

京成電鉄株式会社 本線 列車脱線事故 (令和2年6月12日発生)

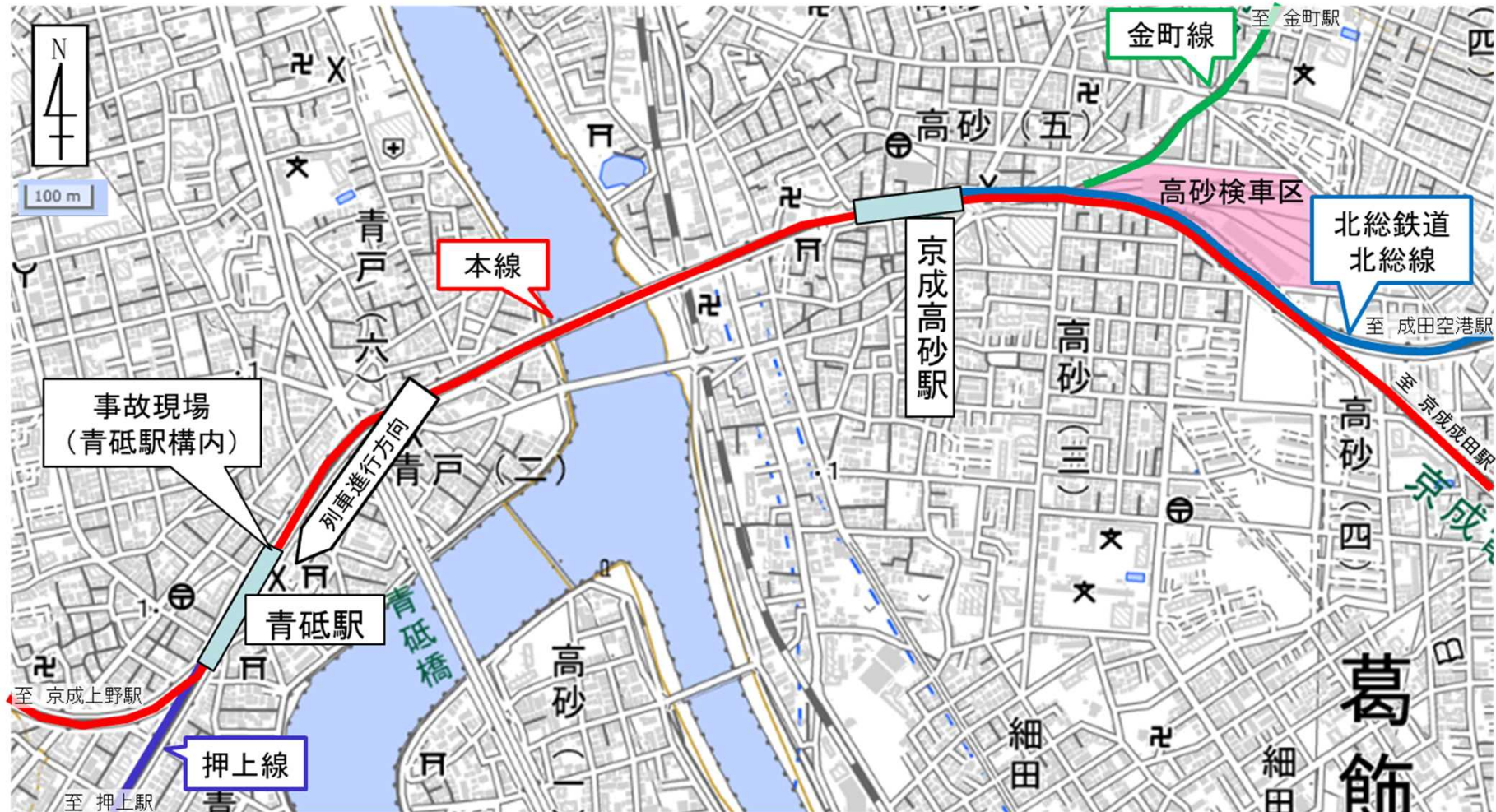
鉄道事故調査報告書 説明資料

運輸安全委員会
令和4年3月

1. 事業者名 : 京成電鉄株式会社
2. 事故種別 : 列車脱線事故
[鉄道事故等報告規則第3条第1項第2号に規定する「列車脱線事故」に該当]
3. 発生日時 : 令和2年6月12日(金) 10時16分ごろ (天気 : 晴れ)
4. 発生場所 : 本線 ^{あおと}青砥駅構内(東京都葛飾区)
5. 関係列車 : 上り第1022N列車
(京成高砂駅発羽田空港第1・第2ターミナル行き 8両編成)
6. 乗車人員 : 運転士1名、車掌1名、乗客約100名
7. 死傷者 : なし
8. 概要 : 列車は、青砥駅のプラットフォームに速度約30km/hで進入中、非常ブレーキが作動し、停止目標位置の約44m手前に停止した。なお、非常ブレーキは、車掌が列車の異常な揺れを感知し車掌弁を引いて作動したものであった。
停止後、車掌が列車の側面を確認したところ、7両目が右側に傾き、脱線していた。その後、同社社員が脱線状況の確認を行ったところ、後台車の右前方の側ばりに亀裂が入っていることを確認した。

