

# 新たな評価指標に基づく低針入度アスファルトの有効利用に関する検討

交通工学研究室 笹島 大樹  
指導教員 丸山 暉彦  
指導教員 中村 健

## 1. はじめに

### 1.1 研究背景

再生アスファルト混合物を作製する際のアスファルトコンクリート再生骨材（以下、再生骨材）の品質は、「舗装再生便覧」に、旧アスファルト（以下、旧アス）の針入度が20以上と明記されている。近年、アスファルトコンクリート発生材を再生した、再生骨材の旧アスの針入度が低下傾向にある。その要因には、再生アスファルトの繰返し使用だけでなく、年々増加している改質アスファルトなどの新材料を含む再生骨材の混入が挙げられる。再生骨材の規格値はストレートアスファルト（以下、ストアス）を含む再生発生材を対象としたものであり、改質アスファルト発生材を含む発生材については、この規格値に適合しなくても利用価値があるとされている。しかし、再生骨材に改質材が含まれているかどうかの判断は困難であり、また、改質材を含む再生骨材の評価はほとんどされておらず、その利用価値については未知の点が多い。

### 1.2 研究目的

本研究では、旧アスのバイнда種にとらわれない新たな評価指標の検討を目的とする。

### 1.3 研究方法

本研究では、まず、再生混合物に残存する改質効果を検証することにより、劣化が進行し低針入度の改質アスファルトの再生における利用価値を調査する必要がある。実舗装で施工され処理場に集荷された発生材は、使用されているバイнда種類や劣化度が不明確であるため、再生混合物に残存する改質効果の検証が困難である。よって、本研究では、ケーススタディ的に再生混合物中に残存する改質効果を検証するために、促進劣化方法を用いて素性の明確な改質アスファルトを含む劣化混合物を作製した。その劣化混合物を再生骨材として使用し、劣化度合・配合率の異なる再生混合物を作製し、その物理性状と再生混合物から回収したアスファルトの性状

を評価することにより、改質アスファルトの経年劣化特性の再確認と同時に、劣化した素性の明確な改質アスファルトを含む再生骨材を使用した再生混合物の物理性状と、再生混合物中に残存する改質効果を検証した。また本来ならば、実舗装のパフォーマンスに直接反映できる混合物評価を指標とすることが合理的だが、実務を考慮するならば、現状と同様のバイнда試験において再生骨材の評価ができるのが望ましい。よって、再生混合物の混合物性状と再生に用いた旧アスのバイнда性状を比較検証することで、混合物評価から素材評価へのフィードバックを試み、現行に代わる新たな指標と、改質アスファルトを含む発生材の再生手法に関して提案する。そして、考案した指標の実用性を、実舗装より得られた素性の不明な発生材を用いて検証した。

## 2. 新たな評価指標の提案

### 2.1 荷重測定型伸度試験

新たな評価指標として荷重測定型伸度試験を利用した。この試験は、ロードセルを搭載した伸度試験機により、変位と荷重を測定することができるものである。なお、試験は、「舗装調査・試験法便覧」の伸度試験方法に準拠した。試験温度は15°C、試験速度は50mm/min、サンプリング間隔は200msで実施した。図1にストアス、改質アスファルト（以下、改質Ⅱ型）の荷重測定型伸度試験の結果を示す。

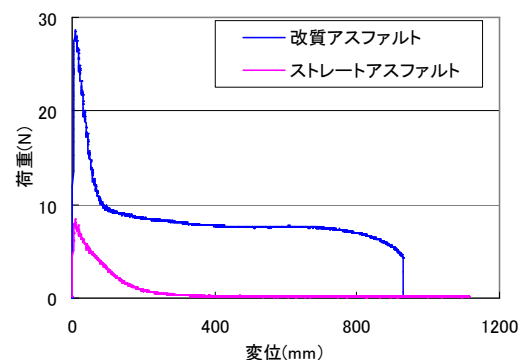


図1 荷重測定型伸度試験結果

図 1 より、改質Ⅱ型は、ストアスに比べ、荷重のピーク値以降も一定の荷重を残している。これがバインダの粘結力を表していると考えられている。

## 2.2 エネルギー値

ここで、再生骨材の旧アスが低針入度であることは、疲労抵抗性に大きく影響する。よって、再生を行う際にはこの疲労破壊抵抗性を十分に考慮する必要があるのだが、前述した粘結力が疲労破壊抵抗性に有効だとされている。これより、本研究では、荷重測定型伸度試験結果を基に、測定した変位と荷重のデータからピーク値以降を数値積分した値をエネルギー値とし、これを新たな評価指標として代替できないか検討した。

## 3. 再生混合物に残存する改質効果の検証

### 3.1 曲げ疲労試験

曲げ疲労試験とは、アスファルト混合物における繰り返し荷重を受けた場合の疲労破壊抵抗性を評価する試験である。試験は、「舗装調査・試験法便覧」に準拠した。300 $\mu$ のひずみ制御で、試験温度は15℃で実施した。

