

高速道路の切削廃材を使用した瀝青安定処理路盤材の配合設計に関する研究

交通工学研究室 佐藤 千鶴

指導教員 高橋 修

1. はじめに

高速道路のアスファルト舗装には、長期的な耐久性が十分に確認されていないことから、基本的に再生加熱アスファルト混合物（再生混合物）が使用されていない。しかしながら、甚大な被害を受けた中越地震および中越沖地震の本線復旧においては、地域の産業廃棄物処理施設が飽和状態となったことから、被災した路線に限定して、復旧工事で発生した表層の切削廃材を再生利用した。そして、その再生混合物は、基層と上層路盤に使用された。

東日本高速道路(株)は、中越地震から10年が経過した平成26年の秋、本復旧工事を行った本線に対してアスファルト舗装の追跡調査を実施した。その結果、路面性状に多少の差異は認められたものの、再生混合物を使用したことによる問題点は指摘されなかった。現時点では、再生混合物の品質管理および本線への適用について基準類が整備されていないが、今後の高速道路では打換えを伴う維持修繕工書の増加が予想されることから、アスファルト廃材を再生混合物として活用することを積極的に検討していく必要がある。

また、アスファルト舗装の設計において路盤材は基層や表層の材料に比べて研究事例が少なく、その物性や評価方法が明確になっていない。さらに近年、路面性状の変状の要因として、路盤の損傷や路床の永久変形などが指摘されており、このことから路盤の設計では厚さと強度が重要であるといわれている¹⁾。したがって、再生混合物の路盤への利用は基層への利用に比べて課題が多い。

2. 研究の目的

本研究では、高速道路の上層路盤にアスファルト廃材を再生利用することについて検討した。高速道路において、標準的に上層路盤に用いられている材料は加熱アスファルト安定処理混合物である。そのため、高速道路の上層路盤に再生骨材を使用する場合は、再生瀝青安定処理材を舗設することになる。

再生骨材としては、高速道路の表・基層の切削廃材を前提とし、これを使用する場合の再生瀝青安定処理路盤材の適正な配合について、基本的知見を得ることを研究目的としている。高速道路から新たに切削廃材を入手し、配合率を変化させた瀝青安定処理路盤材の供試体を作製して物性を評価した。再生瀝青安定処理路盤材としてはひび割れ抵抗性の低下が懸念されることから、評価試験として曲げ試験を実施し、一般道路から入手した再生骨材および新規材料を用いて配合した標準的な安定処理路盤材の物性と比較した。

これらの成果を考察して、アスファルト廃材を安定処理路盤材に使用して上層路盤を構築する場合の基本物性を確認し、その妥当性を評価するとともに配合に関する留意事項について検討した。

3. 高速道路からの切削廃材の物性

本研究に使用した材料は、新潟県内の関越自動車道（関越道）と北陸自動車道（北陸道）から発生した切削廃材、および一般道路からの再生骨材である。各材料の品質は、抽出したアスファルト

の針入度と付着量等から評価し、再生利用可能であることを確認した。各地震の復旧工事に使用したものも含め、各廃材の物性を表-1に示す。関越道の切削廃材は両地震の復旧工事で活用したものとほぼ同等であり、高速道路から発生した切削廃材については、いずれも規格を満足している良質な廃材である。一般道の再生骨材については、針入度が低いことから、かなり劣化しているものとみなせる。また、北陸道の切削廃材は、理論最大密度が他に比べて高い値を示している。

表-1 各種切削廃材の物性

材料名 (採取日)	中越地震 (平成17年)	中越沖地震 (平成19年)	東日本大 震災 (平成23年)	関越道廃材 (平成26年)	北陸道廃材 (平成27年)	一般道 再生骨材 (平成27年)	規格
理論最大密度 (g/cm ³)	2.571	2.491	-	2.504	2.745	2.488	-
旧アス含有量 (%)	5.12	5.99	5.37	5.94	5.51	5.79	3.80以上
針入度(1/10mm)	37.0	33.0	26.8	30.0	26.0	18	20.0以上
微粒子分 (%)	0.56	1.07	1.63	1.30	1.92	0.08	5.00以下
軟化点 (°C)	-	-	-	-	62	63	-

