

再生骨材を用いた瀝青安定処理路盤材の耐久性に関する研究

長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻○Rendon Villalon Israel Eduardo

長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 高橋 修

1. はじめに

道路建設においては、二酸化炭素の排出量削減、コスト削減といったメリットを期待して再生骨材の運用が進んでいる。舗装工事では、アスファルト混合物に多くのアスファルトを使用するため、多額な費用が使われている。旧アスファルトが付着している再生骨材の使用は、アスファルト混合物の製造において新規アスファルトの投入量を低減できることから、材料費の節約に寄与している。

再生骨材の利用拡大に向けて、上層路盤においても利用する意識は高いが、使用実績は多いと言えない。このような状況下、上信越自動車道の4車線化工事において、上層路盤の瀝青安定処理材に対して高品質の再生骨材が使用された。NEXCO 東日本では、マーシャル安定度試験と針入度試験の結果、及び再生骨材のストック量から、再生骨材の混入率を15%とした瀝青安定処理材を採用した。この再生瀝青安定処理材については、個々の素材の評価試験が実施され、品質基準を満足していることが確認されているが、アスファルトコンクリート（アスコン）レベルでの評価検討は行われていない。

本研究では、上信越自動車道で使用された再生瀝青安定処理材の再生骨材混入率の妥当性と耐久性を評価することを目的に、その性能について考察した。ここでは特に地下水の作用に対する耐久性、すなわち水分ダメージに対する剥離抵抗性とひび割れ抵抗性について着目し、主に米国で実施されている Boiling test（煮沸試験）と Modified Lottman test（修正ロットマン試験）を実施した。

2. 再生骨材と再生瀝青安定処理材の物性

上信越自動車道で使用された再生骨材は、NEXCO 東日本新潟支社管内で発生した高速道路表・基層部の切削材である。表層は改質アスファルトを使用したアスコンで、基層はストレートアスファルト（ストアス）を使用したものと改質アスファルトを使用したものがある。切削材は13mmのふるいで分級したうえで、他の廃材が混入しないように専用のストックヤードで保管された。切削箇所によって再生骨材の品質は異なっており、採取した3つのサンプルの基本物性は表-1に示すとおりであった。どのサンプルとも針入度、圧裂係数ともに品質基準を満たしており、使用については問題ないことが確認される。

表-1 上信越自動車道で使用した再生骨材の品質

項目	測定値			品質基準
旧アス含有量 (%)	5.51	5.94	5.38	3.8 以上
針入度 (1/10 mm)	26	30	29	20 以上
圧裂係数 (MPa/mm)	1.31	0.59	1.52	1.70 以下
微粒分 (%)	1.9	1.3	1.5	5.0 以下

NEXCO 東日本新潟支社では、上記再生骨材の混入率を0%（新材のみ）、15%、20%、25%と変化させた瀝青安定処理材を配合し、その物性を比較した。評価試験結果の一例として、各配合の標準マーシャル安定度と残留安定度のデータを図-1及び図-2にそれぞれ示す。再生骨材混入率が0%の新規瀝青安定処理材はストアス 60/80 を、再生骨材を混入した再生瀝青安定処理材はストアス 80/100 を使用した。標

準マーシャル安定度の基準値が 4.0kN 以上、残留安定度の基準値が 75%以上であり、すべての瀝青安定処理材がこれらの基準値を満足していた。再生骨材の混入率が多いほど締め固まりやすくなっているようで、空隙率が小さく安定度が大きい傾向が認められた。

