

RI2019-3

# 鉄道重大インシデント調査報告書

I 北海道旅客鉄道株式会社 千歳線 新札幌駅構内  
施設障害（鉄道事故等報告規則第4条第1項第7号の「鉄道線路、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）

令和元年12月19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 北海道旅客鉄道株式会社 千歳線  
新札幌駅構内  
施設障害（鉄道事故等報告規則第4条第1項第7号  
の「鉄道線路、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：北海道旅客鉄道株式会社

インシデント種類：施設障害（鉄道事故等報告規則第4条第1項第7号の「鉄道線路、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：平成30年11月9日 12時40分ごろ

発生場所：北海道札幌市

千歳線 新札幌駅構内

令和元年11月25日

運輸安全委員会（鉄道部会）議決

委員長 武田展雄

委員 奥村文直（部会長）

委員 石田弘明

委員 柿嶋美子

委員 岡村美好

委員 土井美和子

## 要旨

### <概要>

北海道旅客鉄道株式会社の札幌駅発苫小牧駅行き3両編成の上り2760M列車の運転士は、平成30年11月9日、12時40分ごろ、平和駅～新札幌駅間を速度約50km/hで走行中、新札幌駅に停車のため同駅の上り第2場内信号機に注意信号が現示されているのを確認した後、対向線路側に設置されている下り第1出発信号機②が倒壊し、上下線を支障しているのを同信号機の約200m手前で発見した。

このため、常用ブレーキを使用し同列車を停止させ、防護無線を発報して、輸送指令に報告した。

この事象による負傷者はいなかった。

## <原因>

本重大インシデントは、下り第1出発信号機⑩の設置工事において、「あと施工アンカー」施工による金属拡張アンカーの施工時に、コンクリート躯体に開けた穴（穿孔）内の清掃不足による施工不良があったため発生したと考えられる。

同信号機の設置当時の施工不良により、金属拡張アンカーのコーンがアンカー拡張部を十分に拡張せず、引張耐力が十分に得られない状態であったと考えられる。

このため、同信号機を設置した金属拡張アンカーの引張耐力が不十分な状態で、設置から約38年の期間を経過したことによる風雪、地震等の外力の作用に加え、高架橋上による列車等の振動により、金属拡張アンカーのアンカーが徐々に浮き上がったことで、同信号機全体を支持する引張耐力が低下し、倒壊当日の瞬間風速約20m/sの風圧もあいまって、同信号機の信号機柱を固定していた金属拡張アンカーの引張耐力を超えたことにより、倒壊した可能性が考えられる。

# 目 次

|       |                            |    |
|-------|----------------------------|----|
| 1     | 鉄道重大インシデント調査の経過            | 1  |
| 1.1   | 鉄道重大インシデントの概要              | 1  |
| 1.2   | 鉄道重大インシデント調査の概要            | 1  |
| 1.2.1 | 調査組織                       | 1  |
| 1.2.2 | 調査の実施時期                    | 1  |
| 1.2.3 | 事実情報の提供                    | 1  |
| 1.2.4 | 原因関係者からの意見聴取               | 2  |
| 2     | 事実情報                       | 2  |
| 2.1   | 本重大インシデント発生までの経過           | 2  |
| 2.1.1 | 本重大インシデント発見時の列車の運行の経過      | 2  |
| 2.1.2 | 本重大インシデント発生当日の列車及び本件信号機の状況 | 2  |
| 2.2   | 人の死亡、行方不明及び負傷              | 4  |
| 2.3   | 鉄道施設及び車両等に関する情報            | 4  |
| 2.3.1 | 本重大インシデント発生場所に関する情報        | 4  |
| 2.3.2 | 鉄道施設に関する情報                 | 4  |
| 2.3.3 | 車両に関する情報                   | 7  |
| 2.4   | 鉄道施設の損傷に関する情報              | 8  |
| 2.5   | 鉄道施設の工事に関する情報              | 8  |
| 2.5.1 | 本件信号機の設置時期及び施工方法           | 8  |
| 2.5.2 | 金属拡張アンカーの施工方法等             | 9  |
| 2.5.3 | 本件信号機の倒壊時の状況               | 11 |
| 2.5.4 | 本件信号機柱の固定に使用された金属拡張アンカーの状況 | 12 |
| 2.6   | 本件信号機の点検に関する情報             | 17 |
| 2.7   | 乗務員に関する情報                  | 17 |
| 2.8   | 気象等に関する情報                  | 17 |
| 2.8.1 | 天気概況等                      | 17 |
| 2.8.2 | 地震に関する情報                   | 18 |
| 2.9   | その他の情報                     | 18 |
| 3     | 分析                         | 18 |
| 3.1   | 本重大インシデントの発生状況に関する分析       | 18 |
| 3.1.1 | 本重大インシデントの発生場所             | 18 |
| 3.1.2 | 本重大インシデントの発生時刻             | 19 |
| 3.2   | 本件信号機の施工に関する分析             | 19 |

|       |                               |    |
|-------|-------------------------------|----|
| 3.2.1 | 本件信号機の施工状況.....               | 19 |
| 3.2.2 | 本件信号機の金属拡張アンカーの施工.....        | 20 |
| 3.2.3 | 本件信号機が倒壊した時の引張耐力.....         | 20 |
| 3.3   | 気象等の影響に関する分析.....             | 21 |
| 3.3.1 | 風の影響.....                     | 21 |
| 3.3.2 | 地震の影響.....                    | 21 |
| 3.3.3 | 凍害の影響.....                    | 22 |
| 4     | 原因.....                       | 22 |
| 5     | 再発防止策.....                    | 22 |
| 5.1   | 必要と考えられる再発防止策.....            | 22 |
| 5.2   | 本重大インシデント発生後に同社が講じた措置.....    | 23 |
| 5.3   | 本重大インシデント発生後に国土交通省が講じた措置..... | 23 |

## 添付資料

|      |                                       |    |
|------|---------------------------------------|----|
| 付図1  | 千歳線線路略図（白石駅～新札幌駅区間）.....              | 25 |
| 付図2  | 本重大インシデント現場付近.....                    | 25 |
| 付図3  | 本重大インシデント現場付近信号機位置図.....              | 26 |
| 付図4  | 本重大インシデント現場付近略図.....                  | 26 |
| 付図5  | 本重大インシデント現場の高架橋.....                  | 27 |
| 付図6  | 倒壊した本件信号機の状況.....                     | 27 |
| 付図7  | 本件信号機柱の台座表面及び六角ボルトの状況.....            | 28 |
| 付図8  | 本件信号機柱の台座裏面及びアンカーの状況.....             | 29 |
| 付図9  | 本件信号機柱が固定されたコンクリート躯体の表面及びコーンの状況... .. | 29 |
| 付図10 | コンクリート躯体の穿孔内部及びコーンの状況.....            | 30 |
| 付図11 | 第2出発信号機3L／4Lの補強状況.....                | 30 |



# 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

北海道旅客鉄道株式会社の札幌駅発苫小牧駅行き3両編成の上り2760M列車の運転士は、平成30年11月9日（金）、12時40分ごろ、平和駅～新札幌駅間を速度約50km/hで走行中、新札幌駅に停車のため同駅の上り第2場内信号機に注意信号が現示されているのを確認した後、対向線路側に設置されている下り第1出発信号機④が倒壊し、上下線を支障しているのを同信号機の約200m手前で発見した。

