

鉄道重大インシデント調査報告書

I 南海電気鉄道株式会社 住ノ江検車区
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）

令和2年11月26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 武田 展雄

《参 考》

本報告書本文中に用いる分析の結果を表す用語の取扱いについて

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

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

I 南海電気鉄道株式会社

住ノ江検車区

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：南海電気鉄道株式会社

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：令和元年8月24日 0時10分ごろ

（主電動機受座の亀裂を発見した時刻）

発生場所：大阪府大阪市

住ノ江検車区

（主電動機受座の亀裂を発見した場所）

令和2年10月26日

運輸安全委員会（鉄道部会）議決

委員長 武田展雄

委員 奥村文直（部会長）

委員 石田弘明

委員 柿嶋美子

委員 鈴木美緒

委員 新妻実保子

要旨

<概要>

南海電気鉄道株式会社の南海本線難波駅発関西空港駅行き6両編成の下り第241列車（ラピートβ41号）は、令和元年8月23日（金）、南海本線難波駅を定刻（18時00分）に出発した。堺駅～岸和田駅間を走行中に車掌が2両目と3両目（以下、車両等は下り方から数え、左右は下り列車の進行方向を基準とする。）の連結部から金属が擦れ合うような音を確認した。その後、関西空港駅到着後の折り返し難波駅行き列車（列車番号が上り第250列車となった。）が走行中、岸和田駅～堺駅間で同車掌が2両目と3両目の連結部から同様の音を確認した。このため、車掌が列車無線にて

運輸指令指令員に異音発生の報告を行った。指令員は検車係員2名を難波駅到着後の折り返し関西空港駅行き列車(列車番号が下り第249列車となった。)に泉佐野駅から添乗させ、車両の状況を確認したが、異状がなかったため、当日の運用後に車両の確認をするよう指示をした。

運用後、検車係員が住ノ江検車区で車両を再度確認したところ、2両目第2台車第1軸主電動機受座背面に約140mmの亀裂を発見した。(令和元年8月24日0時10分ごろ)

<原因>

本重大インシデントは、車両の台車枠の横ばりと主電動機受座背面の補強リブとの溶接部に発生した亀裂が、疲労により進展し、外表面まで達したものと推定される。

横ばりと主電動機受座背面の補強リブとの溶接部に亀裂が発生したことについては、本件台車メーカーで主電動機受座背面に本件補強リブを取り付ける際に、開先加工を実施せずに溶接を行って取り付けたことにより溶接欠陥ができ、これを起点にして亀裂が発生したものと推定される。

開先加工が実施されなかったことについては、本件台車メーカーの台車技術管理室から開先加工を行う溶接職場に対し出された作業方案に、開先に関する記載がなく、明確な作業指示がなかったため、溶接職場の作業者が開先加工を行うことを知らなかったことが関与したものと考えられる。

また、本件亀裂が発生した箇所は補強を実施後に同社が重点検査箇所指定しておらず、磁粉探傷検査を実施していなかったため、定期検査の時点で既に亀裂が発生していたとしても、これを発見できなかった可能性が考えられる。

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	原因関係者からの意見聴取	2
2	事実情報	2
2.1	運行の経過	2
2.2	鉄道施設等に関する情報	4
2.3	車両に関する情報	5
2.3.1	本件列車に関する情報	5
2.3.2	本件台車の構造等の概要	6
2.3.3	車両の整備等に関する情報	7
2.4	鉄道施設及び車両の損傷、痕跡に関する情報	8
2.4.1	本件台車の損傷状況等	8
2.4.2	主電動機受座の損傷状況等	8
2.4.3	緊急点検で発見された他の主電動機受座の損傷状況等	9
2.5	主電動機受座に関する情報	10
2.5.1	主電動機受座の強度設計及び検証の状況	10
2.5.2	主電動機受座の補強等の追加状況	11
2.5.3	本件補強リブ追加の状況	11
2.5.4	主電動機受座の検査の状況	15
2.6	50000系車両における過去の亀裂の発生状況に関する情報	16
2.7	異音の発生に関する情報	17
2.8	乗務員等に関する情報	17
2.8.1	乗務員の体制	17
2.8.2	指令の体制	18
2.9	運転取扱いに関する情報	18
2.9.1	乗務員に係る異常時の取扱いに関する規程	18
2.9.2	指令に係る異常時の取扱いに関する規程	19
3	分析	19
3.1	本件亀裂が発生したことに関する分析	19
3.2	本件補強リブに関する分析	20

3.2.1	本件補強リブ取付けの設計に関する分析.....	20
3.2.2	本件補強リブの取付け作業に関する分析.....	20
3.3	定期検査に関する分析.....	20
3.4	本件車掌が確認した異音と亀裂の関連性に関する分析.....	21
3.5	異常時の取扱いに関する分析.....	21
4	原因.....	21
5	再発防止策.....	22
5.1	必要と考えられる再発防止策.....	22
5.2	本重大インシデント後に同社が講じた措置.....	23
5.3	本重大インシデント後に本件台車メーカーが講じた措置.....	23
5.4	本重大インシデント後に国土交通省が講じた措置.....	23

添付資料

付図1	南海本線及び空港線の路線図.....	25
付図2	前日からの本件列車の運用と状況.....	26
付図3	本件台車の構造及び損傷状況.....	27
付図4	亀裂破面の状況.....	28
付図5	異音発生箇所の状況.....	29

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

南海電気鉄道株式会社の南海本線難波駅発関西空港駅行き6両編成の下り第241列車(ラピートβ41号)は、令和元年8月23日(金)、南海本線難波駅を定刻(18時00分)に出発した。堺駅～岸和田駅間を走行中に車掌が2両目と3両目(以下、車両等は下り方から数え、左右は下り列車の進行方向を基準とする。)の連結部から金属が擦れ合うような音を確認した。その後、関西空港駅到着後の折り返し難波駅行き列車(列車番号が上り第250列車となった。)が走行中、岸和田駅～堺駅間で同車掌が2両目と3両目の連結部から同様の音を確認した。このため、車掌が列車無線にて運輸指令指令員に異音発生の報告を行った。指令員は検車係員2名を難波駅到着後の折り返し関西空港駅行き列車(列車番号が下り第249列車となった。)に泉佐野駅から添乗させ、車両の状況を確認したが、異状がなかったため、当日の運用後に車両の確認をするよう指示をした。

運用後、検車係員が住ノ江検車区で車両を再度確認したところ、2両目第2台車第1軸主電動機受座背面に約140mmの亀裂を発見した。(令和元年8月24日0時10分ごろ)

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)であって、定期検査以外で発見されたこと、及び技術的な観点から客観的に原因を究明しておく必要があると認められたことから、運輸安全委員会は、航空法施行規則及び運輸安全委員会設置法施行規則の一部を改正する省令(令和2年国土交通省令第1号)第2条の規定による改正前の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、令和元年8月26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1名の鉄道事故調査官を指名した。

近畿運輸局は、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。

1.2.2 調査の実施時期

調査項目	実施日
台車等の調査	令和元年 8月27・28日、9月2日、26・27日、 10月15・16日、11月5～7日、12月2・3日 令和2年 1月22日
運行の経過に関する口述聴取	令和元年 8月27日

1.2.3 原因関係者からの意見聴取

原因関係者から意見聴取を行った。

2 事実情報

2.1 運行の経過

本重大インシデントに至るまでの経過は、南海電気鉄道株式会社（以下「同社」という。）の南海本線難波駅発関西空港駅行きの下り第241列車（ラピートβ41号）及び関西空港駅到着後に折り返し難波駅行き上り第250列車等の運用を行った列車（以下「本件列車」という。）の運転士（以下「本件運転士」という。）、車掌（以下「本件車掌」という。）、車掌からの連絡を受けた運輸指令指令員（以下「本件指令員」という。）、本件列車に添乗して車両の確認を行った羽倉崎検車支区の検車係員Aと検車係員B、亀裂を発見した住ノ江検車区の検車係員Cの口述によると、概略次のとおりであった。

(1) 本件運転士

本重大インシデント発生前日、本件列車の下り第241列車は難波駅を定刻（18時00分）に出発し、関西空港駅に定刻（18時39分）に到着した。運転中、特に異状は感じなかった。その後、関西空港駅を折り返し、上り第250列車として関西空港駅を定刻（19時05分）に出発した。

堺駅を出発した後、本件指令員と本件車掌が列車無線で会話している声が聞こえた。その内容は本件指令員が本件車掌に対し、2両目と3両目の連結部からの異音について確認している内容であったが、本件車掌や本件指令員から直接の連絡はなく、運行に異状がなかったのでそのまま運転を継続し、難波駅に定刻（19時46分）に到着した。

(2) 本件車掌

難波駅から本件列車に乗務し、難波駅を定刻に出発した。堺駅～岸和田駅間で車内巡回をした際に、2両目と3両目の連結部の渡り板の下あたりから車両の揺れに合わせて「キーキー」という金属音が鳴っていることに気付いた。初めて聞くような音ではなかったが、いつもよりも音が高いと感じた。関西空港駅で折り返す上り第250列車にも乗務予定だったので、同列車でも鳴っているようだったら対応しようと思った。

