

劣化アスファルト舗装の再生利用に関する研究(1)

研究予算: 運営費交付金(一般勘定)

研究期間: 平 18～平 21

担当チーム: 道路技術研究グループ(舗装)

研究担当者: 久保和幸、佐々木巖、加納孝志、川上篤史

【要旨】

近年、繰り返し再生されたアスファルトやポリマーを含むアスファルトの増加などの理由により、舗装発生材に含まれるアスファルトの針入度が低下傾向にあり、現行の基準では低針入度のアスファルトはアスファルト混合物として再利用できないことから、このままでは再生アスファルト混合物に使用できる舗装発生材が減少することが懸念されている。

本課題では、針入度の低い舗装発生材をより高度に利用するために、再生加熱アスファルト混合物の品質評価方法および配合設計方法、舗装体としての長期耐久性の検証等を行うことを目的とした。その結果、圧裂試験(圧裂係数)により再生アスファルトの品質評価が可能であることが分かった。また、圧裂係数による再生混合物の配合設計法を提案することが出来た。排水性舗装発生材を再生利用した試験舗装区間の追跡調査結果では、耐久性に問題はみられていないことから、排水性舗装の再生利用に関する技術的な課題は解決されつつあると考えられる。

キーワード: リサイクル、繰り返し再生、再生加熱アスファルト混合物、排水性舗装

1. はじめに

昭和60年頃に本格化した舗装のリサイクルは現在では広く浸透し、平成14年度以降、アスファルトコンクリート塊(以下、アスコン塊)の99%以上が再利用されている。このため、修繕工事等で発生するアスコン塊は、繰り返し再生されることによる劣化の進行が懸念されている。

一方、近年では舗装の高耐久化、多機能化が求められ、熱可塑性エラストマー等のポリマーを添加することにより改質されたポリマー改質アスファルトが使用されることも増えている。これに伴い、このポリマーを含むアスコン塊も増加しつつある。

現在、アスコン塊からの再生加熱アスファルト混合物(以下、再生混合物)の製造においては、発生材に含まれるアスファルトの針入度が20未満のものは原則として使用できないこととなっている。しかし、上記のように、繰り返し再生されたアスファルトやポリマーを含むアスファルトが増加したことなどの理由により、アスコン塊に含まれるアスファルトの針入度が低下傾向にあることから、今後、再生混合物に使用できるアスコン塊が減少し、再生利用率が低下することが懸念されている。また、平成7年頃から急速に普及が進んでいる排水性舗装にはポリマー改質アスファルトH型(以下、改質H型)が使用されているが、排水性舗装からの発生剤の再生利用技術は確立されておらず、配合設計方法や試験舗装による耐久性調査などにより再生利用技術を確立する必要がある。

本課題では、針入度の低い舗装発生材をより高度に利用するために、再生加熱アスファルト混合物の品質評価方法および配合設計方法、舗装体としての長期耐久性の検証等を行うことを目的とした。具体的に実施した検討課題は以下の通りである。

- (1)アスファルト再生利用の実態とストック量の推計
- (2)アスファルト発生材の新たな品質評価方法の検討
- (3)再生加熱アスファルト混合物の配合設計方法の検討
- (4)繰り返し再生された再生混合物の性状の検討
- (5)低針入度骨材を再生した舗装の耐久性評価
- (6)再生排水性舗装の長期耐久性の評価

2. アスファルト再生利用の実態とストック量の推計

2.1 検討の概要

アスファルト舗装の繰り返し再生利用の更新サイクルから、今後の発生材の多くが、過去に一度以上再生された材料となるものと見られている。将来、繰り返し再生利用されて劣化が進行した低針入度骨材の増加が懸念される場所である。

そのため、日本国内のアスファルト舗装資産に、どれ程の再生アスファルトが蓄積されているのかできるだけ定量的に把握することを目的として、マテリアルフローを考慮した再生アスファルト等の資材の移動と蓄積の分析を試みた。

2.2 シミュレーションモデル

再生アスファルトの移動と蓄積に関するシミュレーションは、アスファルト舗装資産のストック量に対して出入りする材料のフローをモデル化し、全国のアスファルト舗装材の“代謝”を定量化するために、図-1に示すモデルを設定した。

まず、各年の舗装資産量(ストック)を算定してこのモデルの基本データとし、さらに各種統計資料から得た資材移動量を入力することにより、国内の舗装総量に占める各年の再生材の蓄積量や発生量を算定することとした(表-1)。この分析から、舗装アスファルト混合物資産への再生アスファルトの蓄積量、すなわち発生するアスファルト塊に占める再生アスファルトの混入比率を推定した。

舗装資産量の算定は、主に道路統計年報から得た道路面積や事業量(新設/修繕)に、交通量ごとの舗装構造から日本全国の舗装資産量を算出した。具体的には、交通量区分ごとに代表的な舗装構造厚さを仮定し、区分ごとの舗装面積からアスファルト舗装材の総量を求めた。

舗装材の資源循環のフローでは、修繕工事等により発生したアスファルト舗装材は、すべて舗装や路盤等に再利用されるか最終処分されるものとし、中間処理施設等の在庫は便宜上毎年ゼロとなるように収支計算した。

2.3 再生アスファルト材料の経年蓄積の推計

前項で構築した舗装材資源循環モデルに、図-1に示される資材移動量(矢印部分の流量)を年ごとに代入して計算することにより、舗装ストックに蓄積してゆく再生履歴を経たアスファルト材料の量を推定した。収支の推計は、アスファルト舗装の再生利用が本格化した平成2年から、平成31年までの期間を対象とした。

経年蓄積の推計結果を図-2に示す。図中の実線から判るように、現在では国内の3割程度が再生アスファルト混合物を使用した舗装に置き換えられているものとみられる。そして、今後も再生材の蓄積は進行し、近い将来にはアスファルト発生材の多くが過去に再生履歴を経た材料となることがわかる。

本試算は、日本全国のアスファルト混合物層の全平均として推定したものであるが、地域、道路種別、交通区分や、舗装構造の部位などにより、舗装材の更新サイクルは異なる。舗装の修繕は表基層が中心で、アスファルト安定処理路盤等の深層部が入れ替えられることは少ない。また、交通量の比較的多い一般の道路舗装は、生活道路や山間地などに比べると更新サイクルは短い。したがって、実際には、繰り返し再生履歴を経たアスファルト

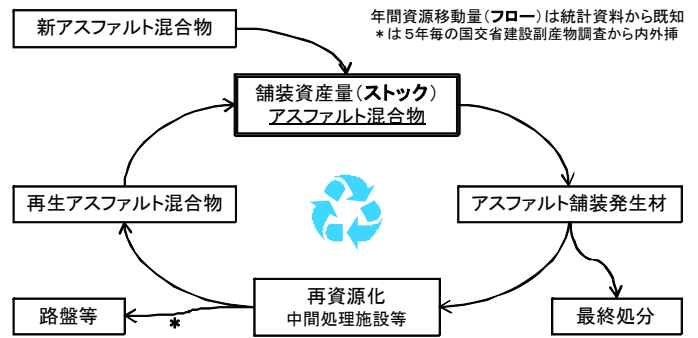


図-1 アスファルト舗装材のマテリアルフロー

表-1 舗装資産量算定の統計基本情報

項目	内容	根拠データ
道路面積	道路面積(高速道路、直轄、補助、主要地方道、県道、市町村道ごと)	道路統計年報
舗装材料資産(ストック)	交通量で加重平均した平均断面厚さと対象地域内の道路面積から算定	道路統計年報
舗装材供給量(フロー)	対象地域内のアス合材出荷量およびアス塊発生量等と将来推計	日本アスファルト合材協会の統計データ 国土交通省 建設副産物実態調査データ

