

RI2019-1

鉄道重大インシデント調査報告書

I 西日本旅客鉄道株式会社 東海道新幹線 名古屋駅構内
車両障害（鉄道事故等報告規則第4条第1項第8号の「車両の走行装置、ブレーキ装置、電気装置、連結装置、運転保安設備等に列車の運転の安全に支障を及ぼす故障、損傷、破壊等が生じた事態」に係る鉄道重大インシデント）

平成31年3月28日

本報告書の調査は、本件鉄道重大インシデントに関し、運輸安全委員会設置法に基づき、運輸安全委員会により、鉄道事故等の防止に寄与することを目的として行われたものであり、本事案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 中橋和博

《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 西日本旅客鉄道株式会社 東海道新幹線

名古屋駅構内

車両障害（鉄道事故等報告規則第4条第1項第8号の「車両の走行装置、ブレーキ装置、電気装置、連結装置、運転保安設備等に列車の運転の安全に支障を及ぼす故障、損傷、破壊等が生じた事態」に係る鉄道重大インシデント）

鉄道重大インシデント調査報告書

鉄道事業者名：西日本旅客鉄道株式会社

インシデント種類：車両障害（鉄道事故等報告規則第4条第1項第8号の「車両の走行装置、ブレーキ装置、電気装置、連結装置、運転保安設備等に列車の運転の安全に支障を及ぼす故障、損傷、破壊等が生じた事態」に係る鉄道重大インシデント）

発生日時：平成29年12月11日 23時40分ごろ
(台車の亀裂を発見した時刻)

発生場所：愛知県名古屋市
東海道新幹線 名古屋駅構内
(台車の亀裂を発見した場所)

平成31年3月11日

運輸安全委員会（鉄道部会）議決

委員長	中橋和博
委員	奥村文直(部会長)
委員	石田弘明
委員	石川敏行
委員	岡村美好
委員	土井美和子

要旨

<概要>

西日本旅客鉄道株式会社の博多駅発東京駅行き16両編成の上り第34A列車（のぞみ34号）は、平成29年12月11日、山陽新幹線博多駅を定刻（13時33分ごろ）に出発した。博多駅出発直後から乗務員等が車内での異臭及び車両の床下からの異音等を認めたが、新大阪駅まで運行し、その後の運行を東海旅客鉄道株式会社に引き継いだ。

16時53分ごろ、第34A列車が東海道新幹線名古屋駅に到着する際、東海旅客鉄道株式会社の運用指令の指示により同駅に派遣されていた車両保守担当社員が4両

目車両からの異音を認めため、17時03分ごろ、同駅において、床下点検を実施した。

点検の結果、4両目車両の前台車（歯車箱付近）に油漏れが認められたため、第34A列車の運行を取りやめた。

その後、当該車両を車両基地（名古屋車両所）に移動させるための作業を行っていたところ、23時40分ごろ、4両目車両の前台車の台車枠左側の側ばり^{がわ}に亀裂が発見された。

列車には、名古屋駅到着時点において、乗客約1,000名並びに乗務員4名（運転士1名、車掌3名）及び車内販売業務等を担当するパーサー3名が乗車していたが、負傷者はいなかった。

なお、第34A列車として運用された車両は、西日本旅客鉄道株式会社の所属である。

<原因>

本重大インシデントは、車両の台車枠の側ばりに発生した亀裂が疲労により進展し、台車枠が変形したため、歯車形たわみ軸継手が許容範囲を超えて変位し損傷したことにより発生したものと推定される。

車両の台車枠の側ばりに亀裂が発生したことについては、亀裂の起点であるスロット溶接部裏境界近傍に、溶接施工時に生じた割れが存在していた可能性が考えられ、加えて、

- (1) 焼鈍後に軸ばね座下面に肉盛溶接を施工したことにより、スロット溶接部近傍に残留応力が生じていたこと、
- (2) 側ばり下板に軸ばね座を取り付ける際に、側ばり下面を過度に研削したことにより側ばり下板の板厚が薄くなり、板厚が設計上の基準値以下になっていたこと

が関与したものと推定される。

また、側ばり下面が過度に研削され側ばり下板の板厚が薄くなっていたことが亀裂の進展速度を速め、車両寿命（台車使用期間）より短い期間で亀裂が進展したものと推定される。

なお、側ばり下面を過度に研削したことについては、台車枠の製造時に、側ばり下面が膨らみ、軸ばね座の取付けに当たり加工が必要となった問題に対し、根本的な要因や対策を検討せずに対処したこと、及び台車枠の強度に関わる作業指示が十分認識されないまま製造作業が進められたことが関与したものと推定される。

目 次

1	鉄道重大インシデント調査の経過.....	1
1.1	鉄道重大インシデントの概要.....	1
1.2	鉄道重大インシデント調査の概要.....	1
1.2.1	調査組織.....	1
1.2.2	調査の実施時期.....	2
1.2.3	調査の経過報告及び運輸安全委員会設置法第28条に基づく意見.....	2
1.2.4	原因関係者からの意見聴取.....	3
2	事実情報.....	3
2.1	運行の経過.....	3
2.2	鉄道の施設に関する情報.....	6
2.3	車両に関する情報.....	6
2.3.1	車両の概要.....	6
2.3.2	台車の構造等の概要.....	7
2.3.3	車両の整備等の状況.....	9
2.4	車両及び鉄道施設の損傷等に関する情報.....	10
2.4.1	本件台車の損傷状況等.....	10
2.4.2	本件台車枠の損傷状況等.....	11
2.4.3	本件台車枠以外の台車部品の損傷状況等.....	17
2.4.4	鉄道施設の損傷状況等.....	19
2.5	台車枠に関する情報.....	19
2.5.1	台車枠の強度設計及び検証の状況.....	19
2.5.2	本件台車枠の製造の状況.....	22
2.5.3	本件台車枠の検査の状況.....	30
2.6	亀裂発生要因を推定するための試験等に関する情報.....	32
2.6.1	肉盛溶接の影響を推定するための試験等.....	32
2.6.2	シミュレーションに基づく疲労亀裂進展の推移.....	33
2.7	その他車両に関する情報.....	34
2.7.1	車両の空調装置.....	34
2.7.2	車両データの記録.....	34
2.8	当日の運行の経過に関する情報.....	36
2.8.1	体制に関する情報.....	36
2.8.2	関係者に関する情報.....	38

2.8.3	関係者の対応及び認識に関する情報.....	40
2.9	運転取扱い等に関する情報.....	50
2.9.1	J R西日本の乗務員に係る異常時の取扱いに関する規程.....	50
2.9.2	J R西日本の乗務員間の引継ぎに関する規程.....	52
2.9.3	J R西日本の指令に係る異常時の取扱いに関する規程.....	54
2.9.4	指令間における異常時の情報共有.....	56
2.9.5	異常時における車両保守担当社員の点検.....	58
2.10	過去の異音、異臭、発煙の発生状況に関する情報.....	59
2.10.1	J R西日本における発生状況.....	59
2.10.2	J R東海における発生状況.....	59
2.11	山陽新幹線で発生した過去の重大な事象に関する情報.....	59
2.11.1	「のぞみ56号」で発生した異臭.....	59
2.11.2	「のぞみ31号」で発生した異音.....	60
2.12	その他の情報.....	60
2.12.1	台車温度検知装置の記録.....	60
2.12.2	J R西日本におけるリスクアセスメントの取組.....	61
2.13	気象に関する情報.....	61
3	分析.....	61
3.1	車両に関する分析.....	61
3.1.1	本件亀裂の発生に関する分析.....	61
3.1.2	本件亀裂を発生させた要因に関する分析.....	62
3.1.3	本件亀裂の進展に関する分析.....	63
3.1.4	本件台車枠以外の台車部品の損傷に関する分析.....	64
3.2	台車枠の強度設計及び検証に関する分析.....	67
3.2.1	強度設計に関する分析.....	67
3.2.2	FEM解析に関する分析.....	68
3.3	本件台車枠の製造に関する分析.....	69
3.3.1	側ばりプレス品素材に関する分析.....	69
3.3.2	側ばり及び軸ばね座の組立作業に関する分析.....	70
3.3.3	スロット溶接に関する分析.....	73
3.3.4	肉盛溶接に関する分析.....	73
3.3.5	健全な台車枠を製造するための体制のあり方.....	75
3.4	本件台車枠の検査に関する分析.....	75
3.5	運行の経過に関する分析.....	76
3.5.1	指令による異常事態の把握及び判断に関する分析.....	76

3.5.2	異常時の対応に関する分析.....	81
3.5.3	J R西日本における安全管理に関する分析.....	82
3.6	異常検知に関する分析.....	83
4	結 論.....	84
4.1	分析の要約.....	84
4.2	原因.....	87
4.3	異音、異臭等を認めながら運行を継続した要因.....	87
5	再発防止策.....	88
5.1	必要と考えられる再発防止策.....	88
5.1.1	台車の亀裂について.....	88
5.1.2	運行継続の判断について.....	90
5.2	本重大インシデント後に講じた措置.....	91
5.2.1	運輸安全委員会設置法第28条に基づく国土交通大臣に対する意見..	91
5.2.2	国土交通省が講じた措置.....	93
5.2.3	本件車両を所有するJ R西日本が講じた措置.....	95
5.2.4	本件車両と同形式の車両を所有するJ R東海が講じた措置.....	98
5.2.5	本件台車メーカーが講じた措置.....	99

添 付 資 料

付図1	山陽新幹線及び東海道新幹線の路線図.....	100
付図2	台車の構造及び損傷状況.....	100
付図3	亀裂の破面の状況.....	101
付図4	本件WN継手の損傷状況.....	102
付図5	本件WN継手内部のグリースの状態.....	104
付図6	車輪のリム面の痕跡.....	105
付図7	踏面清掃装置と内部のラック及びラック受の状態.....	105
付図8	台車枠の製造工程.....	106
付図9	試験体による疲労試験の結果.....	107
付図10	試験体による疲労試験の結果の傾向.....	108
付図11	初期疲労亀裂のイメージ及び亀裂発生基準位置.....	109
付図12	疲労亀裂進展解析（シミュレーション）の結果.....	110
付図13	J R西日本の指令の組織体系.....	111
附属資料1	本重大インシデント発生時点の「台車枠の検査マニュアル」（抜粋）	112
附属資料2	改正された「台車枠の検査マニュアル」.....	114

1 鉄道重大インシデント調査の経過

1.1 鉄道重大インシデントの概要

西日本旅客鉄道株式会社の博多駅発東京駅行き16両編成の上り第34A列車（のぞみ34号）は、平成29年12月11日（月）、山陽新幹線博多駅を定刻（13時33分ごろ）に出発した。博多駅出発直後から乗務員等が車内での異臭及び車両の床下からの異音等を認めたが、新大阪駅まで運行し、その後の運行を東海旅客鉄道株式会社に引き継いだ。

16時53分ごろ、第34A列車が東海道新幹線名古屋駅に到着する際、東海旅客鉄道株式会社の運用指令の指示により同駅に派遣されていた車両保守担当社員が4両目（以下、車両は前から数え、前後左右は列車の進行方向を基準とする。）車両からの異音を認めたため、17時03分ごろ、同駅において、床下点検を実施した。

点検の結果、4両目車両の前台車（歯車箱付近）に油漏れが認められたため、第34A列車の運行を取りやめた。

その後、当該車両を車両基地（名古屋車両所）に移動させるための作業を行っていたところ、23時40分ごろ、4両目車両の前台車の台車枠左側の側ばり^{がわ}に亀裂が発見された。

列車には、名古屋駅到着時点において、乗客約1,000名並びに乗務員4名（運転士1名、車掌3名）及び車内販売業務等を担当するパーサー3名が乗車していたが、負傷者はいなかった。

なお、第34A列車として運用された車両は、西日本旅客鉄道株式会社の所属である。

1.2 鉄道重大インシデント調査の概要

1.2.1 調査組織

本重大インシデントは、鉄道事故等報告規則（昭和62年運輸省令第8号）第4条第1項第8号の「車両の走行装置、ブレーキ装置、電気装置、連結装置、運転保安設備等に列車の運転の安全に支障を及ぼす故障、損傷、破壊等が生じた事態」（車両障害）に該当し、かつ、新幹線車両の走行装置（台車）に複数の異常が同時に認められたものであることから、運輸安全委員会は、運輸安全委員会設置法施行規則（平成13年国土交通省令第124号）第2条第6号に定める「特に異例と認められるもの」として、調査対象とした。

運輸安全委員会は、平成29年12月12日、本重大インシデントの調査を担当する主管調査官ほか2名の鉄道事故調査官を指名した。その後、平成30年4月1

日に鉄道事故調査官 1 名を追加指名した。

中部運輸局及び九州運輸局は、本重大インシデント調査の支援のため、職員を現場等に派遣した。

また、平成 29 年 12 月 19 日、損傷した台車の調査のため、西日本旅客鉄道株式会社の車両工場（博多総合車両所）に、委員を派遣した。

1.2.2 調査の実施時期

調査項目	実施日
現場における車両損傷状況の調査	平成 29 年 12 月 12 日・13 日
台車等の調査	平成 29 年 12 月 17 日～19 日 12 月 26 日・27 日 平成 30 年 1 月 11 日 1 月 16 日・17 日 2 月 2 日 2 月 16 日 2 月 21 日 3 月 16 日 3 月 26 日 4 月 26 日 5 月 31 日 8 月 7 日
車両検査状況の調査	平成 30 年 1 月 30 日 2 月 15 日
運行の経過に関する口述聴取	平成 29 年 12 月 13 日・14 日 12 月 27 日 平成 30 年 1 月 29 日 7 月 25 日

1.2.3 調査の経過報告及び運輸安全委員会設置法第 28 条に基づく意見

平成 30 年 6 月 28 日、その時点までの台車の亀裂に関する事実調査結果及び分析に基づき、国土交通大臣に対して本重大インシデント調査の経過報告を行うとともに、運輸安全委員会設置法第 28 条の規定に基づき、事故等の防止のために講ずべき施策について意見を述べた。

1.2.4 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

本重大インシデントに至るまでの経過は、西日本旅客鉄道株式会社（以下「JR西日本」という。）及び東海旅客鉄道株式会社（以下「JR東海」という。）の関係者の口述によると、概略次のとおりであった。（関係者に関する情報は、2.8.2参照）

なお、博多駅発東京駅行き16両編成の上り第34A列車（以下「本件列車」という。）が博多駅を出発した後、名古屋駅までの間の停車駅は、小倉駅、広島駅、福山駅、岡山駅、新神戸駅、新大阪駅、京都駅であり、博多駅～新大阪駅間はJR西日本の乗務員等が、新大阪駅～名古屋駅間はJR東海の乗務員等が本件列車に乗務していた。

(1) 博多駅～岡山駅間

本重大インシデント発生当日、博多駅から、JR西日本の列車運転士a、車掌a及び車掌b、客室乗務員*1 a、パーサーa及びパーサーb並びにパーサーcが本件列車に乗車した。

客室乗務員a、パーサーa及びパーサーbは、本件列車が博多駅を出発した直後から、本件列車の複数の車両で通常と異なる音や臭い^{にお}に気づき、その報告を受けた車掌aは、異臭の発生について、JR西日本の指令所の運用指令員bへ列車無線を使用して報告した。報告を受けた運用指令員bは、車両の確認と点検を行うために岡山駅から車両保守担当社員を乗車させるよう手配を行った。

その後、福山駅～岡山駅間で、乗客から指摘があった4両目である13号車（以下「本件車両」という。）の車内がもやでかすんでいる状況を、客室乗務員aやパーサーbが確認し、その報告を受けた車掌aは、本件列車が岡山駅に到着する直前に、もやの状況を旅客指令員aに報告した。

(2) 岡山駅～新大阪駅間

岡山駅からJR西日本の車両保守担当社員a、車両保守担当社員b及び車両保守担当社員cの3名が乗車した。車両保守担当社員bは、異臭やもやよ

*1 JR西日本では、車内における営業・案内業務等を担当する社員を「客室乗務員」と称している。なお、客室乗務員は、ドア扱い等の運転取扱い業務は行わない。

りも、本件車両の台車周辺から発生する音が気になり、運用指令員 b に、「臭いはあんまりしない。音が激しい。自分の見解としては床下点検をしたいけど余裕はないよね」と状況を報告したが、運用指令員 b からの「(走行に) 支障はあるんですか」との問いかけに、「そこまではいかないと思うんだけど、(床下を) 見ていないので現象が分からない」と答えた。

その後、車両保守担当社員 b は異音の音量が大きいため、運用指令員 b に、「モーター関係が大きい音を出している可能性がある。安全をとって新大阪駅で床下点検をやるか」と報告（運用指令員 b は電話機の受話器を耳から外して対応）したが、運用指令員 b は、車両保守担当社員 b の報告内容を聞き取ることができなかった。その後、運用指令員 b は、車両保守担当社員 b からの問いかけに対して、「ちょっと待ってください」と返答した。少し間があり、運用指令員 b は、車両保守担当社員 b から、「本件車両のモーター開放*2の処置がいいと思うが、もう一度調査して連絡する」との報告を受けた。

しばらくして、運用指令員 a は、車両保守担当社員 a から、本件車両のモーター開放の処置を行うことで改善されるのではないかと提案を受け、モーター開放を実施することとし、車両保守担当社員 a に音の変化を確認するよう指示した。

運用指令員 b は、列車運転士 a に対して、本件車両のモーター開放の指示を行った。この時、JR 東海の運用指令員 c 及び運用指令員 e は、JR 西日本の運用指令の指令員がモーター開放の指示をしているような言葉を耳にしたため、内容を確認した。JR 西日本の運用指令員 a は、JR 東海の運用指令員 e に対して、本件列車で異臭がしていたが現在はしていないこと、異音がしているので本件車両のモーター開放の処置を行ったこと及び本件列車に乗車している車両保守担当社員から走行には支障がないとの報告を受けていることを伝達した。

本件列車が新神戸駅に到着し、車両保守担当社員 b 及び車両保守担当社員 c が、本件列車から一旦降車してホーム上より本件車両を確認したが、異常は感じなかった。

本件列車が新神戸駅を出発後、車両保守担当社員 a は、運用指令員 b に対して、「本件車両のモーター開放の処置を行うも、音に変化はなく、(異常は) 台車辺りではないかと思うけれど、断定することは難しい」と報告した。

この報告を受け、運用指令員 a は、列車運転士 a に対して、本件車両の

*2 「モーター開放」とは、モーターや主回路に異常があった際に異常の拡大を防ぐため、当該車両の主回路を切り離し、モーターにより駆動力や制動力を発生させることなく自由に回転できるようにする処置のことをいう。

モーター開放復位を指示した。

運用指令員 b は、車両保守担当社員 a に対して、「何回も聞いていると思うが、今のところ走行に支障があるという感じではないということですよね」と問いかけたところ、「判断はできかねるんで、走行に異常はないとは言い切れない。通常とは違う状態であることは間違いないと思う」との返答があった。

本件列車は、時刻どおりに新大阪駅に到着した。J R 西日本の列車運転士及び車掌並びに客室乗務員は、それぞれ J R 東海の列車運転士及び車掌へ本件車両での異臭の発生と車両保守担当社員が点検をしたこと、走行に支障はなく運転継続であることを引き継いだ。また、車両保守担当社員 3 名は、新大阪駅で降車した。

(3) 新大阪駅～名古屋駅間

新大阪駅のホームに降りた車両保守担当社員 b は、本件列車が新大阪駅を出発する際、本件車両から「ギギ」という音がしていることを認め、車両保守担当社員 b と一緒にこの音を聞いた車両保守担当社員 a が運用指令員 a に報告し、運用指令員 a は、このことを J R 東海の運用指令員 e に連絡した。その後、運用指令員 e は、新大阪駅から乗車した J R 東海の車掌 e に対し、8 号車から 14 号車までの異臭の確認と、京都駅の到着時及び出発時に本件車両において異常がないか確認するよう指示した。また、J R 東海の運用指令員 d は、名古屋車両所に対して、車両保守担当社員を本件列車に乗車させて点検ができないか打診した。名古屋車両所の検修当直社員 a は、車両保守担当社員 d 及び車両保守担当社員 e、他 1 名の計 3 名に名古屋駅へ向かうよう指示し、このことを運用指令員 d に報告した。

車掌 e は、本件列車が京都駅を出発し加速している際に、本件車両において異臭を感じると同時に、風切音かぜきりおんのような「キーン」という音がしていることを認め、運用指令員 d に報告した。

(4) 名古屋駅

名古屋駅に出動した車両保守担当社員 d 及び車両保守担当社員 e は、本件列車が同駅に到着する際、ホーム上で待機していたところ、本件車両から「カラカラ」と音がしていることを認めた。本件列車が停止した後、車両保守担当社員 d 及び車両保守担当社員 e は、本件車両前側ドアより車内に入った際、かすかであるが何か焦げたような異臭を感じた。

車両保守担当社員 d は、このことを名古屋車両所の内勤の技術担当社員 a に報告し、同技術担当社員は、運用指令員 d に対して、床下点検の手配を要請した。この要請を受けた運用指令員 d は、直ちに輸送指令員に伝わるよう

に、本件列車の名古屋駅の出発を止めるよう伝達した。本件列車は、出発時刻となり既にドアが閉まっていたが、列車運転士 b は、輸送指令員 a から、台車を点検するため列車の移動を禁止する指示を受け、本件列車の出発を抑制した。

その後、同駅において本件列車の床下点検を実施したところ、車両保守担当社員 d が本件車両の前台車（以下「本件台車」という。）の歯車箱付近に油漏れを認めたことから、運用指令員 d に対して、本件列車は走行が不可能であることを報告し、本件列車は名古屋駅で運行を取りやめた。

床下点検の終了後、当該車両を名古屋車両所に移動させるための作業を行っていたところ、23時40分ごろ、JR東海の社員が本件台車の台車枠（以下「本件台車枠」という。）の左側の側ばり（以下「本件側ばり」という。）に亀裂（以下「本件亀裂」という。）を発見した。

2.2 鉄道の施設に関する情報

山陽新幹線及び東海道新幹線の路線の概要は、次のとおりである。

(1) 山陽新幹線

JR西日本の山陽新幹線は、新大阪駅を起点として博多駅に至る、営業キロ644.0 km、軌間1,435 mmの複線の路線である。動力は、電気（交流25,000 V）である。

(2) 東海道新幹線

JR東海の東海道新幹線は、東京駅を起点として新大阪駅に至る、営業キロ552.6 km、軌間1,435 mmの複線の路線である。動力は、電気（交流25,000 V）である。

(付図1 山陽新幹線及び東海道新幹線の路線図 参照)

2.3 車両に関する情報

2.3.1 車両の概要

本件列車の概要を図1に示す。車両の主な諸元は、次のとおりである。

車種	交流電車（AC：60Hz、25,000V）
車両形式	N700系5000番代
編成両数	16両編成
編成定員	1,323人
最高速度	東海道新幹線区間 285 km/h 山陽新幹線区間 300 km/h
本件車両の記号番号	785-5505

本件車両の空車重量	40.1 t ^{*3}
本件車両の完成年月	平成19年11月
本件台車の形式	WDT209A
軸箱支持方式	ウイングばね方式 ^{*4}
本件台車の製造年月	平成19年 4月

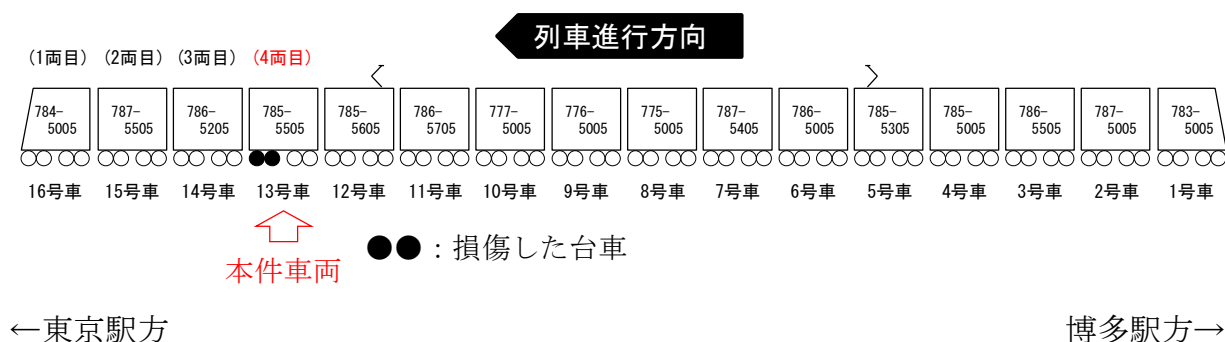


図1 本件列車の概要

本件車両の使用開始時から本重大インシデント発生時までの車両の累積走行距離は、約692.3万kmである。台車については、2.3.3.1に後述する全般検査等の際に整備済の台車と交換して使用するため、本件台車の累積走行距離は車両の走行距離とは異なり、約622.2万kmである。

2.3.2 台車の構造等の概要

本件台車は、主に前後2本の輪軸とその上部にある台車枠、主電動機を含む駆動用の機器及びキャリパ^{*5}を含むブレーキ装置等で構成されている。台車枠は主に、前後の輪軸の間隔を保持し、車両の重量及び前後左右の荷重を支える左右の側ばりとそれを結ぶ横ばりにより構成されている。

側ばりは、日本工業規格（以下「JIS規格」という。）における厚さ（公称厚さ）8mmの溶接構造用圧延鋼材を、プレス加工により断面が「コ」の字型になるように曲げ加工をした後、「コ」の字の内部に補強板を溶接で取り付け、二つを突き合わせて溶接し、断面が「ロ」の字型になるように組み立てた構造である。

側ばりの断面の大きさは、本件亀裂の発生した箇所高さ（上下方向）170mm、

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

*4 「ウイングばね方式」とは、軸箱の前後方向両側に軸ばねを取り付ける方式をいう。

*5 「キャリパ」とは、ディスクブレーキを構成する部品の一つであり、ピストンにより制輪子をディスクに直接押し付ける装置をいう。

幅（まくらぎ方向）160mmである。側ばりの下面には、軸ばね組立品を取り付けるための軸ばね座が一つの台車枠当たり8箇所、それぞれの軸ばね座に4箇所設けられた長さ55mm、幅30mmの長穴（以下「スロット」という。）の内周の部分で側ばりの下面にすみ肉溶接*6で取り付けられている（以下、この形態の溶接を「スロット溶接」という。）。

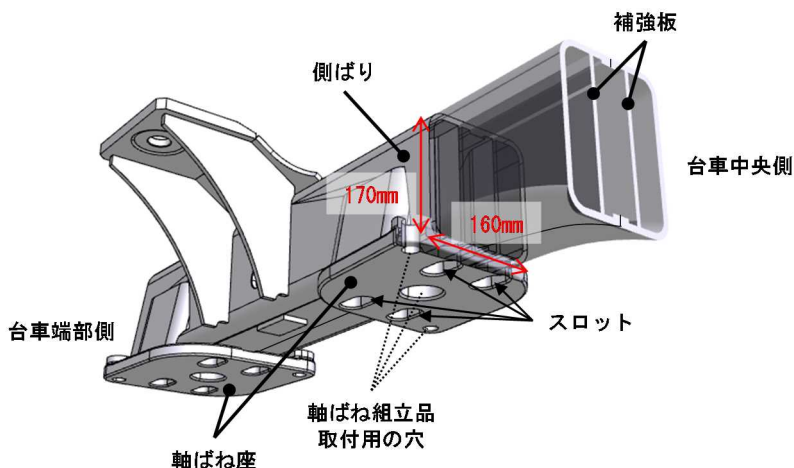


図2 側ばり（一部）の外観

軸ばね座は、その下部に軸箱支持装置と呼ばれるばね機構を介し、車軸端部の軸受を収めた軸箱体の上に乗る状態で上下、左右及び前後荷重を受けている。

本件台車の駆動用の機器は、主に車軸に取り付けられた歯車装置、台車枠に取り付けられた主電動機、走行中に両者の間に発生する上下、左右及び前後方向の相対的な変位を許容しながら主電動機の回転力を歯車装置に伝達する歯車形たわみ軸継手（以下「WN継手」という。）により構成される。なお、同型のWN継手の相対変位の許容値は、約10mmである。

また、本件台車のブレーキ装置は、車輪の両側面に取り付けられたブレーキディスクを、台車枠に取り付けられたキャリパの先端にあるブレーキライニングで挟み付ける構造である。

なお、側ばり側面に設けられた空気ばね受には空気ばねが取り付けられており、各台車2箇所、1両で計4箇所の空気ばねで台車と車体の変位を許容しながら、主に上下方向の荷重を支えている。

（付図2 台車の構造及び損傷状況 参照）

*6 「すみ肉溶接」とは、部材間に三角形の断面をもつ溶接をいう。

2.3.3 車両の整備等の状況

2.3.3.1 本件車両の検査の実施日等

車両の整備については、JR西日本の新幹線用の車両は、「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）（以下「技術基準」という。）に基づき、JR西日本が国土交通大臣に届け出ている実施基準の一部である「新幹線電車整備実施基準規程」（以下「整備実施基準」という。）と、その関連文書である「新幹線電車整備準則」及び「N700系新幹線電車整備準則」（以下「整備準則等」という。）に基づいた検査を実施している。

本件車両の本重大インシデント発生前直近の全般検査^{*7}、交番検査^{*8}及び仕業検査^{*9}の実施状況は、表1のとおりである。

表1 検査の実施状況

検査の種類	実施日（走行キロ）	検査実施区所
全般検査	平成29年 2月21日 (570,437.9km)	JR西日本 博多総合車両所
交番検査	平成29年11月30日 (27,231.1km)	JR西日本 博多総合車両所岡山支所
仕業検査	平成29年12月10日 (1,806.8km)	JR東海 東京仕業検査車両所

注1) 表中の「走行キロ」は、各検査実施後から本重大インシデント発生までの車両走行キロである。

注2) 表に記載した検査以外に台車検査^{*10}があるが、本重大インシデント発生時点では検査周期に達していなかった。

注3) 仕業検査については、検修業務等を効率的かつ合理的に行えるよう、JR西日本とJR東海の間で新幹線電車の車両検修に関する申合せ書が取り交わされており、JR西日本で行う内容と同じ内容の検査がJR東海により行われていた。

*7 「全般検査」とは、車両の全般にわたって各部を解体の上、行う検査のことである。検査周期は36か月（新製した電車は48か月）又は120万kmを超えない期間とされている。

*8 「交番検査」とは、集電装置、走行装置、電気装置、ブレーキ装置、車体等の状態、作用及び機能について、在姿状態で行う検査のことである。検査周期は45日又は6万kmを超えない期間とされている。

*9 「仕業検査」とは、消耗品の補充取替並びに集電装置、走行装置、電気装置、ブレーキ装置、車体等の状態及び作用について、外部から行う検査のことである。列車の使用期間は、検査終了時期から2日目に充当する連続する1運用が終了するまでとされている。

*10 「台車検査」とは、主電動機、動力伝達装置、走行装置、ブレーキ装置の主要部分について行う検査のことである。検査周期は18か月（新製した電車は30か月）又は60万kmを超えない期間とされている。

表1に記載のいずれの検査においても、本件台車枠に異常があったことを示す記録はなかった。

本件台車枠の定期検査の詳細については、2.5.3に後述する。

2.3.3.2 本件列車の博多駅における点検

本重大インシデント発生当日の平成29年12月11日、本件列車の前に運用された下り第15A列車（のぞみ15号）から本件列車となる間に行われた博多駅における折り返し点検では、本件列車に異音、異臭は認められなかったとのことであった。

2.4 車両及び鉄道施設の損傷等に関する情報

2.4.1 本件台車の損傷状況等

本重大インシデント発生場所であるJR東海の名古屋駅における車両調査の結果、本件台車は、次のような状況であった。

- (1) 本件台車枠の左側の側ばりの前部に亀裂（本件亀裂）が見られた。本件亀裂は、側ばりの下面から両側面につながり、測定が可能であった本件側ばりの台車外側の側面では、側ばり下面から高さ方向で146mm、側ばり下面付近でのレール方向の開口量は16mmであった。亀裂の破面は、側ばり下面から高さ方向で40mm程度までは錆が発生し、それより上の部位では錆は見られず金属光沢を有していた。
- (2) 本件台車第1軸の主電動機、歯車箱及び両者をつなぐWN継手（以下「本件WN継手」という。）の周囲、車体下面に油脂類が飛散していた。本件WN継手の表面の塗装がはがれていた。
- (3) 亀裂による台車枠の変形に伴い、本件台車第1軸左側の軸箱体が前方にずれて傾いていた。台車中心から第1軸左側の軸箱中心までのレール方向の距離を、正常とみられた第2軸左側の軸箱中心までのレール方向の距離と比較したところ、第1軸の方が約30mm長い状態であった。

なお、台車中心から軸箱中心までの寸法測定を行った時は、作業中の安全のため台車枠下面を若干量持ち上げて支えを入れた状態としていた。この状態では、側ばり下面付近でのレール方向の亀裂開口量は16mmから13mmに変化しており、軸箱位置についても台車枠下面に支えを入れない状態から変化している可能性がある。

（付図2 台車の構造及び損傷状況 参照）

2.4.2 本件台車枠の損傷状況等

2.4.2.1 亀裂の破面の状況

本件台車をJR西日本の博多総合車両所に輸送し、台車枠とその他部品に分解した後、本件亀裂を強制的に開口して詳細に調査したところ、本件亀裂の損傷状況については、次のとおりであった。

- (1) 亀裂の長さは、側ばりの側板台車外側146mm、側板台車内側141mm、補強板台車外側117mm、補強板台車内側108mm、側ばり下面160mmであった。
- (2) 亀裂の破面を観察したところ、側ばり下板のR部^{*11}から側板及び補強板には、ビーチマーク^{*12}状の模様が見られた。同模様は側板及び補強板の両側ともに、上方に行くほど凹凸の高さ及び間隔が大きくなっていた。
- (3) 側ばり下板中央付近及びその上方にある裏当て金の破面にもビーチマーク状の模様が確認された。
- (4) 側ばり下板のスロット溶接部近傍の破面は、側板、補強板及び下板中央付近の破面と比較して、腐食や破面同士の接触による摩耗が進み平滑となっていた。
- (5) 側ばり側板の破面において、R部付近までの腐食や破面同士の接触による摩耗が進んだ箇所ではストライエーション^{*13}状の模様は確認できなかったが、それより上方では亀裂の先端付近までストライエーション状の模様が確認された。
- (6) EDX分析^{*14}を実施し、スロット溶接部近傍の亀裂破面に付着していた物質を分析したところ、台車外側のスロット溶接部近傍の側ばり下板の破面の一部にチタン(Ti)が検出された。なお、チタンは台車枠に塗装される塗料の原料として用いられているものである。

以上の状況より、3.1.1に後述する分析から、亀裂の起点は、側ばり下面に軸ばね座を取り付けている台車内側及び外側の2箇所の各スロット溶接部近傍と推定される。

*11 「R部」とは、本報告書においては、鋼板が曲げ加工された部分のことをいう。

*12 「ビーチマーク」とは、疲労亀裂が進展した際に破面に見られる特徴的な縞模様で、通常、目視できる大きさのものをいう。

*13 「ストライエーション」とは、疲労亀裂が進展した際に破面に見られる特徴的な縞模様で、通常、電子顕微鏡でしか見えない程度の小さいものをいう。

*14 「EDX分析」とは、エネルギー分散型X線分析(Energy Dispersive X-ray spectrometry)であり、材料表面の異物の検出及びその構成元素の特定に用いられる。ここでは、塗料成分の検出等を目的に行われている。

(付図3 亀裂の破面の状況 参照)

2.4.2.2 側ばり下板の板厚の状況

側ばりの板厚は、設計上、公称厚さ8mmの鋼板を用い、曲げ加工後7mm以上と規定されている。

本件亀裂の破面において側ばり下板の板厚を測定したところ、最も薄い箇所では4.7mmであった。(付図3のZ部)

2.4.2.3 亀裂の断面の状況

2.4.2.1に記述したように、亀裂の起点は側ばり下面に軸ばね座を取り付けているスロット溶接部近傍と推定されることから、台車内側及び外側の各スロット溶接部の中央の位置で、側ばり及び軸ばね座を図3の位置でレール方向に切断し、亀裂の断面組織を観察した。

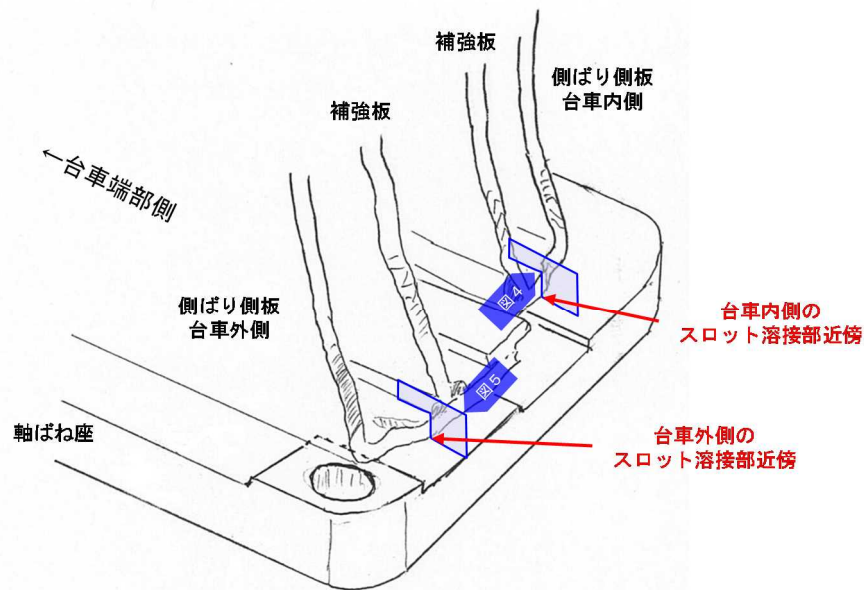


図3 側ばり及び軸ばね座の切断位置

(1) 台車内側のスロット溶接部の断面

台車内側のスロット溶接部の観察結果は、次のとおりであった。

- ① 亀裂の起点と推定される箇所の側ばり下板の板厚は、5.9mmであった。
(図4のA部)
- ② 溶接部裏境界^{*15}下部において、軸ばね座穴加工表面の推定位置(基準線)

*15 「裏境界」とは、スロット溶接部の裏側における上下母材と溶接金属との境界をいう。

と軸ばね座との間に、レール方向の隙間（0.4 mm）があった。（図4のB部）

③ 軸ばね座下面に軸ばね座の材料とは異なる様相が見られた。なお、3.3.4に後述する分析から、同箇所は肉盛溶接^{*16}が行われた痕跡と推定される。

（図4のC部）

④ 軸ばね座と溶接金属との境界部近傍に、溶込不良^{*17}、融合不良^{*18}等の溶接不完全部が見られた。（図4のD部）

⑤ 裏境界近傍において、軸ばね座の溶接の熱影響部に内包された微小な複数の割れが見られた。（図4のE部）

⑥ 亀裂の台車内側のスロット溶接部近傍の破面に塑性変形を受けた凹凸が見られたが、その大きさは一般的な疲労亀裂^{*19}で見られるものより大きかった。（図4のF部）

