

IV-10 改質アスファルトの再生利用に関する研究

研究予算：運営費交付金（道路整備勘定）

研究期間：平 10～平 14

担当チーム：舗装チーム

研究担当者：吉田 武、新田 弘之、寺田 剛

【要旨】

本件は、耐流動対策や排水性舗装などに用いられる改質アスファルトの再生利用方法について検討を行ったものである。改質アスファルトはアスファルトにゴムや熱可塑性樹脂などを添加して製造されたものであり、再利用する場合はこれらの添加剤の影響をよく把握した上で利用することが重要である。この添加剤の影響により、これまでのストレートアスファルトのための試験法や配合設計をそのまま使用できない可能性もあるため、リサイクルする場合の特性や配合設計のための考え方について調査した。

その結果、改質アスファルトを含有した再生骨材は密粒度タイプの混合物には概ね問題なく再利用でき、通常の再生骨材よりもよい性状を示すことが多いことが分かった。しかし、開粒度タイプの混合物に使用する場合、配合設計が難しく、性状のバラツキも大きくなる可能性が高いことが分かり、このような混合物に再利用する場合は添加量を少なくする必要があることが分かった。

キーワード：リサイクル、改質アスファルト、排水性舗装、再生骨材

1. はじめに

近年、耐流動性舗装や排水性舗装のようにバインダとして改質アスファルトを使用した舗装が増えており、今後これらが舗装発生材の再生利用が予測される。しかし、現在は改質アスファルトに含まれる改質材の劣化特性や再生利用した場合の諸性状への影響など不明な点が多く、再生利用方法が確立していないのが現状である。また、改質アスファルトは元々高性能なアスファルトとして使用されており、再生利用の際にも高い性能を利用できる可能性もあり、改質アスファルトの再生特性を解明し、適切な

再生利用方法を確立することが求められている。

そこで、改質アスファルトを含む再生骨材を通常の再生骨材と同様に扱った場合の問題点および適切な配合方法についても検討した。

2 改質アスファルト再生利用における課題

改質アスファルトを含む再生骨材を用いて再生混合物を製造する場合、通常の再生骨材と同様に行うと、図-1に示すように配合設計の各段階での技術的課題がある。また、改質アスファルト再生混合物の供用性状も分かっていない。このため、それぞれ