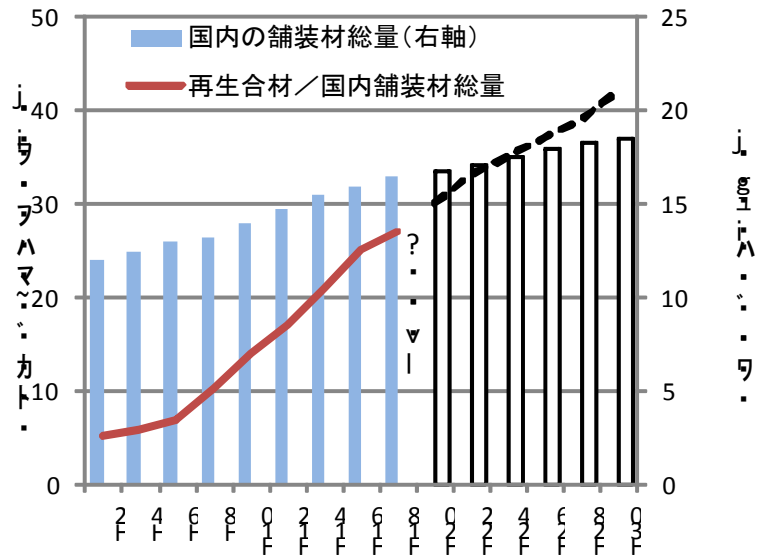


図-2 国内舗装ストックにしめる再生材の推移

の蓄積は、損傷しやすい道路ほど選択的に進行しているものと思われる。

さらに、ポリマー改質アスファルトの出荷量はストアス比で見ると4%(H4)から14%(H14)と増加している。今後の舗装の改修が浅層の切削オーバーレイ主体となることもあり、改質

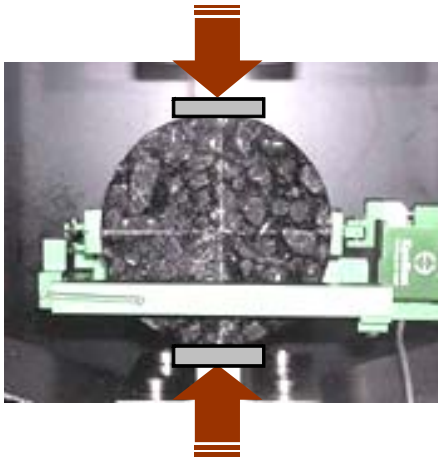


図-3 アスファルト混合物の圧裂試験

アスファルトを含む発生材の割合は急速に高まることが予想される。

これらのことから、アスファルト舗装発生材の針入度の低下は今後さらに進行することは明らかであることがわかった。

3. アスファルト発生材の新たな品質評価方法の検討

3.1 検討の概要

低針入度化したアスファルトを再生しても疲労性状に劣ることが多く、早期にひび割れが発生し損傷する可能性が高い。このため、現時点では、原則として混入量等にかかわらず再生骨材の使用可否を定めるための針入度20の下限值が規定されている¹⁾。

舗装発生材から製造される再生骨材中のアスファルトの針入度の低下傾向の理由としては、再生利用の繰返しによるアスファルトの劣化のほか、改質アスファルトの普及、アスファルトの品質の変化などが考えられる。

低針入度化したアスファルトであっても、再生用添加剤の選択や混入量によっては舗装材としての性能を確保できる場合がある。また、改質アスファルトは、針入度は低くても、改質剤の効果により舗装混合物の性能は確保できる場合があることが知られている。

アスファルト舗装発生材を有効に利用するために、劣化アスファルトを再生利用する場合に懸念される疲労破壊性状を簡便に評価できる、新たな

品質評価試験方法と配合設計手法の設定が求められている。圧裂試験は、溶剤によるアスファルトバインダの回収が必要な針入度評価に代わる、混合物試験により簡易に実施可能な評価法として期待されている³⁾。このため、日本アスファルト合材協会との共同研究を実施して、圧裂試験(図-3)の適用性について実験検討を行った。

3.2 劣化アスファルトの疲労性状

アスファルトの劣化ならびに改質アスファルト混入の影響評価として、曲げ疲労試験を実施した。

ストレートアスファルト、改質アスファルトを用いた密粒度アスファルト混合物(13)を調製し、オープン劣化により促進劣化させた供試体を作製して、疲労破壊回数、圧裂性状、アスファルトの針入度を試験した。

再生改質アスファルト混合物として、国道408号で12年間供用された排水性舗装の切削材を、改質アスファルトの混入した再生骨材試料として使用し、再生アスファルト混合物を作製した。配合条件は、新アスファルトと再生用添加剤を使用したものの2通りとした。

曲げ疲労試験は、舗装調査・試験法便覧「B018T アスファルト混合物の曲げ疲労試験方法」に準拠し、試験温度は20℃として実施した。

アスファルト混合物の疲労破壊回数と劣化アスファルトの針入度を図-4に示す。ストレートアスファルト(図中の●)、改質アスファルト(図中の▲)とも、劣化が進行し針入度が低下(図中の○と△)するに従い疲労抵抗性は小さくなる傾向がみられる。しかしながら、アスファルトの種類による

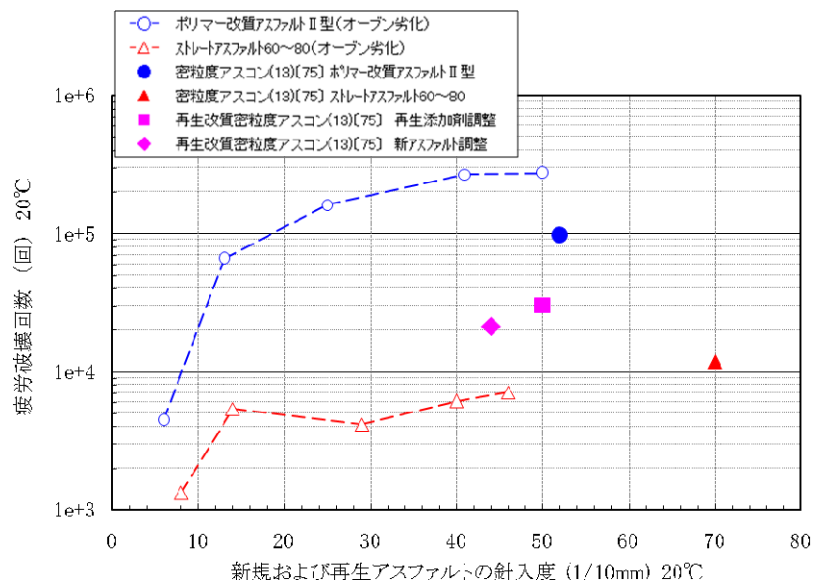


図-4 アスファルトの劣化と混合物の疲労性状

疲労破壊回数の値の差は大きい。つまり、改質アスファルトは、劣化が進行し針入度が20未満となっても舗装の性能には優れていることがわかる。改質アスファルトを再生したアスファルト混合物(図中の◆と■)は、両者の中間の疲労性状示している。これらのことから、改質アスファルトを含む再生アスファルト混合物は、針入度では適切に評価できないことが確かめられた。

