

IV-7-1 アスファルトの品質規格及び再生利用に関する調査(1)

研究予算: 運営費交付金(道路整備勘定)

研究期間: 平13～平17

担当チーム: 新材料チーム

研究担当者: 西崎 到、佐々木 徹、新田 弘之

【要旨】

交通量の多い道路ではアスファルト舗装のわだち割れが課題となっているが、この主な原因の一つにアスファルトの劣化があげられる。現在の舗装用アスファルトの品質基準は供用中の劣化を考慮していないため、初期には品質規定値を満足しているものの供用後短期間に劣化してしまうものがあると考えられる。本調査では、供用後の性状を考慮したストレートアスファルトの評価試験方法や品質基準作成のための検討、およびアスファルト劣化を抑制する耐久性向上に関する検討を行った。また、排水性舗装が広く用いられるようになっており、今後その舗装発生材の急激な増加が予想されることから、その発生材の再利用技術に関する検討を行い、配合設計手順や品質管理法を提案した。

その結果、国内のストレートアスファルトの性状調査から、現行の未劣化段階での品質規定でなく、促進劣化試験を導入したアスファルトの性能区分を導入すべきであることが確かめられた。紫外線によるアスファルトの劣化がひび割れや骨材飛散に影響を及ぼすことを確かめるとともに、遮光材であるカーボンブラックの添加が耐久性向上策として有効であることがわかった。また、供用中及び再生利用時のアスファルトの劣化を、赤外吸光分析により簡便に測定する方法を提案するとともに、再生骨材の品質変動の状況を示した。排水性舗装発生材の再生利用については、バインダ抽出を行わない配合設計では供用温度を考慮した混合物試験が必要であることを明らかにした。

キーワード: アスファルト舗装, 品質規格, 劣化, 促進試験, 改質アスファルト, 再生利用

1. はじめに

現行の舗装用アスファルトの品質規格は、1978年の規格改定以後、そのあり方について体系的に検討されたことはなく、規格項目や規格値の見直しは四半世紀以上なされていらない。近年のアスファルト舗装を取り巻く状況は変化しつつある。舗装ストック増大にともないコスト削減の必要性が高まっていることから、供用寿命をできるだけ長くのばすことが求められている。また環境問題への適切な対応が必要となっており、持続可能な再生利用による循環システム確立が求められている。このような状況変化に対応して規格改定の必要性が高まりつつある。

交通量の多い直轄幹線道路のアスファルト舗装ではいわゆるわだち割れによる破損が問題となっているが、アスファルトの劣化がその一要因として考えられている。現在、舗装用アスファルトの品質規格は初期性状に関するものがほとんどであり、供用中の劣化が考慮されていない。このため、初期性状は品質基準を満足しているが供用後短期間に劣化してしまうものがあると考えられる。今後、維持管理比率の増大が予想されることから、供用中の劣化を考慮した舗装用アスファルトに対す

る評価試験方法や品質指標が必要である。

排水性舗装が一般に用いられるようになって10年以上が経過し、今後、その舗装発生材の増加が予想される。しかし、排水性舗装には特殊なバインダや特殊な骨材配合が用いられていることから、その舗装発生材のリサイクル方法は確立していないのが現状である。現在99%がリサイクルされているアスファルト塊のリサイクル率を低下させないためにも、排水性舗装発生材のリサイクル技術の確立が急務となっている。

上記のような観点から、本調査では、供用中の性状を考慮したストレートアスファルトの品質基準を作成するための検討を行った。あわせて、喫緊の課題である排水性舗装発生材の再利用技術について、適用限界や品質管理法を検討し配合設計手順等を提案した。

2. 供用中の劣化を考慮したアスファルトの品質規格

2.1 供用中の劣化因子と材料の品質規定

現行の舗装用アスファルトの品質規定は、製造管理のための指標を主目的として策定されたこともあり、供用前(未劣化段階)での品質を規定する項目がほとんどである。これは、アスファルトが実際に受ける履歴と対

照すると、製油所での製造出荷から合材プラントでのミキサ内への噴射までの期間に相当する。本課題では、施工・供用中の劣化を考慮した品質規格を提案するために、施工・供用中にアスファルトがうける劣化条件と、それによる劣化性状を検討することとした。

材料劣化からみたアスファルトの劣化因子には、熱、酸化、光、水、繰返し変形等があげられる。

精製、混合物製造、舗装施工時における供用前までのアスファルト劣化の主要な劣化因子は施工時の熱及びこれによる酸化である。酸化は、供用中の主要な劣化因子とも考えられる。これらの因子については従来から比較的多くの検討がなされてきた。供用中の劣化を再現するための試験方法は、米国SHRPにおいて検討した加圧劣化試験(PAV)が知られている。本課題では、この方法を使って、国内で使用されているアスファルトの供用中の劣化性状について、品質規格への適用の必要性について検討を行った。

一方、供用中には熱は大きな劣化因子でなく、日光及び風雨にさらされることから、酸化に加えて、紫外線、水が重要な環境劣化因子になると考えられる。加熱による酸化劣化を再現する試験のみで実際の供用劣化を評価できるのか、不明な点が多い。他の高分子材料と比べ、アスファルトは特に紫外線で劣化しやすいことが知られているが、舗装は絶えず日光にさらされる環境におかれるにもかかわらず、環境劣化因子としての紫外線と舗装供用性に関する研究事例は少なく、これまで全く考慮されていないといえる。そこで、本調査では紫外線によるアスファルトの劣化性状についても検討を行った。

2. 2 熱・酸化によるアスファルトの劣化性状の検討

2. 2. 1 試験概要

アスファルトが骨材の接着剤としてその本来の性能を発揮するのは、舗装供用開始時点から撤去及び再生利用までの供用期間である。その間にアスファルトは劣化し、材料としての性能は変化する。供用中の劣化を踏まえたアスファルトの品質規格に改訂するための資料とすべく、施工時(加熱)及び長期供用(酸化)を再現した促進劣化後の性状に関する試験を行った。

国内に流通しているアスファルトを耐劣化性能の点からその優劣を把握するために、全国各地のアスファルト混合所で採取したストレートアスファルトについて、促進劣化による性状変化の差異に着目したアスファルトの試験を行った。

2. 2. 2 試験材料及び測定方法

北海道、東北、北陸、関東、中部、関西、中国・四国、九州の地域から各2箇所のプラントを選定し、アスファルト混合物に実際に使用されるストレートアスファルトの混合物製造前(未劣化)の試料を採取した。アスファルト試料は、「舗装試験法便覧」及び同別冊に規定される試験方法により、未劣化状態の原アスファルト、舗装供用初期の性能である薄膜加熱劣化(TFO)試験、および5～10年供用後の性状を再現するとされる加圧劣化容器(PAV)試験後の3段階で、それぞれ針入度と軟化点を測定した。

2. 2. 3 試験結果

現行の品質規定の指標項目である原アスファルトの物性に対応させた、各劣化段階におけるアスファルトの針入度及び軟化点の結果を図-1、2に示す。劣化段階が進むと、高針入度の材料が低針入度に劣化する

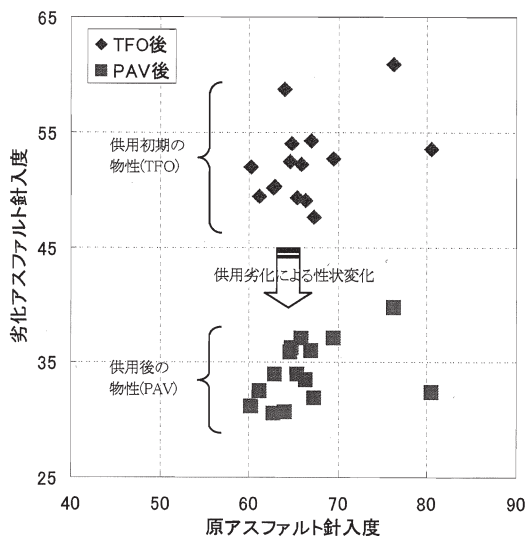


図-1 劣化に伴う針入度の変化

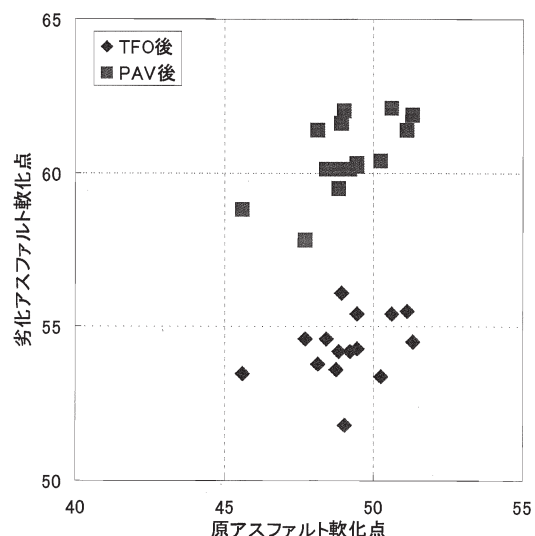


図-2 劣化に伴う軟化点の変化

場合がある一方で、初期から低針入度ではあるが劣化しにくい材料もあるなど、原アスファルトの性状値及びその序列は、劣化後には有意ではないことが判った。上述したように、舗装供用時点でのアスファルトの性能はTFOからPAVの間の物性により発揮されることを念頭におくと、原アスファルトの性状に基づく現行の品質区分が供用中の性能を規定するものではないことが、この結果から確認できた。

原油系が一定している日本国内のアスファルトは、初期性状を規定すれば劣化後の品質も包含しているのではないかとの意見もあるが、今回の試験結果から、国内のアスファルトでも促進劣化試験を経た品質規定が必要であるものと結論できる。

2.3 紫外線劣化によるアスファルト性状変化の検討

2.3.1 概要

2.1 で述べた通り、アスファルトは紫外線により劣化しやすい材料である。紫外線によるアスファルト被膜の劣化は、表面から深くなるほどその程度が小さくなり、影響が及ぶ範囲は $500\ \mu\text{m}$ 程度と報告¹⁾²⁾されている。アスファルトの劣化挙動を定量的に把握するためには、実際の舗装混合物における被膜厚に対応した厚さまで試料を薄くすることが必要である。本調査では、紫外線に関わるアスファルトバインダの促進劣化試験法として、フッ素樹脂 (PTFE) シートと熱プレスを用いた“プレス成膜試料による UV 劣化試験”を考案³⁾した。この手法を用いて、実験室における紫外線照射による促進劣化試験、ならびに屋外暴露試験により、紫外線によるアスファルトの劣化に関する検討を行った。

