

耐油性および耐久性に優れた アスファルト混合物の開発

篠塚 政則¹

¹鹿島道路株式会社 生産技術本部 技術研究所 課長代理

近年、厳しい財源情勢を背景に、効率的な維持管理が重要な課題の一つであり、ライフサイクルコストの最小化や道路舗装の長寿命化への取り組みが検討されている。

当社では、耐油性および耐久性に優れたアスファルト混合物（当社商品名：AKD 舗装：Anti Kerocene and Durability pavement）を開発し、アスファルト混合物における性能評価を検討した。本論では、室内試験における AKD 舗装用アスファルト混合物の基本性能とプラントでの練り混ぜ性能および施工性を確認した結果を述べるとともに、現在までに得られた耐久性等の結果について報告する。

キーワード：AKD舗装，AKD添加材，耐油性，耐久性，耐たわみ性，油浸漬評価試験

1. はじめに

アスファルト舗装業界では、従来から耐流動性等に優れた改質アスファルトの開発が行われ、重交通道路やコンテナヤードなどに適用されており、一定の成果を上げてきている。さらに耐流動性などが要求される箇所には半たわみ性舗装やエポキシアスファルト舗装が適用されているが、これらの舗装は補修の容易さやコストが高いという欠点がある。

このような背景の中、当社では従来のアスファルト舗装より耐油性および耐久性に優れたアスファルト混合物の開発に取り組んでいる。

本論では、アスファルト混合物に特殊添加材を添加することにより、耐油性および耐久性に優れたアスファルト混合物の基本性能を概説し、実用化に向けた施工および耐久性を述べる。

2. 開発概要

(1) 概要

AKDアスファルト混合物（以下、AKD混合物と称す）は、舗装の長寿命化を目指すために、アスファルト舗装で課題とされている耐油性を付加させ、耐久性を向上させるために開発したものである。

AKD混合物はアスファルトプラントで一般的に製造されているアスファルト混合物にドライミキシングで特殊添加材（以下、AKD添加材と称す）を添加するプラントミックスタイプであり、プラントでの少量出荷にも対応できるものである。

(2) 特殊添加材

特殊添加材は、表-1 に示す材料（AKD 添加材）で、プラスチックのような可塑性（プラストマー）を持つ物質である。この添加材はアスファルト混合物中で、全てがバインダに溶解するものではなく、未溶解材はアスファルト混合物内に分散する。そのため、日本改質アスファルト協会が示すポリマー改質アスファルトのⅠ～Ⅲ型またはⅡ型グレードには属さない、特殊な添加材である。

表-1 AKD 添加材の概要

外 観	1,200 μ m の粉末	
20°Cでの物理的状態	個体	
色	ダーク(暗色)	
密度	0.96 g/cm ³	
MI*	0.5 g/10 分以上	
構成材料	PE(ポリエチレン)	
発火点	>300°C	

※MIとは、熱可塑性樹脂の溶融時の流動性を表す指標(JIS K 7210)

(3) AKD 混合物の基本性能

AKD 混合物は、一般的なアスファルト混合物（基本配合）に AKD 添加材を添加したアスファルト混合物である。表-2 に密粒度アスファルト混合物（以下、密粒度混合物と称す）および粗粒度アスファルト混合物（以下、粗粒度混合物と称す）に AKD 添加材をそれぞれ外掛け 0.8%添加した際のマーシャル特性値を示す。この AKD 混合物は基本配合に比べ、AKD 添加材の密度の影

響により混合物の密度が小さくなるが、マーシャル安定度は大きくなる。

表-2 粒度およびマーシャル特性値

混合物種		密粒度混合物(13)		粗粒度混合物(20)	
		基本配合	AKD混合物	基本配合	AKD混合物
項目		改質II型		St.As60/80	
通過質量百分率 (%)	26.5mm	-		100	
	19.0mm	100		98.7	
	13.2mm	97.6		83.2	
	4.75mm	61.8		48.1	
	2.36mm	42.7		30.8	
	0.6mm	25.0		18.3	
	0.3mm	15.5		11.7	
	0.15mm	8.8		6.9	
	0.075mm	5.8		4.7	
アスファルト量(%)		5.5		4.6	
AKD添加量(%)		-		0.8	
マーシャル特性	密度(g/cm ³)	2.402	2.372	2.402	2.369
	理論密度(g/cm ³)	2.494	2.463	2.506	2.474
	空隙率(%)	3.7	3.7	4.2	4.2
	飽和度(%)	77.4	77.3	71.6	71.4
	安定度 (kN)	15.7	21.3	8.6	11.5
	フロー(1/100cm)	38	38	37	38

