

# 規格外再生骨材を配合した再生アスファルト混合物の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

○栗林 将之

長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 正会員

高橋 修

## 1. はじめに

アスファルト舗装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、再資源化されるのが一般的である。舗装再生便覧<sup>1)</sup>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、新たに表層用あるいは基層用のアスファルト資材として利用される。しかしながら、近年では再生アスファルト混合物（以下、再生混合物）の使用が一般的となり、繰り返し再利用された再生骨材が増加している。そのため、再生骨材に付着する旧アスファルト（以下、旧アス）の品質低下に伴い、再生混合物の性能不足が懸念されている。現行の運用基準を満たさない再生骨材（以下、規格外再生骨材）は、今後において徐々に増加していくものであり、再生骨材の需要バランスを考えると、再生混合物の資材の一部として使い続ける必要がある。そこで本研究では、規格外再生骨材を配合した再生混合物の物性評価を行い、規格外再生骨材を既往の配合率で使用した場合の性能について確認するとともに、規格外再生骨材を使用する場合の配合上の改善点について検討した。再生骨材の繰り返し使用による品質低下の要因として、再生用添加剤の活用が指摘されている。北陸地方での再生骨材の混入率は30%が標準となっており<sup>2)</sup>、全国平均の47%に比べて少なめである。本研究では、混入率が30%であれば規格外再生骨材であっても、再生用添加剤の添加量を低下させることにより活用できないかどうかを検討した。

本研究では、最大骨材粒径20mmの密粒度アスファルト混合物（密粒20）に、規格内再生骨材および規格外再生骨材を、北陸地方における再生骨材配合率の上限である30%<sup>3)</sup>配合して供試体を作製した。これらの供試体を用いて直接引張試験を行い、再生混合物のひび割れ抵抗性について比較し、ここでは再生用添加剤の添加量を減らすために、高針入度のバイндаを使用し、その効用について着目した。

## 2. 使用した再生骨材の基本物性

本研究では、新潟県内のリサイクルプラントから採取した再生骨材、および既往の方法<sup>3)</sup>に準拠して自作した再生骨材を使用した。自作の再生骨材は、リサイクルプラントから採取した再生骨材の粒度および旧アス付着量とほぼ同じになるように調整した。リサイクルプラントから採取した再生骨材の品質がかなり低下していたため、再生骨材の要求性能を確実に満足するものが比較対象として必要なことから自作の再生骨材を用意した。また、再生が繰り返されて劣化が進行した再生骨材も必要であることから、採取した再生骨材にさらに加熱促進劣化（110℃で48hの気中養生）を施し、規格外再生骨材でも、より低品質のものも使用した。加熱促進劣化時の状況を写真-1に、再生骨材の物性を表-1に示す。再生骨材の品質規格については、舗装再生便覧に記載されている針入度と圧裂係数のどちらか一方が満たしている場合、規格内再生骨材となる。したがって、劣化時間0hと48hは現行の基準では規格外再生骨材となる。なお、旧アス付着量と微粒分含有量は満足していた。



写真-1 再生骨材の加熱促進劣化状況

## 3. 直接引張試験によるひび割れ抵抗性の評価

### 3.1 試験概要

本研究では、再生混合物を締め固めたアスファルトコンクリート（以下、再生アスコン）のひび割れ抵抗性を比較するため、力学的に最もシンプルな評価試験である直接引張試験を実施した。本試験は、標準化されているものではないが、研究レベルで多くの実績を有する試験である。なお、ここでのひび割れ抵抗性とは、変形作用に対する追従性を意味している。

直接引張試験では、40×40×240 mm の供試体の両端面に引張試験用治具をエポキシ樹脂系接着剤で貼り付け、一定の速度で引張変位を与える。試験状況を写真-2に、本試験の条件を表-2に示す。変位速度は1.0 mm/minとし、試験温度は、土木学会の研究によってアスファルトの劣化レベルと圧裂係数の間で最も高い相関を有する20℃とした。試験条件を表-2に示す。また、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。

### 3.1 直接引張試験の評価対象

本研究では、規格内再生骨材および劣化程度の異なる規格外再生骨材2種類を配合し、再生用添加剤および高針入度の新規アスファルトバインダ（以下、新アス）を使用して再生したアスコンのひび割れ抵抗性について検討した。

