

橋梁用ゴム支承の長期劣化予測に関する基礎的研究

名古屋大学          学生会員    ○顧   浩声  
名古屋大学    フェロー会員      伊藤義人  
名古屋大学          学生会員      佐藤和也  
東海ゴム工業(株)          正会員          山本吉久

1. はじめに

橋梁用ゴム支承は、鋼材などと比べると長期使用時の性能変化が大きい。特に、熱酸化劣化のゴム支承に対する影響は著しく、剛性が増加し変形性能が低下することが知られている<sup>1)</sup>。しかし、ゴム支承の長期劣化特性に関する基礎的データは少なく、性能変化の定量評価、ひいては長期的な性能変化を見込む設計法は確立されていない。本研究は、熱酸化劣化を受けるゴム材料の劣化特性を実験的に調べ、任意の環境下におけるゴム材料の物性変化、さらにゴム支承の性能変化を予測できる手法を構築した。一連の劣化予測から、ゴム支承の性能変化の温度ならびに時間依存性を明らかにした。

2. 加熱促進劣化実験

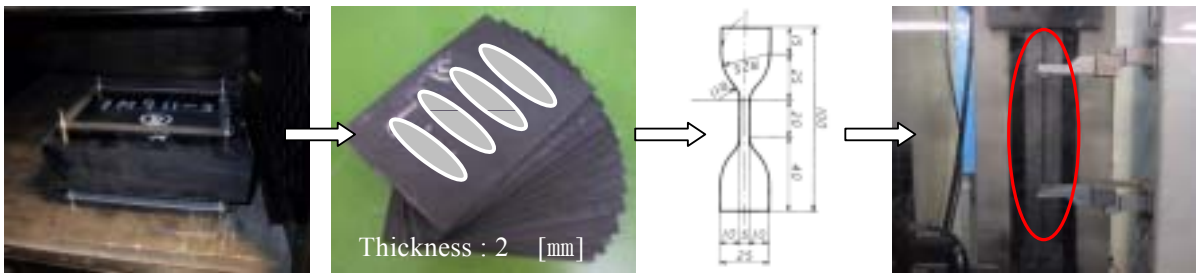
支承内部に進行する熱酸化の影響を調べるため、天然ゴム(NR)と高減衰ゴム(HDR)に対して図-1 に示すゴムブロックを用いた加熱促進劣化実験を行った。表-1 に実験条件を、図-2 に実験の流れを示す。



図-1 ゴムブロック

表-1 実験条件

| 材料       | 試験温度<br>[°C] | 試験時間 [days]               |
|----------|--------------|---------------------------|
| NR , HDR | 60           | 31 , 60 , 100 , 200 , 300 |
|          | 70           | 12 , 22 , 38 , 75 , 113   |
|          | 80           | 4 , 8 , 14 , 28 , 42      |



(i)加熱促進劣化      (ii)スライス・試験片採取      (iii)ダンベル試験片      (iv)引張試験

図-3 実験の流れ

ブロックをギヤオープンで促進劣化させた後、厚さ 2 mm毎にスライスした。次に、スライスシートから 4 本の 3 号ダンベル試験片を採取し、引張試験を実施した。引張試験から得られた応力-ひずみ曲線から、100% ひずみエネルギー(U100)などの物性値を求め、ブロック厚さ方向にプロットすることで内部に進行する熱酸化

キーワード 橋梁用ゴム支承，熱酸化劣化，物性プロファイル，長期劣化予測

連絡先          〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学工学部 7 号館 伊藤義人    T E L 052-789-2737

化の影響を調べた。

実験結果を図-3に示す。横軸はブロック厚さ(50 mm)に対する相対位置を、縦軸は初期値を1としたU100の変化量を表している。図-3(a)はNRのU100の内部分布(U100プロファイル)である。図-3(a)より、ブロック表面は著しく物性が増加しているのに対し、ブロック内部はほとんど変化していないことがわかる。図-3(b)はHDRのU100プロファイルである。NRと同様に、ブロック表面で劣化の影響が強く現れた。また、ブロック内部にも20%程度の変化が見られた。

