

太陽光パネル廃材のアスファルト混合物への適用検討

出光興産(株)	機能舗装材事業部アスファルト技術課	正会員	○安藤秀行
出光興産(株)	機能舗装材事業部アスファルト技術課	正会員	呉悦樵
出光興産(株)	機能舗装材事業部アスファルト技術課	正会員	瀬尾彰

1. はじめに

再生可能エネルギーとして導入が推進されている太陽光パネルは、その耐用年数は20~30年程度とされており、2030年代後半には耐用年数を超えたパネルが年間約50~80万トン発生すると推計されている^[1]。太陽光パネルはガラス、金属、および樹脂などで構成されており、寿命を終えたパネルの素材毎の分別方法、および分別後の発生材の再利用に関する技術検討が行われている。ガラス発生材については様々な再利用検討が報告されており^[2]、回収金属についてもリサイクルが可能と考えられる。しかし樹脂成分の用途開発は途上である。

筆者らは、寿命を終えた太陽光パネルの樹脂成分（以降、廃パネル樹脂）を、骨材の代替としてアスファルト混合物へリユースした際の傾向を検証した。その結果、廃パネル樹脂は比重が小さく、弾力性に富み、少量の添加でも混合物性状に大きな影響を与えることがわかった。一方、樹脂やアスファルトの配合を調整することで、廃パネル樹脂をアスファルト混合物へ適用できる可能性と課題を見出したので、報告する。

2. 使用材料

図1に今回検討に用いた廃パネル樹脂を示す。EVAとPETを主成分とし、微量のSiが付着したもので、2.36mm篩を通過し0.60mmに残留する成分が約95%を占める。



図1. 使用した廃パネル樹脂

表1. 混合物作製条件

混合物の種類	密粒度アスファルト混合物(13)
使用骨材	出光興産保有骨材、 廃パネル樹脂
廃パネル樹脂の密度	1.241 g/cm ³
使用アスファルト	ストアス60/80
混合・締固め温度	155℃/140℃

表1に検討で使用した材料を示す。廃パネル樹脂の密度は1.241g/cm³であり、理論密度計算にはこの値を用いた。またアスファルトには、当社製ストレートアスファルト60/80（ストアス60/80）を用いた。

3. 結果・考察

3.1 廃パネル樹脂配合量と混合物性能の相関確認

表2に廃パネル樹脂の配合量を変えて行ったマーシャル安定度試験の結果を示す。廃パネル樹脂は、細目砂の一部を質量比で置き換え配合した。また混合物のアスファルト量は、当社保有骨材のみを使用した際の最適アスファルト量（OAC）の5.5%とした。廃パネル樹脂配合量の増加に伴い、空隙率は増大し、飽和度と安定度は低下した。これは、細目砂に比べ弾力性に富む廃パネル樹脂を配合したことにより、供試体そのものがゴム弾性を有し、締固めにくくなったと考えられる。

表2の空隙率および飽和度の結果から、アス量5.5%で作成した廃パネル樹脂入り混合物は、アスファルトが不足していると考えられる。したがって、アスファルトを増量し、マーシャル安定度試験を実施した。

表2. 廃パネル樹脂配合量を変えたマーシャル安定度試験

廃パネル樹脂配合量(wt%)	理論密度 (g/cm ³)	かさ密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	標準安定度 (kN)	フロー値 (1/100mm)
基準値	—	—	3~6	70~85	7.35以上	20~40
0.0	2.483	2.374	3.7	77.3	12.60	36.1
0.1	2.479	2.314	6.7	64.9	11.00	38.6
0.5	2.469	2.300	6.8	64.4	9.44	38.8
1.0	2.456	2.258	8.1	59.9	7.88	37.5

キーワード：アスファルト混合物，太陽光パネル，カーボンニュートラル，リサイクル
連絡先 〒243-0303 神奈川県愛甲郡愛川町中津 4052-2 Tel 046-285-0829

3.2 アスファルト量の調整

表3に、廃パネル樹脂配合量を0.5wt%に固定し、アスファルト量（以降、アス量）を変えたマーシャル安定度試験結果を示す。アス量が6.0～7.0%の範囲では、空隙率および飽和度が基準値となった。標準安定度は、アスファルト量が7.0%を超えると顕著な低下が見られた。フロー値は、アスファルト量に依存せず上限値近傍となった。フロー値に影響する要素としては、樹脂配合によって供試体の弾性が増す要素と、アスファルト増量による供試体の軟化する要素の2つがあり、アス量が小さい場合は前者が支配的に、アス量が大きい場合は後者が支配的になることで、フロー値が大きくなり、アス量に依存しなかったと考える。表3から、空隙率、飽和度および標準安定度が基準を満たすアス量の範囲が得られた。この範囲の中央近傍である6.3%をOACとし、各種混合物試験を実施した。

