

# アスファルト再生用添加剤「RDEX」の開発

中央技術研究所 燃料研究所  
燃料技術グループ  
なかむら よしかず  
中村 好和



(株)NIPPO 総合技術部  
技術研究所  
もんでん ともや  
門田 誠也



## 1. はじめに

アスファルト舗装は、砕石や砂などの骨材にアスファルトを混合したアスファルト混合物で路面を舗装したものである。その特長には、施工後短時間での交通解放が可能で、走行車両の乗り心地が良く、騒音・振動が小さいなどがある。一方、アスファルト舗装は長年の交通荷重で損傷し、修繕が必要となる。その際、発生するアスファルト舗装廃材は、全国で年間2,500万トン以上となっている<sup>1)</sup>。過去においては、これらの廃材は有効な用途もないまま埋め立てなど不要物として廃棄されてきた。しかし、昭和46年制定の「廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令」により、アスファルト舗装廃材が産業廃棄物に指定され、さらに平成14年5月30日に「建設工事に係る資材の資源化等に関する法律」（建設リサイクル法）が完全施行された。この結果、建設分野においては「循環型社会」が形成され、廃材を骨材や路盤材にほぼ100%再資源化することで、石や砂の採取による自然環境への負荷を低減し、新たな資源投入量は削減されている（図1）。

また、(一社)日本アスファルト合材協会の統計（アスファルト混合物製造数量推移）から、再生骨材を利用した再生アスファルト混合物の製造数量は、平成初期に急激に増加し始め、平成10年には新規アスファルト混合物を上回り、近年では全国出荷量の75%程度が再生アスファルト混合物となっている（図2）。



図1 循環型舗装システム

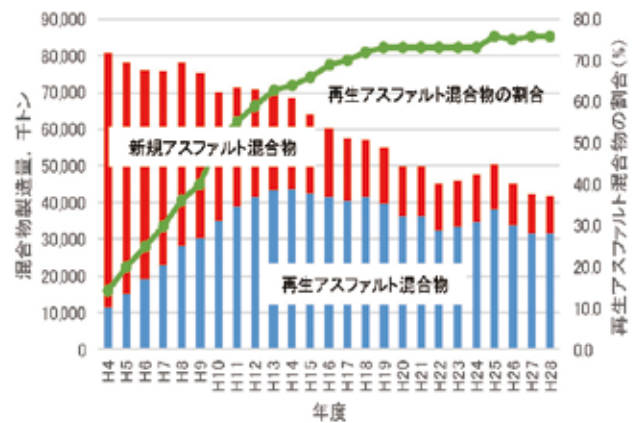


図2 アスファルト混合物製造数量推移

## 2. 舗装用アスファルト

一般的な舗装用アスファルトには、原油精製における減圧蒸留残油である「ストレートアスファルト」およびストレートアスファルトにポリマーを添加し改質した「ポリマー改質アスファルト」が使われている。これらのアスファルトは、多種の縮合多環芳香族・鎖状炭化水素を主成分とする混合物で、アスファルテン成分がマルテン中の芳香族成分に富んだ高分子のレジン分によって解膠、分散されたコロイド系であるとされている。さらに、新規アスファルトは、アスファルテン分が少ないため、レジン分に良く解膠、分散され、コンシステンシー（針入度、軟化点、粘度等）が軟らかいゾル型を呈している。しかし、劣化が進むにつれアスファルテン分が増加することで、分散が不十分となってゲル型に移行し、コンシステンシーが硬くなるとされている（図3）。

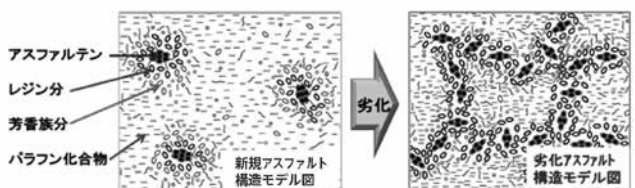


図3 アスファルトの劣化モデル

### 3. アスファルト再生用添加剤

再生骨材に付着している旧アスファルトは、分散が不十分となってゲル化することで、劣化して硬く、もろく、軟化しにくくなっている。これは化学的に見ると、アスファルトの酸化・縮重合が繰り返され、炭化水素の高分子化が進んだためである。このアスファルト性状を回復させ、アスファルト舗装に使用可能な再生アスファルト混合物として生まれ変わらせるために、「アスファルト再生用添加剤」が使用される。このため、アスファルト再生用添加剤は、劣化した旧アスファルトに不足しているマルテン中のレジン分を補給するか、アスファルテン分をレジン分に戻すような成分を含有している。

