

次世代型ポリマー改質アスファルトⅡ型の開発

昭和瀝青工業(株) 技術センター ○平松 真
苦木 健吾
細野 裕貴

1. はじめに

ポリマー改質アスファルト（以下、PMA）は、各種のポリマーをアスファルトに添加することにより性状を向上させたバインダであり、アスファルト舗装の長寿命化・高機能化に大きな役割を果たしてきた。我が国においては、日本改質アスファルト協会規格（JMAAS-01）によって、PMAⅠ型、Ⅱ型、Ⅲ型（Ⅲ型-W並びにⅢ型-WFを含む）、H型（H型-Fを含む）の4種に大別され、各用途に対して適切な種類を使用できるよう規定している。これらの4種のPMAの中で、PMAⅡ型の出荷量は、約22万6千トンとPMA総出荷量31万8千トン（ともに平成27年度データ）の71%を占めている。

従って我が国のアスファルト舗装の長寿命化を考えた場合、その品質向上は極めて大きな意味を持つと思われる。

弊社はPMAに本来求められる耐流動性等の性状を維持しながら、需要家からのニーズの高い混合物製造時・施工時の可使温度の拡大と耐久性に大きな影響のある剥離抵抗性の向上の二つを目標として研究を進め、その成果として次世代型ポリマー改質アスファルトⅡ型（当社製品名「レジフィックス-NEO」）を開発した。レジフィックス-NEO（以下、開発品）は販売開始後、好評を持ってその用途、実績を増やしつつあるが、今回改めてその各種性状について報告する。

2. 開発品の特長

開発品である「レジフィックス-NEO」は弊社の標準的なPMAⅡ型（以下、通常Ⅱ型）に対して、同等のバインダ性状や混合物の塑性変形抵抗性などを有することに加え、

- ◆ 広い温度域での良好な施工性（締固め性能）
- ◆ 大幅に改善された耐水性（耐剥離性能）

の二つの優位性を有することを特長としている。

3. 開発品の性状

3.1. バインダ性状

開発品、及び通常Ⅱ型のバインダ性状を表-1に示す。

開発品は、日本改質アスファルト協会が定めるPMAⅡ型の品質規格（JMAAS-01）を満足し、通常Ⅱ型とほぼ同等の性状を示した。

表-1 開発品の代表性状

試験項目	アスファルト種類			
		開発品	通常Ⅱ型	JMAAS-01規格
軟化点	°C	60.0	62.5	56.0以上
伸度(15°C)	cm	88	91	30以上
タフネス(25°C)	N・m	26.4	23.0	8.0以上
テナシティ(25°C)	N・m	22.3	16.9	4.0以上
針入度(25°C)	1/10mm	62	55	40以上
薄膜加熱質量変化率	%	-0.09	-0.04	0.6以下
薄膜加熱後の針入度残留率	%	71.0	69.1	65以上
引火点	°C	334	340	260以上
密度(15°C)	g/cm ³	1.039	1.040	-
フラス脆化点	°C	-15	-15	-

3.2. 剥離抵抗性能

耐水性に関しては通常Ⅱ型であっても、水浸ホイールトラッキング試験（以下、水浸WT試験）等の結果より十分な性能を有しているとされている。しかし、交通量の多い橋面舗装等では通常Ⅱ型であっても耐水性が懸念される報告¹⁾があり、耐水性を改良するためにPMAⅢ型-WやⅢ型-WFへの変更

が行われている機関も存在している。

粗骨材に対する開発品の剥離抵抗性を評価するため、舗装調査・試験法便覧(以下、試験法便覧)に定める粗骨材の剥離抵抗性試験を実施した。

また、過酷な条件での剥離抵抗性を検証するためボイル試験 (ASTM D3625) についても実施した。通常ボイル試験は 10 分間煮沸により判定するが、3 時間以上煮沸することで、より顕著に剥離面積率を判定できるという報告²⁾があるため試験時間を延長した場合も実施した。粗骨材に硬質砂岩を使用した剥離抵抗性試験結果を表-2 に示す。

表-2 粗骨材 (硬質砂岩) の剥離抵抗性試験結果

試験種		剥離抵抗性試験	ボイル試験			
試験条件		試験法便覧 A017	ASTM D3625			
		80°C × 30min	× 10min	× 30min	× 3hr	× 6hr
剥離面積率 (%)	開発品	3	1	4	8	8
	通常Ⅱ型	6	13	17	28	28
	通常Ⅲ型-W [*]	(2)	-	-	(7)	(12)

※硬質砂岩種は同じであるが、ロットが違うため参考値とする²⁾

表-2 より、試験法便覧に定める粗骨材の剥離抵抗性試験では数値の絶対値が小さく差が分かりにくいのに対し、ボイル試験の結果ではその差がより明確になり、開発品は通常Ⅱ型に比べ粗骨材に対して剥離抵抗性が優れていることが確認された。