表3. 廃パネル樹脂配合量0.5wt%でのマーシャル安定度試験結果

アス量 (%)	かさ密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	標準安定度 (kN)	フロー値 (1/100mm)
基準値	—	3～6	70～85	7.35以上	20～40
5.5	2.300	6.8	64.4	9.44	38.8
6.0	2.344	4.3	75.9	9.42	41.5
6.5	2.337	4.0	78.8	9.34	40.3
7.0	2.333	3.4	82.3	8.94	39.2
7.5	2.349	2.1	89.2	8.49	41.8

び飽和度が基準値となった。標準安定度は、アスファルト量が7.0%を超えると顕著な低下が見られた。フロー値は、アスファルト量に依存せず上限値近傍となった。フロー値に影響する要素としては、樹脂配合によって供試体の弾性が増す要素と、アスファルト増量による供試体の軟化する要素の2つがあり、アス量が小さい場合は前者が支配的に、アス量が大きい場合は後者が支配的になることで、フロー値が大きくなり、アス量に依存しなかったと考える。表3から、空隙率、飽和度および標準安定度が基準を満たすアス量の範囲が得られた。この範囲の中央近傍である6.3%をOACとし、各種混合物試験を実施した。

3.3 最適アスファルト量で作成した混合物の性状

表4に、OACで作成した、廃パネル樹脂を0.5wt%配合したアスファルト混合物（以下、廃パネル混合物）の性状を示す。比較のため、廃パネル樹脂を配合しない混合物（通常混合物）の性状も付記している。廃パネル混合物の空隙率、飽和度、フロー値および標準安定度は、いずれも基準値を満足した。一方、残留安定度は

表4. 最適アスファルト量で作成したアスファルト混合物の性状

項目	単位	基準値	廃パネル混合物	通常混合物
混合物の種類	—	—	密粒度アスファルト混合物(13)	
アスファルト量	%	—	6.3	5.5
理論密度	g/cm ³	—	2.440	2.483
かさ密度	g/cm ³	—	2.346	2.374
空隙率	%	3～6	3.8	3.7
飽和度	%	70～85	78.9	77.3
フロー値	1/100mm	20～40	39.8	36.1
標準安定度	kN	7.35以上	10.29	12.60
残留安定度	%	75以上	74.2	92.8
動的安定度	回/mm	—	603	820
総沈下量	mm	—	6.77	5.16

74.3%と、基準値75%を下回った。通常混合物との比較では、廃パネル混合物の標準安定度および動的安定度は、通常混合物よりおよそ20～30%小さく、WT試験後の総沈下量も廃パネル混合物の方が大きい。

以上より、廃パネル樹脂を0.5wt%配合した廃パネル混合物は、アス量を調整することで、マーシャル特性値における密粒度アスファルト混合物(13)の基準を満たすが、廃パネル樹脂を含まない通常の混合物と比べて耐水性および強度、耐流動性が低下することがわかった。

4. まとめ

本検討では、太陽光パネル由来の樹脂成分を、アスファルト混合物の骨材としての適用可能性を検討した。廃パネル樹脂を配合することにより混合物が締め固まりにくくなり、空隙率が増大し、飽和度と安定度が低下することがわかった。廃パネル樹脂を0.5wt%配合した場合、既存の配合設計方法により、密粒度アスファルト混合物(13)のマーシャル特性値を満たす混合物を作製できた。一方で、耐水性や耐流動性の低下が確認された。今後は前述の課題である耐水性および耐流動性の向上に加え、廃パネル樹脂の弾力性を活かした舗装用途の開発や、樹脂成分の土壌環境基準等の安全性を確認し、寿命を終えた太陽光パネルから発生する資材の舗装への適用方法を検討していく。

5. 参考文献

- [1]環境省：<https://www.env.go.jp/press/106294.html>（閲覧日：2022年3月30日）
 [2]李ら、廃ガラス細骨材とフライアッシュがモルタルの圧縮強度に及ぼす影響、土木学会年次学術講演会前刷り集、V-344 (2021)