

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

西日本高速道路エンジニアリング中国 非会員 岡本 智文
原子燃料工業(株) 正会員 小川 良太, 松永 嵩, 匂坂 充行
藤吉 宏彰, 磯部 仁博

1. はじめに

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（道路やトンネル、橋梁等の構造物、それらの付属物等）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や内照標識板などの重量物を固定するメカニカルアンカ（以下、「ボルト」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、前報までに、AE (acoustic emission) センサを用いた打音検査装置を用いて、ボルト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た^{1,2)}。本報では、現場適用に向けて、評価に影響を及ぼす可能性のある因子として、①取付金具の振動、②ボルト上部の長さを挙げて、それらが評価値に及ぼす影響を評価した試験とその結果も含めて実施した現場試験結果について報告する。

2. 評価手法

AE センサを用いた打音検査では、ハンマーで打撃し強制的に測定対象を振動させ、その振動特性からボルトの軸力等の状態を把握する。具体的には、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、その周波数を評価指標（以下「評価ピーク周波数」という）とした。信号解析例を図1に示す。

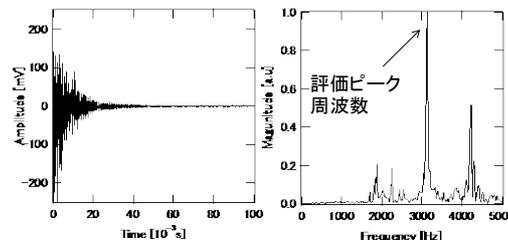


図1 信号解析例

3. モックアップ試験

3-1 試験内容

試験体の外観を図2に示す。ナット上部からボルト頭頂部までの長さ（以下、「余長」という）を 24mm程度とした試験体（前報では 15mm程度）を作製し、前報と同様に、締付トルク値を変化させることで、ボルトに導入する軸力を変化させ、軸力変化に伴う固有振動数の変化を評価した。



図2 試験体外観

3-2 試験結果

① 取付金具の振動

取付金具の振動（試験条件 No1時）とボルト1の段階的な締付トルク変化に伴う周波数分布の変化を図3に示す。まず、取付金具の振動の周波数分布において、1728 Hz と 1878 Hz に固有振動ピークが生じている。このピークは、ボルトの振動の周波数分布でも生じているが、締付トルクとの相関が小さい。

この固有振動ピークは、取付金具が主体となって振動する固有振動であると推測し、この振動数を無視した。実運用時においても取付金具の振動をあらかじめ取得しておくことで、取付金具の振動による固有振動ピークを考慮して、ボルト軸力と相関の大きい固有振動ピークを抽出することが可能となる。

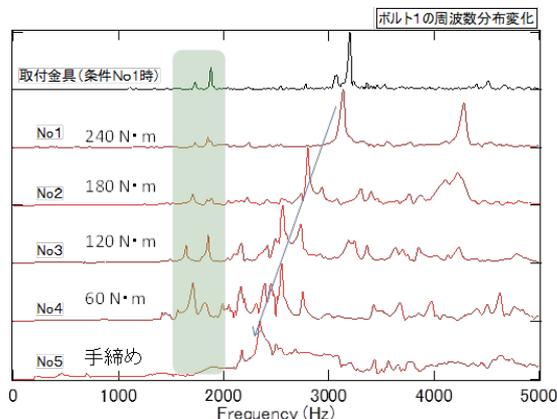


図3 取付金具とボルトの周波数分布

キーワード メカニカルアンカ, 打音法, 非破壊検査, 締付トルク値, 軸力

連絡先 〒590-0481 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 TEL072-452-7221

② ボルト上部の長さ

ボルト上部の長さについて、余長 15 mm と今回実施した余長 24 mm の試験結果（4本の平均値）の締め付けトルク値に伴う評価ピーク周波数変化を図4に示す。この結果より、余長 15 mm から 24 mm の幅では、特徴的な変化はないため、穿孔深さや打設方法が同等であれば、余長変化の影響は限定的であり、同じ評価手順で診断が可能である。

