

北海道大学	正員	○森吉昭博
日本大学	正員	河島克美
北海道大学	正員	菅原照雄

1. まえがき

アスファルト舗装に外力が作用する場合、載荷時間で比較すると非常に短い載荷時間(10^{-3} 秒程度)から、非常に長い載荷時間(何ヶ月程度)まで幅広い載荷時間が存在する。前者は高速車輦が走行するときこの状態に対応していると考えられ、後者は駐車場や水利構造物のような舗装ではよく遭遇するとされている。従って後者のような構造物の混合物の設計やパフォーマンス評価においては何オーダーにもわたる力学性状の測定が要求されているが、現実では一つの試験でこれを全部カバーするのは困難なために、いくつかの試験でこれをカバーしたり、又はある値から別の値を推定したりしてこれを補うのが普通である。本研究はアスファルト混合物のクリープコンプライアンスを緩和弾性率から種々の方法で求めたり、直接測定して応範囲は時間領域においてこの値について比較検討したものである。種々の方法について検討した結果、厳密な計算で求めたクリープコンプライアンスと近似解で求めたその値とはある領域ではほぼ一致したが、実測値のそれは厳密解より求めたクリープコンプライアンスとはかなり異なつたものとなつた。またある領域では緩和弾性率の逆数が厳密解より求めたクリープコンプライアンスにほぼ等しくなることが明らかにされたため、このような変換を行つてクリープコンプライアンスを工学的に利用する場合の一つの目安を与えることができた。

2. 試験条件

一定ひずみ速度試験

温度: $-15, -10, -5, 0, 5, 10, 15, 20, 25$ ($^{\circ}\text{C}$)

ひずみ速度: $6.25 \times 10^{-4}, 1.88 \times 10^{-3}, 6.25 \times 10^{-3}, 1.88 \times 10^{-2}, 6.25 \times 10^{-1}, 1.88 \times 10^{-1}$ ($1/\text{sec}$)

供試体寸法: $2.5 \times 2.5 \times 2.5$ (cm)

載荷方式: 両端単純支持, 中央集中荷重

曲げクリープ試験

温度: $15, 20, 25, 30, 35, 40$ ($^{\circ}\text{C}$)

応力レベル: $3.39, 1.86, 1.28, 0.81, 0.52, 0.36$ (Kg/cm^2)

供試体寸法: $2.5 \times 2.5 \times 2.5$ cm

載荷方式: 両端単純支持, 中央集中荷重

3. 使用材料

アスファルト : ストレートアスファルト (針入度94, 軟化点 46.5°C)

混合物の型 : 密粒式アスファルトコンクリートタイプ (バインダー量6%)

4. 解析

緩和弾性率, $E_r(t)$, は $E_r(t) = \frac{d\sigma}{d\varepsilon}$ よりひずみ量0.3%以内は線型として求め、一方クリープコンプライアンス, $J(t)$, は $J(t) = \frac{\varepsilon(t)}{\sigma}$ よりひずみ量5%以内は線型として求めた。 $E_r(t)$ より $J(t)$ を求める方法は以下に示す通りである。

a) $\int_0^t J(t-\tau) E_r(\tau) d\tau = t$ を用い Hopkins の厳密解を利用して $J(t)$ を計算する方法 方法番号 1) $J(t)$ ①

b) $\log E_r(t)$ がタイムスケールのかかりの区間にわたり $\log t$ の一次関数であると仮定し,

$J(t) = (\sin mt) / m E_r(t)$, (ここで m は勾配) より求める方法

1. $\log E_r(t)$ の3組のデータの中央部で接線を計算し上式を用いる方法

$J(t)$ ②, ②

2. $\log E_r(t)$ の4組のデータの第2番目で接線を計算し上式を用いる方法

$J(t)$ ①, ③

3. " " " " " " " " " " " "

$J(t)$ ④, ⑥

4) $J(t) = 1/E_r(t)$ より求める方法

$J(t)$ ⑤, ⑦

4) 直接 $J(t)$ を測定する方法

$J(t)$ ⑥, ⑧

5. 結果

表-1

表-1 は Ferry がポリイソブチレンについて行った実験結果に①, ②および⑤の方法を適用して, 広範囲な載荷時間領域において $J(t)$ の値を比較検討したものである。これより②の方法で求めた $J(t)$ は $m=0.6$ 程度まで厳密解に近い値が得られるが, ⑤の方法から求めたものは $m=0.4$ 程度で厳密解のそれとはかなりの差が生ずる。