2.3.2 試験方法

1) 試験材料及び測定方法

試験材料には、表-1に示すストレートアスファルトを用いた。所定の膜厚となる重量の薄膜加熱試験後のアスファルト試料を、室内試験用には2枚の PTFE シート間に、屋外暴露試験体ではステンレス板と PTFE シートの間に挟み込み、 60°C 程度でプレスすることにより薄膜に成形した後、PTFE シートの片面を剥がしたものを供試体とした。膜厚は $100\ \mu\text{m}$ を標準とした。この方法では成形時の熱劣化を受けることなく、簡単迅速に均一な膜厚の薄膜供試体が得られる。劣化試験後の試料はダイナミックシェアレオメータ (DSR) で粘弾性を、カラムクロマトグラフ法でアスファルト組成を評価した。

2) 促進劣化試験

供試体を水平に設置できる紫外線照射試験機 (アトラス XF180CPS) を用い、放射照度 $77.8\text{W}/\text{m}^2$ (波長範囲

表-1 試験材料の性状

		StAs80/100
密度 at 15°C	g/cm^3	1.033
針入度 at 25°C	1/10mm	90
軟化点	$^\circ\text{C}$	46.0
引火点	$^\circ\text{C}$	348
粘度 at 135°C	$\text{mPa}\cdot\text{s}$	365

$300\sim 400\text{nm}$) で供試体に紫外線を照射した。紫外線照射時のブラックスタンダード温度は 60°C とした。

3) 屋外暴露試験

茨城県つくば、静岡県朝霧高原、沖縄県北部の3地区に整備されている土木研究所の材料暴露試験場に供試体を設置した。各施設においては、紫外線量、日射量、ブラックパネル温度、気温、湿度等の環境観測を行った。暴露試験では、ステンレス板上に成形された薄膜供試体にキセノンランプでごく短時間の紫外線照射を行って表面の粘着性を失わせた後、南向き 5° の傾斜に設置して所定期間放置した。

暴露期間は、つくば:50及び140日、朝霧:91日、沖縄:89日で、高分子材料の劣化と密接に関係する紫外線波長範囲 ($300\sim 400\text{nm}$) の積算紫外線量は、それぞれ 14.8 、 42.6 、 44.5 、 $42.9\text{MJ}/\text{m}^2$ であった。

2.3.3 試験結果

1) 紫外線劣化の進行速度

積算紫外線量に対する粘弾性状変化の試験結果を、室内促進試験結果、つくばにおける既往の試験値³⁾とあわせて図-3に示す。積算紫外線量の増加とともに、動的弾性率の値が増大、位相角が減少した。アスファルトは、紫外線により劣化が急速に進行し、粘性的性質を失って硬く脆くなってゆくことがわかった。暴露試験によるこれらの粘弾性変化は、積算紫外線量の少ない時は室内試験結果と良く対応する。本試験の膜厚 $100\ \mu\text{m}$ の屋外暴露試験では、数 $10\text{MJ}/\text{m}^2$ 程度の紫外線量のうちに一定のレベルに漸近するものとみられる。この紫外線量は、屋外での年間紫外線積算照射量が $160\text{MJ}/\text{m}^2$ 前後であることから、数ヶ月間の屋外暴露に相当する。

ストレートアスファルトの劣化の程度は試験場間で大きな差は認められず、収束する値は材料ごとに異なると考えられるものの、その進行度は紫外線量に対して一義的に求まる関係であることがわかった。

以上の結果より、アスファルトの薄膜、すなわち舗装表面の紫外線劣化は積算紫外線量によって評価できることがわかった。

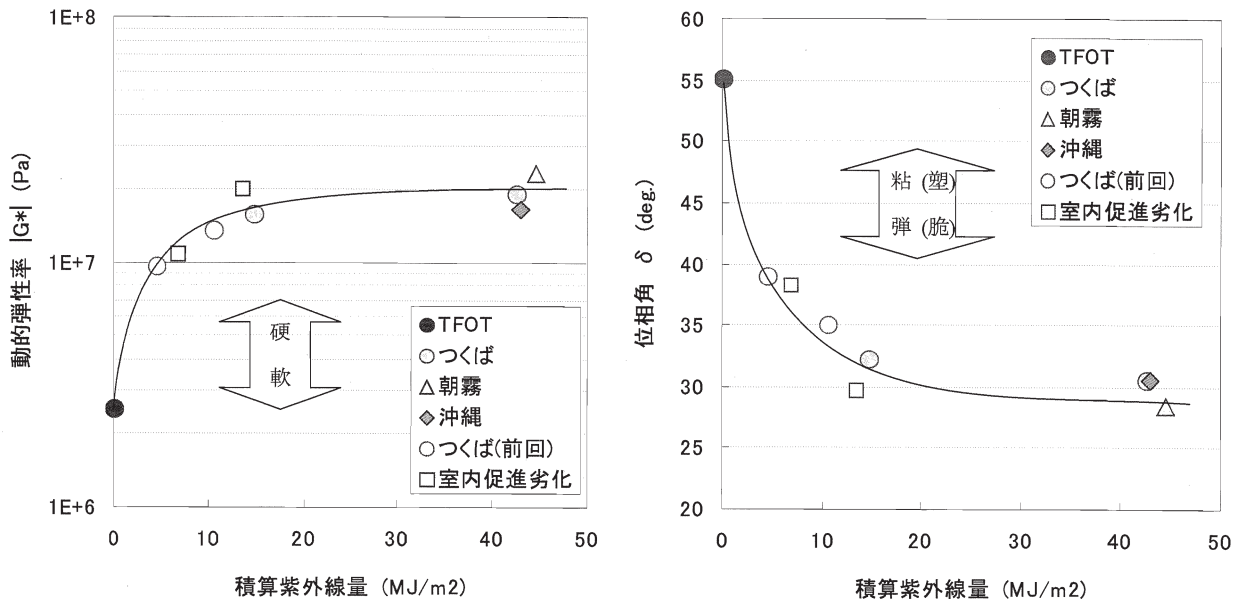


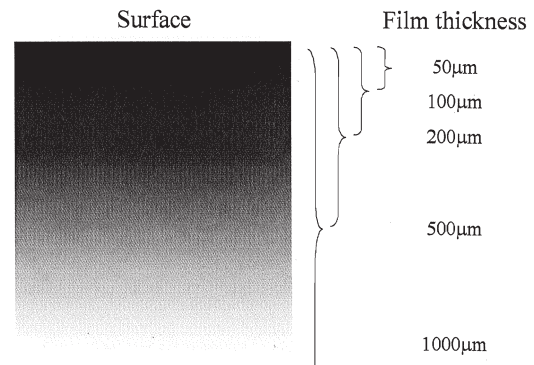
図-3 紫外線量による粘弾性状の変化 (20°C, 10rad/s)

2) アスファルト膜厚と紫外線劣化の影響範囲

紫外線劣化は、図-4に示すように表面ほどその程度は激しいと考えられる。紫外線劣化の影響範囲を調べるため、膜厚を変化させて促進劣化試験を行った結果を図-5に示す。本試験では薄膜試料は性状測定時に混合したため、薄膜全体の劣化平均値を示している。したがって、紫外線劣化の影響範囲は既往の報告¹⁾²⁾にほぼ整合した数100μm程度であることがわかる。

舗装表面が劣化すると表面ひび割れが発生しやすくなる。また、ひび割れの開口部から光が入ることにより紫外線劣化が進行し、さらにひび割れが拡大するという連鎖が考えられる。排水性舗装の場合は、内部まで光が浸透する混合物で、しかも骨材を把握しているモルタル膜厚が50μm程度⁴⁾であることから、表層全体

が紫外線劣化にさらされていることになる。骨材飛散等の発生要因としての紫外線劣化の検討が必要である。



(紫外線による劣化度を色の濃さにより表現した)

図-4 アスファルト薄膜の紫外線劣化と影響範囲の概念図

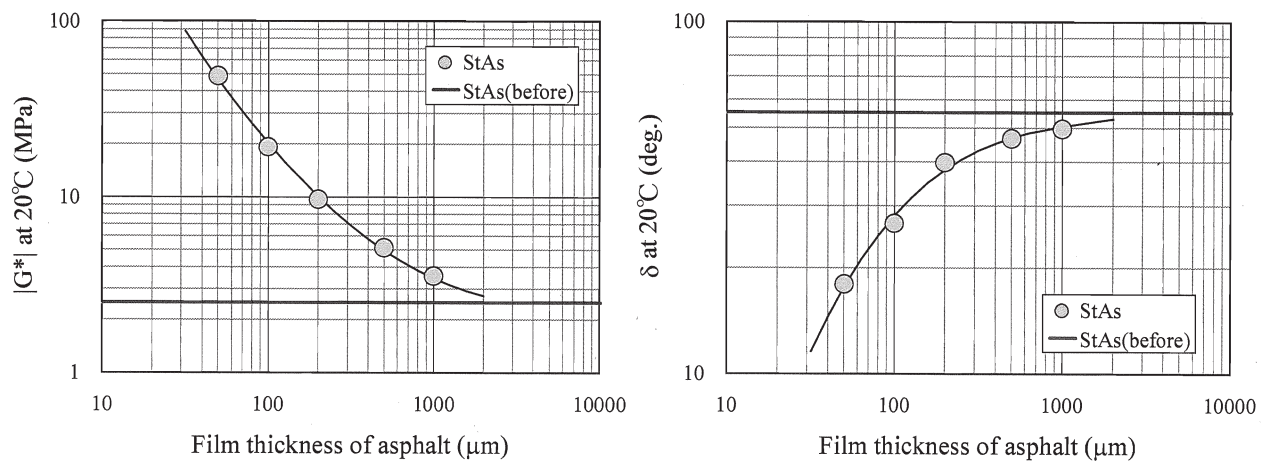


図-5 アスファルトの膜厚からみた紫外線劣化の影響範囲[紫外線の透過領域] (紫外線積算照射量: 13.4MJ/m²)

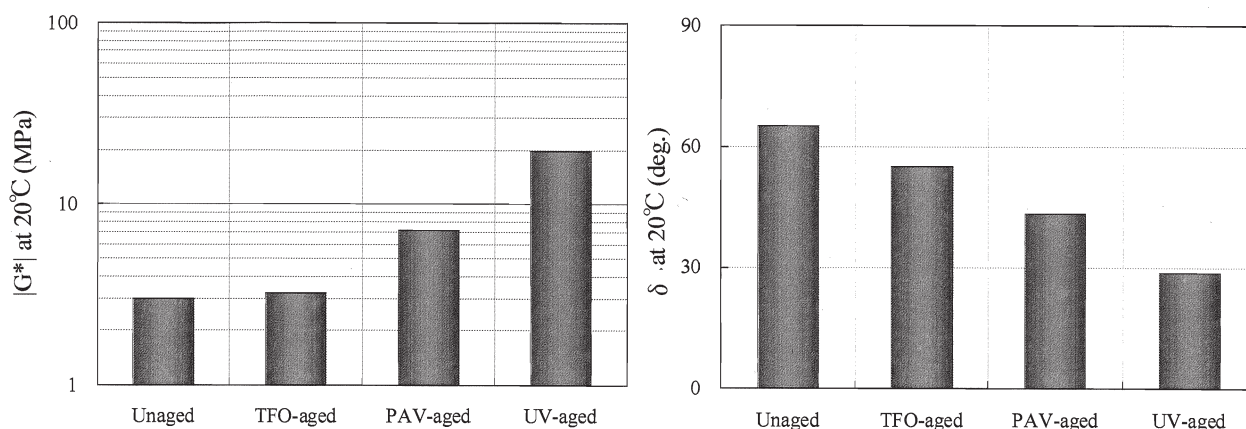


図-6 粘弾性状の変化にみるによるアスファルトの劣化 (UV=紫外線:膜厚100 μ m, 積算照射量:13.4MJ/m²)

