

アスファルト舗装の再生技術

猿 渡 守

戦後の高度成長期に蓄積された社会資本が更新期を迎え、建設廃棄物発生量の増加が懸念されている。このような状況下、通常のアスファルト舗装の再生技術は汎用化し、平成17年度には再資源化率が98.6%に達している。現在は、この高い再資源化率を維持できるよう、排水性舗装からの発生材など、多様化する舗装発生材の再生方法が検討されている。本報では、通常のアスファルト舗装発生材の再生利用技術の概要のほか、現在検討されている排水性舗装発生材の再生技術の一例を紹介する。

キーワード：再生技術、アスファルト・コンクリート塊、プラント再生舗装工法、排水性混合物、配合設計法

1. はじめに

アスファルト舗装の修繕に伴い発生する「アスファルト・コンクリート塊」（以下、アスコン塊）の再生利用技術の開発は、舗装発生材処分場の確保が困難となったことなどを背景に、昭和40年代後半から本格的に開始された。その後、昭和59年の「舗装廃材再生利用技術指針（案）」（社）日本道路協会の発刊や、平成3年の「資源の有効な利用の促進に関する法律」の制定などを契機に、よりいっそう再生利用技術が進歩し、アスコン塊は99%の高い再資源化率を達成している¹⁾。

一方、雨天時の走行安全性の確保や騒音低減効果などが期待できる排水性舗装は、本格的に採用されてから20年以上が経過し、平成7年以降は飛躍的に施工実績を伸ばしている²⁾。

今後、これら適用箇所が逐次更新時期を迎えることから排水性舗装の発生材量が増加し、その再生利用が避けられなくなると予測される。

なお、排水性舗装に用いられる混合物（以下、排水性混合物）では、“ポリマー改質アスファルトⅡ型”に比べ粘度が著しく高い“ポリマー改質アスファルトⅢ型”が使用されており、アスファルト混合物に再生するには特別な対応策を必要とする。すなわち、現状のアスコン塊の再資源化率を維持するためには、排水性混合物の再生利用技術の実用化が不可欠といえる。

本報では、“通常のアスファルト舗装発生材の再生利用技術の概要”および“排水性舗装発生材の再生利

用に関する課題と対応策の一例”を紹介する。

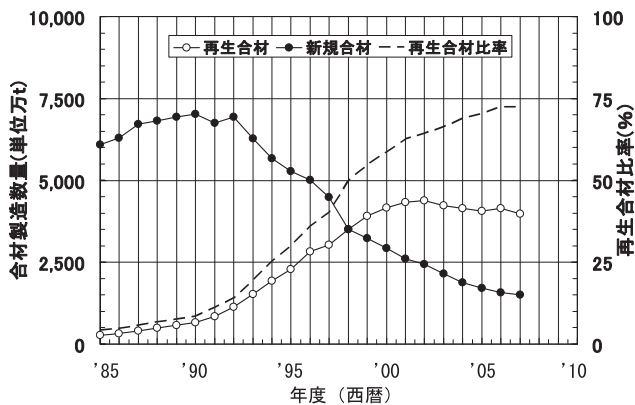
2. アスコン塊の再生利用の現状

アスコン塊を再生アスファルト混合物（以下、再生合材）に再生利用する技術には、既設舗装を現位置で再生する路上再生工法と、発生材を再資源化施設に持ち込んで再生するプラント再生舗装工法がある。

平成17年度の統計³⁾によると、アスコン塊の発生量は2,631万tで、その内24万tが路上再生工法で再生され、2,526万tは合材工場などの再資源化施設に搬入され再生利用されている。後者のうち1,060万tは再生路盤等に利用され、1,466万tが再生合材に利用されている。すなわち、アスコン塊の多くはプラント再生舗装工法で再生利用されている。

図—1は、新規アスファルト混合物（以下、新規合材）および再生合材の製造量のほか、再生合材の全合材量に占める比率を示したものである⁴⁾。再生合材の製造比率は近年までは増加傾向にあり、平成17年度には全製造量の75%に迫る勢いであったが、ここ1～2年鈍化している。近年、排水性舗装等の修繕工事等の増加に伴い、排水性舗装の発生材が増加したことも、この一因と推察される。

なお、現在汎用化しているアスコン塊の再生技術の詳細に関しては、参考文献に示した「舗装再生便覧⁵⁾」や「舗装分野におけるリサイクルの現状⁶⁾」等を参照されたい。



図一 アスファルト合材製造量推移 (全国) 4)

