

RA2020-6

鉄 道 事 故 調 査 報 告 書

I 会津鉄道株式会社 会津線 弥五島駅～塔のへつり駅間
列車脱線事故

令和2年11月26日

本報告書の調査は、本件鉄道事故に関し、運輸安全委員会設置法に基づき、運輸安全委員会により、鉄道事故及び事故に伴い発生した被害の原因を究明し、事故の防止及び被害の軽減に寄与することを目的として行われたものであり、事故の責任を問うために行われたものではない。

運輸安全委員会
委員長 武田 展雄

《参 考》

本報告書本文中に用いる分析の結果を表す用語の取扱いについて

本報告書の本文中「3 分 析」に用いる分析の結果を表す用語は、次のとおりとする。

- ① 断定できる場合
・・・「認められる」
- ② 断定できないが、ほぼ間違いない場合
・・・「推定される」
- ③ 可能性が高い場合
・・・「考えられる」
- ④ 可能性がある場合
・・・「可能性が考えられる」
・・・「可能性があると考えられる」

I 会津鉄道株式会社 会津線
弥五島駅～塔のへつり駅間
列車脱線事故

鉄道事故調査報告書

鉄道事業者名：会津鉄道株式会社

事故種類：列車脱線事故

発生日時：令和元年12月24日 19時08分ごろ

発生場所：福島県下郷町

会津線 弥五島駅～塔のへつり駅間（単線）

西若松駅起点26k888m付近

令和2年10月26日

運輸安全委員会（鉄道部会）議決

委員長 武田展雄

委員 奥村文直（部会長）

委員 石田弘明

委員 柿嶋美子

委員 鈴木美緒

委員 新妻実保子

要旨

<概要>

会津鉄道株式会社の東武日光駅発会津若松駅行き1両編成（ワンマン運転）の上り第3160D列車の運転士は、令和元年12月24日（火）、19時08分ごろ、弥五島駅～塔のへつり駅間の半径200mの右曲線を速度約44km/hで通過中に衝撃を感じ、非常ブレーキを使用して列車を停止させた。

停止後に車両を点検したところ、車両の前台車第1軸が左側に脱線していた。

列車には、乗客3名及び乗務員2名が乗車していたが、負傷者はいなかった。

<原因>

本事故は、列車が半径200mの右曲線を通過中に、軌間が大きく拡大したため、前台車第1軸の右車輪が軌間内に落下したことによるものと考えられる。

軌間が大きく拡大したことについては、同曲線中で、軌間変位が大きかったことに

加え、不良まくらぎ及びレール締結装置の犬くぎ浮きが連続していたことにより、列車走行時の横圧によりレール小返りやレールの横移動が発生したことによるものと考えられる。

不良まくらぎ及びレール締結装置の犬くぎ浮きが連続していたことについては、まくらぎ検査等で、軌間拡大に対する危険性を踏まえたまくらぎやレール締結装置の状態（不良の連続性や程度）を十分に把握できておらず、状態に応じた軌道整備が行われていなかった可能性があると考えられる。

また、本事故の発生については、木まくらぎからPCまくらぎへの交換計画はあったものの、軌間拡大の危険性が高い急曲線が優先されず、本事故発生前に交換が完了していなかったことが関与した可能性が考えられる。

目 次

| | | |
|-------|-------------------------|----|
| 1 | 鉄道事故調査の経過 | 1 |
| 1.1 | 鉄道事故の概要 | 1 |
| 1.2 | 鉄道事故調査の概要 | 1 |
| 1.2.1 | 調査組織 | 1 |
| 1.2.2 | 調査の実施時期 | 1 |
| 1.2.3 | 原因関係者からの意見聴取 | 1 |
| 2 | 事実情報 | 1 |
| 2.1 | 運行の経過 | 1 |
| 2.1.1 | 運転士等の口述 | 1 |
| 2.1.2 | 運転状況の記録 | 3 |
| 2.2 | 人の死亡、行方不明及び負傷 | 3 |
| 2.3 | 鉄道施設等に関する情報 | 3 |
| 2.3.1 | 事故現場に関する情報 | 3 |
| 2.3.2 | 鉄道施設に関する情報 | 4 |
| 2.4 | 車両に関する情報 | 15 |
| 2.4.1 | 車両の概要 | 15 |
| 2.4.2 | 車両の整備に関する情報 | 16 |
| 2.5 | 線路及び車両の損傷状況等に関する情報 | 18 |
| 2.6 | 乗務員に関する情報 | 19 |
| 2.7 | 運転取扱い等に関する情報 | 20 |
| 2.8 | 気象に関する情報 | 20 |
| 2.9 | 過去の同種事故への対応に関する情報 | 20 |
| 3 | 分析 | 20 |
| 3.1 | 脱線の状況に関する分析 | 20 |
| 3.1.1 | 脱線開始地点について | 20 |
| 3.1.2 | 脱線の状況について | 21 |
| 3.2 | 本事故の発生時刻及び本件列車の速度に関する分析 | 21 |
| 3.3 | 軌道に関する分析 | 22 |
| 3.3.1 | 軌道変位について | 22 |
| 3.3.2 | まくらぎ及びレール締結装置の状態について | 23 |
| 3.3.3 | 軌間拡大について | 23 |
| 3.3.4 | まくらぎ及びレール締結装置の管理について | 24 |
| 3.3.5 | 木まくらぎからPCまくらぎへの交換について | 25 |

| | | |
|-----|-----------------|----|
| 3.4 | 車両に関する分析 | 25 |
| 3.5 | 気象に関する分析 | 26 |
| 4 | 原因 | 26 |
| 5 | 再発防止策 | 26 |
| 5.1 | 必要と考えられる再発防止策 | 26 |
| 5.2 | 事故後に同社が講じた措置 | 27 |
| 5.3 | 事故後に国土交通省が講じた措置 | 28 |

添付資料

| | | |
|------|-----------------|----|
| 付図1 | 会津鉄道の路線略図 | 29 |
| 付図2 | 事故現場付近の地形図 | 29 |
| 付図3 | 事故現場の略図 | 30 |
| 付図4 | 事故現場の状況と脱線の痕跡 | 31 |
| 付図5 | 脱線発生場所付近の軌道の状況 | 32 |
| 付図6 | 事故現場付近の軌道変位等の状況 | 33 |
| 附属資料 | 軌間変位の限度値の考え方 | 34 |

1 鉄道事故調査の経過

1.1 鉄道事故の概要

会津鉄道株式会社の東武日光駅発会津若松駅行き1両編成（ワンマン運転）の上り第3160D列車の運転士は、令和元年12月24日（火）、19時08分ごろ、弥ごしま五島駅～塔とうのへつり駅間の半径200mの右曲線（以下、前後左右は列車の進行方向を基準とする。）を速度約44km/hで通過中に衝撃を感じ、非常ブレーキを使用して列車を停止させた。

停止後に車両を点検したところ、車両の前台車第1軸（以下、軸位は前から数える。）が左側に脱線していた。

列車には、乗客3名及び乗務員2名（運転士1名、運転士見習い1名）が乗車していたが、負傷者はいなかった。

1.2 鉄道事故調査の概要

1.2.1 調査組織

運輸安全委員会は、令和元年12月24日、本事故の調査を担当する主管調査官ほか1名の鉄道事故調査官を指名した。

東北運輸局は、本事故調査の支援のため、職員を事故現場等に派遣した。

1.2.2 調査の実施時期

令和元年12月25日及び26日 現場調査及び口述聴取

1.2.3 原因関係者からの意見聴取

原因関係者から意見聴取を行った。

2 事実情報

2.1 運行の経過

2.1.1 運転士等の口述

本事故に至るまでの経過は、会津鉄道株式会社（以下「同社」という。）の東武日光駅（東武鉄道株式会社日光線）発会津若松駅（東日本旅客鉄道株式会社（以下「JR東日本」という。）只見線）行き上り第3160D列車（以下「本件列車」という。）の運転士（以下「本件運転士」という。）及び本件列車に便乗していた乗務員（以下「本件運転士見習い」という。）の口述によれば、概略次のとおりであった。

(1) 本件運転士

本事故当日は、7時10分ごろに出勤して点呼を受け、7時59分に西若松駅から会津田島駅行き下り第3153D列車に会津田島駅まで乗務し、会津田島駅と会津若松駅間を2往復した後、18時40分に会津田島駅から本件列車に乗務した。

弥五島駅（西若松駅起点28k038m、以下「西若松駅起点」は省略する。）を定刻（19時04分）から約3分30秒遅れて出発し、半径200mの右曲線（27k179m～26k840m、以下「本件曲線」という。）を惰行運転中に、強い衝撃及び「ドドド」という異音が生じたため、非常ブレーキを使用して本件列車を停止させた。

なお、乗務から本事故発生までの間、本件列車について異常は感じなかった。

停止後、本件運転士見習いが乗客3名のけがの状況を確認したところ、けが人はいなかった。

その後、業務用携帯電話で運転指令に「脱線したようだ」と連絡し、本件運転士見習いに手歯止めをするように指示した。本件運転士見習いから脱線の状況について報告を受け、自分も降車し本件列車の脱線の状況や後方に車輪が乗り上がるような障害物がないことを確認した。

車内に戻り、現場付近に同社が手配した乗客救済用のタクシーが到着してから、本件運転士見習いとともに乗客を補助しながら降車させた。

(2) 本件運転士見習い

本事故当日は、11時10分ごろに出勤して点呼を受け、12時10分に西若松駅から会津田島駅行き下り第3309Dに便乗し、その後14時02分に会津田島駅から東武日光駅行き下り第3155D列車、及び16時33分に東武日光駅から折り返し本件列車に会津田島駅まで運転士見習いとして乗務し、会津田島駅からは本件運転士の右側で便乗していた。

本件列車が弥五島駅を出発後、本件曲線を通過中に、強い衝撃及び大きな異音が生じ、本件運転士が「脱線だ」と叫ぶと同時に非常ブレーキを使用して本件列車を停止させた。

なお、乗務から本事故発生までの間、本件列車について異常は感じなかった。

停止後、乗客のけがの状況を確認したところ、けが人はいなかった。その後、本件運転士の指示により手歯止めを車輪に装着し、本件列車の脱線の状況及び後方に車輪が乗り上がるような障害物がないことを確認し、本件運転士に報告した。

車内に戻り、現場付近に同社が手配した乗客救済用のタクシーが到着してから、本件運転士とともに乗客を補助しながら降車させた。

2.1.2 運転状況の記録

本件列車には、時刻、列車速度、走行距離及び力行ノッチやブレーキの操作状況等を記録する装置（以下「運転状況記録装置」という。）が装備されている。その記録によれば、本事故発生時の本件列車の運転状況の概略は、表1のとおりであった。表1から、脱線発生場所（26k888m付近、以下キロ程は省略する。）を通過した時刻は、19時08分52秒ごろであった。

表1 運転状況記録装置の記録

| 時刻 | 列車速度 | キロ程（前台車第1軸） | 備考 |
|-----------|--------|-------------|----------|
| 19時08分46秒 | 45km/h | 26k962m | 力行ノッチオフ |
| 19時08分52秒 | 44km/h | 26k888m | 脱線発生場所 |
| 19時08分58秒 | 29km/h | 26k823m | 非常ブレーキ動作 |
| 19時09分02秒 | 0km/h | 26k810m | 列車停止位置 |

なお、時刻はGPS（Global Positioning System）によって補正されているが、列車速度は実測試験等を実施して補正したものではないため、若干の誤差が内在している可能性がある。

