公益財団法人鉄道総合技術研究所
鉄道総研報告
RTRI REPORT
Vol.40, No.11, 2026

新幹線用レール鋼製ノーズ可動クロッシングの実用化に向けた検証

塩田　勝利*　　及川　祐也**

Verification of Practical Application of Steel Movable-Nose Crossings for the Shinkansen

Katsutoshi SHIOTA　　Yuya OIKAWA

Currently, almost movable nose crossings used on Shinkansen main lines are made of high-manganese steel. We have developed a steel movable nose crossing made of steel rail for the Shinkansen to enhance ultrasonic inspection efficiency and reduce maintenance costs by extending replacement intervals. To verify its practical performance, test installations were conducted at a Shinkansen rolling stock depot vehicles (at 30 km/h) and on a conventional line with freight vehicles at 80 km/h. Consequently, switching performance, component stresses, rail defects, and rail wear remained all within allowable limits, confirming that the crossings offer sufficient performance under these test conditions.
キーワード：走行試験，転換試験，レール応力，新幹線，レール探傷

1. はじめに

ノーズ可動クロッシングは，分岐器内におけるクロッシングの軌間線欠線部をなくし，車両が速度を低下させずに基準線（直線）側を通過することができる機能を有している．現在，新幹線で使用されてい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が，高マンガン鋼は内在する鋳巣と結晶粒サイズに起因して超音波による内部の探傷検査が困難であるため，解体し浸透探傷検査によりきずの有無を確認するとともに，累積通過トン数に応じた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，これまでに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（以下，「本クロッシング」という）を開発し，実物大載荷試験や試験線におけるモータカーの走行試験等によりその性能の確認を進めてきた[1)]．

その後，新幹線本線への導入に向けたさらなる検証として，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の性能確認試験の実施ならびにさらなる高速域での性能を確認するため旅客・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おいて約 2 年間の試験敷設を実施した．本稿では，その結果について報告する．

2. 新幹線用レール鋼製ノーズ可動クロッシングの概要

現在，新幹線で使用されている高マンガン鋼製ノーズ可動クロッシングは図 1 に示すように，主にウィングレール，可動レール，クロッシング構の 3 要素で構成されている．その一方で，本クロッシングは，図 2 に示すように，主に可動レール，ウィングレールおよび大床板の 3 要素で構成され，大床板の上に可動レールとウィングレールを配置して座金等で組み付ける構造である．本クロッシングでは，レール鋼を用いていることからレールきずの超音波探傷検査が可能であるとともに，クロッシング構を省略し，可動レー

＊　　軌道技術研究部　軌道構造研究室
＊＊　　軌道技術研究部　軌道構造研究室（現 企画室）

ルを大床板で支持する構造としたことで，ウィングレールおよび可動レールのみの部分交換が可能となっている．また，可動レールの基準線側と分岐線側の両方に，レール底部の断面積を小さくして転換時にレールをたわませる弾性部を設けたことで円滑な転換挙動と可動レール弾性部の発生応力の低減を実現している．