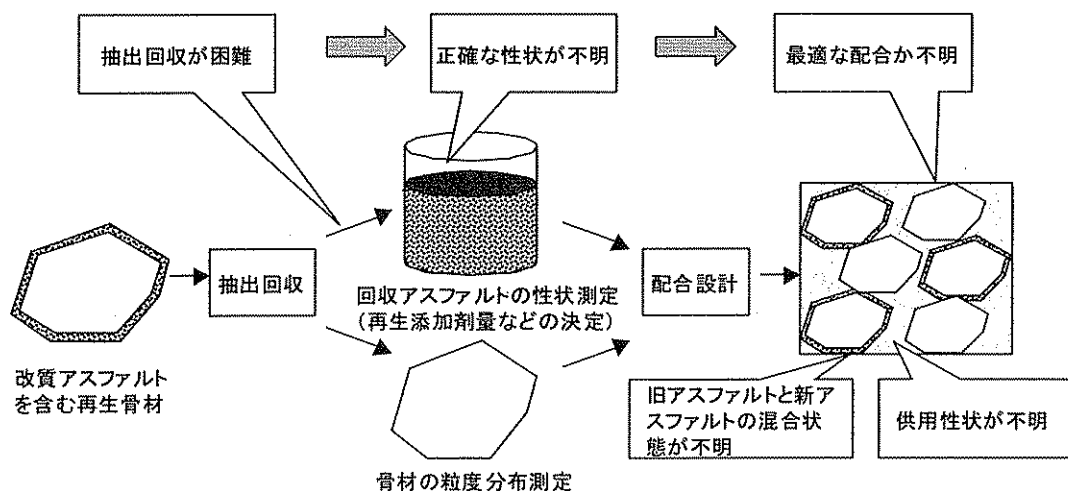


図-1 改質アスファルト再生混合物の配合上の課題

の段階での課題解決が必要である。

さらには、工事により発生したアスファルト塊は、再生プラントに持ち込まれ、破碎・分級され再生骨材になるが、このとき改質アスファルトであるかどうかを見分けることはできず、同じストックヤードに保管されるため、他のアスファルトと混合されることが多い。また、表層を改質アスファルト、基層をストレートアスファルトとした舗装も多く、工事では表層と基層を同時に切削するため、アスファルト塊の状態では改質アスファルトとストレートアスファルトが混合されている場合も多い。このため、このような混合された状態を考慮した再生法も必要である。

3. 抽出回収の検討

通常の再生混合物の配合設計に実施するアブソン抽出・回収が、改質アスファルト再生骨材にも適用できるかどうかについて検討を行った。改質アスファルトは、メーカー、グレード等の異なる10種類（Ⅰ型：2種類、Ⅱ型：4種類、高粘度：4種類）を用いた。実験では、混合物からの抽出・回収を行い性状測定するとともに、混合物作製時の影響を除くためにアスファルトのみで抽出・回収を行ったものも性状測定した。

表-1に骨材抽出率の結果を示す。ろ過時のフィルター分の損失により100%未満になるものやアスファルトが骨材に付着して抽出が不十分になり100%を超えるものがでた。特に改質Ⅱ型のB-1~4と高粘度改質のC-1は目視でもアスファルト分が骨材表面に付着しており、トリクロロエチレンを用いたアブソン抽出では改質アスファルトが完全に抽出できないことが分かった。

回収した改質アスファルトの性状を測定した針入度を図-2に示す。加熱劣化を与えていない原アスファルトを回収したのも性状の変化が見られる。こ

表-1 骨材抽出率

試料名		骨材抽出率(%)	アスファルト付着有無
改質Ⅰ型	A-1	99.79	なし
	A-2	99.52	なし
改質Ⅱ型	B-1	100.06	有り
	B-2	100.1	有り
	B-3	100.44	有り
	B-4	100.03	有り
高粘度改質	C-1	100.51	有り
	C-2	99.7	なし
	C-3	99.76	なし
	C-4	99.6	なし

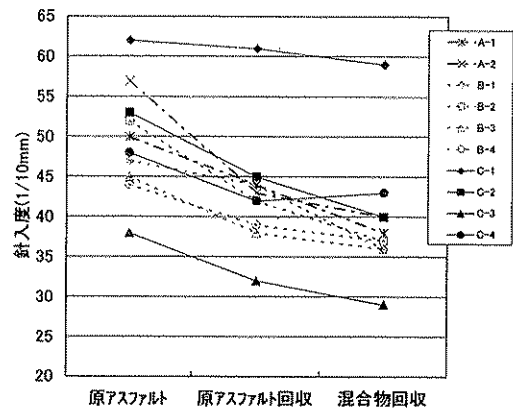


図-2 針入度

の他の性状も変化があり、再生骨材から回収した改質アスファルトは抽出回収の課程で性状変化を起こしている可能性があることがわかった。従って、改質アスファルトの性状を抽出回収により正確に把握することは難しいことが分かった。

4. 旧アスファルトと新アスファルトの混合性についての検討

旧アスファルトと新アスファルトの混合状態を見るために、まず着色した再生骨材を作製し、これを使って再生混合物を作製し断面を観察した。着色した再生骨材を作るために、まず改質Ⅱ型相当の脱色

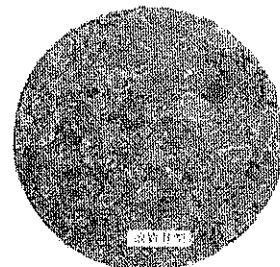


写真-1 改質再生混合物の断面
(旧アスファルトが改質アスファルトⅡ型の場合)

