

RI2022-1

鉄道重大インシデント調査報告書

I 近畿日本鉄道株式会社 名古屋線

伊勢朝日駅構内

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）

令和4年12月1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 近畿日本鉄道株式会社 名古屋線
伊勢朝日駅構内
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：近畿日本鉄道株式会社

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3年11月23日 18時50分ごろ

発生場所：三重県三重郡朝日町

名古屋線 伊勢朝日駅構内（複線）

令和4年10月31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 早田 久子

委員 鈴木 美緒

委員 新妻 実保子

要 旨

<概要>

近畿日本鉄道株式会社名古屋線の近鉄名古屋駅発大阪難波^{なんば}駅行き6両編成、特急第0168列車の旅客専務車掌は、令和3年11月23日、伊勢朝日^{いせあさひ}駅付近で列車最後部進行方向左側の旅客用乗降口の扉が開いていることを認め、運転士に列車を停止させるよう連絡した。連絡を受けた運転士はブレーキを操作して列車を停止させた。

指令の指示に従って、旅客専務車掌が当該扉の施錠と全ての扉の確認を行った後、当該扉の監視を行いつつ列車は運転を再開した。また、列車は次の駅である川越富洲原^{かわごえとみすはら}駅に臨時停車し、当該扉の監視のために助役を添乗させ、近鉄四日市^{よっかいち}駅まで運転を継続したが、同駅以降の運転は打ち切った。

列車には乗客127名と乗務員3名（運転士1名、担当車掌1名、旅客専務車掌1

名) が乗車していたが、転落等による負傷者はいなかった。

<原因>

本重大インシデントは、列車の走行中に列車最後部進行方向左側の扉において、折戸回転軸の軸部と同板部間の溶接が破断したために、戸閉機械で生じた押付力が伝わらず外力が作用すれば折戸が動く状態となっていたところに、高速走行時の風圧や車体の動揺及び振動による力が加わり、その力が開扉抵抗を上回ったことから、折戸が動き、開扉したことにより発生したと考えられる。

折戸回転軸の軸部と同板部間の溶接が破断したことについては、折戸回転軸の溶接の設計強度に問題はなかったと考えられるものの、溶接施工時に設計図面どおりに開先加工が行われず溶接の溶込み不足もあったことから、折戸製作時点において溶接不良による強度不足が生じていたと考えられること、並びにその後の事業者の定期検査において溶接箇所が折戸の扉骨組や外板及び化粧板等に覆われているために折戸回転軸の溶接状態を目視できず確認していなかったため、破断が発生する前に適切な措置が講じられなかったことによるものと考えられる。

溶接が設計図面どおりに施工されていなかったことについては、扉の製作から既に長い時間が経過しているため、関係した各事業者には当時の資料がほとんど残されておらず、溶接作業を担当した会社も廃業していることから、詳細を明らかにすることができなかった。

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	1
1.2.3	経過報告	2
1.2.4	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
2.1.1	乗務員等の口述	2
2.1.2	運転状況の記録等	5
2.2	鉄道施設に関する情報	6
2.2.1	路線の概要	6
2.2.2	線形等	6
2.3	車両に関する情報	6
2.3.1	車両の概要	6
2.3.2	扉の構成及び構造	7
2.3.3	扉の開閉動作	8
2.3.4	本件車両の車歴及び検査履歴	9
2.3.5	本件扉の折戸の設計	10
2.3.6	本件扉の折戸の製作	11
2.3.7	本件扉の開閉動作回数	12
2.4	本件扉の折戸回転軸の調査結果等に関する情報	12
2.4.1	本件車両の調査結果	12
2.4.2	折戸回転軸の緊急点検及び磁粉探傷検査の結果	13
2.4.3	本件扉の折戸回転軸の溶接状態の調査結果	14
2.4.4	折戸回転軸の溶接強度の解析結果	17
2.5	同社の異常発生時の対応に関する情報	19
2.6	同社の教育・訓練に関する情報	22
2.7	乗務員等に関する情報	22
2.8	気象に関する情報	23
2.9	その他の情報	23
3	分 析	23

3.1	本重大インシデント発生時の状況に関する分析	23
3.2	本件扉が走行中に開扉したことに関する分析	24
3.3	本件扉の折戸に関する分析	24
3.3.1	折戸回転軸の溶接破断について	24
3.3.2	折戸回転軸の溶接箇所の強度について	25
3.3.3	折戸回転軸の溶接の施工状態について	25
3.3.4	溶接作業者について	26
3.3.5	折戸製作時における溶接施工状態の確認について	26
3.3.6	折戸回転軸の溶接タイプについて	27
3.3.7	戸閉スイッチについて	27
3.4	定期検査における折戸の取扱いに関する分析	28
3.4.1	全般検査時及び重要部検査時	28
3.4.2	その他の検査時及び点検時等	28
3.5	異常発生時に講じられた措置に関する分析	28
3.5.1	本件運転士の講じた措置	28
3.5.2	本件専務車掌及び本件担当車掌の講じた措置	29
3.5.3	運転指令者の講じた措置	29
4	原因	30
5	再発防止策	31
5.1	必要と考えられる再発防止策	31
5.2	本重大インシデント発生後に同社が講じた措置	31

添付資料

付図1	名古屋線路線図	34
付図2	現場付近の地形図	34
付図3	21000系編成の新製後の変遷	35
付図4	溶接タイプ（詳細図）	36
付図5	各溶接箇所の破断面の状態（拡大図）	37
付図6	溶接強度の解析結果の例（主応力分布図）	38

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

近畿日本鉄道株式会社名古屋線の近鉄名古屋駅発大阪難波^{なんぼ}駅行き6両編成、特急第0168列車の旅客専務車掌は、令和3年11月23日(火)、伊勢朝日^{いせあさひ}駅付近で列車最後部進行方向左側の旅客用乗降口の扉が開いていることを認め、運転士に列車を停止させるよう連絡した。連絡を受けた運転士はブレーキを操作して列車を停止させた。

指令の指示に従って、旅客専務車掌が当該扉の施錠と全ての扉の確認を行った後、当該扉の監視を行いつつ列車は運転を再開した。また、列車は次の駅である川越富洲原^{かわごえとみすはら}駅に臨時停車し、当該扉の監視のために助役を添乗させ、近鉄四日市^{よっかいち}駅まで運転を継続したが、同駅以降の運転は打ち切った。

列車には乗客127名と乗務員3名(運転士1名、担当車掌1名、旅客専務車掌1名)が乗車していたが、転落等による負傷者はいなかった。

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、列車の走行中に車両デッキの旅客用乗降口の扉が開いた事態であり、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、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3条第6号に定める「特に異例と認められるもの」であるため、調査対象とした。

運輸安全委員会は、令和3年11月23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。

中部運輸局は、本重大インシデントの調査を支援するため、職員を現場等に派遣した。

本重大インシデントの調査に際し、一般財団法人日本溶接技術センターに折戸上部回転軸(以下「折戸回転軸」という。)の軸部と同板部間の溶接状態調査を委託した。

1.2.2 調査の実施時期

令和3年11月24日	口述聴取、車両調査
令和4年1月12日～1月13日	車両部品調査、検査現場調査
令和4年2月17日～3月30日	委託調査
令和4年7月11日	口述聴取、現場付近調査

1.2.3 経過報告

令和4年10月27日、その時点までの事実調査結果に基づき、国土交通大臣に対して経過報告を行い、公表した。

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

2.1.1 乗務員等の口述

本重大インシデントに至るまでの経過は、近畿日本鉄道株式会社（以下「同社」という。）の特急第0168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。）、車内で指定席券等の販売や巡視を行う旅客専務車掌（以下「本件専務車掌」という。）、扉開閉操作や車内放送等を行う担当車掌（以下「本件担当車掌」という。）の口述によれば、概略次のとおりであった。

(1) 本件運転士

本重大インシデントの発生当日は、近鉄名古屋駅（伊勢中川駅起点78k769m、以下「伊勢中川駅起点」は省略する。）から本件列車に乗務した。

近鉄名古屋駅で1運用前の運転士から異常なしとの引継ぎを受けた後、同駅を定刻（18時30分）に出発し、桑名駅を出発するまで車両に異常はなかった。益生駅（54k025m）構内を出た後は、80km/h、90km/hの順に速度制限がかかっているため、それに合わせてノッチアップしたが、その後、速度制限が110km/hになったため勾配を利用して制限速度に合わせるためにノッチオフとした。

伊勢朝日駅（51k444m）を、速度約100km/hの惰行運転で通過した後、本件専務車掌から「扉が風圧で開いてきている」という連絡があったため戸閉灯（運転士知らせ灯）を確認したが、戸閉灯は点灯していた。本件専務車掌に再度確認したところ、「扉が開いてきているので止まって下さい」とのことだったので、常用ブレーキを使用して本件列車を停止させた。停止位置は川越富洲原第5号踏切の手前だった。戸閉灯が滅灯した場合は当然非常ブレーキを使用するが、今回は戸閉灯が滅灯していないため、状況をすぐには理解できず非常ブレーキは使用しなかった。次に、状況がよく分からないので、列車が現在停止中であること及び扉の開扉状況を運転指令者に説明

して下さいと本件専務車掌に依頼し、乗務員室で待機した。

その後、扉を全部確認したという連絡を本件専務車掌から受けた。また、運転指令者から本件列車を川越富洲原駅（4 8 k 7 5 0 m）で臨時停車させるようにとの指示があり、本件列車の運転を再開した。本件列車の運転を近鉄四日市駅（4 1 k 9 1 9 m）で打ち切ることを聞いたのは、列車が川越富洲原駅に到着した後だった。

(2) 本件専務車掌

本件列車には近鉄名古屋駅から乗務した。近鉄名古屋駅で引継ぎを行った車掌から扉の異常に関する引継ぎはなかった。1両目（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。）の車両に乗務して1両目から4両目まで車内巡視していたが、桑名駅を出発するまで異常はなかった。

近鉄四日市駅で降車する予定だったこともあり、桑名駅を出発後に6両目車両（以下「本件車両」という。）に向かって車内巡視を行っていたところ、本件車両の後方左側の扉（以下「本件扉」という。）付近から、いつもと違う大きい風切り音がしていたため異常に気付いた。本件扉が1 cm程度開いていたので、本件車両の乗務員室からインターホンで「扉を点検するので電車を止めるように」と本件運転士に連絡するとともに、戸閉灯の点灯状態について尋ねたところ、戸閉灯は点灯しているとのことだった。そこで、再度「直ちに止まって下さい」と指示した。異常を発見した場所は、伊勢朝日駅を通過する辺りであり、速度は最高速度より少し低かった。

通常は停止しない位置で停止ブレーキが掛かったためか、本件担当車掌がすぐ戻ってきたので、列車の停止後に二人で本件扉の所に行った。すると、本件扉は1 cm程度開いている状態のままだった。乗務員室の3方コック*1及び機械付属の3方コックの状態を確認したところ定位（操作されていない状態）だった。もしかすると扉がもっと開くのではないかと思い、手掛をゆっくりと引いたところ、本件扉は30 cmぐらいスーッと開いた。それを見ていた本件担当車掌が運転指令者に連絡したと思うが、扉を施錠扱いとするようにとの指示を本件担当車掌が受けているのが聞こえたので、本件担当車掌に「私が施錠する」と言って本件扉を施錠した。夜間のため遠くまで見ることはできなかったが、前部標識灯を点灯して列車後方の確認を行った。

その後、運転指令者から全扉の状態を確認するようにとの指示があったことから、6両目から1両目までの全ての扉の状態を手で引いて確認し、1両目にいた本件運転士に異常がなかったことを伝え、併せて本件担当車掌に運

*1 ここでいう「3方コック」とは、戸閉機械内部にあるシリンダに給排する圧縮空気の流路の方向切換と遮断を行うものをいい、定位の場合は閉扉方向に、反位の場合は開扉方向に圧縮空気の流路を構成する。

転指令者に確認結果を報告するよう依頼してから6両目に戻った。そして、6両目にいた本件担当車掌に「自分が扉を監視するので運転再開してください」と伝えたところ、本件担当車掌は運転指令者に連絡しているようだった。

運転再開後は本件扉の所に立って扉を監視していた。

本件列車が川越富洲原駅に臨時停車すると助役がホームで待っていたので、乗務員用乗降口から乗車してもらい、その後の本件扉の監視は同助役に任せた。川越富洲原駅の出発時に「近鉄四日市駅で運転打切りになるようです」と本件担当車掌から聞いた。

(3) 本件担当車掌

本件列車には近鉄名古屋駅から乗務した。近鉄名古屋駅出発後、自動放送及び新型コロナウイルス関係の放送を行ってから6両目と5両目の車内巡視を行っており、桑名駅を出発したときに異常はなかった。5両目の乗客の対応をしていたときに本件専務車掌が来たので、先に6両目の乗務員室に行ってもらった。乗客対応終了後に停止制動があったため6両目に戻ったところ、本件扉が1cm程度開いていて、そこに本件専務車掌がいた。本件専務車掌に「何か空気圧によって扉が開いてくる」と言われたので、乗務員室の3方コック及び機械付属3方コックが定位であることを一緒に確認した。

そこで、運転指令者に「エア漏れかどうか分かりませんが、扉が気圧によって開いてくる状態です」と報告したところ、3方コックの状態を聞かれたので「定位です」と答えた。その後、本件専務車掌が折戸を軽く手前に引くと、乗務員室とデッキの仕切り窓越しだが30cmぐらい開いたように見えた。運転指令者から「どれくらい開いていますか」と聞かれたときは、本件専務車掌が手掛を引いたときの扉の開き具合や走行中の速度を考えて、もしかしたら全開に近いぐらい開いていたかもしれないと思い、全開だったと答えた。

