

AE センサを用いたメカニカルアンカの非破壊検査技術の開発

Development of non-destructive inspection technique for mechanical anchor bolts using AE sensor

原子燃料工業株式会社	匂坂 充行	Mitsuyuki SAGISAKA	Member
原子燃料工業株式会社	松永 嵩	Takashi MATSUNAGA	Member
原子燃料工業株式会社	小川 良太	Ryota OGAWA	Member
株式会社アトリー	鶉飼 康史	Yasufumi UKAI	Non Member
原子燃料工業株式会社	磯部 仁博	Yoshihiro ISOBE	Member

Abstract

A new non-destructive inspection technique with using acoustic emission (AE) sensor was developed for the purpose of overcoming problems originating in existing hammering test. The new technique enables us to obtain inspection results with no dependence on personal skills of a checker, and to judge the integrity of the bolts based on quantitative measurement results. The investigation of applying the new method to mechanical anchor bolts is reported.

From experimental results by using this technique, the trend of peak frequency changes obtained from concrete blocks with no crack has a clear tendency to increase with increasing tightening torque. In addition, the peak frequency obtained from the bolt installed in the cracked concrete block decreases compared with one in no-crack concrete block.

These results indicate the possibility that both looseness of nut and degradations such as cracking in concrete could be detected by the new technique.

Keywords: non-destructive inspection, AE sensor, mechanical anchor bolt, Post-installed anchor bolt

1. 緒言

2012年に中央自動車道笹子トンネル天井板の落下事故が発生した。事故調査委員会が纏めた報告書によれば[1]、天井板を支えていた接着系アンカーボルトの施工不良や樹脂部の経年劣化がトンネル天井板落下の原因と推定された。この事故を契機として、道路構造物において常時引張力を受ける機器構造物の支持には、金属拡張系アンカ（メカニカルアンカ）の使用が有力な選択肢の一つと認識されている。

メカニカルアンカは、原子力プラントにおいて機器の支持に用いられている。メカニカルアンカは施工後も全体が大気環境下にあるため、ボルトやスリーブの腐食あるいはコンクリートの劣化が可能性として考えられる。高経年化技術評価書には、原子力プラントの高経年化に対応した長期保守管理項目の一つとして、メカニカルアンカの全面腐食が挙げられており[1]、メカニカルアンカの健全性維持の必要性が認識されている。

原子力プラントにおけるメカニカルアンカに対しては、通常目視点検、異常振動の有無の確認が定期的に行われており、さらに機器の取替え時等を利用したサンプル調

査により腐食・付着力等が調査される[2]。しかしながら、目視点検が困難な埋設部の健全性を、機器供用中に非破壊的に評価可能であれば、原子力プラントの安全性、信頼性を維持管理していく上で有益な情報となることが期待できる。

筆者らは、メカニカルアンカの健全性を評価するAE(acoustic emission)センサを用いた非破壊検査システムを進めている。本システムを用いた検査では、AEセンサは、主にAEセンサが設置されているボルトが発する打音信号を受信し、検査環境（騒音・振動など）に比較的依存しないという特徴がある。本報では、AEセンサを用いたメカニカルアンカの非破壊検査の一例として、施工不良、経年劣化等による締付けトルクの緩み、またコンクリートの割れを模擬したボルト試験体を作製し、本検査システムを用いたメカニカルアンカの健全性評価に関する有効性について検討する。

2. 実験条件

2.1 AE センサを非破壊検査システム

開発を進めている非破壊検査システム (Fig.1) は、AEセンサをメカニカルアンカ露出部（頭頂部等）に設置し、

ハンマー等でボルトを打撃して、得られた信号の周波数分布が施工不良、経年劣化に感度を有することを利用して、本システムによる検査は、検査精度が検査員の熟練度に依存しない客観的な検査が可能であること、検査環境（騒音・振動など）に比較的依存しない、定量的な検査結果が得られる、等の特徴を有している。

