

可動案内板密着調整ネジの破断原因に関する一考察

○正会員 (株)ゆりかもめ 技術部 穴沢秀昭
 東亜道路工業(株) エンジニアリング部 真鍋和則
 (株)東京測器研究所 計測技術部 平井和英

1. はじめに

平成 23 年 2 月, 東京臨海新交通臨海線(ゆりかもめ)営業線内において, 可動案内板密着調整ネジ(以下, ネジ)がロックナットによる固定部分で破断した(図 1.1 参照). ネジが破断したことにより, 可動案内板の動きに支障が生じ, 列車運行の停止に繋がったため, 何らかの対策を施す必要が生じた.

そこで, ネジに発生する応力を把握することを目的とし, ネジの破断箇所にはひずみゲージを貼り付け, 列車走行時に生じるひずみを計測した.

本稿は, ひずみ計測用ネジの製作, 計測方法, 計測結果およびネジの疲労破壊に関する一考察について報告するものである.

2. ひずみ計測用ネジの製作

図 1.1 に示すように, ネジの破断箇所はロックナット根元のワッシャー位置付近であったため, その位置にひずみゲージを貼り付けた.

製作図を図 2.1 に示す. 製作手順は, ネジの谷部から 4(mm)×4(mm)の溝切りを 4 箇所行い, ネジ端部からワッシャーまでの距離(70(mm))と, ひずみゲージ中心が一致するようにそれぞれ貼り付け, 溝切り部分については, ひずみゲージのケーブルを這わせた後にエポキシ樹脂で充填した.



図 1.1 可動案内板外観と密着調整ネジ破断箇所

3. ひずみ計測方法

ゆりかもめの車両形式には, 側方案内方式 2 軸 4 輪ステアリング式(以下, ステアリング式)と側方案内方式 4 案内輪式車軸ボギー式(以下, ボギー式)の 2 種類がある. 案内輪の位置および個数が異なることから,

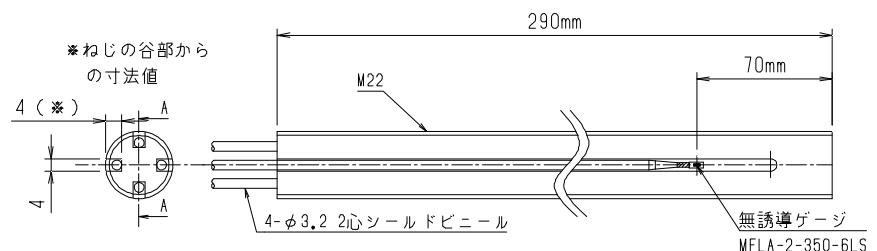


図 2.1 ひずみ計測用ネジの製作図

可動案内板への負荷のかかり方が異なってくるため, これら 2 種類の車両に対してひずみ計測を行った. なお, 全ての計測において, ひずみデータのサンプリング周波数は 1000Hz(1ms)とした.

キーワード: ネジの破断, ひずみ, 応力, 疲労限度, 疲労破壊, 疲労曲線

連絡先 : 〒135-0063 東京都江東区有明 3-13-1 TEL 03-3529-7784 FAX 03-3529-7773
 : 〒106-0032 東京都港六本木 7-3-7 TEL 03-3405-1813 FAX 03-3405-4210
 : 〒140-8560 東京都品川区南大井 6-8-2 TEL 03-3763-5617 FAX 03-3763-5734

4. ネジに発生する応力

列車走行時にネジに生じる応力は、フックの法則($\sigma = E \cdot \epsilon$)を用いて、計測したひずみに鋼のヤング係数 $2.0 \times 10^5 (\text{N/mm}^2)$ を乗じて求めた¹⁾。

図4.1にステアリング式およびボギー式の発生応力を示す。ステアリング式の案内輪個数は1車両片側あたり12個であることにに対し、応力波形のピーク箇所数は6箇所となっている。また、ボギー式の案内輪個数は24個であることにに対し、ピーク箇所数は12箇所となっている。これより、全ての案内輪の通過によって、応力のピークが発生するのではなく、いずれの車両形式においても2番目の案内輪通過時にピークが現れていることがわかる。ステアリング式の列車通過時の最大