上り第250列車は、関西空港駅を定刻に出発した。関西空港駅～りんくうタウン駅間、泉佐野～岸和田駅間、岸和田駅～堺駅間で車内巡回を行った際にも同様な音が2両目と3両目の連結部から鳴っていることに気付いた。堺駅を発車後、2両目と3両目の連結部で音を確認したところ、まだ音がしていたため、1両目の運転台に戻り、列車無線で本件指令員に「車内不備が1件あります。2両目と3両目の連結部の渡り板の下あたりから、走行中に金属が擦り合うような音がかなり大きく聞こえます。関係箇所に連絡願います。」と報告した。

なお、難波駅で交代した車掌には、2両目と3両目の連結部の渡り板の下あたりから走行中に金属が擦り合うような音が鳴っていることと、そのことを本件指令員に連絡済みであることを伝達した。

(3) 本件指令員

本件車掌から「2両目と3両目の連結部の渡り板の下あたりから、走行中に金属が擦り合うような音がしている」と報告を受けたので、検車指令区検車指令係（以下「本件検車指令係」という。）に情報を共有した。上り第250列車が難波駅に到着した頃、本件検車指令係から音が鳴っていたのは直線と曲線のどちらを走行中であったかを本件車掌に確認するように依頼があったので、本件車掌の運行監督者（2.8.1参照）にその旨を確認したところ、「音は直線では聞こえず、曲線で聞こえた」と聞き、本件検車指令係に報告した。その後、本件検車指令係から「下り第249列車で検車係員の添乗手配をしているので様子を見てほしい」との連絡があった。

下り第249列車が関西空港駅に到着した頃、本件検車指令係から添乗して確認したが異状なしとの報告があったので、本件車掌の運行監督者に連絡し、異状なしと報告した。

(4) 検車係員A

羽倉崎検車支区主任から「本件列車の2両目と3両目の連結部から異音ということで、添乗して状況を確認してきてください」と指示を受けた。走行中に金属音がするとのことであったが、金属音が曲線で鳴るのか、連結部のどの辺りからなのか、誰からの申告なのかは知らされていなかった。泉佐野駅から本

件列車の2両目と3両目の連結部付近に添乗を開始したが、まったく異音はしなかった。関西空港駅到着後羽倉崎検車支区主任に携帯電話で「気になるような異音は確認できなかった」と報告した。

(5) 検車係員B

羽倉崎検車支区主任から「本件列車の2両目と3両目の連結部から音がするので、添乗して状況を確認してきてください」と指示を受けた。添乗したところ、渡り板や側パネル*1部分から音は聞こえたが、どれも正常な音だと思った。

(6) 検車係員C

本件検車指令係から「本件列車の2両目と3両目の連結部から走行中に金属音がしているため、羽倉崎検車支区の検車係員が泉佐野駅から添乗する。入庫の際にもう一度確認してください」という指示があった。羽倉崎検車支区主任に連絡して、添乗の結果を聞いたところ、「側パネルについては、音は鳴っていないかった」とのことだった。

その後、本件列車が入庫してきたので点検を開始し、側パネルを調査したが異常はなかったため、車両の床下を点検することにした。連結器の緩衝装置を調査したが異常はなかったため、モーター周りを確認したところ、2両目（以下「本件車両」という。）第2台車（以下「本港台車」という。）第1軸主電動機受座背面に亀裂（以下「本件亀裂」という。）を発見した。

(付図1 南海本線及び空港線の路線図 参照、付図2 前日からの本件列車の運用と状況 参照)

2.2 鉄道施設等に関する情報

南海本線及び空港線の路線の概要は、次のとおりである。

(1) 南海本線

同社の南海本線は難波駅を起点として和歌山市駅に至る、営業キロ64.2km、軌間1,067mmの複線の路線である。動力は、電気（直流1,500V）である。

(2) 空港線

同社の空港線は、泉佐野駅を起点として関西空港駅に至る、営業キロ8.8km、軌間1,067mmの複線の路線である。動力は、電気（直流1,500V）であ

*1 「側パネル」とはパネル付き内ほろの部品の一つ。中央寄1枚と車体寄2枚の計3枚の側パネルで構成されている。(付図5 異音発生箇所状況 参照)

る。りんくうタウン駅～関西空港駅間は同社が第二種鉄道事業者*2、新関西国際空港株式会社が第三種鉄道事業者*3となっており、西日本旅客鉄道株式会社の関西空港線とは両駅構内を除き上下線とも線路を共用している。

なお、ラピートは難波駅～関西空港駅間42.8km（複線）を運行する特急列車であり、速達タイプの列車はラピートα、それ以外の列車はラピートβと称される。

（付図1 南海本線及び空港線の路線図 参照）

2.3 車両に関する情報

2.3.1 本件列車に関する情報

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	直流電車（1,500V）
車両形式	50000系
編成両数	6両編成
編成定員	252人
最高速度	南海本線 110km/h 空港線 120km/h
本件車両の車両番号	50204（第4編成2号車）
本件車両の空車重量	38.2t*4
本件車両の完成年月	平成6年4月
本件台車の形式	SS137
車体支持方式	ボルスタレス式
軸箱支持方式	SUミンデン式*5
駆動方式	たわみ板継手式平行カルダン
主電動機	かご形三相誘導電動機
本件台車の製造年月	平成6年4月

*2 「第二種鉄道事業者」とは、自らが敷設する鉄道線路以外の鉄道線路を使用して鉄道による旅客又は貨物の運送を行う事業者をいう。

*3 「第三種鉄道事業者」とは、鉄道線路を敷設して当該鉄道線路を第二種鉄道事業を営業者者に専ら使用させる事業者をいう。

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

*5 「SUミンデン式」とは、台車枠の中心側から2枚の板ばねを出して軸箱を台車枠に弾性的に結合して軸箱を保持する方式で、板ばねの支持部分にゴムブッシュを用いて、水平方向の剛性を下げた方式をいう。

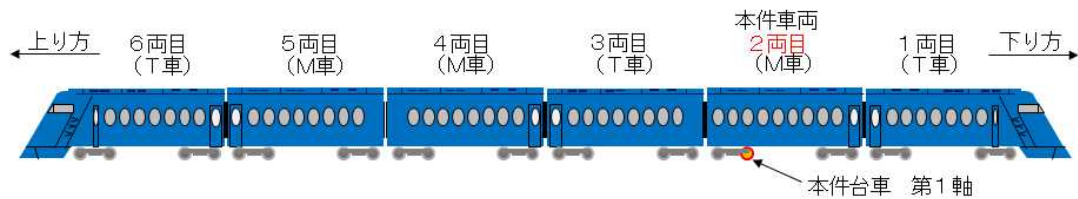


図1 本件列車の概要

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415.6万kmである。また、台車については、2.5.4「主電動機受座の検査の状況」に後述する全般検査等の際に、取り外して検査を終了した後、再度同じ部位に取り付けて使用するため、累積走行距離は車両の走行距離と同じである。

2.3.2 本件台車の構造等の概要

本件台車は、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ブレーキ装置等で構成されている。台車枠は、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、それを結ぶ横ばり等により構成されている。本件亀裂が発生した主電動機受座は横ばりに溶接で取り付けられている。

横ばりは日本産業規格（以下「JIS規格」という。）における厚さ（公称厚さ）12mm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、2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。

主電動機受座は主電動機を取り付けるための受座で、その大きさは高さ（上下方向）400mm、幅（まくらぎ方向）415mm、幅（レール方向）190mmであり、JIS規格における厚さ（公称厚さ）12mmの溶接構造用圧延鋼材を溶接して組み立てた構造であり、横ばりに開先を取ったすみ肉溶接^{*6}で取り付けられている。

本件台車の駆動用機器は、輪軸に取り付けられた歯車装置、主電動機受座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継手により構成される。

（付図3 本件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 車両の整備等に関する情報

2.3.3.1 本件車両の検査の実施日等

同社の車両整備は、「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、同社が近畿運輸局長に届け出ている実施基準の一部である「車両関係実施基準（普通鉄道・保全）」と、その関連文書である「検査作業内規」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、重要部検査*8、状態・機能検査*9及び列車検査*10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25年 4月15日 (1,114,635.4 km)	千代田工場
重要部検査	平成28年 4月21日 (560,016.4 km)	千代田工場
状態・機能 検査	令和 元年 7月22日 (16,765.0 km)	住ノ江検車区
列車検査	令和 元年 8月15日 (3,860.2 km)	住ノ江検車区

※ 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。

本件車両における重要部検査は、平成2年以降に制御方式にVVVF制御を採用した新造車両と平成17年4月以降に制御方式をVVVF制御に改造した車両を対象とした検査内容であり、台車を車体から切り離さず検査を行い、静止輪重の測定・管理や車軸・台車枠の探傷試験等を省略している。