4. 再生瀝青安定処理路盤材の配合設計

4. 1 配合設計の概要

検討した瀝青安定処理路盤材の配合は、中越地震で実施された復旧工事の配合設計方法を参考にして再生混合物を作製した。上記の再生骨材に加えて、ストレートアスファルト 60/80 と新規骨材を使用し、マーシャル安定度試験により決定した。中越地震の復旧工事では、切削廃材の処理を目的としていたため上層路盤に対する再生骨材の配合率は 50%としていた。このことから本研究では、50%を中心に配合率を上下させ、70%、50%、30%、10%の 4 水準とした（関越 70%、関越 50%、関越 30%、関越 10%、北陸 70%、北陸 50%、北陸 30%、北陸 10%）。ふるい目寸法 2.36 mm 通過量は 26.0%を目標として中央粒度の配合とした。また、復旧工事では碎石工場の骨材供給量を考慮し、最大粒径は 20 mm としているため、本試験の配合においても同様に最大骨材粒径は 20 mm とした。

4. 2 供試体作製時の留意点

供試体を作製するにあたり、一般的には使用する骨材を混合温度+10~30°Cで加熱養生する必要がある。養生を行う場合、室内試験では恒温槽を用いる。しかし、再生骨材の場合、新規の骨材と同じ温度で養生を行うと骨材に付着している旧アスファルトが更なる劣化を引き起こす懸念がある。したがって、再生骨材の劣化ができるだけ進行しないように配慮する必要がある。

再生骨材はまず、計量する際に恒温槽で質量が一定となるまで乾燥させ、骨材を割裂させないように注意しながら細かくほぐしておく。そして、計量した再生骨材を再び作製時まで恒温槽に入れておく必要がある。そのため恒温槽の温度はできるだけ低温に設定しておく。本試験では再生骨材の養生温度を 110°Cと設定した。さらに、110°Cでは再生骨材が本来の混合温度に達しないことから、新規の骨材の養生温度を高く設定し、混合時の熱移動によって温度調節を行うようにした。新規の骨材についても、養生温度が高すぎると骨材が変質したり、破損して粒度が変化することが知られている。それらを考慮して、新規の骨材の養生温度は 170°Cに設定した。

4. 3 配合設計の結果

各配合において、空隙率が目標値の 6%となるように決定した設計アスファルト量の結果を表-2に示す。再生骨材の配合率が少ないほど新アスファルトの添加量も減少する傾向がみられたが、配合率 70%では配合率 50%の設計アスファルト量よりも小さな値となった。特に北陸道の配合は、配合率が少ない場合に必要なアス量が大幅に減少する傾向がみられた。これは、理論密度が大きいために吸水率が減少したためと推察できる。

また、関越 70%および関越 50%の合成粒度曲線を図-1に示す。図-1より、アスファルト廃材の配合率が 50%を超えると、新規骨材の投入量が減るために粒度のバランスが崩れ、骨材粒度の基準を満たすことが難しくなった。中央粒度から合成粒度が大幅に外れたことから混合物の強度低下が予測できる。

表-2 設計アスファルト量

配合	関越道	北陸道	一般道
10%	3.50	3.30	-
30%	4.00	3.50	-
50%	4.73	5.50	4.00
70%	4.43	4.50	-

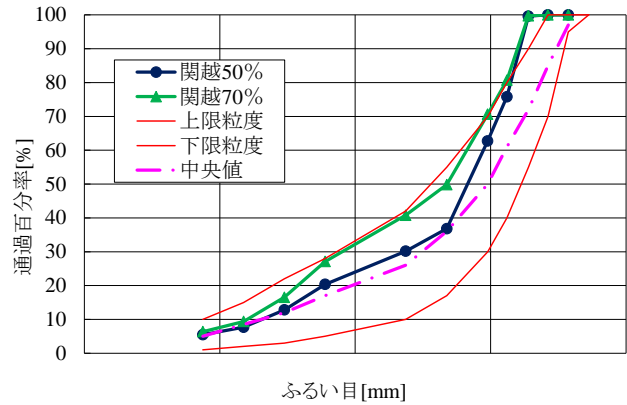


図-1 合成粒度曲線

5. 静的曲げ試験によるアスコン物性の評価

5. 1 静的曲げ試験の実施要領

切削廃材を混合した再生瀝青安定処理路盤材のアスコンは、耐久性能としてひび割れ抵抗性の不足が懸念されることから、静的曲げ試験を実施して破壊時ひずみについて評価した。ここでの検討配合と比較するため、基準として NEXCO 東日本の技術基準²⁾を用いて配合した標準的な瀝青安定処理路盤材を使用する(基準配合)。技術基準では、最大骨材粒径を 40 mm としているが、再生アスファルトの使用に関する基準がないため、復旧工事では碎石工場の骨材供給量を考慮し最大骨材粒径を 20 mm としている。また、切削廃材の有無による影響を比較するため、合成粒度を関越 50%に近づけて、新規骨材のみで配合したもの(関越 0%)も作製した。

