

接着絶縁継目板ボルトの緊締トルク低減時における継目板拘束力の検証

J R 西日本 正会員 ○山村 誠司

J R 西日本 正会員 金岡 裕之

鉄道総研 正会員 山根 寛史

鉄道総研 若月 修

1. はじめに

近年、山陽新幹線に敷設されている接着絶縁継目板ボルト（以下、「IJ ボルト」と呼ぶ）の折損事象が発生している。その内の約 70%が曲線半径 4000m 以下の外軌側に集中しており、折損した IJ ボルトの破面観察より、IJ ボルトは疲労破壊したものと考えられる。したがって、何らかの理由により生じた変動応力が IJ ボルト折損に影響していると考えられる。

そこで、IJ ボルトの折損対策の一つとして、IJ ボルトの組立て時の緊締トルクを低減し、ボルト自体に生じる平均応力を低減させ、変動応力に余裕を持たせることで折損を防止する手段を検討した。一方、緊締トルクを低減することは、接着層が剥離した場合の継目板拘束力の低減につながり、接着絶縁継目（以下、「IJ」と呼ぶ）開口時のリスクが高まることが懸念される。そのため、IJ 開口時にあっても、普通継目程度の継目板拘束力を有することを確認する必要がある。

本稿では、IJ ボルトのトルク低減時の継目板拘束力への影響を確認することを目的とし、引張試験による継目板拘束力の測定を行い、トルク低減の可否について検討した結果を報告する。

2. 緊締トルクの低減の考え方

今回試験に用いたクローム鋼(Scr440)を使用した IJ ボルトの緊締トルクとボルト応力の関係を測定したところ、図-1 のようになった。これより、従来の IJ ボルトの緊締トルク 500N・m の場合、ボルトに発生する応力は 510 N/mm² 程度であることが分かる。また、緊締トルクを 350N・m に低減した場合、発生する応力は 340 N/mm² 程度と約 2/3 まで減少する。

一般的に疲労限度は、平均応力の減少に比例して、許容する変動応力は大きくなる。したがって、緊締トルクを低減させて、IJ ボルトに発生する平均応力を下げることが変動応力に対する余裕度を向上させることにつながり、IJ ボルト折損対策となり得ると考えた。また、低減時の緊締トルクの値については、IJ 開口時のリスクを考慮し、普通継目程度の継目板拘束力を確保することのできる緊締トルクを選定することとした。

3. 試験方法

緊締トルクを低減した場合、接着層の剥離による IJ 開口時の継目板拘束力に影響が及ぶと考えられる。そこで、静的な引張破壊試験により接着層を強制的に剥離させた供試体の IJ ボルトを緊締トルク 500N・m 及び 350N・m で再度緊締し、静的引張試験により、継目板拘束力を測定した。

静的引張破壊試験では、オルゼン形万能試験機(最大荷重 4900kN)を、静的引張試験では、レール曲げ疲労試験装置(最大荷重 1000kN)を使用した。図-2 に静的引張試験の状況を示す。

なお、引張破壊試験で開口した供試体は、破壊前の状態に戻してから IJ ボルトを緊締した後、静的に引張荷重を載荷した。

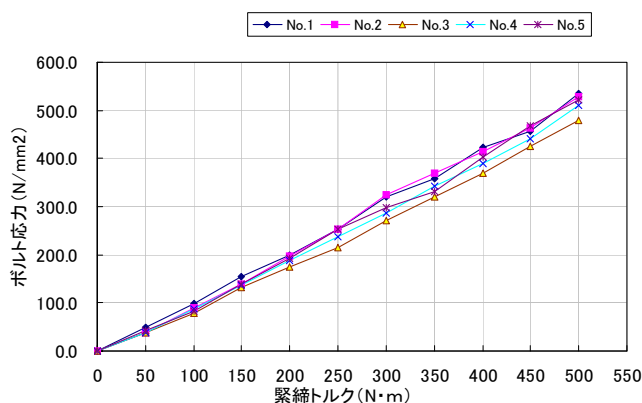


図-1 緊締トルクとボルト応力の関係



図-2 静的引張試験の状況

キーワード 接着絶縁継目, ボルト, トルク, 引張強度, 継目板拘束力

連絡先 〒530-8341 大阪府大阪市北区芝田二丁目4番24号 TEL 06-6375-8162

4. 試験に用いた供試体

今回の試験において使用した供試体は、JIS E1125 において定められている引張試験に使用する供試体と同等の 60kg レール用接着絶縁レール（以下、「IJ レール」と呼ぶ）である。ただし、トルク低減の影響を確認するために、IJ レールの製造時の緊締トルクを $350\text{N}\cdot\text{m}$ とした。

