

IV-64 アスファルトのレオロジィ

セントラルコンサルタント株式会社
北海道大学工学部

正員 〇間山 正一
菅原 照雄

1. 概説

アスファルトの粘度は時間と温度に依存するが、これに基づいてアスファルトのレオロジィ的解析が種々行なわれている。本研究は、アスファルトの粘度の歪速度依存性に注目して、“重ね合せの原理”の手法を用いてアスファルトのレオロジィ的解析の妥当性を確かめるのが第一の目的である。

そのために $\log a_T$ の概念から T_g 概念の導入を試みた。第二の目的は、混合および締固め時のような高温においては歪速度依存性が小さくなることに注目して、混合および締固め時のアスファルトの粘度を温度だけで決めることの適否を確かめることである。感温性、歪速度依存性は P.I. に依存すると思われるので、広範囲にわたって P.I., その他の物性の異なるストレート・アスファルト、ゴム・アスファルト、樹脂系アスファルト、触媒系アスファルトを使用した (表-1 参照)。

2. 測定装置

Hallikainen社製の Sliding Plate Microviscometer を $0^{\circ}\text{C} \sim 55^{\circ}\text{C}$ の温度範囲に、岩本製作所製の同心円型外筒回転粘度計を $40^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$ の温度範囲に使用した。両測定機の使用によって以下に示す粘度測定範囲を得た。

温度範囲 : $0 \sim 200^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0.1^{\circ}\text{C}$)

歪速度範囲 : $10^{-4} \sim 300$ (sec^{-1})

粘度測定範囲 : $10^2 \sim 10^4$ (poise)

3. 計算式

ニュートン流体の場合には Bouette の式を用い、非ニュートン流体の場合には Maron-Krieger の微分式を用いる。

4. 実験結果

粘度の歪速度依存性のマスター・カーブを描く場合、基準温度を 100°C に決めた。これは 100°C 以上では施工性に関係があり、 100°C 以下では使用性に関係があると考えたためである。粘度の歪速度依存性を広範囲の歪速度にわたって示すために、“重ね合せの原理”を使って得られたマスター・カーブを3種のアスファルトについて図-1に示す。図-2は、その時のシフト・ファクタ ($\log a_T$) の値である。

表-1 アスファルトの性状

アスファルト	針入度	軟化点(°C)	P. I.	"T _g "(°K)	
バト レ ー ト	40/60	50	54.5	-0.3	320
	60/80	69	48.2	-3.1	319
	80/100	85	47.1	-0.7	285
	100/120	105	44.0	-0.1	311
樹 脂 系	A	94	46.5	-0.5	306
	B	87	53.9	+1.2	310
	C	91	48.6	±0.0	315
触 媒 系	48	48	48.4	+2.4	330
	60/80	61	58.8	+7.3	323
	80/100	81	53.0	+0.8	318
	100/120	84	67.9	+4.0	—
ゴ ム ・ ア ス	80/100(1)	72	50.3	-0.2	312
	(3)	70	53.0	+0.5	315
	(5)	70	60.0	+7.9	322
	(7)	66	65.8	+2.4	—
カ ー ボ ン ・ ア ス	N.3	73	46.1	-1.3	313
	N.4	91	44.7	-1.2	304
	N.6	94	46.6	-1.2	308
	触媒系	85	72.4	+4.8	323
ワ ッ フ ラ	—	120	63.6	+4.5	323
	触媒系	93	47.8	+1.3	312

注：ゴム・アス(1)内の数字はゴム固形分含量。
** T_g の値は実験結果から計算された値。

5. T_g 概念の導入

測定温度 T (°K) におけるアスファルトの粘度を η_T 、密度を d_t 、基準温度 T_0 (°K) の時の粘度を η_0 、密度を d_0 とすると、シフトファクタ a_T は、 $a_T = d_0 T_0 \eta_T / d T \eta_0$ で表現される。基準温度 T_0 の選択は自由であるが、図-2 に示されるように $(\log a_T)$ v.s. $(Temp)$ の曲線の勾配はまちまちである。ところが T_0 のかわりに各物質に固有の温度 (特性温度) T_s とすると、全ての高分子物質の $\log a_T$ と温度との間の関係が、 $\log a_T = -8.86 (T - T_s) / (101.6 + T - T_s)$ なる式で表現されることが最近わかった。なお T_s が未知の場合には

$$\log a_T = -8.86 \times 101.6 \times (T - T_s) / (101.6 + T - T_s) \times (101.6 + T_s - T_s)$$

と T_s について解く。ガラス転移点を T_g とすると

$T_s = T_g + 50 (\pm 5^\circ)$ の関係がある。 T_s は T_g から 100° 高温まで成立する。本研究では、 T_0 を 100°C に選び、 T 、 $\log a_T$ の値から T_s を決定した (表-1 “ T_s ” 参照)。図-3 は $(\log a_T)$ v.s. $(T - T_s)$ の関係を測定したアスファルトについて示した図で、アスファルトばかりでなく全ての高分子物質について成り立つ関係である。性状表に示したアスファルトの全てについて T.F.O.T. を行なったが、T.F.O.T. 後のアスファルトについても全く同様の結果を得た。

6. 考察と結論

(1) T_s 概念の導入による $(\log a_T)$ v.s. $(T - T_s)$ の関係から、アスファルトは高分子物質であることがわかる。

(2) 従って、レオロジイ的取扱いは妥当である。

(3) 軟化点温度を T_{reb} とすると、 T_s との間に近似的に

$$T_s \approx T_{reb} - 10$$

が成立する。従って T_s は E.C.T. (Equal-Consistency Temperature) といえる。

(4) ある温度の粘度が既知ならば、上記の二つの式を使って、任意温度における粘度を計算で求めることができる。

(5) T.F.O.T. 後のアスファルトは、物性の異なる新しいアスファルトと考えられる。このアスファルトについても、T.F.O.T. 前と同じくレオロジイ的扱いをしてさしつかえない。

(6) 図-1 のマスターカーブから、混合・転圧の時に受ける歪速度、および混合、転圧温度のような高温 (低粘度) では歪速度依存性はほとんど見られない。従って混合・転圧時の粘度は温度だけで決定してさしつかえない。

(7) R.I. の高いアスファルトほど、感温性は小さく、歪速度依存性は大きい。

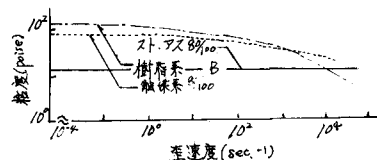


図-1. 粘度の歪速度依存性

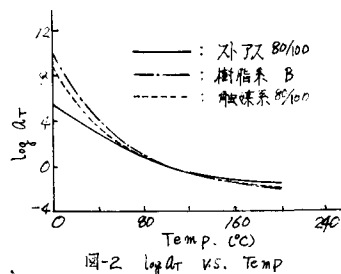


図-2 $\log a_T$ v.s. Temp

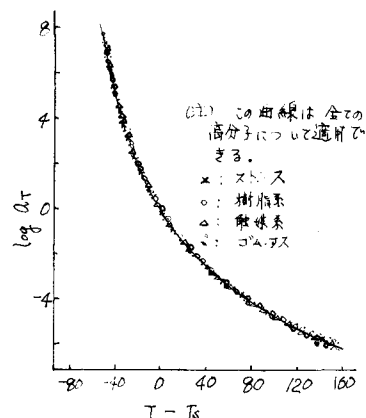


図-3 $\log a_T$ v.s. $T - T_s$