

③ インパルスハンマによる大型車の複輪用 ホイールボルトの折損検知

自動車安全研究領域 ※波多野 忠 高橋 国夫 川崎 修男 谷口 哲夫

1. はじめに

大型車のホイールボルト及びナットに係わる日常点検では、目視及び点検ハンマを用いてボルト折損、ナットの緩み等の有無を診断している。しかし、JIS方式の複輪用ホイールボルトでは、従来の点検方法でボルト折損の有無が構造的に診断しにくい場合(外側ホイールにインナーナットとアウターナットで締め付けられている場合等)がある。このため、簡便な方法としてインパルスハンマの打撃反力を用いて、その時間波形の違いからボルト折損の検知が可能かどうかを、簡易シミュレーション及び模擬実験から検討した。

2. 簡易シミュレーションによる検討

一般的に、インパルスハンマは構造物の周波数伝達関数を取得するための入力手段として使われている。これは、打撃することで三角関数の半波分の力波形を生成することができ、これにより周波数領域で入力がフラットなゲイン特性を出すことができるからである。

そこで、今回のようなボルト折損検知のための使用方法において打撃力波形の違いが出現するかどうかを、図1のような簡易な打撃モデルでシミュレーション実験を行い検討した。ここで、図1の k_1 はインパルスハンマとインナーナット間の打撃地点付近でのバネ相当、 M はインナーナットとその周辺の質量相当、 k_2 はインナーナットと地上固定系(ボルト取付部)間のバネ相当とする。なお、それぞれの数値は簡易シミュレーション用の仮定の値である。

インパルスハンマの動き相当の変位を入力として見た場合を考えて、位置 $x_1 = -0.1\text{m}$ から片振幅 0.1m の三角関数の一波長分を2秒で動く(図2・3の x_1)と仮定した変位入力とした。この入力に対してバネ k_1 の力 F_1 (打撃力)及び質量 M の変位 x_2 を数値計算した。この結果の一部を図2及び図3に示す。図2及び図3は、 k_2 のバネ定数の数値が低いか高いかの違いのみで、インパルスハンマの動き相当の変位入力の時間波形は

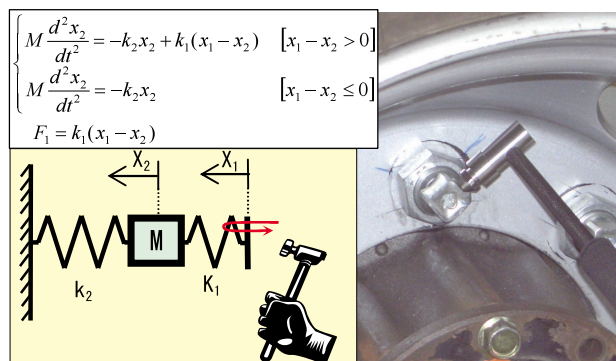


図1 インパルスハンマの打撃モデル

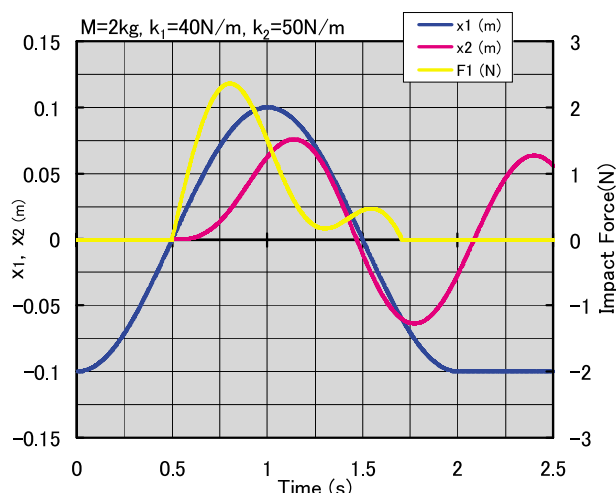


図2 バネ定数 k_2 が低い場合(事象A)

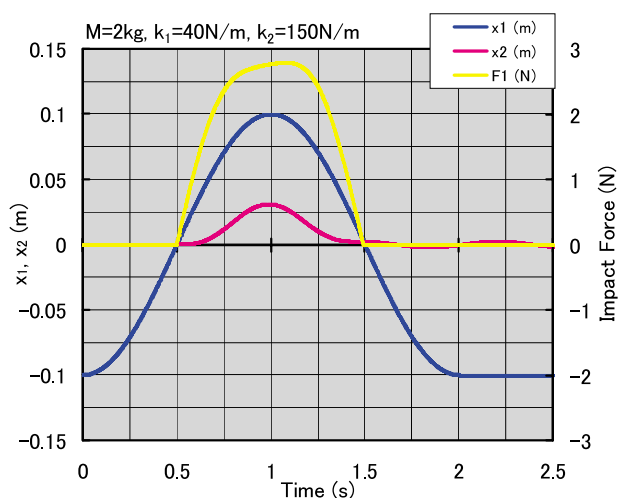


図3 バネ定数 k_2 が高い場合(事象B)

同一であるにもかかわらず打撃力 F_1 の時間波形は大きな違いを見せていることがわかる。

そこで、 k_2 のバネ定数の数値の大小でどの程度変化するか検討した。評価関数としては、統計解析で使用されている歪度とした。歪度は、平均値まわりの3次モーメントの期待値を標準偏差の3乗で除した値であり、時間波形が左右で非対称の場合に大きな値となる。図4に計算結果を示す。もし、折損ボルトを使用した場合が事象Aとなり、正常ボルトを使用した場合が事象Bとなった場合には、歪度を評価関数とすればボルト折損が検知可能となる。