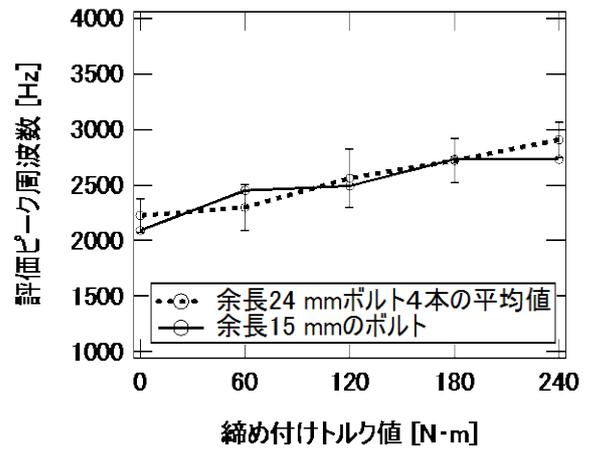


図4 締め付けトルクに伴う変化

4. 現場試験

4-1 実施内容

実際のトンネルに設置してあるジェットファン5基のボルト 81本に対し、振動を測定した。モックアップ試験結果で得られた知見として、取付金具が主体の固有振動ピークを考慮して評価ピーク周波数を算出した。

4-2 実施結果

測定したボルトの評価ピーク周波数を図6に示す。モックアップ試験で得られた評価ピーク周波数の範囲（2000-3000Hz程度）に大半の結果が収まり、ばらつきが少ないことが分かった。また、実際の点検へ適用するための重要な指標である測定所要時間は、ボルト4本と取付金具2か所の振動を取得して、約3分半となり、軸力を高速で検査できる見通しを得た。現場検査結果については、モックアップ試験結果、周囲の拘束条件を考慮しつつ詳細評価を進めているが、今後の展開として、現場検査にてデータベースを拡充し、信頼性の高い診断基準を決定する予定である。



5. まとめ

AE (acoustic emission) センサを用いた打音検査装置によるボルトの軸力評価について、現場適用に向けた予備試験と現場試験から以下の知見が得られた。

- ・ボルトの振動に取付金具が主体となった固有振動ピークが生じるため、これらを除外して評価すれば、ボルト軸力と相関の大きい固有振動ピークを選択的に評価できる。
- ・穿孔深さや打設方法が同等であれば、ボルト打設面の粗さやトンネルの曲率に起因する余長変化に伴う影響は限定的である。
- ・現場試験結果は、評価ピーク周波数の範囲（2000-3000Hz程度）に大半の結果が収まり、ばらつきが少ないことが分かった。
- ・測定所要時間は、ボルト4本と取付金具2か所の振動を取得して、約3分半となり、軸力を高速で検査できる見通しを得た。

参考文献

[1] 小川, 松永他 ; 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, 2015, pp. 325-326

[2] 小川, 松永他 ; 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 70 回年次学術講演会, 2015, pp. 1423-1424

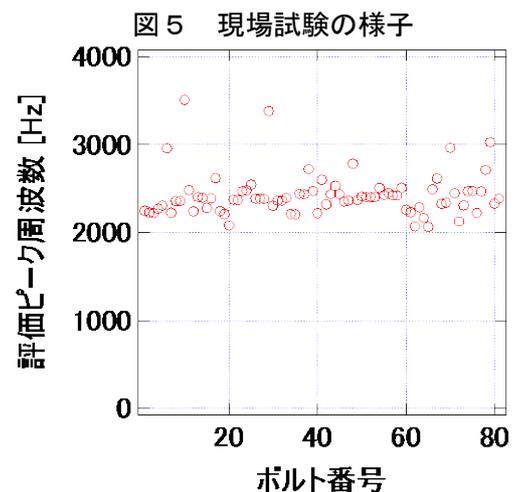


図6 現場試験結果