曲げ試験は支間を 200 mm とした 2 点支持、1 点中央載荷の方式で実施し、試験条件は次に示すとおりであった。温度は 15°C と -10°C の 2 とおりとし、ホイールトラッキング試験用型枠を用い、30×30×5 cm に作製した試料からカッターにより 30×10×5 cm の形状に 2 本切り出すものとした。供試体の作製図を図-2に示す。載荷速度は 50 mm/min とした。

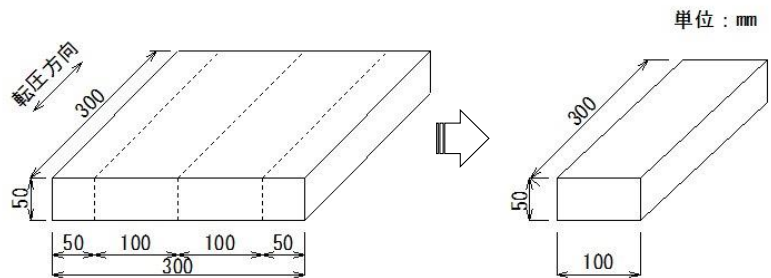


図-2 供試体の作製図

5. 2 試験結果および考察

(a) 切削廃材を使用した再生アスファルトの曲げ特性

関越0%と関越50%に対する破壊時ひずみの結果を図-3に示す。合成粒度の異なる基準配合と関越0%は同程度の値であり、再生骨材を混入している関越50%と新規骨材のみの関越0%では、関越50%の値が低下していた。このことから、再生骨材の使用によるひび割れ抵抗性の低下が確認され、骨材粒度の違いよりも廃材の有無による影響が大きいことが推察される。

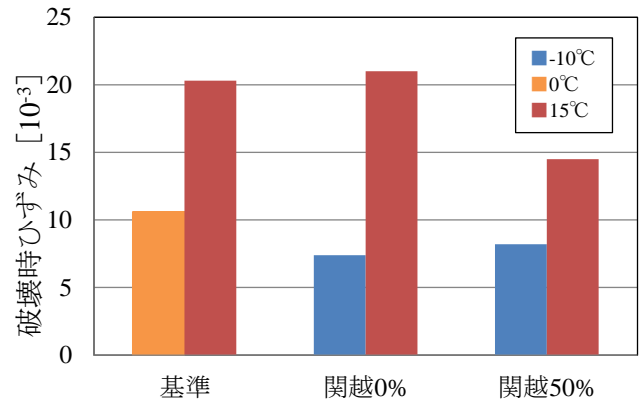


図-3 廃材の有無による影響（破壊時ひずみ）

(b) 廃材の配合率と種類による比較

関越自動車道の切削廃材、北陸自動車道の切削廃材および長岡一般道の再生骨材における曲げ強度の比較結果を図-4、図-5に、破壊時ひずみを図-6、図-7に示す。曲げ強度は、基準配合と比較して配合率を変化させても値の低下はみられなかった。これは、切削廃材に含まれる改質材の影響を受けたためと考えられる。図-5より、北陸50%の値は他の配合よりも高い曲げ強度となっており、廃材の密度の高さが影響していると考えられる。北陸70%の曲げ強度が低くなった理由としては、配合設計の結果で述べたように、中央粒度から北陸70%の合成粒度が大幅に外れたことが挙げられる。図-6、図-7より、高速道路の切削廃材を使用した場合は、配合率50%以下の配合であればひび割れ抵抗性の低下を抑制することができた。配合率50%を超えた関越70%は抑制効果が得られなかった。一般道の配合は品質の劣化が影響し、ひび割れ抵抗性の低下が顕著に現れている。