*16 ここでいう「肉盛溶接」とは、材料の寸法が不足する場合に、溶接金属により補うことをいう。

*17 「溶込不良」とは、設計溶込みに比べ実溶込みが不足していることをいう。

*18 「融合不良」とは、溶接境界面が互いに十分に溶け合っていないことをいう。

*19 「疲労亀裂」とは、繰り返し負荷がかかった際に進展する亀裂をいう。

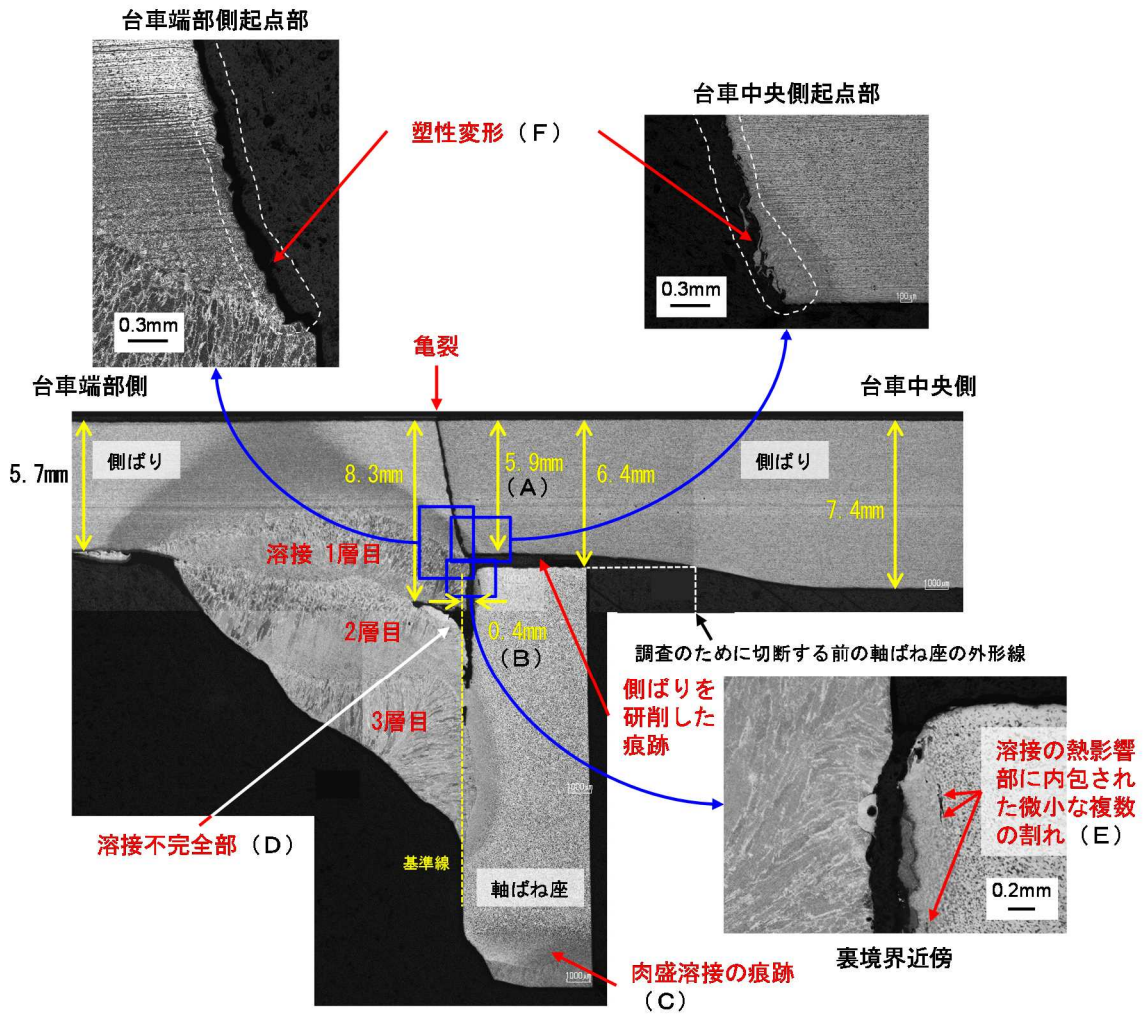


図4 台車内側のスロット溶接部の亀裂の断面の状況

(2) 台車外側のスロット溶接部の断面

台車外側のスロット溶接部の観察結果は、次のとおりであった。

- ① 亀裂の起点と推定される箇所の側ばり下板の板厚は、5.5mmであった。(図5のG部)
- ② 溶接の2層目と3層目の境界に微小な空隙が見られた(図5のH部)が、台車内側のスロット溶接部に見られたような溶込不良は見られなかった。(図5のI部)
- ③ 軸ばね座下面に軸ばね座の材料とは異なる様相が見られた。内側スロット溶接部断面に見られたものと同様、肉盛溶接が行われた痕跡と推定される。(図5のJ部)
- ④ 台車内側のスロット溶接部断面に見られたような明確な割れ等は見られなかった。

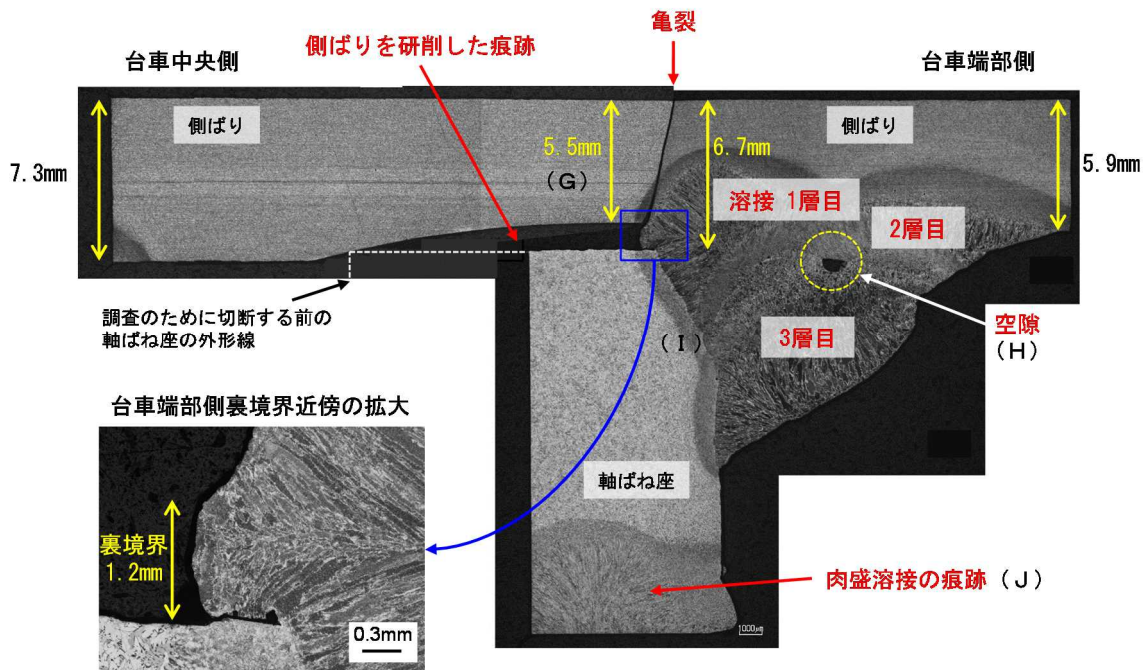


図5 台車外側のスロット溶接部の亀裂の断面の状況

2.4.2.4 本件亀裂発生部位以外のスロット溶接部の調査

本件亀裂発生部位以外の本件台車枠の右前側、左後側及び右後側のいずれも台車中央側の位置にある各軸ばね座のスロット溶接部について、本件亀裂発生部位と同様に、台車内側と台車外側の各スロット溶接部のそれぞれ中央の位置で、側ばり及び軸ばね座をレール方向に切断し、断面の状況を観察した。

なお、本件台車枠左後側の台車外側のスロット溶接部については、スロット溶接部の中央の位置以外の3箇所、側ばり及び軸ばね座をレール方向に切断し、断面を観察した。また、スロット溶接部で見られた割れを強制的に開口し、破面を観察した。

観察結果は、表2のとおりである。

表2 本件亀裂発生部位以外の観察結果

	台車内側のスロット溶接部	台車外側のスロット溶接部
台車枠右前側	・溶接状態は良好であった。	・溶接状態は良好であった。
台車枠左後側	・溶接状態は良好であった。	・裏境界近傍から側ばり下面側への割れが発生しており、この割れは溶接熱影響部に発生していた。 ・割れの先端部の一部は、その

		<p>他の領域と破壊形態が異なる様相を呈しており、同部では疲労破面に多く見られるラチェットマーク*20状の様相が観察された。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・破面には全体的にチタンが存在していた。 ・溶込不良、融合不良等の溶接不完全部が見られた。
台車枠右後側	<ul style="list-style-type: none"> ・軸ばね座と溶接金属との境界部に溶込不良、融合不良等の溶接不完全部が見られた。 ・溶接不完全部の周辺には微細な割れが見られた。 	<ul style="list-style-type: none"> ・溶接部に溶込不良、融合不良等の溶接不完全部が見られた。

2.4.2.5 軸ばね座の断面の状況

2.4.2.3(1)③及び2.4.2.3(2)③に記述した軸ばね座下面に見られた軸ばね座の材料とは異なる様相は、‘本件亀裂が発生した部位の下部にある軸ばね座’（以下「本件軸ばね座」という。）及びその台車端部側にある軸ばね座の下面の全面で見られ、それ以外の軸ばね座では見られなかった。

本件軸ばね座の断面の状況を図6に示す。



図6 本件軸ばね座の断面の状況

*20 「ラチェットマーク」とは、複数の起点から発生した亀裂の破面が合体して生じた段差状の痕跡のことをいい、疲労破面に多く見られる。段差模様とも呼ばれる。

軸ばね座下面を‘工作機械により切削加工’（以下、この工程を「機械加工」という。）する前の軸ばね座の当該部付近の厚みは、設計上20mmである。

軸ばね座下面は、台車枠として組み上がった後で、機械加工して5mm程度切削することが見込まれており、機械加工後の設計上の残りの厚みは15mm程度である。本件軸ばね座の厚みを、その断面において測定したところ、17mmから20mmであった。

軸ばね座の材料とは異なる様相の部分の厚みは、機械加工が行われている軸ばね座下面から約5mmであった。

本件軸ばね座の断面の硬さ測定を実施し、その結果を、溶接後に‘溶接作業等で生じた材料内部のひずみによる応力^{*21}’（以下「残留応力」という。）を除去する処理（以下「焼鈍^{しょうどん}」という。）を行った状態を再現した試験片と焼鈍を行っていない状態を再現した試験片を作成し、同様に断面の硬さ測定を行った結果と比較した。その結果、軸ばね座の材料とは異なる様相の部分は、溶接を施工した後に焼鈍を行っていない状態を再現した試験片の溶接材料の部位と同等の硬さであった。

なお、本件軸ばね座の側面補強の溶接部の硬さ測定結果を焼鈍された試験片の結果と比較したところ、同等であった。

2.4.3 本件台車枠以外の台車部品の損傷状況等

JR西日本の博多総合車両所で本件台車から取り外した台車枠以外の台車部品についても、分解し調査を行った。また、主要な部品については、当該部品のメーカーにおいて、損傷の有無も含め調査を行った。

本重大インシデントに関係するとみられる部品の損傷等の状況については、概略次のとおりであった。なお、調査は本件台車第1軸及び第2軸の両方の部品について行ったが、第2軸の部品については、異常は認められなかった。以下、特に記述のないものは、第1軸の部品についての記述である。

(1) WN継手

本件WN継手は、次のような状況であった。

- ① 外筒の塗装がはがれて金属面が露出しており、青色に変色していた。外筒と同等の組成の炭素鋼を加熱した際には約300℃で、本件WN継手に見られるような青色の色相となる。
- ② 内部の歯車と油切りが接触した痕跡、油切りの変形が見られ、油切りを止めている一部のボルトの締付けトルクが低下していた。
- ③ 外筒と油切りの間でグリースが外部に漏出することを防いでいるゴム製

*21 「応力」とは、単位面積当たりの内力をいう。

の^{オー}リングが無くなっていた。Oリングがあるべき溝部及び相手側の平面部には、ゴムのような黒い線状の痕跡が見られた。

- ④ 内部のギヤ歯面が異常に摩耗していた。
- ⑤ 内部のギヤ歯面同士の潤滑に用いられていたグリースが変色し、硬化していた。この状態であってもWN継手は固渋^{こじゅう}*22している状況は見られなかった。

なお、WN継手内部のグリースの新品と第2軸のWN継手から採取したグリースを300℃まで加熱する再現実験を行ったところ、加熱直後から油が温められたような臭いや発煙が確認されたほか、約300℃で2時間程度加熱し続けることでグリースが変色、硬化し、損傷が見られた本件WN継手内部から採取したグリースの状況に近いものとなった。

(2) 主電動機、歯車装置

- ① 主電動機に異常は見られなかった。
- ② 歯車等内部の部品、ギヤオイルに異常は見られなかった。
- ③ 主電動機、歯車箱の表面に付着していた油脂類の成分を調査したところ、WN継手内部に使用されていたグリースの成分とおおむね一致した。

(3) 車輪

- ① 車輪の踏面形状の測定を行ったところ、第1軸及び第2軸の右車輪のフランジが、同左車輪と比べ摩耗していた。特に第1軸の右車輪のフランジ摩耗が顕著であった。
- ② 第1軸左車輪の表リム面及び裏リム面の内周に、正常であれば接触しないブレーキのパッドと接触したとみられる痕跡があった。
- ③ 同表リム面の痕跡を基に、正規の位置からの台車端寄りへの第1軸左車輪のずれを計算したところ、表リム面の位置で約34mmとなった。

(4) 踏面清掃装置（第1軸左車輪）

車輪踏面と踏面清掃子とを適正な隙間に保つために内部に設けられているラック状の部品に、擦れた痕跡が見られた。同部品は、踏面清掃装置先端で車輪踏面と接触する踏面清掃子や車輪が摩耗するにつれて、車輪側に繰り出されるが自動的に戻らない機構となっている。

その他の台車部品については、本重大インシデントに関係するとみられる損傷や摩耗等はなかった。

(付図4 本件WN継手の損傷状況、付図5 本件WN継手内部のグリースの状態、

*22 「固渋」とは、回転部分などが固着し、その滑らかな動きが妨げられた状態のことをいう。

付図6 車輪のリム面の痕跡、付図7 踏面清掃装置と内部のラック及びラック受の状態 参照)

2.4.4 鉄道施設の損傷状況等

J R西日本によると、本重大インシデント発生後の山陽新幹線区間の地上巡回等の定期点検において、今回の事象に関連する軌道等地上設備の異常は発見されなかったとのことであった。

また、J R東海によると、他の列車や乗務員からは異常があったとの申告はなかった。また、本重大インシデント発生後に行われた夜間作業の確認車による地上設備の確認の結果においても、異常はなかったとのことであった。

2.5 台車枠に関する情報

2.5.1 台車枠の強度設計及び検証の状況

J R西日本、J R東海及び‘本件台車を製造した会社’（以下「本件台車メーカー」という。）に対する調査の結果、N700系用の台車枠の強度設計及び強度検証については、次のとおりであった。

- (1) 本件台車の強度設計における強度の評価については、日本工業規格‘J I S E 4 2 0 7 (2 0 0 4) 「鉄道車両—台車—台車枠設計通則」’（以下「J I S E 4 2 0 7」という。）に定められた方法により行われていた。同評価に用いる台車枠の各部に発生する応力については、コンピューターによる強度解析（F E M^{*23}解析）を実施することにより得られた計算値、‘J I S E 4 2 0 8 (2 0 0 4) 「鉄道車両—台車—荷重試験方法」’（以下「J I S E 4 2 0 8」という。）に定められた静荷重試験を実施することにより得られた応力の実測値を用いたとのことであり、静荷重試験における応力の測定位置については、側ばり下面の中央等、台車枠の代表的な箇所やF E M解析の結果から得られた応力の比較的高い箇所を選定したとのことであった。
- (2) その後、台車も含めたN700系の量産先行試作車を製作し、東海道・山陽新幹線区間において現車走行試験を実施することにより得られた実働応力の最大値（引張^{ひっぱり}応力）及び最小値（圧縮応力）が、J I S E 4 2 0 7に定められた方法により評価されていた。現車走行試験における応力の測定位置

*23 「F E M」とは、有限要素法（Finite Element Method）の略称であり、構造体等を単純な形状をした要素で細かく分割し、要素それぞれについて方程式を解き、その要素の箇所に発生するひずみや応力等を推定する数値解析の手法である。

については、静荷重試験で応力を測定した箇所のうち、応力の比較的高い箇所や台車枠の代表的な箇所を選定したとのことであった。

- (3) さらに、現車走行試験で得られた実働応力を基に、900万km走行に相当する上下負荷及び、それとは別に同走行距離の主電動機やキャリパの上下振動分の負荷を与える疲労試験が行われており、試験終了後、磁粉探傷^{*24}により亀裂の発生がないことが確認されていた。

本重大インシデント発生後に、N700Aの量産車の現車走行試験時に当該溶接部近傍（スロット溶接部端から台車中心側へ130mmの位置）で測定した応力を基に、疲労寿命を確認した。また、常時、定員乗車の荷重条件で運用されたと仮定して、スロット溶接近傍の応力を基にした疲労寿命を確認した。これらの寿命予測については、「鋼製溶接構造台車枠の疲労強度」^{*25}に記載の止端部等判定曲線・等級Eを用いた方法で行われており、疲労寿命は、車両寿命（台車使用期間）を大幅に超える結果となった。

2.5.1.1 台車枠のモデル化と解析結果

本件台車枠と同構造の台車が設計された当時の強度解析の状況は、次のとおりである。‘N700系の設計当時のFEM解析に用いられた台車枠のモデル’（以下「設計当時のモデル」という。）と結果を図7示す。

- (1) 設計当時のモデルは主に板要素（シェル要素^{*26}）を用いて作成されており、これは現在においても台車枠のモデル化の手法としては一般的に用いられているものである。
- (2) 設計当時のモデルでは、側ばり下面に軸ばね座が付く範囲は、設計上の側ばり下板の板厚である8mmに、同じく設計上の軸ばね座の板厚である15mmを加えた23mmの厚さを持つ1枚の板となっていた。
- (3) 設計当時のモデルを使用したFEM解析の計算結果からは、走行中に発生する上下、左右及び前後方向の荷重を想定した、いずれの負荷条件においても、当該スロット溶接部に相当する位置に高い応力の発生は認められなかった。

*24 「磁粉探傷」とは、磁性粉末を含む適切な試験媒体を利用し、漏えい磁界によって表面及び表面近傍のきずを可視化し検出する非破壊試験をいう。

*25 「鋼製溶接構造台車枠の疲労強度」（長瀬 隆夫著、一般財団法人研友社、平成22年、PP. 92-119）

*26 「シェル要素」とは、FEMによる解析において用いられる要素の一つで、見た目の厚さはないが、計算上板厚分の剛性を持たせた要素のことをいう。

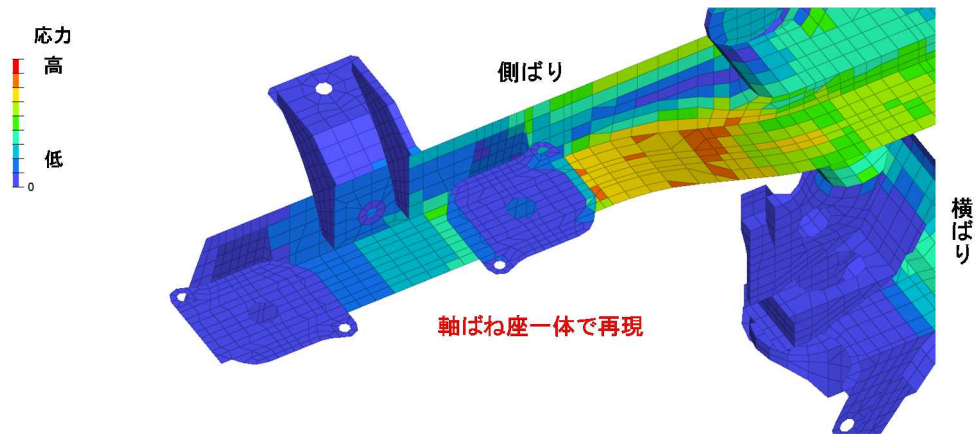


図7 設計当時のFEM解析のモデルと結果

本重大インシデント発生後に、2.6.2に後述する疲労亀裂の進展状況を推定するためのシミュレーションを実施するに当たり、軸ばね座及びその周辺の側ばり並びに両者を接合するスロット溶接部のモデルを、3次元要素（ソリッド要素^{*27}）を用いて作成し、実物の台車のように2枚の板をスロット溶接部で固定する構造とした。このモデルを使用したFEM解析の計算結果において、図8に示すとおり、スロット溶接部裏境界に集中して、その周辺に比べて高い応力が発生する状況が見られた。

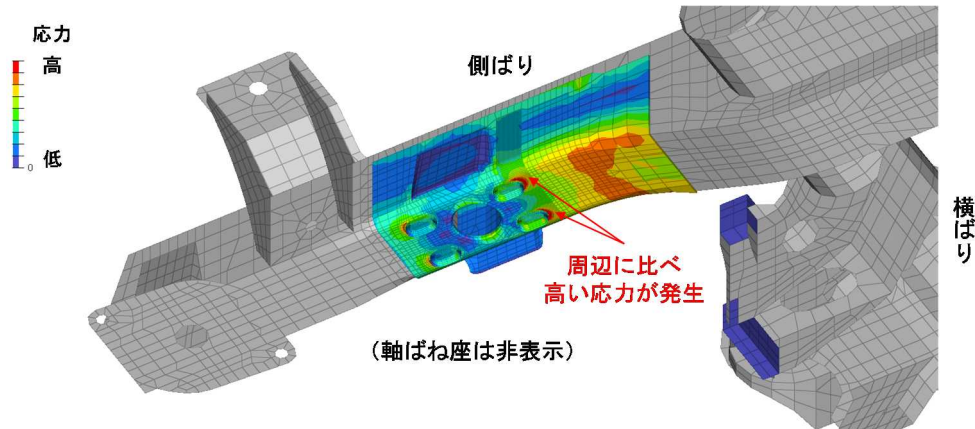


図8 スロット溶接部を再現したFEM解析のモデルと結果

2.5.1.2 軸箱支持装置のモデル化

設計当時の強度解析に用いられた軸箱支持装置のモデルを確認したところ、走行中に発生する左右及び前後方向の荷重を想定した水平力を支持する位置が実物と異なる状況が見られた。

*27 「ソリッド要素」とは、FEMによる解析において用いられる要素の一つで、立体形状をした要素のことをいう。シェル要素に比べ接点数が多くなるため、より計算能力の高いコンピューターが必要となる。

2.5.2 本件台車枠の製造の状況

本重大インシデント発生後、本件台車メーカーに本件台車枠の製造時の状況について聞き取り調査を行ったところ、次のとおりであった。

なお、台車枠の製造工程は、概略、‘鋼板をプレスにより曲げ加工して製造された部品’（以下「側ばりプレス品素材」という。）を内部の補強等とともに溶接で組み立てる工程、組み立てられた側ばりに軸ばね座等の付属品を溶接で取り付ける工程、横ばりとともに台車枠として溶接で組み立てる工程、応力除去のための焼鈍、塗装、及び機械加工となっている。

（付図8 台車枠の製造工程 参照）

2.5.2.1 側ばりプレス品素材

(1) 材料

本件台車枠に使用されていた側ばりプレス品素材（以下「本件側ばりプレス品素材」という。）に用いた鋼材については、鋼材メーカーにより、材料内に含まれる炭素等化学成分の割合及び引張強度等を測定する検査が行われていた。本件台車メーカーによると、本件側ばりが製造された当時のロットに対する鋼材の検査記録は、本件台車メーカーにおける保管期間外であったため、確認できなかったが、本件側ばりの次のロット品に対する検査記録を参考に確認したところ、検査記録結果は、図面に指定されている鋼材に要求されている基準値の範囲内であり、異常は見られなかった。

また、本重大インシデント発生後に、本件台車枠の一部から試験片を切り出し、鋼材の化学成分と引張強度等を確認したところ、指定されている材料に要求されている基準値の範囲内であった。

(2) 曲げ加工の方法

鋼材を側ばりプレス品素材の形状に曲げ加工する工程については、本件台車メーカーの協力会社に外注されていた。

本件台車枠が製造された当時は、‘先代の形式である700系用台車枠の側ばりプレス品素材の曲げ加工をしていた協力会社’（以下「旧協力会社」という。）の鉄道車両部品製造からの撤退に伴い、‘他の形式の台車プレス部品で実績のあった別の協力会社’（以下「新協力会社」という。）に側ばりプレス品素材の曲げ加工を外注した。

旧協力会社では、曲げ加工時に鋼板を加熱し、ある程度軟化させた状態でプレス機により折り曲げ加工をする「熱間プレス加工」という方法により曲げ加工を行っていた。

本件側ばりプレス品素材のように、長い部材の熱間プレス加工に際しては、

大型のプレス機に加え、大型の加熱炉等特殊な設備が必要なこと及び大型の部材であるため、加熱してから曲げ加工に至るまでの温度管理が難しく、対応が可能な協力会社が限られていた。このことから、本件台車メーカーは、限られた協力会社で、他の型式を含めた多数の側ばりプレス品素材を製造するのは安定供給の観点から問題があると判断し、新協力会社における曲げ加工を、材料を加熱せずに常温で大型のプレス機により行う「冷間プレス加工」に変更することとした。

本件台車メーカーでは、N700系の量産車用台車枠の製造を開始する前に、仕様概要、変更点等を社内で共有するために製品の品質に関する会議を開催していたが、側ばりプレス品素材の発注先及び曲げ加工方法を変更したことについては、社内の関係部門で共有しておらず、変更が与える影響等を検討していなかった。

新協力会社の作業者は、他の形式向けの側ばりプレス品素材の冷間プレス加工の経験があった旧協力会社から技術指導等を受けて、冷間プレス加工を行った。

なお、新協力会社によると、新協力会社は、本件側ばりプレス品素材を製造していた時期と同時期に、他の車両メーカー向けのN700系の量産車用台車枠の側ばりプレス品素材を熱間プレス加工により曲げ加工して納入しており、熱間プレス加工で曲げ加工を行う上での設備や技術を有していた。

(3) 検査

曲げ加工後の側ばりプレス品素材は、新協力会社において、曲げ加工による割れ等のきず（以下「プレスきず」という。）の有無や仕上がり寸法について、10本に1本の割合で抜取検査が実施されていた。本件側ばりプレス品素材と同ロットの側ばりプレス品素材の検査記録を確認したところ、プレスきずの記録はなく、仕上がり寸法についても曲げ加工された部分（側ばりの完成状態で上板や下板となる部分）の開き方向の寸法を含め、本件台車メーカーの図面で「指定されている数値の範囲」（以下「公差」という。）内で、異常は認められなかった。なお、曲げ加工された部分の開きの公差は、開きの先端部で直角の状態から1mm以下（曲線部では2mm以下）であった。

本重大インシデント発生後、新協力会社に対して、本件側ばりプレス品素材を製造した当時の製造過程や寸法検査の状況について、聞き取り調査を行ったところ、概略次のとおりであった。

- ① 製品の量産前には、試作により寸法等の確認を行うのが通常のプロセスである。側ばりの開き寸法を含め記録はないが、試作による確認を当時も行っていたものと考えている。

- ② 量産時については、記録を残している検査としては10本に1本の割合の抜取検査の結果のみであるが、記録を残していないものについても、大型プレス機による冷間プレス後、全数を小型のプレス機等を用いて寸法の修正を行っており、その際には、必ず寸法を確認しながらの作業となるため、寸法測定は全数について行っていたと考えている。

2.5.2.2 側ばり及び軸ばね座の組立作業

本件台車メーカーに納入された側ばりプレス品素材は、所定の寸法に切断、溶接用の開先加工^{かいさき}*28、内部補強等の溶接が行われた後に、側ばりの台車内側となる部分と台車外側となる部分を組み合わせ、1本の側ばりに溶接して組み立て（以下、この作業を「^{だきあわ}抱合せ」という。）られる。その後、抱合せされた側ばりの下面に、軸ばね座をスロット溶接により取り付ける。

なお、溶接作業に際しては、部品が正規の取付け位置となるように寸法を調整し、治具等で固定した上で、少量の溶接により固定する作業（以下「仮付け」といい、仮付けまでの組立作業を行う作業者を以下「組立作業員」という。）と、その状態から図面指示どおりの溶接を行う作業（以下「本溶接」といい、本溶接を行う作業者を以下「溶接作業員」という。）に分けて行われている。溶接作業員は、本件台車メーカーの社内規程に基づく溶接技術資格を持つ者であった。

本件側ばりの組立作業を行った組立作業員（以下「本件作業員」という。）及び組立作業の現場管理者並びに溶接作業員から聞き取った内容を総合すると、本件側ばりが製造された当時の状況は、概略次のとおりであった。

(1) 組立作業に係る関係者の情報

組立作業に係る関係者の本件台車枠を組立した時点での年齢及び経験年数は次のとおりである。

現場管理者

男性 35歳

経験年数 約16年 3か月

本件作業員

男性 20歳

経験年数 約2年11か月

(2) 組立作業員等の口述

- ① 本件台車メーカーでは、全車種に共通する台車枠の組立作業における部材間の隙間の許容値に関する作業指示書（以下「共通隙間許容値作業指示書」という。）において、部材間の隙間の許容値は、

*28 「開先加工」とは、溶接しやすくするために、溶接する対象物の縁を適当な形に切り開くことをいう。

部材と部材を重ね合せた構造におけるスキマは重ね合わされた面内
すべての部分において溶接、歪取り^{原文ママ}*29、焼鈍後0.5mm以下であること。
(略)歪とり、G仕上げ(「グラインダー仕上げ^{ひずみ}*30」のこと)、異物、
かえり^{ひずみ}*31を除去することにより0.5mm以上のスキマが発生しないよう
注意施工すること。

と指示されていた。

現場管理者は、組立作業者に対し、0.5mmの厚みのある金属製の定規を
隙間に差し込むことで隙間の量をチェックし、定規が入らないような隙間
となるように直して作業するよう指示していた。

② 本件作業者が、本件側ばりと同じロットの軸ばね座の仮付け作業に取り
掛かってすぐ(1本目の作業は平成19年1月25日ごろ)に、抱合せ後
の側ばりの下面が「く」の字に膨らんでおり、軸ばね座の上面は平らであ
るので、組み合わせた際に隙間が生じ、がたつく状態であることに気付い
た。本件側ばりのような2つの「コ」の字型の側ばりプレス品素材を「ロ」
の字型になるように組み立てた構造の側ばりの作業が初めてであった本件
作業者は、このがたつきの修正の方法について現場管理者に相談した。

③ 同現場管理者は、組立作業者として携わった先代である700系用台車
枠の側ばりを組み立てた際に、抱合せ時の側ばり下面の不一致(以下、こ
の状態を「目違い」という。)によるとみられるがたつきが少しあり、側ば
り下面を軸ばね座の上面に沿うようにグラインダーで平らに削ってがたつ
きをなくした(以下、この作業を「摺合せ^{すりあわ}」という。)経験があった。

その時の経験から、現場管理者は、N700系の量産車用台車枠の側ば
りにおいても、がたつきの状態は700系用台車枠のときと同程度のもの
と考え、現物を確認せずに、本件作業者に対して、がたつきがなくなるま
で側ばり下面の軸ばね座と当たる箇所を摺合せするよう指示した。

この際の、削る量の限度値については、現場管理者が700系用台車枠
の側ばりを組み立てた際の経験から、それと同程度の軽微な量で済むもの
と考えていたため、特に指示していなかった。

④ 本件作業者が作業を再開したところ、摺合せのためにグラインダーで削
る量が多く、作業に時間が掛かり、計画どおりの作業量をこなせないこと

*29 ここでいう「歪取り」とは、鋼材を局部的にバーナー等で加熱したのち、水をかけて急冷することにより収縮
させ、部材の各部を正規の寸法に近づける作業のことをいう。

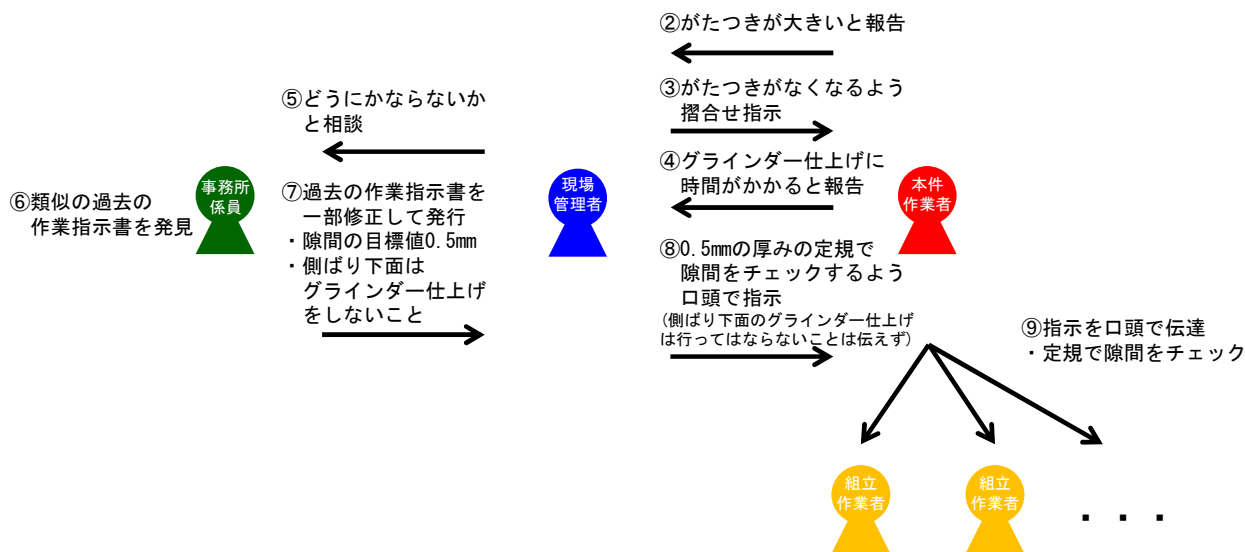
*30 「グラインダー仕上げ」とは、回転する砥石を備えた工具(グラインダー)で材料の一部を研削することをい
う。

*31 ここでいう「かえり」とは、鋼材等を切断した際に切断面から小さく出っ張るように残った部分のことをいう。

から、再度現場管理者に相談した。

- ⑤ 現場管理者が現物を確認したところ、がたつきによる隙間が、自分が過去に経験していたよりも大きかったことから、台車工場事務所の係員に「どうにかならないか」と相談した。
- ⑥ 同係員は、過去の新幹線（300系）用台車枠の製造時の書類綴りに、当該部の摺合せを廃止する目的で、側ばりの軸ばね座と側ばり下板との隙間を「目標値で0.5mm以下、最大値で1mmまで許容する」とした作業指示書を発行した記録を見つけた。
- ⑦ 同係員は、同指示書の記載内容の一部をN700系の量産車用台車枠の側ばりの作業向けに修正した隙間管理に関する作業指示書（以下「N700系隙間管理作業指示書」という。）を作成し、工場に配布した。
なお、N700系隙間管理作業指示書には、「側ばり下面のグラインダー仕上げは行ってはならない」ことが記載されていた。
- ⑧ 新たな作業指示書により、隙間が「0.5mm以下」から「目標値で0.5mm」に緩和されたことから、現場管理者は、本件作業員に対して、「0.5mmの厚みのある金属製の定規を隙間に差し込むことで隙間の量をチェックし、その定規が入るか入らないかの程度の隙間であれば1mm以下の隙間になると考えて摺合せをして作業する」よう指示した。この際、現場管理者は「目標値で0.5mm」に緩和されたことに注目し、「側ばり下面のグラインダー仕上げは行ってはならない」ことについては伝えていなかった。
- ⑨ 本件作業員は、同じ側ばり組立作業に従事する作業員に対して、朝礼等で同内容の指示があったことを伝達した。
- ⑩ なお、N700系隙間管理作業指示書は、作成日が平成19年1月29日となっており、早ければ台車工場事務所内での承認作業を経て、その日のうちに工場に配布されるとのことであるが、同作業指示書の最終承認者の承認日が不明であり、実際に工場に配布された日付も不明とのことであった。また、当時、作業指示書が配布されるのは現場管理者までであり、現場管理者から本件作業員には、作業指示書の要点が口頭により伝達されていた。

本件作業員以外の聞き取りで確認できた当時の側ばり組立作業員は、N700系隙間管理作業指示書を見たことはないとのことであった。本件作業員のみが、現場管理者への作業指示書の配布棚に置かれていた紙に、N700系隙間管理作業指示書に掲載されていた図のようなものを見た記憶があったとのことであったが、内容については確認しておらず、それが摺合せに関連することも含め知らなかったとのことであった。



※ 図中の②～⑨は、2.5.2.2(2)の記述に対応している。

図9 作業指示の伝達、報告の経路

⑪ グラインダーにより母材の板厚方向の削り込みを許容する量は、社内の作業基準（グラインダー作業に関する規定）で定められており、突き合わせ溶接部のビード止端^{*32}部のグラインダー仕上げに関しては、削り込み深さは0.5mmが限度とされている。ただし、この内容については、特に社内教育等で組立作業者に周知はしていないとのことであった。

現場管理者は、先輩から受けた教育等で、溶接ビード止端部の仕上げに限らず0.5mmまで削っても良いと認識していた。組立作業者は、削り込み量の限度に関する認識はなかった。

⑫ 現場管理者は、側ばり下面の膨らむ状況を確認後、側ばり下面に軸ばね座を取り付ける以前の工程をチェックした。当時は、側ばりの製造が多忙となることが想定され、本件側ばりと同ロットの側ばりは、抱合せ溶接までの工程を前倒しして実施していたため、その時点で抱合せ溶接の作業がほぼ全数終了していた。

本件側ばりを製造した当時は、抱合せ溶接作業時に目違いの矯正が行われていなかった。また、内部補強を取り付ける際に側ばりプレス品素材の直角度を矯正していなかった。

側ばり下面の膨らみについては、内部に縦方向の補強が入っていることも関係し、この段階でひずみ取り等の方法で膨らみを修正することは不可

*32 「ビード」とは、溶接線に沿って行う1回の溶接操作のことをいい、「止端」とは、母材の面と溶接ビードの表面が交わる点のことをいう。

能な状況であったとのことであった。

なお、後続のロットにおいては、軸ばね座の仮付け時にプレス機により軸ばね座を側ばりに押し付けて沿わせる方法、抱合せ時にプレス機により目違いを矯正する方法、抱合せ前の工程である側ばりの内部補強の取付け時にプレス機で矯正する方法等で対処し、側ばり下面を削る量は減少したものの、摺合せは依然として行っていたとのことであった。

(3) 関係する作業の検査日

本件側ばりが製造されたときに、本件台車メーカーの管理部門から発行された‘側ばりの溶接等の検査記録’によると、本件側ばりの抱合せ後の検査、軸ばね座を含む部品の取付け（仮付け溶接）後の検査、部品溶接の仕上げ後の検査は、表3のとおりであり、通常、各検査はそれぞれの作業の直後に行われるとのことであった。

本件軸ばね座の部品の仮付け作業は、本件作業者によって行われていた。

表3 検査記録に記載された関係する作業の検査日

作業内容	検査日
抱合せ溶接	平成19年 2月 7日
部品取付	平成19年 2月24日
部品溶接	平成19年 2月26日

2.5.2.3 スロット溶接の状況

軸ばね座のスロット溶接に関して、本件台車メーカーに確認したところ、スロット穴により軸ばね座を側ばり下面に溶接して取り付ける構造は、700系等先代の新幹線の台車枠で用いられていた方法と同様のもので、スロット穴の寸法も同じであり、溶接を施工する上で特に困難な箇所ではないとのことであった。

本件台車メーカーでは、既定の社内規程が適用できるとしていたことから、当該スロット溶接の状況を模擬した溶接施工試験^{*33}は行われていなかった。

本重大インシデント発生後にスロット溶接を模擬した部材を製作し溶接施工試験を行ったところ、本溶接前の固定のための仮付け溶接を行っていない箇所においては、溶込不良等の欠陥は見られなかったが、比較のため当時の溶接施工要領に従い仮付け溶接を行い、その後本溶接を行った箇所においては、いくつかの試験体で微