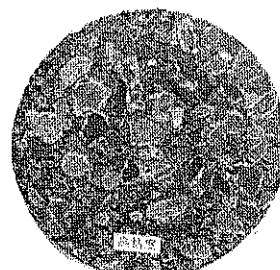


写真-2 改質再生混合物の断面
(旧アスファルトが高粘度改質アスファルトの場合)

バイндаを用いた密粒度アスファルト混合物および高粘度改質アスファルト相当の脱色バイндаを用いた排水性混合物を作製した。これを促進劣化させたのち、破碎して再生骨材とし、配合設計を行い、再生密粒度アスファルト混合物を作製した。

断面の写真を写真-1, 2に示す。淡色の部分が旧アスファルトである。改質Ⅱ型、高粘度改質のいずれも再生骨材の周りに旧アスファルトが残留している様子がわかる。特に高粘度改質は新アスファルトとあまり混合していないことが分かった。

5. 再生密粒度混合物への利用

5.1 方法

改質アスファルトを含む再生骨材の使用による再生密粒度混合物の性状へ与える影響について検討を行った。再生密粒度混合物の作製に当たっては、改質再生骨材を通常の再生骨材と同様の方法で配合設計を行い用いた。なお、改質アスファルトは、回収や新アスファルトとの混合性に課題があるものの、これを無視して検討を行っている。目標針入度は70になるように再生添加剤を用いて調整し、新アスファルトにはストレートアスファルト60-80を用いた。

表-2 各種改質再生混合物の配合率 (%)

	改質アスファルトⅡ型-1 改質アスファルトⅡ型-2			高粘度改質アスファルト			
	再生骨材	10%	30%	45%	10%	30%	45%
アスファルト量%	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	
新 材	6号碎石	33.3	25.9	20.3	29.3	13.9	2.3
	7号碎石	18.9	14.7	11.6	20.2	18.6	17.4
	粗目砂	32.4	25.2	19.8	35.0	33.1	31.7
	石粉	5.4	4.2	3.3	5.5	4.4	3.6
再生骨材	10.0	30.0	45.0	10.0	30.0	45.0	

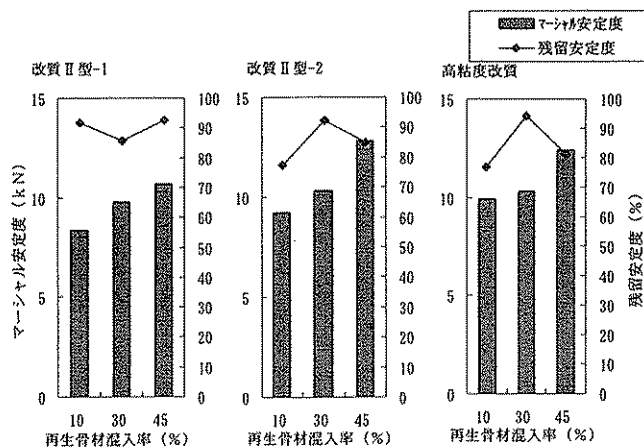


図-3 マーシャル安定度試験の結果

ったため、これを最大として、10, 30, 45%とした。検討を行った改質再生混合物の配合を表-2に示す。

5.2 結果

(1) 改質再生混合物の性状

① マーシャル安定度試験

図-3にマーシャル安定度試験の結果を示す。どの改質アスファルトの場合も再生改質骨材の混入率が増えると安定度が大きくなっている。一方、水に対するはく離抵抗性を示す残留安定度は、混入率が増えると低下するものもあった。この結果、再生改質骨材の混入はあまり多すぎない方がよいことが分かった。

② ホイールトラッキング試験

図-4に、改質再生骨材の混入率を変化させた場合のホイールトラッキング試験の結果を示す。ホイールトラッキング試験では、再生骨材の混入率が増加するほど動的安定度(DS)が増大し、耐流動性が向上する傾向を示した。再生骨材混入率を変化させた混合物の目標針入度はほぼ同じであるのにもかかわらず、再生骨材の混入率が上昇するほどDSが増大しているのは、混入率の増加とともに改質材濃度が上昇したためであることが考えられる。