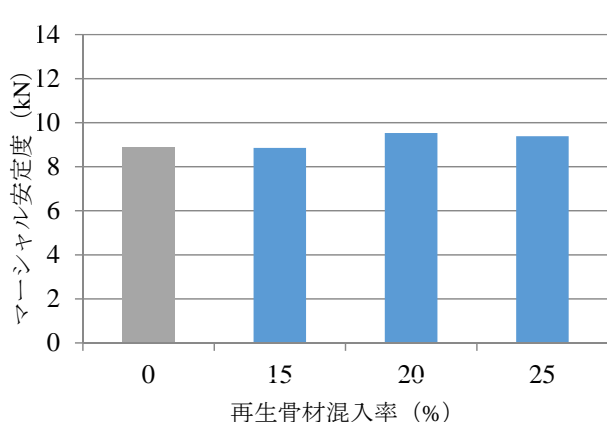


図-1 標準マーシャル安定度の結果

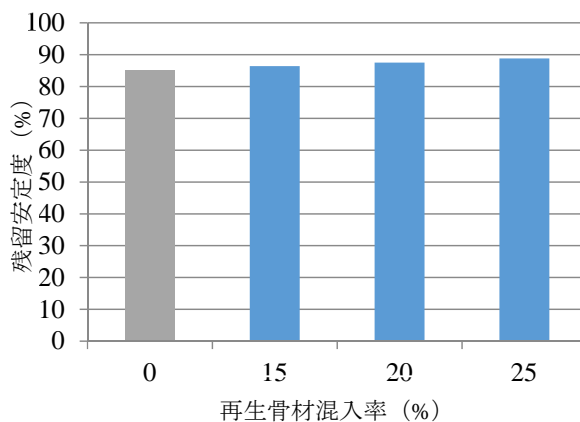


図-2 残留安定度の結果

各瀝青安定処理材についてマーシャル安定度試験後の供試体からアスファルトを回収し、針入度試験も実施している。その結果を表-2 に示す。参考データとして、再生骨材の旧アスファルトと新規アスファルトのそれぞれ針入度を、配合割合で合成した計算値についても併記している。回収アスファルトは劣化作用を受けているため、針入度の値は計算値よりも 20 程度小さい。新規瀝青安定処理材の針入度を標準と考えると、再生骨材混入率 15%の旧アスファルトとストアス 80/100 の組み合わせが、標準に最も近いバイнда性状と評価される。

上記のアスコン物性及びバイнда性状から、上信越自動車道の 4 車線化工事においては、再生骨材の混入率は 15%が選定された。NEXCO 東日本新潟支社が実施した事前評価では、アスコン物性はマーシャル安定度試験と圧裂試験によって検討された。

表-2 回収アスファルトの針入度

再生骨材混入率 (%)	回収アス (1/10 mm)	計算値 (1/10 mm)
0%	53	74※
15%	48	70
20%	42	63
25%	38	57

※製造メーカーのミルシートによる

3. 煮沸試験と修正ロットマン試験による耐久性評価

上信越自動車道の 4 車線化工事に使用された再生瀝青安定処理材の耐久性を評価するため、本研究では水分ダメージに対する剥離抵抗性とひび割れ抵抗性に注目し、米国で標準化されている煮沸試験と修正ロットマン試験を実施した。NEXCO 東日本新潟支社が実施した上記の事前評価試験と整合性をとるために、同じアスファルト合材工場から再生骨材、新規骨材を調達し、アスファルトは同じメーカーのストアス 60/80 及びストアス 80/100 を用意した。

3.1 煮沸試験による評価

米国の煮沸試験は ASTM D 3625¹⁾で規定されており、加熱混合したアスファルト混合物を締め固めない状態で煮沸し、骨材表面におけるアスファルトバインダの付着状況を観察する方法である。アスファルト混合物の評価試験ではあるが、骨材とアスファルトの付着性能を評価する「素材」に着目した一種の確認試験である。

事前評価試験と同様に、再生骨材の混入率を 0%、15%、20%、25%と変化させた 4 種類の瀝青安定処理材について試験を実施した。試験要領は ASTM 規格に基づいて、加熱混合したサンプルを放冷した後、蒸留水を使って 10 分間沸騰した。再び放冷後、サンプルを容器から取り出し、骨材表面におけるアスファルトバインダの付着状況を目視によって観察した。

試験結果の一例として、再生骨材の混入率が 15%の再生瀝青安定処理材についての、煮沸前後の状況を写真-1 及び写真-2 に示す。煮沸後においても骨材表面からアスファルト被膜が剥離している状況は認められず、剥離抵抗性は十分に確保されているものと評価される。その他の再生瀝青安定処理材についても同様の結果で、剥離抵抗性に問題のある再生瀝青安定処理材はなかった。



写真-1 混入率 15%配合の煮沸前の状況



写真-2 混入率 15%配合の煮沸後の状況

3.2 修正ロットマン試験による評価

修正ロットマン試験は、AASHTO T 283²⁾で標準化されている。しかしながら、AASHTO 仕様の試験要領では、供試体作製から圧裂試験完了までの一連の作業に一週間を要する。本研究でのサンプル数と著者らの試験環境を考慮すると一ヶ月以上も時間がかかることから、本研究では米国イリノイ州で考案された簡略法³⁾を採用した。イリノイ州簡略法の要領は表-3 に示すとおりで、AASHTO 標準法との違いは、試験ステップ③の促進劣化作用に凍結融解の手続きが省略されていることである。

