

廃タイヤ焼却灰を添加し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 石油製品であるアスファルトは、熱や酸素、紫外線等の環境的影響により粘性を失い、ひび割れ等の破損形態として現れる¹⁾。特に紫外線は供用開始初期に材料特性の硬化を促進するため、舗装体の性能、延いては供用年数に与える影響は多大である。一方、日本国内では年間 100 万トンの廃タイヤが発生しており²⁾、約半数は燃料として工場で利用される。焼却飛灰として発生する廃タイヤ焼却灰 (Waste Tire Ash, 以下、WTA と表記) は、重金属類とカーボンブラックを含有する。著者らはこれまでに、カーボンブラック含有資材である WTA を混合物材料として適用し、材料特性及び紫外線劣化抑制効果に関する検討³⁾を行っている。本報告では、WTA を混合物添加材として適用し、混合物の材料特性及び紫外線による材料劣化抑制効果、環境安全性について評価を行った結果について報告する。

2. 実験概要

2-1 実験材料 本検討では密粒度アスファルト混合物 (13mm Top) を使用した。表-1 に示す骨材配合率で配合し、バインダには StAs 60/80 を使用した。また、混合物添加材として用いた WTA の物理特性を表-2 に示す。WTA は比重が小さく、吸水・吸油性の高い塑性物質である。また、WTA は炭素分により構成され、カーボンブラックを約 8.0% 含有している。

表-1 骨材配合率

骨材種類	配合率 (%)
6号砕石	36.3
7号砕石	23.0
粗砂	23.0
細砂	10.0
石粉	7.7
合計	100.0

2-2 アスファルト混合物の紫外線劣化の検討 紫外線劣化の影響範囲は表面 500 μ m である。さらに、アスファルトの紫外線劣化に影響する波長は、300~400nm¹⁾ の光であり、照射開始初期に材料の粘性を喪失させ、材料の硬化を生じさせる作用⁴⁾を持っている。そこで本検討では、混合物供試体に対し作為的に紫外線劣化を生じさせ、混合物の紫外線劣化による材料特性への影響を評価した。

表-2 WTA の物理特性

試験項目	材料種	WTA
比重		2.210
塑性指数 I_p		8.9
浸水膨張率 (%)		6.9
水分量 (%)		0.2
剥離抵抗性		Clear
加熱変質性		-
未燃カーボン (%)		40~50
カーボンブラック (%)		8.0

2-3 紫外線照射試験 混合物の紫外線照射には、キセノンランプを装備した促進照射試験機 SUNTEST XLS+ (写真-1) を使用し、700W/m² の照射強度にて、300~400nm 波長とした。熱による材料劣化を懸念し、試験装置内温度は 60℃ 以下とした。また、日本の緯度の中心に位置するつくば市通年の積算紫外線量 162MJ/m² を参考とし、月毎の平均紫外線量は 13.5MJ/m² として検討を行った。

2-4 材料特性試験 WTA 添加による混合物材料特性への影響は、舗装調査・試験法便覧より B001 標準マーシャル試験 (略記: 標準 MT) 及び B003 標準ホイールトラッキング試験 (略記: 標準 WT) により得られる特性値を用いて評価を行い、混合物の紫外線劣化による材料硬化及び WTA 添加による紫外線劣化抑制効果の判定は、B010 標準カンタブロ試験 (略記: 標準 CB) による材料表面の衝撃抵抗性の変化を指標として材料劣化の評価をした。環境安全性の評価にあたっては、タンクリーチング試験 (略記: TL 試験) を用いて、得られた溶液について溶出試験を行った。

2-5 WTA 添加によるバインダ性状への影響 本研究で用いた WTA は油分吸収性を持つため、混合時にバインダ性状の変化、延いては混合物性状の変化を引き起こす可能性がある。そこで WTA 添加によるバインダ性状への影響をバインダ硬度を示す針入度から評価した。図-1 に WTA 添加率毎の針入度を示す。WTA 添加率増加に伴い針入度は低下し、バインダは硬化を示した。本検討に用いたアスファルトは、針入度が 60 以下となる場合、作業性の低下が懸念されるため、WTA の適用は混合物重量に対し 2.0% を上限とした。



写真-1 促進照射試験機

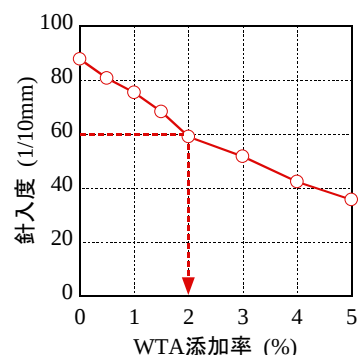


図-1 WTA 添加率毎の針入度

3. 結果及び考察

3-1 材料特性への影響 WTA 添加による材料特性への影響に関する実験条件を表-3 に示す。混合物に対する WTA 添加率は、混合物重量に対して 0, 1.0, 2.0% の 3 条件とした。

図-2 (a) ~ (c) に材料試験により得られた結果を示す。(a) の供試体密度は、WTA の添加によりわずかな増加傾向を示した。これは WTA を構成する微細な炭素粒子により、混合物内の空隙が充填されたためであると考えられる。また、

