

神奈川県横浜市内コースター事故調査報告書

令和2年7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

神奈川県横浜市内コースター事故調査報告書

発生日時：令和元年8月4日（日） 11時15分ごろ

発生場所：神奈川県横浜市

横浜・八景島シーパラダイス「サーフコースターリヴァイアサン」

昇降機等事故調査部会長	藤田 聡
委員	深尾 精一
委員	野口 貴公美
委員	藤田 香織
委員	青木 義男
委員	鎌田 崇義
委員	辻本 誠子
委員	中川 聡博
委員	稲葉 美宏
委員	釜池 美樹
委員	杉山 淳
委員	田中 三宏
委員	谷合 祐子
委員	寺田 綾
委員	仲里 眞朗
委員	中里 眞美
委員	二瓶 寛
委員	松久 寛介
委員	三根 俊

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	走路に関する情報		
2. 5	車両に関する情報		
2. 6	磁気センサーに関する情報		
2. 7	ブレーキに関する情報		
2.7.1	ブレーキの構造に関する情報		
2.7.2	フィンの厚さに関する情報		
2.7.3	ライニング間のすき間に関する情報		
2.7.4	ライニングの形状に関する情報		
2.7.5	フィンとライニングの摩擦係数に関する情報		
2.7.6	ブレーキの押付力に関する情報		
2.7.7	ブレーキの温度に関する情報		
2. 8	再現実験に関する情報		
3	分析	……	1 1
3. 1	事故発生時の状況に関する分析		
3. 2	ブロック制御に関する分析		
3. 3	ブレーキの制動力低下のメカニズムに関する分析		
3.3.1	ブレーキの制動力に関する分析		
3.3.2	摺動距離に関する分析		
3.3.3	摩擦係数に関する分析		
3. 4	ブレーキの保守に関する分析		
4	原因	……	1 3

5	再発防止策	…… 14
5. 1	ライニング間のすき間の管理	
5. 2	車両の制動距離の管理	
6	意見	…… 14

《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：令和元年8月4日（日） 11時15分ごろ

発 生 場 所：横浜・八景島シーパラダイス

被 害 者：軽傷2名

概 要：プラットホームの降車ブロックで他号機（乗客なし）が停止しているにもかかわらず、事故機がプラットホーム手前の制動ブロックで停止することなく、低速でプラットホームに進入したため、停止している他号機と衝突し、その際の衝撃で、乗客2名が負傷した。

1. 2 調査の概要

令和元年8月7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（横浜市）職員による現地調査を実施。

令和元年8月20日 国土交通省職員及び特定行政庁（横浜市）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：横浜・八景島シーパラダイス

所 在 地：神奈川県横浜市

所 有 者：株式会社横浜八景島（以下「横浜八景島」という。）

管 理 者：横浜八景島

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 サーフコースターリヴァイアサン

設 計 者：株式会社トーゴ（以下「トーゴ」という。現存しない。）

製造業者：トーゴ

施工者：トーゴ

保守点検業者：株式会社トーゴサービス

なお、始業前点検については所有者の係員が実施。

車 両：6両×2編成

定 員：24人（1両あたり 4名×6両）

確認済証交付年月日：平成4年7月9日

検査済証交付年月日：平成5年4月24日

2.2.2 遊戯施設の定期検査に関する情報

検査実施者：保守点検業者の社員

直近の定期検査実施日：平成31年2月14日（指摘事項なし）

直近の保守点検日：令和元年6月11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、所有者からの聞き取り及び監視カメラの映像等から、以下の情報が得られた。

- ・事故機には23名が乗車しており、被害者は進行方向1列目に乗車していた（図1、写真1）。
- ・6両を1編成とし、ゴールデンウィーク期間（令和元年は4月26日～5月6日）と夏季休暇期間（令和元年は8月1日～事故発生日）のみ2編成で運行し、その他の期間は1編成で運行している。
- ・事故発生日は、2編成を交互に運行させており、試運転を含めて開園から25回目の走行中に事故が発生した。
- ・気象庁の過去の気象データによると、神奈川県横浜市における事故発生日の11時時点の天気は晴、気温は32℃であった。
- ・降車ブロックに設置されたブレーキ（以下「降車ブレーキ」という。）で停止していた他号機は、事故機が衝突する前に乗客が降車した状態だった（図2）。
- ・事故発生時、車両の走行は、自動運転となっていた。
- ・車両操作盤に故障等のエラー表示は無かった。
- ・毎日実施している始業前点検において、制動ブロックに設置されたブレーキ（以下「制動ブレーキ」という。）で車両が停止することを確認しており、事故発生日の始業前点検においても車両は停止していた。なお、始業前点検は、人が乗っていない状態で車両を走行させている。
- ・事故発生日の監視カメラの映像から、車両の発車から降車ブロックの特定の

位置まで到達する時間（以下、「走行時間」という。）を測定したところ、試運転を含めて開園から事故発生までの25回の走行時間の平均は2分19秒であり、走行時間の差は最大で約1秒であった。

