

J0402-1-2

半導体ひずみセンサによるボルト締結部モニタリングシステム

Monitoring system of fastening force and loosening behavior for bolted joints

○正 服部敏雄 (岐阜大)

Toshio HATTORI, Gifu University, 1-1 Yanagido, Gifu,

正 山下 実 (岐阜大)

Minoru YAMASHITA, Gifu University

近藤貴大 (岐阜大学)

Takahiro KONDOH, Student of Gifu University

正 飯田義瑞(日立エンジニアリング S)

Yoshimizu IIDA, Hitachi engineering Service

Key words: tor strain sensor, Bolted joints, Monitoring system, Loosening, Automotive hub bolt

Lately there happened many loosening or failure accidents in bolted joints, such as trailer's wheel/hub joint structures and airplane mechanical systems. Put abstract text here. To avoid these accidents and increase the safety for long life operation of these traffic systems we present the idea of fastening force monitoring system, and discuss the availability of these systems in traffic or industrial fields. Lately the semiconductor strain sensor is attracted considerable attention for it's sufficient sensitivity, linearity and stability, so we selected this semiconductor strain sensor as the monitoring sensor. Then we examine the fundamental characteristics of these sensors, and confirm the twenty times higher sensitivity compared with traditional wire strain gages, linearity of less than 3.3% deviation and high stability of less than 1.4% / °C under temperature change. And we can confirmed the availability of semiconductor strain sensor and wireless data transmission systems for fastening force or loosening behavior monitoring systems of bolted joints.

1. 緒言

一般の機器・製品の稼働中の締結部に加わる負荷状態をモニタリングし、その機器・製品の健全性・寿命等を評価するシステムは、機器・製品の信頼性を設計・生産技術のみに頼らないで、保全技術も含めた統合システムとして信頼性を保証する方法として大いに期待されている。特に最近トラレーザ、エレベータ、ジェットコースタ等の交通・運輸機器では締結・接合部でのトラブルで社会問題ともなっており安全社会実現のためにもこのようなモニタリングシステムの早期実現が必要となってきている。本報告では、これらの適用を目指した半導体ひずみセンサ使用ボルト締付力・緩みモニタリングシステムを開発したので、その適用状況及び他分野への展開状況について述べる。

2. システム全体の概要

例えば図1のような自動車のホイール/ハブ締結ボルトのモニタリングの場合、下記のようなシステムが考えられる。

- ① ハブボルトに、半導体ひずみゲージを埋込み、軸力・ゆるみのオンラインモニタリング
- ② 非接触伝送による計測データの集中管理
- ③ 情報処理による余寿命予測
- ④ 増し締め、交換などの保全作業

3. 各要素と特徴

①半導体ひずみセンサ

図2に半導体ひずみセンサを示すが、高感度・低ドリフト、高耐久性を有する。

・高感度

ゲージ率 44.4 と、従来の抵抗線ひずみゲージの約 20 倍。

・低ドリフト

温度ドリフトは 0-100°C で、 10×10^{-6} 程度と、従来の抵抗線ひずみゲージの 1/10 以下であることを確認した。

・許容ひずみ、耐久性

ひずみ 1500×10^{-6} 以上で、非線形性が現れること、またこのひずみ $\pm 1500 \times 10^{-6}$ で、 10^6 回以上の耐久性を有することを確認しており、測定許容ひずみは、 $\pm 1500 \times 10^{-6}$ であることを確認した。

