

鉄道重大インシデント調査報告書 説明資料

# 東海道新幹線において発生した 西日本旅客鉄道株式会社所属車両の 鉄道重大インシデント(車両障害)

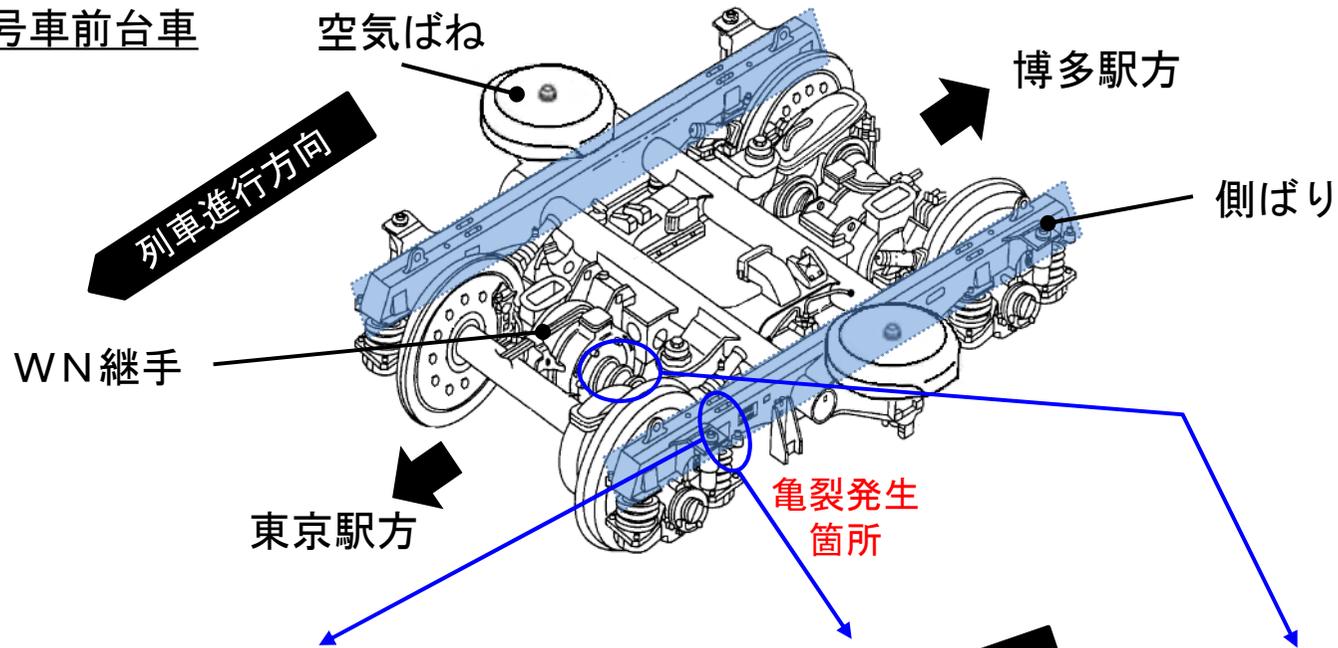
(平成29年12月11日発生)

平成31年3月  
運輸安全委員会

1. 事業者名： 西日本旅客鉄道株式会社
2. 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 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]
3. 発生日時： 平成29年12月11日(月) 23時40分ごろ
4. 発生場所： 東海道新幹線 名古屋駅構内(愛知県名古屋市)
5. 関係列車： 上り第34A列車(博多駅発東京駅行「のぞみ34号」16両編成)
6. 乗車人員： 乗客約1,000名、乗務員等7名
7. 死傷者： なし
8. 概要：  
西日本旅客鉄道株式会社の博多駅発東京駅行き「のぞみ34号」(JR西日本所属車両)は、走行中に車内で異臭及び異音等が認められたが、運行を継続した。名古屋駅到着の際、車両保守担当社員が異音を認めたため、車両を点検した結果、4両目車両(13号車)の前台車に油漏れを認め、運行を中止した。  
その後、当該車両を車両基地に移動させるための作業を行っていたところ、同台車の台車枠の側ばりに亀裂が発見された。

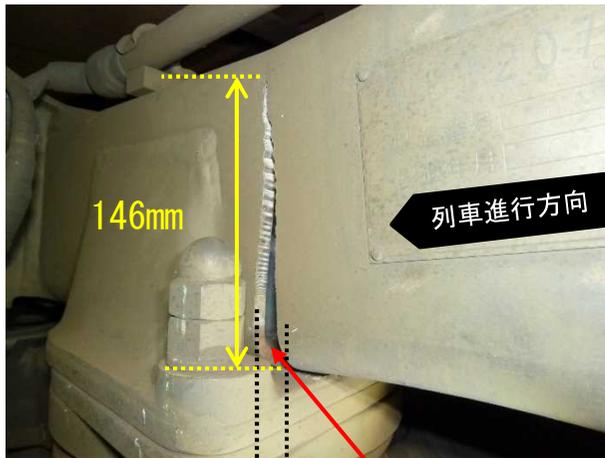


## 13号車前台車

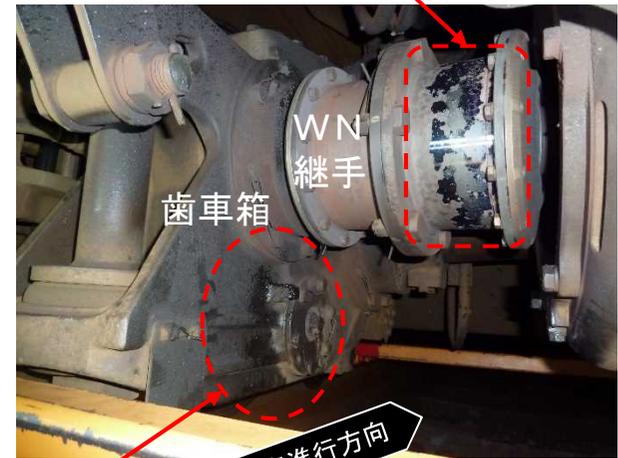
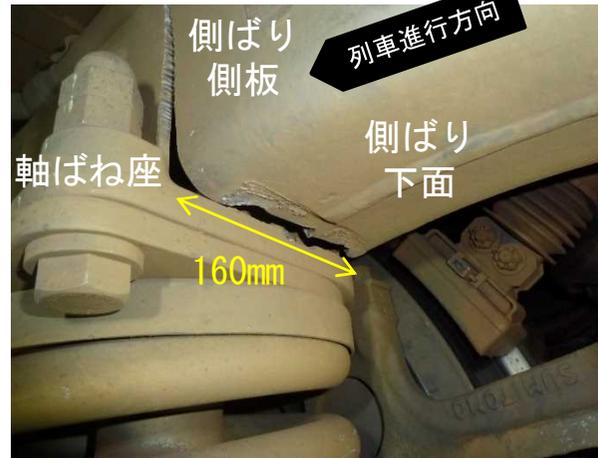