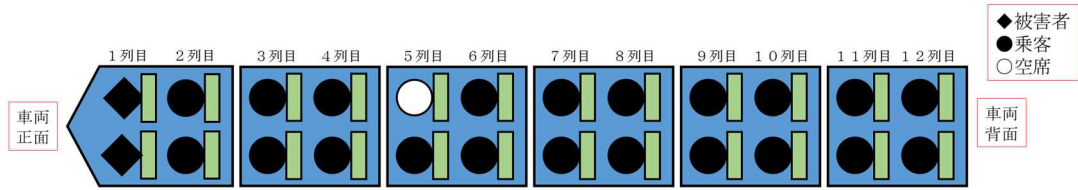


図1 事故発生時の乗車状況



写真1 事故機外観

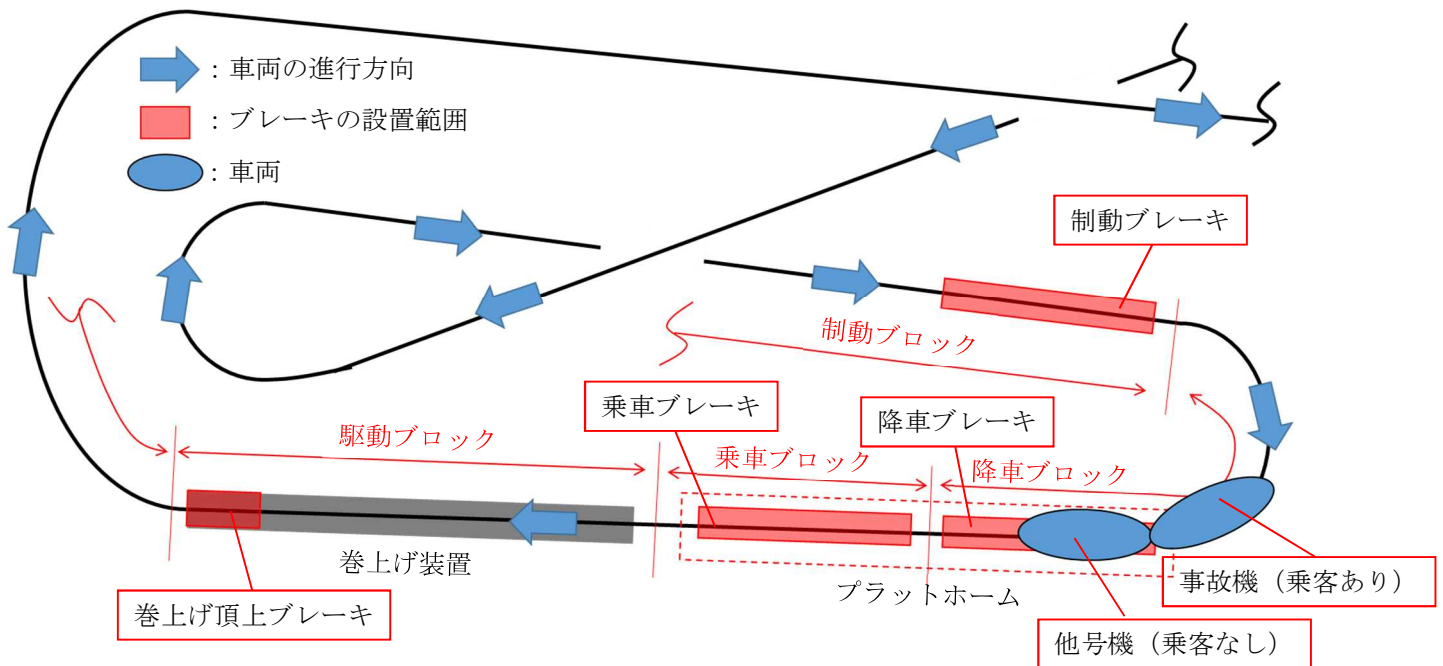


図2 コースターの走路平面図及び事故発生時の状況

2. 4 走路に関する情報

- ・コースターの制御システムは、走路を4つのブロック（乗車ブロック、駆動ブロック、制動ブロック、降車ブロック）に分割したブロック制御であり、1つ先のブロックに先行の車両が存在する場合、後続の車両は手前のブロックでブレーキにより停止する。
- ・制動ブロックには12台のブレーキが設置されており、制動ブロックから乗車ブロックまでの区間には進行方向に向かって角度3度の傾斜がついており、車両停止後にブレーキを開放すると車両の重量による自重で移動できる構造となっている（写真2、3）。
- ・なお、プラットホームに先行車両が停止していない場合は、制動ブレーキにより安全に止まることができる速度まで減速した上で通過させる。