③ 曲げ試験

曲げ試験の結果を図-5, 6に示す。曲げ試験では混入率が増大しても曲げ破断強度はあまり変化していないものの、破断ひずみは減少しており、耐ひび割れ性が低下していると考えられる。これは、再生改質骨材の混入率が上昇するほど、旧アスファルトと新アスファルトとの混合が不十分な部分が増え、破断に対する抵抗力が減少しているためと考えられる。

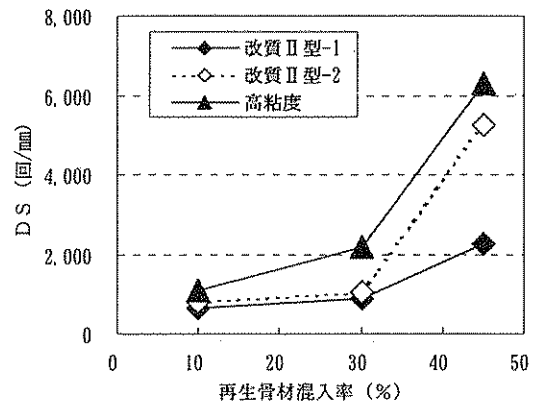


図-4 ホイールトラッキング試験の結果

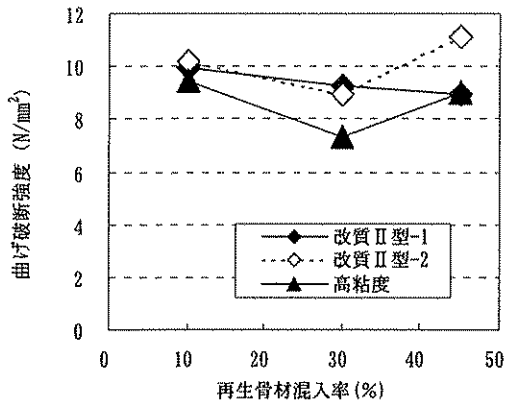


図-5 曲げ試験における破断強度

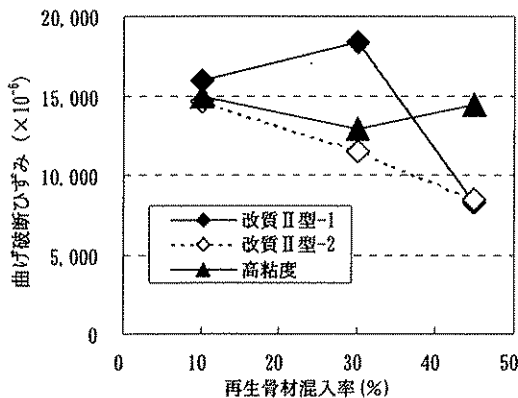


図-6 曲げ試験における破断ひずみ

6. 排水性舗装への利用

6.1 方法

排水性舗装からの再生骨材を排水性舗装に再利用する方法について検討を行った。排水性舗装への再生骨材の利用に当たっては、適切な配合設計方法がないため、最適アスファルト量の求め方を2種類とし、混合物の性状調査を行った。配合設計における最適アスファルト量の求め方は次の2つとした。

配合設計①：再生骨材のアスファルトモルタルを除去しないままダレ試験により最適アスファルト量を求める方法

配合設計②：再生骨材のアスファルトモルタルを除去して新材のときと同じ方法で最適アスファルト量を求める方法

なお、ダレ試験とは、排水性混合物が高温時に静的状態で保持しうる最大アスファルト量を求めるためのもので、通常の排水性混合物の配合設計に行われる。本試験性状が劣ると、合材運搬時に荷台に付着する、アスファルト膜厚が安定せず性状がばらつくなどの影響が出る。

