

レール鋼製ノーズ可動クロッシングの可動レール叉部に発生する応力の低減

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○及川 祐也
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 田中 俊史
 (株) 峰製作所 正会員 西田 博貴

1. はじめに

新幹線が高速で通過する分岐器には、高マンガン鋼製のノーズ可動クロッシングが使用されている。高マンガン鋼は粘り強く割れにくいことや、耐摩耗性に優れているといった特徴を有している一方、超音波による内部の探傷検査が困難であることから、定期的に解体検査による傷の確認を実施するとともに、累積通過トン数による交換を実施している。そこで、超音波探傷による検査の効率化や交換周期の延伸によるコスト低減を目標にレール鋼製のノーズ可動クロッシングを開発した¹⁾。

ノーズ可動クロッシングの構成部材である可動レールは、固定部以外は締結されていないことなどから折損した場合、脱線事故を起こす恐れがある。さらに、可動レールの形状を考慮すると二又に分かれる部分が弱点箇所となり得ると考えられる。レール鋼製の場合、鋳造品である高マンガン鋼と比較して断面形状に対する設計の自由度は低く、また、断面形状を元のレール断面形状より大きくすることができないことから、可動レールの断面形状を検討し強度を向上することには限界がある。そこで、可動レールの叉部への負荷を軽減する方法として、大床板によって可動レールを連続的に支持することと間隔材によって剛性を強化することとしている。以下にこれらの検証結果を報告する。

2. レール鋼製ノーズ可動クロッシングにおける可動レールの概要

レール鋼製ノーズ可動クロッシングの主な構成部材は、図1に示すように可動レール、ウイングレールおよび大床板である。可動レールは、図2に示すように2本の80Sレールをアーク溶接で接合した二又レールと、特殊断面形状の100kgクレーンレールをガス圧接で接合している。

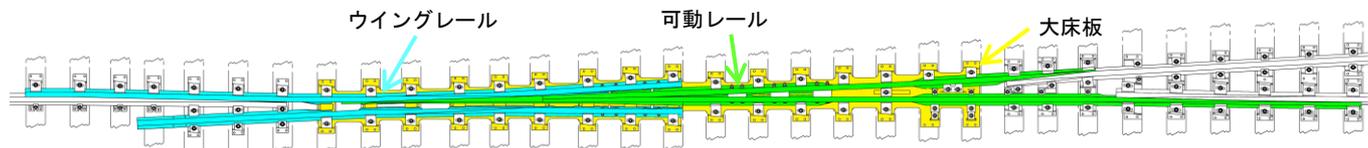


図1 レール鋼製ノーズ可動クロッシングの主な構成部材

3. 有限要素解析による間隔材および床板形状の効果の検証

解析モデルは、可動レール、ウイングレール、大床板、間隔材、レールブレスおよび座金をソリッド要素として構成し、各要素間には接触定義を設定した。また、大床板の底部にはまくらぎと接触する部分にばね要素を設けて軌道の支持ばねを模擬した。なお、軌道の支持ばねについては、通常のパラスト軌道を想定したもの（以下、「支持ばね標準」という。）と、浮きまくらぎなどによる支持状態の悪化を想定して支持ばね定数を1/4にしたもの（以下、「支持ばね1/4」という。）とした。

図3に示すように、大床板は可動レールをまくらぎ直上のみで支持する離散支持と、連続的に支持する連続支持の2種類とし、間隔材がある場合とない場合について、可動レール叉部に発生する応力を求めた。荷重は輪重を想定して鉛直方向に110.5kNとし、載荷位置は可動レール叉部の直上とその周辺のまくらぎ直上および中間とした。

