

ピン結合トラスの実態調査および今後の維持管理方法の提案

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○立石 和也 東日本旅客鉄道(株) 正会員 露木 寿
 東日本旅客鉄道(株) 三宅 浩一郎 東日本旅客鉄道(株) 正会員 阿部 雄太

1. はじめに

東日本旅客鉄道株式会社では、架設後 100 年を経過したピン結合トラスの維持管理を行っている。ピン結合トラスとは、格点に集まる各部材をピン結合とした、トラス理論に忠実な橋りょうである。構造上、ピンを直接目視することが困難なため、これまで目視検査とは別に、斜材アイバーの固有振動数の測定、およびキャンバーの測定を行い、変化を監視することになっている。その結果、近年では図 1 に示すような、アイバーの振動数に部材間での差(アンバランス)が生じたり、著しく過緊張となったりしている橋りょう(以下、本橋りょうとする)が存在することが明らかになった。本橋りょうでは、図 2 に示すようにキャンバーの低下が認められる箇所もある。しかし、これらは死荷重状態で測定したものであり、活荷重下での応力状態は不明である。そこで今後の修繕の必要性を検討するため、斜材アイバーの応力測定と詳細な目視調査を行った。

2. 斜材アイバーの応力測定

本橋りょうの振動数測定の結果から、図 1 で表す「緊張と弛緩の組となっている 2 組(①④)」, 「内外で過緊張となっている 1 組(②)」および「振動数が標準値で健全といえる 1 組(③)」の合計 4 組 8 本の斜材を選定し、過去に切損事例が多く見られているアイバーの首部にひずみゲージを貼り付け、応力測定を行った。

既に得られている振動数から算出した死荷重応力度の結果に、活荷重応力度の測定結果を加えたものを図 3 に示す。アイバーが過緊張と思われる箇所では、死荷重応力度が相対的に大きくなっているが、活荷重応力度に特段差は見られない。一方で、アンバランスが生じている箇所では、緊張側の箇所で活荷重応力度も大きくなる傾向であった。つまり本橋りょうでは、アイバーの内外振動数差のある斜材にて、列車通過状態での応力状態に大きな差が発生していることになる。なお、現状では保守限応力度を超えている箇所は確認されなかった。

列車通過時の応力時刻歴を図 4 に示す。アンバランスの箇所では内外アイバーの最大応力度に差があるものの、波形は同様であり、位相にずれは見られなかった。既往の研究¹⁾では、緊張側にて最大応力変動が 1 回発生するのに対して、弛緩側にて構面直角方向の振動に起因する応力変動が多数回発生するという記録があるが、本橋りょうでは同様の現象は起きていないことから、緊張や弛緩を原因としたアイバーの異常振動は発生していないと考えられる。

一方で過緊張と思われる箇所では、アイバーに圧縮・引張の繰り返し荷重が作用しており、他の緊張アイバーとは異なる傾向を示していた。このアイバーの構造上の特徴を確認すると、中央格間に位置し、2 組 4

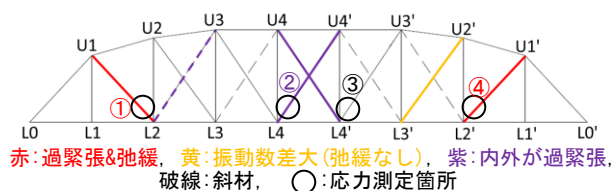


図1 アイバー振動数測定結果(左側)と応力測定箇所

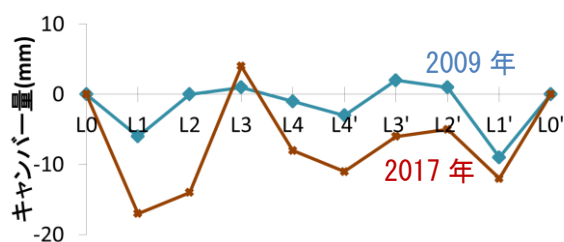


図2 キャンバー量測定結果(左側)

