

散逸エネルギー理論に基づいた鋼床版舗装の疲労解析

石川工業高等専門学校 専攻科 学生員○小林隆志
石川工業高等専門学校 正会員 西澤辰男

まえがき

鋼床版舗装においては、荷重による変形が大きい鋼床版の影響で舗装に大きなひずみを生ずる。とくに腹版や縦リブのウェブ直上で舗装表面に引張ひずみが生じ、その場所に表面縦ひび割れが生ずる。またその間にも同じようなひび割れの発生が見られる。本研究では通常のアスファルト舗装で用いられている疲労曲線を用いて、このような表面縦ひび割れの発生を予測することが可能かどうかについて検討してきた。その結果、腹版ウェブや縦リブ直上のひび割れの説明はつくが、ウェブ間に生ずるひび割れの発生原因については不明のままであった。そこで今回は散逸エネルギーを計算し、その発生原因を探ることとした。

散逸エネルギー疲労破壊規準

姫野らは、荷重の走行に伴うアスファルト混合物の粘性による散逸エネルギーと、アスファルト混合物の疲労破壊の関係を実験的に求め、両者の間に温度、速度、アスファルトによらないユニークな関係があることを見出した¹⁾。したがって、鋼床版舗装の散逸エネルギーを算定することによって、疲労破壊の可能性を評価することができる。本研究においては、単位面積あたりの散逸エネルギーを次式によって計算する。

$$w_f = \oint \sigma_{ij} d\epsilon_{ij}$$

(1)

ここに、 w_f ：単位面積あたりの散逸エネルギー、 $\sigma_{ij}, \epsilon_{ij}$ ：応力、ひずみテンソルである。積分は1つの荷重が走行する間で行う。

粘弾性構造解析

構造解析モデルとしては、鋼床版を表現する帯板要素(Strip element)と、舗装を表現する角柱要素(Prism element)を、接着要素(Link element)で結合した SLPE (Strip -Link-Prism Element)モデルを用いる²⁾。移動荷重に対応した動的解析が可能であるので、荷重を橋軸方向に移動させ、スパン中央の断面の応力とひずみの時間経過を計算し、式(1)によって断面内の散逸エネルギーを計算する。その際、アスファルト混合物の材料モデルは図-2に示すようなBurgerモデルを用いた。

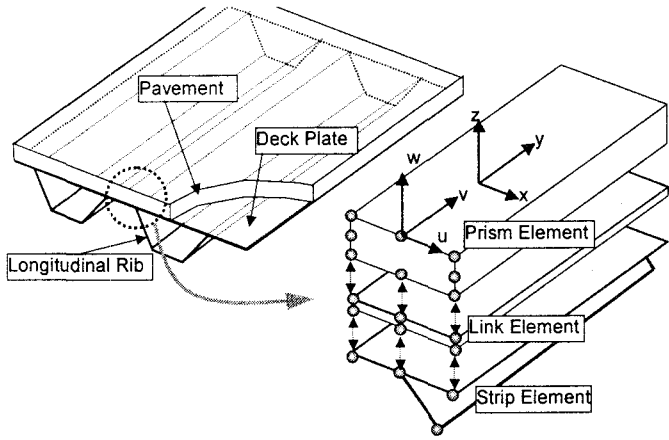


図-1 SLPE モデル

計算条件

例として用いた鋼床版の構造は、図-3に示すような、厚さ12mmの鋼床版の上に厚さ60mmの改質型アスファルト混合物を施工したものである。荷重モデルおよびその部分の要素分割の詳細を図-4に示す。材料条件は表-1に示すものを用いた。鋼材は弾性体とし、アスファルト混合物は粘性係数の異なる2種類を用いた。

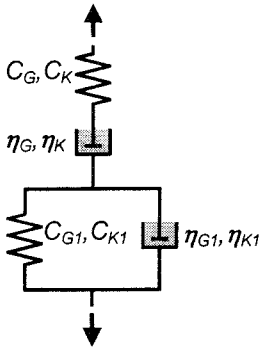


図-2 Burger モデル

	$1/C_G$ (MPa)	$1/C_{G1}$ (MPa)	$\eta_G = \eta_{G1}$ (GPa*s)	$\eta_K = \eta_{K1}$ (GPa*s)
鋼材	80700	-	-	-
アスファルト 1	370	111	10	10000
アスファルト 2	370	111	1	10000