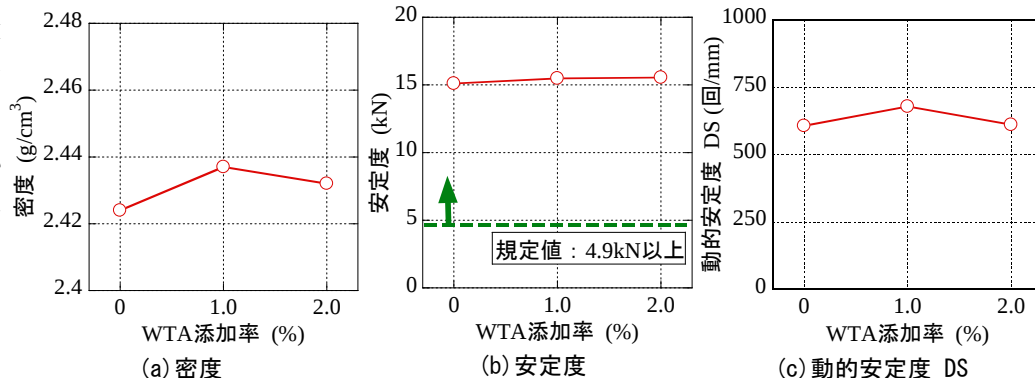


図-2 WTA 添加による材料特性への影響

(b) の安定度は 16kN 付近で一定であり、(c) の動的安定度 DS も 600 回/mm 付近で一定の値を示したことから、WTA 添加による混合物の材料・強度特性への影響は小さいことが確認された。

3-2 紫外線劣化抑制効果 WTA の添加によ

る混合物の紫外線劣化抑制に関する実験条件を表-4 に示す。WTA 添加率を 0, 1.0, 2.0% とし、促進照射試験により、最大で 6 ヶ月分

の紫外線照射を行った。図-3 に換算供用月数と骨材損失率の関係を WTA 添加率別に示す。ここで換算供用月数とは、促進照射試験機による紫外線劣化程度を積算紫外線量により月数換算した値である。紫外線照射を行っていない状態では、WTA 添加率に関わらず骨材損失率は 7.0% 付近で一定の値を示し、WTA 添加による耐衝撃抵抗性への影響がないことが確認された。また、いずれの WTA 添加率において換算供用月数の経過に伴い骨材損失率の増加がみられた。しかし、WTA を 1.0~2.0% 添加した混合物は、未添加時の骨材損失率の増加傾向と比較すると、傾向供用月数の経過に伴う骨材損失率の増加傾向が小さく、紫外線劣化の抑制効果が確認された。また、換算供用月数 6 ヶ月時点において、WTA を 2.0% 添加した混合物の骨材損失率が増加傾向を示した理由としては、混合物のわずかな密度低下が影響したと考えられる。バインダの紫外線劣化は供用開始初期に著しく進行することから⁴⁾、混合物の換算供用月数 3~6 ヶ月時点で骨材損失率に大きな変化がみられないことは、通常混合物以上の耐衝撃性能を有する混合物であり、舗装用材料の耐久性向上への可能性が示唆された。

3-3 環境安全性への影響 環境安全性の評価としては、WTA から

の溶出が懸念された B, Cr⁶⁺, Pb の 3 種類の分析を行った。表-5 に

TL 試験結果を示す。WTA を添加材として 1.0~2.0% 添加した検体は、いずれの条件においても重金属が溶出されることはなかった。これはバインダとの混合により WTA が浸透・被膜され、重金属が固定化されたためであると考えられる。

4. まとめ 1) WTA の添加による混合物の強度特性に影響はみられなかった。2) WTA の添加により紫外線劣化の抑制効果がみられ、混合物の耐久性向上を図る可能性が示唆された。しかし、今後長期的な検討が必要である。3) WTA の添加による重金属の溶出はみられず、環境安全性に問題なく舗装用材料として供用が可能である。

謝辞：本研究における室内照射試験によるアスファルト混合物の紫外線照射試験を行うにあたり、国立研究開発法人土木研究所 佐々木巖氏に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) 山口ら：アスファルト材料の紫外線劣化とカーボンブラック添加効果，土木学会舗装工学論文集，pp.251-260, 2003. 2) TOYO TIRES driven perform：走れ！タイヤくん，第 28 回 タイヤのリサイクル，2010. 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：屋外暴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, 2001.

表-3 実験条件 I

混合物種	使用バインダ	As 量 (%)	WTA 添加率 (%)	検討試験
密粒度 As 混合物 (13mm Top)	StAs 60/80	5.28%一定	0 1.0 2.0	標準MT 標準WT

表-4 実験条件 II

混合物種	使用バインダ	As 量 (%)	WTA 添加率 (%)	積算紫外線量 (MJ/m ²)	検討試験
密粒度 As 混合物 (13mm Top)	StAs 60/80	5.28%一定	0 1.0 2.0	未照射 40.5 (3ヶ月分) 81.0 (6ヶ月分)	標準CB

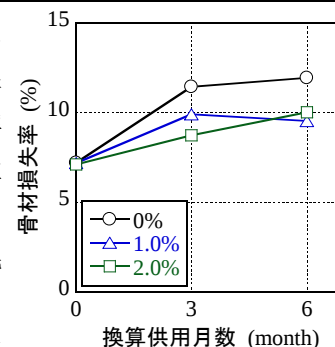


図-3 換算供用月数と骨材損失率の関係

表-5 TL 試験結果

試料名	分析対象	B or その他化合物	Cr ⁶⁺ or その他化合物	Pb or その他化合物
	単位	mg/L	mg/L	mg/L
WTA0%		N.D.	N.D.	N.D.
WTA1.0%		N.D.	N.D.	N.D.
WTA2.0%		N.D.	N.D.	N.D.