

## 鋼床版舗装の縦表面ひび割れに関する実験的研究

中央大学大学院 学生会員 ○飯嶋 一幸  
佐藤道路株式会社 正会員 内田 喜太郎  
中央大学 フェロー会員 姫野 賢治

## 1. はじめに

鋼床版舗装とは、縦リブで補強された鋼床版の上にアスファルト舗装を施したものであり、問題点として比較的早期に縦表面ひび割れが発生する事がある。主に車輪走行位置付近で発生する事から、交通による繰り返し荷重が原因だと考えられる。鋼床版舗装ではリブや桁の接合部に局部的に大きな曲げ変形が発生することにより生じると考えられているが、実際には接合部以外でも発生しており、発生原因は明らかではない。本研究では供試体と鋼床版模型による模型実験を行う。その実験結果からアスコンの材料定数を求め、その材料定数を用いて実験で使用した鋼床版模型をモデル化した有限要素法 (FEM) プログラムで解析などを行い、発生原因を検討した。その概要について報告する。

## 2. アスファルトの材料定数を求める実験

FEM 解析に使用する模型実験の材料定数を実験より求める。密粒度アスファルト混合物 (24or30cm×30cm×3cm) を鉄板に貼った供試体を使用し、所定の位置にひずみゲージを貼り付けた。

## ①温度変化によるアスコンのひずみ変化

槽内温度を(0~60℃)変化させ、ひずみの変化をみる。

## ②静的荷重試験

ホイールトラッキング試験機で静的荷重試験 (荷重荷重 686N) を行う。供試体の温度を 20~55℃まで 5℃刻みで変化させ、温度ごとのひずみの変化を見る。供試体は材料による比較のため、フレッシュアスコンと古いアスコンの二種類を使用した。

## 3. 材料定数を求める解析

① (2. ①) の結果から密粒度アスファルト混合物の線膨張係数を求める。

②静的荷重試験 (2. ②) によるひずみの結果から、粘弾性理論の **Burger's Model** よりアスコンの弾性係数、粘性係数を求める。**Burger's Model** は以下の式で表す。

$$\gamma(t) = \frac{\sigma_0}{E_1} + \frac{\sigma_0}{E_2} \left(1 - e^{-\frac{E_2 t}{\eta_2}}\right) + \frac{\sigma_0 t}{\eta_1} \quad \text{応力除荷前}$$

$$\gamma(t) = \frac{\sigma_0}{E_2} \left(1 - e^{-\frac{E_2 t}{\eta_2}}\right) e^{-\frac{E_2 (t-t_1)}{\eta_2}} + \frac{\sigma_0 t_1}{\eta_1} \quad \text{応力除荷後}$$

$\sigma_0$  = 応力 (一定)     $\gamma(t)$  = ひずみ ( $\mu$ )  
 $E_1$  = 弾性係数 1     $\eta_1$  = 粘性係数 1  
 $E_2$  = 弾性係数 2     $\eta_2$  = 粘性係数 2

## 4. 解析結果

① 線膨張係数の結果  $\alpha = 2.62 \times 10^{-5}$

② 弾性係数、粘性係数の結果

フレッシュアスコンの場合

温度(°C)	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C
$E_1$ (MPa)	$6.2 \times 10^3$	$4.3 \times 10^3$	$2.9 \times 10^3$	$2.2 \times 10^3$	$1.7 \times 10^3$	$1.4 \times 10^3$	$1.2 \times 10^3$	$1.1 \times 10^3$
$\eta_1$ (MPa*s)	$7.7 \times 10^5$	$9.9 \times 10^5$	$9.6 \times 10^5$	$1.1 \times 10^6$	$1.4 \times 10^6$	$1.3 \times 10^6$	$2.2 \times 10^6$	$3.8 \times 10^6$
$E_2$ (MPa)	$2.9 \times 10^3$	$2.6 \times 10^3$	$2.4 \times 10^3$	$2.4 \times 10^3$	$2.8 \times 10^3$	$3.7 \times 10^3$	$4.9 \times 10^3$	$6.5 \times 10^3$
$\eta_2$ (MPa*s)	$5.2 \times 10^4$	$3.1 \times 10^4$	$1.6 \times 10^4$	$9.4 \times 10^3$	$7.8 \times 10^3$	$5.0 \times 10^3$	$5.4 \times 10^3$	$5.2 \times 10^3$