*33 「溶接施工試験（溶接施工方法試験）」とは、計画した溶接施工方法によって期待した溶接継手が得られるかどうかの試験のことをいう。具体的には、製品の溶接前に同様な材料や形状の試験片を製作し、実際に溶接作業を行った後、溶接部の断面等を確認することにより、溶接前の部材の形状や溶接作業中の電流値等溶接条件の良否を確認する。

細であるが溶込不良が見られた。

2.5.2.4 台車枠の焼鈍、機械加工の状況

溶接組立された側ばりは、別に溶接組立された横ばりと溶接されて、台車枠として組み立てられる。その後、焼鈍が行われる。焼鈍は、台車枠全体を炉に入れて加熱し、一定の温度に数時間保持、その後徐々に冷却することによって行われる。

焼鈍前には、後工程である機械加工時に必要となる加工代しろが十分あるか確認し、加工代が不足して機械加工を行うべき面に未加工面が残る可能性がある場合には、十分な加工代となるまで、溶接により溶接材を盛り上げる作業（肉盛溶接）が行われることがある。この肉盛溶接は、J I S規格でも規定されている一般的な補修方法である。

肉盛溶接は、盛る厚みや面積にもよるが、溶接による材料への入熱量が大きくなる可能性があり、焼鈍を行い残留応力を除去した台車枠に肉盛溶接を行った場合は、再度入熱と急冷による残留応力を生じさせてしまうおそれがある。このため、本件台車メーカーにおいても、肉盛溶接は、焼鈍前に行っておくべき作業と認識しているとのことであった。

焼鈍後の台車枠は、塗装を行った後、軸ばねを含む他の台車部品を取り付ける面やボルトの穴等が所定の寸法となるように、機械加工が行われる。本件台車メーカーにおいては、機械加工は、本件軸ばね座の台車端部側にある軸ばね座の下面から始め、その後、本件軸ばね座の下面の順に行われるとのことであった。軸ばね座の機械加工は、コンピューターにあらかじめ設定された数値に基づき制御される方法により行われていたとのことであった。

2.4.2.3に記述したように、本件軸ばね座には、その断面に軸ばね座の材料とは異なる様相が見られ、後述する3.3.4で分析するように、当該様相の部分は焼鈍を行った後に軸ばね座の下面に肉盛溶接を行ったと考えられることから、本件台車メーカーにおいて、本件台車枠が製造された当時に台車枠の溶接作業や機械加工に従事していた作業者に聞き取り調査を行ったものの、軸ばね座下面の全面に肉盛溶接を行った記憶があるとの情報は得られなかった。

なお、軸ばね座を含む本件台車枠の下面の機械加工については、検査記録によると、平成19年3月29日～平成19年3月30日に行われていたが、機械加工の装置に記録は残されていなかった。

2.5.2.5 本重大インシデント後に製造した側ばりに関する情報

本重大インシデント発生後、本件台車メーカーは、交換用に製造する台車枠について、本件側ばりに見られた状況の再発防止と品質向上のため、概略次のような変

更を行ったとのことである。

- (1) 側ばりプレス品素材の曲げ加工の方法を熱間プレスによるものに変更した。
- (2) 本件台車メーカーに側ばりプレス品素材が入荷された時点から軸ばね座を溶接により取り付けるまでの各工程において、側ばり下板や上板となる部分の開き具合を含め寸法測定を行いながら作業を進めた。
- (3) 側ばりの加工時、内部補強及び裏当て金を溶接する際に、若干のひずみが発生し、側ばりの下板や上板となる部分が傾くため、ひずみ取りの工程を追加し、側ばりの下板や上板となる部分の傾きを矯正しながら組立を進めた。
- (4) また、抱合せを行う際には、側ばり下面側を基準とすることで軸ばね座を取り付ける面の目違いをなくした。

これらの結果、側ばり下面に軸ばね座を取り付ける際に、取付面の膨らみや目違いにより軸ばね座ががたつくことが無くなり、グラインダーによる摺合せが不要となったとのことである。

また、スロット溶接部に関しては、仮付け位置と溶接順序を定め、作業者による差を無くしたとのことである。

2.5.3 本件台車枠の検査の状況

2.5.3.1 台車枠の検査基準に関する規程

鉄道車両の台車は、車両の走行安全、安定性を確保するための重要な走行装置の一部である。そのため、「技術基準」において、

(走行装置等)

第67条 走行装置は、次の基準に適合しなければならない。

一～四 (略)

五 (略)、走行装置等は、堅ろうで十分な強度を有し、かつ、車両の安全な走行及び安定した走行を確保することができるものであること。

と規定され、同技術基準において、車両の定期検査は、次のとおり定められている。

(施設及び車両の定期検査)

第90条 施設及び車両の定期検査は、その種類、構造その他使用の状況に応じ、検査の周期、対象とする部位及び方法を定めて行わなければならない。

2 前項の定期検査に関する事項は、国土交通大臣が告示で定めたときは、これに従って行わなければならない。

また、「施設及び車両の定期検査に関する告示」(平成13年12月25日付け国土交通省告示第1786号)第5条(車両の定期検査)において、重要部検査及び全般検査などの期間が規定され、さらに「鉄道に関する技術上の基準を定める省令

等の解釈基準について」(平成14年3月8日付け国土交通省鉄道局長通達)(以下「解釈基準」という。)において、台車枠の検査項目(変形、亀裂及び腐食など)及び検査方法(探傷、測定など)の詳細が規定されている。台車枠の検査方法については、解釈基準により「台車枠の検査マニュアル」(附属資料1)によることとされている。

JR西日本においては、台車枠の検査について、「整備準則等」で、「台車枠検査標準」による目視検査や探傷検査を行うことと定められており、同検査標準の別紙「新幹線電車台車枠検査標準」に、本件車両の検査箇所、検査方法及び実施時期が定められていた。

「新幹線電車台車枠検査標準」(抜粋)

2. 台車枠の検査箇所・検査方法及び実施時期

- 台車枠の検査箇所は、過去の亀裂発生データ等に基づき指定する。
- 検査方法については、基本的に探傷(磁粉探傷又は浸透探傷^{*34})とする。
- 目視検査については、特に注意が必要な箇所を記載しており、検査時は、検査箇所をブラシ等により汚れを十分除去し検査を行うこと。
- 指定箇所以外についても、全体的に目視検査を行うこと。
- 各車両、台車形式毎の検査箇所、検査方法及び実施時期は、下表の通りとする。
- 指定実施時期以外の定期検査時は、全体的に目視検査を行うこと。

(3) 700系、N700系—WDT207、209、209A、TDT204 台車

検査箇所	検査方法	実施時期
側バリと横バリの溶接部	磁粉探傷 又は浸透探傷	全般検査時
主電動機受と横バリの溶接部		
歯車箱吊り受と横バリの溶接部	目視検査	
主電動機受内側と横バリの溶接部		

JR西日本によると、同社の新幹線用の台車枠では、過去に亀裂の発生事例がないことから、同社の在来線用の台車枠や、他社の新幹線及び在来線用台車枠の亀裂発生事例を参考に、探傷箇所を指定したとのことである。

本件亀裂が発生した箇所については、新幹線及び在来線用台車枠の類似構造の箇

*34 「浸透探傷」とは、一部に浸透処理、余剰浸透液の除去処理、及び現像処理で構成される表面に開口したきずを指示模様として検出する非破壊試験をいう。

所においても過去に亀裂が発生した事例はなく、探傷検査の指定箇所とはしていないとのことであった。

本件車両は、2.3.3.1に記述したように、JR西日本において、「整備実施基準」及び「整備準則等」に基づき、定期検査が行われていた。

(附属資料1 台車枠の検査マニュアル 参照)

2.5.3.2 本件台車枠の寸法検査の記録

JR西日本では、側ばり等の台車枠の主要部に著大なゆがみがないか確認するために、全般検査において、台車枠単体での寸法検査が実施されている。

本重大インシデント発生前直近の全般検査における本件台車枠の各部の記録は、JR西日本が設定している基準値の範囲内であり、異常は見られなかった。

2.5.3.3 本件車両の輪重の検査記録

全般検査では、車両の走行安全性を確保するため、輪重の検査が実施されている。輪重の検査は、静止状態で各車輪にかかる重量（静止輪重）を測定し、左右のアンバランスが基準値内であることを確認するものである。輪重の調整が必要な場合は、軸ばねの下部に挿入する板（調整板）の枚数や厚みを変えることで、各軸ばねのたわみ量を調整し、軸箱にかかる荷重を調整する。

本重大インシデント発生前直近の全般検査における本件車両の輪重の記録を確認したところ、左右のアンバランスは、JR西日本が設定する基準値の範囲内であった。また、輪重の調整のため、本件台車の4箇所の軸箱支持装置の各軸ばね計8箇所に挿入されていた調整板の厚さを確認したところ、8箇所で大きな差は見られなかった。

2.6 亀裂発生要因を推定するための試験等に関する情報

2.6.1 肉盛溶接の影響を推定するための試験等

2.4.2.3に記述したように、本件台車枠の軸ばね座下面に肉盛溶接とみられる様相が見られたことから、肉盛溶接が亀裂の発生及び進展に与える影響の大きさを把握するために、本件台車メーカーにおいて、FEM解析及び疲労試験を実施した。

2.6.1.1 肉盛溶接によるひずみを再現したFEM解析

肉盛溶接による影響を検討するために、本重大インシデント後にFEMによる解析を行った。軸ばね座及びその周辺の側ばりを3次元要素としてモデル化し、入力条件として軸ばね座を収縮させる方向の荷重を与えた。焼鈍後に肉盛溶接が施工された軸ばね座を模擬できるよう、この荷重を次のように計算してFEM解析の入力

条件とした。

- (1) どの程度の応力が亀裂発生部位に与えられたのかを算出するため、未使用の実台車枠の側ばりの下板に溶接された軸ばね座の下面を5mm機械加工により切削した後、5mm以上の肉盛溶接を行い、焼鈍後に肉盛溶接を施工した状態を再現した。
- (2) その肉盛溶接前後の軸ばね座の変形を、3次元スキャナを用いて計測し、FEM解析上で同程度の変形となるような、軸ばね座を収縮させる方向のひずみを逆算した。

この結果、スロット溶接部近傍はその周辺に比べて高い応力が算出される結果となった。

2.6.1.2 肉盛溶接等を再現した疲労試験

疲労試験においては、正常品、肉盛溶接を再現したもの、板厚が薄いもの及び内部きずがある試験体を用意し、疲労亀裂の発生、進展の度合いについて比較を行った。

試験体には、本件台車メーカーで保管されていた台車枠（未使用品）及び本重大インシデント後に側ばり下板の板厚が薄いことから交換された台車枠（10年程度使用品）を用いた。

一部の試験体には、軸ばね座の下面を5mm機械加工により切削した後、5mm以上の肉盛溶接を行い、再度機械加工を行うことで、焼鈍後に肉盛溶接を施工した状態を再現した。なお、肉盛溶接を施工した状態を再現した後に、超音波探傷によりスロット溶接部の検査を行ったが、きずによるエコーはなかった。

試験結果について、大まかな傾向としては、焼鈍後に肉盛溶接を再現した試験体は、正常な状態の試験体と比べ、明らかに少ない負荷の繰り返し数で疲労亀裂が発生する傾向が見られ、板厚が不足している場合は、やや少ない負荷の繰り返し数で疲労亀裂が発生する傾向が見られた。今回の試験の結果からは、内部きずの有無による明確な差は見られなかった。

(付図9 試験体による疲労試験の結果、付図10 試験体による疲労試験の結果の傾向 参照)

2.6.2 シミュレーションに基づく疲労亀裂進展の推移

疲労亀裂の進展状況を推定するために、スロット溶接部中心線上の位置に初期疲労亀裂が発生したと仮定し、数値解析によるシミュレーションを実施した。解析には、N700Aの量産車を用いた東海道・山陽新幹線における現車走行試験により計測された亀裂発生部位直近の前後方向の応力を基に、仮定した乗車率（空車、定

員乗車、満員乗車) に応じた荷重に換算して計算の入力条件とした。

側ばりの下板、側板及びその間のR部の板厚がいずれも設計上の限度値として規定されている7.0mmである場合と、下板の板厚が他の台車枠の調査で確認された最も薄い板厚の4.3mm(実物は下板の一部が4.3mmであったが、シミュレーションでは下板の全てを4.3mmと仮定した)である場合のシミュレーション結果は、次のとおりである。

- (1) 荷重条件として、常時、定員乗車で運用されたと仮定し、シミュレーションの初期状態として、疲労亀裂の初期幅が15mm、初期深さが1mmと仮定したとき、側ばり下板の板厚が7.0mmの場合は、疲労亀裂が発生して仮定した寸法の大きさになるまでの期間に加え、仮定した寸法の状態となってから亀裂の先端が磁粉探傷等で確認できる可能性のある側ばり下部のR部に至るまで更に35年程度掛かるのに対し、下板の板厚が4.3mmの場合では5年程度で同部まで進展する結果となった。
- (2) 疲労亀裂の先端がR部に至った後は、下板の板厚によらず、数か月から1年未満で側ばり高さ中心に達する結果となった。
- (3) 疲労亀裂の初期幅が15mm、初期深さが2mmのときは、初期深さ1mmと比較して、約半分の期間で亀裂が進展する結果となった。

なお、本シミュレーションに際しては、計算に使用したパラメーター等の妥当性を確認するため、計算と条件を合わせた実物の側ばりを使用して疲労試験による亀裂進展状況を調査し、計算結果と比較した。疲労試験については、側ばり下板にあらかじめ人工的に模擬亀裂を加工することで、疲労亀裂がR部に至った後の状況を再現し、側ばり側板の亀裂進展の状況のみを検証した。その結果、本シミュレーションは、実際の亀裂の進展状況を精度良く再現できていることを確認している。

(付図11 初期疲労亀裂のイメージ及び亀裂発生基準位置、付図12 疲労亀裂進展解析(シミュレーション)の結果 参照)

2.7 その他車両に関する情報

2.7.1 車両の空調装置

本件列車の各車両の床下には、車内の空調のための装置が設けられている。空調装置は、車内の換気のため、床下中央部周辺から外気を取り入れ、客室及びデッキ部分に設けられた吹き出し口から車内に空気を供給している。

2.7.2 車両データの記録

本件車両は、車体及び乗客の総重量により、車両の加速力や制動力を調整する機能を有しており、車体及び乗客の総重量は、車体を支える空気ばね内部の空気圧(以

下「内圧」という。)を測定することにより推定されている。

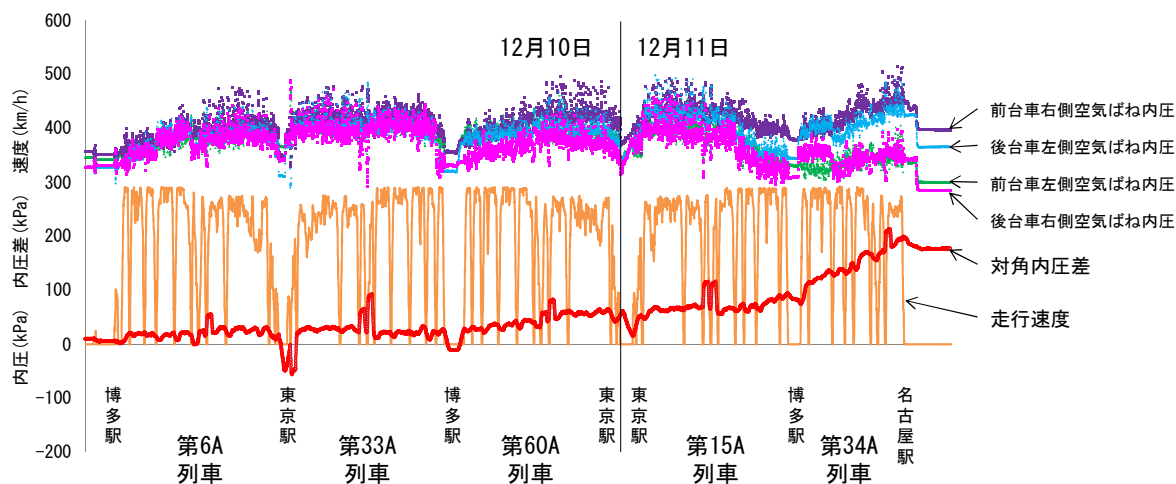
本件車両のモニター幹線データ記録装置(以下「データ記録装置」という。)には、本件列車を含め本重大インシデント発生12日前から運転された列車について、前台車及び後台車、それぞれの左右の空気ばね、計4箇所の内圧の記録が残されていた。

台車枠等、車体を上下方向に支える部品が損傷し、その箇所の支持剛性が低下して支持力が減少した場合、近傍の空気ばねの内圧が低下する。車体は4箇所の空気ばねで支持されているため、破損した箇所に近い部分の空気ばねとその対角の位置となる空気ばねにかかる荷重が同様に減少して内圧が低下し、逆側の対角位置の空気ばね2箇所は支持荷重が増加し内圧が増加することが想定される。

この傾向を確認するため、本件車両のデータ記録装置の空気ばね内圧記録を用い、亀裂発生箇所上部である前台車左側の空気ばねの内圧の値とその対角位置である後台車右側の空気ばねの内圧の値の和を、逆の対角である前台車右側と後台車左側の空気ばね内圧の和から差し引く処理を行った。(以下、算出された値を「対角内圧差」という。)本件車両の運行の経過と空気ばねの内圧、対角内圧差(10分間移動平均)及び走行速度との関係を図10に示す。

本件列車における12号車の記録も同様の処理を行い、本件車両の対角内圧差の傾向と比較した。12号車の記録は、駅停車中の乗客の乗降によるとみられる対角内圧差の大きな変動及び列車走行中の軌道のねじれ等によるとみられる対角内圧差の若干の変動が見られたが、いずれも短時間のもので、平均的には対角内圧差はゼロ付近で一定になる。

これに対し、本件車両の記録から算出した対角内圧差は、12号車と同様な短時間の変動に加え、本重大インシデント発生前日に運転された上り第6A列車(のぞみ6号)でもややプラス側(亀裂発生箇所上部の空気ばねを含む対角の荷重が低下する側)に偏る傾向となっており、折り返しの下り第33A列車(のぞみ33号)まではそのまま変化が見られないが、上り第60A列車(のぞみ60号)からやや増加、本重大インシデント発生当日の第15A列車及び本件列車(第34A列車)にかけて大きく増加した状況が見られた。特に、本件列車においては、対角内圧差の増加が顕著であり、博多駅を出発した時点と名古屋駅に到着する時点では、大きな差となっている。



注：対角内圧差は10分間移動平均データ

図10 本件車両の空気ばねの対角内圧差

2.8 当日の運行の経過に関する情報

2.8.1 体制に関する情報

2.8.1.1 乗務員の体制

山陽新幹線の博多駅～新大阪駅間は、JR西日本の乗務員が担当し、本件列車を担当する乗務員は、運転士1名、車掌2名及び客室乗務員1名である。また、パーサーは3名が乗務している。本重大インシデント発生当日、本件列車については、広島駅～新大阪駅間で、車内改札を行う車掌1名が追加で乗務していた。

東海道新幹線の新大阪駅～東京駅間は、JR東海の乗務員が担当し、本件列車を担当する乗務員は、運転士1名及び車掌3名である。また、パーサーは3名が乗務している。

2.8.1.2 指令の体制

山陽新幹線（博多駅～新大阪駅間）の運行管理は、JR西日本が行い、東海道新幹線（新大阪駅～東京駅間）の運行管理は、JR東海が行っており、それぞれの会社で指令業務を行っている。なお、山陽新幹線と東海道新幹線の指令業務は、同じ場所で行われている。

JR西日本の指令は、輸送指令（列車担当）、輸送指令（旅客担当）、運用指令、施設指令、電力指令及び信号通信指令により構成され、輸送（列車）総括指令長が当日の指令業務を統括している。JR西日本の「運輸関係指令業務標準（山陽新幹線）《基本編》」（以下「指令業務標準（基本編）」という。）では、輸送（列車）総括指令長、輸送指令（列車担当）、輸送指令（旅客担当）及び運用指令の各業務について、表4のとおり定められている。

表4 各指令の業務及びその分担

	業務内容
輸送(列車)総括指令長	<ul style="list-style-type: none"> ・当日の指令業務の責任者である。 ・異常時においては、運転再開については最も安全で的確な判断を行うこと、列車の運転状況を把握し適切な輸送計画を策定すること、運転再開に関わる関係会社との調整等を実施することが役割である。
輸送指令(列車担当)	<ul style="list-style-type: none"> ・常に列車の運転状況を把握し、列車遅延が発生するおそれがある場合、又は遅延が発生した場合は、速やかに臨時列車の設定、運転休止等の運転整理を行い正常な運転を確保する。
輸送指令(旅客担当)	<ul style="list-style-type: none"> ・日々の旅客利用状況を把握し、多客時には臨時列車の運転等、臨機応変な輸送サービス手配を行う。 ・運転事故等により正常な列車運行が阻害され又は阻害されるおそれがある場合は、速やかな旅客手配と、関係する箇所への迅速、的確な情報提供を行うとともに、関係箇所と調整し、乗客の救済を実施する。
運用指令	<ul style="list-style-type: none"> ・常に列車の運転状況を把握し、自社エリアに所属する車両及び乗務員、並びに自社エリアに乗り入れる車両(他会社に所属する車両を含む)に対して、運転手配^{*35}及び運転整理^{*36}に伴い発生する運用変更等、車両及び乗務員の運用に関する手配を行い、列車の正常な運転の確保に努める。

J R西日本では、常に3名が運用指令の業務に当たる体制としている。運用指令の指令員は、主に運転士や車掌を経験した者で構成されているが、車両の保守を経験した者も配置されている。

J R東海においては、運用指令は3名の体制としている。

*35 「運転手配」とは、輸送波動に対応するため及び工事その他のための列車の運転、運転休止、時刻変更、停車駅の変更及び速度種別の変更並びに車両の増解結、構内作業の変更、閉そく方式の変更、き電停止等をいう。

*36 「運転整理」とは、列車が遅延し又は遅延するおそれのあるとき、列車を正常に運転させるために行う手段であって、列車の運転休止、抑止、打ち切り、折返し、特発、併結、分割、運転順序の変更、時刻変更、行違い変更、待避箇所の変更、停車駅の変更、運転線路の変更、着発線の変更、速度種別の変更等をいう。

2.8.1.3 列車の走行中に異常等が発生した場合の車両保守担当社員による点検の体制

J R 西日本において、列車の走行中に車両の異常が発生し、車両保守担当社員による点検が必要となった場合の運転検査については、2.9.5 に後述するとおり、「整備実施基準」に定められている。J R 東海においても、同様の規程が定められている。これらを主たる業務として担当する社員を走行管理班と呼んでおり、その配置は表5のとおりである。なお、通常時は、計画的に列車に乗車して検査を行っている。

表5 走行管理班の配置

会社名	配置箇所	1日当たりの 担当人数	備考
J R 西日本	博多総合車両所	4名	・平成29年6月の組織改正により走行管理班は、他グループに統合 ・異常時の点検には引続き対応
	博多総合車両所岡山支所	1名	
J R 東海	名古屋車両所	2名	

2.8.2 関係者に関する情報

2.8.2.1 J R 西日本の関係者

列車運転士 a

男性 57歳

新幹線電気車運転免許

昭和62年 6月30日

経験年数 約31年 3か月

車掌 a

男性 56歳

経験年数 約17年 4か月

車掌 b

男性 36歳

経験年数 約11年 0か月

車掌 c

男性 33歳

経験年数 約 3年 1か月

客室乗務員 a

男性 25歳

経験年数 約 3年 4か月

パーサー a				
女性 28歳	経験年数	約	6年	8か月
パーサー b				
女性 29歳	経験年数	約	9年	5か月
パーサー c				
女性 28歳	経験年数	約	9年	5か月
車両保守担当社員 a				
男性 34歳	経験年数	約	0年	5か月
車両保守担当社員 b				
男性 60歳	経験年数	約	24年	6か月
車両保守担当社員 c				
男性 30歳	経験年数	約	6年	9か月
総括指令長				
男性 39歳	経験年数	約	0年	6か月
運用指令員 a				
男性 32歳	経験年数	約	4年	3か月
運用指令員 b				
男性 34歳	経験年数	約	4年	3か月
旅客指令員 a				
男性 32歳	経験年数	約	2年	3か月
旅客指令員 b				
女性 30歳	経験年数	約	0年	11か月

2.8.2.2 JR東海の関係者

列車運転士 b				
男性 36歳				
新幹線電気車運転免許		平成21年	9月14日	
	経験年数	約	8年	2か月
車掌 d				
男性 61歳	経験年数	約	13年	6か月
車掌 e				
男性 24歳	経験年数	約	1年	2か月
パーサー d				
女性 26歳	経験年数	約	6年	8か月
パーサー e				

女性 30歳 パーサー f	経験年数	約 1年 2か月
女性 23歳 車両保守担当社員 d	経験年数	約 1年 9か月
男性 32歳 車両保守担当社員 e	経験年数	約 2年 5か月
男性 23歳 検修当直社員 a	経験年数	約 0年 4か月
男性 57歳 技術担当社員 a	経験年数	約 2年 5か月
男性 46歳 運用指令員 c	経験年数	約 2年 5か月
男性 57歳 運用指令員 d	経験年数	約 21年 6か月
男性 36歳 運用指令員 e	経験年数	約 5年 6か月
男性 31歳 輸送指令員 a	経験年数	約 1年 8か月
男性 30歳	経験年数	約 0年 8か月

2.8.3 関係者の対応及び認識に関する情報

本重大インシデントに至るまでの関係者の対応及び認識は、JR西日本及びJR東海の関係者の口述によると、概略次のとおりであった。

(1) 博多駅～小倉駅間での対応及び認識

本重大インシデント発生当日、博多駅から、JR西日本の列車運転士 a、車掌 a 及び車掌 b、客室乗務員 a、パーサー a 及びパーサー b 並びにパーサー c が本件列車に乗車した。

本件列車は、博多駅を定刻（13時33分ごろ）に出発し、博多駅～小倉駅間を走行中、11号車から16号車に向かって車内を巡回していた客室乗務員 a は、本件車両の東京駅方デッキ^{*37}で「ホー」という気笛のような甲高い音に気付き、気になったが、そのまま16号車まで巡回した。客室乗務員 a は16号車から戻る途中にも、当該デッキで甲高い音が鳴っていたのでおかしいなと思い、そのことを車掌 a に連絡した。車掌 a が本件車両に到着す

*37 ここでいう「デッキ」とは、客室と扉で区切られた空間で、乗客の出入り口のことをいう。

るまで、客室乗務員 a はその場所で待っていたところ、本件列車は小倉駅に近づき減速が始まり、音も小さくなっていった。

車掌 a が当該デッキに到着し、客室乗務員 a と一緒に音を確認したが、車掌 a は通常とあまり変わらないと感じた。

(2) 小倉駅～広島駅間での対応及び認識

本件列車が小倉駅を 13 時 50 分ごろに出発した後、客室乗務員 a は、車内巡回中に本件車両の東京駅方デッキ付近で、博多駅～小倉駅間での音と同様の音を聞いたが、気にはしなかった。パーサー b も 8 号車で何か焦げたような異臭を感じ、また、本件車両の東京駅方デッキで、いつもと違う「キーン」という音を聞いた。

その後、本件列車が新山口駅付近を通過中に、客室乗務員 a は、パーサー a から「8 号車及び 7 号車の車販準備室で焦げたような臭いがする」との報告を受け、車掌 a とともに確認に行った。この時、車掌 a は、7 号車の車販準備室で焦げたような異臭を少し感じたものの、徐々に異臭を感じなくなった。車掌 a は、運用指令員 b に、「7 号車及び 8 号車でいぶしたような臭いがする。異常な音はしていない。」と列車無線を使用して報告した。

本件列車で異臭がしていることは、他の運用指令員から JR 西日本の総括指令長に報告され、総括指令長は、その運用指令員に、可能であれば、車両保守担当社員を乗車させて点検するようアドバイスした。このアドバイスにより運用指令員 b は、14 時 30 分ごろ、博多総合車両所岡山支所（以下「岡山支所」という。）の検修当直の社員に状況を報告し、車両保守担当社員の乗車の手配を行った。

客室乗務員 a は、パーサー a から、11 号車の車販準備室でも異臭がするとの申告を受け、11 号車に向かうと、車販準備室の前の通路及び車販準備室の中で焦げたような異臭を感じた。客室乗務員 a は、このことを車掌 a に報告した。

(3) 広島駅～福山駅間での対応及び認識

広島駅から車掌 c が乗車した。本件列車が広島駅を定刻（14 時 35 分ごろ）に出発後、車掌 c は、車掌 a から異臭の状況の報告を受け、車内を巡回したが、異臭は確認できなかった。客室乗務員 a は、本件車両の東京駅方デッキにおいて音の状況を確認したが、博多駅～小倉駅間で聞いた音と同程度であり、乗客からの申告もないことから、大丈夫であると思った。

車掌 a は、客室乗務員 a から報告のあった本件車両の音が気になり、再度確認しに行ったが、特に気になる状態ではなかった。また、8 号車及び 11 号車での異臭は感じなかった。車掌 a は、運用指令員 b に、車内の異臭がし

なくなったことを報告した。その際、運用指令員 b から、岡山駅から車両保守担当社員 3 名が乗車することを伝達された。

(4) 福山駅～岡山駅間での対応及び認識

本件列車が福山駅を 14 時 59 分ごろに出発後、客室乗務員 a は、本件車両の東京駅方デッキでの音が博多駅～小倉駅間で聞いた音より大きくなっていると感じ、車掌 a に報告した。

福山駅を出発して 4～5 分経った頃、車掌 c は、10 号車の業務用室内で焦げたような異臭を少し感じた。このことを車掌 a に報告しようとしていたところ、乗客から「13 号車にいるが、焦げ臭くて、煙が立っている。見てほしい」との申告があり、乗客とともに本件車両に向かった。

一方、パーサー b は、14 号車で車内販売を行っていたところ、本件車両の乗客から「13 号車の客室で煙が出ている」と申告を受け、本件車両に向かうと、客室内ではっきりと煙は確認できなかったものの、客室内全体がかすんでおり、煙臭かったことから、客室とデッキの間の自動ドアを手動扱いにして開き、換気を試みた。パーサー b は、このことを PHS^{*38}を使用して客室乗務員 a に連絡するとともに、本件車両に駆け付けた車掌 c に報告した。

車掌 c は、本件車両に到着すると、さほどきつくはないものの、いつもの車内の臭いではない油系の焦げ臭さと、本件車両の東京駅寄りの方がもやのようにかすんでいることを確認した。

連絡を受けた客室乗務員 a は、本件車両で煙のようなものが出ていることを車掌 a に報告したところ、本件車両に向かうよう指示を受けた。

客室乗務員 a も本件車両に到着し、客室内に入ったところ、煙の発生はないがもやでかすんでおり、異音と異臭を確認した。客室乗務員 a は、客室内を 14 号車に向かって移動するにつれ異臭がきつくなり、異音も大きくなっており、若干の振動も感じた。

また、パーサー c は、3 号車と 4 号車の間のデッキで鉄が錆びたような異臭を感じ、車内販売の途中ですれ違った車掌 b に、このことを報告した。車掌 b が確認したところ、4 号車の客室内の中程で錆臭いような異臭を感じた。この異臭は、8 号車で確認した異臭より強いと感じた。

車掌 a は、本件車両で煙のようなものが出ていることを旅客指令員 a に報告したところで、本件列車は岡山駅に定刻（15 時 15 分ごろ）で到着した。車掌 a からの報告が「煙というか、煙っぽい感じ」というものであり、車掌も落ち着いた話し方であったため、旅客指令員 a は、緊急事態が発生してい

*38 ここでいう「PHS」とは、乗務員と指令、乗務員同士で通話できる携帯用電話機のことをいう。

るとは思わなかった。もし、火災であれば、「火が出ている」と伝えてくると思っていた。

旅客指令員 b は、車掌 a から、本件車両で異臭がしているとの報告があったことを運用指令員 b に伝えた。運用指令員 b は、7号車及び8号車の異臭は認識していたものの、本件車両の異臭はこの時初めて認識した。

(5) 岡山駅での対応及び認識

運用指令員 b から本件列車に乗車して点検するよう要請を受けた岡山支所では、当日の走行管理班の担当者が添乗に出ており、本件列車の点検の対応ができなかったため、車両保守担当社員 a、車両保守担当社員 b 及び車両保守担当社員 c が本件列車に乗車して対応することとした。

車両保守担当社員 3名は、8号車付近から異臭がするとの報告を受けていたため、岡山駅ホームに本件列車が停止した際に8号車と9号車の間となる箇所付近で本件列車の到着を待っていた。

車両保守担当社員 3名は、本件列車が岡山駅に到着する際は、異常を感じなかった。本件列車が停止した後、車両保守担当社員 b は、ホームと車両の隙間の異臭や隙間から見える範囲の外観を確認した。この時、異臭はなく、車体にきずなどの異常は見当たらなかった。車両保守担当社員 c も、ホーム上で異音や異臭を感じなかった。車両保守担当社員 3名は、ホームから車内に入ったところで、異臭を少し感じた。しかし、そのうち異臭が収まったのか、自分が慣れてきたのか、異臭がしなくなったという感じであった。

(6) 岡山駅～新神戸駅間での対応及び認識

車両保守担当社員 a、車両保守担当社員 b 及び車両保守担当社員 c が乗車し、本件列車は、岡山駅を時刻どおりの15時16分ごろ出発した。

車掌 b は、本件列車が岡山駅を出発した後、福山駅～岡山駅間において4号車で感じた異臭を車掌 a に報告した。

岡山駅から本件列車に乗車した車両保守担当社員 3名は、車掌 a から本件車両及び14号車で異臭がするとの申告を受け、車掌 a とともに本件車両に向かった。岡山駅を出発して10分程度して、本件車両の東京駅方デッキに到着すると「ワーン」というような、何かが回転して大きくうなる音を聞いた。車両保守担当社員 a は、異臭も僅かにあったと思うが、異音の方が気になって、そちらに意識が行っていた。車両保守担当社員 c は、本件車両の洗面所付近で、床下からビリビリ伝わる振動を感じた。

また、パーサー b から連絡を受けたパーサー a が、本件車両に向かうと、客室内はうっすら陰っているように感じ、また客室内の天井付近から「キーン」という音と、床下から「ドンドン」という音が聞こえていた。

15時31分ごろ、車掌aは、運用指令員bに対して、本件車両の東京駅方デッキで異臭がしていること及び空調を通して客室内が曇っているような感じがしていることを報告した。

指令との列車無線を車両保守担当社員bが替わり、車両保守担当社員bは運用指令員bから車両の状態を尋ねられた。車両保守担当社員bは、「臭いはあまりしないが、音が激しい。床下から「キーン」という高めの音がしている。自分の見解としては床下を点検したいけど、そんな余裕はないよね」と、状況を運用指令員bに報告した。車両保守担当社員bによると、記憶は曖昧だが、「駅間の本線上で停車はできないよね」という意味で言ったと思うとのことである。一方、運用指令員bは、車両保守担当社員bからの報告を、確認する必要があるので点検したいという要請であるとは思わなかった。

運用指令員bは、車両保守担当社員bに「(走行に)支障はあるんですか」と問いかけたところ、車両保守担当社員bから「そこまではいかないと思うんだけど、(床下を)見ていないので現象が分からない」と返答があった。運用指令員bは、車両保守担当社員bから「そこまではいかないと思う」との返答があったため、床下から異音はしているが運転には支障がないと思った。運用指令員bからの「走行に支障があるという感じではないということですね」との問いかけに、車両保守担当社員bは、「ノッチ^{*39}を上げた時に音が高くなっているから、モーター関係が大きい音を出している可能性がある。安全をとって新大阪駅で床下点検をやろうか」と返答した。

この時、運用指令員aは、列車の運行に支障があれば駅間でも停車させようと考えており、運用指令員bに現在の状況を尋ねたことから、運用指令員bは、電話機の受話器を耳から外した。このため、車両保守担当社員bの申告内容を聞き取ることができず、車両保守担当社員bに対して、「ちょっと待ってください」と一旦返答した。

また、総括指令長は、運用指令の指令員が車両保守担当社員と列車無線でやり取りをしている様子を見て、運用指令のところに行き、何か異常があれば、すぐに停車して確認させることを伝え、状況の報告を求めていた。

運用指令員aは、運用指令員bから「臭いはない。床下から音はしているものの列車の走行に支障はない」との報告を受け、総括指令長に伝えた。運用指令員a及び総括指令長は、走行に支障があるとの判断には至らなかった。

一方、車両保守担当社員bの横で、やり取りを聞いていた車両保守担当社員aは、運用指令員bからの返答を聞いて、新大阪駅での床下点検の準備を

*39 「ノッチ」とは、運転士が操作するハンドルに設けられた刻みのことをいう。

手配しているものと認識した。

その後、車両保守担当社員 b は、床下点検ができないのであれば、本件車両のモーター開放の処置を行うことにより状況が改善するものと考え、そのことを運用指令員 b に提案したところ、運用指令員 b から、7号車及び8号車の異臭は問題ないか確認を求められ、車両保守担当社員 b は、「異臭はもうない。本件車両の高い音が気になっているので、もう一度調査して連絡する」と報告し、一旦、列車無線による通話を終了した。この時、運用指令員 b は、床下を点検する代わりにモーター開放の処置で対応すると思った。また、必要であれば「床下を見たい」と車両保守担当社員から明確に要請があると思っていた。

その後、15時38分ごろ、車両保守担当社員 a は、運用指令員 a に対して、調査の結果、本件車両の東京駅方デッキ付近の床下から高い音がすることと若干の振動があることを報告すると、運用指令員 a から「走行上問題がない感じで大丈夫か」と尋ねられ、車両保守担当社員 a は、「そこはちょっと判断がつかない。床下を見ている訳ではないので」と返答した。運用指令員 a は、モーターを開放すると改善するのか確認したところ、車両保守担当社員 a から「モーターが力行^{りきこう}*40した時に音がしているように感じるので、その処置を行えば若干改善するかもしれないが、確かなことは言えない」と返答があった。運用指令員 a は、本件車両のモーター開放の処置を行うことを決定し、車両保守担当社員 a に、モーター開放後の音の変化を確認するよう指示した。これを横で聞いていた運用指令員 b は、15時39分ごろ、列車運転士 a に対して、本件車両のモーター開放の指示を行った。運転台のモニターに異常を示す表示は出ていなかった。

一方、JR東海の運用指令員 c 及び運用指令員 e は、JR西日本の運用指令の指令員がモーター開放の指示をしているような言葉を耳にしたため、内容を確認した。JR西日本の運用指令員 a は、JR東海の運用指令員 e に対して、本件列車で異臭がしていたが現在はしていないこと、異音がしているので本件車両のモーター開放の処置を行ったこと及び本件列車に乗車している車両保守担当社員から走行には支障がないとの報告を受けていることを伝達した。

(7) 新神戸駅での対応及び認識

本件列車は15時48分ごろ、新神戸駅に到着し、車両保守担当社員 b 及び車両保守担当社員 c は、本件車両からホームに降りて、異臭や煙を確認す

*40 「力行」とは、列車を加速走行させることをいう。

るために、ホームと車体の間を懐中電灯で照らしてみたが、異常はなく、出発時刻が近づいたので車内に戻った。

(8) 新神戸駅～新大阪駅間での対応及び認識

本件列車が新神戸駅を出発した後も本件車両での異音が消えないため、15時55分ごろ、車両保守担当社員 a は、運用指令員 b に対して、「先ほどと同じ音がずっとして変化はない。台車辺りではないかと思うが、断定することは難しい」と報告した。この報告を受け、運用指令員 a は、列車運転士 a に対して、本件車両のモーター開放の復位を指示するとともに、JR 東海の運用指令員 e に、これらのことを連絡した。

