

氏 名	もり や とし ゆき 守 谷 敏 之
学位の種類	博 士 (工 学)
学位記番号	工 博 第 2334 号
学位授与の日付	平成 16 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 資 源 工 学 専 攻
学位論文題目	構造用ワイヤロープの経年腐食劣化の非破壊評価に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 花 崎 絃 一 教授 渡 邊 英 一 教授 宮 川 豊 章

論 文 内 容 の 要 旨

ワイヤロープは強度が高いこと、一条で長いものが継ぎ目なく製作できること、柔軟でボビン等に巻いて運搬できることなどの特長を持っている。ワイヤロープの用途は、ワイヤロープ自体を動かして使用する動索と、ワイヤロープは動かさず引張部材として使用する静索に分けられる。動索としては、クレーンやエレベータなどにおいて、滑車（シーブ）で力の方向を転換しつつ、大荷重を移動させる役割を果たしている。一方、静索としては吊橋、斜長橋、構造物の吊材、ステイなどに引張力を担う構造要素として使用されている。

ワイヤロープの劣化は、動索の場合は疲労が主因子となる場合が多く、静索の場合は、疲労の他に腐食が大きな劣化因子となっている場合が多い。疲労は素線断線というはっきりとした形態で現れるため、外観または漏洩磁束探傷法によって劣化評価及び管理が可能である。しかし、腐食は、外観からその程度を定量的に評価することは難しく、まして内部に発生することもあることから、外観検査のみに頼っている現状では、的確な劣化評価がなされているとは言い難い。構造用引張部材として用いられているワイヤロープには使用年が不明な事例や、短い使用年数であるにも関わらず腐食劣化が進んでいる事例もあり、一律に使用期限を定めて交換していくような管理方法では非常に危険であるといえ、劣化を定量的に評価する方法の確立とともに、それに基づいた管理指針の策定が必要とされている。

本研究は、これら供用中の構造用ワイヤロープの腐食による劣化を定量的に評価する方法の開発を目的としたものであり、ワイヤロープの経年腐食劣化を非破壊で評価する技術の開発について検討している。すなわち、新しい方法を開発することにより、腐食劣化を定量的に評価し、的確に劣化状況を把握し、ワイヤロープを安全かつ有効に使用できることに寄与することを目的とするものである。

本論文の構成及び内容は以下のとおりである。

第2章では、腐食程度を定量的に評価できる非破壊試験方法として、新しい全磁束法を提案している。従来の全磁束法はワイヤロープまたは検査装置を移動させた場合に発生する磁束変化を測定するもので、磁束の絶対値を評価することができなかったが、新しい方法では＋－両極性に飽和漸近領域まで磁化した際の磁束変化を評価パラメータとし、磁束と断面積の比例性により腐食状況を評価できることを示している。また、ソレノイド磁化器の有効性及び、これを用いた検査システム構築について提示するとともに磁束評価値に影響を及ぼす諸因子を挙げ、その補正方法を提示している。さらに、腐食による断面積減少と強度低下の関係を検討している。

第3章では、直径300mmを超えるような大型吊構造物の主索を対象とした全磁束型実用検査システムを提案している。大型検査システムを構築し、実物大モデルを作成してその性能を検証し、さらに、実際する大型体育館吊屋根構造の主索の腐食状況を検査した結果及び太径ケーブルの張力測定結果を提示している。特にワイヤロープを磁化する大型磁化器の試作に力をいれており、磁化コイルの巻き方にも工夫を凝らしている。

第4章では、長大吊橋のメインロープと橋桁を繋いでいるハンガーロープの腐食劣化診断方法について、新しい非破壊検

査システムを提案している。多くの場合、長大吊橋は海峡に掛かっていることが多く、海水の塩分による腐食を避けることはできない。したがって、有効な検査法が望まれているが、測定場所を固定する定点測定と、連続的に劣化状況を把握する連続測定を組み合わせた全磁束法と漏洩磁束法の複合探傷法を提案している。これらの検査システムを構築して性能を検証し、実地検査に応用した結果及び取り外し後のハンガーロープの各種試験結果について提示し、その比較検討の結果から有用な知見を得ている。

第5章では、強磁性体の持つ磁歪現象と逆磁歪現象の原理を利用した電磁超音波法と称する非破壊検査法をハンガーロープの探傷に適用することを提案している。前章で述べている全磁束法ではソケット端末の口元直近は、機構上探傷装置を設置することができず、この方法ではハンガーロープの最も劣化し易いと思われる部分の探傷が不可能であるため、磁歪現象を応用した電磁超音波法を採用して、ワイヤロープ内に超音波を透過させ、端面での反射等を観測し、その減衰の差異により腐食状況を評価する方法を検討しており、その実用化の可能性を見出している。

第6章では、全磁束法によって腐食を評価した事例を提示しており、使用用途別、ワイヤロープ構成別に傾向を検討している。

第7章は結論であり、一連の研究結果を纏めている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、ワイヤロープの腐食による断面積減少を定量的に精度良く評価する方法についての研究を纏めたものである。ワイヤロープは、吊橋、吊屋根などの吊構造物の引張部材として、また、ロープウェイやエレベータの動力伝達部材として使用されている。その劣化による部材の損傷は重大事故に繋がるため、それらの設備の供用中に行う客観的な劣化の診断は、未だに目視による外観検査が主流であり、表面の異常を主観的な判断で評価するのみで、内部に発生する腐食などの損傷は発見できない。唯一実用化されている漏洩磁束法は、断線による局部的損傷には有効であるが、摩耗や腐食による広範囲にわたる劣化に対しては検出精度に難点が見られる。これらを克服するための研究であり、得られた主な成果は以下の通りである。

- 1) ワイヤロープの腐食を全磁束法を用いて定量的に精度よく測定する方法についての研究では、被測定試料を正負両極性方向に磁化飽和させ、それぞれの磁束の大きさの差からワイヤロープの断面積減少を計測する新しい方法を提案している。
- 2) その知見に基づいて作製した検査装置を用いて実際の吊橋ハンガーロープおよび吊屋根メインケーブルの経年腐食量の評価を行っており、その実用性を確かめている。また、測定結果と解体検査により得られた実際の減少率とがかなりの精度で一致することを確認し、実用的な非破壊検査法としての有用性を実証している。
- 3) これまでのワイヤロープの非破壊計測は、測定法の制約上、その端末処理部分や他部材を支持する部分の計測は困難であったが、強磁性体の磁歪現象および逆磁歪現象を利用した非接触電磁超音波法を用いることにより、それらの部分の計測も可能であることを見出し、一般部分に対する全磁束法の連続点観測および定点観測とを組み合わせた総合評価システムを考案し、吊橋のハンガーロープなどの劣化評価と維持管理技術の向上に寄与している。

以上のように、本論文は、ワイヤロープの使用過程における腐食などの劣化状況を評価する計測システムの構築に関する研究を纏めたもので、学術上、實際上、寄与するところが少なくない。よって、本論文は、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成15年12月9日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行なった結果、合格と認めた。