

供用温度下における再生アスファルトの「なじみ」の検証

日大生産工（院）○富田 凌平 日大生産工 加納 陽輔
土木研究所 新田 弘之 土木研究所 川島 陽子

1. はじめに

近年、アスファルト混合物出荷量の約 75%を再生アスファルト混合物（以下、再生混合物）が占め、舗装発生材の 6 割がアスファルト混合物再生骨材として循環利用されている。再生混合物の配合は、再生骨材が含有する旧アスファルトの性状を再生用添加剤（以下、添加剤）および新規アスファルトで補うよう設計され、これらが均一に混合されることを前提に製造されている。アスファルト合材工場では再生骨材、新規骨材、新規アスファルト、添加剤を加熱混合することで再生混合物が製造されるが、練り混ぜ時間は 1 分前後の場合が多い。この間に全ての材料が均一に混合されるかに関しては、検討例¹⁾が見られるものの明確にはなっていない。さらに混合が不均一な場合には、配合設計時と異なる性状となり、舗装の損傷につながる可能性も考えられる。一方、アスファルトは粘弾性物質であり、载荷時間が長い場合は液体の様な挙動を示すことから、製造時に均一でない場合においても供用中に混ざり合って性状が均一になる可能性も考えられる。これについても検討例²⁾が見られるが、供用温度との関係や再生用添加剤の種類の影響などの詳細は明らかになっていない。

本研究では、供用温度下において、旧アスファルトおよび添加剤を混合したアスファルト（以下、再生アスファルト）と、新規アスファルトの性状が徐々に均一になる「なじみ」の確認を目的とし、また養生温度や養生期間、再生用添加剤の種類による影響について検討した。

2. 本研究の概要

(1) 供試体

素材には、ストレートアスファルト 60/80（以下、新規アスファルト）と、同アスファルトを TFOT 法、PAV 法を併用して促進劣化させたアスファルト（以下、劣化アスファルト）を使用した。

表-1 アスファルトの基本性状

| 項目 | 劣化アスファルト | 新規アスファルト | 再生アスファルトA | 再生アスファルトB |
|------------------------|----------|----------|-----------|-----------|
| 密度(g/cm ³) | 1.047 | 1.039 | 1.033 | 1.022 |
| 針入度(1/10mm) | 15 | 70 | 70 | 70 |
| 軟化点(℃) | 71.5 | 46.5 | — | — |
| 伸び(cm) | 2 | 100+ | — | — |

表-2 添加剤の性状

| 種類 | 密度(g/cm ³) | 構成成分比率(%) | | | | 最適添加剤量(%) |
|------|------------------------|-----------|------|------|------|-----------|
| | | アスファルテン分 | レジン分 | 芳香族分 | 飽和分 | |
| 添加剤A | 0.976 | 0.4 | 3.3 | 92.1 | 4.2 | 25.0 |
| 添加剤B | 0.909 | 1.4 | 5.6 | 34.7 | 58.3 | 21.8 |

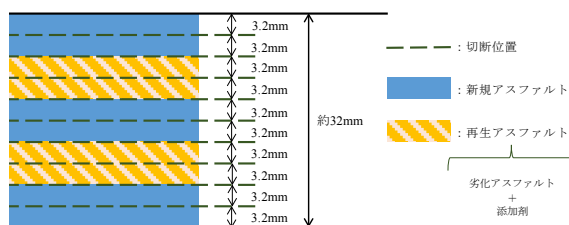


図-1 供試体および養生後の試料切断位置

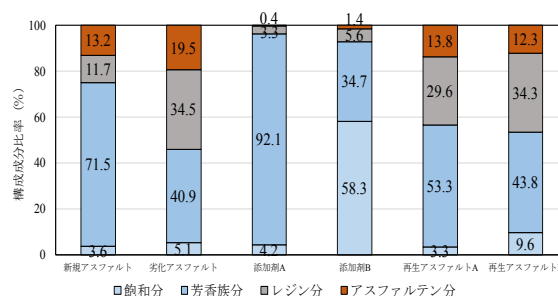


図-2 使用したアスファルト、添加剤の組成割合

これらのアスファルトの基本性状を表-1 に示す。劣化アスファルトに混合した添加剤は、芳香族分が多い添加剤 A と飽和分が多い添加剤 B の 2 種類を使用した。それぞれ設計針入度を 70 として最適添加剤量を求めた。表-2 に各添加剤の構成成分比率と最適添加剤量を示す。

