

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

㈱福岡建設合材

正会員

福岡 大造 今国 宏則 黒藏 俊英

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¹⁾が知られている。佐々木らの研究²⁾によって、アスファルトバインダが受ける紫外線劣化は、積算紫外線量に換算することで紫外線劣化の評価が可能であると報告がされている。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³⁾を行っており、フィラー材中の 80%以下で代替を可能としている。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、紫外線劣化を施した検体をカンタブロ試験による骨材損失率から紫外線劣化抑制効果の評価を行った結果について考察する。

2. 実験概要

2-1 実験材料 アスファルト混合物には、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 は比重が小さく、混合物作製時の密度低下が懸念される。また、WTA はその多くがカーボンにより構成され、吸水性の高い塑性物質である。

表-1 骨材配合率

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

2-2 屋外曝露試験 混合物供試体の屋外曝露試験は本学の屋上にて行った（写真-1）。高分子材料の劣化と密接に関係する紫外線波長範囲である 300～400nm の波光測定には、紫外線強度計 YK-35UV を用いた。供試体の紫外線劣化は、紫外線強度の実測値（図-1）から積算紫外線量への換算により管理を行っている。また、雨水による浸水劣化を考慮して、供試体上部へアクリル板（全光透過率 93%）、底部には排水板を設置した。

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 _p		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

2-3 室内照射試験 混合物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 SUNTESTER XF-180CPS（写真-2）を使用した。照射強度 700W/m²、波長範囲は 300～400nm に限定、熱劣化による影響を懸念し、ブラックパネル温度は 60℃に設定した。積算紫外線量に関しては地域差を考慮し、つくば市の通年の積算紫外線平均量 162MJ/m²を基に、月毎の平均量を 13.5MJ/m²とした。また、既往の研究²⁾によると、アスファルトバインダの紫外線劣化は、紫外線照射開始から 3 ヶ月以内の初期段階において著しく進行するため、本研究の混合物を用いた検討においても、積算紫外線量は 1 ヶ月分（13.5MJ/m²）、3 ヶ月分（40.5MJ/m²）の 2 条件に設定した。

2-4 試験方法 紫外線劣化程度の評価は、紫外線劣化による混合物供試体表面の硬化により増加すると考えられるため、カンタブロ試験による骨材損失率を用いた。直径 100mm、厚さ 63.5±1.3mm の円筒形供試体を用いて、ロサンゼルス試験機による回転・落下を 300 回繰り返すことで損失した混合物供試体の重量から骨材損失率を算出した。この損失量を用いて、一定量の紫外線を受けた混合物の劣化評価の検討を行った。

2-5 実験条件 表-3 に実験条件を示す。著者³⁾がこれまでに行った検討試験を統合的に評価した結果、フィラー材中への WTA 配合可能率は最大で 80%であるため、WTA 配合率は 0, 40, 80% の 3 条件に設定した。また、紫外線照射方法の違いによる劣化程度の差について検討にあたっては、室内促進試験、屋外曝露試験の両試験の積算紫外線量を 1 ヶ月分相当量に調整し検討を行った。さらに、室内での促進劣化試験については、紫外線照射を促進させた 3 ヶ月分

相当量についても検討を行い、WTA の配合によるアスファルト混合物の紫外線劣化抑制効果について評価を行った。

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 ²	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)	カンタブロ試験
				屋外曝露試験	0 13.5 (1ヶ月分)	

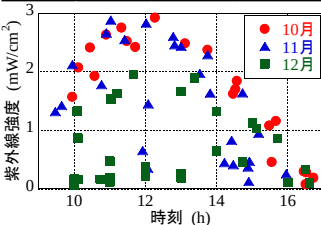


図-1 屋外における紫外線強度



写真-1 屋外曝露試験実施状況



写真-2 紫外線劣化促進試験機

3. 結果及び考察

3-1 WTA の配合による骨材損失率の変化と気温の関係 図-2 に紫外線照射未処理の回転・落下回数 300 回時点における WTA の配合率と骨材損失率の関係、また各配合時の供試体密度を示す。混合物フィラー材中に占める WTA 配合率の増加に伴い、骨材損失率は増加傾向にある。これは油分吸収性材料である WTA の配合により、混合物中のアスファルト分が WTA に吸収され、混合物の密度低下が影響したと考えられる。また、カンタブロ試験結果への影響因子としては気温差が最も大きい⁴⁾と報告されている。そこで本検討では、気温差によって生じたと考えられる骨材損失率の変動量を差し引き、いずれの WTA 配合率においても気温 15.8℃時の骨材損失率を基とすることで、気温差による骨材損失量の変化を考慮した。

