

## 廃プラスチックの再利用技術に関する研究\*

佐々木 秀幸\*\*、酒井 晃二\*\*\*、藤原 忠司\*\*\*\*、大沼 一人\*\*\*\*\*  
下家 正治\*\*\*\*\*、熊谷 仁志\*\*\*\*\*、谷藤 眞一\*\*\*\*\*

廃プラスチックを再利用する方法として舗装体の凍上抑制用路盤材およびアスファルト混合物の改質材に利用する工法を研究した。実舗装試験を行ったところ両工法ともに従来同様の作業で可能であり、路床の凍上を抑制しつつ支持力が得られる工法及び安価に改質アスファルトに近い物性を発揮できるアスファルト混合物が得られる工法が提案できた。

キーワード：廃プラスチック、再利用、舗装道路、骨材

## Study of Reusing Techniques for the Postindustrial Plastic Wastes

SASAKI Hideyuki, SAKAI Koji, FUJIWARA Tadashi, OUNUMA Kazuto  
SHIMOIE Masaji, KUMAGAI Hitoshi and TANIFUJI Shinichi

We researched the new recycle methods of expanded polystyrene (EPS) wastes, used to anti-frost layer( ) and the asphalt mixture( ). The new methods used with EPS were not different with general construction methods. The method( ) control the frost heave and CBR value. The method( ) raise marshall stability value and wheel tracking value with low-cost.

**key words : plastic waste, reuse, paved road, aggregate**

### 1 緒 言

平成 12 年度より「容器包装リサイクル法」<sup>1)</sup>が完全施行され、これまで対象外であった材質も含めたリサイクルを行わなければならない。しかしながら不純物が混入したプラスチック類の再利用技術開発は困難であり、各種の試みはあるもののコストのかかる洗浄や高度の分別、既存用途への参入、新規用途開発など実用化は難しい状況にある。

当センターでは平成 10 年度から 3 カ年計画で路盤材等土木資材へ利用する研究を実施し、平成 11 年度までの研究でアスファルト用骨材としての利用と、凍上抑制層用路盤材としての利用が可能であるという基礎データを収集した<sup>2) 3)</sup>。

平成 12 年度は実舗装試験を実施するための条件を決定するとともに、アスファルト舗装会社による路盤材としての利用と、アスファルト舗装用骨材としての利用試験を実施したので報告する。

### 2 実験方法

#### 2-1 アスファルト混合物への適用

##### 2-1-1 粒状 P S の利用とマーシャル安定度試験

マーシャル安定度試験は初年度に実施し、ポリスチレン（以下 P S という）を添加することにより、通常のアスファルト混合物の倍近い安定度を示すことが分かっていた。今回は発泡スチロールを摩擦熱で溶融して減容した粒状のスチレン溶融体（以下粒状 P S という）を使用した。発泡スチロールは嵩が大

きく、静電気を帯びておりハンドリングに問題がある。しかしながら粒状 P S は静電気を極端に帯びておらず、比重が 0.8 前後と軽く気泡を適当に含んでいるという特徴を持っている。

試験は舗装試験方法便覧に規定されるマーシャル安定度試験を行った。プラスチックの添加量は骨材全体の重量に対する値で 7 号砕石と置き換えて配合した。

なお、平成 11 年度に実施した圧縮圧裂試験の結果から P S の添加量は 3% が上限であることが分かっていたため以下の試験は全て 3% で実施した。

##### 2-1-2 水浸マーシャル安定度試験と残留安定度

加熱アスファルト混合物の耐水性を評価する試験として舗装試験方法に規定される水浸マーシャル安定度試験を実施し、水浸前のマーシャル安定度と比較することにより残留安定度を求めた。

##### 2-1-3 カンタブロ試験及びラベリング試験

P S 添加により、アスファルト混合物のマーシャル安定度が向上するが、P S は常温でのロックウェル硬さが M60 ~ 75<sup>4)</sup> と硬い樹脂であり、一般に耐衝撃性が低いため、混合物の飛散抵抗性および耐磨耗性を評価するために、排水性舗装技術指針(案)<sup>5)</sup> に規定されるカンタブロ試験および舗装試験方法便覧<sup>6)</sup> に規定されるチェーンラベリング試験による損失量の測定を行った。ラベリング試験にはチェーン型とスパイク型があるが、スパイクタイヤの使用が制限されていることからチェーン型往復運動タイプを適用した。

