

北海道大学工学部 正員 ○ 河島克美
 北海道大学工学部 正員 森吉昭博
 北海道大学工学部 正員 菅原照雄

1. まえがき

アスファルト混合物はそのためみ性および不透水性を利用し、水利用構造物にも利用されている。しかしこのような構造物は道路・空港舗装とは荷重載荷状態が著しく異なる。つまり小半径のためみと急激にもたらす自動車荷重等と比べ、水圧が均一ないし緩い変化で長時間に亘り荷重が加えられ、自重も加わって変形し、更には温度応力による亀裂をも生じる。アスファルト混合物の破壊に至る過程に生じる変形等はそこに舗設された混合物の長時間領域におけるクリープ特性や応力緩和特性が問題となると考え、本研究では曲げクリープ試験及び定歪速度曲げ試験を行ない、それらから得られる粘弾性定数で、アスファルト混合物の配合に注目し検討した。なお混合物の配合は一般の水利用構造物で使用されているアスファルト混合物(Type A)と、クリープ現象を防ぐにはフィラーを多く混入することが望ましいとされていることから、Type A の混合物の0.6mm以下の骨材を重量で50%増加させたアスファルト混合物(Type B)の2種とした。

2. 使用材料

使用アスファルトはストレートアスファルト(Pen 97, Tr&B 47.0°C, P.C.-0.3)であり、混合物の配合は表-1に示す。

3. 試験方法ならびに解析法

3-1 供試体作製法

バインダー粘度が2ポアズの温度で混合した混合物を30×30×5cmの型枠に投入し、30ポアズの温度に達した時ローラーコンバクタで転圧する。その後室温になるまで冷却し型枠から脱する。曲げ用供試体はこの混合物からカッターで2.5×2.5×2.5cmに6面カットする。

3-2 試験条件

本研究ではスパン20cmの両端単純支持、中央集中荷重方式による曲げ試験を採用し、試験条件は表-2に示す。

3-3 曲げクリープ試験の解析

自重と中央集中荷重をうけるアスファルト混合物下縁部の応力と歪る曲げクリープコンプライアンスD(t)は次式の弾性解を用いて計算した。尚、歪5%以内を線型とした。

$$\sigma = \frac{3(2Pl + \omega l^2 - 4\omega l^2)}{4ab^2}, \quad \epsilon(t) = \frac{24d(t)b(2Pl + \omega pl^2 - 4\omega l^2)}{5\omega l^2 - 24\omega l^2 l^2 + 8pl^3}$$

$$D(t) = \epsilon(t) / \sigma$$

3-4 定歪速度曲げ試験の解析

変形のない状態から歪εが一速度ε̇で増加すると時間tにおける歪はε=ε̇tとなり応力σはその時間tまでに一連の部分的に緩和した応力の重ねられたものと考えられる。このような応力-歪関係を、換算応力(σ̃)-換算歪(ε̃)関係として表わすと次式のようになる。尚、歪1.0~1.5%以内を線型とした。

$$\sigma / \epsilon = \int_0^{\epsilon} H e^{-\omega t} d(\ln \tau) d\epsilon + E_0 \epsilon$$

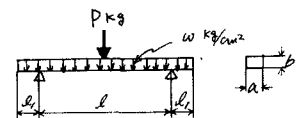
この換算応力-換算歪曲線を用い換算応力のマスターカーブ及び各温度のシフトファクターを得、そのマスター

表-1

	重量パーセント	
	Type A	Type B
13 - 10	9.30	6.14
10 - 7	6.57	4.30
7 - 5	7.44	4.91
5 - 2.5	9.30	6.14
2.5 - 1.2	10.23	6.76
1.2 - 0.6	10.23	6.76
0.6 - 0.3	10.23	13.35
シリカサンド8号	16.74	25.11
細目フィラー	13.02	19.53
アスファルト	7.00	7.00

表-2 試験条件

条件	温度(°C)	応力(Kg/cm ²)	歪速度(1/sec)
曲げクリープ試験	15, 20, 25	Type A 0.36~3.39	
	30, 35, 40	Type B 0.37~4.73	
定歪速度試験	10, 15, 20		3.5 × 10 ⁻³
	70, 5, 0, 5		4.1 × 10 ⁻⁴