その後、運転指令者からノッチの状態と戸閉灯の状態を聞かれたため、インターホンで本件運転士に確認したところ、「ノッチ状態良し、点灯状態良し」とのことだった。周囲が暗かったものの、本件専務車掌が列車の後方確認を行っていたので、私も一応見える範囲で確認した。タイミングはよく覚えていないが、運転指令者に本件扉を施錠したことを伝えたところ、川越富洲原駅まで運転してそこで助役を添乗させるとのことだった。

運転再開後、本件車両の乗務員室から乗客に対し、列車遅延について車内放送を行った。川越富洲原駅に到着するとホームに助役が立っていたので、乗務員用乗降口から乗車してもらい本件扉の監視をお願いした。川越富洲原駅を出発した後、近鉄四日市駅までは車内巡視は行わなかった。

(付図1 名古屋線路線図、付図2 現場付近の地形図 参照)

2.1.2 運転状況の記録等

本件列車には、自動列車停止装置（A T S）が装備されており、その記録を運転状況記録装置のデータとしている。データの内容としては、時刻、運転操作、ブレーキ操作、列車速度、直近に通過したA T S地上子からの距離等があり、それら情報が0.2秒ごとに記録されている。本件列車が一つ前の停車駅である桑名駅を出発してから伊勢朝日駅～川越富洲原駅間で緊急停止するまでの主な記録を表1に示す。

表1 運転状況記録装置の状況（抜粋）

時刻（補正済） （YYYY/MM/DD hh:mm:ss）	記録部情報			アナログ情報		算出キロ程 （km）	記事
	デジタル入力情報			列車 速度 （km/h）	地上 子 間 距離 （m）		
	前 進 力 行	前 進 ブ レ ー キ	非 常 ブ レ ー キ				
2021/11/23 18:46:30	1	0	0	1.2	134.3	54.985	桑名駅 出発（起動）
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
2021/11/23 18:47:39	1	0	0	53.7	50.2	54.027	益生駅 54k025m 付近通過
2021/11/23 18:47:39	1	0	0	53.7	53.2	54.024	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
2021/11/23 18:49:29	0	0	0	108.7	485.5	51.447	先頭車伊勢朝日駅付近通過 （ブレーキ開始）
2021/11/23 18:49:29	0	1	0	108.4	491.5	51.441	
⋮	∪	∪	∪	⋮	⋮	⋮	
2021/11/23 18:49:33	0	1	0	103.8	17.3	51.321	最後尾車伊勢朝日駅付近通過
⋮	∪	⋮	∪	⋮	⋮	⋮	
2021/11/23 18:49:40	0	0	0	87.9	146.7	51.127	ブレーキ終了
⋮	⋮	∪	⋮	⋮	⋮	⋮	
2021/11/23 18:50:43	0	0	0	76.2	54.9	49.674	
2021/11/23 18:50:43	0	1	0	75.7	59.1	49.670	ブレーキ開始
⋮	⋮	∪	⋮	⋮	⋮	⋮	
2021/11/23 18:51:07	0	1	0	24.3	424.3	49.305	
2021/11/23 18:51:07	0	0	0	24.1	425.6	49.303	ブレーキ中断
⋮	⋮	∪	⋮	⋮	⋮	⋮	
2021/11/23 18:51:08	0	0	0	23.3	430.8	49.298	
2021/11/23 18:51:08	0	1	0	23.0	432.1	49.297	ブレーキ再開
⋮	⋮	∪	⋮	⋮	⋮	⋮	
2021/11/23 18:51:22	0	1	0	0.7	485.6	49.243	
2021/11/23 18:51:22	0	1	0	0.0	485.6	49.243	停止

※この運転状況記録装置には戸閉連動回路の状態及び各扉の開閉状態の記録はない。

※「時刻」欄に記載した時刻は運転状況記録装置に記録されていた時刻を補正したものである。時計の時刻補正は状態・機能検査の際に実施しており、本重大インシデント発生前、最後に補正を行ったのは、令和3年11月16日である。

※「算出キロ程」欄には、通過したA T S地上子の設置キロ程から通過後に走行した距離である地上子間距離欄の値を減じたキロ程を示しているが、誤差を含んでいる可能性がある。

※「前進力行^{りきこう}」欄には、力行指令が出力された場合に「1」が、そうでない場合に「0」が記録される。

※「前進ブレーキ」欄及び「非常ブレーキ」欄には、ブレーキ操作時に「1」が、そうでない場合に「0」が記録される。

2.2 鉄道施設に関する情報

2.2.1 路線の概要

同社の名古屋線は伊勢中川駅から近鉄名古屋駅に至る78.8kmのトンネルのない複線路線であり、動力は電気、軌間は1,435mmである。また、同線の最高速度は120km/hと定められている。

(付図1 名古屋線路線図 参照)

2.2.2 線形等

本重大インシデントが発生した付近の線形は、52k487m～52k276mが半径604mの左曲線区間、52k276m～50k559mが直線区間である。

線路勾配は、52k308m～52k187mが15.2%の上り勾配区間であり、52k187m～51k986mが9.1%、51k986m～51k624mが22.7%、51k624m～51k523mが15.2%の下り勾配区間、51k523m～51k320mが平坦区間、51k320m～51k139mが15.2%の下り勾配区間、51k139m～50k696mが平坦区間である。

2.3 車両に関する情報

2.3.1 車両の概要

本件列車の編成は図1のとおりであり、車両の主な諸元等は次のとおりである。

車種	直流電車(1,500V)
編成両数	6両 UL03編成
記号番号	図1のとおり(本件車両は21603号)
列車長	124.4m
車両定員	306名(座席定員306名:全席指定)
所属	^{とみよし} 富吉検車区

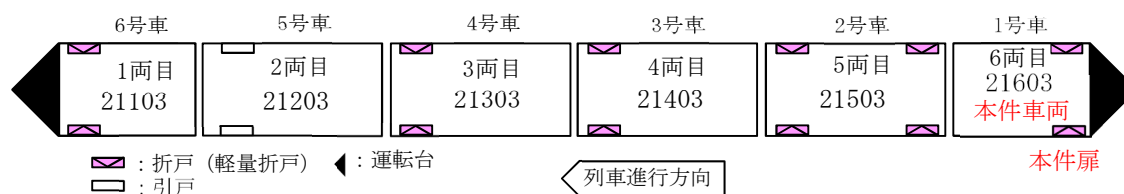


図1 本件列車の編成

本件列車の5号車を除いた各車両には左右各1か所計2か所（2号車は左右各2か所計4か所）の旅客用乗降口があり、本件車両の旅客用乗降口には折戸式扉が設けられている。本件扉には800mm幅の薄型軽量化折戸（以下「軽量化折戸」という。）が装備されていた（図1、図2 参照）。

また、UL03編成については、昭和63年1月の新製時以降、付図3に示すような変遷を経て本重大インシデント発生時に至っている。

（付図3 21000系編成の新製後の変遷 参照）



図2 旅客用乗降口の扉

2.3.2 扉の構成及び構造

本件扉は、扉を開閉させる戸閉機械（SR12D型）、戸閉電磁弁（MP11型）、作用腕、調整ロッド（継手）、調整ロッドの両端に連結棒、折戸回転腕、折戸回転軸、折戸（扉リーフ2枚）、戸先ローラー、戸閉スイッチ*2等で構成されており、扉を開閉させる戸閉電磁弁は戸閉開指令線に結線されている（図3 参照）。

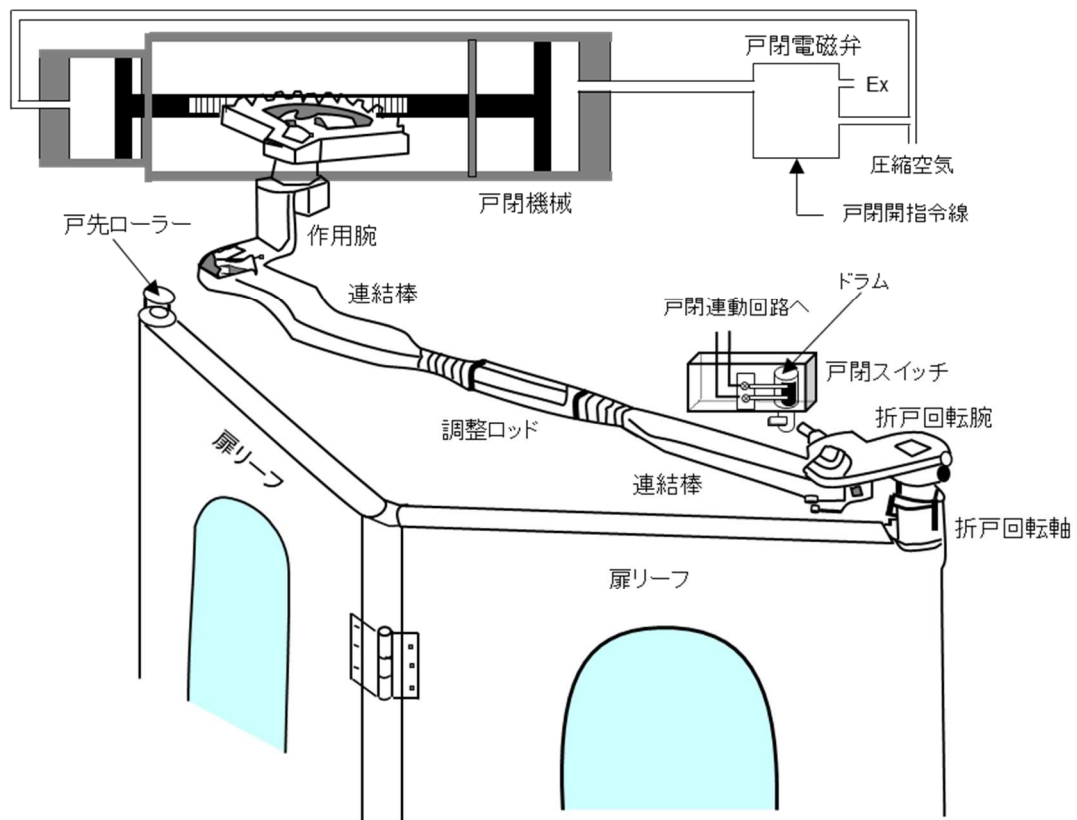


図3 本件扉の概略構成図

*2 「戸閉スイッチ」とは、扉の開閉状態を検出するスイッチであり、戸閉灯の点灯や戸閉連動継電器を動作させるために戸閉連動回路中に組み込まれている。

2.3.3 扉の開閉動作

扉開閉指令線が加圧されると、扉閉電磁弁が動作し、扉閉機械内部にあるシリンダに圧縮空気が流入してピストン棒が直線的に動き、その動きがピストン棒にあるラックと噛み合っているピニオンによって回転力に変換され、作用腕、調整ロッド及び調整ロッドの両側に設けられた2本の連結棒、折戸回転腕を介して扉リーフに溶接された折戸回転軸に伝達される。折戸回転軸が回転すると、扉先ローラーが旅客用乗降口の上部にある扉先ガイドに沿って移動し、折戸は開閉する(図4 参照)。

また、折戸回転腕の回転角度が設定された角度以上になると、折戸回転腕の押し棒が扉閉スイッチ内の円柱形ドラムを回転させ、扉閉スイッチが扉閉連動回路中及び車側灯点灯回路中の接点の状態を変化させる。

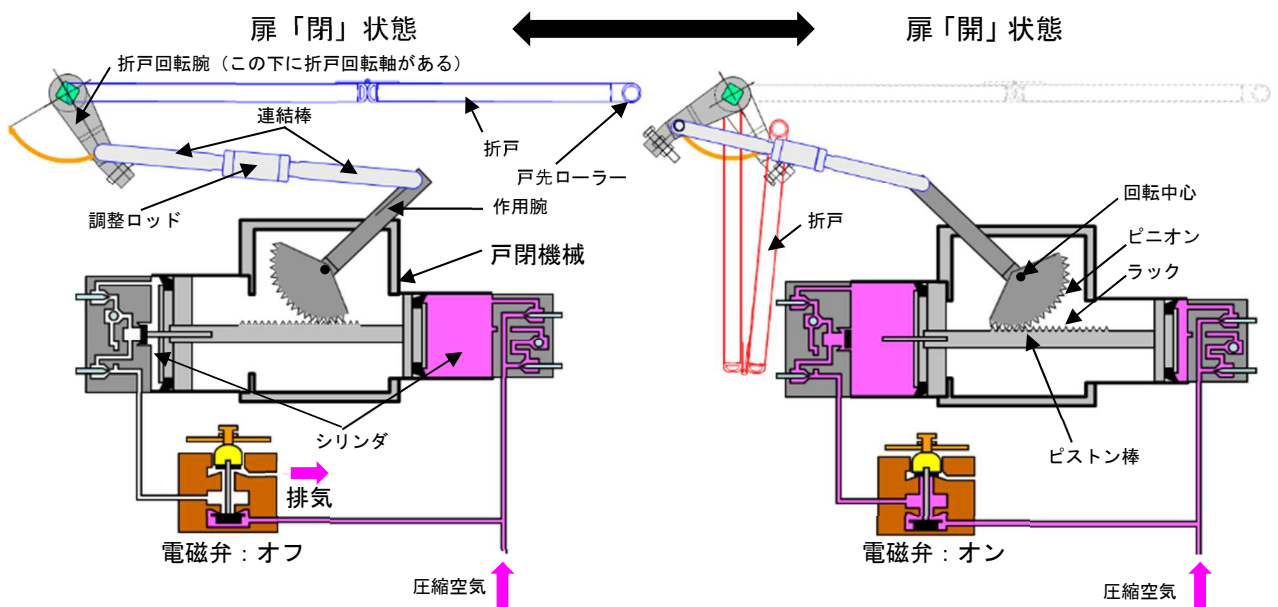


図4 扉閉機械の開閉動作

他に扉の開閉に関する保護回路として次のようなものがある。

(1) 扉閉連動回路

扉閉連動回路には扉閉灯及び扉閉連動継電器が設けられており、同継電器のダブル接点が力行制御回路中に組み込まれている。

編成車両内の各扉に設けられている扉閉スイッチが全て「閉」状態になると扉閉連動回路全体が加圧され、先頭車両の運転台に設けられた扉閉灯が点灯するとともに先頭車両の運転台の扉閉連動継電器は動作状態となる。その結果、一定の条件が成立すれば、運転士が主幹制御器主ハンドルを1ノッチ以上に操作することによって列車を力行状態にすることができる。一方、編成車両内の各扉に設けられている扉閉スイッチのうち1か所でも「開」状態

