

## 環境温度および車両速度が防水層のせん断疲労抵抗性に与える影響

ニチレキ株式会社 技術研究所 正会員 ○樋口 勇輝, 正会員 田中 伸介

## 1. 研究背景と目的

橋面舗装における防水層には交通荷重によるせん断力が作用し、その繰返しによりポットホール等の損傷に至ることが懸念されている<sup>1)</sup>。筆者らは、床版-防水-舗装の三位一体構造の付着切れを構造破壊と定義し、応力振幅を変動因子としたせん断疲労試験による接着の耐久性評価を行ってきた<sup>2)</sup>。しかし、実橋においては応力の大きさのみではなく、環境温度および車両速度の影響も大きいと推測される。したがって、これらの因子を総合的に考慮することにより、橋面舗装の寿命予測が可能になると考える。

本検討では、温度および応力周波数を変えてせん断疲労試験を実施し、それらの関係を整理した。

## 2. せん断疲労試験による橋面舗装の寿命予測手法の検討

## 2-1. 検討内容

## (1) 試験概要

写真-1 に示す油圧サーボ機構による横型動的载荷装置を用いて、舗装(アスファルト混合物)に片振り応力振幅を与え、防水層について繰返しせん断試験を実施した。

## (2) 試験供試体

道路橋床版防水便覧に準拠して作製した供試体<sup>3)</sup>の中心部を切り整形することで、締固めが不十分な端部を評価対象外とした。なお、舗装のバインダには高塑性変形抵抗性を有する特殊改質アスファルトを用い、試験中の塑性変形量を抑制した<sup>2)</sup>。

防水層には、表-1 に示した3種の加熱型塗膜系防水材料を用いた。

## (3) 試験条件

温度および応力周波数について表-1 に示す範囲で水準を設けて、せん断応力振幅( $\Delta\tau$ )を変えながらS-N曲線を取得した。

## (4) 試験結果の解析

図-1 に示す 载荷回数  $N$  と 舗装-床版のズレ量  $\delta$  の関係より得られる変曲点を使用限界寿命 ( $N_f$ ) とした。また、図-2 に示す荷重-変位が描くリサージュ曲線の面積から1サイクル当たりの散逸エネルギー ( $E_{di}$ ) を求めた。さらに、図-3 に示すように、载荷開始から使用限界寿命に至るまでの散逸エネルギーの累計値を総散逸エネルギー ( $\Sigma E_d$ ) として算出した(式-1)。

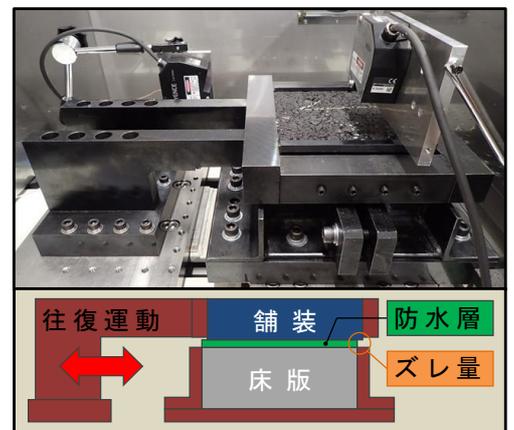


写真-1 载荷機構の概略

表-1 検討条件

項目	条件・範囲
防水層種類	加熱型塗膜系防水材料 A, B, C
温度	5~50 °C (恒温槽による制御)
応力周波数	0.02~20 Hz (正弦波)
応力振幅	0.03~0.80 MPa (防水層面積に対して)

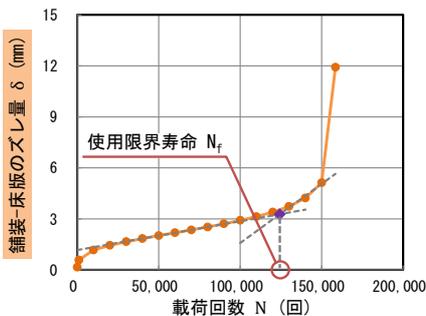


図-1 測定結果の例

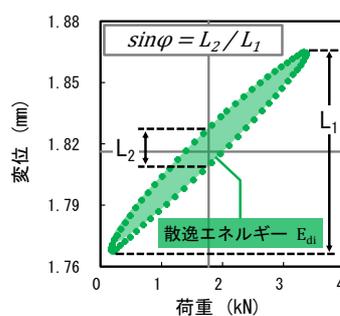


図-2 リサージュ曲線

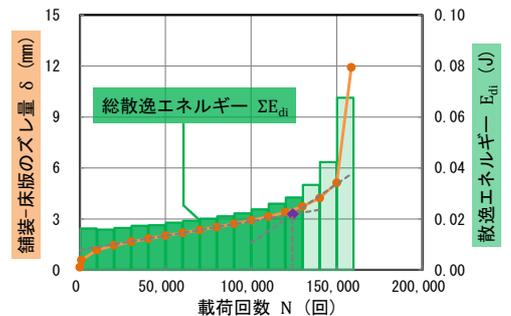


図-3 総散逸エネルギー

キーワード 橋面舗装, 床版防水層, 三位一体, せん断疲労試験, 寿命予測, 散逸エネルギー

連絡先 〒329-0412 栃木県下野市柴 272 ニチレキ株式会社 技術研究所 TEL 0285-44-7111

$$\Sigma E_d = \sum_{i=1}^{N_f} E_{di} = \sum_{i=1}^{N_f} \pi \cdot P \cdot \delta \cdot \sin \varphi \quad \dots \text{(式-1)}$$