供試体は、ベンディングビームレオメータ試験（以下、BBR、舗装調査・試験法便覧 A060³⁾）の

Study on Integration of Recycled Asphalt and Virgin Asphalt under Service Temperature

Ryohei TOMITA, Yousuke KANOU, Hiroyuki NITTA and Yoko KAWASHIMA

型枠を用いて、アスファルトを直方体に整形した試験片から作製した。BBR 試験片は、添加剤 A と劣化アスファルトを混合したアスファルト（以下、再生アスファルト A）、添加剤 B と劣化アスファルトを混合したアスファルト（以下、再生アスファルト B）、新規アスファルトの 3 種類を作製した。この BBR 試験片は図-1 に示すように、上から新規アスファルト、再生アスファルトの順で交互に 5 段に重ねて供試体を作製し、再生アスファルト A、B を用いて作製したものをそれぞれ供試体 A、B とした。また、新規アスファルト、劣化アスファルト、再生アスファルト A、B、添加剤の構成成分比率を参考として図-2 に示す。

(2) 実験手順

実験手順を図-3 に示す。本研究では、供試体 A、B を、想定した供用温度条件で一定期間、恒温槽にて養生し、その後、深さ方向に区別した成分分布の変化からなじみの進行を確認した。

供試体 A、B の養生温度は 20℃、40℃、60℃、養生期間を 1 日、7 日、28 日の計 9 条件で養生を行った。養生後は速やかに冷却し、図-1 の通り上端から 3.2mm ごとに 10 層に分けて試料を採取した。

採取した試料から、TLC/FID 法⁴⁾による組成分析を行い、各層での構成成分比率とその変化を比較し、なじみの評価を行った。

3. 結果および考察

(1) 養生期間の違いによる比較

供試体 A において、養生温度 60℃で養生期間 1 日、7 日、28 日後の組成、および養生前の供試体の組成比を 0 日として比較したものを図-4 に示す。養生期間 1 日、7 日の供試体は深さ 16mm より上部で芳香族分の減少、レジン分の増加が見られることから、新規アスファルトに比べて密度がわずかに小さい再生アスファルト A は上部に移動し、新規アスファルトは下部に移動していると考えられた。養生期間 28 日においては、全体的に組成比のバラつきが小さいことから 7 日目の供試体よりも均一になじんでいると考えられた。

同様の条件で養生した供試体 B の組成比を図-5 に示す。養生期間 1 日の供試体は深さ 22.4mm より上部に飽和分およびレジン分が増加している傾向が確認できた。また上部、下部で組成比の差異が大きいことから、なじみは確認出来なかった。養生期間 7 日では深さ 3.2mm、6.4mm の位置で、

