

論文 合成まくらぎ直結分岐器における 固定クロッシングの損傷に関する基礎検討

清水 紗希¹・塩田勝利¹・山本 智之²・及川 祐也¹

¹正会員 公益財団法人鉄道総合技術研究所 軌道技術研究部軌道構造研究室

(〒185-0034 東京都国分寺市光町2丁目8番地38)

E-mail: shimizu.saki.69@rtri.or.jp (Corresponding Author)

²正会員 公益財団法人鉄道総合技術研究所 軌道技術研究部軌道構造研究室

(現 大和軌道製造株式会社)

新幹線に敷設されている合成まくらぎ直結分岐器における固定クロッシングでは、バラスト分岐器と比較してノーズレールに大きな落ち込みが生じ、交換周期が短いものが散見されている。そこで、ノーズレールに作用する衝撃力を推定し、落ち込みの原因を明らかにするため、本研究では車両走行解析モデルを構築し、その妥当性を検証した。まず、ノーズレールの落ち込み量の実態調査を実施するとともに、妥当性検証に用いるデータ取得のために、列車通過時にクロッシング側面に作用するひずみを測定した。さらに、FEMソリッド要素でクロッシングをモデル化した車両走行解析モデルを構築し、現地試験の条件を適用したシミュレーションを実施し、その妥当性を確認した。

Key Words: turnout, crossing, dent of nose rail, FEM, vehicle running analysis, model validation

1. はじめに

図-1に示す鉄道の線路を2つ以上に分ける構造を分岐器といい、ポイント、リード、クロッシング、ガードから構成される¹⁾。同図に示す固定クロッシングには欠線部があり、ウイングレールからノーズレールへ（またはノーズレールからウイングレールへ）の車輪の乗り移りによって構造的に衝撃が生じる。これにより、乗り移り箇所のレールには落ち込みや挫壊が生じており、これらの損傷がクロッシングの交換理由の多くの割合を占めている²⁾。また、合成まくらぎ直結分岐器は、分岐器用省力化軌道として敷設されており³⁾、図-2に示すように、まくらぎをコンクリート道床で直接支持する構造となっている。

本研究の対象である新幹線に敷設されている合成まくらぎ直結分岐器（以下、「直結分岐器」という。）における固定クロッシング（以下、「クロッシング」という。）では、バラスト分岐器と比較して、ノーズレールに大きな落ち込みが生じ、その交換周期が短いものが散見されている。その原因として、直結分岐器が上述した構造で、バラスト分岐器と比較すると剛に支持されていることが考えられる。

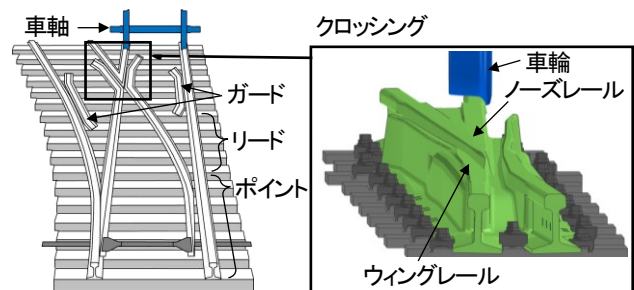


図-1 分岐器のクロッシングと各部の名称



図-2 合成まくらぎ直結分岐器の構造

クロッシングにおける車輪の乗り移りによる衝撃に関する既往の研究としては、現地試験で測定したクロッシングのひずみと静解析でのひずみの値を比較して衝撃力を推定する手法⁴⁾、FEMソリッド要素でクロッシングと1車輪をモデル化した転がり接触解析による手法⁵⁾、マルチボディダイナミクス（MBD）モデルでクロッシン

グをモデル化した車両走行解析による手法⁹等が報告されている。しかしながら、これらの解析モデルについて、試験と比較する等、モデルの妥当性を検証した事例については報告されていない。さらに、直結分岐器の事例は報告されていない。

そこで、ノーズレールに作用する衝撃力を推定し、落ち込みの原因を明らかにするために、本研究では、落ち込みの実態調査を実施するとともに、車両走行解析モデルを構築し、その妥当性を検証した。

なお、調査および現地試験の対象はまくらぎ直結軌道およびバラスト軌道に敷設された片開き分岐器とシーサースクロッシングのクロッシングとした。これらは軌道や分岐器の種別によって形状が若干異なるが、本研究で対象とする乗り移り箇所については同形状である。また、わが国の新幹線で最も敷設台数の多い直結分岐器のクロッシングの番数が16番であったため、本研究では16番を対象に検討を行うこととした。

2. 落ち込みの実態調査

ノーズレールの落ち込みの実態を把握するために、直結分岐器、および比較のためにバラスト分岐器のクロッシングを対象に、断面形状の測定により落ち込み量を算出した。また、ノーズレールの落ち込みは、対向走行時のノーズレールへの乗り移りの際の衝撃の影響が大きいと考えられることから、対向走行の累積通過トン数と落ち込み量との関係を調べた。

