

### 廃タイヤ焼却灰を用いたアスファルト混合物の紫外線劣化抑制効果

福岡大学大学院 学生会員 ○西 将太郎  
 福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 藤川 拓朗 古賀 千佳嗣  
 (株)福岡建設合材 正会員 福岡 大造

1. はじめに 近年、日本では廃タイヤが年間約 100 万トンの発生し、その熱利用により生じる廃タイヤ焼却灰 (Waste Tire Ash, 以下、WTA と表記) は、年間約 3 万トン発生している。この WTA に含まれるカーボンブラックは、ゴム製品の補強効果や紫外線劣化抑制効果を発揮すること<sup>1)</sup>が知られている。また、佐々木らはアスファルトバインダが紫外線により硬化劣化を生じ、針入度を低下すると報告している<sup>2)</sup>。著者はこれまでに WTA の密粒アスファルト混合物フィラー材としての代替に関する研究<sup>3)</sup>を行っており、フィラー材中に WTA を 80%以下で配合が可能であることを明らかにしている。本報告では、WTA をアスファルト混合物フィラー材として用い、室内試験及び屋外試験により紫外線劣化を施した検体に対しカンタプロ試験を実施し、骨材損失率から WTA による紫外線劣化抑制効果について考察する。

#### 2. 実験概要

2-1 実験材料 実験には、密粒アスファルト混合物 (13mm Top) を用い、アスファルトバインダには StAs 60/80 を使用した。表-1 に使用骨材の配合割合を、表-2 にフィラー材として使用した WTA と石粉の物理特性を示す。WTA はその多くが炭素により構成されており、吸水性の高い塑性物質である。また、石粉に比べ WTA は比重が小さいことがわかる。

表-1 骨材配合率

材料種	配合率 (%)
6号碎石	36.3
7号碎石	23.0
粗砂	23.0
細砂	10.0
フィラー材	7.7
計	100.0

表-2 WTA の物理特性

試験項目	材料種	石粉	WTA
比重		2.734	2.210
塑性指数 I <sub>p</sub>		非塑性	8.9
浸水膨張率 (%)		無	6.9
水分量 (%)		0.1	0.2
剥離抵抗性		適	適
加熱変質性		無	無
未燃カーボン (%)		無	40~50

2-2 室内照射試験 供試体への紫外線照射には、キセノンランプを装備した促進劣化試験機 (写真-1) を使用した。高分子材料の劣化と関係する 300~400nm の波長を、照射強度 700W/m<sup>2</sup> で照射した。また混合物の熱劣化を懸念し、照射中の温度は 60℃一定に設定した。

2-3 屋外曝露試験 混合物供試体の屋外曝露は、本学屋上にて実施中であり (写真-2)、供試体の紫外線劣化程度は、紫外線強度の実測により積算紫外線量で管理を行っている。積算紫外線量は、つくば市通年の積算紫外線平均量 162MJ/m<sup>2</sup> を参考に、月あたりの平均量を 13.5MJ/m<sup>2</sup> とした。また、雨水による浸水劣化を考慮して供試体上部にはアクリル板、底部には排水板を設置した。

2-4 劣化評価方法 紫外線による混合物の劣化は主にバインダに影響し、微細なひび割れや風化として現れる。また、その劣化範囲はバインダ表面 5mm 範囲で作用すると報告される<sup>4)</sup>。そこで本検討においては、混合物表面に衝撃を与える試験であるカンタプロ試験を採用した。直径 100mm、厚さ 63.5±1.3mm の円筒形供試体に、自由落下による衝撃を 300 回与え、損失した供試体重量から骨材損失率を算出することで、紫外線による混合物への劣化の影響、さらに WTA の配合による紫外線劣化抑制効果について評価した。

