

RA2019-1

# 鉄 道 事 故 調 査 報 告 書

I 北海道旅客鉄道株式会社 函館線 銭函駅構内  
列車脱線事故

II 南海電気鉄道株式会社 南海本線 樽井駅～尾崎駅間  
列車脱線事故

III 東日本旅客鉄道株式会社 内房線 館山駅～九重駅間  
踏切障害事故

IV 東日本旅客鉄道株式会社 両毛線 足利駅～山前駅間  
踏切障害事故

平成31年1月31日

本報告書の調査は、本件鉄道事故に関し、運輸安全委員会設置法に基づき、運輸安全委員会により、鉄道事故及び事故に伴い発生した被害の原因を究明し、事故の防止及び被害の軽減に寄与することを目的として行われたものであり、事故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 中橋 和博

## 《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」

II 南海電気鉄道株式会社 南海本線  
樽井駅～尾崎駅間  
列車脱線事故

# 鉄道事故調査報告書

鉄道事業者名：南海電気鉄道株式会社

事故種類：列車脱線事故

発生日時：平成29年10月22日 16時40分ごろ

発生場所：大阪府<sup>はんなん</sup>阪南市

南海本線 <sup>たるい</sup>樽井駅～<sup>おぎき</sup>尾崎駅間（複線）

<sup>なんぼ</sup>難波駅起点42k439m付近

平成31年1月8日

運輸安全委員会（鉄道部会）議決

委員長	中橋和博
委員	奥村文直（部会長）
委員	石田弘明
委員	石川敏行
委員	岡村美好
委員	土井美和子

## 要旨

### <概要>

南海電気鉄道株式会社の南海本線難波駅発和歌山市駅行き4両編成の下り普通第6867列車は、平成29年10月22日、樽井駅を定刻（16時38分）に出発した。列車の運転士は、<sup>おのさとがわきょうりょう</sup>男里川橋梁上を速度約70km/hで<sup>だこう</sup>惰行運転中、約50m先の線路が沈み込んでいることを認めたため、直ちにブレーキを使用した。列車は当該箇所を通過し、約250m走行して停止した。

その後の調査の結果、列車は、男里川橋梁上で3両目の後台車第2軸が右側に脱線し、その後復線していたことが判明した。

また、男里川橋梁は、下り線第5橋脚が沈下及び傾斜し、軌道が沈下及び湾曲していた。

列車には、乗客約250名及び乗務員2名（運転士及び車掌）が乗車しており、そのうち、乗客5名が負傷した。

なお、本事故発生当日、平成29年台風第21号が日本の南を北上しており、本州南岸にかかる前線の活動が活発になったため、事故現場を含む大阪府南部の広い地域で降雨が続いていた。

#### <原因>

本事故は、橋脚が沈下及び傾斜して大きな変形が生じた橋りょう上の軌道を列車が走行したため、3両目後台車第2軸が線路右側に脱線したことにより発生し、その後、脱線した状態で通過した踏切内で復線したものと推定される。

橋脚が沈下及び傾斜したことについては、みお筋が変化して河水が集中したことによる橋脚周辺の河床低下や、洗掘防護工である根固め工の損傷等、本事故発生以前から橋脚の洗掘に対する防護機能が低下していたところに、本事故発生当時の増水した河水により、橋脚周辺の地盤が広い範囲で洗掘されたことによるものと考えられる。

洗掘に対する防護機能が低下していたことについては、橋りょうの検査において、橋脚の根固め工の変状を認識しながらも、変状に対する評価を十分に行っていなかったため、根固め工の補修、補強等の措置が講じられなかったことが関与したものと考えられる。

# 目 次

1	鉄道事故調査の経過	1
1.1	鉄道事故の概要	1
1.2	鉄道事故調査の概要	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
2.1.1	乗務員等の口述	3
2.1.2	運転状況の記録	5
2.2	人の死亡、行方不明及び負傷	6
2.3	鉄道施設及び車両等に関する情報	6
2.3.1	事故現場に関する情報	6
2.3.2	鉄道施設に関する情報	7
2.3.3	車両に関する情報	14
2.3.4	男里川に関する情報	15
2.4	鉄道施設及び車両等の損傷、痕跡に関する情報	19
2.4.1	鉄道施設の損傷及び痕跡の状況	19
2.4.2	車両の損傷及び痕跡の状況	23
2.4.3	男里川の状況	23
2.5	乗務員に関する情報	26
2.6	運転取扱い等に関する情報	26
2.6.1	降雨による運転規制	26
2.6.2	河川水位による運転規制	29
2.6.3	本事故発生前の列車の運行状況に関する情報	30
2.7	気象等に関する情報	31
2.7.1	本事故発生当日の天気概況	31
2.7.2	時間降水量、日降水量	31
2.7.3	解析雨量	32
2.7.4	風向、風速及び気温	33
2.8	避難及び救護に関する情報	33
2.9	運転再開までの主な経過	34
3	分 析	34

3. 1	脱線に関する分析	34
3. 1. 1	脱線地点に関する分析	34
3. 1. 2	復線地点に関する分析	35
3. 1. 3	脱線の状況に関する分析	35
3. 2	脱線の発生時刻に関する分析	35
3. 3	鉄道施設及び車両の損傷に関する分析	35
3. 3. 1	軌道の変形に関する分析	35
3. 3. 2	車両の損傷に関する分析	36
3. 4	降雨及び河川水位に関する分析	36
3. 4. 1	降雨に関する分析	36
3. 4. 2	河川水位に関する分析	36
3. 5	運転取扱い等に関する分析	37
3. 5. 1	沈下箇所発見時の運転状況に関する分析	37
3. 5. 2	降雨に対する運転規制等に関する分析	37
3. 5. 3	河川水位に対する運転規制等に関する分析	38
3. 6	本件橋脚が沈下及び傾斜したことに関する分析	38
3. 6. 1	本事故発生前の本件橋脚周辺の状況に関する分析	38
3. 6. 2	本事故発生後の本件橋脚周辺の状況に関する分析	39
3. 6. 3	本件橋脚が沈下及び傾斜したメカニズムに関する分析	39
3. 6. 4	本件橋脚の沈下及び傾斜の発生時刻に関する分析	40
3. 7	橋りょうの管理に関する分析	41
3. 7. 1	通常全般検査に関する分析	41
3. 7. 2	衝撃振動試験に関する分析	41
3. 7. 3	根固め工の補強計画に関する分析	41
3. 7. 4	洗掘に関わる検査及び対策に関する分析	42
4	結 論	43
4. 1	分析の要約	43
4. 2	原因	44
5	再発防止策	44
5. 1	必要と考えられる再発防止策	44
5. 1. 1	再発防止のために必要な事項	44
5. 1. 2	河川橋りょうの洗掘災害防止のための留意事項	45
5. 1. 3	河川橋りょうの自然災害対策	47
5. 2	事故後に同社が講じた措置	47
5. 3	事故後に国土交通省が講じた措置	48



5.4 重要インフラに対する自然災害対策.....	48
6 意見.....	49

## 添付資料

付図1 南海本線路線図.....	51
付図2 事故現場付近の地形図.....	51
付図3 事故現場付近の線路平面図.....	52
付図4 事故現場拡大略図（平面図）.....	52
付図5 事故現場拡大略図（断面図）.....	53
付図6 事故現場の状況.....	53
付図7 本事故発生前の本件橋脚の根固め工の状況.....	54
付図8 本件橋りょう付近のみお筋の変化（イメージ図）.....	55
付図9 車両の主な損傷状況.....	56
付図10 車輪の痕跡.....	57
附属資料1 洗掘を受けやすい橋梁を抽出するための採点表.....	58

# 1 鉄道事故調査の経過

## 1.1 鉄道事故の概要

南海電気鉄道株式会社の南海本線難波<sup>なんば</sup>駅発和歌山市駅行き4両編成の下り普通第6867列車は、平成29年10月22日（日）、樽井<sup>たるい</sup>駅を定刻（16時38分）に出発した。列車の運転士は、男里川橋梁<sup>おのさとがわきょうりょう</sup>上を速度約70km/hで惰行<sup>だこう</sup>運転中、約50m先の線路が沈み込んでいることを認めたため、直ちにブレーキを使用した<sup>が</sup>、列車は当該箇所を通過し、約250m走行して停止した。

その後の調査の結果、列車は、男里川橋梁上で3両目（以下、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。）の後台車第2軸が右側に脱線し、その後復線していたことが判明した。

また、男里川橋梁は、下り線第5橋脚が沈下及び傾斜し、軌道が沈下及び湾曲していた。

列車には、乗客約250名及び乗務員2名（運転士及び車掌）が乗車しており、そのうち、乗客5名が負傷した。

なお、本事故発生当日、平成29年台風第21号が日本の南を北上しており、本州南岸にかかる前線の活動が活発になったため、事故現場を含む大阪府南部の広い地域で降雨が続いていた。

## 1.2 鉄道事故調査の概要

### 1.2.1 調査組織

本事故は、当初、鉄道事故等報告規則（昭和62年運輸省令第8号）第3条第1項第6号の鉄道人身障害事故に該当するものとし、かつ、傾斜が生じていた橋りょう上を列車が走行した事態であることから、運輸安全委員会は、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1条第3号に定める「特に異例と認められるもの」として調査を開始することとした。

運輸安全委員会は、平成29年10月23日、本事故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。また、平成29年11月6日、2名の鉄道事故調査官を追加指名した。

近畿運輸局は、本事故調査の支援のため、職員を事故現場等に派遣した。

その後、本事故は、列車が脱線していたことが判明したことから、平成29年11月22日に鉄道事故等報告規則第3条第1項第2号の列車脱線事故に該当するものとして事故等種類の変更が行われた。

本事故は、洗掘<sup>せんくつ</sup>\*1による橋脚の沈下が関与した可能性が考えられることから、平成

---

\*1 「洗掘」とは、流水の影響で、橋脚周辺の河床が深く洗い掘られることをいう。

29年11月15日に、表1のとおり、本事故調査に従事する専門委員を任命し、調査すべき専門分野として、橋脚が沈下したメカニズム、気象防災、地盤防災、地質等に関する分析を指定した。

また、委員、専門委員及び鉄道事故調査官を事故現場等に派遣した。

本事故調査に関し、公益財団法人鉄道総合技術研究所に河川の流水が橋脚に与えた影響及びそれにより橋脚が沈下したメカニズム等についての分析を委託した。

表1 専門委員と調査すべき専門分野

所 属	職 名	氏 名	調査すべき専門分野
公益財団法人 鉄道総合技術研究所	防災技術研究部長	太田直之	橋脚が沈下したメカニズム、気象防災、地盤防災、地質等に関する分析

### 1.2.2 調査の実施時期

平成29年10月23日～25日	現場調査、車両調査及び口述聴取
平成29年10月27日	現場調査
平成29年11月15日	
～平成30年3月16日	委託調査
平成29年11月16日～17日	現場調査、車両調査及び口述聴取
平成29年12月13日～14日	現場調査
平成30年1月19日	現場調査及び口述聴取
平成30年7月11日～12日	現場調査

### 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

事故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和歌山市駅行きの下り普通第6867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。）及び本件列車に乗車していた乗客（以下「乗客A」という。）の口述、並びに運転状況の記録によれば、概略次のとおりであった。

## 2.1.1 乗務員等の口述

### (1) 本件運転士

本件列車には、難波駅から乗務したが、運転士の引継ぎにおいて異状の報告はなく、また、本事故発生までの運転中も車両に異状は感じなかった。

また、乗務前の点呼で、台風が接近しているため、注意して運転するよう指示を受けていた。

難波駅を定刻（15時13分）に出発し、大和川や大津川を渡るときに、いつもより川が増水していると感じた。また、雨が降っていたためワイパーを使用していた。

その後、樽井駅（難波駅起点40k918m、以下「難波駅起点」は省略する。）を定刻（16時38分）に出発し、男里川橋梁（42k354m～42k447m、以下「本件橋りょう」という。）の手前にある上り勾配と右曲線を通り、速度約70km/hで本件橋りょうを渡り始めたとき、約50m前方の線路が大きく凹み、左方向に湾曲している状態を発見した。とっさに立ち上がり、すぐに非常ブレーキを使用した。それと同時に落ちるような感覚を覚え、「ドーン」という音がして激しい横揺れと衝撃を感じた後、約200m走行して列車は停止した。

停止後、列車無線で運輸指令に線路が凹み、湾曲していること、本件列車はそこを通過して停止したことを報告し、これから線路の状況を確認に行くことを伝えた。

運輸指令へ報告した後、車掌から車内インターホンで、防護無線を発報したとの連絡を受けた。

列車から降りて、車掌とともに本件橋りょうの袂<sup>たもと</sup>まで行き、線路の状況を確認したところ、列車通過時に発見した時と比べて線路の凹みが多少大きくなっているように感じた。

列車に戻り、運輸指令に線路が凹み、湾曲していることを改めて報告し、これから車両点検を行うことを伝えた。

車外に出て車両の床下を確認したところ、脱線はしていなかったが、1両目前部のスカート<sup>\*2</sup>が少しゆがんでいたため、その旨を運輸指令に報告した。

その後、本件列車のブレーキ試験を行ったが、緩解<sup>かんかい</sup>できなかったため、運輸指令に報告したところ、乗客の避難誘導を行うよう指示を受けた。1両目に乗客を誘導し、尾崎駅（43k392m）から駆けつけた同社社員とともに、乗客の避難誘導にあたった。乗客は、同社社員の誘導により、近隣の踏

---

\*2 「スカート」とは、機関車及び旅客車の床下の機器を保護するため又は形状を整えるため、前頭又は側に沿って、台枠の下部に設けた覆いをいう。

切や尾崎駅まで避難した。

乗客の避難が終了した後、検車係員が到着してブレーキの緩解処置が行われた。その後、運輸指令から運転再開の指示を受け、本件列車を尾崎駅まで移動させた。

## (2) 本件車掌

本件列車には難波駅から乗務し、事故現場までは特に異状は感じなかった。本事故発生当日の天気はずっと雨であったが、降り方には強弱があった。

樽井駅を出発後、4両目最後部の乗務員室で乗務していたときに、突然、車両が沈み込み、立っていた身体が左側へ振られて飛ばされるような衝撃があった。衝撃の後、後方を確認したところ、線路が凹み、湾曲しているのが見えた。本件列車には既にブレーキが掛けられている様子であり、本件列車が止まるか止まらないかぐらいのときに防護無線を発報した。

列車停止後、乗務員室から車内を確認したところ、車内は少しざわついていたが、混乱は生じていなかった。

列車停止後、本件運転士は列車無線で運輸指令へ通報していた。その後、本件運転士から車内インターホンで連絡があり、本件橋りょうの状況を聞かれたので、乗務員室から本件橋りょうが凹んでいる状況を確認し、報告した。

しばらくして、本件運転士が4両目の乗務員室まで来て、これから本件橋りょうの状況を確認しに行くとのことであったため、一緒に現場に行くことにした。本件橋りょうの袂まで行き、線路が凹み、上流方向に湾曲している状況を確認した。

本件列車に戻り、列車無線で運輸指令に、線路が凹み、湾曲していることを報告した。乗客には車内放送で線路にトラブルがあったことを伝え、「負傷者がいたら申告してください」とアナウンスした後に、列車内を往復して乗客の負傷の状況を確認した。

4両目の乗務員室に戻った後、運輸指令より、ブレーキが緩解できないため、本件列車を動かさないことから、乗客の避難誘導を行うよう指示があった。避難誘導のため尾崎駅の駅員や同社社員が応援に来てくれるとのことであったため、乗客には1両目まで移動してもらい、応援の到着を待っていた。

応援が到着後、1両目の車両の座席（ロングシート）を外して前から2番目の右側のドアから車外へスロープのように設置して、駅員が補助しながら乗客に降車していただいた。また、1両目の乗務員室の扉から降りられそうな人には、そこから梯子により降車していただいた。

## (3) 乗客A

難波駅から本件列車に乗車し、3両目の一番後ろの座席に座った。乗車し

たときから雨が強く降っていた。車内は、ほとんどの人が座っていたが、立っている人も数人見えた。

本件列車が本件橋りょうを渡っているときは、座席に浅く腰掛けて体をひねって上流側の水面を窓から見ていた。川の状況は河原が水に浸かり、あと1 mくらいで堤防から水があふれそうな水位であった。男里川は昔から見ているが、普段は「チョロチョロ」としか水が流れていない。

本件橋りょうを渡り終えた辺りのところで「ガタン」という衝撃があり、ちょっと左右に揺れたような気がしたあとに「ガガガガ」という金属が擦れるような音がした。衝撃時に、座席から放り出されて臀部の左側を床に打った。周りを見ると、向かいの人も座席から床に落ちていた。

本件列車が停止した後に、車掌が車内を巡回して負傷者がいないか確認していた。

しばらくして、本件列車を動かすことができないため、車外に避難誘導をする旨のアナウンスがあり、1両目の乗務員室の扉から降りて、上り線の線路を歩いて踏切から線路外に出た。

(付図1 南海本線路線図、付図2 事故現場付近の地形図、付図3 事故現場付近の線路平面図 参照)

### 2.1.2 運転状況の記録

本件列車には、運転の状況を記録することができる装置（以下「運転状況記録装置」という。）が装備されていた。同装置は時刻、列車速度、走行距離、ブレーキ動作等の情報を記録する機能を有しており、その記録によれば、本事故発生時の本件列車の運転状況の概略は表2のとおりであった。

列車速度及び走行距離については、1両目後台車第1軸の回転数から演算されたものであり、走行距離は列車先頭を基準として樽井駅の出発地点からの距離である。

時刻情報については実際の時刻に補正したものであるが、列車速度情報及び走行距離情報については補正したものではないため、若干の誤差が内在している可能性がある。また、3両目後台車第2軸のキロ程は、2.3.1.3で後述する本件列車先頭部の停止位置を基準として、運転状況記録装置に記録された走行距離情報及び本件列車の車両図面から算出したものである。

また、本事故における脱線の発生時刻は、後述する「3.2 脱線の発生時刻に関する分析」から、16時40分ごろであったと推定される。

表2 運転状況の概略

時刻	列車速度 [km/h]	走行距離 [m]	常用 ブレー キ	非常 ブレー キ	キロ程 (3両目後 台車第2軸 の位置)	記事
16時40分35秒	68.95	1548.2	1	0	42k360m付近	ブレーキ操作(常用)
16時40分38秒	68.84	1608.8	1	0	42k421m付近	軌道沈下最下点付近
16時40分39秒	66.41	1624.8	1	0	42k437m付近	脱線開始地点
16時40分40秒	64.25	1641.2	1	0	42k453m付近	復線地点
16時40分57秒	0	1800.8	1	0	42k613m付近	停止

- ※ 常用ブレーキ欄、非常ブレーキ欄は、「1」のときに当該ブレーキ指令が出ていることを示す。
- ※ 表中の「軌道沈下最下点」のキロ程は、後述する2.4.1.1(1)による位置を示す。
- ※ 表中の「脱線開始地点」及び「復線地点」の各キロ程は、後述する「3.1 脱線に関する分析」による位置を示す。

なお、同社によると、3両目後台車第2軸の右車輪及び左車輪に傷があり、事故現場付近の軌道に損傷及びレール頭頂面に線状痕があったことから、本件列車が一度脱線して走行した後に復線したと判断したとのことであった。

軌道、車両の損傷及び痕跡の状況については、それぞれ2.4.1及び2.4.2に後述する。

## 2.2 人の死亡、行方不明及び負傷

本件列車に乗車していた乗客約250名及び乗務員2名(運転士、車掌)のうち、乗客5名が軽傷を負った。

負傷者は、1両目に2名、2両目に1名及び3両目に2名の計5名が、それぞれ車両最後部付近に乗車していた。

## 2.3 鉄道施設及び車両等に関する情報

### 2.3.1 事故現場に関する情報

#### 2.3.1.1 地形等の概要

事故現場付近は、大阪平野の西端部に位置し、北側に大阪湾、南側に和泉山脈<sup>いずみ</sup>が広がっている。本事故は、和泉山脈から大阪湾に注ぐ男里川を横断する本件橋りょう上で発生しており、本件橋りょうは男里川の河口から約1km上流に位置している。(付図2 事故現場付近の地形図 参照)

