

基準外再生骨材の再生アスファルト混合物への有効利用に関する研究

交通工学研究室 16107284 春川健太

1. はじめに

1980年代から再生アスファルト混合物の運用が本格的に開始された。全体のアスファルト混合物に占める再生アスファルト混合物の製造比率は年々増加し、近年では7割以上の高水準となっている。その一方で、繰返しの再利用による再生骨材の品質低下が問題視され、品質基準を満たさない基準外再生骨材の増加が懸念されている。このような状況において、現在の再生比率を維持するためには、基準外再生骨材を有効利用していくことが必要となる。

再生骨材の多くは、再生骨材に付着している旧アスファルト（以下、旧アス）に再生用添加剤を添加し、針入度を調整・回復させたくて使用されている。この場合、旧アスへの再生用添加剤の浸透性が重要となるが、再生用添加剤の性能を最大限に活かす混合・養生方法について知見が乏しい。また、現行の配合設計の考え方では、再生骨材に付着する全ての旧アスはバインダとして有効に機能するとされている。しかし、基準外再生骨材を使用する場合、劣化等の影響から一部の旧アスは有効に機能していない可能性がある。

本研究では、基準外再生骨材を高配合率60%で使用するために、旧アスの再生方法に着目した添加剤混合方法、および旧アスの有効程度に着目した新しい配合設計について検討した。検討では、基準外再生骨材を使用した再生アスファルト混合物（以下、基準外再生混合物）のひび割れ抵抗性と塑性流動抵抗性に及ぼす影響について評価した。

2. 再生骨材の品質規格と使用した再生骨材

再生骨材の品質を評価する指標として、針入度と圧裂係数の2つがあり、それぞれ基準値が定められている。針入度は針入度試験、圧裂係数は圧裂試験によって求められる。

本研究では、2か所の再生プラントから調達した2種類の再生骨材を使用した。表-1に再生骨材の主な品質基準値と品質評価試験の結果を示す。現在の規定では、旧アスの性状の2つの指標のうち、どちらか一方でも満足すれば使用可能な再生骨材として認められる。調達した2種類の再生骨材は、2つの指標とも基準値を大幅に下回る基準外再生骨材と針入度の基準を満足する基準内再生骨材であることが確認できる。

表-1 再生骨材の品質規格と評価

評価指標		規格値	基準外再生骨材	基準内再生骨材
旧アスファルトの含有量 (%)		3.8 以上	4.60	5.02
旧アスファルト の性状	針入度 (1/10mm)	20 以上	11	20
	圧裂係数 (MPa/mm)	1.70 以下	2.59	1.86

