

氏名（本籍）	BARASA ANTHONY KUSIMBA（ケニア共和国）
学位の種類	博士（工学）
学位授与番号	甲第649号
学位授与日付	令和5年3月25日
専攻	工学専攻
学位論文題目	Structural condition assessment of existing steel bridges based on non-destructive evaluation
学位論文審査委員	（既設鋼橋の非破壊評価に基づく構造健全性評価） （主査）教授 内田 裕市 （副査）教授 國枝 稔 准教授 木下 幸治

論文内容の要旨

高齢化しているインフラ構造物の安全性および機能性を確保するために、実構造物の非破壊的耐力評価手法の構築や、構造物の点検結果の信頼性向上、ならびに点検や評価に対する効率化・低コスト化等が課題となっている。本論文では、既設鋼橋の構造健全性を非破壊手法により評価することを目指し、最新の研究についてレビューを行った上で、構造健全性を評価する2種類の非破壊手法を提示している。一つ目に、質量が異なる3種類の車輛を用いた実鋼橋を対象としたフィールド載荷試験を実施した上で、載荷実験の再現性が高い数値解析モデルを用いた非線形構造解析による耐荷力評価手法の提案、二つ目に、赤外線放射率に着目した赤外線カメラによる金属疲労き裂検知手法を提示している。

第1章では、本研究の背景を示した上で、特に橋梁の健全性評価と点検における課題を示し、対象を既設鋼橋とした上での本研究の目的について述べている。

第2章では、これまでの非破壊検査手法による橋梁の健全性評価に関する既往の研究のレビューより、これまでの疲労き裂検出手法より、今後、赤外線カメラを用いた非破壊手法の一般化、特に、鋼橋塗膜上からのき裂検出も期待ができる赤外線放射率に着目した手法の一般化による有効性が期待できることを示すとともに、橋梁に関する各種データが不足している高齢化した実橋梁の健全性評価において、実鋼橋を対象としたフィールド載荷試験に基づく数値解析モデルを用いた非線形解析による健全性評価手法の必要性を示している。

第3章では、各種データが不足している実鋼橋を対象とし、数値解析モデルによる耐荷力評価手法の構築を行った。検討対象としては、当初、仮設橋として建設されたが、現在は恒久的に供用されている我が国で唯一のベイリー橋を対象に、当該橋梁の弾性挙動の正確な把握を目的に3種類の車輛を用いたフィールド載荷試験を実施した上で、載荷実験の再現性が高い数値解析モデルを用いた非線形構造解析により耐荷力の評価を行っている。その結果、当該橋梁は、当該橋梁に要求される活荷重に対して十分な耐荷力を有しており、引き続き、当該橋梁を恒久的に使用することが可能であることを示している。その上で、仮設橋として建設された鋼橋を恒久的に使用する際に必要となる検討事項についてのフレームワークを新たに提示している。

第4章では、鋼橋溶接継手部を模擬した試験体の疲労試験により生じた疲労き裂を対象に、赤外線放射率に着目した赤外線カメラを用いた疲労き裂検出手法の有効性を検証している。この結果、試験体表面の温度差のみならず、赤外線放射率にも着目することで、既存の磁粉探傷試験や浸透探傷試験方法の代替技術となりうる可能性を示している。加えて、実際の鋼橋に生じた疲労き裂を対象に検討を行い、日射によりき裂面に生じた温度勾配よりき裂検出が可能であることを、ならびに補修技術の一つである疲労き裂閉口処理のき裂閉口の有無を検出できる可能性があることを示している。

第5章では、各章で得られた研究成果をまとめ、今後の課題について述べている。

論文審査結果の要旨

この論文では、既設鋼橋の構造健全性を非破壊的に評価することを目指し、実験・解析に関する既往の研究の整理を行った上で、2種類の非破壊的手法をそれぞれ用いて構造健全性を評価し、その有効性を検証している。一つ目は実鋼橋を対象に車輛を用いたフィールド載荷実験結果を基に構築する

構造数値解析モデルによる耐荷力評価手法であり、二つ目は赤外放射率に着目した赤外線カメラによる金属疲労き裂検出手法である。具体的には、一つ目では、仮設橋として当初建設されたが現在は恒久的に供用されている我が国で唯一のベイリー橋を対象に、複数の車輦を用いたフィールド载荷試験を実施した上で、载荷実験の再現性が高い数値解析モデルを用いた非線形構造解析による耐荷力評価手法の有用性を示すとともに、仮設橋の恒久化を可能とするためのフレームワークを新たに提示している。二つ目では、疲労試験により溶接接合部疲労試験体に生じた疲労き裂を対象に、試験体表面の温度差のみならず、赤外線放射率にも着目することで、既存の磁粉探傷試験や浸透探傷試験方法の代替技術となりうる可能性を示すとともに、実際の鋼橋に生じた疲労き裂を対象とした検討により、日射によりき裂面に生じた温度勾配よりき裂検出が可能であること、またこの技術により補修技術の一つである疲労き裂閉口処理のき裂閉口の有無を検出できる可能性があることを示している。

以上のように、この論文は今後の既設鋼橋の構造健全性の評価の高度化および高精度化に資するとともに、維持管理の合理化に貢献できるという点で非常に優れている。したがって、学位審査委員会は審査の結果、この論文を学位論文に値するものと判定した。

最終試験結果の要旨

学位審査委員会は、提出された論文の主要部分である3章と4章が、下記に示す既発表の2編の審査付き論文から構成されていることを確認するとともに、令和5年2月13日に開催された学位論文公聴会における質疑応答と口頭試問などに基づいて審査を行い、最終試験に合格と判定した。

発表論文（論文名、著者、掲載誌名、巻号、ページ）

1. B. A. Kusimba, T. Rinzin, Y. Banno, K. Kinoshita. “Condition Assessment and Adaptation of Bailey Bridges as Permanent Structures”, *Applied sciences*, Vol.12, Issue.22, 11673, 2022. (Summarised on chapter 3)
2. B. Kusimba, Y. Banno, K. Kinoshita. “Fatigue Crack Inspection Using Static and Transient Thermography for Welding Joints”, *Proceedings of Construction Steel*, Vol.30, pp. 400–409, 2022. (Summarised on chapter 4)