なお、参考値として、弊社の PMAⅢ型-W (以下、通常Ⅲ型-W) の参考データと比較すると、開発品が通常Ⅲ型-W とほぼ同等の剥離抵抗性を有していることが推測される。

ボイル試験 3 時間後のアスファルト被膜状況写真を写真-1 に示す。また、剥離状況をより詳細に観察するために、デジタルマイクロスコープにて拡大観察を行った。

その結果、拡大写真から通常Ⅱ型はアスファルトが完全に粗骨材から剥離している部分があるのに対し、開発品は端部が黒褐色になっているのみで、まだバインダが残留しており、実質剥離率は 0% に近い状態と判断できた。また、6 時間後も同様に剥離率は 0% に近い状態であった。

開発品 通常Ⅱ型

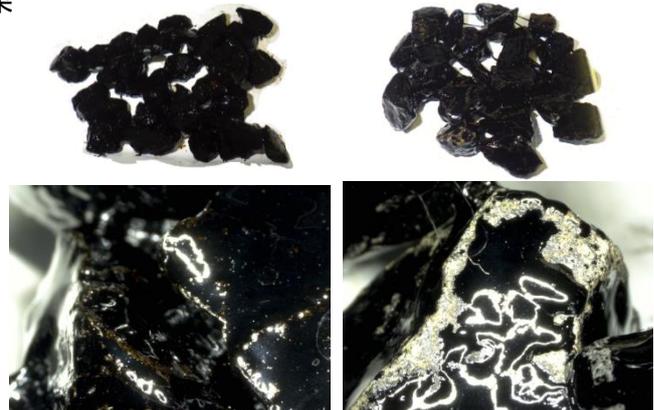


写真-1 ボイル試験 3 時間後表面状況
(上) 全体写真 (下) 部分拡大写真

4. 施工性 (締固め性) の検証

混合物種は密粒度アスファルト混合物 (13) を使用し、アスファルト量を 5.6% とした混合物の性状評価を行った。比較として通常Ⅱ型を使用した。

混合温度を通常Ⅱ型の標準的な 175°C とし、各締固め温度に調整した乾燥機にて 1 時間養生後、マーシャル突固め機により両面各 50 回突固めた。締固め温度と締固度の関係を図-1 に示す。基準密度は通常Ⅱ型の標準的な締固め温度 160°C における密度とした。

開発品は、通常締固め温度(160°C)から 30°C 低下させた 130°C での締固めにおいて、通常Ⅱ型の通常締固め温度と同等の締固め性(ほぼ 100% の締固度)を有することが確認できた。

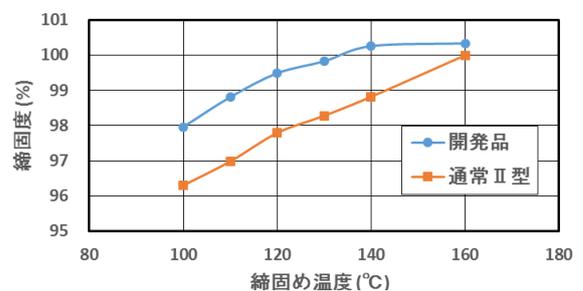


図-1 175°C 混合での締固め温度と締固度の関係

また、通常混合温度から 30℃低下させた 145℃での混合においても、130℃での開発品の締固め性は良好な結果が確認できた。

5. 試験施工

室内試験により開発品の締固め性等の各種性能を把握した。そこで弊社工場敷地内にて試験施工を行い、締固め性等の効果を検証した。

混合物種は室内検証時と同様に密粒度アスファルト混合物（13）とした。施工はアスファルトフィニッシャ、マカダムローラ、タイヤローラを使用した一般的な機械編成により行った。

混合物出荷温度は、将来の二酸化炭素排出量抑制による低炭素アスファルト舗装³⁾への適用可能性を検討するため、本試験施工では、低い初期転圧温度の工区については混合温度を通常Ⅱ型（175℃）より 30℃程度低下させて混合物を製造した。

検証の結果、開発品の各温度での締固度は良好な値が得られ、作業者による施工性評価も良好であった。また、表-3 に示すように動的安定度（以下、DS 値）は良好な値となり、水浸 WT 試験による剥離率は、締固め温度を 115℃にて行った場合でも開発品、通常Ⅱ型共に 0%となった。

ここで、先のボイル試験で開発品の粗骨材に対する剥離抵抗性が通常Ⅲ型-W と同程度であることを検証することとした。剥離をより促進させる方法として首都高速道路株式会社で PMAⅢ型-W 等の性能評価に用いられている冠水式ホイールトラッキング試験⁴⁾（以下、冠水式 WT 試験）を試験施工時に作成した供試体に対して行ってみた。