このため、常用ブレーキを使用し同列車を停止させ、防護無線を発報して、輸送指令に報告した。

この事象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、信号機が倒壊して線路を支障していた事態であり、鉄道事故等報告規則第4条第1項第7号の「鉄道線路、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」（施設障害）に該当し、かつ、技術的な観点から原因を究明しておく必要があると認められたことから、運輸安全委員会設置法施行規則第2条第6号に定める「特に異例と認められるもの」として、調査対象とした。

運輸安全委員会は、平成30年11月9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。

北海道運輸局は、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。

### 1.2.2 調査の実施時期

|                 |            |
|-----------------|------------|
| 平成30年11月10日～11日 | 現場調査及び口述聴取 |
| 平成30年11月21日～22日 | 現場調査       |
| 令和元年5月8日～9日     | 施設調査       |

### 1.2.3 事実情報の提供

平成30年11月14日、その時点までの事実調査結果に基づき、国土交通省鉄道局に対して事実情報の提供を行った。

#### 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 本重大インシデント発生までの経過

#### 2.1.1 本重大インシデント発見時の列車の運行の経過

新札幌駅（苗穂駅起点8 k 7 2 0 m<sup>\*1</sup>、以下「苗穂駅起点」は省略する。）の‘下り第1出発信号機②（以下「本件信号機」という。）が倒壊して上下線を支障しているのを発見した北海道旅客鉄道株式会社（以下「同社」という。）の2760M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。）の口述によれば、概略次のとおりであった。

本重大インシデント発生当日（平成30年11月9日、以下「発生当日」という。）は、札幌駅から本件列車に乗務し、平和駅（5 k 8 0 0 m）を定刻の12時37分に出発した。新札幌駅の上り第2場内信号機①（8 k 1 1 6 m）の注意現示（速度55 km/h以下）に対する速度の確認及び「新札幌駅停止」と喚呼し、速度約50 km/hで走行していたところ、前方約200 mに何かが線路を支障しているのを発見した。新札幌駅に停車するため速度を落としていたことから、常用ブレーキで安全に停止できると判断し、常用ブレーキを操作して、支障物の手前に停車させ、確認したところ本件信号機が倒壊していた。その後、防護無線を発報し、輸送指令に状況を報告した。

しばらくして、現場に到着した同社社員が本件信号機を撤去した。その後、輸送指令から運転を再開するよう指示があったため、車掌と出発の打ち合わせをして、13時53分ごろ運転を再開し、新札幌駅には13時54分ごろ到着した。

#### 2.1.2 本重大インシデント発生当日の列車及び本件信号機の状況

##### (1) PRC<sup>\*2</sup>監視卓の記録

千歳線には運行管理を行うPRC監視卓が設置されており、時刻、列車の運行情報及び軌道回路<sup>\*3</sup>の状態等が記録されている。

---

\*1 キロ程は、同社が千歳線の設備位置を管理している起点の苗穂駅を基準とする。

\*2 「PRC」とは、Programmed Route Control の略で、列車ダイヤに基づき、CTC（列車集中制御装置）区間の全被制御駅における全列車に対する進路制御を自動的に行うものをいう。

\*3 「軌道回路」とは、レールを電気回路の一部として利用し、列車の在線／非在線を検知したり制御のための情報を伝達する装置をいう。

PRC監視卓の記録によると、本件列車及び本件列車の1本前に走行していた下り2765M列車による本件信号機付近の軌道回路の状態は表1のとおりであった。

表1 本件信号機付近の軌道回路の状態

| 項番 | 時刻※ <sup>1</sup> | 軌道回路 | 在線検知状態 | 備考                                    |
|----|------------------|------|--------|---------------------------------------|
| 1  | 12時37分34秒        | ⊕T   | 在線     | 下り2765M列車が軌道回路(⊕T)に進入                 |
| 2  | 12時37分44秒        | ⊖T   | 非在線    | 下り2765M列車が軌道回路(⊖T)から進出                |
| 3  | 12時39分12秒        | 12IT | 在線     | 下り2765M列車が軌道回路(12IT)に進入               |
| 4  | 12時39分16秒        | ⊕T   | 非在線    | 下り2765M列車が軌道回路(⊕T)から進出                |
| 5  | 12時39分30秒        | ⊕T   | 在線     | 下り線の軌道回路(⊕T)及び(⊖T)が不正落下※ <sup>2</sup> |
|    |                  | ⊖T   | 在線     |                                       |
| 6  | 12時39分52秒        | 2RT  | 在線     | 上り2760M列車が軌道回路(2RT)に進入                |
| 7  | 12時40分02秒        | 12ロT | 非在線    | 上り2760M列車が軌道回路(12ロT)から進出              |
| 8  | 12時40分48秒        | ①T   | 在線     | 上り2760M列車が軌道回路(①T)に進入                 |
| 9  | 12時40分54秒        | 2RT  | 非在線    | 上り2760M列車が軌道回路(2RT)から進出               |

※1 時刻は、標準時刻を使用している。

※2 不正落下とは、列車が実際には在線していないにもかかわらず、在線を示す状態であることをいう。

(付図1 千歳線線路略図(白石駅～新札幌駅区間)、付図2 本重大インシデント現場付近、付図3 本重大インシデント現場付近信号機位置図、付図4 本重大インシデント現場付近略図、付図6 倒壊した本件信号機の状況 参照)

(2) 本重大インシデント発生約1時間前からの状況

倒壊している本件信号機を本件運転士が発見する約1時間前から通過した複数の下り列車の運転士によれば本件信号機の状況は、表2のとおりであった。

表2 本重大インシデント発生の約1時間前からの状況

| 項番 | 列車    | 新札幌駅出発時刻 | 本件信号機の状況  |
|----|-------|----------|---|
| 1  | 3875M | 11時43分   | 風は吹いていたが、特に気づいたことはない。                               |
| 2  | 1761M | 11時50分   | 特に気づいたことはない。  |
| 3  | 3877M | 11時58分   | 風は強かったが、信号機が揺れていたたりすることはなかった。                       |
| 4  | 1763M | 12時06分   | 風は強かったが、特に気づいたことはない。                                |
| 5  | 3879M | 12時13分   | 特に気づいたことはない。  |
| 6  | 4004D | 12時16分   | 信号機の向きのズレや揺れている等なく、特に気づいたことはない。                     |
| 7  | 3881M | 12時28分   | 風は強く感じたが、運転に支障する強さではなく、下り第1出発信号機が傾いたり、揺れている感じはなかった。 |
| 8  | 5D    | 12時32分   | 風は普段より強い程度。特に気づいたことはない。                             |
| 9  | 2765M | 12時37分   | 特に気づいたことはない。  |

## 2.2 人の死亡、行方不明及び負傷

なし。

## 2.3 鉄道施設及び車両等に関する情報

### 2.3.1 本重大インシデント発生場所に関する情報

本重大インシデントの発生場所は、同社千歳線の新札幌駅構内に設置されていた本件信号機（8k509m）付近である。なお、本件列車の停止位置は8k490m付近であり、本件信号機の手前約19mであった。

（付図1 千歳線線路略図（白石駅～新札幌駅区間）、付図2 本重大インシデント現場付近、付図3 本重大インシデント現場付近信号機位置図、付図4 本重大インシデント現場付近略図、付図5 本重大インシデント現場の高架橋、付図6 倒壊した本件信号機の状況 参照）

