

# 劣化した改質アスファルトに対する再生用添加剤の性状回復効果の検証

長岡技術科学大学 環境社会基盤工学専攻 中村 健

## 1. はじめに

平成 22 年改訂の舗装再生便覧では、表・基層用再生加熱アスファルト混合物に用いる再生骨材は、針入度もしくは新たに導入された圧裂係数を用いた評価基準のいずれかを満たす必要がある<sup>1)</sup>とされている。これにより、比較的低針入度とされる改質アスファルト由来の舗装発生材に対する活路が見いだされた。しかし、再生用添加剤の添加量を求めるにあたっては、依然として旧アスファルト（以降、旧アス）の針入度と設計針入度に依存している。

バインダの軟化を目的とした一般的な再生用添加剤では、劣化した改質アスファルトにおける改質効果の回復に寄与しているかは不明である。そのため、針入度の回復のみに着眼して再生用添加剤を用いた場合、改質アスファルトを含む旧アスに対しては過剰な軟化を招き、再生混合物の品質低下に繋がる懸念される<sup>2)</sup>。そこで本研究では、再生用添加剤の使用に伴うバインダの性状変化と再生混合物の物性変化とを比較し、再生混合物の物性に立脚した再生用添加剤添加量の決定手法を提案することを目的に検討を行った。

## 2. 試験概要

本研究では、劣化および再生用添加剤を用いたことによるバインダの性状変化を荷重測定型伸度試験と針入度試験を用いて評価した。また、荷重測定型伸度試験より得られる指標値を再生用添加剤の添加量を定める指標に適用可能か検討し、その妥当性を検証するため再生混合物を模した供試体に対し曲げ疲労試験を実施した。

### 2.1 試験対象

試験に用いるバインダにはストレートアスファルト（以下、ストアス）とポリマー改質アスファルトⅡ型（以下、改質Ⅱ型）の 2 種類を採用し、劣化に伴うバインダ性状の変化を確認するため、後述の促進劣化を施した。再生用添加剤には、一般的な鉱物油由来の市販品を採用した。検証実験では、前述のバインダを旧アスに見立て新規材料と混合し、再生混合物を模した供試体を作製した。混合物種には、一般的な密粒度アスファルト混合物(13)を採用した。

### 2.2 促進劣化試験

経年劣化に伴うバインダ性状の変化を再現するため、マントルヒーターを用いた定温攪拌による促進劣化を各バインダに施した。試験温度は 180°C とし、2000cc を規定量としてマントルヒーターに設置したビーカー内で加熱攪拌する。予備試験の結果から得られた養生時間と針入度低下率を基に、養生時間 72h から 12h ごとに 144h までサンプリングを行った。

### 2.3 荷重測定型伸度試験

既往の研究では、多様化したバインダに対しその性状を包括的に評価すべく、荷重測定型伸度試験と二つの指標値が提案されている<sup>3)4)</sup>。荷重測定型伸度試験は、従来の伸度試験機にロードセルを搭載することで、バインダ延伸時の荷重と変位を求めることができ、タフネス・テナシテ

ィ試験より得られるグラフ形状に酷似した荷重-変位曲線が得られる。試験結果の一例を図-1、試験結果の模式図を図-2に示す。

指標値のひとつであるFD値は、当該バインダを用いた混合物の曲げ疲労試験結果との間に高い相関性を有することが報告されており、針入度20(1/10mm)に相当するストレートアスファルトのFD値50(N・mm)が基準値として提案されている。またDR値は、当該バインダを用いた混合物の圧裂係数との間に高い相関性を有することが確認されており、圧裂係数1.70(MPa/mm)に相当するDR値1250(N・mm)が基準値として提案されており、表・基層用再生加熱アスファルト混合物に用いる再生骨材の旧アスファルト(以降、旧アス)は、両指標値の基準を満たす必要があるとしている。

試験の実施にあたっては従来の伸度試験機試験法(舗装調査・試験法便覧A043)に準拠し、試験温度15°C、延伸速度は毎分50mm、サンプリングレートは200msとした。