可動レール叉部における最大主応力の解析結果を図4に示す。支持ばね標準、支持

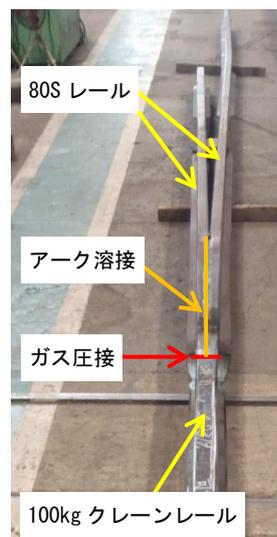


図2 可動レール

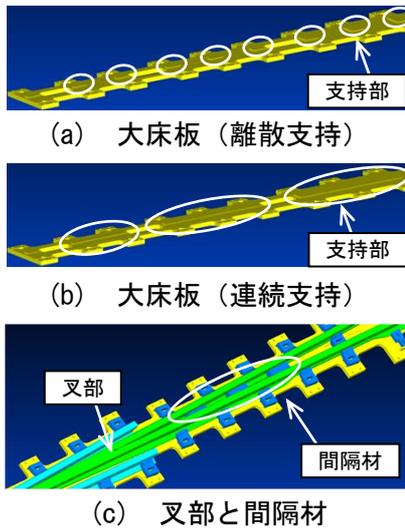


図3 大床板と可動レールの解析モデル

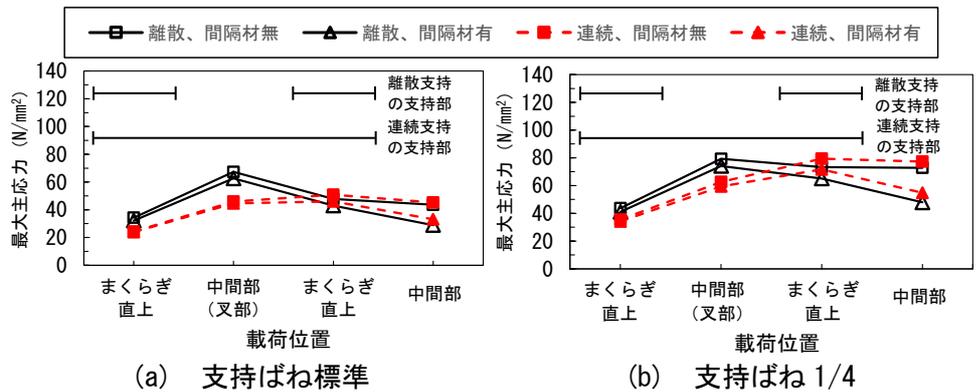


図4 可動レール叉部における最大主応力の解析結果

ばね 1/4 とともに最大値は、離散支持では叉部に荷重したとき、連続支持ではまくらぎ直上に荷重したときに発生し、それらの値を比較すると連続支持の方が小さかった。また、間隔材があることによって最大主応力は小さくなっている。これらのことから、大床板による連続支持および間隔材により可動レール叉部に発生する応力が低減することが確認できた。なお、本解析で得られた最大主応力の最大値は、離散支持、間隔材なし、支持ばね 1/4、まくらぎ直上荷重のときの 79.5N/mm^2 であり、この値はこれまで分岐器の設計において使用されてきたレールおよびレール弾性部の許容応力度 196N/mm^2 および 137.2N/mm^2 と比較すると十分に小さい²⁾。

4. 組立試験による間隔材挿入時に発生する応力の検証

間隔材があることによって可動レールの叉部に発生する応力が低減することは分かったが、間隔材は可動レールに対してくさびの形状をしているため、組立時において間隔材を可動レールに挿入する際に叉部に大きな応力が発生する懸念がある。

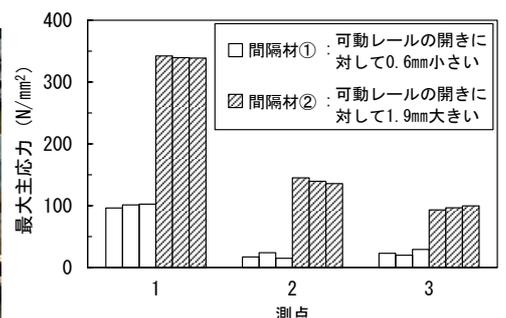
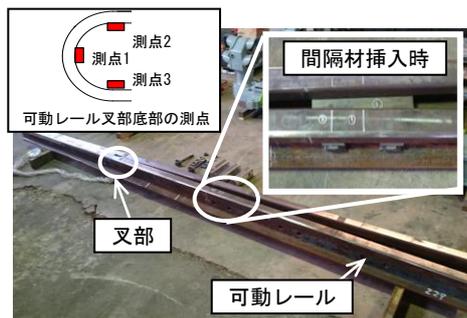


図5 間隔材挿入時に可動レール叉部底部に発生する応力

そこで、可動レールに間隔材を挿入した際に発生する応力を測定した。測定の条件として、可動レールと間隔材の製作公差を考慮して、可動レールに開きに対して間隔材が 0.6mm 小さい状態と 1.9mm 大きい状態を設定した。測定の状況と結果を図5に示す。間隔材が可動レールの開きより 1.9mm 大きい場合、可動レール叉部に 300N/mm^2 以上の応力が発生することを確認した。この結果から、例えば可動レールと間隔材の製作公差をそれぞれ $\pm 1\text{mm}$ としても、組み合わせによっては大きな応力が発生することが分かった。このことから、可動レールおよび間隔材はそれぞれの製作公差だけではなく、相対的な製作公差を設定する必要がある。

5. まとめ

以上の結果を踏まえ、レール鋼製ノーズ可動クロッシングでは可動レール叉部の発生応力を低減するため、大床板により連続的に支持するとともに、間隔材により剛性を強化することとした。また、組立時において間隔材を可動レールに挿入する際に叉部に大きな応力が発生しないよう、可動レールと間隔材の相対的な製作公差を設定する必要があることが分かった。

参考文献

1) 及川祐也, 西田博貴: レール鋼製ノーズ可動クロッシングの性能評価, 土木学会第70回年次学術講演会概要集VI-480, 2015. 9
 2) 佐藤泰生: 分岐器の構造と保守—増補改訂版—, 一般社団法人日本鉄道施設協会, p. 410, 2017. 3