### 3.2 使用アスファルト及び再生骨材

再生骨材として使用した低針入度の改質アスファルト発生材は、新規混合物を促進劣化させ、性状が明確な状態のものを使用した。ローラーコンパクタで締め固めた新規混合物を、型枠ごと120℃の恒温槽内に所定の期間放置し、加熱促進劣化させる方法で作製した。また、再生アスファルト混合物を作製する際の新アスファルトはストアスを使用した。

### 3.3 再生アスファルト混合物の配合

検討対象とした再生アスファルト混合物は、改質Ⅱ型を使用した混合物をそれぞれ4日、8日、16日促進劣化させたものを再生骨材として使用し、それぞれ再生骨材配合率を20%、40%、60%として作製した再生密粒度アスファルト混合物(13)である。

表 1 に使用した再生骨材の針入度を示す。

表 1 再生骨材の針入度

劣化日数	4日	8日	16日
針入度 (1/10mm)	28	17	9

## 3.4 試験結果

図 2 に曲げ疲労試験結果を示す。試験結果より、改質アスファルト発生材であれば、針入度 20 未満であっても、ストアス新規混合物に比べ高い疲労破壊抵抗性を有する再生混合物を作製可能である。特に劣化日数 8 日、16 日の発生材については、針入度 20 未満であるため、現行の指標では再生不可能となるが、試験結果より十分再生可能な発生材といえる。これらを考慮できる指標を提案することにより、低針入度アスファルト発生材の有効活用に繋がると考えられる。

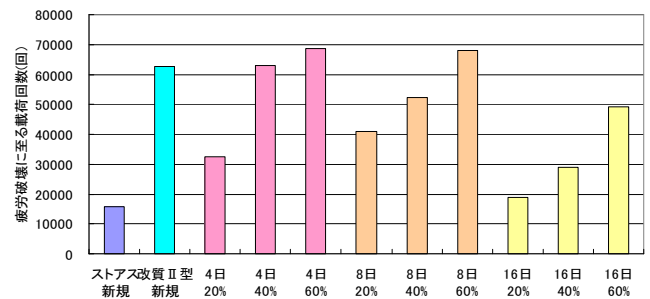
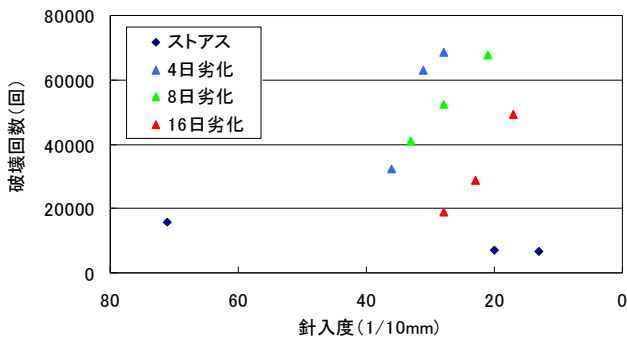


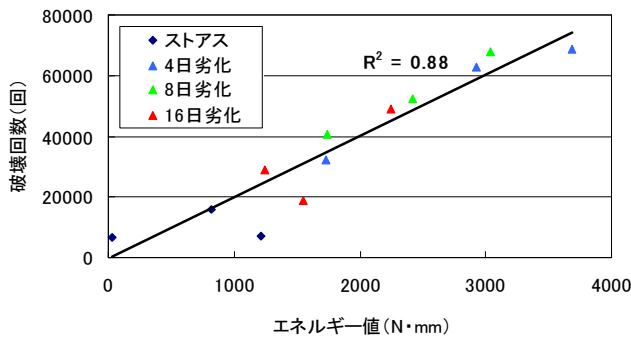
図 2 破壊に至る荷重回数の比較

## 4. 荷重測定型伸度試験による混合物評価

本研究では、再生混合物を作製する際、新材にストアスを用い、ストアス相当の混合物として再生している。ここで、ストアスを使用した新規、劣化混合物および新材にストアスを使用した再生混合物の混合物性状と各種混合物から回収したアスファルトの物理性状の関係を検討した。再生混合物は、再生骨材の劣化日数 3 種および配合割合 3 種の組み合わせ 9 パターンである。図 3 に混合物性状と回収したアスファルトの物理性状の関係を示す。



a) 針入度と破壊回数



b) エネルギー値と破壊回数

図3 混合物性状と回収したアスファルトの物理性状の関係

図3より、破壊回数とエネルギー値は高い相関関係があることがわかる。エネルギー値という指標は混合物性状に密接な関係があると考えられ、単純なアスファルトの硬さを表す針入度という指標よりも優れた評価指標であるといえる。バインダ種にとらわれず混合物性状を間接的に評価することが可能なエネルギー値は、現行の指標では正当に評価できない改質アスファルトの適切な再生手法においても有効であると考えられる。よって、このエネルギー値をアスファルトの再生手法における新たな評価指標として置き換えることが可能であるといえる。