### 3. 劣化後ゴム支承の劣化予測

加熱促進劣化実験から、ゴム材料の劣化特性は次のように捉えられる。表面で最も激しく劣化し、時間依存の変化を生じる。しかし、内部に進むにつれて変化量は減少し、ある位置(クリティカル深さ)で完全に初期値と同じとなる。これらより、ひずみエネルギープロファイル<sup>2)</sup>の予測式は次式のようになる。

$$U/U_0 = 1 + [w\Delta U_s + (1-w)\Delta U_i] \quad (1)$$

ここに、 $U$ 、 $U_0$ はそれぞれ劣化後と初期のひずみエネルギー、 $\Delta U_s$ と $\Delta U_i$ は表面と内部の変化率を表す。 $w$ は、位置とクリティカル深さの関数である。式(1)に対して、実環境下での気温や温度-時間換算則による相当時間を与えることで、その環境下でのひずみエネルギープロファイルが得られる。また、あらゆるひずみにおけるひずみエネルギープロファイルを求めれば、次式により任意の内部位置での応力-ひずみ曲線が得られる。

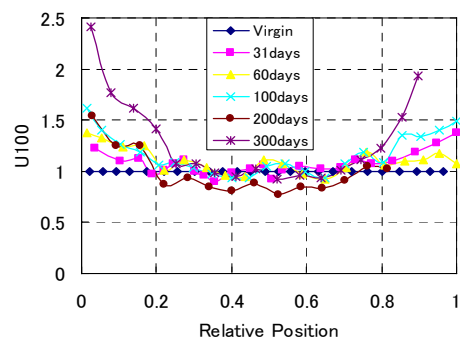
$$\sigma = \partial U / \partial \varepsilon \quad (2)$$

式(2)から得られた応力-ひずみ曲線をFEMの入力データとすることで劣化後ゴム支承の性能変化を予測することができる。

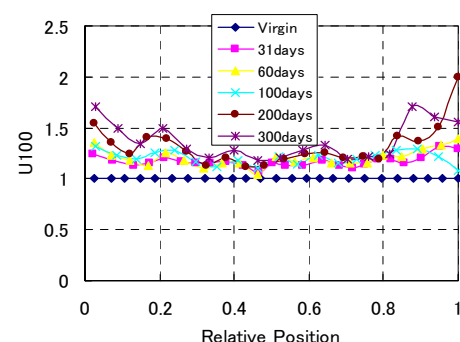
一連の劣化予測から、ゴム支承(600×600 mm)の性能変化の温度・時間依存性を調べた。図-4と図-5に、天然ゴム支承の等価水平剛性の初期値1に対する相対変化と、温度および時間との関係について示す。図-4より、等価水平剛性の変化は高温ほど性能変化が著しく、25℃・100年経過後では初期値に対して20%を超えている。また、図-5より、いずれの温度条件においても等価水平剛性は時間と共に非線形に増加し、長時間経過後は一定値に収束する傾向であることが分かる。

### 参考文献

- 1)伊藤ら：橋梁用ゴム支承の性能劣化に関する研究，2001。
- 2) J.Wise, K.T.Gillen and R.L.Clough(1997)：Quantitative model for the time development of diffusion-limited oxidation profiles, Polymer vol.38, No.8, pp1929-1944.



(a)天然ゴム



(b)高減衰ゴム

図-3 U100 プロファイル  
(60℃試験条件)

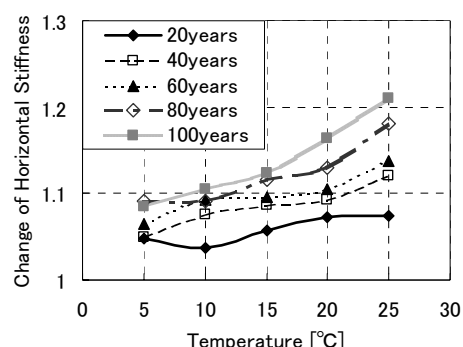


図-4 等価水平剛性の  
温度依存性

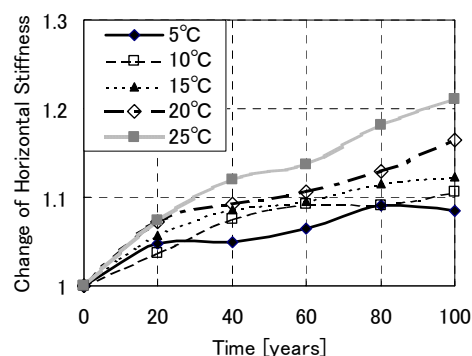


図-5 等価水平剛性の  
時間依存性