

# 複合型再生用添加剤の配合と再生効果に関する研究

長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 ○安西 正明  
長岡技術科学大学 環境社会基盤系 正会員 高橋 修

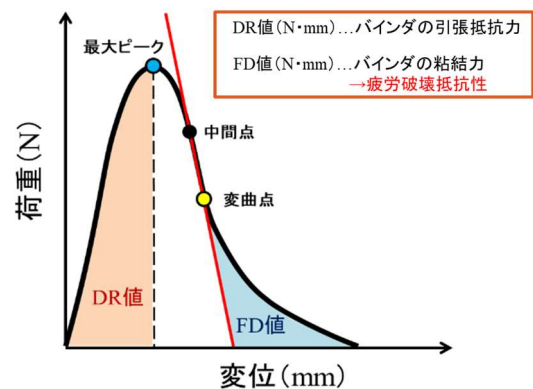
## 1. はじめに

産業廃棄物の縮減と資源の有効活用を目的に、我が国では、道路舗装の更新の際に発生したアスファルト廃材（以下、舗装発生材）を再生アスファルト混合物（以下、再生混合物）に再利用する取り組みが一般的に行われている。舗装発生材は中間処理施設で破碎分級され、舗装再生便覧<sup>1)</sup>の規定に基づいて品質が管理されている。品質基準を満足する舗装発生材は再生骨材として再生利用される。近年では、アスファルト混合物の全製造量に占める再生混合物の割合が70%を超えており<sup>2)</sup>、再生骨材の繰り返し利用が増加している。それに伴い、現在の品質基準を満足しない基準外再生骨材が増加している。

我が国におけるアスファルト混合物の再生は、再生骨材の旧アスファルトを設計針入度に調整する考え方に基いて実施されている。つまり、劣化して針入度が低下した旧アスファルトに再生用添加剤を浸透させて軟化し、針入度を新規アスファルトと同程度まで回復させる方法である。しかしながら、針入度が基準を下回って低下した旧アスファルトの再生骨材を使用した場合、その再生混合物は供用中にひび割れが発生しやすくなることが知られている<sup>3)</sup>、今後、基準外再生骨材の発生量が多くなり、その有効利用のニーズが高くなれば、旧アスファルトの性状を再利用できるレベルまで回復させることが必要になる。

本研究では、基準外再生骨材の旧アスファルト、すなわち再生基準を下回るレベルまで劣化したアスファルトに対し、再生用添加剤を活用して性状回復する手法について検討した。これまでの検討により、商用ベースの再生用添加剤のみの添加では、ひび割れ抵抗性に関わる性状を十分に回復できないことがわかっている。そのため本研究では、通常の再生用添加剤に補強用の高分子材料を更に加えた添加剤（以下、複合型再生用添加剤）を使用し、その性状回復効果を評価するとともに、性状回復手法としての妥当性について考察した。

図-1 FDT の評価パラメータの定義



## 2. 既往の研究と本研究の目的

本研究では、ひび割れ抵抗性に関わるアスファルトバインダの性能を Force Ductility Test（以下、FDT）によって評価し、その評価パラメータとして図-1に示すDR値とFD値で整理した。そして、既往の研究により、以下の事項が明らかになっている。

- 種々の劣化レベルのアスファルトに再生用添加剤を用いて設計針入度70に再生した場合、再生前の劣化アスファルトの針入度が小さいほどFD値が小さく、その再生混合物はひび割れ抵抗性が低かった。そのため、FD値はひび割れ抵抗性の評価パラメータとして適している。
- FD値はアスファルトの劣化程度や再生方法によって大きく変化し、針入度との相関性はほとんどない。そのため、針入度のみに着目した再生方法では、ひび割れ抵抗性を回復させた混合物の再生を行うことができない<sup>4)</sup>。

これらの理由から、既往の再生用添加剤を既往の方法で添加して再生した混合物は、ひび割れ抵抗性を十分に回復させることが不可能であると考えられる。そこで本研究では、改質アスファルトで実績のある高分子材料を再生用添加剤に更に加えた複合型再生用添加剤を用いることにした。本研究の目的は、基準を下回るレベルの劣化したアスファルトへの複合型再生用添加剤の改質効果を調査し、その有効性を評価す

るとともに、有効な高分子材料の種類と添加量について知見を得ることである。

### 3. 使用材料

#### 3.1 劣化アスファルトの作製

ストレートアスファルト 60/80 に対して、基準を下回るレベルの劣化アスファルト（以下、劣化アス）を作製するため、マントルヒーターを用いて新規アスファルト（以下、新規アス）の加熱促進劣化を行った。針入度が 15 程度となる劣化アスを作成することを目標に、温度が 180°C となるように新規アスを加熱し続けて養生し、養生時間を調整することで劣化の程度をコントロールした。事前検討により、概ね 28 日間の加熱養生で目標の劣化程度が得られることが予測できた。