### 2.3.2 鉄道施設に関する情報

#### 2.3.2.1 路線の概要

同社の千歳線は、白石駅しろいしから沼ノ端駅ぬまのはたに至る延長56.6kmで複線の路線であり、軌間は1,067mm、動力は交流20,000Vの電化区間である。

本重大インシデントが発生した付近の線形は、平和駅（5k800m）から新札幌駅（8k720m）に向かい6k957m～8k847mの区間が直線で、7k

9 3 3 m～8 k 4 0 1 mが1 0 . 0 %の上り勾配となっており、本件列車の停止位置付近である8 k 4 0 1 m～8 k 5 0 0 mの区間は平坦、8 k 5 0 0 m～8 k 5 7 2 mは3 . 0 %の下り勾配、8 k 5 7 2 m～8 k 7 6 0 mの区間は平坦となっている。

#### 2.3.2.2 本件信号機に関する情報

同社によれば、本件信号機は、旧国鉄（昭和62年4月より前）が設置したもので、当時の工事書類等が残っていないとのことであるため、ここでは本件信号機と同等の信号機に関する情報を記述する。また、同等の信号機の寸法を図1に示す。

なお、本件信号機の信号機柱（以下「本件信号機柱」という。）及び点検台は鋼製である。

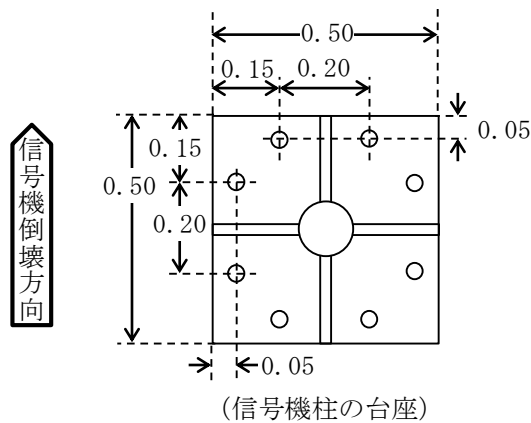
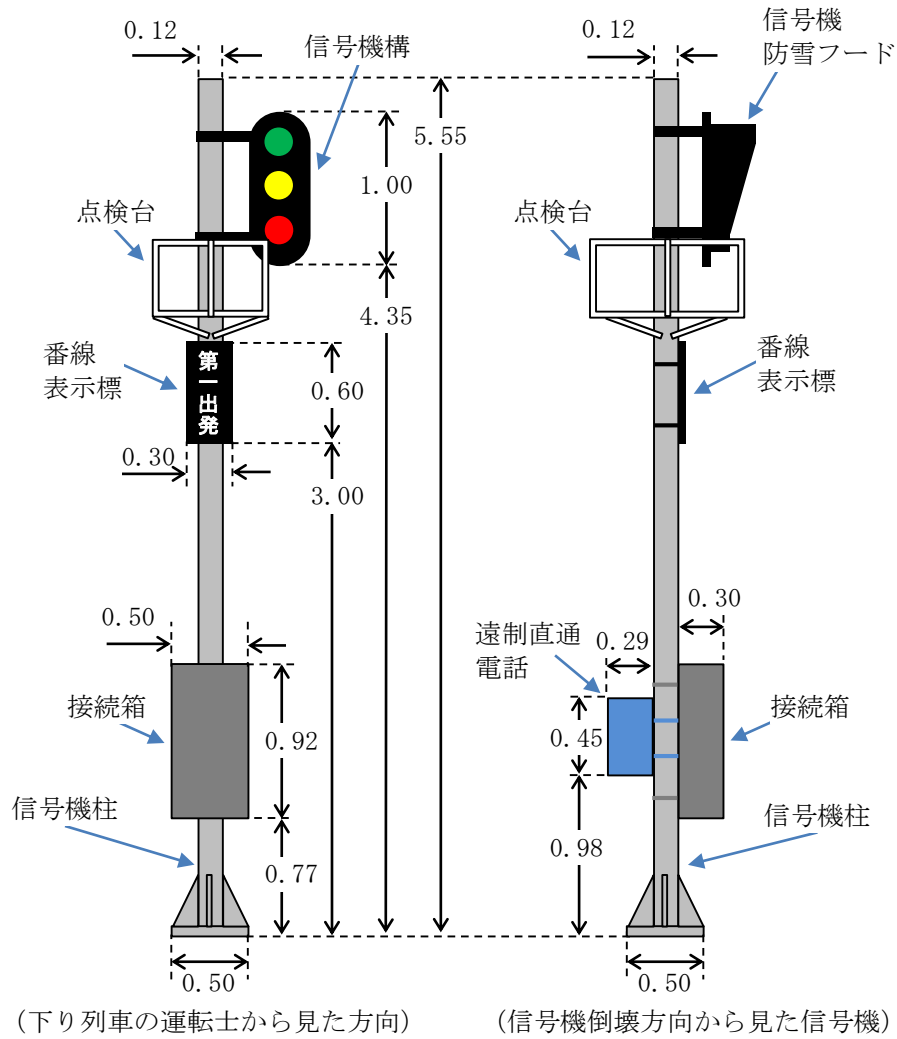


図1 本件信号機と同等の信号機の寸法

(1) 信号機の重量及び自重によるモーメント

本件信号機は1柱1機（3現示）であり、同等の信号機の重量は441.5 kgである。また、図2に示した信号機倒壊方向の回転軸回りの自重によるモーメントは倒壊方向と逆向きに作用し、その大きさは約805N・mとなる。

(2) 信号機に要求される強度

本件信号機と同等の信号機に要求される強度は、同社の信号設備設計施工指針により、風速40m/sの風圧によるモーメントに耐えるように規定されている。図2に示した信号機倒壊方向の回転軸回りの同モーメントの大きさは約5,379N・mとなる。

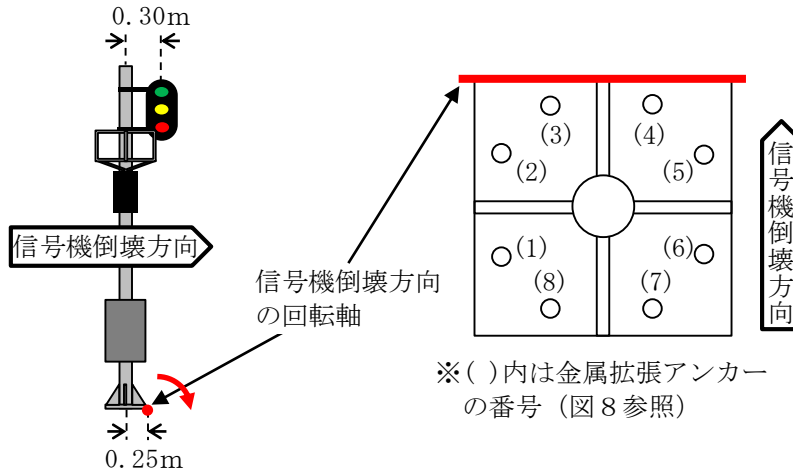


図2 信号機倒壊方向の信号機柱の台座の回転軸

2.3.3 車両に関する情報

本件列車の編成を図3に示す。また、車両の主要諸元は表3に示す。

車 種：交流電車（20,000V）

編成両数：3両

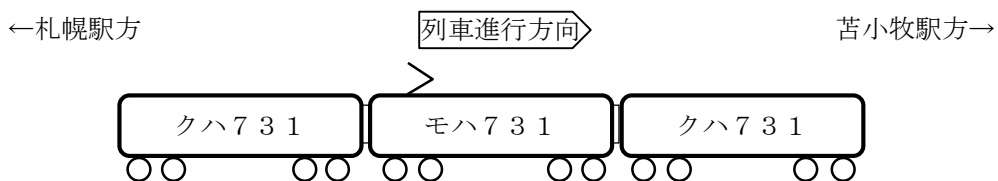


図3 本件列車の編成

表3 本件列車の車両の主要諸元

| 車両形式 | クハ731 (制御車) | モハ731 (電動車) |
|------|-------------|-------------|
| 編成定員 | 141名        | 151名        |
| 車両長  | 21,670mm    | 21,300mm    |
| 空車重量 | 30.0 t      | 39.0 t      |

