

分岐器実験軌道の敷設と動的特性把握のための載荷実験

一柳 洋輔* 佐藤 安弘 緒方 正剛 陸 康思 (交通安全環境研究所)
柳川 秀明 岩野 克也 永原 正己 神谷 祐次 (鉄道機器)

Experiment of laying track with turnout and loading to grasp its dynamic behavior

Yosuke Ichiyanagi*, Yasuhiro Sato, Seigo Ogata, Yasushi Oka,

(National Traffic Safety and Environment Laboratory)

Hideaki Yanagawa, Katsuya Iwano, Masami Nagahara, Yuji Kamiya, (Tetsudokiki Co., Ltd)

Experimental track with typical turnout had been constructed, and experiments were conducted in order to introduce dynamic inspection considering the dynamic behavior of turnout whose inspections are commonly static. Lateral force and vertical force are applied to the track by using the experimental bogies and loading equipment. Measurement results show the gauge widening is relatively large in the point where the tongue rail is not structurally fixed.

キーワード：分岐器，実験軌道，横圧，軌間変位，動的変位

(Turnout, Experimental track, Lateral force, Gauge widening, Dynamic displacement)

1. 緒 言

分岐器を含む軌道の定期検査は、「鉄道構造物等維持管理標準（軌道編）」を解釈基準とし、これをもとに検査周期や検査方法等を定めて実施する⁽¹⁾。軌道変位については、一般に軌道検測車により荷重が載荷された状態で検測される動的値によって管理される。一方で、列車荷重が載荷されていない状態で、簡易軌道計測装置や手検測により検測される場合は静的値によって管理される。

分岐器の検査については、その構造の複雑さと検査項目の多さから、軌道検測車では十分な測定ができないこともあり、一般的に人手による測定が行われ、静的値によって管理される。人手も少なく輸送需要が減少する中、鉄軌道の保守の効率化のため動的な検査方法の導入が期待される。車上測定等による分岐器の検査の効率化を検討する際には、分岐器における従来の静的な管理値と列車荷重が作用する場合の動的な管理値との関係を知ることが重要となる。そこで本研究では、分岐器を含む実験軌道を工場内に敷設するとともに、基礎実験として輪重や横圧が作用する場合の分岐器各部位の挙動の把握を目的とした載荷実験を実施したので、その内容を報告する。

2. 分岐器実験軌道の敷設

鉄道機器富山工場内に分岐器を含む実験軌道（図 1）を敷設した。実験軌道は一般用 JIS50kgN 8 番片開き分岐器とその両端の台車留置線等から構成される狭軌（50kgN レール）

の実軌道である。軌道構造としては、均しコンクリート路盤上にまくらぎ支持パッドを介して、木まくらぎをアンカーボルトで路盤に固定した。まくらぎ支持パッドの弾性は、バラスト道床の道床ばねを模擬した（9 MN/m 相当）。木まくらぎ上にタイプレートを介しレールを敷設した。分岐器のポイント後端は関節構造とし、N レール用組立クロッシングを採用した。ポイントは手動で転換することができ、基準線と分岐線での実験を実施可能である。

3. 横圧載荷実験

〈3・1〉 横圧載荷治具による実験方法 分岐器の中で、横圧が作用した際にレールの変位が特に大きくなる箇所を把握するため、台車がない状態で図 2 の横圧載荷治具⁽²⁾によって 5 kN まで段階的に横圧を載荷する実験を実施し



Fig. 1. Experimental track with turnout.

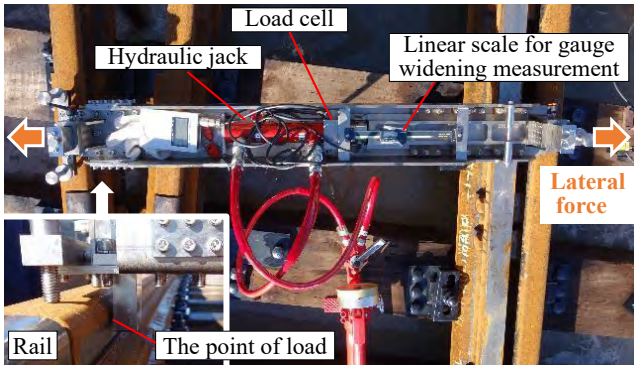


Fig. 2. Experiment using "lateral force loading jig".