### 2.3.1.2 線形と運転速度

事故現場は、南海本線樽井駅と尾崎駅との間に位置している。

事故現場付近の線形は、直線で水平の区間であるが、本件橋りょう手前の41k740mから42k333mまでが半径610mと半径1,250mの右複心曲線<sup>\*3</sup>、41k828mから42k306mまでが11.5%の上り勾配となっている。また、事故現場付近の最高運転速度は105km/hであり、本件橋りょう手前の右複心曲線区間の速度制限は90km/hとなっている。

(付図2 事故現場付近の地形図、付図3 事故現場付近の線路平面図 参照)

### 2.3.1.3 本件列車の状況

本件列車は、その先頭が42k672m付近に停止し、車輪は全てレールに載線していた。なお、2.4.2(4)に後述するように、本件列車は、4両目前方連結器付近のブレーキ管<sup>\*4</sup>に亀裂及び漏気が生じており、ブレーキの緩解ができない状況で停止していた。

(付図3 事故現場付近の線路平面図 参照)

## 2.3.2 鉄道施設に関する情報

### 2.3.2.1 路線の概要

事故現場付近は、複線、電化の区間であり、軌間は1,067mmである。

(付図1 南海本線路線図 参照)

### 2.3.2.2 軌道の概要

本件橋りょう上の軌道には、50kgNレールが使用されており、橋上ガードレール<sup>\*5</sup>が敷設されている。まくらぎは合成まくらぎで25m当たり55本、道床は無道床である。

「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土木関係実施基準(以下「実施基準」という。)では、軌道の定期検査として軌道変位検査、レール検査等を行うこととされている。

本事故発生前の直近に実施された事故現場付近における軌道の定期検査の記録に異常は認められなかった。

---

\*3 「複心曲線」とは、半径の異なる同一方向の曲線が連続する線形をいう。

\*4 「ブレーキ管」とは、自動空気ブレーキ装置用の空気管をいう。

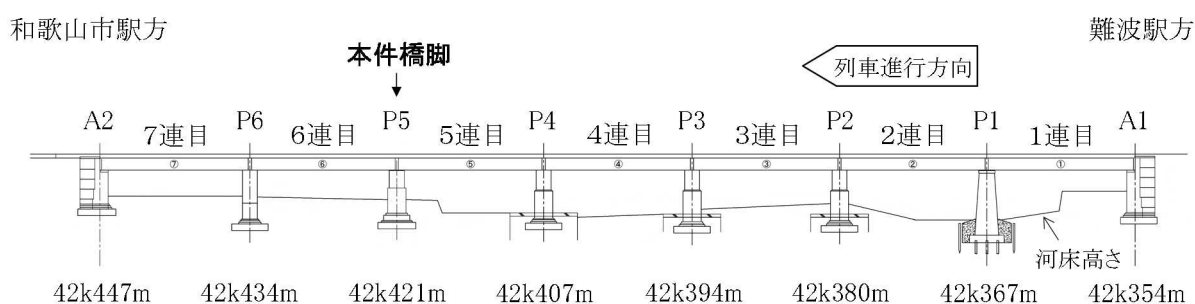
\*5 「橋上ガードレール」とは、橋の上やその付近で車両が脱線した場合に、逸脱して橋りょう下に転落しないようにレールに沿って敷設する誘導用のレールをいう。



### 2.3.2.3 本件橋りょうの概要

本件橋りょうは、上下線が分離している構造となっている。

本件橋りょうの下り線側は、大正7年竣工、上部工<sup>\*6</sup>は7径間上路鉸桁<sup>\*7</sup>（橋長93.6m、支間長12.9m～13.6m×7連）、下部工<sup>\*8</sup>はP1橋脚（難波駅方から数えて1番目の橋脚、以下、橋脚を示す記号を「P」、橋台<sup>\*9</sup>を「A」と表記し、記号の後の数字は難波駅方からのそれぞれの順番を示す。）がコンクリート造で杭基礎<sup>\*10</sup>形式（下り線本件橋りょう竣工時はレンガ造で直接基礎<sup>\*11</sup>形式であったが昭和10年ごろに改築）、P2～P6橋脚及びA1、A2橋台がレンガ造で直接基礎形式であった（図1 参照）。



※ 図中の河床高さは、昭和10年ごろのものを示す。

図1 下り線本件橋りょう側面図

2.4.1.2(1)に後述するように、下り線P5橋脚（以下「本件橋脚」という。）が沈下及び傾斜していた。また、本件橋脚には、橋脚基礎の洗掘に対する耐力を高めるための洗掘防護工として根固め<sup>\*12</sup>工が施工されていた。

同社の資料によると、本件橋脚及び本件橋脚の根固め工の概要は、以下のとおりである。また、図2に本報告書における躯体及びフーチングの定義を示す。

#### (1) 本件橋脚の概要

竣工：大正7年

材質：レンガ、コンクリート

基礎：直接基礎

寸法等：図2のとおり

\*6 「上部工」とは、橋脚や橋台などに支えられた構造部分の総称をいう。

\*7 「上路鉸桁」とは、I形に組み立てた主桁を左右一対で配置し、桁の上部を列車が走る構造をいう。

\*8 「下部工」とは、橋りょうの一部で、上部構造からの荷重を基礎地盤へ安全に伝達させる部分を行い、橋台・橋脚及びそれらの基礎の総称をいう。

\*9 「橋台」とは、橋りょうの両端にあつて、一般に取付け用の盛土と橋りょうを接結する下部構造をいう。

\*10 「杭基礎」とは、杭によって構造物を支持する基礎形式をいう。

\*11 「直接基礎」とは、支持層が浅い場合に用いる基礎で上部工からの荷重を基礎底面で直接支持層に伝える形式の基礎をいう。

\*12 「根固め」とは、水・泥流や波浪による洗掘から河床や堤防の基礎部などを防護することをいう。

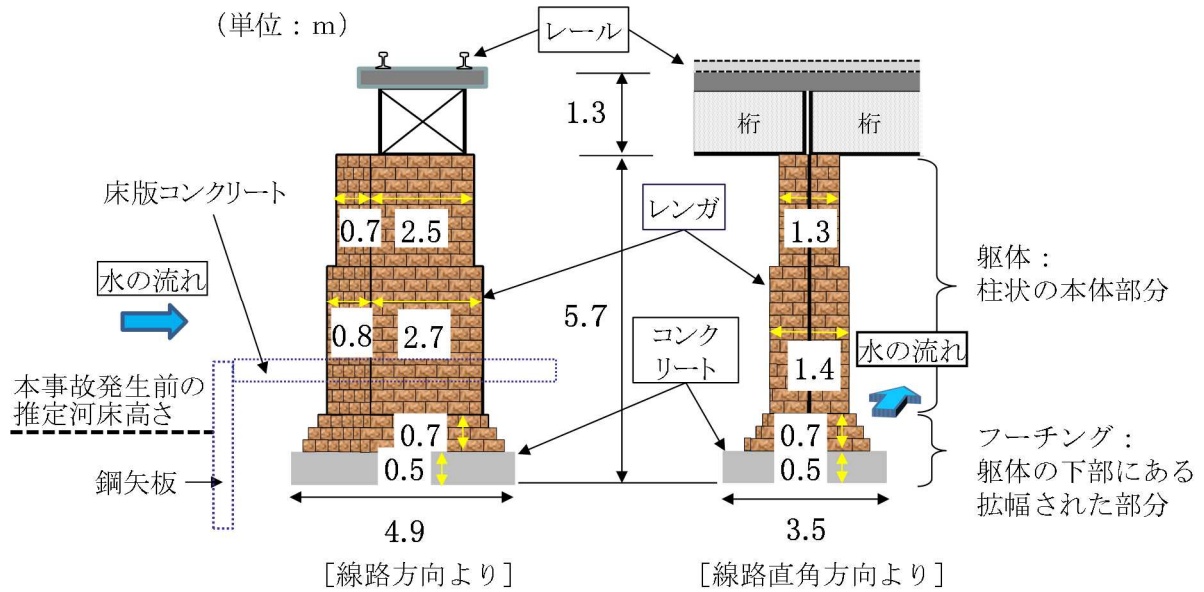


図2 本件橋脚の形状（復元図）

(2) 本件橋脚の根固め工の概要

施工年：昭和29年ごろ

材 質：コンクリート、ぐり石<sup>\*13</sup>、鋼矢板<sup>\*14</sup>、木杭、木矢板

寸法等：図3のとおり

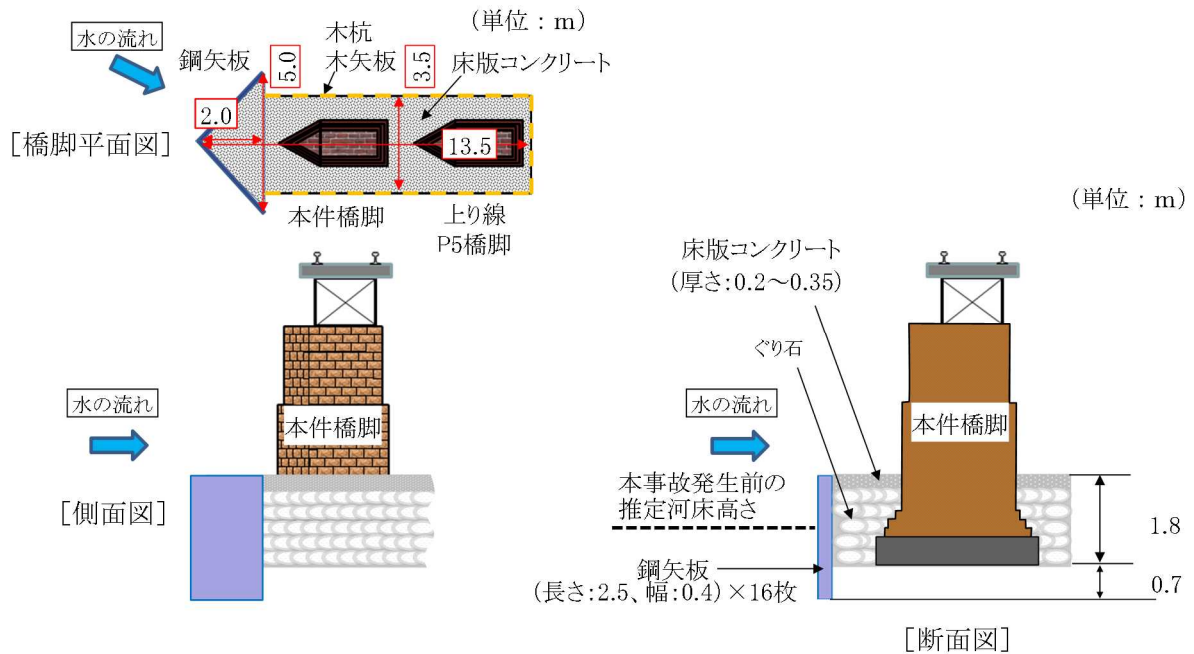


図3 本件橋脚の根固め工の形状（復元図）

\*13 「ぐり石」とは、10～15cm程度の丸みを帯びた川石をいう。

\*14 「鋼矢板」とは、土のもれ出し及び水の流出を防ぐために緊密にかみ合う継手をもつ鋼製の壁体材料をいう。断面係数、剛性が大きくとれるU形、H形等の断面形状をもつ。

#### 2.3.2.4 本事故発生前の本件橋脚の根固め工の状況

本件橋脚の根固め工の状況について、同社は、平成24年10月に、床版コンクリートの一部が欠損し、ぐり石等が流失している状況を確認していた。

また、平成26年6月2日に実施した徒歩巡回の記録写真から、上流側に打設された鋼矢板が確認でき、橋脚側方部に丸太による杭が確認できる。さらに、ぐり石等が流失し、フーチングの側面が露出している状況が確認できる。

(付図7 本事故発生前の本件橋脚の根固め工の状況 参照)

#### 2.3.2.5 橋りょうの管理に関する情報

##### (1) 橋りょうの定期検査に関する規程

橋りょうの定期検査については、実施基準において、2年に1回の頻度で通常全般検査<sup>\*15</sup>を実施し、詳細な検査が必要な場合に個別検査<sup>\*16</sup>を行うことと定められている。

また、同社の建造物検査要領では、通常全般検査において表3に示す健全度の判定区分による判定を行い、健全度がAと判定された変状<sup>\*17</sup>については、個別検査を実施することと定められている。

表3 建造物の状態と標準的な健全度の判定区分

[建造物検査要領より抜粋]

判定区分	土木建造物の状態
A	運転保安、旅客および公衆などの安全ならびに列車の正常運行の確保を脅かす、またはそのおそれのある変状等があるもの
	AA 運転保安、旅客および公衆などの安全ならびに列車の正常運行の確保を脅かす変状等があり、緊急に措置を必要とするもの
	A1 進行している変状等があり、建造物の性能が低下しつつあるもの、または、大雨、出水、地震等により、建造物の機能を失うおそれのあるもの
	A2 変状等があり、将来それが建造物の性能を低下させるおそれのあるもの
B	将来、健全度Aになるおそれのある変状等があるもの
C	軽微な変状等があるもの
S	健全なもの

\*15 「通常全般検査」とは、同社における建造物の検査の種類の一つで、建造物の変状等の有無及びその進行性等を把握することを目的として定期的に実施する検査をいう。

\*16 「個別検査」とは、同社における建造物の検査の種類の一つで、通常全般検査等の結果、詳細な検査が必要とされた建造物について、精度の高い健全度の判定を行うことを目的として実施する検査をいう。

\*17 ここでいう「変状」とは、建造物があるべき健全な状態から性能が低下している状態をいう。

(2) 本件橋りょうの通常全般検査結果

同社では、橋りょうの通常全般検査においては、上部工と下部工それぞれに検査記録様式として同社が作成した構造物全般チェックリスト（以下「チェックリスト」という。）を用いて、変状の有無及び健全度の判定を行っている。

本事故発生前直近における本件橋りょうの通常全般検査は、平成29年6月13日に実施されている。その記録によると、下り線上部工については、5連目の桁において、支承部ソールプレート<sup>\*18</sup>の位置ずれ、主桁上フランジカバープレート<sup>\*19</sup>の亀裂等の変状に対し健全度が「B」と判定されていた。下り線の下部工については、P1～P4橋脚の桁座において「ひびわれ（5mm以下）」が「有」とされていたが、「判定」の欄は空欄のままとなっていた。

平成29年6月13日に実施された本件橋脚のチェックリストの抜粋を図4に示す。チェックリストでは、「下部」の点検項目として「沈下」「傾斜」「洗掘」「河床<sup>\*20</sup>低下」が設定され、変状の有無を記載する様式となっている。「洗掘」の備考欄に「保護コンクリート剥がれ」と記載があるものの調査結果欄は全ての項目が「無」にチェックがされていた。

また、平成25年5月17日及び平成27年5月29日に実施された本件橋脚の検査記録においても、「下部」の調査結果については、図4と同様に全項目が「無」にチェックされ、「保護コンクリート剥がれ」と記載されていた。

同社によると、調査結果欄の項目が「無」とあるのは変状がないことを示し、健全度の判定は「S」とのことであった。また、「保護コンクリート」とは、根固め工の床版コンクリートのことを指しており、平成24年10月に、近隣住民から根固め工の変状の指摘を受けたことを契機に確認したところ、床版コンクリートが剥がれ落ちている状況であったことから、備考欄に「保護コンクリート剥がれ」と記録したものである。しかし、根固め工は橋脚本体ではないため、チェックリストにおける健全度の判定の対象には含めていないとのことであった。このため、根固め工の変状に対する調査結果を健全度の判定に反映した記録はなかった。

同社では、本事故発生前直近の通常全般検査の結果、本件橋りょうの健全度において「A」と判定した変状はなく、個別検査は実施していなかった。

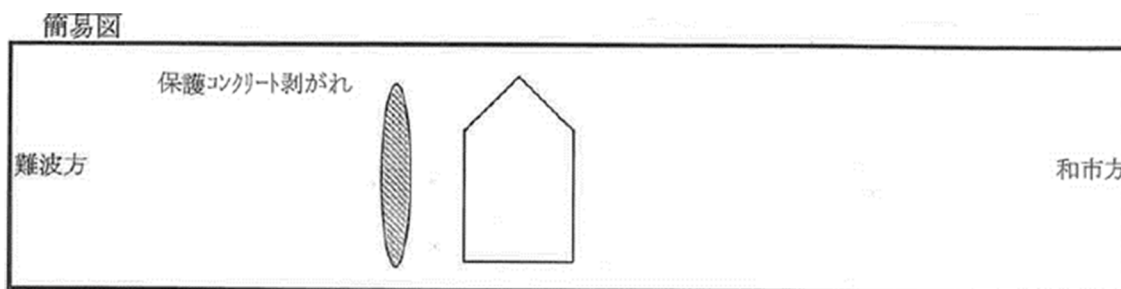
なお、チェックリストの「洗掘」や「河床低下」の項目については、本件橋りょうだけではなく、他の橋りょうも含めて、これまでに「有」と判定し

\*18 「ソールプレート」とは、支承部において荷重を均一に作用させるために下面に取り付ける鋼板をいう。

\*19 「カバープレート」とは、部材を構成する鋼板の一つで断面の増強や部材を組み立てるために外側から蓋をするような形で付加する鋼板をいう。

\*20 「河床」とは、河川の底にあたる部分の総称をいう。

た事例はないとのことであった。



点検項目			調査結果							
部材	部位	変状の種類	無	有	X	Y	Z	位置	判定	備考
躯体	一般	ひびわれ(5mm以上)	レ							
		ひびわれ(5mm以下)	レ							
		レンガの欠落	レ							
		目地切れ	レ							
		はらみ出し	レ							
		漏水	レ							
	下部	沈下	レ							
		傾斜	レ							
		洗掘	レ							保護コンクリート剥がれ
		河床低下	レ							
	翼壁との間	縁切れ	レ							

X:判定不能

Y:検査不能

Z:該当無し

(平成29年6月13日実施の検査記録より)

図4 本件橋脚の構造物全般チェックリスト(抜粋)

### (3) 衝撃振動試験の実施結果及び補強計画

同社では、本件橋脚に対し、定期検査とは別に平成15年5月と平成24年12月に衝撃振動試験<sup>\*21</sup>による固有振動数<sup>\*22</sup>の測定を実施している。平成15年5月の計測が本件橋脚の初回計測であり、平成24年12月の計測は(2)に記述した根固め工の変状に対する詳細調査として実施したものである。表4に衝撃振動試験による固有振動数の変化を示す。

表4 衝撃振動試験による固有振動数の変化

平成15年5月	11.597 Hz
平成24年12月	11.108 Hz
差	0.489 Hz
低下率	4.22 %

\*21 「衝撃振動試験」とは、重さ約30kgの重錘を用いて橋脚天端付近やラーメン高架橋上部を打撃し、それにより得られる応答波形に対して対象構造物の固有振動数を決定する試験法をいう。

\*22 「固有振動数」とは、振動体を自由に振動させたときの、その振動体が示す固有の振動数をいう。

同社によると、平成24年12月に実施した結果は、平成15年5月の初回計測値と比較して、固有振動数に大きな減少が見られなかったことから、早急に安全性を脅かす変状ではないと判断したとのことであった。

その後、2.3.2.4に記述した平成26年6月2日の徒歩巡回時に、本件橋脚の根固め工の損傷が進行している状況を確認したことから、補強が必要と判断し、翌年度からの長期予算計画（平成27年度～平成37年度）において、平成30年度に補強工事を実施する計画が立てられた。しかしながら、平成28年の予算見直しにおいて、他の工事案件と比較して優先度が低いと判断されたことにより、予算措置が1年先送りされることとなり、具体的な補強内容については本事故発生時点では検討されていない状況であった。

また、根固め工の補強が完了するまでの間において、橋脚の不安定化を監視する措置や運転規制の見直し等は実施されていなかった。

#### (4) 本件橋りょうの主な補修実績

本件橋りょうにおいて、これまでに行われた主な補修等の実施状況は表5のとおりである。本件橋脚の根固め工は、昭和28年の台風第13号により上下線P5、P6橋脚周囲の地盤が侵食される被害を受けたことから、昭和29年に施工されたことが記録されていた。