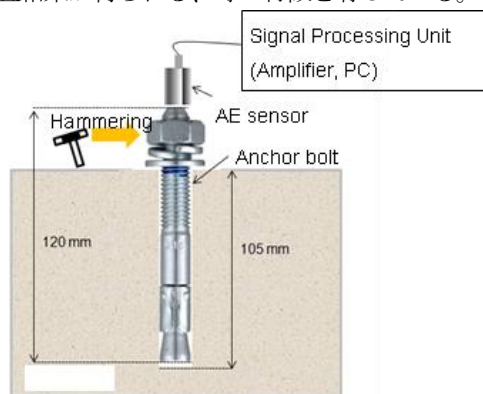


Fig.1 Schematic view of the inspection system

2.2 供試体

本実験には、全長 120mm の M16 ウェッジ式メカニカルアンカ（材料:SS400）を用いた。このメカニカルアンカを一辺が 200mm、圧縮 28N/mm² の立方体形状のコンクリートブロックに深さ 105mm の穴を穿孔し施工した。

供試体は、コンクリートの経年劣化を模擬するため、コンクリートブロックに割れを生じさせたものと、割れの無いものの2種類を作製した。それぞれの供試体の外観を Fig.2 に示した。

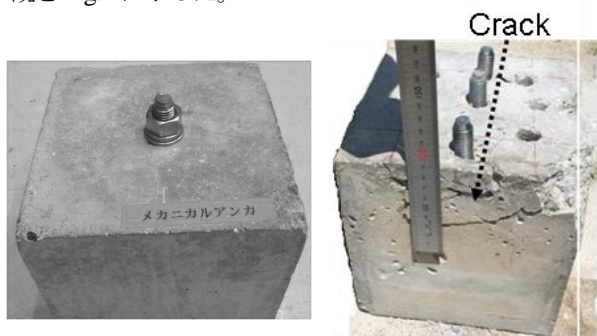


Fig.2 Mechanical anchor bolt installed in concrete block

2.2 試験条件

締付トルクが評価値に及ぼす影響を調べるため、締付けトルクを M16 メカニカルアンカの標準締付けトルクである 100 Nm まで段階的に変化させて、試験を実施した。本システムによりメカニカルアンカの固有周波数を評価した。

3. 結果及び考察

コンクリート割れの無い試験体に施工したメカニカルアンカに対する試験では、主にその固有周波数に起因する周波数ピークが検出された。評価試験結果を Fig.3 に示す。メカニカルアンカの締付トルクが低下するにつれて、メカニカルアンカの固有周波数は低周波側へシフトする傾向が見られた。また、ナットを外した状態での計測では、コンクリート割れにより固有周波数は低周波側へシフトした。これらの結果から、メカニカルアンカの締付トルク低下、経年劣化を非破壊的に定量評価する可能性が示された。

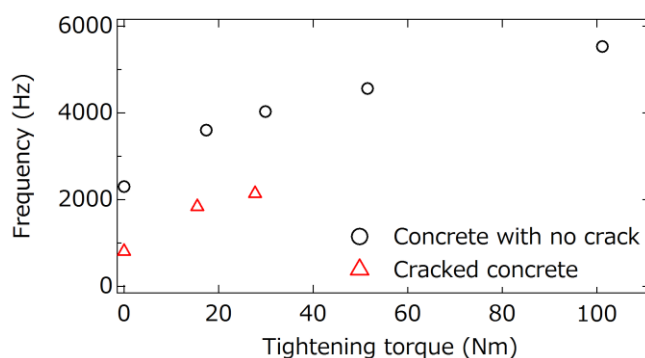


Fig.3 Peak frequency changes obtained from mockups

4. 結言

メカニカルアンカの健全性を評価する AE センサを用いた非破壊検査システムを構築し、経年劣化を模擬した試験体を作製して、構築した非破壊検査システムの有効性について評価した。固有周波数の変化から、メカニカルアンカの締付トルク低下、経年劣化を非破壊的に定量評価する可能性が示された。

参考文献

- [1] ”トンネル天井板の落下事故に関する調査・検討委員会報告書”, トンネル天井板の落下事故に関する調査・検討委員会(2013).
- [2] ”美浜発電所 3 号炉 高経年化技術評価書”, 関西電力株式会社(2006) 他.