

東北大学 正員 村井貞規

正員 福田 正

1. まえがき

アスファルト混合物は温度、載荷時間等により粘弾性的挙動を示す材料であることが知られている。この性質に基づく現象の1つを述べればよいが、この現象は弾性論のみでは扱うことができない。すなわちこうした挙動に対しては応力とひずみの関係に時間の影響も考慮することが必要になってくる。この問題についての基礎的アプローチとしてここでは実験によって粘弾性定数値を決定し、舗装（2層構造）に荷重が載荷された場合の舗装表面のたわみ量を実験値を用いて数値計算を行ない、載荷時間にともなう永久たわみ量の推測を試みた。

2. 実験

供試体は切出しを容易にするためアスファルト量90%のアスファルトモルタルとした。骨材は砂の25%以上エク号砕石でおおむねものを使用した。骨材の配合を表-1に示す。これをモールドに2層に分けてつめ、各層について十分に締固めた後角柱供試体を切り出した。さらに、供試体に載荷装置により応力度が 0.34 kg/cm^2 , 0.66 kg/cm^2 , 0.98 kg/cm^2 , 1.46 kg/cm^2 となるように載荷し測定温度は $0^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$ まで 10°C ずつ6段階とした。ひずみ量は、ひずみゲージも供試体側面にはることにより測定した。図-1にその結果の1例を示す。また時間-温度換算則より、クリープコンプライアンスと時間の関係を表わしそれらも平行移動して図-2に示したマスターカーブを得ることができた。

3. 解析

本解析の対象とした舗装構造は図-3に示したように1層がMaxwell粘弾性体、2層が弾性体のモデルで仮定した2層構造である。1層の厚さ $h=15 \text{ cm}$ 、載荷荷重 $P=P_0 \sin$ 載荷半径は $a=20 \text{ cm}$ とした。

ここで用いた応力とひずみの関係は、弾性粘弾性対応の原理より求めている。粘弾性体の挙動は次式で表わすことができる。

$$P(t) S_{ij} = Q(t) e_{ij} \quad (1)$$

$$S_{ij} = \sigma_{ij} - \frac{1}{3} \sigma_{kk} \delta_{ij} \quad (\text{偏差応力})$$

$$e_{ij} = \varepsilon_{ij} - \frac{1}{3} \varepsilon_{kk} \delta_{ij} \quad (\text{偏差ひずみ})$$

$$P(t) = \sum_{r=0}^m a_r \frac{\partial^r}{\partial t^r}, \quad Q(t) = \sum_{r=0}^m b_r \frac{\partial^r}{\partial t^r}$$