## 2.4 曲げ疲労試験

供試体には前述の促進劣化に供したバインダ群を用い、骨材配合およびアスファルト量一定のもと「舗装調査・試験法便覧B018T」に準拠しておこなった。試験温度は5°Cと15°C、試験ひずみは300 $\mu$ 、载荷周波数5Hzのひずみ制御にて実施した。

## 3. 試験結果

### 3.1 促進劣化に伴うバインダ性状の変化

促進劣化に伴うバインダの針入度の変化を図-3に示す。針入度に関して、ストアスと改質II型とでは未劣化時における値が異なり、また劣化に対する感応性が異なることがわかる。FD値の変化を図-4、DR値の変化を図-5に示す。FD値に関しては、劣化に伴う低下が確認できるが、両者のバインダ間で未劣化時の値に大きな差異が確認でき、異なる特性を有することが確認できる。一方DR値に関しては、いずれのバインダにおいても劣化に伴う値の増加が確認できる。また、未劣化時におけるDR値に着目すると、いずれのバインダにおいても同程度の値を示している。

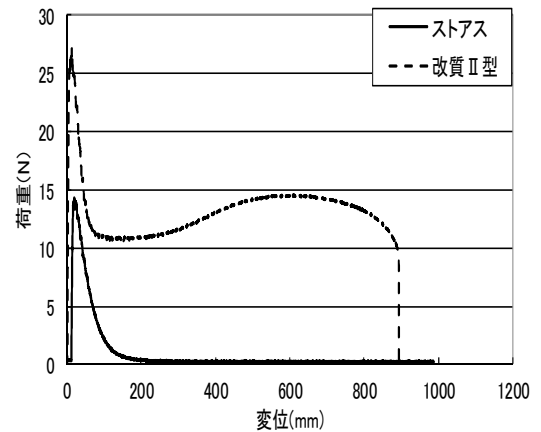


図-1 荷重測定型伸度試験結果の一例

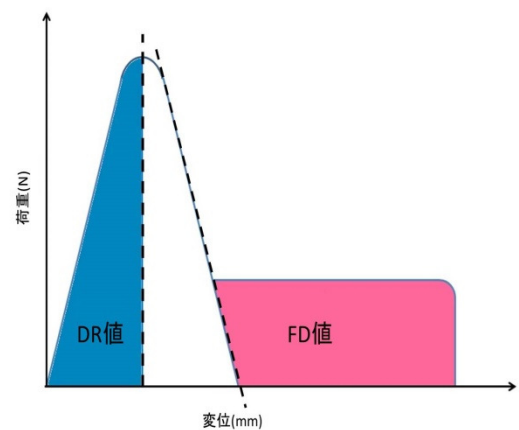


図-2 荷重測定型伸度試験結果の模式図

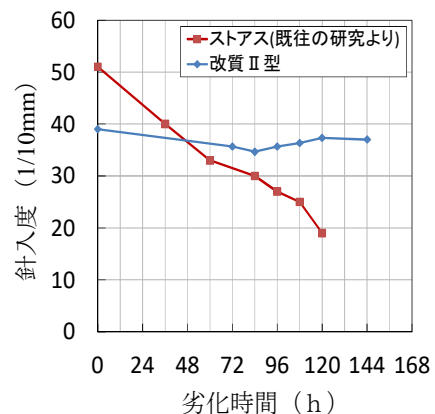


図-3 劣化に伴う針入度の変化

### 3.2 再生用添加剤の使用によるバイнда性状の変化

前述の劣化バイндаを旧アスに見立て、複数の配合条件下で新規アスファルトと混合したバイндаに対し再生用添加剤を添加した。再生用添加剤を用いたことによるバイндаのFD値と針入度の変化を図-6に示す。再生用添加剤はバイндаの軟化を目的としているため、再生用添加剤を用いたことによる針入度の回復は確認できたが、改質効果の回復は確認できず、FD値は低下することが確認できた。