\*廃プラスチック類用途開発研究（第 3 報）（地域産学官連携促進事業）

\*\*化学部（現在 企画情報部） \*\*\*環境保健研究センター、\*\*\*\*岩手大学建設環境工学科、\*\*\*\*\*岩手建工（株）、\*\*\*\*\*高弥環境整備（株）

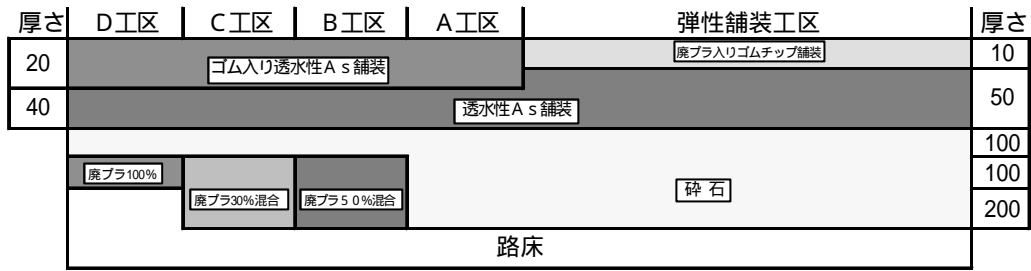


図1 凍上抑制層実舗装試験の断面図

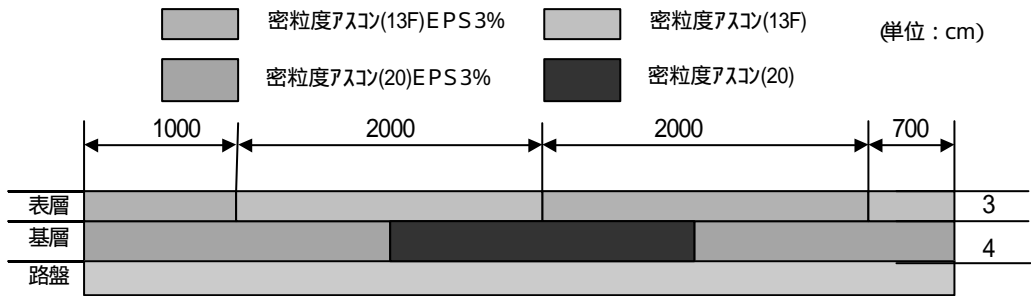


図2 アスファルト舗装試験の断面図

2-1-4 ホイールトラッキング試験

高温時における加熱アスファルト混合物の耐流動性を評価するために舗装試験方法便覧に規定されるホイールトラッキング試験を実施した。

2-2 凍上抑制層用廃プラ骨材試作試験

凍上抑制層用廃プラ骨材を作成するために板状の発泡スチロール半溶融品を破砕機により破砕し、碎石状に加工した。試験は共同研究機関である高弥環境整備(株)で実施し、材料費、運送費、破砕時間より人件費、電気料、消耗品代、減価償却費より骨材単価を試算するとともに粉碎品の粒度分布も測定した。

2-3 凍上抑制層実舗装試験

平成11年度までの基礎試験により凍上抑制層用骨材として廃プラを使用すると通常の凍上抑制層の厚さを1/2にできると、容積比で30%~50%混合が最適であることが判明していたため、図1に示す断面の舗装体を作成した。凍上抑制層用廃プラ骨材をアスファルトプラントから運搬し、スタライザーによる骨材のすき込み、転圧作業を行った後表層施工を実施した。

2-4 アスファルト舗装試験

アスファルト混合物への適用試験で得られた最適条件でアスファルト舗装試験を実施した。試験は共同研究機関である岩手建工㈱の取付道で実施した。なお試験の条件は図2に示す。

3 結果と考察

3-1 アスファルト混合物

3-1-1 マーシャル安定度試験結果

マーシャル安定度は変形に対する抵抗性を示す数値であり値が高いほど変形しにくい混合物といえる。図3に示すように、通常のアスファルト混合物(13F)は10KN程であるが、PSを5%添加したアスファルト混合物は20KN程の値となる。粒状PSの場合3%添加でPS5%とほぼ同じ値を示し、5%添加した試料は