2-5 カンタプロ試験結果の温度補正について 一般にバインダは高温であるほど骨材への粘着性が高く、摂氏-5 度以上の環境では混合物の性質は温度に最も依存する<sup>5)</sup>。本検討で採用したカンタプロ試験は、室外での実施に伴い気温変化による試験値の変動が懸念される。そこで事前検討として、同一の試験体を気温条件の異なる環境でカンタプロ試験を実施した。図-1 に示すよう、いずれの配合条件の場合も試験時の気温低下に伴い骨材損失率は増加する結果となり、WTA 配合率が高いほど、その影響を大きく受けることがわかった。以下の報告では、気温 15.8℃時の骨材損失率を基準とし、気温の増減に伴い変化する骨材損失率を差し引くことで、混合物の劣化因子を紫外線のみで絞り評価を行った。

2-6 実験条件 表-3 に実験条件を示す。WTA 配合率を 0、40、80% の 3 条件に分け、紫外線劣化抑制効果の評価した。既往の研究<sup>2)</sup>によると、バインダの紫外線劣化は、紫外線キーワード 廃タイヤ焼却灰、カーボンブラック、紫外線劣化



写真-1 紫外線劣化促進機



写真-2 屋外曝露実施状況

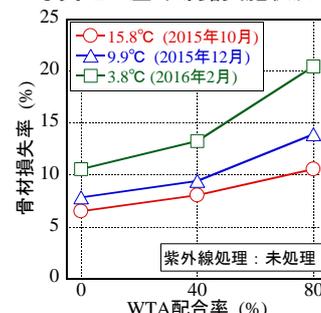


図-1 WTA 配合率別に見た骨材損失率と気温の関係

線照射から3ヶ月以内の初期段階において著しく進行するとあるため、本検討においても積算紫外線量で、1ヶ月分(13.5MJ/m<sup>2</sup>)、3ヶ月分(40.5MJ/m<sup>2</sup>)の2条件について評価を行った。混合物作製時のバインダ添加量は、WTA未配合時の最適As量である5.3%で一定とした。

表-3 実験条件

混合物種	使用バインダ	バインダ添加量 %	WTA配合率 %	紫外線照射方法	積算紫外線量 MJ/m <sup>2</sup>	劣化評価試験
密粒As混合物 (13mm Top)	StAs 60/80	5.3%一定 ※WTA未配合時の最適As量	0 40 80	室内照射試験 (促進劣化)	0 13.5 (1ヶ月分) 40.5 (3ヶ月分)	カンタプロ試験
				屋外曝露試験	0 13.5 (1ヶ月分) 40.5 (3ヶ月分)	

3. 結果及び考察

3-1 室内照射試験による検討 図-2に室内照射試験により積算紫外線量を、未処理、1ヶ月分、3ヶ月分に設定した供試体における骨材損失率の変化を示す。WTA配合率0%において、紫外線照射未処理の検体は、1ヶ月分、3ヶ月分と比較し、積算紫外線量が増加するほどに骨材損失率が徐々に増加する結果となった。これは混合物供試体表面に多く顕在する細粒骨材を包むアスファルトバインダが、紫外線照射の促進により硬化劣化し、脆くなった結果だと考えられる。WTA配合率40%については、紫外線照射未処理の結果と比較すると、1ヶ月分の紫外線照射時に若干の骨材損失程度の増加が見られるが、3ヶ月分においては骨材損失率に差がなかった。これはWTAによる紫外線劣化抑制効果が現れた結果と考えられる。一方、WTA配合率80%の条件は、紫外線処理の進行に伴い骨材損失率が増加する結果となった。これは、図-4に示すようにWTAの配合率増加による供試体密度の低下が起因していると考えられる。