運用指令員 b は、車両保守担当社員 a に対して、「何回も聞いているとは思いますが、今のところ走行に支障があるという感じではないですよ」と問いかけたところ、車両保守担当社員 a から、「乗っている段階では判断できかねるので、走行に異常がないとは言い切れない。床上にいるので何とも言えないが、通常とは違う状態であることは間違いないと思う」との返答があった。

この時、運用指令員 b は、本件列車が岡山駅～新神戸駅間を走行中に、「走行に支障はあるか」との問いかけに対して、車両保守担当社員 b から「そこまではわからない」との返答を得ていたこともあり、本件列車の走行に支障はないと認識していた。また、運用指令員 b は、車両保守担当社員は車両の専門技術者であることから、本当に危険であれば走行に支障があると伝えてくるし、点検する必要があるならば、明確にそのことを伝えてくると思っていた。

一方、車両保守担当社員 a は、床下点検の要請は指令に伝わり、調整をしているものと認識していた。車両保守担当社員 a は、点検実施の判断は、指令に委ねており、指令員と何度もやり取りをしているうちに新大阪駅に近づいたことから、新大阪駅は JR 東海との会社境界の駅でもあり、本件列車から降車することに神経が行っていて、指令から点検の実施に関する回答がないことについては、頭になかった。また、新大阪駅は、JR 東海の駅なので、新大阪駅で JR 西日本の社員が点検を実施することはできないだろうと思っていた。

車両保守担当社員 a は、運用指令員 b に降車することを伝え、車両保守担当社員 3 名は、新大阪駅で本件列車を降りた。

(9) 新大阪駅での対応及び認識

本件列車が16時01分ごろ新大阪駅に到着する際、新大阪駅から担当するパーサー e は、ホームで「ゴー」という音を聞いたが、車両が古いためかと思い、特に気にすることはなかった。また、パーサー f も「ゴー」という

いつもと違う音を聞いたが、本件列車は異常なく停車し、車内も変わったことがなかったことから、特に気にしなかった。

本件列車の到着後、J R 西日本の列車運転士 a は、J R 東海の列車運転士 b に対して、J R 西日本の車掌及び客室乗務員は、J R 東海の車掌に対して、山陽新幹線区間での異臭の状況をそれぞれ引き継いだ。詳細は、後述する 2.9.2のとおりである。

(10) 新大阪駅～名古屋駅間での対応及び認識

新大阪駅から、J R 東海の列車運転士 b、車掌 d 及び車掌 e 並びに他車掌 1 名、パーサー d 及びパーサー e 並びにパーサー f が乗車し、本件列車は 16 時 03 分ごろ、時刻どおりに新大阪駅を出発した。

J R 東海の運用指令員 c は、J R 西日本の運用指令の指令員から本件列車は走行に支障がないとの報告を受けていたが、運用指令員 e に本件列車の車掌に異臭の有無を再度確認させるよう指示し、この指示を受けた運用指令員 e は、車掌 e に対し、8 号車から 14 号車までの異臭の確認と、京都駅の到着時及び出発時に本件車両において異常がないか確認するよう指示した。運用指令員 e は、異常の状況によっては、東京駅で本件列車を車庫に收容するかどうか、早めに判断したいと考えており、いつもどおり、乗務員に車内の状況を確認させた。

一方、車両保守担当社員 b は、本件列車が新大阪駅を出発する際、本件車両から「ギギ」という音がしていることをホーム上で認めた。車両保守担当社員 a が、新大阪駅を出発する際に本件車両から異音があったことを運用指令員 a に報告した。運用指令員 a は、車両保守担当社員 a から、「本件列車が新大阪駅を出発する際に、本件車両からカタカタ音がした」と伝えられたと認識し、緊迫感のある報告ではないと感じて、この内容を J R 東海の運用指令員 e に連絡した。

J R 東海の運用指令員 e は、J R 西日本の運用指令員 a から、新大阪駅で車両保守担当社員が降車した際にきしみ音がしたとの報告を受けたが、降車した際ということだったため、列車が停車中に発生している通常範囲内のきしみ音と考えた。また、既に車掌に確認の指示を行っており、異常があれば車掌から報告があると思っていた。

パーサー d は、本件列車が新大阪駅を出発後、11 号車の車販準備室で異臭を少し感じたが、特に気にすることはなかった。

16 時 12 分ごろ、運用指令員 d は、名古屋車両所に対して、車両保守担当社員を本件列車に乗車させて点検ができないか打診した。車内で異音があるという報告があった場合は、いつも車両保守担当社員の手配を行っており、

今回も同様に手配した。

車掌 e は、本件列車が新大阪駅～京都駅間を走行中には、異常は感じなかったが、本件列車が16時18分ごろに京都駅を出発し、加速している際に、本件車両の東京駅方デッキにおいて、ろうそくが焦げたような異臭を感じると同時に、風切音のような「キーン」という異音が発生していることを確認し、運用指令員 d に報告した。また、パーサー e は、本件列車が京都駅を出発後、本件車両で異音、異臭及び白くかすんだ感じを確認したが、車掌 d と車掌 e が連絡を取り合っているところを見ていたので、このことだろうと思って、特に報告はしなかった。

名古屋車両所の検修当直社員 a は、車両保守担当社員が本件列車に乗りして点検を行うことは時間的に厳しいと判断し、車内で異臭等がしているということであれば、名古屋駅で点検させることを考えて、車両保守担当社員 d 及び車両保守担当社員 e、他1名の計3名に名古屋駅へ向かうよう指示し、16時20分ごろ、このことを運用指令員 d に報告した。

16時25分ごろ、運用指令員 d は、列車運転士 b に対して、運転台のモニターに異常を示す表示が出ているか確認したところ、表示は出ていないとの報告を受けたため、本件列車は次の停車駅（名古屋駅）まで運転継続が可能と判断した。

16時34分ごろ、車掌 e は、運用指令員 e に対して、京都駅を出発した後に異臭がしたが、現在はしていないことを報告したところ、名古屋駅の到着時及び出発時に本件車両の東京駅方デッキにおいて異臭がするか確認するよう指示を受けた。

16時40分ごろ、車掌 e は、車掌 d と当該デッキで合流し、相互に異臭や異音の状況を確認した。車掌 e は、合流前は異臭を感じなかったが、合流後に異臭が出始めたと思った。「キーン」あるいは「ヴィーン」という異音を感じ、この音が大きくなる時に金属の擦れた臭いを感じた。車掌 e は、このことを運用指令員 e に報告すると、運用指令員 e から異音が発生している場所を特定するよう指示があったが、デッキで音が反響していたため発生場所を特定することができなかった。

運用指令員 d は、本件列車が名古屋駅に到着した際に、車両保守担当社員が名古屋駅のホーム上から本件台車付近の点検を行うことを名古屋車両所の検修当直社員 a と打ち合わせた。16時50分ごろ、車両保守担当社員 d 及び車両保守担当社員 e は、名古屋駅の上りホームに到着した。

(11) 名古屋駅での対応及び認識

本件列車は、16時53分ごろ、時刻どおりに名古屋駅の上り本線に到着

した。

車両保守担当社員 d 及び車両保守担当社員 e は、本件列車が同駅に到着する際、ホーム上で待機していたところ、本件車両から「カラカラ」と異音が出ていることを認めた。本件列車が停止した後、車両保守担当社員 d 及び車両保守担当社員 e は、本件車両前側ドアより東京駅方デッキに入った際、かすかであるが焦げたような異臭を感じた。

車両保守担当社員 d は、これらの異音及び異臭を名古屋車両所の内勤の技術担当社員 a に報告し、同技術担当社員は、運用指令員 d に、本件車両のライニングがガラガラ音を立てており、床下点検をしたいため、本件列車の名古屋駅の出発を止めるよう要請した。この要請を受けた運用指令員 d は、直ちに輸送指令員に伝わるように、本件列車の名古屋駅の出発を止めるよう声を出した。この声を聞いた輸送指令員 a は、本件列車の運転士に列車を出発させないよう指示を行った。

本件列車は、出発時刻となりドアが既に閉まっていたが、列車運転士 b は、輸送指令員 a から、台車を点検するため列車の移動を禁止する指示を受け、本件列車を出発させなかった。

17時03分ごろ、車両保守担当社員 d 及び車両保守担当社員 e は、本件列車の床下に移動し、本件台車を点検した。車両保守担当社員 e は、本件台車を確認したところ、歯車箱付近に油漏れを認め、本件台車第1軸の右側車輪を触ったところ、本件台車第2軸の右側車輪よりも熱いと感じた。車両保守担当社員 d は、運用指令員 d から、本件列車の運転継続が可能かどうか問合せを受け、歯車箱付近に油漏れを認めたことから、17時10分ごろ、走行が不可能であることを報告した。これにより、本件列車は名古屋駅で運行を取りやめた。

JR東海の社員は、当該車両を名古屋車両所に移動させるための作業を実施中に、本件台車第1軸左側の軸箱が傾いていることや本件台車枠左側の軸距の異常を認め、作業を中断した。23時40分ごろ、本件台車の状態を写真で情報共有していたJR西日本の社員から「写真の台車枠にきずのような線が見えるので、台車枠を確認してほしい」との連絡を受け、現場で作業に加わっていたJR東海の社員が当該箇所を確認したところ、本件亀裂を発見した。

なお、本重大インシデント発生当日の本件列車の前に運用された下り第15A列車では、乗務員等が異音や異臭を認めたとの報告はなかった。

(付図13 JR西日本の指令の組織体系 参照)

2.9 運転取扱い等に関する情報

2.9.1 JR西日本の乗務員に係る異常時の取扱いに関する規程

JR西日本の「動力車乗務員作業標準（新幹線）」（以下「運転士作業標準」という。）、「列車乗務員作業標準（新幹線）」（以下「車掌作業標準」という。）及び「客室乗務員作業標準（新幹線）」（以下「客室乗務員作業標準」という。）は、同社の就業規則、運転安全規範、新幹線運転取扱い実施基準規程等に基づいて、鉄道利用者に安全、正確かつ快適な輸送を提供するために、乗務員がその職務を遂行するに当たっての基本作業・基本動作、平常時及び異常時の取扱い等について定めたものである。

「運転士作業標準」、「車掌作業標準」及び「客室乗務員作業標準」の規程の構成は、表6のとおりである。

表6 乗務員の作業標準に関わる規程の構成

	運転士作業標準	車掌作業標準	客室乗務員作業標準
	基本編	基本編	基本編
別冊1		詳細	詳細
別冊2	異常時運転取扱いブロック図		異常時の取扱い
別冊3	新幹線電車故障応急処置ブロック図500系、 新幹線電車故障応急処置ブロック図700系、 新幹線電車故障応急処置ブロック図N700系		

異常時における対応フローは、主に「別冊2 異常時運転取扱いブロック図」（以下「異常時ブロック図」という。）に記載されている。

異常時の基本的な対応については、「運転士作業標準」基本編に、次のとおり定められている。

「運転士作業標準」基本編（抜粋）

第9編 異常時の基本

（異常時の心構え）

9-1 事故等の異常時には、人命の尊重を最優先とし、お客様及び自らの安全を確保すること。また、状況によりお客様にも協力を呼び掛け、沈着、冷静、迅速に、最も安全と認められる措置をとること。なお、措置にあたっては次の点に注意すること。

(1) 心を落ち着けて正確な判断をすること

(2)～(5) (略)

また、「車掌作業標準」基本編及び「客室乗務員作業標準」基本編にも同様の規定が定められている。

なお、「運転士作業標準」基本編及び「車掌作業標準」基本編のそれぞれ「第1章 総則」に、次のとおり定められている。

(疑わしいときの対応)

1-12 この作業標準の定めがない事象に遭遇した場合で、その取扱いについて指示を受けるいとまがないときは、人命尊重を最優先とし、あらゆる事態を想定して、最も安全と認められる行動をとること。

なお、「客室乗務員作業標準」基本編にも同じ規定が定められている。

異常時ブロック図は、JR西日本における新幹線乗務員の運転取扱い等について標準化を計り、取扱い誤りのないよう手順を示したものであり、異音等を感知した時の取扱いは、この異常時ブロック図に、図11のとおり定められている。なお、異常時ブロック図においては、青枠は運転士の取扱い、赤枠は車掌の取扱いを示す。

異音等を感知したとき

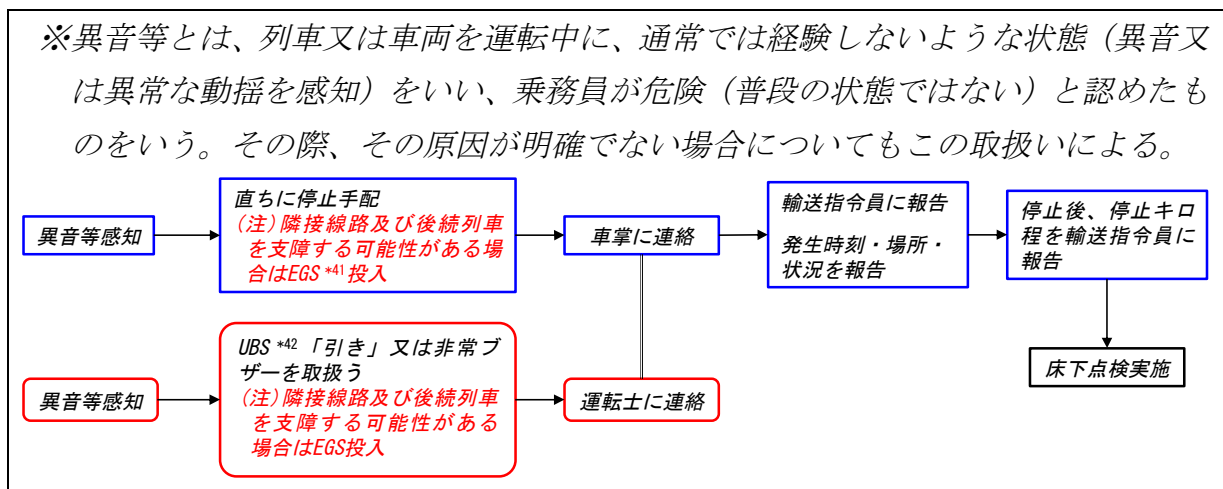


図11 異音等を感知したとき ブロック図（床下点検実施までを抜粋）

*41 「EGS」とは、保護接地スイッチ（Emergency Ground Switch）の略称であり、架線を強制的に地絡させ、変電所からの送電を停止させる装置をいう。

*42 「UBS」とは、緊急ブレーキスイッチ（Urgent Brake Switch）の略称であり、緊急に列車を停止させる時に乗務員が使用する引きスイッチをいう。

J R西日本によると、本重大インシデントの対応においては、乗務員が危険と認めていなかったことから、このフローの対象外となったとのことであった。

異臭が発生したときの対応については、異常時ブロック図では、主に有毒ガス発生時の避難誘導を目的として取扱いが定められており、本重大インシデントで発生した異臭についてのブロック図の定めはなかった。体調不良を申告する乗客もいなかった状況から、乗務員は、異臭は有毒ガスでないと判断し、フローに基づく対応には至らなかったとのことであった。

また、「発煙を認めた時は、列車火災を念頭に入れて対処すること」が列車火災が発生した時の取扱いに記述されていたが、本重大インシデントでは、車内で火元は確認できず、もや自体がすぐ消えたため、乗務員は、もやは煙ではないと思い、列車火災と判断しなかったとのことであった。

以上のことから、乗務員は、異音、異臭、もやについて認識したが、それぞれの事象が「運転士作業標準」、「車掌作業標準」及び「客室乗務員作業標準」の項目に該当しない内容と判断したため、特にマニュアルに基づいて対応するといった状況には至らなかったとのことであった。

2.9.2 J R西日本の乗務員間の引継ぎに関する規程

乗務員間の引継ぎの方法及び内容については、「運転士作業標準」、「車掌作業標準」及び「客室乗務員作業標準」の各基本編に、次のとおり定められている。

「運転士作業標準」基本編（抜粋）

（乗継交代の種類）

6-17 乗継交代の種類は、対面乗継及び電話乗継とする。

(1) 対面乗継

①、②（略）

③ 運転士相互に列車番号を確認のうえ、必要事項（運転状況及び車両状態等）を引継ぐ。

④（略）

(2) 電話乗継（略）

（車両乗継通告券の取扱い）

6-20 車両乗継通告券の取扱いは、次によること。

(1)（略）

(2) 乗務中発生した車両故障内容とその処置について、必要により車両乗継通告券に記入し、乗継となる場合は、記載内容を乗継運転士に必ず引継ぐこと。

(3) (略)

「車掌作業標準」基本編（抜粋）

(乗継方法)

6-4 乗継方法は、着車掌の号令により相互に敬礼を行った後、原則により業務引継書により報告を受け、相互に確認し復唱すること。なお、引継ぎは口頭によることができる。(略)

(引継内容)

6-5 引継ぎは次の事項を業務引継書に記入して行うこと。

引 継 内 容
(1) 列車番号
(2) 編成名
(3) 運転状況
(4) 車両状態（空調、マイク等）
(5) 車内改札状況、団体乗車関係、遺失物関係
(6) その他必要事項

「客室乗務員作業標準」基本編（抜粋）

(乗継方法)

4-3 乗継方法は、着乗務員の号令により相互に敬礼を行った後、原則により業務引継書により報告を受け、相互に確認し復唱すること。なお、引継ぎは口頭によることができる。

(引継内容)

4-4 引継ぎは次の事項を業務引継書に記入して行うこと。

引 継 内 容
(1) 列車番号
(2) 編成名
(3) 運転状況
(4) 車両状態（空調、マイク等）
(5) 車内改札状況、団体乗車関係、遺失物関係
(6) その他必要事項

J R 西日本によると、新大阪駅において行われた本件列車の J R 西日本の運転士から J R 東海の運転士、並びに J R 西日本の車掌及び客室乗務員から J R 東海の車

掌への引継ぎ内容は、表7のとおりであった。

表7 新大阪駅における本件列車の乗務員間の引継ぎ内容

	手段	内容
運転士	口頭	・車両状態は7、8号車及び13号車で焦げたような臭いがするとの申告があり、車両保守担当社員が乗り込み調査を行ったが原因不明。
	車両乗継通告券	・7号車車販準備室、8号車中程から東京方デッキにかけてコゲ臭がする。 ・コゲ臭がする。走管 ^{*43} によりノッチ投入時の音が大きいとの事で指令指示により13号車M開 ^{*44} 。その後変化ない為M開復位 ^{*45} 。
車掌 及び 客室乗務員	口頭	・13号車で異臭があり、車両保守担当社員が点検した。 ・異臭があつたが走行に支障はないよう運転継続。何かあつたら指令に連絡してください。 ・調査の内容は車両保守担当社員が指令に伝えていたが、その後の指示は受けていない。

※ 車両乗継通告券の内容は、原文のまま記載した。

2.9.3 JR西日本の指令に係る異常時の取扱いに関する規程

JR西日本においては、「指令業務標準（基本編）」で、次のとおり定められている。

指令員として守るべきこと（抜粋）

指令行為の理念

安全保持の理念に基づき、鉄道輸送の使命を達するために指令員がとるべき行為には、曖昧なものがあるてはならない。すべきことは必ず行い、してはならないことは決してしないことこそが、安全保持の原則であることを常に念頭において、定められた確認作業、取扱い、報告・連絡及び伝達を厳格に実践することが指令行為の基本である。

*43 ここでいう「走管」とは、走行管理班のことをいう。（2.8.1.3を参照）

*44 ここでいう「M開」とは、モーター開放のことをいう。

*45 ここでいう「M開復位」とは、モーター開放を復位する（元に戻す）ことをいう。

《的確な状況把握》

指令業務に従事する者は、如何なる状況においても、まず状況を的確に把握することに努めなければならない。つまり、状況を把握せずに憶測での指令行為こそが最も危険な行為であり、状況が不明確な場合は最も安全と認められる行動をとらなければならない。

《基本動作の実践》

(略)

《迅速な手配》

次に指令業務における取扱いは、定められたルールに基づき、必要な行為を遅滞なく厳格に実践しなければならない。特に指令行為は、時々刻々変化する状況の中で行われるものであることから、指令業務に従事する者は、手配すべきことを決して後回しにしてはならない。

《厳正な報告・連絡》

最後に、「安全・正確な輸送の提供」は、関係する社員間の連携によって成り立っている。そのために伝達行為や報告受領行為については、たとえ軽微な事柄であると思われても、決して軽く扱わず、必ず内容を記入し、相互に復唱し、的確に処理する必要がある。

また、異常時の対応については、

第2章 運輸関係指令員の心構え

1-2-1 運輸関係指令員の心構え

(1)、(2) (略)

(3) 運輸関係指令員は、いかなる状況においても冷静・沈着に行動し、運転事故等の異常時が発生した場合は、その状況を的確に判断し、速やかに安全適切な処置をとり、特に人命に危険の生じたときはその救助を最優先として全力を尽くさなければならない。

1-2-2 運輸関係指令員の遵守事項

(1) (略)

(2) 運輸関係指令員は、この業務標準に定めのない緊急事態に遭遇した場合で、その判断及び取扱いについて上長からの指示を受けるいとまがないときは、あらゆる事態を想定して最も安全と思われる行動をとらなければならない。

(3) (略)

と規定されている。

列車の走行中に車内で異音が発生した場合、指令員は「運輸関係指令業務標準(山

陽新幹線)《異常時編》(以下、「指令業務標準(異常時編)」という。)に基づき、
 図12のとおり、取り扱うこととなっている。

10-37 車内で異音が発生した時の取扱い

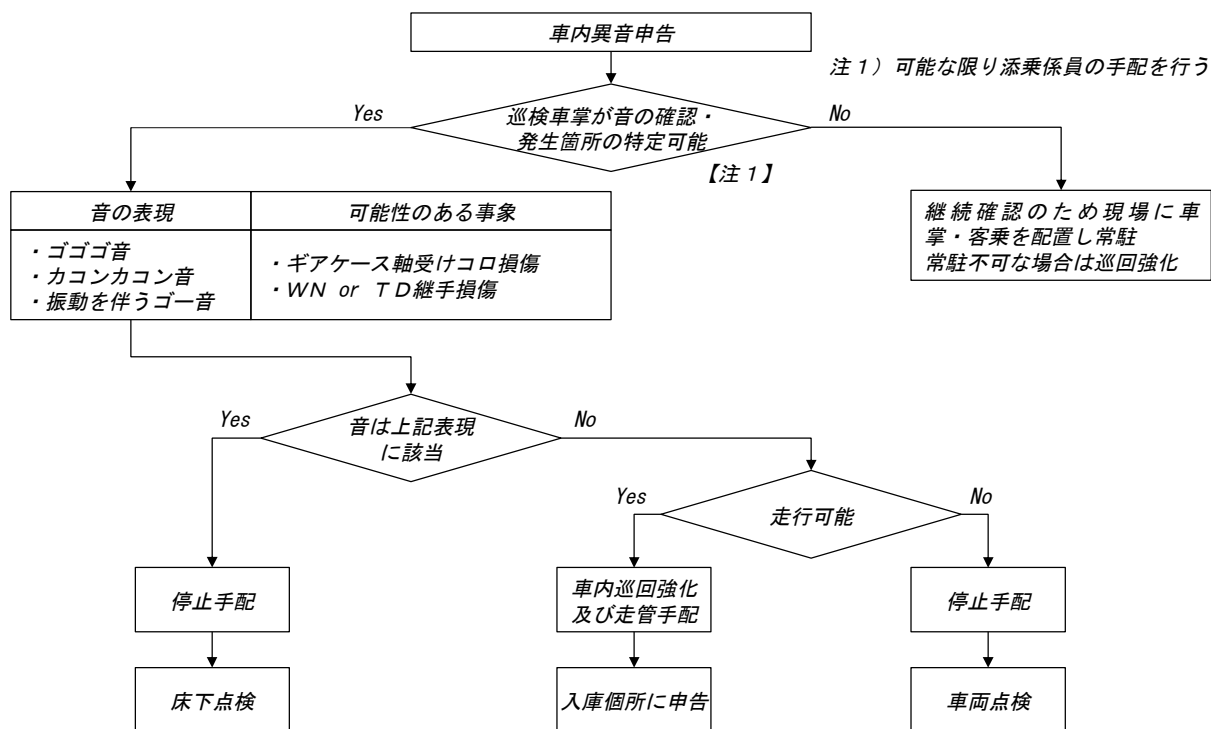


図12 車内で異音が発生した時の取扱い 対応フロー

JR西日本によると、本重大インシデントで発生していた音については、停止手配を執り、床下点検を実施すべき音に該当していなかったとのことであった。

異臭が発生した時の対応については、「指令業務標準(異常時編)」では、主に有毒ガス発生時の避難誘導を目的として取扱いが定められており、本重大インシデントで発生した焦げたような臭いに関する対応フローはなかった。

また、列車火災が発生した場合の対応フローは定められていたが、もやの発生に関するものはなかった。

2.9.4 指令間における異常時の情報共有

指令間における情報共有、引継ぎについては、「東海道・山陽・九州新幹線中央指令業務に関する申合せ書」において、次のとおり定められている。

「東海道・山陽・九州新幹線中央指令業務に関する申合せ書」(抜粋)

(指令の担当境界等)

第37条 直通列車における車両の情報等については、境界駅で引継ぐこととする(略)。

(車両故障等の対応)

第40条 運転中の車両故障及び車両基地における車両の調査、修繕が発生した場合は、車両の所属に関係なく事故発生地点を管轄している会社の指令員が対応するものとするが、その結果について他会社の当直長等に連絡し、運用充当等に支障をきたすことのないよう配慮する。(略)

本重大インシデントに関して、JR西日本の運用指令の指令員とJR東海の運用指令の指令員との間で共有された情報は、表8のとおりである。

表8 JR西日本とJR東海の指令員間で共有された情報

時刻	主な内容
15時38分ごろ	<ul style="list-style-type: none">・本件列車(K5編成)の8号車、13号車(本件車両)、14号車でいぶしたような臭いがした。・岡山駅から本件列車に車両保守担当社員が添乗して確認しているが、現在は異臭はしていない。「キーン」という異音がしている。・異常なしのため、本件車両のモーター開放の処置を行う。
15時58分ごろ	<ul style="list-style-type: none">・本件車両のモーター開放の処置を行うも、異音は変わらない。・本件車両のモーター開放を復位した。
16時11分ごろ	<ul style="list-style-type: none">・本件列車が新大阪駅を出発した際に、本件車両から「カタカタ」音がした。

なお、本件列車は、JR西日本の山陽新幹線とJR東海の東海道新幹線を直通運転する列車であり、各会社間の連絡体制については、「東海道・山陽・九州新幹線の運行管理に関する実施細目」において、次のとおり定められている。

(会社間の連絡体制)

第3条 各会社は自社内における列車の運行状況を常に把握し、列車の遅延等により、他社に影響を及ぼす場合又はそのおそれがある場合には、すみやかにその旨を他社に連絡するものとする。(略)

(指令間協議)

第6条 異常時においては、必要に応じ、各社の協議に基づき各社の関係指令で行う指令間協議を招集するものとする。

異常時には、各指令の代表者が集まり、状況について情報の共有、確認を行うとともに、早期復旧のための最善策や今後の運行計画を協議して決定している。また、協議の対象が東海道新幹線、山陽新幹線、九州新幹線にまたがる場合は、JR東海、JR西日本、九州旅客鉄道株式会社（以下「JR九州」という。）の合同で指令間協議を行う。

指令間協議は、車両故障、大雨や風等による運転規制や飛来物への対応、設備故障等により、列車の遅延や運休が見込まれる場合に行われており、JR西日本の指令員を含む指令間協議は、平成29年4月1日から12月11日までの間（本重大インシデントに関わる指令間協議を除く）に、計361事象において行われていた。そのうち、48事象が車両に関わる協議であった。

本重大インシデントに関しては、本件列車が名古屋駅に到着するまでの間、2.8.3に記述したように、JR西日本及びJR東海の指令員間で、車両の異常に関する情報は共有されていたものの、指令間協議は行われていなかった。

本件列車が名古屋駅に到着した後、車両保守担当社員による床下点検の結果、台車に油漏れが発見され、17時12分にJR西日本、JR東海及びJR九州の指令員による第1回目の指令間協議が行われており、本重大インシデントに関しては、本件列車の名古屋駅到着後に合計4回の指令間協議が行われていた。

2.9.5 異常時における車両保守担当社員の点検

JR西日本において、列車内で異常が発生し、車両保守担当社員による点検が必要となった場合については、「整備実施基準」に、次のとおり定められている。

（運転検査）

第6条 運転検査は、次の各号のいずれかに該当する場合に、電車の運転中の加速、減速、振動、動揺等動的な状態並びに各機器の総合的作用及び機能について、添乗して行うものとする。

- （1）乗務員の申告等により、電車の運転状況について検査の必要を生じた場合
- （2）運転状態で電車の機能調整を行う場合
- （3）その他必要と認めた場合

列車の運行中の検査については、異常が発生した場合のほか、通常の点検においても実施されており、JR西日本では、平成29年4月1日から12月11日までの間（本件列車を除く）、361回の添乗による検査が実施されていた。そのうち、

列車の運行中に乗務員や乗客からの異常の申告を受け、車両保守担当社員が対応したのは21回であった。

2.10 過去の異音、異臭、発煙の発生状況に関する情報

2.10.1 JR西日本における発生状況

乗務員や乗客からの車両不具合の申告があったものを指令でまとめたもののうち、平成29年4月1日から12月11日までの間、JR西日本の山陽新幹線区間で申告のあった異音は、表9のとおりである。

表9 山陽新幹線区間で申告のあった異音の発生状況

分類	内容	件数
異音	<ul style="list-style-type: none"> ・ドアからきしみ音 ・床下からゴトゴト音 ・天井からビビリ音 など 	101件

この101件のうち、乗務員の判断で列車を停止させ点検を行った事象は1件であり、異音の状況から判断して、指令員が列車の停止を指示した事象はなかった。車両保守担当社員が列車に乗車し点検を行った事象は4件であった。なお、全ての事象で、列車の終着駅または車庫に入庫してからの点検が実施されていた。

また、同期間において、車両の異常に起因する異臭の発生の事象はなかった。発煙については、沿線の住民から車両の床下から煙が出ているように見えたとの申告があり、確認した結果、異常はなかったという事象が1件あった。

2.10.2 JR東海における発生状況

JR東海によると、平成29年4月1日から12月11日までの間、東海道新幹線区間で申告のあった異音は156件であった。このうち、車両保守担当社員が列車に乗車し点検を行った事象は127件であった。なお、全ての事象で、車庫に入庫してからの点検が実施されていた。

また、同期間において、車両の異常に起因する異臭及び発煙の発生の事象はなかったとのことであった。

2.11 山陽新幹線で発生した過去の重大な事象に関する情報

2.11.1 「のぞみ56号」で発生した異臭

発生日時：平成22年3月3日（水） 20時40分ごろ

発生場所：山陽新幹線 新神戸駅構内

関係列車： 上り第56A列車（博多駅発東京駅行き「のぞみ56号」N700系16両編成）

概要： 列車が西明石駅～新神戸駅間走行中、車掌は乗客から「12号車の車内に煙が充満して焦げ臭い。岡山駅到着前に大きい音がした」と申告を受け、確認したところ、同号車車内に煙が発生しているのを認め、乗客を13号車に案内するとともに指令に報告した。新神戸駅到着後、車掌等が床下点検を行ったところ、12号車にある歯車箱の一部が損傷し、油漏れが発生しているのを認めた。

2.11.2 「のぞみ31号」で発生した異音

発生日時： 平成29年1月25日（水） 17時11分ごろ

発生場所： 山陽新幹線 小倉駅～博多駅間

関係列車： 下り第31A列車（東京駅発博多駅行き「のぞみ31号」N700系16両編成）

概要： 運転士は、車掌より「福岡トンネルに入った際、車外に火花が見え、床下からカンカン音がした」旨の連絡を受け、非常停止手配をとり列車を停止させた。また、列車が停止するまでの間、運転室のモニターに異常を示す表示を認めた。その後、指令の指示により、車掌が床下点検を行い、異常がないことを確認し、運転を再開した。博多駅到着後、車両保守担当社員が床下点検を実施したところ、11号車にある歯車装置及びWN継手の損傷を認めた。

2.12 その他の情報

2.12.1 台車温度検知装置の記録

JR東海によると、東海道新幹線区間においては、酒匂川さかわがわ橋りょう（神奈川県小田原市）及び豊川とよかわ橋りょう（愛知県豊橋市）のそれぞれ上下線に台車温度検知装置が設置されているとのことである。

この装置は、軌道側に設置された熱検知器により、通過する列車の台車の軸箱や車輪、歯車箱やWN継手の温度を測定しており、測定値を地上に設置されたデータ処理装置で評価し、異常と判定された場合に警報を発するものである。

本件列車の前に運用された下り第15A列車が台車温度検知装置の設置されている箇所を通過した際の記録を本重大インシデント発生後に確認したところ、異常と判断する基準値は下回っていたものの、本件台車で通常より高い温度を記録していたとのことであった。

2.12.2 JR西日本におけるリスクアセスメントの取組

JR西日本は、平成20年4月に策定した「安全基本計画」において、過去に発生した事故への対応を主体とする安全対策から脱却し、安全（危険）に対する感度を高め、より高い安全レベルを追求し、先手の安全対策を講じていく構えが必要という認識に立ち、その具体的方策としてリスクアセスメントを導入した。鉄道利用者の死傷事故や社員の重大労災につながる可能性の大きさを事前に評価した上で、優先して対処すべきリスクに対して、安全対策を実行している。

2.13 気象に関する情報

本重大インシデント発生場所の最寄りの気象庁名古屋地方気象台（名古屋市・本重大インシデント発生場所から東へ約8km）の観測記録によると、平成29年12月11日21時00分時点の天気は快晴であった。

なお、本重大インシデント発生当日の博多駅～名古屋駅間の沿線にある気象台の観測記録によると、本件列車が走行した時刻の直前に観測された天気は、一部で小雨が降っていた箇所があったものの、おおむね晴れであった。

3 分析

本重大インシデントの主要因である本件亀裂に関して分析を行った後、台車枠の強度設計及び検証、製造、使用過程における各段階での分析を行い、被害拡大防止の観点から、運行の経過に関して分析した。

3.1 車両に関する分析

3.1.1 本件亀裂の発生に関する分析

2.4.2.1に記述したように、本件亀裂の破面に見られたビーチマーク状の模様は、側板及び補強板の上方に行くほど凹凸の高さ及び間隔が大きくなっていたことから、亀裂は下方から上方に進展したと推定される。また、側ばり下板中央付近及びその上方にある裏当て金の破面にもビーチマーク状の模様が確認されたことから、亀裂が側ばりの台車外側及び内側の両方向から進展し、中央付近で一体となったと推定される。

側ばり下板のスロット溶接部近傍の破面は、側板、補強板及び下板中央付近の破面と比較して、腐食や破面同士の接触による摩耗が進み平滑となっていたことから、亀裂は短期間で進展したのではないと推定される。

これらのことから、亀裂の起点は、側ばり下面に軸ばね座を取り付けている台車内側及び外側の2箇所各スロット溶接部裏境界近傍と推定される。

2.4.2.4に記述したように、本件台車枠左後側の台車外側のスロット溶接部の破面及び断面観察の結果において、裏境界近傍から側ばり下面側への割れが発生しており、この割れは溶接熱影響部に発生していたこと、及び破面には全体的に塗装の塗料に含まれるチタンが存在していたことから、本件台車枠左後側の台車外側のスロット溶接部の割れは、溶接施工時に生じたと考えられる。

また、同一台車枠左後側の台車外側のスロット溶接部に、溶接施工時に発生したと考えられる割れがあったこと、及び2.4.2.3(1)⑥に記述したように、本件亀裂の台車内側のスロット溶接部近傍の破面に一般的な疲労亀裂で見られるものより大きな塑性変形を受けた凹凸が認められたことから、本件亀裂の起点に、溶接施工時に生じた割れが存在していた可能性があると考えられる。

なお、2.4.2.3(2)に記述したように、本件亀裂の台車外側のスロット溶接部の断面観察の結果においては、2.4.2.3(1)⑥に記述したような大きな塑性変形を受けた凹凸は見られなかったが、2.4.2.1(6)に記述したように、スロット溶接部近傍の側ばり下板の破面の一部に、台車枠に塗装される塗料にも含まれるチタンが検出された。

よって、本件台車枠左後側の台車外側のスロット溶接部の割れにおいてチタンが検出された領域は、本件台車メーカーにおいて台車枠が塗装される時点で塗装が入り込んだものと考えられる。

3.1.2 本件亀裂を発生させた要因に関する分析

3.3.4に後述するように、本件亀裂発生箇所の軸ばね座の下面は、焼鈍後に肉盛溶接が施工されたものと考えられる。また、2.4.2.2に記述したように、当該軸ばね座付近の側ばり下板の板厚は基準値以下であったことから、本件側ばりの強度が低下していたと推定される。

本件亀裂を発生させたことについては、

- (1) 2.6.1.1に記述したように、肉盛溶接によるひずみを再現したFEM解析の結果、溶接ビード部に隣接している部分は、形状の変化等を受け、計算上高応力となっているものと考えられるものの、これを踏まえた上でも、スロット溶接部近傍はその周辺に比べて高い応力が算出される結果となったこと、
- (2) 2.6.1.2に記述したように、肉盛溶接等を再現した試験体による疲労試験の結果、焼鈍後に肉盛溶接を再現した試験体は、正常な状態の試験体と比べ、明らかに少ない繰り返し数の負荷で疲労亀裂が発生する傾向が見られたこと、
- (3) 2.6.1.2に記述したように、肉盛溶接等を再現した試験体による疲労試験の

結果、板厚が不足している場合は、やや少ない繰り返し数の負荷で疲労亀裂が発生する傾向が見られたこと

から、焼鈍後に本件軸ばね座の下面に肉盛溶接を施工したことにより、スロット溶接部近傍に残留応力が生じていたことに加えて、本件側ばり下板の板厚が基準値以下であったことが関与したものと推定される。

3.1.3 本件亀裂の進展に関する分析

3.1.3.1 本件亀裂の進展の推移

- (1) 2.4.2.4に記述したように、本件台車枠左後側の台車外側のスロット溶接部に割れが見られ、その先端部の一部には疲労破面に多く見られるラチェットマーク状の様子が観察された。このことから、本件亀裂は、溶接施工時に発生した割れを起点として疲労亀裂が発生し、進展した可能性があると考えられる。

また、2.4.2.1(5)に記述したように、側板の破面において、R部付近までの腐食や破面同士の接触による摩耗が進んだ箇所ではストライエーション状の様子は確認できなかったが、それより上方では亀裂の先端付近までストライエーション状の様子が確認されたことから、亀裂は先端まで疲労により進展したと推定される。

なお、2.4.1(1)に記述したように、亀裂の破面は、側ばり下面から高さ方向で40mm程度まで錆が発生し、それより上の部位では錆は見られず金属光沢を有していたことから、亀裂の進展は、亀裂が側ばり下面から高さ方向で40mmを超えた付近より速まったものと考えられる。

- (2) 2.6.2に記述したように、亀裂進展シミュレーションの結果から、疲労亀裂の初期幅が15mm、初期深さが1mmと仮定したとき、側ばり下板の板厚が7.0mmの場合は、亀裂が仮定した寸法の状態となってから亀裂の先端がR部に至るまで35年程度掛かるのに対して、板厚が4.3mmの場合は5年程度となり、側ばりの下板が基準を超えて過度に研削され薄くなっている場合は、亀裂が発生した際の進展速度が大幅に速くなると考えられる。

このことから、本件側ばりの下面が過度に研削され側ばり下板の板厚が薄くなっていたことが亀裂の進展速度を速め、車両寿命（台車使用期間）より短い期間で亀裂が進展したものと推定される。