写真2 制動ブレーキ



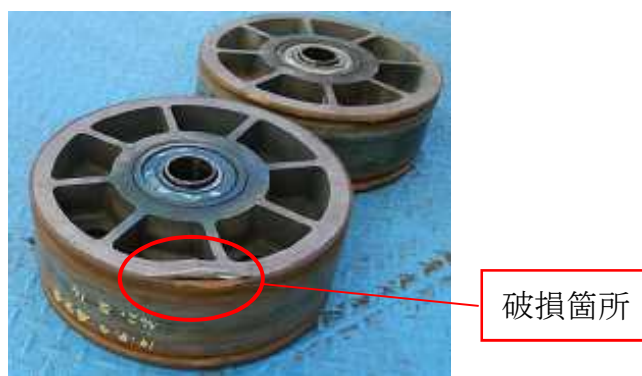
写真3 制動ブロックから
降車ブロックへの傾斜

2. 5 車両に関する情報

- ・事故機及び他号機は、平成26年に全て更新されている。
- ・衝突された衝撃により、他号機の最後尾の車輪が破損した（写真4）。



写真4 他号機の車輪破損状況



2. 6 磁気センサーに関する情報

- ・磁気センサー（以下「センサー」という。）は、車両の位置検出を行うセンサー（以下「位置検出センサー」という。）と速度検出を行うセンサー（以下「速度検出センサー」という。）の2種類が走路に設置されている。また、車両にはセンサーを検知するための誘導板が取り付けられている（図3、写真5、6）。
- ・所有者によると、センサーの交換は所有者が定めた10年を目安に実施しており、平成5年に稼働を開始して以降、平成10年、平成21年、平成28年に全てのセンサーを交換したとのことであった。なお、平成31年2月にPLCの交換工事を実施しており、その際、センサー及びコンタクトは交換していない。
- ・事故発生後に保守点検業者が確認したところ、センサー本体の故障及びセンサーの動作不良は見られなかった。

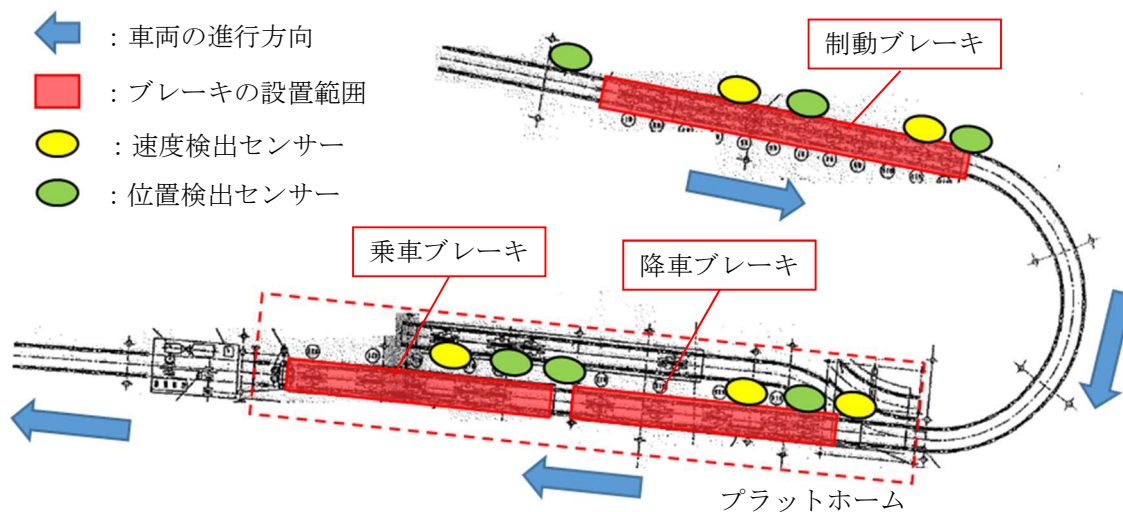


図3 プラットホーム付近のセンサーの配置

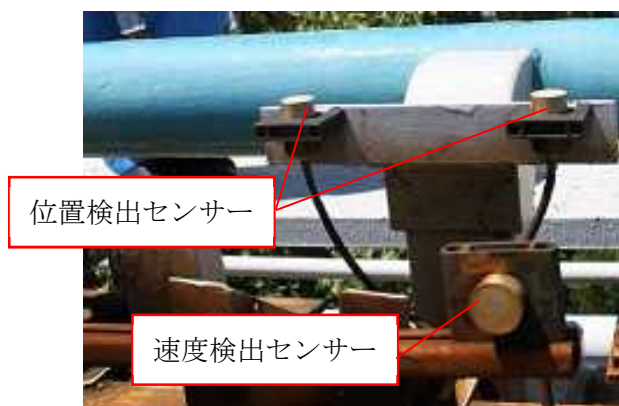


写真5 走路に設置されたセンサー



写真6 車両に取り付けられた誘導板

2. 7 ブレーキに関する情報

2.7.1 ブレーキの構造に関する情報

- ブレーキの仕組みとしては、車両底部に設置されたブレーキフィン（以下「フィン」という。）が、走路に設置されたブレーキを通過する際に発生する摩擦力によって制動するものである（写真7）。
- 走路に設置されたブレーキは、連結固定板を介し、一定のすき間を設けた状態で向かい合わせにブレーキライニング（以下「ライニング」という。）が取付けられており、すき間を通過するフィンがライニングを押し広げた際、バネの力がフィンに押付ける力（以下、「押付力」という。）として作用する構造となっている。また、ブレーキ開放時には、上記のバネを内包するエアシリンダーに空気を送り込み、空気の圧力がバネの力を上回ることによりブレーキが開く構造となっている（図4、写真8）。
- 建築確認時に設計者が作成したブレーキの設計計算書（以下、「設計計算書」という。）によると、制動ブロックにおいて、定格積載荷重の状態、車両1両目が、制動ブレーキ（全12台設置）の11台目を過ぎた位置で停止する設計となっている。また、車両の制動距離を決める主な要因は、乗客を含めた車両の総重量、速度、押付力、フィンとライニング間の摩擦係数及びフィンとライニング間の摺動距離となっている。

