

橋梁用ゴム支承の長期性能劣化に環境条件が与える影響

名古屋大学大学院	学生会員	○国井 俊輔
名古屋大学大学院	正会員	北根 安雄
名古屋大学大学院	フェロー会員	伊藤 義人

1. 目的

橋梁用免震ゴム支承は、ゴムが経年劣化することにより剛性が増加し変形性能が低下することが知られている。橋梁用免震ゴム支承は通常桁と橋脚の間に設置されているので、常に日陰に存在し、支承の温度は外気温とほとんど差がないと従来は考えられていた。しかし、実際の設置環境では、日射を受け、支承の温度が上昇するものが存在する。また、支承の寸法が異なれば、環境条件が支承温度に与える影響も変化することが予想される。本研究では、実環境を想定して設置された HDR 支承の内部温度測定実験を模擬するために、熱伝導解析モデルを作成した。さらに、作成した熱伝導解析モデルを用いて、異なる寸法を持つ支承の内部温度を把握することで、日射量とゴム支承温度との関係性を明らかにし、ゴム支承の長期性能劣化を評価した。

2. 熱伝導解析モデル

著者ら¹⁾が行った屋外における HDR 支承の内部温度測定実験を模擬するために、汎用有限要素解析プログラム ABAQUS を用いて熱伝導解析モデルの開発を行った。解析モデルを図 1 に示す。初期条件として、内部温度測定実験での支承中心部の温度をすべての節点に与えた。また境界条件として各種環境条件（気温、日射、風）の影響を考慮した。日射は、測定された全天日射量からそれぞれの支承側面が受ける日射量を、支承の向きや太陽の位置を考慮して計算し、その日射量を熱流束の時刻歴としてそれぞれの側面に入力した。風は支承側面の対流熱伝達に影響を与えるので Palyvos²⁾の式を用いて、その時刻の風速および風向を考慮して熱伝達係数を計算した。各種気象条件は 10 分毎の値を使用している。

図 2 に支承中心温度の実験値と解析値の比較を示す。図 2 より、解析値が実験値と精度良く一致していることから、作成した解析モデルを用いて支承内部温度を予測し、支承の長期性能劣化予測に活用できると判断できる。

3. 支承の寸法と支承温度の関係

作成した熱伝導解析モデルを使用して、支承の寸法が支承内部温度にどのような影響を与えるかを明らかにした。解析で対象とした支承は、平面寸法 420mm, 720mm, 1020mm の HDR 支承で、2010 年 1 月 1 日から 2010 年 12 月 31 日までの 1 年間の名古屋での気象条件（年平均気温：16.6℃）を使用して解析を行った。

解析結果を用いて、日射量と支承の寸法と支承内部温度との関係性を導く。日平均気温 T_{Aave} と日平均支承内部温度 T_{Bave} との差を式(1)に示すように ΔT とする。

$$\Delta T = T_{Bave} - T_{Aave} \quad (1)$$

支承温度が気温より高くなる因子が日射であることから、支承の寸法と日射量を考慮した物理量として、一日に支承側面が受ける日射量 S_b と支承の温度を 1℃ 上げるのに必要な熱量 Q_b の比 S_{bQ} を定義する（式(2)）。

$$S_{bQ} = S_b / Q_b \quad (2)$$

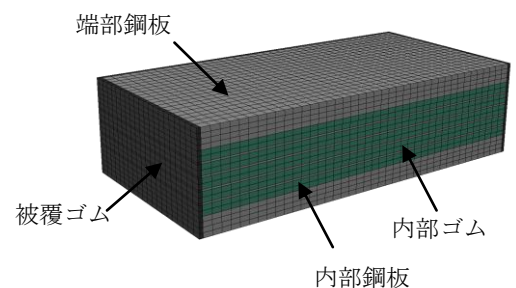
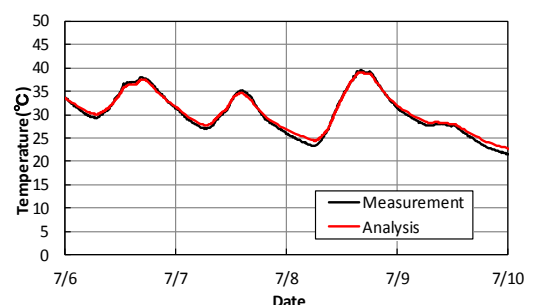


図 1 解析モデル（断面図）

図 2 支承中心温度履歴の
実験値と解析値の比較

キーワード 橋梁用ゴム支承, 長期性能劣化

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院 社会基盤専攻 TEL 052-789-2736

S_b と Q_b は、平面寸法の関数となっているため、 S_{bQ} も平面寸法の関数となっている。横軸を S_{bQ} 、縦軸を ΔT として、一年間の S_{bQ} と ΔT の関係をグラフ上にプロットし、それぞれの寸法における回帰直線を求めた(図3)。平面寸法が大きくなるほど、ばらつきが大きくなるが、これは側面と支承中心の距離が長くなるため、支承が側面から熱量を受けて支承中心に伝達する時間が長くなるからである。回帰直線の傾きは寸法に関係無く同様な値となり、切片が支承の平面寸法 B と比例関係にあることから式(3)を得ることができる。

$$\Delta T = 0.0204S_{bQ} + 2.69B + 0.53 \quad (3)$$

式(3)より、支承の寸法と一日に支承側面が受ける日射量が分かれば、 S_{bQ} が求まり、支承の日平均内部温度と日平均気温との差 ΔT を推定することができ、 ΔT と日平均気温から支承の日平均温度を把握することができる。