圧裂試験は一種の間接引張試験であり、最大強度をその時の変位置で除した値を圧裂係数と定義し、劣化度の指標として用いることを検討した。

ここで、圧裂係数は、圧裂試験によって求まる圧裂強度を破壊時の変位置で除した値で、以下の式で求めることができる。

$$\text{圧裂係数(MPa/mm)} = 2P / (\pi dlh) \dots \text{式1}$$

ここで、 P : 破壊時の最大荷重(MPa)

d : 供試体の厚さ(mm)

l : 供試体の直径(mm)

h : 破壊時の変位置(mm)

圧裂係数と疲労破壊回数を図-5に示す。アスファルトの種類ごとに相関の傾きは異なるものの、疲労性能が低下した場合、圧裂係数が特定の値以上となることを見いだせる。つまり、アスファルトが劣化硬化して、たとえば1.5MPaを超えると、疲労性破壊抵抗性が数千回を下回るようになることが判る。再生改質アスファルト混合物は、やはりストアスと改質の中間に位置しており、疲労性状の低下を同じ圧裂係数の上限値で間接評価することができるものとみられる。

3.3 圧裂試験の指標値

前項において、改質アスファルトを含む再生アスファルト材料を圧裂係数で評価できることが示唆された。ストレートアスファルトを対象とした圧裂係数とアスファルト劣化性状の関係は、これまでの共同研究の成果からある程度わかっており、図-6に示される多くの試験結果とマスターカーブが示されている。改質アスファルトを含

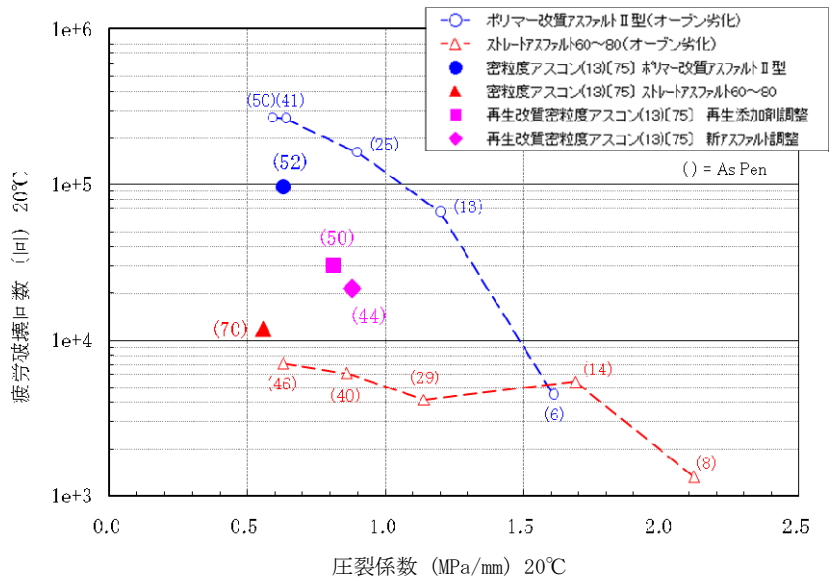


図-5 アスファルト混合物の疲労性状と圧裂係数

む再生舗装材の今回の試験結果も同一の線上に載っており、再生改質アスファルト混合物についても、圧裂試験でその品質を評価することができ、配合設計に活用できることがわかった。

3.4 配合条件の異なる舗装材への適用性

これまでの実験研究では、共同研究を含めてすべて密粒度アスファルト混合物(13)の配合条件によるアスファルト混合物を試験してきた。しかしながら、基層には一般的に粗粒度アスファルト混合物が使用されるほか、積雪寒冷地では耐摩耗性や耐寒性への対策のため配合条件の異なる材

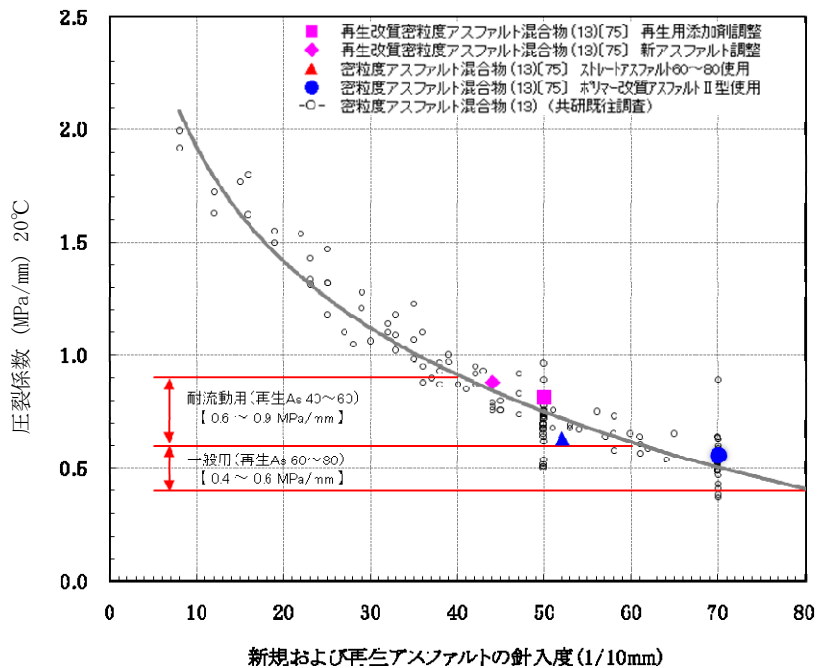


図-6 圧裂係数と劣化アスファルトの針入度

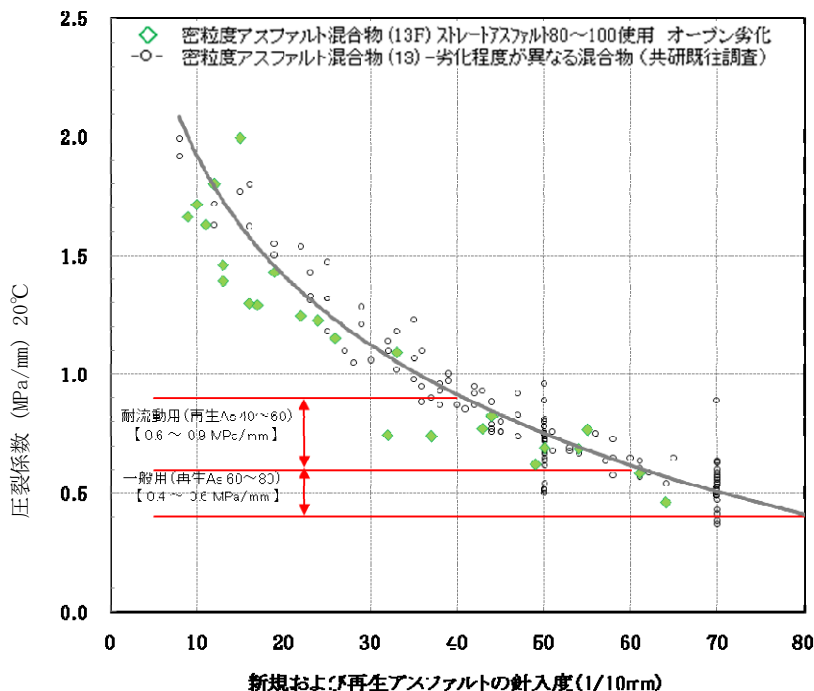


図-7 寒冷地で使用される舗装材料への圧裂試験評価の適用性
(寒地土研との連携による試験結果から)