## 2.4 鉄道施設の損傷に関する情報

鉄道施設の主な損傷は、倒壊した本件信号機のみであり、その損傷状況は、信号機防雪フードの破損及び点検台の屈曲であった。また、倒壊した本件信号機柱と点検台が下り線の左右レール上に乗っていた。本件信号機の損傷状況を図4に示す。



信号機防雪フードの破損

点検台の屈曲

図4 本件信号機の損傷状況

## 2.5 鉄道施設の工事に関する情報

### 2.5.1 本件信号機の設置時期及び施工方法

同社によると、本件信号機の設置時期及び施工方法は概略次のとおりであった。

#### (1) 設置時期

昭和55年（1980年）10月のダイヤ改正の際、千歳線・室蘭線の電化及び千歳空港駅開業による輸送力増強のため、閉そく区間<sup>\*4</sup>を増設した。これにより、札幌貨物ターミナルの場内信号機「101RM/102RJ」の設置位置の変更及び本件信号機である「下1」信号機を新設した。

その後、平成8年（1996年）10月に新札幌駅の連動装置<sup>\*5</sup>分離に伴い、「下1」信号機を「第1出発信号機㊸」、札幌貨物ターミナルの場内信号機「101RM/102RJ」を「第2出発信号機3L/4L」、「上2」信号機を「第2場内信号機㊹」に改名した。

#### (2) 施工方法

本件信号機は、既設の高架橋上に新設するため、養生期間（接着系アンカーの充填剤の硬化時間目安）のない金属拡張アンカーとし、くたい既在コンクリート躯体内部の鉄筋の損傷を避けるため、長さ60mmの金属拡張アンカーを8本使用した。

\*4 「閉そく区間」とは、1列車だけの運転に専用させ、他の列車を同時に運転させないために定めた区間をいう。

\*5 「連動装置」とは、信号機、転てつ器などの相互間の連鎖を行う装置をいう。



## 2.5.2 金属拡張アンカーの施工方法等

### (1) 金属拡張アンカーの施工について

本件信号機柱を固定するために使用されていた金属拡張アンカーは、アンカーとコーンで構成され、アンカーにコーンを打ち込み、母材コンクリートに固着させるものである。

本件信号機に使用された金属拡張アンカーと同等の金属拡張アンカーの施工について、一般的な施工手順概要を図5に、施工時の状況を図6に示す。

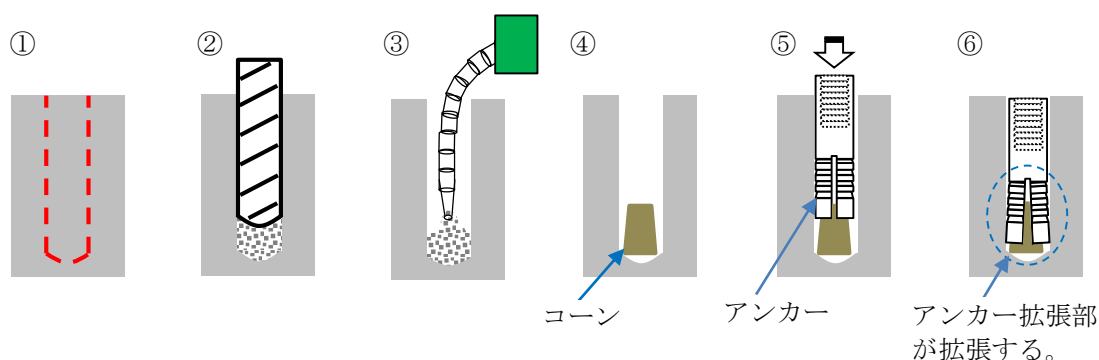


図5 金属拡張アンカーの施工手順概要

- ①金属拡張アンカーのアンカー及びコーンを挿入するための穴(以下「<sup>せんこう</sup>穿孔」という。)の場所、径及び深さを決定する。
  - ②ドリルを使用して、穿孔する。
  - ③穿孔内の切粉を集塵機又はブロワー等で確実に除去する。
  - ④穿孔にコーンを挿入する。
  - ⑤コーンの上にアンカーを挿入して打ち込む。
  - ⑥アンカー拡張部が拡張し、母材コンクリートの孔面との支圧力及び摩擦力により固着力を発揮する。
- ※施工完了後は、引張試験を実施し、耐力（引張耐力）が設計値を満足することを確認する。



|                         |                   |
|-------------------------|-------------------|
| アンカー長                   | : 60.0 mm (カタログ値) |
| アンカー外径 (コーン挿入前)         | : 21.4 mm (カタログ値) |
| アンカー内径 (コーン挿入前)         | : 13.3 mm (実測値)   |
| アンカー外径 (コーン挿入状態)        | : 24.0 mm (実測値)   |
| アンカー外径 (コーン挿入後に取り外した状態) | : 22.0 mm (実測値)   |

図6 金属拡張アンカーの施工時の状況

(2) 本件信号機と同等の信号機的设计上の引張耐力

2.3.2.2に記述した風速40m/sの風圧によるモーメント約5,379N・mから信号機の自重によるモーメント約805N・mを差し引いたモーメントの大きさは約4,574N・mとなる。このモーメントを基に計算される、図2に示した金属拡張アンカー1本にかかる最大の引張力は約2,940Nとなる。なお、本件信号機柱を固定するために使用された金属拡張アンカーと同等の金属拡張アンカーは、アンカーが母材コンクリートに十分固着されている場合には、1本当たり41,000Nの引張耐力があり、信号機倒壊方向にかかる引張力を超え十分に満足する値となっている。

### 2.5.3 本件信号機の倒壊時の状況

#### (1) 本件信号機柱の台座表面及び六角ボルトの状況

倒壊した本件信号機柱の台座表面、六角ボルト 8 箇所及び座金にさびが発生していたが、六角ボルトの欠損や損傷等はなかった。なお、使用されていた六角ボルトは、ねじ部分の直径が 16mm の M16 であった。

また、六角ボルトの長さ及び座金の種類や数にばらつきが認められたが、同社によると、ばらつきは、金属拡張アンカーの施工時に穿孔の深さの誤差に対応するため、現場で補正する目的に、六角ボルトの長さや座金の数で調整した可能性が考えられるとのことである。

#### (2) 本件信号機柱の台座裏面及び金属拡張アンカーのアンカー状況

本件信号機柱の台座には、高架橋のコンクリート躯体に固定していた 8 本のアンカー全てがコンクリート躯体から抜けて、アンカーと六角ボルトが、本件信号機柱の台座に付いていた。

本件信号機柱の台座裏面及びアンカーの上部にさびが発生していたが、アンカーの下部にはさびは認められなかった。

またアンカーに欠損や損傷等はなく、アンカーと六角ボルトはさびにより固着した状態であった。

#### (3) コンクリート躯体の表面及び金属拡張アンカーのコーンの状況

本件信号機柱が固定されていたコンクリート躯体には、金属拡張アンカーを挿入するための穿孔が 8 箇所あり、コンクリート躯体の表面は、雨水と共に周囲のほこり等が染み込み変色して、穿孔の周囲にはテーパ状の欠落が認められるものがあった。なお、テーパ状の欠落については、同社によると、雨水等が染み込み凍結した際の膨張によりできたものと考えられるとのことである。