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。

*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8年を超えない期間とされている。

*8 「重要部検査」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4年又は60万kmを超えない期間とされている。

*9 「状態・機能検査」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3月を超えない期間とされている。

*10 「列車検査」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。検査周期は10日を超えない期間とされている。

本件台車枠の定期検査の詳細については、2.5.4に後述する。

2.3.3.2 本件列車の泉佐野駅～関西空港駅間での列車添乗調査

口述によると、本件列車の添乗調査については、泉佐野駅～関西空港駅間において検車係員により以下のように行われたが、異状は確認されなかったとのことである。

- (1) 上り第250列車の本件車掌は列車無線で本件指令員に「車内不備が1件あります。2両目と3両目の連結部の渡り板の下あたりから、走行中に金属が擦り合うような音がかなり大きく聞こえます。関係箇所に連絡願います」と報告した。
- (2) 本件検車指令係が羽倉崎検車支区主任に対し、下り第249列車に泉佐野駅から添乗し、金属が擦り合うような音の確認をするよう指示をした。指示を受けた羽倉崎検車支区主任は検車係員Aと検車係員Bに対し、泉佐野駅より添乗を指示した。
- (3) 羽倉崎検車支区検車係員Aと検車係員Bは下り第249列車に泉佐野駅から添乗し、異音の確認をしながら関西空港駅まで添乗した。
- (4) 羽倉崎検車支区検車係員Aと検車係員Bは添乗の結果、異音の確認ができなかったため、羽倉崎検車支区主任に電話で「気になるような異音は確認できなかった」と伝えた。

(付図2 前日からの本件列車の運用と状況 参照)

2.4 鉄道施設及び車両の損傷、痕跡に関する情報

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同社の住ノ江検車区にて検車係員Cが車両調査をしたところ、本件台車の横ばりと主電動機受座との溶接部に付いている補強リブ（以下「本件補強リブ」という。）上部で本件亀裂を発見した。

主電動機の取付け状態に異常はなく、歯車装置・継手にも異常はなかった。

(付図3 本件台車の構造及び損傷状況 参照)

2.4.2 主電動機受座の損傷状況等

本件車両の台車から本件亀裂を切断し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) 亀裂は主電動機受座背面の横ばりと本件補強リブとの溶接部に発生しており、長さ約140mm、幅約1mmであった。

- (2) 亀裂の破面を観察したところ、複数のラチェットマーク^{*11}が外側に伸びているのが確認された。
- (3) 溶接部の端部では外側に伸びたストライエーション^{*12}が確認された。
- (4) EDX分析^{*13}を実施し、亀裂破面に付着していた物質を分析したところ、破面の一部にチタン（Ti）がわずかに検出された。なお、チタンは溶接材料や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。

2.4.3 緊急点検で発見された他の主電動機受座の損傷状況等

本重大インシデントの発生により同社が50000系車両全6編成の全ての台車について主電動機受座（36台車72箇所）を検査した結果、同部位に4つの亀裂を発見した。これらの亀裂については切断し、損傷状況について詳細に調査した。なお、発見された亀裂の状況は、表2のとおりである。

表2 発見された亀裂の状況

編成・号車	台車・輪軸	亀裂の長さ	発見した検査方法
第5編成2両目	第2台車第1軸	約70mm	目視検査
第4編成4両目	第2台車第2軸	約60mm	磁粉探傷検査 ^{*14}
第6編成5両目	第2台車第1軸	約60mm	磁粉探傷検査
第6編成5両目	第1台車第2軸	約20mm	磁粉探傷検査

2.4.3.1 第5編成2両目の亀裂破面の状況

第5編成2両目の亀裂を切断し、詳細に調査したところ、亀裂の損傷状況については、次のとおりであった。

- (1) 亀裂の破面を観察したところ、補強リブ側の破面及び横ばり側の破面の両方にビーチマーク^{*15}が見られた。また、複数のラチェットマークが外側に伸びているのが確認された。

*11 「ラチェットマーク」とは、疲労破壊の破断面に生ずる特徴の一つであり、起点近傍に生ずる段差状の痕跡のことをいう。段差模様とも呼ばれる。

*12 「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。

*13 「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。本調査では、塗料成分の検出等を目的に行われた。

*14 「磁粉探傷検査」とは、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のことをいう。磁性粉末を含む適切な試験媒体を利用する。

*15 「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。

- (2) 横ばりと補強リブとの溶接部において、ブローホール^{*16}や融合不良^{*17}などの溶接欠陥^{*18}が確認された。
- (3) 横ばりと補強リブとの間に隙間があることが確認された。
- (4) EDX分析を実施し、亀裂破面に付着していた物質を分析したが、チタン(Ti)等の塗料に関係する成分は明確には確認できなかった。

(付図4 亀裂破面の状況 参照)

2.4.3.2 第4編成4両目の亀裂破面の状況

第4編成4両目の亀裂を切断し、詳細に調査したところ、亀裂の損傷状況については、次のとおりであった。

- (1) 亀裂の破面を観察したところ、複数のラチェットマークが外側に伸びているのが確認された。また、中央部に溶接欠陥が確認された。
- (2) 溶接部の端部では外側に伸びたストライエーションが確認された。

2.4.3.3 第6編成5両目の亀裂破面の状況

第6編成5両目の2つの亀裂を切断し、詳細に調査したところ、亀裂の損傷状況については、次のとおりであった。

- (1) 亀裂の破面を観察したところ、複数のラチェットマークが外側に伸びているのが確認された。
- (2) 溶接部の端部では外側に伸びたストライエーションが確認された。
- (3) EDX分析を実施し、亀裂破面に付着していた物質を分析したところ、破面の一部にチタン(Ti)がわずかに検出された。

2.5 主電動機受座に関する情報

2.5.1 主電動機受座の強度設計及び検証の状況

同社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、50000系車両用の台車枠の強度設計及び検証の実態については、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、JIS規格「JIS E 4207(1984)「鉄道車両—台車—台車枠設計通則」」(以下「JIS E 4207(1984)」という。)に定められた方法によって行った。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、「JIS E

*16 「ブローホール」とは、溶接金属中に生じる球状の空洞のことをいう。

*17 「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ものをいう。

*18 「溶接欠陥」とは、理想的な溶接部から逸脱したものの中で許容されないものをいう。

4208（1984）「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を用いた。

- (2) その後、50000系車両に組み込んで、南海本線・空港線区間において現車走行試験を実施し、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）を、JIS E 4207（1984）に定められた方法によって評価した。

2.5.2 主電動機受座の補強等の追加状況

主電動機受座への補強等の追加状況について調査した結果は、表3のとおりであった。

表3 主電動機受座への補強等の追加状況

年	補強部位
平成10年	他の事業者で発生した亀裂対策の水平展開を実施 <ul style="list-style-type: none"> 主電動機受座側面にブロック追加 主電動機受座上面～横ばり溶接部に溶接肉盛りとグラインダ仕上げ 主電動機受座背面～横ばり溶接部にグラインダ仕上げ
平成17年	けん引リンク受座で発生した亀裂の対策として台車枠強度向上対策を実施 <ul style="list-style-type: none"> 主電動機受座上面に補強リブ追加 主電動機受座背面に本件補強リブ追加
平成29年 平成31年	主電動機受座縦板で発生した亀裂の対策として実施 <ul style="list-style-type: none"> 主電動機受座の縦板溶接部にグラインダ仕上げ

2.5.3 本件補強リブ追加の状況

2.5.2に記述したけん引リンク受座に亀裂が発生した際に同社が走行試験の中で応力測定を実施したところ、後に本件補強リブを取り付ける主電動機受座背面については、許容応力に対して発生応力の余裕は小さいものの許容範囲であったが、けん引リンク受座以外にも応力の限度超過が確認された。そのため、台車枠全体の強度向上対策として表3の平成17年の項目にある本件補強リブを含む2件の補強リブを追加することになった。なお、走行試験時における強度の評価については、JIS規格「JIS E 4207（2004）「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行われていた。

2.5.3.1 本件補強リブ追加の経緯

本件補強リブの追加工事については、特急ラピートの運行に支障がないようにするため、同社と本件台車メーカーにて施工方法について検討を行い、全般検査時に、本件台車メーカーが台車枠を引き取り、本件台車メーカーの工場にて行うこととした。施工状況については表4のとおりであった。

表4 本件補強リブ追加までの経緯

時期	内容
平成15年6月	けん引リンク受座に亀裂が発生
平成15年10月	同社及び本件台車メーカーがけん引リンク受座の亀裂原因調査のため、走行試験を実施。亀裂発生部位の応力の限度超過を確認
平成17年2月	台車枠全体の強度向上対策として実施する補強形状について同社と本件台車メーカーで打合せ
平成17年3月～7月	本件台車メーカーが主電動機受座補強の方案（補強図面、作業方案、板切り方案）を作成
平成17年3月	本件台車メーカーが主電動機受座補強図面を作成
平成17年6月	本件台車メーカーが主電動機受座補強図面を出図
平成17年6月	本件台車メーカーが補強作業方案を作成
平成17年7月	本件台車メーカーが板切り方案を作成
平成17年7月～ 平成19年8月	50000系車両全6編成の補強リブの追加工事を実施