になると、戸閉灯が滅灯するとともに戸閉連動継電器は非動作状態となり、主幹制御器主ハンドルを1ノッチ以上に操作しても列車は力行しない仕組みになっている。

(2) 戸閉保安回路

本件車両には、列車の速度が設定速度以上になると、編成内の引通し線に電圧が印加される戸閉保安回路が設けられており、戸閉保安回路が加圧された場合には扉開放継電器が動作して左右の扉の戸閉電磁弁の負極側回路を遮断する回路構成となっている。そのため、列車が上記設定速度以上のときに乗務員が誤って車掌スイッチを操作してしまった場合や戸閉開指令線に混触が発生した場合でも、戸閉電磁弁は動作せず開扉することがない仕組みになっている。

2.3.4 本件車両の車歴及び検査履歴

本件車両の車歴は表2に示すとおりであり、平成15年の車体更新工事において本件扉は車両新製時の折戸（以下「従来折戸」という。）から軽量折戸に更新された。

表2 本件車両の車歴

履歴種別	期日	施工箇所	工事内容
新製	昭和63年 1月	近畿車輛株式会社	
改造	平成15年12月	近鉄車両エンジニアリング株式会社	車体更新（リニューアル）工事

一方、同社における車両の定期検査については、「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」（平成13年国土交通省令第151号）に基づき、同社が近畿運輸局長に届け出ている実施基準の一部である「実施基準（車両）」に定められている。

本件車両の本重大インシデント発生前直近の各定期検査等は、表3に示すとおり実施されていた。

表3 本件車両の定期検査等の実績

検査種類	期日	期間（以下を超えない期間ごと）
重要部検査	平成30年 2月16日	4年又は60万キロのいずれか短い方
全般検査	令和 2年 3月30日	8年
列車検査	令和 3年11月11日	10日
状態・機能検査	令和 3年11月16日	3月

同社から提出された資料によると、同社は本件車両の本重大インシデント発生前直近の全般検査において、扉部分についてはゴム等消耗品の取替え及び化粧板の部分腐食の修理を実施しており、実施された車体及び車室（戸閉保安装置を含む自動戸閉装置）の検査、自動戸閉装置の機能及び各種表示灯の機能を確認する総合検査

において、構造及び動作状態の検査結果は「良」であった。なお、同社によると、全般検査の際には折戸及び戸閉機械等は車両から取り外して検査を行っていたが、折戸回転軸の軸部と同板部間の溶接の状態は、扉骨組の車外側には外板が、車内側には化粧板等が貼り付けられているために目視できず、確認していないとのことであった。

また、同社から提出された資料によると、本重大インシデント発生前直近の状態・機能検査において実施された総合機能検査の結果は「良」であった。さらに、同社によると、本重大インシデント発生前直近に行われた列車検査の結果に異常は認められなかったとのことであった。

2.3.5 本件扉の折戸の設計

本重大インシデントは、平成15年12月に実施された車体更新工事において、従来折戸から軽量折戸に置き換えた本件車両（1号車）で発生した。

同社によると、従来折戸の設計は車両新製時の車両メーカーが行ったものであるが、軽量折戸の設計は、UL04編成から導入が始まり特に問題がなかった2次車の設計を参考に同社が行ったものであり、戸閉機械から折戸までの動力伝達経路中の部品及び取付寸法については、従来折戸からの変更はないとのことであった。

折戸回転軸の軸部と同板部間の溶接箇所は、4か所（軸部側面の溶接箇所2か所（A、B）と軸部底面の溶接箇所2か所（C、D））であり、設計図面には「K形開先溶接及びすみ肉溶接」*3（開先角度：45°、開先深さ：7mm、ルート間隔*4：2mm、表面形状：凹形）が指定されている

（図5 参照）。溶接の強度設計には、JIS E 4207「鉄道車両一台車一台車枠設計通則（2019年改正後、「鉄道車両一台車一台車枠強度設計通則」）」の疲れ許容応力が使用されている。

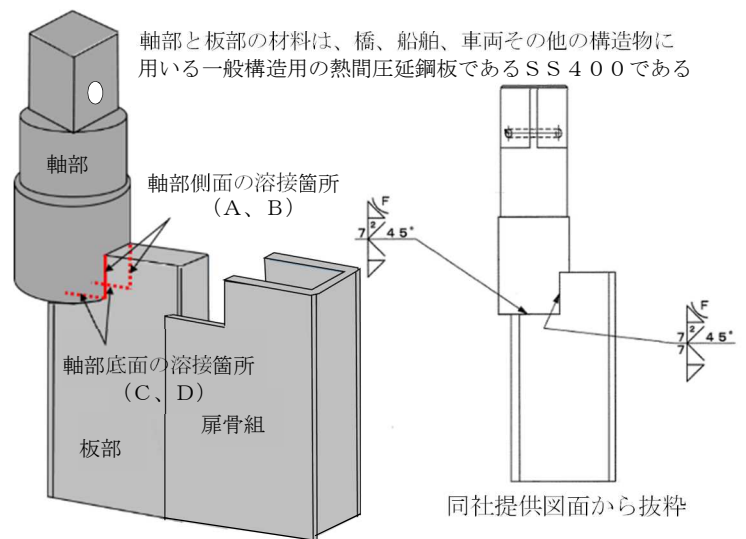


図5 溶接箇所と溶接指定

*3 「K形開先溶接及びすみ肉溶接」とは、両側突合せ溶接の一種であり、溶接母材と溶接継手を直角に配置するとともに、溶接継手に開先角度及び開先深さの溝を設けて溶接するものをいう。

*4 「ルート間隔」とは、母材と溶接金属が一体化しやすいように設ける部材間の間隔をいう。

2.3.6 本件扉の折戸の製作

軽量折戸の製作については、同社が幹事会社（以下「本件幹事会社」という。）に発注し、受注した本件幹事会社は手配会社（以下「本件手配会社」という。）に再発注しており、実際に本件扉の折戸の製作を行ったのは、本件手配会社が手配した別の事業者（以下「本件製作会社」という。）であった。

同社によると、契約の際には、本件幹事会社に設計図面を含む仕様書を引き渡して説明会を開催していたが、説明会の議事録及びそれ以外の資料や別途指示等を行った記録は見付からず、また、既に15年以上経過していることから当時の担当者は在籍しておらず、本件扉の折戸の製作について記憶している者もいなかったとのことであった。上記仕様書を確認したところ、有資格者を溶接作業者とする指定の記載はなかった。納品時の検査としては、上下レールの取付状態、扉の状態、開閉抵抗、各箇所の寸法等の確認を、本件幹事会社が同席して行う吊込み検査があるが、折戸回転軸の溶接状態の確認は行っていない。

また、本件幹事会社に状況を確認したところ、概略は次のとおりであった。

車体更新工事において扉を新製する頻度は低く、扉の担当者は内装組立職場の者である。特に高度な技術が必要なわけではないことからマニュアルは整備しておらず、OJTで教育を行っている。

本件手配会社には上記仕様書の写しのみ提供しており、必要があれば本件手配会社から相談は受けていたはずだが、実際に相談を受けた記録や記憶はない。本件手配会社から納品物を受け取る際の確認は目視による外観チェックのみであり、折戸回転軸の板部の外側には扉骨組や外板及び化粧板等が取り付けられた完成品一式として納品されているため、折戸回転軸の溶接状態の確認は行っていない。また、更新工事が終了した車両を同社へ引き渡す際には吊込み検査を行うが、折戸回転軸の溶接状態確認、空気圧を付加した確認及び調整ロッドの調整等を行っていない。なお、吊込み検査完了後同社により空気圧を付加した確認及び調整ロッドの調整を行っている。

本件手配会社に状況を確認したところ、概略は次のとおりであった。

本件幹事会社から依頼リストと設計図面を受け取って打合せを行っており、受け取った資料はそのまま、打合せ結果のメモを添えて本件製作会社に渡したと思うが、長期間経過していることから依頼リストと設計図面以外の当時の記録やその他のメモ等は現存しておらず、詳細は不明である。

また、本件製作会社についても廃業してかなり時間が経過しているため関係者の連絡先は分からない。

2.3.7 本件扉の開閉動作回数

同社によると、車体更新工事で降本重大インシデント発生時までの本件扉の開閉動作回数は、開扉、閉扉のたびにカウントした場合、約33万回とのことであった。

2.4 本件扉の折戸回転軸の調査結果等に関する情報

本件車両の調査結果を2.4.1に、折戸回転軸の緊急目視点検及び磁粉探傷検査^{*5}の結果を2.4.2に、本件扉の折戸回転軸の溶接状態の調査結果を2.4.3に、折戸回転軸の溶接強度の解析結果を2.4.4に示す。

2.4.1 本件車両の調査結果

(1) 本件扉の折戸の状態 (図6 参照)

- ・車外から本件扉の上部を観察したところ、折戸と車体の間に隙間が生じていた。
- ・車内から本件扉の折戸上部を観察したところ、折戸回転軸の軸部と同板部間の溶接が破断し、両者が分離して扉の位置がずれていた。
- ・車内から本件扉の手掛を手で引くと、戸先ローラーのせりもなく扉は手前に動いたが、本動作を何度か繰り返すと扉が固渋して開扉抵抗が増大した。
- ・扉の上方にある上レールに浮きや異常摩耗などは認められなかった。



図6 本件扉の折戸上部の状態

- ・戸閉機械付近に漏気音は認められなかった。
- ・車掌スイッチで列車左側の扉を開閉させたが、本件扉は動作しなかった。

*5 「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。

- ・戸閉スイッチは戸閉機械の動作に連動して動作していた。

(2) 車両の状態

- ・調圧器は仕様どおり 650kPa～750kPaで動作しており、戸閉機械からの漏気もなく、圧縮空気に関する異常は認められなかった。
- ・同社が戸閉開指令線、戸閉連動回路、戸閉保安回路等、制御系回路の絶縁抵抗値を確認したところ限度値より大きい40MΩであり、導通状態も正常であった。

2.4.2 折戸回転軸の緊急点検及び磁粉探傷検査の結果

本重大インシデントの発生後、同社は折戸式扉を有する全ての車両に対し、折戸回転軸の緊急目視点検及び磁粉探傷検査を直ちに実施した。その結果を表4に示す。これら点検及び検査において、折戸回転軸の軸部と同板部間の溶接状態には製作会社別に数種類のタイプがあることが判明し、緊急目視点検において確認できなかった溶接箇所の亀裂が磁粉探傷検査において15個見付かった。本件扉及び亀裂が見付かった15か所の扉の折戸回転軸の溶接タイプは、全て本件製作会社が製作した溶接タイプCであり、本件車両を新製した車両メーカーが製作した溶接タイプ(A、A-、B)の折戸回転軸に亀裂の発生はなかった。なお、設計図面に記載された溶接箇所は4か所であるが、溶接タイプ(A、A-、B)はそれ以外の位置(折戸回転軸の板部と扉骨組の間)にも追加の溶接があった。上記車両メーカーによると、設計図面とは別にメモや工作図はあったが、外部には設計図面のみ提示していた。しかし、現在はISO規格準拠のため及び作業者が勝手に変更しないように、メモ等の内容を極力図面に記載しているとのことであった。

(付図4 溶接タイプ(詳細図) 参照)

表4 折戸の目視点検及び磁粉探傷検査の結果(令和4年9月末現在)

項目	溶接タイプ					記事
	A	A-	B	C	C+	
製作会社	A社又は不明	A社	A社又はB社	C社	D社	
扉枚数	353	24	75	35	4	
点検済数	353	24	75	35	4	緊急目視点検
検査済数	131	24	75	35	4	磁粉探傷検査
亀裂発見数	0	0	0	15	0	磁粉探傷検査時
設置編成	UL01～08 UL10 SL01～02 V05～10 V12～15 PN07～10 PN51～52 NS56 NN01～03 NN11～15 NN51～52	UL09、UL11	V01～04、V07 V11、V13 Y08～11、Y51	UL01～03 UB01～03	SL01～02	

軸部
板部
溶接タイプC(視-斜め上から)

2.4.3 本件扉の折戸回転軸の溶接状態の調査結果

2.4.3.1 当委員会における調査結果

本件扉の折戸の上部から折戸回転軸の板部を切り出し、当委員会において折戸回転軸の軸部と同板部の調査を行った。調査を行った溶接破断箇所及びその破断面の状態を図7に示す。

折戸回転軸の軸部側面の溶接箇所（A、B）の破断面（破断面A1、破断面B1）及び同軸部底面の溶接箇所（C、D）の破断面（破断面C1、破断面D1）並びに折戸回転軸の板部側面の溶接箇所（A、B）の破断面（破断面A2、破断面B2）及び同板部底面の溶接箇所（C、D）の破断面（破断面C2、破断面D2）を調査したところ、破断面B1及びB2において、扉骨組に化粧板等を固定するためのビスが破断面を貫いていた。

また、破断面A1と破断面A2及び破断面B1のビスの下側と破断面B2のビスの下側はほとんど酸化していない状態であったが、破断面B1のビスの上側と破断面B2のビスの上側及び破断面（C1、C2、D1、D2）は酸化等による腐食が進んだ状態であり、特に、破断面（C1、C2、D1、D2）は腐食が著しく、破断面には摩擦によって生じたと見られる金属光沢も一部に見られた。さらに、板部においては開先深さが設計図面の指定よりも小さい上、開先のルート間隔側の端部が全く溶けていない状態であった。