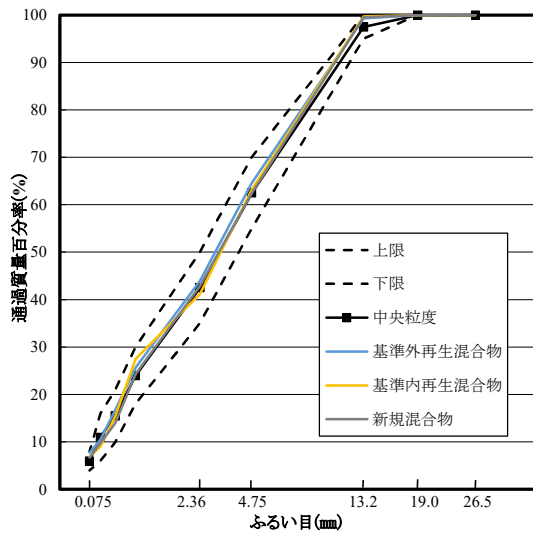


図-1 合成粒度曲線（従来の配合設計法）

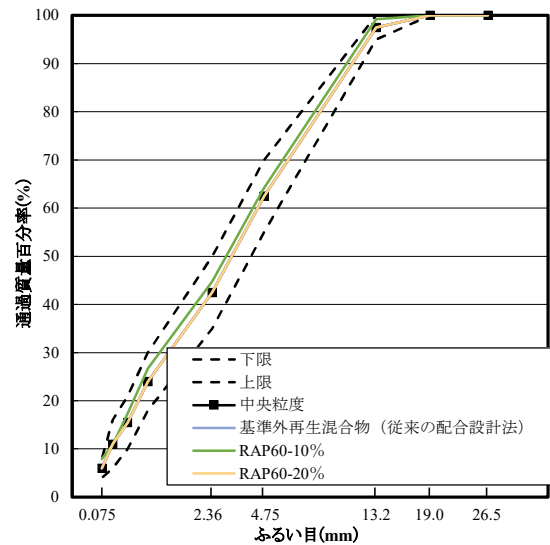


図-2 合成粒度曲線（新しい配合設計法）

3. 再生混合物の配合設計

3.1 従来の配合設計法

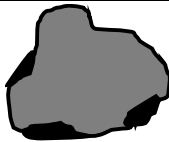

骨材の最大粒径が 13 mm で、舗装再生便覧に示される粒度範囲の中央粒度を目標とし、基準外再生骨材の配合率が 60%の再生混合物（以下、基準外再生混合物）の骨材配合比を決定した。同様に、比較対象用である基準内再生骨材を使用した再生混合物（以下、基準内再生混合物）と新規アスファルト混合物（以下、新規混合物）の配合比も決定した。これら 3 種の合成粒度曲線を図-1 に示す。

それぞれの配合に対する再生用添加剤の添加量（対旧アスの質量比）は、設計針入度 70 を目標として決定した。また、どの配合についても設計アスファルト量は 5.0%で統一した。

3.2 新しい配合設計法

本研究では、従来の配合設計法とは別に、旧アスの有効程度概念を導入した配合設計法も用いて基準外再生混合物の配合比を決定した。旧アスの有効程度は、再生骨材を旧アスが有効な再生骨材と無効な再生骨材に分類し、その比率を変えることでコントロールした。新しい配合設計法での旧アスの考え方について表-2 に示す。また、合成粒度や設計アスファルト量などは従来の配合設計法で使用する再生混合物のもと同一とした。新しい配合設計法を用いた合成粒度曲線を図-2 に示す。

表-2 新しい配合設計法での旧アスの考え方

	従来の配合設計法	新しい配合設計法
旧アスの扱い方	すべて有効	一部再生骨材で無効骨材の一部として扱う
再生骨材概要図		
粒度	旧アス抽出後の粒度	旧アス抽出前の粒度

4. 再生混合物の物性評価

4.1 評価方法

一般に、再生混合物の物性で懸念されるのは、ひび割れ抵抗性の低下である。ひび割れ抵抗性の評価については、力学的に最もシンプルな評価方法である直接引張試験を実施した。直接引張試験では、供

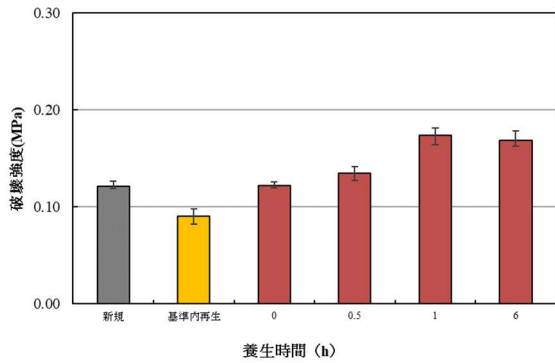


図-3 養生時間と破壊強度の関係 (155°C)

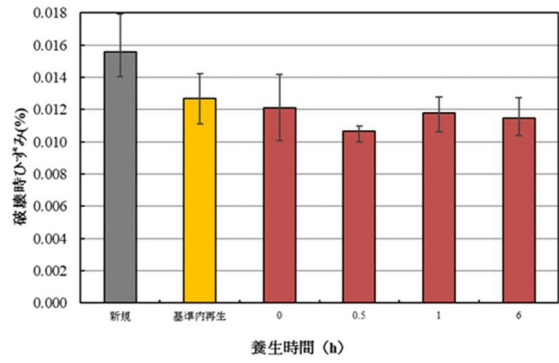


図-4 養生時間と破壊時ひずみの関係 (155°C)

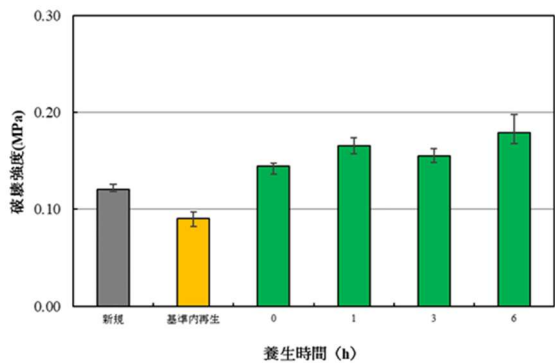


図-5 養生時間と破壊強度の関係 (130°C)