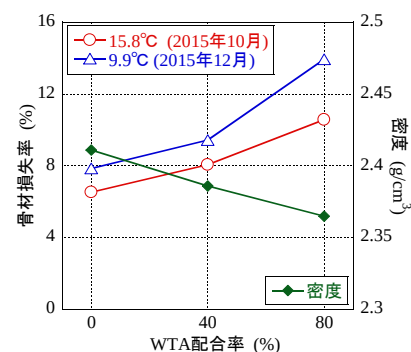


図-2 WTA の配合による材料特性の変化と気温の関係

3-2 紫外線照射方法の違いによる骨材損失率の変化

紫外線照射方法において、室内照射試験と屋外曝露試験による紫外線劣化程度の変化の評価を行った。紫外線照射方法以外の影響を排除するために、両劣化試験共に、積算紫外線量は 1 ヶ月分 (13.5MJ/m²) に調整し、同

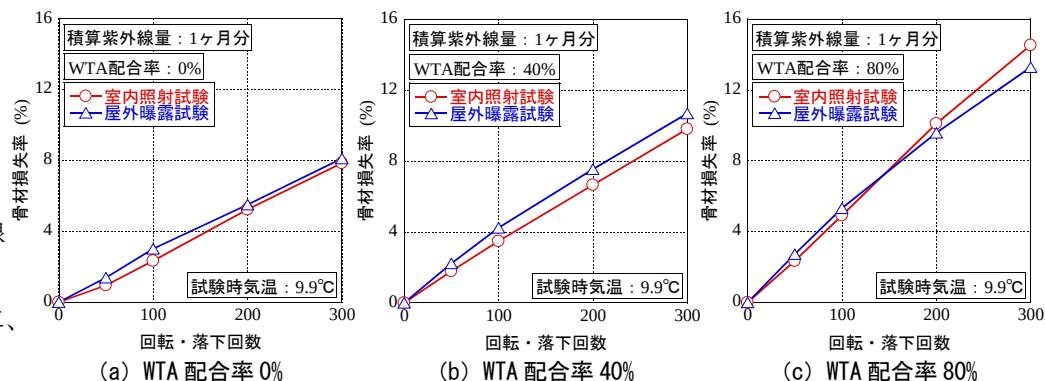


図-3 紫外線処理方法の違いによる骨材損失率の変化

等の気温条件下において検討を行った。WTA 配合率別のカンタブロ試験結果を図-3 (a)、(b)、(c) に示す。ロサンゼルス試験機による回転・落下回数が増加するに伴い、骨材損失率が増加していることがわかる。しかし、いずれの回転・落下回数時においても、混合物供試体の骨材損失率に対する紫外線照射方法の差は極めて小さいことがわかる。一般にカンタブロ試験による骨材損失率の誤差は 2~3% であり、今回行った検討については、いずれの WTA 配合率時の試験結果においてもその許容範囲に存在することから、紫外線照射方法の違いによる混合物供試体表面の紫外線劣化程度に差はなく、室内照射試験を用いても屋外曝露試験と同等の結果を得ることが確認された。

3-3 紫外線劣化促進による骨材損失率の変化 図-4 に積算紫外線量を、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、紫外線照射を施していない検体の結果と比較し、1 ヶ月分、3 ヶ月分と、積算紫外線量が増加するに伴い骨材損失率は徐々に増加した。これは混合物供試体表面に多く存在するアスファルトバインダ及び細粒骨材からなるアスファルトモルタルが、紫外線照射量の促進により硬化し、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% の条件については、図-2 に示したように通常の密粒アスファルト混合物と比較し、供試体密度の低下が見られる。その結果、混合物材料としての凝集力が著しく低下し、酸化や水分等の外的影響に対し過敏になったと考えられる。

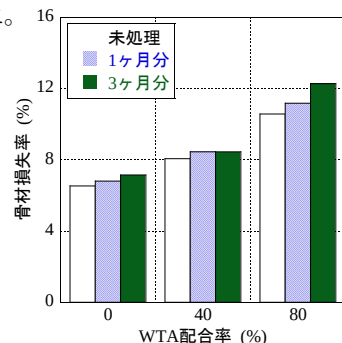


図-4 紫外線照射の促進による骨材損失率の変化

4. まとめ 1) 屋外曝露試験と室内照射試験による紫外線劣化程度を骨材損失率から評価した結果、積算紫外線量が同等である場合、試験法による劣化程度に差異がないことがわかった。2) アスファルト混合物フィラー材として WTA を用いた場合、その配合率の増加に伴い骨材損失率は増加する。3) フィラー材中に WTA を 40% 程度配合することにより、アスファルト混合物の紫外線劣化の抑制効果がみられ、長期にわたる劣化抑性効果が期待できることが示唆された。
謝辞: 本研究を進めるにあたり国立研究開発法人土木研究所 佐々木巖氏に、紫外線による促進劣化試験において、多大なる協力を得ました。末筆ながら、ここに感謝の意を表します。

【参考文献】 1) 石田ら：燃焼における炭化水素からのエアロゾル生成課程。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，2004.9. 3) 西：廃タイヤ焼却灰のアスファルト混合物への有効利用。4) 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，2001.10.