3) 紫外線劣化と熱・酸化劣化との比較

図-6に、数ヶ月分に相当する紫外線量を照射したストレートアスファルトの劣化程度を、施工時の熱劣化及び長期供用中の酸化劣化を再現する既存の促進試験(TFOとPAV)と比較して示す。紫外線劣化は、熱や酸化による劣化に比べて、かなり大きく性状変化することがわかった。

図-7にアスファルト組成の変化を示す。粘弾性状と同様に紫外線による劣化度は大きく、飽和分(Saturate)と呼ばれるワックス分の減少が著しいなどの特徴が認められた。

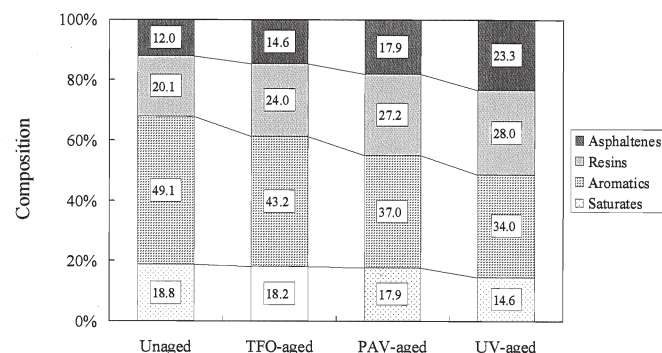


図-7 組成の変化にみるによるアスファルトの劣化

2.4 アスファルトの劣化度簡易評価方法の検討

2.4.1 赤外吸光分析による簡易評価方法の検討

1) 概要

供用中(あるいは供用後)のアスファルト性状の評価は、アスファルト舗装の健全度の把握に役立つと同時に、再生利用時の適用可否等の判断基準となる重要な品質情報でもある。アスファルトの材料劣化を定量的に評価する場合、一般に回収アスファルトの針入度等の物理試験が多く、クロマトグラフによる組成分析により評価されることもある。供用劣化の調査は現場切り取りコアの、再生利用においては再生骨材中の劣化アスファルトを試験することとなるが、これらの評価には溶剤によるアスファルトの回収作業が必要で、この作業には多大

な手間とコストを要する。このため試験頻度を増やすことができず、品質管理を困難にする要因となっている。

アスファルトの劣化度測定方法としては、酸化劣化生成物であるカルボニル基(-COOH)を赤外吸光分析により得られる吸収スペクトルにより定量する分析法の有効性が知られており⁵⁾、材料研究のツールとして試行的に検討されてきた。しかしながら、この方法はゴム入りアスファルト中のSBRの定量試験法で類似の方法が採用されている程度であり、劣化の評価方法としての検討は不十分で手法も確立されていない。そこで本調査では、赤外吸光分析を用いてアスファルトの劣化度を簡便に評価する方法を検討した。

2) 検討方法

10年間供用された新基準調査試験舗装の、ストレ

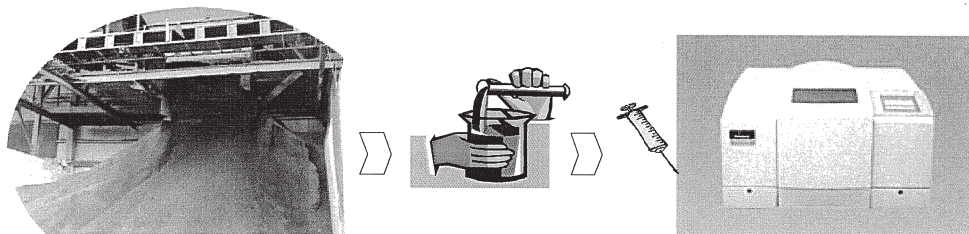


図-8 赤外吸光分析による再生骨材中の劣化アスファルト性状評価の手順

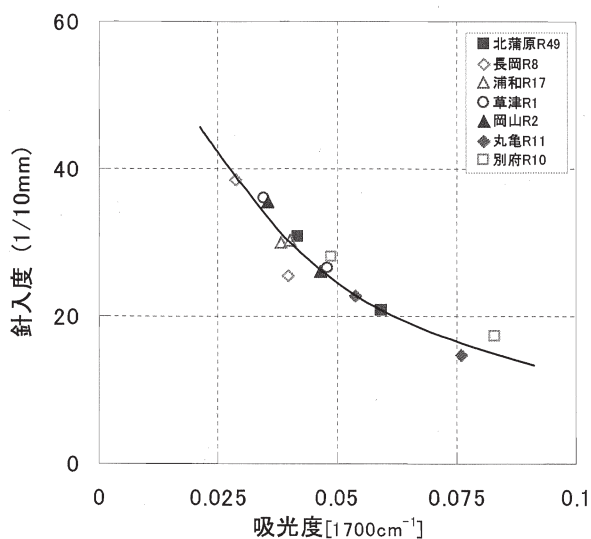


図-9 10年供用後舗装からの回収アスファルトの針入度と赤外吸光度の相関

トアスファルトを使用した密粒度舗装7工区について、わだち部と非走行部から現場切取りコアを採取して、従来の方法によりアスファルトを回収し、針入度、軟化点、伸度等の性状を試験するとともに、赤外吸光度の測定を行った。

赤外吸光分析は、採取した再生骨材等をそのまま有機溶剤(クロロフォルム)に溶解し、フィルタ付注射筒を用いて溶液をフーリエ変換式赤外分光計 (FTIR) に注入して測定した(図-8)。吸光度測定には KBr窓液体セルを用い、カルボニル基の吸収波長である 1700cm^{-1} の吸光度を算出して劣化度の指標とした。使用機器や測定セル、試料濃度や透過率等の補正のために内部参照ピークを利用した比吸光度を指標とする場合もあるが、本報では吸光度で整理した。

3) 検討結果

14試料のアスファルトの赤外吸光度を測定した結果を、実測した針入度との関係として図-9に示す。原アスファルトや舗装供用環境などが試験舗装工区ごとにすべて異なるにもかかわらず、赤外吸光度と針入度には良好な相関関係が見られ、劣化アスファルト針入度を簡便に推定できることがわかった。

吸光計や測定条件ごとに検量線を作成する必要があるものの、試料数が多い場合にはアスファルト回収に比べて非常に簡便に劣化度が測定できる。今後、測定精度が統計的に把握できれば、赤外吸光度による品質の簡易評価は大変有意義であるといえる。

2. 4. 2 赤外吸光分析の再生骨材中のアスファルト評価への適用性検討

1) 検討方法

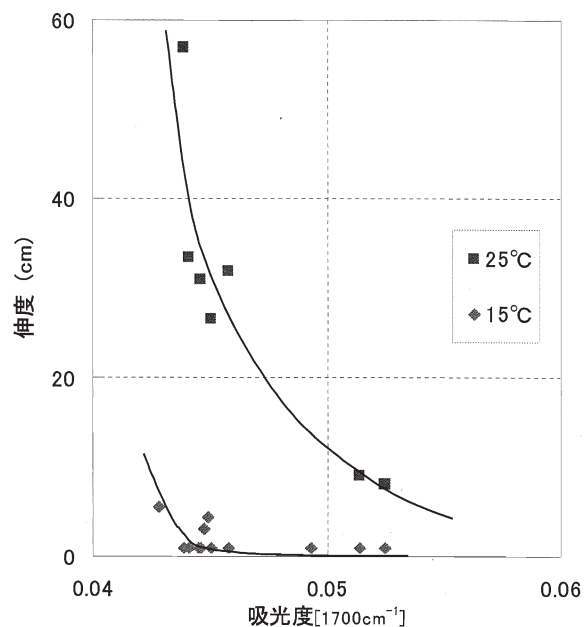


図-10 再生骨材中のアスファルトの伸度と赤外吸光度の関係

赤外吸光分析による劣化アスファルトの針入度評価の適用先として、再生利用における品質管理が挙げられる。そこで、埼玉県内のアスファルト混合所に併設されている再資源化施設で製造された再生骨材 RC13-0 を、合材プラントのベルトコンベア上から、2ヵ月あまりにわたり様々な間隔(1時間毎や数日間隔等)で試料採取した。その再生骨材から溶剤を用いてアスファルトを溶出させ、赤外吸光分析を行った。また一部試料については、アブソン法によりアスファルトを回収して針入度及び軟化点、伸度等の性状試験を行った。

2) 検討結果

a) 赤外吸光度と劣化アスファルト伸度

再生骨材中のアスファルトの伸度と赤外吸光度の関係を図-10に示す。赤外吸光度はアスファルト伸度と関連が強いことがわかる。一般に、舗装用アスファルトの劣化に起因する変化は弾性率等のスティフネスよりも破断伸び等の強度指標に顕著に表れるといわれており、伸度が材料劣化と密接に関係していることが、酸化劣化との相関がより高い理由であると推察される。

b) 再生骨材のアスファルト劣化の状況

再生骨材から溶出させたアスファルトの赤外吸光度から、調査期間中の推定針入度の経時変化を図-11に、1日の変動の例を図-12に示す。再生骨材中のアスファルトの推定針入度は一日の間はかなり変動し、日平均の値も数週間といった間に変化している。その変動幅は10程度あるとみられる。