古いアスコンの場合

温度(°C)	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C
$E_1$ (MPa)	$1.6 \times 10^4$	$6.2 \times 10^3$	$1.1 \times 10^3$	$8.8 \times 10^2$	$6.1 \times 10^2$	$4.7 \times 10^2$	$4.6 \times 10^2$	$4.5 \times 10^2$
$\eta_1$ (MPa*s)	$4.7 \times 10^6$	$4.0 \times 10^5$	$2.0 \times 10^6$	$1.7 \times 10^6$	$2.0 \times 10^6$	$2.4 \times 10^6$	$2.8 \times 10^6$	$2.2 \times 10^6$
$E_2$ (MPa)	$3.2 \times 10^3$	$1.5 \times 10^3$	$8.1 \times 10^2$	$9.6 \times 10^2$	$1.5 \times 10^3$	$3.3 \times 10^2$	$4.0 \times 10^2$	$5.2 \times 10^2$
$\eta_2$ (MPa*s)	$2.0 \times 10^5$	$3.7 \times 10^4$	$1.9 \times 10^4$	$5.6 \times 10^3$	$7.4 \times 10^3$	$1.4 \times 10^4$	$1.2 \times 10^4$	$2.0 \times 10^4$

## 5. 鋼床版模型を用いた実験

所定の位置にひずみゲージを貼った鋼床版模型 (図1) に連続荷重を行い、ひずみの変化を調べた。

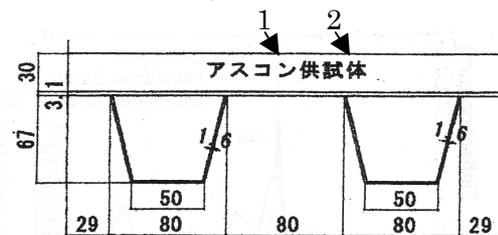


図1 鋼床版模型 (mm)

車輪は接合部中間を通過し、図1上の番号はひずみゲージを貼った場所で、グラフの番号と対応する。図2は連続的に荷重を載荷した場合のひずみ変化 (アスコン温度 50℃) である。アスコンが高温時、荷重除荷時にひずみが引張ひずみに跳ね上がる現象が起きており、ひび割れ発生に関与する可能性がある。しかし結果にばらつきが多いため次の解析結果で検討を行う。

キーワード： 鋼床版舗装 縦表面ひび割れ 粘弾性理論

連絡先：〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土木工学科 Tel 03-3817-1796

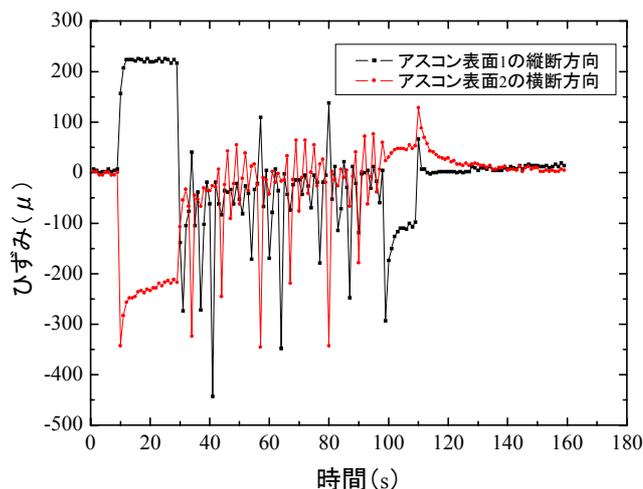


図2 50°Cで連続荷重した場合のひずみ変化

## 6. 有限要素法プログラムを用いた解析

模型実験の鋼床版模型をモデル化した FEM プログラムを使用し、模型実験の力学解析を行った。今回の解析には石川工専の西澤先生が開発された SLPE (Strip-Link-Prism-Element) モデルを使用した。材料定数は 4 で求めた値を使い、温度 (20, 50°C)、材料が違うときの車輪往復時 (10 回) のひずみ (図 3) と車輪 1 回通過時の散逸エネルギーの横断分布を求め、ひび割れ発生 の検討を行った。今回のモデルで車輪は 5 と同様に接合部中間を通過するものとした。

