

# V-23 種々の連成荷重を受けるアスファルト舗装体のレオロジー解析

北海道大学 正員 森吉 昭博  
東京電力㈱ 正員 谷 智之

## 1. はじめに

アスファルト舗装体が受ける荷重としては、主として輪荷重や外気温の変化による熱荷重が考えられる。しかしながら従来の解析方法では、アスファルト舗装体にかかる力学荷重および熱荷重の連成は比較的困難とされてきた。本研究では、粘弾性理論にもとづいたFEM解析によってアスファルト舗装体に連成荷重が加わった場合の舗装体内部の応力および、ひずみを求めた。また外気温低下に伴うアスファルト舗装体内部に生じた引張り応力の線状熱源（ロードヒーティング）による低減についても検討を行った。

## 2. 解析方法

一般に粘弾性体の応力(σ)とひずみ(ε)との関係は、一軸に数値変換をすると次式で表わされる。

$$\sigma(t) = E(0)\epsilon(t) - \int_0^t \frac{dE(t-t')}{dt'} \epsilon(t') dt'$$

従って、粘弾性体の応力、ひずみ関係を一軸に数値変換し2次元問題の解析に応用する。ここでE(t)は、アスファルト混合物の緩和弾性率である。

本研究では、まずアスファルト混合物について応力緩和試験を行い、これより緩和弾性率を求め、つぎに使用材料の熱的性状を利用し、外気温や線状熱源（ロードヒーティング）によりアスファルト内部に生ずる温度分布を2次元熱伝導方程式を用いて求める。以上の結果を利用して、熱荷重や輪荷重によって生ずる応力を有限要素法より求めた。熱荷重および輪荷重による応力を算定するまでのフローチャートは図-1に示す。

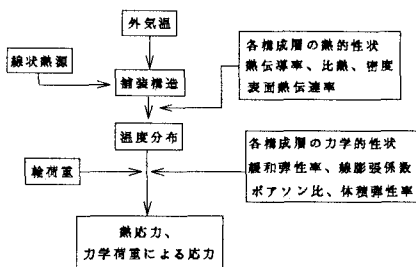


図-1 応力算定のフローチャート

## 3. 舗装構造

解析に用いた舗装モデルは、以下の3種類を想定した。Type Aは橋梁部の舗装、Type Bは一般道路、Type Cは一般道路の舗装構造の下層路盤としてコンクリート層を配したものとした。以上の3種類の舗装モデルは、それぞれ、表面より深さ8cmの位置に9.8cm間隔で線状熱源（ロードヒーティング）が挿入されている。また舗装体の受ける熱的条件としては、Type Aは、舗装構造の表面及び下面から外気温の変動を受け、Type B、Type Cは、舗装構造の表面から外気温の変動を受け、路床上面で温度3℃の一定とし、両側面では断熱状態とした。表面での熱伝達は、ニュートンクーリング状態として伝達損失を考慮した。また入力に用いた外気温は、実際に美々と小出で観測された温度勾配の急なものと緩やかなものの2種類である。応力計算時の境界条件は、いずれの場合も両側面はローラー支持、アスファルト層下面は固定とした。

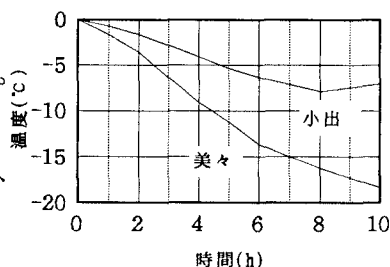


図-2 入力に用いた外気温

## 4. 解析結果の考察

### 4-1. 外気温変動による舗装体内部の応力および変位

美々および小出で実際に観測された外気温によるType Aのアスファルト舗装体表面の水平変位の例を図-3、舗装構造表面の水平応力の例を図-4に示す。外気温が低下するしたがって舗装体内部には引張り応力が発生する。引張り応力は温度勾配が大きいほど、大きくなる傾向が見られた。しかし、ある程度時間が経過すると引張り応力は緩和する傾向にある。これは、解析に用いたアスファルト混合物の緩和性状が良いものを使ったためと思われる。

4-2. 外気温変動の下で線状熱源のスイッチが入った場合 (×10<sup>-4</sup>)