表5 本件橋りょうの補修等の実施状況

実施時期	部 位	補修等の内容
昭和10年	上下線P1橋脚	コンクリート構造に改築
昭和11年	上下線P2、P3、P4橋脚 本件橋脚の一部基礎	根固め工施工
昭和24年	A1橋台基礎及び翼壁 <sup>*23</sup>	改築
昭和29年	上下線P5、P6橋脚	根固め工施工
昭和41年	上り線P2橋脚桁座	桁座コンクリート補修
昭和42年	下り線橋りょう桁	補修

\*23 「翼壁」とは、橋台の左右両側の土留めをいう。

### 2.3.3 車両に関する情報

#### (1) 本件列車の車両の概要

本件列車の編成は図5のとおりである。

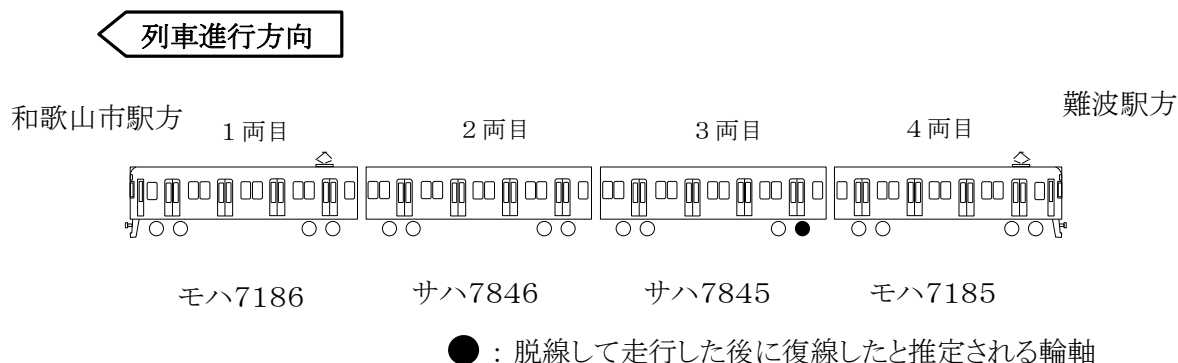


図5 本件列車の編成

また、車両の主な諸元は次のとおりである。

車種                      直流電車（1,500V）  
 編成両数                4両  
 編成定員                602名  
 空車重量

記号番号	モハ7186	サハ7846	サハ7845	モハ7185
空車重量 <sup>*24</sup>	38.0 t	30.0 t	30.0 t	38.0 t

編成長                    82.9 m

#### (2) 検査等の履歴

本事故前直近における本件列車の各定期検査の実施時期は、表6のとおりである。

各定期検査の記録には、異常は認められなかった。本事故前直近の全般検査又は重要部検査<sup>\*25</sup>における静止輪重比は、管理値（10%）以内であり、輪軸寸法、車両及び台車の組立寸法は整備基準値内であった。また、事故後に行った車両調査において、本事故により損傷したものと考えられる箇所以外には、特に異常は認められなかった。

\*24 [単位換算] 1 t = 1,000 kg (重量)、1 kg (重量) = 1 kgf、1 kgf = 9.8 N

\*25 「重要部検査」とは、同社における車両の検査の種類の一つで、動力発生装置、走行装置、ブレーキ装置等重要な装置の主要部分について、4年又は走行距離が60万kmを超えない期間のいずれか短い期間ごとに行う検査をいう。

表6 各定期検査の実施時期

	モハ7186	サハ7846	サハ7845	モハ7185
全般検査 <sup>*26</sup>	平成24年5月18日		平成28年2月16日	
重要部検査	平成28年2月16日			
状態・機能検査 <sup>*27</sup>	平成29年10月16日			

## 2.3.4 男里川に関する情報

### 2.3.4.1 男里川の概要

男里川は、大阪府泉南市と阪南市との境を流れ、金熊寺川、山中川、菟砥川の三河川が合流して大阪湾に注ぐ河川であり、大阪府岸和田土木事務所が管理する二級河川<sup>\*28</sup>である。延長は約2.5km、流域面積は約58.66km<sup>2</sup>、河床勾配は1/300～1/250、主に築堤形状であり、金熊寺川との合流点から河口までの川幅は90～110m、高水敷を有する複断面構造<sup>\*29</sup>となっている。

男里川水系の流域図を図6に示す。



※ 大阪府岸和田土木事務所提供

図6 男里川水系の流域図

本件橋りょうについては、P1橋脚からP6橋脚まで全ての橋脚が低水路内に位置し、P6橋脚の和歌山市駅側からA2橋台間が高水敷に位置している。

\*26 「全般検査」とは、同社における車両の検査の種類の一つで、車両全般について、8年を超えない期間ごとに行う検査をいう。

\*27 「状態・機能検査」とは、同社における車両の検査の種類の一つで、車両の状態及び機能について、3月を超えない期間ごとに行う検査をいう。

\*28 「二級河川」とは、河川の等級の一つで、一級河川以外の水系で公共の利害に重要な関係があるもののうち、都道府県知事が指定した河川をいう（河川法（昭和39年法律第167号）第5条第1項）。

\*29 「複断面構造」とは、常時水の流れている低水路と洪水のときだけ水の乗る高水敷に分かれている断面をもつ河道をいう。



(付図2 事故現場付近の地形図、付図4 事故現場拡大略図(平面図)、付図5 事故現場拡大略図(断面図)、付図6 事故現場の状況 参照)

#### 2.3.4.2 みお筋の変化

過去に撮影された航空写真、同社提供の検査写真、図面等から確認できる本件橋りょう付近のみお筋<sup>\*30</sup>の変化状況を表7に、これらに対応する航空写真の一部を図7に示す。また、平成21年以降の和歌山市駅方の砂州<sup>\*31</sup>の概略位置の変化を平成20年撮影の航空写真に重ねて示したものを図8に示す。

昭和10年のみお筋や2.3.2.3(2)に記述した根固め工が設置された昭和29年ごろのみお筋の位置は、P1橋脚付近であったが、平成18年にはP4～本件橋脚付近にも存在するようになり、平成20年ごろにはP4～本件橋脚付近のみに位置するようになった。

また、本件橋脚周辺の砂州は、平成20年以降、徐々に侵食され、平成24年には本件橋脚が流路内に位置するようになっている。

表7 みお筋の変化状況

時 期	みお筋の変化状況
昭和10年ごろ	みお筋はP1付近に存在
昭和29年ごろ	みお筋はP1付近に存在
昭和50年3月	みお筋はP1～P2付近に移動
昭和60年11月	みお筋はP1～A1付近に移動し、砂州の植生の固定化が進行
平成9年5月	みお筋はP3～P4付近に移動
平成18年4月	みお筋はP1付近とP4～P5付近に存在
平成20年5月	みお筋はP4～P5付近のみとなり、P2～P4付近の植生の固定化が進行
平成24年～平成28年	みお筋はP4～P5の和歌山市駅側に拡大、砂州の植生の固定化が進行

\*30 「みお筋」とは、平時に水が流れている道筋をいう。

\*31 「砂州」とは、河川・河口あるいは砂浜海岸等に細長く礫<sup>れき</sup>の堆積したものをいう。

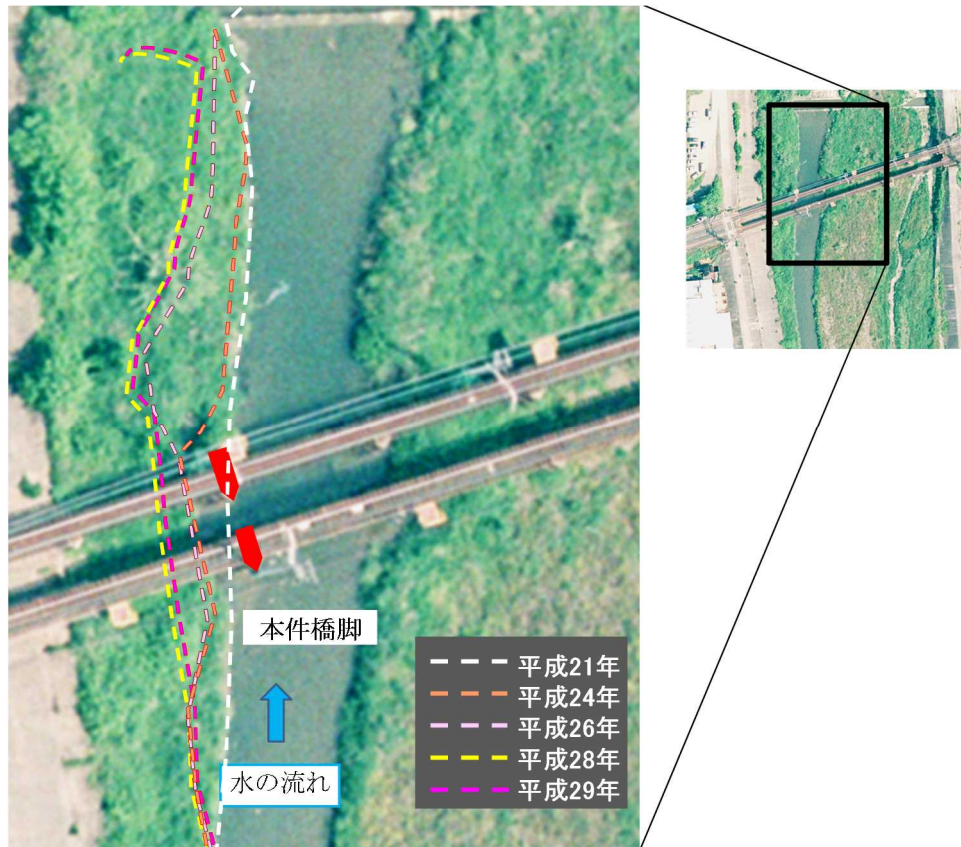


※写真に向かって下方が上流、上方が下流に当たる。

※図中の矢印は、本件橋脚の位置を示す。

※この図は、国土地理院撮影の空中写真に色調等を加工して作成した。

図7 昭和50年から平成20年までのみお筋の変化



※この図は、国土地理院撮影の空中写真（平成20年撮影）に色調等を加工して作成した。

図8 平成21年から平成29年までの砂州の概略位置の変化

平成20年以降の本件橋脚付近の河床の状況については、同社が撮影した記録写真（図9）によると、平成20年撮影の写真では、本件橋脚の根固め工（コンクリート床版、鋼矢板）の天端と河床の高さがほぼ一致していることが確認できるが、平成24年及び平成26年撮影の写真からは、本件橋脚周辺の河床が低下し、砂州が侵食により流失している状況が確認できる。

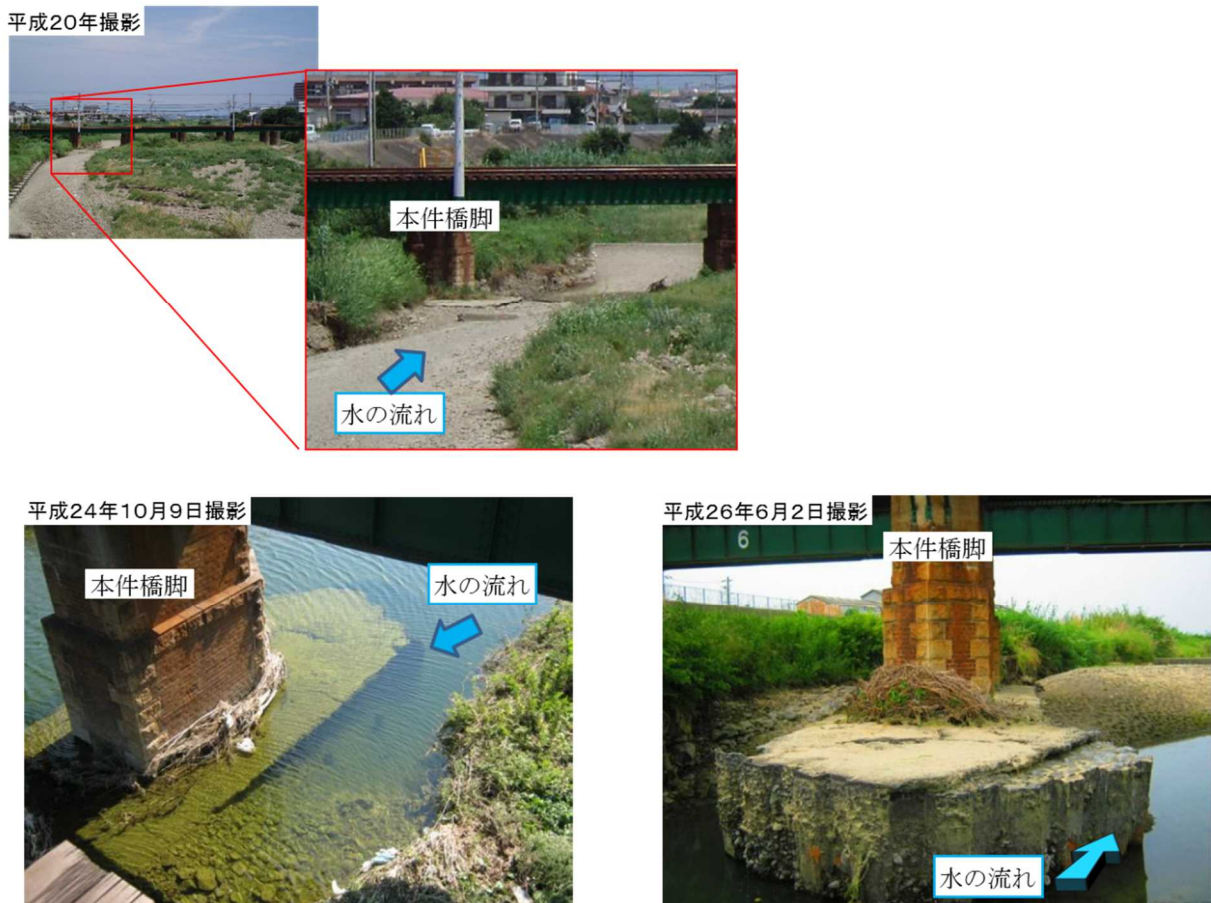


図9 本件橋脚付近の流況

(付図7 本事故発生前の本件橋脚の根固め工の状況、付図8 本件橋りょう付近のみお筋の変化(イメージ図) 参照)

## 2.4 鉄道施設及び車両等の損傷、痕跡に関する情報

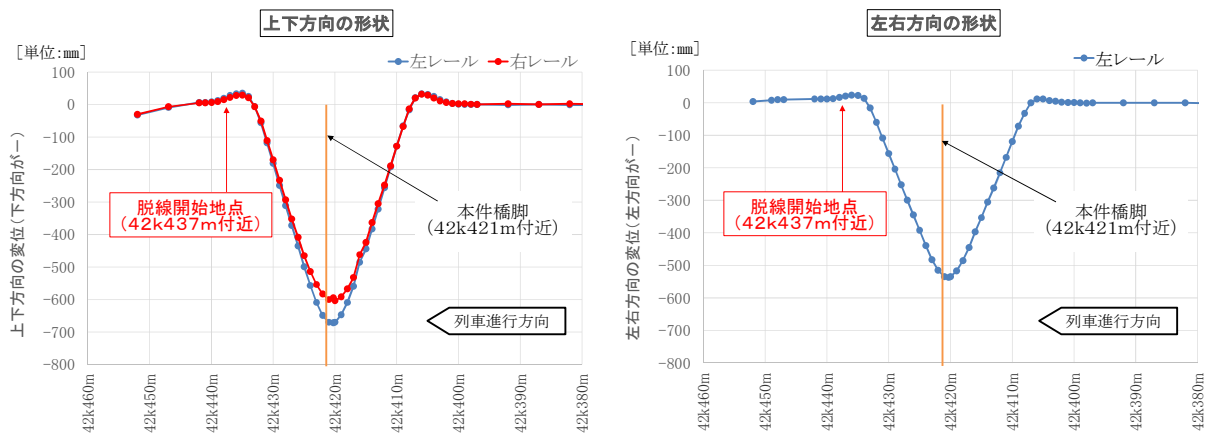
### 2.4.1 鉄道施設の損傷及び痕跡の状況

#### 2.4.1.1 軌道の状況

##### (1) 軌道の変形状況

現場調査において確認したところ、下り線42k407m付近から42k434m付近にわたり軌道が沈下し、左に湾曲しており、本件橋脚直上の軌道の変形量が最も大きくなっていた。

その後に行った測定(測定日:平成29年11月1日~2日)によると図10のとおり沈下及び湾曲した箇所は、最大で下側に672mm、左側に537mm変形していた。



※ 図中の「脱線開始地点(42k437m付近)」については、後述する「3.1 脱線に関する分析」による位置を示す。

図10 軌道の変形状況

(2) 軌道の損傷状況及び脱線の痕跡

軌道の主な損傷状況及び脱線の痕跡は図11及び表8のとおりである。

42k437m付近から42k439m付近にかけて、右レール頭頂面に軌間内側から外側へと続く線状痕があり、その先から樽井10号踏切(42k454m)までの左右レールそれぞれの右側のレール締結装置\*32等が一部損傷し、車輪が走行したことにより生じたとみられる接触痕が連続的に認められた。

また、42k453m付近において、樽井10号踏切の左側の踏切ガード\*33の折損及び舗装ブロックの損傷が認められ、折損した踏切ガードの一部は、折損した位置から約8m和歌山市駅方の上下線の線間で発見された。

なお、樽井10号踏切の先から2.3.1.3に記述した本件列車の停止地点までの軌道上に損傷は認められなかった。

\*32 「レール締結装置」とは、車両の走行によって起こる荷重や振動に抵抗して、左右2本のレールをまくらぎに締結し、軌間を保持するものをいう。

\*33 「踏切ガード」とは、踏切部分で列車の走行に必要なフランジウェーを確保し、車両の脱線による重大事故を防止するために本線レールと平行して軌間内に設置するガードレールをいう。

