

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 正会員 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、コスト縮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、およ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および図-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4.0 kN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。再生骨材の混入量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。

表-2 標準安定度試験と残留安定度試験の結果

再生骨材配合率 (%)	安定度試験		基準値
	安定度 (kN)	残留安定度 (%)	
0	8.86	85	・基準：4.0以上 ・水浸：75以上
15	8.85	86.4	
20	9.53	87.5	
25	9.38	88.8	

※) StAs60/80 を使用. その他は StAs80/100 を使用.

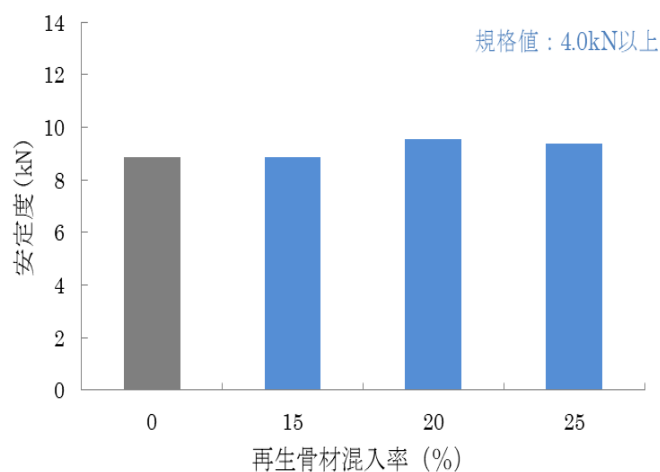


図-1 標準マーシャル安定度の結果

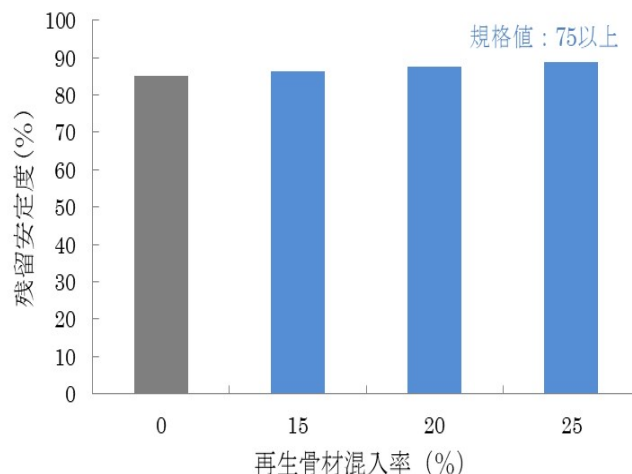


図-2 残留安定度の結果

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-3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。

表-3 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

上記のアスコン物性およびバイ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。

3. 耐久性の評価

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修正口

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 およびストアス 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。この試験要領では、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。評価を行うにあたり 6 個の供試体を作成し、非劣化供試体と劣化供試体の 2 つのセットに分ける。供試体を作成するには、米国で開発された Superpave 体積設計法を基に SGC (super gyratory compactor) を用い、空隙率が $7 \pm 0.5\%$ となるように締固めを行う。しかしながら、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%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 $7 \pm 0.5\%$ ではなく、より大きな空隙率にしなければならないと考えた。そのため、 10.5% ($6 \times 7/4$) を目標に実施したほうが適切だと考え、締固めを行った。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避と考えられる。修正ロットマン試験では、吸引装置を用いて飽和度の 70~80%を調整し、その後凍結融解の作業を行う。最後に圧裂試験を行い、非劣化供試体および劣化供試体の最大荷重を求め、圧裂強度比を計算する。

図-3 に促進劣化作用を施していない（非劣化作用）供試体およ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。再生骨材を使うことにより、圧裂強度が約 20%低減した。表層道路用の耐久性に対しての基準値は 85%以上だとは言え、70%を満たしているものは、剥離抵抗性が良いと一般に認められている³⁾。実験後、計算された各供試体の圧裂強度比は図-4 に示すとおりであった。再生骨材の混入率を問わず、新規の物とどちらの混合物とも修正ロットマン試験の基準値を満たしている。この中で最も剥離抵抗性が高いのは再生骨材 25%のものである。

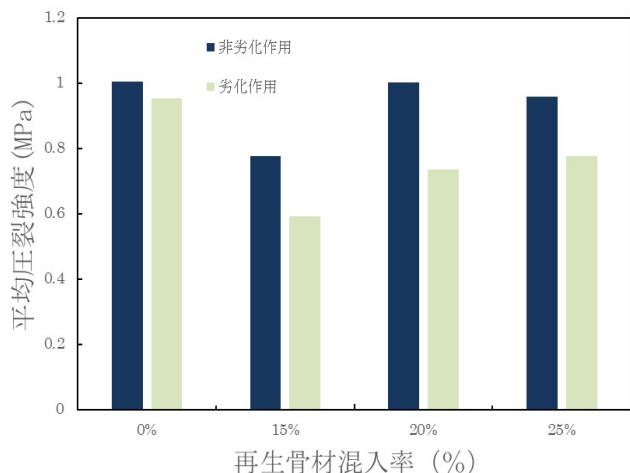


図-3 非劣化と劣化作用の平均圧裂強度の比

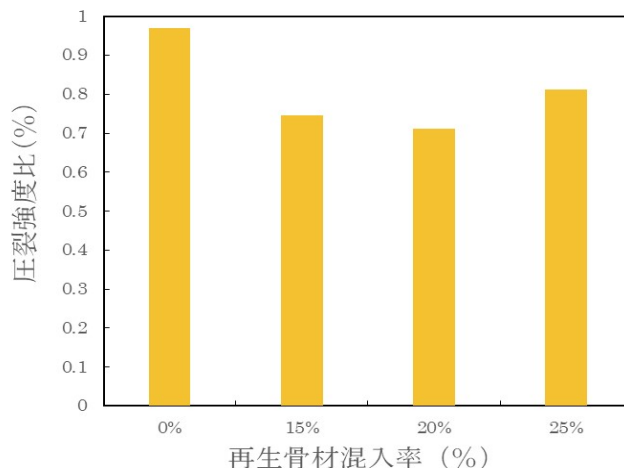


図-4 各圧裂強度比

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による評価では、締固めされた混合物の圧裂強度比が70%を超えていれば、水に対しての耐久性が高いと考えられる。そのため、再生骨材を使ったアスベスの耐久性は特に問題となる結果とはならなかった。

5. 今後の課題

舗装層における水分含有量及び交通荷重や凍結融解のダメージは言うに及ばず、上層路盤の寿命に影響を及ぼす⁴⁾。そのため、実環境にて自然劣化したアスファルト混合物への評価は不可欠だと考えられる。今後、再生骨材の混入率が15%の再生瀝青安定処理材を劣化させて、修正ロットマン試験で実験の繰返しを行う。

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.
- 4) Pierre Homych, Sigurdur Erlingsson: Water Influence on Bearing Capacity and Pavement Performance: Field Observations, 2008