よって、本件台車枠と同形式の台車枠のうち、側ばりの下板が基準を超えて過度に研削され薄くなっている台車枠については、速やかに交換を行う必要があると考えられる。

3.1.3.2 本件亀裂が台車枠に影響を及ぼすほど進展した時期

2.5.3.3に記述したように、本重大インシデント発生前直近の全般検査における本件車両の輪重の記録を確認したところ、左右のアンバランスは、JR西日本が設定する基準値の範囲内であった。また、各軸ばねに使用されていた調整板の厚さには、大きな差は見られなかった。

仮に全般検査の時点で亀裂により側ばりの剛性が低下し、車体の重量で台車枠が変形する程度に亀裂が進展していれば、当該箇所の輪重が低下すると考えられ、この状態で輪重バランスを調整するためには、低下した分の輪重を補う必要があることから、本件亀裂下部にある軸箱支持装置の軸ばねに使用した調整板の厚みが増えている等、差が出るものと考えられる。

よって、本重大インシデント直近の全般検査時においては、本件亀裂は、側ばりの剛性に影響するほど進展していなかった可能性があると考えられる。

また、本件車両の記録から算出した対角内圧差は、

- (1) 本重大インシデント発生前日に運転された上り第6A列車でもややプラス側に偏る傾向となっており、折り返しの下り第33A列車まではそのまま変化が見られないこと、
- (2) 本重大インシデント発生前日に運転された上り第60A列車からやや増加していること、
- (3) 本重大インシデント発生当日の第15A列車及び本件列車にかけて大きく増加した状況が見られたこと

から、本重大インシデント発生前日には、本件亀裂が側ばりの剛性に影響する程度に進展したと考えられ、本重大インシデント発生当日の運行時に側ばりが変形してWN継手等、他の台車部品に影響を及ぼす程度にまで亀裂が更に広がったものと考えられる。

3.1.4 本件台車枠以外の台車部品の損傷に関する分析

2.4.3に記述した本件台車枠以外の台車部品の損傷について、その発生の経過をそれぞれ分析したところ、いずれも本件台車枠に発生していた亀裂が広がったことによる二次的なものと推定される。

3.1.4.1 WN継手

- (1) 2.4.3(3)③に記述したように、本重大インシデント発生後の分解調査により、車輪の表リム面の痕跡から、走行中は本件台車第1軸が車輪の位置で動的に最大3.4mm程度前方向にずれたとみられ、この値からWN継手の位置での前方向のずれ(相対変位)を計算すると約2.4mmとなることから、動的に、

本件WN継手は約24mmずれて回転していたと推定されること、

- (2) 2.4.1(3)に記述したように、名古屋駅で停車した状態の本件台車中心から第1軸左側の軸箱中心までの距離が通常より30mm長い状態であり、この値からWN継手の位置での前方向のずれを計算すると約18mmとなることから、静的に、本件WN継手は約18mmずれて回転していたと推定されること、
- (3) 2.3.2に記述したように、WN継手が設計上許容する相対変位は約10mmであること

から、WN継手の変位が設計上許容される範囲を超えた状態で回転したことにより、本件WN継手が異常摩耗及び発熱したものと推定される。これにより、本件WN継手から異音が発生したものと推定される。2.4.3(1)④に記述した内部のギヤ歯面の摩耗の形状(付図4)から、比較的短時間で通常の歯面の接触状態から異常な接触状態に遷移したと考えられる。

また、

- (1) 2.4.3(1)①に記述したように、本件WN継手外筒等の表面に見られた青色の変色は、大気中で鋼材を加熱した際に、鋼材表面に薄い酸化膜が生成されることによるテンパーカラーとみられ、テンパーカラーの色相から、300℃程度とみられる高温となったと推定されること、
- (2) 2.4.3(1)に記述したように、WN継手のグリースを300℃まで加熱すると発煙が確認されたこと

から、発熱により、内部を潤滑するためのグリースが発煙したと推定される。

2.4.3(1)③に記述したように、Oリングが無くなっていること、Oリングがあるべき溝部及び相手側の平面部にゴムのような黒い線状の痕跡が見られたことから、グリースの漏出を防いでいるゴム製のOリングが発熱により溶け、グリースがWN継手の外部に漏れ出て、主電動機や歯車箱表面、車体下面等に飛散したものと推定される。2.8.3に記述したように、車内の異臭等の状況から、本件列車が博多駅を出発した直後には、グリースがWN継手外部に漏れ出る程度までWN継手が発熱していたものと考えられる。

本件列車の車内での異臭やもやは、本件WN継手から漏れ出たグリースによるものと考えられ、2.7.1に記述したように、各車両の床下に設置された空調装置が車内の換気のため床下中央部周辺から外気を取り込んでいたため、本件車両及び進行方向後方にある車両において車内に拡散したものと考えられる。(図13)

また、WN継手においては、2.4.3(1)②に記述したように、内部の歯車と油切りが接触した痕跡が認められ、油切りの変形及び油切りを止めている一部のボルトの締付けトルクの低下が生じていた。

このことについては、軸箱が前方向にずれたことにより、

- (1) WN継手の軸が変位して、軸方向に伸ばされたこと、
 - (2) 主電動機と歯車装置との相対変位が増大したこと
- から、WN継手に強い引張荷重が作用したため、内部の歯車と油切りが接触して油切りに変形が生じ、更にボルトのねじにも変形が生じたこと等により、ボルトの締め付けトルクが低下したものと考えられる。

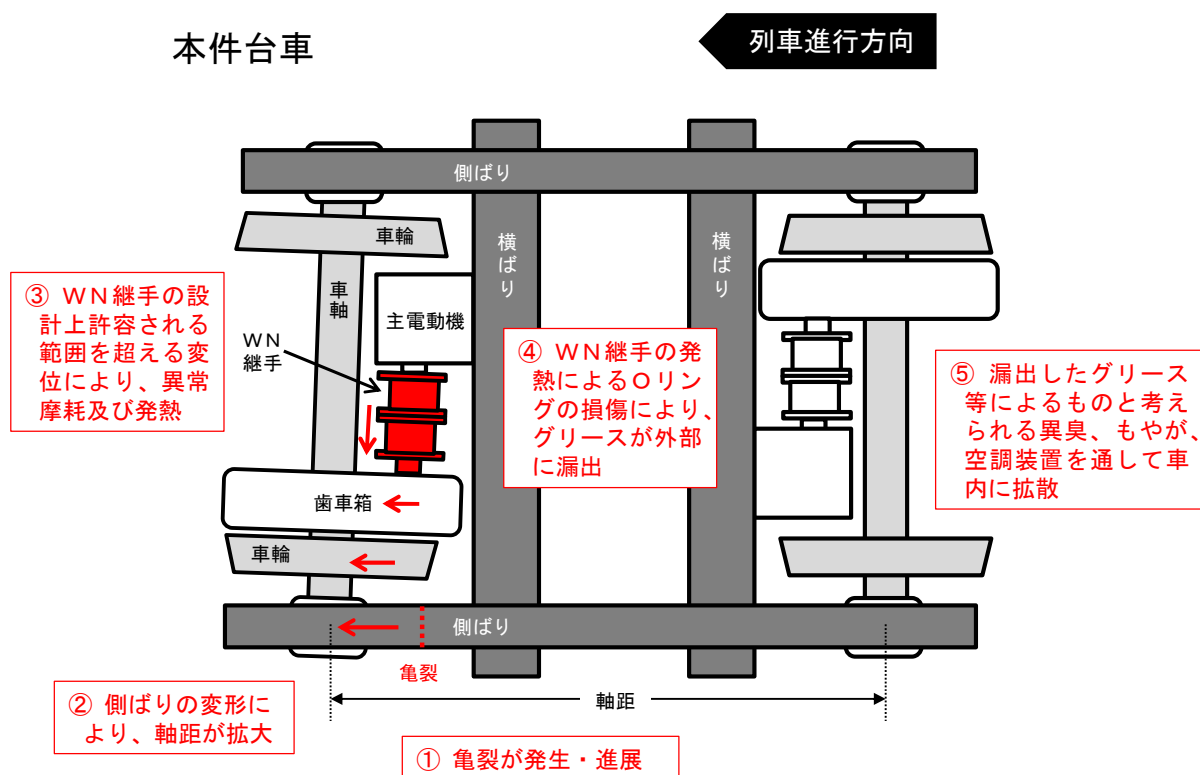


図 1 3 異音、異臭等の発生に至った経緯

3. 1. 4. 2 車輪

本件台車第 1 軸の右車輪のフランジに見られた顕著な摩耗については、

- (1) 2. 4. 3(3)③に記述した第 1 軸左車輪の表リム面の位置でのずれ(約 3 4 mm)を基に、第 1 軸右側車軸軸受中心を回転中心と仮定して計算すると、第 1 軸左側軸端位置でのずれは、動的に約 4 1 mm となること、
- (2) 2. 4. 1(3)に記述したように、第 1 軸左側の軸箱の位置が静的に 3 0 mm 前方にずれる状態となっていたこと

から、第 1 軸が右レールに対してアタック角^{*46}を持ち、右側に寄って右車輪のフランジがレールに接触した状態で走行し続けたことにより発生したものと考えられ

*46 「アタック角」とは、車輪がレール上を転動するときの車輪とレールとの相対角度のことをいう。

る。

2.8.3(11)に記述したように、名古屋駅における車両点検において、車輪が熱を帯びていた状況は、第1軸が右レールに対しアタック角を持つ状態で走行し続けたことによる可能性があると考えられる。

なお、2.4.3(3)①に記述したように、第2軸の右車輪も他の車輪と比べ摩耗していたことから、本件列車となる前の下り第15A列車において、本件台車第1軸が下り第15A列車の進行右側に寄り、後軸として台車を旋回させた状態となったため、第2軸の右車輪のフランジが下り第15A列車の進行左側のレールに接触した状態で走行し続けたものと考えられる。

3.1.4.3 踏面清掃装置（第1軸左車輪）

2.4.3(4)に記述したように、踏面清掃装置内部に設けられているラック状の部品に擦れた痕跡が見られた。この痕跡については、3.1.4.2に記述したように、本件台車の軸箱の位置が静的及び動的にずれたため、車輪の踏面も同様にずれ、踏面清掃装置内部のラック状の部品が大きく繰り出された後、車輪により強制的に戻されて、ラック状の部品等に繰り返し大きな力が作用したことにより生じたものと推定される。

3.2 台車枠の強度設計及び検証に関する分析

3.2.1 強度設計に関する分析

本件台車と同形式の台車の強度設計における強度の評価については、

- (1) 2.5.1(1)に記述したように、FEM解析を実施することにより得られた応力の計算値、JIS E 4208に定められた静荷重試験を実施することにより得られた応力の実測値がJIS E 4207に定められた方法により評価されていたこと、
- (2) 2.5.1(2)に記述したように、東海道・山陽新幹線区間において現車走行試験を実施することにより得られた実働応力が、JIS E 4207に定められた方法により評価されていたこと、
- (3) 2.5.1(3)に記述したように、現車走行試験で得られた実働応力を基に、900万km走行に相当する上下負荷及びそれとは別に同走行距離の主電動機やキャリパの上下振動分の負荷を与える疲労試験が行われており、試験終了後、磁粉探傷により亀裂の発生がないことが確認されていたこと、
- (4) 2.5.1に記述したように、N700Aの量産車の現車走行試験時に測定した応力を基に、スロット溶接部の疲労寿命の確認を行ったところ、常時、定員乗車の荷重条件で運用されたと仮定しても車両寿命（台車使用期間）を大幅

に超える結果となったことから、当該溶接部の強度については、疲労破壊しないような設計及び検証がなされていたと考えられる。

3.2.2 FEM解析に関する分析

3.2.1に記述したように、当該溶接部の強度については、疲労破壊しないような設計及び検証がなされていたと考えられるが、FEM解析を利用した台車枠の設計や、FEM解析の結果を参考とした試験等の評価においては、更なる安全性の向上のために次の事項について検討する必要があると考えられる。

3.2.2.1 台車枠のモデル化

2.5.1.1に記述したように、設計当時のモデルでは、側ばり下面に軸ばね座が付く範囲は、設計上の側ばり下板の板厚である8mmに、同じく設計上の軸ばね座の板厚である15mmを加えた23mmの厚さを持つ1枚の板となっており、このモデルを使用した計算結果からは、走行中に発生する上下、左右及び前後方向の荷重を想定した、いずれの負荷条件においても、当該スロット溶接部に相当する位置に高い応力の発生は認められなかった。

しかしながら、本重大インシデント発生後に、疲労亀裂の進展状況を推定するためのシミュレーションを実施するに当たり、軸ばね座及びその周辺の側ばり並びに両者を接合するスロット溶接部のモデルを、3次元要素（ソリッド要素）を用いて作成し、実物の台車のように2枚の板をスロット溶接部で固定する構造としたところ、このモデルを使用した計算結果においては、スロット溶接部裏境界に集中して、その周辺に比べて高い応力が発生する状況が見られた。

実物の側ばりの当該部は、下板と軸ばね座を重ねて接合する構造となっている。通常、側ばりは主に車両の上下荷重を受けて曲げ変形し、その下板には引張方向の力が作用し、微小な伸びが生じる。これに対し軸ばね座には引張方向の力は作用しない。さらに、下板の板厚は設計上8mm、軸ばね座の板厚は設計上15mmであるため、荷重を受けた際の変形量（剛性）も異なる。このような負荷される荷重の大きさや剛性の異なる2枚の板をスロット溶接で局所的に接合する構造上の特性から、溶接部近傍でその周辺に比べて高い応力が発生するものと考えられる。

なお、一般にFEM解析を利用した強度解析においては、当該スロット溶接部裏境界をモデル化した形状のように、変化の大きい箇所については、計算結果と実際の誤差が大きくなる。そのため、このような箇所で計算された応力の値は、そのまま許容値と比較して評価することには適さないが、FEM解析の特質を理解した上で、高い応力が発生する箇所の定性的傾向を把握することには有用である。

3.2.2.2 軸箱支持装置のモデル化

2.5.1.2に記述したように、設計当時の強度解析に用いられた軸箱支持装置のモデルを確認したところ、走行中に発生する左右及び前後方向の荷重を想定した水平力を支持する位置が実物と異なる状況が見られた。

一般にFEM解析を利用した強度解析においては、拘束条件が異なると、支持する位置で発生する反力や部材に作用するモーメントに違いを生じることがあり、応力等の計算結果もある程度異なることが考えられるため、拘束条件は可能な限り実物を再現したものとすることが望ましい。

3.2.2.3 高い応力の発生傾向把握の重要性

3.2.2.1及び3.2.2.2に記述した状況から、新規構造を採用するような台車枠の応力分布をFEM解析により求める際は、より実際に近い応力を把握するため、計算モデルにおいて、剛性の違う板を局所的に接合するといった構造上の特性や、荷重を支持する位置等の拘束条件を可能な限り再現することが重要であることに留意するとともに、その解析結果から、FEM解析における計算誤差の特質を踏まえた上で、高い応力が発生する箇所を把握することが望ましい。

また、既存の台車枠においても、必要な場合には、強度設計時の計算モデルにおいて、剛性の違う板を局所的に接合するといった構造上の特性や、荷重を支持する位置等の拘束条件を可能な限り再現できているかどうか改めて確認し、場合によっては、計算モデルを改良した上で、再度、高い応力が発生する箇所を把握することが望ましい。

なお、台車枠等構造体の現物を用いた静荷重試験、現車走行試験及び疲労試験において、ひずみゲージを用いた応力測定を行う場合、試験前にFEM解析を実施し、応力の大きさと作用方向をあらかじめ予測して対象箇所を選定した上で、ひずみゲージを貼り付け、計測される応力の値を確認する方法が用いられている。また、測定対象とすべき箇所が、本件亀裂の起点と考えられる溶接部の近傍のようにひずみゲージを貼り付けることができない箇所の場合には、JIS E 4207の附属書に示された評価例の方法を用いることが考えられるが、いずれの場合にも、適切な対象箇所の選定が評価の妥当性の確保につながる事となる。

このため、現物を用いた試験等による評価をより適確に行う上においても、適切な計算モデルを用いて高い応力が発生する箇所を把握することが重要である。

3.3 本件台車枠の製造に関する分析

3.3.1 側ばりプレス品素材に関する分析

本件側ばりに使用されていた側ばりプレス品素材については、

- (1) 2.5.2.1(1)に記述したように、本重大インシデント発生後に、本件台車枠の一部から試験片を切り出し、材料の化学成分と引張強度を確認したところ、図面に指定されている材料に要求されている基準値（J I S規格）の範囲内であったこと、
- (2) 2.5.2.1(3)に記述したように、側ばりプレス品を製造した新協力会社によると、曲げ加工後の側ばりプレス品素材については、抜取検査が実施されており、本件側ばりと同ロットの側ばりプレス品素材の検査記録を確認したところ、プレス傷の記録はなく、側ばりの上板や下板となる部分の開き方向の寸法を含め車両メーカーの図面で指定されている公差内であり、異常は認められなかったこと、
- (3) 2.5.2.1(3)②に記述したように、検査記録を残していないものについても、全数小型のプレス機等を用いて寸法の修正を行っており、その際には必ず寸法を確認しながらの作業となる。このため、寸法測定は全数について行っており、本件側ばりのプレス品素材が曲げ加工された当時も同等の作業を行っていたと考えられること、

から、側ばりプレス品素材の材料に強度の問題はなく、完成状態においてもプレス傷等の欠陥や寸法の異常はなかったものと推定される。

3.3.2 側ばり及び軸ばね座の組立作業に関する分析

2.4.2.2に記述したように、側ばりの板厚は、設計上、公称8mmの鋼板を用い、曲げ加工後7mm以上と規定されているが、本件亀裂の破面で側ばり下板の板厚を測定したところ、最も薄い箇所が4.7mmであった。このように、側ばり下板の板厚が減少したことについては、側ばりに軸ばね座を取り付ける作業において、

- (1) 2.5.2.2(2)②に記述したように、側ばりの下面が「く」の字に膨らんでおり、軸ばね座の上面は平らであるので、組み合わせた際に隙間が生じ、がたつく状態であったこと、
- (2) 2.5.2.2(2)③に記述したように、現場管理者が組立作業員として携わった先代の700系用台車枠の側ばりを組み立てた際にも、がたつきが少しあり、側ばり下面をグラインダーで削ってがたつきをなくしていた。その時の経験から、N700系の量産車用台車枠においても、がたつきの状態は同程度のもと考え、現物の確認はせずに、がたつきがなくなるまで側ばり下面の軸ばね座と当たる場所を摺合せするよう指示したこと、
- (3) 2.5.2.2(2)⑥～⑨に記述したように、過去の新幹線（300系）用台車枠の製造時の書類綴りに、側ばりの軸ばね座と側ばり下板との隙間を「目標値で0.5mm以下、最大値で1mmまで許容する」とした作業指示書があり、「側

ばり下面のグラインダー仕上げは行ってはならない」ことが記載されていた。この作業指示書を修正して作成されたN700系隙間管理作業指示書を確認した際に、現場管理者は、「隙間0.5mm以下」から「目標値で0.5mm」に緩和されたことに注目して、0.5mmの厚みの定規が入るか入らないか程度の隙間となるように摺合せをして作業するよう本件作業者に指示し、その指示が他の組立作業者にも伝えられたこと、

(4) 2.5.2.2(2)⑧及び2.5.2.2(2)⑨に記述したように、作業指示書の配布は現場管理者までであり、組立作業者には0.5mmの厚みの定規が入るか入らないか程度の隙間となるように摺合せをして作業することのみが伝えられ、「側ばり下面のグラインダー仕上げは行ってはならない。」と定められた内容が伝わらなかったこと、

(5) 2.5.2.2(2)⑩に記述したように、グラインダーにより母材の板厚方向の削り込みを許容する量は、社内の作業基準で定められていた。突き合わせ溶接部のビード止端部のグラインダー仕上げに関しては、削り込み深さ0.5mmを限度としていたが、特に社内教育等で周知はしておらず、現場管理者は、先輩から受けた教育等で溶接ビードの仕上げによらず0.5mmまで削っても良いと認識しており、組立作業者は、削り込み量の限度に関する認識はなかったこと

から、本件側ばりの軸ばね座の取付け時に、側ばり下面を削って摺合せをしたことにより、側ばりの下板の板厚が減少したものと推定される。

また、摺合せを行う要因となった側ばりの下面が「く」の字に膨らんでいたことについては、

(1) 2.5.2.2(2)⑫に記述したように、本件側ばりを製造した当時は、抱合せ溶接作業時に目違いの矯正が行われていなかったこと、及び内部補強を取り付ける際に側ばりプレス品素材の直角度を矯正していなかったこと、

(2) 2.5.2.5に記述したように、本重大インシデント発生後、交換用に製造する台車枠について、本件台車メーカーに側ばりプレス品素材が入荷された時点から軸ばね座を溶接により取り付けるまでの各工程において、側ばり下板や上板の開き具合を含め寸法測定を行いながら作業を進めたところ、内部補強を溶接する際などにおいて若干のひずみが発生した。これにより、側ばりの下板や上板となる部分が傾くため、溶接作業後の各段階でひずみ取りを行い矯正する必要があったこと

から、本件側ばり製造時においては、ひずみ取りを行っていないため側ばりの下板や上板となる部分が傾き、抱合せ溶接時に目違いの矯正等が行われていなかったこともあって、側ばりの下面の膨らみが生じたものと考えられる。

なお、2.5.2.1(2)に記述したように、N700系の量産車用台車枠に使用する側ばりプレス品素材の曲げ加工は、700系用台車枠に使用していた熱間プレスによる方法から、冷間プレスによる方法に変更されていた。一般に冷間プレスによる曲げ加工を行った場合、熱間プレスによる曲げ加工よりも材料の降伏点^{*47}や引張強さの大きい領域での加工となり、曲げ加工が終了した時点で内部に残留する応力も大きいと考えられる。本件側ばりの場合は、側ばりプレス品素材から、素材の両端や側ばりの下板、上板となる部分の先端等の余分な箇所を除去し、抱合せ溶接用の開先の加工を行う際に、残留応力が生じている箇所を除去する工程、さらに内部補強を溶接するといった溶接の熱が加わる工程において、残留応力の状態が変化することにより発生するひずみの量を考慮の上での加工が十分でなかった可能性があると考えられる。

このため、冷間プレスにより曲げ加工された本件側ばりの製造時には、側ばり下面の膨らみが大きかったものと考えられ、その膨らみを軸ばね座の取付けに際して平らになるように削ったため、削り込み量が大きくなり、その結果、側ばり下板の板厚を大きく減少させることになったものと考えられる。

一般に、台車の主要部材には、車両の走行中に大きな荷重が負荷されるため十分な強度が求められ、それに応じた板厚で強度設計等がされていることから、機械加工等、後の製造工程で除去加工を行うことが予定されている部分や設計においてグラインダー仕上げ等の指示のある箇所以外では、板厚を大きく減少させるような、設計された部材の強度を低下させることにつながる作業は行ってはならない。

本件台車メーカーは、このことを作業に従事する者に周知徹底するとともに、設計上の強度が確保されるよう、部材の強度を低下させない製造プロセスを確実なものとするために、製造管理を徹底することが必要である。

なお、2.5.2.2(2)⑫に記述したように、当時は軸ばね座を取り付ける作業が開始された時点で、側ばりの溶接の作業がほぼ全数終了しており、側ばりの内部に縦方向の補強が入っていることも関係し、この段階でひずみ取り等の方法での膨らみを修正することは不可能な状況であったことも、側ばり下面を削って対処する背景となったものと考えられる。

また、2.5.2.2(2)⑫に記述したように、後続のロットにおいては、軸ばね座の仮付け時にプレス機により軸ばね座を側ばりに押し付けて沿わせる方法、抱合せ時にプレス機により目違いを矯正する方法、抱合せ前の工程である側ばりの内部補強の取付け時にプレス機で矯正する方法等で対処し、側ばり下面を削る量は減少したも

*47 「降伏点」とは、物体に力を加えていったとき、弾性限界を超えて物体の変形が急激に増加し、もとに戻らなくなるときの力の大きさをいう。

の、摺合せは依然として行っていたとのことから、当時は、側ばり下面が膨らむ事象についての原因の究明と根本的な対策の実施には至っていなかったものと考えられる。

本件側ばりの製造時に見られたように、問題が発生した際、上流の工程を確認したものの製造が進んでおり、修正が不可能であった状況から、これを防ぐため本件台車メーカーにおいては、

- ・ 初回の製造となる場合、
- ・ 過去と比べ変更点がある場合、
- ・ 前回の製造時点から長期間が経過している場合

といった、いわゆる3H（「初めて」、「変更」、「久しぶり」の頭文字）の場合の製品の製造に際しては、試作及びロットの初品により製造上の問題がないか確認し、問題がある場合には、前工程に遡って調査することにより、原因を究明して根本的な対策を採ることが必要である。また、これができるよう、ロットの初品については、余裕を持った製造工程となるよう考慮することが望ましい。

3.3.3 スロット溶接に関する分析

2.5.2.3に記述したように、本重大インシデント発生後に行ったスロット溶接部を模擬した溶接施工試験の結果、当時の溶接施工要領に従い仮付け溶接を行い、その後本溶接を行った箇所においては、いくつかの試験体で微細ではあるが溶込不良が見られた。しかしながら、2.4.2.3(1)④に記述した本件スロット溶接部の亀裂発生箇所近傍に見られた溶接不良とは不良部の断面の形状や大きさが異なるため、仮付け溶接が本件亀裂近傍に見られた溶接不良に影響したかどうかは明らかにすることはできなかった。

本件亀裂のスロット溶接部断面を観察した際に見られた溶込不良は、溶接不全部として大きいものと考えられる。溶接の品質を向上させるため、製品の溶接に取りかかる前に、

- (1) テストピースを用いた溶接施工試験を行い、適切な溶接施工要領を把握すること、
- (2) 作業者が適切な溶接施工要領で作業ができるように、訓練等を継続的に行うこと

が望ましい。

3.3.4 肉盛溶接に関する分析

2.4.2.5に記述したように、本件亀裂が発生した箇所にある軸ばね座について、

- (1) 軸ばね座の材料とは異なる様相の部分は、溶接後に焼鈍を行っていない状

態を再現した試験片の溶接材料の部位と同等の硬さであったこと、

(2) 台車枠としての焼鈍は行われていたこと

から、当該軸ばね座の下面は、焼鈍後に肉盛溶接が施工されたものと考えられる。

2.5.2.4に記述したように、本件台車メーカーにおいて、本件台車枠が製造された当時に台車枠の溶接作業や機械加工に従事していた作業者に聞き取り調査を行ったものの、軸ばね座下面の全面に肉盛溶接を行った記憶があるとの情報は得られなかったことから、肉盛溶接が施工された理由については、明らかにすることはできなかった。

しかしながら、

(1) 2.4.2.5に記述したように、軸ばね座の素材の時点での当該部付近の設計上の板厚は20mmであること、

(2) 2.4.2.5に記述したように、軸ばね座断面の機械加工後の軸ばね座の板厚が約20mmであり、軸ばね座下面が機械加工されたにもかかわらず軸ばね座素材の時点での板厚と同程度であること、

(3) 2.4.2.5に記述したように、本件台車枠に8箇所ある軸ばね座において軸ばね座の材料と異なる様相が見られたのは、本件亀裂が発生した部位の下部にある軸ばね座及びその台車端部にある軸ばね座の2箇所だけであったこと、

(4) 2.5.2.4に記述したように、本件台車メーカーにおいては、機械加工は、本件軸ばね座の台車端部側にある軸ばね座の下面から始め、その後、本件軸ばね座の下面の順に行われること、

(5) 通常の溶接で、母材の表面から5mmの深さまで溶接材料を溶け込ませることができた可能性は考えにくいこと

から、焼鈍後の工程である台車枠の機械加工の最初となる軸ばね座の下面加工時に何らかの異常が発生したことにより、本件軸ばね座及びその台車端部側にある軸ばね座のみ5mm程度過剰に機械加工された後に加工を中断し、その修正のため肉盛溶接が行われ、再度正規の寸法となるように機械加工が行われた可能性があると考えられる。

このような状況から、本件台車メーカーは、溶接による残留応力で台車枠の疲労亀裂発生までの寿命を縮めることのないよう、広範囲にわたる肉盛溶接など、焼鈍後の台車枠に大きな入熱により残留応力を生じさせる作業を行わないようにする必要がある。このため、溶接作業等台車枠の製造に従事する作業者に対して、作業工程上避けられない小さな部品の溶接など少量の入熱で行うことができる作業を除き、焼鈍後の台車枠に再度大きな入熱を伴う作業を行わないよう、社内教育等により周知徹底を図ることが必要である。

3.3.5 健全な台車枠を製造するための体制のあり方

2.5.2.1(2)に記述したように、本件台車メーカーでは、製造を開始する前に、仕様概要、変更点等を共有し、製品の品質に関する会議を開催していたが、側ばりプレス品素材の発注先及び加工方法を変更したことについては、社内の関係部門で共有しておらず、変更が与える影響等を検討していなかった。

また、本件台車枠の製造時において、

- (1) 3.3.2に記述したように、側ばりの下面が「く」の字に膨らんでおり、軸ばね座を組み合わせた際にがたつく状況があったことに対して、側ばり下板の膨らみを削って摺合せを行うことで対処していたこと、
- (2) 3.3.4に記述したように、台車枠の焼鈍後の工程における何らかの異常に対して、軸ばね座の下面に肉盛溶接を行うことで対処していたこと

など、製造現場における問題への対処の結果、側ばり下板の板厚が薄くなることによる部材の強度の低下及び肉盛溶接による残留応力により、疲労亀裂発生までの寿命を縮め、疲労亀裂が発生した際の亀裂の進展速度を速めたものと考えられる。

このような状況から、本件台車メーカーは、製造開始前に関係部門が協調して、変更点等に伴い発生すると考えられるリスクを検討していくとともに、製造開始後の台車枠の製造現場において、製造上の支障や困難性等の問題が発生し、部材の加工等を伴う対処方法を採る必要が生じた際には、組織的対応として、その問題や対処方法が台車枠の安全性にどのような影響を及ぼすかを評価する必要がある。

また同時に、製造上で生じた問題やその対処方法が台車枠の安全性に影響を及ぼすものである場合は、作業を中断した上で、製造プロセスあるいは設計まで立ち返って原因を究明して対策の検討を行い、対策した結果が良好であることを確認した上で作業を再開するといった問題対処の手法を確実に実施する必要がある。

健全な製品のみが実使用に供される仕組みとして、これらを確実に実施できる体制を整えることが必要である。

3.4 本件台車枠の検査に関する分析

本重大インシデント発生前直近のいずれの定期検査においても、本件台車枠に異常があったことを示す記録はなかった。

2.5.3.1に記述したように、台車枠の検査方法、探傷検査箇所は、過去の亀裂発生データ等に基づき指定されており、本件亀裂発生箇所については、亀裂の発生事例がなく、探傷検査の指定箇所とはなっていなかった。

全般検査の段階で本件亀裂が側ばり側板に達していたとしても、台車枠単体状態で無負荷となっており、2.5.3.2に記述したように、台車枠単体での寸法検査でも異常が見られなかったことから、本件亀裂は、開口していなかった可能性があると考えられ

る。

本事象のように、過去に亀裂が発生していない箇所についても、高い応力の発生傾向を把握した上で、溶接継手等に対する安全率を踏まえて、探傷検査の指定箇所の追加を検討することが望ましい。

また、2.6.2に記述したように、本件台車と同形式の台車については、側ばり下板が設計どおりの板厚である場合は、軸ばね座が溶接され外から見えない側ばり下板の範囲で疲労亀裂が発生したとしても、疲労亀裂が進展し側ばり下板を貫通するまでには車両寿命（台車使用期間）以上の時間を要すると考えられるが、磁粉探傷や浸透探傷による検査が可能になる範囲（外から見える範囲）まで疲労亀裂が進展すると、その後は進展速度が速まると考えられるため、外から見えない範囲内で亀裂を発見できるよう、適切な頻度で超音波探傷等により内部のきずの進展を把握する必要がある。

このようなことから、本件台車枠と同様に、亀裂が進展し部材を貫通しても、他の部材により、その状況が外から見えない範囲（磁粉探傷や浸透探傷による検査ができない範囲）に高い応力の傾向が見られる箇所がある台車枠は、適切な頻度で当該箇所の超音波探傷等を実施することが望ましい。

3.5 運行の経過に関する分析

3.5.1 指令による異常事態の把握及び判断に関する分析

2.8.3(1)に記述したように、本件列車が博多駅を出発した直後から、本件車両の東京駅方デッキ付近で異音がすることを客室乗務員 a が気付いており、2.8.3(2)に記述したように、パーサーも本件列車が小倉駅を出発した後、本件車両での異音や8号車での異臭を感じていたことから、本件列車が博多駅を出発した直後には異音、異臭を伴うような台車の異常が発生していたものと考えられる。

本件車両の台車の異常については、

- (1) 2.8.3(3)に記述したように、客室乗務員 a は、広島駅～福山駅間で確認した東京駅方デッキ付近での音の状況は、博多駅～小倉駅間で聞いた音と同程度だと思ったが、2.8.3(4)に記述したように、福山駅～岡山駅間で確認した音の状況は、博多駅～小倉駅間で聞いた音より大きくなっていると感じたこと、
- (2) 2.7.2 に記述したように、本件車両の空気ばねの対角内圧差は、本件列車において、博多駅を出発する時点から名古屋駅に到着した時点まで、増加の傾向が続いていること

から、本件亀裂が進展し、WN継手の損傷が進んでいたものと推定される。

このような状況のもとで、指令員は本件車両の異常に関する情報収集を進めていたが、早期に列車を停止し、車両の点検を行う必要があるとの判断には至らなかった。

た。このことに関する分析は、次のとおりである。

3.5.1.1 異音、異臭等の不連続な発生

2.8.3 に記述したように、本件列車の車内での異音、異臭等の状況は、車掌及び車両保守担当社員から指令員に報告されており、現場の状況は関係者間で共有されていたと推定される。

しかし、2.8.3(1)に記述したように、車掌 a が東京駅方デッキに到着し異音を確認しようとした時には、本件列車は小倉駅近くで減速しており異音を認めることができなかったことや、2.8.3(3)に記述したように、本件列車が広島駅を出発した後に車掌 a は報告を受けていた異音を確認するが気にならず、また異臭も感じなくなり、指令員に車内の異臭がしなくなったことを報告するなど、本件列車での異音や異臭の発生は連続している状態になく、発生したり消えたりしていた。このことは、指令員が、早期に本件列車が走行に支障があると判断できなかったことに関与したと考えられる。

3.5.1.2 異常の重大性に関する明確な情報の不足

岡山駅から乗車した車両保守担当社員は、本件車両の東京駅方デッキ付近での異音の状況について、指令員に報告しているが、

- (1) 2.8.3(6)に記述したように、指令員の列車の走行に支障はあるかとの問いかけに対して、車両保守担当社員から、「そこまではいかないと思う」との返答を得ていたことで、指令員は、床下から音はしているが運転には支障がないと思ったこと、
- (2) 2.8.3(6)に記述したように、本件列車の運転台のモニターに異常を示す表示は出ていなかったこと、
- (3) 2.10.1 に記述したように、平成29年4月から本重大インシデント発生までの間では、走行中の列車を停止させるような異音は1件しか発生しておらず、車両の異常に起因する異臭や発煙の事象はなかったこと

から、指令員は、本件車両の台車に発生している異常の重大性を理解するための明確な情報が得られていない状況にあった。このことは、指令員が早期に本件列車が走行に支障があると判断するに至らなかったことに関与したと考えられる。

3.5.1.3 指令員と車両保守担当社員の床下点検実施に関する認識の隔たり

車両保守担当社員は、

- (1) 2.8.3(6)に記述したように、自分の見解としては車両の床下を点検したいと発言していること、

(2) 2.8.3(8)に記述したように、車両の床下点検実施の判断は指令に委ねていたと認識していたことから、指令員が本件列車の床下点検の実施について調整をしているものと認識していた。

一方、指令員は、車両保守担当社員から、床下を点検したいとの報告を一度は受けていたものの、

(1) 2.8.3(6)に記述したように、「列車の走行に支障はあるか」との問いかけに対して、車両保守担当社員から、「そこまではいかないと思う」との返答を得ていたこと、

(2) 2.8.3(6)に記述したように、床下点検の話が出ていたが、床下点検の代わりに、本件車両のモーター開放の処置で対応すると思っていたこと、

(3) 2.8.3(6)及び2.8.3(8)に記述したように、床下点検が必要であれば、車両保守担当社員から床下を見たいと明確に要請があると思っていたことから、車両保守担当社員との間で車両の床下点検の必要性に対する認識に隔たりが生じていた。このことは、指令員が床下点検の実施の指示に至らなかったことに関与したと考えられる。

また、2.8.3(6)に記述したように、運用指令員bは、車両保守担当社員からの「安全をとって新大阪駅で床下点検をやろうか」との報告を受けた時に、他の指令員から現在の状況を尋ねられ、電話機の受話器を耳から外して対応したため、その報告内容を聞き取ることができなかった。このことは、指令員と車両保守担当社員との間で生じていた車両の床下点検の必要性に対する認識の隔たりが解消されず、その後も継続したことに関与したものと考えられる。

3.5.1.4 指令員と車両保守担当社員の相互依存

2.8.3(8)に記述したように、

(1) 指令員は、車両保守担当社員が車両の専門技術者であることから、本当に危険であれば走行に支障があると明確に伝えてくると思っていたこと、

(2) 車両保守担当社員は、車両の床下点検実施の判断を指令に委ねていると認識していたこと

から、指令員と車両保守担当社員は、列車を停止させる必要が本当にあるならば相手が言うてくるだろうと、列車の運行継続の判断を相互に依存していた側面があったと考えられる。

3.5.1.5 指令員と車両保守担当社員とのやりとりにおける運行継続が前提であるかのような誘導的な言い回し

2.8.3(6)及び2.8.3(8)に記述したように、指令員は、車両保守担当社員に問いかける際、「走行上問題がない感じで大丈夫か」や「走行に支障がある感じではないですよ」のような運行継続が前提であるかのような誘導的な言い回しを用いていた。このことは、車両保守担当社員の心理に対し、深刻な報告を躊躇^{ちゅうちよ}させる方向に影響を与えかねない側面を有していると考えられる。

現場にいる車両保守担当社員においても、列車の走行に支障があるという明確な情報が得られていない状況にあり、その中でのやりとりにおいて誘導的な言い回しが用いられたことは、3.5.1.3に記述した指令員と車両保守担当社員の認識の隔たりや3.5.1.4に記述した相互依存と相まって、「直ちに列車を止めて確認をしよう」という方向性のやりとりに進まなかったことに影響を与えた可能性が考えられ、総じて早期に列車を停止して本件車両の床下点検を行う必要があるとの判断に至らなかったことに関与した可能性があると考えられる。

3.5.1.6 人間の持つ心理的傾向

人間には、異常事態に直面しても正常の範囲内であると判断して平静を保とうとする「正常性バイアス」といわれる心理的傾向がある^{*48}。また、人間には、自分の願望や信念を裏付ける情報を重視・選択し、これに反証する情報を軽視・排除する「確証バイアス」といわれる心理的傾向がある^{*49}。今回、関係者が列車の走行に支障があると判断するに至らなかった背景には、これらの心理的傾向が意識下において作用していた可能性があると考えられる。

例えば、乗務員や車両保守担当社員は、重大な危機が迫っていることに対する直接的な分かりやすい情報が目の前になかったため、意識下において大したことにはならないだろうとの心理が作用していた可能性があると考えられる。また、運用指令員が車両保守担当社員に問いかけを行う際、誘導的な言い回しを用いていることは、意識下において、「列車の走行には支障がないだろう」との心理が作用していたことによる可能性があると考えられる。これらの心理的作用により、異音、異臭等は、重大な危機と結び付けて考えられていなかった可能性が考えられ、これは「正常性バイアス」の現れである可能性が考えられる。さらに、車両の異常に起因する異音、異臭等の発生実績が少なかったことが、このような心理的作用を強めること