調査対象期間の図中の100試料の平均推定針入度

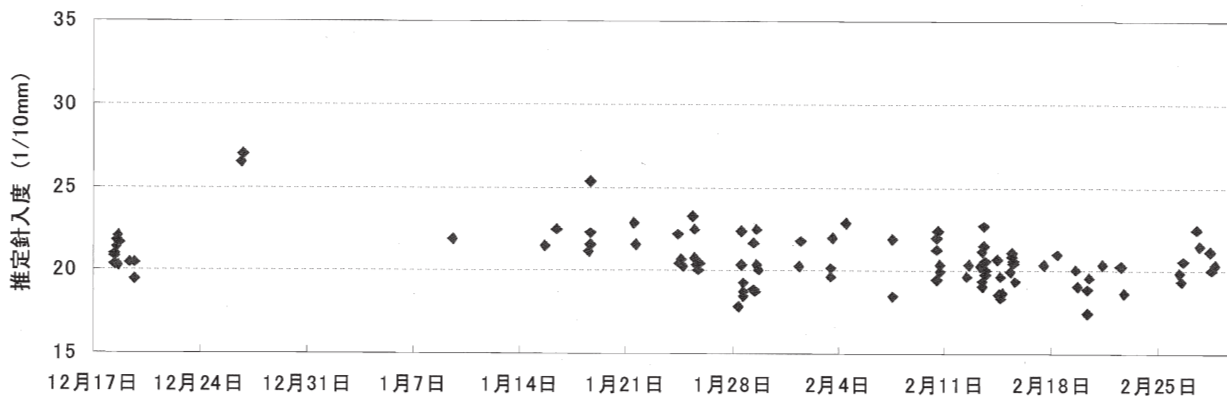


図-11 再生骨材中の劣化アスファルトの推定針入度の経時変化

は20.7、アスファルトを回収して実測した11試料の針入度平均値は21.0であった。

以上の結果から、針入度推定精度の検証は必要であるものの、再生骨材中の針入度は一定の変動幅を有していると結論できる。すなわち、再生骨材中の劣化アスファルトの針入度が管理試験から得られたとしても、その値が当該プラントの代表値であるとは統計的に言い難く、混合物製造時のバッチごと、すなわち舗設後路面での位置によりアスファルトの劣化度がかなり異なっているものと考えられる。同様に、改質アスファルトの混入についても、当該再生骨材に由来する舗装発生材は一様でないことがほとんどであり、針入度と同様にバッチごとの変動があることがわかる。

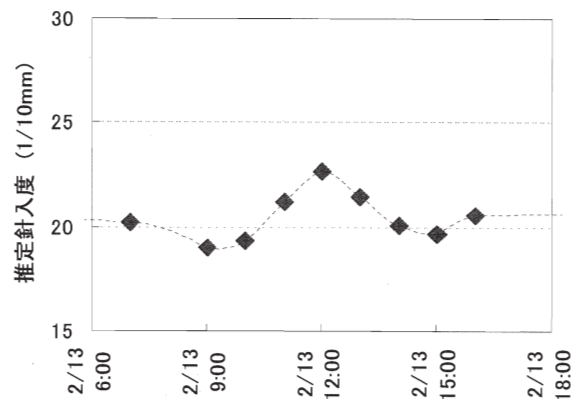


図-12 アスファルト推定針入度の日変動の一例

2.5 供用中の劣化を考慮した品質規格の考え方

本調査の結果に基づく、供用中の劣化を考慮したアスファルトの品質規定の要点は以下の2つである。

1) 供用中の劣化を考慮した促進劣化後の性状への移行

アスファルト舗装が供用中に受ける酸化劣化を再現するための試験方法及び品質基準は、米国SHRPによる加圧劣化容器(PAV)試験を組み合わせた品質規格体系が実用化され、すでに全米で運用されている⁶⁾⁷⁾。日本国内でも、この品質規格に関してさまざまな研究調査が実施され、試験方法については規格⁸⁾⁹⁾も整備されてきているが、材料の品質規格への導入はまだほとんど試みられていない。

その一方で、劣化アスファルトの針入度については、再生利用時のプラントにおける品質管理データや本報でも示した供用劣化調査等の知見が蓄積されつつあり関心は高いと言える。劣化アスファルトの針入度は、供用性評価におけるアスファルト性状の主要な指標になっているが、その適用はほとんどの場合現場切り取りコアや再生骨材が対象である。供用中の酸化劣化を再現

できる促進劣化試験が一般化していないこともあり、原アスファルトが耐劣化性の面から評価されることは皆無である。

本調査の結果、アスファルトの供用中の劣化性状に有意な差があることが明らかとなった。品質規格によりその選択使用を可能とすれば、アスファルト舗装の耐久性向上に与える影響は非常に大きいと期待できる。

2) 表層用ストレートアスファルトへの紫外線劣化指標導入

本研究により、ストレートアスファルトの劣化に与える紫外線の影響が大きいことがわかった。また、熱・酸化劣化とは劣化性状が異なることが明らかとなったため、PAV等の導入を含めて、品質試験方法としての適用性を調査する必要があるものと考えられる。

しかしアスファルト舗装の耐久性の観点から紫外線劣化が研究された例は酸化劣化に比べて非常に少ない。このため、アスファルト材料の紫外線劣化に関する研究を拡充し知見の収集をはかることが必要である。また、紫外線劣化を再現するための促進劣化試験の標準化が必要である。

3. アスファルトの劣化に関する舗装の耐久性向上に関する検討

3.1 紫外線劣化対策のための遮光性材料

アスファルト舗装、特にそのバインダに生じる供用中の劣化は、空気に触れることによる酸化劣化と、日光に曝されることによる紫外線劣化が主な劣化因子である。アスファルト舗装の疲労破壊は、舗装構造の支持力に応じた疲労ひずみの作用レベルを議論することが多いが、供用中の劣化によるバインダの破断伸びと、これに対する耐久性向上も重要である。特にわだち割れは、舗装表面でのアスファルトの劣化により生じるとされており¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾、紫外線照射量が大きく影響することが指摘³⁾されている。前節で述べたように、舗装表面ではアスファルト劣化への紫外線の影響が大きいことから、紫外線劣化に対する耐久性向上の材料技術を検討した。

紫外線劣化に対する耐久性を向上させるためには、素材自体を変質しにくいものに変える方法と日光を遮蔽する方法に大きく分けられる。前者はブローイング等の改質操作が相当する。後者にはトップコートの塗付や添加材の使用がある。工業的に利用されている遮光性材料としてはカーボンブラック(CB)があり、ゴムに混入されタイヤ等に加工されたり電線被覆のポリエチレンに添加されるなど、広い用途で活用されている。

そこで本調査では、紫外線劣化に対する舗装の耐久性向上に関する技術として、遮光性材料であるCBを用いた試験検討を行った。

3.2 紫外線劣化の耐久性向上

3.2.1 検討方法

遮光性材料としてCBを用いた舗装の耐久性を検証するために、土木研究所の舗装走行実験場で試験舗装を行い評価した。

表-2に示す表層混合物を用いた試験舗装を平成15年6月に施工した。市販の改質アスファルトII型を使用した標準工区とともに、アスファルトに対してCBを2.5%添加(合材プラントのミキサ上部から投入)し、それ以外の条件を全て同じとしたCB工区を設けた。

表-2 試験舗装の表層混合物

項目	標準工区	CB工区
粒度	密粒度(13)	密粒度(13)
バインダ	改質II型	改質II型+CB
設計アスファルト量	5.8%	5.8%
実測アスファルト量	5.78%	5.85%
マーシャル安定度 ^{a)}	12.1kN	10.4kN
フロー値(1/100mm)	36	37
空隙率	3.7%	4.5%

^{a)} 突固め回数: 50回

荷重車による載荷試験を3年間にわたり実施し、その間に、縦横断形状、ひび割れ、FWDたわみなどの路面性状調査を行った。85万輪(49kN換算)載荷後には、各工区から切り取りコアを採取した。その表層の一部(表面から15mm厚部分)と別途保管しておいたプラント練り落とし材からバインダを回収し、性状試験した。

3.2.2 試験舗装の結果と考察

ひび割れ率(図-13)は、標準工区では3年目の70万輪載荷前後に発生し拡大の傾向にあるが、CB工区では見られず耐久性が優れていることがわかった。

FWDのD₀たわみ(図-14)は、全体として大きな値を示しているものの両工区のたわみ量、すなわち表層版の曲げひずみはほぼ同じである。また、混合物及び載荷輪の条件は共通しており、表面ひび割れを誘発する舗装表面近傍での応力状態も同じであることから、両工区の疲労ひずみ条件は等しいといえる。

材料劣化の評価、また試験舗装のひび割れの考察を目的として、回収アスファルトの性状を測定した結果を図-15に示す。両区間の供用前後のアスファルト性状をみると、軟化点増加は両工区ともほぼ同様であるが、針入度低下はCB工区のほうが明らかに少なく、バインダの劣化がより少ないことが確かめられた。

粘弾性試験結果(図-16)も針入度と同様の傾向を示し、供用前後の弾性率|G*|の変化は標準工区よりもCB工区の方が小さく、弾性率の値も逆転している。表層版

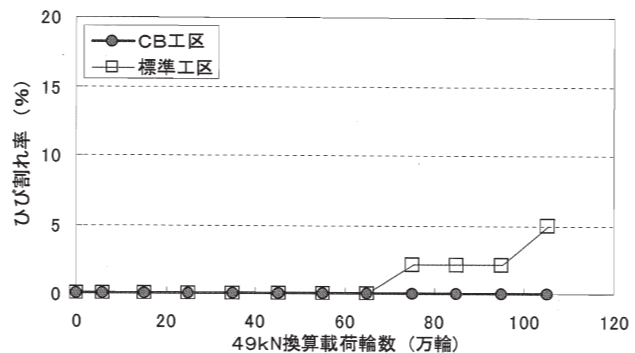


図-13 試験舗装におけるひび割れ率の変化

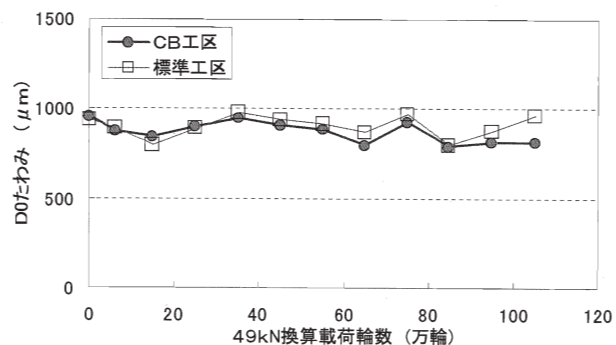


図-14 試験舗装におけるD₀たわみの変化

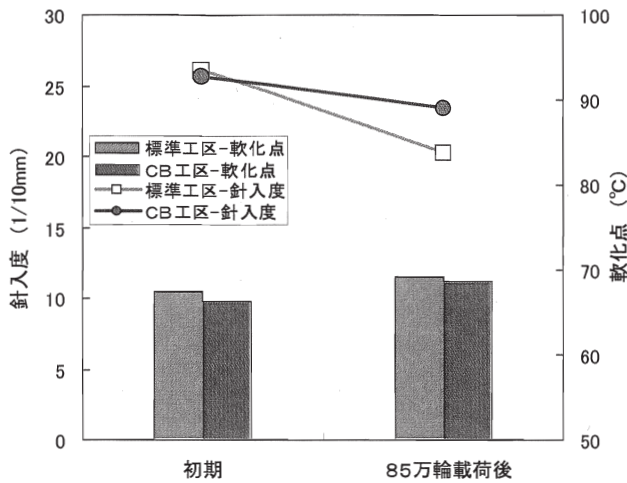


図-15 供用中のアスファルトの劣化

に作用するひずみは上述の通りほぼ同一であるため、弾性率増加は応力の増大を意味し、材料劣化によって疲労載荷条件がより厳しく変化していることがわかる。

以上の結果より、試験舗装において遮光材を添加した工区ではバインダ劣化が抑制され、ひび割れも発生しなかった(遅延された)ことから、密粒度混合物でも紫外線劣化による影響が大きいことがわかった。

