

散逸エネルギー理論に基づいた鋼床版舗装縦ひび割れの発生予測

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

1. まえがき

鋼床版舗装においては、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、舗装表面の引張ひずみにより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、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¹⁾。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。

2. 散逸エネルギー疲労破壊基準

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回数の間にユニークな関係があることを見出した²⁾。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、散逸エネルギーによる破壊までの载荷回数を次式によって計算する。

$$N_f = \left(\frac{1}{a_9} \pi \sigma_{ij} \varepsilon_{ij} \sin \phi \right)^{\frac{1}{a_{10}}} \quad (1)$$

ここに、 N_f ：破壊までの载荷回数、 $a_9=149000$ 、 $a_{10}=-0.419$ 、 σ_{ij} 、 ε_{ij} ：応力、ひずみテンソル、 ϕ ：位相角である。また、疲労度は次式によって計算する。

$$F_d = \sum \frac{n}{N_f} \quad (2)$$

ここに、 F_d ：疲労度、 n ：実際の载荷回数である。疲労度が1を超えたらひび割れが入るものとする。

3. 構造解析

構造解析モデルとしては、図-1に示すような、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³⁾を用いる。

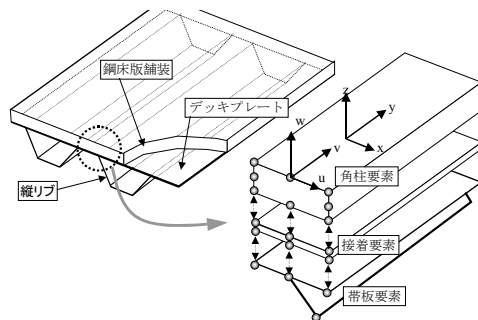


図-1 SLPE モデル

4. 計算条件

例として用いた鋼床版の断面を図-2に示す。この断面は斜張橋の箱げたの右半分を取り出したもので、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。鋼材の弾性係数はすべて210000MPaとした。アスファルト混合物の弾性係数はShell法により载荷時間、舗装温度によって算定した。その時の条件は载荷時間=0.036(速度30km/h相当)、軟化点温度65度、PI=1.5、アスファルト量=12.5%、空隙率=3.9%、骨材容積率=87.0%と

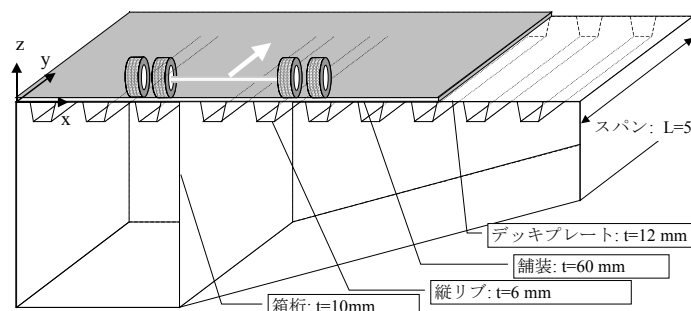


図-2 鋼床版の構造

キーワード 鋼床版舗装、散逸エネルギー理論、縦ひび割れ、FEM解析、疲労破壊

連絡先 〒929-0392 石川県河北郡津幡町北中条タ1 石川工業高等専門学校 西澤辰男 TEL・FAX 076-288-8167

した．また舗装体温度は東海地方の各月の平均気温から秋山の式を用いて表面 15mm までの部分を推定しそれ以下の部分は気温と同じと仮定した．それらの温度に基づいて弾性係数を表-1 のように算定した．

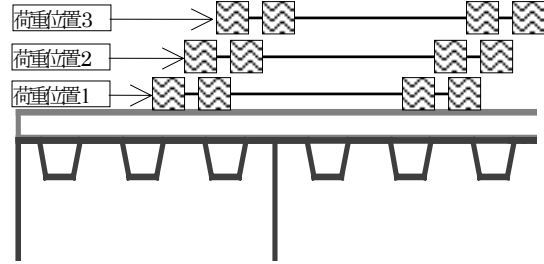


図-3 荷重位置

荷重位置を図-3 に示す．荷重位置 2 は右側のタイヤが縦リブウェブの間に来るようにした位置で，荷重位置 1，3 はそれぞれ荷重位置 2 から左右に 200mm ずらした位置である．荷重の軸重分布は C 交通相当のものをを用い，荷重位置 2 には軸数の 2 分の 1 が通過し，荷重位置 1，3 には 4 分の 1 が通過するものと仮定した．

5. 計算結果

図-4 から図-6 はそれぞれの荷重位置における一年間の走行頻度に応じた疲労度を示している．疲労度はいずれの場合も腹版ウェブ直上と荷重直下で大きくなっている．特に図-5 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-7 は 3 つの荷重位置の疲労度を合計したものである．腹版ウェブ直上および縦リブのウェブ間で大きくなっており，実橋での縦ひび割れの発生状況と近くなっている．

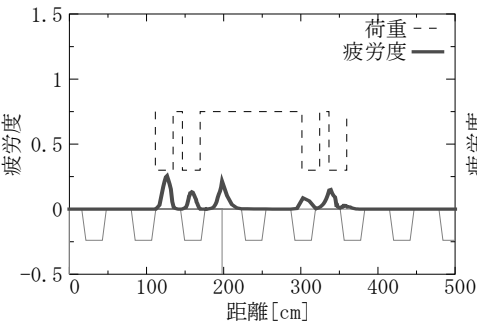


図-4 疲労度（荷重位置 1）

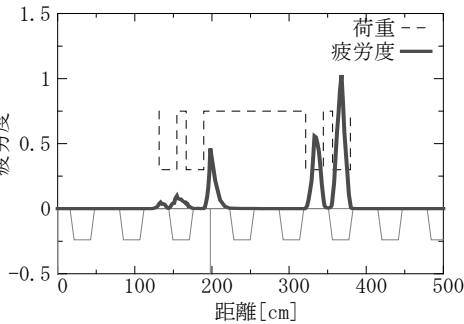


図-5 疲労度（荷重位置 2）

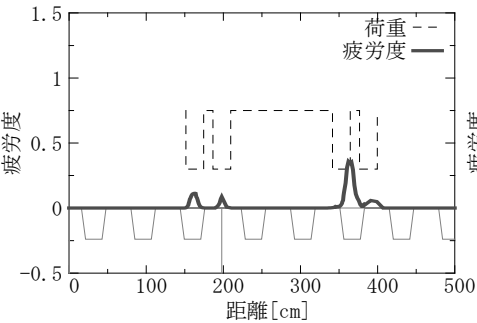


図-6 疲労度（荷重位置 3）

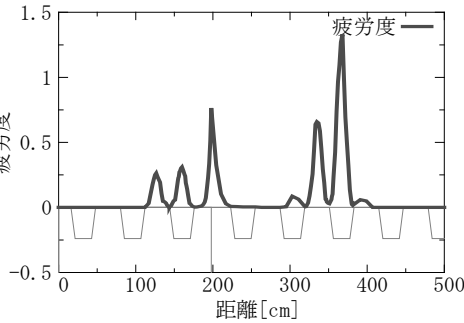


図-7 全疲労度

6. まとめ

本研究では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予測を行った．その結果，縦ひび割れはウェブ間からも発生することが予測される．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) 小林隆志，西澤辰男：疲労解析に基づいた鋼床版舗装の表面縦ひび割れの発生予測，土木学会舗装工学論文集，第 8 巻，2003 年 12 月

2) 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.

3) 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.