

山梨県内コースター事故調査報告書

令和3年4月

社会資本整備審議会

本報告書の調査の目的は、本件遊戯施設の事故に関し、昇降機等事故調査部会により、再発防止の観点からの事故発生原因の解明、再発防止対策等に係る検討を行うことであり、事故の責任を問うことではない。

昇降機等事故調査部会

部会長 藤田 聡

山梨県内コースター事故調査報告書

発生日時：令和2年7月21日（火） 11時35分ごろ

発生場所：山梨県富士吉田市

富士急ハイランド「ええじゃないか」

昇降機等事故調査部会				
部会長	藤田			聡
委員	深尾	精一		
委員	野口	貴公	美	
委員	青木	義男		
委員	鎌田	崇義		
委員	河野			守子
委員	中川	聡		美宏
委員	稲葉	博		
委員	釜池			樹宏
委員	杉山	美祐		子明
委員	寺田	綾		朗里
委員	仲川	俊		美里
委員	中里	眞		々々
委員	中二	瓶	美	子
委員	三浦	奈		介
委員	三根	俊		保
委員	吉田	可		

目次

1 事故の概要等	……1
1.1 事故の概要	
1.2 調査の概要	
2 事実情報	……1
2.1 遊園地に関する情報	
2.2 遊戯施設に関する情報	
2.2.1 遊戯施設の仕様等に関する情報	
2.2.2 遊戯施設の定期検査に関する情報	
2.3 事故発生時の状況に関する情報	
2.4 事故機に関する情報	
2.4.1 車両に関する情報	
2.4.2 車両にかかる加速度に関する情報	
2.5 走路に関する情報	
2.5.1 走路の構造に関する情報	
2.5.2 走路の接続部に関する情報	
2.5.3 走路の接続部における溶接強度に関する情報	
2.6 締結ボルトに関する情報	
2.6.1 締結ボルトの形状及び材質等に関する情報	
2.6.2 折損した締結ボルトの専門機関等による調査結果に関する情報	
2.7 締結ボルトの保守に関する情報	
2.8 緊急点検に関する情報	
3 分析	……8
3.1 事故発生時の状況に関する分析	
3.2 締結ボルトの疲労劣化要因の分析	
3.2.1 走路の接続部における溶接に関する分析	
3.2.2 締結ボルトに関する分析	
3.3 保守に関する分析	
4 原因	……10

5 再発防止策	……11
5.1 走路の接続部における溶接の補強	
5.2 点検項目等の見直し	
6 意見	……13

《参 考》

本報告書本文中に用いる用語の取扱いについて

本報告書の本文中における記述に用いる用語の使い方は、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」

1 事故の概要等

1.1 事故の概要

発 生 日 時：令和2年7月21日（火） 11時35分ごろ

発 生 場 所：富士急ハイランド

被 害 者：なし

概 要：コースターの下りながらカーブする箇所において、走路の接続部のボルト1本が折損し、当該ボルト及びナットが、走行中の車両及び敷地内に落下した。

1.2 調査の概要

令和2年7月23日 昇降機等事故調査部会委員、国土交通省職員及び特定行政庁（山梨県）職員による現地調査を実施。

その他、昇降機等事故調査部会委員によるワーキングの開催、ワーキング委員及び国土交通省職員による資料調査を実施。

2 事実情報

2.1 遊園地に関する情報

名 称：富士急ハイランド

所 在 地：山梨県富士吉田市

所 有 者：富士急行株式会社

管 理 者：株式会社富士急ハイランド

2.2 遊戯施設に関する情報

2.2.1 遊戯施設の仕様等に関する情報

機 種 名：一般名称 コースター、固有名称 ええじゃないか

設 計 者：S&S POWER 社（米国、以下「S&S 社」という。）

製 造 業 者：S&S 社（主に車体部分）及び、株式会社サノヤス・ヒシノ明昌（主に走路部分、現サノヤス・ライド株式会社、以下「サノヤス・ライド」という。）

施 工 者：サノヤス・ライド

保守点検業者：株式会社富士急ハイランド

車 両：5 両×2 編成
定 員：20 名（1 両あたり 4 名×5 両）
確認済証交付年月日：平成 17 年 9 月 6 日
検査済証交付年月日：平成 18 年 6 月 28 日