当社がこれまで開発したアスファルト再生用添加剤は、アスファルトの性能回復が可能で、更に多環芳香族炭素(PCA)の含有量が低く、環境および人体に対する安全性に優れているという特徴もっている(特許第4257186)。

### 4. 新たなアスファルト再生用添加剤の開発コンセプト

アスファルト舗装廃材に含まれる劣化アスファルトは、近年、繰り返し再生されたアスファルトやポリマーを含むアスファルトの増加などの理由により、針入度が20程度まで低下し、従来の再生用添加剤では再生しにくくなる可能性がある。そこで、これまでよりも更に再生効果を向上することができれば、アスファルト舗装廃材の活用や省資源化に貢献できる。また、加えて最近では省エネの観点から、温度が低下した場合でも施工できること(中温化による施工性向上)も強く求められており、これらを可能とするアスファルト再生用添加剤が要望されている。そこで、当社独自の再生技術および中温化技術を応用することで、劣化アスファルトを混合した再生アスファルト混合物の性能回復を高めるだけでなく、施工性(作業性)の改善効果も併せ持つ、新たなアスファルト再生用添加剤「RDEX(Reverse Dope Excellent)」を開発したので、その開発経緯および性能を紹介する。

### 5. アスファルト再生用添加剤「RDEX」の実用性能

#### 5.1 処方と一般性状

新たに開発したアスファルト再生用添加剤「RDEX」の一般性状を表1に示す。従来品では、劣化した旧アスファルトの性状を回復させるために、芳香族分を補うことを目的として、一定量の多環芳香族炭素を含む芳香族性の高い鉱油、具体的には、石油精製の溶剤抽出工程から得られるエキストラクト油を混合した。また、施工性(作業性)を向上させるために、表2に示す中温化技術<sup>2)</sup>を応用し当社で蓄積した技術の界面活性剤を使用した滑剤系添加剤を用いた。界面活性剤成分は、アスファルトの表面張力および被覆能力を低下させ、締固めを助ける効果がある。ま

た、同時に骨材へのアスファルト接着性を改善することから、締固めに必要な温度領域が拡大し、冬期や長時間運搬後の施工でも良好な品質を確保することが可能になると推測される。なお、本再生用添加剤は、(公社)日本道路協会の舗装再生便覧<sup>3)</sup>に記載されている再生用添加剤の標準的性状を満足する。

表1 アスファルト再生用添加剤「RDEX」の代表性状

		RDEX	標準的性状
密度,15°C	g/cm <sup>3</sup>	0.9207	報告
60°C動粘度	mm <sup>2</sup> /s	88.4	80~1,100
引火点	°C	270	250以上
流動点	°C	-25	報告
薄膜加熱後			
60°C粘度比		1.0	2以下
質量変化率	mass%	-1.02	±3以内
組成分析(TLC/FID法)			
飽和族分	mass%	82.6	報告
芳香族分	mass%	13.6	報告
レジン分	mass%	3.4	報告
多環芳香族炭素※	mass%	1.3	3.0未満

※英国石油学会法(IP346/92)で測定

表2 中温化技術の作用メカニズム

中温化技術	①発泡系 ローラ転圧	細骨材+フィバーブーム 微発泡 粗骨材 締固めによる骨材粒子の移動	アスファルトモルタル内に微細泡を発生・分散させる →見かけ状のアスファルト容積が増加するため、混合性および締固め性が向上する
	②粘弾性調整系 アスファルト+粘弾性改善剤	滑性効果 (混合・施工温度領域) 骨材 骨材 アスファルト	一定温度以上で急激に液体となり粘弾性を低下させる →混合物の製造・施工温度領域での粘弾性を調整するが、常温域では固体性状に転換する
	③滑剤系	アスファルト 骨材 骨材 界面活性剤 親油基 極性基	融点以上になるとアスファルトに溶解し、アスファルトと骨材の界面における潤滑を高める →骨材間の摩擦抵抗を低減する

#### 5.2 再生アスファルトの一般性状

針入度70を目標に新たに開発した再生用添加剤「RDEX」を劣化アスファルト(針入度18)に添加して得られた再生アスファルトの性状を測定した結果、日本道路協会の定める舗装用ストレートアスファルトの規格を満足した(表3)。