図-3 に促進劣化作用を施していない（非劣化作用）供試体及び促進劣化作用を施した（劣化作用）供試体に対する圧裂強度の結果を示す。再生骨材の混入率が 15%の再生瀝青安定処理材は、新規のものどどちらの供試体ともほぼ同じ値であった。再生骨材の混入率が多い 20%の再生瀝青安定処理材は、どちらの供試体とも圧裂強度が大きい。図-4 に圧裂強度比の結果を示す。すべてサンプルで劣化作用供試体のほうが非劣化作用供試体よりも圧裂強度は 30%前後大きい。通常の表層用アスコンでは、促進劣化作用を施した供試体のほうが圧裂強度は小さくなる。通常の表層用アスコンは空隙率が 4%前後で瀝青安定処理材は 6~7%であることから、最大骨材粒径が大きい瀝青安定処理材の修正ロットマン試験では、供試体の空隙率調整は標準の 7%ではなく、10.5%（6×7/4）を目標に実施したほうが良い。また、施工現場が上信越自動車道であることを考慮すれば、凍結融解のダメージは不可欠と考えられる。

表-3 イリノイ州簡略法の修正ロットマン試験の要領

試験ステップ		実施要領
①	供試体作製	<ul style="list-style-type: none"> 骨材とアスファルトを加熱混合，2時間エージング 空隙率が7±0.5%となるように締固め，放冷養生
②	非劣化作用供試体 圧裂試験	<ul style="list-style-type: none"> 25°Cで2時間水中養生 圧裂試験の実施，圧裂強度の算出
③	劣化作用供試体 圧裂試験	<ul style="list-style-type: none"> 吸引装置で空隙の70~80%を水で強制飽和 60°Cで24時間水中養生 25°Cで2時間水中養生 圧裂試験の実施，圧裂強度の算出

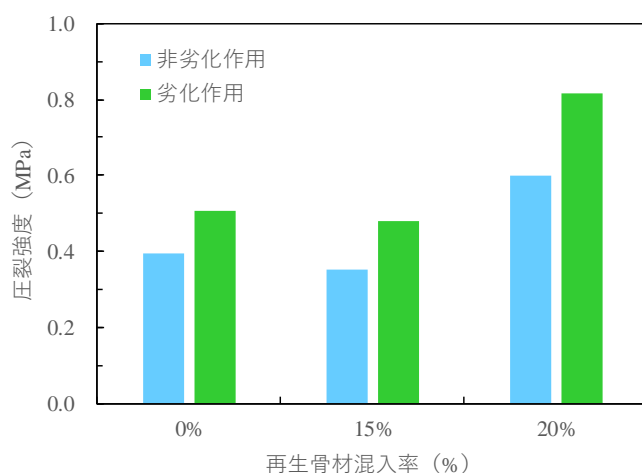


図-3 各供試体の圧裂強度の比較

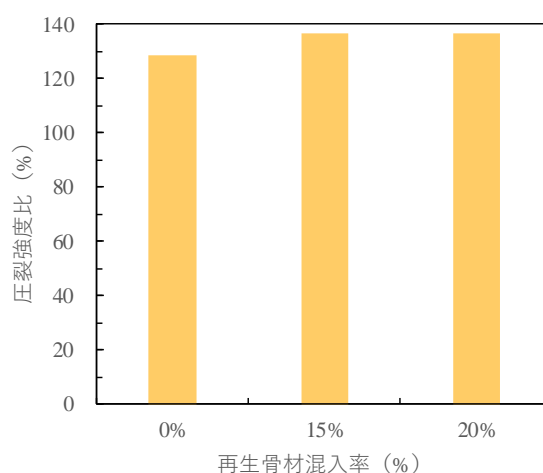


図-4 各供試体の圧裂強度比の比較

4. まとめ

本研究では、我が国では実例が少ない高速道路での再生骨材を利用した舗装構築について注目し、上信越自動車道の4車線化工事に使用された再生瀝青安定処理材の耐久性について検討した。上層路盤であることを考慮し、水分ダメージに対する抵抗性について評価した。本研究で得られた主な知見は以下のとおりである。

- (1) 煮沸試験による評価では、再生骨材の混入率にかかわらず、再生瀝青安定処理材は新規のものと同等の耐久性を有していた。
- (2) 修正ロットマン試験の簡略法による評価でも、再生瀝青安定処理材の耐久性は特に問題となる結果とはならなかった。供試体の空隙率調整と凍結融解作用については、再考が必要である。

参考文献

- 1) Standard Practice for Effect of Water on Bituminous-Coated Aggregate Using Boiling Water, ASTM D 3625-96, 2005.
- 2) Resistance of Compacted Bituminous Mixture to Moisture-Induced Damage, AASHTO T 283-14, 2014.
- 3) Maziar Moaveni, Ibrahim Abuawad : The Comparison of Modified IDOT & AASHTO T-283 Test Procedures on Tensile Strength Ratio and Fracture Energy of Mixtures, 5th Eurasphalt & Eurobitume Congress, 2012.