事故現場付近の地形図

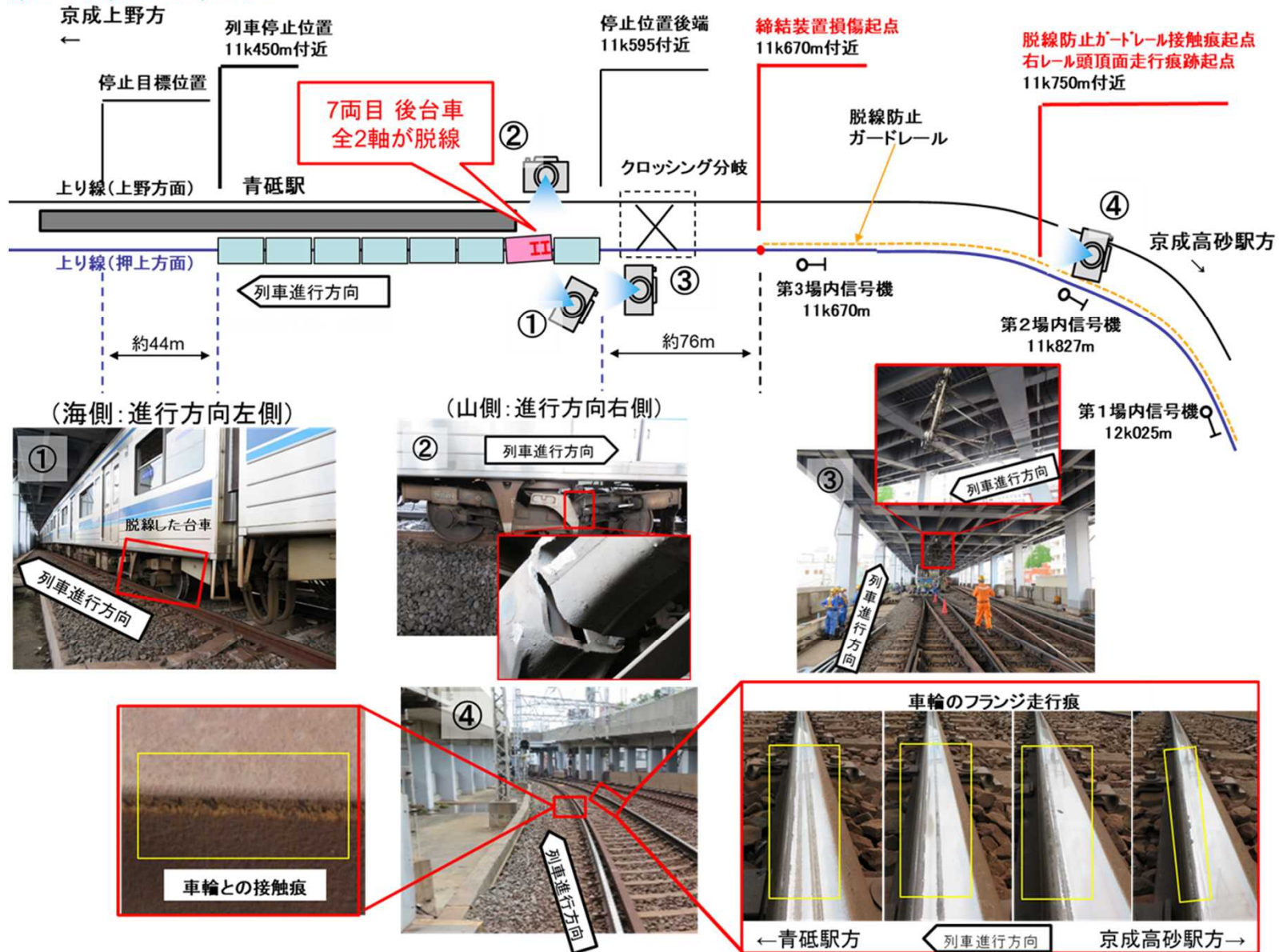
〈報告書P5及び付図2〉



※この図は、国土地理院の地理院地図(電子国土Web)を使用して作成

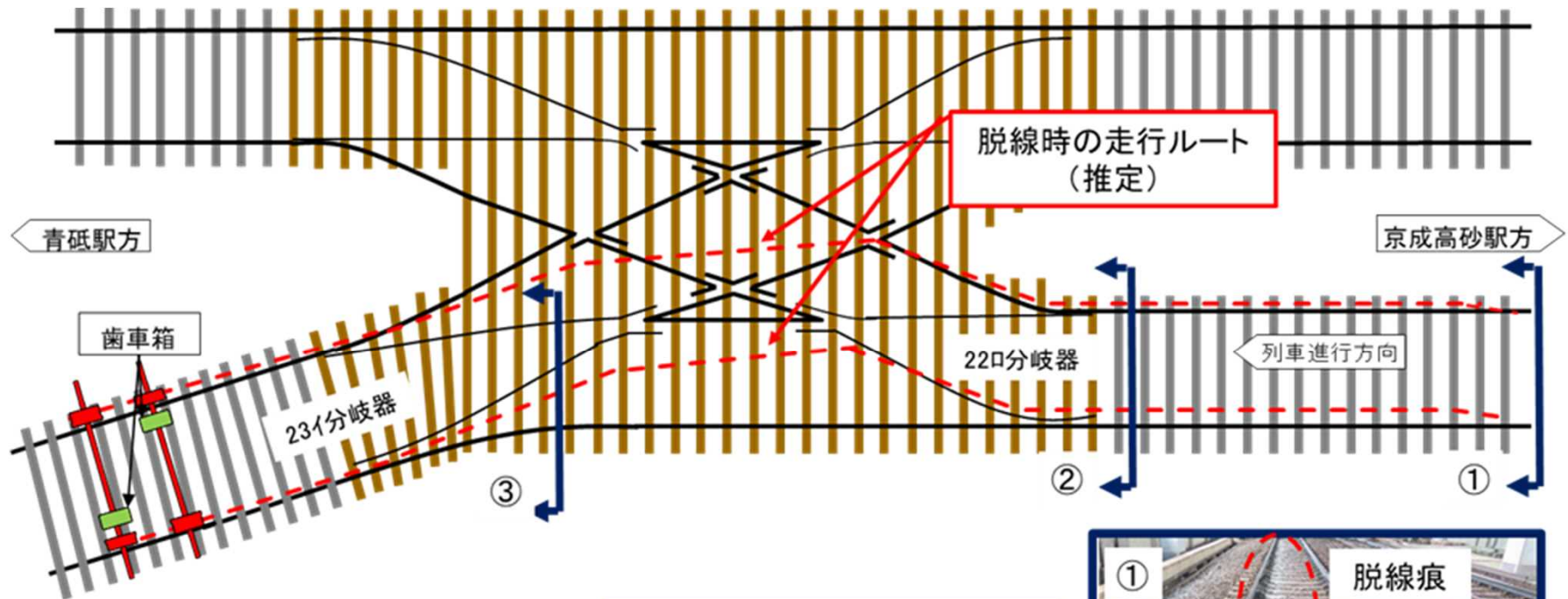
事故の概況（事故現場周辺略図）

〈報告書P5及び付図3〉



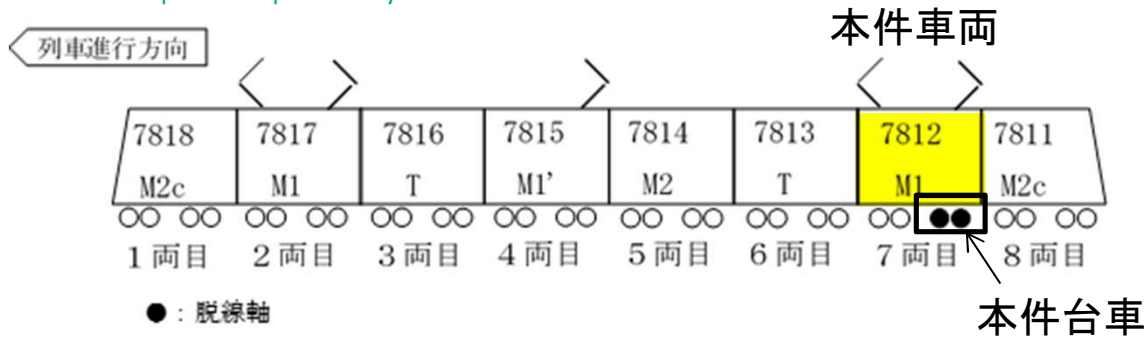
※この図は、事故調査時点の状況を基に線路、道路に対する主な設備の大まかな配置を示した略図であり、正確な縮尺、大小、位置関係にはなっていない。

主な軌道の痕跡等



本件列車及び台車の概要

〈報告書P9及び図1、付図6〉



本件車両の空車重量 : 34t
本件車両完成年月 : 平成7年2月

本件台車の概要

断面 A-A
(本件亀裂箇所)

本件亀裂の概略

台車の形式	FS547
車体支持装置	ダイレクトマウント式
軸箱支持装置	片板ばね式
軸距	2,100mm
製造年月	平成2年12月
走行距離 (全般検査～事故発生)	約49万km
総走行距離 (製造～事故発生)	約510万km