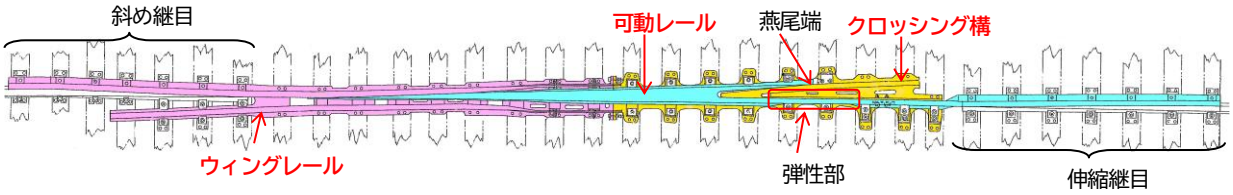


図 1　高マンガン鋼製ノーズ可動クロッシングの構成

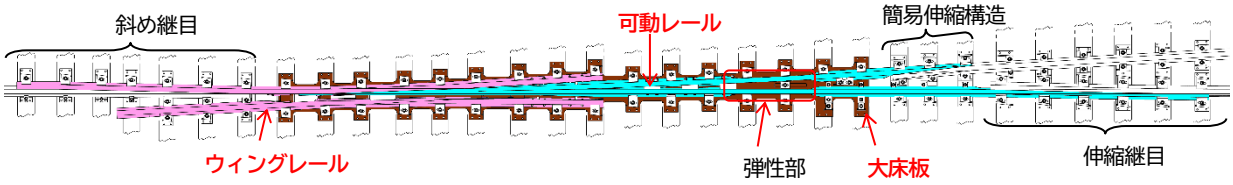


図 2　レール鋼製ノーズ可動クロッシングの構成

3．新幹線車両基地における試験敷設および性能確認試験

3.1　敷設箇所および敷設工事

新幹線車両基地における敷設箇所の概況を表 1 に示す．敷設は車両基地内の直線の一般区間で行った．また，図 3 に敷設工事の状況を示す．本クロッシングの現地への搬入は，作業効率を踏まえ施工当夜に実施した．組み立て可能な材料については車両基地で組み立てた状態で運搬を行った上で施工を行い，問題なく敷設できることを確認した．なお，後述する可動レールの転換試験を行うため，電気転てつ機も併せて敷設を行った．電気転てつ機は新幹線のノーズ可動クロッシングで一般的に使用されている TS 形を敷設した．

表 1　敷設箇所の概況

敷設箇所	新幹線車両基地・一般区間
年間通過トン数	約 0.33 百万トン （車両運用によって変動有）
レール種別	60kg レール
分岐器番数	18 番片開き分岐器 （クロッシング単体を敷設）
敷設期間	約 2 年間



（a）　運搬状況　　（b）　敷設後

図 3　敷設工事の状況

3.2　新幹線車両基地における性能確認試験

3.2.1　試験概要

性能確認試験として一定期間毎に，転換性能を確認する「転換試験」と新幹線車両走行時にレールに発生する応力を測定する「新幹線車両走行試験」を実施した．試験は，敷設直後，敷設約 6 か月後（累積通過トン数約 23 万トン），約 17 か月後（累積通過トン数約 66 万トン）の計 3 回実施した．また，超音波探傷によるレールきず検査が実施できることを確認するため，超音波探傷に関する検証試験も実施した．

3.2.2 転換試験

可動レールの転換試験の状況を図 4 に示す．転換試験では，可動レールを定位（基準線転換時）の状態から反位（分岐線側転換時）の状態まで電気転てつ機により転換し，再度定位の状態に戻し，その際の転換負荷および図 5 に示す位置の可動レール弾性部の応力を測定した．なお，可動レール弾性部応力は，可動レールの中立状態における応力を基準として転換時に発生する応力の変動を発生応力とした．

試験結果の一覧を表 2 に示す．試験の結果，累積通過トン数と転換負荷および弾性部応力の間に相関関係はみられなかった．転換負荷の最大は 4.7kN であり，TS 形電気転てつ機の最大転換負荷の 10.2kN[2] より小さく，可動レールの転換に問題がないことを確認した．また，可動レール弾性部応力の最大は 84.3N/mm^2 であり，分岐器の設計において用いられるレール弾性部の許容応力値[3] 137.2N/mm^2 より小さく，可動レールの転換時のレール発生応力について問題がないことを確認した．



図 4　転換試験の実施状況

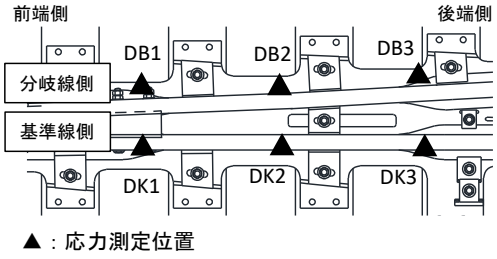


図 5　弾性部応力の測定位置

表 2　転換試験の試験結果一覧

項 目	単 位	最大値			目安値
		第1回 敷設直後	第2回 累積通過トン数 23万トン	第3回 累積通過トン数 66万トン	
転換負荷	kN	4.0	4.7	3.2	10.2
弾性部応力	N/mm^2	53.8	84.3	64.8	137.2