3. 混合物性能

AKD 混合物の混合物性能を確認するために、表-3 に示す試験を実施した。以下に、評価試験の結果を述べる。

表-3 評価試験項目

目的	評価項目	試験名	試験温度 (°C)	試験条件
混合物性能の確認 (添加量 0.8%)	耐油性	油浸漬後質量損失率試験	20	20°Cの灯油 : 48 時間油浸漬
		油浸漬マーシャル安定度試験	60	油浸漬後供試体を使用 載荷速度: 50mm/min
	耐流動性	ホイールトラックキング試験	60	載荷重量: 686N 試験時間: 60 分
添加量の相違による混合物特性(必要に応じて添加量を可変)	耐たわみ性	曲げ試験	-10	載荷速度: 50mm/min
	熱的特性	線膨張係数試験	-20~60	寸法: 26×3×3cm
	耐摩耗性	ラベリング試験	-10	試験時間: 90 分

(1) 耐油性 (油浸漬評価試験)

耐油性の評価は、油浸漬評価試験として、マーシャル供試体を灯油中に浸漬した際の質量損失率と、その供試体をマーシャル安定度試験によって求めた油浸後の

残留安定度で評価した。試験方法は以下のとおりである。

- ①20°Cの灯油中に供試体を48時間浸漬
- ②供試体中の油を揮発させるために5時間空気養生
- ③供試体質量を測定し、浸漬前後の質量差から式 (1) を用いて油浸漬後質量損失率を算出
- ④その供試体を用いてマーシャル安定度試験を実施
- ⑤油浸していないマーシャル安定度試験との比率より油浸残留安定度を式 (2) より算出

油浸漬後質量損失率(%)

$$= \frac{\text{油浸漬前供試体質量} - \text{油浸漬後供試体質量}}{\text{油浸漬前供試体質量}} \times 100 \dots (1)$$

$$\text{油浸残留安定度(%)} = \frac{\text{灯油48時間浸漬後の安定度}}{\text{標準の安定度}} \times 100 \dots (2)$$

ここで、既往の文献¹⁾よりアスファルト混合物のカットバックにおよぼす影響は「ガソリン、灯油、軽油、ディーゼルエンジンオイル」のうち、灯油の影響が大きいため、試験では灯油を選定した。

油浸漬後のマーシャル供試体状況および残留安定度を写真-1 および図-1 に示す。

これより、一般的なアスファルト混合物は灯油によってカットバックされ、骨材が露出しているのに対し、AKD 混合物と浸透性セメントミルクを浸透させた半たわみ性舗装用混合物 (以下、半たわみ性混合物) は形状を保っている。また、油浸漬後の残留安定度も AKD 混合物および半たわみ性混合物は、社内目標値である 75%を十分満足し、高い耐油性が認められた。

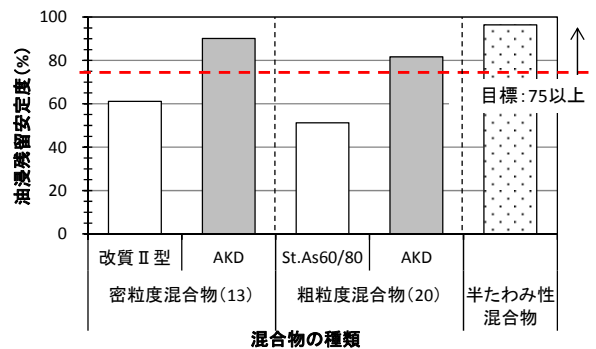


図-1 油浸漬後の残留安定度

表層用 As 混合物 (密粒度混合物 (13))		基層用 As 混合物 (粗粒度混合物 (20))		半たわみ性混合物
改質II型	AKD (改質II型)	St.As60/80	AKD (St.As60/80)	
油浸漬後質量損失率: 6.6%		0.3%	7.3%	0.4%