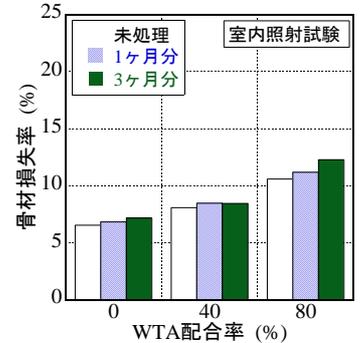


図-2 室内照射促進による骨材損失率の変化

3-2 屋外曝露試験による検討 図-3に屋外曝露試験により積算紫外線量を、未処理、1ヶ月分、3ヶ月分に設定した供試体における骨材損失率の変化を示す。室内照射試験の結果と同様、屋外曝露により紫外線劣化を施した検体においても、積算紫外線量の増加に伴い骨材損失率が増加する結果となった。屋外曝露においてWTA配合率0%の検体を、積算紫外線量で3ヶ月分劣化させたところ、8.12%の骨材損失率の増加が見られた。しかし、WTA配合率40%の条件においては、7.94%の増加となり、この結果は室内照射試験と同様、WTAを40%配合時に骨材損失率の増加が抑制されていることがわかる。以上の結果を踏まえ、WTAを配合していない条件と比べ、WTAのフィラー材としての使用による紫外線劣化抑制効果があることが示唆された。WTA配合率80%の条件については、室内照射試験の結果と同様に、WTAの配合による混合物としての密度低下が大きく影響していることがわかる。

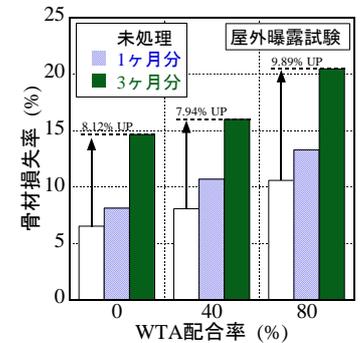


図-3 屋外曝露試験促進による骨材損失率の変化

今回の検討では、屋外曝露試験においては紫外線強度を実測し、曝露期間中の日照時間、及び曝露期間を掛けることで積算紫外線量に換算し、室内照射試験と同程度の劣化程度としている。しかし、室内照射試験と比較し、屋外曝露試験の混合物供試体が大きく骨材損失率を増加する結果となった。この原因としては、室内照射では供試体を60℃一定とし紫外線劣化処理が行われるのに対し、屋外曝露は試験期間が11~1月であり、気温変化等が供試体表面に作用し、骨材損失率が増加したことが推察される。

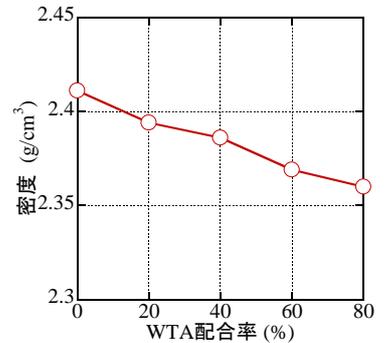


図-4 WTAの配合に伴うアスファルト混合物の密度変化

4. まとめ 1) 混合物フィラー材としてWTAを用いる場合、配合率の増加に伴い骨材損失率が増加する。2) フィラー材中にWTAを40%程度配合することにより混合物の紫外線劣化の抑制効果がみられたことから、混合物の長寿命化への可能性が示唆された。3) 骨材損失率による紫外線劣化の影響を検討する場合、供試体の置かれる環境を考慮し、紫外線劣化以外の外的影響を評価する手法が必要である。

【参考文献】 1) 石田雅信：燃焼における炭化水素からのエアロゾル生成課程，エアロゾル研究，Vol.12，No.3，pp.175-182，1997. 2) 佐々木ら：屋外曝露試験によるストレートアスファルトの紫外線劣化，土木学会第59回年次学術講演会，pp.1083-1084，2004. 3) 西ら，廃タイヤ焼却灰配合アスファルト混合物の材料特性，土木学会第70回年次学術講演会，pp.741-742，2015. 4) 佐々木ら，アスファルト材料のカーボンブラック添加効果，土木学会舗装工学論文集，第8巻，pp.251-260，2003. 5) 小倉ら，排水性舗装用アスファルト混合物の衝撃破壊特性に関する研究，土木学会第56回年次学術講演会，pp.148-149，2001.