3.3 骨材飛散抵抗性の向上に関する検討

3.3.1 検討概要

排水性舗装では、アスファルトバインダの骨材把握力不足から生じる破損形態である、骨材飛散¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾が問題となっている。排水性舗装はポーラスアスファルト混合物を使用し舗装表面から表層内部まで光の影響が及ぶこと、また 2.3.3 2)で述べた膜厚の点から、紫外線劣化が骨材飛散に与える影響が大きく、密粒度混合物に比べ破損要因としての紫外線の影響はより大きい。

本調査では、排水性舗装の骨材飛散をとりあげ、紫外線劣化の影響について評価検討するとともに、遮光材による耐久性向上の評価を行った。

3.3.2 試験方法

1) 実験概要

高粘度改質アスファルトとこれにCBを混入したバインダ、およびこれらを用いたポーラスアスファルト混合物を紫外線劣化させ、バインダの粘弾性変化、ならびに骨材飛散抵抗性の指標であるカンタブロ損失率に及ぼす影響を評価した。

2) 実験材料

アスファルトにSBS(スチレン-ブタジエン-スチレン共重合体)を主体とする熱可塑性エラストマを8%配合した、高粘度改質アスファルトの標準の品質を満足する改質アスファルト(Sample A)を用いた。また、遮光材添

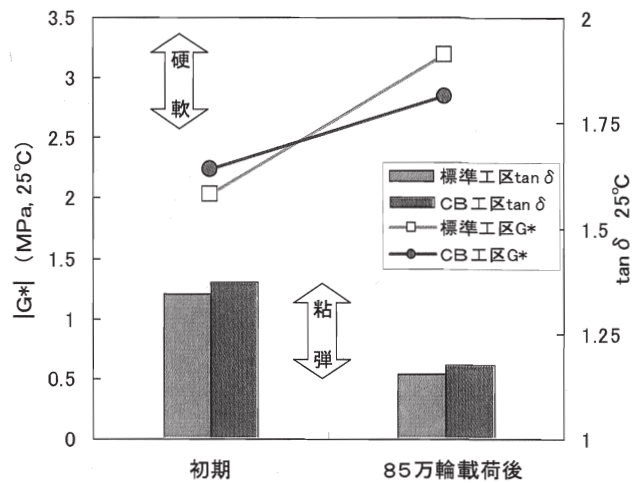


図-16 供用中の劣化によるアスファルトの粘弾性状変化

表-3 バインダの基本的性状

項目	単位	Sample A	Sample B
25°C 針入度	1/10mm	49	53
軟化点	°C	104	98
15°C 伸度	cm	93	66
タフネス	N・m	31	24
テナシティ	N・m	22	16
60°C 粘度	10 ⁴ Pa・s	10+	10+

加試料として、Sample A バインダに対しカーボンブラック2.5%を添加し、それ以外の製造条件を全て同じとした Sample B を試作した。表-3にその性状を示す。

カンタブロ試験には、目標空隙率20%、最大粒径13mm、バインダ量4.6%としたポーラスアスファルト混合物を用いた。同一条件での試験体数は3個とした。

3) 実験方法

紫外線劣化は、キセノンランプを装備した促進劣化試験機(SUNTEST XLS+)を使用し、放射照度 78W/m²(波長 300~400nm)、ブラックパネル温度60°Cで行った。バインダ単体試料はフッ素樹脂版上に100μmにプレス成膜したものを、またカンタブロ供試体はその上下転圧面のそれぞれに紫外線照射した。

バインダ劣化は、DSRで評価した。骨材飛散抵抗性の評価は、0°Cの恒温室内に設置した試験機を用いてカンタブロ試験した。

3.3.3 試験結果

プレス成膜したバインダ単体の紫外線劣化による粘弾性変化を試験したところ、2.3.3 1)と同様に、紫外線照射量の少ない段階、すなわち供用後の比較的早期に大きく劣化した。

骨材飛散抵抗性の試験結果として、紫外線照射前後のカンタブロ損失率を図-17に示す。紫外線劣化により Sample A の損失率は増大したことから、紫外線劣化が骨材飛散の一要因であることが確かめられた。バインダ劣化に比べると性能低下の進行が遅いが、この理由と

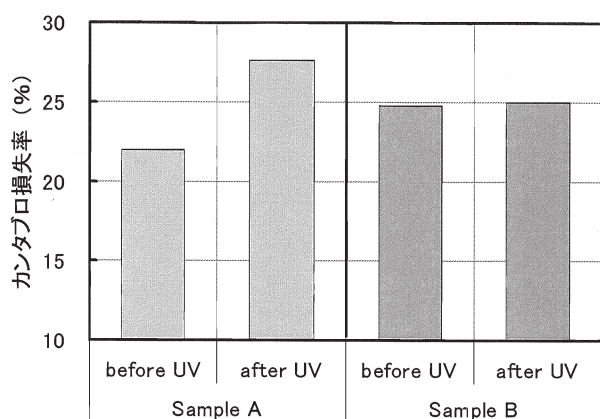


図-17 紫外線照射による0℃カンタプロ損失率変化としては、粗骨材の被膜がモルタルであること、膜厚が一致していないこと、混合物空隙内部での光量減少等による劣化速度の低下が考えられる。

本実験の積算照射量は我が国の平均的な年間紫外線量の概ね 1/6、均等割すると約2ヶ月間の屋外暴露に相当する。これは供用開始から数ヶ月で骨材飛散抵抗性が大きく低下し、さらに進行し得ることを意味している。骨材飛散事例は、舗装供用後短期間¹³⁾、また紫外線が強いと考えられる夏季に多く報告される¹⁴⁾ことあわせ、紫外線は骨材飛散の劣化因子であると言える。

一方、遮光材入りの Sample B は初期のカンタプロ損失率はやや大きいものの、紫外線照射による変化はほとんどないことから、遮光性材料の添加は骨材飛散対策の有効な対策方法の一つであることがわかった。

4. 排水性舗装用改質アスファルトの再生利用手法

4.1 排水性舗装発生材の再生利用

排水性舗装は、平成 8 年の「排水性舗装技術指針(案)」(社)日本道路協会) 発刊以来、施工量が增大しており、これに伴い施工ストックも年々増大している。一部の排水性舗装は、更新の時期を迎えており、今後排水性舗装由来の舗装発生材の増大が見込まれる。舗装の更新にあたっては舗装発生材の再生利用が不可欠であるが、改質アスファルトの抽出回収に課題があることや再生混合時のバインダ性状の回復程度が十分に把握できないことなど¹⁶⁾から、排水性舗装の再生利用については技術が確立していない。平成 16 年刊行の「舗装再生便覧」(社)日本道路協会)においても、排水性舗装の再生については、付録として検討事例が紹介されているだけである。このため、排水性舗装の再生利用技術の早期の確立が求められている。

「舗装再生便覧」にも紹介された事例では、発生材からの旧アスファルトの抽出回収を行わず、主にカンタブ

ロ損失率を指標として配合設計を行う方法が提案されている。配合設計法としては非常に簡便である一方、カンタプロ損失率では表せない混合物性状の程度は不明である。そこで、本検討では、この「舗装再生便覧」付録で紹介された配合設計法で設計した再生ポーラスアスファルト混合物(排水性舗装に用いられるアスファルト混合物)を用いて混合物性状の検討を行った。

4.2 配合設計方法

「舗装再生便覧」で紹介された配合設計方法は、使用する材料(再生用添加剤、再生用高粘度改質アスファルト)により異なる。再生用添加剤を用いる配合設計 A(図-18)では、再生用添加剤の添加量を決定する工程があるが、再生用高粘度アスファルトを用いる配合設計 B(図-19)ではその工程はなく、また最適アスファルト量の決定方法も通常と異なり、カンタプロ試験を用いたものになっている。本研究では、これら2つの方法により再生ポーラスアスファルト混合物を作製した。

本研究で行った配合の概要を表-4に示す。配合設計 A は再生用添加剤を用いて再生骨材の配合割合は 30、50%とした。また配合設計 B は再生用高粘度改質アスファルトを用いて、再生骨材の配合割合は 50%とした。なお、配合設計 C は比較のための新規骨材での配合設計であり、再生骨材の配合割合 0%と表示した。

1) 使用材料

再生骨材は、新潟県内の一般国道で8年間供用した排水性舗装の切削材から調整した。13~5mm の粒径に調整した後の再生骨材の一般性状を表-5に示す。

再生骨材から回収したアスファルトの性状を表-6に示す。針入度は 20 以下に低下しており、また軟化点も新規の高粘度改質アスファルトと比べて低下している。また、新規アスファルトとして使用した高粘度改質アスファルトの性状を表-7に示す。このアスファルトは、切削材に含まれる高粘度改質アスファルトと同じ製造メーカーのもので、寒冷地用に低温性状の改善が図られたものである。さらに、再生に使用した再生用添加剤と再生用改質アスファルトには表-8に示すものを用いた。

2) 試験方法

実施した試験の方法を表-9に示す。ここで、トラバース走行ホイールトラッキング試験は、ホイールトラッキング試験の条件に加え、タイヤの走行位置を左右に少しずつ変えながら走行させ、その振り幅をトラバース幅、横方向の移動速度をトラバース速度とした。また、据え切り試験は、供試体上でタイヤを円形に走行させ、骨材の移動による沈下量を計測した。

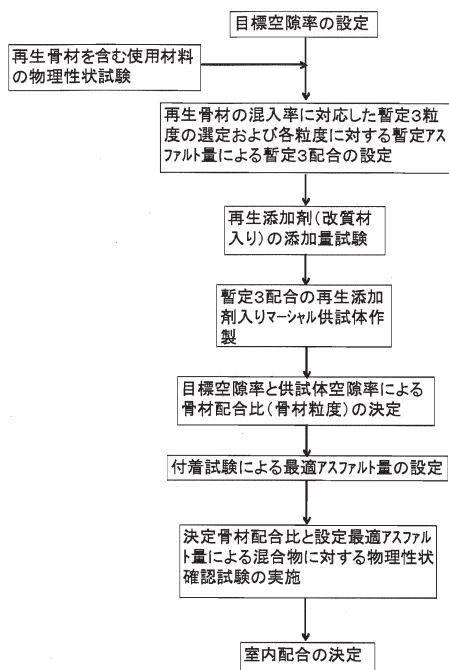


図-18 配合設計 A の流れ
(舗装再生便覧で紹介された方法を基に作成)