本件台車の主な損傷状況

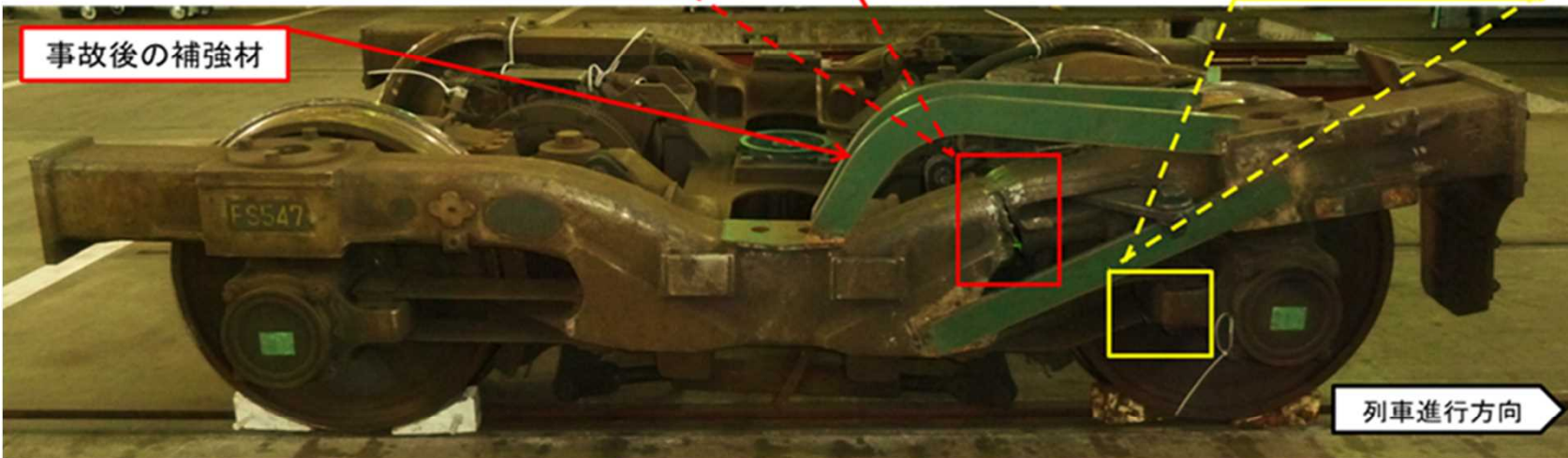
側ばり亀裂

- ・亀裂の高さ: 約170mm
- ・亀裂の幅 : 約28mm



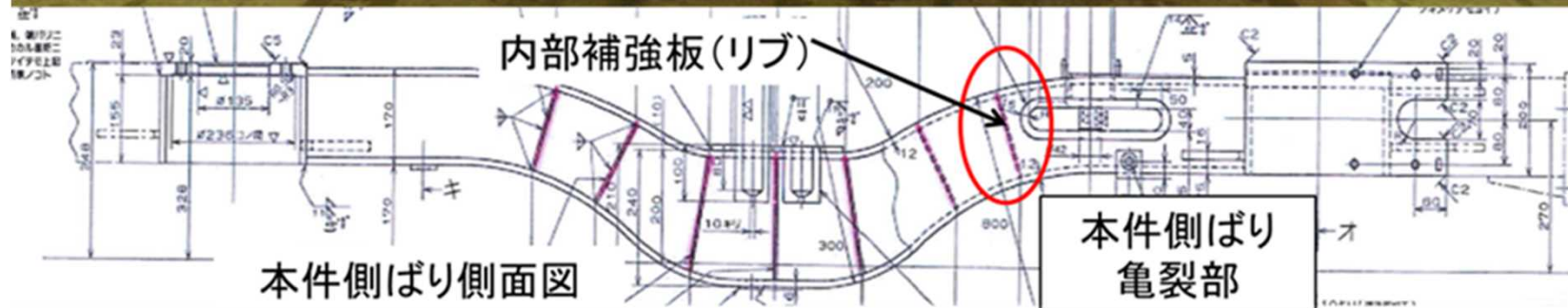
板ばね破損

- ・上下2枚の板ばねのうち、下側の板ばねが軸箱側で破損



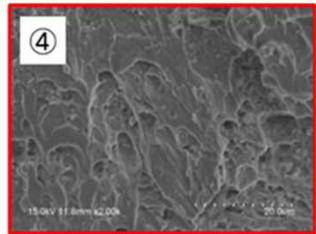
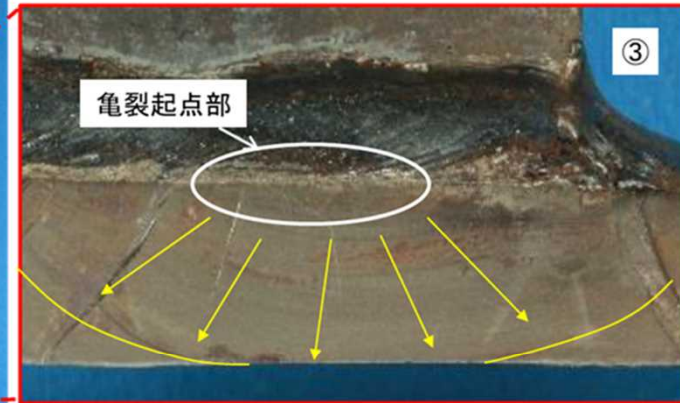
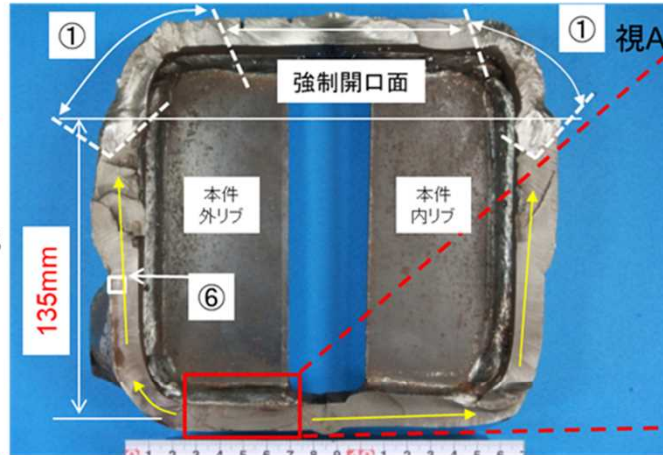
事故後の補強材

列車進行方向

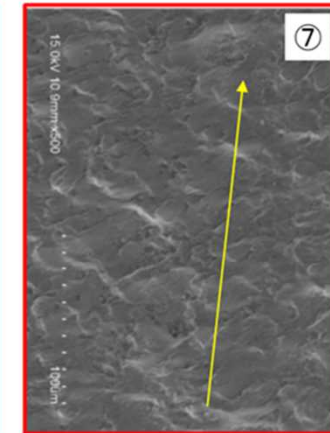
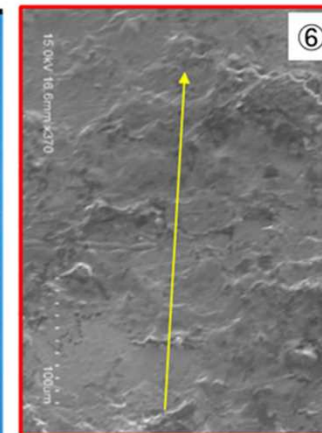
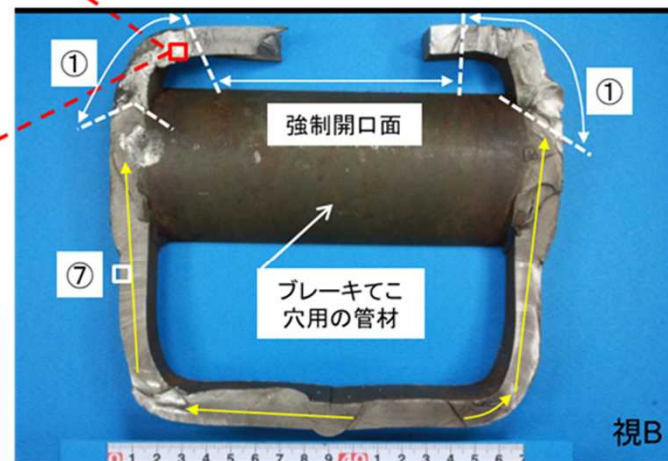
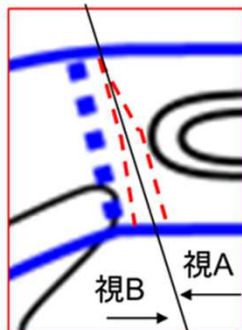


亀裂の起点は溶接止端部、起点部から側ばり下面→側面に疲労破壊の痕跡

- ①延性破壊の可能性がある破面。(④より)
- ②黄色の矢印は、**疲労破壊の痕跡**の方向。
- ③赤色の矢印は、ラチェットマーク。外リブ溶接止端部から側ばり下面に向けて円弧状のビーチマーク。
- ④延性破壊の特徴である、デンプル状の模様。