6.2 結果

配合設計の違いにより、最適アスファルト量が異

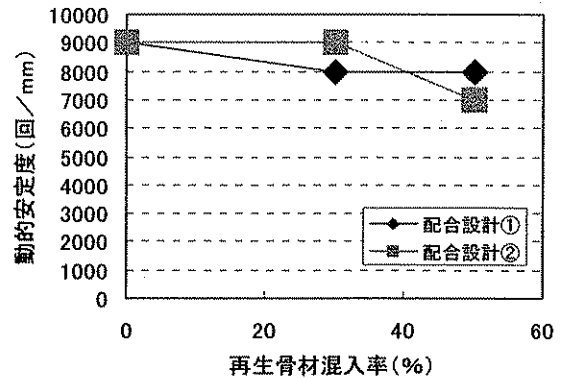


図-7 ホイールトラッキング試験の結果

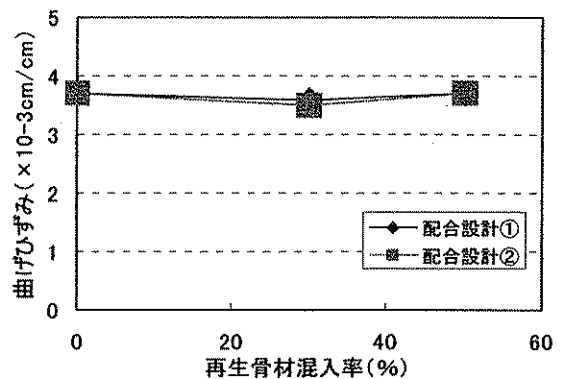


図-8 曲げ試験の結果

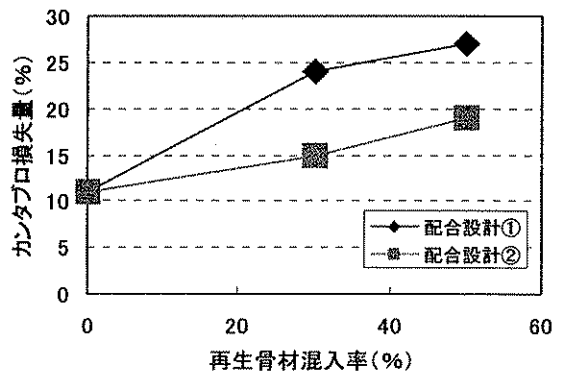


図-9 カンタプロ試験の結果

なり、配合設計①では再生骨材混入率 30%で 4.7%、50%で 4.5%、配合設計②ではいずれの場合も 4.9%となった。配合設計②は骨材の周りのアスファルト被膜の厚さが一定と仮定されており、新材と再生材で粒度分布が変わらない今回の場合では、再生骨材混入率が変わってもかわらない。これに対し、配合設計①は、再生骨材の旧アスファルトの上に新アスファルトが被覆する形になっていることを反映し、再生骨材混入率により最適アスファルト量が変わったものと考えられる。

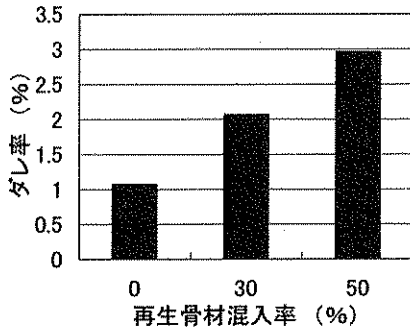


図-10 配合設計②のときのダレ率

排水性混合物の代表的な性状を図-7~9に示す。ホイールトラッキング試験の結果より、いずれの場合も高い耐流動性を示しており、再生骨材の使用で耐流動性には問題がないことが分かった。曲げ試験の結果にも特に影響が見られず、耐ひび割れ性にも大きな影響はないと考えられた。しかし、カンタブロ試験の結果では、アスファルト量が少ない配合設計①の損失量が大きくなっており、骨材飛散抵抗性が劣る傾向を示した。

一方、配合設計②は直接ダレ試験を行わずにアスファルト量を求めているので、ダレが懸念された。そこで、配合設計②でダレ試験を行った。結果を図-10に示す。再生骨材混入率が高くなるとダレ率が上がり、ダレが懸念される結果となった。

