

橋梁用免震ゴム支承の内部温度に与える日射の影響

名古屋大学 学生会員 ○大倉慎也
 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. はじめに

ゴム材料は様々な環境要因により、材料劣化が生じ、その材料劣化がゴム支承全体の性能劣化につながる。免震ゴム支承の性能照査型設計を行う上で、免震ゴム支承のライフサイクル性能を把握することは重要である。これまではゴム支承の長期性能劣化について、ゴム支承は桁下に設置されているため、常に日陰に設置されていると想定し、ゴム支承の劣化に大きな影響を与える支承温度は、外気温とほとんど差がないと考えられていた。しかし、実橋調査の結果、橋梁に設置されているゴム支承の中には、直射日光にさらされ、日射の影響によりゴム支承の温度が周囲の気温よりも高くなる可能性のあることが分かった。ゴム支承の最も重要な劣化因子が熱酸化劣化であるため、支承の温度が上昇するほど支承の性能劣化も大きくなる。そのため、ゴム支承の性能劣化を正確に評価するには実際の設置環境における支承温度を正確に把握することが重要となる。

本研究では、ゴム支承の内部温度、表面温度および設置場所での日射量を測定し、日射量と支承温度の関係を明らかにすることを目的とする。さらに、支承温度に対する日射の影響を考慮し、橋梁用ゴム支承の等価水平剛性の経年変劣化を推定した。

2. ゴム支承の温度測定

日射を受けるゴム支承の内部温度と日射量の関係を明らかにするため、日射を受ける高減衰ゴム支承(HDR支承)の表面温度、内部温度、気温および日射量を一年間通して測定した。実験供試体として、橋梁の実用サイズとしては最小クラスの420×420×134mmのHDR支承(東海ゴム工業株式会社製)を製作した。図-1のように、支承は厚さ9mmのゴム層が6層、厚さ32mmの内部鋼板5枚、および厚さ32mmの端部鋼板2枚から構成される。また、支承側面には厚さ10mmの被覆ゴム(天然ゴム)が巻かれている。測定は10分間隔で行い、日射量は日射計を用いて全天日射量を測定している。

測定した支承表面温度と支承中心温度の気温の温度推移を図-2に示す。図中には、2010年4月29日から5月7日までの測定結果を示している。図-2から、晴天の日には支承温度が気温よりも最大でおよそ7°C、支承キーワード 橋梁用ゴム支承、日射、長期性能

表面温度は最大で20°Cほど大きくなる結果となった。

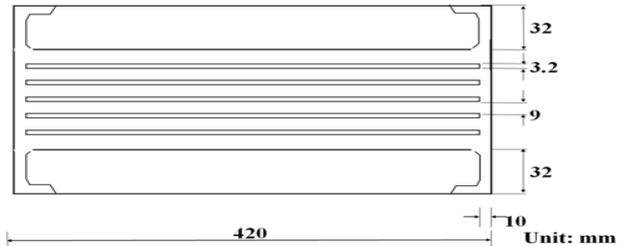


図-1 供試体断面図

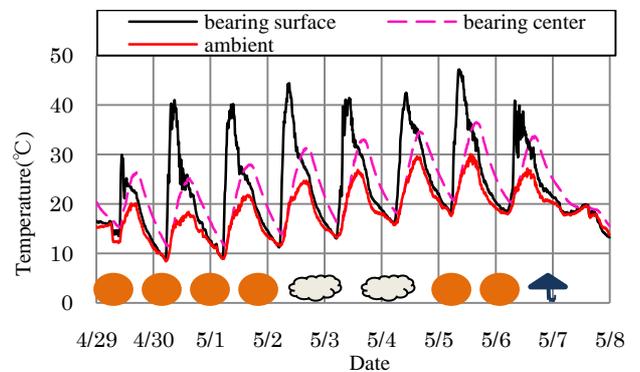


図-2 支承温度と気温推移

3. 支承内部の温度分布

支承水平断面内での内部温度分布の測定結果を図-3と図-4に示す。図中の温度分布の方向は南北方向と東西方向のものである。これらを図中には、2010年5月2日(6-18時 快晴, 18-6時 晴)における次の5つの条件での温度分布を示している。(1) 支承中心温度が最大値のとき、(2) 支承中心温度が最小値のとき、(3) 気温が最大値のとき、(4) 気温が最小値のとき、(5) 支承表面温度が最大値のとき。

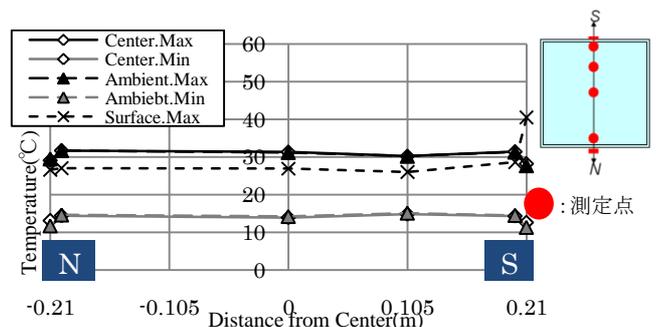


図-3 支承内部の温度分布(北 - 南)