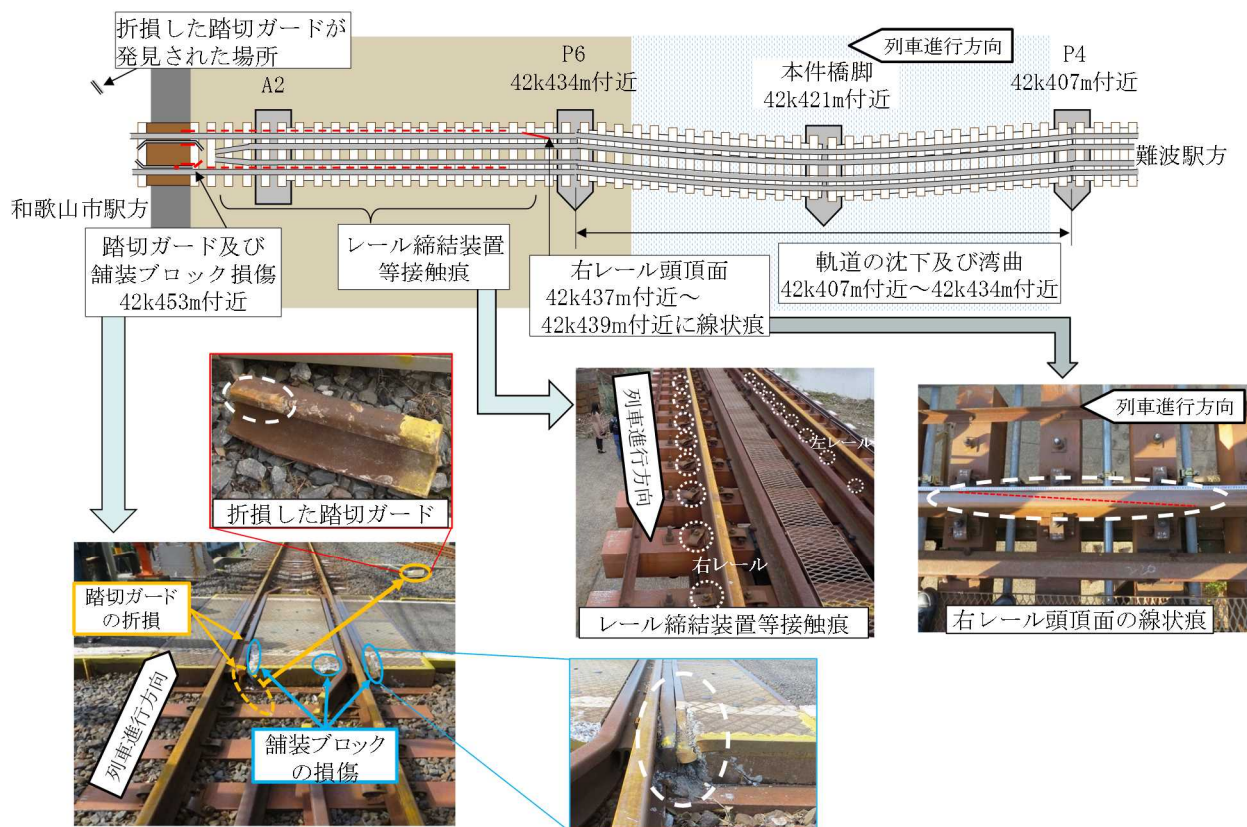


図 1 1 軌道の損傷状況及び脱線の痕跡

表 8 軌道の主な損傷状況

損傷部品	数 量
橋まくらぎ (合成)	2本
レール締結装置	81組
継目ボルト	24本
踏切ガード	1本
舗装ブロック	3個

#### 2.4.1.2 本件橋りょうの損傷状況

##### (1) 本件橋りょうの損傷状況

本件橋脚は沈下及び左方向（上流側）へ傾斜しており、本件橋脚が支える二つの桁は、沈下及び傾斜した本件橋脚によって、いずれも変位している状態であった。

その後に行った測量（測量日：平成29年10月25日）によると、本件橋脚は図12のとおり下方向に674mm、左方向（上流側）に494mm移動している状態であった。

さらに、その後に行った調査によると、本件橋脚の躯体とフーチング部が

分離して傾斜している状態であった。

本件橋りょうの主な損傷状況は次のとおりであった。

① 上部工

5連目（P4～本件橋脚）：P4側支承部アンカーボルト<sup>\*34</sup>の欠落・損傷、主桁上フランジのカバープレートの亀裂

6連目（本件橋脚～P6）：本件橋脚側の支承部ソールプレートの浮き

② 下部工

本件橋脚：躯体とフーチング部が分離して傾斜、根固め工の破損

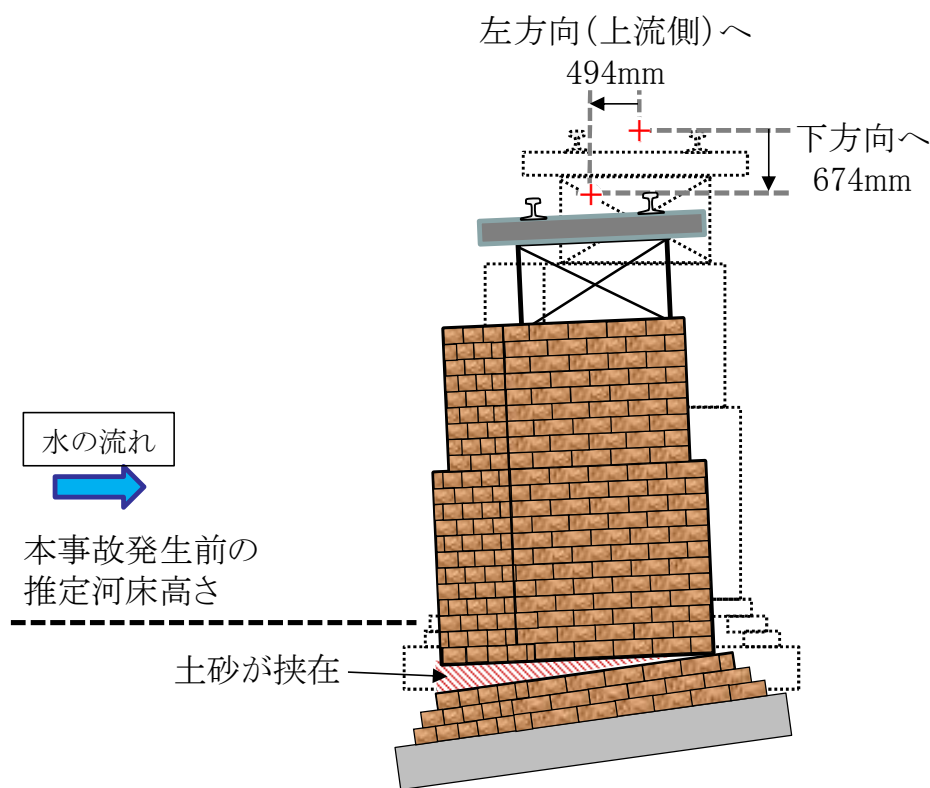


図12 本件橋脚の沈下及び傾斜の状況

(2) 本件橋脚の根固め工の状況

本件橋脚には根固め工が設置してあったが、本事故発生後の現場調査では、根固め工の大半が破損して原形をとどめておらず、本件橋脚の右側(下流側)に位置する上り線P5橋脚に、破損した根固め工の床版コンクリートとみられるコンクリート塊が張り付いている状況が確認された。(付図6 事故現場

\*34 「アンカーボルト」とは、支承や鋼製橋脚をコンクリートの基礎に固定する場合に用いるボルトなど、土台に埋め込んで用いるボルトの総称をいう。

の状況 参照)

その後の調査において、コンクリート塊（最大約3.8m×約1.1m、厚さ約0.25m）や鋼矢板（長さ2.5m、幅0.4m）等が本件橋脚周辺で発見された。

#### 2.4.2 車両の損傷及び痕跡の状況

3両目後台車第2軸の右車輪のフランジ<sup>\*35</sup>裏側及び左車輪のフランジ表側に擦過痕が確認され、同軸両車輪のフランジ先端部に打痕や擦過痕が、それぞれ確認された。また、3両目後部及び4両目前部では、コンクリートが粉砕されたような小さな切片の付着が確認された。

各車両におけるその他の主な損傷状況は、次のとおりである。

(1) モハ7186（1両目）

スカートにゆがみが生じており、スカート下部に2箇所<sup>\*</sup>の擦過痕（幅約5cm、擦過痕の間隔は約1m）が認められた。

(2) サハ7846（2両目）

後方連結器の胴受<sup>\*36</sup>が損傷しており、同連結器と外板<sup>\*37</sup>裾部との接触痕が認められた。

(3) サハ7845（3両目）

前方・後方連結器の胴受が損傷しており、同連結器と外板裾部との接触痕が認められた。

(4) モハ7185（4両目）

スカートにゆがみが生じており、スカート下部の2箇所<sup>\*</sup>に擦過痕（幅約5cm、擦過痕の間隔は約1m）が認められた。また、前方連結器の胴受が曲損しており、ブレーキ管に亀裂及び漏気、前台車の台車枠<sup>\*38</sup>と車体横はり<sup>\*39</sup>に接触痕が認められた。

(付図9 車両の主な損傷状況、付図10 車輪の痕跡 参照)

#### 2.4.3 男里川の状況

現場調査（調査日：平成29年10月23日～25日）において確認した本件橋りょう付近における男里川の状況は次のとおりであった。

---

\*35 「フランジ」とは、車輪がレール上を回転しながら進む際、脱線しないように誘導するために、車輪の外周に連続して設けられた突起部分（輪縁）をいう。

\*36 「胴受」とは、鉄道車両の連結器胴体を下方から支え、他車との連結に供される部分の高さを維持する装置をいう。

\*37 「外板」とは、構体を構成する外側の板をいう。

\*38 「台車枠」とは、台車を構成する主要な構造部材をいう。

\*39 「横はり」とは、台車を構成するまくらぎ方向のはり状の強度部材で、端ばり、まくらはり及び中はりを除いたものをいう。



(1) 流水箇所状況

流水箇所は、P 4 橋脚から P 6 橋脚の間であり、本件橋脚はそのほぼ中心に位置していた。雑木等の流下物の堆積は全ての橋脚で確認できるが、その中でも P 4 橋脚と本件橋脚の左側（上流側）で顕著にみられた。

(2) 流水箇所以外の状況

P 4 橋脚から難波駅方は砂州となっており、特に P 3 橋脚付近には堆積した土砂の上に固定化した植生がみられ、橋脚周囲の河床及び橋脚に侵食・洗掘された様子はみられなかった。

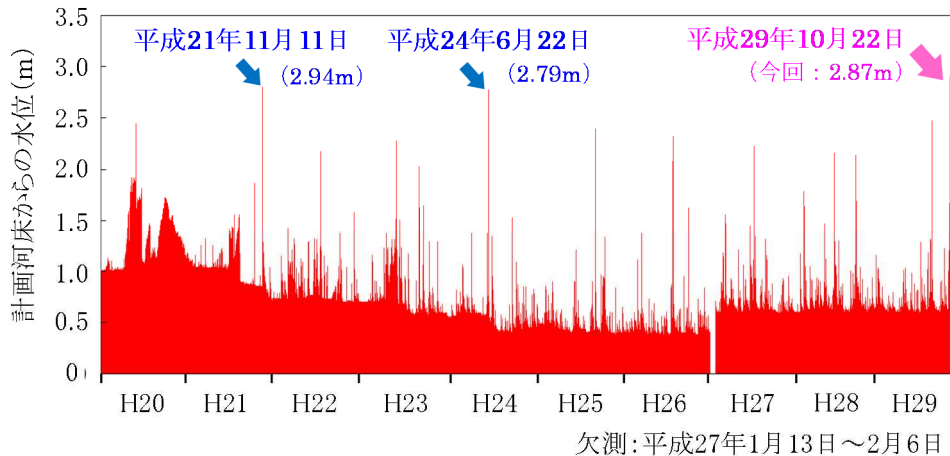
P 1 橋脚及び P 2 橋脚の上流側に軽微ながら局所的な洗掘がみられた。

(3) 河川水位

A 1 橋台の下流方の側壁部には、同社が保有する水位計（以下「同社水位計」という。）が設置されており、2.6.2(2)で後述するように、本事故発生時点までに桁下 2.31 m まで上昇したことが観測されていた。

同社によれば、同社水位計が設置された平成 2 年以降、最高水位を観測したのは、平成 7 年 7 月 4 日の桁下 1.79 m とのことであり、2.6.2 に後述する警備警報値である桁下 2.50 m を超える水位を観測したのは今回で 12 回目とのことであった。なお、みお筋が本件橋脚付近に位置するようになった平成 20 年以降においては、今回の水位は 3 番目の上昇量であり、平成 21 年 11 月 11 日に桁下 2.00 m まで、平成 24 年 6 月 22 日に桁下 2.02 m まで上昇したことが観測されていた。

また、本件橋りょうから約 700 m 上流に位置する大阪府岸和田土木事務所が管理する水位観測所「男里川橋」では、計画河床からの水位を観測しており、その観測記録（以下「大阪府観測記録」という。）によると、平成 20 年から平成 29 年までの水位変化の状況は図 13 のとおりであった。一部に欠測（平成 27 年 1 月 13 日～2 月 6 日）があるものの、期間中には今回観測された水位の他に、平成 21 年 11 月 11 日及び平成 24 年 6 月 22 日に顕著な水位上昇が観測されていた他、頻繁に水位が上昇している状況が観測されていた。



※ この図は、大阪府岸和田土木事務所提供の観測記録を使用して作成した。

図 1 3 男里川橋の平成 2 0 年から平成 2 9 年までの水位変化

#### (4) 本件橋脚付近の河床の状況

本事故発生後の調査において、本件橋脚直下及び本件橋脚の左側(上流側)約 5 m までの間で計 5 箇所ボーリング調査(調査日:平成 2 9 年 1 2 月 4 日～2 2 日)を実施した。

ボーリング調査の概略は図 1 4 のとおりである。本件橋脚付近の地層は、N 値<sup>\*40</sup> 1 0～4 0 程度の砂礫層<sup>\*41</sup>、その下には砂質粘土層、シルト<sup>\*42</sup>混じり砂層と続いており、これらの各層はほぼ水平に堆積している。フーチング底面は砂礫層に位置している。

また、同社では本事故の応急復旧工事のための作業ヤードとして、平成 2 9 年 1 0 月 2 7 日～1 1 月 3 日にかけて、流路の付け替えと本件橋脚周辺の埋め立て工事を行っており、ボーリング調査の結果、流速が低下した際に堆積したとみられる密度の低い N 値 1 0 以下の堆積物と埋め立てに用いた盛り土(以下「堆積物等」という。)が本件橋脚周辺(本件橋脚から上流側に約 5 m の範囲)の表層に分布している状況が確認された。

\*40 「N 値」とは、土の硬さや締まり具合を表す単位で、重さ 6 3. 5 キロのハンマーを 7 5 センチの高さから落とし、測定用のさし棒を 3 0 センチ打ち込むのに要する打撃数をいう。

\*41 「砂礫層」とは、砂や礫などの粗流砕屑物が堆積したものをいう。

\*42 「シルト」とは、日本統一土質分類法によれば粒径 5～7 5 μm の土粒子を「シルト粒子」と定義している。

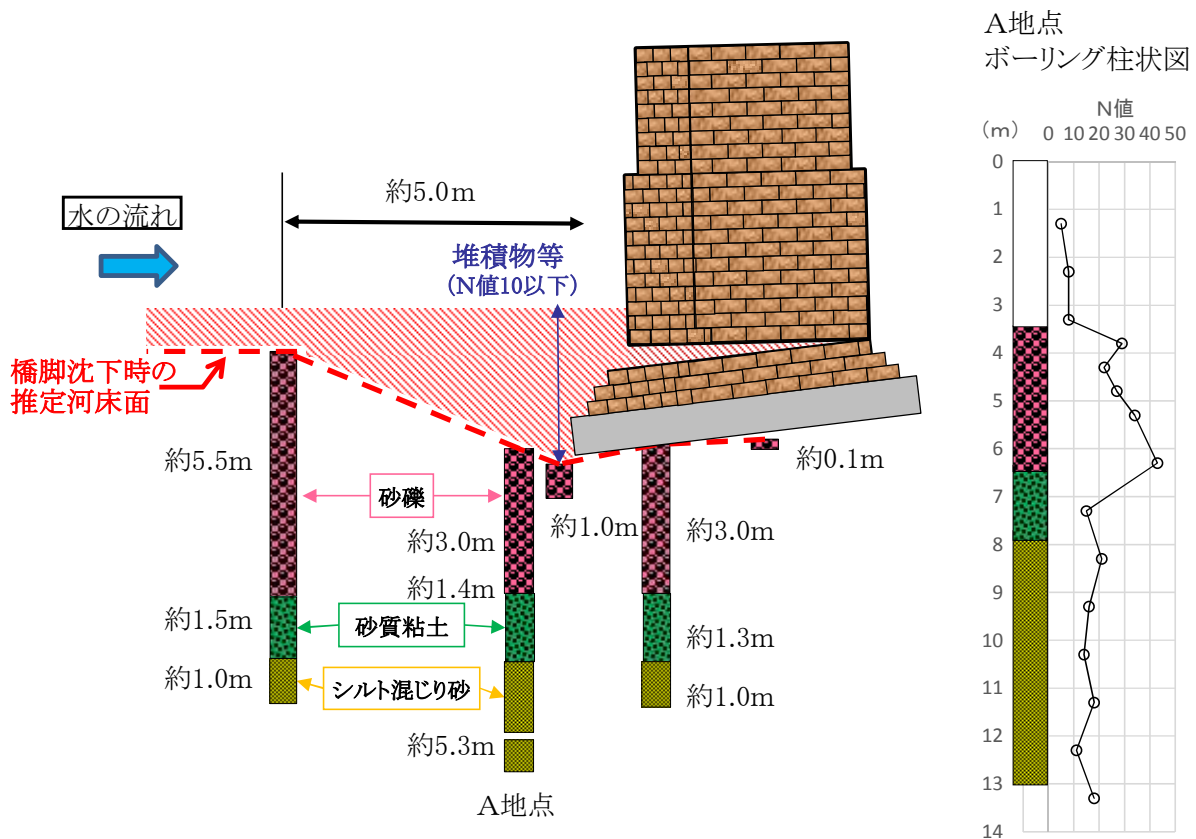


図 1.4 ボーリング調査結果（概略図）

## 2.5 乗務員に関する情報

本件運転士 男性 50歳

甲種電気車運転免許

平成4年3月25日

本件事掌 男性 48歳

## 2.6 運転取扱い等に関する情報

### 2.6.1 降雨による運転規制

#### (1) 降雨による運転規制等に関する規程

同社の「防災運転取扱要綱」によれば、事故現場付近は事故現場から北東へ約4km離れた吉見ノ里よしみのみさと駅構内の雨量計（以下「吉見ノ里雨量計」という。）の観測結果により、降雨に対する運転規制等を実施することとされている。同要綱第11条に規定された事故現場を含む泉佐野駅～尾崎駅間における警報区分ごとの警報値は、表9のとおりである。

表9 警報区分ごとの警報値

(単位：mm)

規制区間	警報区分									
	警備警報			注意警報			警戒警報			停止警報
	時雨	連続	時雨 + 連続	時雨	連続	時雨 + 連続	時雨	連続	時雨 + 連続	時雨
泉佐野 ～ 尾崎	30	200	25 + 180	40	250	35 + 230	50	300	45 + 280	60

※ 表中の「時雨」は1時間降水量を、「連続」は連続雨量を示す。

また、警報値以上となったときの取扱いについては、次のとおり規定されている。

防災運転取扱要綱（抜粋）

（異常時体制の発令及び解除）

第4条 指令員は、警備警報が継続（10分間を標準とする。）したとき又はそれ以上の警報となったときは、関係箇所に通報すると共に、必要に応じて異常事態の警戒・処理要綱（平成元年鉄本部達甲第29号）第9条に規定する4号体制の発令を運輸部長に要請するものとする。

（略）

（運転規制の指令）

第5条 指令員は、防災情報装置又は駅区長からの報告により、数値がそれぞれの規制値以上となったとき若しくは保守担当区長（区長の命じた者を含む。以下、同じ。）から運転規制の要請があったときは、次の各号の運転規制を指令するものとする。ただし、鋼索線については、警戒運転規制及び注意運転規制を除く。

- (1) 運転中止規制の指令 停止警報となったときは、列車又は車両の運転を一時中止させる指令をすること。
- (2) 警戒運転規制の指令 警戒警報となったときは、列車又は車両の運転速度を25 km/h以下に規制する指令をすること。
- (3) 注意運転規制の指令 注意警報となったときは、列車の運転速度を50 km/h以下に規制する指令をすること。

2～4 （略）

(降雨による運転規制)

第12条 指令員は、第10条に規定する運転規制適用区間の雨量が前条に規定する警報値以上となったとき又は駅区長若しくは保守担当区長(鋼索線においては、検車区長を含む。)から運転規制の要請を受けたときは、第5条に規定する運転規制の指令を行うものとする。

(略)

異常事態の警戒・処理要綱(抜粋)

(体制区分)

第9条 体制の区分は、次のとおりとする。

体制区分	災害の程度	対策本部長及び副本部長	現地統括責任者
(略)	(略)	(略)	(略)
4号体制	◎ 気象台が気象警報を発令したときで、特に警戒の必要などとき ◎ その他特に警戒・処理の必要などとき	運輸部長又は運輸部長の指名した者	その都度運輸部長が指名する
(略)	(略)	(略)	(略)

2 (略)