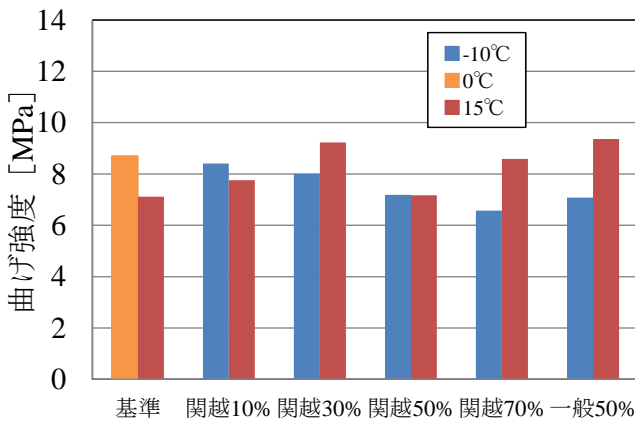


図-4 関越自動車道（曲げ強度）

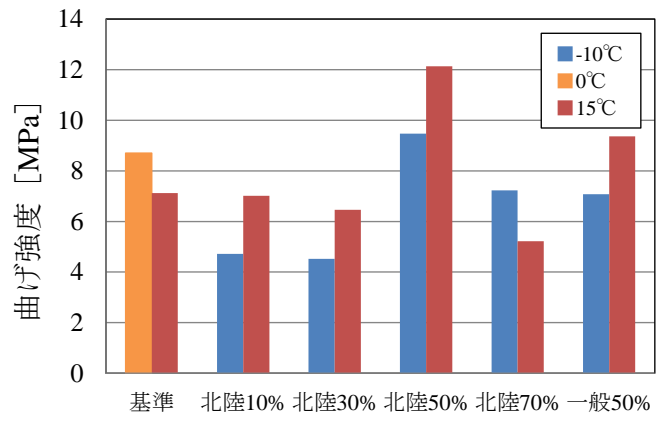


図-5 北陸自動車道（曲げ強度）

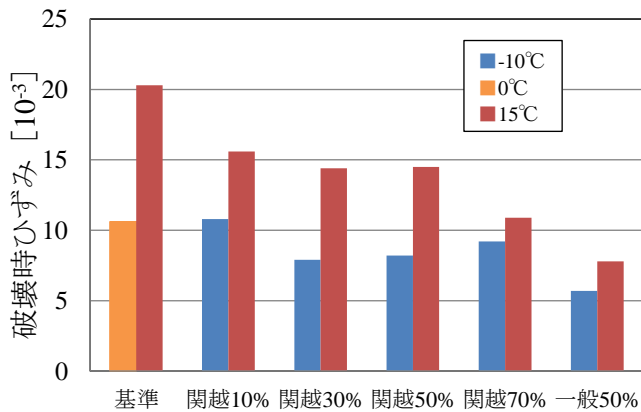


図-6 関越自動車道 (破壊時ひずみ)

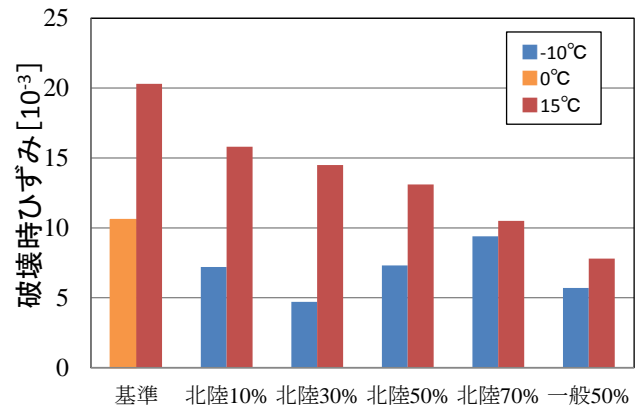


図-7 北陸自動車道 (破壊時ひずみ)

6. まとめ

本研究では、切削廃材の物性を整理し、配合設計と静的曲げ試験から復旧工事で使用した配合の妥当性を評価するとともに、適正な配合設計の要領について検討を行った。

配合設計の結果、廃材の密度が再生アスファルトに投入するアスファルトの量に影響し、アスファルト量の増加は曲げ強度の向上に繋がることが確認された。

静的曲げ試験の結果、高速道路の良質な切削廃材を使用した場合は、配合率が50%以下の配合であれば、ひび割れ抵抗性の低下は大きくない。その一方で、配合率が50%を超えると新規骨材の投入量が減り、粒度バランスが不良となって、ひび割れ抵抗性が大きく低下してしまう。

これらのことから、配合率50%はひび割れ抵抗性の低下を抑えられる限界付近の配合といえる。復旧工事において採用された配合は安定処理路盤材として妥当であり、高速道路の良質な切削廃材を使用する場合、配合率50%以下の配合であれば実用上問題ないと評価できる。

参考文献

- 1) 路盤の支持力に及ぼす砕石粒度の影響：砕石の研究 第2巻 第1号，今井忠男・杉本文男・俵藤尋・近間絵理，2007年
- 2) 設計要領 第一集 舗装編：東日本高速道路株式会社，2014年7月