写真-1 油浸漬 48 時間後のマーシャル供試体状況

(2) 耐流動性 (ホイールトラッキング試験)

ホイールトラッキング試験結果を図-2 に示す。この結果、AKD 混合物の動的安定度は、密粒度および粗粒度混合物ともに大きく向上し、社内目標値 10,000 回/mm 以上を十分満足していることから、耐流動性の向上が確認できた。

なお、AKD 混合物は半たわみ性混合物より若干動的安定度が小さい結果であったが、変形量そのものが変位差計の精度以下であることから、同程度以下であると判断される。

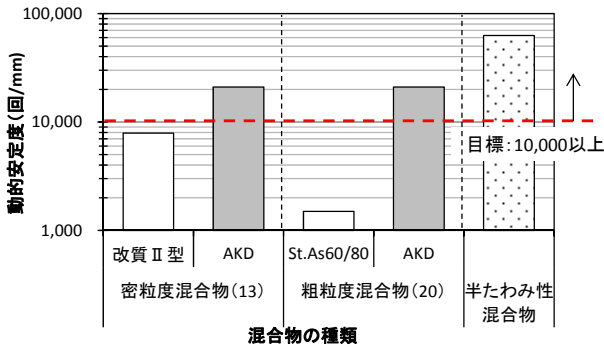


図-2 各種混合物における動的安定度

(3) 耐ひび割れ性

AKD 混合物は、一定量の AKD 添加材を入れるだけで耐油性および耐流動性の効果が発揮できることが判った。しかし、AKD 添加材は構成材料に PE (ポリエチレン) を使用しているため、添加量によってはアスファルト混合物が硬くなるという懸念が残る。

そこで、添加量の相違によるアスファルト混合物の特性を確認するために、曲げ試験を実施した。曲げ強度および破断時のひずみの結果を図-3 および図-4 に示す。

この結果、曲げ強度は両混合物ともに添加量の違いによる差異は小さいものであった。一方、破断時のひずみは、両混合物ともに添加量増加に伴い小さくなる傾向を示しているが、密粒度混合物では 0.8%、粗粒度混合物では 0.6% 付近から低下度合が大きくなっている。

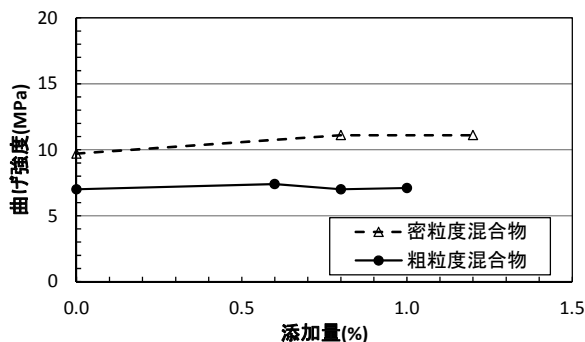


図-3 各種混合物における曲げ強度

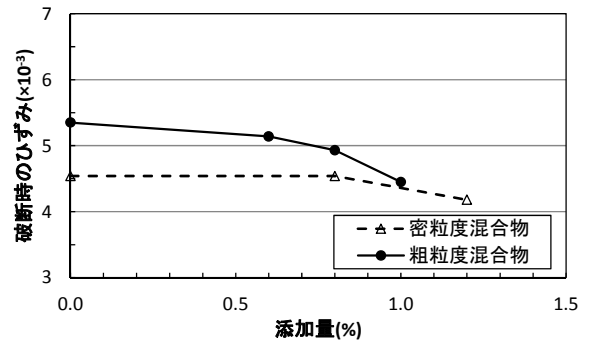


図-4 各種混合物における破断ひずみ

以上の試験結果から、アスファルト混合物に AKD 添加材をある一定量以上入れると、破断ひずみが低下することから、今回実施した試験結果によると、AKD 添加材の添加量は密粒度混合物で 0.8% 以下、粗粒度混合物では 0.6% 以下が望ましいと考えられる。

(4) 熱的特性

添加量の相違による AKD 混合物の熱的特性を確認するために、AKD 添加量と線膨張係数との関係を調べた。試験は、26cm×3cm×3cm の供試体表面および側面にひずみゲージを貼り、低温域・高温域による線膨張係数の測定を行った (表-4 および写真-2 参照)。

