

10年間使用後の免震支承性能変化実測による経年変化予測技術の妥当性評価とISO規格化

評価委員会*1	正会員	松田泰治	評価委員会*1	西 敏夫
評価委員会*1	正会員	須藤千秋	評価委員会*1	矢崎文彦
評価委員会*1		末安知昌		

*1：免震用積層ゴム評価委員会

1. はじめに

本プロジェクトは、免震ゴム支承の耐久性の評価を目的とし、国内で最長となる供用開始後約10年が経過した山あげ大橋（栃木県那須郡烏山町）の高減衰免震ゴム支承を回収するとともに、その性能変化について検討したものである。なお、本プロジェクトは、栃木県の協力のもと、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の基準創成研究開発費助成金の交付を受けて実施している「橋梁・ビル免震用積層ゴムの研究開発及び標準化」事業の一環として行われた。

免震支承の経年変化は、化学反応速度論に基づく熱劣化促進試験によって予測することが一般的に行われてきた¹⁾。

以下、熱劣化促進試験による経年変化予測と回収された支承2基の実使用期間（10年間）における経年変化とを対比し、この手法の妥当性評価結果について報告する。また、これらの成果を反映したISO規格化の概要・動向についても述べる。

2. 熱劣化促進試験による経年変化予測

$$\text{化学反応速度論におけるアレニウス式： } K = A \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (1)$$

ここで、K：速度定数（時間⁻¹）、A：頻度因子、T：温度（絶対温度）

E_a ：活性化エネルギー（cal/mol）、R：気体定数（=1.986cal/mol/deg）

により、熱劣化促進試験結果から支承の実使用期間による経年変化を予測できる（2）式を導き出せる¹⁾。

$$\ln\left(\frac{t_0}{t_y}\right) = \frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_y}\right) \quad (2)$$

ここで、 T_0 ：使用環境温度、 t_0 ：使用期間、 T_y ：促進温度、 t_y ：促進時間

つまり、 E_a が求めれば、実際に支承が使用される条件下（ T_0, t_0 ）での経年変化を、（2）式を満たす条件下（ T_y, t_y ）にて熱劣化促進試験で行うことで、予測できることとなる¹⁾。

既往の促進試験による等価剛性（ K_{eq} ）及び等価減衰定数（ h_{eq} ）の経年変化予測を図-1に示す。（2）式にて促進試験条件（ T_y, t_y ）を本支承の使用環境温度 $T_0=13$ で換算した期間を横軸に、変化率を縦軸にしてプロットし近似式（予測式）を算出した。なお、 $E_a = 18.8$ （kcal/mol）にて計算した。

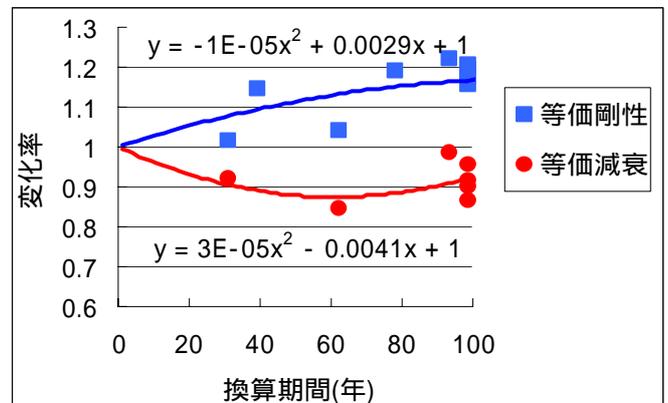


図-1：促進試験による経年変化予測

キーワード：免震橋梁、高減衰積層ゴム支承、経年変化、化学反応速度論、熱劣化促進試験、基準創成
連絡先：〒107-0051 東京都港区元赤坂1丁目5番26号 日本ゴム工業会