アンカーにコンクリート片の付着はなく、目視確認では穿孔内に破壊等は認められなかった。

コンクリート躯体の穿孔全てに、金属拡張アンカーのコーンが残っており、穿孔から抜き取ることができなかった。

なお、コンクリート躯体の表面には不陸<sup>ふりく</sup>\*6が発生していたが、同社により、防水施工はされていた。

#### (4) コンクリート躯体の穿孔内部及び金属拡張アンカーのコーンの状況

本件信号機柱が固定されていたコンクリート躯体の穿孔周囲のコンクリートをコア抜き（図 7 参照）し、コア抜きしたものを縦に切断して穿孔内を確

---

\*6 「不陸」とは、平らではなく凹凸があることをいう。

認したところ、周囲のコンクリートに対して比較的細粒の灰色の粉体にコーンが埋まっていた。穿孔内に残っていた粉体は固化していたが、組成分析結果は、周囲のコンクリートと同一成分であった。また、穿孔の入口付近にテーパ状の欠落はあるが、側面は終端付近まで直線状であり、内部に損傷はなかった。

コーンは下部の約1/3が粉体の内部にある状態で、コーンの断面形状は台形状であり、さびや欠損等は認められなかった。

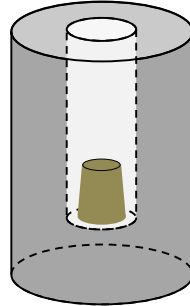


図7 コンクリート躯体のコア抜きイメージ図

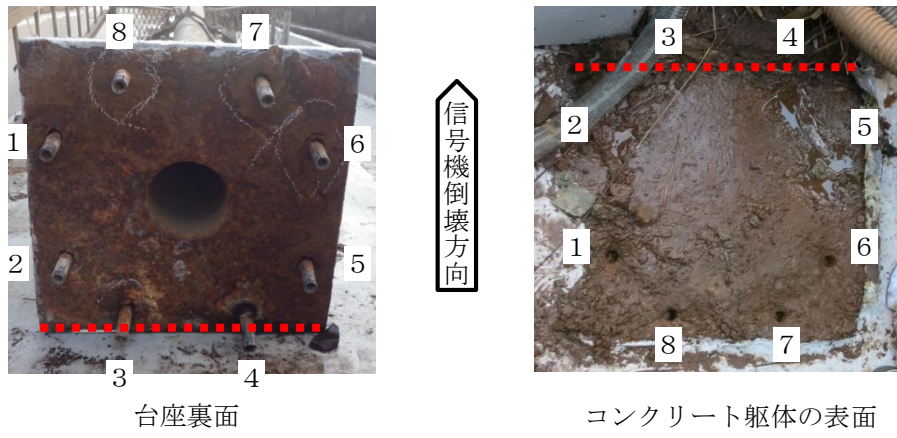
(付図7 本件信号機柱の台座表面及び六角ボルトの状況、付図8 本件信号機柱の台座裏面及びアンカーの状況、付図9 本件信号機柱が固定されたコンクリート躯体の表面及びコーンの状況、付図10 コンクリート躯体の穿孔内部及びコーンの状況 参照)

#### 2.5.4 本件信号機柱の固定に使用された金属拡張アンカーの状況

##### (1) 本件信号機柱の固定に使用された金属拡張アンカーの測定結果

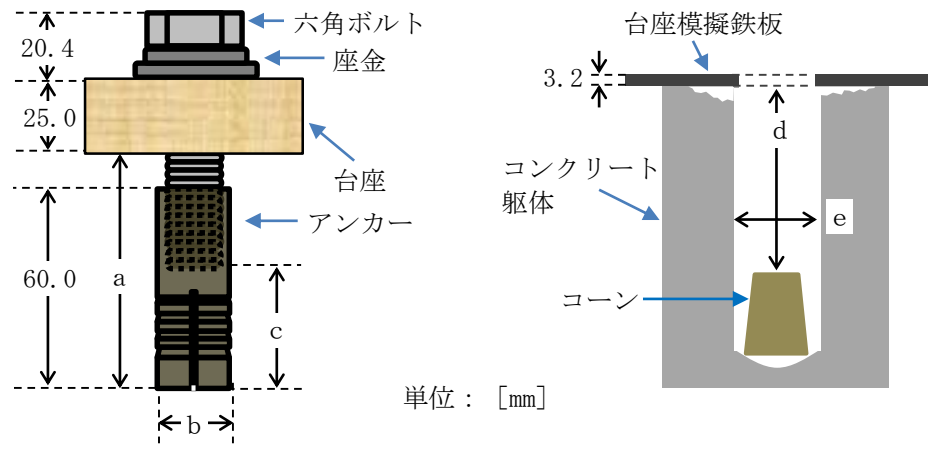
本件信号機柱を固定するために使用されていた金属拡張アンカーのアンカー、コーン及び、コンクリート躯体に開けられた穿孔の寸法について、測定した箇所を図8及び図9に、測定結果を表4及び図10に示す。

なお、図9の六角ボルトと座金、本件信号機柱の台座の厚み及びアンカー長の寸法はNo.1を、図10のコーンの寸法はNo.6を測定した値をそれぞれ代表値として示している。また、六角ボルトに使用されていた座金について表5に示す。



※ ..... は信号機倒壊方向の回転軸

図8 金属拡張アンカーのアンカー及び穿孔の番号割付



※ c : アンカーの底部から六角ボルトの底部までの寸法

図9 アンカー及び穿孔の測定箇所

表4 アンカー及び穿孔の寸法

| No.    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| a [mm] | 68.0 | 65.0 | 65.0 | 63.0 | 64.0 | 62.0 | 72.0 | 68.0 |
| b [mm] | 21.8 | 21.2 | 21.1 | 22.1 | 21.2 | 21.6 | 21.9 | 21.6 |
| c [mm] | 39.8 | 38.2 | 47.6 | 24.2 | 45.9 | 49.3 | 42.5 | 39.0 |
| d [mm] | 49.3 | 50.8 | 39.8 | 49.8 | 44.0 | —*1  | 50.0 | 46.3 |
| e [mm] | 22.4 | 22.4 | 22.3 | 22.5 | 22.4 | 22.7 | 22.5 | 22.3 |

※1 : 測定前に治具を使用してコーンを抜き取ったため未測定

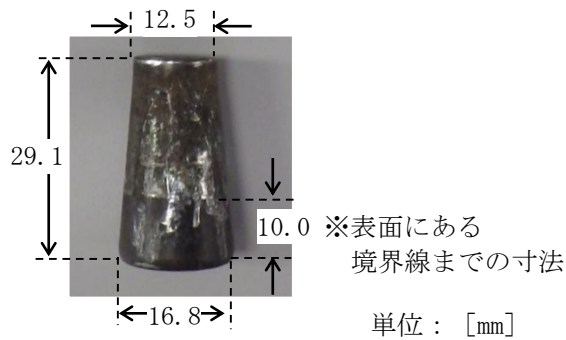


図 1 0 コーンの寸法

表 5 六角ボルトに使用されていた座金

| No. | 使用枚数 | 種類                 |
|-----|------|--------------------|
| 1   | 2    | 平座金+平座金（大）         |
| 2   | 3    | ばね座金+ばね座金+平座金（大）   |
| 3   | 1    | 平座金（大）             |
| 4   | 3    | ばね座金+平座金（大）+平座金（大） |
| 5   | 2    | 平座金+平座金（大）         |
| 6   | 2    | 平座金+平座金（大）         |
| 7   | 2    | 平座金+平座金（大）         |
| 8   | 2    | 平座金+平座金（大）         |

