

V-62

舗装構造の力学的挙動に関する考察

東北学院大学 学生員 ○鈴木秀市

東北学院大学 正会員 遠藤孝夫

1. はじめに

舗装構造の力学的挙動については、通常の場合には静的荷重を対象に検討がなされているが実際の動的な交通荷重を受けた場合には静的荷重の場合とは異なった現象の生じることが知られている。例えば、AASHO道路試験などについては走行速度が増加することによって舗装の変形、応力は20～30%程度減少していることが報告されている。本研究では線形粘弾性体の材料よりなる2層構造に、交通荷重を走行速度を有する円形接地面の荷重に仮定して、舗装表面におけるたわみ変形を理論的に解析し、その数値解析結果を示し若干の考察を加えたものである。

2. 解析方法

本研究では図1に示すような第一層が粘弾性体、第二層が弾性体の舗装構造に、円形荷重が一定速で移動する場合を考える。もし慣性力が無視できるものとすれば、この問題は準静的問題として取り扱われ、応力とひずみの関係式は“弾性-粘弾性対応の原理”より求められる。この関係式は応力とひずみの関係を線形微分演算子を用いて、偏差応力と偏差ひずみの関係および平均応力と体積ひずみの関係として一般に表される。ただし、ここでは後者の関係については舗装材料のポアソン比0.5すなわち体積ひずみ係数を無限大に仮定する。

この場合の粘弾性挙動は式(1)で表される。

$$S_{ij} = 2G \epsilon_{ij} \quad (1)$$

ここで、

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

$$\epsilon_{ij} = \text{偏差ひずみ} = -\left(\frac{1}{3}\right) \delta_{ij} \sigma_{kk}$$

$$\sigma_{ij} = \text{応力成分}$$

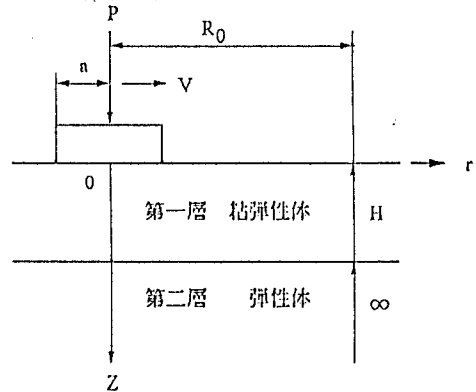
$$\epsilon_{ij} = \text{ひずみ成分}$$

$$\delta_{ij} = \text{クロネッカーのデルタ}$$

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

弾性体においてこれに対応する式は

$$S_{ij} = 2G \epsilon_{ij} \quad (2)$$



$P=8000 \text{ kg}$, $R_0=500 \text{ cm}$, $a=20 \text{ cm}$, $H=30 \text{ cm}$

で、 G はせん断弾性係数である。式(1)と(2)を比較すると、図-1 二層構造モデル

$$2G = \frac{Q(t)}{P(t)} = \frac{\sum_{r=0}^n a_r \frac{\partial^r}{\partial t^r}}{\sum_{r=0}^m a_r \frac{\partial^r}{\partial t^r}}$$

となる。ヤング係数 E とポアソン比 ν は先の仮定により G と K （体積ひずみ係数）によってつぎのような式に表される。

$$E = \frac{9KG}{(3K+G)} = 3G \quad (4a)$$

$$\nu = \frac{(3K-2G)}{(6K+2G)} = 0.5 \quad (4b)$$

時間 t に関してラプラス変換されたものをスターをつけて表すと式(1)は次のようになる。

$$P(s) S'_{ij} = Q(s) S'_{ij} \quad (5)$$

ここで、

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

である。これより G^* は次のように定義される。

$$G^* = \frac{1}{2} \frac{S'_{ij}}{\epsilon'_{ij}} = \frac{1}{2} \frac{Q(s)}{P(s)} \quad (6)$$