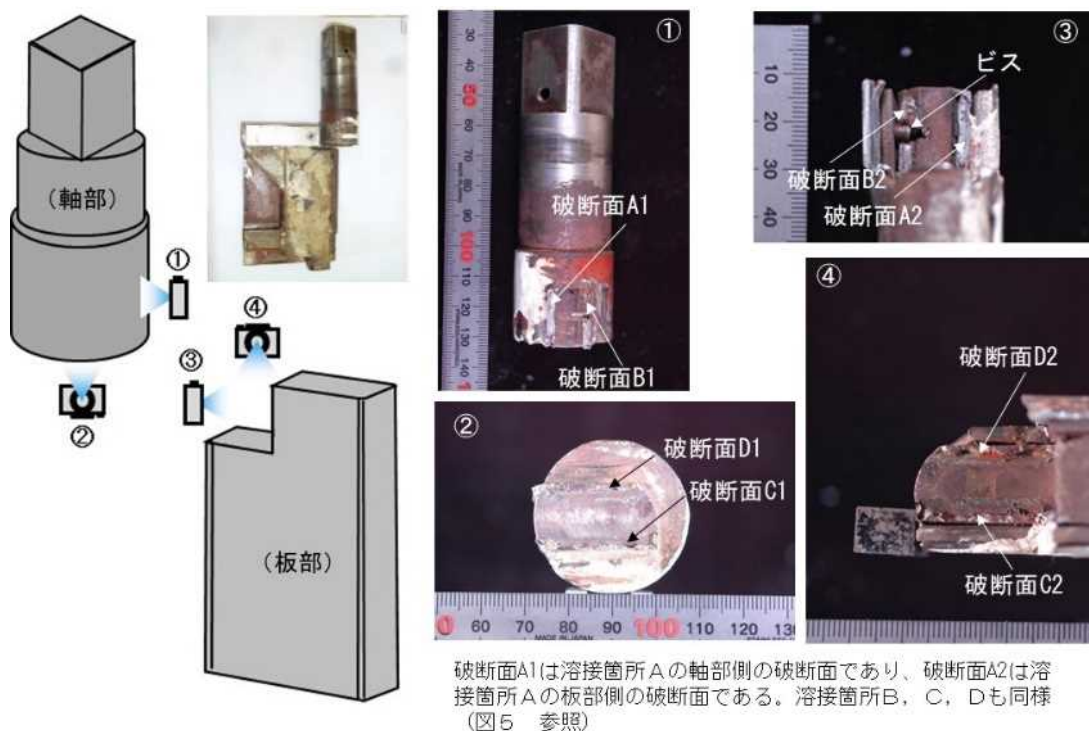


図7 溶接破断箇所の破断面の状態

2.4.3.2 委託調査の結果

本件扉の折戸回転軸の軸部及び同板部間の溶接破断状態を詳細に調査するため、一般財団法人日本溶接技術センターに調査を委託し、溶接破断箇所の破断面の外観観察及び同破断面の詳細観察を行った。

さらに、図8に示すように、折戸回転軸の軸部と同板部を破断前の位置に合わせて切断面X及び切断面Yで切断し、切断面を研磨した後で光学顕微鏡を使用して撮影した。

同センターから提出された調査結果の概要は次のとおりであった。

(1) 破断面の外観観察結果

付図5に示すように、側面の溶接破断箇所及び底面の溶接破断箇所のいずれの破断面においても、開先深さは設計図面の指定寸法である7mmより小さい4mmであり、溶接の溶込み不足（溶接不良）が認められた。

（付図5 各溶接箇所の破断面の状態（拡大図） 参照）

(2) 破断面の詳細観察結果

破断面の詳細観察として、側面の溶接破断箇所である破断面A1及び破断面B1の観察を行った。結果を図9に示す。

いずれの破断面にも大きな塑性変形は見られず、変形で潰されていない部分は比較的平坦になっている。破断面A1には溶接金属^{*6}に特徴的な長く伸びた柱状晶^{*7}模様が観察され、延性破壊を示すディンプル模様も見られないことから脆性破壊が生じたと考えられる。また、破断面B1は酸化等による汚れが著しいため断言できないものの、溶接凝固時の樹枝状晶^{*8}模様（デンドライト）が観察された。

以上のことから、溶接凝固時に溶接ビード^{*9}の形状を安定させられなかった場合に生じる溶接高温割れ（凝固割れ^{*10}）が発生していた可能性がある。

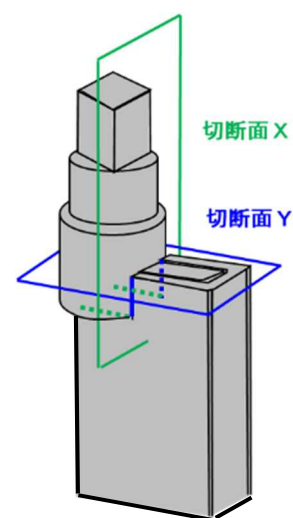


図8 切断面の向き

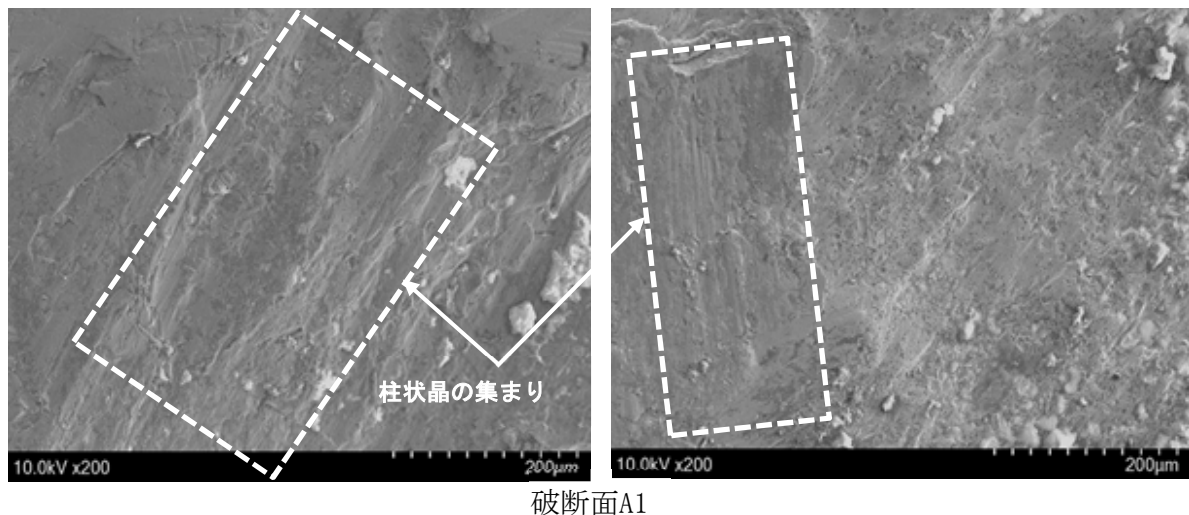
*6 「溶接金属」とは、溶接中に溶融して凝固した金属をいう。

*7 「柱状晶」とは、結晶の形状の一つであり、一つの方向に平行に成長したいくつかの面で囲まれた結晶をいう。

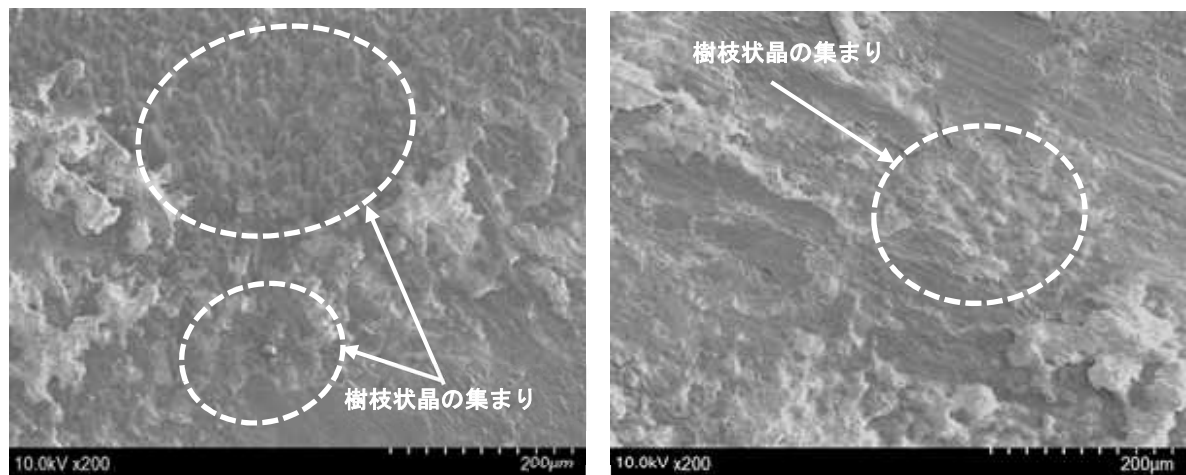
*8 「樹枝状晶」とは、樹の枝のような形状の結晶をいう。

*9 「ビード」とは、溶接用語であり、溶接継手に沿って行う1回の操作によって作られる溶接金属をいう。

*10 「凝固割れ」とは、溶接中及び冷却中の高温領域で発生する溶接高温割れの一つであり、柱状晶の境界面に残留する液相が固相に変化して凝固が完了する直前に、収縮ひずみに抗しきれず開口したものである。



破断面A1



破断面B1

図9 破断面の状態

(3) 切断面の観察結果

破断面A1～破断面D1及び破断面A2～破断面D2を切断面X及び切断面Yで切断し、切断面を研磨した後で光学顕微鏡を使用して撮影した。それらの写真の位置合わせを行って合成したものを図10に示す。

切断面の観察においても外観観察の結果と同様な結果が認められた。折戸回転軸の軸部底面の破断面（C2、D2）の開先は、設計図面の指定角度どおりに加工されておらず、また、破断面（A2、B2、C2、D2）においても開先深さは4mm程度であり、設計図面の指定深さどおりに加工されていない。さらに、溶接の溶込みについても、破断面C2は溶込みが2mm程度と特に浅かったこと、及び溶込みの更に奥の2mm部分については、熱による変色が全く見られず、開先加工時と変わらない状態であったことが確認された(図10 参照)。

なお、設計図面に指定されていたすみ肉溶接の溶接ビード表面が平坦に仕上げられており、これについては、折戸回転軸の板部を扉骨組の内側に

組み込むために行われたものと考えられる。

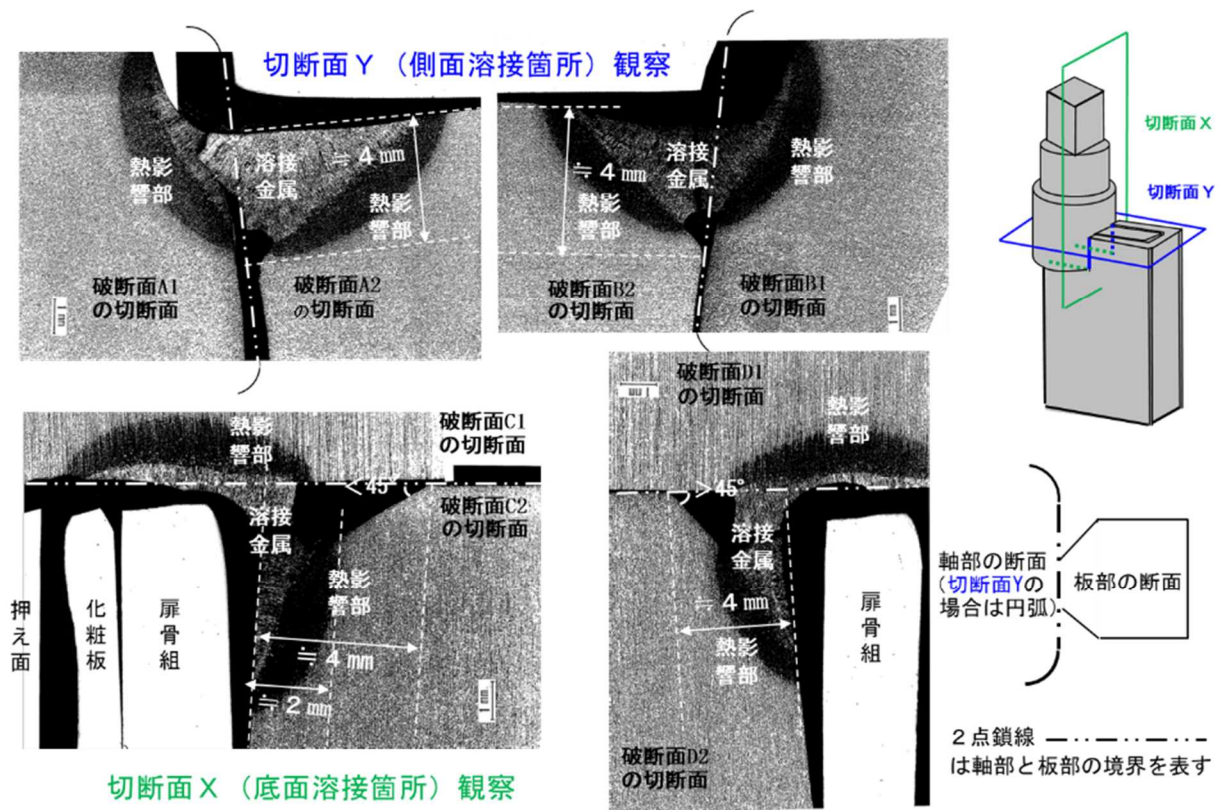


図 10 各破断面の切断面の状態

(4) 溶接管理・溶接施工について

一般的に、製品が完成してしまうと溶接箇所の不具合が発生するまでは溶接の実態は分からない。そのため、通常は重要構造物の溶接施工の管理として溶接施工要領書及び溶接施工記録を作成し保管することが求められる。これらの書類は、溶接管理技術者が溶接作業員に対して同様の構造物を使った事前確認試験を実施し、溶接作業員の技量の確認及び継手部の性能確認を経て作成されるものである。