弾性論において対応する式は、

骨材	石粉	細骨材	粗骨材(砕石)
配合比(%)	18.6	66.7	14.7

表-1 骨材の配合比

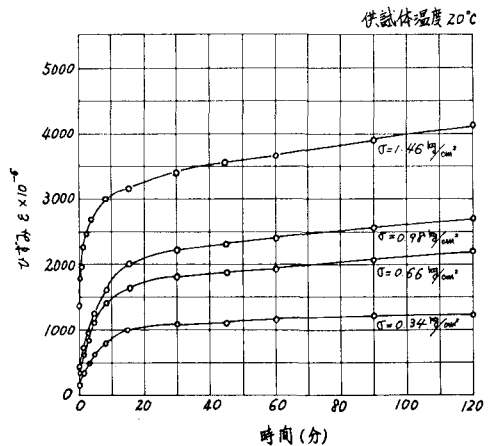


図-1

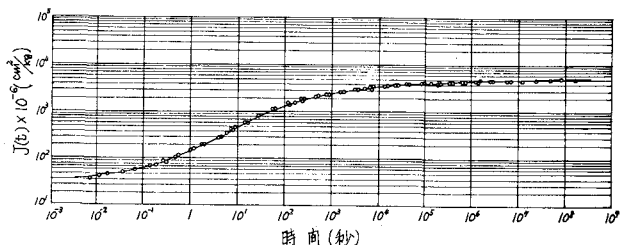


図-2 20°Cにおけるマスターカーブ

$$S_{ij} = 2G e_{ij} \quad (G: \text{せん断弾性係数}) \quad (2)$$

(1)式を時間 t についてラプラス変換し(*)をつけて表わすと次のようになる。

$$P(s) S_{ij}^* = Q(s) e_{ij}^*$$

$$P(s) = \sum_{r=0}^m a_r s^r, \quad Q(s) = \sum_{r=0}^n b_r s^r$$

これより変換されたせん断弾性係数は次のように表わされる。

$$G^* = \frac{1}{2} \frac{S_{ij}^*}{e_{ij}^*} = \frac{1}{2} \frac{Q(s)}{P(s)} \quad (3)$$

すなわち線形弾性理論における応力とひずみの関係式の G を G^* で対応させ、荷重関数をラプラス変換した P^* で対応させることにより変換領域での式を得ることができる。Maxwell モデルを仮定すると G^* は次式のように表わされる。

$$G^* = \frac{1}{2} \frac{2\eta s}{1 + \frac{\lambda}{G} s} = \frac{\eta s}{1 + \tau_M s} \quad (4)$$

τ_M : リラクゼーションタイム

さらに弾性係数 E の変換値は次式のようになる。

$$E^* = \frac{3\eta s}{1 + \tau_M s} \quad (5)$$

これらに前述の実験により得られた定数値を用いることにより舗装表面の残留変形量の数値解析も行なった。用いた定数値を表2に示す。また得られた結果の1例を図4に示す。

4. 結論

以上の実験並びに数値解析の結果より、舗装のためみ変形量は時間に依存すること、また温度が高くなるほど変形に対する抵抗が小さくなり低温域においても変形は残留すること、残留変形量と時間の関係は高温域では線形関係にあるが低温域では流れの進行が遅いことなどは本モデルによって表現できていることがわかった。なおVoigt モデルによる数値解析例は既に報告した。

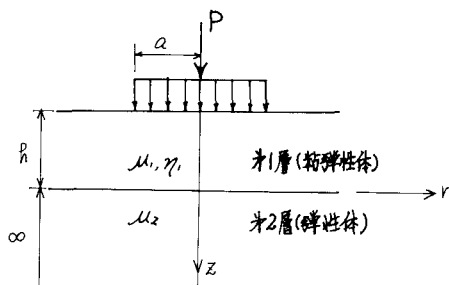


図-3 2層構造モデル

温度(°C)	E(kg/cm ²)	λ(kg·sec/cm ²)	τ _M =λ/E(sec)
0 ~ 10	24,000	240,000,000	10,000
20	2,400	6,000,000	2,500
40 ~ 50	240	300,000	1,250

表-2 粘弾性定数値

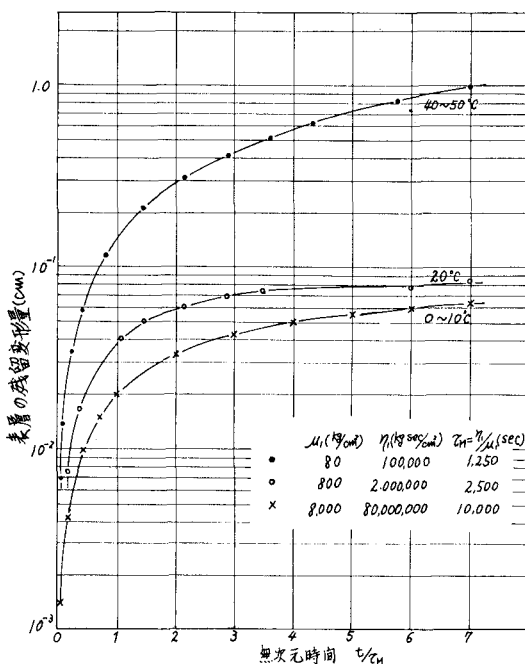


図-4 解析結果

参考文献

- 1) C.A. Pagen: Rheological Response on Bituminous Concrete, Highway Research Record, No67, 1964.
- 2) 遠藤, 福田: 走行荷重によるアスファルト舗装の変形, 土木学会学術講演会講演概要集, 1976,