すなわち、線形粘弾性理論における応力とひずみの関係の G とラプラス変換された G^* で対応させることのより変換領域での応力とひずみの関係式として得られる。

ここで、偏差応力に対する材料の挙動が図-2に示すようなVoigtモデルで仮定されるとすれば、せん断弾性

係数 G の変換値 G^* は次のようになる。

$$G^* = (2\mu + 2\mu's) = \mu(1 + \tau s) \quad (7)$$

ここで τ はリタデーションタイムを表している。

式 (4 a) と式 (7) からヤング係数 E の変換値 E^* は次のようになる。

$$E^* = 3\mu(1 + \tau s) \quad (8)$$

本研究では二層構造に関するBurmister理論解をもとに、これに前述の“対応の原理”を適用し、たたみこみ積分を用いて粘弾性二層構造の理論解を得た。

アスファルト舗装を例にとり若干の数値解析の結果を示すと図-4の通りである。

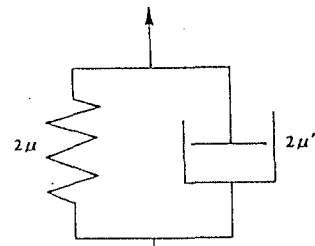


図-2 Voigt モデル

図-3：自動車の走行過程についての概念図

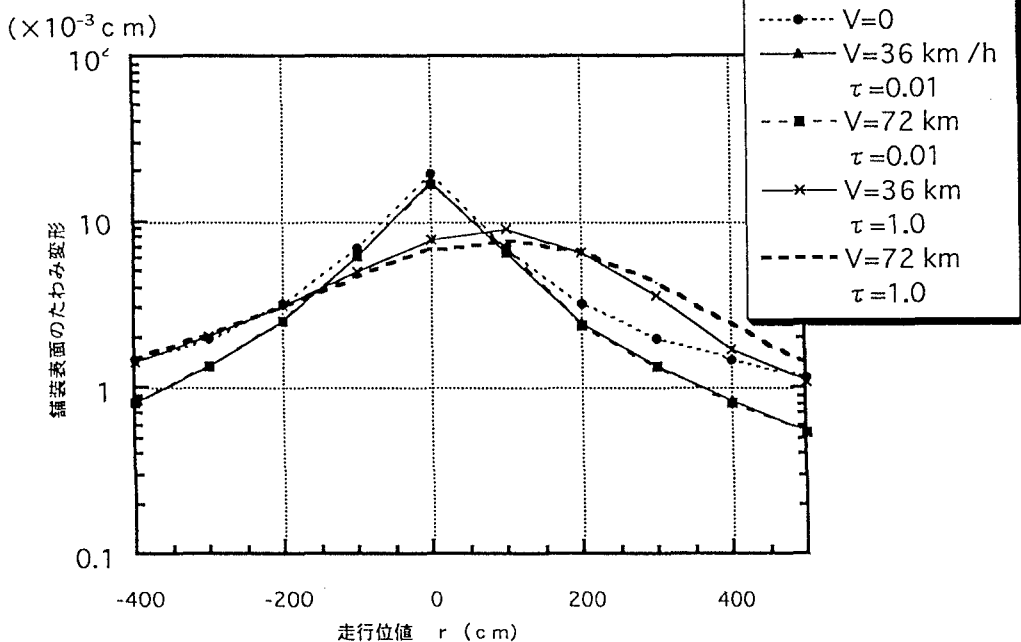
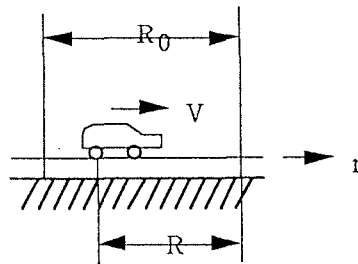


図-4 舗装表面のたわみと荷重位置関係

3. 結論

以上の検討の結果、次のように結論される。

舗装材料の力学的挙動に時間依存性を考慮することにより、走行荷重による舗装構造のひずみ変形は荷重通過後にそのピークが現れる。また、ひずみ変形は舗装材料のリタデーションタイムと走行速度の増加とともに減少し、実際の走行荷重による舗装構造の動的挙動を説明できる。