料を使用することが多い。たとえば、北陸地整では密粒13FH、東北地整では密粒13FTといった配合が仕様化されて用いられている。さらに、北海道では、低温時の収縮ひび割れ対策として、骨材配合のほか、針入度級が80~100のより軟質なアスファルトを使用することが多い。このため、寒地土研との連携により、これらの混合物への圧裂試験評価の適用性の実験検討を行った。

寒冷地で使用される舗装表層材料である、ストレートアスファルト80~100を使用した密粒度アスファルト混合物(13F)の圧裂試験結果をあわせて図-7に示す。わずかに柔らかめの傾向があるものの、骨材配合やアスファルト種が異なった場合にも、ほぼ同一の評価結果を得ることができた。

配合条件やアスファルト種が異なっても圧裂試験による再生アスファルト混合物の品質評価を同列に行えることがわかった。

4. 再生加熱アスファルト混合物の配合設計方法の検討

4.1 検討の概要

再生混合物の配合設計は、再生アスファルトの針入度が舗装再生便覧に示されている設計針入度に適合するように新アスファルト、再生用添加剤で調整し、原則としてマーシャル安定度試験により要求性状を満足するように行う。ここで、設計針入度への調整は、再生骨材に含まれているアス

ファルト(以下、旧アスファルト)を回収し、回収した旧アスファルトの劣化度を針入度により評価した上で、針入度に応じて新アスファルトや再生用添加剤を旧アスファルトに添加して調整する手法が用いられている。

しかしながら、改質アスファルトが使用された再生骨材の場合、旧アスファルト中の改質材の回収が困難な場合があることが知られており、この場合には適切な再生アスファルトの設計針入度への調整が行えないことから、旧アスファルトの針入度試験による方法に代わる手法の確立が望まれている。

一方、前述の実験結果によれば、再生アスファルトの針入度と再生加熱アスファルト混合物の圧裂係数には相関があり、圧裂係数から再生アスファルトの品質を評価できることがわかった(図-6参照)。

以上のことを踏まえ、再生アスファルトの調整手法について、従来の針入度による方法に換えて、再生加熱アスファルト混合物の圧裂係数による手法の適用性について検討を行った。

具体的には、旧アスファルトの針入度が既知の再生骨材を用いて、図-8に示すフローに従い、新アスファルトと再生用添加剤による旧アスファルトの再生方法、それぞれの場合について、従来の方法と圧裂係数による方法で配合設計を行い再生混合物の性状等を比較し、圧裂係数による方法の妥当性について判断した。表-2に対象とした再生混合物の概要を示す。

4.2 配合試験結果

再生用添加剤を用いた場合の配合試験結果を表-3に、ストレートアスファルトを用いた場合の結果を表-4に示す。表-3のように、圧裂試験および針入度試験で求めた再生用添加剤の添加量は、同程度となった。また、圧裂試験によって配合設計した混合物の性状は、従来方法の基準を満足するものであった。

また、表-4のように、圧裂試験および針入度試験によって求めた再生アスファルト量は、同程度となった。また圧裂試験によって配合設計した混合物の性状は、再生用添加剤を用いた場合と同様に、従来方法の基準を満足するものであった。

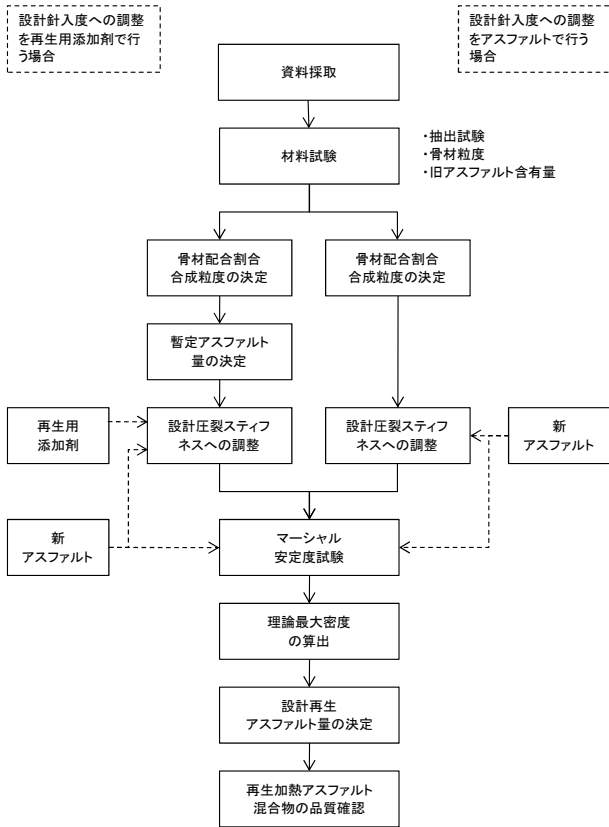


図-8 圧裂係数による配合設計のフロー

表-2 対象とした再生混合物の概要

回復方法	混合物種	用途	新アスファルトの種類	再生骨材の混入割合 (%)
再生用添加剤	再生密粒度アスファルト混合物 (13)[50]	一般用	ストアス60/80	40 60
	再生密粒度アスファルト混合物 (13)[75]	耐流動用	ストアス40/60	40 60
ストレートアスファルト	再生密粒度アスファルト混合物 (13)[50]	一般用	ストアス80/100	20 30
	再生密粒度アスファルト混合物 (13)[75]	耐流動用	ストアス60/80 ストアス80/100	20 40

表-3 再生用添加剤を用いた場合の配合試験結果

混合物の種類	再生密粒度アスファルト混合物 (13)[50]	再生密粒度アスファルト混合物 (13)[75]	基準値
用途	一般用	耐流動用	—
新アスファルトの種類	ストアス60/80	ストアス40/60	—
再生骨材の配合率(%)	40 60	40 60	—
再生用添加剤添加量(%)	圧裂試験	17.8 16.6	11.3 12.0
	針入度試験	16.6	13.0
再生アスファルト量(%)	5.6	5.3	5~7
密度(g/cm ³)	2.379 2.384	2.387 2.392	—
空隙率(%)	3.9 3.7	4 3.9	3~6
飽和度(%)	76.6 77.6	75.3 75.8	70~85
安定度(kN)	12.58 12.41	15.4 15.24	4.90(7.35)以上
フロー値(1/100cm)	26 26	32 31	20~40
圧裂スティフネス(Mpa/mm)	0.48 0.48	0.73 0.73	0.4~0.6 (0.6~0.9)

※()内の基準値は、突き固め回数75回(耐流動用)の場合

以上のことから、密粒度アスファルト混合物においては従来の方法に換えて、圧裂係数により再生用添加剤の添加量や再生アスファルト量を決定することが可能で、図-8に示すフローに従って再生混合物の配合設計をおこなえる可能性があると考えられる。