（付図1 会津鉄道の路線略図、付図2 事故現場付近の地形図、付図3 事故現場の略図 参照）

2.2 人の死亡、行方不明及び負傷

なし。

2.3 鉄道施設等に関する情報

2.3.1 事故現場に関する情報

本件列車は26k808m付近で停止しており、脱線していた前台車第1軸の位置は26k810m付近であった。

脱線した状態については、前台車第1軸の右車輪が右レールから左に約0.4mの位置で軌間内にあり、同軸左車輪は軌間外にあった。

前台車第2軸及び後台車全2軸については脱線していなかった。

（付図3 事故現場の略図 参照）

2.3.2 鉄道施設に関する情報

2.3.2.1 路線の概要

同社の会津線は、「日本国有鉄道改革法」(昭和61年法律第87号)により昭和62年4月に日本国有鉄道の会津線がJR東日本に移管され、その後、昭和62年7月に第三セクターである同社に移管された。

会津線は、西若松駅と会津高原尾瀬口駅を結ぶ営業キロ^{*1}57.4kmの単線で、軌間は1,067mmである。このうち、西若松駅～会津田島駅間の42.0kmは非電化区間で、会津田島駅～会津高原尾瀬口駅間の15.4kmは電化区間である。

なお、弥五島駅～塔のへつり駅における1日当たりの列車の運行本数は、3両編成が2本、2両編成が12本、1両編成が16本の合計30本であり、一部の列車は東武日光駅や会津若松駅までの直通運転を行っている。

(付図1 会津鉄道の路線略図 参照)

2.3.2.2 線路の概要

本件曲線の線路に関する情報は以下のとおりである。

- (1) 本件曲線は、半径200mの右曲線で、27k124m～26k895mが円曲線、円曲線の前後の27k179m～27k124m及び26k895m～26k840mが緩和曲線である。また、カント^{*2}80mm及びスラック^{*3}15mmが設定され、これらは緩和曲線区間で逡減^{ていげん}されている。
- (2) 線路の勾配は、27k365m～26k400mが下り3.0%である。
- (3) 軌道構造はバラスト軌道で、レールは50kgNレール、まくらぎは木まくらぎである。
- (4) 本件曲線に用いられている主なレール締結装置は、F形締結装置である。

(図1 参照)

*1 「営業キロ」とは、旅客・貨物を運送する発着区間に対する駅間のキロ数をいう。

*2 「カント」とは、曲線を走行する際の遠心力が走行安全性及び乗り心地に悪影響を及ぼさないよう設定された、曲線外側のレールと内側のレールとの高低差をいう。

*3 「スラック」とは、曲線を円滑に走行するために軌間を所定の大きさよりも広げることを行う。

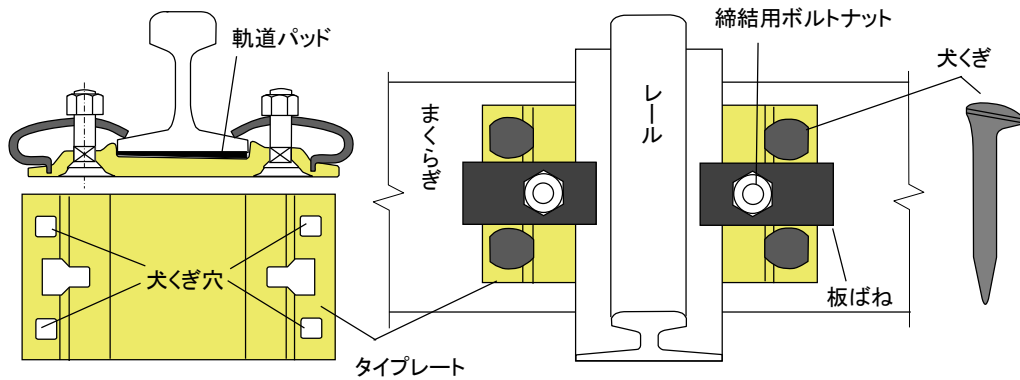


図1 F形締結装置

- (5) 本件曲線の全長に渡り、左レールの外側に50kgNレールの安全レール^{*4}がおおよそまぐらぎ1本おきに内外1本ずつの犬くぎで締結され設置されている。

安全レールについては、「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」（平成13年国土交通省令第151号）に基づき、同社が東北運輸局長へ届け出ている実施基準（以下「実施基準」という。）の一部である「軌道・土木施設実施基準」において、次のとおり定められている。（抜粋）

（安全レール）

第49条 本線路において下記の各号に該当する箇所には、安全レールを敷設するものとする。

(1) 半径250m未満の曲線の全長。

(2)～(4) (略)

2 安全レールの敷設の方法はPCマクラギの場合等、特別な場合を除き次の各号に定めるところによるものとする。

(1) 危険の大きい側のレールの軌間外方に敷設すること。

(2) 本線レールに対して、180mm または220mm の間隔を以って敷設し、その両端は本線レールに対して300mm 以上の間隔を保たせ2,000mm 以上の長さで円滑に逡減するものとする。

同社によると、本事故現場を含む地域は冬期の積雪が多いことから、脱線を防止する脱線防止ガードや脱線防止レールを軌間内に敷設することが適さないため、軌間外へ安全レールを敷設しているとのことであった。

*4 「安全レール」とは、脱線した車両が軌間外に逸脱し、転倒又は転落による大事故を防ぐことを目的とし、本線レールに沿って敷設する誘導用のレールをいう。

なお、本件曲線においては、本線レールと安全レールの間隔は220mmと
している。

(付図3 事故現場の略図、付図4 事故現場の状況と脱線の痕跡、付図5 脱線
発生場所付近の軌道の状況 参照)

2.3.2.3 線路保守に関する規程

同社では、本事故発生時の線路の保守管理について、実施基準の一部である「軌道・土木施設実施基準」、社内規程である「軌道・建造物整備心得」に、次のとおり定められていた。

なお、令和2年4月1日付けで「軌道・建造物整備心得」を廃止し、新たに「軌道施設に関する実施細目(規程)」が制定されている。

(以下、軌道・土木施設実施基準及び軌道・建造物整備心得の抜粋)

軌道・土木施設実施基準

(一般軌道の整備及び仕上げ)

第78条 軌道は、次表に定める整備の値に基づき、次の各号により整備を行うものとする。

- (1) 軌道の整備にあたっては、整備目標値^{*5}を考慮し、効果的な整備に努めなければならない。
- (2) 整備基準値^{*6}に達した軌道^{原文ママ}狂い並びに整備基準値未満の軌道狂いの場合であって、急進性のもの及び列車の動揺に特に大きな影響を与えるものについては、早急に整備を行うものとする。

| 狂いの種類 | 整備基準値 | 適用 | 仕上がり基準値 |
|-------|--------|-------------------|---------|
| 軌間 | 20(14) | 直線及び半径600mを超える曲線 | (略) |
| | 25(19) | 半径200m以上600mまでの曲線 | |
| | 20(14) | 半径200m未満の曲線 | |
| 水準 | | 平面性に基づき整備を行う | |
| 高低 | 30(22) | | |
| 通り | 30(22) | | |
| 平面性 | 23(18) | カントの遞減量を含む | |

*5 ここでいう「整備目標値」とは、一定レベルの乗り心地を維持しつつ、緊急の軌道整備作業量を抑制するために設定された軌道変位の値のことをいう。

*6 ここでいう「整備基準値」とは、列車の走行安全を確保するために緊急に軌道整備作業を発動するために設定された軌道変位の値のことをいう。

〈備考〉 (1) 数値は、高速軌道検測車による動的値^{*7}を示す。ただし、
かっこ内の数値は、静的値^{*8}を示す。

(2) (略)

(3) 平面性は、5 m当りの水準変化量を示す。^{原文ママ}

(4) 曲線部におけるスラック、カント及び正^{せい}矢^や量^{*9}（縦^{せい}曲^や線^を含む）は含まない。

2～4 (略)

(レールの交換)

第89条 レールは次の各号のいずれかに定める状態に達したものは、新レールまたは適当なレールと交換するものとする。

(1) レール頭部の最大^{原文ママ}磨耗高が軌間内側において次に定める程度に達し、かつ軌間外側においても著しく磨耗しているもの。

| レール種別 | 磨耗高 (mm) |
|-----------------|----------|
| 30kgレール | 11 |
| 37kgレール及び40Nレール | 15 |
| 50kgレール及び50Nレール | 16 |

(2)～(3) (略)

(本線の巡回)

第103条 本線路の巡回検査は次の表に定めるものとし。^{原文ママ} 徒歩および列車により行うものとする。

| | 徒歩巡回 | 列車巡回 |
|-------|--------|--------|
| 一般区間 | 3ヶ月に1回 | 10日に1回 |
| スラブ区間 | 必要の都度 | 10日に1回 |
| 側線 | 必要の都度 | |

(施設の定期検査)

第105条 施設の定期検査は、次の各号に掲げるとおりとする。

(1) 定期検査は精度よく、確実に実施できるように気象状況の影響を受ける度合い及び施設周辺の植生の状況を勘案し、個々の施設又はその部分毎に定める日（以下検査基準日という。）を定め、検査台帳等に記録し保管するものとする。

*7 「動的値」とは、軌道検測車による検測等により測定される列車荷重等を載荷した状態における軌道変位をいう。

*8 「静的値」とは、手検測（人力による糸張り検測）や軌道検測装置による検測等により測定される、列車荷重（又はそれに準ずる荷重）を載荷しない状態における軌道変位をいう。

*9 ここでいう「正^{せい}矢^や量」とは、設計された線形に対する、レールの長さ方向の2点間に張った弦の中央部とレールとの距離をいう。

(2) 定期検査は、施設の種類、構造その使用状況に応じ検査基準日から起算して基準期間を経過した日の属する月（基準期間が一年未満の設備にあつては、基準期間を経過した日。以下基準期間経過月日という。）又は基準期間経過月日のそれぞれ前後同表に掲げる許容期間内に定期検査を行うものとする。

| 施設の種類 | 基準期間 | 許容期間 |
|------------------|------|------|
| 軌道 | 一年 | 一月 |
| 橋りょう、トンネルその他の構造物 | (略) | |

(3)～(5) (略)

(6) 軌道の定期検査は、軌道の変位（軌間、水準、高低、通り、平面性）及び軌道材料・分岐器・継目の状態等について、検査を行うこととし、検査項目、検査方法、判定基準等については、内部規定に定めたとおりとする。

(7) (略)

軌道・建造物整備心得

(軌間、水準、高低及び通りの整備)

第8条 軌間、水準、高低、通りは努めて良好な状態に整備しなければならない。

ただし、列車の動揺に大なる影響を及ぼすことなく、かつ保守上支障のない限り、次の値以内のものは整正しないことができる。

| 線別 狂い種別 | 本線 | 側線 |
|------------------|---------------------|-----|
| 軌間 | +10 (+6) -5 (-4) | (略) |
| 水準 | 16 (11) | |
| 高低 (延長10m以内において) | 19 (11) | |
| 通り (延長10m以内において) | 19 (11) | |
| 平面性 | 23 (18) | |

- 備考
1. 半径600mをこえる曲線は、直線に準ずる。
 2. 曲線においては、スラック、カント及び正矢量（縦曲線を含む）を差し引いたものである。
 3. 平面性は、5m^{原文ママ}当たりの水準変化量を示す。
 4. 数値は高速軌道検測車による動的値を示す。但し（ ）内の数値は静的値を示す。

