

新幹線用レール鋼製ノーズ可動クロッシングの在来線軌道における挙動確認試験

(公財)鉄道総合技術研究所 正会員 ○佐藤 弘規
 (公財)鉄道総合技術研究所 正会員 塩田 勝利
 (公財)鉄道総合技術研究所 正会員 及川 祐也

1. はじめに

現在、新幹線の本線におけるノーズ可動クロッシングは全て高マンガン鋼製である。高マンガン鋼は超音波による内部傷の検査が困難であるため、解体検査により表面傷の有無を確認すると共に、定期交換を実施しており、保守管理に労力を要している。そこで、鉄道総研では超音波探傷による検査の効率化と交換周期の延伸による保守コストの低減を目的として、新幹線用レール鋼製ノーズ可動クロッシングを開発した¹⁾。

先行研究において、新幹線車両基地内で基準線側を30km/h程度で通過する状況下で性能確認を行った結果、その性能に問題ないことが確認されている²⁾。本報告では、新幹線本線への導入に向けた更なるステップとして、前述の車両基地以上の通過速度における本クロッシングの挙動確認および長期耐久性を検証するために、旅客・貨物列車が80km/h程度で通過する在来線軌道の一般区間に約2年間試験敷設を行い、車両通過時の挙動確認試験としてクロッシング各部位に発生する応力測定を行った(図1)のでその結果について述べる。



図1 挙動確認試験の状況

2. 挙動確認試験の概要

表1に本クロッシングの敷設箇所の概要を示す。なお、クロッシング部については既設のPCまくらぎを撤去し、合成まくらぎを使用している。挙動確認試験は、敷設約5か月後(累積通トン約600万トン)、約11か月後(同約1300万トン)、約15か月後(同約1800万トン)、約19か月後(同約2300万トン)の計4回実施した。挙動確認試験の測定項目を図2に示す。本クロッシングを通過する車両に対し、可動レール底部、可動レール弾性部、可動レール又部、大床板に発生する応力を測定した。また、通過する車両の輪重を把握するため、伸縮継目より走行方向手前の位置において輪重を測定した。なお、本測定では、車両通過前の状態における応力を基準として各軸が通過する際の変動値を読み取った。

表1 敷設箇所の概要

項目	内容
線形・勾配	在来線 一般区間 直線・勾配なし
軌道構造	60kgレール(定尺区間) PCまくらぎ・バラスト軌道
走行車両	旅客列車・貨物列車
走行速度	約80km/h
年間通トン数	14.5百万トン
敷設後走行方向	背向走行
敷設期間	2020年4月から約2年間

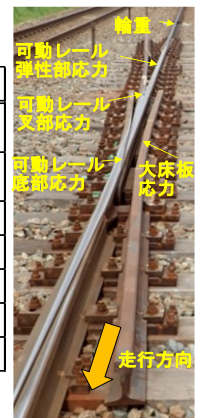


図2 測定項目

3. 挙動確認試験の結果

図3に、試験結果のピーク値の推移および各部材の許容応力値との関係を示す。なお、各部材の許容応力値は、可動レール底部および又部については196N/mm²、可動レール弾性部については137.2N/mm²、大床板(一般圧延鋼:SS400)については98N/mm²を用いた³⁾。その結果、累積通トンが2300万トンに達した敷設約19か月後も含め、敷設期間全体にわたり測定された各部位の発生応力の最大値は、各部材の許容応力値を大きく下回っていたことから、部材強度の観点で本クロッシングが在来線軌道において長期耐久性を有しているものと考えられる。また、本試験結果では先行研究における試験結果²⁾と比較して、可動レール底部および弾性部の発生応力がそれぞれ1.6倍、1.8倍となっているが、これは輪重の増加量(1.4倍)と概ね同等であることから、発生応力については輪重と関連があると推察される(図4)。なお、速度の増加量は3.4倍であった。