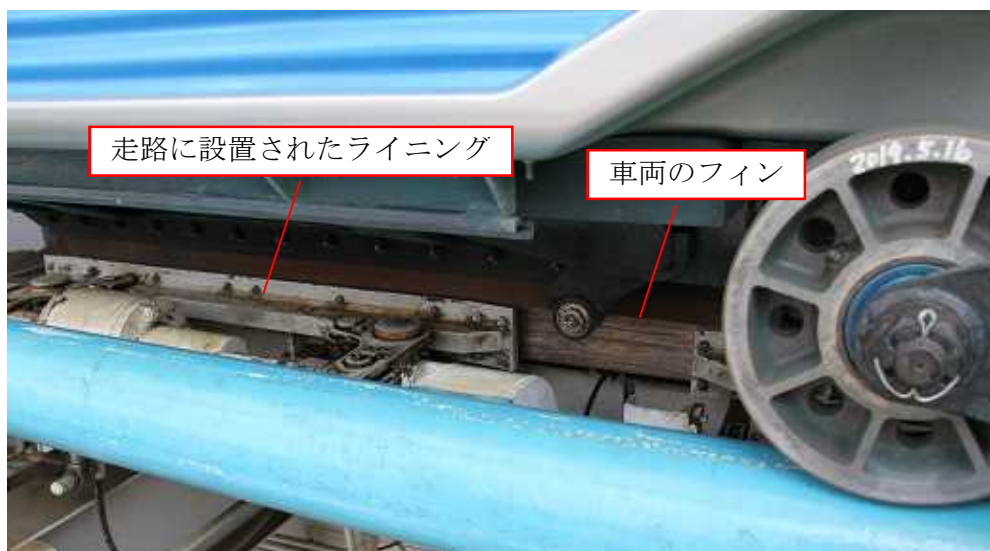


写真7 車両に取付けられたフィン

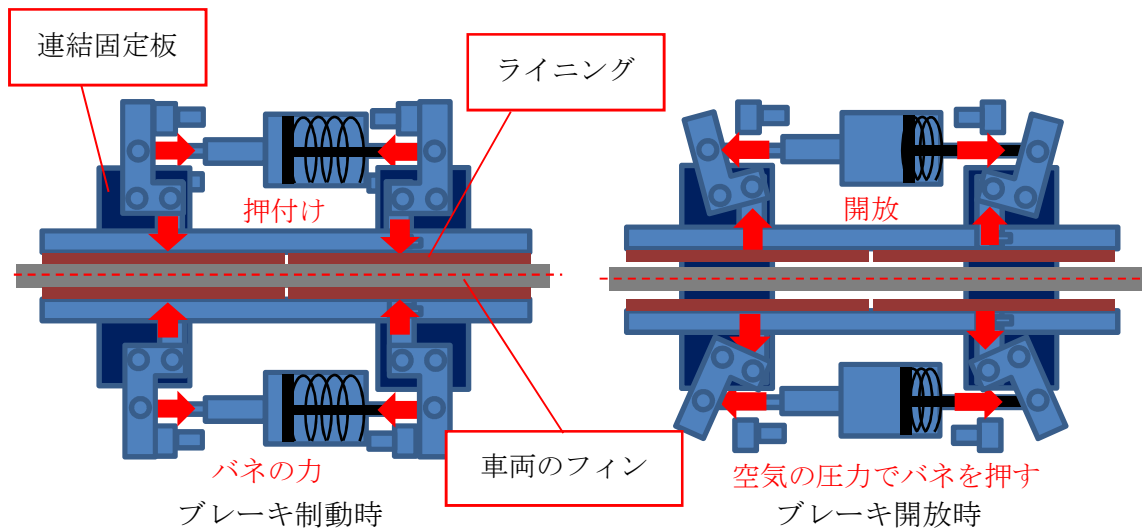


図4 ブレーキの動作のイメージ図

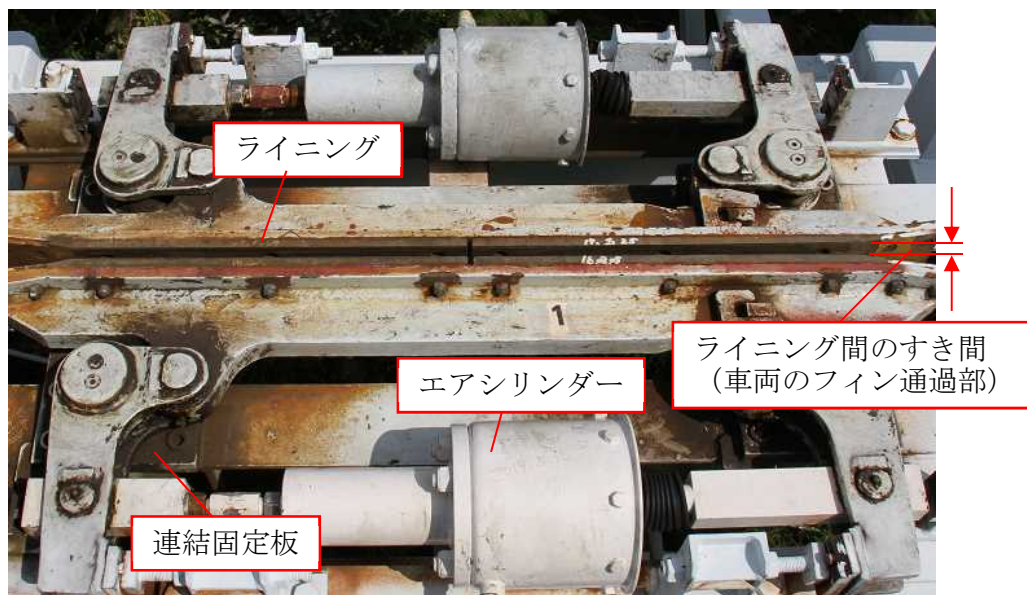


写真8 走路に設置されたブレーキ

2.7.2 フィンの厚さに関する情報

- ・保守点検業者によると、フィンの厚さの初期値16mmに対し、交換推奨値14.4mm、要交換値12mmとして保守しているとのことであった。
- ・平成31年2月に保守点検業者が測定した事故機のフィンの厚さの平均値*は、1両目から5両目までは約13.1~14.1mmで要交換値12mm以上だが、交換推奨値14.4mm以下であった。また、6両目は14.7mmであったが、次回測定時（令和2年2月）には交換推奨値14.4mm以下となる見込みであることから、次回測定時に、全てのフィンを交換する予定であった。

- ・保守点検業者によると、1両目から6両目までのフィンを同時に交換しており、前回は平成26年に交換しているとのことであった。

※フィンの長さ方向3点（前部、中央部、後部）の厚さの平均値。

2.7.3 ライニング間のすき間に関する情報

- ・ブレーキ装置取扱説明書には、ライニング間のすき間は6mm～7mmになるよう調整することと記載されている。
- ・所有者によると、過去にブレーキ制動時の衝撃によるけが等が発生したことから、衝撃を緩和するために14mm以下をすき間の管理値として定め、事故発生以前より管理しているとのことであった。
- ・事故後の令和元年9月1日に所有者が測定した制動ブレーキ11台のライニング間のすき間の平均値は、10～14mmであった。

2.7.4 ライニングの形状に関する情報

- ・所有者によると、過去交換したライニングの形状は、フィンに接触する部分が摩耗してL字に近い形状となることがあるとのことであった（写真9）。
- ・事故後の令和元年9月1日に所有者が測定した制動ブレーキのライニング間のすき間について、地面を下側として、上側が広く、下側が狭くなっていたことから、ライニングは同様にL字に近い形状に摩耗していると考えられる。