以上の結果より、再生骨材を使った排水性舗装は技術的に可能と考えられるが、最適な配合設計が必要と考えられる。配合設計は、再生骨材の骨材部分のみを用いて設計した場合の方が骨材飛散などの問題に対応できるが、アスファルト合材運搬時のアスファルトのダレが問題になる場合が想定されるため、再生骨材混入率に制限が必要と考えられた。

7. 再生プラントでの品質のバラツキに関する検討

7.1 再生骨材の判別

再生骨材は、ストレートアスファルトを含有したものか改質アスファルトを含有したものを判別することは難しい。しかし、再生骨材のより有効な利用のためには、簡単な方法で両者を判別できることが望ましい。そこで、これまで行った各種試験および文献で示されていた回収アスファルトの性状を調べ、判別を試みた。針入度・軟化点の関係を図-11に示す。図から、針入度と軟化点を知ることにより、旧アスファルトがストレートアスファルトか改質ア

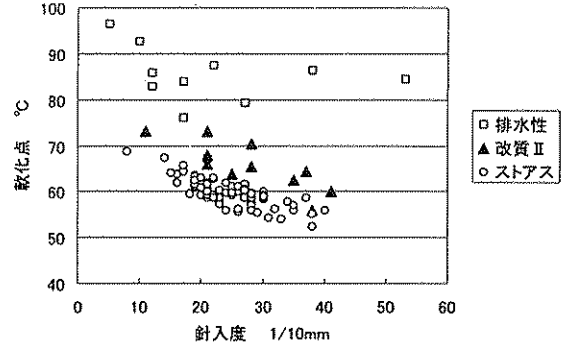


図-11 各種回収アスファルトの針入度・軟化点の関係

表-3 判別結果の例

針入度のみ				針入度と軟化点			
		判別された郡				判別された郡	
		不可	可			不可	可
真の郡	不可	8	4	真の郡	不可	9	3
	可	4	8		可	3	9
判別的中率: 66.7%				判別的中率: 75.0%			

スファルトであるかをほぼ判別できることが分かった。

また、改質アスファルト再生骨材とストレートアスファルト再生骨材が混在する場合について検討した。再生骨材利用の際は、アスファルトを抽出回収して針入度を測り、不適合再生骨材（不適：針入度<20）を排除している。しかし、改質アスファルト再生骨材とストレートアスファルト再生骨材が混入した場合、不適合再生骨材が判別できない可能性がある。そこで、このような場合に不適合な再生骨材をどの程度判別できるかを検討した。

実験は、劣化の程度の異なる改質アスファルトとストレートアスファルト（不適合アスファルトを含む）を混合して行った。一般的な性状（針入度、軟化点等）を測定し、これらの性状を用いて判別分析を行うことにより、不適合なアスファルトの混入の判別を試みた。

判別分析の結果の例を表-3に示す。針入度のみの場合と比べて、針入度と軟化点から判別した場合のほうが判別の中率の向上が見られた。他の組み合わせも検討した結果、2つの組み合わせであればほぼ同じ判別の中率となったが、多くの性状を用いても中率は向上しなかった。今回の検討では、針入度を用いたときの判別の中率と比べて非常に高い中率が得られる組み合わせは見いだせなかった。

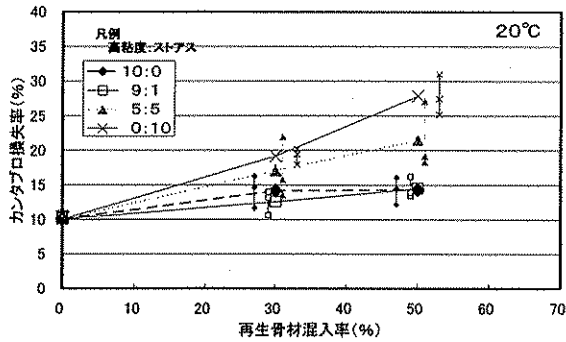


図-12 カンタブロ試験の結果

7.2 再生骨材の性状バラツキが再生排水性混合物に与える影響

再生骨材の排水性混合物への適用については、排水性舗装からの再生骨材であれば可能性が高いことは6.の検討で分かった。しかし、実際再生プラントで製造する場合、ストレートアスファルトを含む再生骨材が混入する可能性が高いことから、混入による再生排水性混合物への影響を検討した。