促進劣化させる前の新規アス、および上記の要領で促進劣化させた劣化アスの基本性状として、針入度、軟化点、粘度、伸度の測定結果を表-1 に示す。粘度については二重円筒回転粘度計による結果であり、一般的なストレートアスファルトの混合温度である 150°C を試験条件とした。それぞれの評価試験は、舗装調査・試験法便覧の要領<sup>5)~8)</sup>に従って実施した。

表-1 各アスファルトの性状

評価項目	新規アス	劣化アス
針入度(1/10mm)	61	16
軟化点(°C)	49	67
粘度(150°C, mPa·s)	218.3	806.7
伸度(cm)	100+	3

#### 3.2 複合型再生用添加剤の作製

再生用添加剤としては、我が国で多くの地域で一般的に運用されているものを使用した。既往の再生用添加剤に添加する高分子材料は、性質の異なる 3 種類を使用した。これらの高分子材料は商品化されていないため、詳細については記述できないが、材料 A はゴム弾性を高めるために、材料 B は粘度の上昇を抑えて伸縮性を高めるために、材料 C は塑性変形により緩衝性を高めるためにそれぞれ開発されたものである。

再生用添加剤と高分子材料の混合は、マントルヒーターで温度制御を行い、180°C で 300 rpm 程度の回転羽根の速度で 2 時間、継続的に攪拌を行った。高分子材

料の添加量は、再生用添加剤に対する質量比で 5% と 10% の 2 パターンとし、添加量の違いによる性能回復の差異についても評価した。

#### 4. 複合型再生用添加剤による劣化アスの再生効果

複合型再生用添加剤の再生効果を比較するため、再生基準を下回る劣化アスに通常の再生用添加剤および複合型再生用添加剤を混合、添加し、その再生アスファルトに性状試験を行った。劣化アスに対する各再生用添加率の添加量は 10% と固定した。

再生アスファルトの性状試験は、表-1 に示した基本的なものに加えて、再生混合物のひび割れ抵抗性の評価法としてより適している FDT も実施した。以下の試験結果の表記では、通常の再生用添加剤のみを用いたものを「添加剤」と、複合型再生用添加剤を用いたものを使用した高分子材料の種類およびその混合割合、例えば「材料 A-5%」と表す。また、劣化を施していない新規アス、および再生用添加剤と混合していない劣化アスの結果についてもそれぞれ併記している。

##### 4.1 針入度試験の結果

図-2 に針入度試験の結果を示す。再生用添加剤のみを用いたものが最も針入度を上昇させており、高分子材料の混合量が多いほど針入度は低下した。また、加えた高分子材料の違いによる差異は確認できず、高分子材料を加えたために基材である再生用添加剤の量が減少し、針入度が低下したものと考えられる。このことから、ここで使用した高分子材料は、針入度に与える影響が少ないと考えられる。

##### 4.2 軟化点試験の結果

図-3 に軟化点試験の結果を示す。針入度試験の結果と同様に、再生用添加剤のみを用いたものが最も軟化点を低くさせた。高分子材料の量が多いほど軟化点は高い値となった。そのため、軟化点においてもここで使用した高分子材料は影響が少ないと考えられる。

##### 4.3 伸度試験の結果

図-4 に伸度試験の結果を示す。新規の状態での伸度は 100 cm を上回る値となったが、再生用添加剤のみを用いた場合でも伸度はあまり回復しておらず、材料 A-5% と材料 C-10% の複合型再生用添加剤を混合した場合で再生用添加剤のみの場合を上回る結果となっている。材料 A は少量であれば、材料 C は量が多いほうが

伸度は向上している。材料 B は混合割合の違いによる影響が小さく、伸度にはほとんど影響しない。

#### 4.4 粘度試験の結果

150°Cにおける粘度試験の結果を図-5 に示す。材料 B のみ添加量が 5%よりも 10%のものが粘度が低く、材料 B の開発コンセプトである粘度を上昇させない効果が発現している。また、材料 A と材料 C は混合割合が多いほど粘度は上昇しているが、上昇の程度はさほど大きくない。