2.2.2 遊戯施設の定期検査に関する情報

検査実施者：管理者の社員
直近の定期検査実施日：令和 2 年 1 月 21 日（指摘事項なし）
直近の保守点検日：令和元年 12 月 2 日（指摘事項なし）

2.3 事故発生時の状況に関する情報

事故発生時の状況について、管理者への聞き取りから、以下の情報が得られた。

- ・事故発生時、事故機は満席であった（20 名が乗車していた）（写真 1）。
- ・5 両を 1 編成とし、事故発生日は 1 編成で運行していた。
- ・車両が走行中、異音を聞いた係員（以下「係員」という。）が車両を緊急停止させたところ、車両はブレーキゾーンに停止した（図 1、図 2）。
- ・事故機の停止後、乗客からブレーキゾーンに転がっているものがあるとの指摘を受け確認したところ、折損したボルト（頭部側）がブレーキゾーンの足場から発見された。また、ワッシャーがプラットホームの外階段の屋根の上にあった（写真 2、写真 3）。
- ・さらに、コースターの走路下の立入禁止区域内の芝生にナット、ボルト（ナット側）、ワッシャーがあった（写真 4）。
- ・係員が異音を聞いた場所に近い走路において、ボルトが 1 本無くなっていた（写真 5）。
- ・ボルトが 1 本無くなっていた箇所は、車両がぶら下がった状態で下りながらカーブする区間であった。
- ・係員は、異音を聞く直前約 15 分間異音発生場所の付近におり、車両が何回か通過したが、異音を聞いたのは車両を緊急停止させた時の 1 回だけであった。
- ・折損したボルトについて、毎日実施している始業前の地上からの目視点検においては、異常は見つからなかった。
- ・平成 24 年 4 月 29 日に発生したボルト落下事故^{*1}の後、管理者は、落下した部品が歩行者に当たることを防ぐため、ボルトの点検項目の追加及び部品の定期的な交換によるボルト折損防止の対策、立入禁止エリアの新設及び落下防止ネットの増設による落下防止の対策を実施していた。

※1 本コースターが走行中、車両のボルトの一部が疲労破壊して落下し、園内を歩いていた被害者にぶつかり、負傷した事故。



写真1 事故機外観

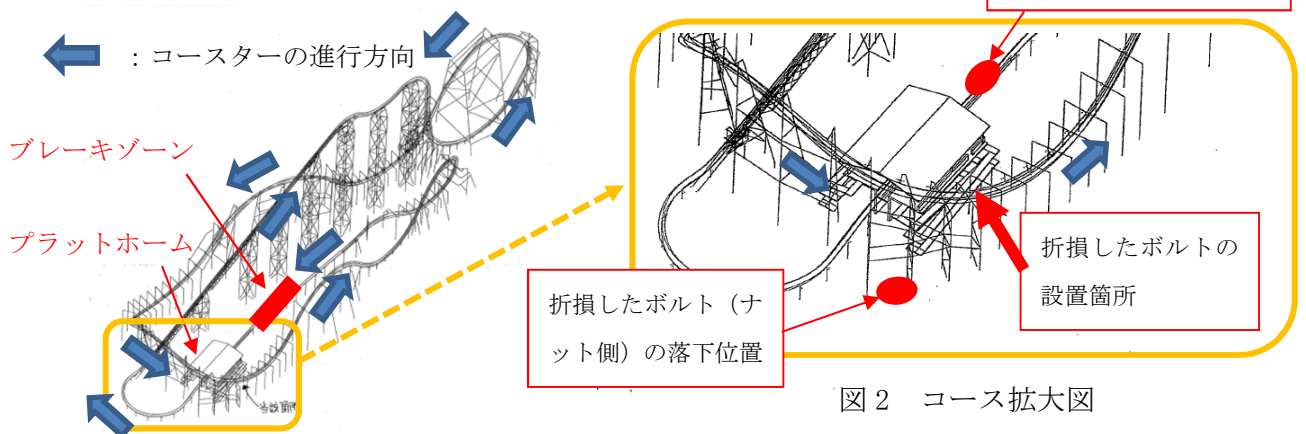


図1 コース全体図

図2 コース拡大図



写真2 折損したボルト (頭部側) の落下位置 (ブレーキゾーンの足場)