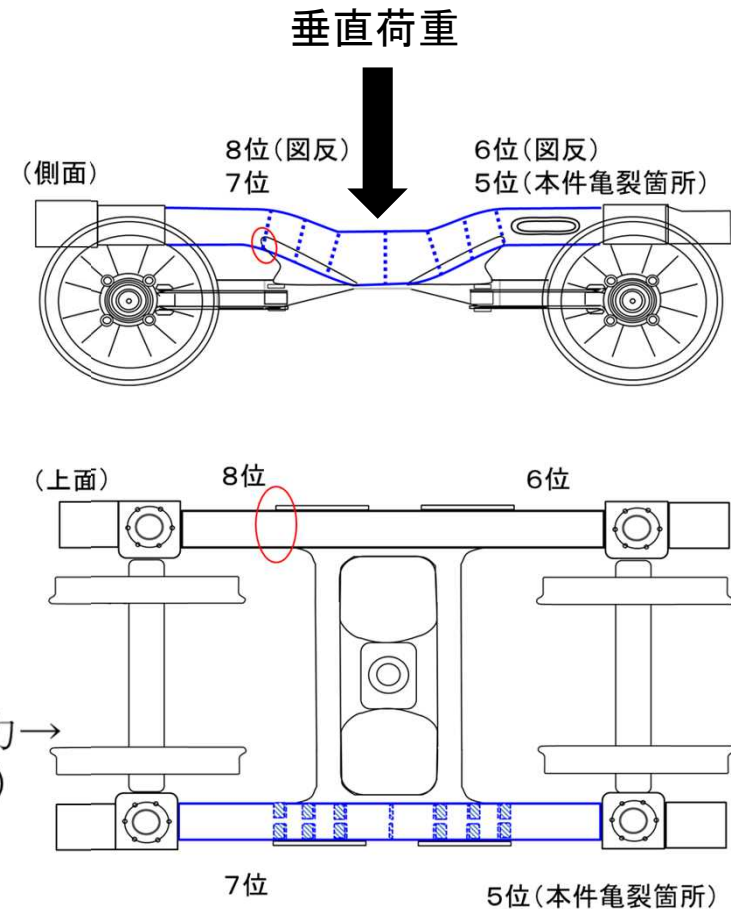
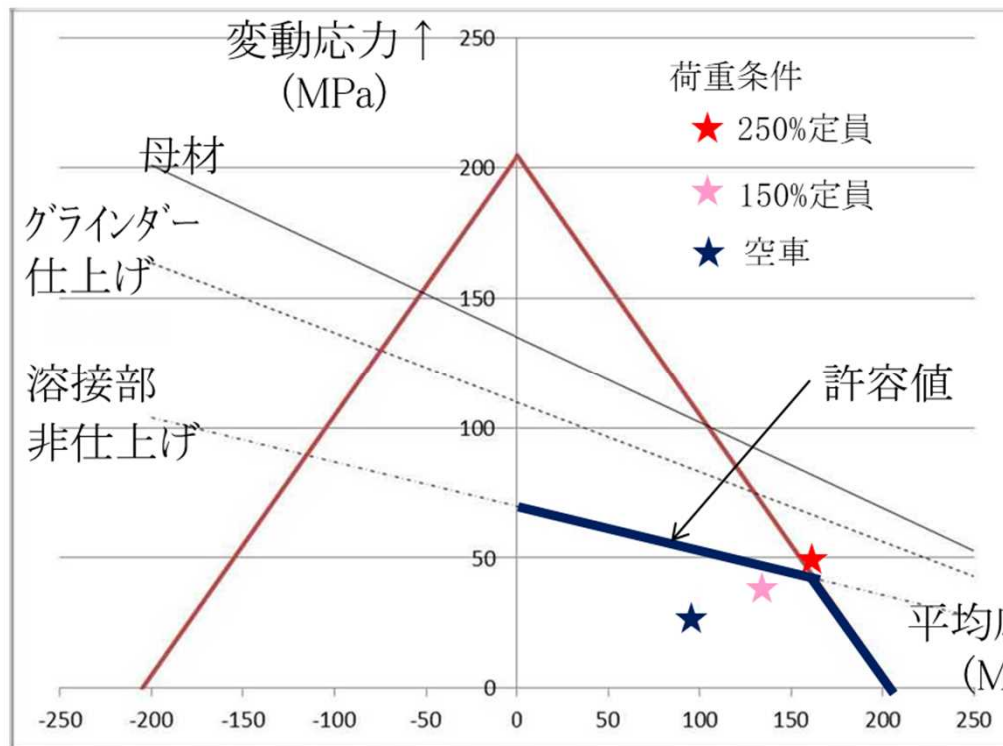
- ⑤疲労破壊痕跡は側ばり下面から135mm(全長450mm)