表-4 ストレートアスファルトを用いた場合の配合試験結果

混合物の種類	再生密粒度アスファルト混合物 (13)[50]	再生密粒度アスファルト混合物 (13)[75]	基準値
用途	一般用	耐流動用	—
新アスファルトの種類	ストアス80/100	ストアス40/60	—
再生骨材の配合率(%)	20 30	40 60	—
再生アスファルト量(%)	圧裂試験	5.6 5.7	5.4 5.3
	針入度試験	5.6	5.3
密度(g/cm ³)	2.379 2.384	2.387 2.392	—
空隙率(%)	3.9 3.7	4.0 3.9	3~6
飽和度(%)	76.6 77.6	75.3 75.8	70~85
安定度(kN)	12.58 12.41	15.4 15.24	4.90(7.35)以上
フロー値(1/100cm)	26 26	32 31	20~40
圧裂スティフネス(Mpa/mm)	0.48 0.48	0.73 0.73	0.4~0.6 (0.6~0.9)

※()内の基準値は、突き固め回数75回(耐流動用)の場合

5. 繰り返し再生された再生混合物の性状の検討

5.1 概要

劣化と再生を繰り返した混合物の性状変化を把握する目的でアスファルト混合物の劣化と再生を5回繰り返し、新規、再生1回目、再生3回目、再生5回目において混合物性状試験を実施した。以下に試験概要を示す。

(1) 使用材料および配合

使用したアスファルトはストレートアスファルト60/80、再生用添加剤にはオイル系再生用添加剤を使用した。また、アスファルト混合物は一般的な密粒度アスファルト混合物(13)を用いた。

(2) 促進劣化方法

アスファルト混合物の劣化は、締め固めていない状態のアスファルト混合物75kgを36×24cmのバットに敷きならし、110℃の恒温槽内で84hr養生して行った。なお、このときの養生時間(84hr)は劣化後の回収アスファルトの針入度が20となる条件とした。

(3) 再生方法

劣化後のアスファルト混合物を再生骨材として用い、再生骨材配合率30%、60%、目標針入度50(1/10mm)として、再生用添加剤を用いて繰り返し5回再生した。

(4) 試験方法

試験項目は、劣化・再生の各段階において、アスファルト混合物の物理性状試験として20℃での圧裂試験(舗装調査・試験法便覧⁵⁾ B006)、曲げ強度試験、ホイールトラック

ング試験を行い、さらにアスファルト混合物より回収したアスファルトの針入度試験、軟化点試験、伸度試験を行った。

5.2 試験結果

(1) 圧裂試験

圧裂試験結果を図-9、図-10に示す。図-9から、再生回数の増加と圧裂係数の間に関係性は見られなかった。また、図-10に示すように再生混合物から回収したアスファルトの針入度と圧裂係数は相関が高く、アスファルトの針入度が大きくなるにしたがって圧裂係数は小さくなる傾向が見られた。このことから、圧裂係数を確認することによって再生されたアスファルトの針入度の推定がある程度可能で、圧裂係数は再生混合物の品質管理の指標として利用できる可能性があると考えられる。

(2) 曲げ試験

曲げ試験結果を図-11～図-14に示す。再生骨材配合率が30%の再生混合物は、繰り返し再生された場合でも脆化点や曲げひずみ曲線の変曲点温度に変化が見られなかった(図-11、図-12参照)。一方、再生骨材配合率が60%の再生混合物は、再生回数が3回目以降で脆化点が低温側に移動し、曲げひずみ曲線に変化が見られた(図-5、図-6参照)。これは、劣化が進んだアスファルトに多量の再生用添加剤が繰り返し添加されたことにより、再生されたアスファルトの組成や性状が新規アスファルトと異なったこと

によるものと考えられる。このことから、繰り返し再生利用を考慮した場合には、再生骨材配合率は低い方が望ましいと考えられる。

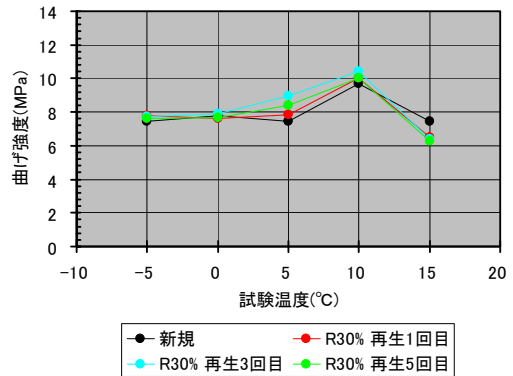


図-11 試験温度と曲げ強度の関係(R材 30%)

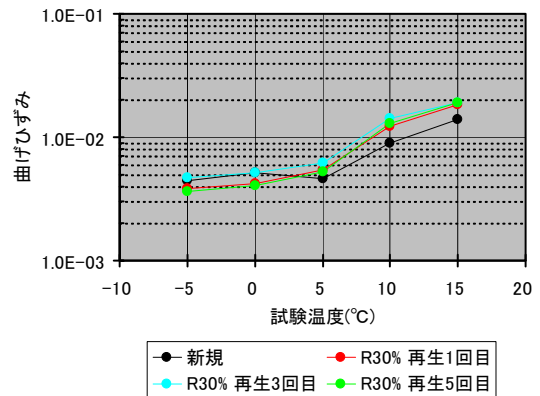


図-12 試験温度と曲げひずみの関係(R材 30%)

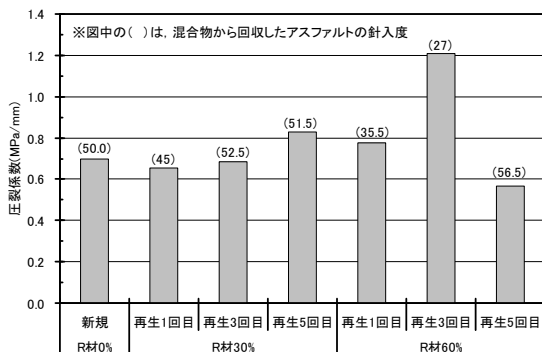


図-9 圧裂試験結果

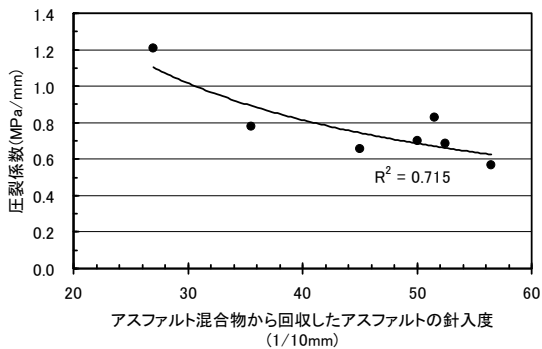


図-10 針入度と圧裂係数の関係

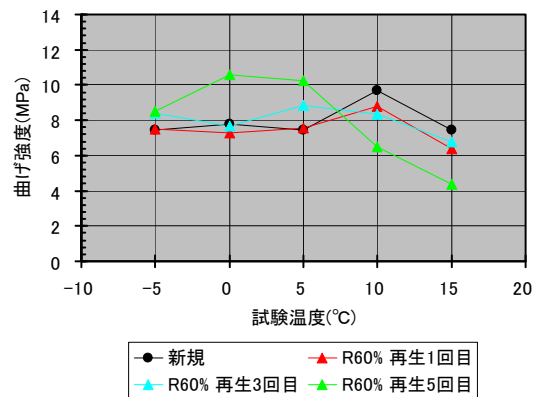


図-13 試験温度と曲げ強度の関係(R材 60%)