2.5.3.2 本件補強リブ取付けの設計

本件台車メーカーによると、本件補強リブ取付けの設計をするにあたり、全般検査入場に併せて本件補強リブを取り付けることになったが施工期間が短く、溶接による熱ひずみを修正する時間がとれないため、主電動機受座のひずみを抑制する必要がある。ひずみを抑制するためには入熱を極力抑制することが必要であり、補強リブを小さくし、溶接量も少なくするために片開先ではなく両開先とし、両すみ肉溶接を採用することとしたとのことであった。

なお、本件車両の主電動機受座及び本件補強リブの材質が軟鋼SM400Bであることから、溶接による残留応力は小さく抑えられていると考えられる。

本件台車メーカーによると、両開先と片開先について設計上で溶接量の比較をした結果は、図2のとおりである。

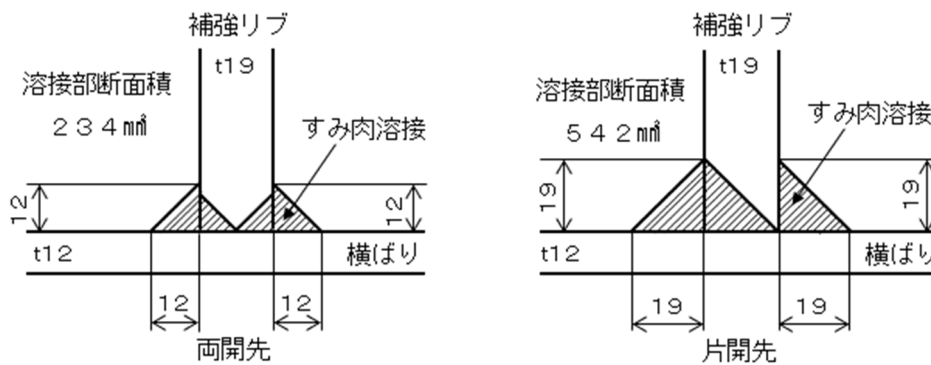


図2 片開先と両開先の溶接量の比較

本件台車メーカーには「図面を作成する設計室」と「作業方案と板切り方案（部材の切断方法）を作成する台車技術管理室」があり、本件補強リブ取付けについても設計室にて図面を作成し、その図面から台車技術管理室で作業方案と板切り方案が作成された。作業方案は、溶接を行う溶接職場に出され、板切り方案は、部材の切断を行う切断職場に出される。

また、台車技術管理室で検討する補強リブ取付け工事のフローについては、通常、切断職場で鋼板を切断して開先加工及び部材確認を行った後、溶接職場にて仮付け及び溶接という流れである。ところが、本件補強リブ取付け工事のフローについては部材が小さく、開先加工を切断職場の設備で施工できないため、切断職場では鋼板切断及び部材確認のみを行った後、溶接職場にて仮付け、開先加工及び溶接という流れとなっていた。なお、溶接職場で行う開先加工についてはエアガウジング^{*19}により実施することにした。補強リブの開先加工を外注することも考えられるが、補強作業方法の決定から最初の工事開始までの期間が短く、エアガウジングで開先加工が可能と判断したため、本件補強リブ取付け工事では外注を行わなかったとのことである。

設計室が作成し溶接職場に送られた図面には開先加工に関する指示が記載されていたが、開先加工を溶接職場で行うことやエアガウジングにより実施することについての記載はなかった。また、本件補強リブ取付けの板切り方案には切断職場で行う開先加工がなくなったため、『取付け後AGにて開先（両開先）取り』と記載されていた。それに対し、作業方案には『図面に従い補強リブを組立てる』とだけ記載していた。

なお、本件台車メーカーによると、溶接職場で開先加工を行うこととしたのは本件補強リブ取付け工事が初めてのことであり、このため、作業方案に開先加工の指示が記載されたこともなかった、とのことであった。また、その後も、溶接職場で開

*19 「エアガウジング」とは、カーボン電極と金属との間にアークを発生させ、金属を溶融させると同時に、電極の外側に平行に噴射する高速のジェットによって溶融金属を吹き飛ばす方式のことをいう。略してAGという。

先加工を行うというやり方がとられたことはなかった、とのことであった。

通常の補強工事のフローと本件補強リブ取付工事のフローは図3のとおりである。

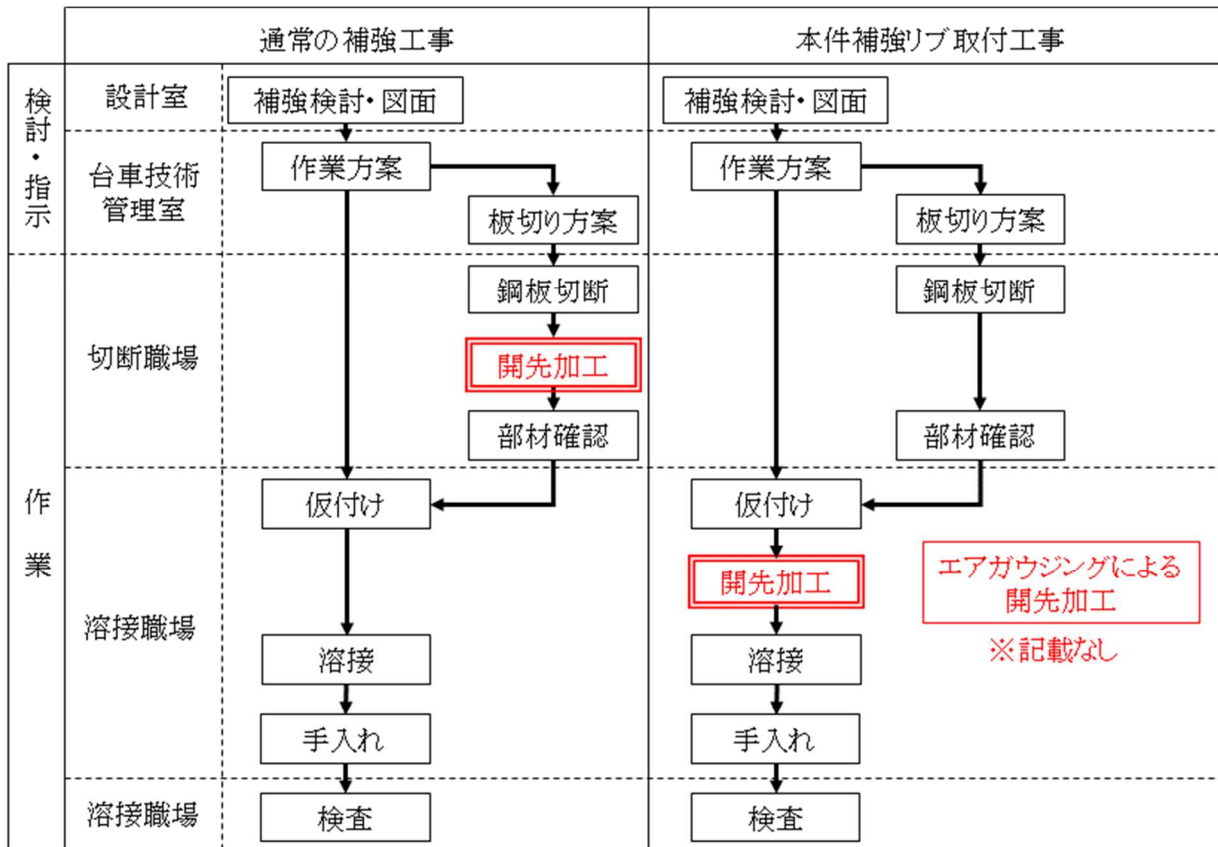


図3 本件台車メーカーが作成した補強工事のフローの比較

2.5.3.3 補強リブ取付け作業

本件台車メーカーによると、台車技術管理室は1編成目の補強リブ取付工事の際に作業方案と図面を溶接職場の作業責任者に渡し、作業内容の説明を行った。エアガウジングでの開先加工は作業者にとって初めてのことであったにもかかわらず、溶接職場に出された作業方案には開先加工に関する記載がなく、台車技術管理室は作業責任者に開先加工について具体的な説明を行わなかった可能性があるとのことである。

作業責任者から作業内容の説明を受けた作業者は、本件補強リブ取付け作業の際、通常の補強工事と同様に仮付け後、開先加工を行わずに溶接した可能性があるとのことである。また、表2の亀裂が発生した台車についても補強リブ取付け作業の際、開先加工を行わずに溶接した可能性があるとのことである。