再生用添加剤の添加量を決定するにあたり、従来の手法では、旧アスの針入度と設計針入度との関係から再生用添加剤の添加量が求められている(針入度調整)。しかし、レオロジー特性の異なるバイнда間では未劣化時の針入度に違いがみられ、劣化に対する感応性にも違いがみられる。そのため、設計針入度を50と設定した場合でも過度に軟化することが懸念される。そこで、未劣化時のDR値に相当する150(N・mm)を目標に、再生用添加剤を用いて軟化させた場合においては、過度な軟化および疲労破壊抵抗性の低下を抑えることができると考えた。この手法をDR値調整法と定義し、その妥当性を検証する。

## 4. DR値を用いた添加量の決定

### 4.1 DR値調整法を用いた添加量の決定

従来の針入度調整法とDR値調整法との間で、再生用添加剤の添加量および添加後のFD値を比較する。各調整法にて用いた添加量と指標値との関係を図-7、添加後のFD値を図-8に示す。なお、促進劣化にて108h養生したバイндаを対象とした。これより、DR値調整法では従来の針入度調整法と比較して添加量がおよそ半分となった。また添加量が少ないため、過度な軟化とFD値の低下が抑えられたことが確認できた。

### 4.2 各調整法と疲労破壊抵抗性との関係

各調整法に基づいて作製した再生混合物に対して曲げ疲労試験を実施し、その疲労破壊抵抗性を確認する。各混合物の破壊回数で比較すると、針入度調整を施した混合物では、再生前の状態より疲労破壊抵抗性が低下する結果となった。一方、DR値調整を施した混合物では、未劣化の混合物には劣るものの、再生前と同等の疲労破壊抵抗性を保持していることが確認できた。試験結果を図-9に示す。

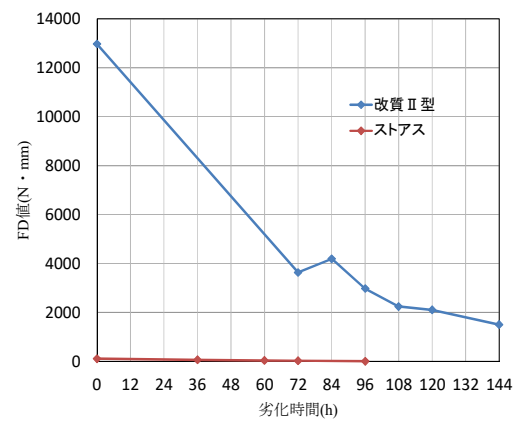


図-4 劣化に伴うFD値の変化

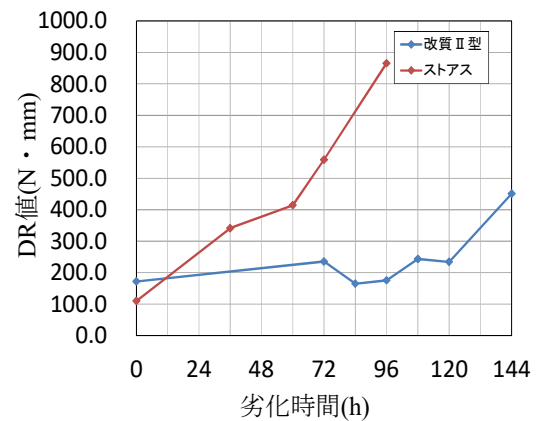


図-5 劣化に伴うDR値の変化

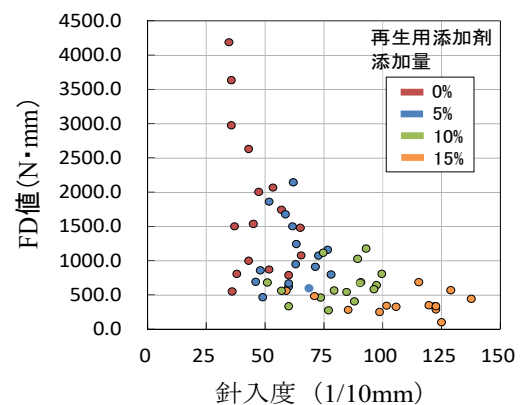


図-6 劣化に伴う針入度とFD値の変化

旧アス：改質Ⅱ型(劣化時間108h)

