

# 規格外再生骨材を配合したアスファルト混合物の再生方法とひび割れ抵抗性に関する研究

長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 交通工学研究室 栗林 将之

## 1. はじめに

アスファルト廃材から発生するアスファルト塊は、中間処理施設で粉砕された後に品質評価が行われて再資源化される。舗装再生便覧に記載されている規格を満たす再生骨材（以下、規格内再生骨材）は、新たに表・基層用のアスファルト資材として再利用される。我が国において、アスファルト混合物製造量に占める再生アスファルトコンクリート（以下、再生アスコン）の比率は、1990年代から急増し、近年では75%以上を維持しており、現在では再生混合物の使用が一般的となっている。恒常的に再生アスコンが利用される一方で、繰返し再利用される再生骨材の増加に伴い、現行の規格を下回る再生骨材（以下、規格外再生骨材）が増加している。しかし、再生骨材と需要と供給のバランスを考慮すると、規格外再生骨材を再生混合物の資材として使い続ける必要がある。

再生アスファルト混合物を製造する際は、再生骨材に付着する旧アスファルト（以下、旧アス）の針入度を回復する目的で再生用添加剤を用いる方法が主流である。しかし、再生用添加剤の繰返し利用は、旧アスの品質低下を促進することが知られている。そのため、再生骨材の品質低下の原因となる再生用添加剤を減量しつつ、規格外再生骨材を使用して再生アスファルト混合物を製造する方法として、本検討では、高針入度バインダの適用性について評価する。また、規格外再生骨材に関する既往の研究では、再生骨材の混入量に着目していたが、繰返し再利用を考慮した規格外再生骨材の再生方法に関する知見は得られていないのが現状である。

以上を踏まえて、本研究では、劣化程度の異なる2種類の規格外再生骨材を、新潟県内における再生骨材配合率の上限である30%配合し、高針入度バインダおよび再生用添加剤を使用して作製したアスコン供試体に対して直接引張試験を実施した。また、再生方法の違いによる再生バインダの力学性状についても比較するため、Force Ductility Test（以下、FDT）も行った。そして、配合の違いによる性能の差異について考察した。

## 2. 使用した再生骨材およびバインダの基本物性

本研究では、新潟県内のリサイクルプラントから規格外再生骨材を入手し、この再生骨材をそのまま使用するもの（以下、「劣化 軽」と気中養生によって48時間の加熱促進劣化を施してより劣化したもの（以下、「劣化 重」を用意した。さらに、これらの比較対象として、骨材粒度およびアスファルト

表-1 使用した再生骨材の物性

| 評価項目          | 規格内  | 規格外  |      | 規格値    |
|---------------|------|------|------|--------|
|               |      | 劣化 軽 | 劣化 重 |        |
| 針入度 (1/10 mm) | 31   | 12   | 7    | 20以上   |
| 圧裂係数 (MPa/mm) | 0.53 | 2.13 | 1.95 | 1.70以下 |

量が等しくなるように新規材料を調節した規格内再生骨材も準備した。使用した3種類の再生骨材の物性および品質規格値を表-1に示す。また、新規アスファルトバインダ（以下、新アス）には、標準的に運用されているStAs 60/80の他に、高針入度のものとしてStAs 80/100およびStAs 150/200を使用した。なお、再生用添加剤は新潟県内で標準的に運用されているものを使用した。

### 3. 直接引張試験によるひび割れ抵抗性の評価

#### 3.1 試験および評価方法

本研究では、再生アスコンのひび割れ抵抗性を評価するため、直接引張試験を実施した。本試験では、供試体の両端面に一定の速度で引張変位を与え、ひび割れ破壊に至るまでの応力とひずみを測定する。本試験において、ひび割れ発生時に計測される応力のピークを破壊応力とし、このときのひずみ値を破壊時ひずみと定義した。なお、本検討では、破壊時ひずみの大きさを変形作用に対する追従性の高さとみなし、ひび割れ抵抗性を評価した。

#### 3.2 試験結果および考察

##### 3.2.1 StAs 80/100 を新アスに使用した試験結果

高針入度である StAs 80/100 を新アスに使用し、再生用添加剤を 0～15 % の範囲で 5 % 毎に使用した供試体で行った試験結果を図-1、図-2 に示す。

