

# AE センサを用いたケミカルアンカの非破壊検査技術の開発

## (2) 理論的検討

### Development of non-destructive inspection technique for adhesive anchor bolts using AE sensor (2) Theoretical examination

原子燃料工業株式会社	小川 良太	Ryota OGAWA	Member
原子燃料工業株式会社	江藤 淳二	Junji ETOH	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	磯部 仁博	Yoshihiro ISOBE	Member

#### Abstract

We have developed a non-destructive inspection technique using the AE (acoustic emission) sensor. It is intended to be non-destructive evaluation in soundness of the adhesion anchor is installed in a nuclear power plant. We analyzed the Eigen frequency of the adhesive anchor measured by the AE sensor using a finite element method.

Results of the analysis of the Eigen frequency, the change in Eigen frequency could be confirmed between the adhesive anchor which simulates the Peeling of the resin by aging degradation and defective workmanship and Healthy adhesive anchor.

Moreover, the result of comparison examination with an experimental result is reported.

**Keywords:** adhesion anchor, non-destructive inspection, finite element method

## 1. 諸言

原子力発電所やトンネル等のコンクリート構造物への設備の固定等に利用されるケミカルアンカ（接着系アンカー）の信頼性は、定期的な目視点検及び機器の取替え時等を利用したサンプル調査等の実施により、維持されており、これまでのサンプル調査の結果、引抜耐力は十分な耐力を有していることが認識されている。一方で、笹子トンネル天井板落下事故（2012年12月）において、天井板はコンクリートの削孔した場所にケミカルアンカで固定する施工法が用いられていたが、ケミカルアンカの施工不良（樹脂量の不足等）や樹脂部等の経年劣化（樹脂部の剥離、コンクリート強度の低下等）が原因の可能性が指摘されている[1]。

福島第一原子力発電所事故以降、構造物や設備機器等の地震、津波等からの安全性、信頼性をより高いレベルで維持管理するためにも、ケミカルアンカの健全性評価に優れた非破壊検査技術が望まれている。

そこで、本研究では、ケミ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

テムを構築した[2]。また、構築した AE センサを用いたケミカルアンカの非破壊検査技術を確立するために、有限要素法を用いて各種施工不良や経年劣化を模擬したケミカルアンカの固有周波数を解析し評価する手法を開発した[3]。

本稿では、ケミカルアンカの施工に使用される樹脂量が増減した場合の施工不良に伴う固有周波数の変化について、有限要素法を用いて検討した。また、AE センサを用いたケミカルアンカの非破壊検査技術による結果とも比較し、妥当性を検討した。

## 2. 解析対象および条件

コンクリートに施工された M16 鉄製のケミカルアンカを対象として、コンクリートを含む健全なケミカルアンカおよび施工に使用した樹脂量を調整して施工不良を模擬したケミカルアンカの有限要素モデルを作成した。材料物性は、アンカーボルトは鉄、樹脂部は Decoluxe 社製のケミカルアンカ、コンクリートについては普通コンクリートを用いた。一例として、健全なケミカルアンカのモデル形状およびメッシュ分割図を Fig.1 に示す。なお、Fig.1 右側のメッシュ分割図においては、総節点数および要素数は約 40 万節点、230 万要素である。次に拘束条件