(1) 対象

調査したクロッシングの概要について、直結分岐器を表-1、バラスト分岐器を表-2に示す。また、表には併せて対向走行の累積通過トン数についても示した。なお、調査した9台のクロッシングのうち4台は2段勾配クロ

表-1 調査対象の直結分岐器のクロッシングの概要

番号	レール頭頂面の勾配	累積通過トン数 (千万トン)
T1	単勾配	7.13
T2	2段勾配	0.87
T3	単勾配	3.03
T4	単勾配	0.50
T5	2段勾配	0.18

表-2 調査対象のバラスト分岐器のクロッシングの概要

番号	レール頭頂面の勾配	累積通過トン数 (千万トン)
B1	単勾配	1.28
B2	単勾配	10.26
B3	2段勾配	3.54
B4	2段勾配	0.60

ッシングであった。2段勾配クロッシング⁷とは、乗り移りの衝撃緩和のために、走行する車輪踏面形状に合わせてレール頭頂面の勾配を2段階で設計したものである。本稿では区別のため、2段勾配クロッシングでないクロッシングを「単勾配クロッシング」という。

(2) 測定位置

測定位置は、図-3に示すように、ノーズレール先端付近の座金締結ボルト中心位置を基準位置とし、そこから後端側に150~600mmの範囲で50mm間隔で断面を測定した。

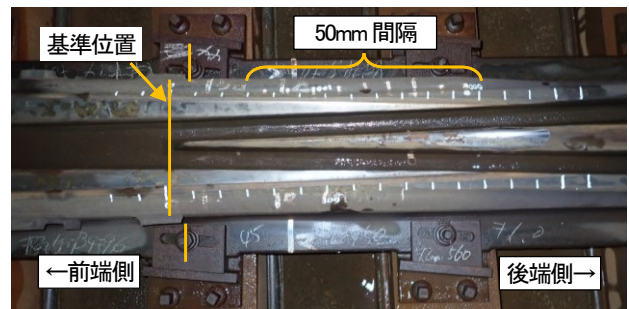


図-3 断面の測定位置

(3) 落ち込み量の算出方法

図-4に示すように、測定した落ち込みのある断面形状と、新品の断面形状を重ね合わせ、ノーズレールの断面中心位置の落ち込み量を算出した。

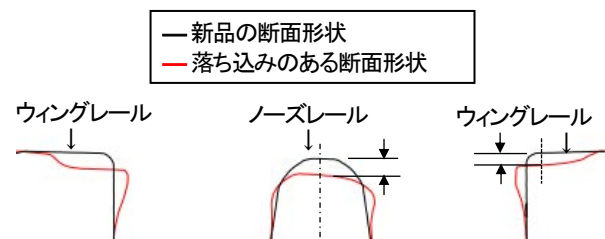


図-4 落ち込み量の算出位置

(4) 落ち込み量の結果

測定した各断面のノーズレールの落ち込み量を、直結分岐器の場合を図-5、バラスト分岐器の場合を図-6に示す。バラスト分岐器の落ち込み量がノーズレール先端から後端へなだらかに推移しているのに対し、直結分岐器の場合は変化が大きいものが見られる。

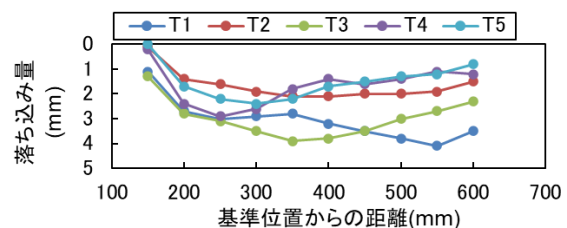


図-5 直結分岐器の落ち込み量

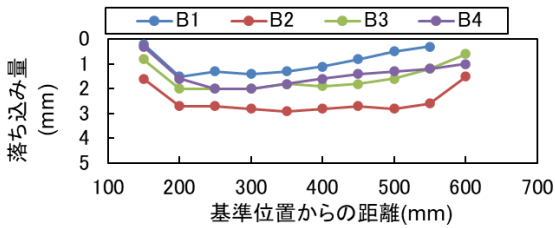


図-6 バラスト分岐器の落ち込み量

(5) 落ち込み量と累積通過トン数の関係

前節で算出した各クロッシングのノーズレールの落ち込み量の最大値と、対向走行の累積通過トン数との関係を図-7に示す。それぞれ異なるクロッシングのデータではあるが、累積通過トン数が小さい初期において落ち込み量の増加が大きい傾向がみられる。また、バラスト分岐器と比較して、直結分岐器は累積通過トン数に対する落ち込み量に大きい傾向があることを確認した。