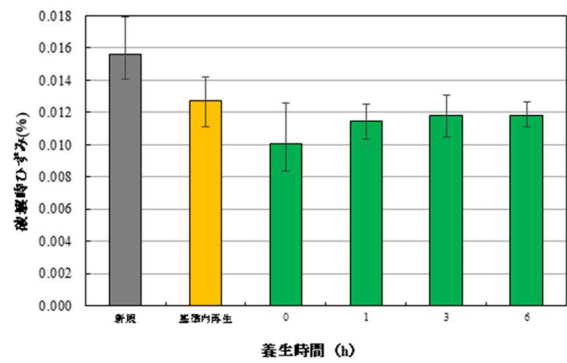


図-6 養生時間と破壊時ひずみの関係 (130°C)

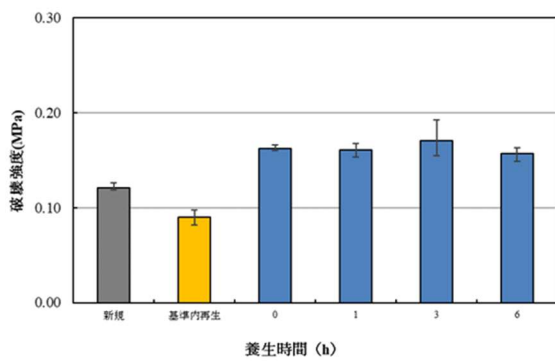


図-7 養生時間と破壊強度の関係 (60°C)

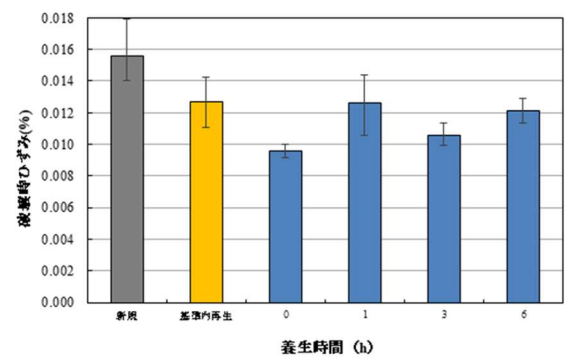


図-8 養生時間と破壊時ひずみの関係 (60°C)

試体の両端に一定速度で引張変位を与えることで、供試体の直接引張強度および破壊時ひずみを計測する。

また、新しい配合設計法では、無効とした旧アス分の不足バインダを新規アスファルトで補うため、高温時での塑性流動抵抗性の低下が懸念される。そこで、ホイールトラッキング試験 (以下、WT 試験) を実施して塑性流動抵抗性の評価を行った。

4.2. 試験結果および考察

(a) 添加剤混合方法の検討

従来の配合設計法を用いて設計し、養生温度を 155°C, 130°C, 60°C で、養生時間を変化させて作製した供試体に対し直接引張試験を実施し、再生用添加剤の混合方法が再生混合物のひび割れ抵抗性に与える影響について評価した。養生温度ごと (155°C, 130°C, 60°C) に、養生時間と破壊強度および破壊時

ひずみの試験結果を、それぞれ図-3～図-8 に示す。

試験結果から、155℃のような高温で養生を実施する場合、養生時間を変化させても再生混合物のひび割れ抵抗性には大きく影響しないことがわかった。しかし、少し低下する傾向にあるため、155℃程度で高温養生を実施する際には、短時間にするのが適当であると考えられる。