しかしながら、本件扉の折戸回転軸の板部の開先加工において、深さ及び角度が設計図面の指定どおりになっておらず、溶接ビードの表面も削られていること、溶接施工要領書等の存在も不明であることから、本件製作会社の不十分な管理によって事前確認試験や継手部の性能確認も実施されなかった可能性もあると考えられる。また、溶接作業員の正確な技量については不明であるが、溶接の溶込み不足及び溶接高温割れの欠陥が発生していることから、溶接作業員の技量不足があったと考えられる。

2.4.4 折戸回転軸の溶接強度の解析結果

2.4.2に記述したように、本重大インシデント発生後の磁粉探傷検査において、折

戸回転軸の溶接箇所の亀裂が複数確認されたことから、同社は折戸回転軸の溶接箇所の設計強度及び本重大インシデント発生品の溶接強度を、有限要素法（FEM）によって解析した。同解析においては、2.4.4.1に後述する解析モデルと2.4.4.2に後述する荷重条件を使用した。

解析は、溶接箇所が設計図面の指定（K形開先溶接（深さ7mm、角度45°）及びすみ肉溶接あり）どおりの場合や本重大インシデント発生品の状態（K形開先溶接（深さ7mm、角度45°）及びすみ肉溶接なし、付図4のタイプCの⑤なし、溶込み量を発生品と同等）の場合等の条件で、溶接箇所にビス穴がある場合とない場合について実施した。このうち上記2条件の解析モデル図等を図11に示す。

2.4.4.1 解析モデル

各部材及び折戸回転軸の軸部と同板部間の溶接箇所はソリッド要素（節点数：約63,600、要素数：約76,200）でモデル化した。

解析モデル		解析番号	解析モデル図
溶接条件	ビス穴		
設計図面の指定どおり すみ肉溶接有	あり	①-1	
	なし	①-2	
本重大インシデント発生品 すみ肉溶接無 溶込み量は発生品と同等	あり	②-1	
	なし	②-2	

図11 解析モデル図

2.4.4.2 荷重条件

本件車両を新製した車両メーカーによると、折戸回転軸の溶接箇所に大きな応力が生じるのは扉が動いていない状態のときであると考えられ、扉全閉時の折戸回転腕のトルクを折戸回転腕の長さで除した値が扉全開時よりも大きい約978Nであるとのことから、解析は扉全閉状態時の折戸回転軸中心に対して90°の方向に978Nの負荷が掛かった条件で行った。

2.4.4.3 解析結果

表5の解析結果に示すように、算出応力の絶対値が一番大きくなる溶接条件は本重大インシデント発生品（ビス穴あり）の場合であり、一番小さくなる溶接条

件は設計図面どおりに溶接されたもの（ビス穴なし）の場合であった。また、本来、強度設計上ないはずのビス穴の有無による算出応力の差異については、いずれの溶接条件においてもビス穴ありの場合の方がビス穴なしの場合よりも若干大きい傾向があった。同社は評価基準値を算出応力で除した値である安全率を使用して評価を行っているが、安全率は溶接条件を設計図面の指定どおり（ビス穴なし）とした場合は1より大きくなり、溶接条件を本重大インシデント発生品（ビス穴あり）とした場合は1より小さくなった。

なお、表5に示した評価基準値は、JIS E 4207に一般構造用圧延鋼材（SS400）において仕上げを行った場合の溶接止端部の疲れ許容応力の評価基準値として記載されているものであり、算出応力の値は本解析によって得た値（算出応力が正值の場合は引張、負値の場合は圧縮）である。

表5 折戸回転軸の溶接強度の解析結果（抜粋）

溶接条件	ビス穴	解析番号	主応力 (最小/最大)	算出応力 (MPa)	安全率	評価基準値 (MPa)
設計図面の指定どおり	あり	①-1	最小	-86.4	1.27	110
	なし	①-2	最小	-48.7	2.25	
最大			42.8	2.57		
重大インシデント発生品	あり	②-1	最小	-224.3	0.49	
			最大	215.7	0.50	
	なし	②-2	最大	201.9	0.54	

(付図6 溶接強度の解析結果の例（主応力分布図） 参照）

2.5 同社の異常発生時の対応に関する情報

同社における列車乗務員による非常制動の取扱い及び車両故障発生時の取扱い等については、‘同社が「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」（平成13年国土交通省令第151号）に基づき近畿運輸局長に届け出ている実施基準の一部である運転取扱心得’（以下「運転取扱心得」という。）において、次のように定められている。

(運転士のブレーキ扱い)

第42条 運転士は、列車または車両を停止させるときは、常用制動によるのを原則とする。ただし、次の場合は非常制動によるものとする。

- (1) 常用制動では停止困難な地点で停止信号の現示があったとき
- (2) 車掌から「至急停止」の合図があったとき
- (3) 運転上の危険を感知して直ちに停止する必要があると認めたとき

(車掌の急停止処置)

第82条 車掌は、列車を急停止させるときは、車掌弁または非常ブレーキスイッチを使用するとともに運転士に対して「至急停止」の合図をするものとする。

(故障車両の処置)

第254条 車両故障のために運転上危険であると認めるときは、危険防止の処置を行い、必要に応じて故障車両の解放、列車の取消し等の手配をするものとする。

2 旅客の輸送に支障があると認められた車両には、旅客を乗車させないものとする。

(旅客用乗降扉の故障)

第255条 旅客用乗降扉の一部が故障したときは、その扉を閉鎖するものとし、閉扉できないときは、その扉を警戒する係員を乗務させるものとする。この場合、運転士は連動スイッチを直動側（阪神電気鉄道所属車両にあっては連動開放スイッチ「入」）にして運転するときには、運転指令者に報告してその指示を受けるものとする。

また、同社によると、走行中に開扉したときの取扱いについては、内規である「執務要領（列車区用）運転士編」（以下「運転士要領」という。）及び「運転指令者執務基準」（以下「指令者基準」という。）に基づいて実施されるとのことであり、それら内規には次のような記述があった。

運転士要領

IV 事故の処置

2 車両故障の処置

(1) 車両の点検

車両に異常が生じたときは、表示灯またはモニタおよび感知した異常現象により、車両点検カードに定める点検手順で点検する。

指令者基準

(車両故障時の取扱い)

第11条 運転指令者は車両故障が発生したときは、車両故障手順表により列車番号、発生場所および故障の状況を確認し、車両点検カードによる点検方を指示す

るとともに関係列車の停止手配を講じなければならない。また、旅客の輸送に支障があると認めた車両には旅客を乗車させない。

2. 省略

3. 省略

なお、「運転士要領」、「指令者基準」及び「車両故障手順表」には、走行中の開扉事象又は走行中の戸閉灯滅灯事象が発生した場合に安全確保のために関係者がとるべき措置に関する具体的な記述はなかった。

「指令者基準」の第11条及び「運転士要領」の車両故障の処置（車両の点検）等に記述されている「車両点検カード」は、車両系式別に作成され、運転士が乗務中に携帯するものである。21000系及び22000系車両点検カードには0番～19-2番まで異常状態別の処置がとじられており、同社によると13番「戸閉灯が点灯しない」が今回の事象に該当するとのことであるが、これ以外に走行中に戸閉灯が滅灯した場合又は走行中に扉が開いた場合に関する車両点検カードはなかった。

車両点検カード13番「戸閉灯が点灯しない」には、「扉右・扉左」以外のモニタ表示確認から始まり様々な機器の点検・確認を経て「起動試験」「運転継続」に至るまでの流れが示されているが、連動運転^{*11}を継続できるか非連動運転（同社では直動扱いという）に切り換えるかを判断するための点検・確認が中心の内容であり、走行中の戸閉灯滅灯や開扉が発生した場合に行う具体的な安全確認手順の記載はなかった。

本重大インシデントにおいて、本件扉の開扉を発見した本件専務車掌は、本件運転士に、風圧によって扉が開いてくると連絡するとともに本件扉を確認するために列車を停止させるよう要請しているが至急停止の要請ではなく、車掌弁の操作や防護無線発信も行っていなかった。本件専務車掌にこれらについて確認したところ、自身が本件扉の近くにいることから緊急性を感じなかったためとのことであった。

また、本件運転士に走行中開扉の連絡を本件専務車掌から受けた際に非常制動を行わなかったことについて確認したところ、戸閉灯が滅灯していれば非常ブレーキを使用した。戸閉灯は点灯していたため非常ブレーキを使用しなかった、通常起こり得ない事象の発生であり車両の状況をすぐには理解できなかったとのことであった。

以上のように、2.6に後述する実設訓練において教育を受けていた非常制動操作及び防護無線の発信は、戸閉灯が消灯していない本件列車においては行われず、これらのことが重なって、本件列車の停止位置は開扉を発見した位置よりも相当川越富洲原駅寄りとなった。

他方、本件担当車掌から走行中開扉の報告を受けた運転指令室においては、関係列

*11 ここでいう「連動運転」とは、戸閉連動継電器の接点を介して力行制御回路を構成する方式をいう。また、同継電器の接点を短絡して力行制御回路を構成する方式を非連動運転という。

車（本事象においては続行列車及び対向列車）の抑止手配は講じられなかった。本件担当車掌から本重大インシデントの報告を受けた運転指令者によると、自身は列車乗務員との無線交信を行っており、他の運転指令者が抑止手配したか分からなかったとのことである。また、他の運転指令者によると、走行中開扉の発生を運転指令室内のモニタ音声で聞いてはいたものの、開扉しているにもかかわらず戸閉灯が滅灯しないことについて意識が集中し、抑止手配の必要性に気付いて同措置を講じる者がいなかったとのことである。

なお、車両故障の発生時に運転指令者が使用する車両故障手順表の「5 扉故障時の取扱」には、関係列車の抑止手配等に関する記述はなかった。

2.6 同社の教育・訓練に関する情報

同社から提出された資料及び教育・訓練の関係者の話によれば、名古屋地区管内においては、情報を共有しながら次のような教育・訓練を行っているとのことであった。

教育・訓練は従前から実施していたが、本重大インシデント発生前直近の2年間（令和2年、令和3年）にも運転士に対する基本訓練を2か月に1回、現車を活用した実設訓練を年に6回実施し、車掌に対する基本訓練を2か月に1回、現車を活用した実設訓練及び接遇訓練を年に5回実施している。

さらに、運転士及び車掌に対し、現車での異常時の取扱いを想定した総合訓練を年に3回実施していたほか、資料に基づいた教育を行う研究会も年に6回実施している。

同社から提出された資料「令和3年4月 実設訓練のポイント【インシデントの処置】」には、列車走行中戸閉灯が消灯した場合の措置として次のような記述があった。

【列車走行中戸閉灯が消灯】

列車走行中、戸閉灯が消灯したら、『扉が開いてお客様が転落した』と想定して対応すること。

事象発生時の重要ポイント

・非常制動で停止！ ・防護無線発信！ ・転落したお客様の有無確認！

また、指令員の教育は、年に6回座学による教育を行っており、内容については、日常作業、基本動作、保安情報、地震・台風に関するものを適時行うとともに、必要に応じて現場に車両を見に行くこともあるとのことであった。

2.7 乗務員等に関する情報

本件運転士

53歳

甲種電気車運転免許	平成 7年 2月 7日
本件専務車掌	55歳
本件担当車掌	29歳

2.8 気象に関する情報

桑名付近の19時00分の天気は晴れであった。また、気象庁桑名地域気象観測所の記録によると、令和3年11月23日18時50分の桑名市の気温は9.9℃、風向風速は西北西の風1.6m/sであり、降水量は0mmであった。

2.9 その他の情報

同社によると、本件列車の扉は近鉄名古屋駅においては右側が、桑名駅においては左側が開閉操作されていたが、ホームの監視カメラから、本件列車が両駅に着発する際の本件扉の状態は確認できなかった。

3 分析

3.1 本重大インシデント発生時の状況に関する分析

2.1.2に記述したように、本件列車に設置されている運転状況記録装置には戸閉連動回路の情報が記録されておらず、本件扉の戸閉スイッチも扉の開扉状態を正しく検知できない状態であったことから、本件扉が開扉した正確な発生時刻及び発生位置を明らかにすることはできなかった。

しかしながら、本件扉の近くにいた本件担当車掌は、2.1.1(3)に記述したように桑名駅を出発したときに異常はなかったと口述しており、本件専務車掌は2.1.1(2)に記述したように異常を発見した場所は伊勢朝日駅を通過する辺りだったと口述している。また、本件運転士は2.1.1(1)に記述したように、伊勢朝日駅付近を速度約100km/hの惰行運転で通過した後、本件専務車掌から「扉が風圧で開いてきている」という連絡があったと口述している。さらに、運転状況記録装置の記録によると、桑名駅の本件列車の停止位置は54k985mであり、桑名駅出発時刻は18時46分30秒、最後尾車の伊勢朝日駅通過時刻は18時49分33秒である。

以上のことから、本重大インシデントの発生時刻は、桑名駅出発時刻である18時46分30秒と本件車掌が本件扉の開扉を発見したと考えられる18時49分33秒の間であり、発生場所は、桑名駅の本件列車停止位置（54k985m）と伊勢朝日駅から2.3.1に記述した列車長分、川越富洲原駅寄りの位置（51k320m）付近までの間であったと考えられる。本報告書においては、本件扉の開扉が確認された18