*48 「安全とリスクの心理学」(土田 昭司著、株式会社培風館、平成30年、PP156-158)

*49 「行動意思決定論」(M.H. ベイザーマン/D.A. ムーア著、長瀬 勝彦訳、株式会社白桃書房、平成23年、PP45-50)

につながった可能性があると考えられる。

また、そのような中で、意識下において、「列車の走行には支障がないだろう（支障ないとありがたい）」という自分の思いを支持する情報に対し意識が向く心理が作用した可能性が考えられ、これは「確証バイアス」の現れである可能性が考えられる。

3.5.1.7 適確な判断を行うための方策

- (1) 本重大インシデントのような状況下において適確な判断を行うためには、3.5.1.6 で述べた人間が誰しも持つ心理的傾向を知識として鉄道係員が理解した上で、相互依存に陥らないように、努めて中立的な視点で情報の伝達や判断を行うよう意識して対応することが必要である。そのためには、予断を排し、正確な情報伝達を確保するためのコミュニケーション能力の向上を図ることが重要である。特に指令員においては、問いかけを行う際に運行継続が前提であるかのような誘導的な言い回しを用いないようにする必要がある。

また、相互依存に陥らないようにするためには、指令が列車の運行継続の適否に関する決定権限を有していることを含め、各関係者の役割分担を明確にし、お互いに役割を理解して対応することも必要である。

これらを踏まえた上で、2.9.3に記述した「指令業務標準（基本編）」に規定された「指令員として守るべきこと」を着実に実践できるよう、意識の向上を図っていく必要がある。通常とは異なる事象が輸送の安全を脅かす場合があることを認識し、何が起きているのかが分からない場合や判断に迷う場合は、‘何が起きているのかが分からない事態は重大な事故に結びつく可能性がある’との意識を持って状況を判断し、行動することが重要である。

- (2) 2.1.1に記述したように、過去に列車の走行中に異音及び異臭、発煙を伴う重大な事象が発生している。焦げたような異臭やもや（煙）の発生は、車両に深刻な異常が発生している可能性が高いと考えられることから、過去に発生した事象を今回の異常の判断に活用できる余地があったと考えられる。

よって、過去に発生した不具合事象と、その際に生じた異音、異臭等の異常を示唆する様々な情報を収集するとともに関係者間で共有することにより、それらの情報を組織的な知見として蓄積し、異常の判断に活用することが有効である。そのため、それらの情報をいかした車両異常時の異音・異臭体感研修等を行うことにより、関係者の知識、判断能力の向上を図ることが望ましい。また、蓄積した情報は、同種の車両・施設を有する他の鉄道事業者やメーカーと共有し、相互に活用することが望ましい。

さらに、現場の状況を口頭で指令員に報告することに加え、実際の音や映

像などの情報を指令に伝送することが可能となれば、指令が現場の正確な状況を迅速に理解することの助けとなると考えられる。このため、指令員が列車の運行継続の判断を適確に行う上においては、携帯用タブレット等の情報端末の活用も有効である。

3.5.2 異常時の対応に関する分析

3.5.2.1 乗務員及び指令の異常時の対応

2.9.1に記述したように、乗務員の異常時の対応については、「運転士作業標準」、「車掌作業標準」及び「客室乗務員作業標準」において、

- (1) 事故等の異常時には、最も安全と認められる措置をとること、
- (2) この作業標準の定めのない事象に遭遇した場合で、その取扱いについて指示を受けるいとまがないときは、あらゆる事態を想定して、最も安全と認められる行動をとること

と定められている。また、2.9.3に記述したように、指令の異常時の対応については、「指令業務標準（基本編）」において、

- (1) 運転事故等の異常時が発生した場合は、その状況を的確に判断し、速やかに安全適切な処置をとること、
- (2) この業務標準に定めのない緊急事態に遭遇した場合で、その判断及び取扱いについて上長からの指示を受けるいとまがないときは、あらゆる事態を想定して、最も安全と思われる行動をとること

と定められている。

しかしながら、本重大インシデントにおいては、

- (1) 2.9.1に記述したように、車掌及び客室乗務員は、異音、異臭、もやを認識したが、本重大インシデントで発生した異音、異臭、もやの状況が、いずれも「車掌作業標準」及び「客室乗務員作業標準」に規定された異常時の対応フローに該当しないと判断していたこと、
- (2) 3.5.1.4に記述したとおり、車両保守担当社員及び指令員の対応では、列車の運行継続の判断において、相互に依存していた側面があったと考えられること

から、列車の走行に支障があるとの判断に至らなかった可能性があると考えられる。

異常時の対応フローに該当しないと判断された場合における乗務員や指令員の異常事態に対する処置の判断、特に最も安全と思われる行動をとることの判断は、一人ひとりの過去の経験に依るところが大きいと考えられる。

また、異常時の対応フローなどの規程・マニュアル等の検討においては、潜在的な危険性の洗い出しに努め、反映させることが重要である。したがって、本重大

インシデントにより得た知見や経験についても、異常な状態を見過ごしたまま列車を走行させることを防ぐ観点から、規程・マニュアル等に反映させることが必要である。

その一方で、規程・マニュアル等は、必ずしも全ての具体的なケースが網羅できているものではないことから、何が起きているのかが分からない場合や判断に迷う場合は、列車を停止させて安全の確認を行う処置（フロー）となるよう規程・マニュアル等の点検、見直しを行い、教育訓練等により、社員への浸透を図ることが必要である。

3.5.2.2 指令間協議の活用

2.9.4に記述したように、J R西日本及びJ R東海の指令員間で、車両の異常に関する情報は共有されていたものの、本件列車が名古屋駅に到着するまで、指令間協議は行われていなかった。

J R西日本の指令員を含む指令間協議は、平成29年4月1日から12月11日までの間に、361事象において行われていた。これまでの実績を分析すると、車両故障、大雨や風等による運転規制や飛来物への対応、設備故障等により、「列車の遅延や運休が発生した場合、あるいは見込まれる場合」に行われている。

本重大インシデントにおいて、指令間協議が行われなかった背景としては、本件列車は、異音、異臭等の報告があったものの、定刻に名古屋駅まで運行されていたことも関与したものと考えられる。

指令が運行や処置の判断を行う場合は、次の点を効果的に実現するため、指令間協議を有効に活用することが望ましい。

- (1) 様々な経験や知識を有する指令員がノウハウを総合して適切な判断を行うこと。
- (2) 関係各社の指令範囲を超えて広域で最適な処置方法や運行対応を検討すること。
- (3) 状況分析と方針判断を共有すること。

3.5.3 J R西日本における安全管理に関する分析

3.5.1.4に記述したように、本重大インシデントにおける運行の経過において、指令員と車両保守担当社員は相互に依存する側面があったと考えられる。指令員の問いかけは「走行上問題がない感じで大丈夫か」、「走行に支障がある感じではないですよ」という列車の運行継続が前提であるかのような確認会話が行われており、車両保守担当社員の「自分の見解としては床下を点検したいけど、そんな余裕はないよね」との現場の声に含まれる「床下点検をしたい」との思いを、指令員は結果

的に汲み取ることができていなかった。

また、2.10.1に記述したように、JR西日本では、平成29年4月1日から12月11日までの間、山陽新幹線区間での異音の申告は101件あり、そのうち車両保守担当社員が列車に乗車し点検を行った事象は4件(4.0%)であった。これと比較し、2.10.2に記述したように、JR東海では、同期間中、東海道新幹線区間での異音の申告は156件で、そのうち車両保守担当社員が列車に乗車し点検を行った事象は127件(81.4%)であった。それぞれ事象が異なるため単純な比較はできないものの、JR西日本では列車の終着駅で点検することが恒常化していた状況が認められた。

JR西日本では、様々な安全最優先の規定が存在しており、例えば、2.9.3に記述したように、「指令業務標準(基本編)」では、「状況が不明確な場合は最も安全と認められる行動をとらなければならない」と規定されている。これを具体的な行動とするためには、JR西日本は、「最も安全と認められる行動をとらなければならない」という安全最優先の考え方に立脚した行動規範に基づき安全管理の具体的方法を確認し、必要に応じて規程の見直しや係員の教育訓練に反映させる等により、安全最優先の意識に基づく行動の一層の定着を進めることが重要である。

また、2.12.2に記述したように、JR西日本は、安全上の課題や取組をまとめた「安全基本計画」を平成20年に策定しており、この計画においてリスクアセスメントを導入し、潜在的リスクの抽出やより効果的なリスク管理に向けた仕組みの改善に取り組んでいる。本重大インシデントのような車両の異音、異臭及びもやの発生などに関わる事象が有する潜在的リスクに関する分析も含め、リスクアセスメントの取組を更に進めることにより、実運用上のリスク低減方法の確立に結びつけていくことが望まれる。

3.6 異常検知に関する分析

3.1.3.2に記述したように、車両のデータ記録装置の記録を処理し、得られた空気ばねの対角内圧差の値の変化から、本重大インシデント発生前日には、本件亀裂が側ばりの剛性に影響する程度に進展したと考えられ、本重大インシデント発生当日の運行時に側ばりが変形してWN継手等、他の台車部品に影響を及ぼす程度にまで亀裂が更に広がったものと考えられる。

空気ばね内圧を検知する本来の目的は、乗客の増減に伴う車両の加減速力を調整するためのものであるが、台車部品が損傷し、その近傍にある空気ばねの支持力が低下した場合には、それに応じて値が変化すると考えられることから、空気ばね内圧から算出した対角内圧差を常時監視することにより、空気ばねにかかる荷重バランスの変化を検知することができ、台車枠の側ばりを含め車体を上下に支持する部品が損傷し

た際の異常を早期に検知できる可能性があると考えられる。

また、同様に車体を上下方向に支える荷重の変化を検知する方法として、輪重測定が挙げられる。現在のところ、輪重測定は全般検査や台車検査の機会に行われているが、車両基地への入出区の際に低速で走行しながら測定できるような輪重測定装置を設置することにより、車両や台車の輪重バランスの変化を現在より高頻度に監視することで、異常を早期に検知できる可能性があると考えられる。

このように、空気ばね内圧や輪重のデータ等を有効活用し、台車の異常な状態を乗務員等に知らせる仕組みを検討することが望ましい。

また、2.12.1に記述したように、JR東海によると、本件列車の前に運用された下り第15A列車が台車温度検知装置の設置されている箇所を通過した際の記録を本重大インシデント発生後に確認したところ、異常と判断する基準値は下回っていたものの、本件台車で通常より高い温度を記録していたとのことであった。

亀裂の発生した車両の違いや、亀裂の発生した部位により、WN継手等に影響を及ぼす度合いや台車部品の発熱の度合いも異なると考えられるが、

- (1) 3.1.3.2に記述したように、本重大インシデント発生当日の運行時に側ばり
が変形してWN継手等、他の台車部品に影響を及ぼす程度にまで亀裂が更に
広がったと考えられること、
- (2) 3.1.4.1に記述したように、本件列車が博多駅を出発した直後には、グリー
スがWN継手外部に漏れ出る程度までWN継手が発熱していたと考えられる
こと、
- (3) 3.1.4.1に記述したように、本重大インシデント後のWN継手の分解調査等
の結果から、WN継手の温度は300℃程度とみられる高温になったと推定
されること

から、今回と同様の事象においては、通常と異なる発熱の状況から台車温度検知装置を活用することにより異常を検知できる可能性があると考えられる。

4 結 論

4.1 分析の要約

- (1) 本件亀裂の起点は、側ばり下面に軸ばね座を取り付けている台車内側及び外
側の2箇所の各スロット溶接部裏境界近傍と推定され、亀裂の起点に、溶接施
工時に生じた割れが存在していた可能性があると考えられる。(3.1.1) ^{*50}

*50 本項の各文章末尾に記載した数字は、当該記述に関する「3 分析」の項目番号を示す。

- (2) 当該軸ばね座付近の側ばり下板の板厚は基準値以下であったことから、本件側ばりの強度が低下していたと推定される。(3.1.2)
- (3) 亀裂は先端まで疲労により進展したと推定される。亀裂進展シミュレーションの結果から、側ばりの下板が基準を超えて過度に研削され薄くなっている場合は、亀裂が発生した際の進展速度が大幅に速くなると考えられる。このことから、本件側ばりの下面が過度に研削され側ばり下板の板厚が薄くなっていたことが亀裂の進展速度を速め、車両寿命（台車使用期間）より短い期間で亀裂が進展したものと推定される。(3.1.3.1)
- (4) 本重大インシデント発生前日には、本件亀裂が側ばりの剛性に影響する程度に進展したと考えられ、本重大インシデント発生当日の運行時に側ばりが変形してWN継手等、他の台車部品に影響を及ぼす程度にまで亀裂が更に広がったものと考えられる。(3.1.3.2)
- (5) 本件台車枠以外の台車部品の損傷については、いずれも本件台車枠に発生していた亀裂が広がったことによる二次的なものと推定される。車内での異臭やもやは、本件WN継手から漏れ出たグリースによるものと考えられ、各車両の床下に設置された空調装置が車内の換気のため床下中央部周辺から外気を取り込んでいたため、本件車両及び進行方向後方にある車両において車内に拡散したものと考えられる。(3.1.4.1)
- (6) スロット溶接部の強度については、疲労破壊しないような設計及び検証がなされていたと考えられる。(3.2.1)
- (7) 側ばりプレス品素材の材料の強度や側ばり下面となる部分の寸法の異常はなかったものと推定される。(3.3.1)
- (8) 本件側ばり製造時において、ひずみ取りを行っていなかったために側ばりの上板や下板となる部分が開き、抱合せ溶接時に目違いの矯正等が行われていなかったこともあって、側ばりの下面の膨らみが生じたものと考えられる。本件側ばりは、冷間プレスにより製造されており、素材の加工や溶接の熱が加わる工程において、残留応力の状態が変化することにより発生するひずみの量を考慮した上での加工が十分でなかった可能性があると考えられる。このことから、冷間プレスにより曲げ加工された本件側ばりの製造時には、側ばり下面の膨らみが大きかったものと考えられる。(3.3.2)
- (9) 4.1(8)のような状況で、作業指示書に記載された「側ばり下面のグラインダー仕上げは行ってはならない」ことが組立作業者に伝わらず、その膨らみを軸ばね座の取付けに際して平らになるように削ったため、削り込み量が大きくなり、その結果、側ばり下板の板厚を大きく減少させることになったものと考えられる。(3.3.2)

- (10) 本件軸ばね座の下面は、焼鈍後に肉盛溶接が施工されたものと考えられる。これについては、焼鈍後の工程である台車枠の機械加工の最初となる軸ばね座の下面加工時に何らかの異常が発生したことにより、本件軸ばね座及びその台車端部側にある軸ばね座のみ過剰に機械加工された後に加工を中断し、その修正のため肉盛溶接が行われ、再度正規の寸法となるように機械加工が行われた可能性があると考えられる。しかしながら、肉盛溶接が施工された理由については、明らかにすることはできなかった。(3.3.4)
- (11) 台車枠の検査方法、探傷検査箇所は、過去の亀裂発生データ等に基づき指定されており、本件亀裂発生箇所については、亀裂の発生事例がなく、探傷検査の指定箇所とはなっていなかった。台車枠単体での寸法検査において異常が見られなかったことから、本件亀裂は、本重大インシデント発生前直近の全般検査時には開口していなかった可能性があると考えられる。(3.4)
- (12) 本件列車の車内で異音、異臭等が発生していたが、その発生が不連続であったことや、指令員の「列車の走行に支障はあるか」との問いかけに対して、車両保守担当社員から「そこまではいかないと思う」との返答を得ていたことなど、指令員は、異常の重大性を理解するための明確な情報が得られていない状況にあったことが、早期に本件列車が走行に支障があると判断するに至らなかったことに関与したと考えられる。(3.5.1.1、3.5.1.2)
- (13) 車両保守担当社員は、指令員が車両の床下点検の実施について調整しているものと認識していたが、指令員は、車両保守担当社員からの報告内容や、本件車両の異常に対して床下点検に代わりモーター開放の処置で対応すると思っていたこと等により、車両保守担当社員との間で車両の床下点検の必要性に対する認識に隔たりが生じていた。このことが、床下点検の実施の指示に至らなかったことに関与したと考えられる。
- また、指令員は、車両保守担当社員から報告を受けた時に、他の指令員から現在の状況を尋ねられ、電話機の受話器を耳から外して対応したため、車両保守担当社員からの報告内容を聞き取ることができなかったことが、その後も認識の隔たりが解消されず、継続したことに関与したと考えられる。(3.5.1.3)
- (14) 指令員は、車両保守担当社員が車両の専門技術者であることから、本当に危険であれば走行に支障があると伝えてくると思っており、一方で、車両保守担当社員は、車両の床下点検実施の判断は指令に委ねていると認識していたことから、指令員と車両保守担当社員は、列車を停止させる必要が本当にあるならば相手が言うだろうと、列車の運行継続の判断を相互に依存していた側面があったと考えられる。(3.5.1.4)
- (15) 指令員が車両保守担当社員に問いかける際、「走行上問題がない感じで大丈夫

夫か」などの運行継続が前提であるかのような誘導的な言い回しを用いていたことは、4.1(13)に記述した指令員と車両保守担当社員の認識の隔たりや4.1(14)に記述した相互依存と相まって、「直ちに列車を止めて確認をしよう」という方向性のやりとりに進まなかったことに影響を与えた可能性が考えられ、総じて早期に列車を停止して本件車両の床下点検を行う必要があるとの判断に至らなかったことに関与した可能性があると考えられる。(3.5.1.5)

- (16) 指令員が列車の走行に支障があると判断するに至らなかった背景には、人間が誰しも持つ‘異常事態に直面しても正常の範囲内であると判断して平静を保とうとする’心理的傾向や‘自分の願望や信念を裏付ける情報を重視・選択し、これに反証する情報を軽視・排除する’心理的傾向が意識下において作用していた可能性があると考えられる。(3.5.1.6)

4.2 原因

本重大インシデントは、車両の台車枠の側ばりに発生した亀裂が疲労により進展し、台車枠が変形したため、歯車形たわみ軸継手が許容範囲を超えて変位し損傷したことにより発生したものと推定される。

車両の台車枠の側ばりに亀裂が発生したことについては、亀裂の起点であるスロット溶接部裏境界近傍に、溶接施工時に生じた割れが存在していた可能性が考えられ、加えて、

- (1) 焼鈍後に軸ばね座下面に肉盛溶接を施工したことにより、スロット溶接部近傍に残留応力が生じていたこと、
- (2) 側ばり下板に軸ばね座を取り付ける際に、側ばり下面を過度に研削したことにより側ばり下板の板厚が薄くなり、板厚が設計上の基準値以下になっていたこと

が関与したものと推定される。

また、側ばり下面が過度に研削され側ばり下板の板厚が薄くなっていたことが亀裂の進展速度を速め、車両寿命（台車使用期間）より短い期間で亀裂が進展したものと推定される。

なお、側ばり下面を過度に研削したことについては、台車枠の製造時に、側ばり下面が膨らみ、軸ばね座の取付けに当たり加工が必要となった問題に対し、根本的な要因や対策を検討せずに対処したこと、及び台車枠の強度に関わる作業指示が十分認識されないまま製造作業が進められたことが関与したものと推定される。

4.3 異音、異臭等を認めながら運行を継続した要因

本重大インシデントにおいて、JR西日本の関係者が異音、異臭等を認めながら、

列車の走行に支障があると判断するに至らなかったことについては、

- (1) 列車の車内における異音、異臭等の発生が不連続であったことや、指令員の「列車の走行に支障はあるか」との問いかけに対して、車両保守担当社員から「そこまではいかないと思う」との返答を得ていたことなど、指令員は、異常の重大性を理解するための明確な情報が得られていない状況にあったこと、
- (2) 車両保守担当社員は、指令員が車両の床下点検の実施について調整しているものと認識していたが、指令員は、車両保守担当社員からの報告内容や、車両の異常に対して床下点検の代わりにモーター開放の処置で対応すると思っていたこと等により、車両保守担当社員との間で車両の床下点検の必要性に対する認識に隔たりが生じ、その後もその隔たりが解消されず継続したこと、
- (3) 指令員は、車両保守担当社員が車両の専門技術者であることから、本当に危険であれば走行に支障があると伝えてくると思っており、一方で、車両保守担当社員は、車両の床下点検実施の判断を指令に委ねていると認識していたことから、指令員と車両保守担当社員は、列車の運行継続の判断を相互に依存していた側面があったこと

が関与したものと考えられる。

5 再発防止策

5.1 必要と考えられる再発防止策

本重大インシデントは、車両の台車枠の側ばりに発生した亀裂が疲労により進展し、台車枠が変形したため、歯車形たわみ軸継手が許容範囲を超えて変位し損傷したことにより発生したものと推定される。

また、当日の運行において、JR西日本の関係者間で車両の床下点検の必要性に対する認識に隔たりが生じていたことや列車の運行継続の判断を相互に依存していたことにより、関係者は、異音、異臭等を認めながら、列車の走行に支障がある状況と判断するに至らなかったと考えられる。

このような事態の再発を防止するためには、次のような対策を講じる必要がある。

5.1.1 台車の亀裂について

(1) 台車枠の製造について

- ① 台車の主要部材には、車両の走行中に大きな荷重が負荷されるため十分な強度が求められ、それに応じた板厚で強度設計等がされていることから、

機械加工等、後の製造工程で除去加工を行うことが予定されている部分や設計においてグラインダー仕上げ等の指示のある箇所以外では、板厚を大きく減少させるような、設計された部材の強度を低下させることにつながる作業は行ってはならない。

また、溶接による残留応力で台車枠の疲労亀裂発生までの寿命を縮めることのないよう、広範囲にわたる肉盛溶接など、焼鈍後の台車枠に大きな入熱により残留応力を生じさせる作業は行ってはならない。

これらのことを作業に従事する者に周知徹底するとともに、設計上の強度が確保されるよう、部材の強度を低下させない製造プロセスを確実なものとするために、製造管理を徹底することが必要である。

② 健全な製品のみが実使用に供される仕組みとして、次の事項を確実に実施できる体制を整えることが必要である。

a 製造開始後の台車枠の製造現場において、製造上の支障や困難性等の問題が発生し、部材の加工等を伴う対処方法を採用する必要が生じた際には、組織的対応として、その問題や対処方法が台車枠の安全性にどのような影響を及ぼすかを評価する必要がある。特に、いわゆる3H（「初めて」、「変更」、「久しぶり」）の場合の製品の製造に際しては、試作及びロットの初品により、製造上の問題がないか確認する必要がある。

b 製造上で生じた問題やその対処方法が台車枠の安全性に影響を及ぼすものである場合は、作業を中断した上で、製造プロセスあるいは設計まで立ち返って原因を究明して対策の検討を行い、対策した結果が良好であることを確認した上で作業を再開するといった問題対処の手法を確実に実施する必要がある。

(2) 台車枠の設計・検証について

① 新規構造を採用するような台車枠の応力分布を強度設計時のコンピューターによる強度解析（FEM解析）により求める際は、より実際に近い応力を把握するため、計算モデルにおいて、剛性の違う板を局所的に接合するといった構造上の特性や、荷重を支持する位置等の拘束条件を可能な限り再現することが重要であることに留意するとともに、その解析結果から、FEM解析における計算誤差の特質を踏まえた上で、高い応力が発生する箇所の傾向を把握することが望ましい。

② 既存の台車枠においても、必要な場合には、強度設計時の計算モデルにおいて、5.1.1(2)①に記述した構造上の特性や拘束条件が可能な限り再現できているかどうか改めて確認し、場合によっては、計算モデルを改良した上で、再度、高い応力が発生する箇所の傾向を把握することが望ましい。

(3) 台車枠の検査について

- ① 台車枠の定期検査における検査方法及び探傷検査箇所は、過去の亀裂発生データ等に基づき指定されており、本件亀裂発生箇所については、亀裂の発生事例が無く、探傷検査の指定箇所とはなっていない。

このため、過去に亀裂が発生していない箇所についても、5.1.1(2)に記述したように、高い応力の発生傾向を把握した上で、溶接継手等に対する安全率を踏まえて、探傷検査の指定箇所の追加を検討することが望ましい。

- ② 本件台車と同形式の台車については、側ばり下板が設計どおりの板厚である場合は、溶接された軸ばね座により外から見えない側ばり下板の範囲で疲労亀裂が発生したとしても、疲労亀裂が進展して側ばり下板を貫通するまでには車両寿命(台車使用期間)以上の時間を要すると考えられるが、磁粉探傷や浸透探傷による検査が可能になる範囲(外から見える範囲)まで疲労亀裂が進展すると、その後は進展速度が速まると考えられるため、外から見えない範囲内で亀裂を発見できるよう、適切な頻度で超音波探傷等により内部のきずの進展を把握する必要がある。

本件台車枠と同様に、亀裂が進展し部材を貫通しても、他の部材により、その状況が外から見えない範囲(磁粉探傷や浸透探傷による検査ができない範囲)に高い応力の傾向が見られる箇所がある台車枠は、適切な頻度で当該箇所の超音波探傷等を実施することが望ましい。

5.1.2 運行継続の判断について

- (1) 適確な判断を行うための組織的取組について

本重大インシデントのような、異音、異臭等がありながら何が起きているのかが分からない場合には、‘何が起きているのかが分からない事態は重大な事故に結びつく可能性がある’との意識を持って状況を判断し、行動することが重要であり、そのような意識を醸成するための組織的取組を進める必要がある。

車両の異常を示唆する様々な情報が存在し、かつ、何が起きているのかが不明確な状況における列車の運行継続の判断については、指令員が、乗務員や車両保守担当社員等からの現場情報や見解を収集し、それらを総合的に評価して判断を行う必要がある。その際、乗務員等と指令員との間において相互依存に陥らないように、努めて中立的な視点で情報の伝達や判断を行うよう意識して対応することが必要である。そのためには、予断を排し、正確な情報伝達を確保するためのコミュニケーション能力の向上を図ることが重要である。特に指令員においては、問いかけを行う際に運行継続が前提である

かのような誘導的な言い回しを用いないようにする必要がある。

また、コミュニケーションを適確なものにするためには、人間の特性として‘異常事態のもとでも正常の範囲内であると判断して平静を保とうとする’等の心理的傾向があることを知識として理解して対応することや、情報伝達ツールを活用して現場の映像等を指令に伝送することにより情報量を拡大し、客観的情報に基づく判断を促すことも有効と考えられる。

さらに、相互依存に陥らないようにするためには、指令が列車の運行継続の可否に関する決定権限を有していることを含め、各関係者の役割分担を明確にし、お互いに役割を理解して対応することも重要である。

また、何が起きているのかが分からない場合や判断に迷う場合は、列車を停止させて安全の確認を行う処置（フロー）となるよう規程・マニュアル等の点検、見直しを行い、教育訓練等により、社員への浸透を図ることが必要である。

(2) 情報の共有やハードウェアの活用による対応について

列車の運行継続の判断を適確に行う上においては、何が起きているのか分からない事態を可能な限り減らすことが非常に重要である。そのためには、次のような取組を進めることが有効と考えられる。

- ① 過去に発生した不具合事象と、その際に生じた異音、異臭等の異常を示唆する様々な情報を収集するとともに関係者間で共有することにより、それらの情報を組織的な知見として蓄積し、異常の判断に活用することが望ましい。また、それらの情報をいかした車両異常時の異音・異臭体感研修等を行うことにより、関係者の知識、判断能力の向上を図ることが望ましい。なお、蓄積した情報は、同種の車両・施設を有する他の鉄道事業者やメーカーと共有し、相互に活用することが望ましい。
- ② 車両に搭載されているセンサー類を活用することや車両又は地上に状態監視装置を設置することなど、ハードウェアにより異常を検知するシステムを構築して、乗務員や指令に異常の発生やその程度を知らせる仕組みを検討することが望ましい。亀裂等の台車の異常な状態に対しては、空気ばね内圧のデータ等を有効活用し、早期かつ適確に検知する仕組みを検討することが望ましい。

5.2 本重大インシデント後に講じた措置

5.2.1 運輸安全委員会設置法第28条に基づく国土交通大臣に対する意見

運輸安全委員会は、平成30年6月28日、台車の亀裂に関し、同種事態の再発防止を図るため、国土交通大臣に対し、運輸安全委員会設置法第28条の規定に基

づき、次のとおり意見を述べた。

本重大インシデントにおける台車の亀裂の発生は、台車枠の製造時における作業内容が大きく関与した可能性があると考えられるが、これまでの台車枠に関する調査・分析から得られた結果に基づき、台車枠の製造過程に加え、設計・検証や使用過程を含めた各段階において、再発防止に向けて取り組むべき事項を次のとおり整理した。

国土交通大臣は、これらの事項について、所要の措置を講じるべきである。

(1) 製造に関する事項

- ① 台車枠の製造においては、設計上の強度が確保されるよう、部材の強度を低下させない製造プロセスを確実なものとするために、製造管理を徹底すること。
- ② 健全な製品のみが実使用に供される仕組みとして、以下の事項を確実に実施できる体制を整えること。
 - a 台車枠の製造現場において、製造上の支障や困難性等の問題が発生し、部材の加工等を伴う対処方法を採用する必要性が生じた際は、組織的対応として、その問題や対処方法が台車枠の安全性にどのような影響を及ぼすかを評価すること。
 - b 製造上で生じた問題やその対処方法が台車枠の安全性に影響を及ぼすものである場合は、作業を中断した上で、製造プロセスあるいは設計まで立ち返って原因を究明して対策の検討を行い、対策した結果が良好であることを確認した上で作業を再開すること。

(2) 設計・検証に関する事項

- ① 新規構造を採用するような台車枠の強度設計時のコンピューターによる強度解析（FEM解析）においては、より実際に近い応力を把握するため、剛性の違う板を局所的に接合するといった構造上の特性や、荷重を支持する位置等の拘束条件を可能な限り再現することが重要であることに留意するとともに、その解析結果から、FEM解析における計算誤差の特質を踏まえた上で、高い応力が発生する箇所を把握することについて検討すること。
- ② 既存の台車枠においても、必要な場合には、剛性の違う板を局所的に接合するといった構造上の特性や、荷重を支持する位置等の拘束条件を可能な限り再現できているかどうか、強度設計時の計算モデルを改めて確認し、計算モデルを改良した上で、再度、高い応力が発生する箇所を把握

することについて検討すること。

(3) 検査に関する事項

- ① 台車の定期検査における磁粉探傷や浸透探傷を用いた探傷検査については、高い応力が発生する箇所を把握した上で、溶接継手等に対する安全率を踏まえて、探傷検査の指定箇所の追加について検討すること。
- ② 亀裂が進展し部材を貫通しても、他の部材により、その状況が外から見えない範囲（磁粉探傷や浸透探傷による検査ができない範囲）に高い応力の傾向が見られる箇所がある台車枠は、適切な頻度で当該箇所の超音波探傷等を実施することについて検討すること。

(4) 異常検知に関する事項

亀裂等の台車の異常な状態を早期かつ適確に検知できるよう、空気ばね内圧のデータ等を有効活用し、乗務員等に異常を知らせる仕組みを検討すること。

5.2.2 国土交通省が講じた措置

- (1) 平成29年12月12日、JR西日本に対して徹底した原因究明と再発防止対策の実施を指示した。
- (2) 平成29年12月13日、新幹線を運行するJR5社に対して新幹線車両の台車の緊急点検を指示した。また、点検結果として、予備台車を含む新幹線の全10,375台車について、亀裂等の異常はないとの報告を受けた旨を、同月18日、公表した。さらに、全国の鉄軌道事業者に対しても、平成29年12月13日、本重大インシデントの概要を情報提供するとともに、新幹線以外の鉄道においても、定期検査の際に、台車枠に関して探傷検査等を確実に実施するよう指示した。
- (3) 平成29年12月20日、本重大インシデントや社会的影響の大きな輸送障害の事案が続いて発生していることを踏まえ、緊急安全統括管理者会議を開催し、最近発生した事案の情報共有と同種事案の再発防止に努めるとともに、全国の鉄軌道事業者に安全・安定輸送の確保の徹底を図るよう指示した。
- (4) 平成29年12月27日にJR西日本が公表した異常感知後も運転を継続させたことの社内調査結果を、同日、全国の鉄軌道事業者に周知するとともに、次の事項を実施するよう指示した。
 - ① JR西日本の公表内容について、現場を含め全ての関係者に周知し、各社の立場で検証等を行うこと。
 - ② 臭いや音等により異常が感じられるような事象が生じた場合には、現場の判断を最優先とし、速やかに点検を実施する等、安全を第一とした適切

な対応をとること。

- ③ 車両の直通運輸を行う事業者においては、指令所間において運行の安全に関する情報を確実に共有する等、会社間の連携の一層の強化を図ること。
 - ④ 5.2.2(4)②及び③については、必要に応じ、これらの取扱いを各社のマニュアル等に明確化する等の措置を講じること。
- (5) 平成30年2月2日、本重大インシデントや続発している鉄道の輸送トラブルを受け、「鉄道の輸送トラブルに関する対策のあり方検討会」を設置し、第1回検討会を開催した。本検討会において、台車の亀裂対策、輸送障害の再発防止対策やその背景にあると考えられる構造的な要因について分析・検討等を進めた（計5回開催）。
- 台車の亀裂対策については、本検討会に設置された「台車き裂対策ワーキンググループ W G」において、台車枠の検査マニュアルの見直し等を含め、再発防止策の検討を行った（計7回開催）。
- (6) 平成30年2月28日、JR西日本及び本件台車メーカーが公表した台車亀裂の推定原因等の調査結果について、全国の鉄軌道事業者及びメーカー関係団体を通じてメーカー各社に対して周知するとともに、本件台車メーカーへの作業工程や組織体制等、今回の事象に至った背景等について聞き取りを行った。
- (7) 平成30年3月30日、JR西日本が公表した「新幹線の安全性向上の取り組みについて」を全国の鉄軌道事業者に周知するとともに、JR西日本に対して、再発防止対策等の着実な推進に取り組むとともに、講じた対策及びその進捗状況を定期的に報告するよう指示した。
- (8) 平成30年6月28日、運輸安全委員会による経過報告の公表及び国土交通大臣に対して述べた意見について、全国の鉄軌道事業者及びメーカー関係団体を通じてメーカー各社に対して周知した。
- (9) 平成30年7月27日、「鉄道の輸送トラブルに関する対策のあり方検討会」における取りまとめを公表した。

台車の亀裂対策については、設計、製造、検査、運用（営業走行中）のそれぞれの段階における取組を総合的に勘案した最適な台車枠の亀裂対策を取りまとめ、この取りまとめの中で、検査については、台車枠の検査マニュアルの見直しが必要等とされた。この取りまとめには、同年6月28日に運輸安全委員会が述べた国土交通大臣に対する全ての意見に対応した措置が取りまとめられている。

また、安全に関わる基本的な問題についての検討も行い、安全意識の徹底と実行に関して、「安全が確認できない場合は躊躇無く列車を止める」といっ

た安全第一の方針を徹底させるために、経営トップが率先して取り組むとともに、現場を含めた鉄道従事員が「考動」し、その結果を組織として適切に評価し、さらなる見直しを行う等の対応方針が取りまとめられた。

国土交通省は、全国の鉄軌道事業者に対して、本取りまとめを周知し、その趣旨を踏まえ、対策の検討・実施を指示するとともに、メーカー関係団体を通じてメーカー各社に対しても、対策を実施するよう指示した。

(10) 平成30年9月28日、本件台車メーカー内に設置した「全社品質管理委員会」による調査結果等を踏まえ公表した「N700系新幹線台車枠の製造不備について」を、メーカー関係団体を通じてメーカー各社に対して周知するとともに、本件台車メーカーに対しては、5.2.2(6)の聞き取り結果も踏まえ、当該是正策の着実な実施及び進捗状況の報告並びに鉄道車両製造全体の品質管理の向上に万全を期すよう指導した。

(11) 平成31年2月19日、5.2.2(9)の「鉄道の輸送トラブルに関する対策のあり方検討会」の取りまとめを受けて、「鉄道に関する技術上の基準を定める省令等の解釈基準」に基づく「台車枠の検査マニュアル」の一部を改正した。

(附属資料2 改正された「台車枠の検査マニュアル」 参照)

5.2.3 本件車両を所有するJR西日本が講じた措置

(1) 新幹線の台車の点検

① 緊急点検

JR西日本が所有する新幹線車両の全台車2,487台について、平成29年12月15日までに緊急点検を実施し、亀裂等の異常がないことを確認した。

② 目視検査

当面は、仕業検査及び交番検査において、台車の当該部位に亀裂やきず等がないか、目視で入念に検査することとした。

③ 超音波探傷等

当面は、全台車について、全般検査及び台車検査時に、超音波探傷及びファイバースコープによる溶接部の詳細な状態確認を実施することとした。なお、側ばり下板の板厚が基準値以下の台車については、交換までの間、定期的に超音波探傷を実施することとした。

④ 台車の交換

本件台車メーカー製の側ばり下板の板厚が基準値以下のもの101台車について、順次交換を実施し、平成30年12月5日までに交換を完了した。なお、超音波探傷の結果、微細なきずの疑いのあるもの22台車（板

厚が基準値以上の11台車を含む)については、平成30年3月20日までに交換を完了している。

(2) 異常事態が発生した際の適切な対応

亀裂に関する様々な予兆が認められていたにもかかわらず運転を継続したことについて、社外有識者からヒューマンファクターの視点で検証内容に対する評価や提言を受けるため、平成30年1月8日に「新幹線重大インシデントに係る有識者会議」を設置した。有識者会議は「新幹線異常感知時の運転継続事象への再発防止対策に関する検討結果について」を取りまとめ、同年3月27日に公表した。これらの提言内容を含めて、同社は、同年3月30日に「新幹線の安全性向上の取り組みについて」を公表し、以下の取組を進めていくこととした。

① 車両保守担当社員と指令員の間で車両の状況についての認識のずれがあり、運行停止に関する判断基準も曖昧であったことから、以下の内容を実施することとした。

a 言語技術に関する教育等を実施することにより、情報を伝達する際の言葉を工夫することとした。(例:運転に支障はありますか→車両点検しましょうか)

b 平成30年1月から指令に車両保守担当業務経験者を配置するとともに、指令所指導体制を強化することにより、指令の体制の強化を図った。

c 乗務員と指令員間で会議用アプリを活用するとともに、指令所内の音声モニターを増備することや、指令間情報共有のシステムに書画機能を追加することにより、コミュニケーションツールを充実させた。(平成30年2月までに導入)

d 指令員と車両保守担当社員等との間でクロスオーバーミーティングを実施するとともに、合同シミュレーション訓練や、訓練用列車を使用した本線上での停止手配及び車両点検の訓練を実施することにより、指令員と車両保守担当社員等との連携強化を図った。

e 異音、異臭、もや、振動等が複合して発生する事象についての対処ルールを策定し、全乗務員および全指令員に指導するとともに、車内で発生する音や車両の油脂等から生ずる臭いを体感する訓練を全乗務員に対して実施し、判断基準の明確化を図った。

f 運転士、車掌、客室乗務員を対象に、Think-And-Act

Training^{*51}において、時間経過とともに状況が変化する設定での訓練を実施するなど、ヒューマンファクターの知見に基づく教育訓練を実施した。

g 走行中の車両の台車の異常を検知する地上装置として、台車異常検知装置を博多駅～新大阪駅間に5箇所整備していくこととし、台車各部の温度を監視することにより、温度の傾向から異常の兆候を把握することとした。また、空気ばね圧力による異常検出（N700Aタイプ車両に平成31年3月までに順次搭載）や台車部品の振動による異常検出（N700系8両編成に順次搭載）など、走行中の台車の異常を検知する車上装置を導入することとした。

h 車両保守担当社員の即応体制を整備（走行管理班を岡山駅（平成30年2月）及び広島駅（平成30年12月）に新設）することにより車両添乗による確認体制を強化した。

- ② 異音等が発生しているにもかかわらず、走行に支障がないと判断し、JR東海に指令間協議を申し出ずに運行を引き継いだことから、運転中に車両故障等が発生した場合は指令間協議で引き継ぐことを再徹底するとともに、会社間境界を越えたエリアでの車両点検や運転検査のルールについての教育を実施した。
- ③ 車両保守担当社員と指令員は運行停止に関する判断を相互に依存する状況であったことから、「異常時には現場の判断を最優先する」という価値観をあらためて社内で共有するとともに、「安全であることが確認できない場合は躊躇なく列車を停止させる」ことを繰り返し伝達した。