3.2.3 新幹線車両走行試験

車両走行試験の状況を図 6 に示す．車両走行試験では，新幹線車両が本クロッシングを基準側開通状態において対向および背向走行する際に，可動レール弾性部および可動レール底部・叉部に発生する応力を測定した．可動レール底部・叉部の測定位置を図 7 に示す．なお，可動レール弾性部の測定位置は図 5 と同じである．本測定では可動レールを定位に転換した状態の応力を基準として車軸が通過する際に発生する応力変動を発生応力とした．

試験結果の一覧を表 3 に示す．可動レール弾性部応力の最大は 27.9N/mm^2，可動レール底部・叉部の最大は 82.0N/mm^2 であり，分岐器の設計において用いられるレール弾性部の許容応力値[3] 137.2N/mm^2 およびレー



図 6　車両走行試験の実施状況



図 7　可動レール底部・叉部応力の測定位置

ルの許容応力値[3] 196.0N/mm^2 よりも小さく，車両走行時の可動レールの発生応力について問題ないことを確認した．本敷設期間中においては，各部の発生応力に大きな変化は認められず，目安値を十分下回る値で推移していたことから，長期の供用においても安定した性能を維持できる見通しを得た．

表 3　車両走行試験の試験結果一覧

項 目	単 位	最大値			目安値
		第1回 敷設直後	第2回 累積通過トン数 23万トン	第3回 累積通過トン数 66万トン	
弾性部	N/mm^2	27.9	25.9	27.6	137.2
底部・叉部※	N/mm^2	79.3	81.0	82.0	196.0

※第1回は叉部、第2回と第3回は底部

3.3　超音波探傷に関する検証試験

マンガン鋼製ノーズ可動クロッシングは，内在する鋳巣と結晶粒サイズに起因して超音波探傷検査の適用が困難であるが，レール鋼で構成される本クロッシングでは，一般区間と同様に超音波探傷検査での評価が可能である．そこで，レール頭頂面を連続走査可能な手押し式超音波探傷器（東京計器製 PRD-300）を用いた探傷試験を実施し，PRD-300 で探傷不能な領域および疑似エコー検出の有無を調査した．超音波探傷試験では，敷設した本クロッシング基準線の前端側斜め継目から後端側伸縮継目にわたって，レール頭頂面から連続して超音波を入射した．併せて，敷設後に走行したレール探傷車による探傷画像を確認し，本クロッシングがレール探傷車による超音波探傷検査に対応可能であるかどうかを確認した．

探傷試験結果の一例として，可動レールの探傷画像を図 8 に示す．試験の結果，可動レール後端部では，いずれの箇所も垂直探傷でレール底面からの反射エコーが得られるとともに，斜角探傷においても疑似エコーは認められず，一般区間と同様に探傷が可能であることを確認した．また，ウィングレールにおいても同様の結果であった．一方，可動レールの乗り移り部では，超音波の送受信が途切れて底面エコーが得られない探傷不能領域が存在した．また，可動レールの後端側スイッチアジャスタロッド取り付け部でも，垂直探傷において取り付け部に超音波が透過するため，底面エコーが得られない領域があった．ただし，垂直探傷でエコーが得られない可動レール乗り移り部およびロッド取り付け部については，図 9 に示すように手探傷による超音波探傷可能であることを確認した．

次に，図 10 にレール探傷車による探傷結果を示す．レール探傷車においても，手押し式超音波探傷器と同様の範囲でレール底面からの反射エコーが得られること，ならびに可動レール乗り移り部および可動