アスファルト混合物について①~⑤の5種の方法より $J(t)$ を求め, 比較したのが表-2 である。この場合, 厳密解に一番近いものは②の方法より求めたものである。⑤の方法を除くと②~⑤の各方法から求めた $J(t)$ の値はほとんど差がないといってもよい。

図-1 は①, ⑤および⑥の方法から求めた $J(t)$ の値と $E_r(t)$ の値をプロットしたものである。

$E_r(t) \sim$ 時間曲線の勾配が大きくなるに伴い, ①から求めた値は⑤のそれよりかなり小さくなるが, 一方これとは別の試験より求めた⑥の値はこれらの値と比較すると著しく大きな値となる。この原因は応力が増加するにつれ $J(t) \sim$ 時間曲線の相対的な位置が逐次時間の著しい減少に伴い, ずれることに起因していると解釈される。

6. 結論

1) クリープコンプライアンスの値は緩和弾性率の値からも計算で求めることが可能であり, 近似式を用いてクリープコンプライアンスを求めたものある領域においては厳密解から求めたそれとほぼ一致する。

2) 近似式よりクリープコンプライアンスを求める場合, 緩和弾性率~時間曲線の勾配を十分考慮する必要がある。

3) 測定したクリープコンプライアンスの値から, 実測値 $J(t)$ はかなり非線型領域にあると思われる。

以上の計算にあたって北大大型計算機 FACOM 230-75 を使用した。

参考文献 1) L. L. Hopkins, and R. W. Hamming; On Creep and Relaxation, J. appl. phys. Vol 28, no 8

2) J. D. Ferry 著 高分子の粘弾性, 東京化学同人

$\log t$	$\log E_r(t)$	$\log J(t)$ ①	$\log J(t)$ ②, m	$\log J(t)$ ⑤
-14	10.46			-10.46
-13	10.39			-10.39
-12	10.20	-10.25	-10.25 0.25	-10.20
-11	9.77	-9.94	-10.04 0.58	-9.77
-10	9.12	-9.43	-9.52 0.68	-9.12
-9	8.47	-8.83	-8.87 0.68	-8.47
-8	7.80	-8.19	-8.07 0.58	-7.80
-7	7.27	-7.58	-7.43 0.43	-7.27
-6	7.00	-7.11	-7.02 0.15	-7.00
-5	6.91	-6.93	-6.91 0.05	-6.91
-4	6.89	-6.89	-6.88 0.03	-6.89
-3	6.84	-6.85	-6.84 0.08	-6.84
-2	6.75	-6.77	-6.76 0.13	-6.75
-1	6.62	-6.65	-6.64 0.15	-6.62
0	6.39	-6.46	-6.46 0.30	-6.39
1	5.97	-6.13	-6.24 0.58	-5.97
2	5.15	-5.60	-6.23 1.10	-5.15

表-2

$\log t$	$\log J(t)$ ①	$\log J(t)$ ②, m	$\log J(t)$ ③, m	$\log J(t)$ ④, m	$\log J(t)$ ⑤
-2	-4.56	-4.54 0.23	-4.54 0.24	-4.54 0.22	-4.50
-1	-4.33	-4.29 0.22	-4.27 0.16	-4.29 0.22	-4.25
0	-4.05	-4.06 0.45	-4.04 0.43	-4.11 0.52	-3.90
1	-3.67	-3.66 0.45	-3.67 0.47	-3.64 0.43	-3.50
2	-3.23	-3.20 0.50	-3.18 0.48	-3.20 0.50	-3.00
3	-2.73				-2.65
4					-1.80

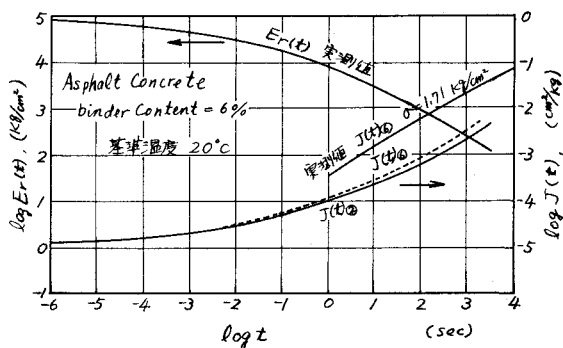


図-1