

## 超音波法を用いた新幹線レール締結装置ボルトの軸力測定

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○菅田 智也  
 西日本旅客鉄道株式会社 川端 慎治  
 西日本旅客鉄道株式会社 田中 恒平  
 西日本旅客鉄道株式会社 重永 三郎

## 1. はじめに

現在、北陸新幹線のレール締結装置は、列車走行による変動応力などにより、ボルトの所定の締結力が徐々に失われていくことや、ねじ部錆付きによる緊解作業への影響があることが想定され、ある一定周期で締直しを実施している。しかしながら、現在の締直し周期内でボルト緩みの発生は極めて少ないため、周期延伸が可能と考えられる。

周期延伸を判断するためには、設計レール押え力を満たすためのボルト軸力推移を長期的に把握すべきである。一般的にボルト軸力は、ひずみゲージを用いて測定することができるが長期的な計測には不向きであり、これを可能とする簡易な手法は確立されていない。また、施工場面では、軸力を間接的に把握するため、測定が容易なトルク値を介して締結力を管理しているが、トルク値はボルトの緊締時には測定できるものの、緊締後に同一ボルトで繰り返し変化量を把握することができない。そこで、繰り返し計測可能な方法として、超音波でボルト長を計測し軸力に換算する方法（以下、超音波法という。）に着目し、この手法の適用可否を判断するとともに、ボルト軸力の推移を長期にわたり定量的に把握することとした。

## 2. 測定方法

2018年2月に北陸新幹線に敷設されている直結8形（改）締結ボルト（以下、直8板ばねボルトという。）、直結4K形締結ボルト（以下、直4板ばねボルトという。）のレール締結装置を対象とし、超音波を伝播させるためのチップを頭部に張り付けたうえで計測を実施した（写真1, 2）。今回、約1年間で計4回の計測を行いボルト軸力の推移を記録した。ボルトの内訳は直8板ばねボルト20本、直4板ばねボルト20本である。

超音波法を用いたボルト軸力測定は、①締付前のボルト長計測、②所定トルクでの締付、③締付後のボルト

長計測、④軸力への換算の手順で行った。軸力への換算は式(1)により行った<sup>1)</sup>。



写真1 計測ボルト 写真2 超音波法による測定

$$\text{軸力(N)} = \frac{A \times E}{E_L} \times \Delta L \times 10^{-3} \quad \text{式(1)}$$

ここで、 $A$ :ボルト断面積(mm<sup>2</sup>)、 $E$ :ヤング率(N/mm<sup>2</sup>)、 $E_L$ :有効長(mm)、 $\Delta L$ :伸縮量(mm)

軸力への換算には、ボルトの有効長の把握が必要となる。有効長とは、ボルトの全長のうち頭部やナット、埋め込み栓のねじ部など伸びが生じない箇所を除いた部分であり、実際に軸力の発生により伸びが発生している部分の長さを指す。直8、直4の板ばねボルトの場合、図1に示す長さを実測等により把握した。

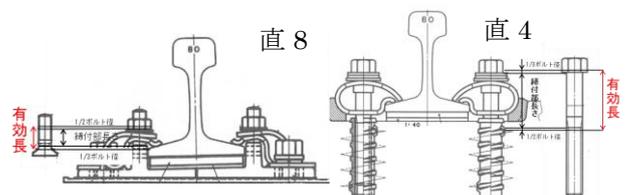


図1 軸力換算のための有効長

## 3. 測定値の妥当性検証

これまで、超音波法でレール締結装置の板ばねボルト軸力を計測した前例はなく、どの程度の軸力が計測されるか不明であった。そのため、本線での検証に先立ち訓練設備内で測定値の妥当性を検証した。超音波

キーワード：レール締結装置 超音波法 ボルト軸力測定 周期延伸

連絡先：〒930-0001 富山県富山市明輪町1番300号 西日本旅客鉄道(株)金沢支社 富山新幹線保線区 TEL076-431-7314

法での測定値の妥当性を判断するために、一般的に部材応力測定に使用され、過去知見<sup>2)</sup>から直8タイププレートボルトの軸力計測に実績のあるひずみゲージを用いた測定値と比較することとした。具体的には、同一ボルトにひずみゲージと超音波法で計測するためのチップの両方を張り付け、あるトルクで緊締した場合の軸力を比較することとした。今回は直4板ばねボルトのみで検証した。図-2にその結果を示す。