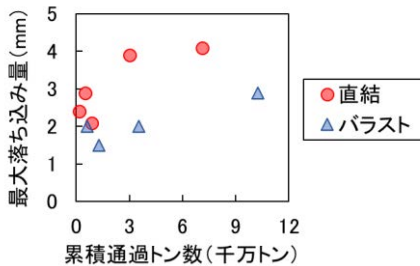


図-7 落ち込み量と累積通過トン数の関係

3. 現地試験

解析モデルの妥当性検証に用いるデータ取得のため、直結分岐器およびバラスト分岐器において現地試験を実施し、列車通過時に生じるクロッシング側面のひずみを測定した。

なお、大きな落ち込みが生じているクロッシングの形状を解析モデルに精度よく反映させることが困難なため、交換直後のクロッシングを対象に現地試験を実施した。

(1) 測定位置の事前検討

列車通過時にノーズレールに作用する衝撃をクロッシング側面のひずみにより測定するために、ひずみの測定位置や間隔について、過去の研究⁸⁾で作成したクロッシングモデルを用いた解析により検討した。なお、モデルは在来線の60kgレール用12番分岐器のクロッシングであり、本研究で対象としている新幹線の16番分岐器のクロッシングと比較して、クロッシング角や全長等が異なるものの、側面の応力分布の傾向は概ね同じものと仮定して、本モデルを用いた。

解析モデルを図-8に、解析条件を表-3に示す。クロッ

シングや締結部材はソリッド要素であり、締結部材の下はばね支持されている。車輪は剛体である。車輪をノーズレールに自由落下させて衝撃を与え、その際同図に示す6箇所のクロッシング側面の応力を抽出した。図中手前側が車輪フランジ側である。なお、解析モデルの妥当性検証では、ひずみではなく Mises 応力でデータの比較を行うため、検討は Mises 応力で実施した。

6か所の抽出箇所の Mises 応力の結果を図-9に示す。結果から、車輪フランジ側の側面の抽出箇所のほうが応力が大きく、下部よりも上部のほうが応力が大きい傾向があることがわかる。また、車輪フランジ側の側面の応力分布を図-10に示す。側面の分布を詳細に見るために応力の上限を30MPaとして表示している。応力はレール長手方向に緩やかに分布しており、現地試験で衝撃が生じる箇所を事前に把握することは困難であるものの、100mm 程度の間隔で測定すれば、乗り移り箇所の衝撃を測定できるものと考え、測定間隔はレール長手方向に100mm 間隔とした。

事前検討の結果、ひずみの測定位置は、車輪フランジ側の側面で、ひずみゲージが貼付け可能な範囲でクロッ

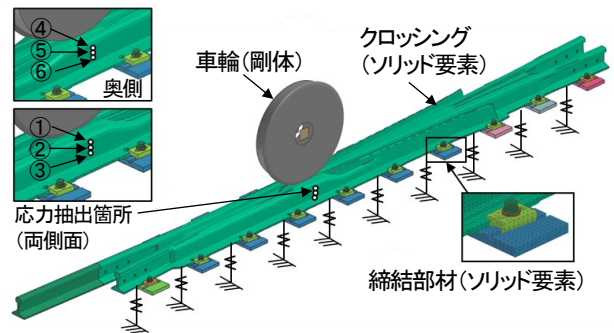


図-8 在来線のクロッシングの解析モデル

表-3 事前検討の解析条件

車輪の重量	50kN
落下高さ	2mm
衝撃力	211kN

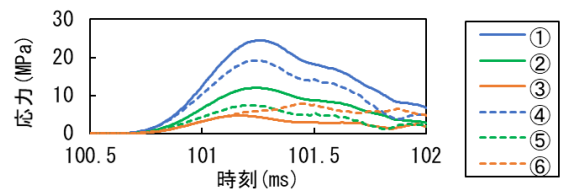


図-9 事前検討解析のクロッシング側面の Mises 応力

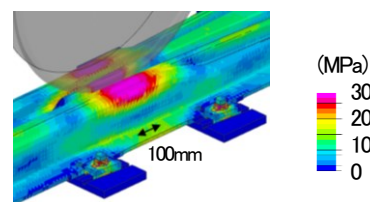


図-10 事前検討解析のクロッシング側面の応力分布

シング側面の上部とし、レール長手方向には 100mm 間隔とすることとした。

(2) 直結分岐器

a) 対象

表-3に対象のクロッシングの概要を示す。走行解析では、曲線走行よりも直線走行の場合のほうが、車輪の左右方向の変位やアタック角が小さく、現地試験時の車輪の接触状態を解析で再現することが容易であるため、基準線対向を列車が走行する場合を測定対象とした。

表-3 対象の直結分岐器のクロッシングの概要

レール頭頂面の勾配	単勾配
列車走行方向	・基準線対向 (測定対象) ・分岐線対向
走行速度	約 70km/h

b) 測定項目と測定位置

測定項目を表-4に、測定位置を図-11、図-12に示す。

列車通過時のクロッシング側面のひずみを測定した。現地でノーズレールを確認したところ、前章の基準位置から 200mm 程度の位置から接触痕があったため、基準位置から 200mm, 300mm の位置のひずみを測定することとした。測点①については上部に突起があり、ひずみゲージの貼り付けが困難であったため、その部分を避けて下方を測定することとした。また、車輪の位置把握のために、クロッシング前端的の加速度を測定し、ひずみのデータと同期させた。

乗り移り箇所でのクロッシングの落ち込みを把握するため、前章と同様に断面形状を測定した。また、クロッシングの支持状態を把握するために、小型 FWD⁹⁾により約 10kN の荷重が作用した際の荷重と変位を測定した。測点は図中に示すまくらぎ直上のノーズレールおよびウィングレール頭頂部とした。