開先加工を行わずに溶接した補強リブの溶接部は図4のとおりである。

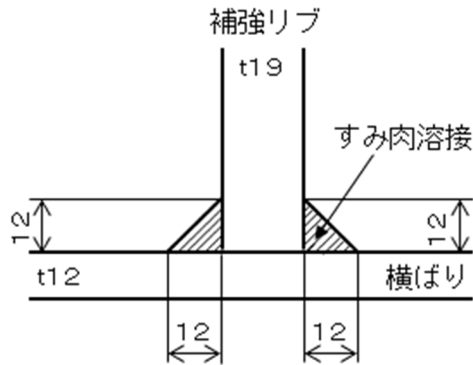


図4 開先加工を行わずに溶接した補強リブの溶接部

また、溶接後の検査で本件補強リブの溶接欠陥を発見するための超音波探傷検査を行っているが、作業方案では溶接ビード^{*20}に対して垂直で行うこととしており、この方法では開先加工を行ったかの確認をすることは出来なかった。

2.5.4 主電動機受座の検査の状況

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。

と定められ、車両の定期検査については、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定められている。

同社においては、「車両関係実施基準」で検査の種類、検査項目及び方法が定められている。また台車枠の検査については、「車両関係実施基準」で、「台車枠検査マニュアル」による目視検査や探傷検査を行うことと定められている。

*20 「溶接ビード」とは、溶接による接合面にできた盛り上がり部分のことをいう。

本件車両は、2.5.4に記述したように、同社においては、「車両関係実施基準」及び「台車枠検査マニュアル」に基づき、定期検査が行われていた。

同社によると、台車枠の探傷箇所については、比較的高い応力が発生すると考えられる箇所に加え、他社における亀裂の発生状況などを考慮し、探傷箇所を指定したとのことである。

2.6.1で後述する主電動機受座縦板亀裂についてはその対策として、平成30年2月以降の全般検査から主電動機受座縦板部分を重点検査箇所に指定し、探傷検査を実施している。しかし、2.5.3に記述した台車枠全体の強度向上対策を行った補強箇所については、重点検査箇所に指定されておらず、探傷検査は実施されていなかった。

2.6 50000系車両における過去の亀裂の発生状況に関する情報

50000系車両は2.5.2に記述したように、平成17年、平成29年及び平成31年に台車に亀裂が発生していた。そのうち、平成29年および平成31年に発生した亀裂については本件亀裂と同様に主電動機受座に発生しており、その概要は次のとおりである。

(1) 発生日時：平成29年11月6日（月） 16時00分ごろ

関係車両：第4編成5両目

概要：リニューアル工事で工場入場中、5両目第1台車第1軸主電動機受座縦板に長さ約175mmの亀裂を発見した。第4編成内の同部位について緊急点検した結果、5両目第1台車第2軸の同部位に約38mm、2両目第2台車第1軸の同部位に約40mm、2両目第1台車第2軸の同部位に約65mmの亀裂を発見した。

走行試験による応力測定結果とFEM解析の結果から、主電動機受座縦板に発生した亀裂の近傍には比較的高い応力が発生していた。

(2) 発生日時：平成31年4月8日（月） 15時40分ごろ

関係車両：第1編成4両目

概要：列車検査にて4両目第2台車第2軸主電動機受座において約140mmの亀裂を発見した。平成29年に第4編成5両目で発生した部位と同一であった。

平成29年11月に亀裂が発見された時点で行われた緊急点検においては、超音波探傷により一斉調査を行っているため、この時発見された亀裂は、同一斉調査後に進展したものと見られる。

2.7 異音の発生に関する情報

異音の発生箇所について特定するため営業列車に添乗して調査したところ、曲線区間で列車が上下した際に車両の連結部で金属音が発生することを認めた。

異音が発生した箇所は2両目と3両目の連結部の渡り板部分にあるパネルほろの側パネル（中央寄）取付け部であり、ガイドピンがガイドと擦れる際に発生していた。

（付図5 異音発生箇所の状況 参照）

2.8 乗務員等に関する情報

本件運転士 男性 47歳

甲種電気車運転免許 平成26年3月26日

経験年数 約5年5か月

本件車掌 女性 26歳

経験年数 約3年8か月

本件指令員 男性 43歳

経験年数 約1年1か月

検車係員A 男性 43歳

経験年数 約24年5か月

検車係員B 男性 33歳

経験年数 約10年11か月

検車係員C 男性 46歳

経験年数 約27年5か月

2.8.1 乗務員の体制

本件列車の乗務員は、運転士1名及び車掌1名である。同乗務員については下り第241列車に乗務後、関西空港駅で折り返しの上り第250列車にも引き続き乗務し、終着の難波駅で交代となる。

車掌の指揮命令系統については、図5のとおりである。

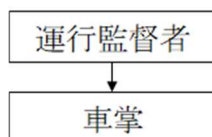


図5 車掌の指揮命令系統

2.8.2 指令の体制

同社の指令は、運輸指令、検車指令区及び電力指令区により構成され、運輸指令長が当日の指令業務を統括している。同社の「運輸指令運転取扱基準」及び「鉄道係員職制及びサービス規程」で規定される運輸指令、検車指令区の指揮命令系統については、図6のとおりである。

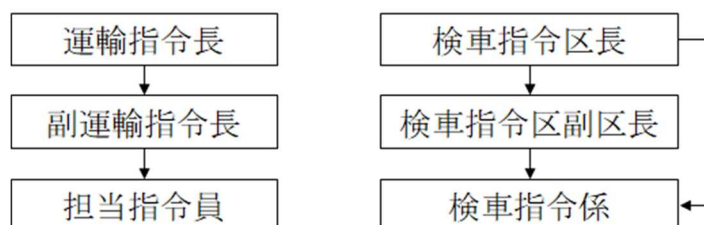


図6 運輸指令、検車指令区の指揮命令系統

2.9 運転取扱いに関する情報

2.9.1 乗務員に係る異常時の取扱いに関する規程

同社の「列車区乗務員執務内規」、「列車区運転取扱基準」及び「車掌作業手順」は、同社の「就業規則」、「鉄道線運転取扱心得」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。

異常時の基本的な対応については、「列車区運転取扱基準」に、次のとおり定められている。

「列車区運転取扱基準」(抜粋)

第2章 列車の取扱い

第8節 異常時の取扱い

(異常を発見した時の取扱い)

第41条 運転士並びに車掌が、列車の運転に支障又は支障を及ぼす恐れのあることを認めるときは、すみやかに関係駅長及び指令員に列車無線、その他の方法により通報する等、適切な処置をとらなければならない。この場合、急を要する事態であるときは列車防護(防護無線の発報を含む)を行い、隣接線路を進行する列車を停止させること。

(車両故障が発生した場合)

第94条 運転士及び車掌は、担当する列車で事故又は車両に故障が生じたときは、すみやかに指令員に速報すると共に故障箇所の点検処置を行わなければならない。応急処置ができないときは列車無線、沿線電話等により関係箇所に連絡して指示を受けるものとする。

応急処置が容易にできないために、後続列車に著しく支障を及ぼす恐れのあるときは、推進運転を行う等、適宜な処置をとらなければならない。

2.9.2 指令に係る異常時の取扱いに関する規程

同社の「運輸指令運転取扱基準」及び「鉄道係員職制及び服務規程」は、指令員等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。

異常時の基本的な対応については、「運輸指令運転取扱基準」及び「鉄道係員職制及び服務規程」に、次のとおり定められている。

「運輸指令運転取扱基準」(抜粋)

第2章 運転関係

(車両故障時の取扱い)

第26条 車両故障時は、状況を把握したのち次の取扱いをする。

- (1) 営業運転が危険であると認めたときは、最寄り駅で運転取消、旅客扱いの停止の運転整理を行う。
- (2) 軽微な故障時は、係員を選定して添乗警戒させるほか、検車指令区と打合せ、修理・車両取替等の手配をとること。

「鉄道係員職制及び服務規程」(抜粋)

第3節 検車指令区

第428条 検車指令区長は、車両に事故故障のあったとき、関係責任者にその応急処置について指令するとともに、関係箇所速やかに報告しなければならない。

3 分析

3.1 本件亀裂が発生したことに関する分析

2.4.2及び2.4.3に記述したように、主電動機受座背面の亀裂については、

- (1) 横ばりと補強リブとの溶接部において、融合不良などの溶接欠陥が確認されたこと、
- (2) 亀裂の破面に見られたビーチマークは、補強リブ側の破面及び横ばり側の破面の両方に見られたこと、
- (3) 亀裂の破面に複数のラチェットマークが見られ、外側に伸びていることから、亀裂が横ばりと補強リブとの溶接部における補強リブ上部の溶接欠陥から発生したと推定される。また、発生した亀裂は疲労によって外表面まで進展し、さら

に左右に拡大したものと推定される。

3.2 本件補強リブに関する分析

3.2.1 本件補強リブ取付けの設計に関する分析

2.5.3.2に記述したように、本件台車メーカーの台車技術管理室の作成した板切り方案には『取付け後AGにて開先（両開先）取り』と記載してあったが、作業方案には『図面に従い補強リブを組立てる』とだけ記載していたため、作業方案のみ出される溶接職場ではエアガウジングで開先加工を行うことを知らなかった。

