

橋梁支承用ゴムの劣化特性に関する基礎的研究

名古屋大学	フェロー会員	伊藤 義人
名古屋大学	学生会員	○肥田 達久
名古屋大学	学生会員	矢澤 晃夫
名古屋大学	学生会員	佐藤 和也
東海ゴム工業株式会社	正会員	山本 吉久

1. 目的

橋梁の支承は従来、金属製が主流であったが 1995 年の兵庫県南部地震で鋼製支承を採用した橋梁に大きな損傷を生じたことから、日本の耐震設計思想が見直され、免震の技術が注目されることとなった。そして積層ゴム支承を採用する橋梁や建物の増加に拍車がかかった。ゴム支承が橋梁全体の工費に占める割合は比較的大きいので性能照査型設計や LCC 低減システムの導入で設計の合理化を図ることによるメリットも大きいと考えられる。支承用ゴムは金属材料に比べて複雑な経年劣化特性を有するから性能照査型設計を導入するにあたっては供用期間中における性能劣化を設計の段階から予測する必要がある。

本研究では支承用ゴムの劣化特性の基礎データ収集および主要な劣化要因の絞込みを目的として種々の劣化環境条件について長期劣化を想定した環境促進実験を行った。そして、主要な劣化要因について実験結果とアレニウス式を用いて支承用ゴムの長期的な劣化特性予測を行った。

2. 実験方法

実験の供試体には図 1 に示す 2mm 厚 JIS3 号ダンベル形試験片を用いた。本研究の環境促進実験は主要な劣化要因の絞込みをすることを主眼としゴム支承のなかで最も環境条件の厳しい表面部分での劣化を想定した。ゴム支承は上部工の死荷重により鉛直方向の圧縮を受けると最も外側のゴム表面近傍では図 2 に示すようににはらみ出し変形したことにより引張ひずみを生じた状態となる。環境促進実験では引張ひずみの影響について確認するため伸張治具を用いて一定のひずみ（予ひずみ）を与えた。予ひずみは経験的に知られるおおよその最大値 40% を基に $\varepsilon_p=0, 20, 40\%$ の 3 段階を設定した。

本研究ではゴム支承の材料として用いられる天然ゴム（NR）、クロロプレンゴム（CR）の 2 種類の材料について実験を行った。試験片は材料（2 種）、環境条件（6 種）、取り出し時期（4~256 日）についてそれぞれ 12 体ずつとして全体で約 700 体用意した。支承用ゴムを劣化させる要因として考えられる環境条件の環境促進実験を表 1 に示す条件で行った。環境促進実験の後、目視と顕微鏡による外観変化の観察を行った。支承用ゴムの劣化を定量的に評価するために硬さ測定と引張測定を行った。各種促進実験後の硬さ、引張測定の結果は図 3 のようになり、最も影響の強いのが熱で次いで光の影響が強いことがわかった。

