

# AE センサを用いた打音検査システムによるメカニカルアンカ検査技術の開発 4

西日本高速道路 エンジニアリング中国 (株) 岡本智文、三宅徹、清水寛  
原子燃料工業 (株) 正会員 小川良太、松永嵩、礪部仁博

## 1. 目的

現在の高速道路において、供用後の経過年数が 30 年を超える道路区間が増加し、道路付属構造物の安全性が注目され、定期的な点検等を通じた健全性確保の重要性が再認識されている。筆者らはその中でも、トンネル上部に吊り下げられているジェットファンを固定するメカニカルアンカ（以下「JF アンカー」という）に着目し、その健全性を非破壊で検査する技術を開発している。すでに、図 1 に示す AE (Acoustic Emission) センサを用いた打音検査装置（以下「本装置」という）を用いて、JF アンカーの軸力評価の可



図 1 AE センサを用いた打音検査装置

可能性や、載荷荷重が評価に及ぼす影響等々を評価してきており、現場の JF アンカーの測定も実施してきた<sup>1-4)</sup>。本報では、本装置を用いた軸力評価実用化に向けて、2 か所のトンネルの JF アンカーに対する振動測定結果と締付トルク測定の検証結果について報告する。

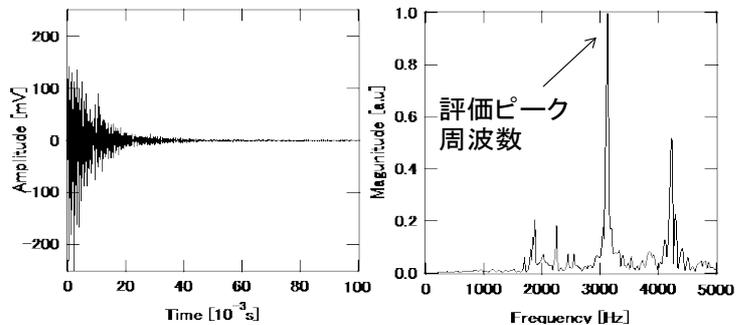
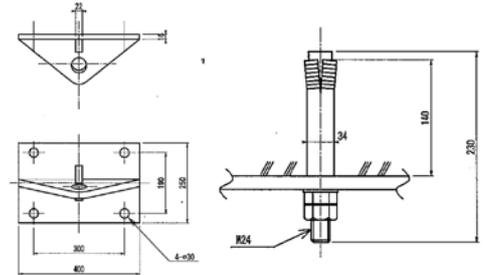


図 2 信号解析例

## 2. AE センサを用いた打音検査の概要

AE センサを用いた打音検査手法は、ハンマーの打撃により測定対象を強制的に振動させ、その振動特性からボルトの軸力等の状態を把握する。取得した振動波形の周波数分布から固有振動ピークを抽出し、その周波数（以下「評価ピーク周波数」という）を評価指標とした。信号解析例を図 2 に示す。また、JF アンカーを模擬したモックアップ供試体（JF アンカーの仕様:M24 のテーパ打ち込み式メカニカルボルト、材質 SUS304）を用いた性能試験より、①ボルトの軸力の増加に伴い、評価ピーク周波数は高周波側にシフトすること、②この傾向は取付金具に荷重を加えても影響されないことを確認しており、評価ピーク周波数を用いた JF アンカーの軸力評価は、研究開発から現場実証フェーズとなっている。

トンネルAの取付金具およびJFアンカーの寸法



トンネルBの取付金具およびJFアンカーの寸法

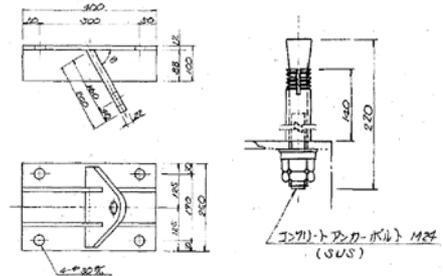


図 3 各トンネルの JF アンカーおよび取付金具 外径寸法

## 3. 現場調査

### 3-1 調査対象の諸元

本調査で対象としたトンネル A および B に取り付けられた JF アンカーおよび取付金具の外形寸法を図 3 に示す。トンネル A では 8 1 本、トンネル B では 7 2 本の計 1 5 2 本の JF アンカーの振動特性を測定した。

キーワード ジェットファン、非破壊、打音、締付トルク、固有振動数

連絡先 〒598-0481 大阪府泉南郡熊取町朝代西一丁目 9 5 0 番地 原子燃料工業株式会社 TEL072-452-7221

### 3-2 振動測定結果および締付トルク確認結果

得られた評価ピーク周波数および、各トンネルの評価ピーク周波数の平均、平均±標準偏差のラインを図4に示す。

各トンネルの得られた評価ピーク周波数の平均値/標準偏差は、トンネルAでは2330 Hz/310.2 Hz、トンネルBでは3242 Hz/493.9 Hzとなり、トンネルBのJFアンカーの方が全体的に評価ピーク周波数が高い結果が得られた。これは、図3の外形寸法よりトンネルBのJFアンカーの長さがAに比べ10 mm短いことが主な要因の一つに挙げられる。本測定で評価している固有振動数は、測定対象の重量および拘束条件によって変化するため、JFアンカーの仕様別に診断基準を設けることが重要である。