表3 劣化アスファルトと「RDEX」による再生アスファルトの性状

		劣化アスファルト	舗装用アスファルト	
			再生アスファルト	規格*
密度,15°C	g/cm <sup>3</sup>	1.044	1.035	1.000以上
針入度,25°C	1/10mm	18	74	60~80
軟化点	°C	64.5	49.0	44~52
引火点(GOC)	°C	-	334	260以上
動粘度				
120°C	mm <sup>2</sup> /s	4,320	1,020	報告
150°C	mm <sup>2</sup> /s	672	207	報告
180°C	mm <sup>2</sup> /s	193	64.9	報告
薄膜加熱後				
質量変化率	mass%	-	(-)0.15	±0.6
針入度残留率	%	-	66.2	55以上
組成分析(TLC/FID法)				
飽和族分	mass%	5.9	7.5	報告
芳香族分	mass%	50.1	54.7	報告
レジン分	mass%	19.0	18.7	報告
アスファルテン分	mass%	25.0	19.1	報告

※(公社)日本道路協会

6. 実証試験

新たに開発したアスファルト再生用添加剤「RDEX」の実舗装での性能を把握するため、室内混合物試験および実機練り落とし試験を行った。

使用骨材は、密粒度アスファルト混合物(13)の標準粒度で実施し、配合割合はふるい目の2.36mmおよび4.75mm通過量が基準粒度範囲の中央値となるように設定した(図4)。なお、再生アスファルト混合物中の再生骨材配合率は70mass%で最適アスファルト量は5.0%である(表4)。

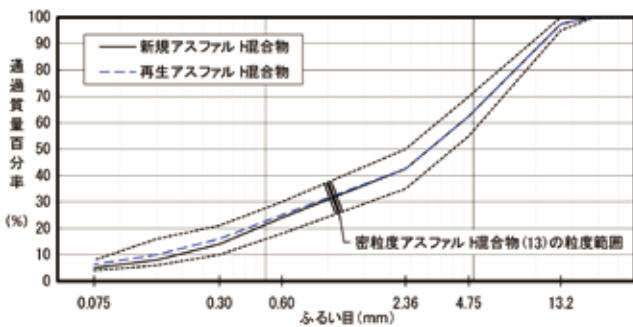


図4 設定合成粒度曲線図

表4 配合設計結果

		新規混合物	再生混合物
配合比	6号碎石	36.5	18.5
	7号碎石	21.5	6.0
	粗砂	36.5	5.5
	石粉	5.5	0.0
	再生骨材	-	70.0
設計	再生添加剤量	-	0.4
	旧アスファルト	-	3.5
As量	新アスファルト	-	1.1
	設計全アスファルト	5.4	5.0

6.1 室内混合物試験

「RDEX」を添加した再生アスファルト混合物(以下、「RDEX」再生アスファルト混合物)の締固め特性を把握するため、締固め温度を変化させたマーシャル試験用供試体を作製した。比較試料には当社品のストレートアスファルト60/80混合物(以下、新規アスファルト混合物)を使用した。なお、その指標である締固め度は以下の式から求めた。

締固め度 (%) = (アスファルト混合物の密度 / 基準密度) × 100

新規アスファルト混合物は、最適締固め温度が150℃程度であるの対して、再生アスファルト混合物は140℃程度で同等の締固め度を確保できることを確認した(図5)。

また、耐流動性やひび割れ抵抗性への影響を把握するために圧裂試験を実施した。圧裂試験は、(公社)日本道

路協会の舗装調査・試験法便覧<sup>4)</sup>の「B006 圧裂試験方法」に準拠して評価した。この結果、「RDEX」再生アスファルト混合物は、新規アスファルト混合物より耐流動性やひび割れ抵抗性に優れていると推察される(図6、7)。