この結果、添加量 1.0% までは一般的なアスファルト混合物の線膨張係数 (20~30 μ/℃ 程度) と同程度であり、問題ないことを確認した。

表-4 密粒度混合物 (13) の線膨張係数

添加量 (%)	低温域	常温・高温域
	-20~0℃	0~60℃
0	30.6	20.2
0.4	25.6	22.7
0.6	28.4	24.2
0.8	27.7	26.0
1.0	25.8	23.5
一般的なアスファルト混合物の線膨張係数		20~30 ²⁾
一般的なコンクリートの線膨張係数		7~13

単位: (μ/℃)



写真-2 線膨張係数試験

(5) 耐摩耗性

添加量の相違によるAKD混合物の耐摩耗性を確認するために、ラベリング試験を実施した。試験結果を図-5に示す。

この結果、AKD添加材を0.4%以上添加することによって摩耗量は減少し、耐摩耗性は約2倍に向上した。

ただし、AKD添加量を0.4%以上増やしてもその効果は変わらないものであった。

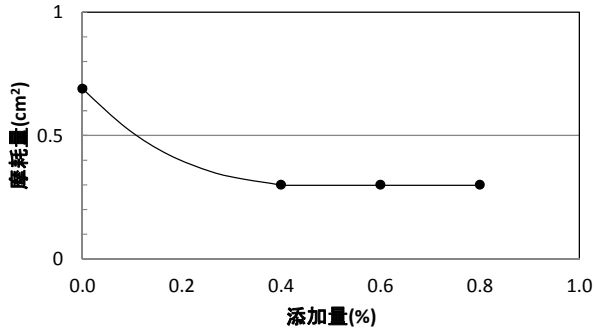


図-5 密粒度混合物 (13) の摩耗量

(6) 総合評価

以上の結果、一般的なアスファルト混合物にAKD添加材 (0.8%) を添加することにより、耐油性能および耐流動性能が大きく向上することが確認できた。また、今回実施した添加量の相違による混合物特性により、AKD添加材の推奨量を算出すると、密粒度混合物で0.4~0.8%、粗粒度混合物では0.6%以下になった。

ただし、耐油性・耐流動性試験についてもAKD添加量の相違による性能を確認し、最適なAKD添加量を検討する必要があると考える。

4. 試験施工

AKD 混合物の施工性や耐油性・耐久性などの性能を検証するために、当社栗橋機械センター構内で試験施工を実施した。試験概要および平面図・断面図を表-5 および図-6 に示す。また、試験施工状況を写真-3 に示す。

(1) 施工性および締固め度

AKD 混合物における試験施工時の目標管理温度は、室内試験の結果を踏まえ、一般的なアスファルト混合物よりも 5~20℃程度 (バインダ種による) 高く設定した。具体的には、AKD 混合物の施工温度は、敷均し温度: 169~175℃ (目標: 165℃以上)、マカダムローラによる初期転圧温度: 157~162℃ (目標: 160℃以上) で行い、目標温度内で施工ができた。施工後の締固め度は、98.6~100.5%の範囲内であり、96%以上を十分満足できるものであった。

ただし、AKD 混合物の施工性は合材温度の低下に大きく影響され、150℃以下になるとハンドリングが徐々

に重くなり、同一温度で比較した際、一般的なアスファルト混合物よりも若干作業性が低下することが分かった。また、マカダムローラによる初期転圧回数を4往復以上行くと一部の箇所ではアークラックや表面の小さなズレが見受けられたが、施工後の路面には悪影響をもたらさない程度のものであった。

表-5 試験施工概要

項目	内容
施工箇所	栗橋機械センター構内
実施条件	平成27年7月、晴れ
施工規模	352 m ²
施工断面	図-6 参照
施工機械	敷均し: AF 3.0~6.0m 初期転圧: マカダムローラ 10t (4 往復) 2次転圧: 振動ローラ 4t 仕上転圧: タイヤローラ 25t (6 往復)

