

ポリマー改質アスファルトの動的粘弾性状がひび割れ抵抗性に及ぼす影響

大有建設(株) 正会員 ○安藤 友宏
大有建設(株) 正会員 今井 宏樹

1. はじめに

アスファルトは粘弾性を示す材料であり、その動的粘弾性状はアスファルト混合物（以下、As 混合物）の諸性状と相関があるとされている。このような動的粘弾性状の1つにダイナミックシエアレオメータ試験（以下、DSR）により求めることができる $|G^*| \sin \delta$ があり、アスファルトまたは劣化アスファルトの評価においてはこの数値が低い方がひび割れ抵抗性に優れるといわれている。しかし、ポリマー改質アスファルト（以下、改質 As）では熱可塑性エラストマが改質 As の粘弾性に支配的な影響を及ぼすことから従来どおりに評価できないことも考えられる。

したがって、本論文では柔軟性のある数種類の改質 As を対象に $|G^*| \sin \delta$ を測定し、これら動的粘弾性状が As 混合物の常温域でのひび割れ抵抗性に及ぼす影響について評価した。

2. 改質 As のバイнда性状の評価

評価に用いた改質 As は、数種類のスチレン系エラストマをそれぞれ一定量添加して製造したもので、可塑剤の添加量を調整することで針入度等のバイнда性状を変化させた。

表-1 は DSR 試験の条件を、表-2 は本検討で使用した改質 As のバイнда性状を示したものである。表-2 に示すように、各改質 As は針入度を 50～85 の範囲で調整し、 -20°C における曲げスティフネスが概ね 100MPa 以下となるような柔軟性を付与したバイндаである。

3. ひび割れ抵抗性の評価

ひび割れ抵抗性を評価する As 混合物の骨材配合は、薄層舗装や応力緩和層に適用する砕石マスチック(5)とした。本混合物はアスファルト量が 6.0% であり、所定の耐流動性（動的安定度 6,000 回/mm）を示すものである。

(1) クラック貫通試験

As 混合物のひび割れ抵抗性は、近年多く採用されているクラック貫通試験¹⁾により評価することとした。この試験は、ひび割れや目地部を想定したスリットを基層に設けた 2 層構造の供試体を、路盤を模擬したゴム支承の上に設置し、ホイールトラッキング試験機²⁾を用いて繰り返し载荷とひ

表-1 DSR 試験条件

プレート直径	8 mm
試料厚さ	1 mm
試験温度	25 °C
周波数	10 rad/s
せん断ひずみ	1 %



写真-1 DSR 試験

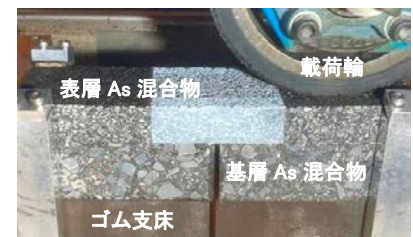


写真-2 クラック貫通試験

表-2 評価に用いた改質 As の主なバイнда性状

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
針入度	1/10mm	54	68	77	84	67	71	75	78	67	69	72
軟化点	°C	90.5	88.0	85.0	81.0	93.0	86.0	90.5	89.0	92.0	92.0	93.0
タフネス (25°C)	N・m	19.3	20.3	29.1	21.9	23.2	24.4	24.1	20.2	25.2	26.2	21.0
テナシティ (25°C)	N・m	13.3	14.2	17.5	15.4	19.3	20.9	20.9	17.2	21.5	22.8	17.6
伸度 (15°C)	cm	49	60	89	91	63	76	75	61	74	70	70
曲げ仕事量 (-20°C)	kPa	3,311	2,561	917	966	3,300	377	2,688	2,819	2,605	2,403	2,365
曲げスティフネス (-20°C)	MPa	40	38	28	30	56	319	51	56	45	41	33
$ G^* \sin \delta$	kPa	212	121	98	89	229	199	161	161	177	152	141

キーワード アスファルト舗装, ひび割れ抵抗性, $|G^*| \sin \delta$, クラック貫通時間, 曲げ仕事量

連絡先 〒454-0055 愛知県名古屋市中川区十番町 6-12 大有建設(株)中央研究所 TEL 052-653-4665

ずみによる疲労を表層の As 混合物に与え、これにより生じるリフレクションクラックに対する抵抗性を評価するものである (写真-2)。測定は表-3 に示す载荷条件で実施し、供試体に発生したひび割れが表層を貫通するまでの時間 (以下、クラック貫通時間) を目視観察により判定した。また、クラック貫通時間の測定は 1,000 分 (42,000 回载荷) を上限とした。

図-1 は、各改質 As の $|G^*| \sin \delta$ とクラック貫通時間の関係を示したものである。図より、 $|G^*| \sin \delta$ が 150~180kPa の範囲でクラック貫通時間が長くひび割れ抵抗性に優れていることがわかる。また、試験時のひび割れ発生状況は、 $|G^*| \sin \delta$ が大きい場合、たわみ性能の不足により表層の底面からボトムアップ疲労ひび割れが発生し短時間で表層を貫通した (写真-3 左)。一方、 $|G^*| \sin \delta$ が小さい場合はボトムアップ疲労ひび割れ発生後に供試体表面からのトップダウン疲労ひび割れも発生した (写真-3 右)。このトップダウン疲労ひび割れは輪荷重通過後に路盤からの上向き復元力が作用するために生じるもので、 $|G^*| \sin \delta$ が小さい場合には改質 As の弾性が不足し、この復元力を支持できないために上記の破壊に至ったと考えられる。