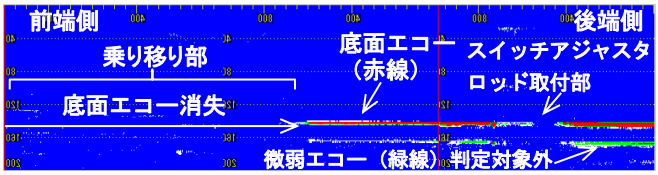


図 8　手押し式超音波探傷器による垂直探傷結果

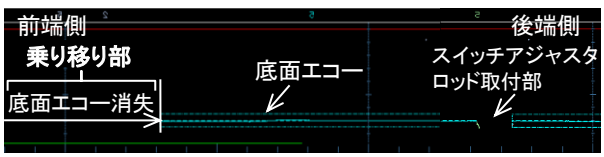


図 10　レール探傷車による垂直探傷結果



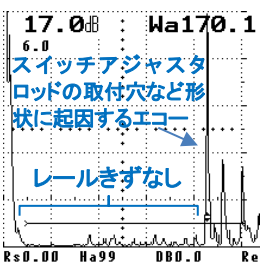


図 9　手探傷による探傷結果の一例（可動レール乗り移り部）

レール後端側のスイッチアジャスタロッド取り付け部においては底面エコーが得られない領域があることを確認した．

以上の結果より，本クロッシングは，可動レール乗り移り部等の区間を除き，一般区間と同様に頭頂面からの超音波探傷検査が可能であることがわかった．また，頭頂面からの超音波探傷が適用できない区間については，手探傷を併用することでクロッシング全体の超音波探傷検査が可能であることを確認した．

4．在来線軌道における試験敷設および性能確認試験

4.1 敷設箇所および敷設工事

在来線軌道の一般区間の直線で本クロッシングを試験敷設した．敷設箇所の選定にあたっては，新幹線車両相当の重量を有する貨物列車が走行する線区のうち，新幹線車両基地での走行試験時と比較して，より高速で車両が通過する箇所を選定した．敷設箇所の概況を表 4 に示す．本箇所は，旅客･貨物列車が 80km/h 程度で通過する区間である．図 11 に敷設工事後のクロッシングの全景を示す．

表 4 敷設箇所の概況

項目	内容
線形	在来線　一般区間・直線
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
年間通過トン数	14.5 百万トン
走行方向	背向走行

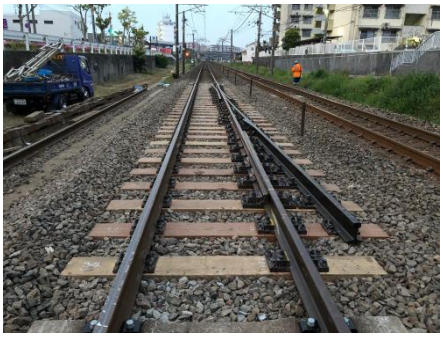


図 11 試験敷設後の状況

4.2 在来線軌道における性能確認試験

4.2.1 試験概要

性能確認試験として一定期間毎に，車両通過時の部材応力を測定する「挙動確認試験」およびレールきずとレール摩耗を確認する「追跡調査」を実施した．試験および調査は，敷設約 5 か月後（累積通過トン数約 600 万トン），約 11 か月後（累積通過トン数約 1300 万トン），約 15 か月後（累積通過トン数約 1800 万トン），約 19 か月後（累積通過トン数約 2300 万トン）の計 4 回実施した．

4.2.2 挙動確認試験

図 12 に挙動確認試験の状況を示す．挙動確認試験では，試験敷設した本クロッシングを通過する車両に対し，可動レール底部の応力，可動レール弾性部の応力，可動レール叉部の応力，大床板の応力をひずみゲージの設置により測定した．各部材の測定点は，まくらぎ間の中央位置や各部材の形状変化箇所など応



（a） 貨物列車走行時の状況　　（b） 応力測定箇所の詳細

図 12 挙動確認試験の状況

力が大きくなると想定される箇所を選定した．また，本クロッシングより進行方向手前の位置において輪重を測定した．

図 13 に，計 4 回の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叉部については 196.0N/mm^2，可動レール弾性部については 137.2N/mm^2，大床板（一般圧延鋼：SS400）については 98.0N/mm^2 を用いた[3]．試験の結果，累積通過トン数 2300 万トン通過時においても，各部材のひずゲージ設置位置における発生応力の最大値は各部材の許容応力値を下回っており，発生する応力に問題はみられないことを確認した．