このことから、切断職場にて開先加工ができない場合には、作業方案に開先加工に関する指示等を具体的に記載する必要があるものと考えられる。

なお、作業方案にエアガウジングで開先加工を行うことを記載しなかった理由については、2.5.3.2に記述したように、溶接職場で開先加工を行うこととしたのは本件補強リブ取付け工事が初めてのことであり、このため、作業方案に開先加工の指示が記載されたこともなかったことが関与した可能性が考えられる。

3.2.2 本件補強リブの取付け作業に関する分析

2.5.3.3に記述したように、エアガウジングで開先加工を行うことを知らなかった溶接職場では、本件補強リブを仮付け後、開先加工を実施せずに溶接を行って取り付けた結果、横ばりと本件補強リブとの溶接部に溶接欠陥が生じたと推定される。

溶接職場の作業者がエアガウジングで開先加工を行うことを知らなかったことについては、エアガウジングでの開先加工は作業者にとって初めてのことであったにもかかわらず、溶接職場に対し具体的な指示がなかった可能性が考えられる。作業手順に変更が生じた場合には、特に注意が必要であり、通常と異なる作業について明確に作業指示を行う必要がある。また、このような変更が生じる場合には、台車技術管理室と作業を行う職場とで作業内容を事前に検証・確認し、指示内容に漏れを生じさせない取組が必要である。

なお、溶接職場及び作業者に対しエアガウジングでの開先加工について具体的な指示がなかった可能性がある理由については、溶接職場の作業責任者が既に死亡していること、及び当時の関係者の記憶が曖昧であることから、台車技術管理室が作業責任者に、作業責任者が作業者にそれぞれ説明した具体的な作業内容及び当時の状況を確認できなかったため、明らかにすることはできなかった。

3.3 定期検査に関する分析

2.5.4に記述したように、本件亀裂が発生した箇所は重点検査箇所に指定されておらず、磁粉探傷検査を実施していなかったため、定期検査で亀裂を発見できなかった

た可能性が考えられる。許容応力に対して発生応力の余裕が小さい箇所は補強を実施後も重点検査箇所に指定し、磁粉探傷検査を実施することが必要である。本件列車を含む50000系車両については重要部検査においても重点検査箇所の磁粉探傷検査を行うことが望ましい。

また、2.4.3及び2.6に記述したように、50000系車両では本件車両以外にも台車亀裂が発生しており、これまでの定期検査において亀裂を発見した場合と同様に、早期に原因を究明し、対策を実施することを継続する必要があると考えられる。

3.4 本件車掌が確認した異音と亀裂の関連性に関する分析

2.7に記述したように、本件車掌が確認した異音については、2両目と3両目の連結部の渡り板部分にあるパネルほろの側パネル（中央寄）取付け部で、ガイドピンがガイドと擦れる際に発生することを認めた。一方、本件亀裂は2両目第2台車第1軸の主電動機受座背面で発生していたことから、距離的に離れており、本件亀裂の影響で金属音が連結部で発生するとは考えられないことから、異音と本件亀裂の関連性はなかったと推定される。

3.5 異常時の取扱いに関する分析

2.9.1に記述したように、本件車掌は「列車区運転取扱基準」に定められている車両故障が発生した場合に基づき、異音発生について列車無線で本件指令員に伝え、関係箇所への連絡を依頼していると考えられる。また、2.9.2に記述したように、本件指令員は「運輸指令運転取扱基準」に定められている車両故障時の取扱いに基づき、関係箇所へ連絡し、修理依頼を行っていると考えられる。更に、本件検車指令係は「鉄道係員職制及び服務規程」に基づき、関係箇所へ連絡し、添乗手配や修理依頼を行っていると考えられる。

このことから、異音発生については、車両故障ではないものの、車両故障発生と同様に取り扱うことで添乗手配や修理依頼を行い、早急な処置に努めたと考えられる。

4 原因

本重大インシデントは、車両の台車枠の横ばりと主電動機受座背面の補強リブとの溶接部に発生した亀裂が、疲労により進展し、外表面まで達したものと推定される。

横ばりと主電動機受座背面の補強リブとの溶接部に亀裂が発生したことについては、本件台車メーカーで主電動機受座背面に本件補強リブを取り付ける際に、開先加工を

実施せずに溶接を行って取り付けたことにより溶接欠陥ができ、これを起点にして亀裂が発生したものと推定される。

開先加工が実施されなかったことについては、本件台車メーカーの台車技術管理室から開先加工を行う溶接職場に対し出された作業方案に、開先に関する記載がなく、明確な作業指示がなかったため、溶接職場の作業者が開先加工を行うことを知らなかったことが関与したものと考えられる。

また、本件亀裂が発生した箇所は許容応力に対して発生応力の余裕が小さい箇所であったが、補強を実施後に同社が重点検査箇所に指定しておらず、磁粉探傷検査を実施していなかったため、定期検査の時点で既に亀裂が発生していたとしても、これを発見できなかった可能性が考えられる。

5 再発防止策

5.1 必要と考えられる再発防止策

本重大インシデントは、車両の台車枠の横ばりと主電動機受座背面の補強リブとの溶接部に発生した亀裂が、疲労によって進展し、外表面まで達したものと推定される。

横ばりと主電動機受座背面の補強リブとの溶接部に亀裂が発生したことについては、本件台車メーカーで主電動機受座背面に本件補強リブを取り付ける際に、開先加工を実施せずに溶接を行って取り付けたことにより溶接欠陥ができ、この溶接欠陥を起点にして亀裂が発生したものと推定される。

また、本件亀裂が発生した箇所は同社が重点検査箇所に指定しておらず、磁粉探傷検査を実施していなかったことにより、定期検査にて発見できなかった可能性が考えられる。

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。

(1) 方法の変更を伴う作業指示について

設備制約により切断職場にて開先加工ができない等、溶接職場での作業方法に変更が生じる場合には、通常以上に注意が必要であり、溶接職場における作業方案に開先加工に関する指示を記載する等、具体的に作業指示を行う必要がある。また、このような変更が生じる場合には、台車技術管理室と切断職場及び溶接職場とで作業内容を事前に検証・確認し、指示内容に漏れを発生させない取組が必要である。

(2) 重点検査箇所の見直しについて

許容応力に対して発生応力の余裕が小さい箇所については、補強を実施後も重点検査箇所に指定し、磁粉探傷検査を実施することが必要である。また、本

件列車を含む50000系車両については重要部検査においても重点検査箇所の磁粉探傷検査を行うことが望ましい。

5.2 本重大インシデント後に同社が講じた措置

(1) 緊急対策

- ① 目視による台車の緊急点検（令和元年8月24日～8月26日実施）を実施した。
- ② 磁粉探傷検査による台車の緊急点検（令和元年8月31日までに実施）を実施した。

(2) 恒久対策

- ① 台車枠検査マニュアルの改訂
台車枠検査マニュアルの重点検査箇所に本件亀裂が発生した箇所を追加した。
- ② 重要部検査の見直し
概ね4年毎に実施する重要部検査においても重点検査箇所は磁粉探傷検査で確認することにした。

5.3 本重大インシデント後に本件台車メーカーが講じた措置

- (1) 切断職場の設備では開先加工が困難な場合、対応方法を作業方案に記載する。また、従来と異なる工程を含む作業方案を検討する際に事前検討会で作業内容を検証する。
- (2) 初回作業の終了後、振り返り検討会を実施、初回作業の課題に対する処置・対応策を作業方案に記載する。また、エアガウジングによる開先加工を禁止することとした。