- ・ 台車枠側ばりに亀裂
- ・ 歯車形たわみ軸継手 (WN継手) が破損
- ・ 歯車箱に油付着

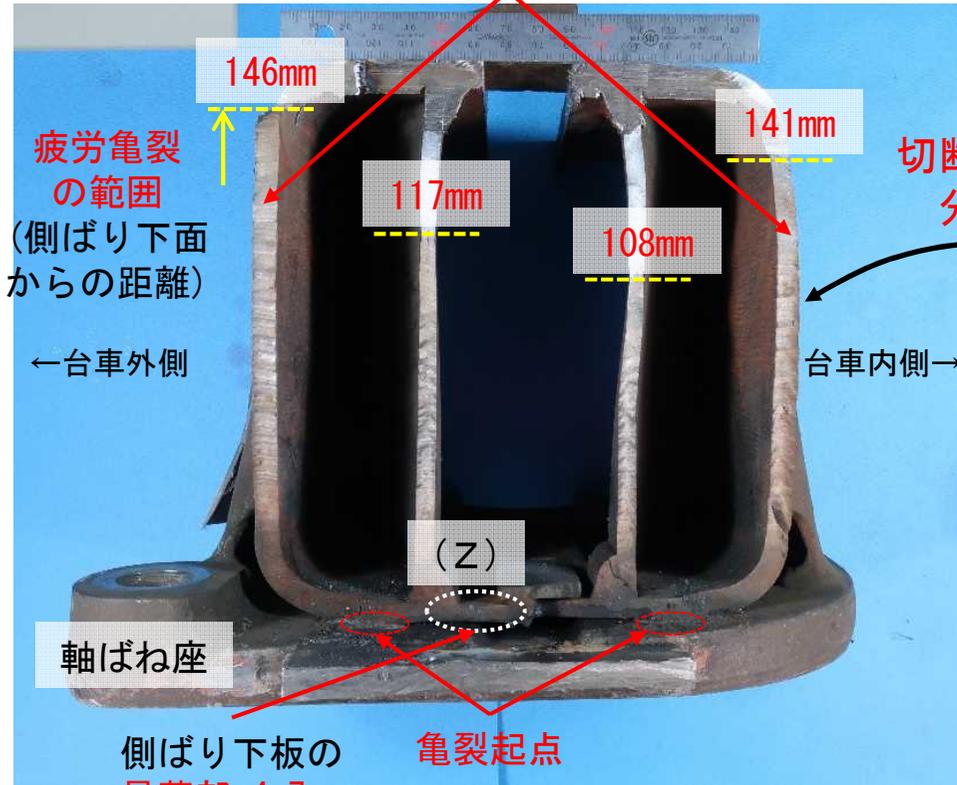
熱が加わったような痕跡



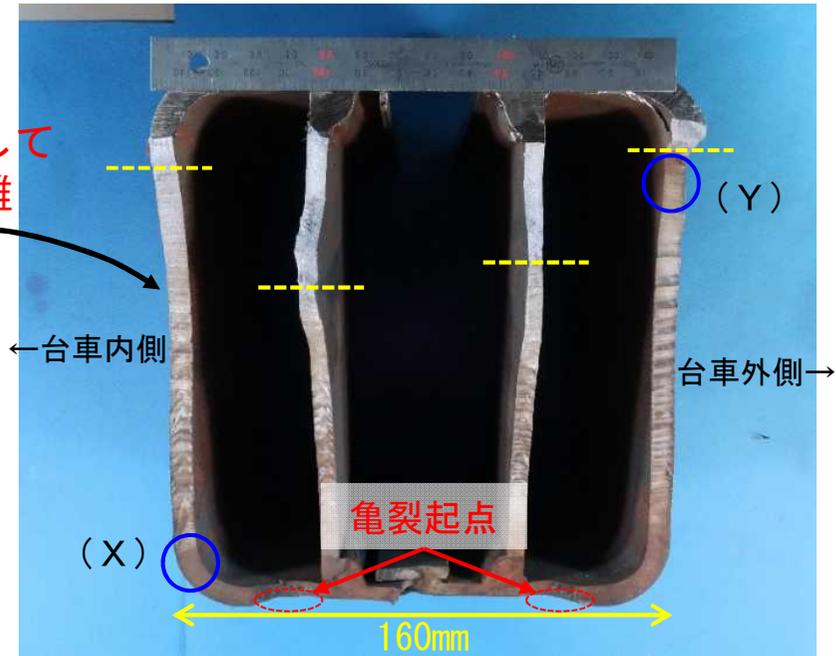
錆の発生あり



側ばり側板の板厚は7~8mm



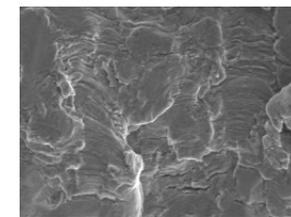
亀裂の台車端部側破面の状況



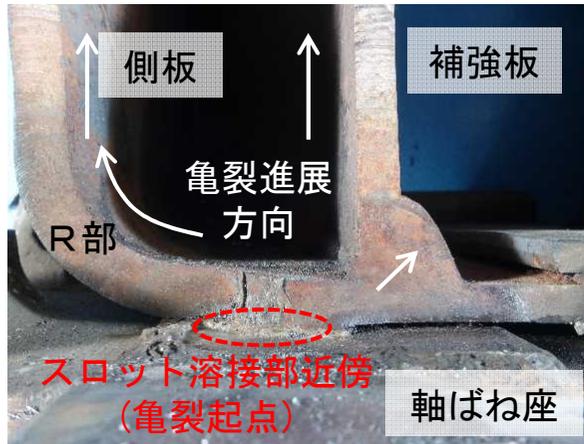
亀裂の台車中央側破面の状況



ビーチマーク状の模様 (X部付近の拡大)



ストライエーション状の模様 (Y部付近の拡大)