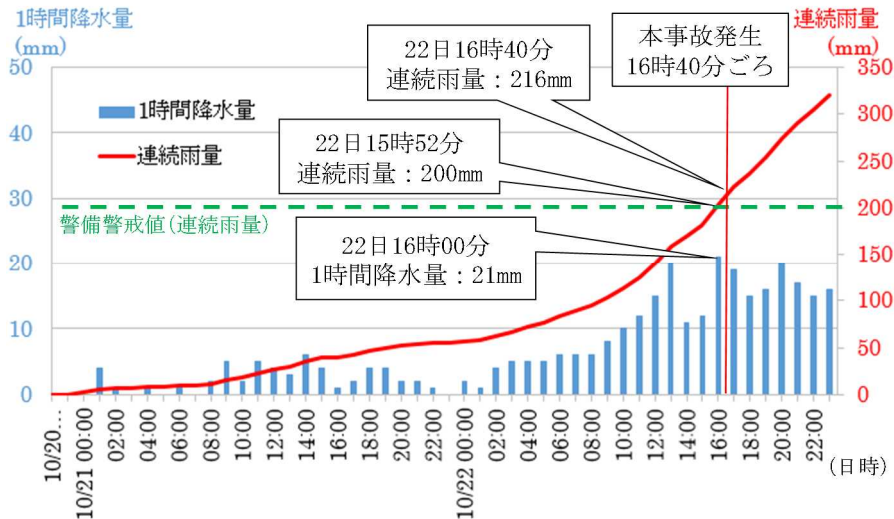
(2) 本事故当日の降雨による運転規制の状況等

吉見ノ里雨量計の観測記録によると、10月20日21時10分から降水量を観測し始め、本事故発生時までの「正時ごとの1時間降水量」\*43(以下「1時間降水量」という。)の最大値は21mm(10月22日16時観測)、連続雨量\*44は216mmであった(図15 参照)。

連続雨量が10月22日15時52分に警備警報の発令値である200mmに達したことにより、指令から関係各所にこの情報が通報された。なお、本事故発生までの間に運転規制は行われていない。

\*43 「1時間降水量」とは、時間単位の時刻を基準に前1時間を計測した降水量をいう。

\*44 ここでいう「連続雨量」とは、降り始めからの累積の雨量をいう(12時間以上の降雨の中断により、連続雨量はリセットされる)。



※ 図中の「本事故発生時刻」については、後述する「3.2 脱線の発生時刻に関する分析」による脱線が発生した時刻を示す。

図 1 5 吉見ノ里雨量計の観測値

## 2.6.2 河川水位による運転規制

### (1) 河川水位による運転規制等に関する規定

同社の「防災運転取扱要綱」によれば、本件橋りょうの河川水位に対する運転規制等は、本件橋りょうの桁下水位に応じて行うこととされている。同要綱第25条に規定された本件橋りょうにおける警報区分ごとの桁下水位は、表10のとおりである。

表 1 0 警報区分ごとの桁下水位

河川水位計設置箇所			警報区分	
線名	橋りょう名	駅間	警備警報	警戒警報
南海本線	男里川	樽井～尾崎	桁下 2.5m	桁下 1.5m

また、警戒警報の水位に達したときの取扱いについては、次のとおり規定されている。同社によると、第26条の「河川の橋梁桁下水位が前条に規定する数値に達したとき」とは、警戒警報の桁下水位を指すとのことであった。

なお、警備警報の水位に達したときの取扱い及び運転規制の指令については、2.6.1に記述した防災運転取扱要綱第4条及び第5条の規定が、それぞれ適用される。

## 防災運転取扱要綱（抜粋）

### （河川増水による運転規制）

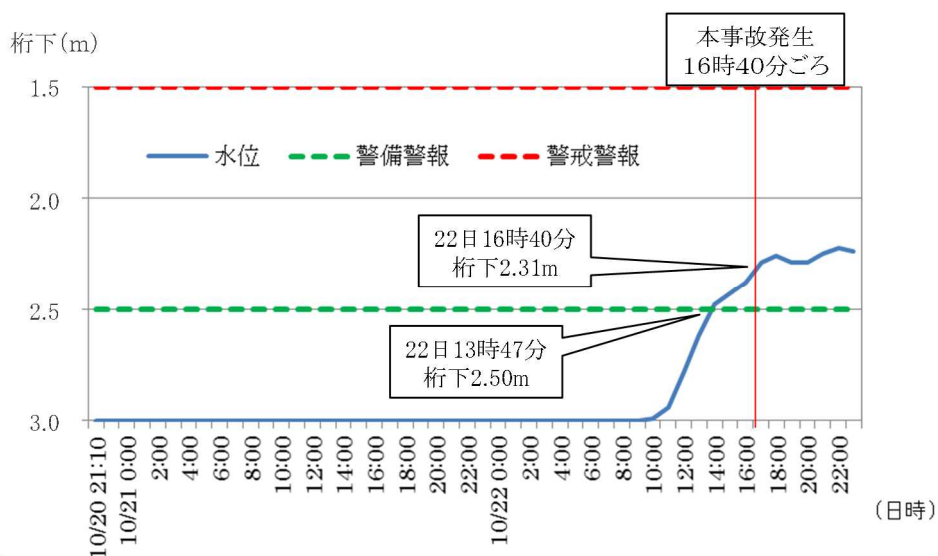
第26条 指令員は、河川の橋梁桁下水位が前条に規定する数値に達したとき又は駅区長若しくは保守担当区長から運転規制の要請を受けたときは、警戒運転規制の指令を行うものとする。

（略）

#### （2）本事故発生当日の河川水位による運転規制の状況等

同社水位計は、水位が桁下3.00mを超えた場合に観測される仕様となっている。平成29年10月22日の水位は、10時ごろから桁下3.00mを超え始め、16時40分ごろには桁下2.31mまで上昇していた（図16参照）。

桁下水位が13時47分に警備警報の発令値である桁下2.50mの水位に達したことにより、運輸指令から関係各所にこの情報が通報された。なお、本事故発生までの間に運転規制は行われていない。



※ 図中の「本事故発生時刻」については、後述する「3.2 脱線の発生時刻に関する分析」による脱線が発生した時刻を示す。

図16 同社水位計の観測値と運転規制値

#### 2.6.3 本事故発生前の列車の運行状況に関する情報

本事故発生当日、本事故発生前に事故現場付近に運転規制は発令されておらず、本件列車が事故現場付近を走行する約4分前の16時36分ごろに上り列車が、ま

た約15分前の16時25分ごろに下り列車が、それぞれ事故現場付近を異状なく走行していた。

## 2.7 気象等に関する情報

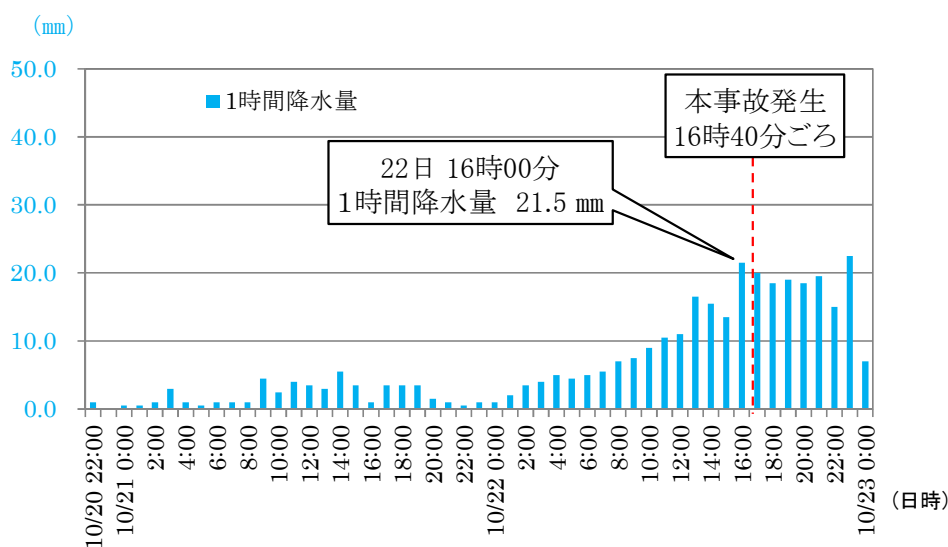
### 2.7.1 本事故発生当日の天気概況

本事故発生当日、平成29年台風第21号が日本の南を北上しており、本州南岸にかかる前線の活動が活発になったため、大阪府南部の広い地域で1時間降水量にして10～20mm程度の降雨が続いていた。

### 2.7.2 時間降水量、日降水量

事故現場から東北東へ約10km離れた位置に設置されている気象庁の熊取地域気象観測所（以下「アメダス熊取」という。）の記録によると、平成29年10月20日22時から23日0時までの1時間降水量は図17のとおりであり、平成29年10月の日降水量<sup>\*45</sup>は図18のとおりである。

これらによると、平成29年10月20日22時から降水量を観測しており、1時間降水量の最大値は本事故発生時刻に近い平成29年10月22日16時の21.5mmであり、同日の日降水量は281.5mmであった。



※ 図中の「本事故発生時刻」については、後述する「3.2 脱線の発生時刻に関する分析」による脱線が発生した時刻を示す。

図17 アメダス熊取における平成29年10月20日22時から23日0時までの1時間降水量

\*45 「日降水量」とは、当日の0時00分～24時00分の間に観測された降水量をいう。



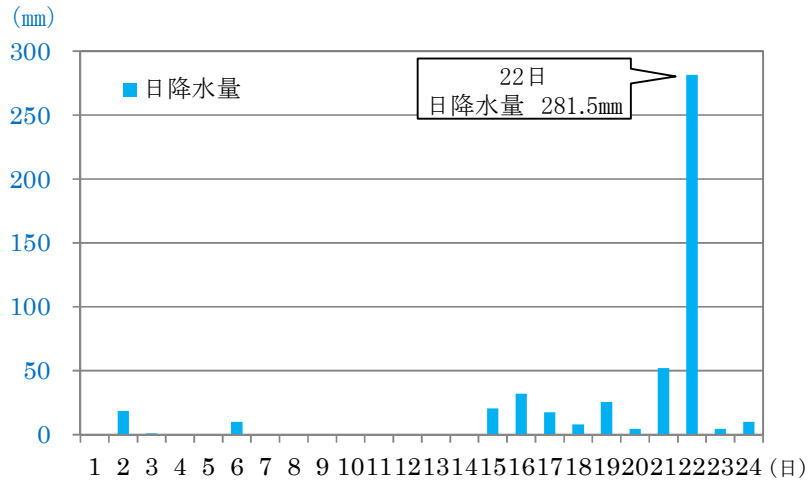
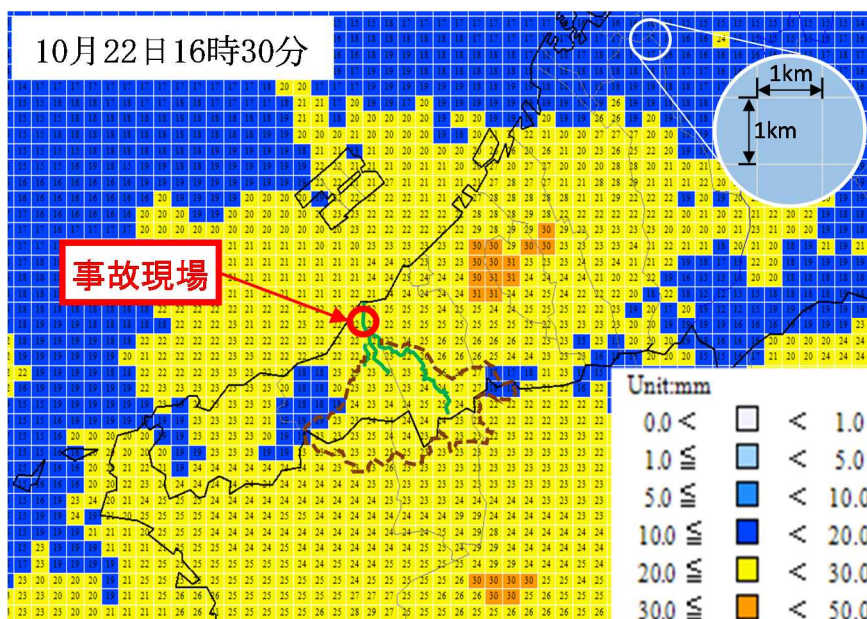


図18 アメダス熊取における平成29年10月の日降水量

### 2.7.3 解析雨量

気象庁の解析雨量<sup>\*46</sup>によると、事故現場付近において本事故発生前で最も多い降水量が確認された平成29年10月22日16時30分の解析雨量は図19のとおりである。これによると、事故現場付近においては1時間当たり20.0～30.0mmの降水量となっている。

\*46 「解析雨量」とは、国土交通省水管理・国土保全局、道路局と気象庁が全国に設置しているレーダー、アメダス等の地上の雨量計を組み合わせ、気象庁が降水量分布として解析したものをいう。1km四方ごとに前1時間の降水量としてデータが格納されており、30分ごとに作成されている。例えば、9時30分の解析雨量は、8時30分～9時30分の降水量である。



- ※ 事故現場付近の緑色の実線は男里川水系を示し、茶色の点線内は流域を示す。
- ※ 黒色の実線は海岸線及び府県境を示す。
- ※ この図は、平成29年10月22日16時30分の解析雨量の分布図（気象庁提供）及び大阪府岸和田土木事務所提供資料を使用して作成した。

図19 事故現場付近の解析雨量

#### 2.7.4 風向、風速及び気温

アメダス熊取の記録によると、本事故発生時刻に近い平成29年10月22日16時40分における風向は北北東、風速は1.7m/s、気温は16.4℃であった。

#### 2.8 避難及び救護に関する情報

本事故発生後に行われた乗客の避難誘導に関しては、同社によると、概略、表11のとおりである。

表 1 1 避難誘導に関する情報

時刻	避難誘導に関する情報
16時40分ごろ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事故発生</li> <li>・本件運転士は、運輸指令に橋りょうが陥没していること、現在、停止していること等を報告</li> </ul>
16時53分ごろ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本件車掌は、運輸指令に乗客にけが人がいることを報告</li> <li>・本件運転士は、運輸指令に先頭車のスカートがゆがんでいることを報告</li> </ul>
17時26分ごろ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・乗客の避難誘導開始</li> <li>・1両目乗務員室及び前から二つ目右側のドアから梯子や座席を使用したスロープにより降車</li> </ul>
17時50分ごろ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・乗客は、車内から避難完了</li> <li>・線路敷きを歩き、尾崎駅又は近隣の踏切から退避</li> </ul>
18時24分ごろ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・車両の措置完了</li> </ul>
18時49分ごろ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・尾崎駅に車両を収容</li> </ul>

## 2.9 運転再開までの主な経過

同社は、運転再開にあたり、本件橋りょうの全橋脚に対し衝撃振動試験を実施し、安全性を確認した上で、平成29年11月1日に上り線を使用して樽井駅～尾崎駅間を単線運転として再開した。

その後、本件橋脚の前後左右に鋼杭を打ち込み、仮設の橋脚を立ち上げ、下り線軌道の復旧工事を完了させ、安全性を確認した上で、平成29年11月23日に複線による運転を再開した。

# 3 分析

## 3.1 脱線に関する分析

### 3.1.1 脱線地点に関する分析

2.3.1.3に記述したように、本件列車は、その先頭が42k672m付近に停止し、車輪は全てレールに載線していたが、

- (1) 2.4.1.1(2)に記述したように、42k437m付近から42k439m付近にかけて右レールの頭頂面に、軌間内側から外側へと続く線状痕があり、線状痕の先から樽井10号踏切までの間の左右レールそれぞれの右側のレール締結装置等が連続的に損傷していたこと、
- (2) 2.4.2に記述したように、3両目後台車第2軸の右車輪及び左車輪に打痕や

擦過痕が確認されたこと

から、本件列車は、3両目後台車第2軸の右車輪が、42k437m付近において右レール頭頂面に乗り上がり（「脱線開始地点」という。）、軌道が沈下及び湾曲した箇所（42k439m付近）の終端付近である42k439m付近において右側に脱線したものと推定される。

### 3.1.2 復線地点に関する分析

2.4.1.1(2)に記述したように、42k453m付近において、樽井10号踏切の左側の踏切ガードが折損し、右レールの右側の舗装ブロックが損傷していたこと、及び樽井10号踏切の先から列車停止地点までの軌道上に損傷が認められないこと、並びに2.4.2に記述したように、3両目後台車第2軸の両車輪のフランジ先端部に打痕が確認されたことから、脱線した3両目後台車第2軸の両車輪が樽井10号踏切の踏切ガードと舗装ブロックに衝撃したことにより復線したものと推定される。

### 3.1.3 脱線の状況に関する分析

3.1.1に記述したように、軌道が沈下及び湾曲した箇所（42k439m付近）の終端付近で、3両目後台車第2軸が脱線したことについては、2.4.1.1(1)に記述した軌道が沈下及び湾曲した箇所を本件列車が走行した際に、車両に大きな左右動揺が発生し、さらに、同箇所（42k439m付近）の終端付近の凸方向の縦曲線によって、3両目後台車第2軸の輪重が減少したことによる可能性があると考えられる。

## 3.2 脱線の発生時刻に関する分析

- (1) 3.1に記述したように、本件列車は42k439m付近において、3両目後台車の第2軸右車輪が右側に脱線したと推定されること、
  - (2) 2.1.2に記述したように、運転状況記録装置の走行距離情報から算出したキロ程によると、16時40分39秒～40秒ごろに42k437m付近～42k439m付近を3両目後台車第2軸が通過していること
- から、本件列車の脱線が発生した時刻は、16時40分ごろであったと推定される。

## 3.3 鉄道施設及び車両の損傷に関する分析

### 3.3.1 軌道の変形に関する分析

- (1) 2.4.1.1(1)に記述したように、42k407m付近から42k434m付近にわたって軌道が沈下し、左に湾曲しており、本件橋脚直上の軌道の変形量が最も大きくなっていたこと、
- (2) 2.4.1.2(1)に記述したように、本件橋脚は沈下及び左への傾斜が生じ、本

件橋脚が支える二つの桁は、沈下及び傾斜した本件橋脚によっていずれも変位している状態であったこと

から、事故現場付近の線路は、本件橋脚が沈下及び傾斜したことにより、本件橋脚が支える二つの桁が変位し、軌道が大きく沈下及び湾曲したものと推定される。

### 3.3.2 車両の損傷に関する分析

2.4.2に記述したように、1両目及び4両目のスカートの2箇所<sup>2</sup>の擦過痕については、擦過痕の傷幅が約5cm、傷の間隔が約1mであり、これは、レール頭頂部の幅(65mm)及び軌間(1,067mm)とおおむね一致することから、沈下により生じた軌道の凹部走行時に1両目の車体前部及び4両目の車体後部がレールに接触したことにより生じたものと考えられる。

なお、2.1.1(1)に記述した、ブレーキ試験の際にブレーキが緩解できなかったことについては、2.4.2(4)に記述したように、4両目前方連結器付近のブレーキ管に亀裂及び漏気が生じていたことから、ブレーキ管圧力が減圧したことにより生じたものと推定される。

## 3.4 降雨及び河川水位に関する分析

### 3.4.1 降雨に関する分析

本事故発生時の気象状況については、

- (1) 2.1.1(1)、(2)及び(3)に記述したように、本件列車の乗務員及び乗客Aが天気は雨であったと口述していること、
- (2) 2.7.2に記述したように、アメダス熊取の記録によると、平成29年10月20日22時から降水量を観測しており、本事故発生時刻に近い10月22日16時の1時間降水量が21.5mmを観測していること、
- (3) 2.7.3に記述したように、同日16時30分の事故現場付近の解析雨量は、20.0～30.0mmであったこと

から、本事故発生時の事故現場付近は雨であったと推定される。なお、気象状況から事故現場付近のレールは湿潤状態であったと考えられる。

### 3.4.2 河川水位に関する分析

2.4.3(3)に記述したように、

- (1) 同社水位計の観測記録から、平成2年以降において、桁下2.50mを超える水位を観測したのは今回で12回目であったこと、
- (2) 同社水位計の観測記録から、みお筋が本件橋脚付近に位置するようになった平成20年以降において、今回の水位上昇量は、過去3番目であったこと、

- (3) 大阪府観測記録から、平成20年以降において、今回と同規模の水位上昇が過去2回観測されていること

から、本事故発生時の河川水位は高かったものと考えられるものの、過去の水位の記録によれば、同程度の水位は数年に一度の間隔で観測されていることから、今回が特別に高い水位ということではなかったと考えられる。