本試験では、新アスとして、ストレートアスファルト60/80（以下、StAs 60/80）、ストレートアスファルト80/100（以下、StAs 80/100）、およびストレートアスファルト150/200（以下、StAs 150/200）の3種類を使用した。また、再生アスコンに配合する再生骨材は、表-1に示した3種類とした。なお、再生用添加剤の添加量は旧アスファルト比（以下、旧アス比）の必要量とし、新アスの補填として考えた。

試験に用いた各再生骨材混入率に対する骨材粒度を図-1に示す。各配合における新アス投入量は、再生骨材に付着する旧アス量を考慮し、供試体ごとのアスファルト量がすべて等しくなるように決定した。

### 3.3 試験結果および考察

#### 3.3.1 再生骨材の劣化程度で比較した場合

再生骨材の劣化程度の違いでアスコンのひび割れ抵抗性を比較するため、規格内再生骨材および劣化

表-1 直接引張試験の試験条件

評価項目	自作	プラント採取		規格値
		劣化なし	48h劣化	
針入度 (1/10mm)	31	12	7	20以上
圧裂係数 (MPa/mm)	0.53	2.13	1.90	1.70以下

表-2 直接引張試験の試験条件

項目	条件
供試体寸法 (mm)	40×40×240
養生時間 (h)	5以上
試験温度 (°C)	20
載荷速度 (mm/min)	1.0



写真-2 直接引張試験の実施状況

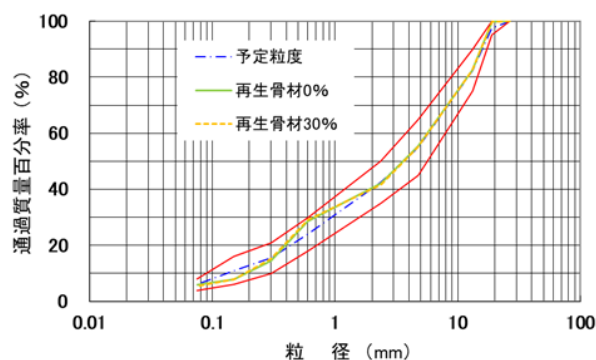


図-1 供試体の骨材粒度分布

程度の異なる2種類の規格外再生骨材を配合して行った直接引張試験の結果を図-2、図-3にそれぞれ示す。なお、新アスに使用したStAs 60/80とStAs 80/100には、新潟県内のリサイクルプラントで一般的に添加されている量の再生用添加剤を使用した。図-2より、破壊応力は、再生骨材の劣化が進行しているものほど値が大きくなっている。図-3より、破壊時ひ

ずみは、再生骨材の劣化程度が高いほど小さくなっている。これらの傾向は、新アスに StAs 60/80 および StAs 80/100 を使用したもので同様である。また、StAs 80/100 を使用したものは、StAs 60/80 を使用したものより再生用添加剤の添加量を減らしたものの、再生骨材の劣化程度が同等であれば、破壊時ひずみに大きな差異はない。

これらの結果より、劣化が進行した再生骨材を配合すると、破壊応力が大きくなり、劣化によって硬化した旧アスの影響で変形作用に対する追従性が低くなって、アスコン物性として脆くなってしまったと考えられる。

### 3.3.2 再生用添加剤の添加量で比較した場合

再生用添加剤の添加量の違いでアスコンのひび割れ抵抗性を比較するため、再生用添加剤を 0~15 % の範囲で、5 % 毎に使用した供試体を用いて実施した直接引張試験の結果を図-4、図-5 にそれぞれ示す。なお、本試験では、再生骨材は劣化時間 0 h と 48 h の 2 種類を使用し、新アスには StAs 80/100 を使用した。図-4 より、破壊応力は、再生用添加剤の添加量が増加するほど小さくなっている。また、図-5 より、破壊時ひずみは、再生用添加剤の添加量が増加するほど大きくなっている。このような結果は、劣化時間 0 h と 48 h の再生骨材を混入した再生混合物で同様の傾向となっている。