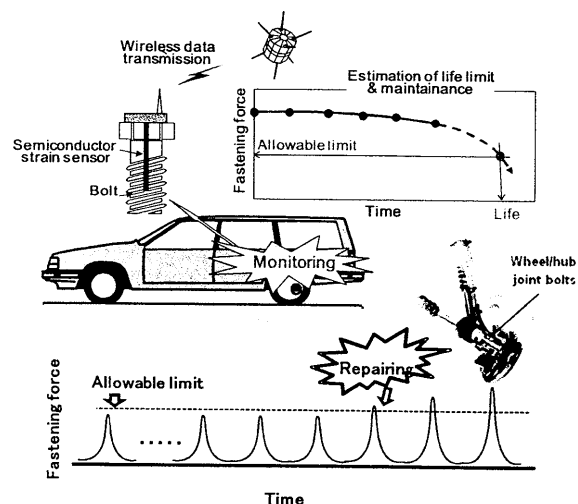


Fig. 1 Outline of online monitoring system
半導体ひずみセンサ

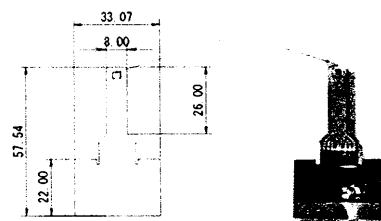


Fig. 2 Shape and photo of semiconductor strain sensor

②非接触伝送モジュール

回転体からのデータ採取・伝送が不可欠であり、図3のような非接触データ伝送モジュールを開発した。

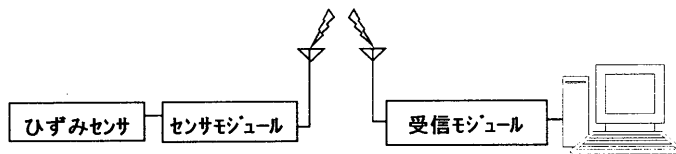


Fig.3 Wireless data transmission system

4. 自動車ハブボルトへの適用例

図4に、実車のハブボルトへのセンサ貼付けから、送信モジュール取付、受信モジュール固定・測定までの作業状況を示す。

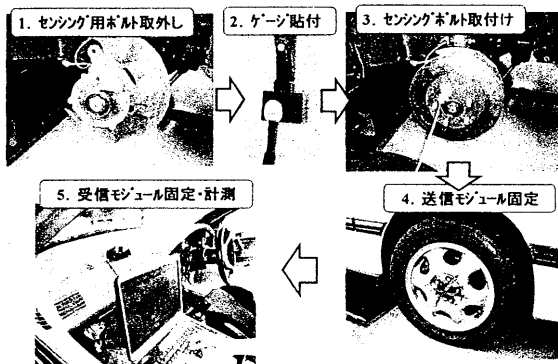


Fig. 4 Set up of monitoring system for hub bolt

図5から7に、その測定結果を示す。図5は、直進走行、旋回走行両者を含めた20秒間のハブボルト軸力の変動状況を示す。直線走行時に比べて旋回走行時は、ハブボルトに多大な荷重がかかることがよくわかる。図6は、そのうちの直進走行時の軸力変動を、1秒間のみ詳細に示したもので、車輪が1回転毎に車重による繰返し曲げ応力を受けている状況がよくわかる。

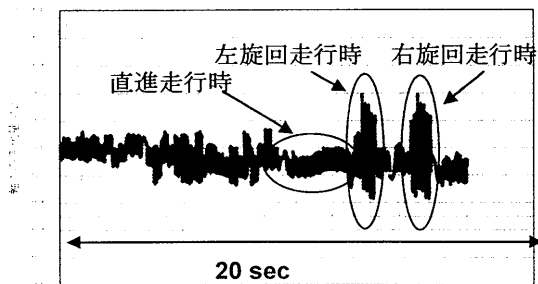


Fig. 5 Hub bolt load monitoring result in each driving mode

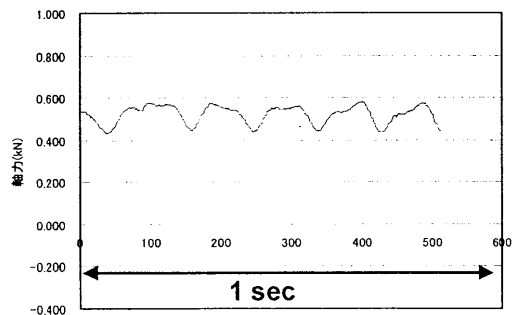


Fig. 6 Hub bolt load monitoring result in straight driving mode

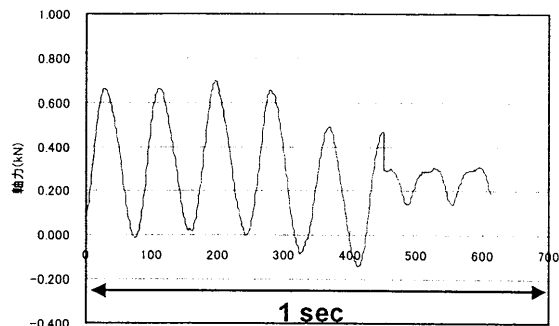


Fig.7 Hub bolt load monitoring result in right turning driving mode

5. その他のモニタリングへの展開

非接触データ伝送の利点を利用して、草刈り機の新型回転刃の信頼性確認に適用した。図8に刃取付部への半導体ひずみセンサの取付状況および、回転体本体への送信モジュールの取付状況を示す。図9に計測結果を示すが、刃に石が当たった場合のひずみが○囲みのように観察され、安全性確認に利用できた。

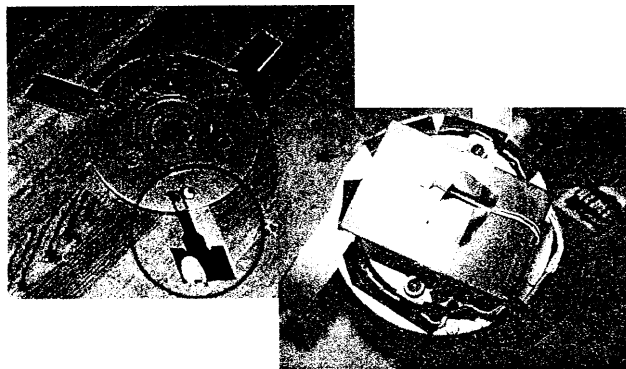


Fig. 8 Set up of monitoring system for mowing blade

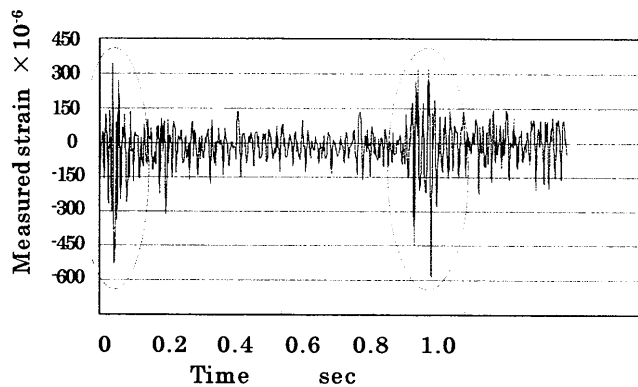


Fig. 9 Blade load monitoring result

6. 結 言

本報では、最終的には産業機械、運輸機器をはじめとするあらゆる機械・製品の信頼性・稼働状況を監視するヘルスマニタリングシステムの開発を目標に、とりあえず、当面トラブルの多い交通機器のボルト軸力モニタリングシステムへの適用状況、今後の展開について述べさせていただいた。

参考文献

- 1) 塗壁他、機講論、No.093-1 (2009) pp.77