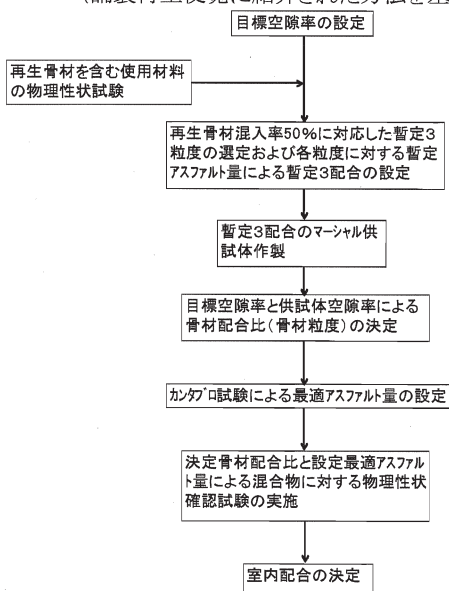


図-19 配合設計 B の流れ
(舗装再生便覧で紹介された方法を基に作成)

表-4 再生混合物および新規混合物の配合設計法の概要

	再生骨材配合率	概要
配合設計 A	30% 50%	再生用添加剤を用いた再生。再生用添加剤の添加量を変えてカンタプロ試験を行い、カンタプロ損失率が 15%以下になるよう添加量を決定。ダレ試験によりアスファルト量を決定。
配合設計 B	50%	再生用改質アスファルトを用いた再生。アスファルト量を変えてカンタプロ試験を行い、カンタプロ損失率の変曲点からアスファルト量を決定(変曲点のアス量+0.2%)。
配合設計 C	0%	新規。(排水性舗装技術指針(案))

表-5 再生骨材の性状

種別項目	抽出前再生骨材 (13-5mm)	抽出後再生骨材 (13-5mm)
通過重量百分率		
13.2	100	100
9.5	79.2	85.4
4.75	7.5	21.4
2.36	—	16.5
0.6	—	13.1
0.3	—	8.9
0.15	—	5.1
0.075	—	3.3

表-6 回収アスファルトの主な性状

針入度 1/10mm	17
軟化点(°C)	66.9
伸度 cm	15°C 47.0 5°C 0.5

表-7 高粘度改質アスファルトの主な性状

針入度 1/10mm	67
軟化点(°C)	94
伸度 cm	15°C 100+ 4°C 70

表-8 使用した再生用材料

試験項目	再生用添加剤	再生用改質アスファルト
針入度(1/10mm)	—	91
軟化点(°C)	—	95.5
密度(g/m ³)	0.951	1.025
60°C粘度 ×10 ⁴ Pa·s	67.5	10+

表-9 実施した主な試験

	試験項目	評価値	試験の概要
混合物試験	カンタプロ試験	カンタプロ損失量	舗装試験法便覧別冊 1-1-2T による。試験温度 20, -20°C
	圧裂試験	圧裂強度 圧裂変位量	舗装試験法便覧 3-7-6 による。試験温度 -10, 0, 5, 10, 15, 20, 60°C
	トラバース走行ホイールトラッキング試験	透水量	ホイールトラッキング試験機を用いて、走行位置を左右にずらしながら、走行速度 42 回/min、走行距離 230mm、トラバース速度 100mm、トラバース幅 250mm
バインダ試験	掘え切り試験	沈下量 10mm に達するまでの走行回数	ホイールトラッキング供試体上において、半径 100mm の円周でタイヤ走行。荷重 686N、走行回転数 10.5 回/min、走行時間 120min、試験温度 60°C
	アスファルトの回収試験	—	舗装試験法便覧 3-9-7 による。
	ダイナミック・シア・レオメータ試験 (DSR 試験)	複素弾性率 位相角など	舗装試験法便覧別冊による。
	伸度試験	伸度	試験法便覧 3-5-3 による。試験温度 4°C

4. 3 配合設計の結果

1) 配合設計 A

a) 再生用添加剤の添加量の決定

配合設計 A では、まず再生用添加剤の添加量を求めるため、添加量を変化させてカンタプロ試験を実施した。再生骨材の配合割合が 30%の時の結果を図-20 に示す。20°Cでカンタプロ試験を実施したところ目標値である 15%には配合割合 0%ですでに下回っており、新材と同程度のカンタプロ損失率になる添加量を求めることができなかった。そこで、新規混合物のカンタプロ損失率を目標値にしたが、新規混合物(配合設計 C)の

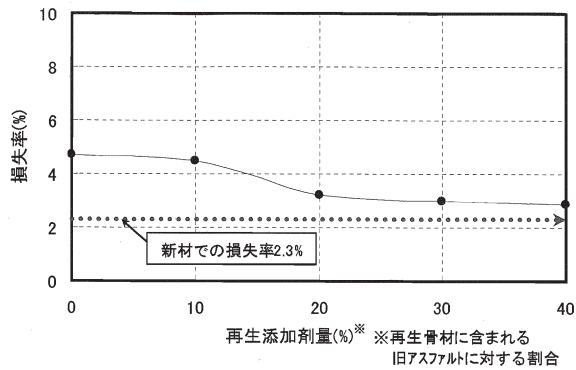


図-20 カンタブロ試験による再生用添加剤の添加量の検討
(配合設計 A<30%, 試験温度 20°C)

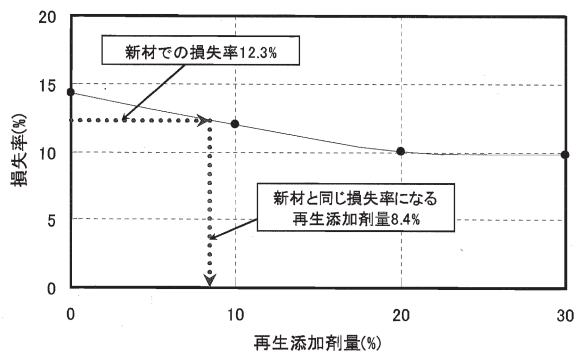


図-21 カンタブロ試験による再生用添加剤の添加量の検討
(配合設計 A<30%, 試験温度 -20°C)

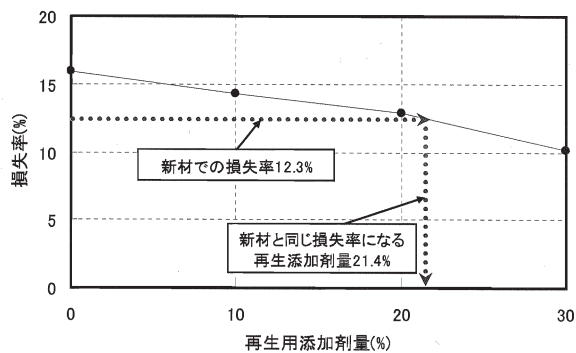


図-22 カンタブロ試験による再生用添加剤の添加量の検討
(配合設計 A<50%, 試験温度 -20°C)

カンタブロ損失率は 2.3%であったため、これでも新規混合物と同程度のカンタブロ損失率にするための添加量が求めることはできなかった。この原因として、新アスファルトに寒冷地用に低温性状の改善が図られたものを使用したため、20°Cでのカンタブロ損失率が低く、これを使用しただけで、カンタブロ損失率が低くなるためと考えられた。

そこで、-20°Cでのカンタブロ試験を実施して、新規混合物と同程度の損失率を目標として配合設計を試み

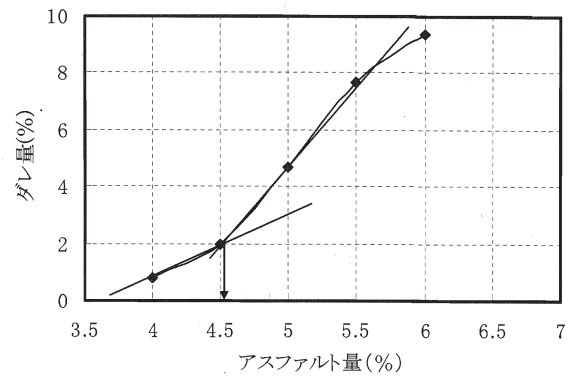


図-23 付着試験の結果
(配合設計 A<30%)

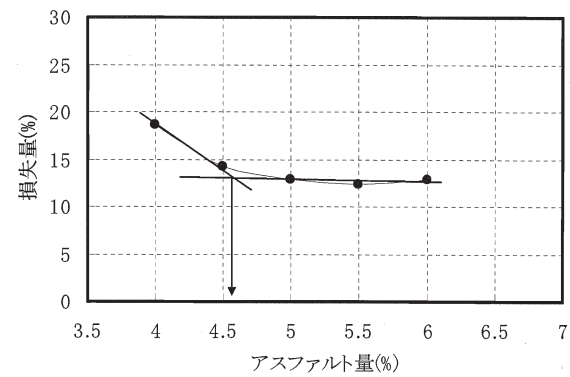


図-24 カンタブロ試験の結果
(配合設計 A<30%, 試験温度 -20°C)

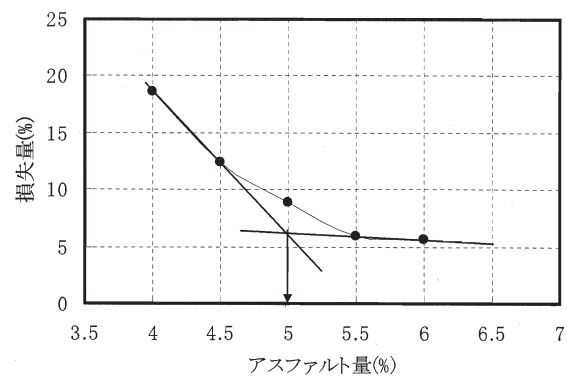


図-25 カンタブロ試験の結果
(配合設計 B<50%, 試験温度 20°C)

