

デジタル打音検査によるジェットファンアンカーの診断基準構築に向けて

西日本高速道路 エンジニアリング中国 (株)

原子燃料工業 (株)

福岡透、清水寛、吉原正記

正会員 ○小川良太、松永嵩、磯部仁博

1. 目的

昨今社会インフラの維持管理の重要性が再認識されており、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) を対象に、その健全性を非破壊で検査する技術を開発している。過去の研究開発において、図1に示す AE (Acoustic Emission) センサを用いたデジタル打音検査装置を用いて、JF アンカーの軸力評価の可能性や、載荷荷重が評価に及ぼす影響等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¹⁾。本報では、信頼性のある診断基準の構築に向けて、さらに現場実証を進め、過去実施した結果との整合や、課題点について整理した。



図1 AE センサを用いた打音検査装置

2. AE センサを用いたデジタル打音検査の概要

AE センサを用いたデジタル打音検査手法は、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 JF アンカーの軸力等の状態を把握する。信号解析にあたっては、取得した振動波形の周波数分布に対して、一定のしきい値を設け、最も低周波側の固有振動ピークを機械的に抽出し、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。

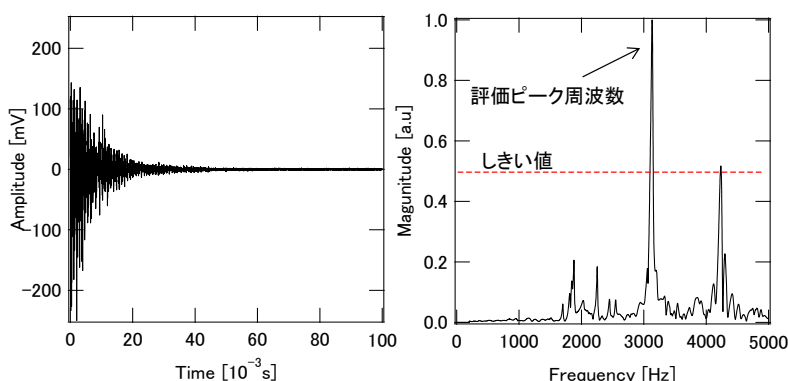


図2 信号解析例

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アンカ、材質 SUS304) を用いた性能試験より、①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²⁾、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。

3. 現場実証試験

3-1 調査対象の諸元

過年度の現場実証試験では、トンネル A では 81 本、トンネル B では 72 本の JF アンカーの振動を測定したが、本報ではさらに現場検証を進め、トンネル C では 20 本、トンネル D では 38 本、トンネル E では 16 本の測定を追加し、計 227 本 (追加 74 本) の JF アンカーの振動測定結果を得て、過年度調査結果との整合性を評価した。なお、施工時資料にてトンネル A の JF アンカーは他トンネルのものより 10 mm 全長が短いことがわかっている。また、過去の模型試験より荷重の影響は限定的としたが、その現場実証として、トンネル E では、ジェットファンの取り外し前後で JF アンカーの振動測定を行った。

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950番地 原子燃料工業株式会社 TEL 072-452-7221

3-2 振動測定結果

(1) 過年度と追加分の現場実証試験の整合性

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3に示す。トンネルB～Eの4トンネルの測定結果の平均値は2800～3400 Hz程度と概ね一致するが、トンネルAでは2334 Hzと低い。これは、トンネルB～EのJFアンカー全長は220 mmであるのに対し、トンネルAのJFアンカー全長が10 mm長いことから、重量及び形状の違いに起因する固有振動数の差異が一因として考えられる。したがって、JFアンカー全長毎に判定基準を設定することが重要であると考えられる。

また、評価ピーク周波数が平均値より大幅に低い一部のJFアンカーのトルクレンチによる締付確認では、規定のトルク値(240 N・m)より低い締付トルクの状態にあることが確認され(図中のトルク値記載のプロット)、規定トルク値で再締付後の評価ピーク周波数は、平均値近傍まで回復することが確認され、過年度実施結果とも整合する結果が得られている。

(2) ジェットファンの取り付けによる影響

トンネルEのジェットファン取り外し前後での測定結果においては、概ね一致する結果が得られているが、一部のJFアンカーにおいて、取り外し後と比較して、取り外し前の評価ピーク周波数が若干低い値を示した。この点に関しては、過去の模型試験ではアンカーに対し垂直荷重を付与したのに対し、現場では、ジェットファンの吊り下げ時の荷重が斜めに負荷された状態となり、アンカーと周囲の接触条件、拘束条件等が異なることが原因で低い固有振動ピークを抽出している可能性があるため、現状の機械的に算出している評価ピーク周波数の抽出方法については改良の余地があると考えている。

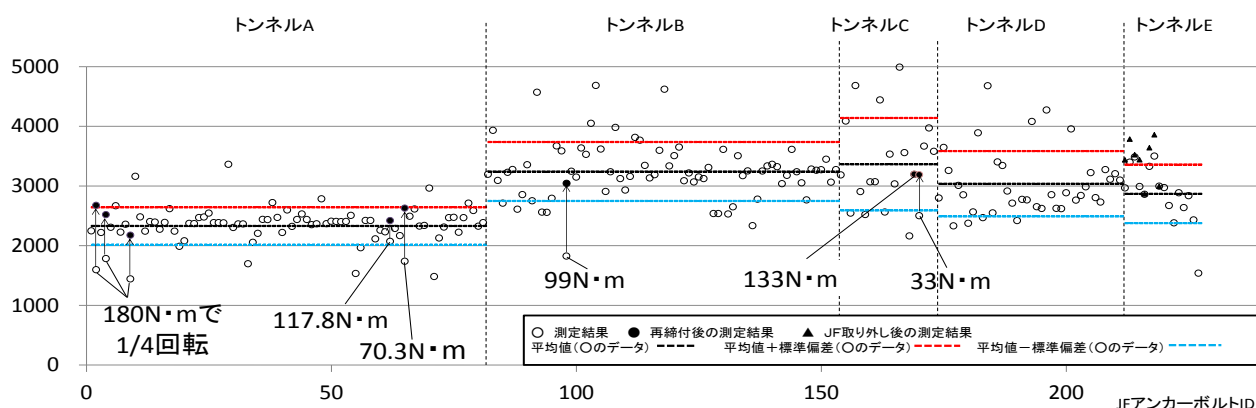


図3 5トンネルのジェットファンアンカーの評価ピーク周波数結果

4. まとめ

AE センサを用いたデジタル打音検査技術による JF アンカーの軸力評価において、現場実証を進めており、5 トンネル計 227 本の JF アンカーの振動を測定した結果について、過年度試験との整合性や課題点について取りまとめた。

- ・ 追加した現場検証データにおいても、①軸力の増加に伴い評価ピーク周波数は上昇すること、②JF アンカーの全長毎に判定基準を設定することが重要であることが確認された。
- ・ ジェットファンを取り外し前後の測定結果では、アンカーと周囲の接触条件、拘束条件等の違いから、吊った状態では評価ピーク周波数が低くなる傾向が一部で見られ、現状の機械的に算出している評価ピーク周波数の抽出方法については改良の余地があると考えている。

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 2", 土木学会第 71 回年次学術講演会, pp.1423-1424, 2016