

橋梁用ゴム支承の熱劣化特性に関する基礎的研究

名古屋大学大学院

名古屋大学理工科学総合研究センター

名古屋大学大学院

名古屋大学工学研究科土木工学専攻

学生会員

フェロー会員

学生会員

正会員

○佐藤 和也

伊藤 義人

矢澤 晃夫

北川 徹哉

1. はじめに

1995年1月17日の阪神淡路大震災以降注目を集めている橋梁ゴム支承は、長期耐久特性については解決すべき問題点が多くある。第1に、橋梁用ゴム支承は使用実績が短く、長期耐久特性に関する基礎的データが不足している。第2に、現状のゴム支承の性能検査は、未劣化状態の性能または短期耐久性を保証するだけの検査のみである。第3に、現在のゴム支承の取替え時期が設計耐用年数60年あるいは水平剛性20%増加時という、不明確な値を目安としている。第4に、ゴム材料としての長期耐久特性をゴム支承全体に拡張したものは極めて少ない。以上の背景から、著者らは橋梁用ゴム支承の長期耐久特性を明らかにし、橋梁の維持管理を含めた性能照査型設計法の必要性を見出した。本研究では、ゴム支承の劣化因子として支配的である熱劣化に着目した。伊藤ら(2001)が行った環境促進劣化実験の実験結果を用いて、加熱促進劣化条件から実環境条件へと高精度に変換する、長期劣化予測式を考案した。そして、数値解析によってゴム支承の経年劣化を定量的に評価した。

2. 修正劣化予測法

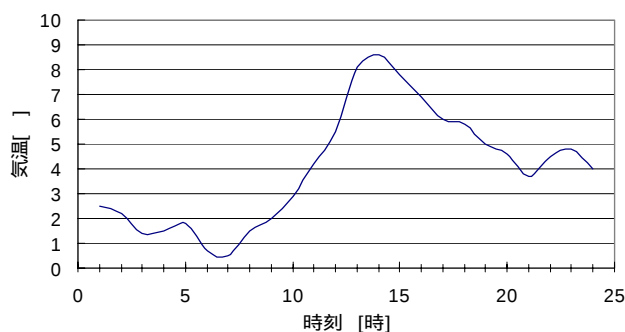
化学反応速度論により、劣化反応が1次反応とみなせる材料の熱劣化特性は次式で記述される。

$$\ln\left(\frac{P}{P_0}\right) = -kt \quad (1)$$

ここに、 P は破断強度や破断伸びを総称する特性値を、 P_0 は初期特性値を、 t は経過時間をそれぞれ表す。 k は化学反応速度定数を示し、温度とは次のような関係がある。

$$k = A \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (2)$$

ここに、 A は定数を、 $E_a (=95800 \text{ [J/mol]})$ は活性化エネルギーを、 $R (=8.314 \text{ [J/mol} \cdot \text{K]})$ は気体定数を、 $T(\text{K})$ は温度をそれぞれ示す。実環境の気温変動を考慮するため、図-1のように1時間毎の時間要素に区分して離散化する。上記2式を各時間要素に対して用いることで、1時間当りの特性変化量を計算し、年間にわたって足し合わせることで、1年間使用した場合の特性変化を推定することができる。この操作を幾つかの地域に対して行い、相当年数と対象地域の平年気温との相関関係を次式のように明らかにした。



1時間毎の時間要素に分割

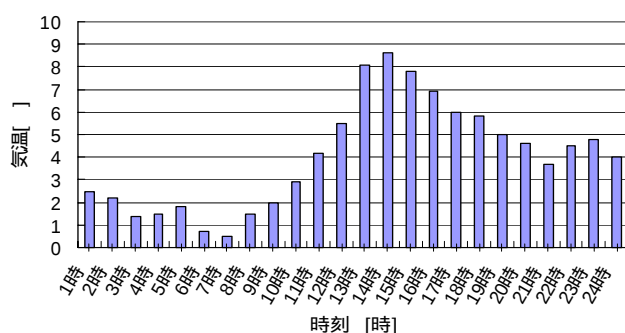


図-1. 2002年1月1日の名古屋市の気温変動

キーワード 橋梁用ゴム支承，熱劣化，劣化特性予測

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 TEL 052-789-2737

$$t_R = 4.0 \times 10^{-4} \exp[0.0983T - 0.1014T_R] \cdot t \quad (3)$$

ここに、 t_R は相当年数[年]を、 T は加熱促進劣化温度[K]を、 T_R は対象地域の平年気温[K]を、 t は加熱促進劣化時間[hr]をそれぞれ示す。(3)式により、例えば 70 /1536 時間促進劣化させた天然ゴムは、名古屋市(平年気温 15.4)において 56 年相当と推定される。