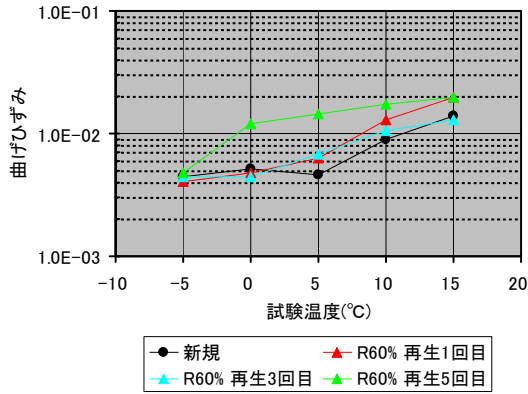


図-14 試験温度と曲げひずみの関係(R材 60%)

(3)ホイールトラッキング試験

ホイールトラッキング試験結果を図-15 に示す。図から、再生混合物から回収されたアスファルトの針入度が新規混合物と同程度の場合、再生混合物の動的安定度は新規混合物に比べ小さくなる傾向が見られた。このことは、劣化の進んだアスファルトに軟質なオイルである再生用添加剤を多量に使用したことにより、アスファルトの粘弾性が変化したことが原因と考えられる。このことから、再生混合物の評価は、塑性変形抵抗性についても行う必要であると考えられる。

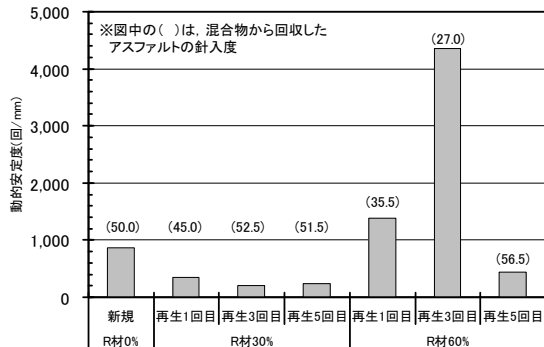


図-15 ホイールトラッキング試験結果

6. 低針入度骨材を再生した舗装の耐久性評価

6.1 検討の概要

ストレートアスファルト混合物由来の低針入度骨材の適用性や耐久性、ならびに配合率の上限を確認することを目的に、舗装走行実験場に試験舗装を構築し、荷重車の促進载荷を行って供用性状を確認した。

6.2 試験舗装の概要

低針入度骨材は、土木研究所構内(針入度 15)およびつくば市内の道路(針入度 18)から採取した。この骨材を用い

て、再生骨材配合率が 60%の工区と、100% (低針入度骨材に再生用添加剤のみを使用)の工区を設定した。表層混合物の密粒度は 13、基層の再生粗粒度は 20 とした。比較工区として、表層に全て新材(ストレートアスファルト40~60)を用いた区間を設定した。なお、舗装の構造は、各工区とも表層:5cm、基層:8cm、上層路盤:17cm、下層路盤:40~45cm とした。

6.3 耐久性試験結果

舗装走行実験場の無人荷重車を使用し、49kN 換算輪数で 130 万輪(N5 交通量で 13 年分に相当)までの走行試験を実施した。図-3 にわだち掘れ量の測定結果を示す。図から、低針入度骨材の使用の如何にかかわらず、夏季において毎年大きな横断凹凸量の変化が確認された。特に再生工区のOWPでは 40mm を超える大きなわだち掘れが生じたため、路面切削(コブ取り)を実施して走行試験を継続している。

路面の横断形状の変化(図-17)を見ると、後軸複輪によるいわゆるダブルわだちが進行しており、その現象は再生舗装工区において顕著であることがわかる。

わだち掘れの原因調査としてコア抜き(図-17)の破線枠位置)による層厚調査を行った。表基層の厚さの分布を図-18に示す。いずれの工区も、基層厚さの変化はほとんど無く、設計厚の 80mm がほぼ保たれていることがわかる。つまり、わだち掘れを引き起こした塑性変形は表層に起因しており、その変形挙動は再生アスファルト混合物の性状による影響が大きいことがわかった。

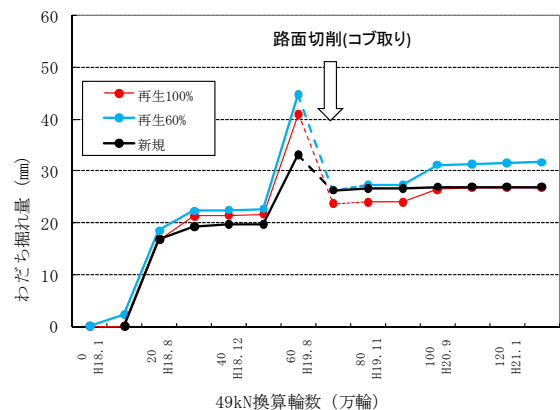


図-3 わだち掘れ量測定結果

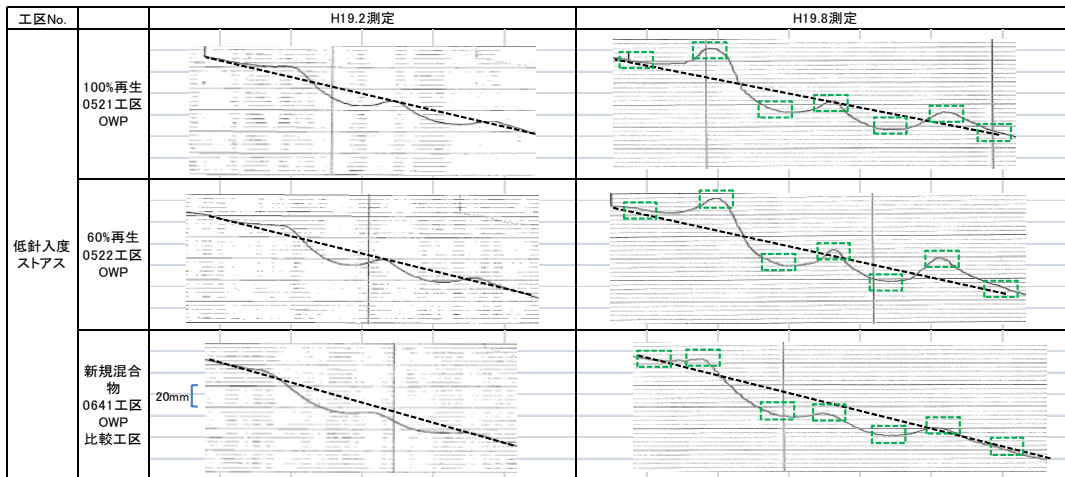


図-17 低針入度アスファルト再生舗装のわだち掘れ形状(OWPダブルタイヤ部分)