た。低温でのカンタブロ試験による再生用添加剤の検討結果を図-21, 22に示す。新規混合物(配合設計 C)の損失率 12.3%を目標にしたところ、添加量を求めることができた。

b) アスファルト量の決定

アスファルト量を決定するため、付着試験を行った。結果を図-23に示す。この結果、変曲点は 4.6%となり、通常のポーラスアスファルト混合物では 5%付近の値を

とることが多いが、それと比べて若干小さい値になった。アスファルト量が不十分な場合、骨材飛散抵抗性の低下など耐久性への影響が懸念されるため、カンタプロ試験を実施し、最小アスファルト量を求めた。結果を図-24に示す。最小アスファルト量は 4.7%となり、付着試験から求めた値を上回った。通常のポーラスアスファルトの配合設計では、カンタプロ試験から求まる変曲点を最小アスファルト量とし、付着試験から求めた変曲点を最大アスファルト量として、両者の間の値をアスファルト量に設定できるが、最大アスファルト量と最小アスファルト量の数値が逆転してしまったため、付着試験の結果が採用できなかった。これは、配合割合 50%の場合でも同様の傾向であった。最小アスファルトを下回る値をアスファルト量として設定することは、耐久性を大きく損なう可能性があったため、「舗装再生便覧」に紹介された方法を参考に、配合設計 B で提案されている、カンタプロ試験から求めた変曲点+0.2%を最適アスファルト量とする方法を採用した。それぞれの結果を表-10に示す。

2) 配合設計 B

配合設計 B では、再生用添加剤と改質材がプレミックされた再生用改質アスファルトを用いるため、アスファルトに関する操作は、最適アスファルト量の設定のみであり、設定方法はカンタプロ試験から求めた変曲点+0.2%の添加量とするものである。カンタプロ試験の結果を図-25に示す。その結果、最適アスファルト量は 5.2%となった。配合設計 A, C の結果と合わせて、表-10に示す。なお、最適アスファルト量における新アスファルトと旧アスファルトおよび再生用添加剤の内訳も合わせて示す。

4. 4 再生ポーラスアスファルト混合物の性状

4. 3で配合設計した再生ポーラスアスファルト混合物について各種性状試験を行った。主な性状を表-11に示す。配合設計 A では、-20℃のカンタプロ損失率を配合設計 C に合わせる形で配合設計を行ったので、同程度の値を示したが、配合設計 B では特にカンタ

表-10 最適アスファルト量の設定

	再生骨材配合割合	各試験から求めたアスファルト量%		最適アスファルト量(%)	アスファルト内訳(%) 新 As+旧 As+添加剤 or 新 As+旧 As
		付着試験の変曲点から	低温カンタプロ変曲点から		
配合設計 A	30%	4.6	4.9	4.9	3.84+0.98+0.08
	50%	5.1	5.3	5.3	3.31+1.64+0.35
配合設計 B	50%	—	—	5.2	3.56+1.64
配合設計 C	0%	4.8	—	4.8	—

表-11 再生ポーラスアスファルト混合物の主な性状

項目	試験温度	配合設計 A<30%>	配合設計 A<50%>	配合設計 B<50%>	配合設計 C<0%>
		安定度(kN)	6.43	5.5	5.41
フロー値 (1/100cm)		58	59.3	70.1	71.7
カンタプロ損失率(%)	<20℃>	5.1	4.1	8	2.3
	<-20℃>	13.7	14.4	26.8	12.3
圧裂試験	圧裂強度(MPa) <20℃>	3.34	2.69	2.46	3.8
	圧裂変位量 (cm) <20℃>	0.22	0.24	0.13	0.29
	圧裂強度(MPa) <60℃>	0.0793	0.0599	0.0484	0.1042
	圧裂変位量 (cm) <60℃>	0.3	0.2	0.25	0.38
動的安定度(回/mm)	<60℃>	5727	3521	3901	6867
据え切り試験 (回)	<60℃>	1002	600	259	1260
回収バインダ性状	針入度(1/10mm) <25℃>	67	75	61	82
	軟化点(℃)	88.3	86.5	82.9	88.6
	伸度 (cm) <5℃>	76	63	33	70
	G*/sinδ(Pa) <60℃>	9840	7793	7130	11102

ロ損失率の大小に注目して配合設計を行っていないため、配合設計 C とは異なる傾向を示した。動的安定度は、いずれも 3,000 回/mm 以上となったが、配合割合 50%のものはその中では小さい値を示した。据え切り試験でも、再生骨材の配合割合が 50%のものは小さい値を示し、特に配合設計 B の値が小さくなっており、骨材飛散抵抗性が低い可能性があることが分かった。

以上より、現在検討されている再生ポーラスアスファルト混合物の配合設計法に従って配合した場合、新規混合物と異なる性状がいくつか見られた。中でも、配合設計時に考慮されなかった高温域(60℃付近)での性状については、耐久性が劣る可能性を示す結果となった。従って、配合設計時にこれらを補う試験が必要であると考えられた。

4. 5 再生ポーラスアスファルト混合物の配合設計方法の改善に向けた検討

4. 4の結果より、4. 3で配合設計されたものは、新規混合物と比べ、高温域(60℃付近)などで異なる性状が見られることが分かった。特に配合設計 B では、著しく性状が異なっており、配合設計時に新規混合物との性状比較の段階がないことが影響していると考えられた。従って、再生ポーラスアスファルト混合物の配合設計には新規混合物と同等であることを確保するために

高温域での試験が必要であると考えられた。抽出回収したアスファルトの性状を従来のように様々な温度域で細かくチェックすることでも可能であるが、抽出回収による性状変化の問題があり、また時間を要するため、実用性が低い。

そこで、まずバインダ性状と混合物性状の比較を行い、関係を把握し、続いてより簡便な混合物試験方法による代替について検討した。

1) バインダ性状と混合物性状の比較

バインダ性状試験としては、低温性状として 5°C 伸度、常温性状として針入度、高温性状として軟化点および 60°C での DSR 試験を取り上げ混合物性状との比較を行った。

伸度とカンタプロ損失率の関係を見たところ、図-26 に示すとおり、高い相関関係を示した。特に低温でのカンタプロ損失率とは、高い相関係数を示した。これより、従来からバインダの試験項目として重要視されてきた伸度は、カンタプロ試験を実施することにより、代用

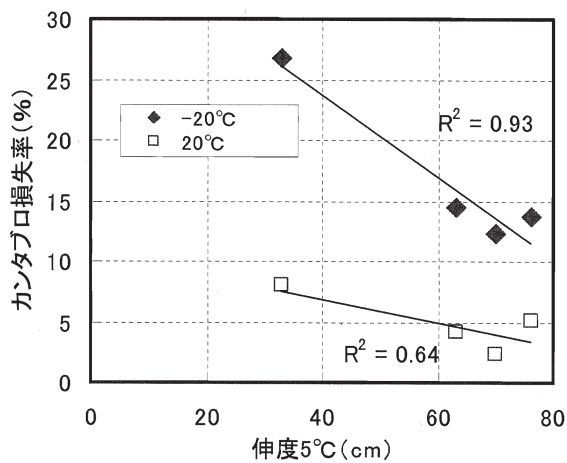


図-26 伸度とカンタプロ損失率

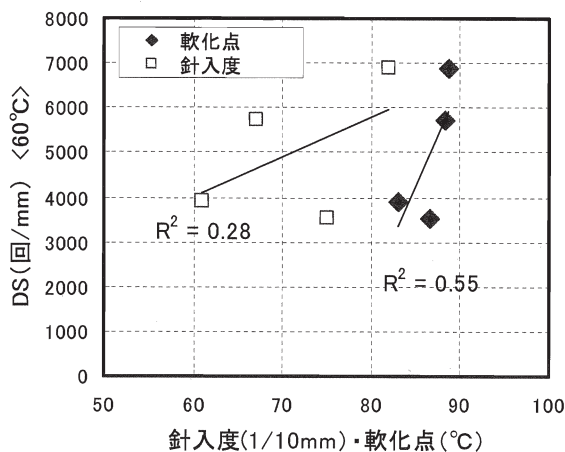


図-27 針入度および軟化点と動的安定度

できる可能性があることがわかった。

次に針入度および軟化点と動的安定度 DS および据え切り試験の 10mm 沈下までの回数の関係を図-27、28 に示す。いずれの図でも、針入度は相関が低く、試験温度の違いも影響したものと考えられたが、軟化点は

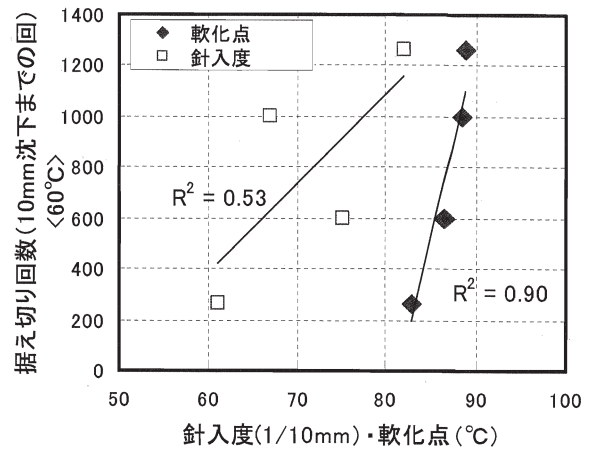


図-28 針入度および軟化点と据え切り回数

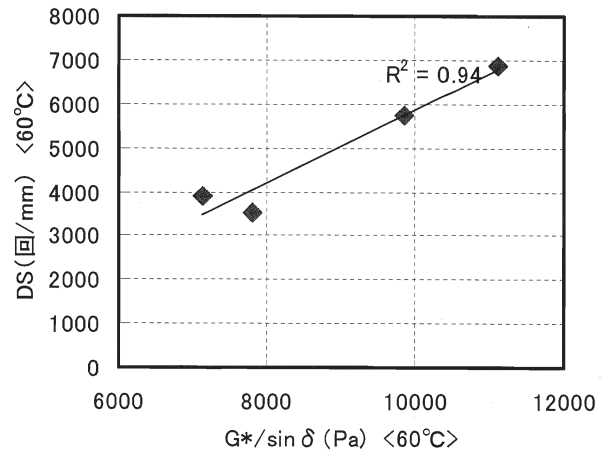


図-29 DSR と動的安定度

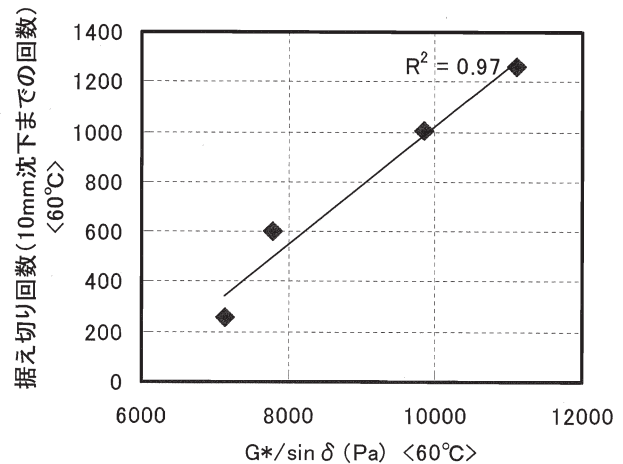


図-30 DSR 試験と据え切り回数

比較的相関が高く、特に据え切り試験との相関が高くなった。さらに、DSR 試験と動的安定度および据え切り回数との関係を図-29, 30に示す。密粒度系混合物で動的安定度との相関が認められている¹⁷⁾ $G^*/\sin \delta$ は、ポーラスアスファルト混合物でも相関が非常に高くなった。また、据え切り回数との相関係数は非常に高くなり、抽出回収でバイнда試験が行えなくても、これらの試験でも代替可能と考えられた。