なお、大阪府観測記録は、本件橋りょうから約700m上流に位置する観測所の記録であり、厳密には本件橋りょう付近の状況とは異なる可能性はあるが、水位変化の傾向はほぼ一致すると考えられる。

### 3.5 運転取扱い等に関する分析

#### 3.5.1 沈下箇所発見時の運転状況に関する分析

- (1) 2.1.1(1)に記述したように、本件運転士は、速度約70km/hで本件橋りょうを渡り始めたとき、約50m前方の線路が大きく凹み、湾曲している状態を発見し、すぐにブレーキを使用した。激しい横揺れと衝撃を感じた後、約200m走行して列車が停止したと口述していること、

- (2) 2.1.2に記述したように、運転状況記録装置の記録によると、本件列車は速度68.95km/hで走行中の16時40分35秒にブレーキが動作し、16時40分38秒に3両目後台車第2軸が軌道沈下最下点付近を速度68.84km/hで通過していること

から、本件運転士は、線路の凹み及び湾曲を発見し、直ちにブレーキを使用した。間に合わず、その箇所を走行したものと推定される。

なお、2.1.1(1)に記述したように、本件運転士は非常ブレーキを使用したと口述しているが、運転状況記録装置の記録からは常用ブレーキが扱われており、非常ブレーキを使用した記録は認められない。このことについては、車両が大きく動揺した中でブレーキ操作をしたことによりブレーキハンドルが非常位置まで届かなかった可能性が考えられるが、詳細について明らかにすることはできなかった。

#### 3.5.2 降雨に対する運転規制等に関する分析

2.6.1(1)に記述したように、事故現場付近は、吉見ノ里雨量計の観測結果により、降雨に対する運転規制等を実施することとしている。

2.6.1(2)に記述したように、本事故発生当日の吉見ノ里雨量計で観測した雨量は、連続雨量が15時52分に同社の定める警備警報の発令値(200mm)に達したことにより、運輸指令から関係各所に情報が通報されていたことから、運転規制等に関する取扱いは、2.6.1(1)に記述した同社の「防災運転取扱要綱」どおりに行われたものと考えられる。

### 3.5.3 河川水位に対する運転規制等に関する分析

2.6.2(1)に記述したように、本件橋りょうにおいては、桁下水位に応じて河川水位に対する運転規制等を実施することとしている。

2.6.2(2)に記述したように、本事故発生当日の男里川の桁下水位は、13時47分に同社が定める警備警報の桁下水位(2.50m)に達したことにより、運輸指令から関係各所に情報が通報されていたことから、運転規制等に関する取扱いは、2.6.2(1)に記述した同社の「防災運転取扱要綱」どおりに行われたものと考えられる。

## 3.6 本件橋脚が沈下及び傾斜したことに関する分析

### 3.6.1 本事故発生前の本件橋脚周辺の状況に関する分析

#### 3.6.1.1 本事故発生前の河床高さ

2.3.4.2に記述したように、

- (1) 昭和10年ごろのみお筋はP1橋脚付近であったが、平成20年ごろにはP4～本件橋脚付近に位置していること、
- (2) 本件橋脚周辺の砂州は、平成20年以降、徐々に侵食され、平成24年には本件橋脚が流路内に位置するようになったこと、
- (3) 平成24年及び平成26年撮影の写真からは、本件橋脚周辺の河床が低下し、砂州が侵食により流失している状況が確認できること

から、本件橋りょう付近における男里川の長期的な流況変化により、平成20年以降、流水が本件橋脚付近へ集中するようになり、本件橋脚近傍の河床が徐々に低下していったと考えられる。このことにより、本件橋脚の根入れ<sup>\*47</sup>の減少や流下方向に対する見かけ上の断面積の増加により河水の流れを阻害しやすい状態となり、本件橋脚周辺で洗掘が生じやすい状況となっていた可能性があると考えられる。

#### 3.6.1.2 本事故発生前の根固め工の損傷状況

2.3.2.4に記述したように、本件橋脚の根固め工は、鋼矢板が上流側にのみ打設された構造であり、鋼矢板が打設されていない橋脚側方部は、丸太による親杭が写真(付図7)から確認できることから、木杭と木板による親杭横矢板構造<sup>\*48</sup>であったと推定される。平成24年にこの部分の損傷(ぐり石等の流失)が確認されていることから、みお筋が本件橋脚付近に集中するようになった平成20年以降において、流水の侵食作用によって、河床が低下するとともに根固め工が露出するようになり、

\*47 「根入れ」とは、地盤高さから基礎下端までの距離をいう。

\*48 ここでいう「木杭と木板による親杭横矢板構造」とは、親杭として木製の杭(木杭)を打設し、親杭の相互間に木製の横矢板(木板)をはめ込む土留め構造をいう。

鋼矢板に比べて脆弱な木杭と木板による親杭横矢板構造の部分から損傷が始まったと考えられる。

その後、平成24年から平成26年にかけて、ぐり石等の流失が進行し、フーチングの側面が露出している状況が確認できることから、本事故発生以前から本件橋脚の根固め工は、洗掘に対する十分な防護機能を有していなかった可能性があると考えられる。

### 3.6.2 本事故発生後の本件橋脚周辺の状況に関する分析

2.4.3.(4)に記述したように、本件橋脚周辺の表層には、流速が低下した際に堆積したとみられる密度の低い堆積物等が分布していたことから、本事故発生当時、この範囲で洗掘が発生し、本件橋脚下面の支持地盤まで洗掘が及んでいたと考えられる。

### 3.6.3 本件橋脚が沈下及び傾斜したメカニズムに関する分析

3.6.1及び3.6.2の分析から、本件橋脚周辺の河床の低下や根固め工の損傷等、本事故発生以前から本件橋脚の洗掘に対する防護機能が低下していたところに、本事故発生当時の増水した河水によって、次のような経過により、本件橋脚は沈下及び傾斜したものと考えられる（図20 参照）。

- (1) 根固め工が損傷していた橋脚側方部の河床から先行して洗掘が発生した。
- (2) 洗掘がフーチング下面の広範囲に拡大し、支持地盤が大きく減少した。
- (3) 底面の支持力を失ったフーチング部は躯体との境界部で分離し、傾斜・沈下した。
- (4) 床版コンクリートが破損・断片化して上り線側とも分離し、本件橋脚が上流側に傾斜・沈下した。



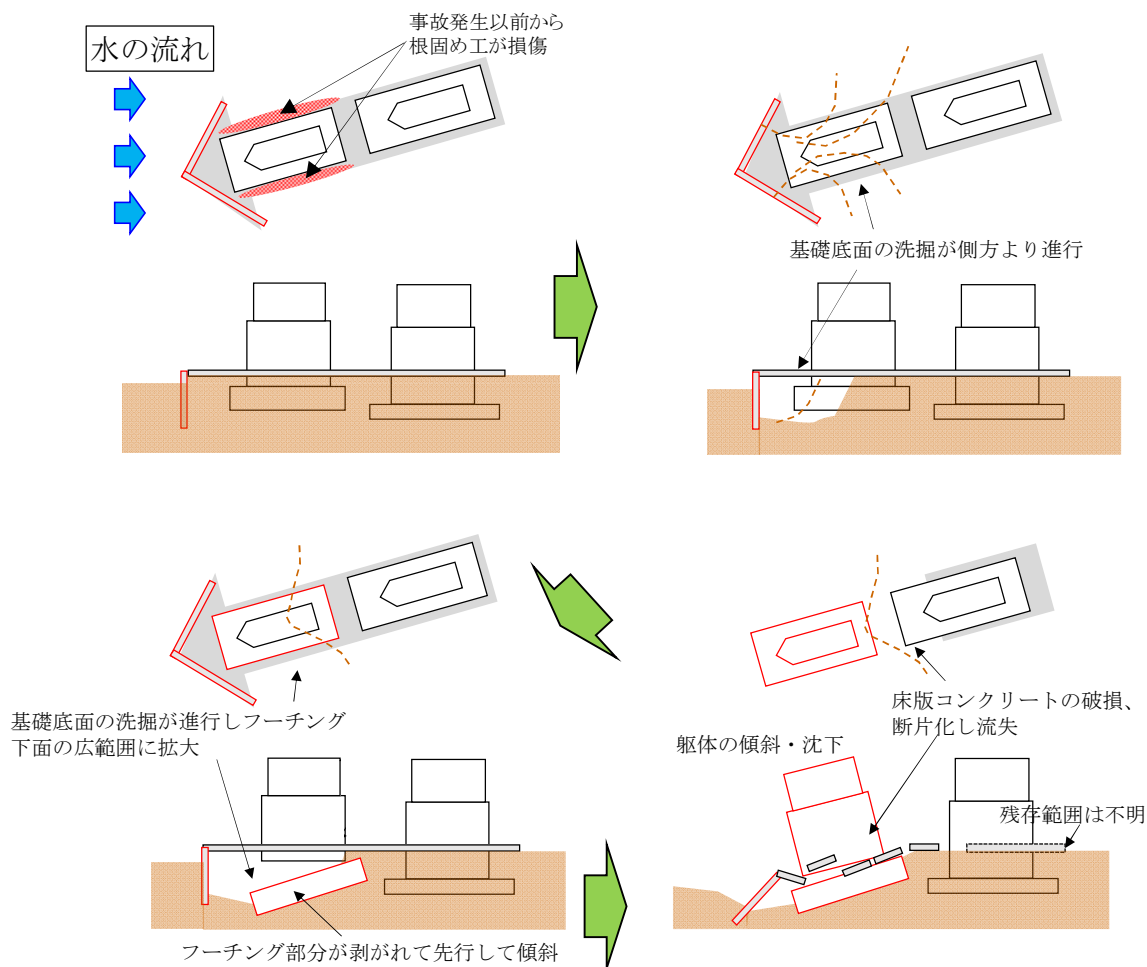


図 20 本件橋脚が沈下及び傾斜したメカニズムのイメージ図

なお、鋼矢板前面よりも基礎底面が先行して洗掘を受けた可能性があると考えられることについては、その要因として、ぐり石が流失しフーチングの側面が露出した橋脚に対して流れが斜め方向に作用したこと、鋼矢板の後方の流れが複雑化して剥離流<sup>はくりりゅう</sup>や渦流<sup>かりゅう</sup>が発生し、橋脚周辺地盤が主に吸い出しを主体とする作用を受けて洗掘が発生した可能性があると考えられる。

### 3.6.4 本件橋脚の沈下及び傾斜の発生時刻に関する分析

2.6.3に記述したように、16時25分ごろに下り列車が事故現場付近を異状なく走行していることから、それ以降から本件列車が事故現場付近に差し掛かった16時40分ごろまでの間に本件橋脚の沈下及び傾斜が急速に進行したと考えられるが、沈下及び傾斜の始まった時刻については、明らかにすることができなかった。

### 3.7 橋りょうの管理に関する分析

#### 3.7.1 通常全般検査に関する分析

##### (1) 河床低下に対する評価

2.3.4.2に記述したみお筋の変化から、平成20年以降、みお筋が本件橋脚付近に集中するようになり、徐々に河床の低下が進行していったと考えられるが、2.3.2.5(2)に記述したように、本件橋脚のチェックリストにおける「河床低下」の調査結果は「無」にチェックがされ、河床低下は把握されていなかった。このため、河床低下による橋脚の根入れの減少や根固め工への流水の影響等に着目した管理を行うことができなかったものと考えられる。

##### (2) 根固め工の変状に対する評価

2.3.2.5(2)に記述したように、同社では、平成25年～29年の通常全般検査において根固め工の変状を確認していたにもかかわらず、チェックリストにおける健全度の判定の対象に根固め工を含めていなかったため、この変状に対する調査結果を健全度の判定に反映した記録はなかった。このことから、健全度の判定結果が根固め工の変状を適切に反映したものとなっていないため、個別検査の必要性の判断が行われず、個別検査が実施されていなかったことにより、根固め工の補修・補強等に対する必要性や緊急性が正確に把握できておらず、必要な措置が講じられなかったものと考えられる。

#### 3.7.2 衝撃振動試験に関する分析

2.3.2.5(3)に記述したように、本件橋脚では、根固め工の変状に対する詳細調査として、平成24年12月に衝撃振動試験が実施されたが、平成15年に実施された初回計測値との比較において固有振動数の大きな減少が見られず、安全性を脅かす変状ではないとの判断がなされている。これは、衝撃振動試験の結果により、橋脚の健全度を確認したことをもって、増水時の洗掘に対しても安定性を維持できるとの判断がなされたことによるものと考えられる。

衝撃振動試験は、あくまでも現状の橋脚の健全度を診断するためのものであり、将来的な増水時における洗掘防護工の機能維持に対してまで評価しているものではない。そのため、現状で固有振動数に大きな減少が見られない橋脚についても、増水時における洗掘防護機能の維持の観点から、河床の状況や根固め工等の洗掘防護工の変状を把握し、健全度を判定する必要がある。

#### 3.7.3 根固め工の補強計画に関する分析

2.3.2.5(3)に記述したように、同社では、平成26年の徒歩巡回において本件橋脚の根固め工の変状を確認したことを受けて、長期予算計画において平成30年度

に補強のための予算措置を講じることが計画されていた。

しかしながら、補強までの間に橋脚の不安定化を監視する措置や運転規制の見直し等の措置は講じられておらず、さらに、平成28年には、詳細な調査を実施することなく補強計画が先送りされていることから、その必要性や緊急性は十分に認識されていなかったと考えられる。

#### 3.7.4 洗掘に関わる検査及び対策に関する分析

3.7.1～3.7.3に記述したように、同社は、根固め工の変状を認識していたが、必要な措置を講じないまま時間が経過し、今回の増水による洗掘の発生によって被災したと考えられる。

経年的な砂州の後退や河床低下、根固め工の流失状況など、長期間にわたる変化を捉え、通常全般検査において根固め工の変状に対する調査結果を反映した健全度の判定を実施し、個別検査により洗掘に対する防護機能が低下している状況を把握して、その結果に基づき根固め工の補修、補強等の措置が講じられていれば、洗掘災害を防止できたものと考えられる。

このプロセスは、鉄道構造物等維持管理標準（構造物編）<sup>\*49</sup>を指針とし、検査手法、健全度判定手法及び措置等について、同標準の解説を参考として実施することが重要である。また、同標準の解説では、「洗掘を受けやすい橋梁を抽出するための採点表」（附属資料1）が提案されており、本件橋脚を対象に評価を行った場合、洗掘防護工の防護条件等の結果から、より詳細な調査が必要な橋脚として抽出されることとなり、個別検査の実施及び補修、補強等の措置に結び付けられた可能性が考えられる。本提案は、洗掘災害発生の危険性がある橋脚を抽出するための評価項目や着眼点が示されており、このような提案を参考にして要注意橋脚の抽出を行うことが、洗掘災害を防止するうえで有効と考えられる。

また、河床の状態や根固め工の損傷状況、みお筋の変化などを把握することは状況により難しい面もあるが、河川の流量が少ない渇水期に検査を行うことや、河床位置の計測による定量的な把握に努めるなど、これらの状況を把握するための効果的な検査手法を検討するとともに、必要により専門機関等による詳細な調査を行うことにより、対策の必要性や緊急性を正確に把握し、その結果に基づく改修計画を策定したうえで、計画的に対策を講じていくことが重要である。

なお、対策の計画策定、実施等にあたっては、鉄道事業者と河川管理者との協議等により、河川の実情や双方の改修計画等に関する認識の共有を図り、連携して対策を実施していくことが望ましい。

---

\*49 「鉄道構造物等維持管理標準（構造物編）」とは、構造物の維持管理の基本的な考え方を示したもので、各鉄道事業者に平成19年1月16日に鉄道局長から通達されている指針をいう。

## 4 結 論

### 4.1 分析の要約

本事故における分析結果をまとめると、以下のとおりである。

#### (1) 脱線

本件列車は、大きく沈下及び湾曲した軌道上を走行したため、軌道が沈下及び湾曲した箇所の終端付近である42k439m付近において、3両目後台車第2軸が右側に脱線し、42k453m付近において、樽井10号踏切の踏切ガードと舗装ブロックに衝撃したことにより復線したものと推定される。

(3.1.1、3.1.2) \*50

#### (2) 軌道の変形

軌道が大きく沈下及び湾曲したことについては、本件橋脚が沈下及び傾斜したため、本件橋脚が支える二つの桁が変位したことによるものと推定される。

(3.3.1)

#### (3) 河川水位

本事故発生時の河川水位は、高かったものと考えられるものの、同程度の水位は数年に一度の間隔で観測されていることから、特別に高い水位というものではなかったと考えられる。(3.4.2)

#### (4) 本件橋脚の沈下及び傾斜

本件橋脚が沈下及び傾斜したことについては、本件橋脚周辺の河床の低下や根固め工の損傷等、本事故発生以前から本件橋脚の洗掘に対する防護機能が低下していたところに、本事故発生当時の増水した河水によって、本件橋脚周辺の広い範囲で洗掘が発生し、支持地盤が大きく減少したことによるものと考えられる。

また、鋼矢板前面よりも基礎底面が先行して洗掘を受けた可能性が考えられることについては、鋼矢板の後方の流れが複雑化して剥離流や渦流が発生し、橋脚周辺地盤が主に吸い出しを主体とする作用を受けた可能性があると考えられる。(3.6.3)

#### (5) 橋りょうの管理

同社は、根固め工の変状を認識し、平成24年に衝撃振動試験を実施していたが、平成15年の衝撃振動試験の結果との比較において、安全性を脅かす変状ではないとの判断がなされていた。しかし、衝撃振動試験は、あくまでも現状の橋脚の健全度を診断するためのものであり、将来的な増水時における洗掘防護工の機能維持に対してまで評価しているものではないことから、衝撃振動

---

\*50 本項の各文章末尾に記載した数字は、当該記述に関連する「3 分析」の主な項番号を示す。

試験で固有振動数に大きな減少が見られない橋脚についても、河床の状況や根固め工等の洗掘防護工の変状を把握し、健全度を判定することが必要である。

したがって、経年的な砂州の後退や河床低下、根固め工の流失状況など、長期間にわたる変化を捉え、通常全般検査において根固め工の変状に対する調査結果を反映した健全度の判定を実施し、個別検査により洗掘に対する防護機能が低下している状況を把握して、その結果に基づき根固め工の補修、補強等の措置が講じられていれば、洗掘災害を防止できたものと考えられる。

河床の状態や根固め工の損傷状況、みお筋の変化などを把握することは状況により難しい面もあるが、河川の流水量が少ない渇水期に検査を行うことや、河床位置の計測による定量的な把握に努めるなど、これらの状況を把握するための効果的な検査手法を検討するとともに、必要により専門機関等による詳細な調査を行うことにより、対策の必要性や緊急性を正確に把握し、その結果に基づく改修計画を策定したうえで、計画的に対策を講じていくことが重要である。(3.7.2、3.7.4)

#### 4.2 原因

本事故は、橋脚が沈下及び傾斜して大きな変形が生じた橋りょう上の軌道を列車が走行したため、3両目後台車第2軸が線路右側に脱線したことにより発生し、その後、脱線した状態で通過した踏切内で復線したものと推定される。

橋脚が沈下及び傾斜したことについては、みお筋が変化して河水が集中したことによる橋脚周辺の河床低下や、洗掘防護工である根固め工の損傷等、本事故発生以前から橋脚の洗掘に対する防護機能が低下していたところに、本事故発生当時の増水した河水により、橋脚周辺の地盤が広い範囲で洗掘されたことによるものと考えられる。

洗掘に対する防護機能が低下していたことについては、橋りょうの検査において、橋脚の根固め工の変状を認識しながらも、変状に対する評価を十分に行っていなかったため、根固め工の補修、補強等の措置が講じられなかったことが関与したものと考えられる。