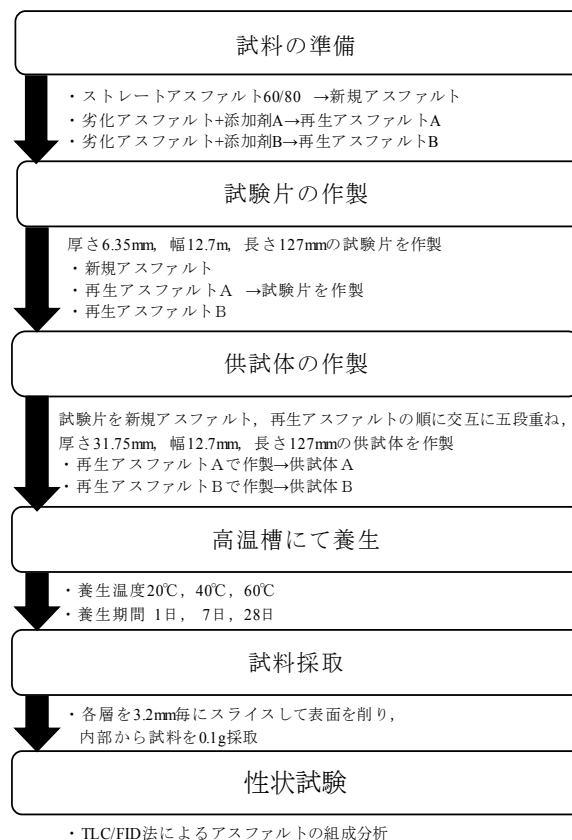


図-3 実験手順

1 日養生の供試体よりも更に飽和分の増加が見られた。また、上部と比較し、下部では芳香族分は増加し、レジン分は減少していることから再生アスファルトが上部、新規アスファルトが下部に移動していると考えられた。養生期間 28 日の供試体の飽和分は、7 日目同様、上部に留まっており、動きは見られなかったが、芳香族分は上部でもわずかに増加した。これにより各地点での芳香族分、レジン分、アスファルテン分の組成の差は小さいことから、飽和分以外はある程度なじんでいると考えられた。

以上の結果から、供試体 A、B は共に養生期間 1 日の時点で、再生アスファルトを設置した箇所より高い場所に添加剤の成分が移動し、そこから徐々に下部の新規アスファルトの層となじんでいると考えられる。しかし、供試体 B は供試体 A と比較し、28 日経過しても飽和分は上層部に残存していた。これらのことから、養生期間が長い程、新規アスファルトと再生アスファルトは全体的に均一になるよう成分がなじむことが確認できた。新規アスファルトとの密度差が大きい再生アスフ