4. 寸法の異なる支承の経年劣化

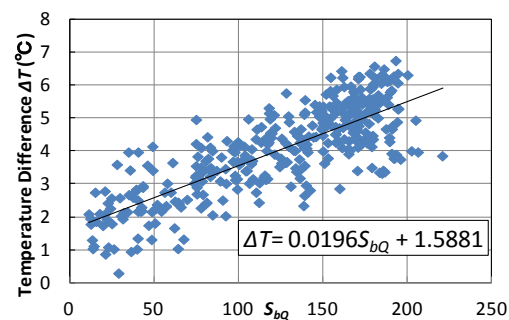
HDR 支承の等価水平剛性の 100 年間の経年劣化を伊藤ら³⁾の算定式によってそれぞれ計算した(図4)。支承内部で温度分布はなく一定と仮定している。図の実線は式(3)を用いて年平均支承温度(20.8℃)を算出することで経年劣化を求め、破線は式(3)を用いて一日毎の日平均支承温度を算出し一年間積分することで経年劣化を求めている。

100 年後の HDR 支承の等価水平剛性は、年平均支承内部温度を用いると、初期剛性と比較して 420×420 mm で 23%, 720×720 mm で 19%, 1020×1020 mm で 18% 大きくなる。日平均支承内部温度を用いると 420×420 mm で 29%, 720×720 mm で 22%, 1020×1020 mm で 20% 大きくなり、支承温度が一定の場合と支承温度の変動を考慮する場合で経年劣化が異なっている。特に、支承の寸法が小さい場合にその違いが大きくなる。これは、寸法の小さい支承は寸法の大きい支承と比べて、日射を受けることにより温度変動が大きくなるからであり、支承の温度変動が大きいと劣化が大きくなるからである。そのため、寸法が小さい支承の経年劣化を推定するには、支承温度の日変動を考慮する必要があることがわかる。

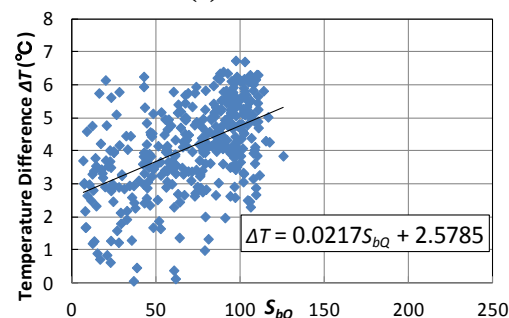
式(3)は名古屋における支承温度と日射の関係式であるため、他の地域において成立するかは不明である。今後、他の地域における支承温度を解析により求め、どの地域でも環境条件が分かれば支承温度が把握できる式を考案することを目指す。

参考文献

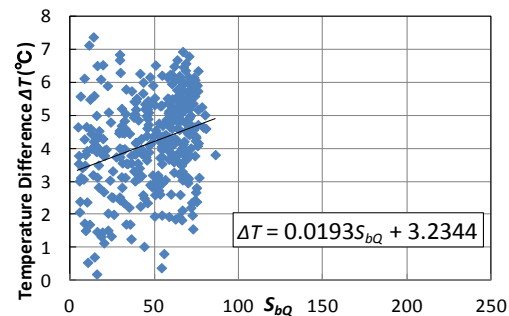
- 1) 北根安雄, Paramashanti, 伊藤義人(2009): 日射を受ける橋梁用免震ゴム支承の長期劣化特性推定のための内部温度測定, 第64回土木学会次学術講演会公演概要集, 土木学会, pp.763-764.
- 2) Palyvos, J.A. (2008): A survey of wind convection coefficient correlations for building envelope energy systems' modeling, Journal of Applied Thermal Engineering, Science Direct, Elsevier, Vol.28, pp.801-808.
- 3) 伊藤義人, 佐藤和也, 顧浩声, 山本吉久(2006): 橋梁用天然ゴム支承の性能劣化特性に関する研究, 土木学会論文集, Vol.62, No.2, pp.255-266.



(a) 420×420mm



(b) 720×720mm



(c) 1020mm

図3 各寸法における
一日の S_{BQ} と ΔT の関係

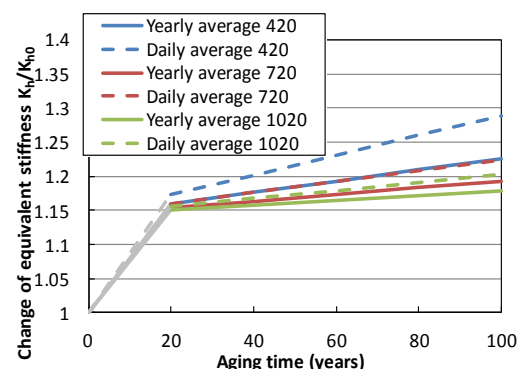


図4 各寸法の HDR 支承の
等価水平剛性の経年変化