台車外側



側ばり中央

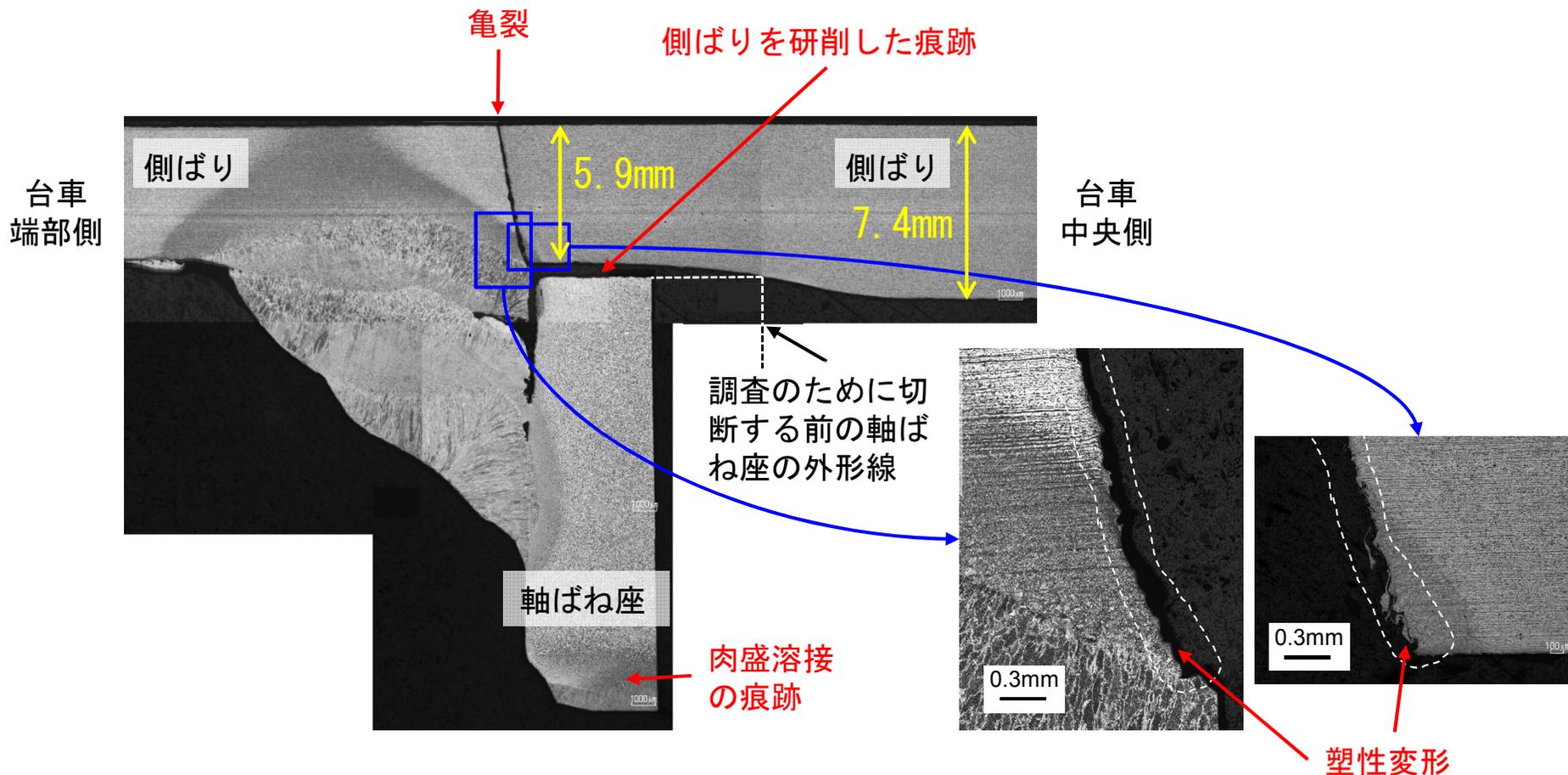


台車内側

- 側ばり下板のR部から側板及び補強板には、ビーチマーク状の模様が見られ、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。
- 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。
- スロット溶接部近傍の破面は、側板等と比較して、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。

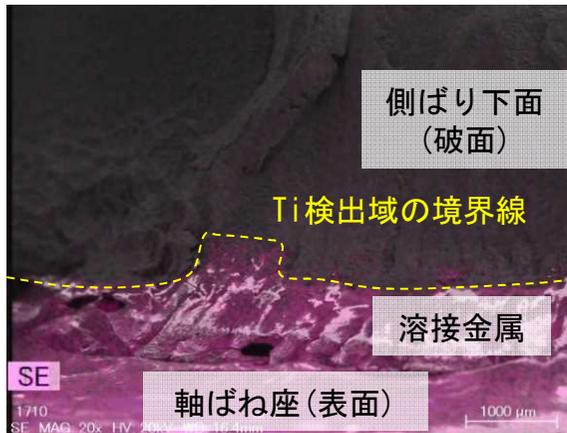


- ◆ 亀裂の起点は、側ばり下面に軸ばね座を取り付けている台車内側及び外側の2箇所の各スロット溶接部裏境界近傍と推定される。
- ◆ 亀裂は下方から上方に進展したと推定される。亀裂が側ばりの台車外側及び内側の両方向から進展し、中央付近で一体となったと推定される。
- ◆ 亀裂は短期間で進展したのではないと推定される。



- 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。同箇所は肉盛溶接が行われた痕跡と推定される。
- 亀裂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。その大きさは一般的な疲労亀裂で見られるものより大きかった。