表-4 試験の測定項目

項目	方法	箇所数
側面のひずみ	3軸ひずみゲージ	2
前端的の加速度	加速度計	1
断面形状	接触式断面形状測定器	10
軌道支持剛性	小型 FWD	2

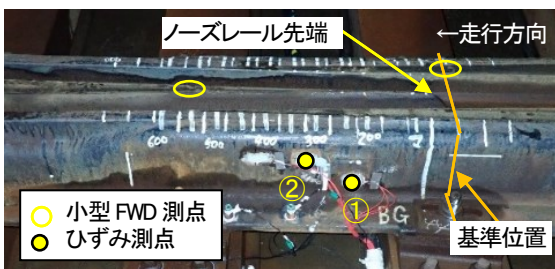


図-11 乗り移り箇所付近の測定位置

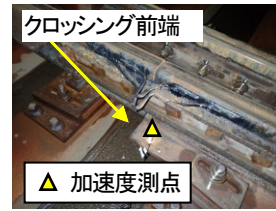


図-12 クロッシング前端的の測定位置

なお、クロッシングの交換から、軌道支持剛性の測定は 5 日後、ひずみおよび加速度の測定は 7 日後、断面形状の測定は 8 日後に実施した。

c) 測定結果

測定したひずみから Mises 応力を算出した結果の一例を図-13に示す。図中の時刻はクロッシング前端通過時刻を 0 としている。なお、ひずみの測定データには 100Hz の LPF 処理を施している。結果から、車輪通過に伴い、応力のピークが生じていることが確認できる。また、1 軸通過時の応力の最大値と走行速度との関係を図-14に示す。測定データは走行速度約 70km/h 前後であり、列車毎にやや応力のバラツキがみられる。

測定したクロッシングの断面形状に対し、前章と同様に新品の断面形状との重ね合わせを実施して落ち込み量を算出した。解析モデルにはノーズレールだけでなくウィングレールの落ち込みも反映させるため、ウィングレールの落ち込み量も算出した。算出位置は図-4に示した設計断面におけるゲージコーナーの R 部を避けた位置とした。落ち込み量の結果を図-15に示す。敷設後 8 日程度であるが、落ち込み量は大きい箇所では 1.5mm 以上となっており、前章と同様に、累積通過トン数が小さい初期の落ち込み量の増加が大きい傾向がみられた。

また、小型 FWD の測定結果を表-5に示す。荷重および変位の最大値と、それらから軌道支持剛性を算出した結果を示す。

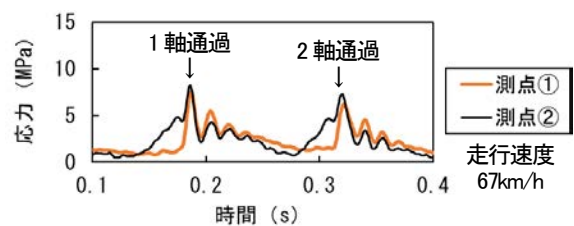


図-13 直結分岐器の各測点の Mises 応力の一例

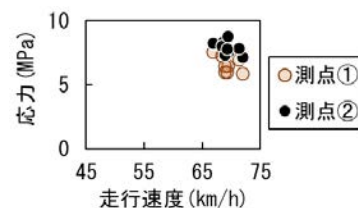


図-14 直結分岐器の各測点の Mises 応力の最大値

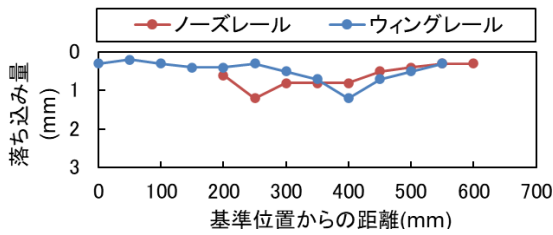


図-15 直結分岐器の現地試験時の落ち込み量

表-5 直結分岐器の小型 FWD の測定結果

		荷重(kN)	変位(mm)	支持剛性(kN/mm)
ノーズ	1回目	9.8	0.09	113
	2回目	10.3	0.10	105
ウイング	1回目	10.3	0.08	128
	2回目	10.2	0.08	129

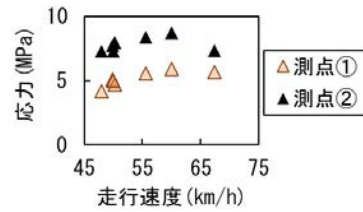


図-17 バラスト分岐器の各測点の Mises 応力の最大値

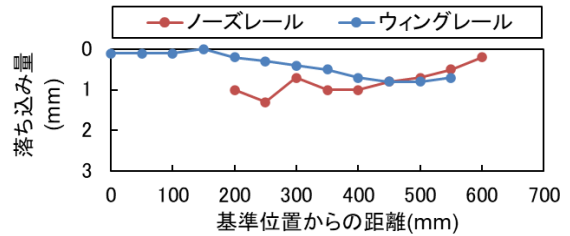


図-18 バラスト分岐器の現地試験時の落ち込み量

(3) バラスト分岐器

a) 対象

表-6に対象のクロッシングの概要を示す。対象のクロッシングでは列車が基準線対向を走行しないため、分岐線対向を走行する場合を測定対象とした。

表-6 対象のバラスト分岐器のクロッシングの概要

レール頭頂面の勾配	2段勾配
列車走行方向	・分岐線対向 (測定対象) ・基準線背向
走行速度	約 55km/h

b) 測定項目と測定位置

測定項目および測定位置は直結分岐器の場合と同様である。なお、クロッシングの交換から、軌道支持剛性および断面形状の測定は 14 日後、ひずみおよび加速度の測定は 16 日後に実施した。