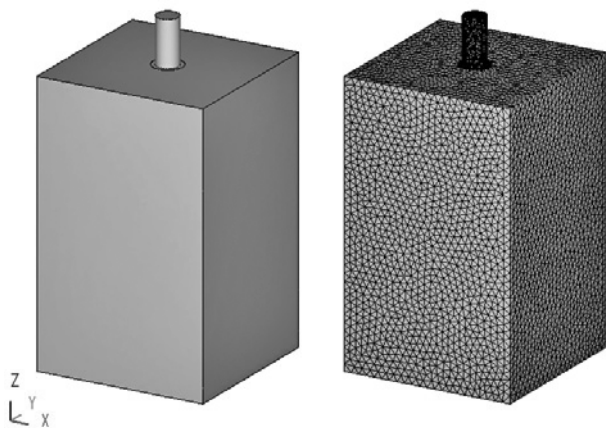


Fig.1 A finite element model and a mesh division figure

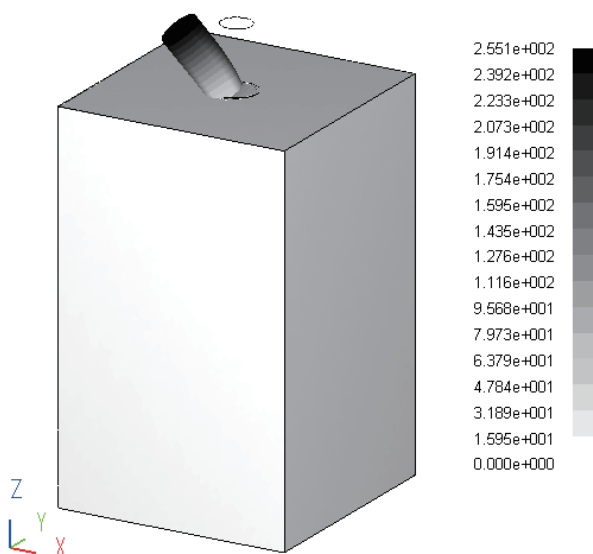


Fig.2 A eigenvalue analysis result with a dominant distortion action of a bolt

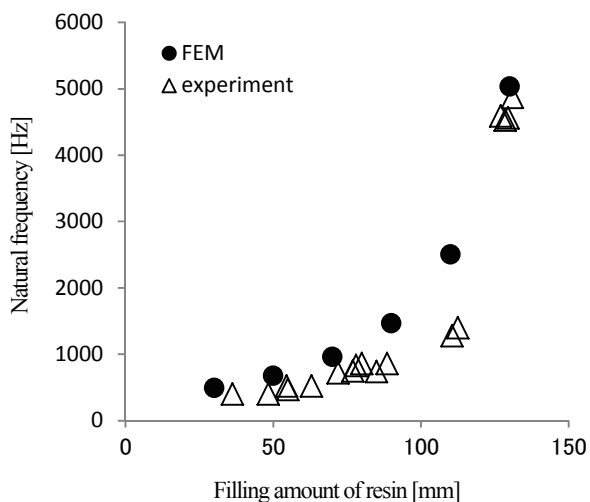


Fig.3 Natural frequency was found from the analysis results and slapping sound vibration test results

については、変位拘束として、コンクリートの底面を完全拘束、側面には法線方向の拘束を設定した。また、コンクリートと樹脂部の境界は接触条件とした。解析種類は固有値解析とし、30次モードまでを解析した。

### 3. 解析結果と考察

AE センサを用いた打音検査システムにおいて評価対象となるボルトの固有周波数は、固有値解析により得られた固有モードの中でFig.2に示すようなボルトの変形挙動が支配的となるモードの固有振動数であると考えられる。そこで、健全なケミカルアンカおよび施工に使用する樹脂量を変更して施工不良を模擬したモデルにおける有限要素解析の結果において、ボルトの変形挙動が支配的となる固有周波数を用いて評価を実施した。Fig.3に有限要素解析の結果、および試験体による測定結果を示す。図中の黒塗の丸記号が有限要素法による解析結果を示し、白抜き記号が試験体の測定結果を示す。

有限要素法による解析結果では樹脂の充てん量が減少するに従って、ボルトの固有周波数が低下する傾向が見られ、試験体の測定結果と概ね一致する結果が得られた。

### 4. 結言

ケミカルアンカの施工に使用される樹脂量が変化した場合の AE センサを用いたケミカルアンカの非破壊検査技術において得られるボルトの固有周波数について、有限要素法を用いて解析した。その結果、以下の事柄が判明した。

- (1) 使用される樹脂量が減少するにしたがって、固有周波数は低下した。
- (2) 有限要素解析で得られた結果は AE センサを用いた非破壊検査システムによる結果と概ね一致した。

### 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] 特願 2013-161144 「アンカーボルトの非破壊検査方法及び非破壊検査装置」
- [3] 特願 2013-179792 「アンカーボルトの状態評価方法」