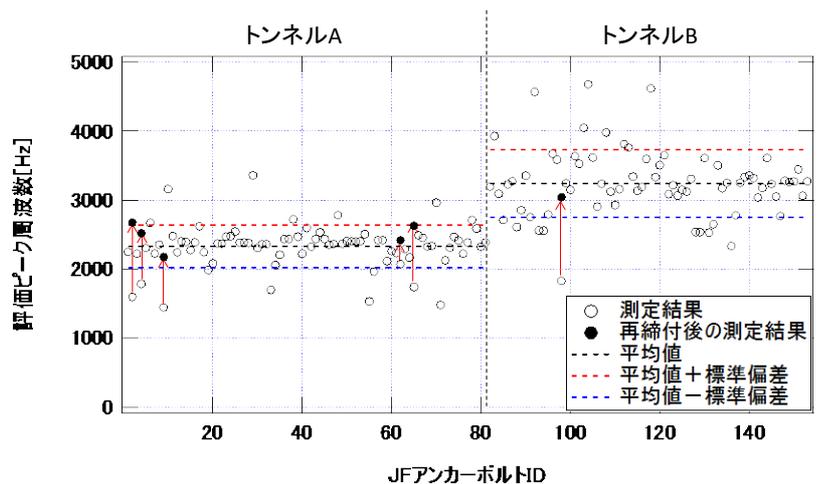


図4 JFアンカーの振動測定結果およびトルクレンチによる再締付後の振動測定結果

また、各トンネルにおいて、評価ピーク周波数が平均値より低かったJFアンカー6本に対し、トルクレンチを用いて締め付けトルクを評価した結果、すべてのアンカーが既定締め付けトルク  $240 \text{ N} \cdot \text{m}$  の75%となる  $180 \text{ N} \cdot \text{m}$  以下であることが分かった。これは、ジェットファンの振動により、ナットが緩むことで軸力が低下したことが考えられる。ただし、当該ジェットファンは、4つの取付金具にそれぞれ4本計16本のJFアンカーによって固定されており、直ちにジェットファンの健全性を損なうものではないと考えられる。しかしながら、振動に伴うボルト部の疲労破壊等の観点では、軸力の低下を定期的に評価することは重要であると考えられる。さらに、設計時の締め付けトルク値  $240 \text{ N} \cdot \text{m}$  で締めつけた後、再度振動を測定し、評価ピーク周波数を算出した結果(図4中の黒丸)、すべてのJFアンカーの評価ピーク周波数が各トンネルの平均値まで回復し、締付トルクの変化が評価可能であることが現場でも示された。

### 4. まとめ

AEセンサを用いた打音検査装置を用いて、現場のJFアンカーの振動特性を測定し、また、トルクレンチによる締付トルクの確認結果と比較した結果、以下が得られた。

- ・ 得られた評価ピーク周波数は、各トンネルで平均値が異なり、JFアンカーの仕様が異なることが主な要因と考えられる。したがって、JFアンカーの仕様別に診断基準を設けることが重要である。
- ・ 評価ピーク周波数が平均値より低かったアンカーをトルクレンチにて締め付けトルクを評価した結果、設計時の締付トルク  $240 \text{ N} \cdot \text{m}$  の75% ( $180 \text{ N} \cdot \text{m}$ ) を下回る結果が得られた。
- ・ 設計時の締付トルク  $240 \text{ N} \cdot \text{m}$  で再締め付け後の測定では、評価ピーク周波数は、概ね各トンネルの平均値まで回復する結果となり、締付トルクの変化が評価可能であることが現場調査においても示された。

### 参考文献

- [1] 岡本 智文ら, "AE センサを用いた打音検査装置によるジェットファンアンカーボルト健全性評価", 第32回日本道路会議, 6014, 2017
- [2] 小川 良太ら, "AE センサを用いた打音検査システムによるメカニカルアンカ検査技術の開発3", 土木学会第72回年次学術講演会, pp.1869-1870, 2017
- [3] 小川 良太ら, "AE センサを用いた打音検査システムによるメカニカルアンカ検査技術の開発2", 土木学会第71回年次学術講演会, pp.1423-1424, 2016
- [4] 小川 良太ら, "AE センサを用いた打音検査システムによるメカニカルアンカ検査技術の開発", 土木学会第70回年次学術講演会, pp.325-326, 2015