## 本件亀裂発生箇所 台車外側のスロット溶接部



EDX分析結果

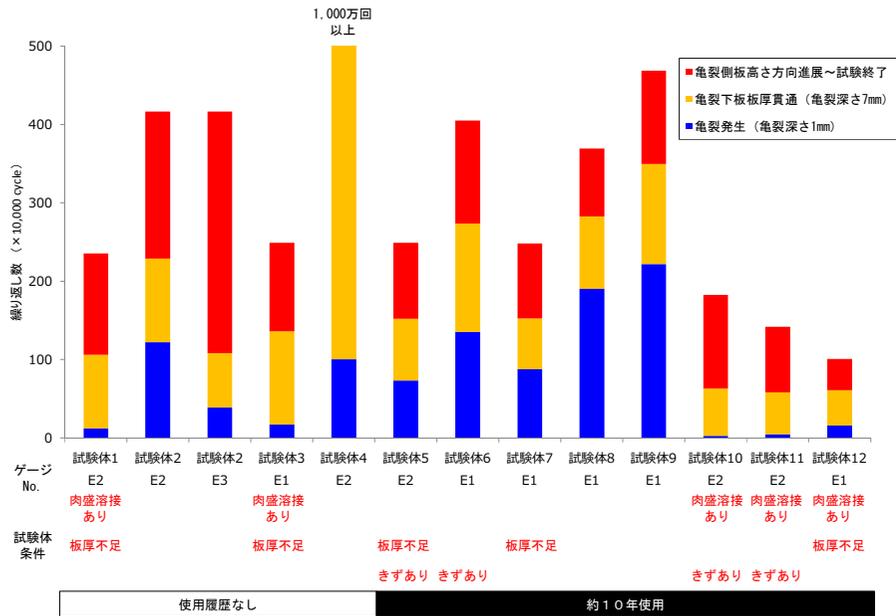
台車外側のスロット溶接部	
台車枠 左後側	<ul style="list-style-type: none"> <li>裏境界近傍から側ばり下面側への割れが発生しており、この割れは溶接熱影響部に発生していた。</li> <li>割れの先端部の一部は、その他の領域と破壊形態が異なる様相を呈しており、同部では疲労破面に多く見られるラチェットマーク状の様相が観察された。</li> <li>破面には全体的にチタンが存在していた。</li> </ul>

◆ 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。

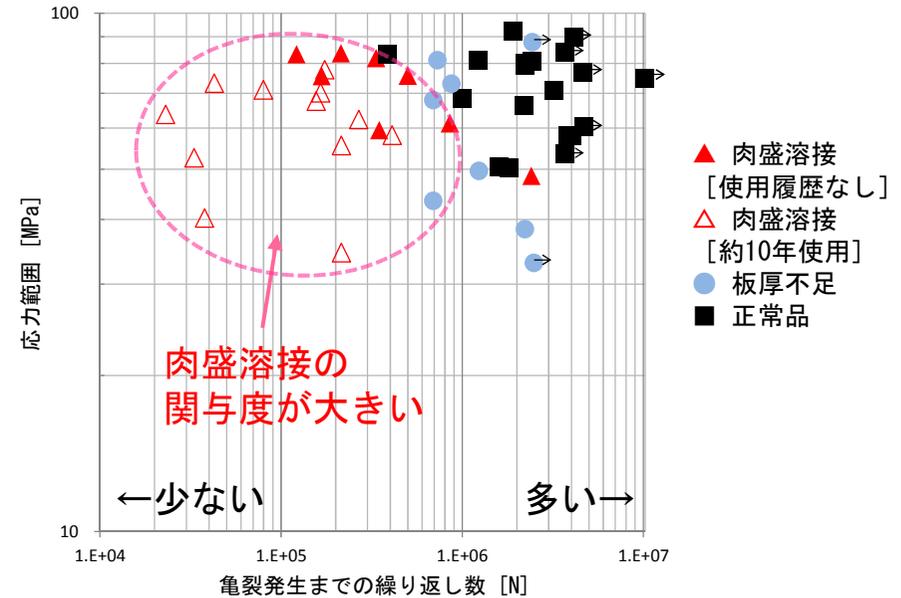
- EDX分析により、本件亀裂発生箇所の台車外側のスロット溶接部近傍の側ばり下板の破面の一部にチタンが検出された。チタンは台車枠に塗装される塗料の原料として用いられているものである。
- 同一台車枠左後側の台車外側のスロット溶接部に、溶接施工時に発生したと考えられる割れがあった。
- 本件亀裂の台車内側のスロット溶接部近傍の破面に一般的な疲労亀裂で見られるものより大きな塑性変形を受けた凹凸が認められた。

◆ 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考えられる。

## 試験体による疲労試験の結果



## 試験体による疲労試験の結果の傾向

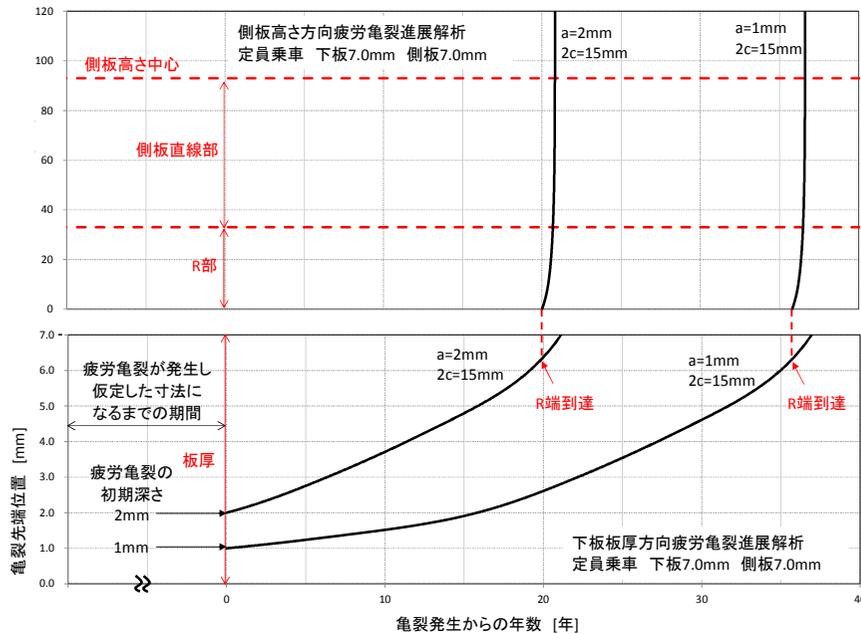


- 焼鈍後に肉盛溶接を再現した試験体は、正常な状態の試験体と比べ、明らかに少ない繰り返し数の負荷で疲労亀裂が発生する傾向が見られた。
- 板厚が不足している場合は、やや少ない繰り返し数の負荷で疲労亀裂が発生する傾向が見られた。