高粘度改質アスファルトを用いた排水性混合物から製造した再生骨材（図中：高粘度）とストレートアスファルトを用いた排水性混合物から製造した再生骨材（図中：ストアス）の比率と再生骨材の混入率を変えて試験した結果を図-12に示す。再生骨材混入率が高くなると混合物性状のバラツキが一様に大きくなり、特にストアスが混入した場合に顕著であった。従って、ストレートアスファルトが混入した場合を想定して、排水性混合物の再生骨材を用いる場合でも、再生骨材混入率を制限する必要があることが分かった。

8. 試験舗装および耐久性調査

土木研究所構内で発生した改質再生骨材を用いて改質再生混合物の試験舗装を行った。改質再生骨材としては、約3年経過した排水性舗装を切削したものを用いており、これを用いて13mmTopの再生密粒舗装とした。施工後は、大型車両を用いた促進載荷試験を行い、耐久性の調査を行った。

試験施工は、表-4に示すような配合の混合物を用いた。すなわち、高粘度改質アスファルトを用いた再生密粒度混合物（高粘度再生密粒）とその比較工区としてストレートアスファルトを用いた密粒度混合物および高粘度改質アスファルトを用いた密粒度混合物（高粘度密粒）とした。

促進載荷試験は土木研究所舗装走行実験場の中ル

表-4 骨材配合割合（旧アスファルト含む）

	密粒	高粘度密粒	高粘度再生密粒
アスファルト量%	5.7	5.6	5.6
新 材	6号砕石	37.0	37.0
	7号砕石	17.0	17.0
	粗目砂	26.0	26.0
	細目砂	15.0	15.0
	石粉	5.0	5.0
再生骨材	—	—	50.0

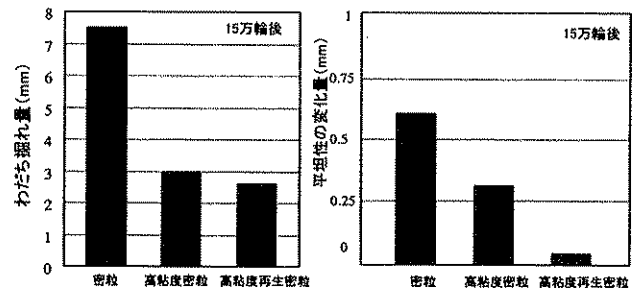


図-13 促進載荷試験における路面性状

ープの試験工区で、自動大型荷重車を走行させて行った。

試験舗装の施工は、通常密粒度舗装の施工と全く同じであり、特に注意する点はなく、ほぼ良好に行えた。

促進載荷試験における路面性状の一部を図-13に示す。15万輪走行後の路面性状をみると、わだち掘れ量では、高粘度再生密粒は、高粘度密粒と同程度であり、密粒よりも少なかった。平坦性の変化量では、高粘度再生密粒がもっとも小さく、良好な性状を示した。

9. まとめ

本研究により、以下のことが分かった。

- ①再生骨材中の改質アスファルトの性状は、抽出回収による把握は困難である。また、再生混合物中では旧改質アスファルトが新アスファルトと均等には混合していない。
- ②密粒度タイプの混合物に改質アスファルトを含む再生骨材を用いる場合は、①の問題はあるものの、現状の配合方法でも性状に悪い影響は見られなかった。
- ③開粒度タイプの混合物に改質再生骨材を用いる場合は、性状のバラツキ等の悪影響が想定されるため、添加量を制限する必要がある。
- ④プラントにおいて、不適合再生骨材に改質アスファルト再生骨材が混入した場合は、判別できない可能性がある。