3. 排水性舗装の発生材の再生利用

排水性舗装は、道路表面の雨水を速やかに排水することによる車両の走行安全性の向上効果のほか、道路交通騒音の低減効果も有していることから、平成元年頃から本格的に採用されるようになり、平成7年頃から施工量が急増した。排水性混合物の製造量は、平成8年には約80万tに、平成14年には約300万tに達している^{2), 4)}。

前述したとおり、排水性舗装に使用される排水性混合物には、“ポリマー改質アスファルトII型”に比べ粘度が著しく高い“ポリマー改質アスファルトH型”が用いられているほか、骨材の配合も6号砕石の使用が極端に多いなど、特殊なものとなっている。このため、排水性舗装発生材の再生利用は困難と云われている。

近年は、(独)土木研究所をはじめ多くの研究機関で排水性舗装発生材料の再生利用に関する研究が実施され、いくつかの知見のほか、再生使用の可能性が示されている⁶⁻¹⁴⁾。

排水性舗装発生材の再生利用に関する課題は、発生材の分別収集や再生骨材の分別貯蔵をはじめ多岐に亘るが、ここでは、技術的な課題として、「配合設計法」および「製造時の再生骨材の加熱」の2項目について検討結果を紹介する。

4. 配合設計に係わる提案

この章では、排水性舗装発生材を排水性混合物および密粒度アスファルト混合物へ再生利用する場合の配合設計方法の検討結果をとりあげる¹⁵⁾。

(1) 排水性混合物への再生

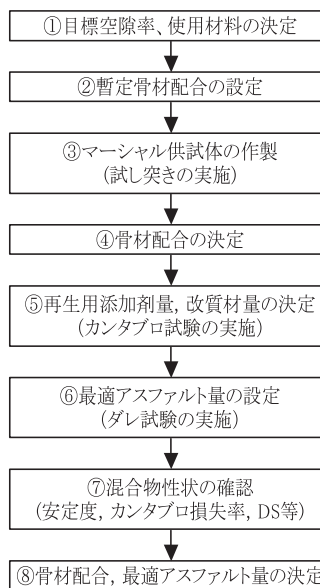
(a) 配合設計方法の概要

ポリマー改質アスファルトH型は、針入度がポリマー改質アスファルトII型などと同等の $40 \text{ }_{1/10\text{mm}}$ 以上でありながら、 80.0°C 以上の軟化点、 $15 \text{ N}\cdot\text{m}$ 以上のテナシティおよび $20,000 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 以上の 60°C 粘度を有する。このため、針入度を指標にして再生用添加剤量を設定した後に、テナシティや 60°C 粘度などを指標に改質材量を決定すると、針入度が変化してしまう恐れがある。

これを踏まえ、排水性混合物への再生では、①混合物性状を指標として“アスファルトをリフレッシュさせる再生用添加剤量”と“ポリマー改質アスファルトH型と同様の性能を付加するための改質材量”を決定する、②指標とする混合物性状としては、カンタプロ損失率を主体に、必要に応じて動的安定度(DS)等を取り上げる、③混合物性状のほか、均一な混合に必要な最少添加量や経済性を勘案して、再生用添加剤量と改質材量を決定し、④ダレ試験で最適アスファルト量(OAC)を設定後、設計アスファルト量を求める。

(b) 配合設計方法

配合設計の流れを、図一2に示す。



図一2 配合設計の流れ

1) 再生用添加剤量と改質材量の決定法

再生用添加剤量は、10、20、30%の3点とし、必要に応じさらに添加量を変化させる。

改質材の最少量は、均一に混合できる最少量を改質材メーカーに確認するなどして決定する。最少量は、エマルジョン系改質材では固形分で2%程度、粉末系改質材では3%程度となることが多いようである。今回は、改質材量を0、3、6%の3点とし、必要に応じてさらに添加量を変化させることとした。なお、これら

の添加量は、再生アスファルトに対するものである。

2) 設計アスファルト量の決定法

1) で求めた再生用添加剤量と改質材量でアスファルト量を変化させてダレ試験を実施して OAC を設定し、必要な混合物性状を確認して設計アスファルト量を決定する。

(2) 密粒度アスファルト混合物への再生

(a) 配合設計方法の概要

1) ストレートアスファルト（以下、ストアス）混合物に再生する場合

配合設計を出来る限り簡便にすることが望ましいと考え、真値ではないことを承知の上で、①通常の再生アスファルト混合物と同様に、再生アスファルトの針入度を指標として再生用添加剤量を求め、②マーシャル安定度試験を実施し OAC を求める。