写真3 ワッシャーの落下位置



写真4 折損したボルト（ナット側）及び
ナット、ワッシャーの落下位置



写真5 折損したボルトの
設置箇所

2.4 事故機に関する情報

2.4.1 車両に関する情報

- 車両には走行用の車輪、姿勢制御用の車輪、脱輪防止の車輪が取り付けられている（写真6）。
- 走行用のレール（以下「ガイドレール」という。）と姿勢制御用のレールの高さの差を変化させることにより、走行用の車輪の高さと、姿勢制御用の車輪の高さの差が変化し、客席の姿勢が前後に回転する構造となっている。
- 脱輪防止の車輪について、ばねの力により、ガイドレールの内側から外側に向かって車輪を押し付ける構造となっている。
- 平成26年4月から平成27年2月にかけて、リニューアルにより軽量化した車両に交換されている。

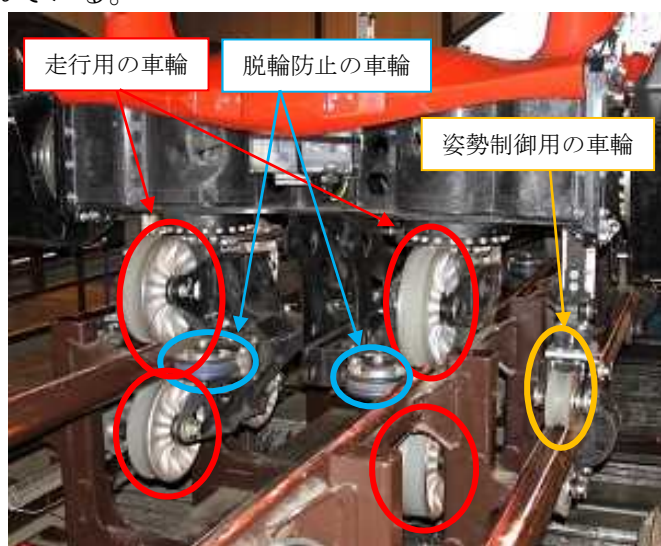


写真6 車両に取り付けられた車輪

2.4.2 車両にかかる加速度に関する情報

製造業者によると、ボルトが落下した付近における車両の加速度について、上下方向は計算値約 2.7G に対し、実測値約 2.4G であり実測値は計算値以下であったが、左右方向は計算値 0.1G に対し、実測値約 0.4G であり実測値は計算値よりも大きくなっていた。

2.5 走路に関する情報

2.5.1 走路の構造に関する情報

- ・走路について、荷重を支える円筒状の桁材（以下「ガター」という。）、ガイドレール及び姿勢制御用のレール各 2 本で構成されており、約 1.2m 間隔に設置された門状の枕木にガター及び全てのレールが溶接されている。また、枕木には角パイプで形成されている通常の枕木と、鉄板で形成されている接続用の枕木（以下「スプライスタイ」という。）がある。

2.5.2 走路の接続部に関する情報

- ・約 10m 間隔でレール同士がスプライスタイで接続されており、接続部においては、スプライスタイが 2 枚付け合わされている。スプライスタイに加工された直径 24mm の通し穴 11 か所にボルトを挿入し、ワッシャー及びナットによりスプライスタイ同士を締結する構造となっている（図 3）。
- ・竣工から約 1 年間で、スプライスタイ同士を締結するボルト（以下「締結ボルト」という。）に緩みが発生したため、走路におけるスプライスタイ同士の接続部 116 箇所のうち、締結ボルトに緩みの発生した箇所及びその周辺の 38 箇所について、対策として、製造業者がスプライスタイ同士の接続部の溶接を平成 19 年 2 月に実施した（図 3 (a)、写真 7）。
- ・スプライスタイ同士の溶接の目視確認を 2 年ごとに実施していた。
- ・ボルトが折損した箇所は、スプライスタイ同士の溶接が施工された箇所であり、直近の目視点検（令和元年 12 月）では指摘事項なしとされていたが、事故後に目視で確認したところ、一部のスプライスタイ同士の溶接に亀裂が見られた（図 3 (b)）。
- ・管理者及び製造業者によると、スプライスタイ同士の溶接を施工した際、磁粉探傷検査を実施しており、その際には異常は見られなかったとのことであった。