- ⑥及び⑦
側ばり側面の拡大図。
黄色矢印の方向にビーチマークの痕跡(ストライエーション)が見られる。

※ストライエーション: 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。

250%定員荷重条件で、溶接止端部に応力限界図の許容値を超える応力を確認

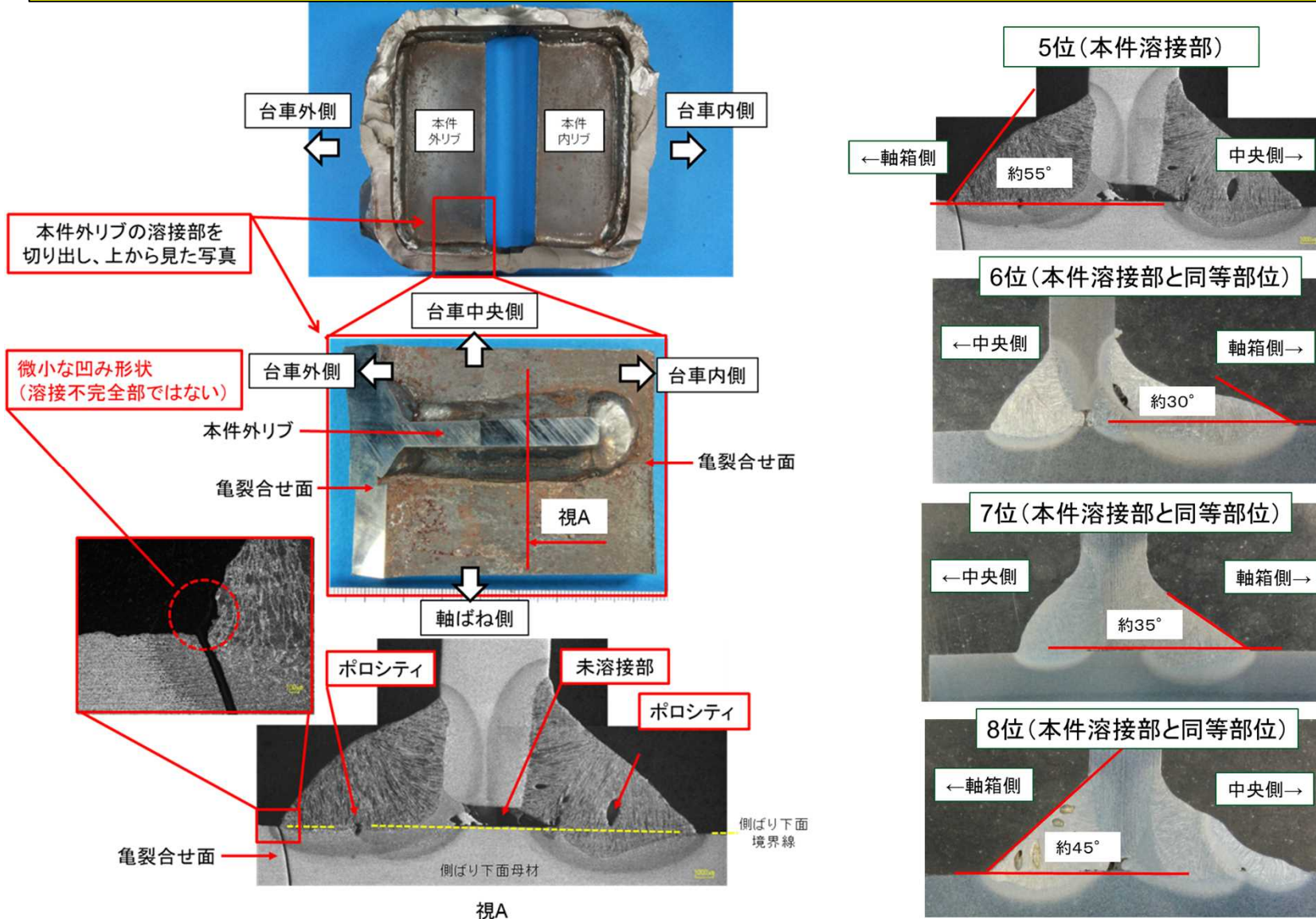


※ ○は応力測定部位を示す

本件溶接部の断面及び溶接形状比較

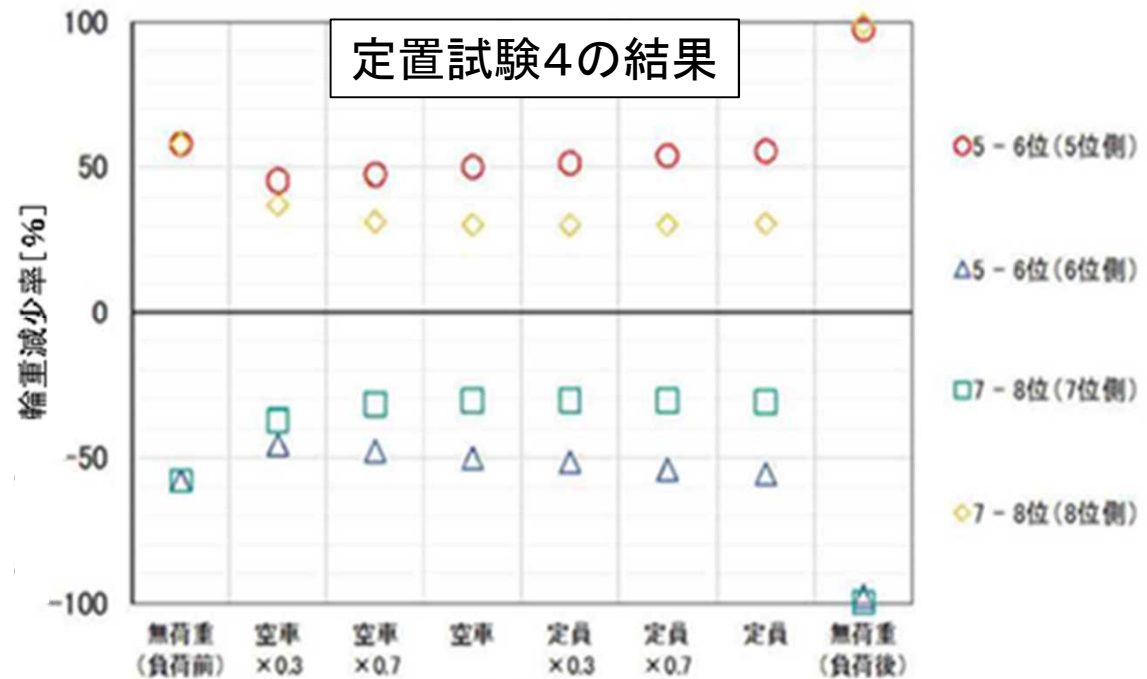
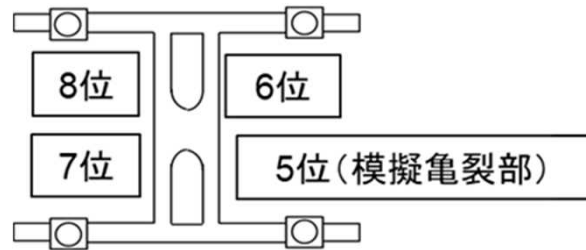
〈報告書P19及び図5.6〉

