

レーザー共鳴周波数解析による摩擦計測手法の検討

Investigation of evaluation method for friction with laser-induced vibration.

近畿大生物理工, °(B) 岡本佑夏, 三上勝大

Kindai Univ., °Yuka Okamoto, Katsuhiko Mikami

E-mail: 1818360033u@waka.kindai.ac.jp

1. はじめに

レーザー光の特性である高速・遠隔・定量性を活かす、レーザーリモートセンシングの研究が進められている。近年ではレーザー照射で誘起する弾性波を用い、従来、検査員が行うハンマーによる打音検査をレーザー技術に置換する研究開発が実施されている¹⁾。従来の打音検査の適用範囲として、ボルト締結部の緩み検査が挙げられる。先行研究ではアクチュエータやレーザーより定量的に加振評価を行い、そのボルト振動周波数や振動スペクトル形状がボルト締結強度によって異なることが示されている^{2,3)}。また、この手法は整形外科インプラントといった医療分野への適応が目指されている^{4,5)}。締結トルクで定義される締結力は、その摩擦や軸力といった複合的な構成要素で式(1)に示される Motosh の式で表現される。

$$T = \frac{F}{2} \left(\frac{d}{\cos \alpha} \mu_s + \frac{p}{\pi} + d_w \mu_w \right) \quad (1)$$

T は締結トルク、 F は軸力、 d はネジの有効径、 α はネジ山の半角、 μ_s はネジ面の摩擦係数、 p はネジピッチ、 d_w は等価摩擦直径、 μ_w は座面摩擦係数である。 μ_s はネジ面の摩擦係数、 p はネジピッチ、 d_w は等価摩擦直径、 μ_w は座面摩擦係数である。ここで、ネジ面摩擦係数 μ_s と座面摩擦係数 μ_w を等しく総合摩擦係数 μ とおいて式(1)を変形すると、総合摩擦係数を求めることができる。

本研究では、軸力、締結トルクを予め評価した試料にレーザー共鳴周波数解析を適用することで、Motosh の式を構成する摩擦係数の計測を目指し、レーザーリモートセンシングによるボルト締結部の緩み検査の理解に繋げる事を目的としている。

2. 実験方法

評価試料として、ロードセルを2枚のワッシャーと金属製の台座を用い、ステンレス製の六角穴付きボルト(長さ40 mm)で締結したものをを用いた。トルクレンチを用いて $3.0\text{N} \cdot \text{m} \sim 13.0\text{N} \cdot \text{m}$ のトルクで締結した評価試料にレーザー加振を行い、各締結トルクでの振動波形を得た。その後、得られた振動波形にFFT解析を行い、六角穴付きボルトのピーク振動周波数を得た。レーザー加振は、Nd:YAG レーザー(波長1064 nm, パルス幅10 ns)を評価試料に、焦点距離50 mm のレンズを用いて集光照射することにより行った。トルクレンチを用いて評価試料を $3.0\text{N} \cdot \text{m} \sim 13.0\text{N} \cdot \text{m}$ のトルクで締結することで、評価試料のロードセルで各締結トルクでの軸力を測定した。そして、締結トルクと軸力の実測値を用いて Motosh の式から総合摩擦力を算出した。

3. 実験結果

レーザー加振で得た六角穴付きボルトのピーク振動周波数と、ロードセルでの計測から得た軸力、締結トルクと軸力から算出した総合摩擦係数から、締結トルクの変動に対するピーク振動周波数、軸力、総合摩擦係数の変動についての相関を得た。評価結果の詳細および考察は本講演に譲る。

参考文献

- 1) 岡田 大 他, レーザー研究 **45** (2017) 427.
- 2) F. Amerini and M. Meo, Structural Health Monitoring **10** (2011) 659.
- 3) F. Huda et al., Mech. System and Signal Processing, **40** (2013) 589.
- 4) S. Kikuchi et al., Sensors, **19** (2019) 4876.
- 5) K. Mikami et al., Proc. SPIE **11233** (2020)