しかし、ホイールトラッキング試験や据え切り試験では、供試体作製のための試料量を多く必要とし、特に据え切り試験では試験機の仕様、評価方法が定まっておらず、試験機台数も少ないため、配合設計に利用するには障害が多いものと考えられる。そこで、さらに簡便な混合物試験との関係を検討した。

2) 圧裂試験の配合設計用試験への適用性の検討

配合設計に用いる試験機は、汎用的な試験機で比較的簡便に行えるものである必要がある。また、4. 4で示されたように、高温域(60℃付近)での性状確認が必要であるので、高温域での試験が可能なのも必要条件である。ここでは、その一つの選択肢として、圧裂試験(舗装試験法便覧)を実施して、可能性を検討した。比較検討は、軟化点や $G^*/\sin \delta$ (60℃)と相関の見られた据え切り試験、伸度と相関の見られたカンタブロ試験について行った。なお、本検討では、前述した再生ポーラスアスファルト混合物に、製造メーカーの異なる改質アスファルトII型3種、高粘度改質アスファルト3種によるポーラスアスファルト混合物も追加した。

図-31, 32に圧裂試験と据え切り試験の比較を行ったものを示す。いずれの試験も試験温度は60℃とした。圧裂変位量よりも圧裂強度の方が相関性が高くなった。図-31より、データは少ないものの、改質アスファルトII型をバイндаに用いたポーラスアスファルト混合物や据え切り回数が低かった配合設計 B<50%>(最も左のプロット)などが図の左下付近に位置しており、これらを排除するような目標設定をして配合設計することで、高温での耐久性に考慮した再生ポーラスアスファルト混合物の配合設計が行えるものと考えられた。

カンタブロ試験と圧裂試験の関係について図-33に示す。いずれの試験も試験温度は20℃とした。カンタブロ損失率と圧裂変位量の間にも、相関関係が見られたが、図に示した圧裂強度/圧裂変位量が比較的相関関係が高くなった。カンタブロ試験については、既に再生ポーラスアスファルト混合物の配合設計に用いる方法が提案されており、これにより現状でも20℃での性状を新規混合物の性状に近くさせることは本研究の中で

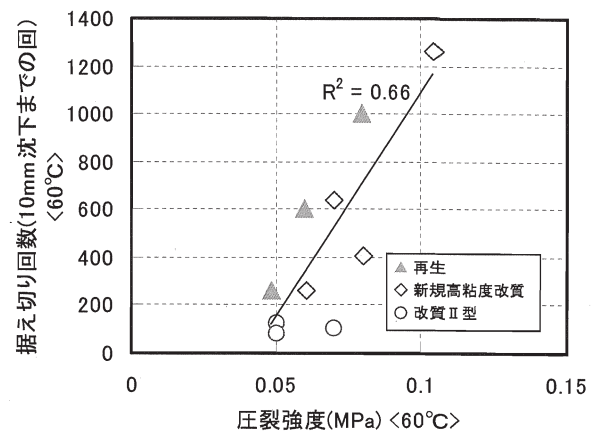


図-31 圧裂強度と据え切り回数

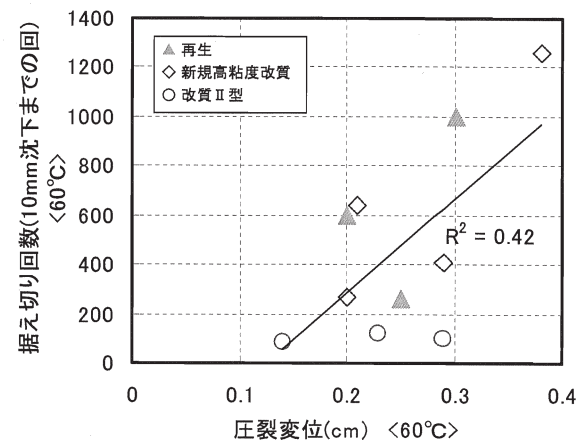


図-32 圧裂変位と据え切り回数

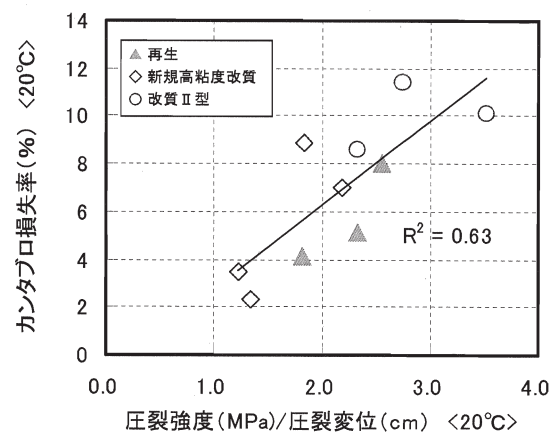


図-33 圧裂試験とカンタブロ試験の関係

も確認されている。しかし、ここで示したカンタブロ試験と圧裂試験の関係から20℃付近の混合物性状評価を圧裂試験に代替することも可能と見られるため、配合設計を行う試験機器等の都合により選択できるようになるものと考えられた。

5. まとめ

本調査では、供用中の劣化を考慮したアスファルトの品質規格、アスファルトの劣化に関する舗装の耐久性向上、排水性舗装用改質アスファルトの再生利用手法の検討を行った。その結果、以下のことがわかった。

1) 供用中の劣化を考慮したアスファルトの品質規格

酸化劣化に関する国内のストレートアスファルトの性状調査から、現行の未劣化アスファルト主体の品質規定では供用中や再生時点での性能区分が困難であることが明らかとなり、促進劣化試験等を導入したアスファルトの品質基準の改訂が必要であることが実験的に確かめられた。

供用中の主要な環境劣化因子である紫外線によるアスファルトの劣化性状の試験結果から、アスファルトの表面での材料劣化は紫外線による影響が大きいことがわかった。排水性舗装では光の影響範囲が広いこともあり、骨材飛散を促進する劣化要因であることがわかった。

供用中及び再生利用時の劣化アスファルトの針入度等を、赤外吸光分析により簡便に推定する方法を提案した。この手法により再生骨材中のアスファルト性状を推定し、再生骨材の品質変動の状況を示した。

2) アスファルトの劣化に関する舗装の耐久性向上

本調査では紫外線劣化の耐久性向上技術を取り上げ、その影響を検証するとともに対策技術の提案を行った。舗装走行実験場における試験舗装では、遮光材であるカーボンブラックを添加することにより、ひび割れ発生を抑制できることが確かめられた。ポーラスアスファルト混合物の室内試験では、遮光材の添加が骨材飛散低減に有効な手段となり得ることがわかった。

3) 排水性舗装用改質アスファルトの再生利用手法

本調査では、排水性舗装発生材からの再生骨材を用いて、再度排水性舗装を製造するための配合設計方法について検討した。その結果、アスファルト混合物を用いて添加剤等の量を検討することは可能であることがわかり、供用時の路面温度を考慮して試験条件を設定するのがよいことが分かった。さらに、簡便な試験で配合設計を行うことを考えた場合、圧裂試験が比較的簡便であり、圧裂試験を複数温度で実施し、添加剤等の量を求めるのがよいことが分かった。

今後は、材料劣化を考慮した品質規格、排水性舗装再生利用の配合設計法等について、具体的な品質規定の提案と基準化や現場適用による評価を行うとともに、便覧等の資料に反映し実用化をはかる必要がある。

参考文献

- 1) 山口勝之: アスファルトの紫外線劣化とカーボンブラック添加効果に関する研究, 北海道大学学位論文, 2006.3
- 2) 竹村健: アスファルトの劣化に関する研究(Ⅱ), 北海道開発土木研究所月報第119号, 1963.
- 3) 山口勝之, 佐々木巖, 明嵐政司: アスファルト材料の紫外線劣化とカーボンブラック添加効果, 土木学会舗装工学論文集, 第8巻, pp.251-260, 2003.
- 4) 増井裕明: 排水性混合物の最適アスファルト量決定に関する研究, 建設省土木研究所 交流研究員平成5年度報告書, pp. 125-128, 1994.
- 5) 田中邦則, 鈴木勲, 梶谷行男: 舗装用アスファルトの熱劣化による性状変化, 東京都土木技術研究所年報, 平成2年度, pp.177-184, 1991.
- 6) ASTM: "Standard Specification for Performance Graded Asphalt Binder", ASTM Designation: D6763-99, 1999.
- 7) AASHTO: "Standard Specification for Performance Graded Asphalt Binder", AASHTO Designation: M320-03, 2003.
- 8) 日本道路協会: 舗装試験法便覧別冊(暫定試験方法), 丸善, 1996.
- 9) 石油学会: ダイナミックシアレオメータを用いた舗装用バインダのレオロジー性状の測定方法, JPI-5S-67-05, 2005.
- 10) 由井大介: アスファルト舗装のわだち割れの原因究明と予防策の提案, 日本道路公団技術情報第90号, pp. 8-13, 1987.
- 11) 片脇清士, 川西礼緒奈: アスファルト舗装のわだち割れ発生原因に関する一考察, 第19回日本道路会議論文集, pp. 404-405, 1991.
- 12) 松野三朗, 西澤辰男: アスファルト舗装の縦表面クラックの発生原因に対する推論, 日加科学技術会議, 寒冷地舗装ミニワークショップ発表論文集, pp.246-253, 1984.
- 13) 峰岸順一: 低騒音舗装のねじれ抵抗性評価, 東京都土木技術研究所年報, pp.99-110, 2000.
- 14) つくば舗装技術交流会: 骨材飛散抵抗性試験に関する調査検討, TPT Report No.3, pp.15-35, 2003.
- 15) 峰岸順一, 高橋光彦: 低騒音舗装の骨材飛散の進行実態と抑制対策の検討, 土木学会舗装工学論文集, 第8巻, pp.71-79, 2003.
- 16) 本松資朗, 小澤光一, 高橋光彦, 向後憲一: 高機能舗装のプラント再生に関する検討, 舗装, vol.38, No.7, pp.3-8, 2003.
- 17) 新田弘之, 佐々木巖, 塚越徹, 遠西智次, 片脇清: 供用性を重視したアスファルト試験に関する2,3の考察, 舗装, vol.29, No.8, pp.3-7, 1994.