2.3.2.4 軌道の定期検査等

(1) 軌道変位の定期検査

① 軌道変位の検査方法

同社における軌道変位の検査では、JR東日本が所有する電気・軌道総合検測車により動的値を測定している。

軌道検測車による検測時には、あらかじめ設定された‘整備目標値、整備基準値及び著大値*10’（以下「基準値等」という。）を超過した場合において、車内に設置されたプリンターから基準値等を超過した前後の軌道変位の波形チャート及び基準値等超過箇所の一覧表が速報値として出力されるようになっている。

② 同社における軌道変位検査結果の取扱い

同社における軌道変位検査結果の取扱いは、速報値を基に現場調査を行い、必要に応じて補修することとしている。

また、全線の軌道変位の波形チャート及び区間毎の統計値を用い、マルチプルタイタンパー*11による軌道整備計画の策定等を行っている。

なお、本事故発生時、同社では整備基準値に達した場合の早急に整備を行う期限について具体的な規程等はなかったが、おおむね2週間以内に整備するのを目安としていたとのことであった。令和2年4月1日以降は、「軌道施設に関する実施細目（規程）」において、30日以内に補修することとなっている。

③ 本事故発生前直近の軌道変位の検査結果

本件曲線における本事故発生前直近の軌道変位検査は、令和元年5月21日に軌道検測車によって動的値が測定されていた。軌道変位の波形チャートから読み取った‘脱線発生場所の前後5m間における測定結果’

（以下「本事故発生前の軌道変位測定値」という。）は次のとおりであった。なお、軌間変位以外の軌道変位は絶対値で評価している。

- a スラックを含む軌間変位は、26k889m付近が最も大きく+32.8mmであり、同地点のスラック量約13.4mmを除くと軌間変位は+19.4mmで整備目標値（+10mm）を超えていたが、整備基準値（+25mm）未満であった。

なお、脱線発生場所より約80m手前となる26k968m付近では+37.1mm、約112m手前となる27k000m付近では+37.6mm

*10 ここでいう「著大値」とは、軌道変位を測定し発見した時点で即座に運転中止等の運転規制や軌道整備等を行うための判断基準として、あらかじめ定められた著大な軌道変位の値をいう。

*11 「マルチプルタイタンパー」とは、保線用の大型機械で、軌道上を走行しながら、道床バラストを連続してつき固めると同時に、高低、通り、水準変位を整備するものをいう。

であり、脱線発生場所よりも大きかった。

本件曲線における軌間変位の速報値では、整備目標値（+10mm）を超過した箇所が3箇所あり、軌道変位の波形チャートから読み取ったキロ程と軌間変位は表2のとおりであった。

表2 基準値等超過箇所における軌道変位（軌間変位の正側を抜粋）

| キロ程 | 軌間変位（スラック含む） |
|---------|--------------|
| 26k889m | +32.8mm |
| 26k968m | +37.1mm |
| 27k000m | +37.6mm |

- b 設計カントを除いた水準変位は、26k885m付近が最も大きく+3.4mmであり、整備目標値（16mm）未満であった。
- c 高低変位（右）は、26k889m付近が最も大きく-7.9mmであり、整備目標値（19mm）未満であった。
- d 曲線半径による正矢量を除いた通り変位（左）は、26k884m付近が最も大きく-7.1mmであり、整備目標値（19mm）未満であった。
- e 5m平面性変位は、26k891m付近が最も大きく+11.8mmであり、整備目標値（23mm）未満であった。

（付図6 事故現場付近の軌道変位等の状況 参照）

(2) 軌道部材の定期検査

本件曲線における本事故発生前直近の軌道部材の定期検査の結果は以下のとおりであった。

① まくらぎの検査

まくらぎの検査は、令和元年11月12日に実施されており、‘腐食やひび割れが発生しているまくらぎ’（以下「不良まくらぎ」という。）やレール締結装置の状態を確認しランク分けを行い、‘まくらぎ管理台帳にまくらぎ1本毎にランクを記録’（以下「まくらぎ1本管理」という。）していた。検査結果は図2に示すとおりであった。

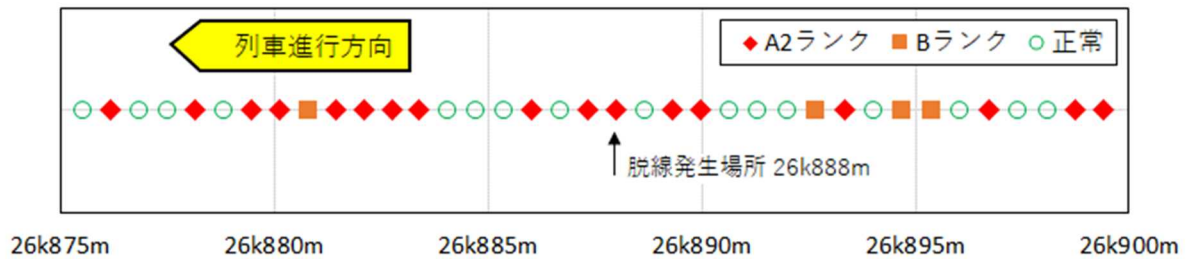


図2 まくらぎ検査結果

また、現地のまくらぎには、不良まくらぎの状態がペンキ等で記入されていた。

なお、同社が社員に配布していた検査マニュアルによれば、不良まくらぎの状態について、ランク毎の判定基準及び処置基準は以下のとおりであった。

木まくらぎの管理

(1) 判定基準

| 判定ランク | 損傷の状態 |
|-------|--|
| A1 | ○ 建築限界を支障するおそれのあるもの ・折れたもの及びそのおそれのあるもの。 |
| A2 | ① 軌間保持機能が失われているもの ・犬くぎ周りの割れや腐食等により犬くぎが抜けており犬くぎを打ち替えても、支持力が回復しないもの。 ・割れが全長にわたっているもの。 ② レール小返り ^{*12} 防止機能が失われているもの。 ③ 著しい食い込みが発生しているもの ・食い込み量が20mm以上のもの。 |
| B | ① まくらぎの機能が低下傾向にあるもの ・犬くぎ周りの割れや腐食等により犬くぎが抜けているが、犬くぎを打ち替えることが可能なもの。 ・食い込み量が7mm以上20mm未満のもの。 |
| C | ① まくらぎの機能を有しているが、若干の損傷等が認められるもの ・犬くぎの浮きが生じているもの。 ・締結周り ^{原文ママ} の以外の割れや腐食が目視で確認できるもの。 |

※A1ランクは、他のランクと異なり急進的に劣化が進行し単独でも列車の運行を阻害するおそれがあるもの。

※A2ランクは、処置を施しても軌間保持力の回復が困難と判断されるまくらぎだが、単独では列車の運行を阻害するものではなく、連続した場合に列車の運行を阻害する恐れのあるもの。

※その他のランクは連続した場合でも列車の運行を阻害する程度にはいたらないもの。

*12 「レール小返り」とは、車輪がレールに及ぼす荷重によってレールが傾く現象をいう。

(2) 処置基準

| 判定ランク | |
|-------|--|
| A1 | 速やかに交換する。ただし、建築限界に支障しないように処置したものは、下記に準ずるものとする。 |
| A2 | 3本連続している場合は、速やかに交換する。ただし、速やかな交換が困難な場合は、応急処置を講じて計画的に交換する。 |
| B | 経過を監視する。犬くぎが抜けているものは、犬くぎの打ち替えを行うこととする。 |
| C | 経過を監視する。 |

※A1 ランクは1本でも建築限界を支障する危険性があるため、処置したものの^{原文ママ}意外は速やかに交換する。

※A2 ランクは、連続した場合に軌間拡大^{*13}の危険性が増し脱線に至る可能性があることから、3本連続にならないように不良まくらぎ真ん中の不良まくらぎを優先的に交換する。また、A2 ランクは軌間保持力の回復が困難なため込み栓^{*14}等が有効でない場合は応急処置(ゲージタイ^{*15})やチョック^{*16}等を使用して軌間拡大防止の対策をする。

② レールの検査

レールの検査は、令和元年10月23日に実施されており、レールの摩耗及び損傷等の状況を確認していた。本件曲線中のレール摩耗量は左レールが0.9mm、右レールが5.0mmと記録されており、基準値(16mm)未満であった。また、本件曲線中のレール損傷はなかった。

(3) 線路の巡視

本件曲線における本事故発生前直近の巡視は、令和元年12月16日に徒歩巡回、令和元年12月21日に列車巡回が実施されており、いずれも異常は記録されていなかった。

(4) 軌道整備

2.3.2.4(1)③に記述した、本事故発生前直近の軌道変位検査結果を踏まえた本件曲線の軌道整備については、令和元年5月25日に実施し、内容は以下のとおりである。

- ・ 26k973m付近 : まくらぎを4本交換
- ・ 27k000m付近 : まくらぎを2本交換
- ・ 26k970m～976m付近 : 軌間直し

*13 「軌間拡大」とは、横圧(車輪がレールを横方向に押す力)によるレール締結装置の損傷やレール摩耗の増大により軌間が広がった状態をいう。軌間がある程度以上に広がると、左右いずれかの車輪をレール頭部で支持できない状態になり、脱線に至る。

*14 「込み栓」とは、犬くぎを打ち替える際、締結力を保持するために犬くぎ穴に入れる木材をいう。

*15 「ゲージタイ」とは、軌間保持のため左右のレールをつなぐ棒状の金具をいう。

*16 「チョック」とは、軌間保持及びレール小返り防止のためレール腹部を支える木材をいう。

まくらぎの交換については、木まくらぎから木まくらぎへの同種交換であった。これらの軌道整備は、2.3.2.4(1)③表2に示したキロ程26k968m及び27k000mに対応したものであり、整備基準値の超過はなかったが、現地調査により整備が必要と判断し実施されていた。

また、2.3.2.4(2)①に記述した本事故発生前直近のまくらぎ検査の結果を踏まえた軌道整備について、脱線発生場所についてはまくらぎ交換等の対象に含まれていなかった。同社によると、不良まくらぎの状況（A2ランクが2本連続）が処置基準の交換対象（A2ランクが3本連続）になっていなかったこと、及び50kgNレールでF形タイププレートが敷設されているため37kgレール区間や犬くぎ締結のみの区間等よりも軌間拡大の危険性が低いと判断したためとのことであった。

なお、まくらぎ検査の結果、不良まくらぎが連続しており、処置基準がまくらぎ交換対象となっている箇所でも軌道整備を実施していない箇所があった。同社によると、予算等の問題から全ての不良まくらぎに対する処置ができず、軌間拡大の危険性が高い箇所を優先して軌道整備を実施しているとのことであった。

2.3.2.5 本事故発生後の軌道の状況

(1) 軌道変位の状況

本事故発生後（令和元年12月25日）に、本件曲線において軌道変位（静的値）の測定を手検測により行った。脱線発生場所の測定結果（以下「本事故発生後の軌道変位測定値」という。）は次のとおりであった。ただし、これらの軌道変位は、本事故の影響を受けている可能性がある。

- ① スラックを含む軌間変位は、+43.0mmであった。
- ② カントを含む水準変位は、+70.0mmであった。
- ③ 高低変位（右）は、-7mmであった。
- ④ 曲線半径による正矢量を含む通り変位（左）は、+56.0mmであった。
- ⑤ 5m平面性変位は、-9mmであった。