2) 改質アスファルト混合物に再生する場合

ストアス混合物に再生する場合と同様に、配合設計を出来る限り簡便にすることが望ましいと考え、①再生アスファルトの針入度を指標として再生用添加剤量を求め、②マーシャル特性値と DS を指標として改質材量と OAC を決定する。

(b) 配合設計方法

配合設計の流れを図一3に示す。なお、図中の⑥は改質アスファルト混合物に再生する場合のみ実施する。ここでは、供用6年が経過した道路からの排水性舗装発生材で製造した再生骨材（13～0mm）を、再生密粒度アスファルト混合物（13）（再生骨材率50%）に再生する場合の配合設計例を示し、配合設計法の概要を紹介する。

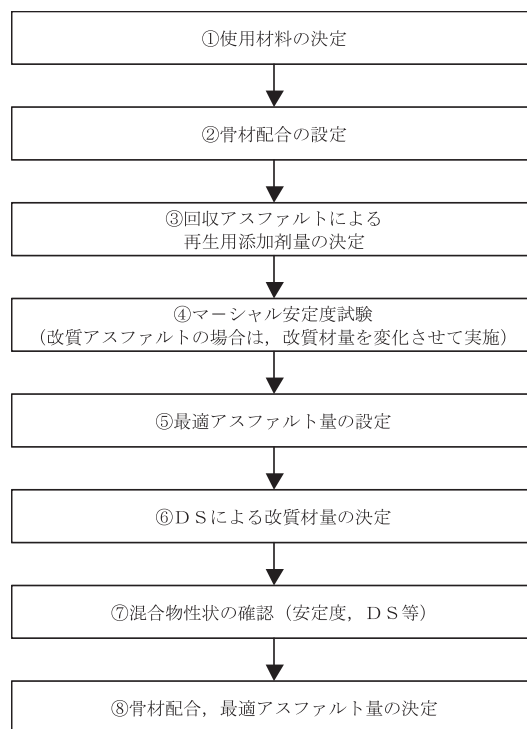
1) ストアス混合物に再生する場合

①再生用添加剤量の決定

目標針入度を 40, 50, 60 $_{1/10\text{mm}}$ の3点とし、アブソン法で回収したアスファルトを用い「再生用添加剤量と針入度の関係」を求め、目標針入度となる再生用添加剤量を決定した。決定添加量は、目標針入度 40 $_{1/10\text{mm}}$ で5%、50 $_{1/10\text{mm}}$ で9%、60 $_{1/10\text{mm}}$ で12%である。

②マーシャル特性値

マーシャル安定度試験結果を表一1に示す。



図一3 配合設計の流れ

目標針入度 60 $_{1/10\text{mm}}$ のフロー値を除き、各目標針入度の OAC で、密粒度アスファルト混合物（13）の基準値を満足している。

なお、ストアス使用の新規混合物と同締固め温度で同等の空隙率が得られたことから、再生骨材中の改質材による施工性の障害は少ないと考える。

③ DS

目標針入度ごとの DS を表一1に併記する。再生骨材中の改質材の影響で、3,000回/mm以上と大きな値を示したと考える。なお、針入度が高い方が大きな DS を示した。この理由としては、再生用添加剤量の増加に伴い、再生骨材中の改質材が溶解・分散されやすくなり、改質効果が向上したと考える。また、これにより耐流動性の向上が期待できると考える。

④目標針入度の決定

今回の配合では、①目標針入度 50 $_{1/10\text{mm}}$ と 60 $_{1/10\text{mm}}$ で同程度の DS を示しており、どちらでも改質材が溶解・分散していると考えられる、②目標針入度 60 $_{1/10\text{mm}}$ のフロー値が基準値から外れている。これらを考慮し

表一1 マーシャル安定度・DS試験結果（ストアス）

目標針入度 (1/10 mm)	OAC (%)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (kN)	フロー値 (1/100 cm)	DS (回/mm)
40	5.6	4.0	75.8	13.50	36	3,000
50	5.6	3.9	74.7	12.80	38	4,500
60	5.6	3.9	74.4	11.43	41	4,800

表一 2 マーシャル安定度・DS 試験結果 (改質アス)

改質材量 (%)	OAC (%)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	フロー値 (1/100 cm)	安定度 (kN)	DS (回 /mm)
2	5.6	3.9	74.5	35	13.65	5,100
3	5.6	4.2	76.2	38	16.21	6,500 以上
4	5.6	4.1	75.9	38	16.80	6,500 以上