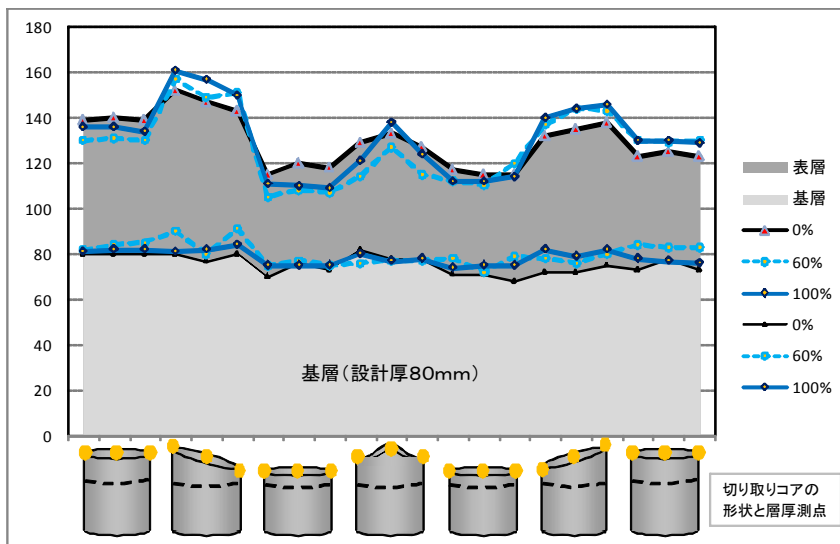


図-18 低針入度アスファルト再生舗装わだち掘れ部の舗装厚

大きな流動わだちを生じた原因は、劣化の進んだアスファルトに軟質なオイルである再生用添加剤を多量に使用したことにより、舗装用アスファルトとしての品質のバランスを欠いたことが原因と考えられる。再生混合物の評価は疲労抵抗性を確保することに注目が向きがちであるが、塑性変形抵抗性についても品質基準の整備が必要であると考えられる。

7. 再生排水性舗装の長期耐久性の評価

7.1 検討の概要

排水性舗装に用いられるポーラスアスファルト混合物には、粘着力が非常に高い改質H型が用いられる。また、骨材の配合については、空隙率が20%程度となるように開粒度の配合としている。このように、ポーラスアスファルト混合

物には通常のアスファルト混合物とは異なった材料や配合が用いられているため、通常の再生方法での対応では再生利用が困難である。

排水性舗装の再生利用には、発生元の混合物と再生先の混合物により様々な組合せがある。表-5に示す発生元の混合物と再生先の混合物の組み合わせについて、これまでに各方面で検討が行われているが、現状では、以下の課題が残されている。

①排水性舗装発生材を使用した再生密粒系混合物や再生ポーラスアスファルト混合物を実道へ適用した場合の再生骨材配合率の限界値や供用性、長期の耐久性等が明らかでない。

②排水性舗装発生材と密粒系発生材の混合再生骨材(表層および基層の混合切削材)の利用条件が明らかでない。

③適切な配合設計方法や再生の程度に対する評価方法に定まったものがない。

7.2 直轄国道での試験舗装の追跡調査

これらの課題を受け、排水性舗装の再生利用技術の確立へ向けて、直轄国道において試験舗装による調査を実施している。また、排水性と密粒系発生材の混合再生骨材の再生利用の適用性について、国道408号において試験舗装を構築し耐久性評価を行っている。本研究では、これらの試験舗装の追跡調査結果から混合発生材の適用性を確認した。

当該試験施工では、排水性舗装の表層切削材のみを再

生利用するケースを対象としている。試験概要と確認項目を表-6に示す。

表-1 発生元材および再生先ごとの試験舗装事例

発生元の混合物	再生先の混合物	
	密粒系混合物	排水性(空隙20%以上)
排水性舗装発生材	北陸・九州地整	関東・近畿・中国地整
排水性+密粒系発生材(表・基層混合再生骨材)	東京都道	国道408号(土研前)
密粒系舗装発生材	【再生技術確立済み】	中部・近畿・中国地整

表-2 試験施工箇所および確認項目

確認事項	箇所 項目	排水性→排水性			排水性→密粒	
		関東地整 16号市原	近畿地整 176号西宮	中国地整 2号下関	九州地整 3号山鹿	北陸地整 8号白根
再生骨材粒度	分級範囲	13~5mm, 13~0mm			13~0mm	
限界配合率	再生骨材配合率	30, 20%	50, 30, 20%		30%	
配合設計方法	バインダの再生	カンパロ損失率、目標針入度			目標針入度	
					50	40,50,60

排水性舗装に再生した工区の調査結果を図-19に示す。排水性舗装へ再生する場合は、目標空隙率を20%とし、再生骨材の粒度調整の要否と、再生骨材配合率の限界点を検討することとした。また、密粒系舗装へ再生する場合は、再生骨材配合率の限界点を求めること、配合設計時にアスファルトの回復をどの程度見込むのかを検討することとした。

交通により現場透水量と騒音低減効果が低下している路線(16号市原)はあるものの、わだち掘れ量などの変化は少なく、比較工区と同様な変化を示しており、再生材の混入による耐久性状への大きな影響は認められない。なお、密粒度舗装に再生した工区については今年度調査が行われなかったが、現地の技術者からは、目視観察では大きな変状は認められないとの報告を受けている。

以上のことから、混入率30%までの排水性舗装への再生、密粒度舗装への再生については、これまでのところ耐久性に問題はないと言える。今後も追跡調査を継続して長期耐久性を確認していく必要がある。