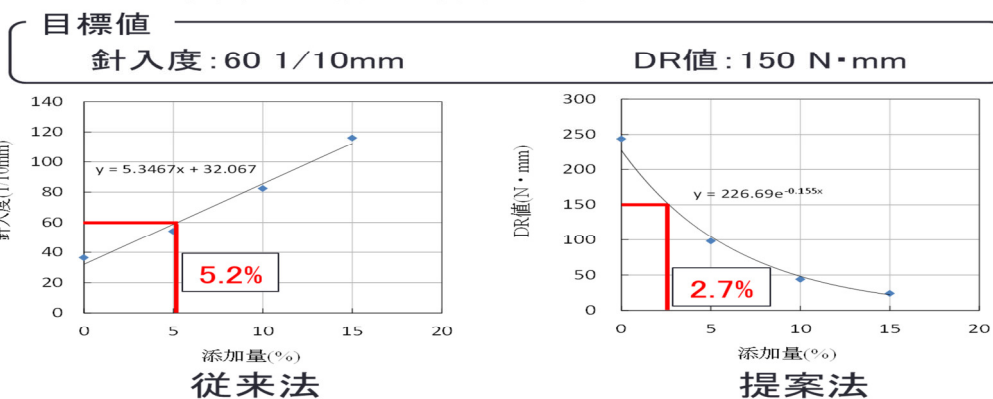


図-7 各調整法による添加量と指標値との関係

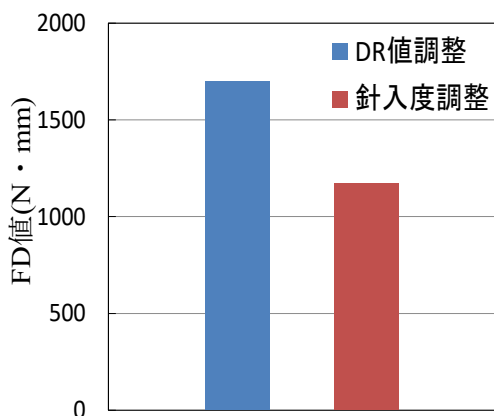


図-8 各調整法によるFD値の変化

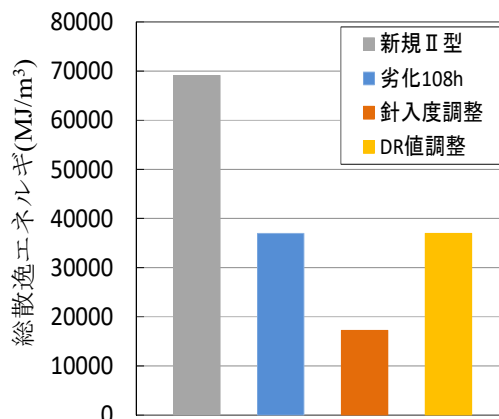


図-9 各調整法と破壊回数との関係

## 5. まとめ

本研究により得られた知見を以下にまとめる。

- 一般的な再生用添加剤は改質効果の回復に寄与しない。
- 従来針入度調整法では、改質アスファルトを含む旧アスに対しては過度な軟化を招き、疲労破壊抵抗性が損なわれる。
- DR値調整法では、旧アスに改質アスファルトが含まれる場合においても適切な添加量を求めることができ、過度な軟化と疲労破壊抵抗性の低下を抑えることができる。

以上より、DR値調整法を用いることで再生後の疲労破壊抵抗性の低下を極力抑え、適切な添加量を求めることができるとの結論に至った。

## 参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：舗装再生便覧，2010年11月，p.100
- 2) 社団法人日本道路協会：舗装再生便覧，2010年11月，p.13
- 3) 中村健，藤井政人：舗装，pp15-19，2011.4
- 4) 鈴木辰徳，中村健：第31回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文集，pp386-389，2013.11.4