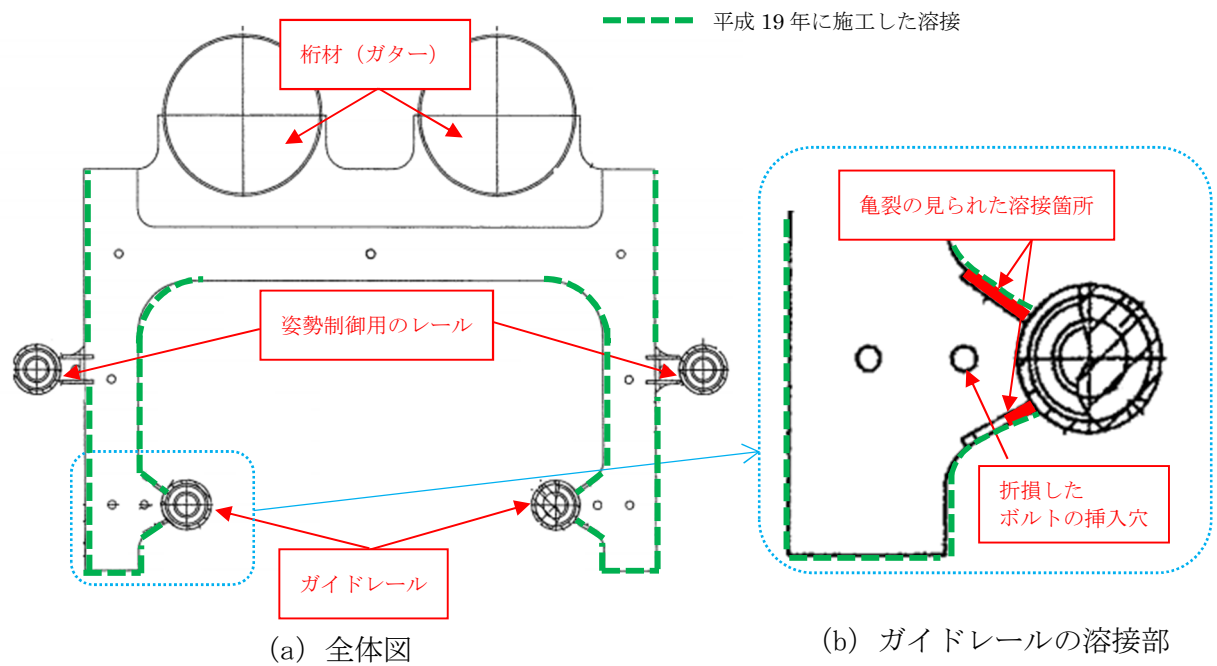


図 3 門状の枕木 (スプライスタイ) (接続部)

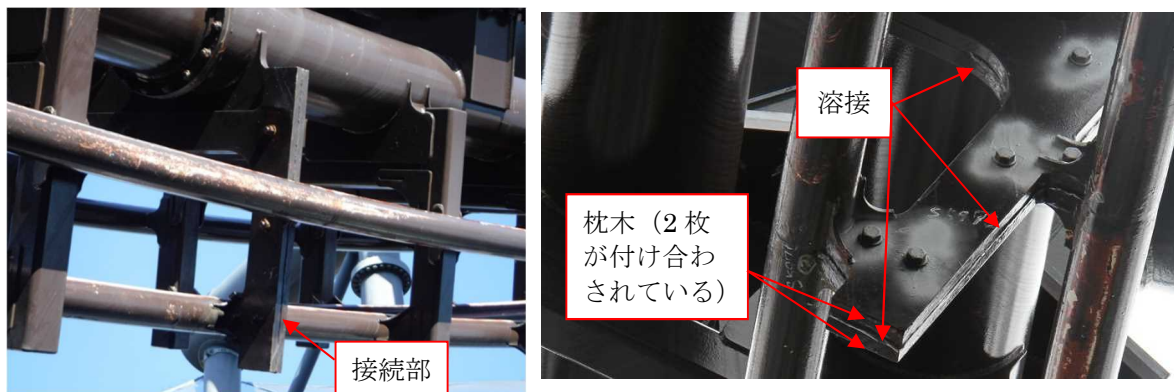


写真 7 スプライスタイ同士の溶接

2.5.3 走路の接続部分における溶接強度に関する情報

製造業者によると、スプライスタイ同士の溶接は、せん断力に対する強度について、締結ボルト 11 本と同等となるよう設計されていたとのことであった。

2.6 締結ボルトに関する情報

2.6.1 締結ボルトの形状及び材質等に関する情報

- ・締結ボルトについて、M22 の高力ボルト (強度区分 : 10.9) が使用されている。

- ・ 製造業者によると、締結ボルトに関する設計計算書等の情報について、設計者からは提出されていないとのことである。
- ・ 製造業者や特定行政庁によると、残存する設計時及び建築確認時の関連資料には締結ボルトの強度計算についての記載がないため、設計時において締結ボルトによる接合部の強度検証がなされていたか否かは不明であるとのことであった。