これらの結果を踏まえると、規格外再生骨材を配合した再生アスコンは、再生用添加剤によって再生をした場合、再生骨材に付着している硬化した旧アスの針入度が回復することで、アスコンの変形作用に対する追従性は向上すると考えられる。しかし、破壊応力、破壊時ひずみともに、添加量が 10 % と 15 % のものは値が同等であり、再生用添加剤の効果があまり発揮されていない。また、再生アスコンに対する再生用添加剤の過度な使用は、アスコン性能を著しく低下させることが一般的に知られているため、使用の際は留意する必要があるといえる。

### 3.3.3 新アスの種類で比較した場合

規格外再生骨材に StAs 150/200 を使用したアスコンのひび割れ抵抗性を、新規アスコンや規格内再生骨材を配合したものと比較するために実施した直接

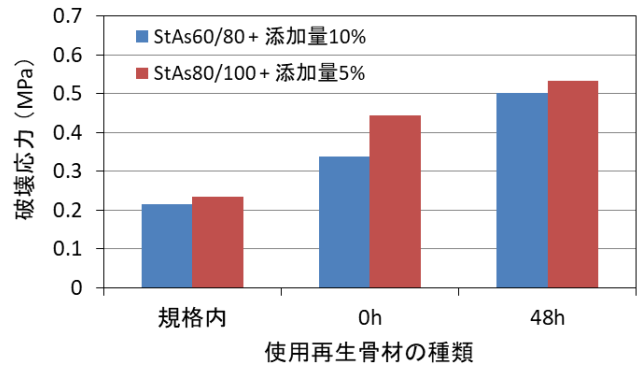


図-2 再生骨材の劣化程度と破壊応力の関係

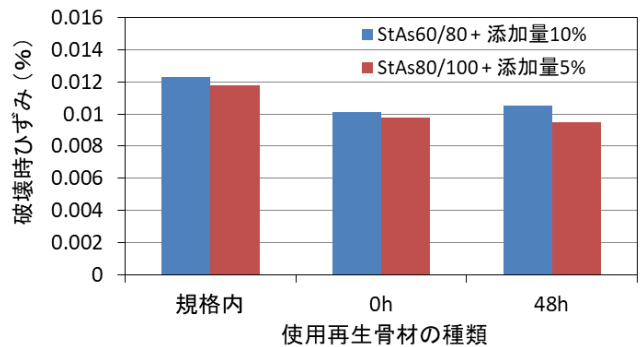


図-3 再生骨材の劣化程度と破壊時ひずみの関係

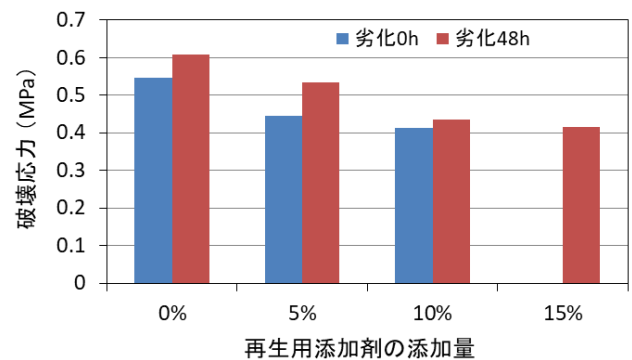


図-4 再生用添加剤の添加量と破壊応力の関係

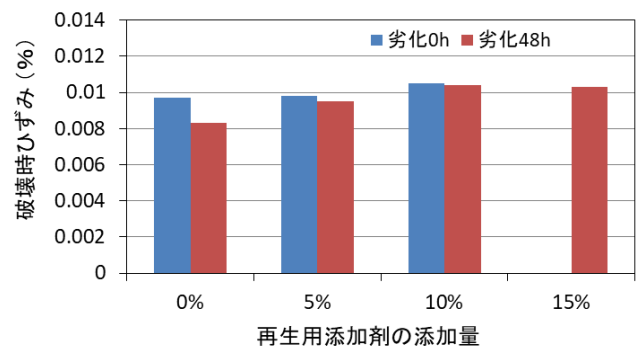


図-5 再生用添加剤の添加量と破壊時ひずみの関係

引張試験の結果を図-6、図-7 にそれぞれ示す。図-6 より、StAs 150/200 を使用したものは、再生骨材の劣化程度に関わらず、新規アスコンと規格内再生骨材