時50分ごろ及び伊勢朝日駅構内を発生時刻及び発生場所とする。

3.2 本件扉が走行中に開扉したことに関する分析

戸閉保安回路の設定速度よりも高い速度で走行中に本重大インシデントが発生したと考えられる本件列車において、2.4.1に記述したように、戸閉開指令線及び戸閉保安回路に絶縁不良等の異常がなかったこと、本事象が発生した扉は本件扉だけであったことから、扉制御に関する回路の異常による戸閉開指令線の誤加圧はなかったものと推定される。

本件扉の戸閉電磁弁に加わる圧縮空気の圧力については、本重大インシデント発生後の調査において、2.4.1に記述したように空気圧縮機が調圧器の設定圧力どおり動作しており、かつ本件扉の戸閉機械からの漏気がなかったこと、並びに2.1.1(2)及び同(3)に記述したように、本件専務車掌及び本件担当車掌は乗務員室及び機械付属の3方コックに操作された痕跡がなかったと口述していることから、圧縮空気の圧力低下はなかったと推定される。

2.4.1(1)に記述したように、本件扉は折戸回転軸の軸部と同板部間の溶接が破断したことから、戸閉機械で生じた押付力が折戸に伝わらず、折戸に外力が作用すれば動く状態であったと推定される。

2.8に記述したように、気象庁桑名地域気象観測所における18時50分の記録によると、風向風速は西北西の風1.6m/sであり、本件扉を開扉させるような風力ではなかったと考えられる。また、本件扉は列車の左側に設置されているため、対向列車とのすれ違い時に生じる風圧の影響はなかったと考えられるが、本件列車は伊勢朝日駅付近を速度約100km/hで走行していたことから、本件車両の車体には走行風によって生じた風圧や動揺及び振動による力が生じ、その力が本件扉に加わっていた可能性がある。

以上のことから、本件扉において、折戸回転軸の軸部と同板部間の溶接が破断したために、戸閉機械で生じた押付力が伝わらず外力が作用すれば動く状態となっていた折戸に、高速走行時の風圧や車体の動揺及び振動による力が加わり、その力が開扉抵抗を上回ったことから、折戸が開扉したと考えられる。

3.3 本件扉の折戸に関する分析

3.3.1 折戸回転軸の溶接破断について

折戸回転軸の軸部と同板部間の溶接が破断したことについては、3.3.2に後述するように折戸回転軸の溶接の設計強度に問題はなかったと考えられるものの、3.3.3に後述するように折戸製作時点において溶接不良があったと推定されることから強度不足が生じていたと考えられること、並びに2.3.4に記述したように、その後の同社

の定期検査において溶接箇所が折戸の扉骨組や外板及び化粧板等に覆われているために折戸回転軸の溶接状態を目視できず確認していなかったため、破断が発生する前に適切な措置が講じられなかったことによるものと考えられる。

2.4.3.2(2)に記述したように、破断面A1において溶接金属に特徴的な長く伸びた柱状晶模様が観察され、延性破壊の特徴であるディンプル模様も見られないことから、溶接位置Aの破断は脆性破壊によって生じたものと考えられ、破断面B1において樹枝状晶模様（デンドライト）が観察されたことから、溶接破断箇所において溶接高温割れ（凝固割れ）が発生していたものと考えられる。

また、2.4.3.1に記述したように、破断面（A1、A2、B1のビス穴の下側、B2のビスの下側）はほとんど酸化していない状態であったが、破断面（B1のビスの上側、B2のビスの上側）及び破断面（C1、C2、D1、D2）は酸化等による腐食が進んだ状態であり、特に、破断面（C1、C2、D1、D2）は腐食が著しかった。

以上のことから、折戸回転軸の軸部底面の溶接箇所（C、D）は、本重大インシデント発生の相当以前の時点で破断していたと考えられ、その結果、折戸回転軸に固定されている折戸回転腕の回転力が折戸回転軸の軸部側面の溶接箇所に全て負荷される状態となり、本重大インシデント発生の直前に溶接箇所（A、B）も破断したのと考えられる。

3.3.2 折戸回転軸の溶接箇所の強度について

2.4.4.3に記述したFEM解析の結果によると、設計図面の指定と異なる開先加工や溶接の溶込み不足があった本件扉の場合の安全率は1より小さくなり強度不足となるが、設計図面の指定どおりに開先加工を行い、確実な溶接を施した場合の安全率は1より大きくなり強度不足とならないことから、本件扉の折戸回転軸の溶接箇所の設計強度については問題がなかったと考えられる。

ただし、折戸回転軸は長期間頻繁に動作する部品であるが定期検査において容易に確認できない構造となっており、亀裂の発生など破断の予兆を早期に捕捉して対応することができないこと、溶接の施工状況によって溶接強度が低下する可能性があることから、折戸回転軸の溶接については現行よりも強度に余裕を持たせた設計とすることが望ましかったと考えられる。

また、表5に示したように、ビス穴がない場合よりある場合の方が算出応力は大きくなり、溶接強度が低下する可能性があることから、扉骨組に化粧板等を固定する際には、ビス穴の位置が溶接部分にかからないように注意する必要がある。

3.3.3 折戸回転軸の溶接の施工状態について

本件扉の折戸回転軸の軸部と同板部間の溶接については、2.4.3.2(3)に記述した

ように、破断面の開先深さ及び開先角度が図面の指定どおりに施工されておらず、いずれの溶接箇所においても破断面の開先深さが4mm程度であったこと、底部の溶接箇所において溶接の溶込みが2mm程度であったことから、折戸製作時点において溶接不良があったと推定される。

また、2.4.2に記述したように、本重大インシデント発生後の同社の磁粉探傷検査（全491枚）において、本件製作会社が製作した35枚の扉のうち15枚に亀裂が見付かっており、他の製作会社が製作した扉には亀裂が見付からなかったことから、本件製作会社の溶接施工に問題があったと考えられる。

3.3.4 溶接作業者について

3.3.3に記述したように、本件扉の折戸回転軸の軸部と同板部間の溶接箇所には溶接不良があったと推定されるが、本件幹事会社及び本件手配会社が本件製作会社に対し、溶接作業者として有資格者を充てるよう指示していたか否かを確認できる資料が残されていないことから、溶接作業者の選定が適切であったか否か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、溶接作業は一定レベルの技量を持つ者が行うべきであることから、公的資格の保有者等の適格者を作業者とすることを契約書等に記載することが重要である。

また、溶接が設計図面の指定どおりに施工されていなかったことについても、溶接作業者が本件製作会社の作業指示に従った結果なのか溶接作業者自身の判断なのかについて確認することができなかったため明らかにすることができなかった。さらに溶接作業者の技量についても、2.4.3.2(4)に記述したように、溶接の専門家から溶接作業者の技量不足があったと考えられるとの見解が示されたことから技量不足が疑われるものの、溶接作業者の資格及び経験に関する情報、溶接施工時の状況、作業指示及び設備の状態等に関する情報がないため、溶接作業者の技量を正しく評価することはできなかった。

3.3.5 折戸製作時における溶接施工状態の確認について

本件扉を製作した際に、本件製作会社が扉に外板及び化粧板等を取り付ける前に本件手配会社が溶接状態を確認していたか、また、確認を指示していたかについては不明であるが、本件扉は使用開始後に溶接の異状を確認することが困難であることから、同社又は本件幹事会社は、扉に外板及び化粧板等が取り付けられる前に本件手配会社が折戸回転軸の溶接状態を確認することを契約書に記載するか指示しておくことが望ましかった。

3.3.6 折戸回転軸の溶接タイプについて

折戸回転軸の設計図面は1種類であったが、2.4.2に記述したように実際に製作された折戸回転軸の軸部と同板部間の溶接箇所には製作会社別に複数の溶接タイプがあった。本件製作会社が製作した本件折戸の溶接タイプはタイプCであり、本重大インシデント発生品については、2.4.3.2(3)に記述したように開先深さが図面指定の7mmより小さい4mm程度、開先角度が図面指定の45°でないものもあった。しかし、設計図面の指定と異なる施工となっていたことについては、本件製作会社が既に廃業しているために詳細を明らかにすることはできなかった。

また、設計図面に指定されていない板部と扉骨組の間に追加の溶接が施されていたことについては、2.3.6に記述したように本件手配会社によると、詳細は不明ではあるが本件幹事会社から受け取った設計図面等を各製作会社に渡しただけであると思うとのことから、各製作会社又は溶接作業者が独自の判断で追加の溶接を行っていた可能性があると考えられる。

なお、2.4.2に記述したように、本件車両を新製した車両メーカーにおいては、設計図面以外の情報は外部に提示していなかったとのことであり、同車両メーカーが自社で製作した折戸には追加の溶接が行われていたことから、それらの情報が設計図面に記載されていれば、本件製作会社においても追加の溶接が行われた可能性があったと考えられる。なお、同車両メーカーにおいては、現在はそれらの情報を極力図面に記載しているとのことであり、そのような取組が今後も一層推進されることが望まれる。

3.3.7 戸閉スイッチについて

本重大インシデントが発生した際には、図3及び図7から分かるように、折戸回転軸の溶接の破断によって折戸の戸先の開閉状態が戸閉スイッチに正しく反映されない状態になっていたと推定されることから、本件列車の先頭車両の戸閉灯は、2.1.1(1)に記述した本件運転士の口述どおり、滅灯しなかったものと推定される。折戸の戸先と戸閉スイッチの間に折戸回転軸や折戸回転腕がある構造の場合、それら部品において溶接破断が生じると同様の事態が発生することから、扉「開」状態の検出は、折戸回転腕の回転位置（角度）検出よりも折戸の戸先位置検出の方が実体に近いと望ましいと考えられる。

戸閉連動回路は、車両の力行制御に関与するとともに、扉の状態を監視することによって乗客の安全に寄与するための重要な回路であるため、同社は戸閉連動回路中に組み込まれている戸閉スイッチについて、何らかの対策を早期に検討して車両に実装することが望ましい。しかしながら、早期の実現は簡単ではないことも推測されることから、それら対策の車両への実装が完了するまでの間は、3.4に後述す

る措置を遅滞なく確実に講じていく必要がある。

3.4 定期検査における折戸の取扱いに関する分析

本件扉の折戸回転軸の溶接破断は、本件製作会社が製作した折戸において発生し、その後の磁粉探傷検査により発見された他の15個の亀裂も同製作会社が製作した折戸において発生していたが、5.2に後述するように、これらについては既に溶接強度を増大させる補修が完了している。しかしながら、本件製作会社以外の扉製作会社において製作された折戸の一部（溶接タイプA）には溶接強度を増大させる補修が完了していないものがあるため、それらについては全般検査の際に補修すべきである。また、仮に設計どおりに溶接が行われた場合でも、溶接の施工状況によって溶接強度が低下する可能性があることから、全ての溶接タイプの折戸回転軸について、全般検査の際に折戸回転軸の溶接強度を現行のものよりも増大させる必要がある。

3.4.1 全般検査時及び重要部検査時

全般検査及び重要部検査においては、扉は車両から外した状態で確認できるため、検査の都度、折戸回転軸の軸部と同板部間の溶接状態を十分に検査することが重要である。溶接箇所の亀裂は、目視による緊急点検では全く発見できなかったものの、磁粉探傷検査によって他の折戸回転軸において15個発見されていることから、磁粉探傷検査によって破断の予兆である亀裂を捉えることが期待できると考えられるため、折戸回転軸の検査は目視でなく磁粉探傷検査等を活用して行うべきである。また、検査において溶接箇所に異常が見付かった場合には、補修又は取替えを行うだけでなく、原因について調査を行い、対策を講じるべきである。

3.4.2 その他の検査時及び点検時等

状態・機能検査及び列車検査における扉の確認は在姿状態で行われることから、折戸回転軸の溶接状態を正確に把握することは困難であると考えられる。しかしながら、これらの検査において機能確認は行われていることから、機能確認の際に戸閉灯の点灯状態に異常が認められる場合には、戸閉スイッチや扉の動作に固渋等の異常がないこと及び圧縮空気の漏気がないこと等の確認を従来どおり行うとともに、戸閉スイッチの動作と扉の動作が連動していることについても目視確認を行うことが望ましい。

3.5 異常発生時に講じられた措置に関する分析

3.5.1 本件運転士の講じた措置

折戸回転軸の溶接の破断によって、本件扉の戸閉スイッチが正常に機能していなかったと推定されるため、2.1.1(1)に記述したように本件運転士は本件専務車掌か

ら扉の異常を伝えられるまで本事象の発生を把握できなかったが、本件専務車掌からの停止指示（通話合図）を受けた後は合図に従って本件列車を停止させている。しかしながら、走行中に開扉したという連絡を受けたものの、戸閉灯が点灯している状態との不整合についてすぐに理解できずに至急停止の措置が講じられなかったこと、及び戸閉灯が滅灯しなかったこともあって実設訓練において教育を受けていた消灯時の非常制動操作が行われなかったことから、本件列車が停止するまでにかかなりの距離を走行することになった。本事象のような状況は頻繁に発生するものではないことからすぐに理解できなかったことはやむを得ないと考えられるが、理解できない状況が生じた場合には、まずは自列車を至急停止させ、列車停止後に安全を確保するための確認及び追加の対応を考えることが重要である。同社は、異常発生時にとるべきこれらの措置が確実に講じられるよう運転士に対する指導を徹底する必要がある。

3.5.2 本件専務車掌及び本件担当車掌の講じた措置

本件専務車掌は本件扉の開扉を発見した際に、本件運転士に対し最初に扉が風圧によって開扉したこと及び戸閉灯の確認について連絡し、その後、扉の確認のために列車を直ちに停止させるよう指示しているが、至急停止を要請するものではなく、自身も車掌弁又は非常ブレーキスイッチの操作及び防護無線の発信操作を行っていなかった。本件専務車掌によると、自身が本件扉の周辺にいたために緊急性を感じなかったためとのことであるが、まずは本件列車を至急停止させるべきであったと考えられる。結果的に同社が実設訓練のポイントとして教育していた戸閉灯が消灯したときの措置である「非常制動で停止」及び「防護無線発信」は行われなかったことから、同社は教育内容を十分理解させ、たとえ戸閉灯が消灯していなくても、開扉している事実に基づいた処置が行えるように指導することが望ましい。