2.6.2 折損した締結ボルトの専門機関等による調査結果に関する情報

- ・ 折損したボルトはナット付近のねじ底部で破断しており、破断面に錆が見られた（写真8～10）。
- ・ 製造業者の依頼により、専門機関が折損したボルトの破断面などを調査した結果は以下のとおりであった（写真11）。
 - ①ボルトのねじ底部にて折損した様相であった。
 - ②き裂進展域には、疲労進展を示すストライエーション模様が観察された。
 - ③最終破断域には、延性破壊を示すディンプル模様が観察された。
 - ④硬さ試験の結果、いずれも 350HV 程度の値を示した。

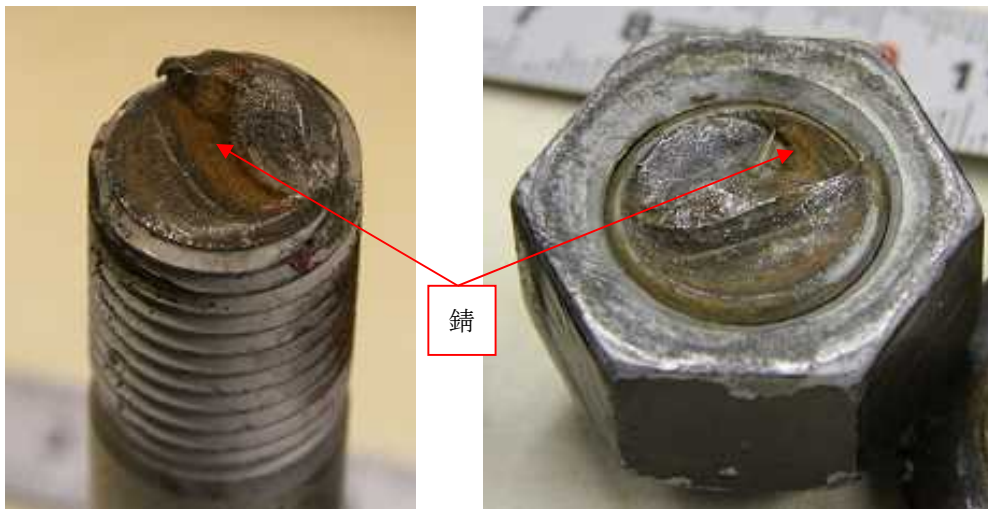


写真8 折損したボルト（頭側）の破断面

写真9 折損したボルト（ナット側）の破断面



写真10 折損したボルトの側面

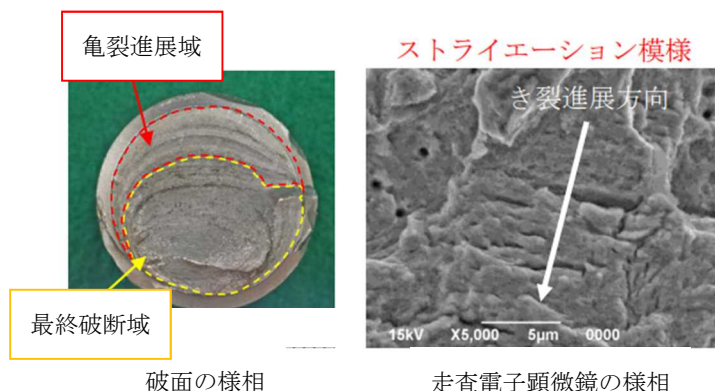


写真11 専門機関による折損したボルトの破断面調査結果

2.7 締結ボルトの保守に関する情報

- ・締結ボルトの交換基準は定められていなかった。管理者によると、平成24年4月29日に発生したボルト落下事故の後、約半年ごとに10箇所ずつ締結ボルトの交換を実施している。
- ・製造業者が、サンプルで締結ボルトの超音波探傷検査を約半年ごとに実施しており、平成30年12月の点検において、2箇所で締結ボルトの劣化の可能性が確認されたため、締結ボルトの交換を実施している。折損したボルトはその際に交換により設置された締結ボルトの1つであった。
- ・また、締結ボルトの打診検査を約半年ごとに実施している。直近では令和元年12月に点検を実施しており、異常は見られなかった。
- ・毎日の始業前に、地上から目視点検を実施しており、事故発生日の始業前の目視点検では、異常はみられなかった。