(2) 軌道部材の状況

本事故発生後（令和元年12月25日）に、本件曲線のまくらぎ、レール締結装置等の軌道部材について調査を行った。脱線発生場所を調査した結果は次のとおりであった。

- ① まくらぎの状態については、複数の不良まくらぎが確認され、脱線発生場所を含む26k875m～26k900m間の37本の木まくらぎのうち、21本がA2ランク又はBランクの不良まくらぎであった。

② レール締結装置は、‘犬くぎが抜け上がり、犬くぎの頭部がタイプレートから浮き、接触していない状態、又は、ほとんど抵抗なく犬くぎがまくらぎから抜ける状態’（以下「犬くぎ浮き」という。）が左右レールにおいて複数箇所見られた。

不良まくらぎ箇所は、ほぼ犬くぎ浮きがあり、不良まくらぎ以外のまくらぎにおいても、犬くぎ浮きが見られた。

③ 脱線発生場所では、A 2 ランクの不良まくらぎが 2 本連続していた。

また、B ランクの不良まくらぎ及び本事故発生後の調査でレール締結装置の状態が犬くぎ浮きであったものを含めると、脱線発生場所を含む 26 k 8 9 0 m～26 k 8 7 9 m 間で 17 本連続していた。

④ レール締結装置の板ばねの締結ボルトについては、特段の緩みは見られなかった。

(付図 5 脱線発生場所付近の軌道の状況、付図 6 事故現場付近の軌道変位等の状況 参照)

2.3.2.6 まくらぎ交換の状況

本事故発生時の同社の本線におけるまくらぎ本数（橋まくらぎ及び分岐まくらぎを除く）は、79,057 本であり、このうち木まくらぎは 70,392 本、PC まくらぎは 8,665 本であった。

まくらぎの交換について同社は、木まくらぎの同種交換及び木まくらぎから PC まくらぎへの交換を自己資金又は国及び自治体から補助金を受けて行っており、その概要は以下のとおりであった。

(1) 木まくらぎの同種交換

平成 20 年度から令和元年度までの木まくらぎの交換本数は 8,078 本で、年間の平均交換本数は 673 本であった。

なお、同社によると、交換箇所はまくらぎの定期検査等で把握した不良まくらぎの程度、連続性に応じて、年度毎の予算の範囲内で選定しているとのことである。

(2) 木まくらぎから PC まくらぎへの交換

本事故発生時の PC まくらぎの敷設数のうち、‘木まくらぎを交換の必要性にかかわらず連続して PC まくらぎに交換’（以下「全数 PC まくらぎ化」という。）していたものは、6,769 本、交換が必要と判断される木まくらぎのみを PC まくらぎに交換していたものは、1,896 本であった。なお、同社の本線における半径 250 m 以下の曲線は 8 箇所あるが、いずれも PC まくらぎは敷設されていなかった。

表3 本件列車の主要諸元

| 諸元 | 車両 |
|----------|---|
| | AT-652 |
| 車両形式 | AT-600形 |
| 編成定員 | 96人(座席数37人) |
| 空車重量 | 32.9 t ^{*21} |
| 車両長 | 18.0 m |
| 台車中心間距離 | 13.0 m |
| 台車形式 | 動台車 NF01DD、従台車 NF01DT 車体支持：ボルスタレス式 軸箱支持：円錐積層ゴム式 |
| 軸距 | 2.1 m |
| 車輪踏面形状 | 修正円弧踏面 |
| 車輪フランジ角度 | 65度 |
| 車輪径 | 860 mm |
| 車輪幅 | 125 mm |
| 製造年 | 平成17年12月 |

2.4.2 車両の整備に関する情報

車両の整備については、実施基準の一部である「内燃動車整備実施基準」で定められている。車両の定期検査の種類は、全般検査^{*22}、重要部検査^{*23}、状態・機能検査^{*24}があり、検査ごとに定められた期間又は車両の走行距離によって定期的に行われている。また、列車検査として、内燃動車の使用状況に応じ、消耗品及び主要部分の状態、機能について3日を超えない期間ごとに検査を行っている。

輪軸については、全般検査、重要部検査及び状態・機能検査で、車輪内面距離、フランジ高さ、フランジ外側面距離及び車輪径の検査を行うこととされており、各項目の使用限度値は表4のとおりである。

また、車両の静止輪重の管理については、静止輪重比^{*25}10%以内を限度として管理することとされており、本件列車においては、本事故発生前直近の車輪削正時に車両の静止輪重の測定を行っている。

*21 [単位換算] 1 t = 1,000 kg (重量)、1 kg (重量) : 1 kgf、1 kgf = 9.8 N

*22 「全般検査」とは、同社における定期検査の一つで、内燃動車全般について、8年を超えない期間ごとに行う検査をいう。

*23 「重要部検査」とは、同社における定期検査の一つで、内燃動車の動力発生装置、走行装置、ブレーキ装置等、重要な装置の主要部分について、4年又は当該内燃動車の走行距離が40万キロメートルを超えない期間のいずれか短い期間ごとに行う検査をいう。

*24 「状態・機能検査」とは、同社における定期検査の一つで、内燃動車の状態及び機能について、3か月を超えない期間ごとに行う検査をいう。

*25 「静止輪重比」とは、1軸の輪軸に対し、片側の車輪の輪重をその軸の平均輪重で除した値をいう。管理値は、単位を%とし、100%との差の絶対値で表す。

表4 輪軸に関する使用限度値

| 項目 | 使用限度値 |
|-----------|-----------------|
| 車輪内面距離 | 989mm以上 994mm以下 |
| フランジ高さ | 25mm以上 35mm以下 |
| フランジ外側面距離 | 517mm以上 527mm以下 |
| 車輪径 | 774mm以上 |

本件列車の本事故前直近の定期検査等は、次のとおり実施されていた。車両及び台車の組立寸法は限度値以内であり、検査の結果に異常を示す記録は認められなかった。

| | |
|---------|-------------------|
| 全般検査 | 平成25年9月25日～12月27日 |
| 重要部検査 | 平成29年8月15日～10月4日 |
| 車輪削正 | 令和元年5月7日～5月18日 |
| 状態・機能検査 | 令和元年12月18日～12月19日 |
| 列車検査 | 令和元年12月22日 |

本件列車の輪軸について、本事故発生前直近の状態・機能検査及び本事故発生後に測定した結果は表5に示すとおりである。本件列車の車輪内面距離、フランジ高さ、フランジ外側面距離及び車輪径は、いずれも表4に示す使用限度値内で、異常は見られなかった。

また、本事故発生前直近の車輪削正時及び本事故発生後の静止輪重の測定結果は表6に示すとおりである。静止輪重比はいずれも管理値（10%）以内で、異常は見られなかった。

表5 輪軸各部の寸法測定結果

単位：mm

| 項目 | 検査種類 | 本件列車 (AT-652) | | | | | | | |
|-----------|----------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 前台車 | | | | 後台車 | | | |
| | | 第1軸 | | 第2軸 | | 第1軸 | | 第2軸 | |
| | | 左 | 右 | 左 | 右 | 左 | 右 | 左 | 右 |
| 車輪内面距離 | 状態・機能検査 | 990.0 | | 990.0 | | 990.0 | | 990.0 | |
| | 本事故発生後測定 | 990.0 | | 990.0 | | 990.0 | | 990.0 | |
| フランジ高さ | 状態・機能検査 | 29.0 | 28.5 | 29.0 | 28.0 | 28.5 | 28.0 | 28.5 | 28.0 |
| | 本事故発生後測定 | 29.0 | 28.5 | 27.5 | 28.5 | 28.2 | 28.0 | 28.0 | 28.5 |
| フランジ外側面距離 | 状態・機能検査 | 523.0 | 524.0 | 523.0 | 524.0 | 524.0 | 523.0 | 523.5 | 523.5 |
| | 本事故発生後測定 | 522.9 | 524.0 | 523.0 | 524.5 | 523.9 | 523.9 | 523.2 | 523.5 |
| 車輪径 | 状態・機能検査 | 834.0 | 834.0 | 834.0 | 834.0 | 835.0 | 835.0 | 835.0 | 835.0 |
| | 本事故発生後測定 | 833.0 | 833.5 | 832.5 | 834.0 | 834.5 | 834.5 | 835.0 | 834.0 |

※ 「左」は進行方向左車輪、「右」は進行方向右車輪を示す。
 ※ 状態・機能検査：令和元年12月18日
 ※ 本事故発生後測定：令和元年12月26日

表6 静止輪重の測定結果

| 項目 | 検査種類 | 本件列車 (AT-652) | | | | | | | | 合計 |
|-----------|----------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | | 前台車 | | | | 後台車 | | | | |
| | | 第1軸 | | 第2軸 | | 第1軸 | | 第2軸 | | |
| | | 左 | 右 | 左 | 右 | 左 | 右 | 左 | 右 | |
| 静止輪重 (kN) | 車輪削正時測定 | 36.0 | 43.0 | 42.0 | 36.0 | 35.0 | 34.0 | 34.0 | 36.0 | 296.0 |
| | 本事故発生後測定 | 37.0 | 44.0 | 40.0 | 39.0 | 36.0 | 30.0 | 36.0 | 30.0 | 292.0 |
| 静止輪重比 | 車輪削正時測定 | 8.9% | | 7.7% | | 1.4% | | 2.9% | | - |
| | 本事故発生後測定 | 8.6% | | 1.3% | | 9.1% | | 9.1% | | - |

※ 「左」は進行方向左車輪、「右」は進行方向右車輪を示す。
 ※ 車輪削正時測定：令和元年5月18日
 ※ 本事故発生後測定：令和2年1月7日

2.5 線路及び車両の損傷状況等に関する情報

- (1) 26k888m付近の右レール（内軌）のゲージコーナー^{*26}側の頭部側面には、右車輪が軌間内に落下して車輪の表リム面が擦ったと見られる痕跡があった。なお、これより手前及び同地点の左レール（外軌）に脱線の痕跡はなかった。
- (2) 26k883m付近の左レール（外軌）には、車輪が乗り上がった痕跡があった。
- (3) 26k878m付近の左レール（外軌）には、車輪が左に脱輪した痕跡があった。その後、本件列車の前台車第1軸が停止していた26k810m付近までの区間のまくらぎ等に左右車輪が走行した痕跡があった。
- (4) 車輪が左に脱輪した痕跡があった26k878m付近以降、安全レールは大きく左に変位していた。左レールと安全レールの間隔の最大値は、設定値の220mmに対して、26k855m付近で661mmであった。

*26 「ゲージコーナー」とは、敷設されたレールの頭部の軌間内側で、車輪のフランジと接触する部分をいう。

- (5) 脱線した本件列車の前台車第1軸の左右車輪には、フランジの先端部等に多数の擦過痕があった。なお、本件列車の他の車輪には同様の擦過痕等はなかった。
- (6) 本件列車の前台車前方左の排障器が脱落していた。また、右の排障器が曲損していた。なお、排障器が脱落した位置は26k862m付近であり、左レールと安全レールの間にあった。(図4参照)
- (7) 本件列車の前台車の左右の空気ばねのゴムベローズが損傷していた。(図4参照)

