

京都大学	博士（ 工学 ）	氏名	孫 若冰
論文題目	Structural Response Characteristics and Structural Integrity Assessment of Steel Bridges Considering Effect of Solar Radiation （日射の影響を考慮した鋼橋の応答特性および健全度評価）		
（論文内容の要旨） 本論文は、橋梁の安全で持続的な運用を確保するための重要な手法として健全性モニタリングが挙げられるが、橋梁は自然環境にさらされており、常に外部環境条件の影響を受けるため、一番大きな環境作用である日射が鋼橋に不均一な温度分布を生じさせることを踏まえ、その静的応答と動的特性への影響を実験、現地計測、数値シミュレーションを通じて、精査したものである。これらの結果に基づき、橋梁の健全性監視における温度の影響を定量化し、橋梁の損傷と応答を関連付け、損傷の特定を可能とする新しい方法を提案し、その実用性を検討したものである。本論文は全8章で構成されており、以下に各章の実施内容および主な成果を示す。 第1章は序論であり、本研究の背景、関連する先行研究ならびに研究目的、本論文の構成を述べている。特に、日の出から日の入りまでの太陽から構造物への直接光、日陰にある構造物表面、防食工として採用される表面塗膜の色の影響などに着目して、本研究で解決すべき具体的な課題を挙げている。 第2章は、ウェザロ曝露試験片サイズの鋼板に色の異なる塗装を施した試験片の日射による温度変動を環境データと比較し、鋼構造物の温度シミュレーションに必要な各種パラメータの検証を行っている。測定された太陽日射強度は、表面入力熱流束として取り扱い、試験片周辺の風速は対流熱伝達係数として扱い、周囲温度を基準温度としたシミュレーション法を構築し、結果は測定値とよく一致することを示している。なお、異なる塗装色に対しての太陽日射による熱入力関連係数の推奨値を示している。 第3章は、沖縄県名護市の土木研究所・暴露試験場にある縮小橋梁模型および愛知県半田市の橋梁工場で仮組中の実大鋼製箱桁で日射による温度変動の現場測定結果について考察している。縮小橋梁模型では、サーモグラフィカメラと熱電対による温度計測の結果、最高温度は 45.5℃、最低温度は 27℃で、最大温度差は 18.5℃であること、実大鋼製箱桁では、最高温度は 71.7℃、最低温度は 38.1℃で、最大温度差は 33.6℃であり、第2章の温度シミュレーション法により温度変動を評価した結果は、測定結果とほぼ一致することを示しており、シミュレーションに用いるパラメータの妥当性を示している。 第4章は、京都府南丹市にある鋼トラス橋を研究対象として、橋梁部材の表面温度、たわみ、支点の変位、垂直振動加速度を測定し、日射による温度変動が橋の静的応答と動的応答特性に与える影響を分析している。トラス上弦材の上フランジ温度は最高 55.3℃、最低 35.9℃を観測するなど、各部材で大きな温度変動が得られている。また、橋の固有振動数を、確率的部分空間推定法により推定し、2次振動周波数を除き、温度が上昇するにつれて1次から5次振動周波数が減少することを示している。			

京都大学	博士（工学）	氏名	孫 若冰
第5章は、第4章で対象とした鋼トラス橋の有限要素解析モデルを構築し、観測した環境データを使用して、橋の3次元温度解析を実施している。太陽の位置に対して各トラス部材の表面との間の入射角度の変化を、日の出から日の入りまでの1日を通して計算し、シミュレーションを行っている。各時間ステップで計算された太陽熱入射強度は、各表面の有効面積に対する熱流束入力として捉え、観測日の8月5日の温度シミュレーションの結果は、サーモグラフィカメラで計測した表面温度結果とよく一致し、シミュレーション手法の妥当性を示している。 第6章は、測定データの分析、有限要素解析による温度シミュレーションを組み合わせて、温度が橋の固有振動数に与える影響を精査し、温度が固有振動数に影響を与えるメカニズムについて考察している。第4章で観察された固有振動数と温度の正の相関関係に対しては、橋の支持端の拘束効果による隣接振動モードの複合化・分離によるものと結論している。梁要素を用いて構築した有限要素解析モデルに対して、測定された約48時間の日射量を熱負荷として入力し、拘束状態を含むさまざまな仮定シナリオをモデルに組み込み、これらの条件下でのトラス橋の振動周波数変化を算出した結果、シミュレーションにより、端部に付加的な剛性が付与されると周波数が温度とともに増加することが示され、測定結果と一致することを示している。 第7章は、第6章で構築した鋼トラス橋の有限要素解析モデルを用いて、①単一トラス部材の加熱による他のトラス部材への軸力の再分配、②仮想的にトラス格点損傷をモデル化し、単一トラス部材の加熱による他のトラス部材への軸力の再分配、③②の状態で生じる橋の固有振動数の変化について検証している。その結果、温度変化による橋全体の軸力の再分配に最も大きな影響を与える部材が、固定支持端に隣接するトラス下弦材およびスパン中央のトラス斜材であることを明らかにし、ヘルスマonitoringの重要対象を示唆している。 第8章は結論であり、本論文で得られた成果を総括し、今後の課題とともに取りまとめている。			