c) 測定結果

前節と同様に Mises 応力を算出した結果の一例を図-16 に示す。直結分岐器の場合と同様に、車輪通過に伴い応力のピークが生じていることが確認できる。また、前節と同様に 1 軸通過時の応力の最大値と走行速度の関係を図-17 に示す。測定データは走行速度約 50~70km/h の範囲で、直結分岐器のデータよりも低速であった。

前節と同様に算出した落ち込み量の結果を図-18 に示す。敷設後 14 日程度であり、累積通過トン数が小さい

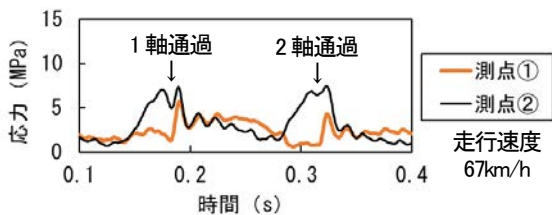


図-16 バラスト分岐器の各測点の Mises 応力の一例

表-7 バラスト分岐器の小型 FWD の測定結果

		荷重(kN)	変位(mm)	支持剛性(kN/mm)
ノーズ	1回目	9.7	0.12	82
	2回目	9.8	0.11	87
ウイング	1回目	9.5	0.17	57
	2回目	9.5	0.17	57

初期の段階であるが、落ち込み量は大きい箇所でも 1mm 以上となっており、前章や直結分岐器の場合と同様の傾向がみられた。

小型 FWD の測定結果を表-7 に示す。直結分岐器の場合よりも小さいばね定数となった。

4. 車両走行解析モデルの構築

車両通過時にノーズレールに作用する衝撃力を推定するため、FEM ソリッド要素でクロッシングをモデル化した車両走行解析モデルを構築した。さらに、前章で測定したデータを用い、現地試験箇所の条件を適用したシミュレーションを実施し、解析モデルの妥当性について検証した。

(1) 解析モデルの構築

FEMに基づく鉄道車両の走行解析手法¹⁰⁾を用いた。なお、FEM の解析ソルバーは、汎用の解析ソフト「Virtual Performance Solution」を用いている。

まくらぎ直結軌道の片開き分岐器のクロッシングを対象にモデル化した。解析モデルの概要を図-19 に示す。クロッシングについては、過去に筆者らが、レールを要素サイズ 15mm のソリッド要素でモデル化した走行解析手法について、その妥当性を確認しており¹¹⁾、本モデル

においても同サイズのソリッド要素でモデル化することとした。まくらぎは梁要素，レール/クロッシング~まくらぎ間は剛結，まくらぎ下はばね（以下，「まくらぎ支持ばね」という）支持とした。軌道は走行方向のみモデル化し，基準線走行の場合は分岐線を省略，分岐線走行の場合は基準線を省略している。

車両は図-20 に示すように，車体，台車，輪軸を剛体でモデル化し，軸ばね，まくらばね，車体と台車を接続する台車牽引リンクをばね要素とダンパ要素でモデル化した。また，車輪表面はソリッド要素でモデル化し，車輪とレールの接触判定は，ペナルティ法を用いた。車両諸元を表-8 に示す。