5. 試験結果

(1) 静的引張破壊試験

3 体の供試体について実施した引張破壊試験で得られた引張強度の最小値は、 3.40MN であった。これは、JIS E1125 で定められている IJ レールの最低引張強度 2.25MN の約 1.5 倍である。

(2) 静的引張試験

IJ ボルトの緊締トルク毎の引張荷重とレール変位の関係を図-3 及び 4 に示す。IJ ボルトの軸力により付加される静止摩擦力を引張荷重が超過しレール変位が 1mm 生じた時の引張荷重を継目板拘束力とした。緊締トルク $500\text{N}\cdot\text{m}$ の場合、3 体の継目板拘束力の平均値は約 510kN であるのに対して、 $350\text{N}\cdot\text{m}$ の場合、3 体の継目板拘束力の平均値は約 330kN となり、 $500\text{N}\cdot\text{m}$ の場合の約 65% であった。

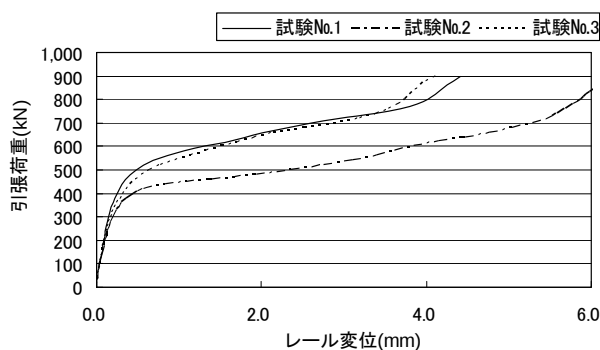


図-3 引張荷重とレール変位の関係
(緊締トルク $500\text{N}\cdot\text{m}$)

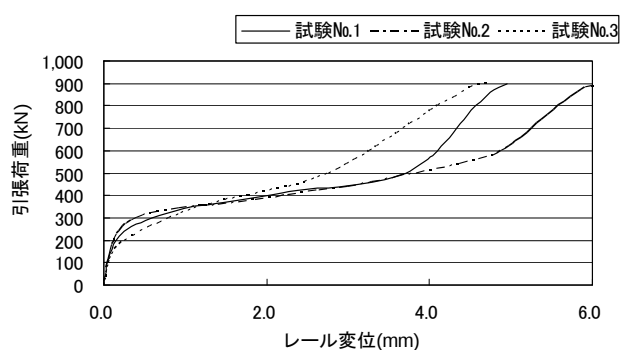


図-4 引張荷重とレール変位の関係
(緊締トルク $350\text{N}\cdot\text{m}$)

6. 考察

今回行った引張破壊試験で確認された引張強度の最小値は 3.40MN であり、IJ ボルトの緊締トルクを $350\text{N}\cdot\text{m}$ とした場合でも、JIS に規程される IJ レールの最低引張強度を満足することがわかった。

次に、静的引張試験の結果、緊締トルク $350\text{N}\cdot\text{m}$ の場合の IJ レールの継目板拘束力の平均値は約 330kN であった。既往の研究¹⁾より普通継目の継目板拘束力は、60kg レールで緊締トルク $500\text{N}\cdot\text{m}$ の場合 339kN であるのに対して、緊締トルク $350\text{N}\cdot\text{m}$ の場合の IJ レールの継目板拘束力の平均値は 97% であった。したがって、60kg レールの普通継目の継目板拘束力とほぼ同等の効果が期待できることがわかった。この理由としては、継目板とレールの間に乾式接着材が介在しており、普通継目と比較して構成部材相互の摩擦係数が高いためと推定される。

以上の結果から、IJ レールの製造時の緊締トルクを $350\text{N}\cdot\text{m}$ に低減させた場合においても、IJ レールの引張強度等への影響はないものと考えられる。

7. まとめと今後の課題

今回の試験結果から、IJ ボルトの緊締トルクを $350\text{N}\cdot\text{m}$ に低減させた場合でも、60kg レールの普通継目における継目板拘束力とほぼ同等の効果が期待できることがわかった。

今後の課題としては、トルク低減による IJ ボルトの緩みの発生有無や IJ ボルト折損原因の検証が挙げられる。平成 20 年 10 月から、IJ ボルトの緊締トルクを $350\text{N}\cdot\text{m}$ とした IJ レールを山陽新幹線において試験敷設しており、現在まで、IJ ボルトの緩みは確認されていない。今後は、動的繰返し载荷試験を行い、IJ ボルトの緩みの発生する可能性について検討する計画である。また、変動応力の発生状況の確認を行い、更に検討を深め、早期に山陽新幹線で標準化を実現させることとしたい。

参考文献

1) 須田征男他：「新しい線路」、社団法人 日本鉄道施設協会、1997 年 3 月