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 TEL052-789-2737

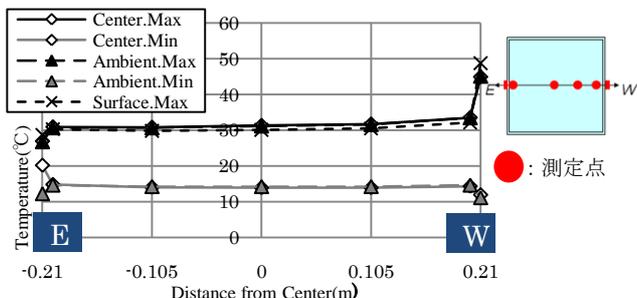


図-4 支承内部の温度分布(東 - 西)

図-3 と図-4 から、日射を受ける支承側面の表面温度は日中最大で 48°C と高くなるが、表面から 20mm 以上の深さより内部になると、温度分布は支承中心の温度と 1~2°C 程度しか変化しないことが分かる。支承表面温度の最大時に着目すると、表面から 20mm 程度の領域で表面温度から約 20°C も低下していることがわかる。表面から 10mm は被覆天然ゴムであることから、日射の影響により、内部のゴム層の温度が非常に高くなる部分は約 10mm 程度の深さでしかないことがわかる。

4. 日射量とゴム支承内部温度との関係

1 年間の測定結果を用いて、日射量と支承内部温度との関係を明らかにした。ゴム支承の内部温度は一様であるとして、日射によりゴム支承が蓄えた熱量 ΔQ と支承が受けた一日の日射量 S が比例関係 $S \propto \Delta Q$ にあると仮定すると、支承が受けた一日の日射量 S と日平均支承内部温度と日平均気温の差 ΔT も比例関係にある。図-5 に支承が受けた日射量 S と ΔT の測定値をまとめる。 S と ΔT がおおむね比例関係にあることが分かる。支承が受けた一日の日射量 S と日平均支承内部温度と日平均気温の差 ΔT の関係を、最小二乗法によって 1 次式で近似し、式(1)を得た。これにより、本研究で対象とした支承について、支承が受けた一日の日射量 S が分かれば、日平均支承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 と日平均気温から日平均支承内部温度が推定できる¹⁾。

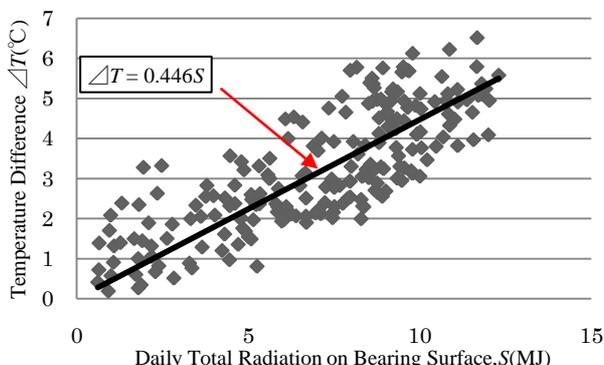


図-5 S と ΔT の関係

$$\Delta T = 0.446S \quad (1)$$

気象庁の気象観測データから一日の全天日射量と日平均気温が得られるので、支承設置場所の位置情報をもとに一日の全天日射量から支承が受けた一日の日射量 S を求め、式(1)から日平均支承内部温度を推定することができる。

式(1)を用いて、気象庁が観測した名古屋の年平均気温(16.6°C)と気象庁の名古屋の全天日射量のデータより算定した支承が受けた年平均日射量(8.2MJ)から年平均支承内部温度を推定する。 $\Delta T = 0.446 \times 8.1 = 3.6(°C)$ となり、支承の年平均内部温度は、 $16.6 + 3.6 = 20.2(°C)$ と推定できる。これは測定された年平均支承内部温度(20.2°C)とほぼ等しく、式(1)を用いた場合、日射の影響を考慮した支承内部温度を精度よく推定できると言える。

5. 日射の影響を考慮したゴム支承の経年劣化

ここでは、図-1 に示す HDR 支承の名古屋における等価水平剛性の 100 年間の経年劣化を予測する¹⁾。ゴム支承の経年劣化の算出方法は、劣化推定に使用する支承内部温度の違いによって、以下の 2 種類を考慮した。

- (1) 支承内部温度は、気象庁が測定した名古屋の年平均気温(16.6°C)と等しい。
- (2) 支承内部温度は、測定された年平均支承内部温度(20.2°C)と等しい。

100 年後の HDR 支承の等価水平剛性は、年平均気温を用いると、劣化前の剛性より 18.7% 大きくなる結果に対し、測定された年平均支承内部温度を用いると、劣化前の剛性より 21.9% 大きくなる結果となった。つまり、この 3.2% の等価水平剛性の上昇率の違いが、年平均温度を用いた場合の、名古屋における $420 \times 420 \times 134\text{mm}$ の HDR 支承の等価水平剛性の経年劣化に対する日射の影響となる。

6. まとめ

日射を受ける支承の内部温度および日射量の測定結果を用いて、名古屋における $420 \times 420 \times 134\text{mm}$ の HDR 支承の等価水平剛性の 100 年間の経年変化を推定した。その結果、日射による支承内部温度の上昇が支承の等価水平剛性の上昇に与える影響を確認できた。また、測定結果から求めた支承が受けた一日の日射量 S と日平均支承内部温度と日平均気温の差 ΔT の関係をを用いた場合に、日射の影響を考慮した支承内部温度を精度よく推定できることが確認できた。

参考文献

1) Paramashanti, Kitane, Y., and Itoh, Y. (2010) : Long-Term Performance of Rubber Bearing Considering Solar Radiation Effect, Journal of Structural Engineering, JSCE, Vol.56A, pp.687-700.