て、目標針入度 $50_{1/10\text{mm}}$ (再生用添加剤量 9%) が適当と判断した。

2) 改質アスファルト混合物への再生

①再生用添加剤量

1) ①の結果を踏まえ目標針入度を $50_{1/10\text{mm}}$ として、再生用添加剤量を 9%とした。

②マーシャル特性値

改質材量を変化させて求めたマーシャル安定度試験結果を、表一 2 に示す。この表に示されるように、各改質材量の OAC で基準値・目標値を満足している。

③改質材量の決定

改質材量を変化させた場合の DS を表一 2 に併記する。均質な混合が可能な改質材最少量 2% (固形) でも、DS が 5,100 回 /mm と大きな値を示している。この結果から、改質材量は固形分で 2% が適当と判断した。

(3) 配合設計方法についての提案

①排水性混合物に再生する場合は、カンタブロ損失率等の混合物性状を指標とし、均質な混合に必要な最少量と経済性を考慮して、再生用添加剤量と改質材量を決定する。

②密粒度のストアス混合物に再生する場合は、まず、再生アスファルトの針入度が $50_{1/10\text{mm}}$ 程度となる再生用添加剤量を求め、当該再生用添加剤量で再生アスファルト量を変化させマーシャル安定度試験を実施し、OAC を求める。

③密粒度のストアス混合物に再生する場合は、再生骨材中の改質材の影響による施工性の低下は少なく、耐流動性の向上が期待できると考える。

④密粒度の改質アスファルト混合物に再生する場合には、改質材量を変化させ 2) の①、②を実施後、各 OAC で DS 等を求め、目標値を満足する改質材量を求める。

5. 再生骨材の加熱に関する検討

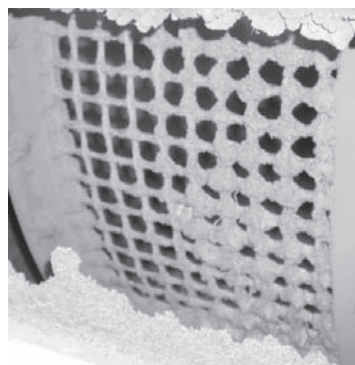
前述したとおり、排水性舗装発生材には粘度の高いポリマー改質アスファルトが用いられている。このため、合材工場における再生骨材の加熱時に、トロンメ

ルほか、製造設備へのアスファルトモルタル分の付着が懸念される。このため、加熱方法の検討を実施した。

(1) 再生骨材加熱温度

供用 6 年が経過した道路からの排水性舗装発生材で製造した再生骨材 (13 ~ 0mm) を用いて、実際のアスファルトプラントで加熱実験を実施した。この結果、再生骨材の含水比が 2% 以下であれば、排ガス温度を 200℃ 以下に保持して、再生骨材を 160℃ 程度まで加熱できることが確認できた。

なお、写真一 1 に示すように、①再生骨材を 160℃ 程度まで加熱した場合には、再生ドライヤ内のトロンメルへの再生骨材の細粒分の付着は少ないが、② 140℃ 程度までの加熱では、写真一 2 に示すようにトロンメルへの付着が多くなることが確認できた (羽根への付着状況も同傾向)。このことから、高粘度改質アスファルトを含む再生骨材の場合は、160℃ 程度以上まで加熱することが必要と考えた。



写真一 1 トロンメルへの再生材の付着状況 (160℃)



写真一 2 トロンメルへの再生材の付着状況 (140℃)

(2) 熱効率向上策の検討

再生骨材が十分に加熱されずに排ガス温度が上昇する理由としては、粗粒分が多いため滞留時間が短いほか、図-4に示すように再生骨材が“カーテン状に落下しない”ため、十分な熱交換（再生骨材の加熱）がなされないと推測される。もちろん、この現象は、含水比が2%以下の場合にも生じており、熱交換効率の向上を図る必要があることには変わりがない。

この対策として、再生骨材と併せて新規骨材を流すことで、再生骨材の滞留時間や落下形態を改善でき、再生ドライヤ内での熱交換効率を向上できると考えた。さらには、同対策により、ドライヤ内を流れる全骨材（再生骨材+新規骨材）中のアスファルト量（率）が減ることになり、ドライヤの羽根やトロンメルへのアスファルトモルタル分の付着を抑制できると考えた。