なお、本件列車が運転を再開する際に本件専務車掌が川越富洲原駅まで施錠した本件扉の所で監視していたこと、また、正確性が若干欠けていたものの、運転指令者に対する本件担当車掌の報告が本件専務車掌が手掛を引いたときの状況を見て最悪の状態を推察したものであったことは、確実な転落防止の実現及び関係列車の抑止手配を促す意味で望ましいものであったと考えられる。

3.5.3 運転指令者の講じた措置

本件担当車掌から本件扉の開扉について報告があった際に、運転指令者が本件扉の施錠を指示したことは適切であったと考えられるが、2.5に記述したように、本重大インシデント発生時には複数の運転指令者が状況を把握していたにもかかわらず、本件扉の開扉と戸閉灯の点灯という状況の理解に意識が集中し、運転指令者に

よる関係列車の抑止手配が講じられていなかった。本重大インシデントのような事象は緊急の対応が必要であることから、必要な措置を迅速に講じられるように乗務員と無線交信を行う者と抑止手配を行う者及び注意運転を指示する者を別にすることが望ましい。さらに、運転指令者が使用する車両故障手順表の「5 扉故障時の取扱」には、関係列車の抑止手配及び注意運転についての記述がなかったことから、同手順表にそれらを記載して遵守されることが望ましい。

また、「運転取扱心得」第255条には、「旅客用乗降扉の一部が故障したときは、その扉を閉鎖するものとし、閉扉できないときは、その扉を警戒する係員を乗務させるものとする」と定められており、運転指令者は、本件扉の施錠を確認していたものの、本件列車を最寄り駅である川越富洲原駅に臨時停車させて監視のために助役を添乗させ、近鉄四日市駅まで運転を継続して以降の運転を取り消した。これらの措置は、運転取扱心得に定められたものよりも慎重なものであったが、安全を確保する意味で望ましいものであったと考えられる。

なお、今回の事象のように通常起こり得ない状況が発生した場合、関係者がふだんどおりの行動ができない可能性も考えられるため、異常発生時の行動の補助となるよう異常時対応マニュアル等の整備についても必要性を含めて検討することが望ましい。

4 原因

本重大インシデントは、列車の走行中に列車最後部進行方向左側の扉において、折戸回転軸の軸部と同板部間の溶接が破断したために、戸閉機械で生じた押付力が伝わらず外力が作用すれば折戸が動く状態となっていたところに、高速走行時の風圧や車体の動揺及び振動による力が加わり、その力が開扉抵抗を上回ったことから、折戸が動き、開扉したことにより発生したと考えられる。

折戸回転軸の軸部と同板部間の溶接が破断したことについては、折戸回転軸の溶接の設計強度に問題はなかったと考えられるものの、溶接施工時に設計図面どおりに開先加工が行われず溶接の溶込み不足もあったことから、折戸製作時点において溶接不良による強度不足が生じていたと考えられること、並びにその後の事業者の定期検査において溶接箇所が折戸の扉骨組や外板及び化粧板等に覆われているために折戸回転軸の溶接状態を目視できず確認していなかったため、破断が発生する前に適切な措置が講じられなかったことによるものと考えられる。

溶接が設計図面どおりに施工されていなかったことについては、扉の製作から既に長い時間が経過しているため、関係した各事業者には当時の資料がほとんど残されて

おらず、溶接作業を担当した会社も廃業していることから、詳細を明らかにすることができなかった。

5 再発防止策

5.1 必要と考えられる再発防止策

(1) 溶接強度の向上

溶接の施工状況によって溶接強度が低下する可能性があることから、全ての溶接タイプの折戸回転軸について、全般検査の際に溶接量を増やして折戸回転軸の溶接強度を現行のものよりも増大させる必要がある。

(2) 定期検査時の扉の検査手法の見直し

全般検査及び重要部検査において、目視では亀裂が発見できない可能性があることから、全ての折戸の折戸回転軸の溶接箇所に対し磁粉探傷検査を行い、溶接箇所に異常が見付かった場合には、補修又は取替えを行うだけでなく、原因について調査を行い、対策を講じるべきである。

5.2 本重大インシデント発生後に同社が講じた措置

同社安全統括管理者は、本重大インシデント発生後の令和3年11月29日に各管理者（各部門長）に対し安全確保の徹底を指示する達を発出した。

同社の車両部門は、本重大インシデント発生後に次のような措置を講じた。

- (1) 令和3年11月23日～11月24日に、全ての折戸式扉の折戸回転軸の溶接箇所における異常の有無、及び開閉動作時の異常の有無を確認する緊急目視点検を行った（確認結果に異常なし）。
- (2) 令和3年11月24日に、現場に対し目視による一斉点検を指示したが結果に異常はなかった。その後は、列車検査時の目視点検（手動開閉にてがたつきの有無を確認、折戸回転軸の異常の有無を確認、車掌スイッチ操作による開閉状態確認）を指示した（現在まで継続中だが結果に異常なし）。
- (3) 令和3年11月25日に、車内通行時に折戸の閉状態に異常がないことを目視確認するよう指示した（現在まで確認結果に異常なし）。
- (4) 令和3年11月30日に、安全統括管理者からの指示を受けた車両管理者はその指示を現業部門に伝達した。
- (5) 令和3年11月30日～12月2日に、目視による折戸回転軸上部の一斉点検を行い、溶接部の状態を確認した（溶接タイプが複数種類あることを確認し、製作会社を特定した）。

- (6) 令和3年12月3日に、本件扉の折戸回転軸を新製し、取替え補修を実施した。
- (7) 令和3年12月4日～12月27日に、溶接タイプ（A－、B、C、C＋）の全ての扉について磁粉探傷検査及び溶接再補修を実施した（溶接タイプCの扉35枚中15枚に亀裂を発見したが、それ以外の扉に亀裂なし）。
- (8) 令和4年7月8日に、本重大インシデントの対策（今後の全般検査・重要部検査において折戸回転軸溶接部の磁粉探傷検査及び溶接再補修を実施すること、溶接再補修後についても、全般検査・重要部検査において磁粉探傷検査を実施すること）について現場に指示した。なお、令和3年12月4日～令和4年9月末時点で、溶接タイプAの扉353枚中153枚について磁粉探傷検査及び溶接再補修を終了しており、今後は、残っている扉200枚についても本対策を継続する。
- (9) その他の取組
 - ・令和4年2月7日に、有限要素法による溶接強度解析（設計強度と本重大インシデント発生品の強度等）を実施し、設計算出応力が評価基準値よりも大きい（安全率が1を超えている）ことを確認した。
 - ・令和4年4月18日、同26日に、折戸回転軸の実応力（18日：現状品、26日：溶接補修後品）を測定した。
 - ・令和4年7月6日に、有限要素法による溶接の強度解析（溶接補修後の強度解析）を実施し、設計算出応力が評価基準値よりも大きい（安全率が1を超えている）ことを確認した。

同社の運輸部門は、本重大インシデント発生後に次のような措置を講じた。

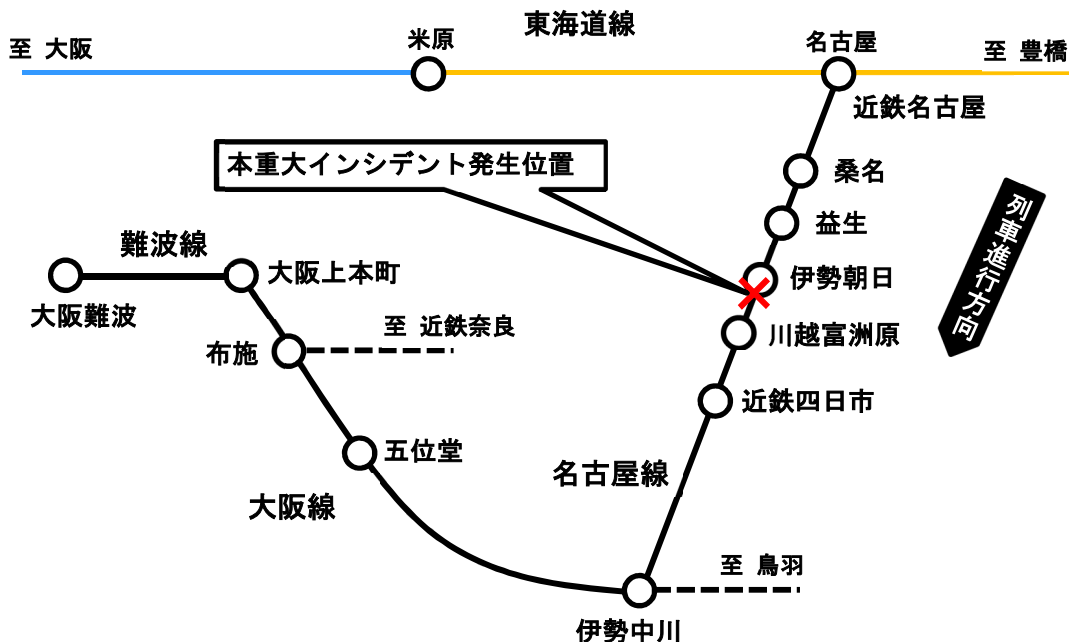
- (1) 令和3年11月24日に、車掌及び旅客専務車掌に対し運輸課が折戸式扉の確認（折戸式特急車両に乗務時は車内巡視の際に必ず扉を手で触れて状態を確認すること、異常を認めたときは、躊躇^{ちゆうちよ}することなく運転指令者及び関係先へ正確な報告をすること）を指示した（確認結果に異常なし）。
- (2) 令和3年11月25日～11月28日に、運転指令内研究会において本重大インシデントの内容を周知し、指令無線対応時の取扱い及び乗務員から速やかに聞き取りが必要な事象について確認を行い、運転指令者が使用する車両故障手順表の整備を討議した（討議の結果、同手順表の改定を決定）。
- (3) 令和3年11月30日に、安全統括管理者からの指示を受けた運転管理者はその指示を現業部門に伝達した。
- (4) 令和3年11月30日に、運転連絡会議による現業部門への事象説明を実施した。
- (5) 令和3年12月15日に、列車区長会議において、職場長に初動の確認と

伝達の再徹底を指示した。

- (6) 令和4年2月5日に、運転指令者が使用する車両故障手順表中の「扉故障時の取扱」を（扉が閉まらない場合、戸閉灯消灯）から（扉が閉まらない、戸閉灯消灯、走行中扉が開く）に改定し、各運転指令者の対応方を追記することによって取扱いの統一及び漏れ防止を図った。

付図1 名古屋線路線図

伊勢中川駅～近鉄名古屋駅間 78.8 km (複線)



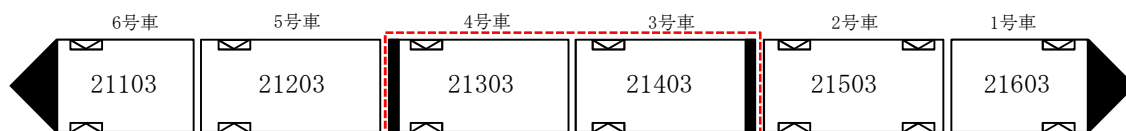
付図2 現場付近の地形図



※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

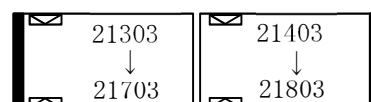
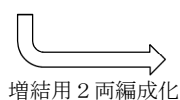
付図3 21000系編成の新製後の変遷

(1次車)



UL03編成 (昭和63年1月)

UL01~03編成



UB03編成 (平成2年12月)

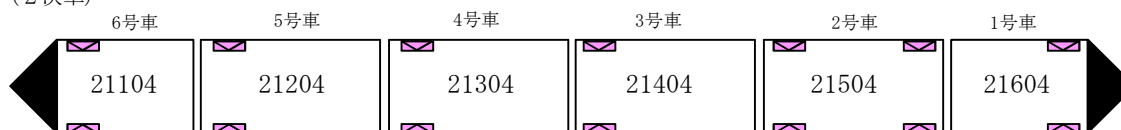
UB01~03編成

↓ 軽量折戸に交換



(平成16年1月)

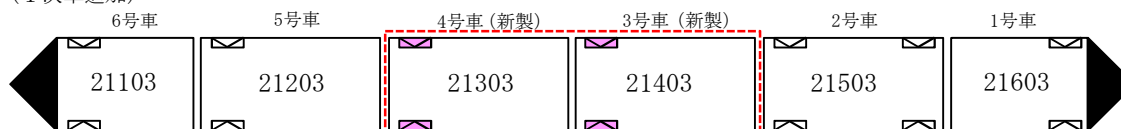
(2次車)



UL04編成 (昭和63年12月)

UL04~11編成

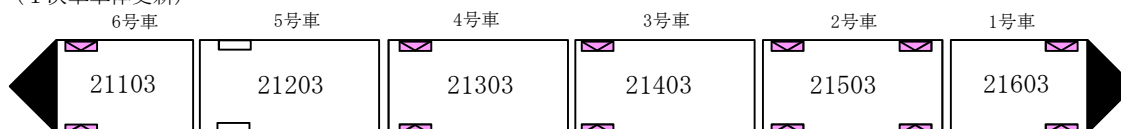
(1次車追加)



UL03編成 (平成2年12月) 軽量折戸を装備した車両を編成内に増車

UL01~03編成

(1次車車体更新)