た。当治具は油圧ジャッキで軌間拡大方向の力をレールに
 載荷し、ロードセルによる載荷荷重の測定と合わせてリニ
 アスケールで軌間の変化量を測定できる。油圧ジャッキの
 軸とレールへの横圧作用点との間には鉛直方向に距離を有
 するため、測定対象以外のレールが軌間内に存在する分岐
 器のような箇所や、併用軌道の舗装面においても横圧の載
 荷実験が可能な構造である。

横圧の載荷箇所については、分岐器の静的な軌道変位検
 査をおこなう際の測定位置³⁾を参考にし、ポイント部やクロ
 ッシング部の前後端、リード中央部などの中で、横圧載荷治
 具を設置可能な箇所とした。具体的には、図3に示す基準線
 側7箇所と分岐線側の8箇所で、各まくらぎの直上にレール
 直角方向に治具を設置し、横圧を載荷した。ただし、トン
 グレールの先端には当治具を設置できないため、No.16 では
 左右の基本レールに載荷した。

〈3・2〉 横圧載荷実験の結果 一例として分岐線のポ
 イント中央部 (No.21) における載荷横圧と軌間拡大量の関
 係を図4に示す。無負荷状態から段階的に5 kN までの横圧
 を載荷する実験を3回繰り返したが、それらは高い再現性
 がみられ、また載荷横圧に対する軌間の拡大量はほぼ線形
 の関係といえる。図3に示した全ての測定点における横圧5
 kN 載荷時の軌間拡大量の比較を図5に示す。軌間拡大量は
 分岐線ではポイント後端 (No.24)、基準線ではポイント中央
 部 (No.20) で相対的に大きくなることを確認した。

当該分岐器は関節構造のため、トンングレール後端の継ぎ
 目を支点にしてトンングレールが回転運動する。このため、ト
 ングレールをタイトに締結できず、また、トンングレール中央
 部はポイント転換の際に床板の上を滑動するために締結さ

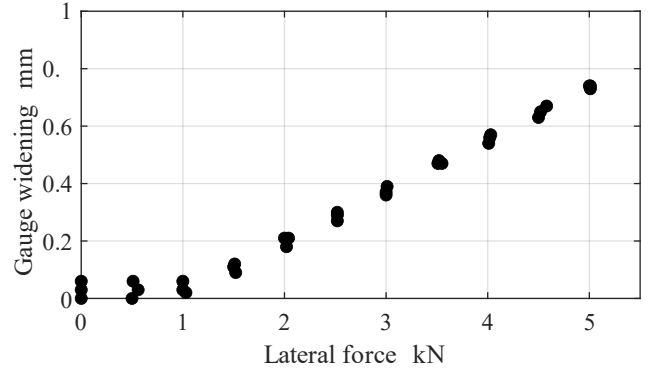


Fig. 4. Gauge widening against lateral force.
 (No.21 in branch line)

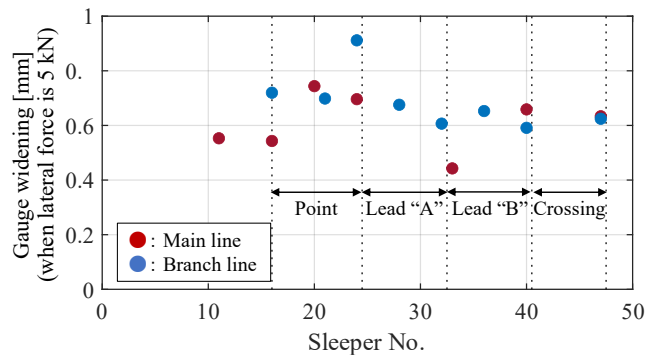


Fig. 5. Comparison of gauge widening.

れていないことから、トンングレールに横圧が作用した場合
 には継ぎ目板や間隔材を介して基本レールで抵抗すること
 となり、トンングレール自身の断面形状から曲げ剛性が普通
 レールに比べ低下することも相まって、これらの箇所は構
 造上、横圧に対してレールの変位が大きい箇所となる。

4. 実台車を用いた輪重載荷実験

次に、輪重が作用する場合の分岐器の挙動を把握するた
 め、実台車を用いて輪重相当分の荷重を作用させ、その際
 のレール変位を把握するための実験をおこなった。実験は基
 準線の4箇所 (No.11, 20, 33, 40) 及び分岐線の4箇所 (No.16,
 21, 24, 32) で実施した。

〈4・1〉 実台車を用いた載荷実験方法 試験用台車と
 して固定軸距2.1mの旧国鉄DT32形台車を二台用意し、そ
 のうち一台には図6に示すように重荷 (レールや鉄板等) を

