

熱劣化によるアスファルトおよびアスファルト混合物の物理的・化学的性状変化の一検討

昭和瀝青工業株式会社 正会員 ○ 立石昌義、細野裕貴、平松真
SK Innovation Beak Woon Lee、Eui Yoon Hwang

1. はじめに

アスファルト舗装は、その供用時に酸素や紫外線によるバインダの劣化、降雨・降雪による骨材からの剥離、寒暖差による舗装体の収縮、そして交通によってもたらされる重荷重等により次第に劣化・損傷していく。これらの劣化要因の中で、大気中の酸素によるバインダの酸化劣化についてはすでに数多くの研究がなされており、その結果に基づいて TFOT や PAV などの実験室でのシミュレーションが日々実施されている。一方、アスファルト混合物の劣化については米国の AASHTO R30¹⁾ や NCHRP 09-54²⁾、我が国の土木研究所等でいくつかの方法が提案されているが、バインダの劣化試験との相関に関しては、まだ多くのデータが蓄積されているとは言い難い。

ここでは、これまでのアスファルト混合物の劣化試験法を一部変更し、バインダの劣化試験 (TFOT 及び PAV) との比較から得られた結果について考察する。

2. 材料および試験条件

バインダは、表. 1 に示した標準的なストレートアスファルト 60/80 を使用した。混合物は密粒度アスファルト混合物 (13) で OAC は 5.8% とした。バインダの劣化条件を表. 2 に、混合物の劣化条件を表. 3 に示す。なお変更条件は、AASHTO R30 ではジャイレトリコンパクタにて成型された供試体を型枠から脱型して劣化させるのに対し、本検討では供用時の舗装構造や加熱劣化の際に供試体の変形する可能性や今後の試験の汎用性を考え、マーシャル供試体突き固め機にて作製した供試体を型枠に入れたまま劣化させる方法とした。これら混合物の劣化状況を写真. 1 に示す。写真. 1 において舗設までの劣化は a、供用時の劣化は b, c に相当する。なお、上記 NCHRP の報告書等によれば表. 3 の劣化条件 (脱型) で 5 日 (120h±0.5h) 経過は実路において約 5 年に相当するといわれている。

表. 1 バインダ性状

	規格	結果
針入度 (25°C、1/10mm)	61-80	70
軟化点 (°C)	44-52	48.0
伸度 (15°C、cm)	100+	100+
粘度 (60°C、poise)	—	2,002

表. 2 バインダの劣化条件

	条件
TFOT	163°C×5h
PAV	2.1MPa, 100°C×10,20,30,40h

表. 3 混合物の劣化条件化条件

	条件
養生温度	骨材 180°C、バインダ 170°C
混合	Dry×30s、Wet×90s
舗設時の劣化	混合後・締固め前 135°C×4h (a)
供用時の劣化	締固め後 85°C×0、5、10、20 日 (b,c)

3. 結果

TFOT/PAV 試験による劣化時間を変化させた時の組成分析 (SARA 分析、TLC/FID 法) の結果を図. 1 に、DSR 試験による $G^*\sin\delta$ の結果を図. 2 に、BBR 試験による ΔT_c の結果を図. 3 に示す。 ΔT_c は $T_{c,s}$ 値 ($S=300\text{MPa}$ 時の温度から -10°C した値) から $T_{c,m}$ 値 ($m=0.3$ 時の温度から -10°C した値) を引いた値とし、その値が低くなるほどバインダが硬くなると考案された指標である³⁾。組成分析では劣化時間を長くすることで、芳香族分の減少とレジン分・アスファルテン分の増加がみられた。また、 $G^*\sin\delta$ と ΔT_c はひび割れと相関のある指標であり、劣化時間が長くなることで $G^*\sin\delta$ 値は上昇し、 ΔT_c 値は低下した。アスファルテン分・レジン分の増加に伴い、バインダが硬くなっていることが確認された。