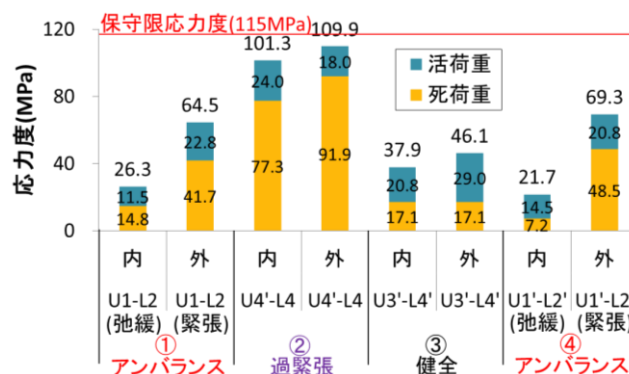


図3 アイバー死荷重・活荷重応力度

キーワード 鉄道, 橋りょう, ピン結合トラス, 応力測定

連絡先 〒950-0086 新潟市中央区花園 1-1-4 東日本旅客鉄道(株)新潟土木技術センター TEL025-248-5262

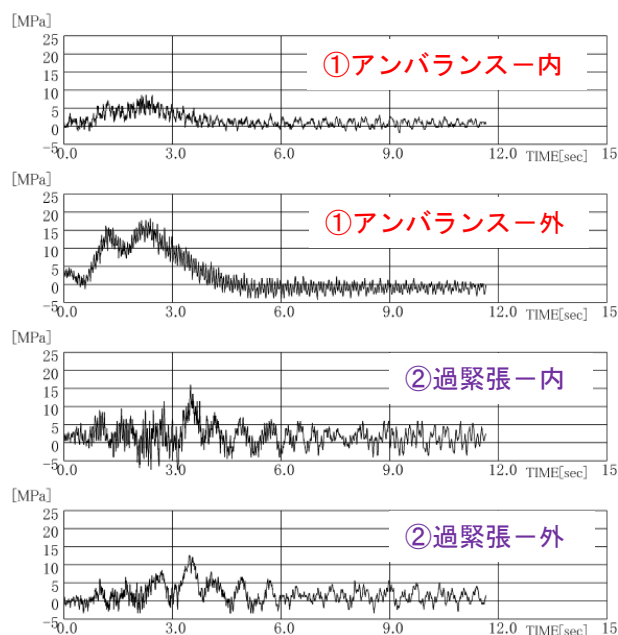


図4 列車通過時の応力時刻歴



図5 中央格間交差部のブレ止め

本のアイバーがそれぞれ接触するように交差していることが分かる(図5)。従って交差するアイバーの互いの振動が影響し合い、それが波形に表れている可能性がある。振動数測定において、アイバーに作用する応力が同じでも、格点間距離が短くなると振動数は高くなる。中央格間ではアイバーがブレ止め位置で干渉して節となり、二次振動モードが卓越することで、振動数が高く、波形に応力変動が数多くなっていると考えられる。従って、振動数から算出した死荷重応力度についても実際より過大となっている可能性が考えられる。今後原因となっているブレ止めを外したうえで振動数測定を実施し、振動モードの検証を行いたい。

3. 斜材アイバーの疲労照査

アイバーの疲労による切損の可能性を検討するため、アイバーの首部における疲労照査を行った。具体的には、既往の研究¹⁾により判明しているアイバー形状別の疲労曲線に基づき、累積疲労損傷度の計算を行った。その結果、最大の損傷度は中央格間のアイバーにて 1

列車あたり 0.068×10^{-6} 、供用年換算で 4,029 年となり、通常走行する列車では疲労にほとんど影響しない。ただし、本橋りょうは転用前を含めると 100 万回程度の機関車の通過が推定され、過去に発生した富士川橋りょうでの切損事例における通過本数を超過している。波形やこれまでの通過本数を加味すると疲労の影響が大きいと思われるが、まずは 2. で述べた検証を行い、実態を把握する必要があることに留意すべきである。

4. 目視調査

本橋りょうはアンバランスの箇所が支点部近傍に見られ、アイバーの摩耗の可能性が懸念される。摩耗が進行すると、アイバーとピンの接触部から錆汁が発生することがあるが、関連するピンの箇所を目視したところ、錆汁は確認されなかった。一方で支点部近傍は設計上応力度が大きいため、摩耗の要因となる。また、他のピン結合トラスにおいても支点部近傍で標準振動数からの逸脱が集中している傾向が見られる。そのため、支点部近傍は検査時の重点監視箇所とする。

本橋りょうについては、保守限応力度までの余裕があり、疲労の進行の恐れもないことから、即時の修繕は必要ないと考えられる。しかし、中央格間での高振動波形やアンバランスの部材があることから、今後も継続的な実態調査や応力測定を行っていく。

5. まとめ

調査の結果得られた内容および今後の維持管理方針について以下にまとめる。

- (1) アイバーの振動数に部材間で差を生じている箇所では、緊張側で活荷重も大きくなっており、列車通過状態での応力状態に大きな差が生じているが、保守限応力度は超過していない。
- (2) 中央格間の過緊張箇所では、アイバー同士の間隔により振動モードが変化し、実際よりも死荷重応力度を過大に見積もっている可能性がある。
- (3) 支点部近傍では多くのピン結合トラスで標準振動数からの逸脱が見られる。支点部近傍は、設計上応力の大きい箇所であり、摩耗の要因となる。今後の目視検査ではピンの回転や錆汁の発生に着目するとともに、異常振動を把握するための応力測定を定期的の実施していく。

参考文献

- 1) 西村 俊夫：ピン結合トラス橋の変状とその対策，鉄道技術研究報告，No. 483，1965. 7