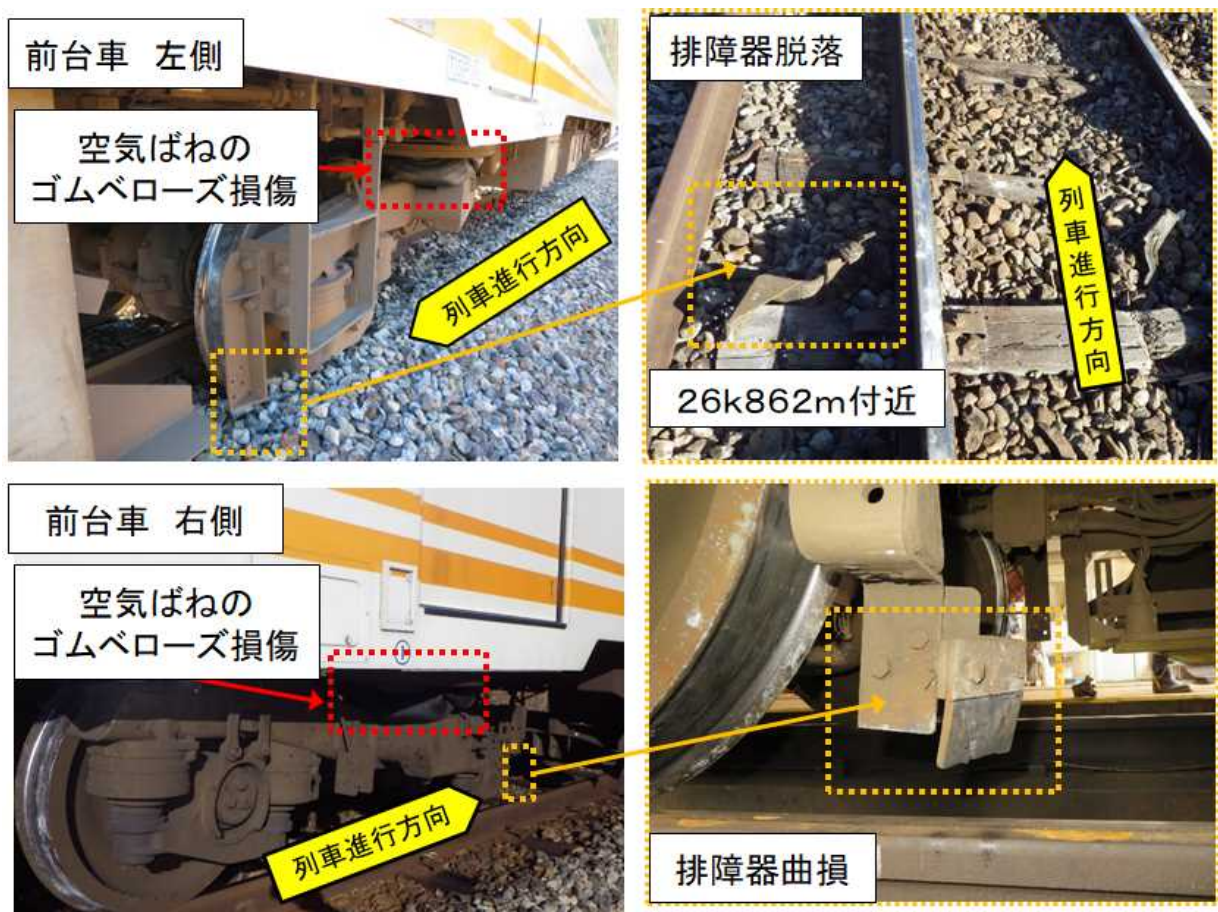


図4 車両の損傷状況

(付図3 事故現場の略図、付図4 事故現場の状況と脱線の痕跡 参照)

2.6 乗務員に関する情報

| | | | |
|-----------|----|-----|-----------|
| 本件運転士 | 男性 | 63歳 | |
| 甲種電気車運転免許 | | | 昭和62年6月1日 |
| 甲種内燃車運転免許 | | | 昭和62年6月1日 |
| 本件運転士見習い | 男性 | 34歳 | |

2.7 運転取扱い等に関する情報

運転取扱いについては、実施基準の一部である「運転取扱実施基準」で定められている。本件曲線（半径200m）の制限速度は、45km/hである。

2.8 気象に関する情報

本事故発生当時の事故現場付近における天気は晴れであり、事故現場に最も近接する田島地域気象観測所の記録によれば、本事故発生当日の降水量はなく、19時の気温は-0.8℃、風向・風速は南南西0.8m/sであった。また、降雪及び積雪はなかった。

2.9 過去の同種事故への対応に関する情報

本事故と同様の軌間拡大による列車脱線事故の防止について、運輸安全委員会は、国土交通大臣に平成30年6月28日付け運委参第43号「軌間拡大による列車脱線事故の防止に係る意見について」（以下「運輸安全委員会の意見」という。）を発出した。

東北運輸局は、同社に対して平成30年7月9日付け東鉄技第49号、東鉄安第53号、東鉄監第24号「運輸安全委員会の意見に係る対応について」を発出して、運輸安全委員会の意見を周知した。また、平成30年7月9日付け東鉄技第50号「地域鉄道等における軌間拡大防止策の促進について」において、連続性に注意してまくらぎ等の管理を行うこと等、必要な取組を周知した。

同社は、同運輸局の文書を受け、まくらぎの管理を強化する方策として、平成30年度からまくらぎ1本管理を実施している。なお、木まくらぎをPCまくらぎに交換する対策については、2.3.2.6(2)に記述したように、既に策定していた重軌条化を実施する箇所及び通トンが大きい電化区間を優先するPCまくらぎ化長期計画を進めていく方針とした。

3 分析

3.1 脱線の状況に関する分析

3.1.1 脱線開始地点について

2.5(1)に記述したように、26k888m付近の右レール（内軌）のゲージコーナー側の頭部側面には、右車輪が軌間内に落下して車輪の表リム面が擦ったと見られる痕跡があり、これより手前及び同地点の左レール（外軌）に脱線の痕跡はなかったことから、最初に脱線した地点は、26k888m付近であると考えられ

る。

3.1.2 脱線の状況について

- (1) 2.3.1 に記述したように、脱線していた前台車第1軸は、26k810m付近で停止していたこと、
- (2) 2.5(1)に記述したように、26k888m付近の右レール（内軌）のゲージコーナー側の頭部側面には、右車輪が軌間内に落下して車輪の表リム面が擦ったと見られる痕跡があり、これより手前及び同地点の左レール（外軌）に脱線の痕跡はなかったこと、
- (3) 2.5(2)及び(3)に記述したように、26k883m付近の左レール（外軌）には、車輪が乗り上がった痕跡があり、さらに、26k878m付近の左レール（外軌）には、車輪が左に脱輪した痕跡があり、以降、本件列車の前台車第1軸が停止していた26k810m付近までの区間のまくらぎ等に左右車輪が走行した痕跡があったこと、
- (4) 2.5(4)に記述したように、車輪が左に脱輪した痕跡があった26k878m付近以降、安全レールは大きく左に変位していたこと、
- (5) 2.5(5)に記述したように、本件列車の前台車第1軸の左右車輪には、フランジの先端部等に多数の擦過痕があり、他の車輪には同様の擦過痕等は無かったこと

から、脱線した輪軸は本件列車の前台車第1軸のみであり、同輪軸が脱線し停止するまでの状況は、以下のとおりであると考えられる。

- ① 26k888m付近で、本件列車の前台車第1軸の右車輪が右レール（内軌）の頭部側面を擦りながら軌間内に落下、
- ② その後、同輪軸が軌間を押し広げながら走行して、26k883m付近で左レール（外軌）に左車輪が乗り上がり、26k878m付近で脱輪、
- ③ その後、右車輪は軌間内を、左車輪は安全レールを押し広げながら左レールと安全レールの間のまくらぎ上面等を走行し、26k810m付近で停止した。

3.2 本事故の発生時刻及び本件列車の速度に関する分析

本事故の発生時刻については、2.1.2表1に示したように、運転状況記録装置に残されていた脱線発生場所の記録から、19時08分ごろであったものと考えられる。

また、本件列車の脱線時の速度については、同記録から、約44km/hの惰行運転であり、2.7に記述したように、本件曲線の制限速度は45km/hであることから、速度超過はなかったものと考えられる。

3.3 軌道に関する分析

3.3.1 軌道変位について

(1) 軌道変位の整備基準値について

2.3.2.3 に記述したように、同社は軌道・土木施設実施基準で定められている軌道変位の整備基準値に基づき軌道整備を行っている。

軌間変位（動的値）の整備基準値は、本件曲線（半径200m）で25mmとなっており、2.3.2.2(1)に記述したように、本件曲線のスラックは15mmと設定されていることから、合わせると40mmとなる。これは、附属資料に示す軌間変位の限度値である40mmと同値であり、同社の本件曲線における軌間変位の整備基準値は適正であったと考えられる。

(2) 軌道変位測定値と軌道整備について

2.3.2.4(1)③に記述したように、本事故発生前の軌道変位測定値は、全て同社の整備基準値未満であった。ただし、軌間変位は+19.4mmで整備目標値である10mmを超過していた。また、2.3.2.4(4)に記述したように、本事故発生前直近の軌道変位の定期検査結果を踏まえた本件曲線の軌道整備については、一部の箇所について軌道整備を行っていたが、脱線発生場所の軌道整備は行われていなかった。

軌道整備が未実施であった箇所も整備基準値の超過はなく、また、3.3.1(1)に記述したように同社の軌間変位の整備基準値は適正であったと考えられることから、この対応に問題はなかったものと考えられる。

しかし、2.3.2.5(1)に記述した本事故発生後の軌道変位測定値は、軌間変位が、2.3.2.4(1)③に記述した本事故発生前の軌道変位測定値から大きく広がっていた。

本事故発生後の軌間変位が大きく広がっていたことについては、本事故発生時にレール小返りやレールの横移動（以下「レール小返り等」という。）が発生し、その影響が残存しているためと考えられるが、3.3.2に後述するように、脱線発生場所では不良まくらぎ及びレール締結装置の犬くぎ浮きが連続していたことから、レール小返り等により軌間変位が大きくなりやすい状態であった可能性が考えられる。

なお、軌道変位が整備基準値未満であっても、道床やまくらぎ、レール締結装置等の不良がある場合には、列車走行時の動的な変位量が大きくなる可能性があるため、軌道変位の値と合わせて、道床やまくらぎ、レール締結装置等の状態を考慮して軌道整備を実施することが望ましい。

(附属資料 軌間変位の限度値の考え方 参照)

3.3.2 まくらぎ及びレール締結装置の状態について

2.3.2.4(2)及び2.3.2.5(2)に記述したように、まくらぎについては、本事故発生前直近のまくらぎ検査において、脱線発生場所を含む26k900m～26k875mに敷設されている37本のまくらぎのうち、21本が不良まくらぎと判断されていた。

また、脱線発生場所では、A2ランクの不良まくらぎが2本連続しており、本事故発生後の調査では、まくらぎ検査において正常と判定されたまくらぎにおいても犬くぎ浮きが見られた。

これらより、脱線発生場所において不良まくらぎ及びレール締結装置の犬くぎ浮きが連続していたことで、列車走行時の横^{おうあつ}圧によりレール小返り等が発生し、軌間拡大が発生したものと考えられる。

3.3.3 軌間拡大について

3.1.2に記述した26k888m付近で本件列車の前台車第1軸の右車輪が右レールの軌間内に落下した事象（以下「軌間内脱線」という）は、3.3.2に記述したように、列車走行時の横圧によるレール小返り等で軌間拡大が発生したことによるものと考えられる。本事故における軌間内脱線のイメージは図5のとおりである。