## 5 再発防止策

### 5.1 必要と考えられる再発防止策

#### 5.1.1 再発防止のために必要な事項

本事故は、洗掘により橋脚が沈下及び傾斜したことに起因して発生したものと推定され、同社は、根固め工の変状を認識していたが、必要な措置を講じないまま時

間が経過し、今回の増水による洗掘の発生によって被災したと考えられる。

このような事故の再発を防止するため、同社は、以下のような対策を講じる必要があると考えられる。

- (1) 経年的な砂州の後退や河床低下、根固め工の流出状況など、長期間にわたる変化を捉え、通常全般検査において根固め工等の洗掘防護工の変状に対する調査結果を反映した健全度の判定を実施し、個別検査の必要性を適確に判断すること。
- (2) 個別検査により、洗掘防護工の防護機能が低下している状況を把握し、その結果に基づき、洗掘防護工の補修、補強等の措置の必要性及び緊急性を検討して、必要な措置を計画的に講じること。また、衝撃振動試験を実施する場合、同試験は、橋脚の現状の健全性を診断するうえで有効な手段であるものの、その診断結果だけでは、将来的な増水による洗掘防護工の防護機能の低下を判断できない場合があることに留意すること。
- (3) 洗掘防護工の補修、補強等の措置が必要と判断された場合、措置が完了するまでの間は、傾斜計等による監視措置、水位規制の見直し等により、洗掘発生時の橋脚の不安定化に留意すること。

#### 5.1.2 河川橋りょうの洗掘災害防止のための留意事項

河川橋りょうの洗掘災害を防止するためには、橋りょうの状態を確認しておくことが重要であり、検査においては、根固め工等の洗掘防護工についても橋りょうの一部を構成するものと認識し、洗掘防護工の調査結果を反映した健全度の判定を実施することが必要である。

また、橋りょうの状態を確認するための検査は、通常全般検査を実施した後、必要な箇所について個別検査による詳細な検査を実施することとなっており、個別検査では洗掘災害発生の危険性がある橋りょうに対する対策の検討も行うことになるが、このプロセスにおいては、洗掘の危険性が高い橋りょうを通常全般検査の段階で精度良く抽出することが必要である。

今回の洗掘災害を踏まえ、特に以下の観点から洗掘に対する要注意橋りょうを抽出しておくことが望ましい。

- (1) 十分な防護機能を有さない根固め工を有する橋りょうの抽出及び対応  
十分な防護機能を有さない根固め工の例としては、
  - ・床版コンクリートの割れや沈下があるもの
  - ・鋼矢板の傾斜やかみ合わせ不良により隙間を生じているもの
  - ・周辺河床がフーチング底面の位置より低下しているものまた、施工実績の多い根固めブロックの例では、

- ・根固めブロックの沈下や不陸<sup>\*51</sup>が著しいもの
- ・根固めブロックの一部が流失しているもの
- ・根固めブロックの下面を河川水が常時流下しているもの

などが挙げられる。

抽出した橋りょうに対し、河床断面図を作成して河床高さを継続的に把握し変状の進行度合いとともに記録し、河床低下や根固め工の変状の進行性を確認することが望ましい。河床の変化は数年から数十年のオーダーで進行するため、長い期間での変化を捉えることが重要である。

## (2) みお筋の変化の把握方法及び変化が確認された場合の対応

定期検査等の機会を捉えて、継続的に次のような方法を活用してみお筋の変化の把握や変化確認後の対応に努めることが望ましい。

- ① みお筋の変化については、橋りょうから上・下流方向の定点写真を撮影することや、平面スケッチにみお筋の位置を記載するなどしてみお筋の位置を捉える手法がある。また、航空写真を活用することも有効である。
- ② 河床断面図については、橋りょうの上流方において重錘とレットロープ<sup>\*52</sup>により橋脚周囲及び桁中央部で河床高さを計測し、各測点の値を結ぶことで作成するのが一般的である。橋りょうの支間長が大きい場合や基礎防護工が不連続に施工されている場合などは測点を追加する必要がある。また、これらを検査年次ごとに重ねて表示することで河床の変化を捉えることができる。
- ③ みお筋の変化が確認できる河川に架かる橋りょうについては、特に入念な検査を実施し、橋脚周辺の局所的な洗掘の有無、全体河床低下の有無及び根固め工の変状の有無を確認する。また、長期的な措置として河床断面図を作成し写真記録等とともに継続的に検査記録を蓄積する。

洗掘の危険性が高い橋りょうを抽出する手法としては、鉄道構造物等維持管理標準（構造物編）の解説において「洗掘を受けやすい橋梁を抽出するための採点表」による方法が提案されているところであり、このような手法も参考にして、洗掘に対する要注意橋りょうを抽出することが有効である。

検査の結果、根固め工の部材の流失等の変状が確認された場合には、将来の増水時に洗掘が発生して橋脚が被災する可能性があるとして評価し、根固め工の補強等の対策を行うことが必要である。

また、対策が完了するまでの間は、傾斜計等による監視措置、水位規制の見直し等により洗掘発生時の橋脚の不安定化に注意を払い、列車の安全輸送を確保する必

\*51 「不陸」とは、平らではなく凹凸があることをいう。

\*52 「レットロープ」とは、河川等の深さの測定に使用する目盛り付きロープをいう。

要がある。

### 5.1.3 河川橋りょうの自然災害対策

全国の鉄道の河川橋りょうの災害対策に関しては、5.4に後述する「豪雨による鉄道河川橋りょうの流失・傾斜に関する緊急対策」により、利用者数が多い線区等に位置し、豪雨による流失・傾斜のおそれがある緊急性の高い約50箇所の橋りょうを対象に、洗掘防護工の整備や異常検知システムの導入等が緊急に進められることとなった。本緊急対策を着実に実施することにより、橋りょうの洗掘に対する防護機能が向上するとともに、センサーを用いた異常検知システムの普及が進み、鉄道の河川橋りょうの安全性向上が図られるものと考えられる。

一方、本緊急対策は、重要インフラの機能の維持・確保を重視しているものであり、近年、激甚化する災害に対応した安全確保の観点においては、対象とされていない輸送規模の小さい線区等も含め、安全上の方策を講じていくことが必要である。そのためには、各鉄道事業者が5.1.1及び5.1.2で述べた諸点の趣旨を理解して橋りょうの検査のプロセスを適確に実施することに加え、気象予報や気象観測データ等に基づく予防的な運転規制の実施等のソフト対策についても積極的に取り組み、ハード・ソフト両面から河川橋りょうの災害対策を進めていくことが重要である。

## 5.2 事故後に同社が講じた措置

同社では、本事故発生後、以下の再発防止策を実施した。

- (1) 本件橋脚を鋼管杭による杭基礎形式とし、鉄筋コンクリート構造として新設した。
- (2) 本件橋りょうの本件橋脚以外の全橋脚に対し鋼矢板締切工（長さ4.5m）による洗掘対策工事を実施した。さらに、橋りょう下の河床面全体に異形コンクリートブロック工による河床低下対策工事を実施することとした（平成31年5月末までに完了予定）。
- (3) 同種構造の9橋りょう（38橋脚）に対し緊急点検を実施し安全性に問題ないことを確認した。
- (4) 本件橋りょうに、橋りょうの傾斜検知による列車緊急停止システムを導入し、実証試験を行うこととした。
- (5) 河川水位に対する運転規制値を見直すとともに、新たに停止警報（運転中止）を追加した。
- (6) 橋りょうの洗掘に対する検査方法を以下のとおり見直した。
  - ・河川橋りょう点検時には、橋脚周りの河川状況や環境の変化、洗掘防護工の変化等に関しても、構造物管理支援システムを用いて一括管理する。構造物



管理支援システムへの入力内容は、以下のとおりとする。

- a) 橋脚周りの状態（洗掘、流心の変化、渦の発生等）
  - b) 環境の変化（幅、堤防、河床低下、堰堤<sup>えんてい</sup>等）
  - c) 根固め工の補修履歴等
- ・ 鉄道構造物等維持管理標準（構造物編）の解説で提案されている「洗掘を受けやすい橋梁を抽出するための採点表」を用いて、洗掘に対する要注意橋りょうの判定を行う。
  - ・ 4年に1回の頻度で、深淺測量及び衝撃振動試験を実施する。なお、頻度については、洗掘の発生しやすさ等の状況を勘案して見直しを行う。

### 5.3 事故後に国土交通省が講じた措置

国土交通省鉄道局は、同社が本事故の復旧工事完了に合わせて、橋りょうの異常を検知する計測器と特殊信号発光機とを連動させて、橋りょうに異常があった場合に列車の乗務員に直ちに異常を知らせるとともに、今後、様々なタイプの計測器を設置して実証試験を行っていくことについて公表したこと、及び洗掘により橋りょうの橋脚が傾斜する類似の事例が発生するなど、速やかな対応が求められていることを踏まえ、このようなシステムの導入に向けた検討を行うよう、全国の鉄軌道事業者に対して指導を行った。

### 5.4 重要インフラに対する自然災害対策

鉄道の河川橋りょうの損壊については、本事故の発生以降においても、平成30年7月豪雨により、西日本旅客鉄道株式会社芸備線<sup>げいび</sup>第1三篠川橋梁<sup>みささかわ</sup>や四国旅客鉄道株式会社予讃線<sup>よさん</sup>財田川橋梁<sup>さいたがわ</sup>が被災した事例が認められる。また、豪雨や台風の影響により、斜面が崩壊して土砂が線路に流入するなど、線路に大きな被害が生じた累次の被災事例が認められる。いずれも運転事故には至っていないが、復旧までの間、大きな社会的影響を与えることとなった。

政府は、平成30年7月豪雨、平成30年台風第21号、平成30年北海道胆振東部地震等をはじめ、近年、災害が激甚化している状況を踏まえ、重要インフラの機能確保に関する総点検を実施し、その結果等に基づき、平成30年12月14日、特に緊急に実施すべき対策について、「防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策」をとりまとめた。

本緊急対策のうち、鉄道の河川橋りょうに関する対策の概要は、表12のとおりである。なお、国土交通省は、この対策を推進するため、鉄道総合安全対策事業費補助の対象に鉄道の河川橋りょうの流失・傾斜対策を加え、補助対象事業者に対し国が支援を行うこととした。

表12 鉄道の河川橋りょうに関する緊急対策の概要

緊急対策事項	豪雨による鉄道河川橋りょうの流失・傾斜に関する緊急対策
点検規模・結果	優等列車若しくは貨物列車が運行する路線又は一定以上の輸送密度を有する路線（約300路線）を対象に点検した結果、豪雨により流失・傾斜のおそれがある緊急性の高い橋りょうが約50箇所判明した。
緊急対策の概要	点検により判明した約50箇所の橋りょうを対象に、洗掘防護工の整備、異常検知システム（橋りょうが傾斜する等の異常が発生した場合に、これをセンサーで検知し、列車が橋りょうに進入することを防止する信号設備）の導入等を実施し、2020年度までにおおむね完了させる。

## 6 意見

運輸安全委員会は、本事故調査の結果を踏まえ、同種事故の再発防止に資するため、国土交通大臣に対し、運輸安全委員会設置法第28条の規定に基づき、下記のとおり意見を述べる。

### 記

本事故は、増水した河水によって橋脚周辺で洗掘が発生し、橋脚が沈下及び傾斜して大きく変形した軌道を列車が走行したことにより脱線したものと推定される。

橋脚には洗掘防護工である根固め工が施工されており、南海電気鉄道株式会社では、本事故発生前からその変状を認識し、衝撃振動試験による橋脚の診断を行っていた。本事故の発生を顧みると、衝撃振動試験は、橋脚の現状の健全性を診断するうえで有効な手段であるものの、衝撃振動試験による診断だけでは、将来的な増水による洗掘防護工の防護機能の低下を見逃す結果につながる可能性があることを示唆している。

同種の洗掘災害を防止するためには、鉄道構造物等維持管理標準（構造物編）を指針として検査のプロセスを適切に実施し、必要な場合には、個別検査において洗掘防護工を対象とした詳細な調査を確実に実施して対策の検討を行うことが重要である。

鉄道構造物等維持管理標準（構造物編）については、「鉄道構造物等維持管理標準の制定について」（平成19年1月16日付け鉄道局長通達）により、国土交通省鉄道局

から鉄軌道事業者に周知が図られているところであるが、洗掘災害は重大な事故に結び付きかねないことに鑑み、本事故の発生を踏まえ、以下の点について、河川橋りょうを有する鉄軌道事業者に周知を図るべきである。

1. 橋りょうの検査の実施にあたっては、鉄道構造物等維持管理標準（構造物編）を指針とするとともに、検査手法、健全度判定手法及び措置等について同標準の解説を参考とし、全般検査において洗掘防護工の変状等が確認された場合には、洗掘防護工の調査結果を反映した健全度の判定を実施し、個別検査の必要性を判断すること。個別検査が必要と判断された場合には、橋脚周りの状況や洗掘防護工の防護機能の維持状態を対象とした詳細な調査を実施して、対策の必要性及び緊急性を検討し、計画的に対策を実施すること。
2. 鉄道構造物等維持管理標準（構造物編）の解説では、「洗掘を受けやすい橋梁を抽出するための採点表」が提案されている。本採点表は、洗掘災害発生危険性がある橋りょうを抽出することを目的とした任意のものであるが、上記1のプロセスにおいては、このような採点表を参考として個別検査の必要性の判断を適確に行うこと。

付図1 南海本線路線図

南海本線 難波駅～和歌山市駅間 64.2km  
 (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)