なお，可動レール叉部応力については許容応力値に対して十分な余裕があるものの累積通過トン数に応じて増加する傾向がみられた．これは，図 14 に示すように，累積通過トン数の増加に伴い車輪とレールの接触面が可動レールのゲージコーナー側（GC 側）からフィールドコーナー側（FC 側）に移動し，叉部と接触するようになっていることから，この衝撃によって生じているものと考えられる．なお，この現象は本敷設箇所を走行する在来線の旅客・貨物列車の車輪踏面形状によりレールが摩耗し，反フランジ側が FC 側と接触するため生じたが，新幹線の車輪踏面形状においてはレールが摩耗した場合でも FC 側と接触しないものと考えられる．

次に，在来線での試験と新幹線車両基地内での試験において，可動レール底部に発生する応力の最大値，輪重，走行速度を比較した結果を図 15 に示す．在来線での試験では新幹線での試験に比べ，輪重および走行速度の最大値が増加しているとともに，可動レール底部の発生応力も増加している．ただし，可動レー

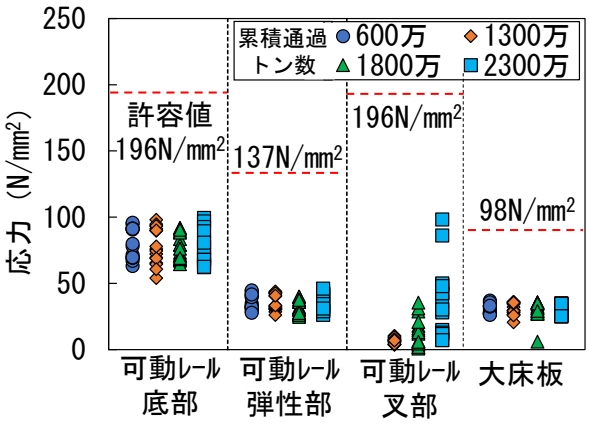
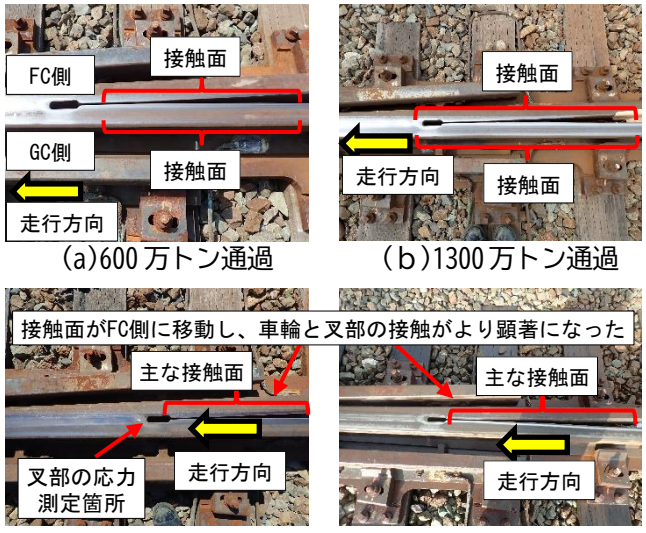