P: 荷重振幅 (kN) δ: 変位振幅 (mm) φ: 位相角 (rad)

## 2-2. 検討結果

### (1) 使用限界寿命

防水材料 C について、使用限界寿命に与える温度および応力周波数の影響を図-4 に示す。温度および周波数を変化させると、せん断応力振幅が同一であっても使用限界寿命は大きく異なる値を取った。また、温度が高くなるほど、周波数が低くなるほど、使用限界寿命は短くなった。

これらの結果に基づいて、使用限界寿命を総散逸エネルギーで整理することを試みた<sup>4)</sup>。

### (2) 総散逸エネルギー

防水材料 C について、使用限界寿命と総散逸エネルギーとの関係を図-5 に示す。両対数紙図上において、すべての試験結果が温度・周波数・応力振幅に関わらず 1 本の曲線で回帰された。このことから、使用限界寿命と総散逸エネルギーとの関係は試験条件に依存しないことが示された。

### (3) 防水材料種類と総散逸エネルギー

さらに、防水材料種類 A, B についても同様に総散逸エネルギーを求め、使用限界寿命との関係を比較した。それらの結果を防水材料 C も含め図-6 に示す。各防水材料について試験条件に依らない回帰曲線を得たが、試験対象とした 3 種の防水材料すべてを 1 本の曲線で表すことは出来なかった。このことから、防水材料それぞれが固有の相関関係を有することが示唆される。

## 3. まとめ

温度および応力周波数が異なるせん断疲労試験の結果から、以下の知見を得た。

- (1) 温度および周波数が異なると、せん断応力振幅が同一であっても使用限界寿命は大きく異なる
- (2) 使用限界寿命と総散逸エネルギーの関係は、温度・周波数・応力振幅に依存しないが、防水材料の種類により固有の相関を持つ

## 4. 今後の展開

本検討から、散逸エネルギー理論に基づいた、環境条件に依らない寿命設計式の存在が示唆される。このことから、以下の項目の展開が実現すると考えている。

- ・せん断疲労抵抗性に着目した寿命設計式の確立
- ・実橋と実交通荷重によって防水層に発生するせん断応力の算出
- ・三位一体の考え方に基づく橋面舗装の設計寿命算出システムの構築

## 参考文献

1) 松井繁之：道路橋床版の長寿命化技術，森北出版，2016。 2) 樋口勇輝，田中伸介：せん断疲労試験による橋面舗装の耐久性評価に関する検討，第 71 回土木学会年次学術講演会概要集，CS7-007，2017。 3) 日本道路協会：道路橋床版防水便覧，2007。 4) 姫野賢治，渡辺隆，丸山暉彦：低スティフネス状態におけるアスファルト混合物の疲労特性に関する研究，土木学会論文集，第 366 号/V-4，pp.143-151，1986。

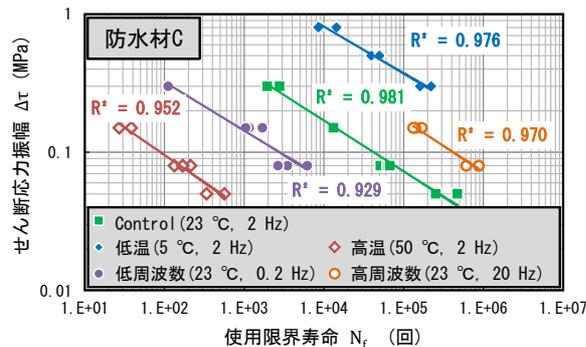


図-4 測定条件毎の S-N 曲線

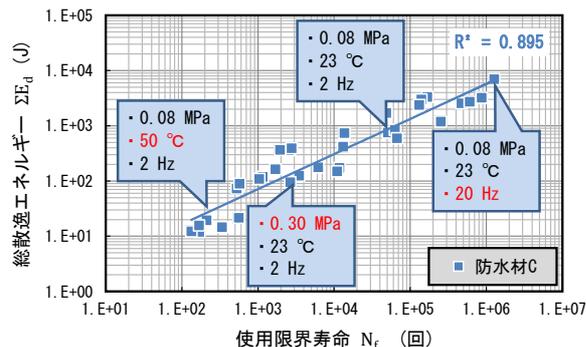


図-5 試験条件に依らない回帰曲線

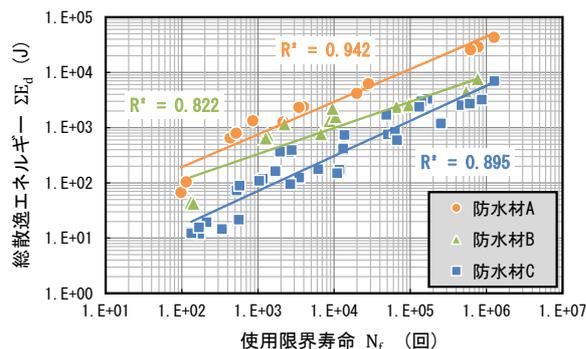


図-6 防水材料種類に固有の回帰曲線