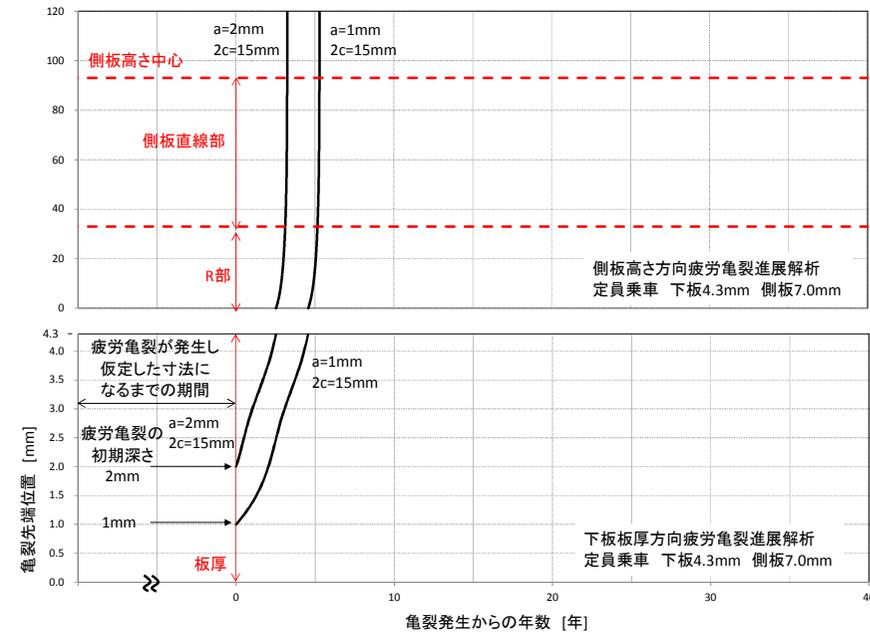


◆ 本件亀裂を発生させたことについては、焼鈍後に本件軸ばね座の下面に肉盛溶接を施工したことにより、スロット溶接部近傍に残留応力が生じていたことに加えて、本件側ばり下板の板厚が基準値以下であったことが関与したものと推定される。

## 疲労亀裂進展解析（シミュレーション）の結果



下板の板厚が7.0mmの場合の結果

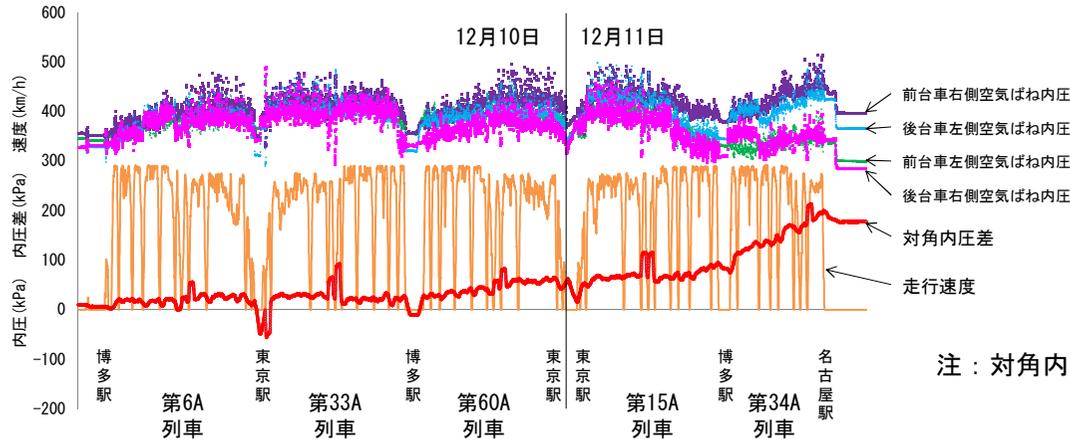


下板の板厚が4.3mmの場合の結果

注：「2c」は疲労亀裂の初期幅、「a」は疲労亀裂の初期深さを示す。

◆ 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。

経過報告で公表済



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値の和から差し引く処理を行い算出された値を「対角内圧差」という。