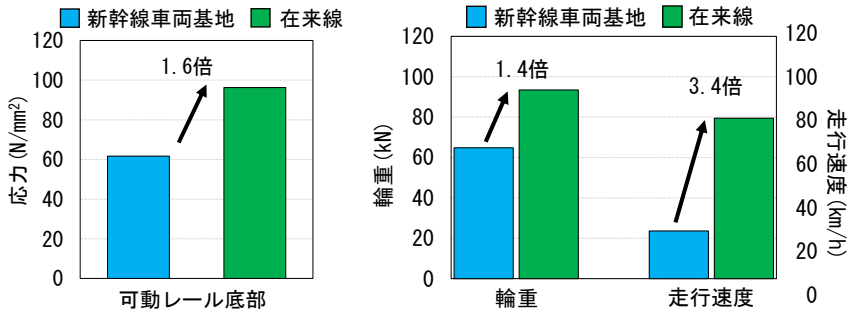
図 13　レール応力のピーク値の推移



(a)600 万トン通過　(b)1300 万トン通過

(c)1800 万トン通過後　(d) 2300 万トン通過

図 14　車輪とレール接触面の推移



(a)　発生応力　(b)　輪重と走行速度

図 15　過去の試験結果との最大値比較

ル底部の発生応力の増加率は 1.6 倍であり，これは，輪重の増加率に近く，走行速度の増加率と比較すると小さい結果であった．

4.2.3 追跡調査

(1) レールきず調査

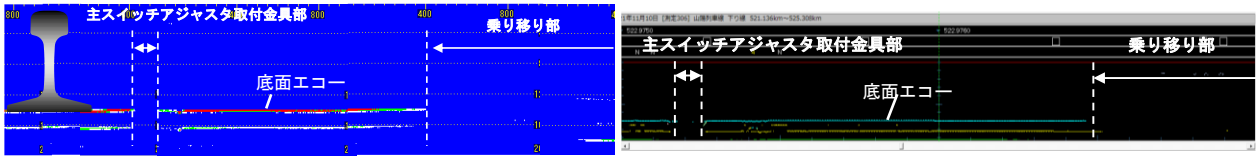
車両の繰返し通過によるレールきずの発生状況について追跡調査を実施した．本調査では，3 章で述べた新幹線車両基地での超音波探傷に関する検証試験と同様に，レール探傷車による超音波探傷検査を想定し，架台式超音波探傷器（PRD-300）を用いてクロッシング全体を検査した．レールきず調査の状況を図 16 に示す．なお，3 章で述べたように架台式超音波探傷器では探傷不能箇所となる可動レール乗り移り部，スイッチアジャスタロッド取り付け部については，手探傷による検査を行った．

調査の結果，累積通過トン数 2300 万トンにおいてもレールきずの発生は認められなかった．また，本調査では，営業線を走行するレール探傷車による探傷検査の適用可能性についても検証を行った．図 17 に架台式超音波探傷器の探傷画像と鉄道事業者から提供されたレール探傷車の探傷画像を併せて示す．図に示すとおり両者はよく一致しており，新幹線車両基地での検証結果も考慮すると，本クロッシングは架台式超音波探傷器で探傷できる箇所についてはレール探傷車による探傷検査が適用可能であると考えられる．



(a) 架台式超音波探傷器　　(b) 手探傷

図 16 レールきず調査の状況



(a) 架台式超音波探傷器による探傷画像　　(b) レール探傷車による探傷画像

図 17 架台式超音波探傷器とレール探傷車の探傷画像

(2) レール断面形状調査

車両の繰返し通過によるレール摩耗量を確認するため，レールの断面形状を測定した．測定は，図 18 に示す全てのまくらぎ位置を対象とした．なお，レール頭頂面中心からゲージコーナー側の曲率の開始点（頭頂面側）まで一様に摩耗していたことから，摩耗はゲージコーナー側の曲率の開始点における位置で判定し，その値は設計断面との鉛直方向の差とした．

図 19 に累積通過トン数 2300 万トン時におけるレール摩耗量を示す．追跡調査の結果，レールの最大摩耗位置およびその摩耗量は，クロッシングに接続する直近の普通継目部（まくらぎ No.0 で 1.0mm）であった．そのほかの箇所については，0.5mm 以下であり，可動レール先端付近においても摩耗量は 0.2mm 程度と小さいものであった．また，前節で述べた可動レール叉部付近の状態についても摩耗量は 0.4mm 程度と小さく，異常な摩耗等がみられるものではなかった．以上の結果，累積通過トン数の増加による顕著な摩耗進みは確認されず，レールの摩耗状態に問題はみられないことを確認した．