- ・ライニング下端に対するフィンの位置を確認したところ、事故機のフィンはライニング下端から飛び出していない状態であった。

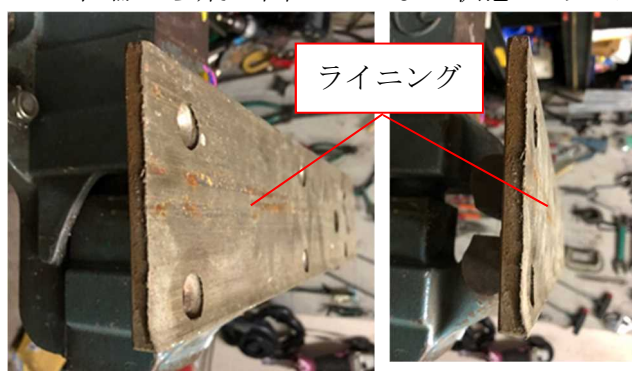


写真9 摩耗したライニング（過去交換したもの。事故発生時のものではない。）

2.7.5 フィンとライニングの摩擦係数に関する情報

- ・設計計算書によると、ブレーキ設計において、フィンとライニングの摩擦係数は0.25とされていた。
- ・保守点検業者において検査機関に依頼し、オートグラフ万能試験機で新品

のフィンとライニングの摩擦係数を測定したところ、摩擦係数は約0.3であった。

2.7.6 ブレーキの押付力に関する情報

- ・ブレーキの製造業者によると、事故機のフィンに作用する押付力は、設計上車両を停止させるのに必要なブレーキの押付力より大きく、ブレーキの押付力は満足しているとのことであった。

2.7.7 ブレーキの温度に関する情報

- ・令和元年9月1日に所有者が3ヶ所のブレーキの平均温度を測定したところ、昼前の温度は約42℃で温度が高く、昼から夕方にかけて約33℃まで温度が下がり、夜には外気温と同じ約26℃となっていた。
- ・所有者によると、遊戯施設は海辺にあり、昼以降は海風が吹くため、ブレーキはある程度冷却される可能性が考えられるとのことであった。

2.8 再現実験に関する情報

(1) 8月7日に実施した再現実験

①再現実験の目的

制動ブレーキを作動させるセンサーを含めた制御システムが適切に機能するかを確認する。

②再現実験の条件

ブロック制御の状態を確認するため、他号機を降車ブロックに停車し、事故機を何も積載しない状態で走行させ、事故機が制動ブレーキで停止するかを確認した。さらに、事故機と他号機の位置を入れ替え、数回繰り返して実施した。気象庁の気象データによると、神奈川県横浜市における実験当時の天気は晴、気温は約32℃であった。

③実験結果

事故機及び他号機は制動ブレーキで停止した。

(2) 8月20日に実施した再現実験

①再現実験の目的

乗客を載せている状況における制動ブロックのブレーキの制動状況を確認する。(車両が制動ブロックで停止しない状況の再現)