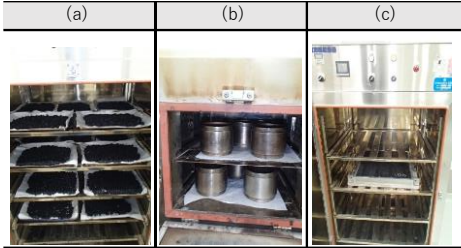


写真. 1 混合物劣化状況

キーワード : 熱劣化、舗設時の劣化、供用時の劣化、 $G^*\sin\delta$ 、 ΔT_c

連絡先 : 〒671-1242 兵庫県姫路市網干区浜田 1633 番 10 TEL:079-273-3555

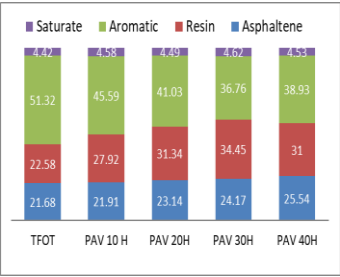


図. 1 SARA 組成の変化

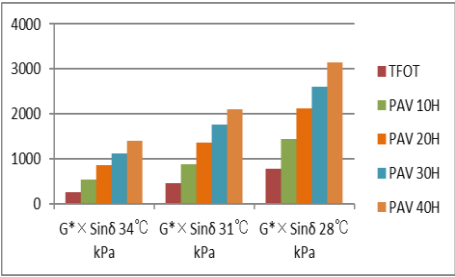


図. 2 $G^* \cdot \sin \delta$ の変化

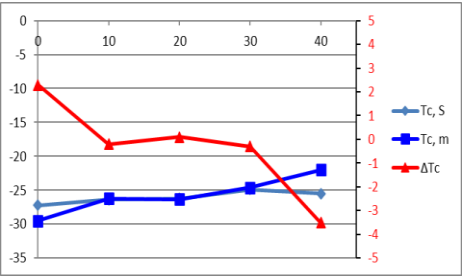


図. 3 ΔT_c の変化

劣化させた混合物の動的安定度(以下 DS 値)と繰り返し曲げ試験結果から得られる疲労破壊回数の結果は、上記バインダの劣化結果から予測されるように劣化時間が長くなることにより DS 値は上昇し、疲労破壊回数は低下した。また、DS 値と各バインダ性状の変化を表. 4 に、疲労破壊回数と各バインダ性状の変化を表. 5 に示す。これらより、DS 値と相関の高いバインダ性状($R^2=0.9$ 以上)は、軟化点、アスファルテン分であり、疲労破壊回数については、軟化点、芳香族分、アスファルテン分、 ΔT_c であることが分かった。

表. 4 DS 値とバインダ性状

	TFOT	PAV			R^2
		10H	20H	40H	
動的安定度 (回/mm)	1,658	2,250	3,316	5,727	—
針入度 (1/10mm)	50	30	25	20	0.7822
軟化点 (°C)	52.0	57.5	60.5	66.0	0.9748
芳香族分 (%)	51.32	45.59	41.03	38.93	0.8973
アスファルテン分 (%)	21.68	21.92	23.15	25.54	0.9487

表. 5 疲労破壊回数と各バインダ性状

	TFOT	PAV			R^2
		10H	20H	40H	
疲労破壊回数 (回)	4,097	3,314	2,795	2,030	—
針入度 (1/10mm)	50	30	25	20	0.8137
軟化点 (°C)	52	57.4	60.6	65.8	0.9867
芳香族分 (%)	51.32	45.59	41.03	38.93	0.9021
アスファルテン分 (%)	21.68	21.92	23.15	25.54	0.9324
ΔT_c (°C)	2.3	-0.2	0.1	-3.5	0.9188

バインダ単体の劣化および劣化させた混合物から回収したバインダの性状を表. 6 に示す。本検討の劣化条件では PAV 20 時間と混合物劣化の 10 日、PAV 40 時間と混合物劣化 20 日の間に良い相関がみられた。しかし、舗設時の劣化に相当する TFOT 後と混合物劣化 0 日 (TFOT : 163°C×5h と AASHTO R30 の初期劣化 : 135°C×4h) の比較では、針入度や軟化点に大きな乖離が見られた。確認のため混合作製後すぐに転圧した供試体から回収したバインダの性状を測定したところ、バインダ単体の TFOT 後とほぼ同等の値であった。本試験での TFOT は、混合物練り落とし直後の劣化を模擬した状態に近いと考えられる。

また、PAV20 時間は屋外暴露供試体で約 5 年相当といわれている⁴⁾。この結果や NCHRP の報告書との比較から、劣化時に供試体を型枠から外さないことにより、劣化速度が約半分に低下することが確認できた。

4. まとめ

本検討はアスファルトの劣化・再生の試験方法や基礎データ確認の

表. 6 TFOT/PAV 劣化後のバインダと劣化混合物からの回収バインダの比較

	未劣化	劣化アスファルト					劣化混合物				
		TFOT	PAV				混合後 即転圧	0 日	5 日	10 日	20 日
			10 h	20 h	30 h	40 h					
針入度	70	50	30	26	24	20	51	31	30	25	21
軟化点	48.0	52.0	57.5	60.5	62.5	66.0	50.5	56.5	58.5	59.5	62.5

ために行われた。得られたデータの多くでバインダの劣化と混合物の劣化で良好な相関関係を示した。しかし、バインダ劣化試験の TFOT と混合物劣化試験の 0 日 (製造・運搬・舗設時の劣化相当) に関しては今後検討が必要である。

今回の検討により、混合物の製造や舗設時の熱に起因する劣化は舗装の寿命に大きく影響していることが再確認された。今後、これらを抑制するために中温化アスファルト混合物や劣化を抑制する材料の検証を実施する予定である。

5. 参考文献

- 1)AASHTO R30、2) NCHRP Research Report 09-45
- 3)AASHTO PP78、NCAT. The Delta Tc Parameter: What Is It and How Do We Use it?
- 4)遠西ら、「アスファルトバインダーの劣化試験方法に関する研究」、舗装、Vol.30、No.6、PP3～7(1995)