※平座金：外径約 3 0 mm、平座金（大）：外径約 3 6 mm

(2) 本件信号機柱の固定状況

(1) に記述した本件信号機柱の固定に使用された金属拡張アンカー等の測定結果から、図 1 1 及び図 1 2 に示すとおり、六角ボルトの長さ、座金の種類及びアンカーとコーンの関係にばらつきがあった。

なお使用されている六角ボルト及び座金にさびが発生しており、寸法に誤差が含まれるため、No. 1 を基に現在の規格値を使用して、六角ボルトの径は全て同一とし、ボルト長のみ、規格値より想定される値を使用した。また、座金の厚さは、平座金とばね座金を同一とし、2 枚を基準として、枚数の比率から寸法を算出した。

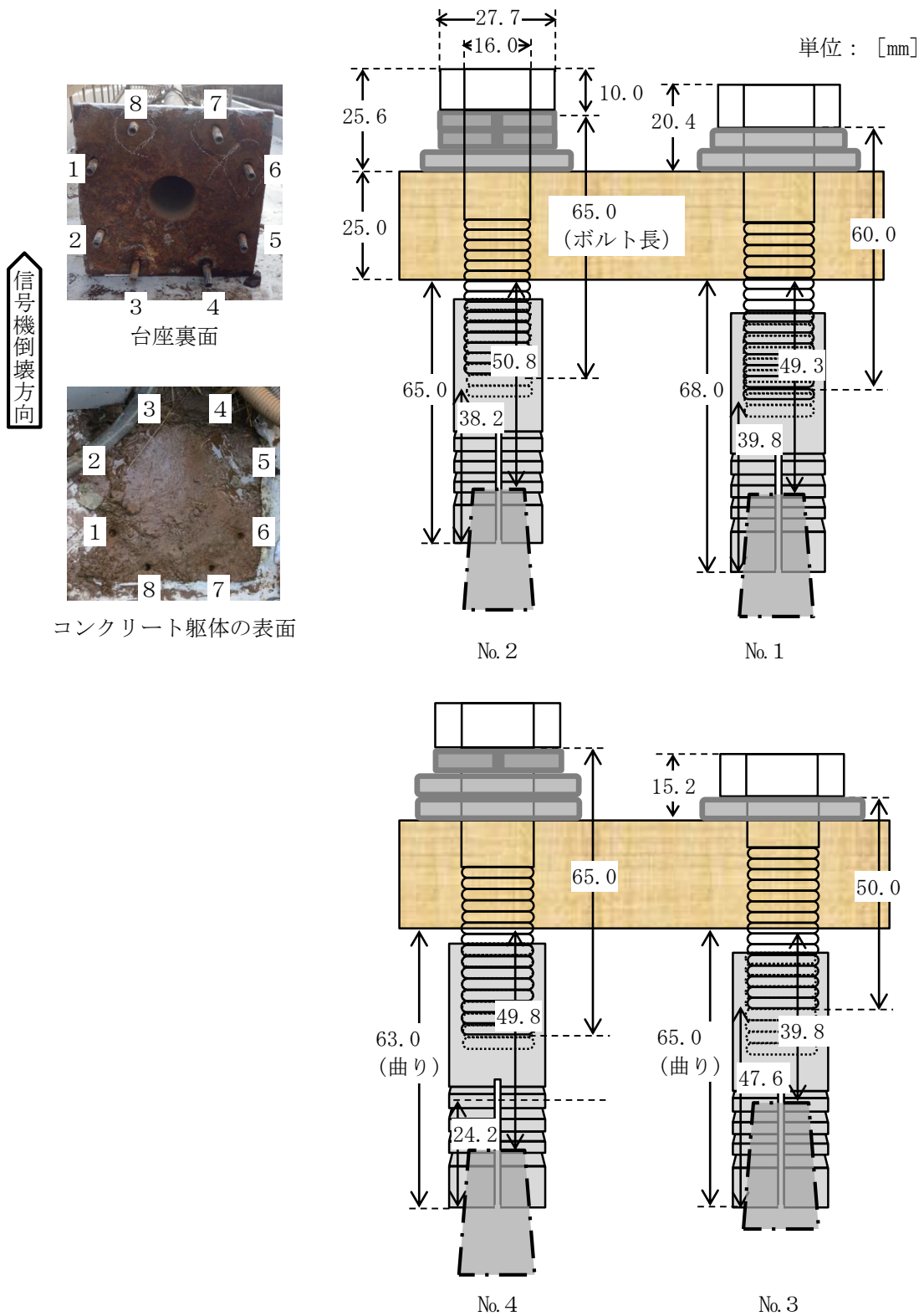


図 1 1 金属拡張アンカー、六角ボルト及び座金の状況 (No. 1 ~ 4)

単位：[mm]