②再現実験の条件

事故機に総重量1,440kg(1人当たり60kgの乗客が24名乗車している場合を想定)の重りを載せ、(1)と同様の実験を事故当日

の走行回数と同じ25回（事故機13回、他号機12回）繰り返し実施し、制動ブロックにおけるブレーキの制動状況を確認した。気象庁の気象データによると、神奈川県横浜市における実験当時の天気は晴、気温は約31℃であった。

③実験結果

事故機は走行した全ての回において制動ブロックで停止した。

事故機は1回目の走行で、制動ブレーキの設置範囲（1台目から11台目までの制動ブレーキが設置されている範囲）を約3両分超えて停止した。その後、走行回数の増加に伴い制動距離が伸びる傾向が見られ、事故機の13回目の走行時には制動ブレーキの設置範囲を約4両分超えて停止し、約1両分ブレーキの制動距離が伸びていることが確認された（表1、写真10）。

表1 事故機の累積走行回数と制動ブレーキの設置範囲を超えた車両数※

累積走行回数	1	2	3	4	5	6	7
制動ブレーキの設置範囲を超えた車両数	約3	約3	約3.5	約3.5	-	約3	-

累積走行回数	8	9	10	11	12	13
制動ブレーキの設置範囲を超えた車両数	-	約4	約4	約4	約4	約4

※再現実験時に撮影した動画の画像の分析による。再現実験は車両が停止しない状況の再現を目的としていたため、全ての回の停止位置の画像を記録しておらず、5回目、7回目、8回目については画像記録が残されていない。

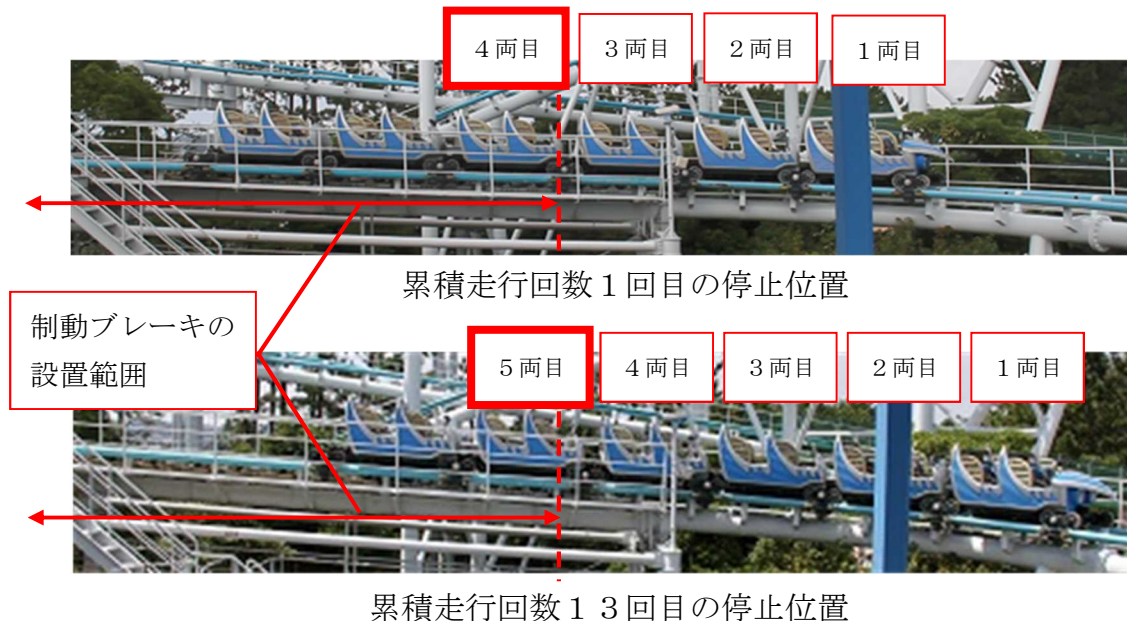


写真10 8月20日の再現実験における事故機の停止位置

3 分析

3. 1 事故発生時の状況に関する分析

2. 3 より、試運転を含めて開園から事故発生までの25回の走行時間の変化が小さかったことから、事故発生時、事故機の速度に異常はなかったと考えられる。また、事故発生時の乗車状況から、事故機の積載荷重は定格積載荷重以下であったと考えられる。

3. 2 ブロック制御に関する分析

2. 4 より、コースターの制御システムは1つ先のブロックに先行の車両が存在する場合、後続の車両は手前のブロックでブレーキにより停止するブロック制御を行っている。具体的には、降車ブロックに車両が存在することを検出するセンサーが降車ブロックで停止中の他号機を検出し、その後、降車ブロックから乗車ブロックに車両が進入したことを検出するセンサーが乗車ブロックに進入した他号機を検出した場合のみ、事故機が制動ブロックで停止せずに降車ブロックに進入できる仕様となっている。

本事故がブロック制御の異常により発生したのであれば、制動ブロックから降車ブロックに車両が進入したことを検出する2個のセンサー及び降車ブロックに車両が存在することを検出する4個のセンサーで同時に不具合が発生する必要があるが、2. 6 のとおり、センサー本体の故障及びセンサーの動作不良は確認されなかったことに加え、2. 8 のとおり、再現実験において、降車ブロックで他号機が停止している際、事故機は制動ブロックで停止したことから、ブロック制御は正常に動作していたと推定される。