カーブの微係数より緩和弾性率 $E(t)$ が求まり、その正接から stiffness $S(t)$ が求まる。

3-5 クリープコンプライアンスから緩和弾性率への変換

次式によりクリープコンプライアンスと緩和弾性率は関係づけられる。

$$\int_0^t E(t) D(t-\tau) d\tau = t$$

上式の近似的関係は次の仮定により誘導される。すなわち $\log D(t)$ はタイムスケールの広領域において $\log t$ の一次関数で、その勾配は m によって表わされる。その結果次式が得られる。

$$E(t) = \sin m\pi / m\pi D(t)$$

4 試験結果

図-1はTypeAの $D(t)$ - $\log t$ 曲線とそのマスターカーブ及びTypeBのマスターカーブである。尚マスターカーブは歪5%以内で作製したものである。温度変化により $D(t)-t$ 曲線は $D(t)$ 軸にはほぼ平行に移動する。TypeAとTypeBを比較するとTypeAの方がフィラー量が少ないため $D(t)$ は $10^4 \sim 10^6 \text{ sec}$ の時間領域全体にわたり約15~20%大きな値となっている。つまりTypeBより約15~20%変形しやすいということができる。また本試験条件においては応力レベルの変化による $D(t)$ の変化は見られなかった。図-2は換算応力のマスターカーブより求めた緩和弾性率 $E(t)$ のマスターカーブである。TypeAよりもTypeBの方が $E(t)$ の値が大きくその差は長時間領域において大きくなっているが、これはTypeBの方が相対的にアスファルト量が少ないのでTypeAよりも弾性的な性質を示すものと思われる。ここで基準温度を -10°C としたのは、Shell Group 3 によって

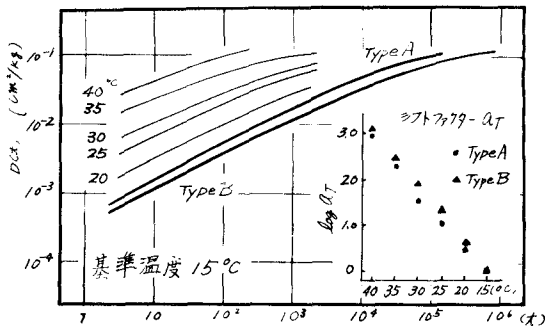


図-1 クリープコンプライアンスのマスターカーブ

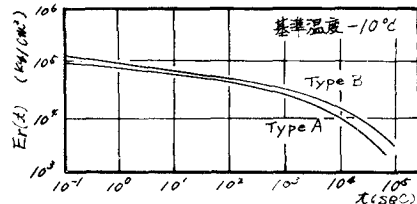


図-2 緩和弾性率のマスターカーブ

研究され提案されたアスファルト性状の合理的な表現方法に基いたことによる。これによれば温度応力により生ずる亀裂に関しては、温度 -10°C 、載荷時間 10^4 sec における stiffness を検討することを提案している。本試験において stiffness $S(t)$ は $E(t)$ と短時間領域ではほぼ一致し、長時間領域では $E(t)$ よりも大となっている。温度応力による亀裂に関して、 $S(t)$ だけでなく、 $E(t)$ によって検討を加えることも必要であると思われる。図-3は両試験から求めた緩和弾性率を比較したものである。

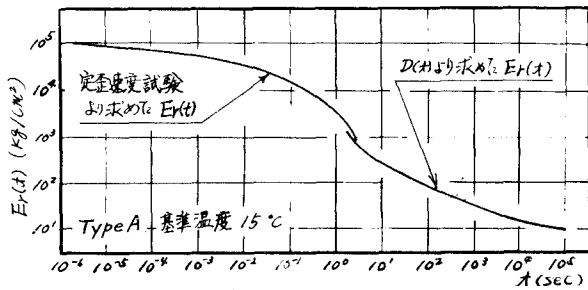


図-3 緩和弾性率のマスターカーブ

5 結論

1), クリープコンプライアンス及び緩和弾性率に関して広い時間領域において得られた。2), クリープコンプライアンスではTypeA, 緩和弾性率ではTypeBの方がその値は大きくなった。長時間及び高温領域ではTypeAの方がそれだけ変形やすく、クリープコンプライアンス、緩和弾性率は混合物の配合に依存する。3), クリープコンプライアンスから緩和弾性率への変換は、定速度試験から得られた緩和弾性率とはほぼ一致し、広い時間領域に亘るマスターカーブを得ることができたが、クリープコンプライアンスから緩和弾性率を求める方法についてはその仮定並びにその線型範囲についてさらに検討する必要があると思われる。4), 本試験条件ではクリープコンプライアンスは応力レベルに依存しなかった。