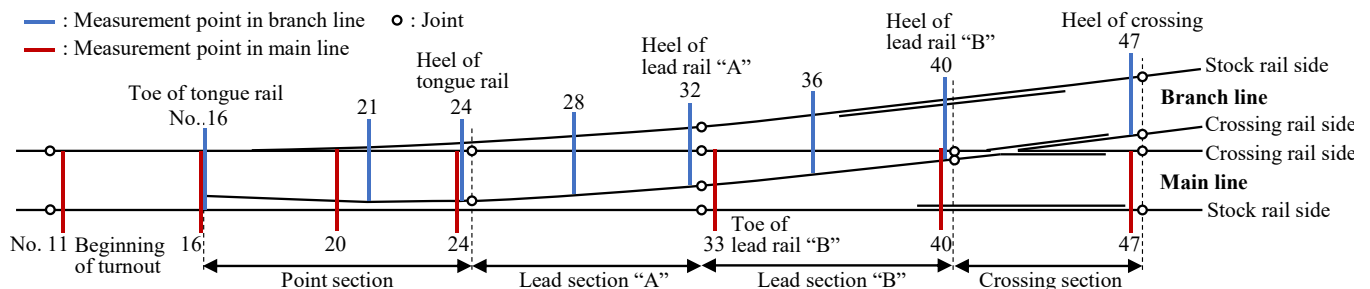


Fig. 3. Measurement points.

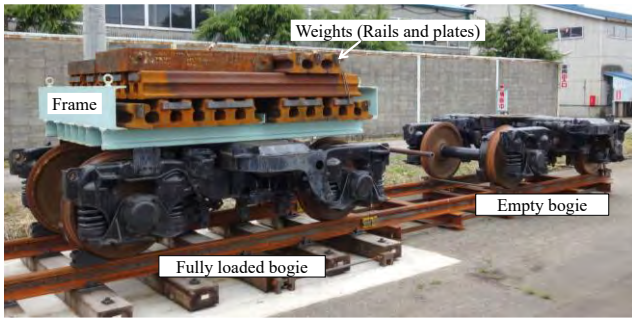


Fig. 6. Bogies for loading.

積載して満車状態を模擬する。積載条件の詳細は以下の二通りである。

- ・空車条件 (5.5 t (台車単体), 輪重 13.5 kN 換算)
- ・満車条件 (16.7 t (台車+重荷 11.2 t), 輪重 40.9 kN 換算)

分岐器対向方向に向かい台車の前軸が試験位置に停止するように台車を手押しで移動し停車させる。なお、レールに対しては台車の垂直荷重による輪重のほか、接触面勾配による分力として横圧が生じる。

〈4・2〉 レール変位測定方法 複数のレーザー変位計を用いて、レールの変位を測定する。その設置状況を図7に模式的に示す。まくらぎ直近のレールの底面の上下変位(対コンクリート路盤)を測定するための変位計をまくらぎ間に設置する。また、まくらぎ直上におけるレールの頭部の左右変位(対まくらぎ)を測定するための変位計をまくらぎ上に設置する(測定点によっては軌間内に設置)。

〈4・3〉 実験結果 各測定点におけるレールの上下変位と左右変位をそれぞれ図8及び図9に示す。満車条件と空車条件の比較から、満車条件の方が全体的に上下変位、左右変位とも大きい傾向を確認できる。また分岐線、基準線いずれにおいても、クロッシング側と基本レール側のレールとを比較するとクロッシング側のレールの変位が大きくなる傾向がみられる。特に基準線リード後端 (No.40) のリードレールで上下変位と左右変位が大きくなるが、当該箇所はクロッシングとの継目付近であることに加え、まくらぎ下の弾性材の挿入方法が異なることがレール変位に影響するものと考えられる。

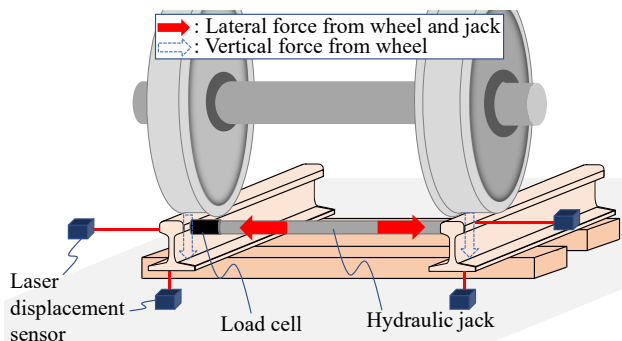


Fig. 7. Overview of experiment using bogie.