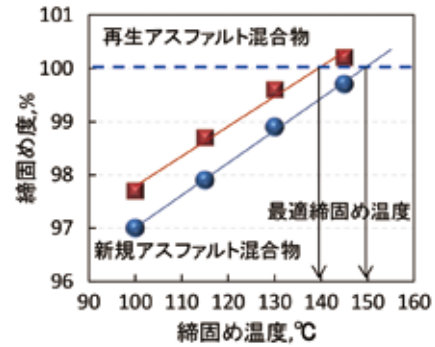


図5 締固め温度と締固め度の関係



図6 圧裂試験装置の外観

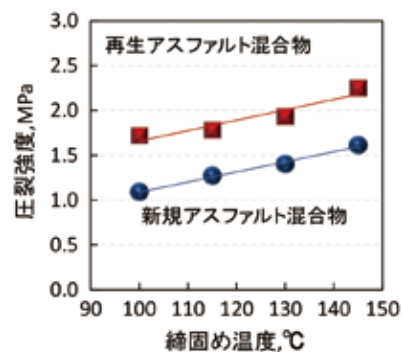


図7 締固め温度と圧裂強度の関係

6.2 実機試験

再生アスファルト混合物の施工性(作業性)を評価するため、アスファルトプラントで練り落とし試験を実施した。アスファルト混合物の製造から施工までの一連の作業性を評価するため、練り落とし直後、1時間および1.5時間後のアスファルト混合物で各試験を実施した。

なお、再生アスファルト混合物の敷均し(しきならし)やすさは、混合物が落下するまでの流動時間によるフロー試験で評価した(図8)。また、施工時のアスファルト混

合物のほぐれやすさは、保管時の圧密を想定した一定の締固め条件下で、スコップ等への抵抗を模したプッシュプルゲージの貫入抵抗値による貫入抵抗試験で評価した(図9)。

試験結果を図10、11に示す。従来品に対し、開発品であるRDEXを使用した方が直後の落下終了までの時間が短く、また1時間および2.5時間後(温度低下)の流動時間も従来品と同等以下であった。また、貫入抵抗値も従来品と同等以下であったことから「RDEX」添加品は従来品を添加した場合より「敷均しやすさ」および「ほぐれやすさ」に優れていることが確認できた。



図8 フロー試験の様子(敷均しやすさ)



図9 貫入抵抗試験の様子(ほぐれやすさ)

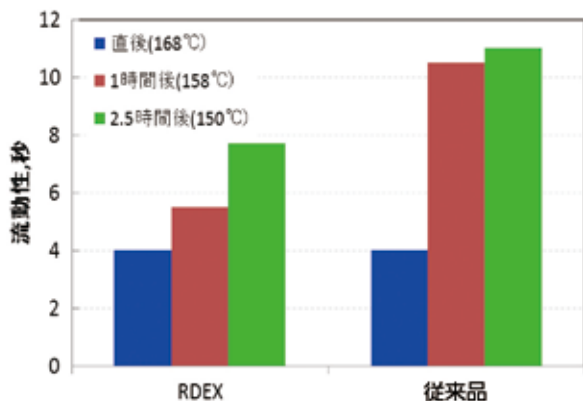


図10 フロー試験結果

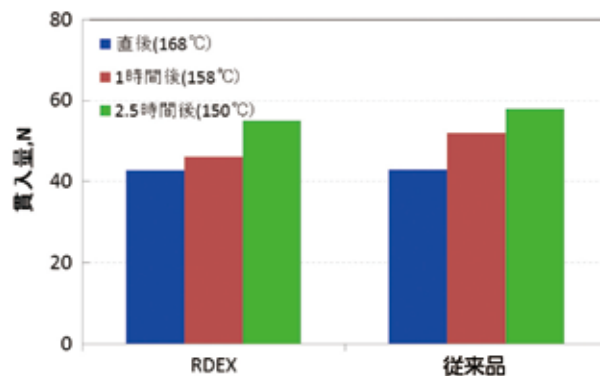


図11 貫入抵抗試験結果

## 7. おわりに

新たに開発したアスファルト再生用添加剤「RDEX」は、既に実舗装に適用されており、再生アスファルト混合物の製造および施工性を改善し、顧客から好評を得ている。一方、資源の有効利用や地球環境保護の観点から、建設副産物をリサイクルする再利用工法は、今後も技術開発が進められると推測される。例えば、再生アスファルト混合物の品質を低下させずに再生骨材配合率を上げる(品質向上とコスト縮減)、中温化や施工性改善を目的とした再生アスファルト混合物の導入などが想定される。当社は引き続きこれらのニーズに対応した再生効果および施工性等に優れた環境配慮型の再生用添加剤の開発を命題とし、社会に貢献していく予定である。

## － 引用文献 －

- 1) 国土交通省ホームページ：平成24年度建設副産物実態調査結果について [www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/.../index01.htm](http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/.../index01.htm)
- 2) 一般財団法人日本道路建設業協会：中温化(低炭素)アスファルト舗装の手引き,2012.4
- 3) 公益社団法人日本道路協会：舗装再生便覧(平成22年版),2010.11
- 4) 公益社団法人日本道路協会：舗装調査・試験法便覧,2007.6