



Title	電磁パルス法によるあと施工アンカー固着部の非破壊評価に関する研究
Author(s)	宮田, 弘和
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/55911">https://hdl.handle.net/11094/55911</a>
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

## 論文内容の要旨

氏 名 （ 宮 田 弘 和 ）

## 論文題名

電磁パルス法によるあと施工アンカー固着部の非破壊評価に関する研究

## 論文内容の要旨

これまでに整備された社会基盤施設の老朽化に対応し、将来にわたって安全で強靱なものとして、これを的確に維持管理するためには、非破壊評価技術を活用した点検診断の高度化と効率化が必要不可欠である。近年、その社会的な要請が一層高まっており、とりわけ社会基盤施設の多くを構成する鉄筋コンクリート構造物を対象とした非破壊評価技術の開発は喫緊の課題である。特に、2012年12月に発生した中央自動車道笹子トンネル天井板の落下事故を契機に、その対象としては、たとえば、トンネル本体構造のみならず、これに付帯される標識等の附属物も適切に着実に健全度を把握することの重要性が広く認識された。

そこで、本研究では、健全度を評価する対象として、これまでに必ずしも十分に意識されてこなかった道路附属物に焦点をあてることとし、大型の重量附属物を固定支持するために用いられる代表的なあと施工アンカーを対象として、接着系アンカーでは接着剤の充填状況を、また、金属系アンカーではスリーブ拡張部の固着状況を非破壊で把握することにより、あと施工アンカー孔内の固着部の健全度を評価する手法について検討した。本研究では、アンカーボルト頭部近傍に励磁コイルを設置し、コイルにパルス状の大電流を与えることにより生じる電磁力によってボルトを加振することで弾性波を発生させる電磁パルス法に着目し、その評価原理を明確にするとともに適用性の検討を行った。本論文は以下の6章から構成されている。

第1章では、序論として研究の背景、既往の研究、研究の目的を述べた。

第2章では、本研究で評価対象とするあと施工アンカーの概要と、現状の点検における問題点を明確にし、過去の損傷・劣化事例の分析結果を踏まえて、本研究において定義するアンカー固着部の健全度とその評価の基本的な考え方について述べた。

第3章では、磁場解析により、ボルト頭部近傍に励磁コイルを配置して磁場を発生させる条件のもとでボルトに作用する電磁力の特性を把握することにより、吸引力と電磁誘導が、本研究における電磁パルス法での支配的な磁気現象であることを解明した。ボルトの汎用材料である磁性体のSS400と非磁性体のSUS304に作用する電磁力分布の経時変化から、本手法では、ボルト断面に絞りが生じる方向に力が作用するとともに、SS400ではボルトの軸方向に力が作用することによってボルトが加振され、これらがボルト軸方向へ伝搬する弾性波を発生させることを明らかにした。また、ボルトの効果的な加振方法を検討するため、入力電流の大きさや周波数特性がボルトに作用する電磁力に及ぼす影響を分析し、電磁力の大きさは電流の最大値の2乗に比例することや、周波数の大きさは電磁力の作用方向と密接な関係があることなどを明らかにするとともに、電磁力を増大させるために永久磁石を併用して磁場を印加する方法を提案した。

第4章では、衝撃応答解析により、評価に適した測定条件と評価指標をあらかじめ決定したうえで、供試体を用いた実験を行い、接着剤充填率のレベルを診断するための手法を提案した。また、第3章で提示した永久磁石を併用する測定による充填率評価手法の有効性を実験により確認した。特に、ボルトに定着プレートが設置され、ナットで十分に締結された状態においても接着剤の充填率が50%程度以下のものを検知できる可能性があることを明らかにした上で、現地でアンカーに固定された附属物を取り外すこと無く診断可能な手法を構築した。また、実構造物での本手法の適用性の検証を行い、その有効性を示した。

第5章では、感圧紙を用いた支圧力分布の測定試験により、金属系アンカーにおけるスリーブ拡張部の固着状態の良否を定量的に表す指標を検討した。その上で、固着状態の良否を模擬した供試体を用いて電磁パルス法による実験を行い、健全な状態と比較して支圧力や支圧面積が約4割程度にまで低下した状態のものを非破壊で検知できる手法を提案した。また、この診断手法は、ボルトがナットで締結された状況においても有効であることを確認した。一方、供試体実験において、従来の打音法での卓越周波数では固着状態の良否を判別できるほどの明確な違いが表れないことを確認し、本手法が従来の打音法の適用限界を超える範囲に対しても有効であることを明らかにした。

第6章では、本研究で得られた成果を結論として総括し、今後の研究課題を示した。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 宮 田 弘 和 )			
論文審査担当者	(職) 氏 名		
	主 査	教授	鎌田 敏郎
	副 査	教授	奈良 敬
	副 査	教授	常田 賢一