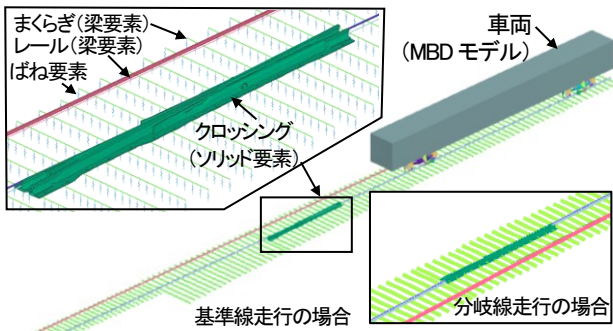


図-19 解析モデルの概要

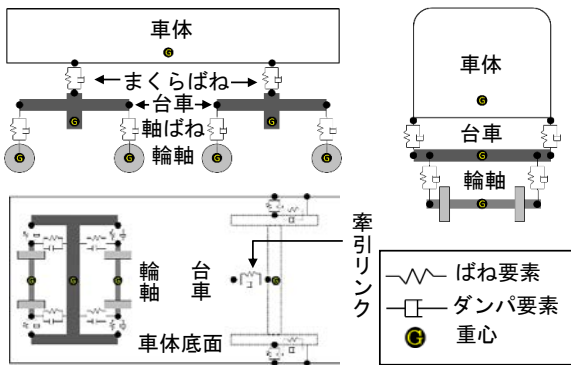


図-20 車両モデルの概要

表-8 車両諸元

軌間	1435mm
車輪踏面	新幹線用円弧踏面形状
車輪内面間距離	1360mm
台車中心間距離	17.5m
軸距	2.5m
静止輪重	55kN

(2) 妥当性の検証

a) 解析条件

解析条件を表-9 に示す。レール頭頂面の勾配については，現地試験と同様に，直結分岐器は単勾配，バラスト分岐器は2段勾配とした。

クロッシングの落ち込みが車輪との接触状態に影響す

るため，解析モデルに反映させた。ただし，直結分岐器の場合，図-21 に示すように，測定した断面形状は一部分岐線通過による落ち込みが大きい傾向がみられたため，基準線通過時の車輪踏面との接触を考慮し，断面中心ではなく，ノーズレールで最も高い位置でモデル反映用の落ち込み量を算出することとした。結果を図-22 に示す。解析モデルへの反映は，図-23 に示すように，ノーズレール頭頂部およびウィングレールの頭部の節点を落ち込み量の分だけ一律に下げ，レール長手方向には線形補間を行った。

まくらぎ長さ 1m あたりの上下方向のまくらぎ支持ばね定数は，図-24 に示すように設定した。直結分岐器の場合は，過去に実施したまくらぎ直結軌道用伸縮継目の締結装置の載荷試験の結果を用いた。また，バラスト分岐器については，文献¹²⁾より道床のばね定数を算出した。ただし，荷重 10kN までのばね定数については，本解析モデルのノーズレール，ウィングレールに載荷し，前章で小型 FWD により測定した軌道支持剛性を実現させるまくらぎ支持ばね定数を検討した結果を反映させた。左

表-9 車両走行解析の解析条件

	まくらぎ直結	バラスト
レール頭頂面の勾配	単勾配	2段勾配
列車走行方向	基準線対向	分岐線対向
走行速度 (km/h)	67, 71	50, 60, 67

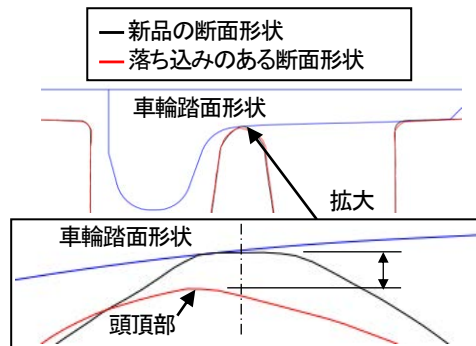


図-21 モデル反映用の落ち込み量の算出位置

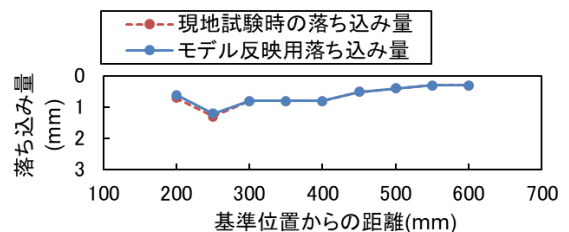


図-22 直結分岐器のモデル反映用落ち込み量

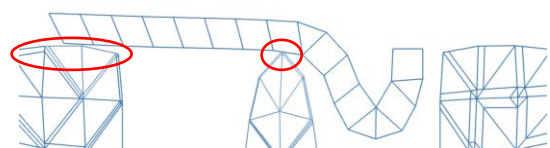


図-23 解析モデルへの落ち込みの反映

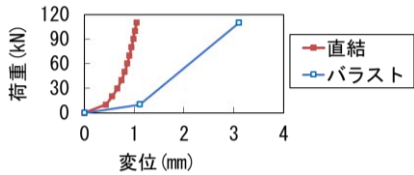


図-24 上下方向のまくらぎ支持ばね定数

表-10 まくらぎ支持ばね定数 (単位: kN/mm)

	まくらぎ直結	バラスト
前後方向	31	5.2
左右方向	31	1.6

右方向, 前後方向のばね定数は, 表-10 に示す値を設定した.

b) 解析結果

直結分岐器の場合の解析結果を図-25 に, バラスト分岐器の場合の解析結果を図-26 に示す. 図中の時刻はクロッシング前端通過時刻を 0 としている. 各測点の Mises 応力および輪重の結果を示した. なお, 結果には 100Hz の LPF 処理を施している. 図には落ち込みを反映させていない新品の場合の結果も併せて示した.

解析結果の応力は, 落ち込みを反映させることで, 最大値や最大値となるタイミングが現地試験と概ね一致している. また, 解析の結果, クロッシング側面の応力の変動が乗り移りの際の輪重の変動を捉えていることを確認した.