再生用添加剤の添加量が増加するほど、破壊応力は小さくなり、破壊時ひずみは大きくなっている。また、「劣化 軽」の破壊時ひずみにおいて、添加量 10 % と新規アスコンで同程度であり、かつ添加量を 5 % 毎に変化させた場合の差異も小さい。したがって、StAs 80/100 と再生用添加剤を併用することで、規格外再生骨材を配合したアスコンの変形作用に対する追従性を向上できると考えられる。その一方で、「劣化 重」を使用した場合、添加量が 10 % と 15 % で破壊応力、破壊時ひずみともに同等であり、再生用添加剤の効果がほとんど発揮されていない。再生用添加剤の過度な使用は、再生骨材の品質低下に繋がることが知られているため、使用の際は添加量に留意する必要があるといえる。

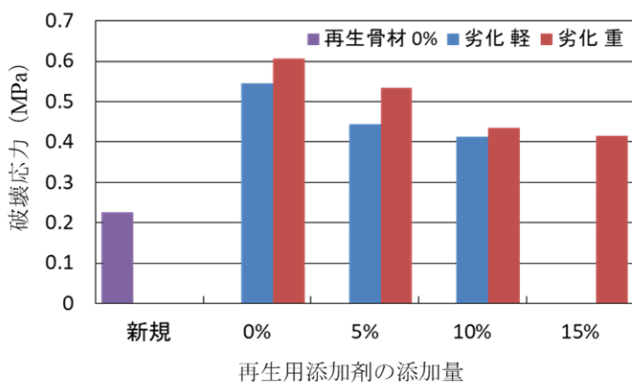


図-1 添加量-破壊応力の関係

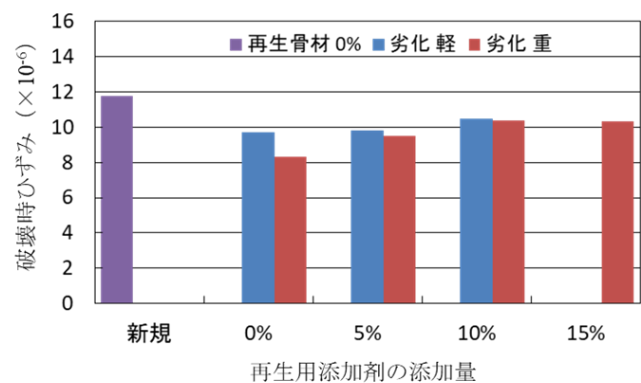


図-2 添加量-破壊時ひずみの関係

##### 3.2.2 StAs 150/200 を新アスに使用した試験結果

StAs 80/100 よりも針入度の高い StAs 150/200 を新アスに使用し、新規アスコンや規格内再生骨材を配合したアスコンと比較した結果を図-3、図-4 に示す。

規格外再生骨材に StAs150/200 を使用すると、再生骨材の劣化程度に関わらず、新規アスコンや規格内再生骨材を配合したものと同等の破壊応力、破壊時ひずみとなっている。したがって、再生が繰り返されて劣化が進行したような再生骨材であっても、StAs 150/200 を新アスに用いることで、再生用添加剤を併用せずに新規アスコンと同程度のひび割れ抵抗性が得られることが期待できる。