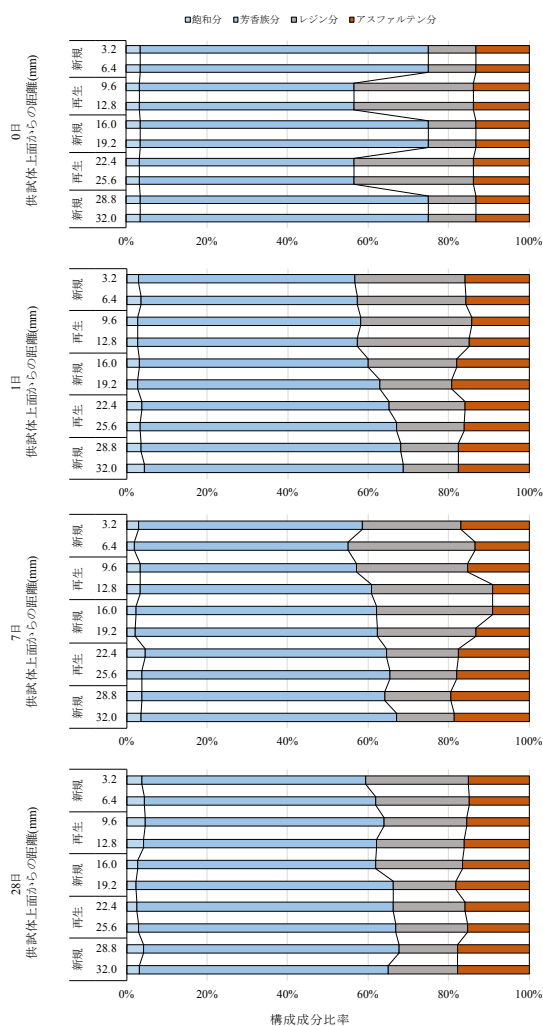


図-4 60℃の養生日数による構成成分比率の変化（供試体 A）

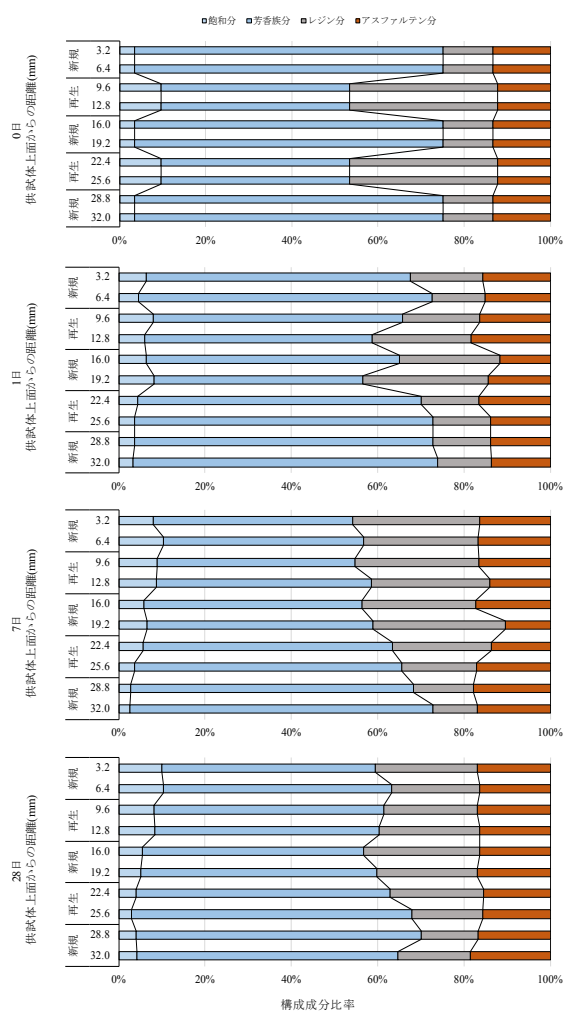


図-5 60℃の養生日数による構成成分比率の変化（供試体 B）

ァルト B は飽和分が上部に移動した後、下部となじむ様子はなかった。

(2) 温度の違いによる比較

養生期間 28 日の供試体 A を 20℃、40℃、60℃で養生した際の組成を図-6 に示す。20℃の供試体と比較して 40℃の供試体では、わずかに各深さにおける構成成分比率のバラつきが小さくなった。また、60℃の供試体においては、各組成比を結んだ区分線がなだらかになったことから、40℃よりもなじんでいることが確認できた。したがって、60℃の供試体では、新規アスファルトと再生アスファルトが供試体の上部から下部まで均一になじんでいると考えられる。同様の条件で養生した供試体 B の組成比を図-7 に示す。20℃において供試体内のアスファルトは大きく移動した様子は無く、各深さでの組成比のバラつきも大きい。40℃に

おいては、供試体の深さ 22.4mm から上部で飽和分、レジン分が増加し、芳香族分は減少する傾向が確認できた。60℃において飽和分の増減は 40℃の際と大差ないが、芳香族分とレジン分は各深さでの組成比の差が小さくなっていることから、飽和分以外の成分は上部と下部で徐々になじんでいると考えられた。

以上の結果から、高温下ではアスファルトの流動性が高まるため、それに伴い、供試体内部の新規アスファルトと再生アスファルトの組成比の差は小さくなり、全体的になじんでいることを確認した。このアスファルトの成分の移動は、重力、及び密度差によるものと考えられた。また、供試体 A と供試体 B を比較すると、60℃における飽和分の増減に大きな差異が見受けられた。つまり、新規アスファルトと再生アスファルトは、密度差が大きい程、なじみにくいと考えられた。