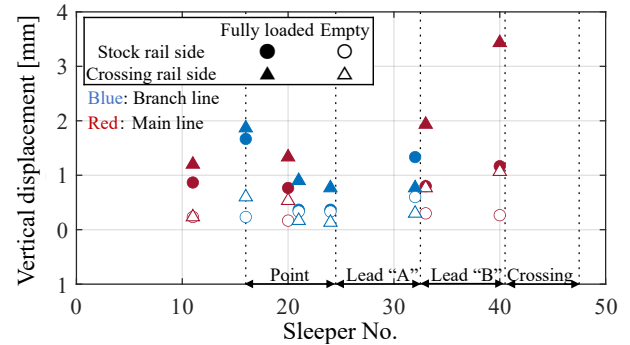


Fig. 8. Vertical displacement of rails (load by bogie).

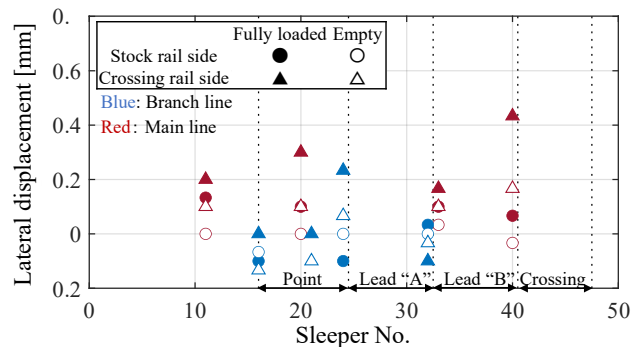


Fig. 9. Lateral displacement of rails (load by bogie).

5. 実台車を用いた輪重・横圧载荷実験

第3章の横圧载荷実験では輪重に相当する上下方向の荷重がレールに作用していないため、レールとまくらぎの間に横圧とは逆方向に作用する摩擦抵抗力が実際よりも小さいことが想定される。そこで前章のように実台車による輪重相当分の荷重が作用し横圧に対し摩擦抵抗力を有する条件下において、さらに横圧を付加した場合のレール変位を把握するための実験を実施した。車両通過時に比較的大きな横圧が発生する分岐線ポイント部 (No.16:ポイント前端, No.21:ポイント中央部, No.24:ポイント後端) の3箇所に絞って実験を実施した。

〈5・1〉 輪重横圧载荷実験の方法 実験台車は、前述のように満車条件及び空車条件とする。分岐器対向方向に向かい台車の前軸が試験位置に停止するように台車を手押しで移動し停車させる。分岐曲線部における比較的大きな転向横圧を模擬するため、図10に示す油圧ジャッキを用いて軌間拡大方向の力を無負荷状態から20kNまで段階的に载荷する。载荷は3回繰り返して実施した。軌間内に油圧ジャッキを設置して横圧を加えるため、軌間内に基準線側のレールがあると油圧ジャッキ等と干渉することから、図10では基準線のトングレールを一時的に撤去している。治具の軸方向力を測定するために挿入されたロードセルで载荷荷重の大きさを測定する。また、機器設置の都合上、横圧と輪重の作用点はレール長手方向にずれを有する。輪軸の中心

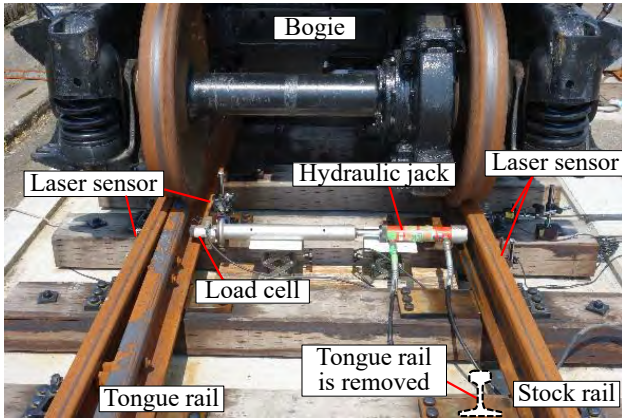


Fig. 10. Application of lateral force with vertical force applied by bogie (No. 21 in branch line).