他の走行速度の現地試験結果についても解析との比較を行った. 応力の最大値と走行速度の関係を, 直結分岐器の場合を図-27 に, バラスト分岐器の場合を図-28 に示す. バラスト分岐器の測点②において一部やや差異がみられるものの, その他の走行速度や測点①, 直結分岐器

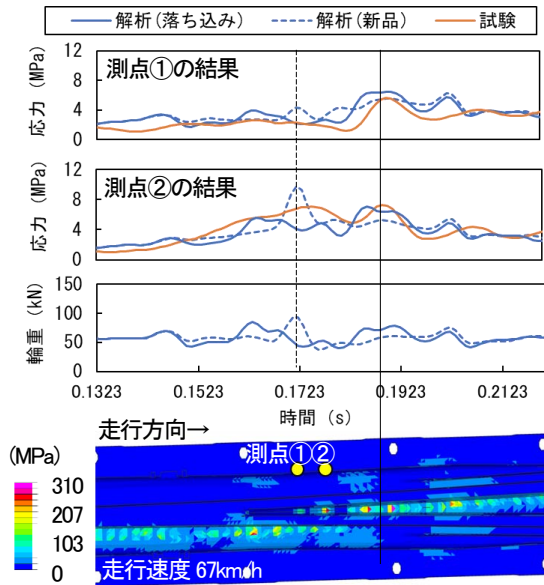


図-26 バラスト分岐器の走行解析結果

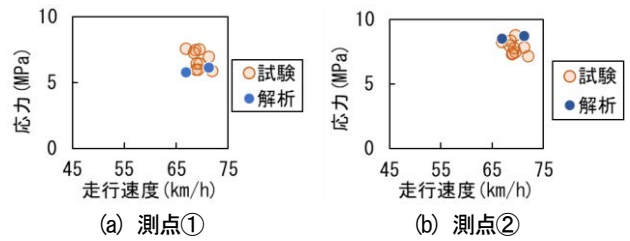


図-27 直結分岐器の応力の比較結果

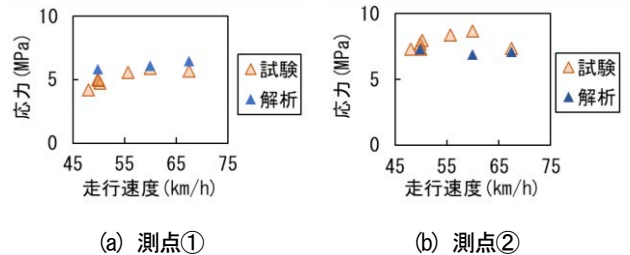


図-28 バラスト分岐器の応力の比較結果

の場合は概ね一致することを確認した.

5. おわりに

ノーズレールに作用する衝撃力を推定し, 落ち込みの原因を明らかにするため, 本研究では, 落ち込みの実態調査を実施するとともに, 車両走行解析モデルを構築し, その妥当性を検証した. 結果をまとめると以下の通りである.

- 直結分岐器およびバラスト分岐器のクロッシングのノーズレールの落ち込み量の実態を調査した. 対向走行の累積通過トン数との関係を調べた結果, 直結分岐器のほうが落ち込み量が多いことを確認した.
- 解析モデルの妥当性検証に用いるデータ取得のために,

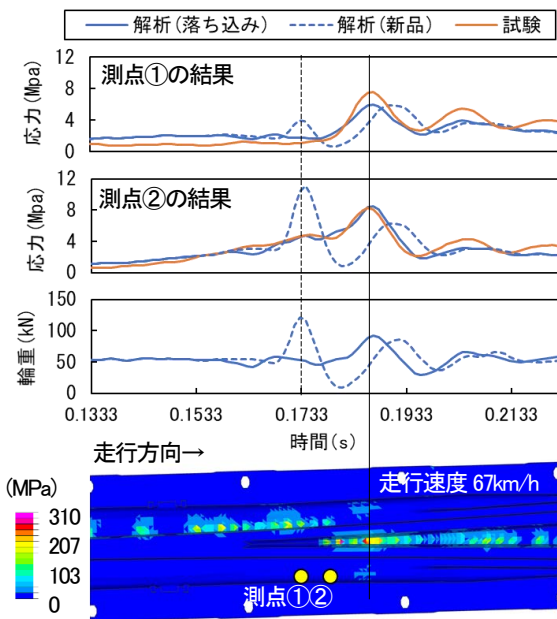


図-25 直結分岐器の走行解析結果

列車通過時に生じるクロッシング側面のひずみを測定した。

- クロッシングを FEM ソリッド要素でモデル化した車両走行解析モデルを構築した。現地試験の条件を適用したシミュレーションを実施して妥当性を検証した結果、解析モデルの結果が試験結果と概ね一致することを確認した。