(3) 安全管理体制の強化

新幹線専属の組織として「新幹線鉄道事業本部」を平成30年6月1日に鉄道本部内に設置し、新幹線鉄道事業本部長や各系統の部長を新幹線専任の安全管理者として配置した。あわせて、山陽新幹線のオペレーションを担っていた支社組織「新幹線管理本部」と一体化し、本社と現場との意思疎通や系統間連携、意思決定が円滑にできる体制とした。

*51 「Think-And-Act Trainig」とは、航空業界で実施されているCRM（Crew Resource Management）訓練を参考としたJR西日本で実施されている訓練であり、乗務員間の連携強化を図る訓練のことをいう。

5.2.4 本件車両と同形式の車両を所有するJR東海が講じた措置

(1) 新幹線の台車の点検

① 緊急点検

所有する新幹線車両の全台車4,440台について、平成29年12月15日までに緊急点検を実施し、亀裂等の異常がないことを確認した。

② 目視検査

当面は、仕業検査及び交番検査において、台車の当該部位に亀裂やきず等がないか、目視で入念に検査することとした。

③ 超音波探傷等

当面は、全台車について、全般検査及び台車検査時に、超音波探傷及びファイバースコープによる溶接部の詳細な状態確認を実施することとした。なお、側ばり下板の板厚が基準値以下の台車については、交換までの間、定期的に超音波探傷を実施することとした。

④ 台車の交換

本件台車メーカー製の側ばり下板の板厚が基準値以下のもの46台車及び板厚は基準値以上であるが超音波探傷の結果、微細なきずの疑いのあるもの3台車を交換した。(平成30年11月14日完了)

(2) 異常事態が発生した際の適切な対応

① 新幹線台車温度検知装置

新幹線台車温度検知装置による走行中の台車のモニタリングを強化するとともに、東京駅～新大阪駅で2箇所設置している新幹線台車温度検知装置を更に3箇所増設し、合計5箇所とすることとした。測定した温度データから、各台車の温度推移を監視し、異常の有無を自動判定する検知手法を新たに導入することを決めた。

② 車両状態の監視機能の追加

車両データ(台車の空気ばね圧力)を自動的に分析し、台車の異常を検知した際に運転台にアラーム表示する機能を追加することとした。N700Aタイプ車両で順次搭載を予定している。

③ 指令における車両状態のモニタリングの強化

新幹線総合指令所に専任の車両技術者を新たに配置(平成30年6月)し、走行中の車両機器の状態や台車温度を監視できる端末を新設することにより、車両状態のモニタリングを強化することとした。

④ 乗務員への訓練内容の充実

台車などの車両機器に異常が発生した際の臭いや通常の走行音を体感する訓練を東海道新幹線の全ての乗務員及びパーサーに対して実施した。

5.2.5 本件台車メーカーが講じた措置

(1) 緊急調査の結果と台車の交換

本重大インシデント後に判明した状況を取りまとめ、平成30年2月28日に「N700系新幹線車両台車枠について」により、台車枠に製造不備があったこと等を公表した。

- ① 亀裂が発生した台車枠と同じ仕様で製造したN700系用台車枠について、軸ばね座溶接部近傍の板厚を全数測定した上で、側ばり下板の板厚が規定の7mmを下回っていることが判明した台車枠を交換することとした。また、側ばり下板の板厚が7mmを下回っていない場合でも、超音波探傷によりきずの存在が疑われる台車枠を交換することとした。
- ② 図面に基づく作業指示が確実に遵守されているか、現場のみの判断で作業指示から逸脱した製造が行われていないかについて、緊急調査を行い、同様の問題がないことを確認した。

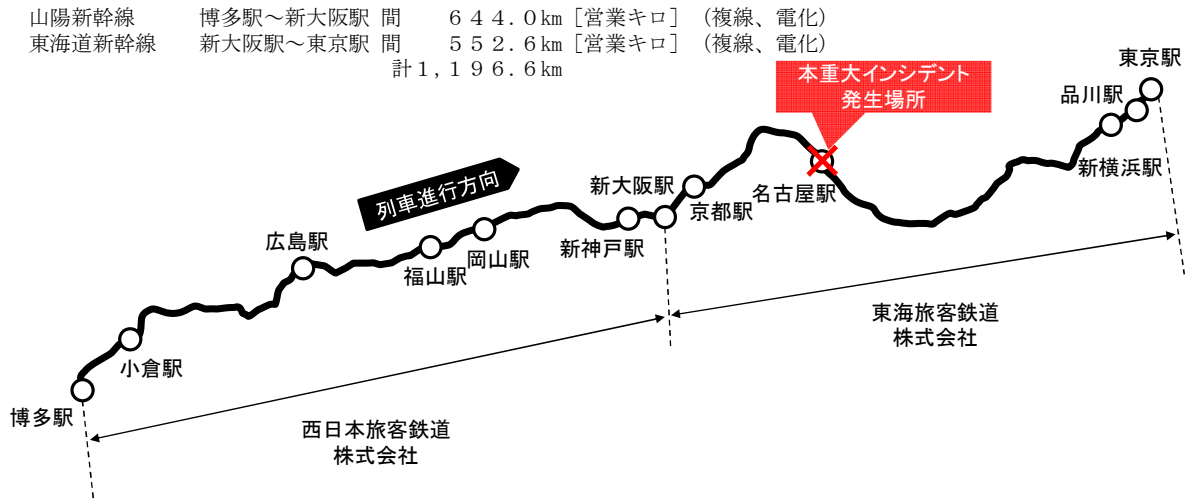
(2) 再発防止のための品質管理是正策

平成30年4月に外部の有識者を招いた「全社品質管理委員会」を設置し、品質管理手法を用いた分析により、原因究明と再発防止策を検討し取りまとめ、同年9月28日に「N700系新幹線台車枠の製造不備について」を公表した。

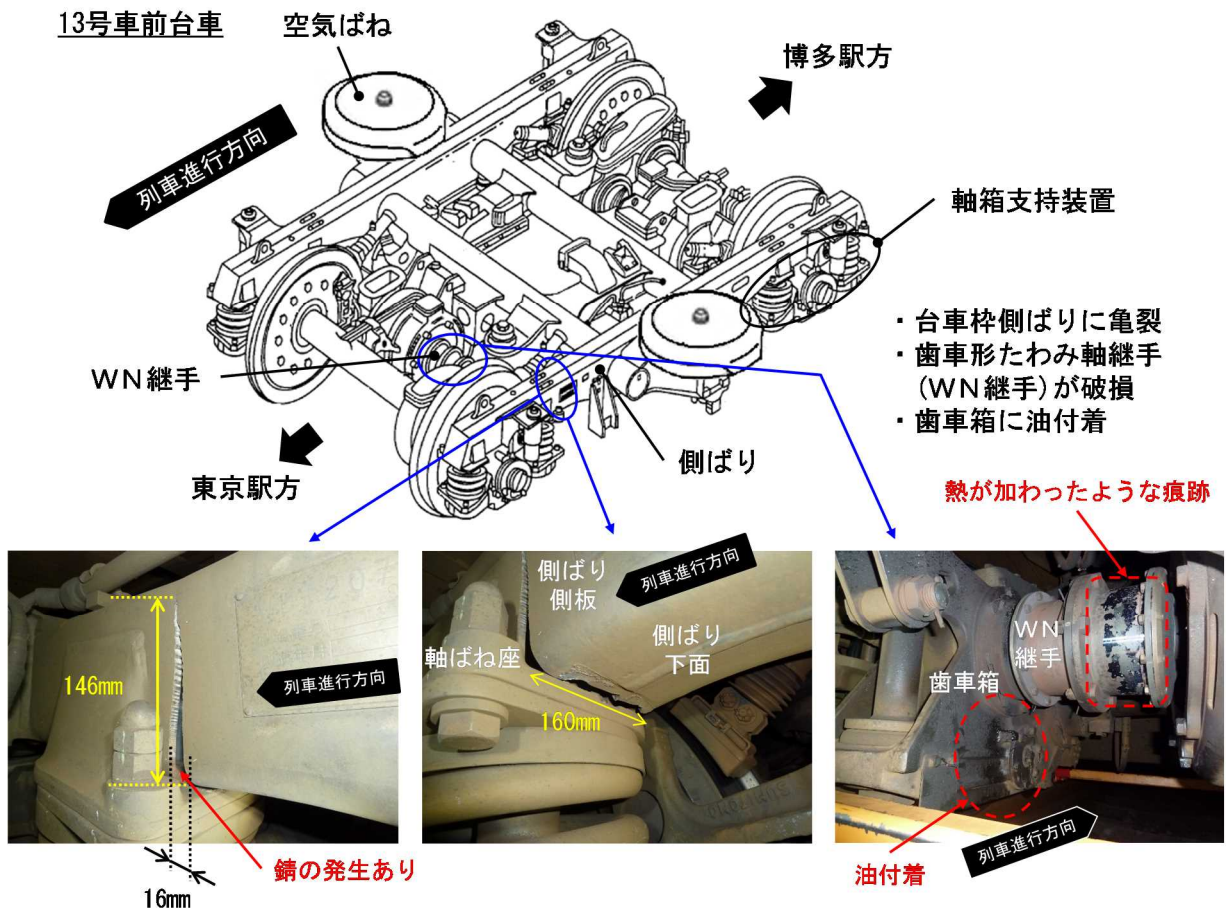
本重大インシデント発生以降は、初号機もしくは初編成の検査過程における検査確認プロセスや、製品完成段階で確認が難しい部位を検査対象とする等の見直しを行った。また、品質管理の再発防止策として、主に次の4点を重点的に取り組むこととした。

- ① 過度な製造現場依存からの脱却を図るために、品質を確保する上で重要な設計ポイントを関係部門が共有できる仕組みを構築するとともに、製造作業を標準化・可視化することで問題を顕在化しやすくする手法を導入するなど、業務プロセスの見直しを実施する。
- ② 不具合を未然に防止するために、業務プロセスの見直しに加え、設計・製造等における変化点管理と起こり得る問題の抽出・事前対策を徹底し、リスク管理の強化を図る。
- ③ 過度な製造現場依存から脱却し、リスク管理の強化を図るために、部門間連携の強化を推進する。
- ④ 品質・安全等を含めた社内の教育体系を再整備し、教育内容の充実を図る。

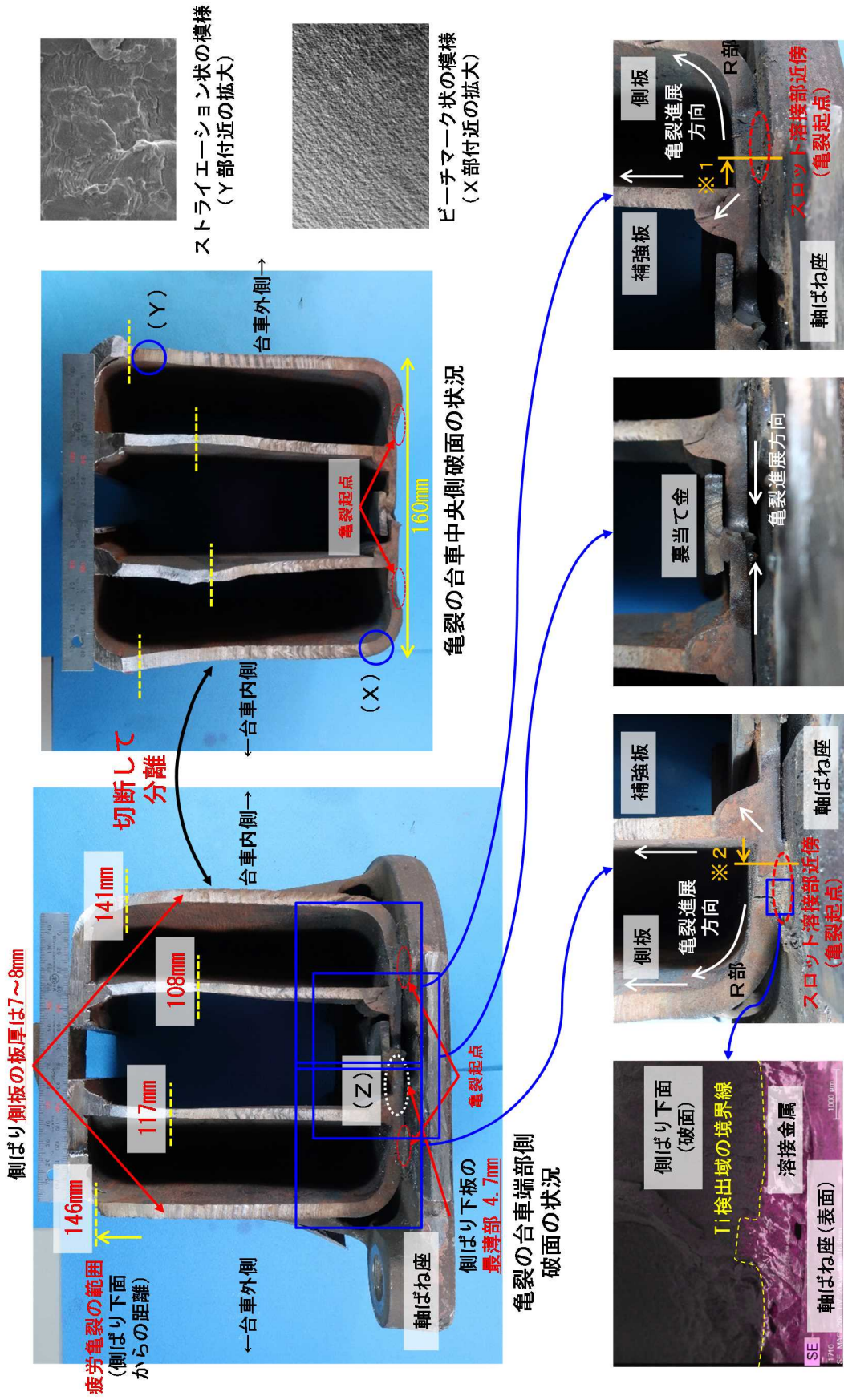
付図1 山陽新幹線及び東海道新幹線の路線図



付図2 台車の構造及び損傷状況



付図3 亀裂の破面の状況

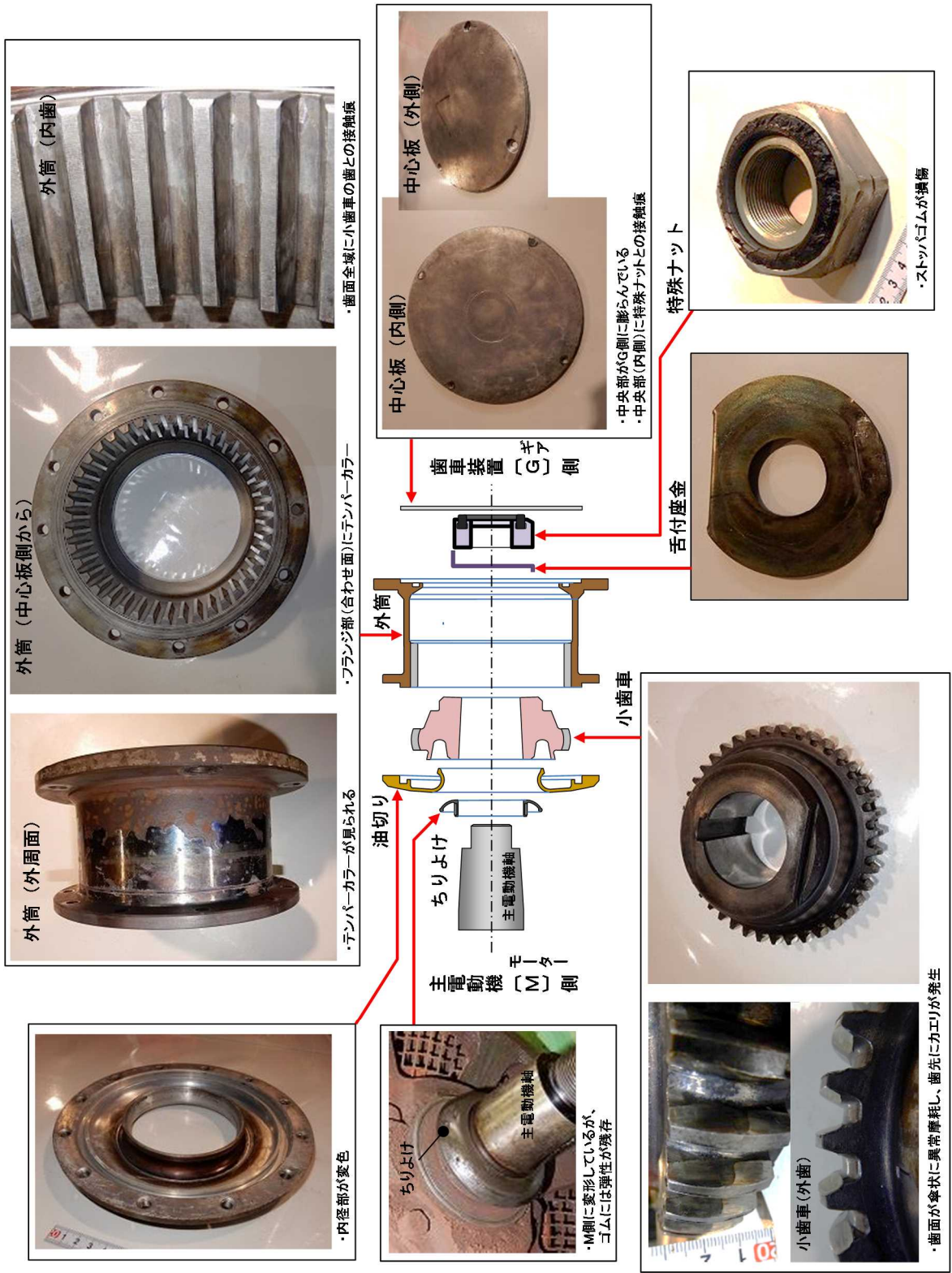


E D X 分析結果

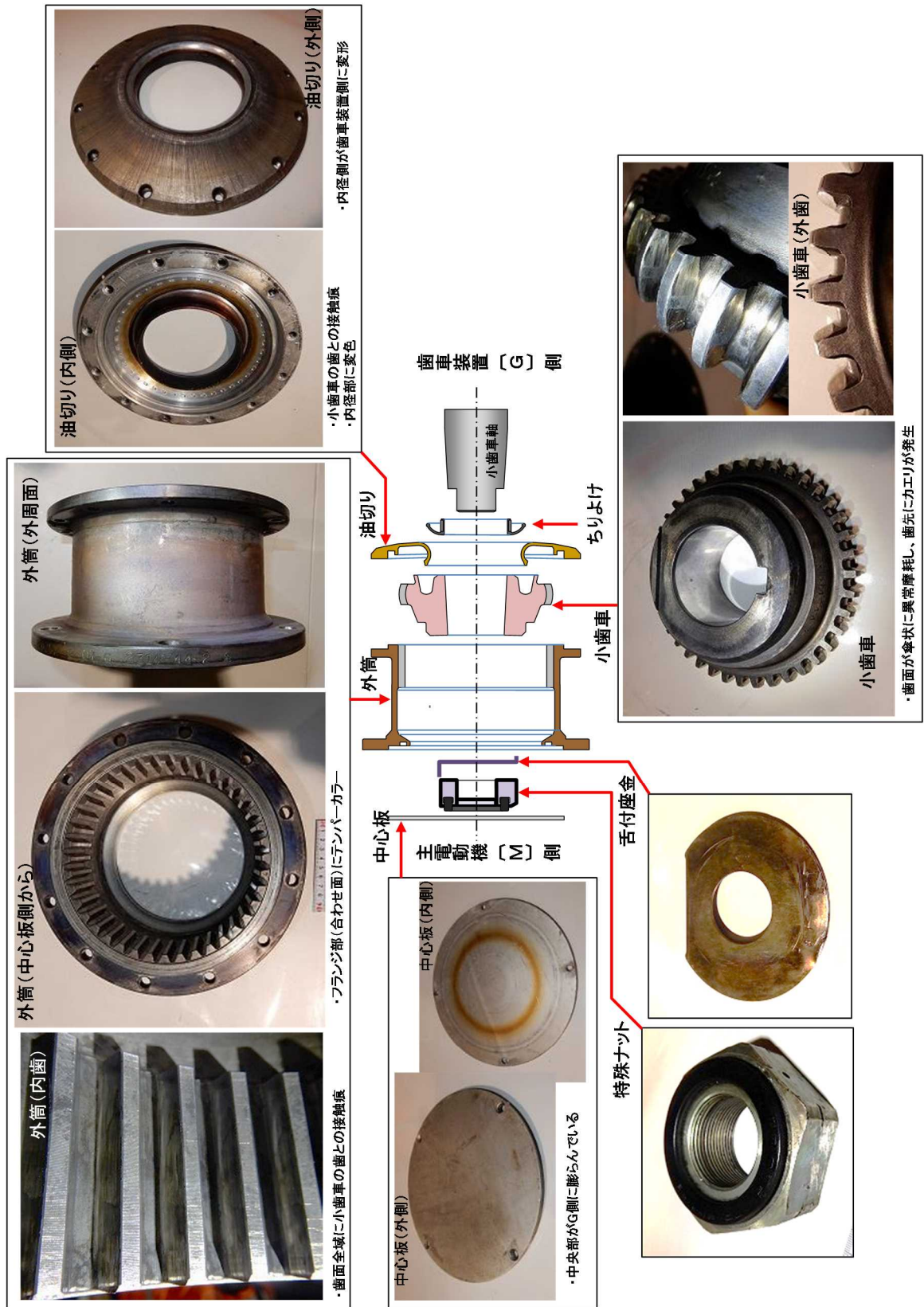
※1 亀裂の断面 (図4写真)

※2 亀裂の断面 (図5写真)

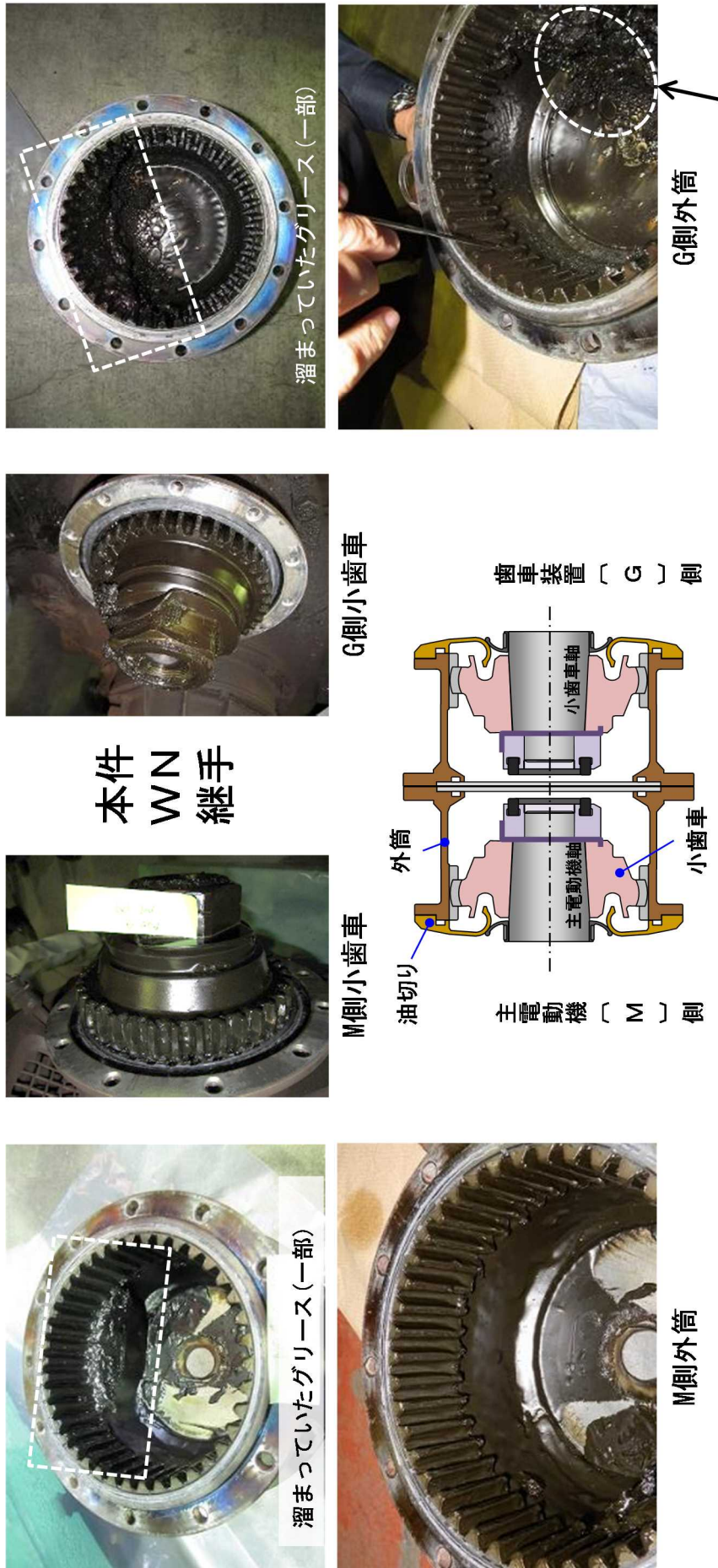
付図4 本件WN継手の損傷状況（その1）



付図4 本件WN継手の損傷状況 (その2)



付図5 本件WN継手内部のグリースの状態



本件
WN
継手

溜まっていたグリース(一部)

溜まっていたグリース(一部)

M側外筒

G側外筒

一部が泡立ち、スポンジ状となって固まる

付図6 車輪のリム面の痕跡



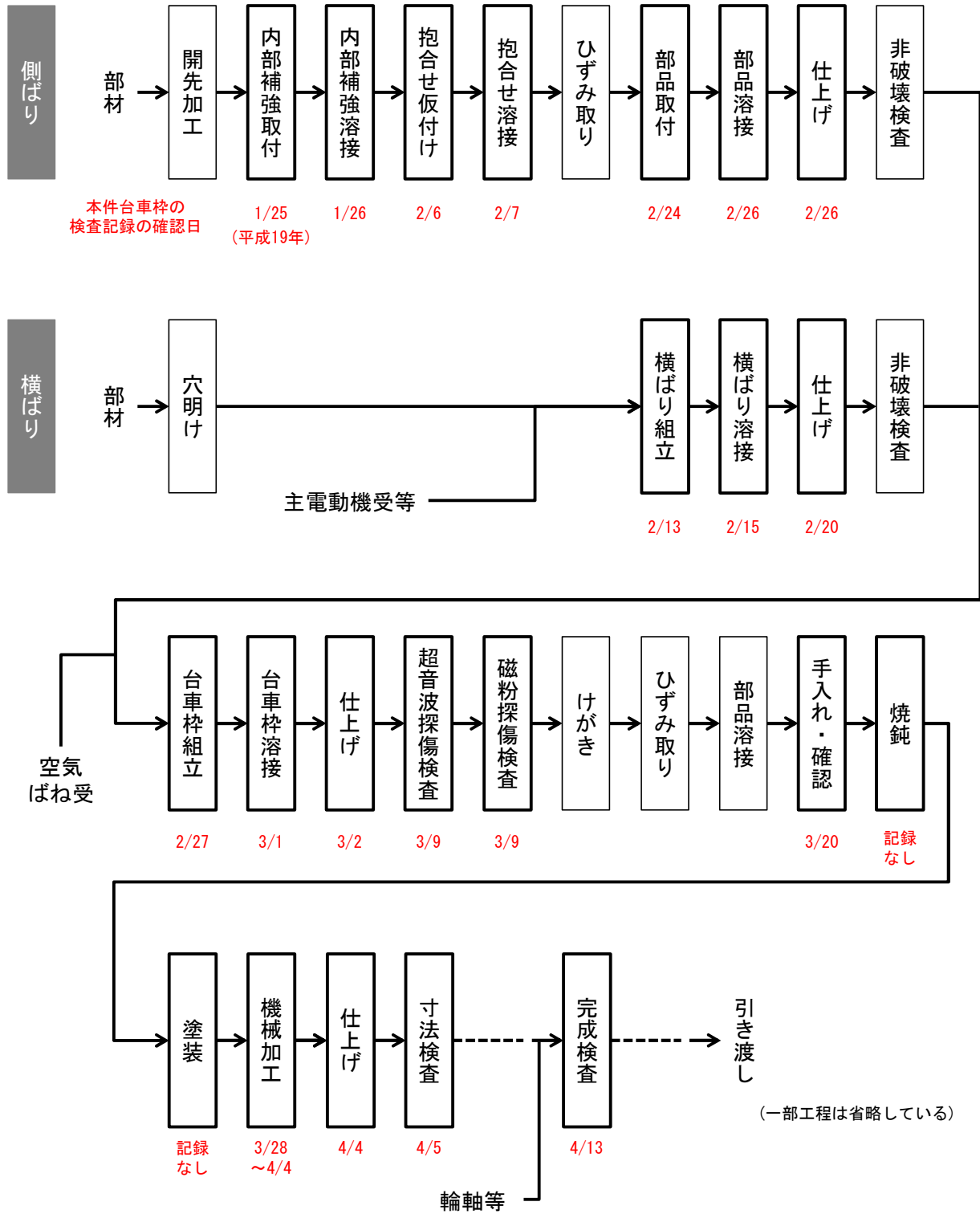
(a) 裏リム面

(b) 表リム面

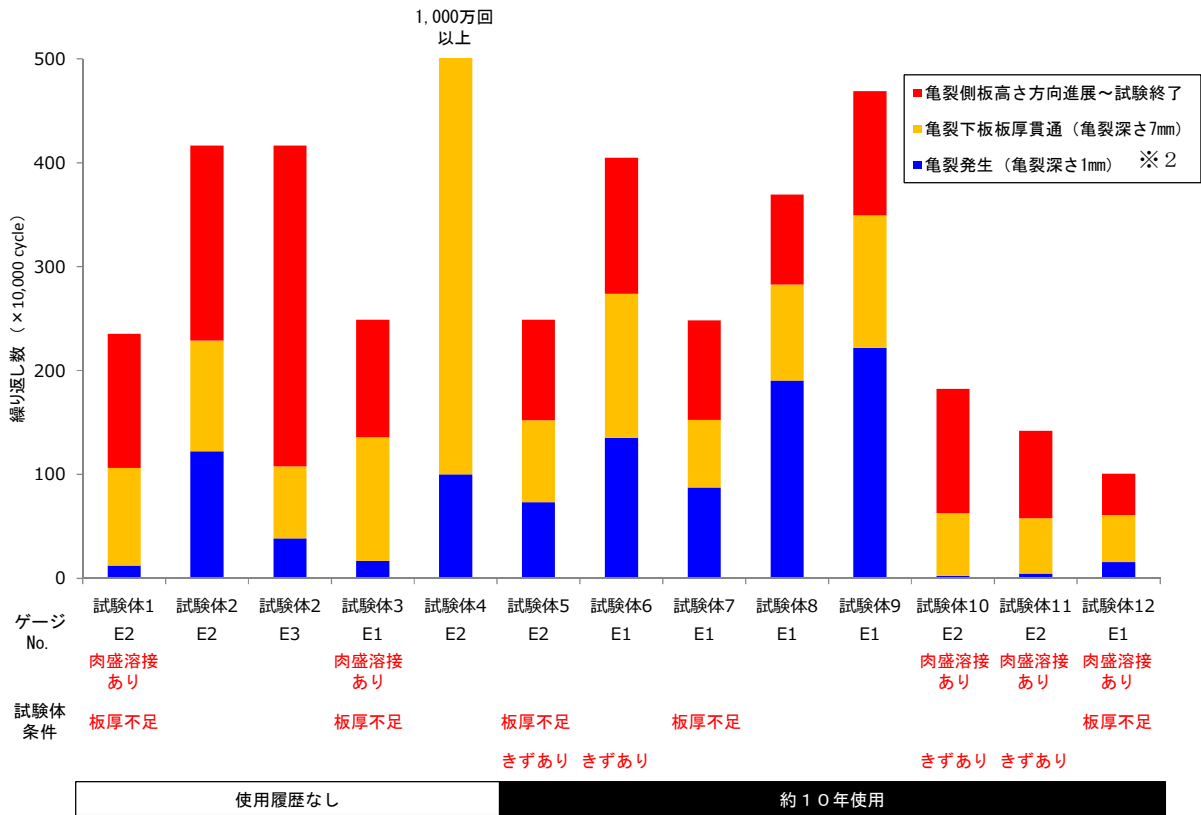
付図7 踏面清掃装置と内部のラック及びラック受の状態



付図8 台車枠の製造工程



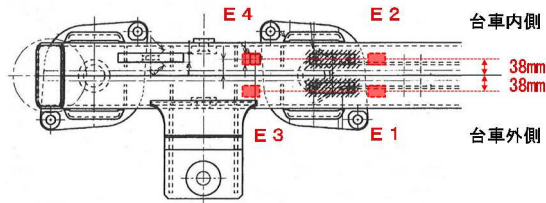
付図9 試験体による疲労試験の結果



試験条件

※1 N700Aの量産車を用いた東海道・山陽新幹線における現車走行試験により計測された亀裂発生部位直近の前後方向の応力を基に、常時、満員乗車の荷重条件で運用されたと仮定した荷重に換算して計算の入力条件とした。FEMによる解析の結果等から、亀裂発生箇所付近の側ばりの側板に同等の応力範囲を与える上下荷重を軸ばね位置に繰り返し負荷した。

※2 一定の繰り返し数ごとに負荷荷重を短期間変化させることにより亀裂の進展を変化させ、試験後に追跡可能とした。また、これにより得られた破面の模様とスロット溶接部中心線上のひずみゲージで測定されたひずみ範囲の低下の状況との関係により、疲労亀裂発生直後のひずみ範囲低下率を試験開始時の3% (板厚方向の亀裂深さ1mmに相当)、亀裂の板厚貫通時のひずみ範囲低下率を30% (板厚方向の亀裂深さ7mm (下板貫通) に相当) と定義し、その時点での負荷の繰り返し数を求め、各試験体で比較を行った。

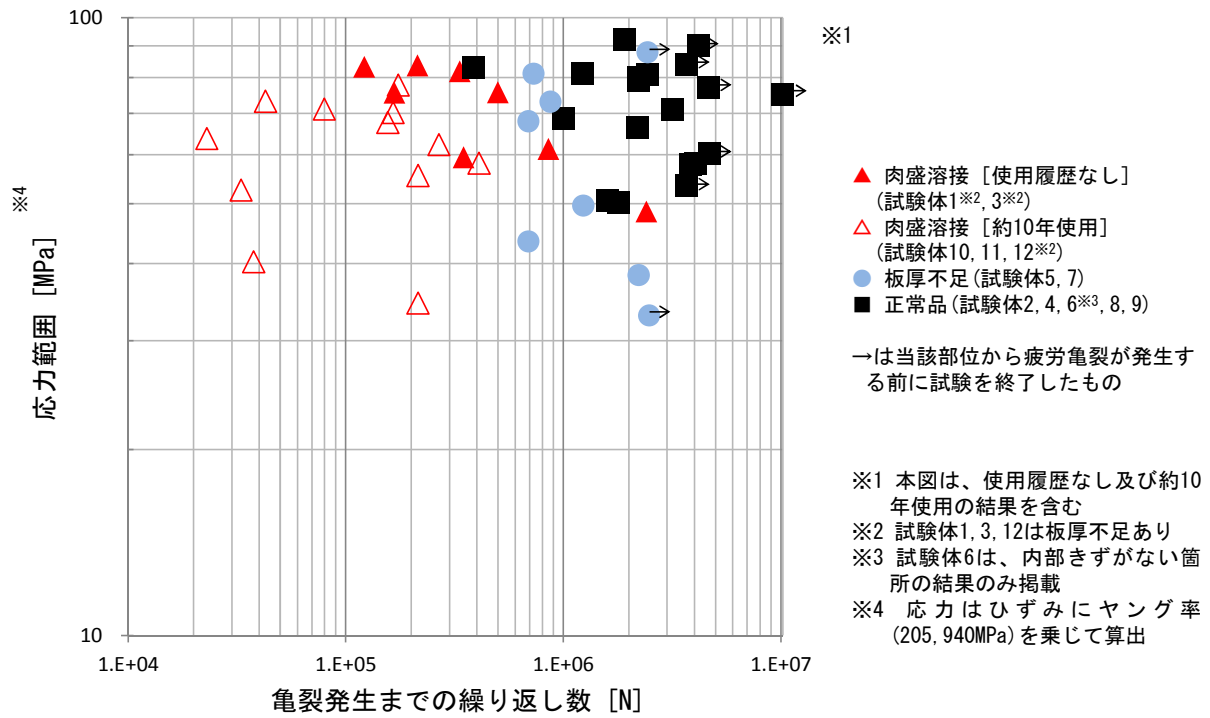


ひずみゲージの貼付け位置

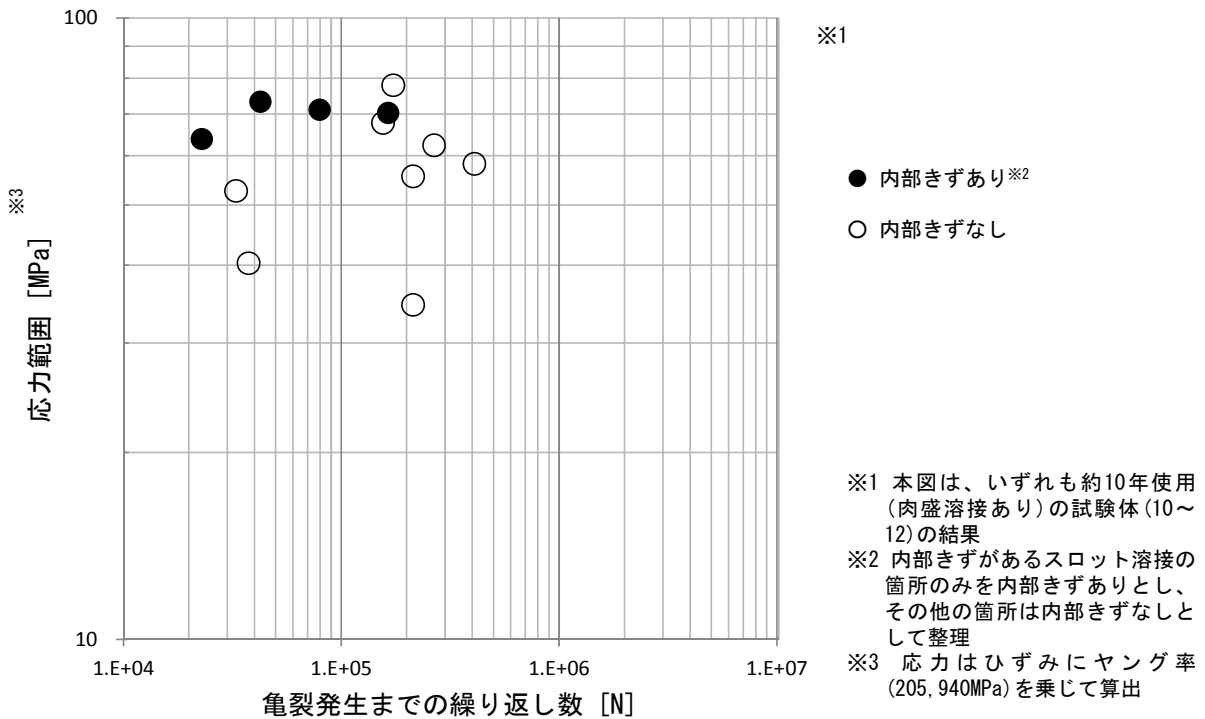


試験の状況

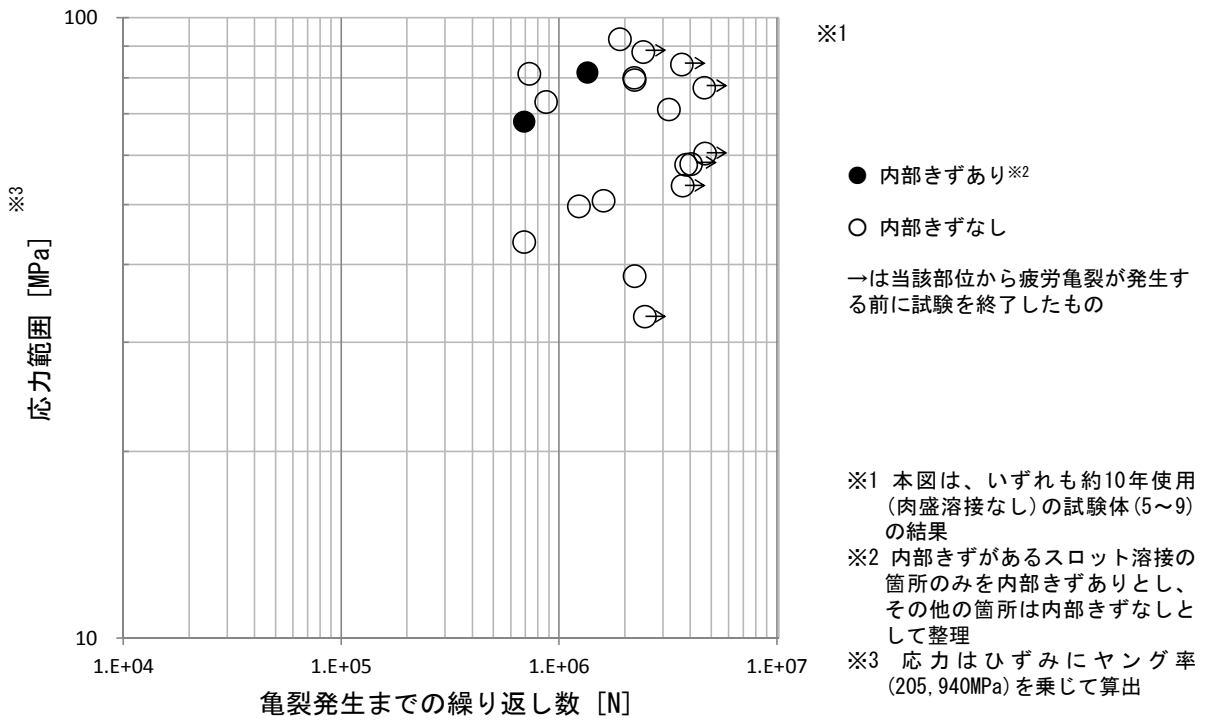
付図 1 0 試験体による疲労試験の結果の傾向



(a) スロット溶接近傍の応力範囲と疲労亀裂発生寿命の関係

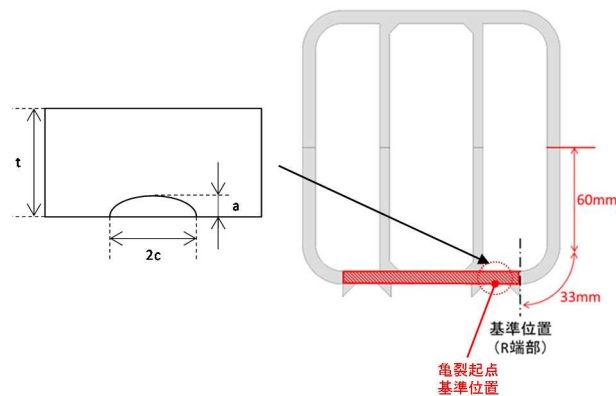


(b) スロット溶接近傍の応力範囲と疲労亀裂発生寿命の関係 [肉盛溶接あり]