Type Aのアスファルト舗装体内部に挿入された熱発生率20W/mの線状熱源を外気温変動と同時に印加した場合の熱源上部のアスファルト表面付近の水平応力の1例を図-4に示す。この場合、線状熱源を印加しないものと比較するとアスファルト舗装体内部には圧縮応力が作用する。また特に気温変動の大きかった美々については、時間経過にともない応力は圧縮方向から引張り方向へ転じている。以上の結果によりアスファルト舗装の外気温による熱荷重は、線上熱源の印加により低減させることが可能である。しかしこの低減することのできる熱応力の大きさは、熱源の大きさや外気温の形状に依存すると思われる。

4-3. 輪荷重による応力と熱応力の連成

舗装体に載荷した輪荷重は5t輪荷重(0.49Mpa)を想定し、舗装モデル表面に450秒間その荷重が作用すると仮定した。この場合のType Aのアスファルト層表面付近の水平方向の応力は図-5に示す。輪荷重が載荷されたものと載荷されないものを比較すると輪荷重の水平方向の応力に与える影響は、熱応力のそれと比較するとかなり小さいものとなっていることがわかる。また線状熱源が印加された場合も同様の結果が得られた。

4-4. 異なった舗装構造の応力解析

3種類の舗装構造についてそれぞれのアスファルト舗装体の水平方向の応力を比較した。外気温変動のもとでは、3つの舗装タイプの応力は、ともに似たような値を示し大きな差異は見られない。また線状熱源を挿入したものについては、Type BとType Cは、若干差がみられるもののほとんど変化はなかった。Type AとType B、Type Cを比較するとType Aの水平方向の応力は他のものと比べると若干大きく、圧縮応力から引張り応力に転じているものもあった。

5. まとめ

- 1) 舗装体に挿入された線状熱源はアスファルト舗装体に生じた熱応力を低減させることが可能である。
- 2) 舗装体に作用する応力は寒冷地においては、外気温による熱応力が輪荷重による応力よりも著しく大きい。
- 3) この解析方法は、種々の舗装構造のレオロジー解析に適用可能と思われる。

参考文献

- 1) 森吉昭博、菅原昭雄：寒冷地におけるアスファルト長水路のひび割れ発生機構に関する調査
- 2) J.L.White：Finite Element in Linear Viscoelasticity, Proc. 2nd Conf. on Matrix Method in Structural Mech. AFFDL-TR-68-150

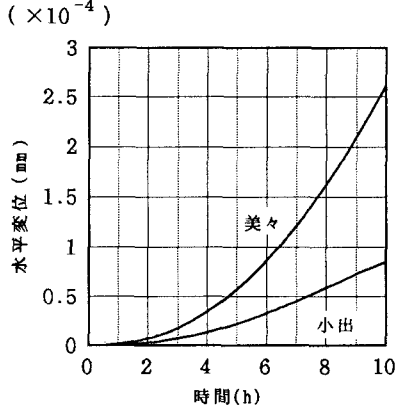


図-3 アスファルト舗装表面の水平変位 (Type A)

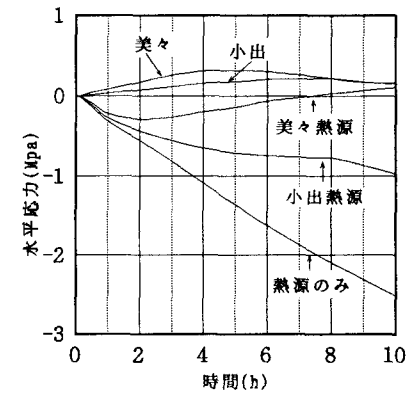


図-4 種々の熱荷重が作用した場合の水平応力 (Type A)

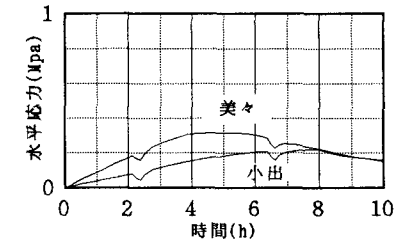


図-5 熱荷重が作用しているとき輪荷重が作用した場合の水平応力 (Type A)