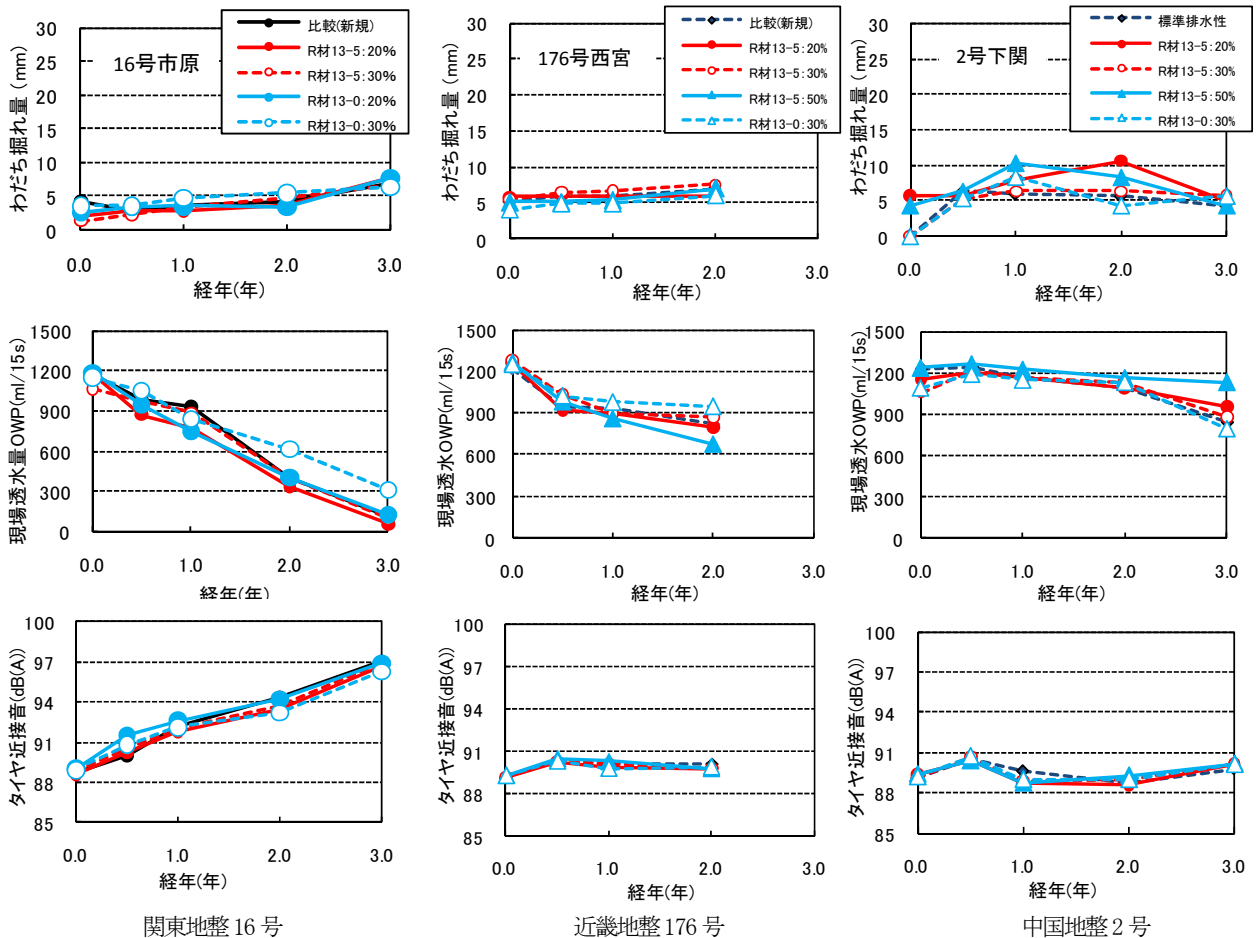


図-19 排水性→排水性舗装に再生利用した工区の路面性状変化

7.3 混合発生材(排水性+密粒系)の再生利用

舗装修繕工事は、交通開放時間や施工コスト縮減等の点から表層と基層を同時に切削しオーバーレイ(以下、2層切削 OL)することが多い。また、再生アスファルトプラントにおいては排水性舗装以外の密粒系舗装の発生材の搬入が大部分であり、敷地内のスペースも限られていることから、排水性舗装発生材と密粒度舗装発生材の分別保管は困難であるのが実情である。排水性舗装発生材の再生利用を広く進めるためには、混合再生骨材を分級せずに使用するなど、通常の工事形態やプラントの設備でも対応が可能な再生利用方法を確立する必要がある。

そこで、排水性舗装発生材と密粒系舗装発生材の混合材を用いた試験舗装を、茨城県土木部の協力を得て、土木研究所付近の国道408号にて実施している。試験舗装は図-20に示す工区割りとし、再生排水性舗装工区は表層を2層切削OLで施工した。また、再生骨材配合率は0%、10%、20%、各工区の延長は100mとした。また、基層の更新やそれに代わる遮水層の効果なども評価できる工区割りとしている。

なお、再生舗装には、当該試験施工区間で12年間供用された既設排水性舗装の切削材を、改質アスファルトが混入した材料として使用し、これに密粒系舗装の切削材を混合して使用した。配合設計は、再生用添加剤およびプラントミックス型の改質添加剤を用いて行った。現道での舗装を含めて製造施工上の問題点はみられなかった。

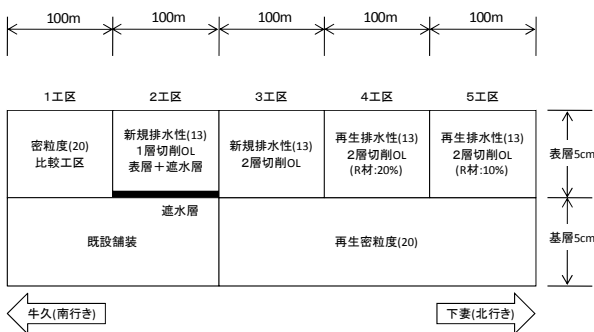


図-20 試験施工で評価した混合物/構造の種類(R408)

施工直後および3年供用後の路面性状調査結果から、タイヤ近接音および現場透水量、わだち掘れ量の変化を図-21、図-22、図-23にそれぞれ示す。いずれの工区も供用初期に多少の機能低下を生じているが、供用3年後の時点でも性能値としては十分な値を保っている。平たん性、

キメ深さなどの他の項目についても変化はみられておらず、良好な状態で供用されており、再生利用に関して耐久性の差異はみられてない。

以上の結果から、排水/密粒混合発生材の再生利用は、配合設計において必要な改質剤量や混合物品質を確保する限り、機能および耐久性に問題はないものと言える。

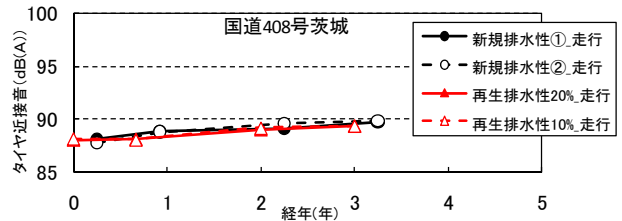


図-21 タイヤ近接音測定結果

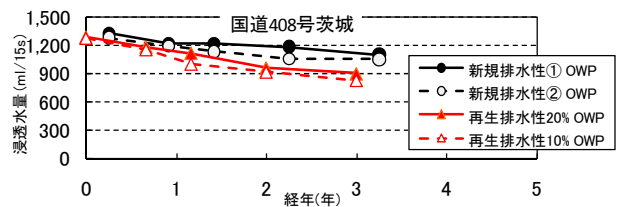


図-22 現場透水量測定結果

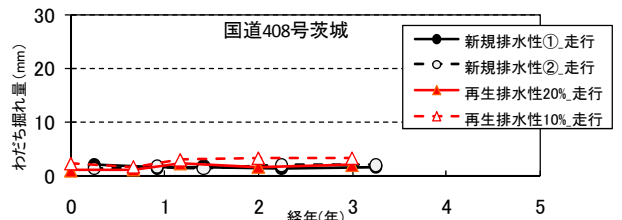


図-23 わだち掘れ量測定結果

4. まとめ

本研究の結果、以下のことがわかった。

- 圧裂係数と再生混合物から回収したアスファルトの針入度には高い相関があり、圧裂試験により再生アスファルトの品質評価が可能であると考えられる。
- 圧裂係数により再生用添加剤の添加量や再生アスファルト量を決定することが可能で、再生混合物の配合設計を行うことが出来る。
- 繰り返し再生を考慮した場合には、再生骨材配合率は低い方が望ましい。
- 再生混合物の動的安定度は、新規混合物に比べ小さくなる傾向があり、再生混合物の評価項目に動的安定度を加える必要があると考えられる。

- 直轄国道における再生排水性舗装の追跡調査では、施工後 3～4 年目までの調査結果から判断すると耐久性に劣るなどの問題は生じていない。
- 排水性舗装発生材と通常の密粒系舗装の混合発生材を再生利用した試験舗装において、供用 3 年目までの性能に問題はみられなかった。

本研究の残された課題は以下の通りである。

- ① 繰り返し再生骨材の品質管理および分別回収方法
- ② 再生混合物の品質に応じた設計法など適切な活用方法(改質アスファルト混合物相当とする場合など)
- ③ 再生排水性舗装などの長期的な耐久性の継続確認

参考文献

- 1) 日本道路協会、「舗装設計施工指針(平成 18 年版)」、平成 18 年 2 月
- 2) 日本道路協会、「舗装再生便覧」、平成 16 年 2 月
- 3) 日本道路協会、「舗装調査・試験法便覧」、平成 19 年 6 月