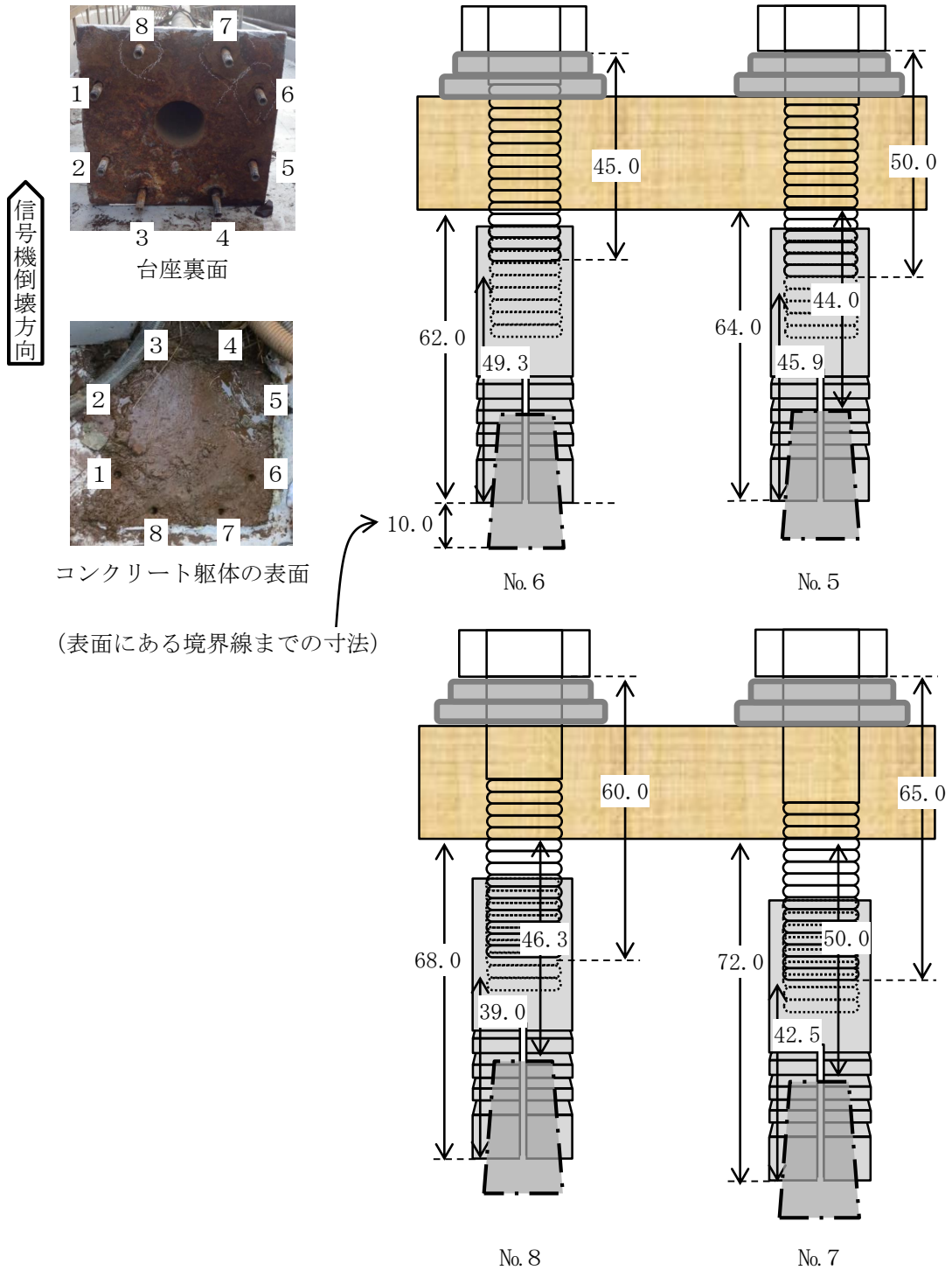


図 1 2 金属拡張アンカー、六角ボルト及び座金の状況 (No. 5～8)



## 2.6 本件信号機の点検に関する情報

本件信号機は、同社の「電気関係設備保全マニュアル（信号）」に基づき、年1回の定期点検を実施している。同マニュアルによると主な本件信号機の点検内容は、ボルト、ナットの締付状態の良否及び腐食の程度の確認、信号機の日視による損傷状況の確認及び基礎ベース部（ボルト、ナット）の打音検査の実施となっている。

本件信号機は、平成30年6月11日の定期点検の記録に異常はなく、また、同年9月6日の北海道胆振東部地震後の臨時目視点検において、ぐらつきや傾きはなかった。

## 2.7 乗務員に関する情報

本件運転士 男性 55歳

甲種電気車運転免許

平成3年10月28日

甲種内燃車運転免許

平成4年11月12日

## 2.8 気象等に関する情報

### 2.8.1 天気概況等

本重大インシデント発生場所の最寄りの気象庁札幌管区気象台の観測記録によると、発生当日の瞬間風速は12時に18.2m/s、13時に19.4m/s、風向は共に南南東であった。

また、本件信号機を新設した1980年10月から本重大インシデント発生日までの日最大瞬間風速を表6に示す。

表6 日最大瞬間風速

| 日最大瞬間風速        | 度数（日） |
|----------------|-------|
| 20m/s以上25m/s未満 | 622   |
| 25m/s以上30m/s未満 | 115   |
| 30m/s以上35m/s未満 | 26    |
| 35m/s以上40m/s未満 | 0     |
| 40m/s以上        | 1     |
| （20m/s以上合計）    | 764   |

## 2.8.2 地震に関する情報

本重大インシデント発生場所の最寄りの震度観測点の観測記録によると、本震度観測点の観測が開始された2011年3月11日から本重大インシデント発生日までに起きた震度3以上の地震の震度と回数は、表7に示すとおりであった。

表7 地震の状況

| 震度   | 回数 | 備考        |
|------|----|-----------|
| 3    | 15 | —         |
| 4    | 1  | —         |
| 5弱   | 1  | 北海道胆振東部地震 |
| 5強以上 | 0  | —         |

## 2.9 その他の情報

本件信号機は、本件信号機柱を既存コンクリート躯体に金属拡張アンカーを使用して固定されており、本工法は「あと施工アンカー」施工と呼ばれている。また、施工当時、手引き等はなかったが、公益財団法人鉄道総合技術研究所から昭和62年9月に「あと施工アンカー工法設計施工の手引き」、平成30年1月に「あと施工アンカーの設計・施工の手引き」が発行され、また、他の機関からも各種手引きが発行されている。

また、「あと施工アンカーの設計・施工の手引き」では、金属拡張アンカーは、列車振動や列車風圧等の影響による繰返し荷重を受けた場合、アンカー拡張部に接したコンクリートが損傷・粉体化し、固着力が低下するおそれがあるため適さないとしている。

# 3 分析

## 3.1 本重大インシデントの発生状況に関する分析

### 3.1.1 本重大インシデントの発生場所

2.1.1に記述したように、本件運転士が倒壊して上下線を支障している本件信号機（8k509m）を確認したこと及び2.3.1に記述したように、本件信号機が倒壊し、千歳線を支障していたことから、本重大インシデントの発生場所は8k509m付近であると認められる。

### 3.1.2 本重大インシデントの発生時刻

2.1.2(2)に記述したように、11時43分から12時37分まで下り列車が通過した際に、本件信号機の異常は見られなかったこと及び2.1.2(1)に記述したように、PRC監視卓の記録から、12時39分30秒に本件信号機付近の下り線の軌道回路⊕T及び⊖Tの不正落下が発生したことから、本重大インシデントの発生時刻は、12時39分30秒ごろと推定される。

また、2.4に記述したように、下り線の軌道回路⊕T及び⊖Tの不正落下は、本件信号機が倒壊し軌道回路を短絡したと推定される。

## 3.2 本件信号機の施工に関する分析

### 3.2.1 本件信号機の施工状況

#### (1) 金属拡張アンカーの使用について

2.5.1(1)及び(2)に記述したように、本件信号機は、昭和55年(1980年)に既設高架橋上に新設するため、金属拡張アンカーを使用し設置された。金属拡張アンカーを使用したのは、養生期間のない施工であることが関与した可能性が考えられる。

#### (2) 本件信号機柱の固定に使用された六角ボルト及び座金について

2.5.3(1)及び2.5.4(1)に記述したように、本件信号機柱の固定に使用された六角ボルトは、金属拡張アンカーに合わせ、M16サイズ(六角ボルトのねじ部分直径が16mm)を使用していた。また、使用された六角ボルトの長さ及び座金の種類や数にばらつきがあったが、これまで実施された点検で緩み等の問題がなかったこと、倒壊時にアンカーと六角ボルト及び座金が全て結合していたことから、六角ボルト及び座金は機能を満足していたと考えられる。

#### (3) 金属拡張アンカーを挿入した穿孔の状態

2.5.4表4に示したように、本件信号機の設置に使用された金属拡張アンカーを挿入するための穿孔の径は、22.3～22.7mmであり、金属拡張アンカーのアンカー外径は21.1～22.1mmであった。また、2.5.2図6に示したように、アンカー拡張部は24.0mmまで拡張が可能であることから、コーンの挿入不足としても、アンカー拡張部は拡張され母材コンクリートの孔面に接触していたものと推定される。

なお、2.5.3(3)及び(4)に記述したように、穿孔の周囲のテーパ状の欠落部分はコンクリート躯体の表面のみで、穿孔の深さについては、金属拡張アンカーのアンカー拡張部が全てコンクリート面に接する位置にあったと推定され、金属拡張アンカーの性能に影響しなかったものと考えられる。