#### 4.5 FDT の結果

図-6 に各アスファルトの DR 値を、図-7 に FD 値をそれぞれ示す。図-6 より、劣化により DR 値は著しく上昇しており、いずれの再生用添加剤を使用した場合も DR 値を大きく低下できることが確認できる。このことから、バインダの引張抵抗力は、高分子材料を加えた場合でも再生用添加剤のみと同等の再生効果を発現できると考えられる。図-7 より、劣化により FD 値はほぼゼロに近いほど低下しているが、材料 A は FD 値に対する再生効果がかなり高く、10%の添加では新規アスを大きく上回る結果となっている。材料 B においても、混合割合が多いほど FD 値の上昇を確認できる。しかし、材料 C は混合割合を増加させても FD 値は再生用添加剤のみの場合よりも小さい値である。これらのことより、バインダの粘結力、すなわちひび割れ抵抗性はゴム弾性を付与することにより、大きな回復効果を期待できると考えられる。

### 5. まとめ

本研究では、過度に劣化したアスファルトに対する複合型再生用添加剤の再生効果について、各種の力学的性状試験を実施して評価した。本研究によって得られた知見をまとめると以下のとおりである。

- (1) 針入度、軟化点において高分子材料の影響は少なく、再生用添加剤のみと同等の回復効果である。
- (2) 伸度、粘度については、高分子材料の効果により再生用添加剤のみとは異なる回復効果が得られる。
- (3) 再生用添加剤にゴム弾性を付与して再生を行うことで、アスファルトのひび割れ抵抗性を向上させることができる。