(2) 曲げ試験

As 混合物の常温でのたわみ性能と疲労ひび割れの発生原因の関係を明らかにするために、各改質 As を使用した供試体 (10×30×5cm) について曲げ試験を実施した (温度 20°C, 载荷速度 50mm/min)。本研究では、ひずみと強度の関係を示す曲線において破壊点までの傾きを曲げスティフネス、破壊点までの内側の面積を曲げ仕事量と定義した。

図-2 は各改質 As の $|G^*| \sin \delta$ と As 混合物の曲げスティフネスの関係を、図-3 は $|G^*| \sin \delta$ と曲げ仕事量の関係を示したものである。曲げスティフネスは $|G^*| \sin \delta$ の減少に伴い低下しており、柔軟性が向上する一方で弾性が不足し、トップダウン疲労ひび割れが発生しやすくなっていると考えられる。一方、曲げ仕事量は $|G^*| \sin \delta$ が 150~180kPa で極大値を示しており、図-1 と同様の結果となった。

以上の結果から、 $|G^*| \sin \delta$ は As 混合物のひび割れ抵抗性と密接な関係にあり、常温域では 150~180kPa が適正值であると考えられる。

4. まとめ

本検討結果より、As 混合物のひび割れ抵抗性を向上させるためには、柔軟性を追求するばかりではなく適切な粘弾性を示す改質 As を用いることが重要であることが明らかになった。

今後は、異なる载荷条件や温度条件における $|G^*| \sin \delta$ とクラック貫通時間の関係を求めることで、動的粘弾性状とひび割れ抵抗性の関係について知見を深め、実道におけるひび割れ抑制に貢献したい。

参考文献

- 1) 池田 他: 室内試験によるひび割れ防止材の評価方法, 道路建設 No487, pp61~67, 1988.8
- 2) 日本道路協会: 舗装調査・試験法便覧 (平成 31 年版), pp[3]-44

表-3 载荷条件

供試体寸法	表層	W 80mm, L 300mm, t 30mm
	基層	W 80mm, L 148.5mm×2, t 50mm, スリット幅 3mm
供試体の接着	アスファルト乳剤 PKM-T	
模擬路盤	ウレタンゴム (硬度 30)	
载荷条件	温度	25°C
	速度	42 回/分
	距離	23cm (トラッキング距離)
	荷重	980N (100kgf)
	時間	最大 1,000 分

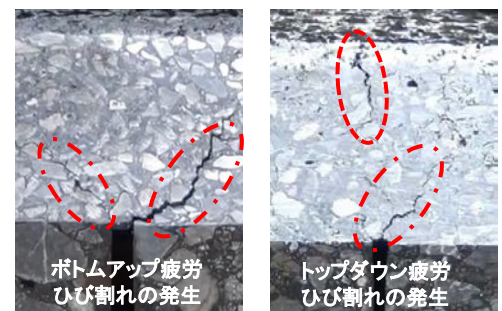


写真-3 ひび割れ発生状況

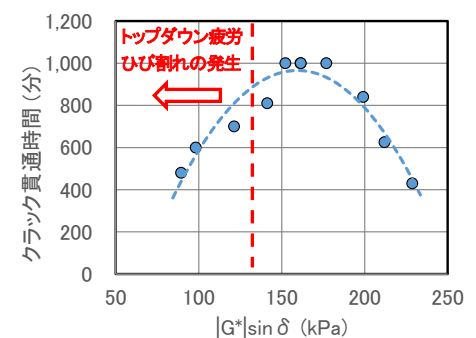


図-1 $|G^*| \sin \delta$ とクラック貫通時間の関係

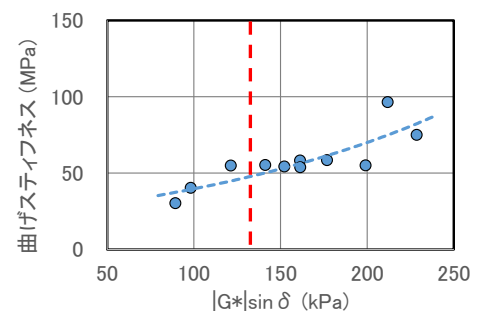


図-2 $|G^*| \sin \delta$ と曲げスティフネスの関係

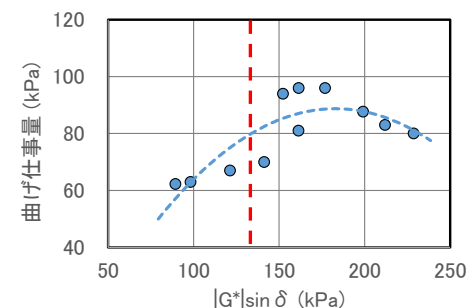


図-3 $|G^*| \sin \delta$ と曲げ仕事量の関係