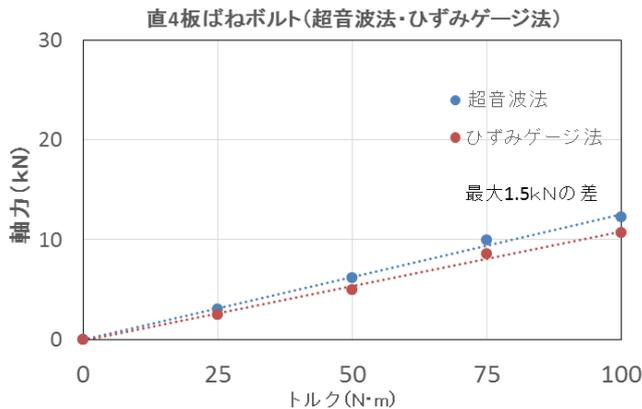


図2 超音波法とひずみゲージでの測定結果

超音波法で計測した軸力は、ひずみゲージで計測した軸力と最大でも1.5kNの差であった。値に大きな差が見られないこと、トルク値と軸力に比例関係が認められたことから、今回の超音波法での軸力計測は一定の妥当性があると判断した。

#### 4. ボルト軸力推移の把握（本線検証）

レール締結装置のボルト緊締直後は、ボルト頭部やナットのへたりなどで軸力が減少するものの、長期的には一定値に収束し落ち着くと仮定のもと、営業本線で直8板ばねボルト20本と直4板ばねボルト20本のボルト軸力の推移を図3,4のとおり把握した。

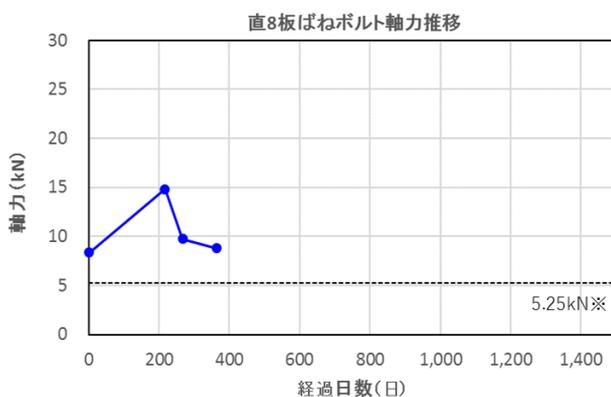


図3 直8板ばねボルト軸力推移

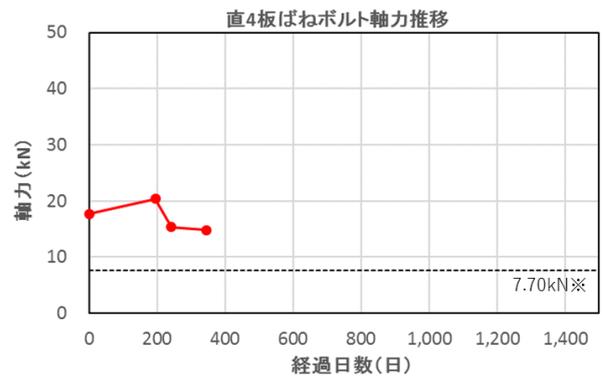


図4 直4板ばねボルト軸力推移

※レール押さえ力  $P=3.1\text{kN}$  を満たすボルト軸力

図3,4より直8および直4の板ばねボルトの軸力は、年間で変動があり、当初仮定していた挙動を確認することができなかった。過去の知見を見ると、直8のタイププレートボルトについては、約100kNの初期軸力が約2年で20%程度減少し、その後落ち着く予測が提案されている<sup>2)</sup>。今回計測した2種類のボルトは、直8タイププレートボルトと比べると、板ばねを介した構造であること、設定トルク値が小さいことなどの違いがあることから、各部材温度などが影響して軸力が増減しているのではないかと考えている。今後は、これらの原因究明を進めるとともに、データ取得を長期的に継続していきたい。

#### 5. まとめ

- レール締結装置の同一ボルトに対し繰り返しボルト軸力を計測可能な超音波法の適用を検討するため、直4板ばねボルトを例にとり、ひずみゲージで計測した結果と比較することで一定の妥当性を確認した。
- 直8、直4板ばねボルトについて約1年間のボルト軸力推移を把握したが、年間で変動がありその傾向を把握することができなかった。

今後も、本研究の軸力測定を継続し、長期的なボルト軸力推移を把握したうえで、レール締結装置の締直しの周期延伸を実現させたい。

#### 参考文献

- 吉川瑛人, 渡辺孝一: 超音波ボルト軸力計による高力ボルト軸力測定, 土木学会中部支部研究発表会, 2009
- 施設研究ニュース: No.242 2010.10.01 財団法人鉄道総合技術研究所 施設研究ニュース編集委員会