員3.5m×延長60m)
施工厚さ	5cm (既設舗装上にオーバーレイ)
施工時期	平成13年11月

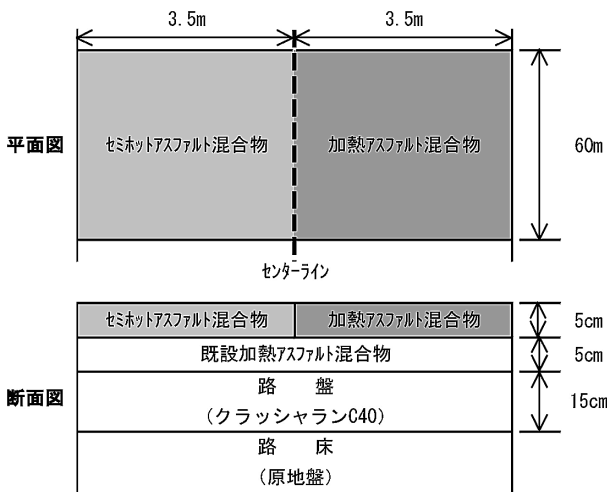


図2 試験施工区概略図

(3) 施工時のCO₂排出量試算結果

表5は、施工機械の燃料消費量(軽油使用量)を測定し、機械稼働時のCO₂排出量を試算した結果である。これよりセミホット混合物は、施工性の向上に伴い、転圧機械の簡略・小型化が可能となり、CO₂排出量を約42%削減できることを確認した。

(4) 施工時のコスト試算結果

表6は、今回の施工時(210m²)のコストを、土木工事積算基準マニュアル⁶⁾に基づき試算した結果である。セミホット混合物は、混合性の向上に伴う加熱燃料の低減、施工性の向上に伴う転圧機械の簡略・小型化、機械燃料の低減および作業員の減少などにより、加熱混合物と比較して約17%縮減している。

供用性に関する検証

(1) 供用性調査概要

供用性調査は、施工直後より2年間に渡り定期的に行い、路面性状は、平坦性、わだち掘れ量について測定を行い、舗装構造においては、Falling Weight Deflectometer (以下、FWD) を使用し、たわみ量を測定して評価を行った。

(2) 路面性状評価

路面性状は、平坦性とわだち掘れ量について検証した。平坦性測定結果を図4、最大わだち掘れ量測定結果を図5に示す。いずれの結果も管理基準は超えておらず、良好な路面状態を維持している。また、セミホット混合物の施工後初期3ヶ月間の最大わだち掘れ変化量が、加熱混

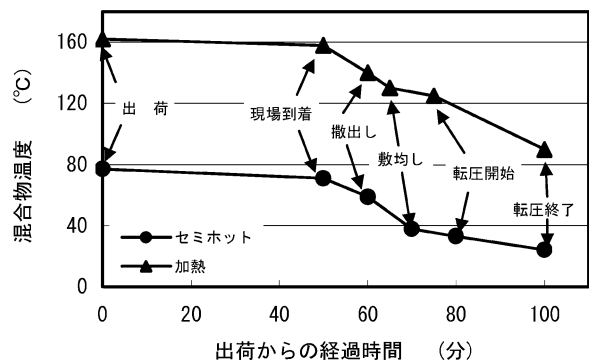


図3 混合物温度と経過時間の関係

表5 施工機械編成と施工時のCO₂排出量

工種	機械種類	転圧回数 (往復/回)	軽油消費量 (%)	CO ₂ 排出係数 (kg-C/%)	加熱		セミホット		
					編成	CO ₂ 排出量 (kg-C/%)	編成	CO ₂ 排出量 (kg-C/%)	削減率 (%)
敷きならし 転圧	アスファルトフィニッシャー	—	2.71	0.7212	●	1.95	●	1.95	▲42.3
	10tマカダムローラ	2	1.60	0.7212	●	1.15	—	—	
	15tタイヤローラ	2	1.73	0.7212	●	1.25	—	—	
	4tコンバインドローラ	2	0.77	0.7212	—	—	●	0.56	
						4.35		2.51	

表 6 施工時のコスト

項目	加熱	セミホット	縮減率 (%)
労務費 (円)	19,547	17,402	▲ 11.0
材料費 (円)	231,940	213,654	▲ 7.9
機械損料、回送費 (円)	142,372	95,875	▲ 32.7
諸雑費 (円)	1,258	998	▲ 20.7
合計 (円)	395,117	327,929	▲ 17.0