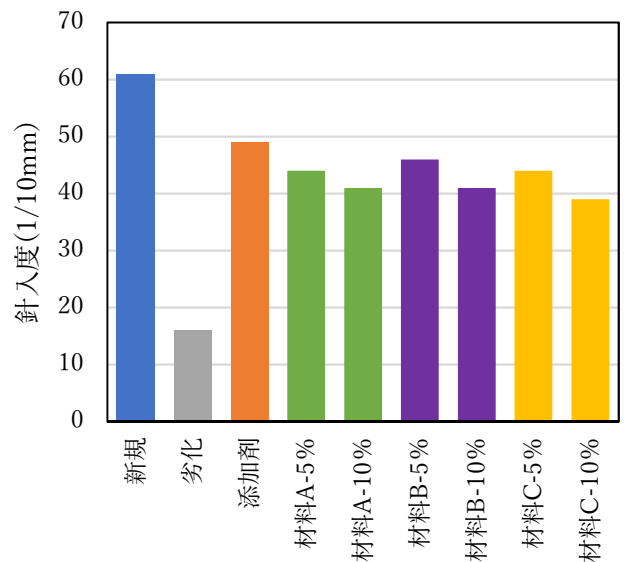


図-2 針入度試験の結果

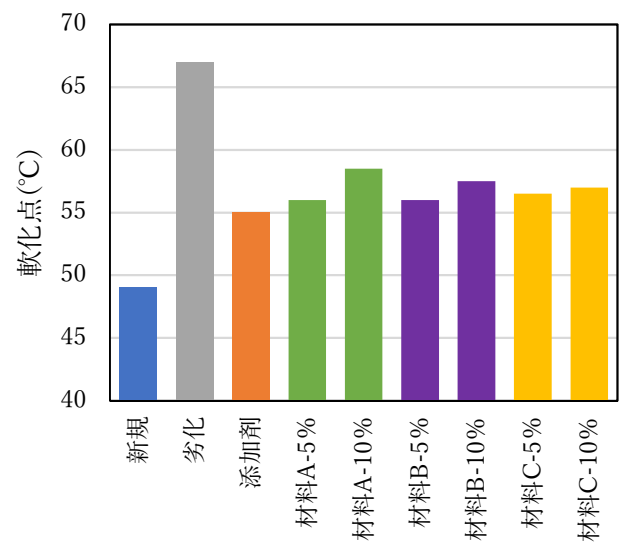


図-3 軟化点試験の結果

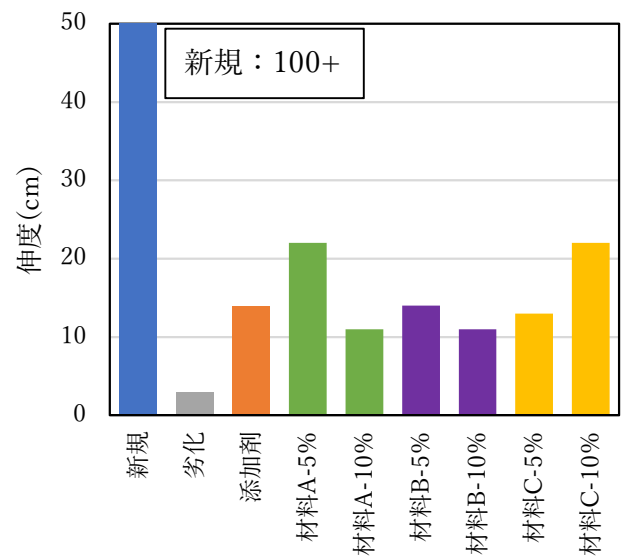


図-4 伸度試験の結果

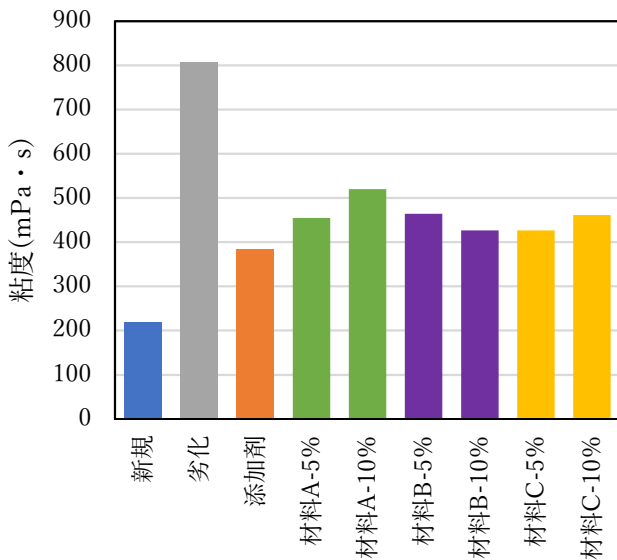


図-5 粘度試験の結果

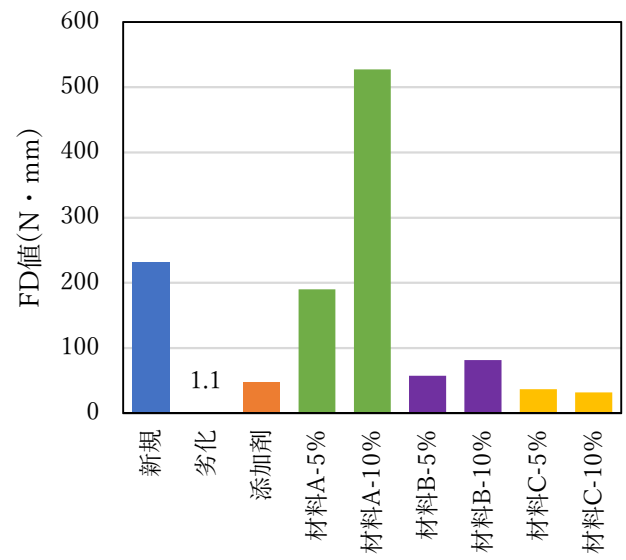


図-7 FDTでのFD値の結果

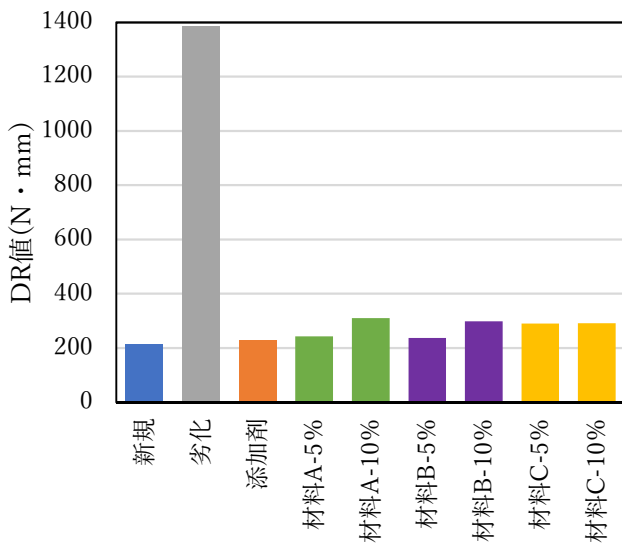


図-6 FDTでのDR値の結果

参考文献

- 1) 社団法人 日本道路協会：舗装再生便覧，2010.
- 2) 日本アスファルト合材協会：アスファルト合材製造数量，2020.
- 3) 一般社団法人日本道路建設協会：第7回道路技術シンポジウム道路建設における再生資源の有効利用，p.24，1992.
- 4) 山田智也：繰り返し再生を考慮した旧アスファルトの再生方法とその評価法に関する研究，長岡技術科学大学大学院工学研究科修士論文，2021.
- 5) (社)日本道路協会：針入度試験方法，舗装調査・試験法便覧 [第2分冊]，pp.145-155，2019.
- 6) (社)日本道路協会：軟化点試験方法（環球法），舗装調査・試験法便覧 [第2分冊]，pp.156-163，2019.
- 7) (社)日本道路協会：伸度試験方法，舗装調査・試験法便覧 [第2分冊]，pp.164-172，2019.
- 8) (社)日本道路協会：二重円筒回転粘度計による粘度試験方法，舗装調査・試験法便覧 [第2分冊]，pp.235-239，2019.