5.4 本重大インシデント後に国土交通省が講じた措置

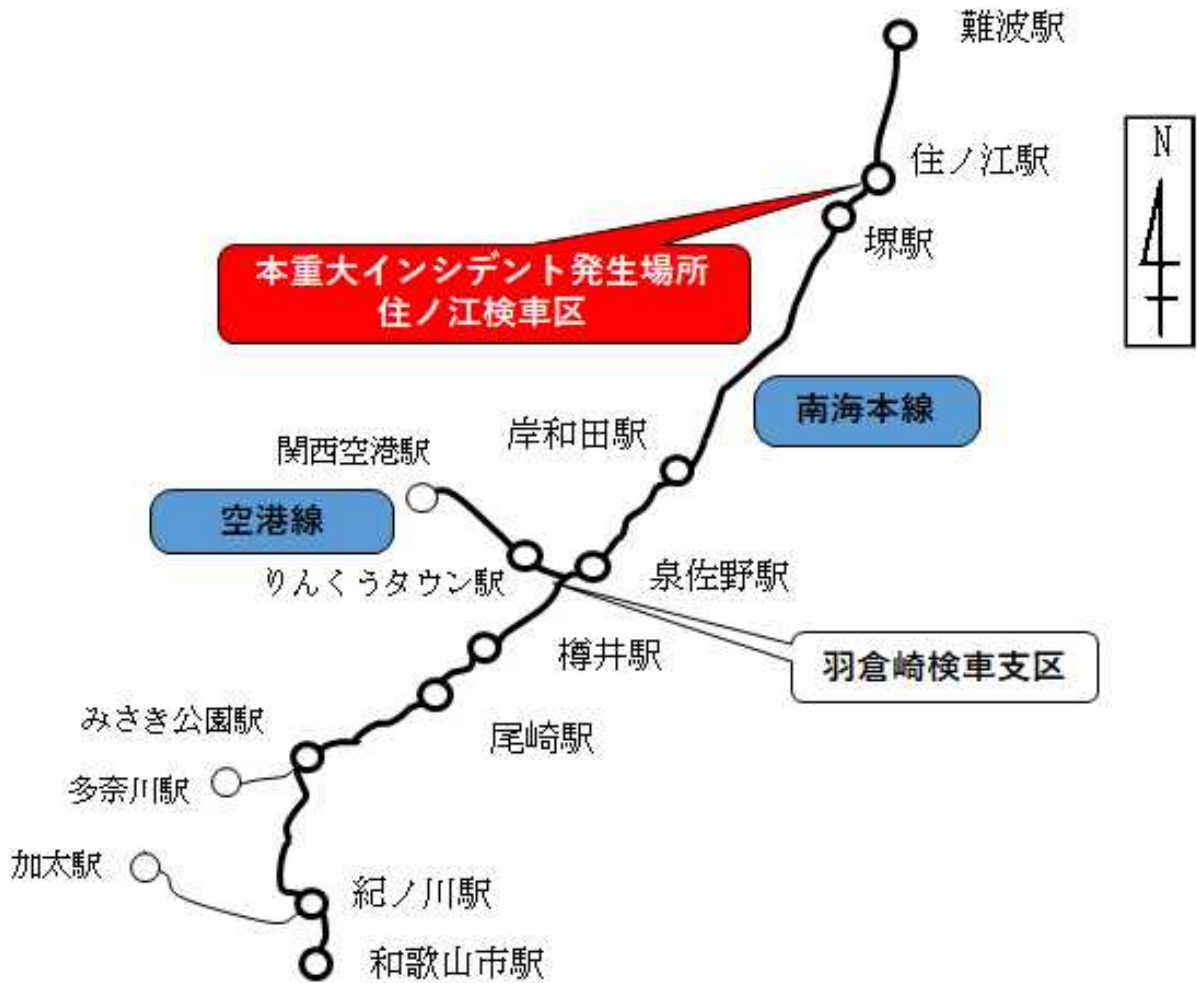
国土交通省は、本重大インシデントの発生を踏まえ、次の措置を講じた。

- (1) 令和元年8月26日、南海電気鉄道に対して、「原因究明と再発防止対策」を指示、令和元年9月2日に他の鉄軌道事業者に対して、「情報共有と注意喚起」を実施した。
- (2) 令和元年9月20日、本件台車メーカーが製造した台車を所有する鉄軌道事業者に対して、主電動機受座の溶接部について在姿状態での目視等による緊急点検を指示した。
- (3) 令和元年9月20日、「鉄道の輸送トラブルに関する対策のあり方検討会とりまとめ」等を踏まえた対応状況の確認として、通達「鉄道の輸送トラブル

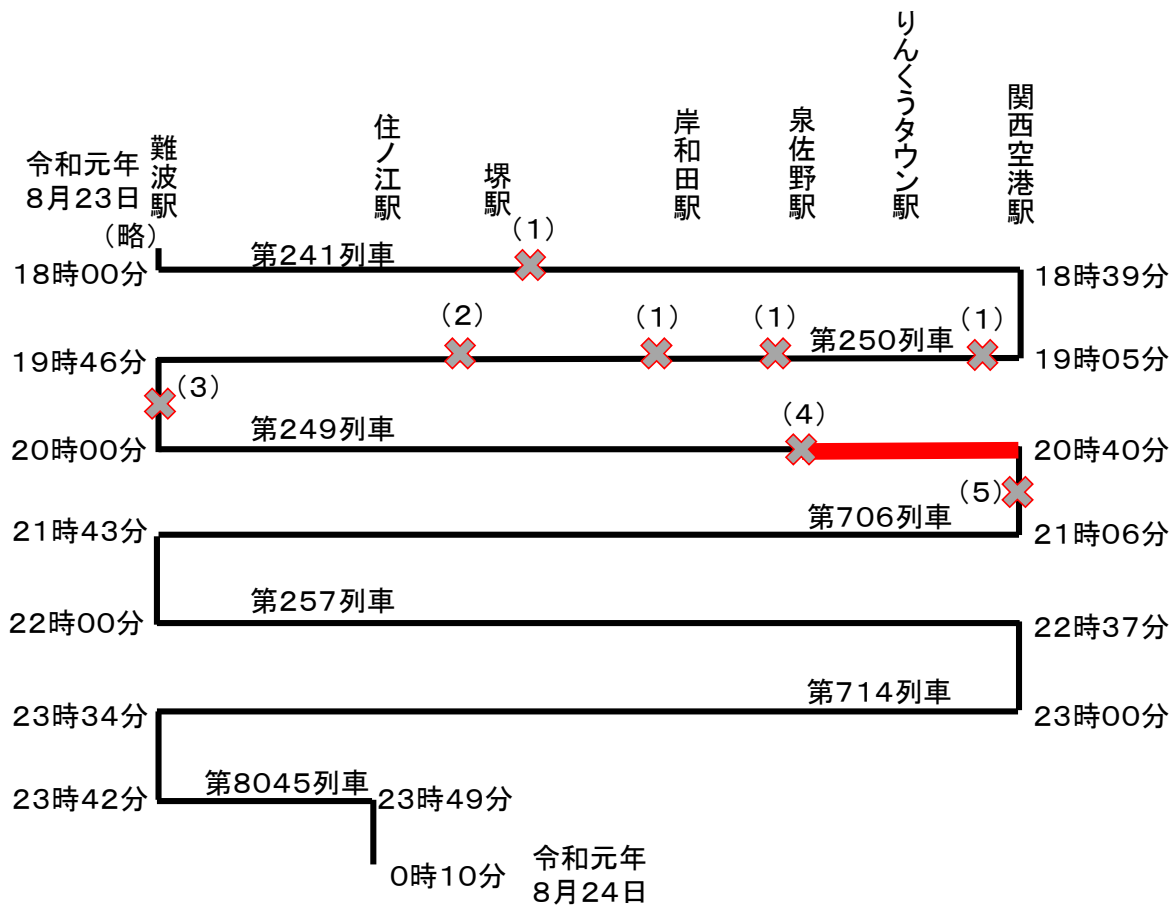
に関する対策のあり方検討会とりまとめについて」(平成30年7月30日付)を踏まえた対応状況と「台車枠検査マニュアル」の改正(平成30年7月30日付)を踏まえた対応状況について鉄軌道事業者に対して、報告するよう指示した。

付図1 南海本線及び空港線の路線図

南海本線 難波駅～和歌山市駅間 64.2 km
難波駅～住ノ江駅間 3線・複々線、電化
住ノ江駅～和歌山市駅間 複線、電化



付図2 前日からの本件列車の運用と状況

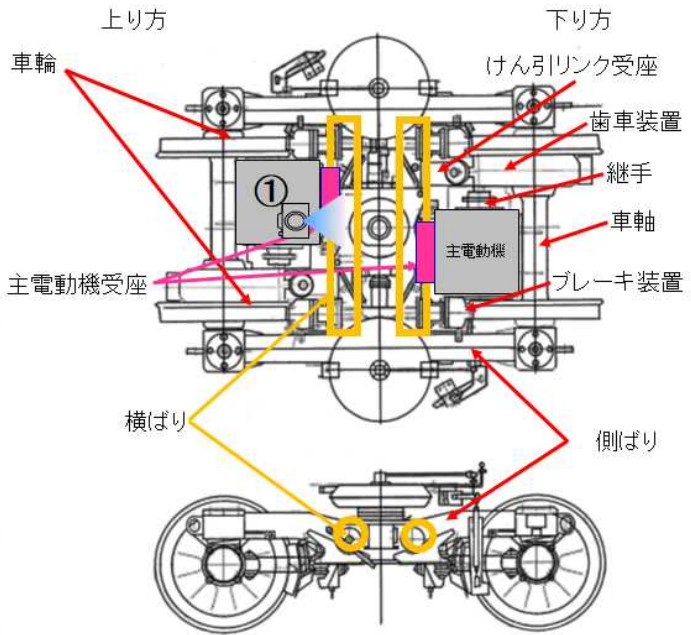
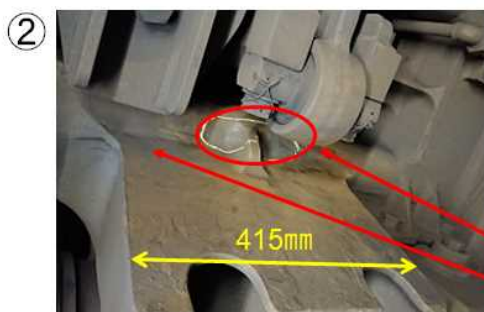