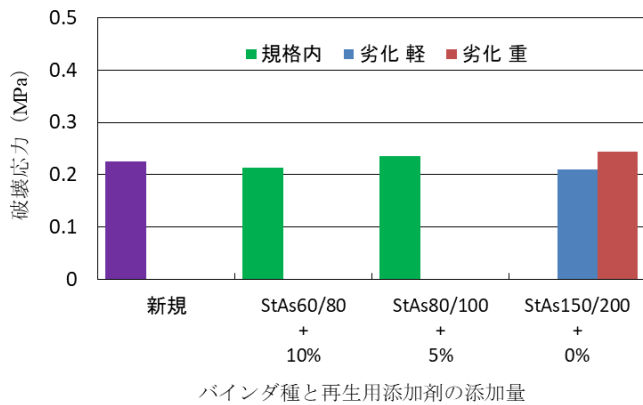


図-3 バインダ種-破壊応力の関係

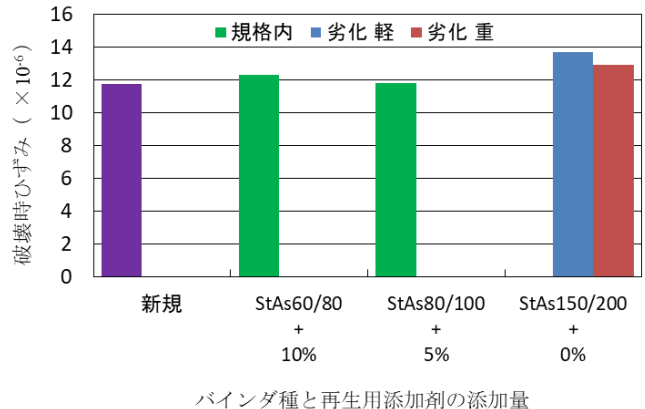


図-4 バインダ種-破壊時ひずみの関係

## 4. FDTによるバインダ性状の評価

### 4.1 試験および評価方法

本研究では、再生方法の違いによる再生バインダの力学性状を評価するため、FDTを実施した。本試験は舗装調査・試験法便覧〔第2分冊〕に記載されている伸度試験に準拠して行った。本試験では、供試体を1000mm伸長するか破断に至るまで延伸させ、バインダの変形抵抗性を示すDR値と粘結力を示すFD値で評価を行う。

### 4.2 試験結果および考察

#### 4.2.1 「劣化軽」を使用した混合バインダの試験結果

劣化程度が軽い規格外再生骨材を使用した試験結果を図-5に示す。いずれのバインダと添加量の組み合わせにおいても、新規アスと比較してDR値は大きく、FD値は小さくなっているものの、再生用添加剤を用いずにStAs150/200を使用した混合バインダがDR値、FD値ともに新規アスとの差異が最も小さくなっている。したがって、StAs150/200を用いて再生用添加剤の使用を控えることで、バインダ性状の低下を抑制できると考えられる。

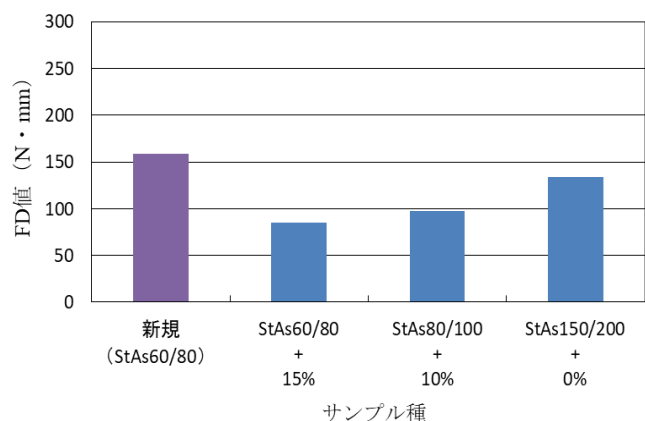
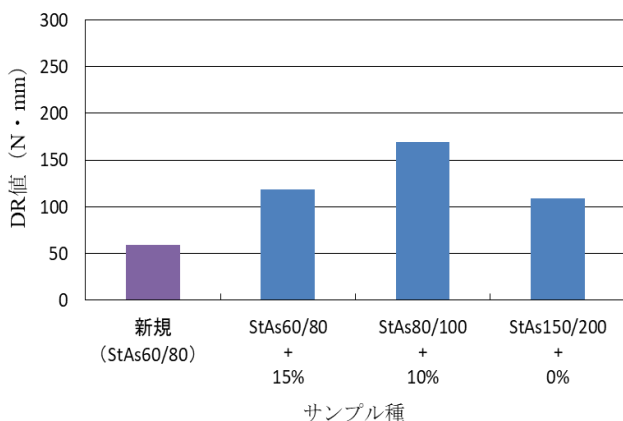


図-5 「劣化軽」を使用した混合バインダの試験結果 (左: DR値, 右: FD値)