発生応力は、引張側で約 $50 (\text{N/mm}^2)$ 、圧縮側で約 $56 (\text{N/mm}^2)$ となっている。一方、ボギー式の列車通過時の最大発生応力は、引張側で約 $110 (\text{N/mm}^2)$ 、圧縮側で約 $140 (\text{N/mm}^2)$ となっている。車両形式の違いにより、引張応力および圧縮応力に約2.5倍の差が見られ、ボギー式が通過したときの発生応力が大きいことがわかった。

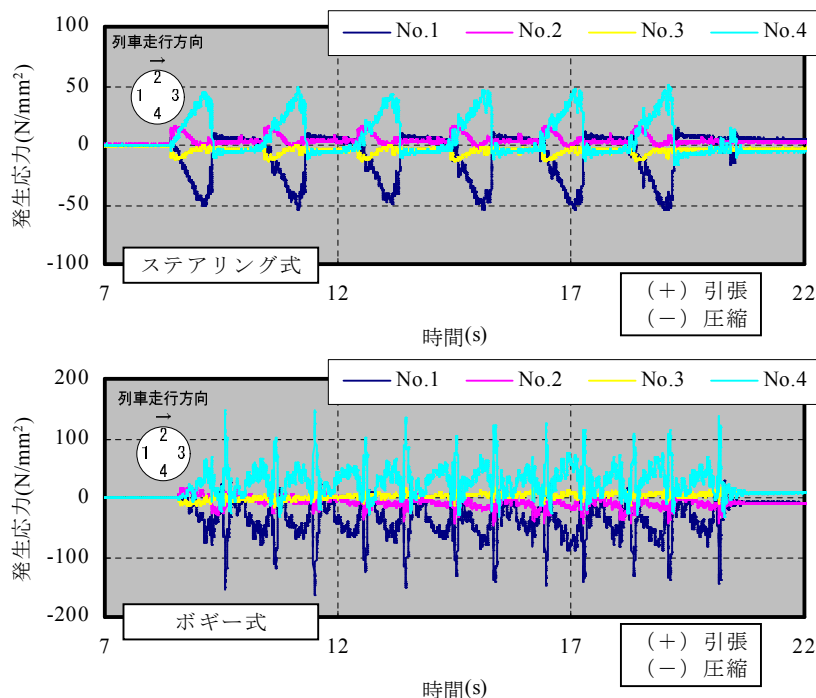


図4.1 ステアリング式車両およびボギー式車両走行時の発生応力

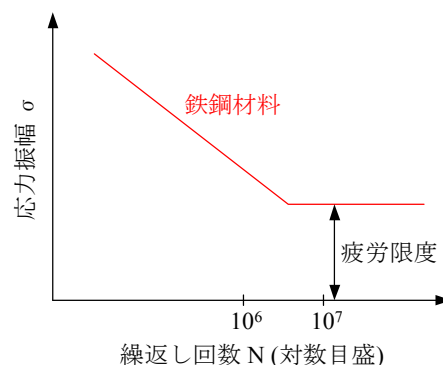


図5.1 疲労曲線の概念図

5. 疲労限度および疲労曲線による一考察

ここでは、ネジの締付け力にプラスして、繰返し応力を特定回数加えたときにおいても、疲労破壊に至らない最大応力(以下、疲労限度)との比較検討を行った。ステアリング式車両およびボギー式車両の応力振幅は、ネジ材質のSS400(強度区分4.8, M22)の疲労限度の推定値 $45 (\text{N/mm}^2)$ ²⁾ を上回る応力が発生することもあったため、疲労破壊に至る可能性があることがわかった。さらに、鉄鋼材料がどの程度の繰返し応力に耐えるかを示す疲労曲線の概念図(図5.1)より、疲労限度を超える負荷を受けたとしても、繰返し回数が少ない場合であれば、直ちに破壊に至らないことも確認できた。

6. まとめ

ネジの破断に関する原因究明の第一段階として、列車走行時にネジに生じるひずみから発生応力を算出した。発生応力は、ネジの材質であるSS400の疲労限度と同等もしくは車両形式によって2倍以上となる場合もあったため、一定期間の使用により、疲労破壊を起こす可能性があることがわかった。今後は、SS400の疲労曲線を求め、使用可能年数を推定することにより、最適な交換時期や日常管理の目安を決定したいと考えている。

【参考文献】

- 1) 社団法人 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅰ共通編，p.82，平成14年3月。
- 2) 独立行政法人 科学技術振興機構：事例に学ぶ設計，2002年3月。