

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道路試験などにおいて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⁽¹⁾。本研究では、舗装を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。

2. 解析方法

本研究では図1に示すような第1層が粘弾性体、第2層が弾性体の2層構造に、円形荷重が一定速度で移動する場合を考える。もし慣性力が無視できるとすれば、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”により求められる。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わされる。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を0.5すなわち体積ひずみ係数を無限大に仮定する。

この場合の粘弾性体の挙動は次の式で表わされる。

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

ここで

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

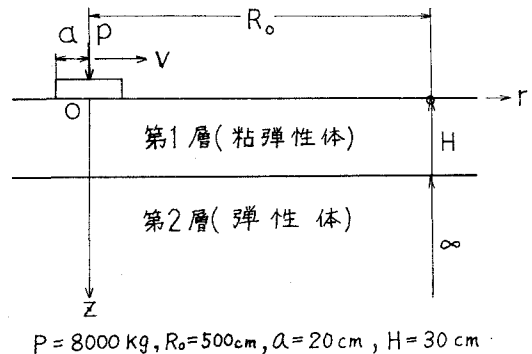
$$e_{ij} = \text{偏差ひずみ} = \varepsilon_{ij} - \left(\frac{1}{3}\right) \delta_{ij} \varepsilon_{kk}$$

$$\sigma_{ij} = \text{応力成分}$$

$$\varepsilon_{ij} = \text{ひずみ成分}$$

$$\delta_{ij} = \text{クロネッカーのデルタ}$$

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



である。弾性体においてこれに対応する式は

$$s_{ij} = 2G e_{ij} \quad (2)$$

で、 G はせん断弾性係数である。式(1)と(2)を比較すると

$$2G = \frac{Q(t)}{P(t)} = \frac{\sum_{r=0}^n a_r \frac{\partial^r}{\partial t^r}}{\sum_{r=0}^m a_r \frac{\partial^r}{\partial t^r}} \quad (3)$$

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)によって次のような式に表わされる。

$$E = 9KG / (3K + G) = 3G \quad (4a)$$

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

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わすと式(1)は次のようになる。

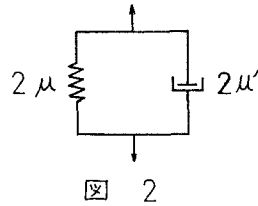
$$P(s) s_{ij}^* = Q(s) e_{ij}^* \quad (5)$$

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^* は次のように定義できる。

$$G^* = \frac{1}{2} \frac{s_{ij}^*}{e_{ij}^*} = \frac{1}{2} \frac{Q(s)}{P(s)} \quad (6)$$



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、さらに荷重関数をラプラス変換後の荷重関数で対応させることに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。

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

ここで τ はリタデーションタイムを表わしている。式(4a)と(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2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、たみこみ積分を用いて粘弾性2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結果を示すと図3の通りである。

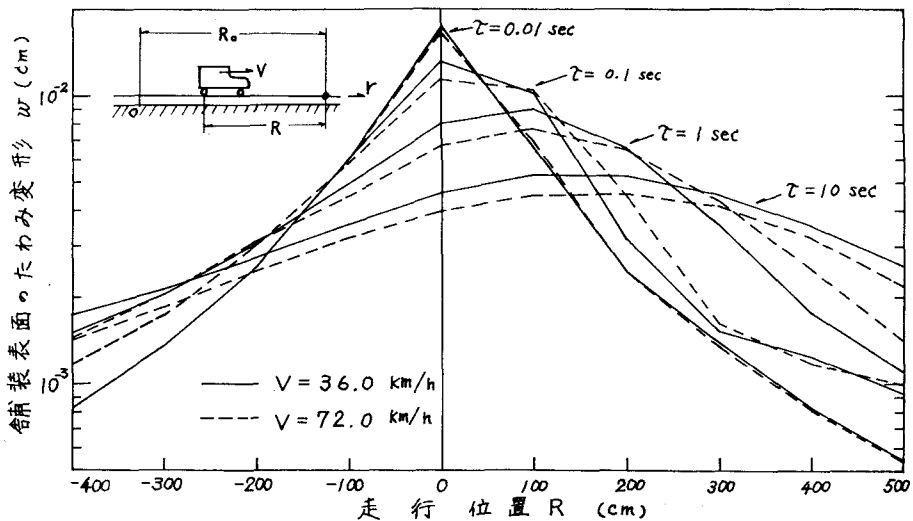


図 3

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われる。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することができる。

参考文献

- (1) AASHO道路試験：財団法人セメント協会，昭和48年4月
- (2) Burmister, D.M. The General Theory of Stresses and Displacements in Layered Systems. Jour. of Applied Physics, Vol.16, p89-94, 1945.
- (3) W. Flüge / 堀幸夫・訳：「粘弾性学」培風館