軌間内脱線は、レールの摩耗や車輪端部の面取りの影響を考慮しない条件で、‘軌間の基本寸法、軌間変位及びスラックの合計値’（以下「軌間寸法」という。）を、‘落下する反対側（本事故の場合は左車輪）のフランジ厚さ、輪軸の車輪内面距離及び落下する側（本事故の場合は右車輪）の車輪幅の合計値’（以下「輪軸寸法」という。）が下回る（車輪のレールへの掛かり量がマイナスとなる）ことで発生する可能性がある。

脱線発生場所における軌間寸法は、2.3.2.5(1)①に記述した本事故発生後に測定したスラックを含む軌間変位（静的値）が+43mmであったことから、 $1,110\text{ mm} (= 1,067 + 43)$ となる。

また、輪軸寸法については、2.4.2に記述した、本事故発生後に測定した本件列車の前台車第1軸の輪軸寸法（値は小数点以下を四捨五入し、車輪幅はほぼ変化がないことから、設計値である125mmとする。）から、 $1,143\text{ mm} (= 28 + 990 + 125)$ となる。

以上のことから、車輪のレールへの掛かり量は $33\text{ mm} (= 1,143 - 1,110)$ となり、軌間内脱線に至らない寸法であることから、脱線発生場所において、レール小返り等により33mm以上の軌間拡大が発生した可能性が考えられる。

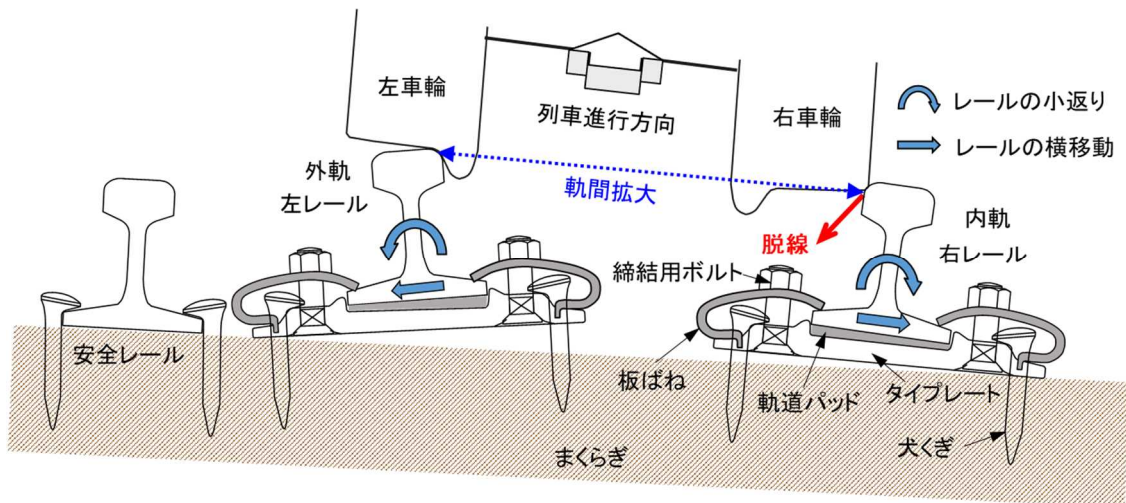


図5 本事故における軌間内脱線のイメージ

(附属資料 軌間変位の限度値の考え方 参照)

3.3.4 まくらぎ及びレール締結装置の管理について

2.3.2.4(4)に記述したように、本事故発生前直近のまくらぎ検査では、脱線発生場所はまくらぎ交換等の対象に含まれていなかった。これは、同社の検査マニュアルの処置基準に基づいたものであり、問題はなかったものと考えられる。

また、2.3.2.4(3)に記述したように、本事故発生前直近である令和元年12月16日に行った徒歩巡回では、本件曲線の異常は記録されていなかった。

しかし、2.3.2.5(2)に記述したように、本事故発生後の調査では、脱線発生場所において不良まくらぎ及びレール締結装置の犬くぎ浮きが連続していた。

同社のまくらぎ検査は、2.3.2.4(2)①に記述したように、まくらぎ1本管理が行われ、判定基準や処置基準も定められていたものの、本件曲線のように不良まくらぎが多い箇所では、目視検査時における技術力の不足から前後のまくらぎと比較する相対評価になり、適正な判定ができなかった可能性が考えられる。

また、2.3.2.4(4)に記述したように、予算等の問題からまくらぎ検査の結果に対して定められた処置を実施していない箇所があったことから、不良まくらぎ及びレール締結装置の犬くぎ浮き等が解消されず、不良箇所が連続しやすい状態であった可能性が考えられる。

以上のことから、同社は、まくらぎ及びレール締結装置の管理において技術力の不足が見受けられ、まくらぎ検査等で、軌間拡大に対する危険性を踏まえたまくらぎやレール締結装置の状態（不良の連続性や程度）を十分に把握できておらず、状態に応じた軌道整備が行われていなかった可能性が考えられる。

したがって、同社は、まくらぎ等の状態について適正な判定が可能となるよう、軌間拡大に対する危険性を含め、判定に必要な技術力を維持、向上させる教育やマニュアル等の充実を図り、まくらぎ検査時及び線路の巡視時に、その状態を正確に把握することが必要と考えられる。また、その状態や軌道変位の値に応じて、犬くぎの打ち換え、まくらぎ交換、ゲージタイの設置等を実施する必要がある、それらを着実に実行できるように管理体制を整備しておくことが必要と考えられる。

なお、まくらぎやレール締結装置等の不良が、連続的に発生している場合やスラックの大きい急曲線で発生している場合は、軌間内脱線に対する危険性が増加するため、優先して整備を行うよう配慮する必要がある。

3.3.5 木まくらぎからPCまくらぎへの交換について

2.3.2.6(2)に記述したように、本事故発生時、PCまくらぎは本件曲線を含む半径250m以下の曲線には敷設されていなかった。また、PCまくらぎ化長期計画においては、同社の本線の半径200m以下の曲線は、令和8年度から令和10年度にかけて全数PCまくらぎ化を行う予定であった。

しかしながら、本事故は半径200mの急曲線で発生しており、急曲線の施工を優先し本事故発生までに本件曲線にPCまくらぎが敷設されていれば、レール小返り等が抑制されることから、本事故の発生を防止できていたと推定される。このことから、本事故発生前にPCまくらぎ化が完了していなかったことも本事故の発生に関与した可能性が考えられる。

したがって、軌間拡大による列車脱線事故を防止するために、同社は、木まくらぎからPCまくらぎへの交換について、木まくらぎの不良の発生状況や線形等に基づく優先箇所を考慮し、計画的に実施していくことが必要である。

なお、経済的な理由等からまくらぎの全数を交換するのが困難な場合は、等間隔に数本に1本の割合で交換（以下「部分PCまくらぎ化」という。）することも有効であり、その場合、走行する車両や線形等の条件を考慮して、交換するPCまくらぎの割合を決定することが望ましい。

3.4 車両に関する分析

2.1.1に記述した運転士等の口述及び2.4.2に記述した本件列車の定期検査の結果より、本件列車に脱線の発生に関与する異常はなかったものと考えられる。

なお、2.5(5)～(7)に記述した車両の損傷及び痕跡は、軌道の損傷及び痕跡から本件列車が脱線した後のバラスト上を走行した際に生じたものと考えられる。

3.5 気象に関する分析

2.8に記述したように、本事故発生当時の事故現場付近における天気は晴れであり、事故現場に最も近接する田島地域気象観測所の記録によれば、本事故発生当日の降水量はなく、19時の気温は -0.8°C 、風向・風速は南南西 0.8m/s であった。また、降雪及び積雪はなかった。これより、脱線の発生に關与するような気象状況ではなかったものと考えられる。

4 原因

本事故は、列車が半径 200m の右曲線を通過中に、軌間が大きく拡大したため、前台車第1軸の右車輪が軌間内に落下したことによるものと考えられる。

軌間が大きく拡大したことについては、同曲線中で、軌間変位が大きかったことに加え、不良まくらぎ及びレール締結装置の犬くぎ浮きが連続していたことにより、列車走行時の横圧によりレール小返りやレールの横移動が発生したことによるものと考えられる。

不良まくらぎ及びレール締結装置の犬くぎ浮きが連続していたことについては、まくらぎ検査等で、軌間拡大に対する危険性を踏まえたまくらぎやレール締結装置の状態（不良の連続性や程度）を十分に把握できておらず、状態に応じた軌道整備が行われていなかった可能性があると考えられる。

また、本事故の発生については、木まくらぎからPCまくらぎへの交換計画はあったものの、軌間拡大の危険性が高い急曲線が優先されず、本事故発生前に交換が完了していなかったことが關与した可能性が考えられる。

5 再発防止策

5.1 必要と考えられる再発防止策

(1) まくらぎ等の検査及び軌道整備の着実な実施

まくらぎ等の状態について適正な判定が可能となるよう、軌間拡大に対する危険性を含め、判定に必要な技術力を維持、向上させる教育やマニュアル等の充実を図り、まくらぎ検査時及び線路の巡視時に、その状態を正確に把握することが必要と考えられる。また、その状態や軌道変位の値に応じて、犬くぎの打ち換え、まくらぎ交換、ゲージタイの設置等を実施する必要がある、それらを着実にこなすように管理体制を整備しておくことが必要と考えられる。

なお、まくらぎやレール締結装置等の不良が、連続的に発生している場合やスラックの大きい急曲線で発生している場合は、軌間内脱線に対する危険性が特に増加するため、優先して整備を行うよう配慮する必要がある。

(2) まくらぎの材質の変更

まくらぎは、木まくらぎに比べて耐久性に優れ保守が容易なPCまくらぎ等に交換（部分PCまくらぎ化を含む。）していくことが望ましい。

なお、PCまくらぎ化の施工計画については、軌道条件や車両・運転条件などから優先順位付けが可能なシステム^{*27}の活用等も有効である。

なお、これらの再発防止策については、運輸安全委員会の意見において記載している事項であり、また、東北運輸局は、その内容を既に同社に周知していることから、同社は今一度、軌間拡大による列車脱線事故の防止について再考し必要な対策を実施する必要がある。

5.2 事故後に同社が講じた措置

同社は、5.3に後述する令和元年12月25日付け東鉄安第151号、東鉄技第169号「輸送の安全確保について（警告）」に対して、令和2年2月17日、本事故の原因及び対策を記した「列車脱線事故にかかる再発防止策について（中間）」を国土交通省東北運輸局に提出した。

同社による主な事故防止の対策は以下のとおりである。

(1) まくらぎ検査の管理方法の改善

まくらぎ検査時及び線路の巡視時のまくらぎ等の状態の判定について、個人差をなくし、かつ技術力の継承を図るため、新たに写真による判定例が記載されたマニュアルを活用し、教育を行っていくこととした。

(2) 急曲線等のPCまくらぎ化

同社の本線の半径250m以下の急曲線について、全8箇所のうち7箇所の部分PCまくらぎ化（3本に1本、計776本）を令和2年6月までに行った。また、トンネル内にある残り1箇所は全数PCまくらぎ化（425本）を令和3年度末までに行う。

また、同社は、令和2年4月1日付けで「軌道・建造物整備心得」を廃止し、新たに軌道変位の整備時期等を定めた「軌道施設に関する実施細目（規程）」を制定した。

なお、同社は全線のまくらぎ及びレール締結状態を確認し、必要な箇所のまくらぎ

*27 「木まくらぎ軌道のPCまくらぎ化計画を支援する」（三和雅史、金丸清威、片山雄一朗、公益財団法人鉄道総合技術研究所、RRR、Vol.74、平成29年、pp.20-23）