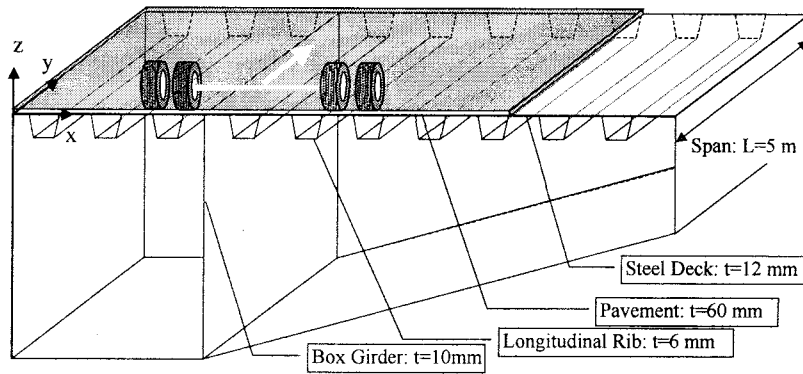


図-3 計算モデル

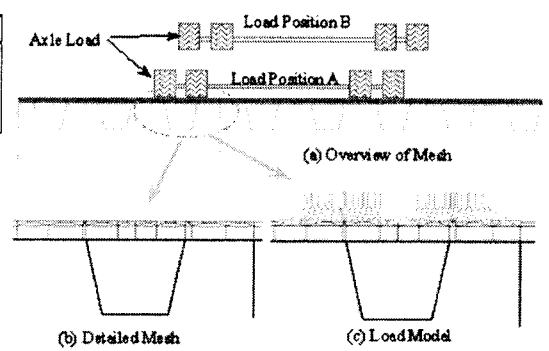


図-4 荷重モデルと要素分割の詳細

計算結果

図-5は、荷重速度が40km/hの場合の、スパン中央における舗装表面の引張ひずみと散逸エネルギーの分布を示している。大きな引張ひずみは、タイヤ付近の腹版や縦リブのウェブ直上に発生している。一方、ウェブ間においては圧縮ひずみであり、引張ひずみでは、この部分のひび割れを説明できない。一方、散逸エネルギーは、腹版ウェブ直上とタイヤ直下が大きな値となる。図-5(a)のように右車輪のタイヤがウェブ間に位置すると、そこでの散逸エネルギーは高い。したがって、この部分からの疲労破壊の可能性を指摘できる。

図-6(a)はアスファルト混合物の粘性を小さくした場合、図-6(b)は速度を遅くした場合の分布である。両者の場合とも、ひずみには大きな差はないが、散逸エネルギーは増加している。このことから、粘性が小さくなり、交通荷重の速度が遅くなるほど、疲労破壊は進行することになる。

まとめ

アスファルト混合物の散逸エネルギーを計算することによって、鋼床版舗装の縦ひび割れの発生原因を探った。その結果、従来の引張ひずみに基づいた疲労基準では説明できなかったウェブ間のひび割れの発生原因を説明できそうなことが判明した。今後、疲労寿命の算定を具体的な例について行い、実際の挙動と比較したい。

参考文献：1) Himeno, K., et al.: 'Estimation of the Fatigue Life of Asphalt Pavement', Proceedings of 6th International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements, Ann Arbor, USA, 1987. 2) Nishizawa, T., et al.: 'Development of a new structural model with prism and strip elements for pavements on steel bridge decks, The International Journal of Geomechanics, Vol.2, No.3, 2001.

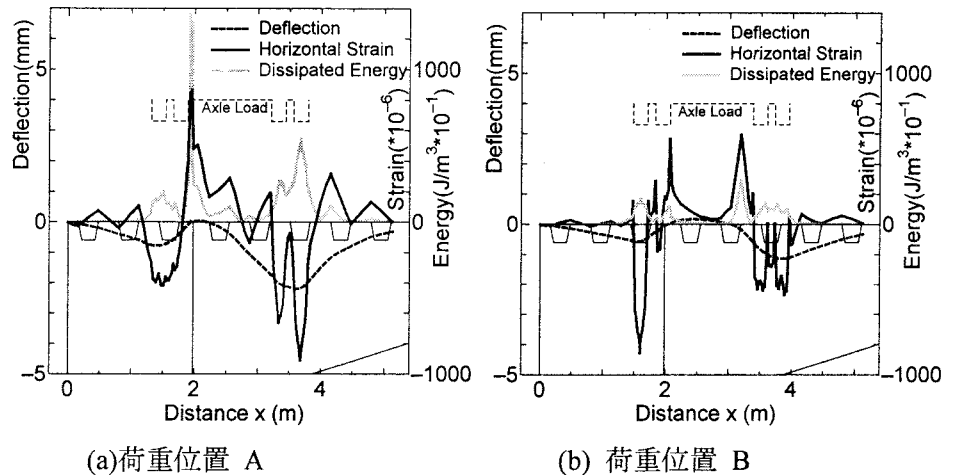


図-5 舗装表面の引張ひずみと散逸エネルギーの分布（走行速度 40km/h）

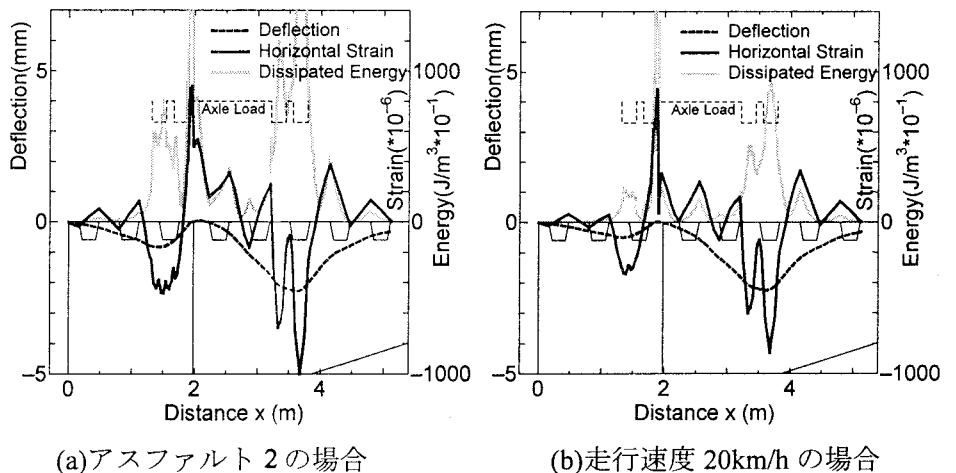


図-6 舗装表面の引張ひずみと散逸エネルギーの分布（荷重位置 B）