その際、通常Ⅱ型供試体が試験開始後 9 時間で表面が骨材飛散し、試験続行ならびに冠水剥離率の数値での評価が不可能となったため、試験時間を 9 時間とし、試験後の表面状態で剥離抵抗性の比較を行った（写真-2）。写真-2 より通常Ⅱ型は、試験後 9 時間で細骨材および粗骨材が飛散したのに対し、開発品は、粗骨材の飛散は見られず、表面もまだバインダが残留した状態であった。

6. 混合物剥離抵抗性の数値での優位性検証

首都高速道路株式会社による冠水式 WT 試験では、通常改質Ⅱ型の剥離率による評価が行えなかったため、一部試験条件を変更して試験を実施した。

変更点は、試験時の水位を供試体上面から 1cm 下げた位置で供試体表面には水が存在しない状況にて試験を実施した。試験条件変更後の試験状況を写真-3 に、通常Ⅱ型および開発品の試験後の断面状況を写真-4 に示す。なお、剥離部分は、写真中の赤く着色した部分である。

写真-4 より通常Ⅱ型の冠水剥離率が 2.3%に対して開発品は 1.1%と絶対値は小さいが、5 割程度の剥離抵抗性の改善が可能となり有意差を確認することができた。また、目視観察により供試体下面で模擬路盤との界面部分の剥離が、開発品では減少していることが確認された。

表-3 試験施工での混合物試験結果

試験項目	アスファルト種類			開発品	通常Ⅱ型	
	回/mm					
ホイールトラッキング試験	160℃締固め DS値				9,000	9,000
	115℃締固め DS値				9,000	7,875
水浸ホイールトラッキング試験	160℃締固め	締固度	%	100.0	100.4	
		剥離率	%	0	0	
	115℃締固め	締固度	%	99.0	98.8	
		剥離率	%	0	0	

※ 基準密度は160℃で室内にて作製した通常Ⅱ型のマーシャル供試体密度



写真-2 試験後の表面状態
左：開発品 右：通常Ⅱ型（飛散骨材）

開発品 冠水剥離率：1.1%

通常Ⅱ型 冠水剥離率：2.3%



写真-3

試験条件変更後の試験状況

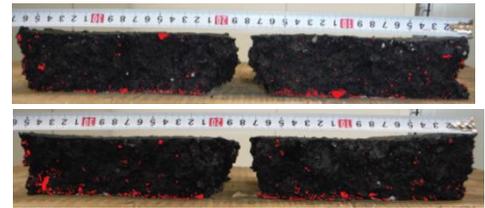
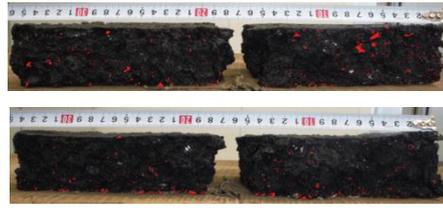


写真-4 試験後の断面状況 (上) AA断面トラバース方向

(下) BB断面トラッキング方向

7. まとめ

開発品「レジフィックス-NEO」は PMAⅡ型に求められる諸物性や混合物としての耐流動性能を維持したまま、加熱混合物の混合時・施工時の可使温度領域や舗設後の耐水性を大幅に向上させた次世代型 PMAⅡ型であり、以下の様な特徴を有している。

- 低温域での良好な締固め性

混合物の混合温度を通常温度、また 30℃低下させた場合でも、通常Ⅱ型の標準的な締固め温度に対して、30℃低い 130℃程度でも標準的な温度における通常Ⅱ型と同等の締固め性能を示した。

- 耐水性能の向上

粗骨材の剥離面積率において PMAⅢ型-W、Ⅲ型-WF の品質規格(JMAAS-01)である 5%以下を満足するだけでなく、より過酷な試験であるボイル試験や一部試験条件を変更した冠水式 WT 試験においても、通常Ⅱ型に対して改善された耐水性能を示した。

- 通常Ⅱ型と同等の混合物性能

DS 値は締固め温度を低下させた場合でも、6,000 回/mm 以上を満足し通常Ⅱ型と同等の塑性変形抵抗性を示した。

これらの特長からレジフィックス-NEO は従来の改質Ⅱ型製品に比べ、施工条件に関わらず、より安定的な施工性と耐久性性能を発現することが期待される。今後さらに用途・施工実績を増やしながら更なる検証を行っていく予定である。

先にも述べたように PMAⅡ型は需要面において改質アスファルト全体の 70%以上を占め、その品質改善の効果は大きい。本製品が、重要な国民のインフラである道路の延命化の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 田中ら、「高機能舗装の基層に使用するポリマー改質アスファルトの耐久性評価」、土木学会第 65 回年次学術講演会 V-069 (2010)
- 2) 苦木、立石、「アスファルト混合物の耐水性評価方法の一検討」、第 31 回日本道路会議論文集 No.3081(2015)
- 3) 一般社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、平成 24 年 4 月
- 4) 首都高速道路株式会社：舗装設計施工要領、平成 27 年 4 月、PP18-19,135-137