2.8 緊急点検に関する情報

- ・事故後に実施した走路内全ての締結ボルトの打診及び超音波探傷検査による緊急点検では、他の締結ボルトに異常は見られなかった。

3 分析

3.1 事故発生時の状況に関する分析

2.3より、スプライスタイ同士の締結ボルトが1本なくなっていること、係員が車両走行中に異音を聞いていること及びボルトの頭部側がブレーキゾ

ーンで、ボルトのナット側が走路下の芝生で発見されたことから、車両が当該スプライスタイを通過した際、締結ボルトが折損し、ボルトの頭部側は車両に乗って運ばれブレーキゾーンに落下し、ナット側のボルトは走路下の芝生に落下したものと認められる。

また、2.6.2 より、締結ボルトには外力が繰り返し作用し、疲労破壊したものと推定される。

3.2 締結ボルトの疲労劣化要因の分析

3.2.1 走路の接続部における溶接に関する分析

2.5.2 より、車両の自重と積載荷重及びカーブ走行時の慣性力によりスプライスタイの腕周りに発生したモーメントが、ガイドレールの接続部が開くような力として作用し、溶接に亀裂が発生したと考えられる（図4）。

また、この条件を想定してスプライスタイ同士の溶接の強度計算を実施したところ、スプライスタイ同士の溶接が疲労破壊するまでの運転月数は、計算値の加速度を用いた場合には約181か月（約15.1年）、実測値の加速度を用いた場合には約111か月（約9.3年）であり、2.5.2及び2.7より、溶接の施工（平成19年2月）から締結ボルトの劣化の可能性が確認される（平成30年12月）までの期間は、約142か月（約11.9年）であったことから、溶接が疲労破壊したと考えられる。