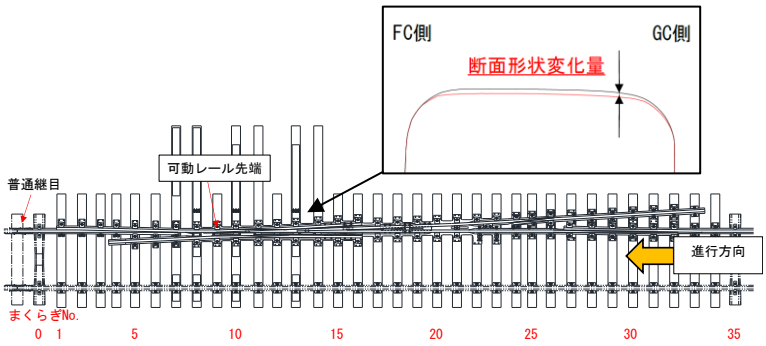


図 18　レール断面形状の測定位置

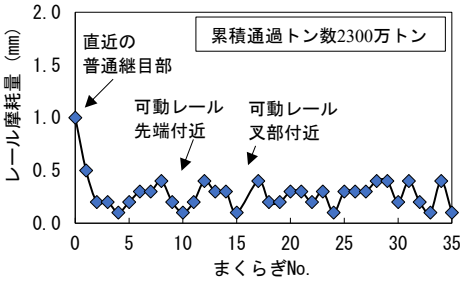


図 19　レール摩耗量

5．新幹線車両基地および在来線軌道における検証結果

新幹線車両基地および在来線軌道での各種性能確認試験の結果一覧を表 5 に示す．試験の結果，新幹線車両が 30km/h 以下で走行する条件下および在来線軌道で旅客・貨物列車が 80km/h 程度で走行する条件下において，各種性能に問題はみられなかった．また，在来線軌道において累積通過トン数 2300 万トンまでの範囲では，各種性能に問題はみられなかった．さらに，レール探傷車および手探傷による超音波探傷が可能であることを確認していることから，長期的にも一般的なレールと同様に保守管理を行うことが可能と考えられる．なお，本検証試験では分岐線側の走行試験は実施していないものの，分岐線側走行時は内軌側にガードレールがあり，可動レールには横圧が生じない構造となっているため，基準線側走行時の検証結果と同様になると考えられる．以上の結果を踏まえると，本クロッシングは新幹線本線において，全列車が停車する駅など低速・中速域までの車両走行においては実用上の性能を有するものと考えられる．

表 5　検証結果の一覧

試験	試験項目	検証結果
新幹線車両基地での試験敷設	転換試験	・転換時に各部材に発生する力・応力は各部材の許容値・許容応力以下
	車両走行試験 （部材応力測定）	・新幹線車両が走行速度約30km/h以下で走行する条件下において，発生する応力は部材の許容応力値以下
	超音波探傷に関する検証試験	・一般区間と同様に頭頂面からの超音波探傷が可能
在来線軌道での試験敷設	挙動確認試験 （部材応力測定）	・在来線の走行速度約80km/hの線区で累積通過トン数2300万トン通過時においても発生する応力は部材の許容応力値以下
	レール探傷探傷	・累積通過トン数2300万トン通過時においてもレールきずは無し ・在来線のレール探傷車で一般区間と同様に探傷可能であることを確認
	レール摩耗測定	・継目を除くクロッシングの摩耗量は0.5mm以下であり，異常な摩耗はみられないことを確認

6．まとめ

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た新幹線用レール鋼製ノーズ可動クロッシングの実用化に向けた検証として，新幹線の車両基地および在来線軌道で各種性能確認を実施した．これらの検証試験の結果を踏まえると，本クロッシングは新幹線本線において，高速走行区間を除き，全列車が停車する駅など低速・中速域までの走行区間への導入は問題ないものと考えられる．なお，本クロッシングの技術は新幹線以外でも適用できるものである．今後はこれまでの検討で得られた知見をもとに新幹線，在来線問わず本クロッシングの導入に向けた支援等を行う予定である．

謝　辞

本研究における各種走行試験の実施にあたり，西日本旅客鉄道株式会社殿に多大なるご支援を頂いた．この場を借りて厚くお礼申し上げる．

文　献

1）　及川祐也，寺下義弘，伊藤太初，松井元英，兼松義一，原田茂幸：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，No.8，pp.5-10，2015
2）　日本鉄道電気技術協会：鉄道電気技術者のための信号概論　新幹線信号設備，p.50，2009
3）　佐藤泰生：分岐器の構造と保守－増補改訂版－，日本鉄道施設協会，p.410，2017