本件溶接部の特徴：溶接止端部に微小な凹み、余盛角度が高い



空車で約50%の静止輪重比、この条件での推定脱線係数比は0.81

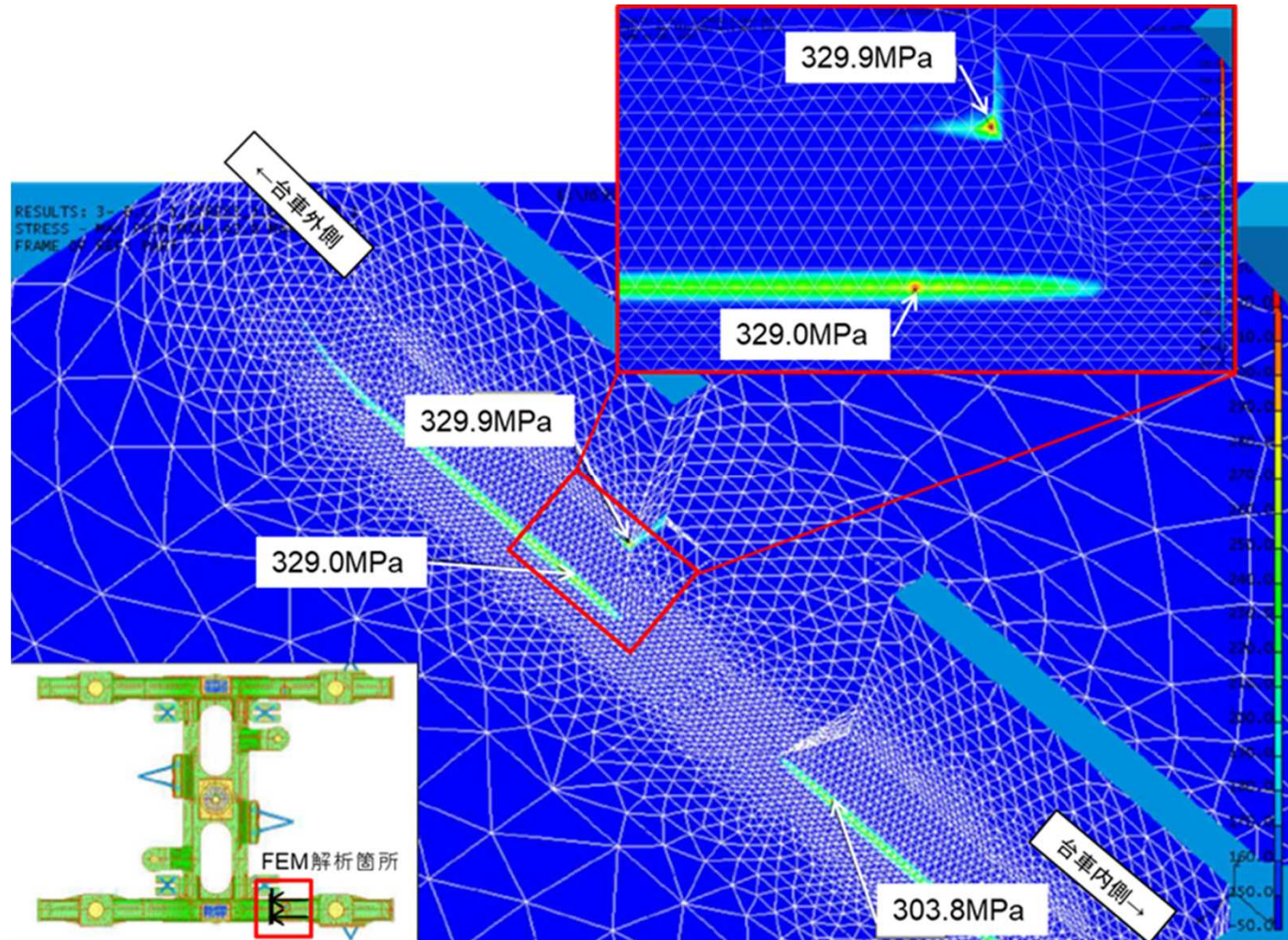
	定置試験 1	定置試験 2	定置試験 3	定置試験 4
模擬亀裂加工概略図				
模擬亀裂幅	約150mm	180mm	180mm	180mm
模擬亀裂高さ (側ばり下面から)	0mm	35mm	100mm	134mm



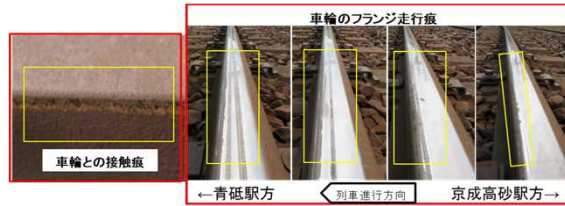
「推定脱線係数比」とは、乗り上がり脱線に対する余裕についての評価指標であり、1.0以上であれば脱線に対し一定水準の余裕が確保されている。

溶接止端部に230MPaを超える応力を確認(溶接止端部の最大値:329MPa)