を配合したものと同等の破壊応力となっている。図-7より、StAs 150/200を使用したものは、破壊応力と同様に、新規アスコンと規格内再生骨材を配合したものと同等の破壊時ひずみとなっている。

これらより、規格外の再生骨材であっても、一般的に広く使用されている StAs 60/80 よりも針入度の高い StAs 150/200 程度のものを新アスに用いることで、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ひび割れ抵抗性を確保できることから、活用が可能であると考えられる。また、現行の規格から外れ、劣化が大幅に進行した再生骨材であっても、高針入度バインダを用いることで、再生アスコンの性能低下に影響を与える再生用添加剤を使用せずに、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ひび割れ抵抗性を担保できるものと期待される。したがって、高針入度バインダは、規格外再生骨材を30%程度配合した再生アスコンのひび割れ抵抗性を向上させる効果があるものと考えられる。

#### 4. まとめ

本研究では、再生用添加剤および高針入度バインダを使用した再生混合物に対して、直接引張試験を実施してひび割れ抵抗性について検討した。本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- (1) 規格外再生骨材を再生アスコンに配合した場合、規格内再生骨材を配合した場合よりも破壊応力は大きくなり、破壊時ひずみは小さくなる。劣化の進行した規格外再生骨材は、アスコンのひび割れ抵抗性を低下させる効果がある。
- (2) 再生用添加剤を使用してアスコンを再生した場合、破壊応力は小さくなり、破壊時ひずみは大きくなる。再生用添加剤は、添加する量に留意することで、アスコンのひび割れ抵抗性を向上させる効果がある。
- (3) 規格外再生骨材を配合した再生アスコンに高針入度バインダを使用した場合、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ひび割れ抵抗性を確保することができる。そのため、規格外再生骨材であっても、高針入度バインダを使用して再生することで、活用が可能になると考えられる。

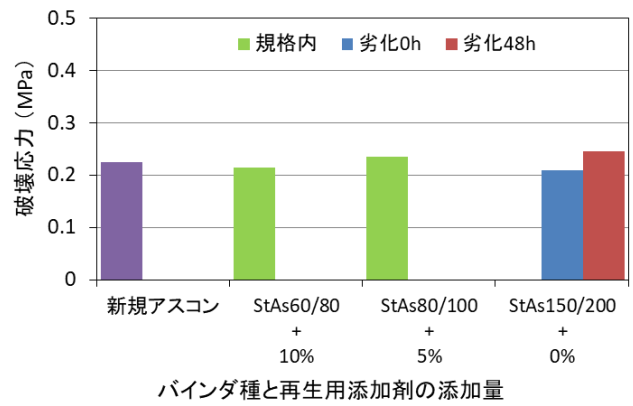


図-6 バインダ種と破壊応力の関係

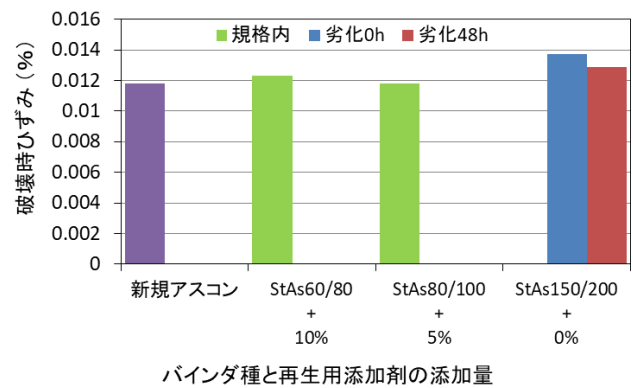


図-7 バインダ種と破壊時ひずみの関係

#### 参考文献

- 1) 社団法人 日本道路協会：舗装再生便覧，2010.
- 2) 国土交通省北陸地方整備局 設計要領（道路編）第8章，2012.
- 3) 独立行政法人 土木研究所ほか：アスファルト舗装の再生利用に関する共同研究報告書，pp7，2009.