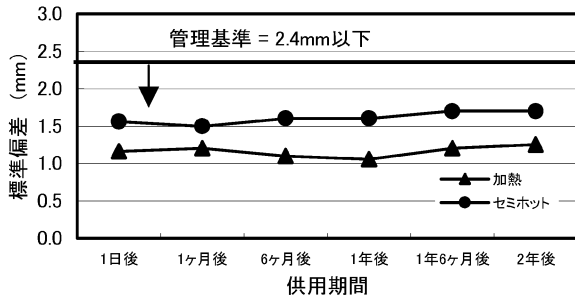


図 4 平坦性の標準偏差と供用期間の関係

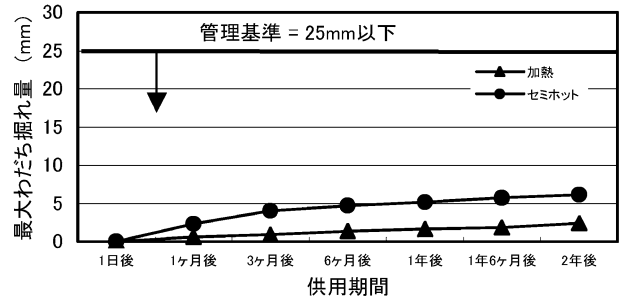


図 5 最大わだち掘れ量と供用期間の関係

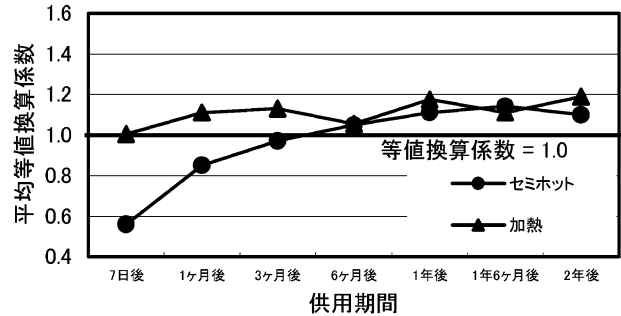


図 6 等値換算係数と供用期間の関係

合物と比較して少し大きくなる要因として、実道においては降雨などの影響により、短期間でセミホット混合物内の水分が蒸発せず、最終強度が発現し難い状況にあったことが考えられる。

今回の結果より、施工3ヶ月以降は加熱混合物と同等の性能(変化量)であることから、セミホット混合物は、実道において最終強度を発現するためには、3ヶ月程度の期間を要するが、Ⅲ交通程度の軽交通の道路の路面性状には大きな影響を与えないことが確認できた。

(3) 舗装構造評価

図6は、FWDで測定したたわみより、等値換算係数⁷⁾を算出した結果である。セミホット混合物の等値換算係数は、施工後3ヶ月程度で1.0を超え、以後は1.0以上で安定し、加熱混合物と同等な値を示しており、舗装構造は健全な状態を維持している。

これにより、セミホット混合物は最終強度を発現するまでに3ヶ月程度の期間を必要とするが、最終強度の発現したセミホット混合物の等値換算係数は、加熱混合物と同等の1.0が適用できることが確認できた。

ま と め

本研究では、セミホット混合物のプラントでの製造実験および実道での試験施工を実施し、農道への適用性および環境負荷軽減、コスト縮減に対する有効性について検証した。その結果を以下に示す。

- (1) セミホット混合物の製造は、既存のプラントに簡易な加水装置を設置することで可能となり、混合物の性状も目標値を満足する品質が得られることが確認

された。

- (2) 施工性は、転圧機械を簡略・小型化しても十分な品質が得られることが確認された。
- (3) 供用性は、Ⅲ交通程度の農道においては加熱混合物と同程度の性能を持つことが確認された。
- (4) 適用箇所については、最終強度が発現するまでに施工後3ヶ月程度期間を必要とすることから、比較的大型交通量の少ないⅢ交通以下の軽交通道路に制限する必要があることが確認された。
- (5) 舗装構成を決定する場合の等値換算係数は、加熱混合物と同等の1.0を適用可能であることが確認された。
- (6) 製造・施工時においてCO₂排出量を4割程度削減可能であることから、環境負荷軽減対策に有効な混合物であることが確認された。
- (7) 施工コストは、2割程度縮減が期待できることが確認された。

以上の結果から、セミホット混合物はⅢ交通以下の軽交通の農道への適用が十分可能であり、またCO₂排出量の削減による環境負荷軽減および施工コストの縮減についても寄与することができ、その有効性が高いことが確認できた。

今後は、今回の供用性についての検証データは施工2年後までのデータであるため、さらに供用性の追跡調査を行い、セミホット混合物の長期供用性について検討する予定である。

参考文献

- 1) 農林水産省構造改善局, 1998, 土地改良事業計画設計基

- 準・設計「農道」基準書・技術書。
- 2) FINNISH PAVEMENT TECHNOLOGY ADVISORY COUNCIL, 1995. FINNISH ASPHALT SPECIFICATIONS.
 - 3) 江向俊文・加納孝志, 2002. 環境に配慮した新しい常温アスファルト混合物の開発について, 土木学会第 57 回年次学術講演会概要集第 V 部門, 797-798.
 - 4) 江向俊文・牧 恒雄, 2002. セミホット型アスファルト混合物について, 農業土木学会第 12 回農村道路研究部会研究発表会要旨集, 20-23.
 - 5) (独)国立環境研究所地球環境研究センター, 2002. 産業連関表による環境負荷原単位データブック.
 - 6) 建設物価調査会, 2002. 土木工事積算基準マニュアル.
 - 7) (財)道路保全技術センター, 1996. FWD 運用マニュアル(案).

Study on Application to Farm Road of Semi-hot Asphalt Mixture

By

Toshifumi EMUKAI*, Yasushi TAKEUCHI**, Masashi KOYANAGAWA**
and Tsuneo MAKI**

(Received May 24, 2004/Accepted September 17, 2004)

Summary : In this study, an experiment to manufacture semi-hot asphalt mixture in the plant and test construction on the road were conducted, workability and performance were investigated. In order to examine the applicability to farm roads, the performance of hot asphalt mixture and semi-hot asphalt mixture was compared. The result shows that semi-hot asphalt has performance equivalent to hot asphalt mixture when the application is limited to road I ~ III traffic farm road, and it is effective in environmental burden reduction and cost curtailment.

Key words : Semi-hot asphalt mixture, Farm road, Energy conservation, CO₂ emissions,
Cost curtailment.

* Department of Agricultural Engineering, Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture

** Department of Bioproduction and Environment Engineering, Faculty of Regional Environment Science,
Tokyo University of Agriculture