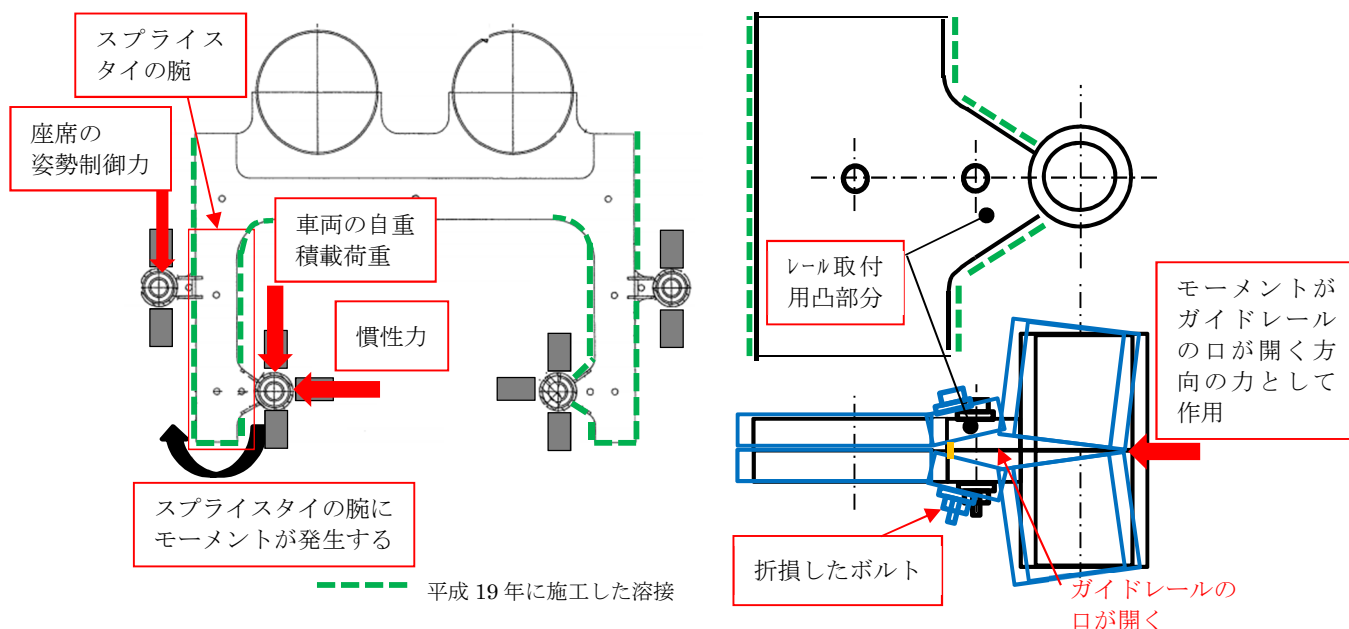


図4 スプライスタイに作用する力とガイドレールの変形

3.2.2 締結ボルトに関する分析

3.2.1 より、スプライスタイ同士の溶接に亀裂が発生すると、スプライスタイが曲げられることとなるためにボルトに繰り返し引張応力及び曲げ応力が作用するようになり、疲労破壊に至ったと考えられる（図4、図5）。

この条件を想定して締結ボルトの強度計算を実施したところ、折損したボルトが疲労破壊するまでの運転月数は、計算値の加速度を用いた場合には約75か月（約6.3年）、実測値の加速度を用いた場合には約55か月（約4.6年）と計算された。なお、2.7より、折損したボルトは、H30年12月の交換から約19か月（約1.6年）で破損している。

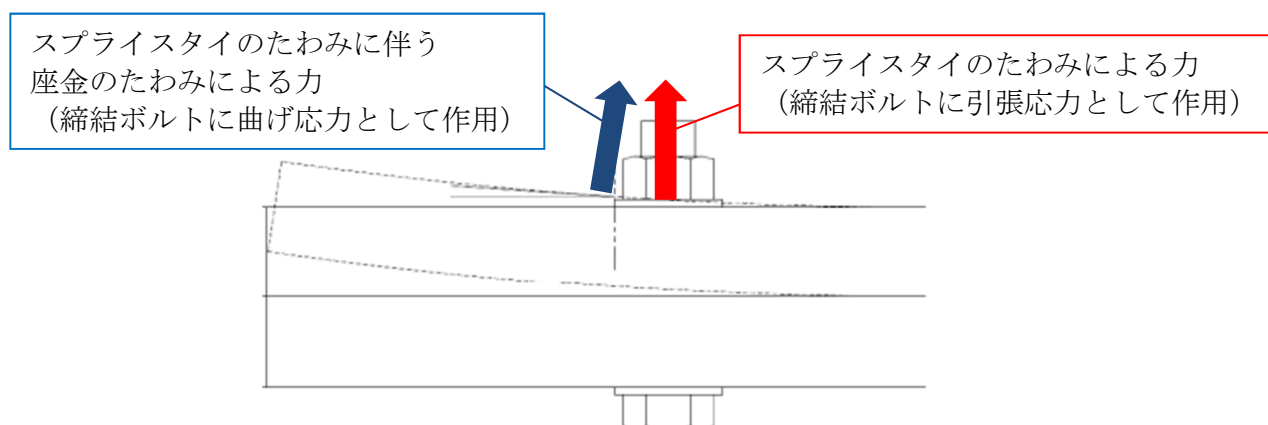


図5 締結ボルトに作用する力

3.3 保守に関する分析

2.5.2 より、令和元年12月の溶接の目視点検の際には「指摘事項なし」であったが、2.7より、平成30年12月の締結ボルトの超音波探傷検査の結果、ボルトに劣化の可能性が確認されたことから、平成30年12月の時点ではスプライスタイ同士の溶接に亀裂が発生していたと考えられる。

4 原因

本事故は、ガイドレールの接続部の締結ボルトが折損し、車両の走行中に、当該ボルト及びナットが、車両及び敷地内に落下したものである。

締結ボルトが折損したのは、以下の事象が生じたことによるものと考えられる。

- ・車両が走行する度に、車両の自重と積載荷重及びカーブ走行時の慣性力によ

- り、ガイドレールの接続部が開くような力がスプライスタイ同士の溶接に繰り返し作用し、スプライスタイ同士の溶接の一部が疲労破壊し、破断した。
- ・溶接が破断した後、車両が走行する度に、車両の自重と積載荷重及びカーブ走行時の慣性力により、スプライスタイがたわみ、締結ボルトに繰り返し引張応力及び曲げ応力が作用し、締結ボルトが疲労破壊した。
- なお、直近のスプライスタイの点検時には溶接の亀裂・破断がすでに発生していたと考えられることから、点検において亀裂等が発見され、溶接の補修、締結ボルトの交換等を実施していれば締結ボルトの落下を防ぐことができたと考えられる。