- (1) 本件車掌が車内巡回をした際に、2両目と3両目の連結部の渡り板の下あたりから車両の揺れに合わせてキーキーという金属音が鳴っていることに気づいた。
- (2) 本件車掌が列車無線で本件指令員に「車内不備が1件あります。2両目と3両目の連結部の渡り板の下あたりから、走行中に金属が擦り合うような音がかなり大きく聞こえます。関係箇所に連絡願います。」と報告した。
- (3) 本件検車指令係が羽倉崎検車支区主任に対し、下り第249列車に泉佐野駅から添乗し、車両の確認するよう指示をした。指示を受けた羽倉崎検車支区主任は検車係員Aと検車係員Bに対し、泉佐野駅より添乗を指示した。
- (4) 羽倉崎検車支区検車係員Aと検車係員Bは下り第249列車に泉佐野駅から添乗し、音の確認をしながら関西空港駅まで添乗した。
- (5) 羽倉崎検車支区検車係員Aと検車係員Bは添乗の結果、異音の確認ができなかったため、羽倉崎検車支区主任に電話で「気になるような異音は確認できなかった」と伝えた。
羽倉崎検車支区主任から異常なしの連絡を受けた本件検車指令係は住ノ江検車区主任に対し、「本件列車の2両目と3両目の連結部から走行中に金属音がしているため、入庫の際に確認してください」と指示した。

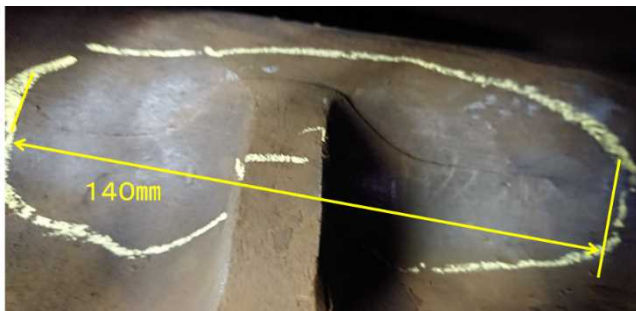
付図3 本件台車の構造及び損傷状況



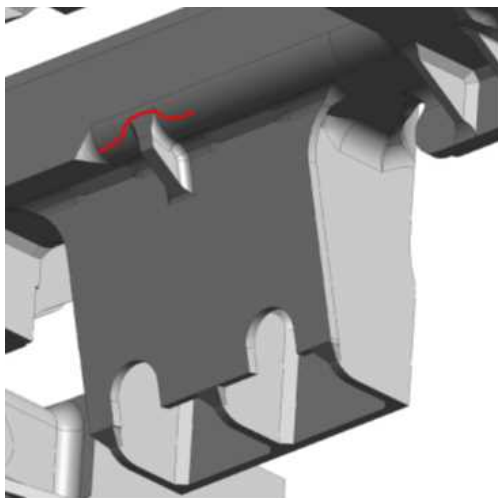
主電動機は主電動機受座にボルト4本
(上部2本、下部2本)で固定されている



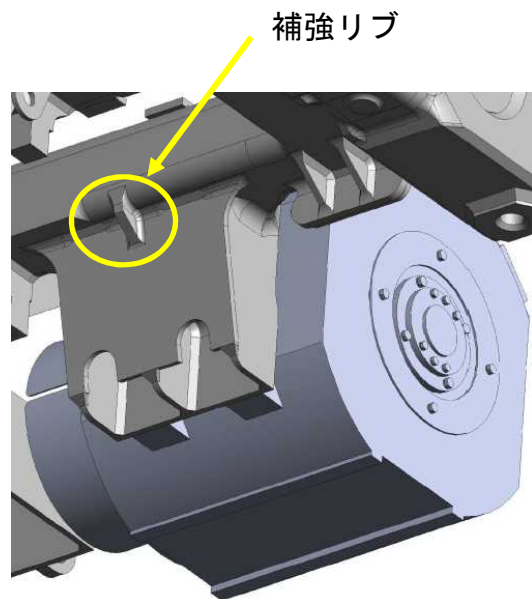
本件亀裂箇所(補強リブ溶接部)
主電動機受座は横ばりに溶接されている



本件亀裂箇所 (拡大)

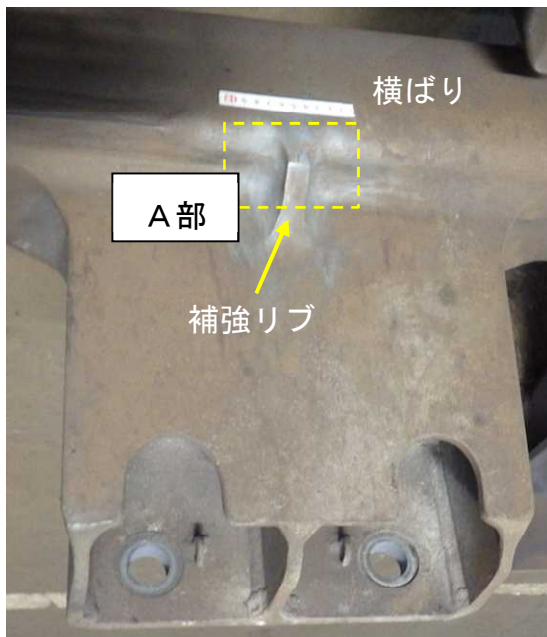


本件亀裂箇所 (CAD図)

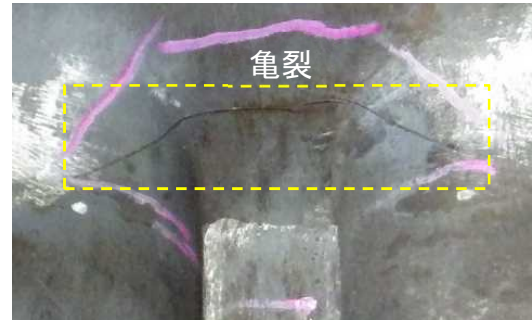


主電動機受座と主電動機 (CAD図)

付図4 亀裂破面の状況
第5編成2両目



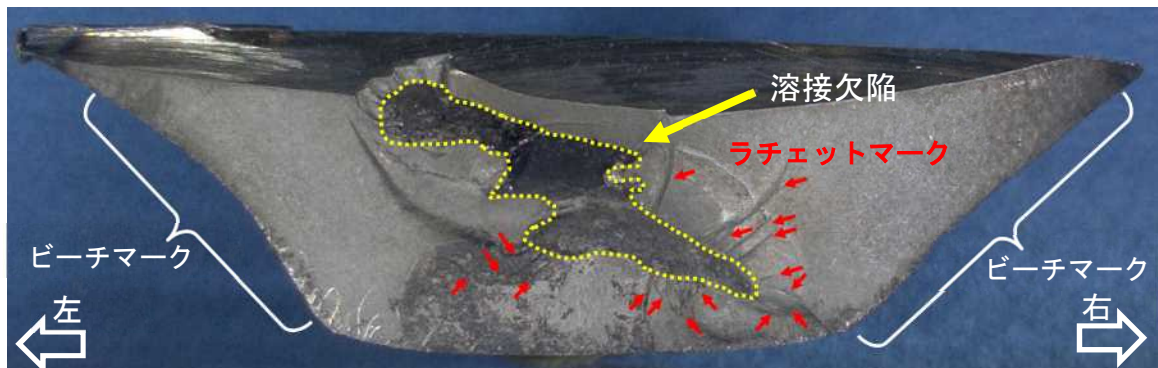
横ばりと主電動機受座背面



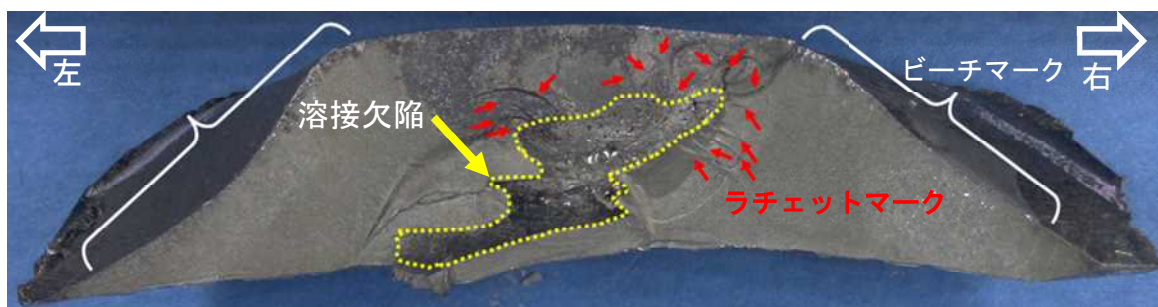
A部拡大図



切出し品の外観



補強リブ側の破面外観



横ばり側の破面外観

付図5 異音発生箇所の状況

