

氏 名	つか だ かず ひこ 塚 田 和 彦
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 2320 号
学位授与の日付	平成 2 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	ワイヤロープの劣化の非破壊検査に関する研究

論文調査委員 (主 査)
教授 藤 中 雄 三 教授 卯 本 重 郎 教授 佐 々 宏 一

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、ワイヤロープの劣化状態をその供用中に評価する非破壊検査について、磁気を用いる方法と AE (Acoustic Emission) を利用する方法の検討を行った結果をまとめたもので、緒論、結論のほか2部10章よりなっている。

緒論では、この分野の研究の歴史、現行の非破壊検査方法の限界、ワイヤロープの管理方法における問題点、本研究の目的などを明らかにするとともに、各章の内容を概説している。

第1部は、磁気を利用するワイヤロープの非破壊検査法に関する研究結果で、第1章では、現行の漏れ磁束探傷における検出要素としてホール素子などの半導体感磁性素子を用いる際の基礎的事項の検討を行うとともに、ワイヤロープの磁気ヒステリシス特性が探傷に及ぼす影響を論じている。

第2章では、吊構造物の支索に用いられ、局部腐食が問題となる PWS (平行線ストランド) ケーブルなど大径静索用の漏れ磁束探傷装置の開発における問題点と実用性について述べている。

第3章では、漏れ磁束探傷に基づいて断面積損失率を定量的に評価する方法と PWS ケーブルの残存強度を推定する方法を提示し、その方法の有効性の検証を行っている。

第4章では、ワイヤロープの一般的な摩耗、全般腐食のように、漏れ磁束探傷法ではその評価が困難な損傷に対して全磁束探傷法の適用に関する実験的検討を行い、腐食鋼線の横断面積変化の連続測定を行う方法を提案している。

第5章では、繰返し曲げを受けるとき劣化形態の違いを見せる2種類の構造のロープについて曲げ疲労試験を実施し、漏れ磁束探傷法と全磁束探傷法を併用して、実際のロープの劣化形態がどのように把握できるかについて検討した内容を述べている。

第II部は、AEを利用するワイヤロープの検査方法についての研究結果で、第6章ではワイヤロープ素線の破断検出方法として、加速度計を用いる振動検出の実用性と、連続監視システムについての検討結果を述べている。

第7章では、ワイヤロープの素線破断を検知するために、逆磁わい効果を利用してロープと非接触で電

磁的に AE 波動を検知する基本的機構を検討するため、ワイヤロープ用鋼線の磁わい特性の調査を行った結果を述べている。

第 8 章では、第 7 章の内容に基づいて、ワイヤロープの素線破断時の AE を検出する方法の開発と、その方法の実用性をワイヤロープの引張試験において確認する研究について述べている。

第 9 章では、繰返し荷重を受けるワイヤロープの劣化過程を監視する方法を確立するため、第 7、8 章で述べた非接触検出法をワイヤロープの引張疲労試験に適用し、素線破断 AE の発生過程とロープの伸び、剛性の変化などの劣化兆候の関係について検討した結果と、この AE 検出法によって素線破断の発生位置を標定する方法について述べている。

第 10 章では、ワイヤロープの曲げ疲労試験におけるシーブ上での素線破断の発生の監視結果から、本研究における逆磁わい効果を利用する非接触 AE 検出法が動索の劣化評価にも有効であることを実証的に述べている。

結論では、本研究の成果の総括を述べている。

論文審査の結果の要旨

エレベータ、クレーン、索道などの運搬設備あるいは長大橋に代表される吊構造物に用いられるワイヤロープは、使用期間の経過とともに、摩耗、腐食、部分断線によって予想外に速く劣化することがある。したがって、供用中のワイヤロープの劣化状態を的確に評価し、適正な時期に取替えるようにするための非破壊検査方法の確立が望まれていた。しかし、ワイヤロープの構造と使用状況が多様であって、その劣化の様相も変化に富むため、その検査方法、取替規準は確立されていない。本論文は、ワイヤロープの劣化状態を評価するための有効な非破壊検査方法として、磁気を用いる方法と、波動を利用する方法について、その問題点と有効性を検討する研究の成果をとりまとめたもので、得られた結果の主なものは次のとおりである。

1. 吊構造物の支索として使用され、雨水の滞留などによる局部腐食が問題となる平行線ストランド (PWS) ケーブルの劣化検査に、従来動索の検査に用いられてきた漏れ磁束探傷法を応用することを検討し、ホール素子を検出器とする自己比較式の漏れ磁束探傷装置を開発した。ついで、それを用いて得た探傷結果から腐食部分の断面積損失率を十分な正確さで推算できることを明らかにした。

2. 漏れ磁束探傷による検査結果をもとに、局部腐食をもつ PWS ケーブルの残存強度を推定する方法を考察し、その妥当性を実例によって検証した。

3. 従来の漏れ磁束探傷法では検査、評価が困難であった一様な摩耗、分布腐食などに適用できる方法として、直流磁界を用いてワイヤロープを飽和磁化させたときに対象物の内部に生じている磁束を計測する方法 (全磁束法) を提案した。さらに、これを応用して、腐食により不規則ではげしい凹凸をもつ鋼線、鋼棒の横断面積変化を長さ方向に連続的に描示する方式を開発し、これにより腐食鋼線の引張強度と破断する位置が推測できることを明らかにした。

4. 引張荷重下で素線が破断したときの音響発生 (AE) を、逆磁わい効果に基づく電磁誘導起電力により、ロープとの非接触で効果的に検出する方法を新たに開発した。また、この非接触 AE 検出法をワ

ワイヤロープの引張疲労試験に適用し、劣化の早期発見とその進行状況の評価に有効な方法であること、2 定点で観測された AE 記録から素線破断の発生位置を精度よく標定できることを明らかにした。

5. 繰返し曲げを受けながら用いられるワイヤロープの劣化過程の監視において、漏れ磁束法、全磁束法、非接触 AE 検出法を複合的に用い、それらの結果の総合的検討により、ワイヤロープの劣化状態の判断が飛躍的に的確性を増すことを示した。

以上要するに、本論文は、従来動索に限って適用されていた漏れ磁束探傷法の静索への適用に関する研究、漏れ磁束探傷法の欠点を補いロープ横断面積に比例する連続性出力が得られる全磁束探傷法の開発、素線破断に伴って発生した AE の非接触検出法の開発などの一連の研究を通じて、ワイヤロープの非破壊検査および劣化の研究のための新しい方法と手段の開発、得られた多くの知見についての論述を行っており、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成元年12月11日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。