3. 3 ブレーキの制動力低下のメカニズムに関する分析

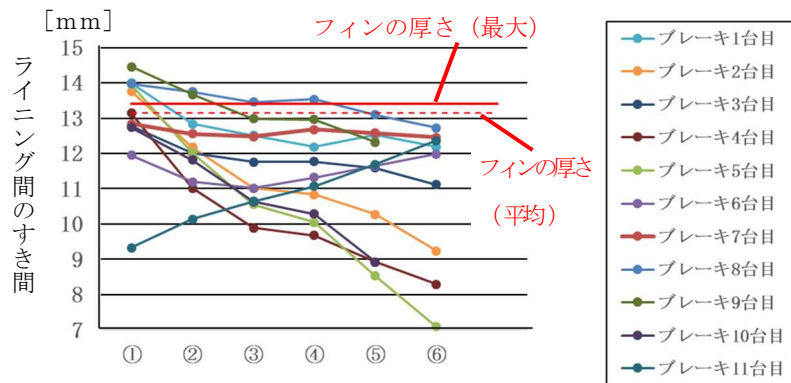
3.3.1 ブレーキの制動力に関する分析

2. 8 の再現実験より、事故機の1両目は制動ブレーキの設置範囲を超えた位置で停止したことから、設計計算書と比較して、ブレーキの制動力が低下していたと考えられる。

3.3.2 摺動距離に関する分析

2.7.2 及び 2.7.3 より、長期間のフィンの摩耗により事故機の一部のフィンの厚さがライニング間のすき間より小さいものについては、フィンとライニングが接触していない箇所が生じ、フィンとライニングの摺動距離が小さくなり、ブレーキの制動力が低下したと考えられる（図5、写真11）。

また、長期間のフィンの摩耗により事故機の一部のフィンの厚さがライニング間のすき間と同程度であったものについては、2.7.7より、気温の上昇及び日射熱により、昼前のブレーキの温度は高温であると考えられることから、気温の上昇及び日射熱によるブレーキの温度上昇に伴い、ブレーキの連結固定板の熱膨張により、ライニング間のすき間がわずかに大きくなり、フィンとライニングが接触していない箇所が生じ、フィンとライニングの摺動距離が小さくなり、ブレーキの制動力が低下した可能性があると考えられる(図6)。



ライニング間のすき間の測定位置 (写真1 1 参照)

図5 ライニング間のすき間とフィンの厚さ (1両目) との関係

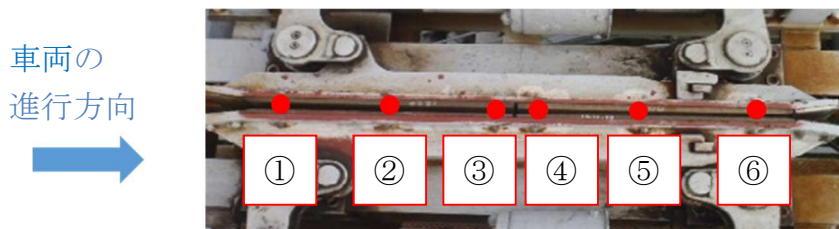


写真1 1 ライニング間のすき間の測定位置

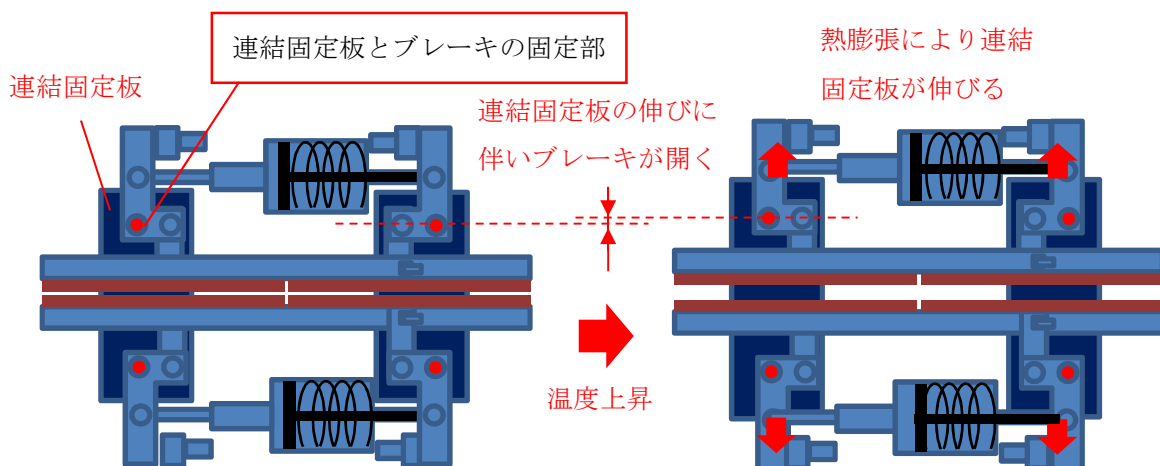


図6 温度上昇によるライニング間のすき間の変化のメカニズム

3.3.3 摩擦係数に関する分析

2.7.5より、設計計算書に対し、実際の摩擦係数には余裕があると認められる。一方、2.8より、再現実験において、連続走行により制動距離が伸びたことから、制動時に発生する摩擦熱によるライニングの温度上昇に伴い、摩擦係数が小さくなった可能性があると考えられる。