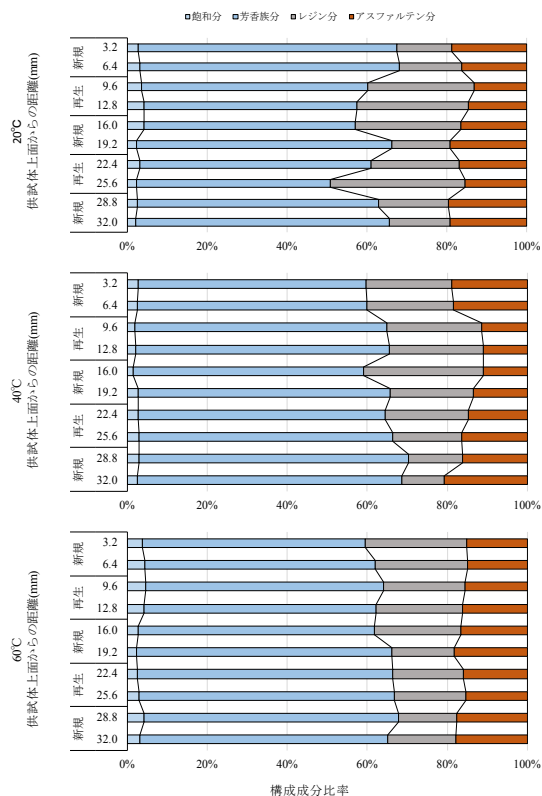


図-6 28日の養生温度による構成成分比率の変化（供試体 A）

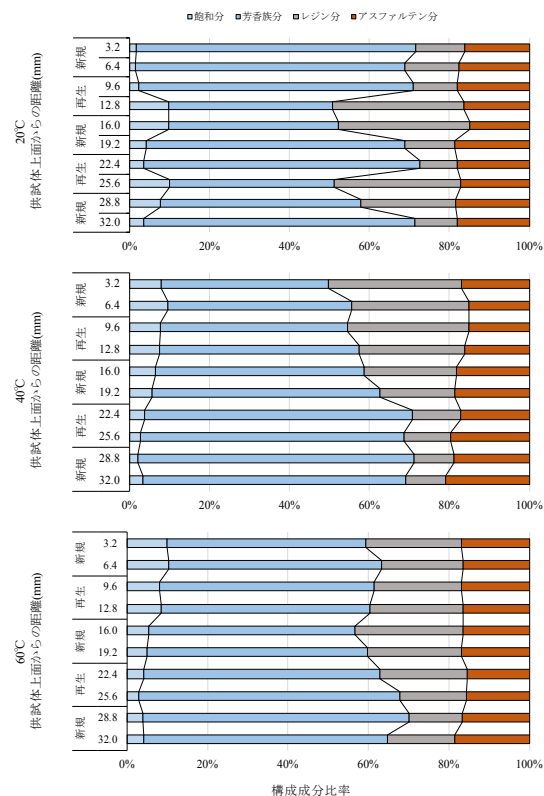


図-7 28日の養生温度による構成成分比率の変化（供試体 B）

4. 結論

本研究では、新規アスファルトと再生アスファルトを重ねて養生した後、深さ方向におけるなじみを検証するため、アスファルトバインダの化学性状試験を行った。その結果、以下の結論を得た。

- (1) 新規アスファルトと再生アスファルトは、養生温度が高くなる程なじみやすくなると考えられた。
- (2) 再生アスファルト A は、新規アスファルトと密度差が小さいので均一になじみやすい。一方、再生アスファルト B と新規アスファルトは密度差が大きいため、なじみにくいと考えられた。
- (3) 供試体 B は、時間の経過とともに軽質な飽和分のみが上部に移動して留まり、その他の成分は徐々に下部になじむ挙動を確認できた。

以上のことから、アスファルトバインダのみの場合、新規アスファルトと再生アスファルトは、養生温度と養生期間、つまり舗設後の条件次第でなじみやすさが大きく変わることが示唆された。また、アスファルトの移動及びなじみという現象

は密度による影響が大きい可能性が示唆された。今回の実験では、養生期間が最長で 28 日間であったが、実際の舗装では年単位で供用されていることから、長期間の養生をした供試体で検証する必要がある。また、本実験ではアスファルトバインダのみでの検討であったため、今後は実際の再生混合物における、なじみの検討をしていく必要がある。

「参考文献」

- 1) 新田弘之、吉田武、寺田剛：改質アスファルト再生骨材を使った再生混合物の性状，土木技術資料，Vol.43, No.6, pp.24-29, 2001.
- 2) S. H. Carpenter and J. R. Wolosick, Modifier Influence in the Characterization of Hot-Mix Recycled Material, pp.15-22, Transportation Research Record 777, 1980.
- 3) 日本道路協会：舗装調査・試験便覧第 2 分冊，pp.266-273, 2016.
- 4) 石油学会：TLC/FID 法によるアスファルト組成分析試験方法，公益社団法人石油学会，JPI-5S-70-10,2010.