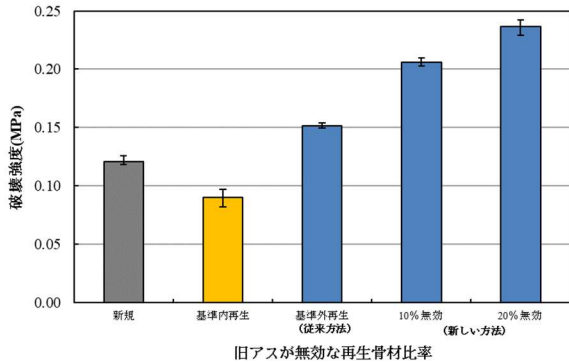


図-9 無効な再生骨材比率と破壊強度の関係

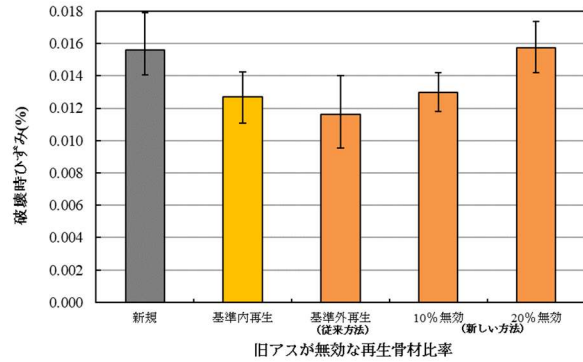


図-10 無効な再生骨材比率と破壊時ひずみの関係

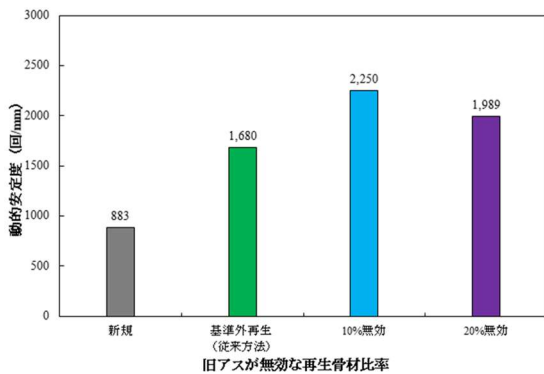


図-11 旧アスが無効な再生骨材比率と DS の関係

表-3 DS の変動係数

混合物種類	DS 変動係数 (%)
新規	6.9
基準外再生 (従来法)	1.3
10%無効 (新配合設計法)	26.0
20%無効 (新配合設計法)	27.0

また、130℃および 60℃のような比較的低温での養生を実施しても、再生混合物のひび割れ抵抗性の向上に対する効果は限定的であり、新規混合物および、基準内再生混合物の性能を上回ることが難しいことがわかった。

(b) 新しい配合設計法の検討

旧アスの有効程度に着目して、基準外再生骨材を旧アスが有効な再生骨材と無効な再生骨材に分類し、その比率を変化させ、旧アスの有効程度が再生混合物の性能にどのような影響を及ぼすのか検討を行った。具体的には、旧アスが無効な再生骨材比率を 10%、20%に設定して設計・作製した供試体に対し、直接引張試験および WT 試験を実施し、ひび割れ抵抗性と塑性流動抵抗性の評価を行った。また、ひび割れ抵抗性の評価では、従来の配合設計法と比較を行った。

無効な再生骨材比率と破壊強度および破壊時ひずみの関係を図-9、図-10 に示す。ここでは、無効な再生骨材比率を 20%とすることで、新規混合物と同等のひび割れ抵抗性を有することがわかった。これは、無効とした旧アスが骨材の一部として機能していたと仮定すると、総アス量中に占める新アスの比率が増加したことにより値が大きくなったものと考えられる。一方で、無効とした旧アスが骨材の一部

として機能しなかったと仮定すると、新アスの増加に加えて、無効とした旧アスが多少の接着性能を有するものとして作用したことが考えられる。

次に、WT 試験により得られた動的安定度（以下、DS）と DS の変動係数を図-11、表-3 にそれぞれ示す。試験結果から、新しい配合設計法を用いて作製した基準外再生混合物では、塑性流動抵抗性の低下は確認されず、新規混合物以上の性能を有することがわかった。これは、無効とした旧アスが多少の伸縮性を有するものとして作用し、新アス増加による DS の低下を抑制したと考えられる。

また、新しい配合設計法の場合、DS の変動係数が大きいことから、供試体にばらつきがあることがわかった。以上から、旧アスを無効とした再生骨材比率を 20%と考えると、新規アスファルト量を増加しても、塑性流動抵抗性を低下させることはないが、供試体の均一性を低下させることが確認できた。したがって、無効として考える旧アスと新規アスファルトのバランスについて考慮することが求められる。

5. まとめ

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 再生用添加剤の混合方法を工夫しても、再生アスコンのひび割れ抵抗性はあまり向上しない。
- 2) 旧アスの有効程度概念を取り入れた新しい配合設計法に基づくと、再生アスコンのひび割れ抵抗性は大きく向上する。
- 3) 旧アスを無効と考えると新規アスファルトの量を増加させても、塑性流動抵抗性は低下しない。
- 4) 新しい配合設計法では供試体の均一性に問題があるため、無効とする旧アスと新アスのバランスを考慮する必要がある