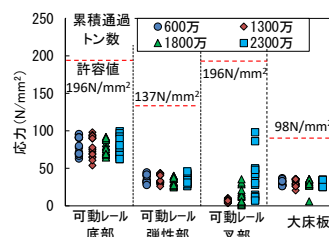


図3 ピーク値の推移

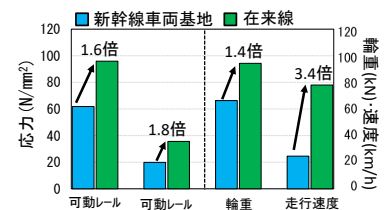


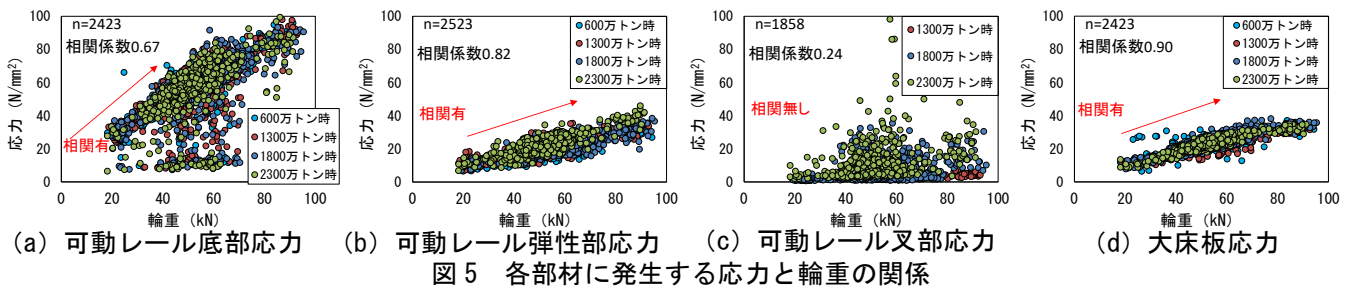
図4 過去の試験結果²⁾との比較

図3に、試験結果のピーク値の推移および各部材の許容応力値との関係を示す。なお、各部材の許容応力値は、可動レール底部および又部については196N/mm²、可動レール弾性部については137.2N/mm²、大床板(一般圧延鋼:SS400)については98N/mm²を用いた³⁾。その結果、累積通トンが2300万トンに達した敷設約19か月後も含め、敷設期間全体にわたり測定された各部位の発生応力の最大値は、各部材の許容応力値を大きく下回っていたことから、部材強度の観点で本クロッシングが在来線軌道において長期耐久性を有しているものと考えられる。また、本試験結果では先行研究における試験結果²⁾と比較して、可動レール底部および弾性部の発生応力がそれぞれ1.6倍、1.8倍となっているが、これは輪重の増加量(1.4倍)と概ね同等であることから、発生応力については輪重と関連があると推察される(図4)。なお、速度の増加量は3.4倍であった。

キーワード レール鋼製ノーズ可動クロッシング, 応力測定, 応力推定

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 軌道構造 TEL042-573-7275

図5に計4回の挙動確認試験における発生応力と輪重の関係を示す。結果を確認すると、可動レール又部を除く部材で輪重と発生応力の相関係数は0.6以上であり、相関関係が認められた。なお、可動レール又部応力と輪重に相関が認められなかったのは、累積通過トン数の増加に伴い、レール摩耗が進行することで、又部付近を通過する際のレールと車輪の接触位置が変化し、応力の発生傾向が変化したためであると推察される。



4. 新幹線車両通過時の発生応力の推定

各部材に発生する応力と輪重の間に相関が認められたことから、計4回の挙動確認試験結果を用いて、目的変数を発生応力、説明変数を輪重とした回帰分析を行い、発生応力に関する回帰式を算定した。なお、可動レール底部応力については輪重が大きいにも関わらず小さいケースが見られたが、これは測定位置が可動レールの乗り移り部の先端付近であり、前後の車両の通過によるレールの動的な挙動の影響等を受け、可動レールへの荷重のかかり方が変化したためであると考えられる。一方で、これらのデータを含んで算定した回帰式を用いて推定した応力は小さくなるため、強度評価に用いるのは好ましくない。そこで、これらの影響を一定程度排除するため、輪重が40kN以上で発生応力が30N/mm²以下のデータを除外して回帰分析を行った。また、可動レール又部応力については、前述のとおり、輪重との相関がみられないため、除外した。用いた回帰式を式(1)に回帰式の算定結果を表2に示す。

$$\sigma = A * P_i + B \cdot \cdot (1)$$

σ : 応力, P : 輪重, A : 輪重に関する係数, B : 定数項

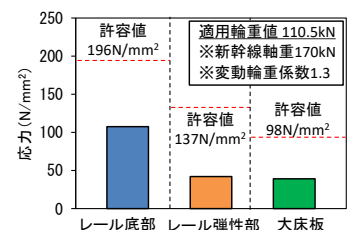
次に、算定した回帰式に対して、鉄道構造物等設計標準（軌道構造）⁴⁾の分

岐器類の設計に用いる作用を参考に、新幹線の静的輪重を85kN、変動輪重係数を1.3として算定した輪重110.5kNを適用することで、新幹線本線への導入時における各部材の発生応力を推定した。なお、回帰式の推定結果の精度確認として推定値と測定値の平均絶対誤差(MAE)を算定したところ、可動レール底部で5.88、可動レール弾性部で2.68、大床板で1.79であり、各部位の許容応力値に対し、3%以下の誤差であることから、本回帰式を用いて発生応力を推定することは実用上問題ないものと考えられる。

図6に発生応力の推定結果を示す。推定の結果、各部材に発生する応力は、許容応力値を下回る値であった。なお、可動レール又部の発生応力については、輪重との相関がみられなかったことから、回帰式による推定を行っていないが、挙動確認試験の結果を見ると、部材の許容応力値に対して十分な余裕があるため、新幹線本線に敷設した場合を想定しても直ちに強度上の問題が生じるものではないと推察される。

表2 回帰式算定結果

測定項目	可動レール底部応力	可動レール弾性部応力	大床板応力
輪重係数A	0.86	0.34	0.33
定数項B	12.7	4.5	2.6



5. まとめ

在来線軌道において、新幹線用レール鋼製ノーズ可動クロッシングを約2年間試験敷設し、車両通過時の挙動確認試験として、クロッシングの各部位に発生する応力測定を計4回行った。その結果、全ての試験において、各部位に発生する応力は許容応力値の目安値以下であり、部材強度の観点から本クロッシングが在来線軌道において長期耐久性を有することを確認した。また、試験結果を用いて発生応力に関する回帰式を算定し、新幹線車両走行を想定して各部の発生応力を推定した結果、全ての項目で許容応力値以内であることを確認した。今後は本研究において得られた知見をもとに新幹線本線への導入に向けて検討を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 及川祐也ら：新幹線用レール鋼製ノーズ可動クロッシングの開発，鉄道総研報告，Vol.29，2015。
- 2) 太田晋一ら：新幹線用レール鋼製ノーズ可動クロッシングの実用性能評価，新線路，9月号，2019。
- 3) 佐藤泰生：分岐器の構造と保守，一増補改訂版，一般社団法人日本鉄道施設協会，p.410，2017。
- 4) 「鉄道構造物等設計標準・解説 軌道構造」，鉄道総合技術研究所編，p.192，2012。