注：対角内圧差は10分間移動平均データ

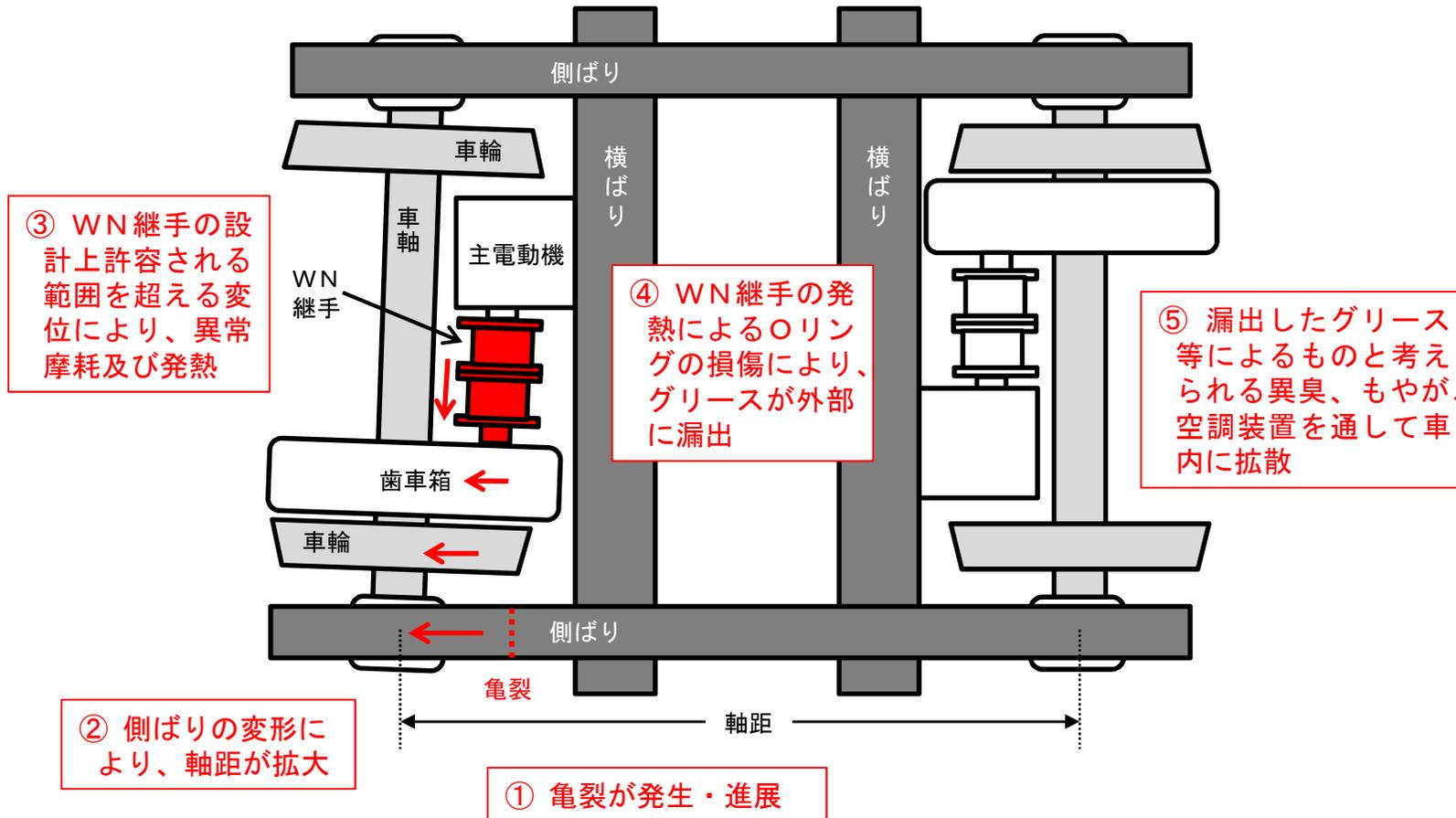
## 本件車両の空気ばねの対角内圧差

- 本件車両の記録から算出した対角内圧差は、本重大インシデント発生前日（12月10日）に運転された第60A列車「のぞみ60号」からやや増加している。
- 本重大インシデント発生当日（12月11日）に運転された第15A列車「のぞみ15号」及び本件列車（第34A列車「のぞみ34号」）にかけて大きく増加した状況が見られた。

◆ 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まで亀裂が更に広がったものと考えられる。

## 本件台車

列車進行方向



◆ 本件台車枠以外の台車部品の損傷は、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。

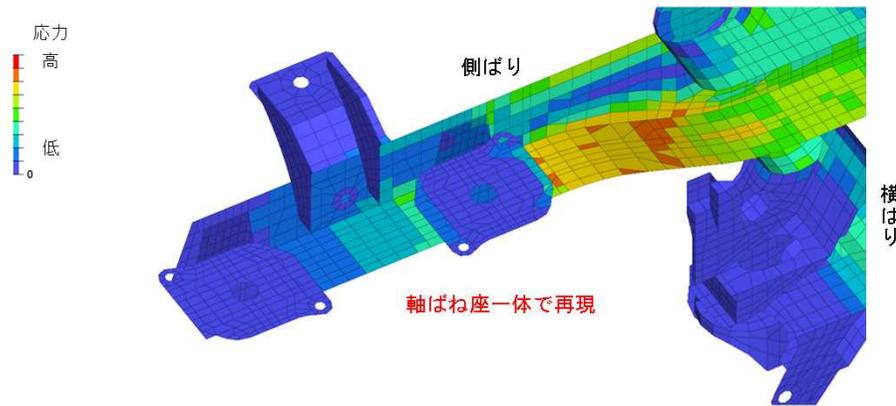
経過報告で公表済

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、

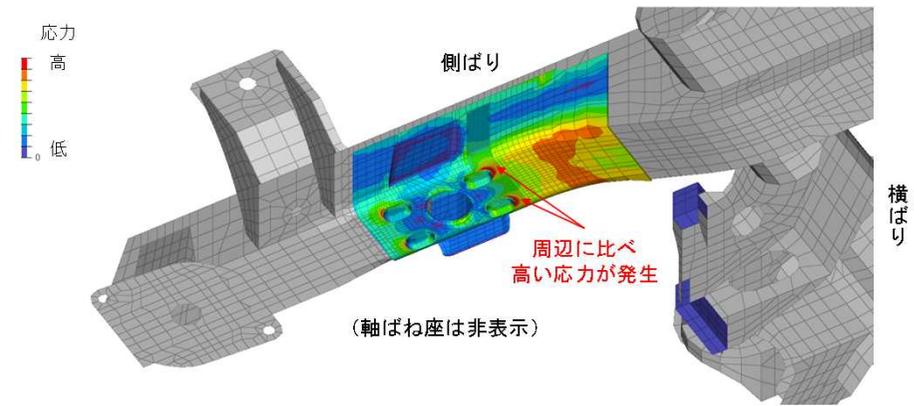
- コンピューターによる強度解析（FEM解析）を実施することにより得られた応力の計算値、JIS E 4208「鉄道車両一台車一荷重試験方法」に定められた静荷重試験を実施することにより得られた応力の実測値がJIS E 4207「鉄道車両一台車一台車枠設計通則」に定められた方法により評価されていた。
- 現車走行試験を実施し得られた実働応力がJIS E 4207に定められた方法により評価されていた。
- 現車走行試験で得られた実働応力を基に、疲労試験が行われており、試験終了後、磁粉探傷により亀裂の発生がないことが確認されていた。
- 本重大インシデント発生後に、スロット溶接部の疲労寿命の確認を行ったところ、車両寿命（台車使用期間）を大幅に超える結果となった。