免震用積層ゴム評価委員会 tel 03-5411-7382 fax 03-5411-2352

3. 回収支承の経年変化と予測との対比

図 - 1 の予測式から算出される 10 年経過後の予測値と回収支承の実使用期間(10 年間)の経年変化実測値との比較を表 - 1 にまとめた。

表 - 1：促進試験結果から予測される変化率と実変化率との比較

	促進試験結果から予測される 10年経過後の経年変化率	回収支承の経年変化率	
		G 1 用回収支承	G 2 用回収支承
等価剛性 (K _{eq})	+ 約3%	+ 4.1%	+ 3.3%
等価減衰定数 (h _{eq})	- 約4%	- 2.2%	+ 4.0%

表 - 1 に示すように、本回収支承の 10 年間の経年変化との対比において、熱劣化促進試験による経年変化予測が概ね妥当であるといえる。

4. 免震積層ゴム ISO 規格 “ISO 22762 Elastomeric Isolator” について

ISO/TC45 (International Standards Organization/Technical Committee 45) では 2000 年より日本が議長国となり橋梁用ゴム支承並びに建築用免震積層ゴムの ISO 規格を作成している。

日本では 1995 年の阪神大震災以降、急激に積層ゴムによる免震技術の開発が進み、橋梁・ビルともに積層ゴムの普及率は日本が世界一である。この日本の技術をベースに ISO 規格として標準化し、世界に開示することにより、地震の被害に悩まされている世界中の国々で活用してもらうことができるようになる。

ISO 規格の番号は 22762 が割り当てられており、次の 3 つのパートからなっている。Part 1 : Test Methods (積層ゴムの材料と製品の試験方法), Part 2 : Application for bridges Specification (橋梁用積層ゴムの製品規格と設計基準), Part 3 : Application for buildings Specification (ビル免震用積層ゴムの製品規格と設計基準)。スケジュールとしては現在、最終ドラフトの投票承認を得る段階にあり、これが承認され最短のペースで進めば 2004 年に規格の正式発行となる。

日本は議長国として規格を取りまとめるのみならず、本規格をより優れたものにする為の研究や広報活動でも数々の貢献をしており、本研究もその一環である。積層ゴムの期待寿命は 60 年以上といわれ、耐久性は製品にとっての重要な要求性能である。積層ゴムの長期耐久性は化学反応速度論に基づく加熱促進試験法で評価することを Part 1 で提案しているが、実際に使用された製品でこの評価方法の妥当性を検証した例は少なく、今回のような大型積層ゴムでは初めての検証となる。本成果は本規格のバックアップデータとして Part 1 の Annex に載せられる予定である。これらの研究についての各国の日本に対する期待は大きく、基準認証開発事業では引き続きビル用積層ゴムの耐久性調査研究、橋梁用、ビル用の積層ゴムの限界性能調査研究を実施し、規格のバックアップデータの補強を行っている。

5. おわりに

本評価の実施に際し多大なご支援とご協力を頂いた、経済産業省標準課、同省化学課、(財)日本規格協会にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

なお、「免震用積層ゴム評価委員会」(委員長：西敏夫東京工業大学教授)の参加団体は次の通りである。東京工業大学、九州大学、長岡技術科学大学、福岡大学、東京理科大学、建築研究所、土木研究所、大成建設(株)、(株)奥村組、(社)日本免震構造協会、(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会、(社)日本橋梁建設協会、(社)日本道路協会、栃木県、日本ゴム工業会、電気化学工業(株)、東ソー(株)、浜田技術士事務所、オイレ工業(株)、倉敷化工(株)、昭和電線電纜(株)、東海ゴム工業(株)、東洋ゴム工業(株)、ニッタ(株)、バンドー化学(株)、(株)ブリヂストン、横浜ゴム(株)、日本ゼオン(株)、日本鑄造(株)、川口金属工業(株)、(株)ビービーエム、東京ファブリック工業(株)、(株)免制震デバイス、(社)日本化学工業協会(順不同)。

参考文献

1) 免震用積層ゴム委員会：設計者のための免震用積層ゴムハンドブック(理工図書)