溶接止端部の要素(メッシュサイズ)を1mmとして、応力分布の詳細を解析



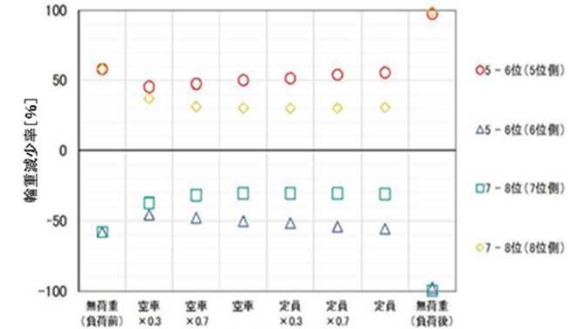
11k750m付近の痕跡



11k670付近mの痕跡



模擬亀裂静荷重試験



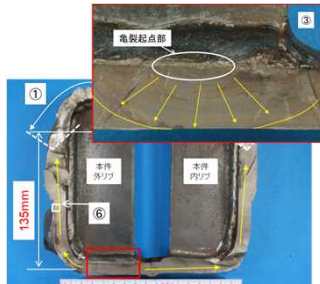
P3
車輪乗り上がりの痕跡

P4
脱線防止ガードレールの
終端から脱線の痕跡

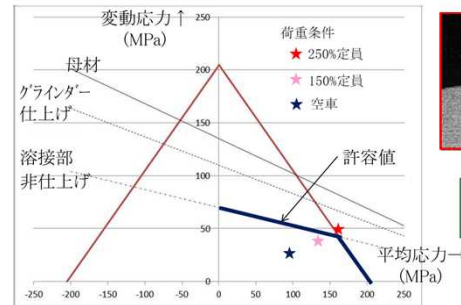
P10
空車で約50%の静止輪
重比、この条件での推定
脱線係数比は0.81

台車に亀裂が発生したことに起因して、輪重のアンバランスが大きくなった結果、車輪がレールに乗り上がり脱線に至ったと考えられる。

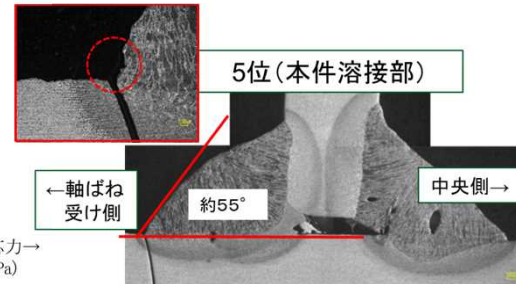
亀裂破面調査



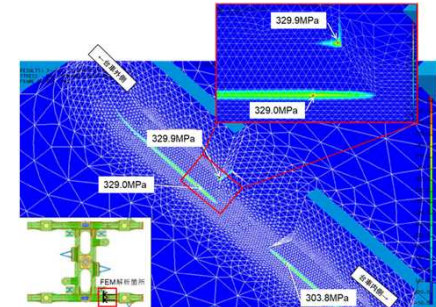
溶接部応力測定



溶接部調査



溶接部FEM解析



P7

亀裂の起点は溶接止端部、起点部から側ばり下面→側面に疲労破壊の痕跡

P8

250%定員荷重条件で、溶接止端部に応力限界図の許容値を超える応力を確認

P9

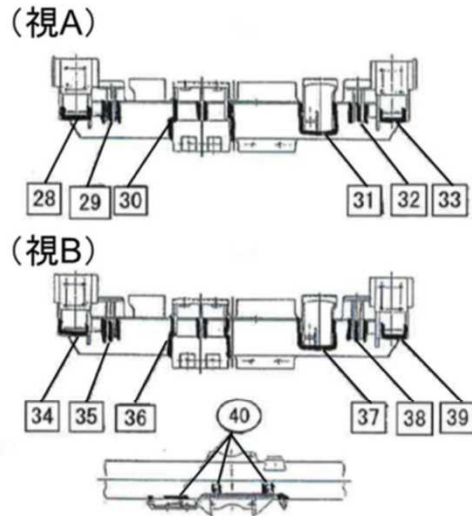
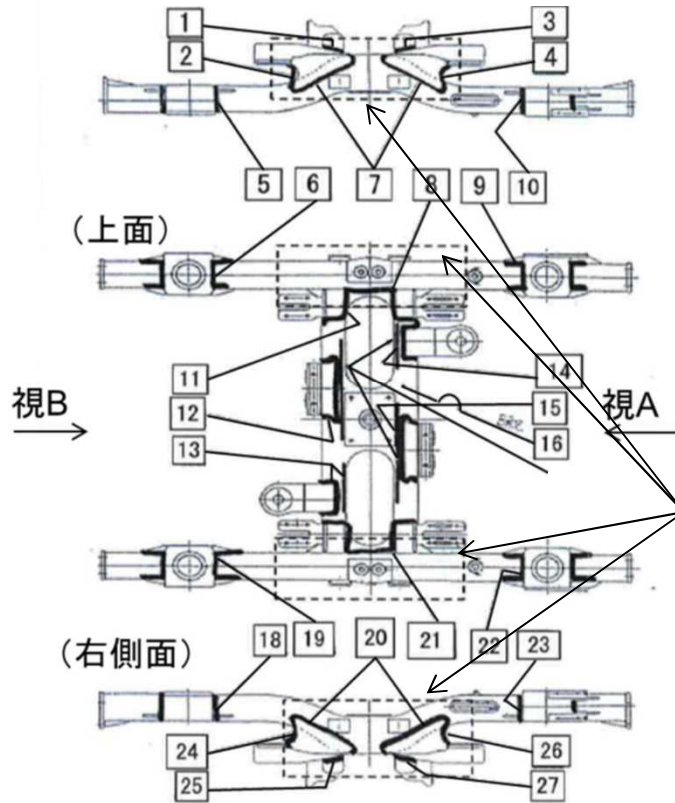
溶接止端部に微小な凹み、余盛角度が高いことで、応力集中係数は大きくなる傾向

P11

溶接止端部に230 MPaを超える応力を確認、また応力測定との整合性についても確認

溶接止端部には応力集中により局所的に応力が高まり、それが亀裂起点となって疲労破壊による亀裂が進展した可能性があると考えられる。

台車枠の探傷検査箇所



側ばりの亀裂を確認するため、点線で囲んだ部分を検査対象としている

模擬亀裂静荷重試験

	定置試験1	定置試験2	定置試験3	定置試験4
模擬亀裂加工概略図				
模擬亀裂幅	約150mm	180mm	180mm	180mm
模擬亀裂高さ (側ばり下面から)	0mm	35mm	100mm	134mm

試験番号	模擬亀裂開口幅 (mm)	備考
定置試験1	0.08	開口幅変化無し
定置試験2	0.32	
定置試験3	3.53	
定置試験4	6.85	

側ばり下面のみの亀裂では、亀裂開口幅に変化無し
(空車荷重条件)

検査時に亀裂が開口していない可能性、及び検査箇所が詳細に示されていないため、側ばり下面の亀裂を発見できなかった可能性があると考えられる。