## 論文審査の結果の要旨

これまでに整備された社会基盤施設の老朽化に対応し、将来にわたって安全で強靱なものとして、これを的確に維持管理するためには、非破壊評価技術を活用した点検診断の高度化と効率化が必要不可欠である。近年、その社会的な要請が一層高まっており、とりわけ社会基盤施設の多くを構成する鉄筋コンクリート構造物を対象とした非破壊評価技術の開発は喫緊の課題である。特に、2012 年 12 月に発生した中央自動車道笹子トンネル天井板の落下事故を契機に、その対象としては、たとえば、トンネル本体構造のみならず、これに付帯される標識等の附属物も適切に着実に健全度を把握することの重要性が広く認識された。

そこで、本研究では、健全度を評価する対象として、これまでに必ずしも十分に意識されてこなかった道路附属物に焦点をあてることとし、大型の重量附属物を固定支持するために用いられる代表的なあと施工アンカーを対象として、接着系アンカーでは接着剤の充填状況を、また、金属系アンカーではスリーブ拡張部の固着状況を非破壊で把握することにより、あと施工アンカー孔内の固着部の健全度を評価する手法について検討している。本研究では、アンカーボルト頭部近傍に励磁コイルを設置し、コイルにパルス状の大電流を与えることにより生じる電磁力によってボルトを加振することで弾性波を発生させる電磁パルス法に着目し、その評価原理を明確にするとともに適用性の検討を行った。本論文は以下の 6 章から構成されている。

第 1 章では、序論として研究の背景、既往の研究、研究の目的を述べている。

第 2 章では、本研究で評価対象とするあと施工アンカーの概要と、現状の点検における問題点を明確にし、過去の損傷・劣化事例の分析結果を踏まえて、本研究において定義するアンカー固着部の健全度とその評価の基本的な考え方について述べている。

第 3 章では、磁場解析により、ボルト頭部近傍に励磁コイルを配置して磁場を発生させる条件のもとでボルトに作用する電磁力の特性を把握することにより、吸引力と電磁誘導が、本研究における電磁パルス法での支配的な磁気現象であることを解明している。ボルトの汎用材料である磁性体の SS400 と非磁性体の SUS304 に作用する電磁力分布の経時変化から、本手法では、ボルト断面に絞りが生じる方向に力が作用するとともに、SS400 ではボルトの軸方向に力が作用することによってボルトが加振され、これらがボルト軸方向へ伝搬する弾性波を発生させることを明らかにしている。また、ボルトの効果的な加振方法を検討するため、入力電流の大きさや周波数特性がボルトに作用する電磁力に及ぼす影響を分析し、電磁力の大きさは電流の最大値の 2 乗に比例することや、周波数の大きさは電磁力の作用方向と密接な関係があることなどを明らかにするとともに、電磁力を増大させるために永久磁石を併用して磁場を印加する方法を提案している。

第 4 章では、衝撃応答解析により、評価に適した測定条件と評価指標をあらかじめ決定したうえで、供試体を用いた実験を行い、接着剤充填率のレベルを診断するための手法を提案している。また、第 3 章で提示した永久磁石を併用する測定による充填率評価手法の有効性を実験により確認している。特に、ボルトに定着プレートが設置され、ナットで十分に締結された状態においても接着剤の充填率が 50%程度以下のものを検知できる可能性があることを明ら

かにした上で、現地でアンカーに固定された附属物を取り外すこと無く診断可能な手法を構築している。また、実構造物での本手法の適用性の検証を行い、その有効性を示している。

第 5 章では、感圧紙を用いた支圧力分布の測定試験により、金属系アンカーにおけるスリーブ拡張部の固着状態の良否を定量的に表す指標を検討している。その上で、固着状態の良否を模擬した供試体を用いて電磁パルス法による実験を行い、健全な状態と比較して支圧力や支圧面積が約 4 割程度にまで低下した状態のものを非破壊で検知できる手法を提案している。また、この診断手法は、ボルトがナットで締結された状況においても有効であることを確認している。一方、供試体実験において、従来の打音法での卓越周波数では固着状態の良否を判別できるほどの明確な違いが表れないことを確認し、本手法が従来の打音法の適用限界を超える範囲に対しても有効であることを明らかにしている。

第 6 章では、本研究で得られた成果を結論として総括し、今後の研究課題を示している。

以上のように、本論文は、電磁パルス法の評価原理を明確にするとともに、あと施工アンカー孔内の固着部の非破壊評価を行う方法論を提案しており、今後の道路附属物の点検技術の高度化に資するものであると評価される。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。