◆ 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。

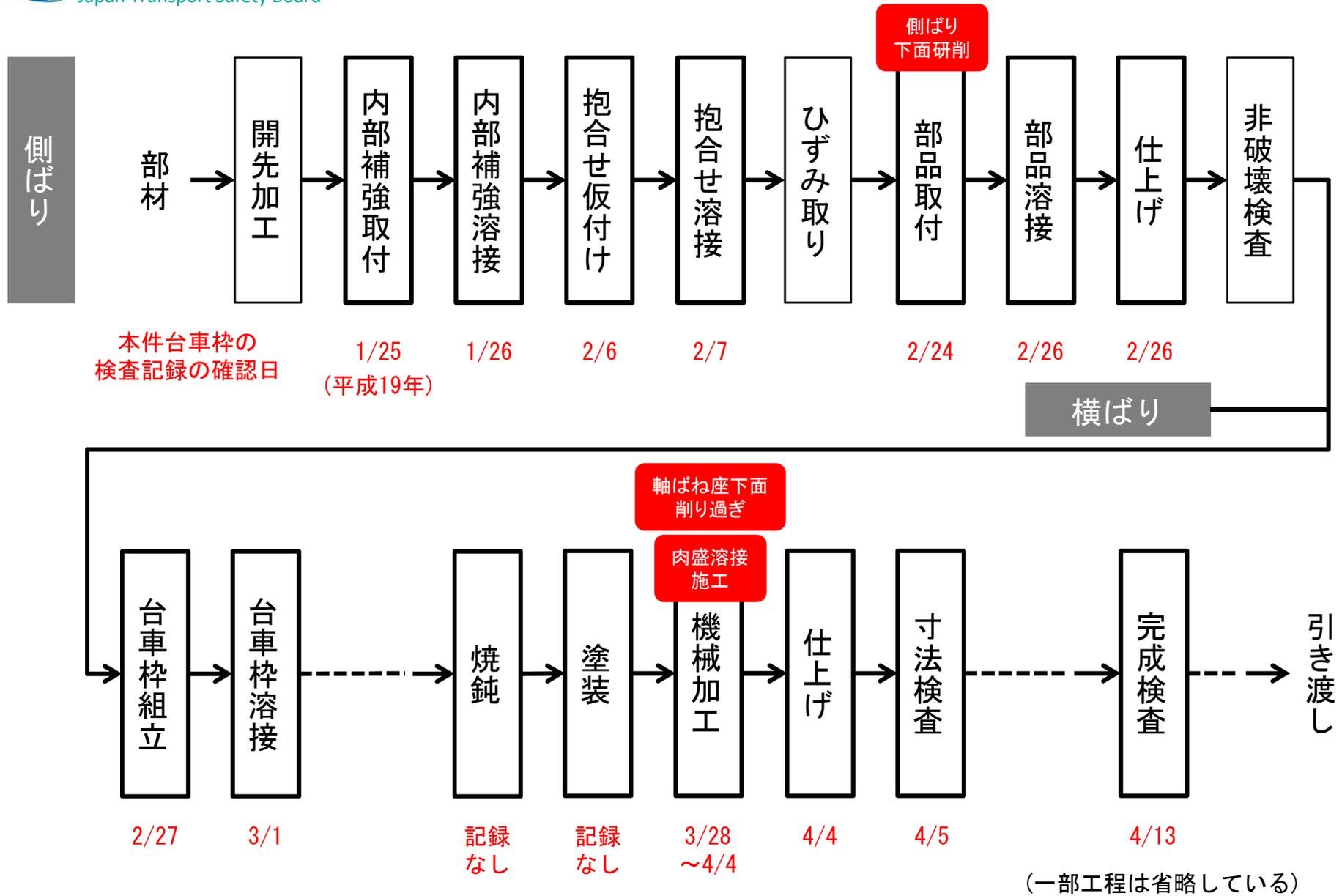


設計当時のFEM解析のモデルと結果



スロット溶接部を再現したFEM解析のモデルと結果

- 設計当時の台車枠のモデルを使用したFEM解析の計算結果からは、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。
- 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てFEM解析を行ったところ、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。



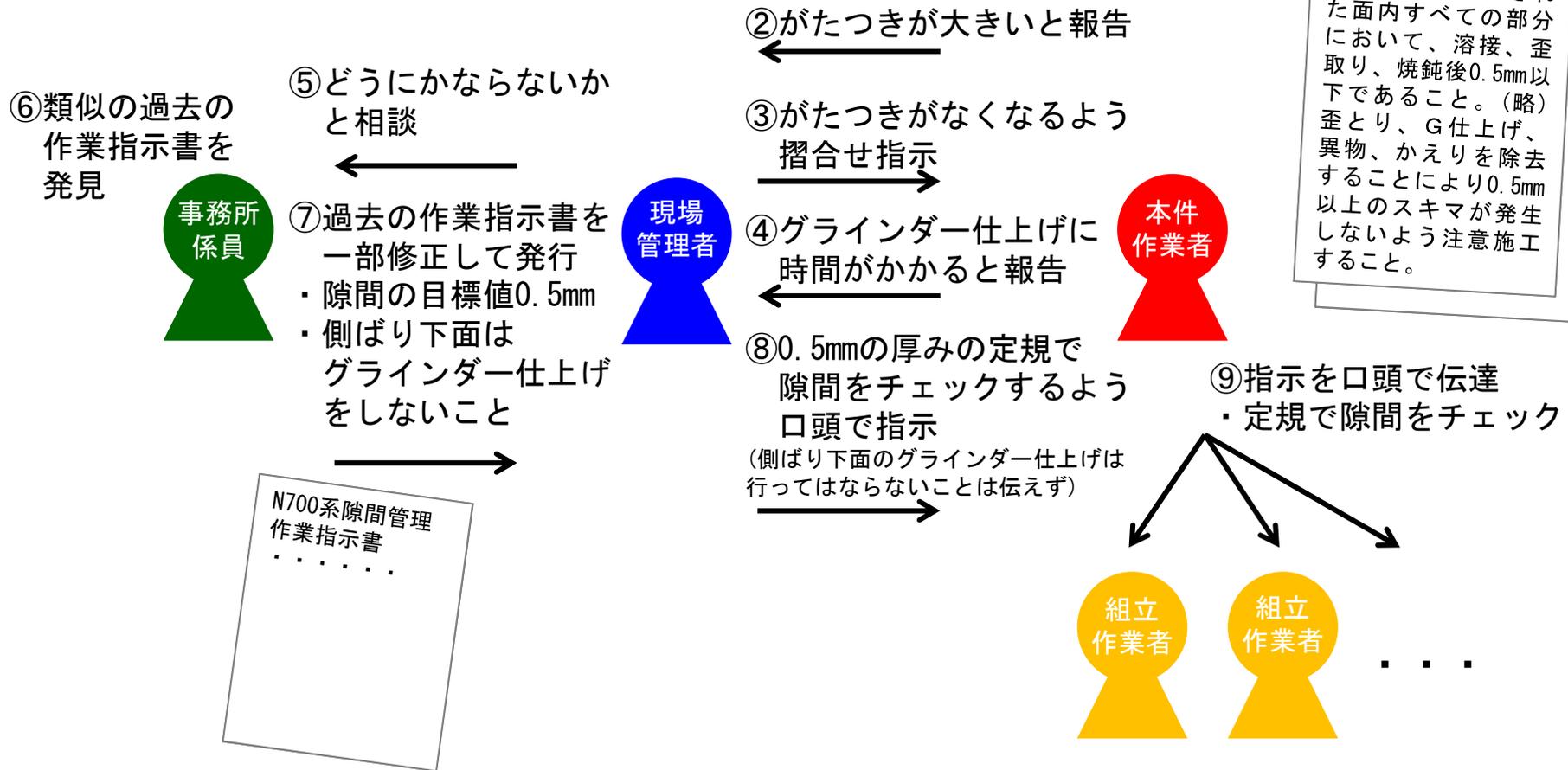
- N700系の量産車用台車枠に使用する側ばりプレス品素材の曲げ加工は、700系用台車枠に使用していた熱間プレスによる方法から、冷間プレスによる方法に変更されていた。
- 側ばりプレス品素材の材料に強度の問題はなく、完成状態においても寸法等の異常はなかったものと推定される。
- 本件側ばりを製造した当時は、抱合せ溶接作業時に目違いの矯正が行われていなかった。
- 内部補強を取り付ける際に側ばりプレス品素材の直角度を矯正していなかった。
- 後段のロットでは、軸ばね座の仮付け時にプレス機により軸ばね座を側ばりに押し付けて沿わせる方法等で対処し、側ばり下面を削る量は減少したものの、摺合せは依然として行っていた。