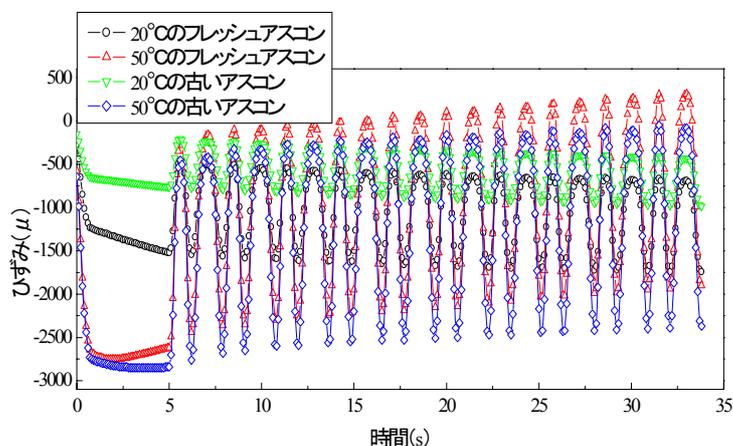


図3 車輪 10 往復の接合部中間横断方向ひずみ

図 3 を見ると、最初は圧縮ひずみのみだったが、温度が高くなると車輪通過後にひずみが跳ね上がる影響から通過毎に徐々に引張ひずみが大きくなる現象があり、ひび割れに影響する可能性がある。リブ接合部、リブ間の横断方向でも高温になるにつれ引張ひずみは大きくなった。図 4 を見ると、車輪が通過したリブ接合部中間で最大となり、高温、かつ今回はフレッシュアスコンの

方が散逸エネルギーは大きいことから夏季などでひび割れは発生しやすいとみられる。今回の結果は 7 の模型実験の結果を裏付けるものになるとみられるが、残留ひずみだけで説明するのは危険であり、散逸エネルギー理論による結果の方に優位性があると考えられる。

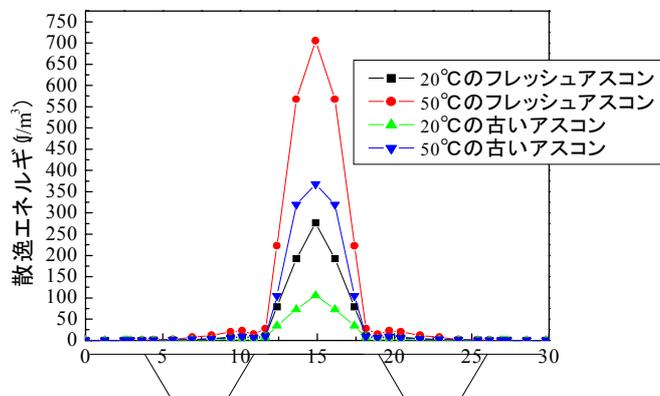


図4 鋼床版模型横断方向散逸エネルギー

## 7. 縦表面ひび割れの発生

アスコンの温度を 50°C に保ち動的荷重をひび割れが発生するまで繰り返し荷重をかけた。するとひび割れは、リブ接合部中間で発生した。これは、6 の結果から説明ができる。また、車輪の往復回数は 500 回以下と少ない回数でひび割れが発生したことから、交通開放後早期でもひび割れが発生する可能性は十分にあると考える。

## 8. 結論

本研究で得た結論は以下の通りである。

- ・アスファルトの材料定数は温度により変化し、一般に温度が高いほどひび割れは発生しやすい。
- ・引張ひずみに跳ね上がる現象など、様々な場所でアスコン表面に引張ひずみが発生しており、ひび割れに影響する可能性がある。
- ・散逸エネルギー結果から、接合部中間でもひび割れが発生する可能性はある。
- ・散逸エネルギー結果や、少ない車輪往復回数でひび割れが発生したことから、交通解放後早期にひび割れが発生する可能性はある。

## 参考文献

- 1) 姫野賢治、渡辺隆、竹井邦彦、勝呂太: 散逸エネルギー理論を用いたアスファルト混合物の疲労破壊解析、東工大土木工学研究報告 No.35(Dec,1985)
- 2) 小川明、レオロジー概論 山海堂 1991
- 3) 松野三朗、内田喜太郎、ひび割れ発生性能、アスファルト、第44巻 第208号
- 4) 西野長男、SLPEプログラムの使用法、鋼材成型研究会資料、2001
- 5) 阿部頼政、南雲貞夫、新体系土木工学 27 瀝青系材料、技報堂出版、1981