をまくらぎ中心と合わせ、油圧ジャッキは車輪と干渉しないよう、台車前方にずらして設置する。レール変位の測定方法は 4.2 節の通りである。

〈5・2〉 実験結果 一例として分岐線ポイント後端 (No.24) における実験について、満車条件、空車条件の結果をそれぞれ図 11、図 12 に示す。ここで、レールの変位は図 8 および図 9 に示した台車設置時の変位を基準とした値である。横圧 20 kN 載荷時のトングレールの左右変位を比較すると、図 11 の満車条件に比べ図 12 の空車条件の方が大きい傾向が見られた。分岐線 No.24 は前述の通りトングレールの締結力が比較的小さいことに加え、空車時は満車時に比べ輪重によるレール拘束力が低下するため、横圧に対してレール左右変位が大きくなると考えられる。

分岐線ポイント部の 3 箇所 (No.16, 21, 24) において横圧 20 kN 載荷時のレール左右変位を比較した結果を表 1 に示す。全体的に空車条件よりも満車条件のレールの左右変位が小さいことがわかる。トングレールの先端、中央部及び後端を比較すると、締結されていないトングレール中央部 (No.21) の空車条件で特に大きい結果となった。

6. 結 言

分岐器の保守管理において、人手による測定が行われ静的値によって管理される検査の効率化を検討するなかで、分岐器に列車荷重が作用する場合の動的な特性を把握するため、分岐器実験軌道を敷設し、基礎実験として軌道各部に輪重、横圧を載荷した際のレール変位を比較した。本研究によりこれまで以下を確認した。

- ・横圧載荷治具による横圧載荷実験から、分岐線ではポイント後端、基準線ではポイント中央部において、横圧に対する軌間拡大量が相対的に大きいことを確認した。
- ・実台車による載荷実験から、台車の重量が大きいほどレールが上下・左右に変位し、特に基準線のリードレール後端ではレールが沈下する傾向を確認した。
- ・実台車と油圧ジャッキによる輪重横圧の載荷実験から、分岐線のポイント部では、トングレールの左右変位が大き

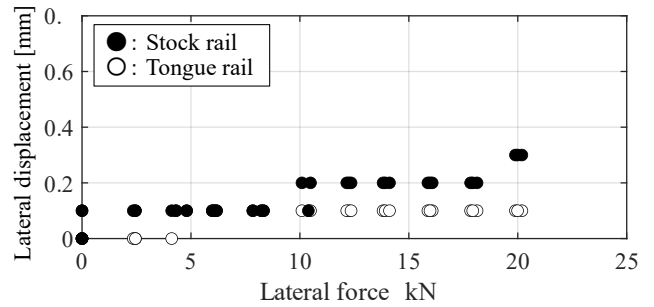


Fig. 11. Measurement result with fully loaded bogie. (No.24 in branch line)

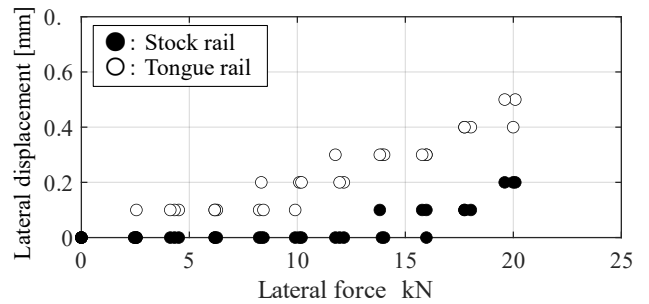


Fig. 12. Measurement result with empty bogie. (No.24 in branch line)

Table 1. Comparison of lateral displacement. (20 kN lateral force. Branch line)

		No.16	No.21	No.24
Empty bogie	Tongue rail mm	0.37	0.70	0.47
	Stock rail mm	0.40	0.30	0.20
Fully loaded bogie	Tongue rail mm	0.27	0.20	0.10
	Stock rail mm	0.20	0.17	0.30

- く、特にトングレールの中央部では顕著となる。
- ・台車による垂直荷重が大きい条件では摩擦抵抗力によって、油圧ジャッキで横圧を載荷したときのレールの左右変位が空車条件に比べ小さくなる傾向にある。

以上のように分岐器における輪重横圧作用時には、その部位によってレールの変位の発生状況が異なること、特に構造上レールの締結力や剛性が小さい箇所では変位が大きくなることを実験的に確認した。今後は部材の不具合が生じた場合や、まくらぎ下の弾性材の影響を含めた分岐器の動的挙動について調査し、データを蓄積する予定である。

文 献

- (1) 財団法人鉄道総合技術研究所:「鉄道構造物等維持管理標準(軌道編)の手引き」(2007)
- (2) 緒方 正剛, 佐藤 安弘:「レール横圧載荷治具を用いた軌間拡大のリスク評価の検討」, J-RAIL2018, No. 2210 (2018)
- (3) 佐藤 泰生 編, 一般社団法人 日本鉄道施設協会:「分岐器の構造と保守-増補改訂版-」, p.468 (2017)