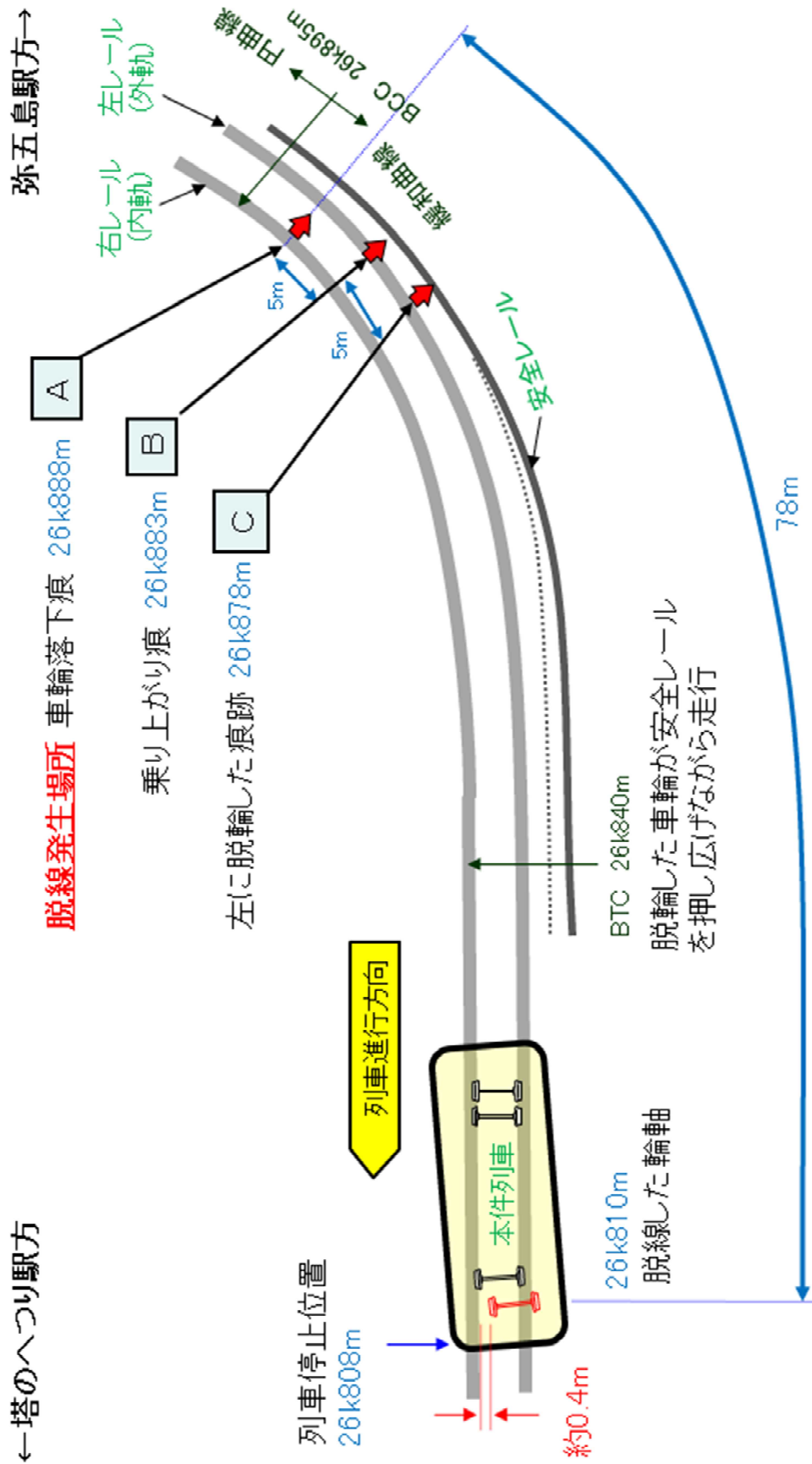
交換及びゲージタイの挿入等の対策を行った後、令和元年12月28日に本事故発生後に運休していた全線の運転を再開した。

5.3 事故後に国土交通省が講じた措置

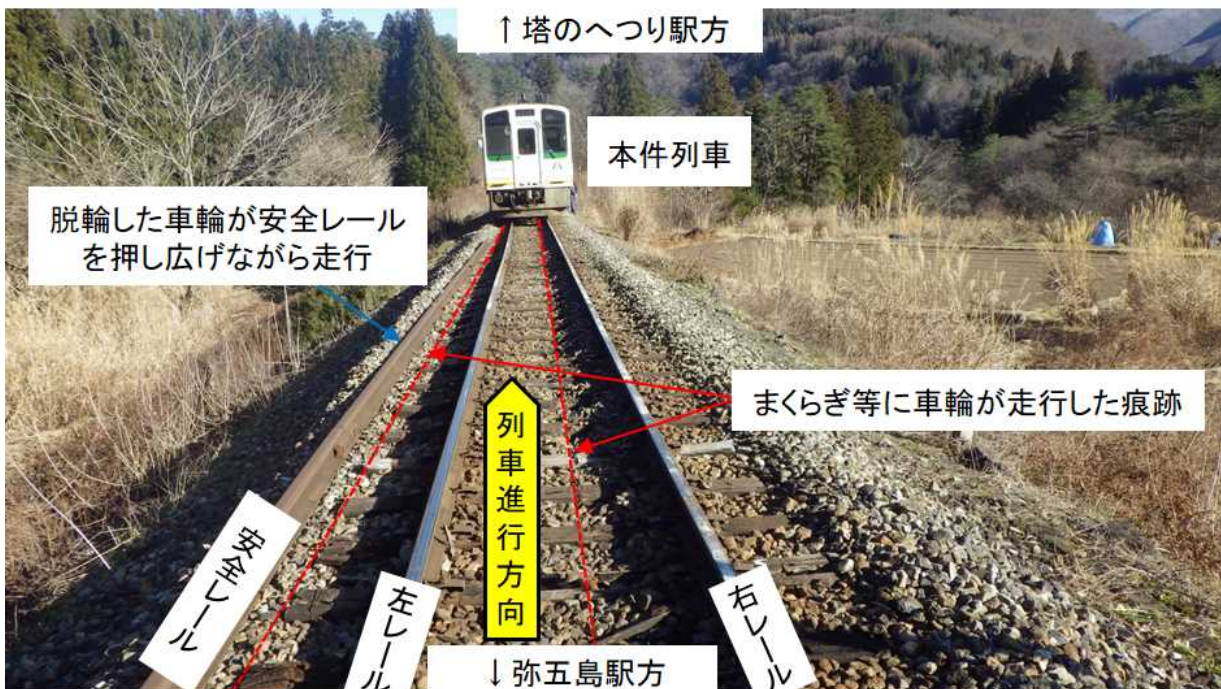
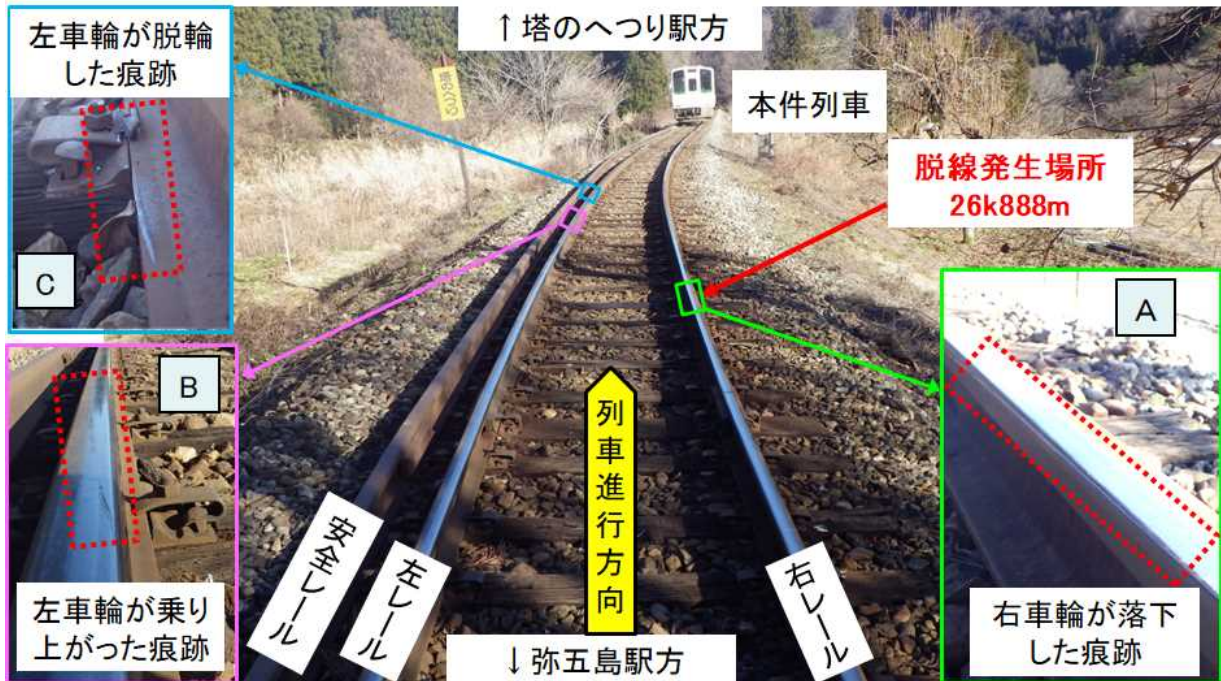
本事故発生後に国土交通省が講じた措置は以下のとおりである。

- (1) 国土交通省東北運輸局は、同社に対して、本事故の再発防止策を検討し、必要な措置を講じて、安全輸送の確保に万全を期すよう令和元年12月25日付け東鉄安第151号、東鉄技第169号「輸送の安全確保について（警告）」を発出した。
- (2) 国土交通省鉄道局は、軌間拡大による列車脱線事故防止に係る通達等の内容について再度徹底するとともに、地域鉄道等事業者に対して、PCまくらぎ化の計画及びゲージタイの設置予定時期、又は犬くぎの増し打ち等の実施時期を報告するよう令和2年1月9日付け国鉄技第119号、国鉄施第226号、国鉄安第80号「地域鉄道等における軌間拡大による列車脱線事故の防止について（再徹底）」を発出した。
- (3) 国土交通省東北運輸局は、同社に対して、令和2年1月22日から23日まで保安監査を実施し、同社に安全管理体制の見直しを指示した。