事故発生日は、夏季休暇期間における2編成での運行を開始してから最初の日曜日であり、利用者が多い状況であったことから、2編成の車両が試運転を含めて開園から事故発生時まで25回連続走行したことによるライニングの温度上昇に伴い、フィンとライニングの摩擦係数が小さくなり、ブレーキの制動力が低下した可能性があると考えられる。

3.4 ブレーキの保守に関する分析

2.7.2及び2.7.3より、ライニング間のすき間が14mm以下で管理されているのに対し、フィンが摩耗し、フィンの厚さが要交換値の12mmとなった場合、フィンとライニングが接触せず、車両にブレーキの制動力が作用しないと推定されるため、保守点検業者のフィンの交換基準値に対し、所有者のライニング間のすき間の管理値が整合していなかったと認められる。

4 原因

本事故は、プラットホームの降車ブロックで他号機が停止しているにもかかわらず、事故機がプラットホーム手前の制動ブロックで停止することなく、低速でプラットホームに進入したため、停止している他号機と衝突したものである。

事故機がプラットホーム手前の制動ブロックで停止することなくプラットホームに進入したのは、制動ブレーキの制動力が低下し、事故機の制動距離が伸びたためであると推定される。

制動ブレーキの制動力が低下したのは、長期間のフィンの摩耗により事故機の一部のフィンの厚さがライニング間のすき間より小さくなり、フィンとライニングが接触していない箇所が生じ、フィンとライニングの摺動距離が小さくなったためであると考えられる。

また、事故機の一部のフィンの厚さとライニング間のすき間が同程度であったものについても、以下の条件が重なったために、ブレーキの制動力が低下した可能性があると考えられる。

1点目は、気温の上昇及び日射熱によるブレーキの温度上昇に伴い、ブレーキの連結固定板が熱膨張し、ライニング間のすき間がわずかに大きくなり、フィン

とライニングが接触していない箇所が生じ、フィンとライニングの摺動距離が小さくなった可能性が考えられること。

2点目は、車両が連続走行した際、制動時に発生する摩擦熱によるライニングの温度上昇に伴い、フィンとライニングの摩擦係数が小さくなった可能性が考えられること。

事故機の一部のフィンの厚さがライニング間のすき間より小さい、又は同程度であったのは、保守点検業者のフィンの交換基準値に対し、所有者のライニング間のすき間の管理値が整合していなかったためと推定される。

5 再発防止策

5. 1 ライニング間のすき間の管理

所有者は、保守点検業者のフィンの交換基準値に対し、フィンとライニングが適切に接触するよう整合のとれた設定値でライニング間のすき間を管理することとした。その際、ブレーキ制動時の衝撃により利用者にけがを与えた従前の経験を踏まえ、ライニング間のすき間を狭めることによる衝撃の増加を緩和するため、保守点検業者の意見等を踏まえ、フィンの交換基準値と整合のとれた設定値の範囲内で、制動ブレーキのライニング間のすき間を車両の進入側から段階的に狭めることとした（図7）。

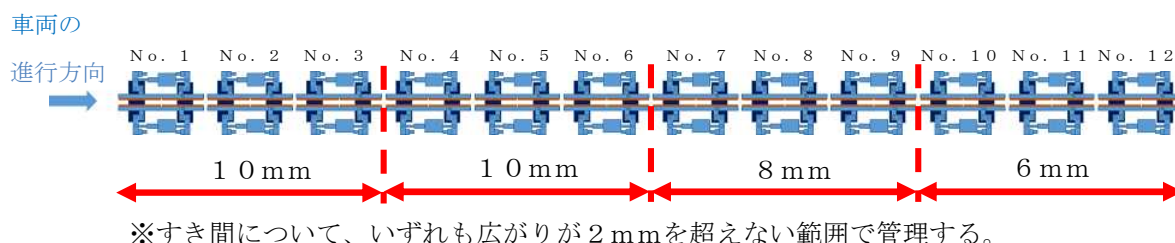


図7 各ブレーキのライニング間のすき間の設定値

5. 2 車両の制動距離の管理

所有者は、制動ブレーキの設置範囲に車両の停止位置の許容限界を基準として定め、毎日の始業前点検及び営業中の定時時刻に車両の停止位置が基準を超過していないことを確認し、適切に管理することとした。

6 意見

国土交通省は、コースター等の遊戯施設のうち、ライニング間にすき間が設け

られ、フィンがライニングを押広げながら通過することで車両を制動するブレーキについて、フィンの交換基準値に対し、フィンとライニングが適切に接触するようライニング間のすき間を管理し、ブレーキの制動力を十分確保するよう、特定行政庁を通じて所有者及び管理者に対し指導すること。

国土交通省は、コースター等の車両を制動するブレーキについて、制動力の低下を検知できるよう、製造業者の設計計算等を参考に、定格積載荷重及び空車における車両の停止位置の許容限界を基準として定めるとともに、毎日の始業前点検等において、車両の停止位置を当該許容限界と照らし合わせて確認し、適切に管理するよう、特定行政庁を通じて所有者及び管理者に対し指導すること。