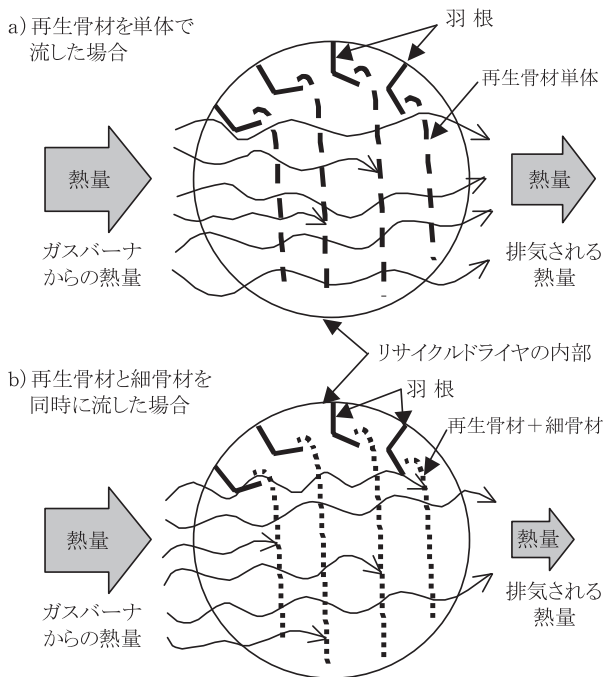


図-4 骨材加熱状況の概念図

(3) 実験結果

含水比が約5%の再生骨材と6号砕石ならびに砂を同時に流し、効果を確認した。この結果、6号砕石の場合でも砂の場合でも、排ガス温度を200℃以下に保持して再生骨材を所定の温度に加熱でき、さらには、アスファルトモルタルの付着を抑制できることが確認できた。

以上の結果から、①細骨材の使用量が多い密粒度ア

スファルト混合物などを製造する場合には、砂を同時に流し、②細骨材の使用量が少ない排水性混合物などを製造する場合には、6号砕石など粗骨材を同時に流すことが有効と考える。

6. おわりに

アスファルト舗装発生材の再資源化率は99%と高く、通常のアスファルト舗装の再生技術はほぼ完成していると云える。しかし、この高い再資源化率を維持するには、排水性舗装発生材など、新たに開発されたアスファルト舗装からの発生材の再生技術を実用化する必要がある。

一方、新たな舗装用材料の開発にあたっては、いずれおとずれる修繕を踏まえ、その再生技術の考慮が必要であると考えられる。

JICMA

【参考文献】

- 1) 建設副産物リサイクル広報推進会議：よくわかる建設リサイクル平成20年度版
- 2) (社)日本道路建設業協会 技術政策等情報部会：排水性舗装関連技術の変遷、アスファルト、Vol. 47, No.215, pp.7～14, 2004.5
- 3) 国土交通省：平成17年度建設副産物実態調査について、2006.12
- 4) (社)日本アスファルト合材協会：アスファルト合材統計年報
- 5) (社)日本道路協会：舗装再生便覧、2004.2
- 6) 加納孝志：舗装分野におけるリサイクルの現状、建設の施工企画、pp.17～21, 2008.10
- 7) (社)日本道路協会：排水性舗装発生材の再生利用技術確立に向けた直轄国道試験施工の中間報告、2006.3
- 8) 新田弘之他：改質アスファルトのリサイクル技術に関する検討、土木技術資料 (No.46-1), 2004.1
- 9) 神谷恵三：排水性混合物の再生利用への取組み、アスファルト (Vol.47, No.215), p.27-34, 2004.5
- 10) 鈴木勲・武本敏男・峰岸順一：特殊開粒度アスファルト混合物の再生、平成12年度東京都土木技術研究所年報、p.93-98, 2000.9
- 11) 鈴木勲・武本敏男・峰岸順一：特殊開粒度アスファルト混合物の再生(その2)、平成13年度東京都土木技術研究所年報、p.69-78, 2001.10
- 12) 鈴木勲・武本敏男・峰岸順一：特殊開粒度アスファルト混合物の再生(その3)、平成14年度東京都土木技術研究所年報、p.133-140, 2002.9
- 13) 武本敏男・峰岸順一・鈴木勲：特殊開粒度アスファルト混合物の試験施工、東京都土木技術研究所年報 (平成15年度)、p.289-292, 2003.9
- 14) 武本敏男・峰岸順一・鈴木勲：低騒音舗装発生材のプラント再生に関する検討、東京都土木技術研究所年報 (平成16年度)、2004.10
- 15) 本松資朗、小澤光一、高橋光彦、向後憲一：高機能舗装のプラント再生に関する検討、舗装、38-7, pp.3～8, 2003.7

【筆者紹介】

猿渡 守 (さるわたり まもる)
 (社)日本アスファルト合材協会
 技術部会委員