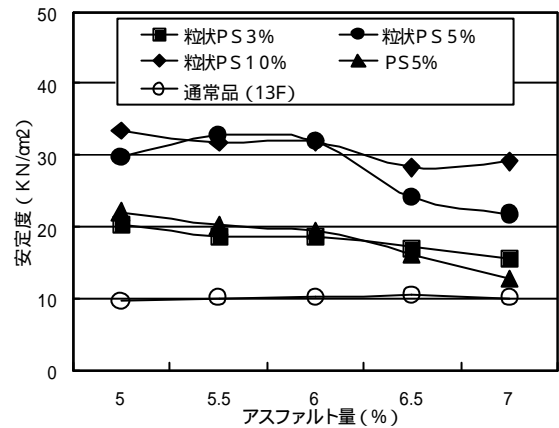


図3 PS添加による安定度の向上

30KN以上の値を示す。10%と5%では値がほとんど変わらないことから5%が添加量の上限と考えられる。

PSと粒状PSを5%添加した混合物の安定度が大きく異なっているのはアスファルトとPSの溶融状態の違いによるものである。図4の顕微鏡写真の黒い部分がPSであるが、PS配合アスファルト混合物はアスファルトの分離が生じているのに対し、粒状PS添加混合物は分離が生じていないことが分かる。粒状PSは加熱による溶融速度が速いため、アスファルトが分離せず安定度も高くなったと考えられる。なお、摩擦熱で溶解するために残存する気泡がアスファルト混合物に入れても残っていることも特徴である。

3-1-2 水浸マーシャル安定度試験と残留安定度

表1に示すように粒状PSを3%添加したアスファルト混合物の水浸マーシャル安定度はアスファルト量6%で15KNであり、残留安定度は78.5%であった。通常品に比べ耐水性は劣っているが基準の75%以上を満たしていた。

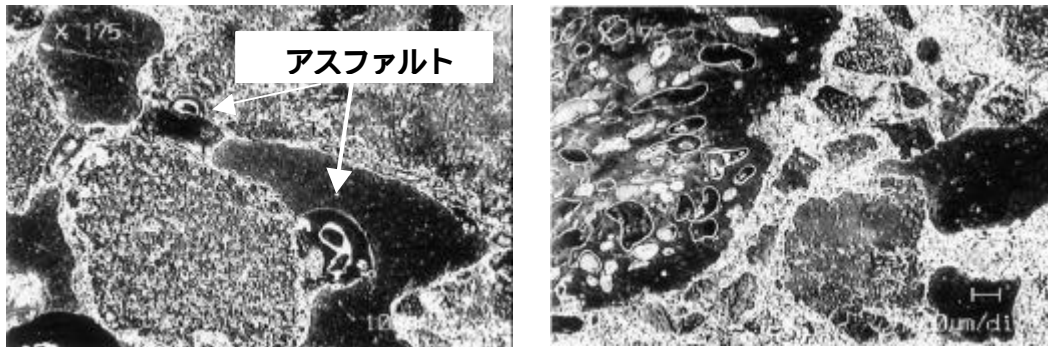


図4 アスファルト混合物の顕微鏡写真 (上: PS 下: 粒状PS)

表1 アスファルト混合物の各種試験結果

粒状PS添加量(%) (対7号砕石量)	標準マ-シャル安定度	水浸マ-シャル安定度	残留安定度 (%)	カンタブロ試験 損失率 (%)	ラベリング試験に よるすり減り量
0	10.6	10.3	97.2	1.9	0.92
3	19.1	15	78.5	2	0.71

### 3-1-3 カンタブロ試験及びラベリング試験

骨材の飛散抵抗性を評価するカンタブロ試験を実施した結果、粒状PSを添加したアスファルト混合物と通常品に損失量の差はなく飛散抵抗性が優れていることが分かった。また、耐摩耗性を示すチェーンラベリング試験では通常品より優れているという結果となった。排水性舗装での損失量が2~3cm<sup>2</sup>であることを考慮すると、すり減り量0.71 cm<sup>2</sup>は十分に優れた値であるといえる。

### 3-1-4 ホイールトラッキング試験結果

ホイールトラッキング試験による動的安定度は表2に示すように、粒状PSを添加により上昇し、10%添加すると通常品の60倍以上の値を示す。実用的な添加量である3%でも913(回/mm)と6倍以上となっており、粒状PSの添加による流動性の改善効果は高いといえる。

表2 ホイールトラッキング試験結果(13F)

添加量(%)	動的安定度(回/mm)
0	142
1	264
3	913
5	1,919
10	9,000

### 3-2 凍上抑制層用廃プラ骨材試作試験結果

スクリーン 30mmの大型破砕機で試作した廃プラスチック骨材の粒度分布を測定したところ、単粒度の砕石としては、6号砕石に最も近い粒度分布であったが、19.0mm以上の割合が規格と比べて若干高くなっていた。これを6号砕