今後は構築した解析モデルを用いて、ノーズレールに作用する衝撃力を推定し、落ち込みの原因を明らかにしていく予定である。

REFERENCES

- 1) 及川祐也：分岐器, RRR, Vol. 73, No. 9, pp. 28-31, 2016. [Oikawa, Y.: Turnout, RRR, Vol. 73, No. 9, pp. 28-31, 2016.]
- 2) 佐藤浩司, 神津大輔：クロッシングの材料状態管理に関する研究, 土木学会第 66 回年次学術講演会, IV-122, pp.243-244, 2011. [Sato, K. and Kouzu, D.: Research on material state management of crossing, Japan Society of Civil Engineers 2011 Annual Meeting, IV-122, pp.243-244, 2011.]
- 3) 須田征男, 長門彰, 徳岡研三, 三浦重編：新しい線路, pp. 466-468, 日本鉄道施設協会, 1997. [Suda, M. and Nagato, A. and Tokuoka, K. and Miura, S.: *Atarasii Senro*, pp. 466-468, Japan Railway Civil Engineering Association, 1997.]
- 4) 及川祐也, 金鷹, 寺下善弘：圧接クロッシングのウイングレール頭頂部損傷に関する一考察, 土木学会第 64 回年次学術講演会, IV-284, pp.565-566, 2009. [Oikawa, Y. and JIN, Y. and Terashita, Y.: A study on wing rail top damage in pressure welded crossing, Japan Society of Civil Engineers 2009 Annual Meeting, IV-284, pp.565-566, 2009.]
- 5) Martin, P., Werner, D., Heinz, O. : Understanding the loading of turnout crossings, Railway Gazette International, Vol.168, No.8, p32-35, 2012.
- 6) 小山寿明, 道辻洋平, 渡邊真一, 米原善秀：車両走行シミュレーションに基づく二段勾配クロッシング通過時の輪重変動抑制効果の検討, 日本機械学会第 28 回交通・物流部門大会講演論文集, 2019. [Koyama, T. and Mititsuji, Y. and Watanabe, S. and Yonehara, Y.: Examination of wheel load fluctuation suppression effect when passing through two-step gradient crossing based on vehicle running analysis, *TRANSLOG2019*, 2019]
- 7) 原幸一郎, 倉津次郎：走行する車輪の踏面形状に適合させたクロッシングの開発, 土木学会第 68 回年次学術講演会, VI-467, pp.933-934, 2013. [Hara, K. and Kuratsu, J.: Development of crossing that matches the wheel profile, *Japan Society of Civil Engineers 2013 Annual Meeting*, VI-467, pp.933-934, 2013.]
- 8) 塩田勝利, 清水紗希, 及川祐也：マンガンクロッシングの振動加速度による損傷状態の検知に関する基礎検討, 土木学会第 72 回年次学術講演会, VI-439, 2017. [Shiota, K. and Shimizu, S. and Oikawa, Y.: Basic study on detection of damage due to vibration acceleration of solid manganese steel rigid crossing, *Japan Society of Civil Engineers 2017 Annual Meeting*, VI-439, 2017.]
- 9) 伊藤孝記, 中村貴久, 佐野禎：FWD を用いた軌道支持状態の評価に関する研究, 日本鉄道施設協会誌, pp.60-63, 2014.2 [Itou, K. and Nakamura, T. and Sano, T.: Study on evaluation of track support state using FWD, *The Journal of Japan Railway Civil Engineering Association*, pp.60-63, 2014.2]
- 10) 西宮裕騎：動的陽解法有限要素法を用いた鉄道車両の走行解析手法の構築, 土木学会論文集 A2, Vol.74, No.2, pp.649-660, 2018. [Nishinomiya, Y.: Development of the vehicle running simulation method with an explicit dynamic finite element method, *Transaction of the Japan Society of Civil Engineers*, Vol.74, No.2, pp.649-660, 2018.]
- 11) 玉川新悟, 清水紗希, 三原輝久, 及川祐也：列車の単線並列運転を支援する軌道の分岐構造の開発, 日本機械学会論文集, Vol.86, No.886, 2020. [Tamagawa, S. and Shimizu, S. and Mihara, T. and Oikawa, Y.: Switch and crossing for single line operation at double track section, *Transactions of the JSME*, Vol.86, No.886, 2020.]
- 12) 須田征男, 長門彰, 徳岡研三, 三浦重編：新しい線路, pp. 384-385, 日本鉄道施設協会, 1997. [Suda, M. and Nagato, A. and Tokuoka, K. and Miura, S.: *Atarasii Senro*, pp. 384-385, Japan Railway Civil Engineering Association, 1997.]

(Received April 1, 2022)

(Accepted June 3, 2022)

BASIC STUDY ON DAMAGE OF RIGID CROSSING IN TURNOUT LAID ON SYNTHETIC SLEEPER ON DIRECT FIXATION

Saki SHIMIZU, Katsutoshi SHIOTA, Tomoyuki YAMAMOTO and Yuya OIKAWA

In rigid crossings of turnouts laid on synthetic sleepers on direct fixation of the Shinkansen, crossing replacement cycles seem to be short in some cases because of large dents on nose rails compared with those of ballasted turnouts. Therefore, in this study, we constructed a vehicle running analysis model and verified its validity in order to estimate the impact force acting on nose rails and clarify the cause of dents. First, we conducted a fact-finding survey on the amount of dent in nose rails and measured strain acting on the side faces of crossings during train passage for acquiring data used for validation. Furthermore, we constructed a vehicle running analysis model that models crossings with FEM solid elements. Then we confirmed the validity of the model by conducting a simulation under the conditions of field tests.