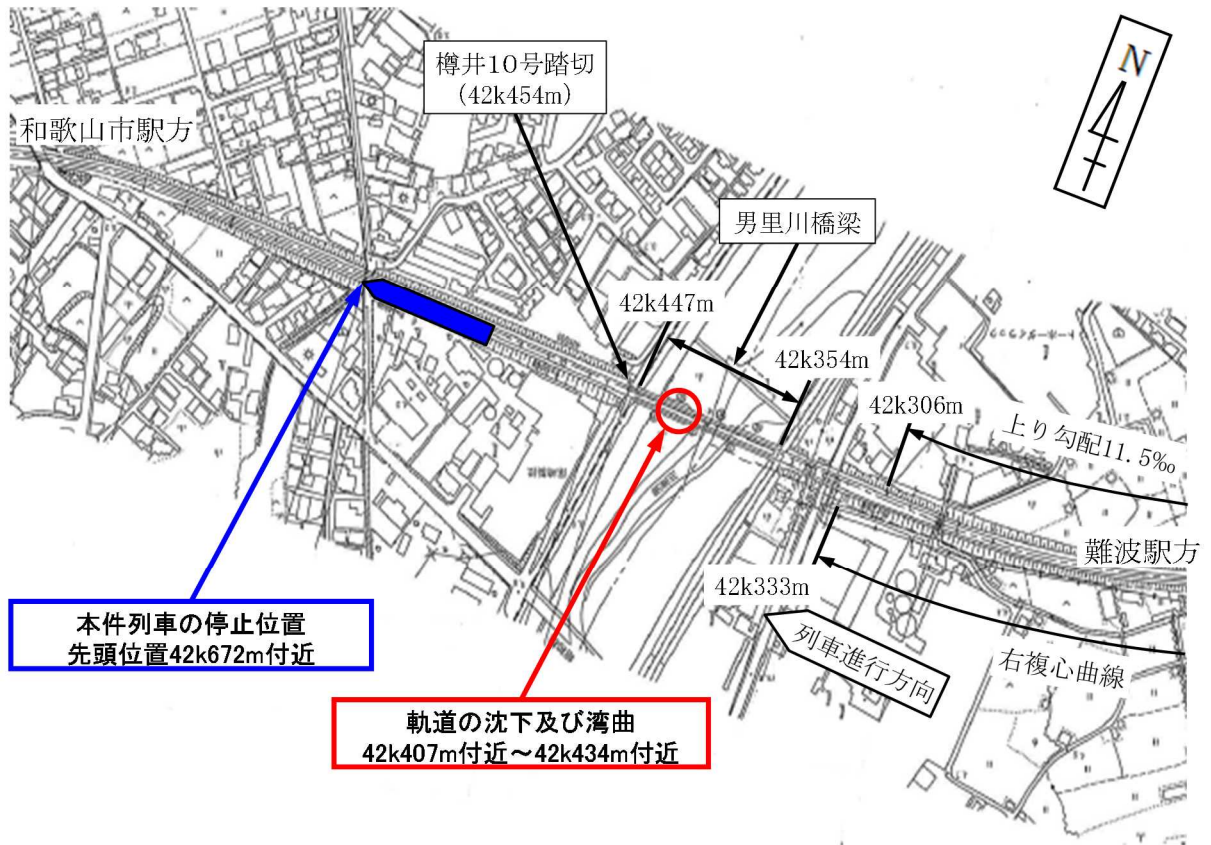


付図2 事故現場付近の地形図

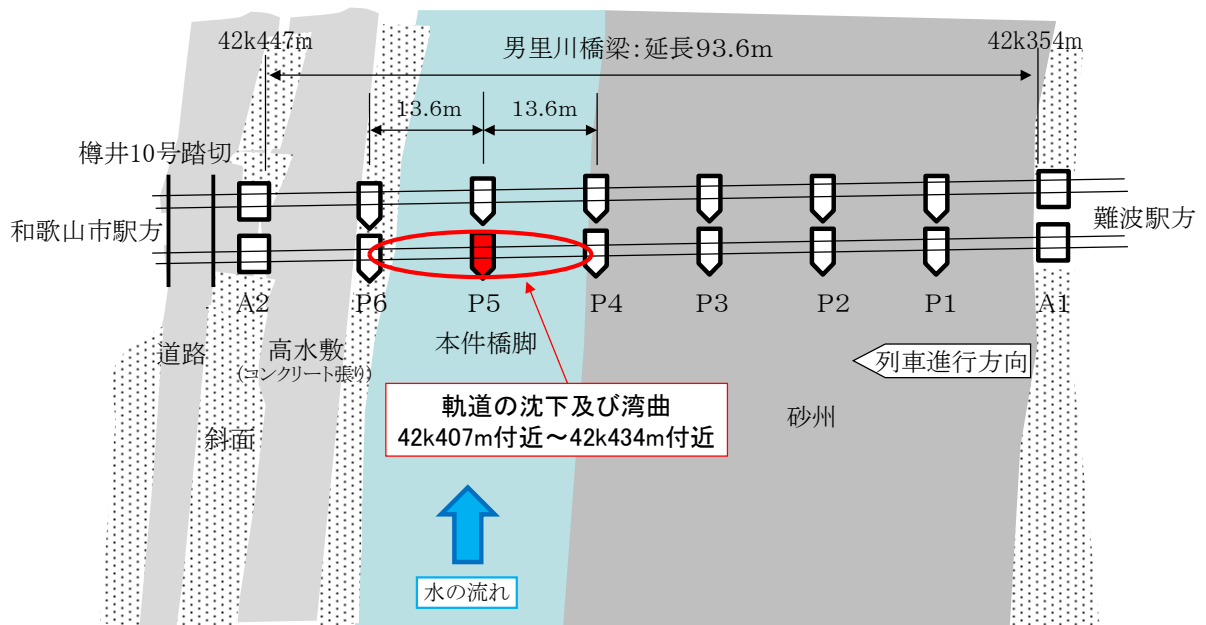


※この図は、国土地理院の地理院地図(電子国土Web)を使用して作成

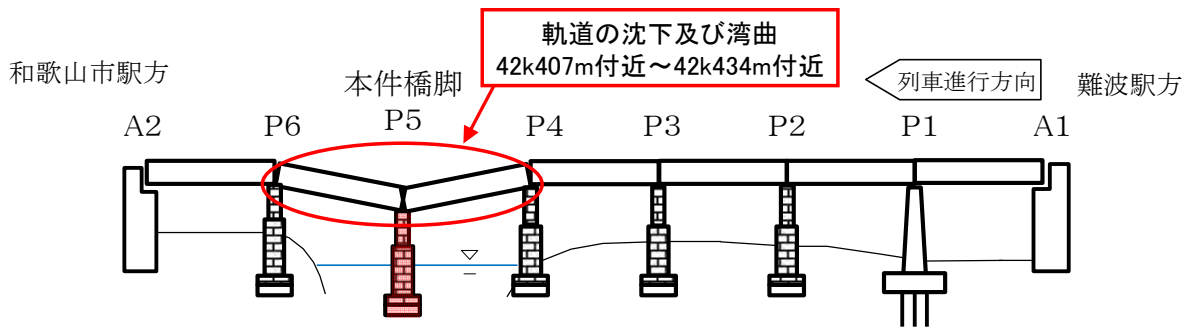
付図3 事故現場付近の線路平面図



付図4 事故現場拡大略図（平面図）



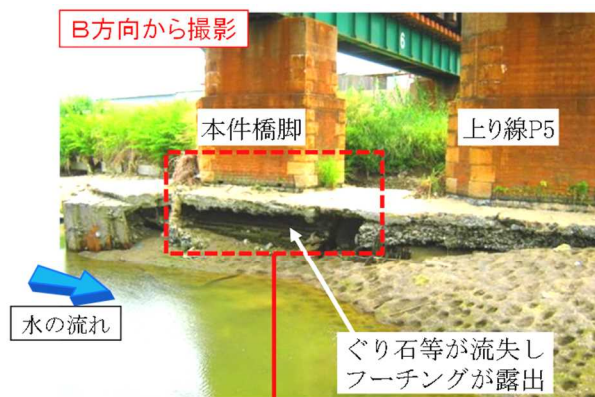
付図5 事故現場拡大略図（断面図）



付図6 事故現場の状況

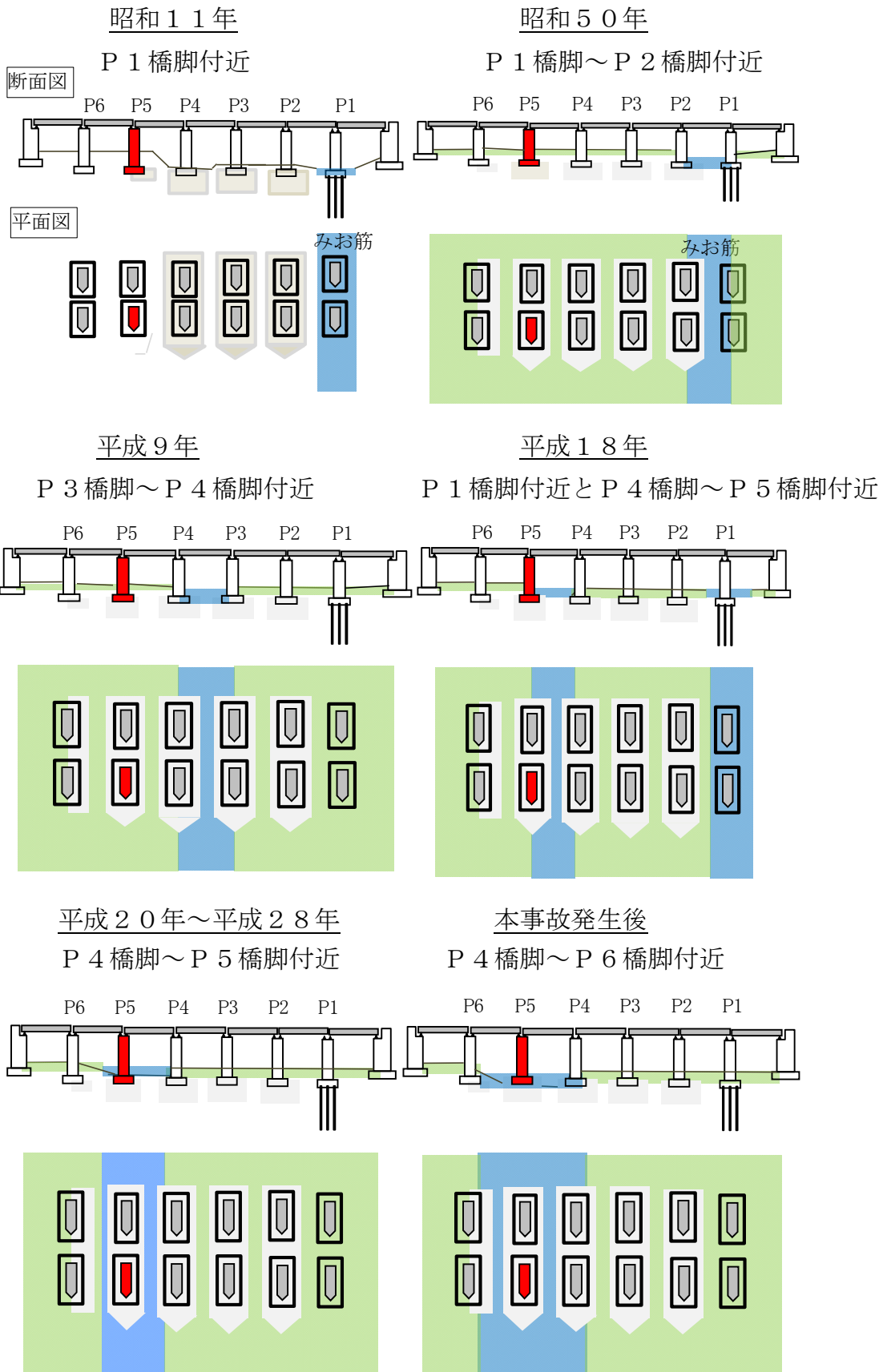


付図7 本事故発生前の本件橋脚の根固め工の状況



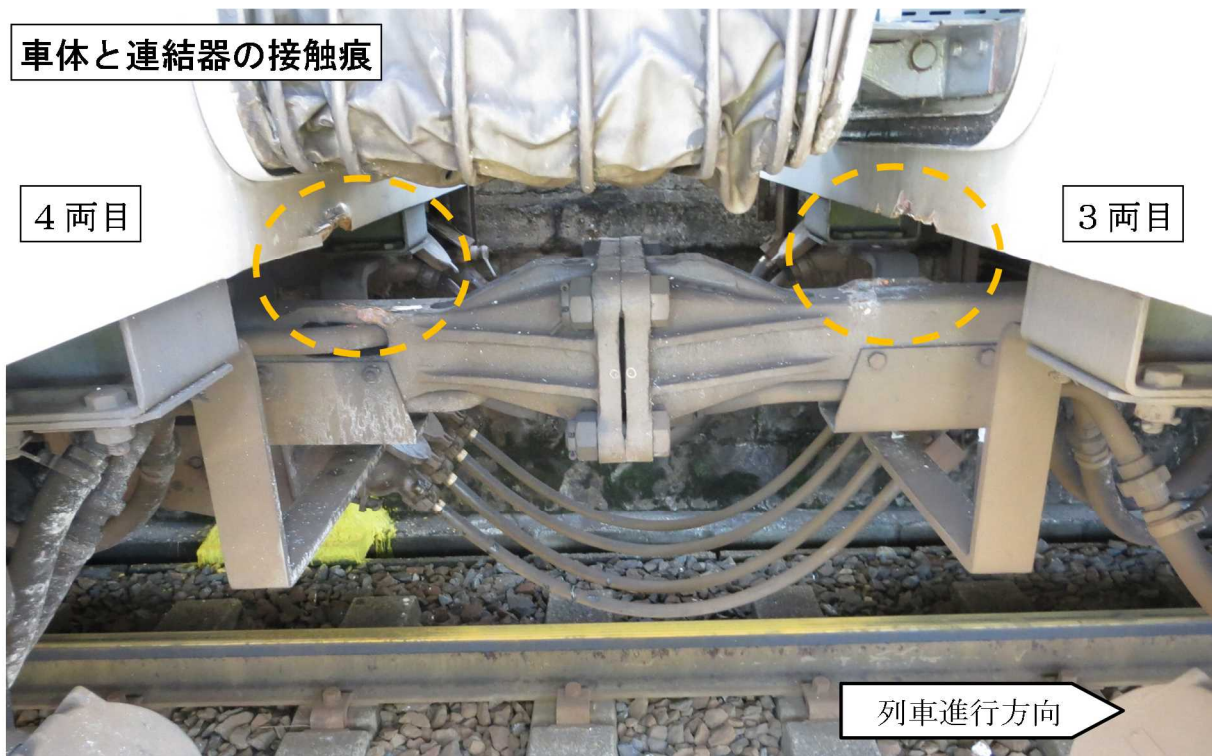
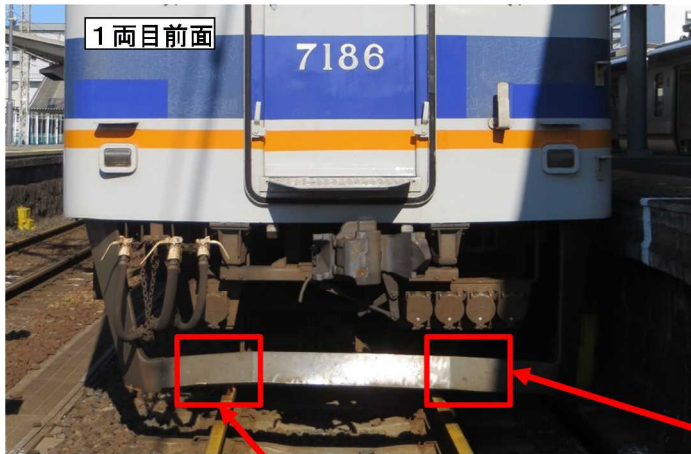
付図8 本件橋りょう付近のみお筋の変化（イメージ図）

※赤の着色部は本件橋脚を示す。



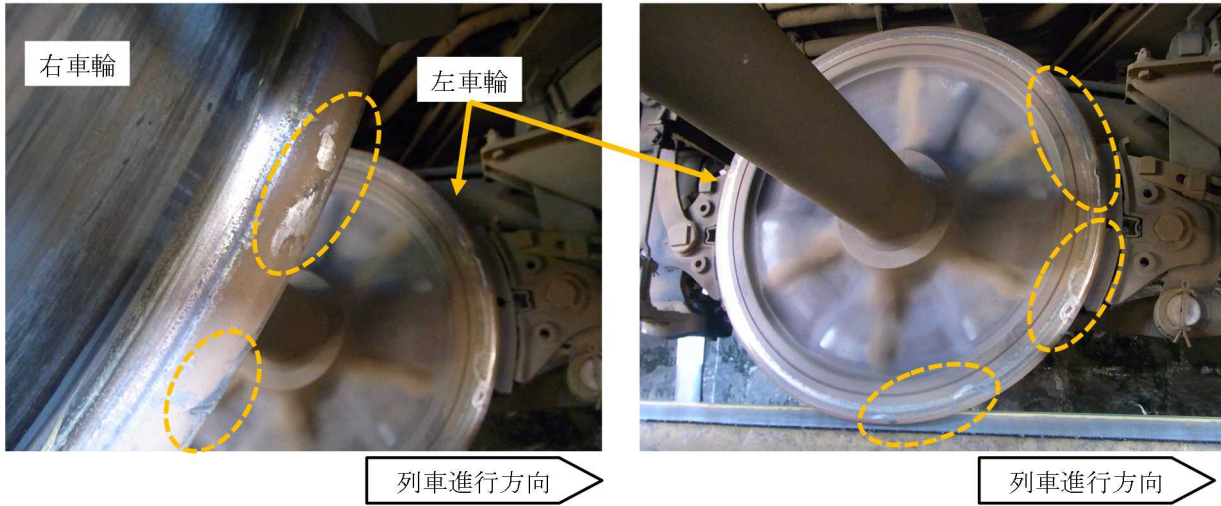


付図9 車両の主な損傷状況



# 付図 1 0 車輪の痕跡

3両目後台車第2軸の車輪の打痕及び擦過痕



○部は、主な痕跡の箇所を示す。

# 附属資料 1 洗掘を受けやすい橋梁を抽出するための採点表

※「鉄道構造物等維持管理標準・同解説（構造物編）基礎構造物・抗土圧構造物」附属資料 4 から抜粋

## 1. はじめに

河川橋梁における洗掘災害を防ぐために、橋梁の状態を確認しておくことが必要である。橋梁の状態を確認するための検査は、まず目視による検査（全般検査）を行い、必要な箇所については詳細な検査（個別検査）が行われている。個別検査では、洗掘の危険性のある橋梁に対して対策の要否など、必要な措置の検討も行う。このプロセスで重要な点は、全般検査の段階で「洗掘を受けやすい橋梁」を精度よく抽出することにある。

これまで、洗掘に対する要注意橋梁を抽出する手法としていくつかの手法が提案されている<sup>2)~4)</sup>。しかし、それらの適用に際しては、詳細な調査や河川工学の専門知識が必要であり、必ずしも全般検査の段階で活用できる手法とはなっていない。そこで、洗掘災害発生危険性のある橋梁を全般検査で効率的に抽出する手法を検討し、採点表を作成した。なお、この採点表はあくまで洗掘災害発生危険性のある橋梁を抽出するものであって、現在の橋脚の健全度を判定するものではない。また、採点表により抽出された橋脚の場合であっても、その後の調査において危険性のないことが確認できれば対象から外しても問題ない。

## 2. 採点表の対象橋梁

橋脚の有無によって洗掘災害の形態は異なる。このため、この採点表は橋脚を有する橋梁のみを対象としている。また、桁冠水による橋脚の倒壊などの災害については、洗掘災害とは原因が明らかに異なるため、今回の対象からは除外している。

## 3. 洗掘の評価項目

一般的に、河川橋脚における洗掘深さや大きさを左右する要因は、これまで洗掘深さの予測式<sup>5)~8)</sup>などに取り上げられているものがよく知られている。例えば、①河床材料の粒径、②河床勾配、③水位、④流速（流量）、⑤橋脚幅などである。しかし、これらは時々刻々変動するものや特定するための作業が非常に煩雑であるものが多い。本方法では、洗掘現象に関係すると一般にいわれている条件を3つに分類した上で、過去の被災事例からみた特徴をもとに洗掘への影響が大きいと考えられている要因を評価項目と

付属表 4.1 採点表の評価項目

条 件	評 価 項 目
河川の環境条件	① 地形、② 河川幅の狭窄、③ 河床材料、④ 全体河床の低下
橋梁（橋脚）の構造条件	⑤ 河川の湾曲に対する橋脚の位置、⑥ 河川敷に対する橋脚の位置、⑦ 下流方の落差、⑧ 根入比、⑨ 根入れ長の変化、⑩ 基礎底面の岩着
防護条件	⑪ 防護工の有無、⑫ 変状の程度、⑬ 河床面と基礎底面との高低差、⑭ 施工範囲

した（付属表 4.1）。

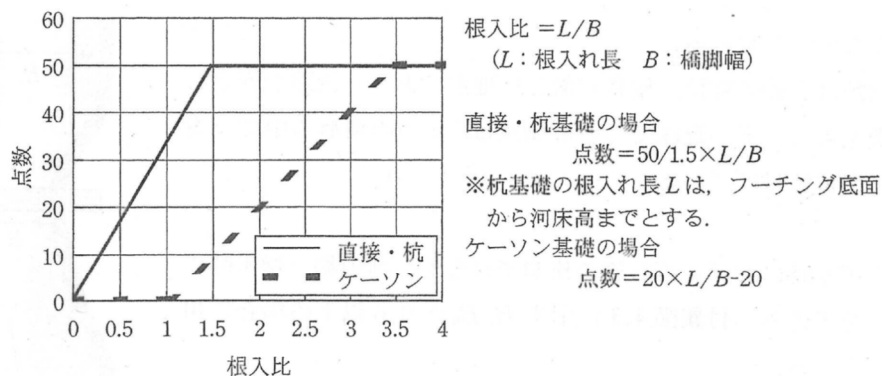
なお、河床勾配や河床材料の粒径については、これらと相関があると思われる地形や河床材料で代表させることとし、また、橋脚幅のように基本的に不変なものは評価項目としていない。

#### 4. 採点表

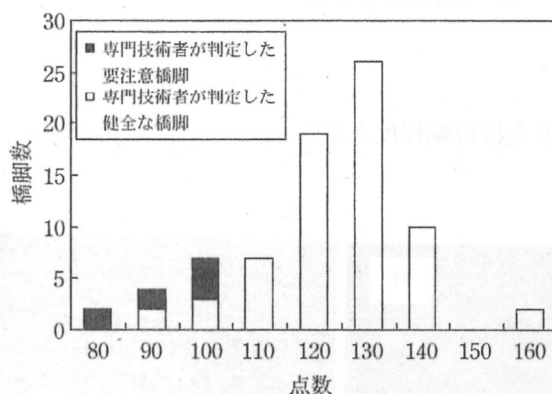
付属表 4.2 に採点表を示す。採点は評価項目ごとに行い、現地の状況に最も近いものを選択する。評価項目には洗掘災害への影響を考慮して配点しており、各項目の合計点が対象橋脚の評価点となる。この評価点が 110 点を下回る場合、「より詳細な調査が必要と思われる橋脚（以下、要注意橋脚）」とみなす。な

付属表 4.2 採点表

評価項目		区分	点数	評価項目		区分	点数	
河川の環境条件	地形	平野	10	かご	なし	0		
		谷底平野	10		不明	0		
		扇状地	0		変状あり	0		
		山間地	5		変状なし	5		
	河川幅の狭窄	無	15	変状不明	0			
		有	0	ブロック	変状なし	20		
	河床材料	砂	10		変状中・一部流出・乱積み	5		
		礫	0		変状大・流出	◆		
		露岩・巨礫	10		変状不明	0		
	全体河床の低下	有	0	連結	連結	5		
無		10	防護条件	はかま	根入れ	河床>はかま上面	20	
河川の湾曲に対する橋脚の位置	直線および曲線内側	15			はかま下面<河床≤はかま上面	10		
	曲線外側	0			河床≤はかま下面	◆		
		流水中		5	変状	変状あり	◆	
	陸地（護岸なし）	10		変状不明		0		
	河川敷に対する橋脚の位置	陸地（護岸なし、流路に隣接）		0	張コンクリート	敷設範囲	周辺全面	40
		陸地（護岸あり）		25			2D 以上（D；橋脚く体幅）	20
陸地（護岸あり、流路に隣接）		15		2D 未満（D；橋脚く体幅）			0	
橋梁（橋脚）の構造条件	下流方落差	なし		20	シートパイル	根入れ	河床>基礎底面	20
		～1m		5			河床≤基礎底面	◆
		高さ	1m～2m	0	変状	変状あり	◆	
			2m～	◆		変状不明	0	
	変状	変状あり	◆	特記事項	調査しておくことが望ましい項目	必ず調査する項目	下流方落差の構造形式	—
	施工範囲	河川幅の一部のみ	◆			橋脚基礎の構造形式	—	
	根入比	直接基礎・杭基礎	付属図 4.1 による			調査しておくことが望ましい項目	周辺で河川改修が行われているか	—
		ケーソン基礎	付属図 4.1 による				前回調査に比べ橋梁周辺の河川環境が変化しているか	—
	根入れ長の変化	前回調査に比べ 1.5m 以上の増減がある	◆				河川の流向と橋脚の向き	—
		フーチング底面の岩着	岩着ではない				0	河口閉塞の有無
岩着と思われる	15		被災歴の有無				—	
岩着	30		隣接橋梁の有無				—	
			その他特有の条件				—	



付属図 4.1 根入比と点数との関係



付属図 4.2 現地調査 (77 橋脚) による点数別の橋脚数の頻度分布

お、項目によっては点数欄に「◆」マークがついているものもあるが、この項目は洗掘災害発生の危険性がある重要な項目であるため、1つでも該当すれば採点表の合計点にかかわらず、要注意橋脚とする。また、特記事項は「-」マークがついており、直接評価に加えないため点数は設定していない。しかし、下流方落差の構造形式および橋脚基礎の構造形式については基本事項として調査しておく必要がある。また、それ以外の項目についても調査しておくことが望ましい。

付属表 4.2 の採点表を使用して、ある線区における 27 橋梁・77 橋脚の評価を行った。これらの評価点の頻度分布を付属図 4.2 に示す。なお、図中の要注意橋脚とは、橋脚の洗掘災害に関する専門技術者が、採点表を使用せずに「洗掘要注意橋脚」と判断したものである。付属図 4.2 より、評価点が 110 点を下回る橋脚の中に要注意橋脚が含まれており、これが上述の 110 点を閾 (しきい) 値とした根拠となっている。