5 再発防止策

5.1 走路の接続部における溶接の補強

管理者は、溶接に亀裂が発生すると、ガイドレールの接続部が開くような力により、締結ボルトが疲労破断すると考えられることから、スプライスタイ同士を溶接している 38 箇所のうち、実測した加速度等から、今回の事故発生箇所と同等以上の力がスプライスタイ同士の接続部に作用すると考えられる 5 箇所及びその周辺 3 箇所を含む合計 8 箇所について、スプライスタイ同士の溶接部に補強板を溶接することとした（図 6）。製造業者によれば、補強後のスプライスタイ同士の接続部の溶接部が疲労破壊するまでの期間は、実測値を元にした最も厳しい条件で計算した場合で約 390 ヶ月（約 32 年）となることであった。

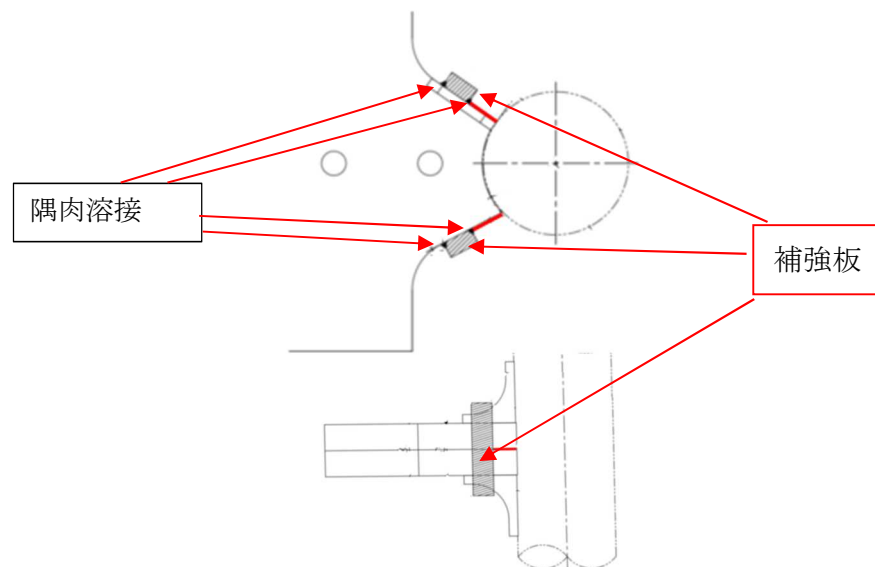


図6 補強板の設置箇所

5.2 点検項目等の見直し

- 管理者は、2年ごとに実施していたスプライスタイ同士の溶接の亀裂の有無を確認する目視点検を1年ごとに実施することとした。また、溶接の亀裂の有無を確認する目視点検については、溶接部を清掃したうえで点検を実施することとした。
- 管理者は、溶接に亀裂が発生すると、ガイドレールの接続部が開くような力により締結ボルトが疲労破断すると考えられること及び補強板の溶接により応力集中が発生するなどの構造への影響が生じる可能性があることから、スプライスタイ同士を溶接している38箇所のうち、実測した加速度等から、5.1で示した8箇所、今回の事故発生箇所よりも小さいものの比較的大きな力がスプライスタイ同士の接続部に作用すると考えられる8箇所及びその周辺10箇所を含む合計26箇所について、1年ごとに締結ボルトの超音波探傷検査を実施することとした。
- 管理者は、スプライスタイ同士を溶接している38箇所全ての締結ボルトを3年で一巡するように順次交換することとした。

6 意見

国土交通省は、その構造上、走路等からボルトが落下した場合、客席に当たる可能性のあるコースター等の所有者・管理者に対し、日常点検や定期検査など適切な保守点検業務を徹底することにより、ボルトの緩みや溶接の亀裂等の異常を早期に発見するようにするとともに、異常が見られた箇所については、適切な交換周期を定める等の落下防止対策を確実に講じるよう指導すること。