#### 4.2.2 「劣化 重」を使用した混合バインダの試験結果

劣化程度が重い規格外再生骨材を使用した試験結果を図-6に示す。いずれのバインダと添加量の組み合わせにおいても、新規アスと比較してDR値は大きく、FD値は小さくなっているものの、先述の「劣化 軽」の試験結果と同様に、再生用添加剤を用いずに StAs 150/200 を使用した混合バインダが新規アスとの差異が最も小さい。一方で、StAs 80/100 を使用した混合バインダは、際立ってDR値が大きく、FD値が小さくなっている。したがって、高針入度バインダと再生用添加剤を併用する方法は、混合バインダの性状を低下させる傾向が認められる。

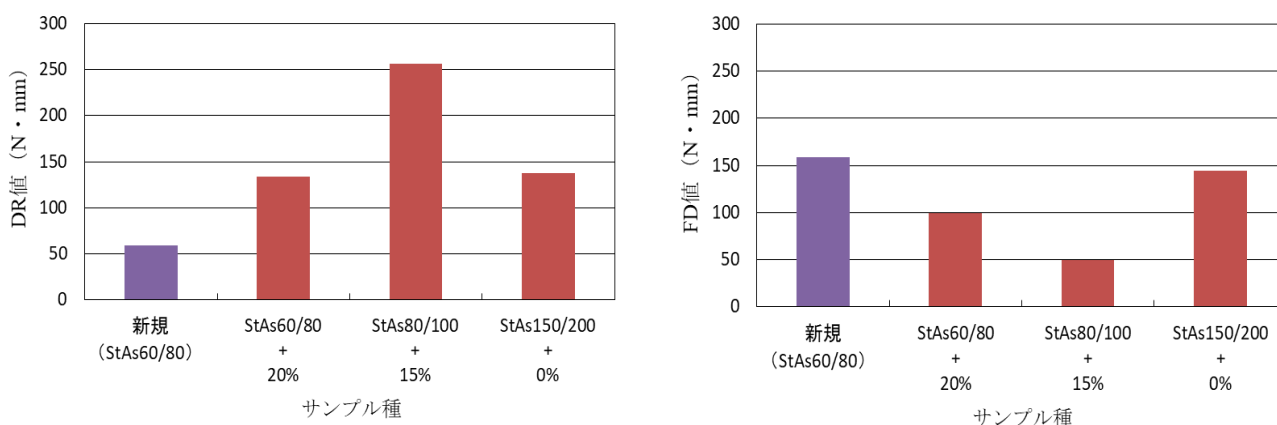


図-6 「劣化 重」を使用した混合バインダの試験結果 (左: DR 値, 右: FD 値)

#### 5. まとめ

本研究では、規格外再生骨材の繰返し利用に適する再生方法について知見を得るため、高針入度バインダおよび再生用添加剤を使用して作製したアスコン供試体に対して直接引張試験を実施した。また、再生方法の違いによる再生バインダの性状についても比較するため、バインダレベルでの評価試験も行い、配合の違いによる性能の差異を考察した。本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- ① 直接引張試験の結果、規格外再生骨材を配合したアスコンには、新アスに StAs 80/100 を使用すると、再生用添加剤の添加量を減らしても新規アスコンと同等の性能が得られる。また、著しく劣化が進行した再生骨材であっても、より軟質な StAs 150/200 を用いることで、再生用添加剤を併用せずに新規アスコンと同等の物性が得られることを確認した。
- ② FDT の結果、旧アスの劣化レベルに関わらず、StAs 150/200 を用いることで、新規の StAs 60/80 と同等の性状が得られる。しかし、アスコンレベルで効果がみられた高針入度バインダと再生用添加剤を併用する方法は、混合バインダの性状を低下させる傾向が認められた。
- ③ 規格外再生骨材に対して高針入度バインダを用いる方法は、再生用添加剤の添加量が抑えられ、アスコン物性およびバインダ性状ともに新規のものと大きな差異はない。したがって、規格外再生骨材に高針入度バインダを使用する方法は、繰返し利用に適する再生方法であり、再生用添加剤を添加する際には使用量に留意する必要があるといえる。