- ◆ 側ばり組立の際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。
- ◆ 本件側ばり製造時には、ひずみ取りを行っていなかったために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。
- ◆ 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。

## ①部材間の隙間の許容値に関する作業指示書

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、焼鈍後0.5mm以下であること。(略)歪とり、G仕上げ、異物、かえり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。

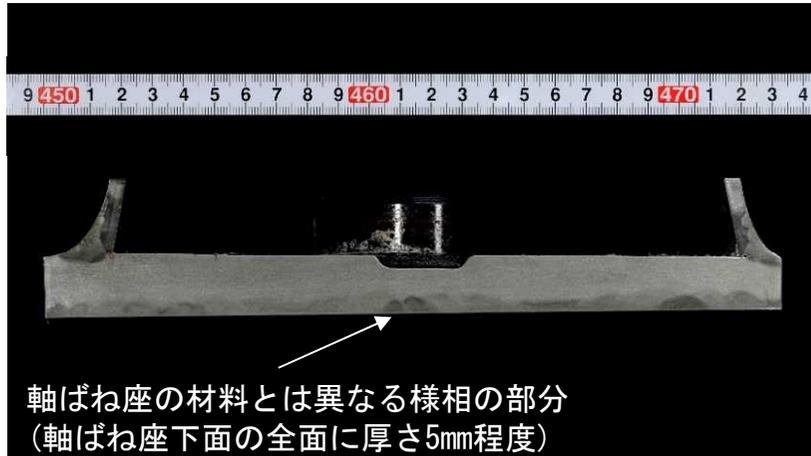


作業指示の伝達、報告の経路

- 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経験があった。現場管理者は、がたつきの状態は同程度のものと考え、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。
- 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、削り込み深さは0.5mmを限度としていたが、特に社内教育等で組立作業員に周知はしておらず、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いた。
- 組立作業員は、削り込み量の限度に関する認識はなかった。
- 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、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。



◆ 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。



本件軸ばね座の状況

- 軸ばね座の硬さ測定の結果、軸ばね座の材料とは異なる様相の部分は、肉盛溶接後に焼鈍を行っていない状態を再現した試験片と同等の硬さであった。

- ◆ 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。

- 本件台車枠製造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が、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。
- 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った。
- 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。
- 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。

- ◆ 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。

## ○台車枠の検査マニュアル

- ・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のき裂が発見することができるように台車枠の検査マニュアルを策定。
- ・台車枠のき裂は急激には進展しないことが明らかなことから、小さいうちに発見して処置ができるように、定期検査で、探傷検査など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。

### 台車枠き裂発生事例集

### 重要検査箇所の指定

- ・「台車枠き裂発生事例集」を参考に、鉄道事業者が各台車枠構造の特性等を踏まえて、重要検査箇所を指定。

### 台車枠の検査方法

- ・重要検査箇所は、基本的に探傷検査を実施。
  - ・目視で確実な確認が可能な箇所や特別な対策が施された台車枠は、目視による検査を行ってもよい。  
[特別な対策]
- I 以下①～④の全ての対策が行われた台車
- ① 溶接接合部の溶け込み状況の確認
  - ② 溶接表面形状不良による応力集中除去
  - ③ 溶接表面の確認
  - ④ 精度の高い強度評価
- II 新幹線台車のように設計・製造から使用開始時まで台車の強度等の安全性が十分考慮されている場合には、き裂の発生実績が無い場合、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、鉄道事業者が定期検査時の検査方法を定めることができる。

JR 西日本	新幹線電車 台車枠 検査標準	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）とする。		
		○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。		
		(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		

### 本件車両の検査の実施状況

	実施日	検査実施区所	
全般検査	平成29年 2月21日	JR西日本	博多総合車両所
交番検査	平成29年 11月30日	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	JR東海	東京仕業検査車両所

- ・上記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。
- ・JR西日本によると、同社の新幹線用台車枠では、過去に亀裂の発生事例がないことから、同社の在来線用台車枠等の亀裂発生事例を参考に探傷箇所を指定していた。
- ・本件亀裂発生箇所は、亀裂の発生事例はなく、探傷検査の指定箇所としていなかった。



- 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。
- 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。



◆ 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。

- 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。
- 指令員は、車両保守担当社員から床下点検の話が出ていたが、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。
- 指令員と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。



◆ 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。

- 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。
- 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。



◆ 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出てくるだろうと、列車の運行継続の判断を相互に依存していたと考えられる。

- 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。
- 指令員と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。
- 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。



- ◆ 「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る。
- ◆ 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。

- 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。
- 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た。
- 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。



### 正常性バイアス

- ◆ 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。
- ◆ 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。
- ◆ 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る。
- ◆ 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につながった可能性があると考えられる。

### 確証バイアス

- ◆ 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る。

- 規程やマニュアルにおいて、本重大インシデントで発生した異音や異臭等は、列車を停止させて確認する対応フローとなっていなかった。



◆ 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。

- 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。
- 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。
- 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。

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。

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いたおり、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。

## 台車の亀裂

### (1) 台車枠の製造

- 部材の強度を低下させないことなどを作業に従事する者に周知徹底すること。
- 設計上の強度が確保されるよう、製造管理を徹底すること。
- 製造上の支障や困難性等が問題が発生し、部材の加工等を伴う対処方法を採用する場合は、組織的対応として、安全性への影響を評価するなど、健全な製品のみが実使用に供される仕組みとして、確実に実施できる体制を整えること。

### (2) 台車枠の設計・検証

- 新規構造で設計する台車枠の強度解析においては、構造上の特性や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し、高い応力が発生する箇所を把握することが望ましい。
- 既存の台車枠においても、必要な場合には、強度設計時のモデルを確認し、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

- 台車枠の定期検査に関し、高い応力が発生する箇所の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。
- 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、超音波探傷等を実施することが望ましい。

## 運行継続の判断

### (1) 適切な判断を行うための組織的取組

- ‘何が起きているのか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。
- 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。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。
- 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

- 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。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。
- 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。
- 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。

以 上