## 5. 評価指標値の決定

図4にアスファルトの劣化に伴う針入度とエネルギー値の推移を示す。

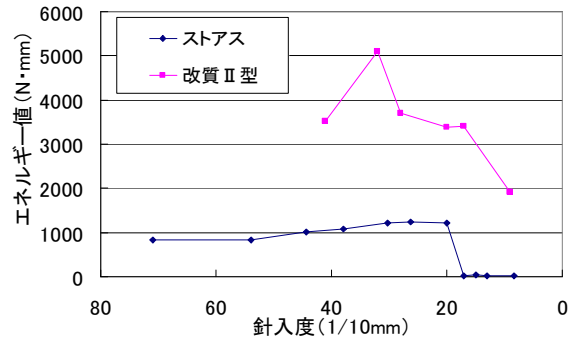


図4 劣化に伴う針入度とエネルギー値の推移

図4より、ストアスは針入度が20以下になると急激にエネルギー値が低下するが、改質II型は針入度が20以下になってもエネルギー値がストアスを下回ることにはなかった。また、改質II型は曲げ疲労試験による疲労破壊抵抗性評価から、低針入度であっても十分に再生可能であるため、改質II型と既存の評価指標である針入度20以上のストアス発生材が再生可能となるラインが新たな評価指標として考えられる。また、ストアス、改質II型ともにエネルギー値は一旦増加し、その後低下する傾向にある。よって、ストアスの針入度20のときのエネルギー値ではなく、新規のときのエネルギー値を有する旧アスであれば、ストアス相当の混合物として再生可能といえる。このときのエネルギー値800(N·mm)を新たな評価指標として選定した。

## 6. 評価指標の検証

新たな評価指標を、実舗装で使用された後に新潟県内の処理場に集荷された素性の不明な発生材において検証した。また、現行の指標である針入度を20まで低下させたストアス発生材を再生骨材とした再生混合物を比較対象とした。

### 6.1 荷重測定型伸度試験

まず、発生材中の旧アスのエネルギー値を算出するため、荷重測定型伸度試験を実施した。実舗装の発生材と針入度20まで低下させたストアス混合物から回収したアスファルトの性状値を表2に示す。

表 2 旧アスの性状値

再生骨材	実舗装	ストアス (4日劣化)
旧アス含有量 (%)	4.61	4.85
エネルギー値 (N・mm)	23	1213
針入度 (1/10mm)	12	20

実舗装の発生材中の旧アスは表 2 より、エネルギー値では 800 (N・mm) 未満である。これより、新たに設けた指標では再生不可能である。

## 6.2 混合物評価による検証

実舗装の発生材が再生可能な発生材であるかを、曲げ疲労試験において評価した。その試験結果を図 5 に示す。実舗装の発生材を再生骨材として配合割合 20%、40%、60%の 3 パターンの再生混合物を作製し評価した。

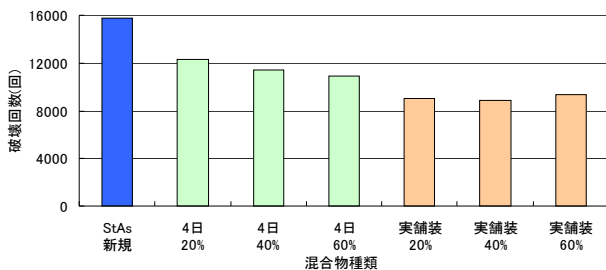


図 5 破壊に至る载荷回数

処理場から入手した発生材を再生骨材として用いた再生混合物は、針入度 20 まで低下しているストアス混合物を再生骨材として用いた再生混合物よりも曲げ疲労試験の破壊回数が小さくなっているのが分かる。このことから、今回の再生骨材は混合物性状においても最低限必要な性能を満たさなかったと考えられる。

## 7. まとめ

1. 改質アスファルト発生材であれば、低針入度の旧アスであっても、十分な疲労破壊抵抗性を有する再生混合物が作製可能である。
2. 針入度では、ストアスと高性能かつ低針入度の改質アスファルトを同様に評価できなかったが、荷重測定型伸度試験から得られたエネルギー値を用いることにより、ストアス、改質アスファルトを同様に

評価できる。高粘土などその他の新材料についてもバインダが所有するパフォーマンスを統括的に評価できる可能性があると推測できる。

3. 再生骨材の品質規格である針入度に比べ、エネルギー値は曲げ疲労試験における破壊に至る载荷回数と高い相関性が得られた。荷重測定型伸度試験を実施すれば、バインダ性状から再生混合物の混合物性状を間接的に把握することが可能である。

4. 新たな評価指標の規格値を、ストアス新規のエネルギー値 800(N・mm)とする。