表3 骨材の製造コスト

項目	単価/kg
電気料	1.0
消耗品費	0.6
材料費	5.0
人件費	2.3
減価償却費	4.5
運搬費	1.1
利益	5.0
合計	19.5

石の規格範囲内とするためには、19.0mm以上(11.0%)と2.36mm未満(6.2%)の大きさを除去する必要がある。この場合の歩留まりとしては、82.8%であったが、任意の割合で他のサイズの砕石や細砂等と組み合わせて調整すると、粒度調整砕石(M-40)として、全量使用できるものと思われる。

骨材の作成コストは表3に示すように想定される項目を全て含めて19.5円/kgとなり通常の砕石の7倍弱となった。

### 3-3 凍上抑制層実舗装試験

試作した凍上抑制層骨材を20トン使用して、凍上抑制層実舗装試験を実施した。試作した骨材の外観は白っぽい砕石状であり、図5のように重機による積み込みもトラックによる運搬も通常の砕石と同様に行うことが出来た。また、比重が通常の砕石の1/3程であるため、トラックが過積載となることがなく、3倍ほどの容積を一度に運搬できることが分かった。骨材に占める運送コスト割合は大きく本骨材は運送コストの大幅な低減が可能となる。

今回A工区を従来工法、B工区を50%骨材30cmすき込み、C工区を30%骨材30cmすき込み、D工区をすき込み無し10cm骨材敷設で工事を実施した。図6のようにスタビライザーによる骨材の混合は容易に可能で当初想定された比重差による骨材分離は発生しない。なお、断熱性のみを考慮すれば完全な断熱層が作成されるD工法が優れているが、骨材のみでは路盤の支持力が得られないため実用的ではない。実際骨材層の上部に砕石(C40)を10cm敷いた上部は運送車両が往来することが困難であった。これに対しB、C工区は基礎試験同様支持力が高く、運搬車両が上部を運行してもめりこみは発生しなかった。このように本工法は従来舗装業者が実施している作業と同様に実施できることが実証された。

### 3-4 アスファルト舗装試験

アスファルト混合物の製造工程は数種類の骨材をバーナーによって加熱しながら混合するドライミキシング工程とアスファルトとフィラーを混合するウェットミキシング工程とに分かれるが、本試験では短時間の混合でもアスファルトに溶解する粒



図5 積み込み状況



図6 すき込み状況



図7 投入状況



図8 舗装状況

状PSの特徴を活かし、ウェット工程で投入(図7)を行った。この工程はアスファルト用添加材等を混合するのに都合が良いようにベルトコンベアが設置されており、ビニール袋で廃プラスチックを計量しそのまま投入することによって高強度なアスファルト混合物が製造できることになる。ほとんど手間がかからず、市販のアスファルト改質剤に近い作用を期待できる。実際の舗装作業(図8)は通常混合物と一切変わるところがなく、合材の温度が低くなるとやや硬く感じる程度であって、添加から舗装に至る工程で従来と変わるところはない。

#### 4 結 言

廃プラスチックを利用して凍上抑制層を従来の1/2の厚さにできる工法の実舗装試験を実施した。本工法に使用する凍上抑制用骨材の単価は19.5円/kgで、既存設備によって路盤の舗装工事が可能であることが確認された。

また、アスファルト混合物の改質を廃プラスチックで実施す

る条件は粒状PSを3%添加するのが最適であり、本条件で実舗装試験を実施した。アスファルトプラントでの製造、舗装作業とも通常品と変わらず作業できることが確認された。

#### 文 献

- 1) 詳しくは、(財)日本容器包装リサイクル協会HP (<http://www.jcpa.or.jp/>)
- 2) 大沼, 佐々木, 藤原, 第23回日本道路会議一般論文集(C) 舗装部会, 136-137, 平成11年
- 3) 酒井, 中根, 佐々木, 藤原, 成形加工シンポジウム'99, P30(349)
- 4) 大阪市立工業研究所編, プラスチック読本, 主要熱可塑性樹脂の性能一覧表I, プラスチックエージ
- 5) 社団法人日本道路協会: 排水性舗装技術指針(案)(1996)
- 6) (社)日本道路協会編, 舗装試験法便覧, 丸善(1999)