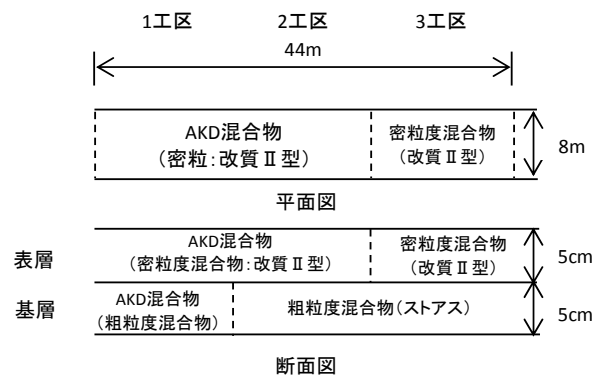



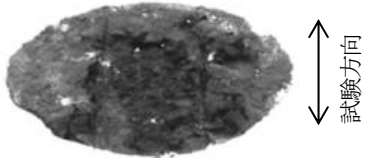

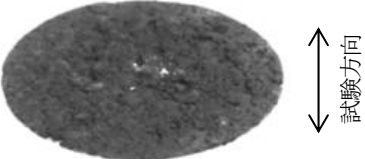
図-6 平面図・断面図



写真-3 試験施工状況

(2) 施工後の品質確認

AKD 混合物の耐油性能を把握するため、強制的に灯油を路面に散布 (2ℓ/m²) し、揮発させないように養生マットで2週間養生した (写真-4 参照)。養生後の路面状態を確認した結果、写真-5 に示すように一般的なアスファルト混合物はドライバーを用いて触ってみると、表面が簡単に削れる状態であったが、AKD 混合物は耐油性の効果を発揮し、カットバックされず、表面は削れない状態であった。また、舗装自

混合物の種類	油散布後の路面状況	WT 試験後供試体
密粒度混合物		 DS:評価不能 (数値上は 1,500回/mm)
AKD 混合物		 DS:16,500回/mm ^{**}

※ $\log Y_{15}=0.45+0.96 \log X$ で補正 ここに、 Y_{15} : 円形供試体 $\phi 15\text{cm}$ の DS (切り取り供試体), X : 標準供試体の DS³⁾

写真-5 品質確認結果



写真-4 油散布状況

体の強度を確認するため、油浸箇所からコアを採取 ($\phi 150\text{mm}$) し、室内にてホイールトラッキング試験を実施した (写真-5 参照)。

鈴木らの補正式³⁾を用いて動的安定度 DS を算出した結果、AKD 混合物は室内試験と同程度 (DS : 16,500 回/mm) であったのに対し、一般的なアスファルト混合物は試験の途中で表面がはく離 (表面部分の 2mm 程度が剥がれ) し、動的安定度が 80%程度小さくなった (DS : 1,500 回/mm)。これらの結果からも、AKD 混合物の耐油性の効果が確認できた。

5. まとめ

以上により、室内試験および社内試験施工で得られた知見を以下に示す。

- (1) AKD 混合物は、一般的なアスファルト混合物に比べ、耐油性および耐久性に優れた混合物であることが確認できた。

- (2) 添加量の相違による混合物特性により、AKD 添加量は、今回採用した密粒度混合物で 0.4~0.8%、粗粒度混合物で 0.6%以下が望ましいと考えられるが、今後も他混合物について確認する必要がある。
- (3) AKD 混合物は、一般的なアスファルト混合物と同様な機械編成で施工が可能であるが、転圧温度を 5~20°C程度 (バインダ種による) 高くした管理が肝要であり、温度管理には十分注意して施工する必要性がある。

6. おわりに

今回開発した AKD 混合物について、室内試験および社内試験施工を実施し、耐油性および耐久性に優れた混合物特性であることを確認した。また、通常のアスファルト混合物と変わらない施工性を有していること等も確認できた。

試験施工箇所の追跡調査を引き続き実施し、AKD 混合物の混合物特性を把握するとともに効果を確認していく所存である。現在、社外において AKD 混合物を施工し、供用性能を検証している段階である。今後も現場の要求性能に即した AKD 混合物を提案したいと考える。

【参考文献】

- 1) 杉山亮, 中森康裕: 高安定性アスファルト混合物の耐油性評価方法と施工事例について, 平成 24 年度近畿地方整備局研究発表会, 新技術・新工法部門 No.02
- 2) 間山: アスファルト舗装の温度応力, ASPHALT, Vol.14, No.77, pp.11-18
- 3) 鈴木勲, 田中邦則: アスコン円形供試体の動的安定度, 都土木技研年報, 平成4年, pp.135-141