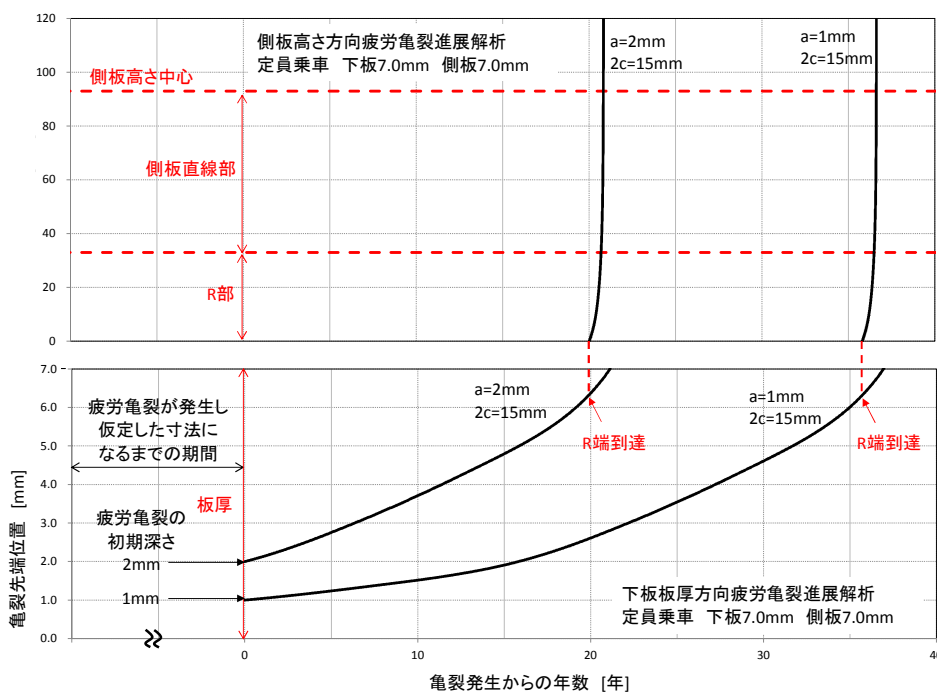
(c) スロット溶接近傍の応力範囲と疲労亀裂発生寿命の関係 [肉盛溶接なし]

付図 1 1 初期疲労亀裂のイメージ及び亀裂発生基準位置

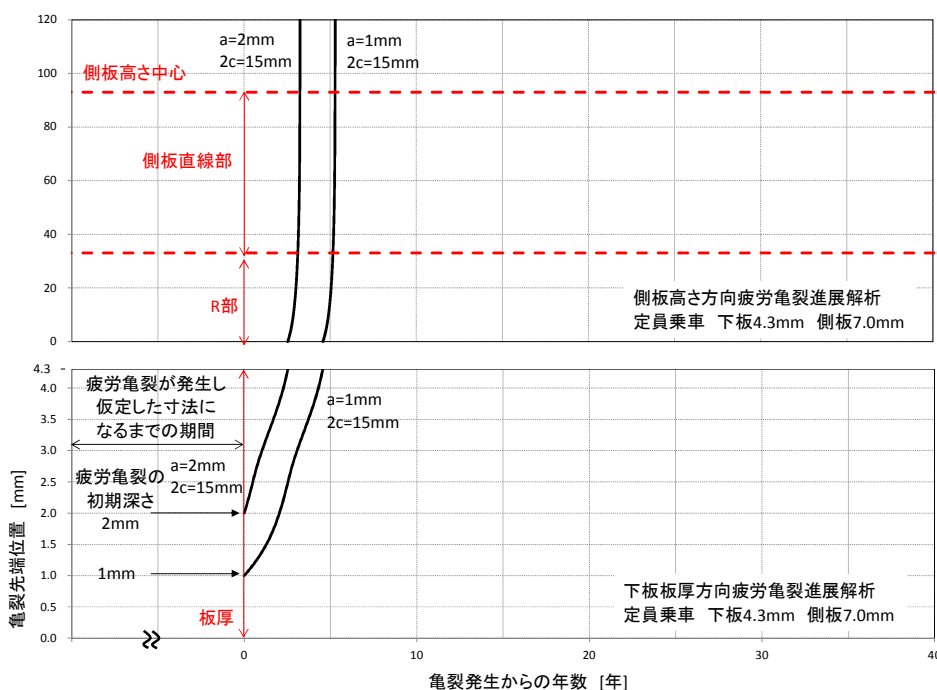


※「2c」は疲労亀裂の初期幅、「a」は疲労亀裂の初期深さ、「t」は板厚を示す。

付図 1 2 疲労亀裂進展解析（シミュレーション）の結果



(a) 下板の板厚が 7.0 mm の場合の結果

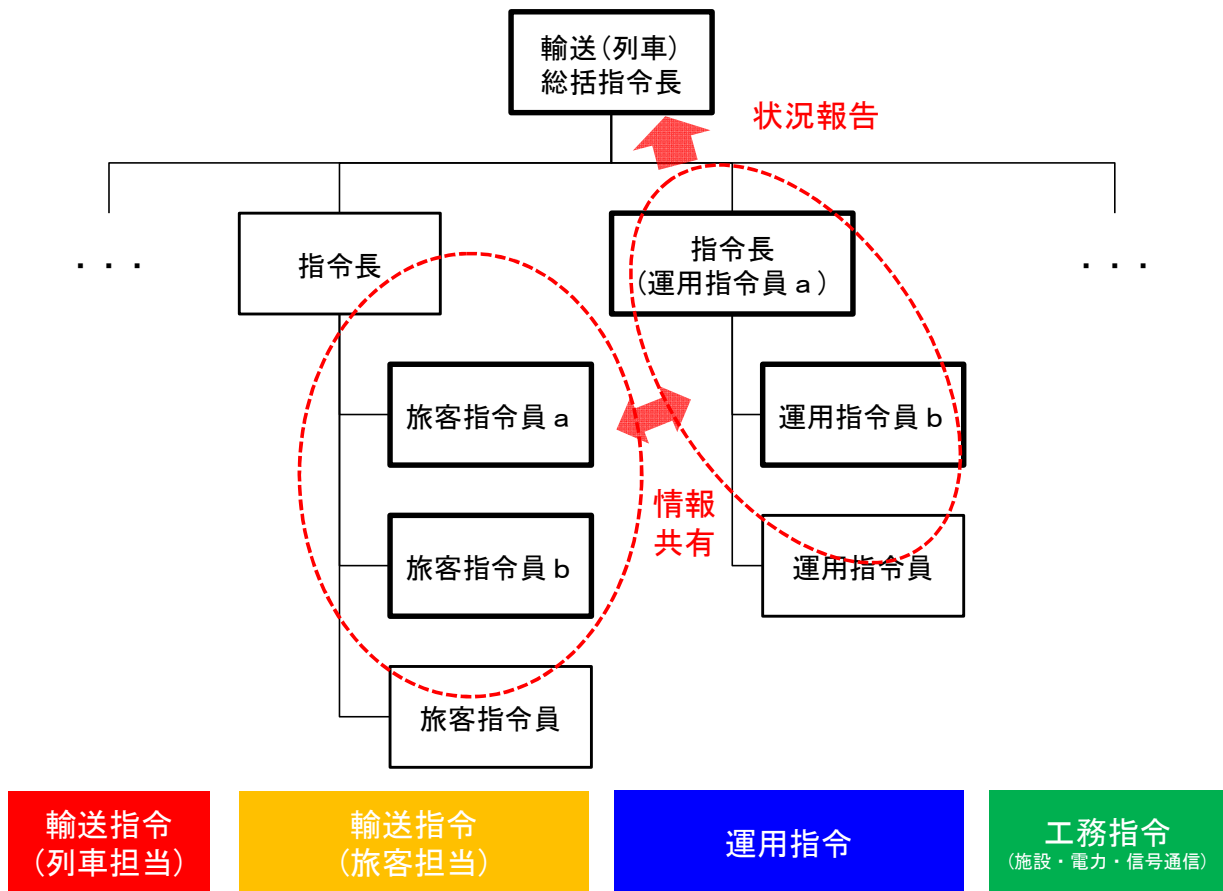


(b) 下板の板厚が 4.3 mm の場合の結果

※ (a) 及び (b) 中の「 $2c$ 」は疲労亀裂の初期幅、「 a 」は疲労亀裂の初期深さを示す。

※ 亀裂発生からの年数は、現車走行試験で測定した応力頻度データを使用して、負荷の繰り返し数を年間の平均的な走行キロ（60万km/年相当）で換算して得られたものである。

付図 1 3 J R 西日本の指令の組織体系



附属資料1 本重大インシデント発生時点の「台車枠の検査マニュアル」(抜粋)

※ 「鉄道に関する技術上の基準を定める省令等の解釈基準について」(平成14年3月8日付け国土交通省鉄道局長通達)の別冊3「施設及び車両の定期検査に関する告示の解釈基準」の別紙第3「台車枠の検査マニュアル」より抜粋した。

1. 台車枠の検査方法の見直しについて

(1) 経緯

平成10年10月以降、複数の鉄道事業者で台車枠のき裂が相次いで発見され、全国の鉄道事業者に過去10年間の台車枠き裂の発生状況を調査したところ、多数の事例が報告された。このため、今後の台車枠の検査方法について抜本的な対応が求められることとなった。

この対応としては、緊急対策「台車の緊急点検の実施について」(平成12年4月8日付け鉄保第55号)により、特定台車を対象に磁粉探傷検査等による詳細な検査を実施したが、今回さらに重要部検査及び全般検査時に確実に台車枠き裂が発見することが出来るよう台車枠の検査マニュアルを策定した。

(2) 台車枠の検査を定期的実施することの重要性

台車枠に発生するき裂の大きさに関しては、磁粉探傷検査や浸透探傷検査などで容易に検出可能な40mm程度のき裂が塑性変形に至るまでに拡大するには120～150万km程度の走行が必要であり、き裂が急激には進展しないことが明らかになっている(略)。

このため、台車枠にき裂が発生したとしても、き裂が小さいうちに発見して処置ができれば、脱線などの重大事故が防止できると考えられる。すなわち、重要部検査及び全般検査の定期検査で、磁粉探傷検査などき裂が確実に発見できる方法により、き裂の有無を検査することが重要である。

2. 台車枠の検査

(1) 台車枠の重点検査箇所の指定

過去のき裂発生データ分析(略)より台車枠き裂の発生箇所は、側はり・ばね帽ばね座溶接部、側はり溶接部、側はり・横はり溶接部、主電動機及び駆動装置取付部、部品取付部などの溶接部に多く発生していることが判るが、台車形式特有の部位にき裂が発生している場合もあることから、各事業者がそれぞれの車両

の台車枠構造の特性を考慮して、重点検査箇所を指定して台車枠の検査を行うこととする。

なお、重点検査箇所の指定にあたっては、過去のき裂発生箇所事例を示した「台車枠き裂発生事例集」を参考とすること。

(2) 台車枠の検査方法

重点検査箇所における台車枠き裂の検査方法は、基本的には探傷検査により行うこととする。ただし、塗装や汚れを除去することにより目視で確実な確認が可能な箇所や次項に示すような特別な対策が施された台車枠の検査については、目視による検査を行ってもよいこととする。

なお、台車は設計製造時期の違いにより信頼性や耐久性が異なることや、速度向上等による荷重条件の変化の影響が考えられることから、き裂の検査方法は台車形式ごとに定める必要があることに十分注意する必要がある。(略)

(3) 特別な対策が施された台車

近年設計・製造された台車については、

- ① 溶接接合部の溶け込み状況の確認（例：超音波探傷又はX線透過検査等の実施）
- ② 溶接表面形状不良による応力集中除去（例：グラインダ仕上げ等の実施）
- ③ 溶接表面の確認（例：磁粉探傷、浸透探傷等の実施）
- ④ 精度の高い強度評価（例：多数点測定による静荷重試験）

の対策が施されたものがあるが、特に①～④の項目全てについて対策が行われた台車や、新幹線の台車のように設計・製造から使用開始時まで台車の強度等の安全性について十分な考慮がなされている場合については、き裂の発生実績が無いため、設計条件を超えて使用しないことを確認した場合には、この実績を考慮して重要部検査・全般検査検査時の検査方法を定めることができる(略)。

(略)

3. 検査の記録

(略)

4. その他

(略)

附属資料2 改正された「台車枠の検査マニュアル」

台車枠の検査マニュアル

平成13年 9月 7日制定

平成14年 3月 8日解釈基準に編入

平成15年 6月16日改正

平成31年 2月19日改正

1. 目的

本マニュアルは、鉄道事業者において検査時に台車枠のき裂を確実に発見することが出来るよう、重点検査箇所や検査方法等について規定し、台車枠のき裂による事故等を防止することを目的とする。

2. 台車枠の検査方法の見直しについて

(1) 経緯

平成10年10月以降、複数の鉄道事業者で台車枠のき裂が相次いで発見され、全国の鉄道事業者に過去10年間の台車枠き裂の発生状況を調査したところ、多数の事例が報告された。このため、緊急対策「台車の緊急点検の実施について」（平成12年4月8日付鉄保第55号）により、特定台車を対象に磁粉探傷検査等による詳細な検査を実施し、その後の検討により、平成13年9月、重要部検査及び全般検査時に確実に台車枠き裂が発見することが出来るよう台車枠の検査マニュアルを策定した。

その後、平成29年12月に発生した、新幹線の重大インシデントとなる台車枠のき裂の発生などを受け、平成30年2月に「鉄道の輸送トラブルに関する対策のあり方検討会」の下に「台車き裂対策WG」を設置し検討が進められ、同年7月、本検討会で台車き裂対策がとりまとめられた。本対策を踏まえ、平成31年2月19日、本マニュアルを改正した。

(2) 台車枠の検査を定期的実施することの重要性

台車枠に発生するき裂の大きさに関しては、40mm程度のき裂が塑性変形に至るまでに拡大するには120～150万km程度の走行が必要であり、き裂が急激には進展しないことが明らかになっている（別添1、2）。

このため、台車枠にき裂が発生したとしても、き裂が小さいうちに発見して処

置ができれば、脱線などの重大事故が防止できると考えられる。すなわち、重要部検査及び全般検査の定期検査で、磁粉探傷検査などき裂が確実に発見できる方法により、き裂の有無を検査することが重要である。

3. 台車枠の検査

(1) 台車枠の重点検査箇所の指定

過去のき裂発生データ分析（別添3）より台車枠き裂の発生箇所は、側はり・ばね帽ばね座溶接部、側はり溶接部、側はり・横はり溶接部、主電動機及び駆動装置取付部、部品取付部などの溶接部に多く発生していることが判るが、鑄造部材の鑄造欠陥からき裂が発生している場合や、台車形式特有の部位にき裂が発生している場合もあることから、各事業者がそれぞれの車両の台車枠構造の特性や使用線区条件の及ぼす影響等を考慮して、重点検査箇所を指定して台車枠の検査を行うこととする。

また、重点検査箇所は、以下の事項について十分に検討し、指定すること。

- ① き裂が発見された箇所（台車枠き裂発生事例集の事象を含む。）
- ② 台車を製造するメーカー（以下「メーカー」という。）と鉄道事業者が設計時の情報に基づいて協議した上で必要とした箇所
 - ・疲れ許容応力に対して発生応力の余裕がより小さい箇所
 - ・台車枠き裂発生事例集にあるような溶接部からき裂が進展したときに大事に至るおそれのある箇所 等
- ③ 他鉄道事業者における重点検査箇所

(2) 台車枠の検査方法

- ① 重点検査箇所は基本的に探傷検査（磁粉探傷検査、浸透探傷検査、超音波探傷検査等、物理的手法を利用して材料の欠陥を調べる検査。）を行うこととし、日本工業規格（以下「J I S」という。）において定めている探傷試験の方法又はこれに準ずる方法により行うこと。
- ② ただし、重点検査箇所のうち、台車枠き裂発生事例集にあるような溶接部からき裂が進展したときに大事に至るおそれのある箇所であって、かつ疲れ許容応力に対して発生応力の余裕がより小さい箇所を除き、塗装や汚れを除去することにより目視で確実な確認が可能な箇所については、目視検査とすることができる。

この場合、J I S Z 3090（溶融溶接継手の外観試験方法）を参考に、作業環境を考慮し、視線、明るさに留意して検査を行うこと。（別添4）

- ③ 台車は設計製造時期の違いにより信頼性や耐久性が異なることや、以下に示

すような速度向上による動的荷重の変化等の影響が考えられることから、き裂の検査方法は台車形式等に応じ適切に定めること。

- ・静的荷重の変化（改造などによる大幅な車体重量増の影響 等）
- ・動的荷重の変化（最高速度、曲線通過速度の向上 等）
- ・使用線区条件の及ぼす影響（バラスト・スラブ軌道、分岐器、軌道の整備状態 等）

(3) 検査の時期

台車枠の検査の時期は、基本的には重要部検査及び全般検査の定期検査時とする。

(4) 特別な対策が施された台車の検査方法

次に示す特別な対策が施されたことをメーカー自らが確認するとともに鉄道事業者がその結果を確実に確認できた台車であって、かつ、設計条件を超えて使用しないことを確認した場合には、(2)の規定にかかわらず、重要部検査・全般検査時の検査方法を定めることができる。

- ・特別な対策（①～④の全ての対策が施された台車）

- ① 溶接接合部の溶け込み状況の確認（例：超音波探傷又はX線透過検査等の実施）
- ② 溶接表面形状不良による応力集中除去（例：グラインダ仕上げ等の実施）
- ③ 溶接表面の確認（例：磁粉探傷、浸透探傷等の実施）
- ④ 精度の高い強度評価（例：多数点測定による静荷重試験）

ただし、設計製造時に上記項目を確認した場合でも、台車の構造が従来の構造に比較して大幅に変更されたものについては、台車構造の変更箇所を重点検査箇所として検査を行って確認すること。

(5) 検査技術者

台車枠の検査を行う者は、実施する検査について十分な知識及び技能を有すること。

4. 検査の記録及び手順

台車枠の検査の記録については、別添5の検査項目について記録すること。また、台車毎に定める検査手順の例を別添6に示す。

5. き裂が発生した場合等の取扱い

必要に応じて、緊急点検を行うことを検討するとともに、その結果に応じて、速やかに不良品を取替・修繕すること等を検討すること。また、当該メーカーと必要に応じて連携し、発生原因の究明及び再発防止対策を検討すること。

なお、き裂の発生部位や発生状況等に応じて、検査方法及び時期の見直しを検討すること。この場合において、き裂が隠ぺい部で発生するおそれがあるときには、超音波探傷検査等を行うことを検討すること。

6. その他

メンテナンスに当たっては、塗膜除去をガスバーナで行う際の熱的影響や台車枠への過大な応力発生防止のための適切な車輪踏面管理にも留意すること。

(別添1) 側はり疲労き裂長さの走行距離に伴う変換事例

(別添2) 台車枠側はり部のき裂進展シミュレーションの例

(別添3) 台車枠き裂発生部位 (10年間の台車枠き裂発生データ)

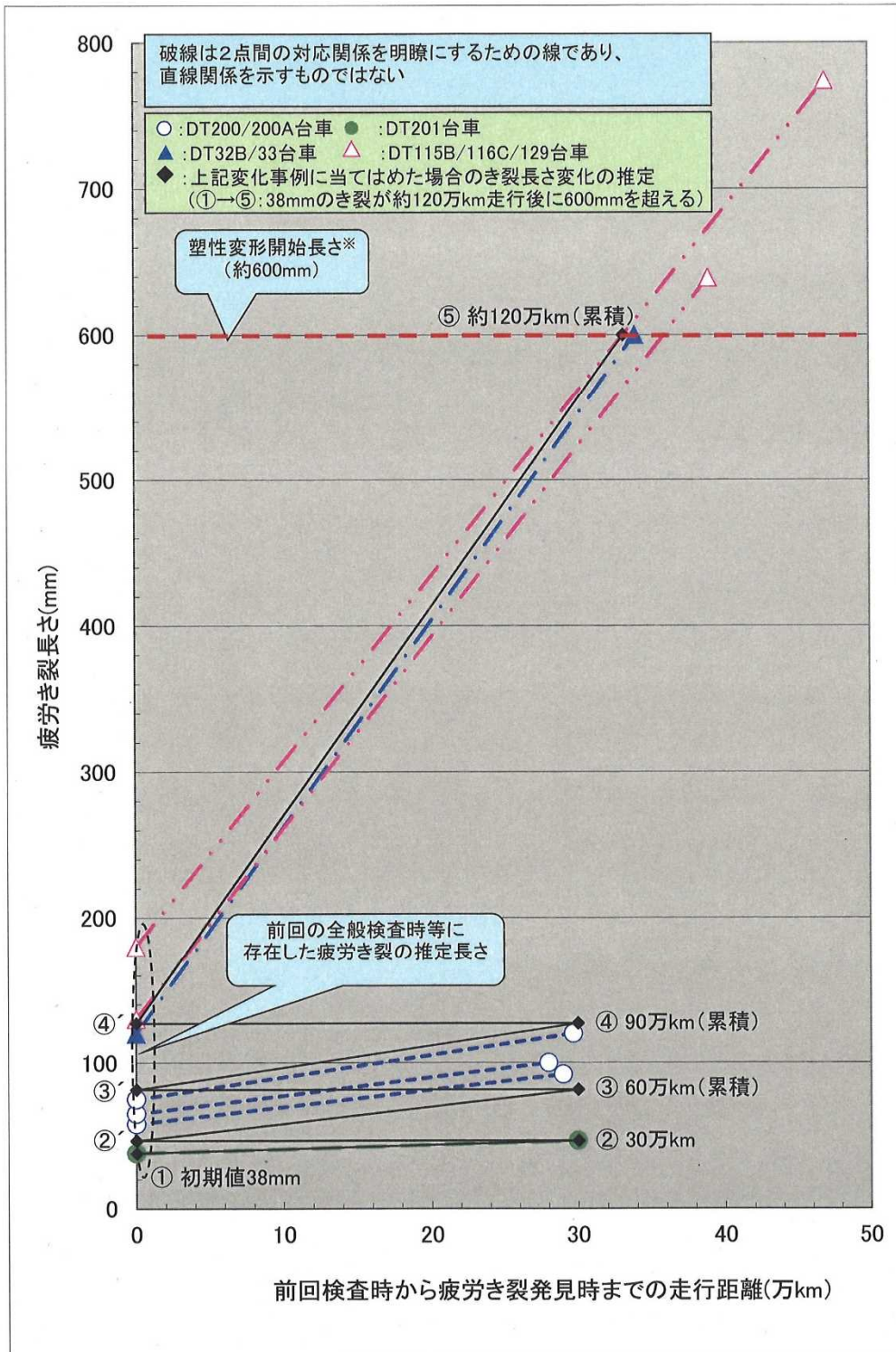
(別添4) 目視検査の方法

(別添5) 台車枠の検査記録項目

(別添6) 台車枠検査手順 (例)

(別添6 別紙) 台車枠検査チェックシート (例)

側ばり疲労き裂長さの走行距離に伴う変事例



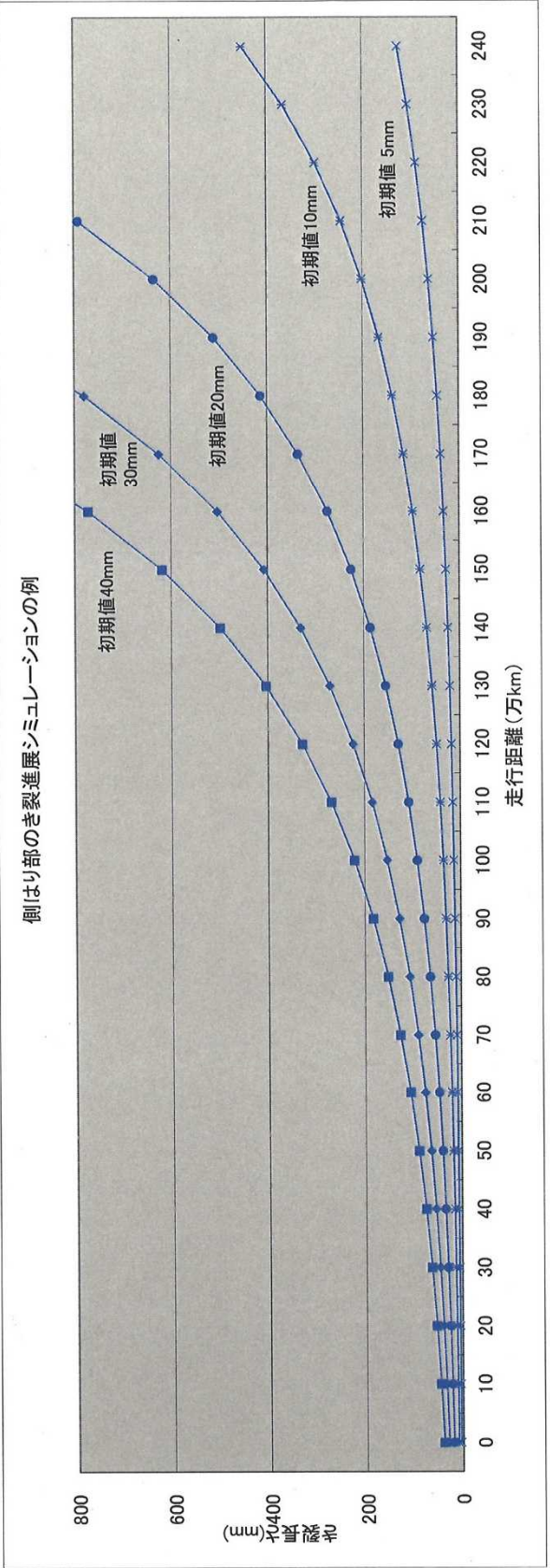
※「塑性変形開始長さ」とは、疲労き裂が進行して塑性変形に至る長さを表し、側ばりの全周長のほぼ70%がこれに相当する。

(出典) 長瀬 隆夫 著 溶接台車枠の強度と保守、研友社、p.18、1999

○ 台車枠側はり部のき裂進展シミュレーションの例

↓ 初期値	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
走行万キロ	0	5.5	6.1	6.8	7.5	8.4	9.4	10.5	11.8	13.4	15.1	17.2	19.6	22.4	25.7	29.6	34.3	39.8	46.3	54.2	63.6	75.0	88.8	105.5	126.0
亀裂長さ(mm)	5.0	5.5	6.1	6.8	7.5	8.4	9.4	10.5	11.8	13.4	15.1	17.2	19.6	22.4	25.7	29.6	34.3	39.8	46.3	54.2	63.6	75.0	88.8	105.5	126.0
亀裂長さ(mm)	10.0	11.2	12.7	14.3	16.2	18.5	21.1	24.2	27.8	32.1	37.2	43.3	50.5	59.2	69.7	82.3	97.7	116.4	139.3	167.5	202.3	245.5	299.2	366.6	451.3
亀裂長さ(mm)	20.0	22.9	26.3	30.3	35.0	40.7	47.4	55.5	65.2	76.9	91.1	108.3	129.4	155.3	187.2	226.7	275.9	337.3	414.4	511.7	635.0	792.1	-	-	-
亀裂長さ(mm)	30.0	34.7	40.3	46.9	54.9	64.5	76.0	90.0	107.1	127.9	153.4	184.9	223.8	272.2	332.7	408.6	504.3	625.7	780.2	-	-	-	-	-	-
亀裂長さ(mm)	40.0	46.6	54.5	64.0	75.5	89.3	106.2	126.8	152.1	183.3	221.9	269.8	329.7	404.8	499.5	619.6	772.4	-	-	-	-	-	-	-	-

塑性変形開始長さ (600mm) を超える部分

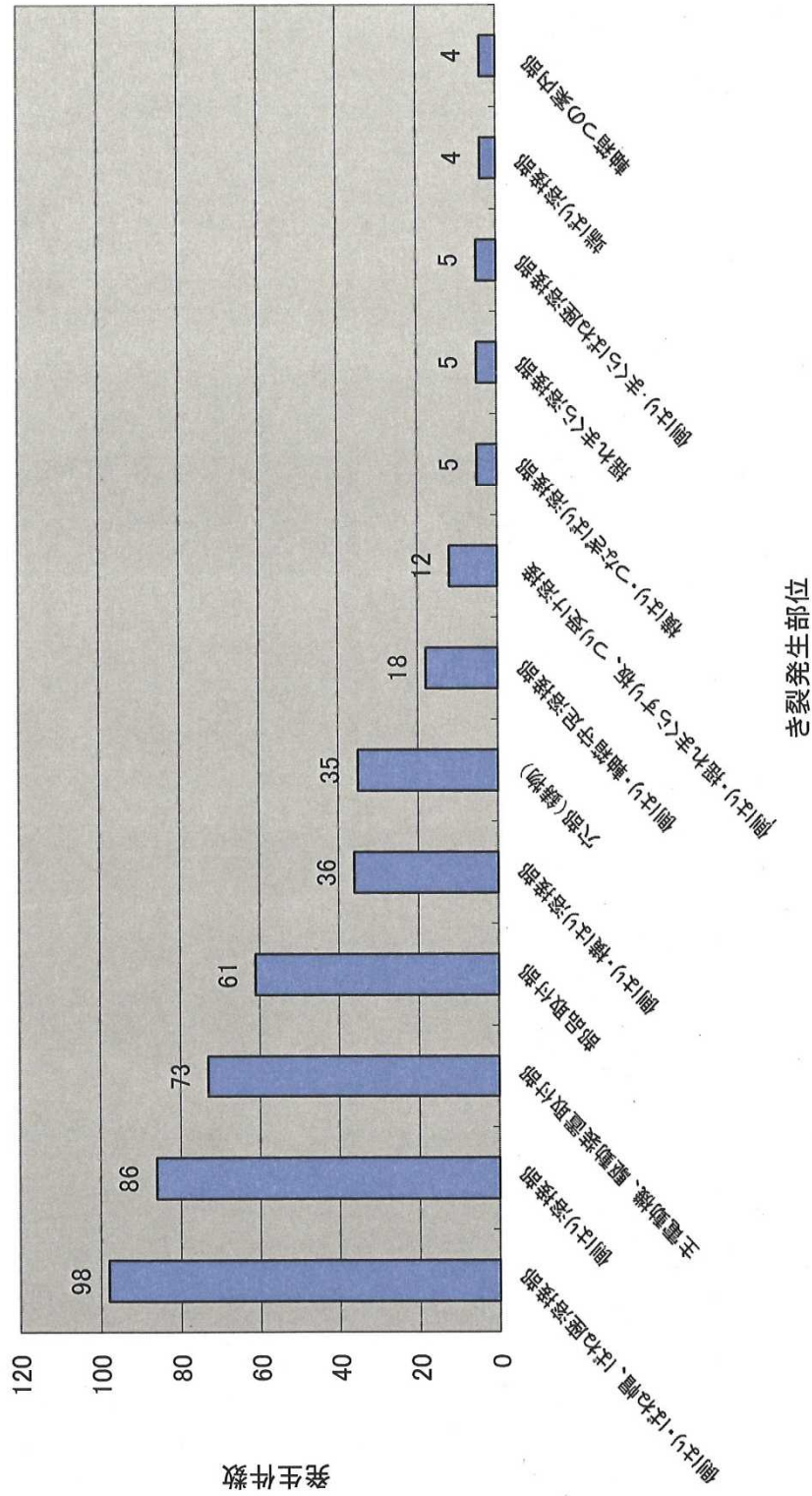


側はり部のき裂進展シミュレーションの例

※ このシミュレーション結果では、40mmのき裂が塑性変形に至る(約600mm)までには、約150万km以上の走行が必要である。
 なお、本シミュレーションは、台車枠の検査マニュアル策定当時の結果による。

別添 3

台車枠き裂発生部位(10年間※の台車枠き裂発生データ)



※台車枠の検査マニュアル策定に当たり、平成12年4月に調査したデータにより算出

目視検査の方法

台車枠の目視検査にあたっては、以下の JIS Z 3090 溶融溶接継手の外観試験方法を参考に実施する。

JIS Z 3090 溶融溶接継手の外観試験方法（抜粋）

4. 試験条件及び器具

- a) 試験表面の明るさは最低 350 lx とする。ただし、500 lx が望ましい。
- b) 目視による場合は、目の位置を試験表面から 600 mm 以内で試験面に対して 30° 以上の角度になるように近づいて観察する（図 1 参照）。

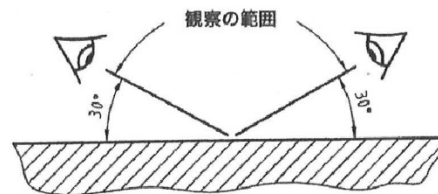


図 1 試験面の観察

- c) 図 1 に示すように近づいて観察することができないとき又は適用規格若しくは製品規格によって器具を用いた観察を規定しているときは、鏡、ボアスコープ、ファイバースコープ、カメラなどを用いた遠方からの観察を行う。
 - d) 不完全部と他の部分との間のコントラストを増加させるために、光源を追加してもよい。
 - e) 外観試験の結果では判定できない場合は、他の非破壊検査を追加することが望ましい。
 - f) 外観試験に使用する器具の例を附属書 1 に示す。
5. 試験技術者 試験技術者は、必要な試験項目に関する基礎知識をもち、母材及び溶接継手の性質、溶接施工方法、適用規格・仕様、計測器の性能及び使用などに必要な知識と経験をもつ者とする。
6. 試験の種類 外観試験は、目視試験及び計測試験によって構成される。目視試験は、溶接継手及びその周辺全般について、目視によってその形状・きずなどを確認する。必要に応じて、附属書 1 の 1. に記載した補助器具を用いる。計測試験は、継手の形状・きずなどを附属書 1 の 2. に記載した計測器を用いて測定する試験をいう。

本資料は、著作権法によって保護されている JIS の抜粋である。

台車枠の検査記録項目

台車枠の検査記録については、以下の項目について記録すること。

- ① 車号
- ② 検査種別（全般検査、重要部検査、状態・機能検査 など）
- ③ 検査年月日
- ④ き裂発見時点までの当該台車の走行キロ
（新製以後の走行キロ及び前回検査以降の走行キロ）
- ⑤ 台車形式
- ⑥ 台車製造メーカー
- ⑦ 台車製造番号又は管理番号
- ⑧ 台車製造年月
- ⑨ 検査方法（磁粉探傷、浸透探傷、目視検査 などの方法）
※検査部位により検査方法が異なる場合は、その旨も記入すること
- ⑩ 検査結果
- ⑪ き裂発生部位
- ⑫ き裂長さ、深さ
- ⑬ き裂の形状、寸法、発生部位が判るような写真、スケッチなど
- ⑭ き裂の処置内容
- ⑮ その他特記事項

台車枠検査手順(例)

1. 台車枠の固定
 - ・台車枠を指定場所に定置する。
2. 検査部位の塗膜・汚れの除去
 - ・ジェットタガネにより、台車枠検査箇所^①の塗膜を取り除く。



台車枠検査箇所^①の剥離作業

3. 検査
 - ・台車形式毎に定められた重点検査箇所については、本マニュアルにより定められた磁粉探傷検査や目視検査により、き裂の発生がないかどうか検査を行うこと。
 - ・検査はチェックシート(別紙)を用い行うこと。
4. 検査結果の記録
 - ・検査結果は、所定の記録用紙に記入する。

台車枠検査チェックシート(例)

<p>側ばり1位 外側</p>		<p>横ばり1位側</p>		車号	000-0000	
<p>側ばり2位 外側</p>		<p>横ばり2位側</p>		検査種別	全般検査	
				検査年月日	00年0月0日	
				形式	DT00	
				メーカー	△□車両	
				製造番号 (管理番号)	00000	
				製造年月	00年0月	
				検査方法 (重点検査箇所)	<input type="checkbox"/> : 磁粉探傷 <input type="checkbox"/> : 目視検査	
				作業者名	0000	
				確認①	確認②	確認③
				0月0日	0月0日	0月0日