UL03編成 (平成15年12月) 編成内の全ての折戸を軽量折戸に交換

UL01~03編成

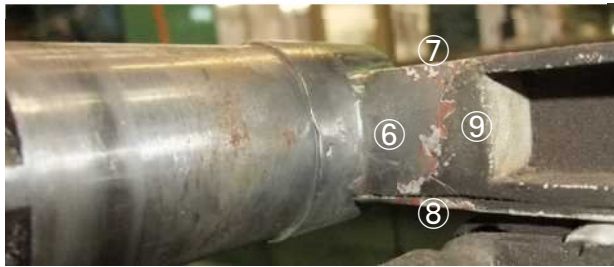
◻ : 折戸 (薄型軽量化) ◀ または | : 運転台

◻ : 折戸 (従来型)

◻ : 引戸

付図4 溶接タイプ (詳細図)

タイプA (①②③④+⑤⑥⑦⑧⑨)



タイプA- (①②③④+⑥⑨)



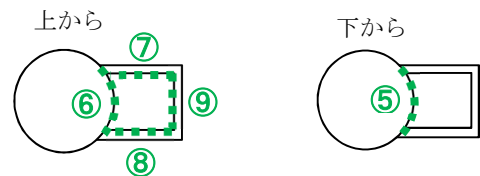
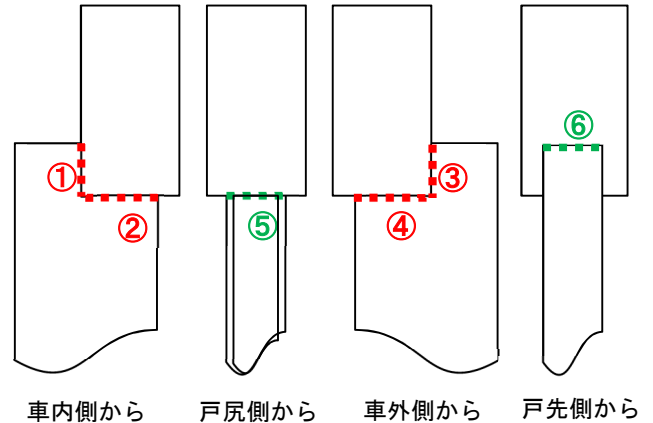
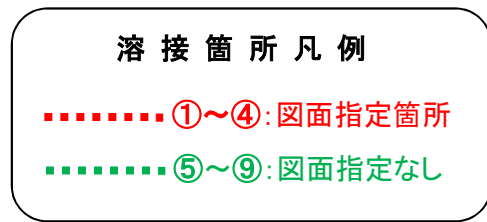
タイプB (①②③④+⑤⑥)



タイプC (①②③④+⑤ (少量))

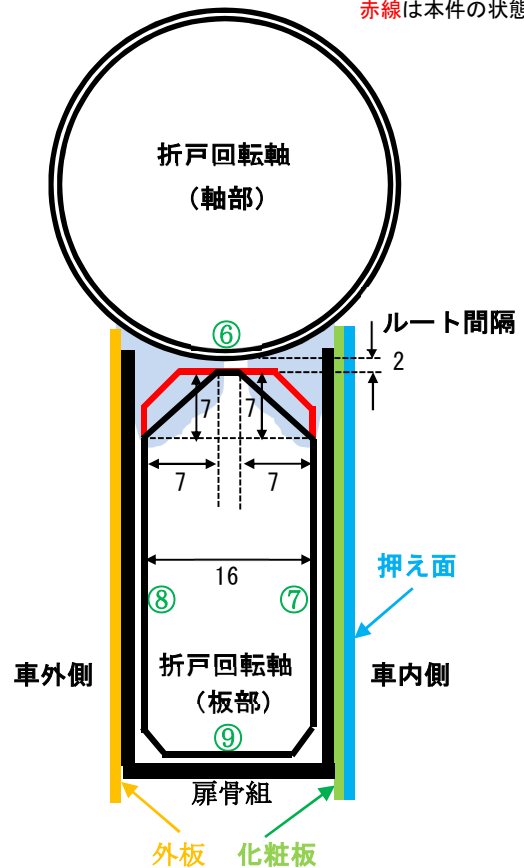


タイプC+ (①②③④+⑤)

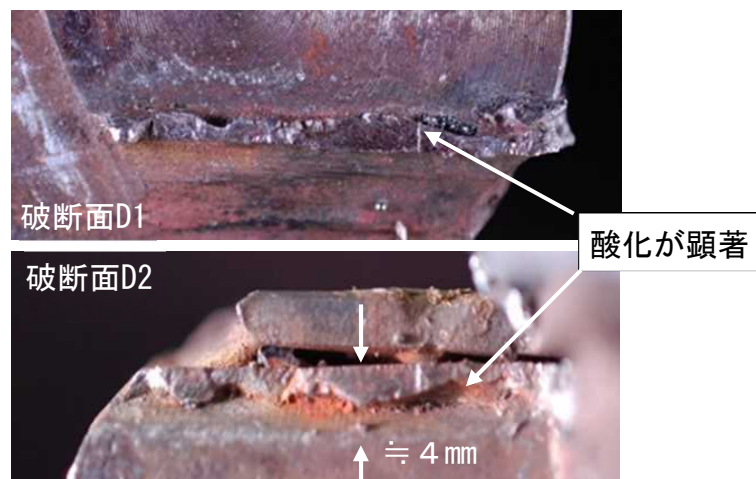
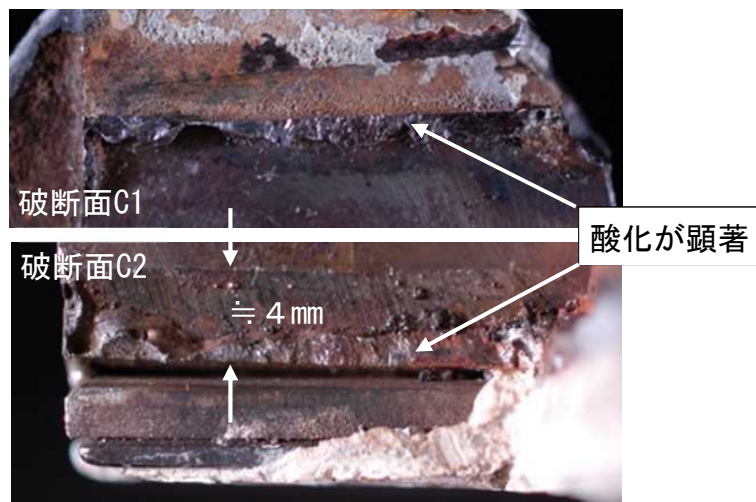
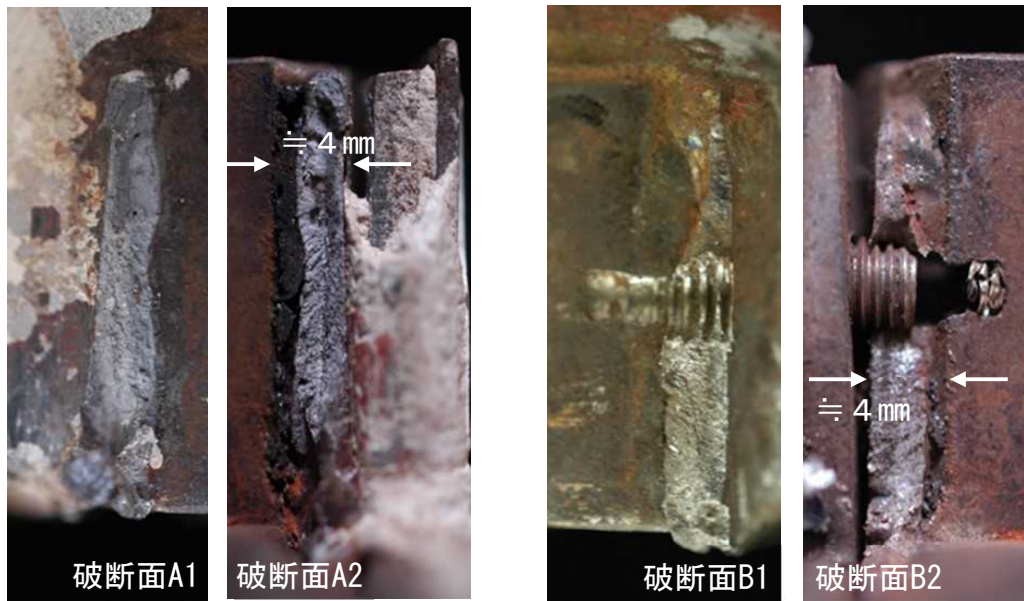


⑦~⑨は板部と扉骨組の溶接

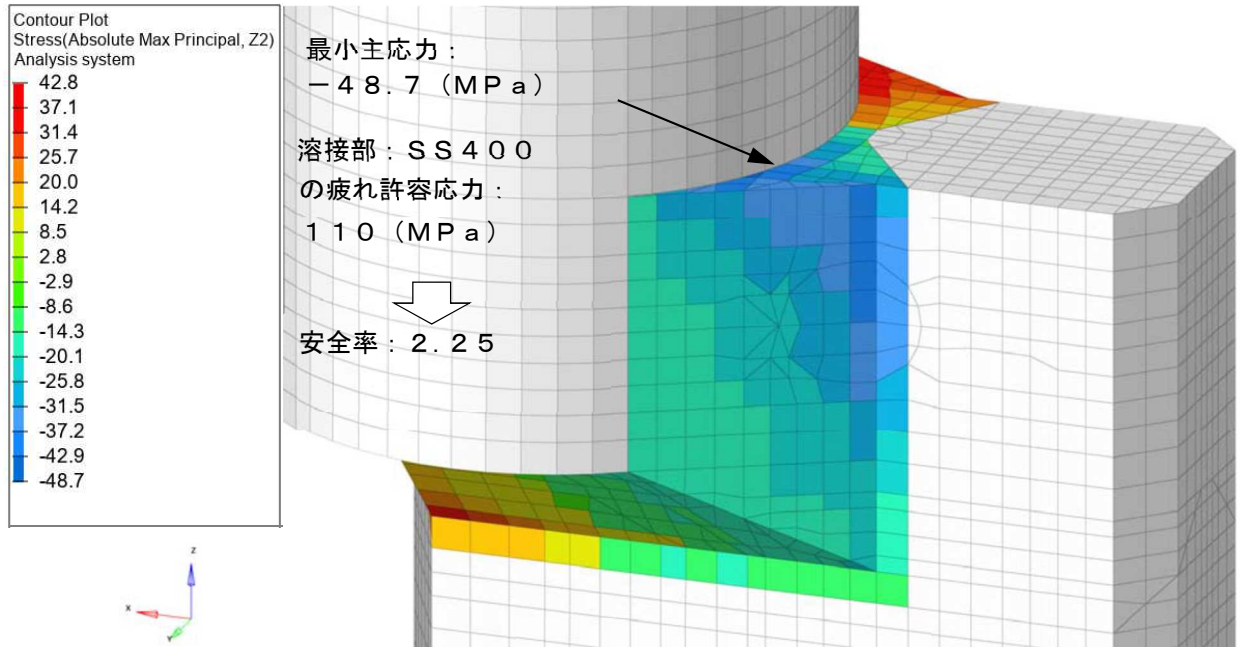
上面図 (詳細図) 寸法は設計値
 赤線は本件の状態



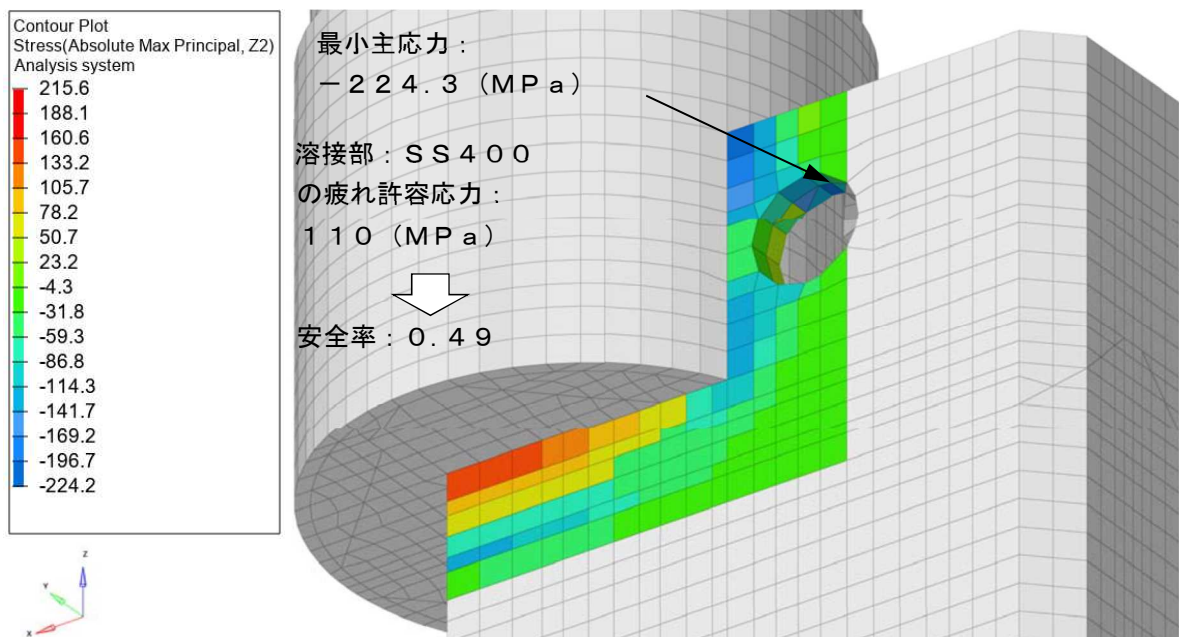
付図5 各溶接箇所での破断面の状態（拡大図）



付図6 溶接強度の解析結果の例（主応力分布図）



解析番号①-2の場合



解析番号②-1の場合