3. 支承用ゴムの劣化特性予測

小池ら（1980）の研究では高分子材料の経年変化にアレニウス式で熱による劣化と光劣化の作用を考慮可能な次式が提案されている。

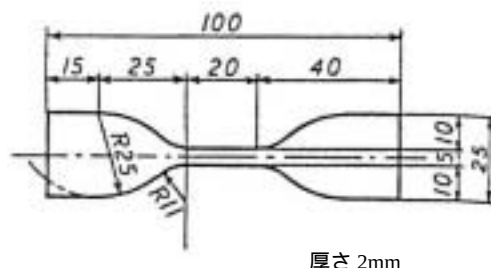


図1 JIS3号ダンベル形試験片の寸法

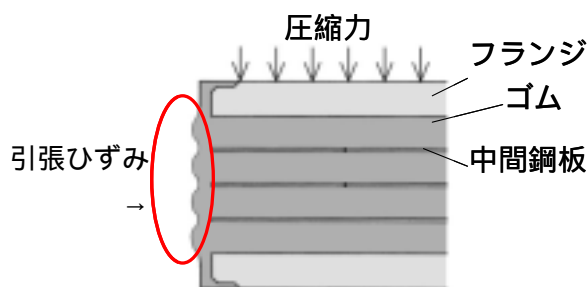


図2 積層ゴムの圧縮変形に伴うひずみ

キーワード 積層ゴム支承，環境促進実験，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

表 1 環境促進実験の条件

促進実験の種類	実験条件	曝露時間 (hour)
光劣化促進実験	照射+水噴霧	360,720,1440
加熱劣化促進実験	70 空気中	96,192,384,768,1536,3072,6144
オゾン劣化促進実験	オゾン 濃度 0.5ppm, 40	96,192,384,768,1536
低温オゾン劣化促進実験	オゾン 濃度 0.5ppm, -30	96,192,384,768,1536
塩水複合サイクル実験	噴霧・乾燥のサイクル	720,1440
酸性雨複合サイクル実験	噴霧・乾燥のサイクル	720,1440

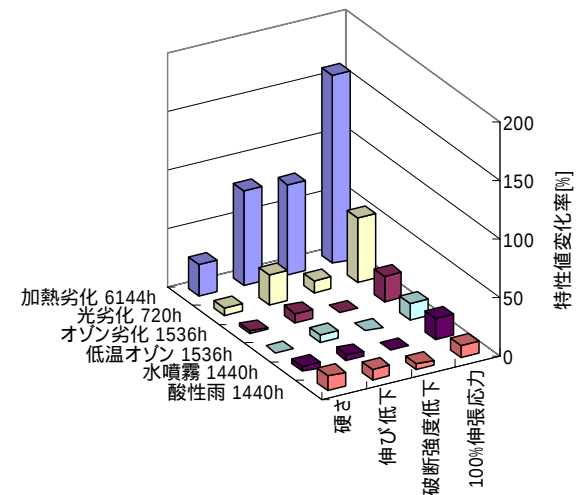


図 2 促進劣化 NR の特性値変化

表 2 地域ごとの環境（理科年表 1974～1990 年の平均値）

地域	平均気温[℃]	全天日射量日積算量 平年値[MJ/m ²]
札幌	8.5	12.5
仙台	12.1	11.7
東京	15.9	13.1
名古屋	15.4	11.4
福岡	16.6	12.5
那覇	22.7	13.8

$$\ln \frac{y_0}{y_{l+h}} = A \exp \left(- \frac{E_{a_h}}{RT} \right) t + D \exp \left(- \frac{E_{a_{l+h}}}{RT} \right) (It)^a \quad (式 1)$$

ここに、 y_0 、 y_{l+h} はそれぞれ初期状態、光熱劣化後のゴムのある物理特性値（伸び、せん断弾性係数等）、 A は頻度因子、 E_{a_h} は熱劣化のみの場合の活性化エネルギー、 T は絶対温度、 t は時間、 D と a は光と熱の促進試験から求められる材料定数、 $E_{a_{l+h}}$ は光熱同時作用の場合の活性化エネルギー、 I は紫外線強度である。この式で表 2 に示す地域ごとの気温の違いを考慮した熱劣化特性予測では図 4 に示す予測結果を得た。平均気温 8.5 の札幌に比べて 22.7 の那覇では熱劣化は 4 倍の速さとなった。

4．結論

1)種々の条件での環境促進実験により支承用ゴムの基礎的な特性を明らかにするとともに主要な劣化要因が熱と光であることを確認した。2)環境促進実験の結果を用いて地域性と設置環境を考慮したゴム支承表層のゴムの経年劣化特性を予測した。

参考文献

・小池迪夫・田中享二 合成高分子防水層の耐候性（その 6）—光熱劣化における光と熱の定量的評価 日本建築学会論文報告集第 1980 年 289 号 pp1-10

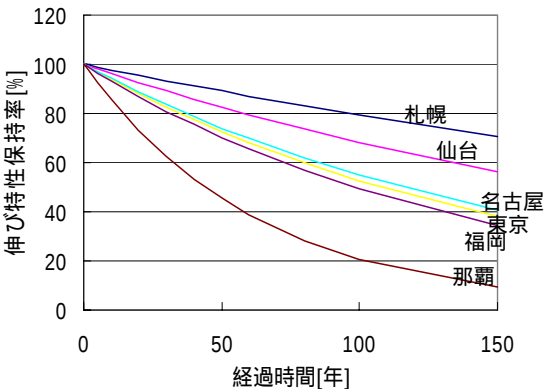


図 4 NR の伸び特性の経年劣化推定値