3. 劣化後ゴム支承をモデル化した数値解析

伊藤ら(2001)の実施した、図-2 の 70 加熱促進劣化実験による単軸引張試験結果を用いて、劣化後の天然ゴム支承をモデル化した数値解析を実施した。図-3 に FEM モデルを示す。解析条件は圧縮せん断を想定し、2 分の 1 サイズのものを作成した。また、ゴム支承内部に進行する熱劣化を考慮して、表面から内部方向に対して 10 mm 間隔にメッシングし、表面から 70 /1536~96 時間条件の応力 - ひずみ関係を段階的に入力し、深さ 50 mm 以降については全て未劣化状態として定義した。

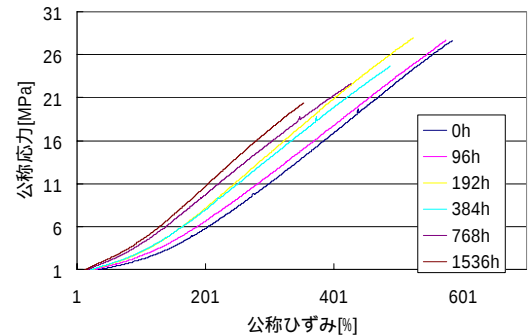


図-2.天然ゴムの加熱促進劣化実験による単軸引張試験結果

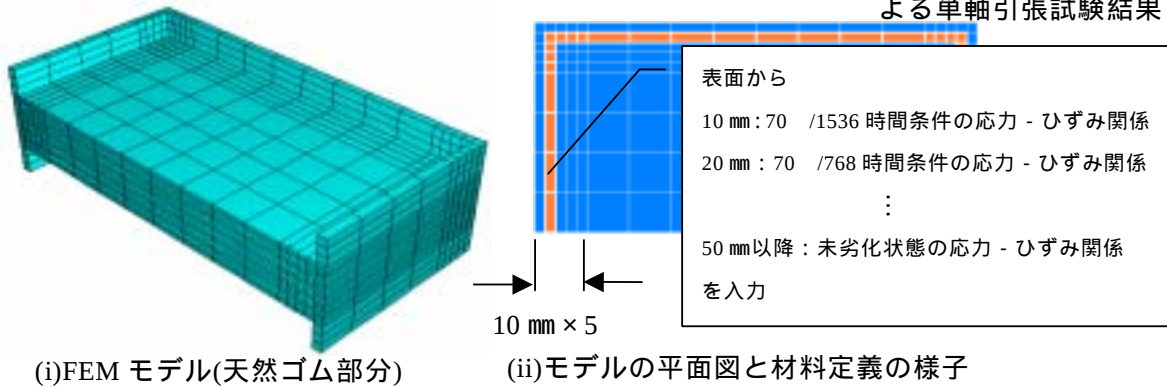


図-3. 劣化後ゴム支承の FEM モデルと材料特性の定義

4. 解析結果

数値解析によって得られた水平荷重 - 水平変位関係を図-4 に示す。図-4 より、最大応答荷重値が劣化前後で変化しており、劣化後において水平剛性がおおよそ 20% 増加している。さらに重要な点は、上記の性能変化が起こりうると推測される使用年数が、地域によって異なる点である。式(3)によれば、主要 5 地域の、70 /1536 時間条件に対応する相当年数を算出すると、札幌；108 年、仙台；75 年、名古屋；56 年、福岡；48 年、那覇；26 年、となる。この結果から、地域特性を考慮した性能照査型設計法の必要性を見出すことができる。

謝辞 数値解析モデル作成の際に、東海ゴム工業(株)よりゴム支承の寸法や試験データを提供していただいた。また、本研究の一部は、平成 14 年度文部省科学研究費補助金基盤研究(B)(2)の補助を受けて実施した。ここに、感謝の意を表します。

参考文献 ・ 財団法人日本規格学会：JIS ハンドブック 19 ゴム，1717p。

・ 社団法人日本ゴム協会：設計者のための免震用積層ゴムハンドブック，理工図書，463p，2001。

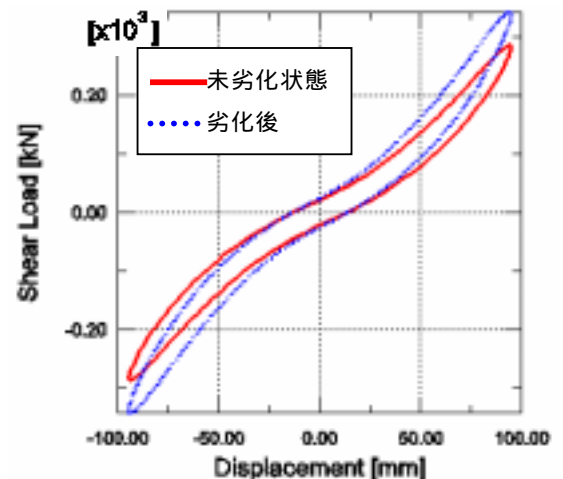


図-4.数値解析による水平荷重 - 水平変位関係