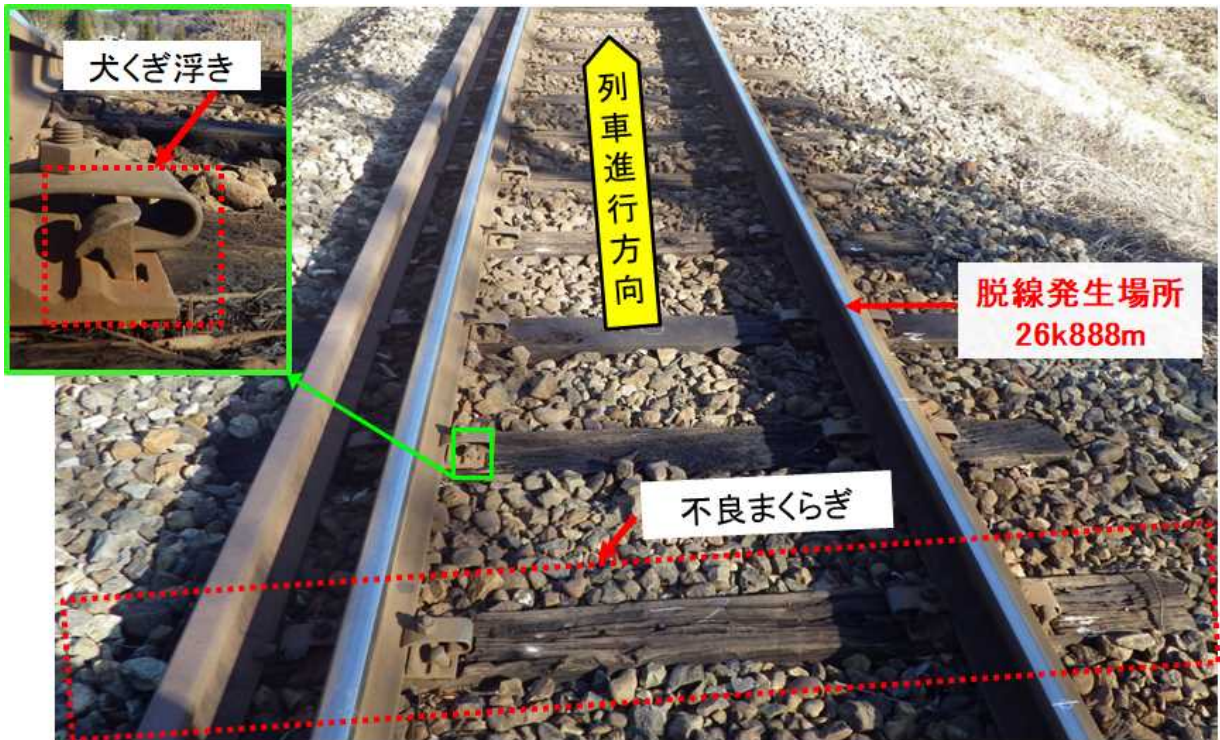
付図3 事故現場の略図



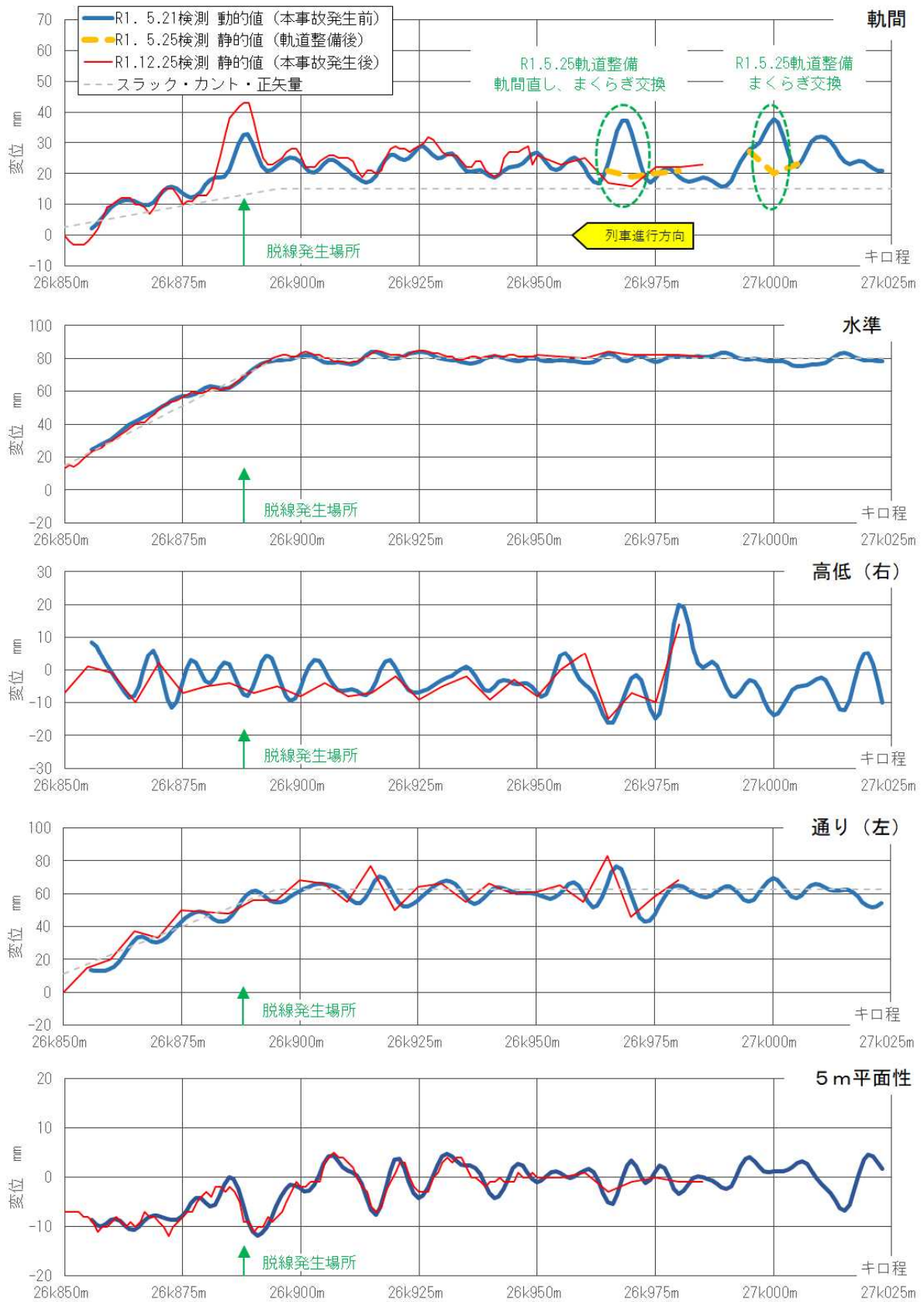
付図4 事故現場の状況と脱線の痕跡



付図5 脱線発生場所付近の軌道の状況

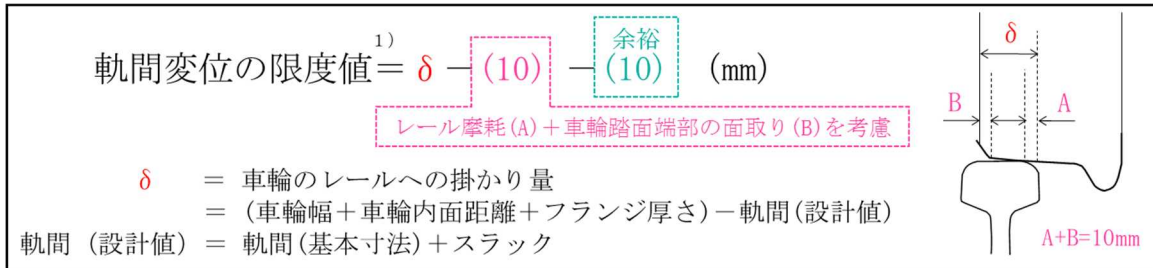


付図6 事故現場付近の軌道変位等の状況

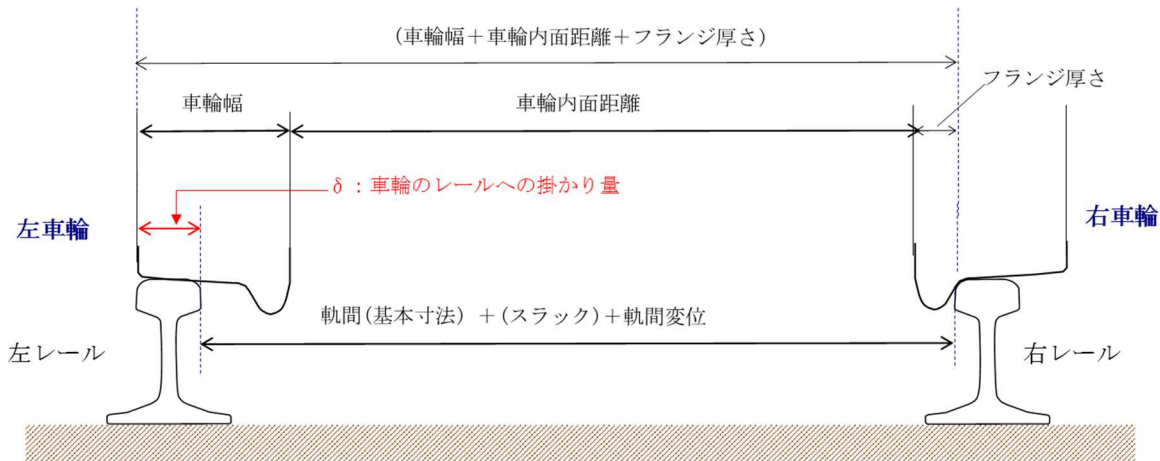


附属資料 軌間変位の限度値の考え方

鉄道車両の走行安全上の判定目標の一つとして、軌間内に車輪が脱線しないための軌間変位の限度値は、一般的にレールと輪軸の関係から次のように考えられる。



ここで、輪軸の寸法(最小値)、軌間(基本寸法)1,067mm及びスラック0mmとすると、
 軌間変位の限度値 = (車輪幅 + 車輪内面距離 + フランジ厚さ) - 軌間(設計値) - 10 - 10
 = (120 + 988 + 22) - 1,067 - 10 - 10 = 43 \div 40 (mm)



軌道整備基準値 (JR在来線の例)²⁾ では、軌間の拡大量の限度値40mmより、整備基準値の上限を、

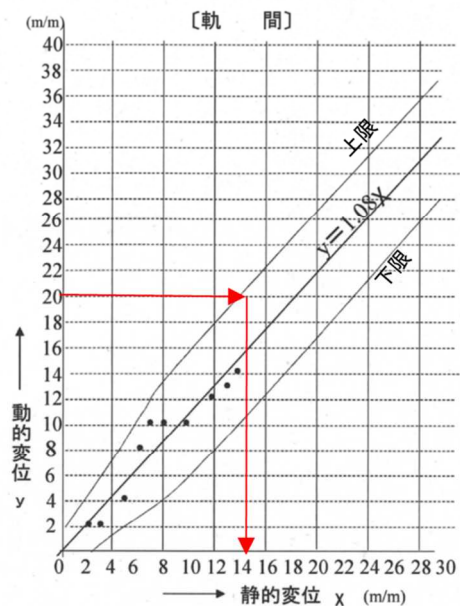
整備基準値の上限 = 軌間の拡大量の限度値 - スラック

として、例えばスラック20mmの曲線の動的軌間変位の整備基準値は、40 - 20 = 20mmとしている。

また、静的軌間変位の整備基準値は、動的軌間変位と静的軌間変位の関係³⁾ から求め、動的軌間変位の整備基準値が20mmの場合の、静的軌間変位の整備基準値を14mmとしている。

参考文献

- 1) 鉄道構造物等維持管理標準(軌道編)の手引き、H19.3、p.31、財団法人鉄道総合技術研究所
- 2) 解説 鉄道に関する技術基準(土木編)第三版、H26.12、p.661、国土交通省鉄道局監修
- 3) 解説 鉄道に関する技術基準(土木編)第三版、H26.12、p.118、国土交通省鉄道局監修



動的軌間変位と静的軌間変位の関係