3. 模擬実験による検討

簡易シミュレーションの解析でボルト折損検知の可能性があることから、JIS 8本方式の大型車複輪用の模擬車軸装置を用いて、正常ホイールボルト及び折損ホイールボルトを交互に1本のみ使用し、タイヤ付鉄ホイール(22.5×7.5)をインナーナット・アウターナットで模擬車軸装置のハブに固定した。このホイールボルトのインナーナットを市販のインパルスハンマ(Range~2000N)で打撃した。なお、注目しているホイールボルト以外のホイールボルトは正規締め付けトルクで締め付けられている。

図5に折損ボルトの場合、図6に正常ボルトの場合を示す。打撃反力波形に違いがあることがわかる。また、図7に、歪度に関する全データ(N=182)の箱髴図を示す。図から類推すると、歪度が約0.7以上であれば折損ボルトの可能性が高く、歪度が約0.25以下であれば正常に締め付けられているボルトの可能性が高い。なお、これ以外の0.25~0.7の中間の値は、ナット緩みの可能性があり、数値が大きいくほどナット緩みが多くなる傾向を示している。

4. まとめ

今回実施した簡易シミュレーション及び模擬実験から以下のことがわかった。

- 簡易シミュレーション解析では、同一のストロークタイミングで構造体を打撃しても、ある特定のバネ定数(k_2)の違いで打撃力の時間波形が変化することがわかった。
- インパルスハンマで JIS 8本方式の複輪用インナーナットを打撃し、その力波形の違いを歪度で評価した場合には、その数値からボルト折損検知が可能であることがわかった。

今後、これにより本方式を利用した簡便な検知ツールの開発が可能であることが考えられる。

最後に、本報告にあたりリオン株式会社様からご協力をいただきましたので、ここに謝意を表します。

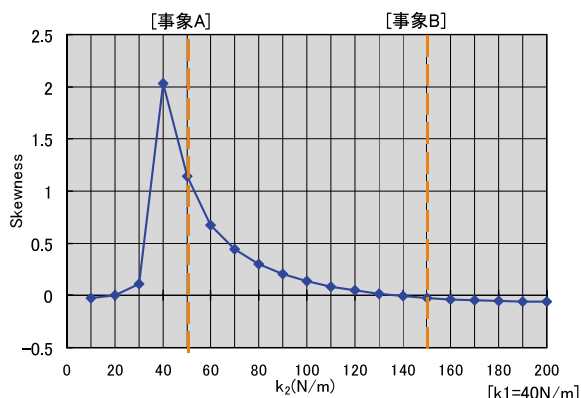


図4 評価関数を歪度とした場合

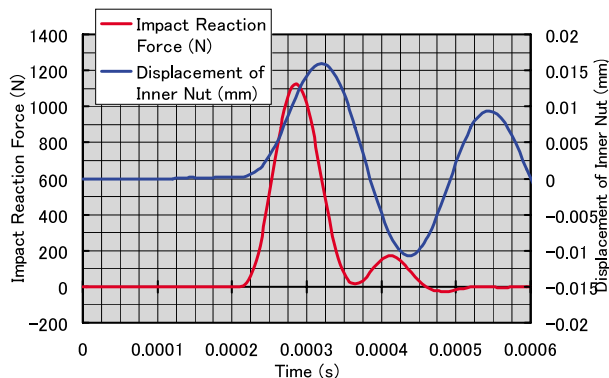


図5 折損ボルトの場合

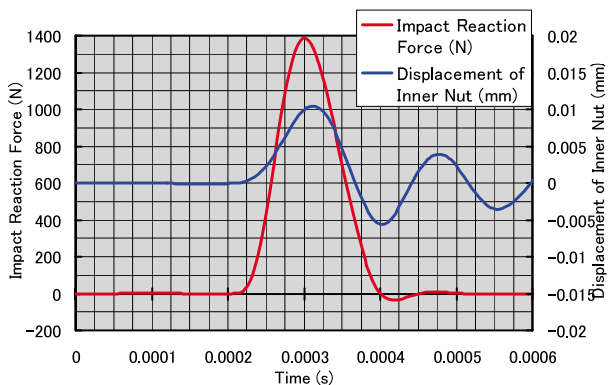


図6 正常ボルトの場合

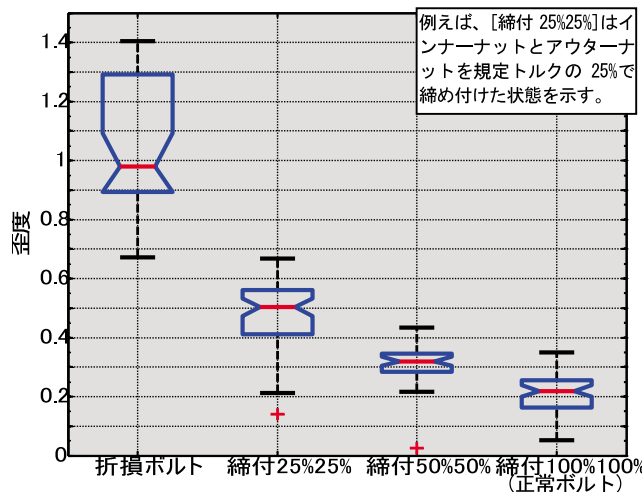


図7 ボルト折損検知の評価関数の箱髴図