本事故は、台車の側ばりの下面から側面上部に達する亀裂が発生・進展した状態で走行したため、台車前軸の輪重のアンバランスが大きくなり、右側車輪の輪重が減少した状態で曲線を通じたため、横圧が増加したことにより右側車輪がレールに乗り上がり、脱線防護ができなくなる脱線防止ガードレールの終端である青砥駅方端部付近で、脱線したものと考えられる。

台車前軸の輪重のアンバランスが大きくなったことについては、亀裂によって側ばりの強度が低下して、上下荷重を分担できなくなっていたためと考えられる。

また、側ばりに亀裂が発生したことについては、側ばり内部の補強板溶接箇所に応力が集中したことにより局所的に高い応力が発生し、それが亀裂の起点となって疲労破壊により亀裂が進展した可能性が考えられる。

事業者の定期検査において亀裂の進展を発見できなかったことについては、本事故発生前直近の全般検査時には、既に側ばり下面の表面に亀裂が達していた可能性が考えられるが、その亀裂は開口していなかった可能性があること、及び側ばりの磁粉探傷検査箇所が詳細に示されていないことにより、亀裂を発見できなかった可能性が考えられる。

側ばり内部に補強板が溶接されている台車においては、既に行われている定期検査の側ばり探傷検査において、設計情報などから内部補強板溶接の高応力発生箇所を検査対象として詳細に指定をした上で、探傷検査を実施することが必要であると考えられる。さらに、内部からの亀裂進展の早期発見のため、超音波探傷検査などの検査方法併用についても検討することが望ましい。また、側ばりは構造上、上下荷重により発生する応力が大きく、側ばり下面に高応力が発生することから、特に月検査における目視検査では、側ばり下面を重点的に検査することが必要であると考えられる。

今後の設計については、側ばり内部に補強板が溶接される構造では、溶接止端部への応力集中を緩和するため溶接止端部の曲率半径を大きくするような設計、もしくは構造上の理由などによって溶接止端部の曲率半径を大きくするような設計ができない場合、使用する材料の種類の最大と考えられる応力集中係数を考慮した上で、溶接部近辺の側ばり下面における許容応力を設定するような構造設計を行うことが必要であると考えられる。

同社が講じた措置

- 本件亀裂発生箇所と同様箇所で、拭き取り後の目視点検実施及び打音検査を追加（列車検査及び月検査）
- 磁粉探傷検査における、重点点検箇所の明示、塗装除去の徹底、及びダブルチェック等の改善対応（全般検査及び重要部検査）

国土交通省が講じた措置

- 令和2年6月12日、類似構造台車を所有する鉄軌道事業者に対し、目視等による緊急点検を指示、異常なし

以 上