### 3.2.2 本件信号機の金属拡張アンカーの施工

2.5.3に記述したように、本件信号機柱を固定していた8本全ての金属拡張アンカーのアンカーがコンクリート躯体から抜け、コーンはコンクリート躯体の穿孔内に残っていたことから、8本全ての金属拡張アンカーの施工状況は同様であったものと考えられる。また、本件信号機が設置されたコンクリート躯体の穿孔内部のコーンの状況（付図10参照）から、穿孔内の清掃が不十分であったことにより、底部に切粉等が残った状態で金属拡張アンカーのアンカー打ち込みを行ったと推定される。

このため、底部に切粉がある状態で金属拡張アンカーのアンカー打ち込みを行った場合、コーンが打ち込み時の反力を受けずに切粉内部に沈み、その結果として、アンカー拡張部が拡張しない状態になったと推定される。（図13参照）

また、穿孔内の清掃が不十分であった要因は、施工した当時の作業者の知識や経験が不足していた可能性が考えられる。

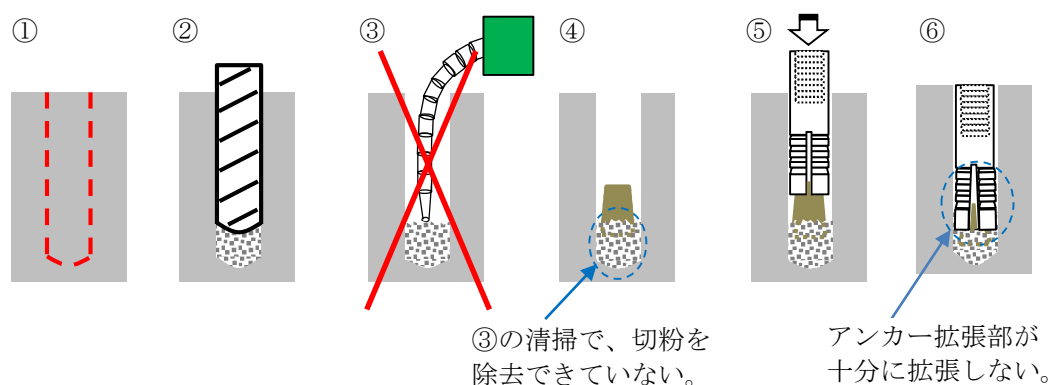


図13 本件信号機施工当時の金属拡張アンカーの施工手順概要

### 3.2.3 本件信号機が倒壊した時の引張耐力

本件信号機の設置時は、不十分ながらも引張耐力はあったものと考えられる。しかしながら、2.5.1(1)及び2.8に記述したように、本件信号機は、約38年間高架上に設置されていたことから、少なからず列車等の振動、風雪及び地震等の影響を受け続けており、その影響によって金属拡張アンカーのアンカーが徐々に浮き上がり（図14参照）、引張耐力が低下したことにより強度が失われた可能性が考えられるが、その影響を明らかにすることはできなかった。

なお、No.3、No.4のアンカーの曲りについては、信号機倒壊方向の回転軸側の金属拡張アンカーであるため、倒壊時に発生したと推定される。

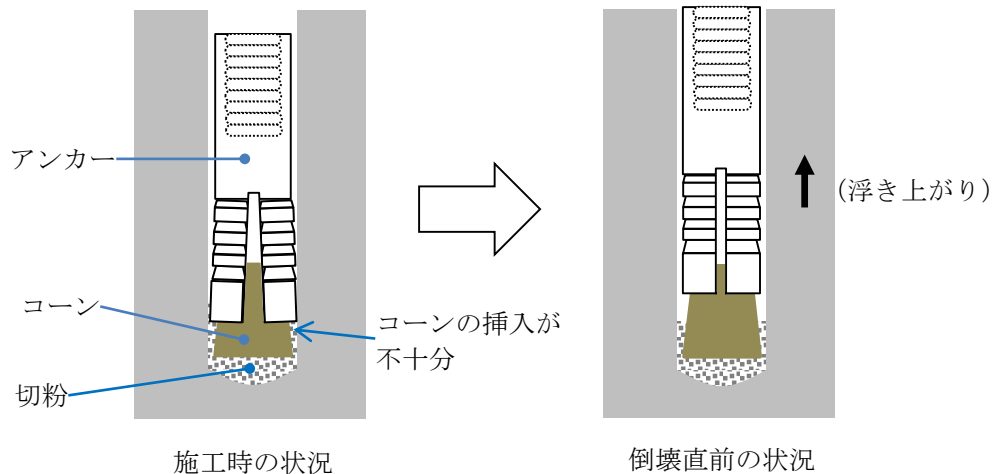


図 1 4 アンカーの浮き上がりのイメージ

### 3. 3 気象等の影響に関する分析

#### 3. 3. 1 風の影響

2. 8. 1に記述したように、本重大インシデントの発生時刻の前後に、本件信号機付近では瞬間風速約 2 0m/sの南南東の風が吹いており、本件信号機の倒壊時に、倒壊方向とほぼ同じ方向の風向であったと考えられる。また、本件信号機は、設置から約 3 8年の期間を経過しており、その間、2. 8. 1表 6に示したように、日最大瞬間風速 2 0m/s以上が 7 6 4日発生しているが、2. 1. 2表 2に示したように、本重大インシデント発生約 1時間前からの状況で、本件信号機が倒壊するまで異常が見られなかった。これらのことから、本件信号機の倒壊時において観測された瞬間風速約 2 0m/sの風が倒壊に関与した可能性が考えられる。

なお、2. 3. 2. 2(2)及び2. 5. 2(2)に記述したように、本件信号機柱を固定するために使用された金属拡張アンカーと同等の金属拡張アンカーの引張耐力は、風速 4 0m/sに耐えられる設計値となることから、本件信号機柱を固定するために使用された金属拡張アンカーが健全な状態であれば十分に支持できる引張耐力であったものと考えられる。このことから、本件信号機の倒壊時点での金属拡張アンカーの引張耐力は、健全な状態と比べて低下していたものと考えられる。

#### 3. 3. 2 地震の影響

2. 8. 2表 7に示したように、本重大インシデント発生場所付近で発生した震度 4以上の地震は 2回記録されており、2. 6に記述したように、本件信号機は倒壊前直近の平成 3 0年 9月 6日に発生した北海道胆振東部地震後の臨時目視点検において、本件信号機にぐらつきや傾きは見られなかったことから、この地震が金属拡張アンカーの引張耐力に影響を与えた可能性について明らかにすることはできなかった。

### 3.3.3 凍害の影響

2.5.3(3)に記述したように、本件信号機柱が固定されたコンクリート躯体の表面には不陸が発生していた。本件信号機は、積雪寒冷地に設置されていることから、凍害による凍結膨張圧の影響で不陸が発生した可能性が考えられるが、この凍害による凍結膨張圧が本件信号機の倒壊に影響を与えた可能性について明らかにすることはできなかった。

## 4 原因

本重大インシデントは、下り第1出発信号機④の設置工事において、「あと施工アンカー」施工による金属拡張アンカーの施工時に、コンクリート躯体に開けた穴（穿孔）内の清掃不足による施工不良があったため発生したと考えられる。

同信号機の設置当時の施工不良により、金属拡張アンカーのコーンがアンカー拡張部を十分に拡張せず、引張耐力が十分に得られない状態であったと考えられる。

このため、同信号機を設置した金属拡張アンカーの引張耐力が不十分な状態で、設置から約38年の期間を経過したことによる風雪、地震等の外力の作用に加え、高架橋上による列車等の振動により、金属拡張アンカーのアンカーが徐々に浮き上がったことで、同信号機全体を支持する引張耐力が低下し、倒壊当日の瞬間風速約20m/sの風圧もあいまって、同信号機の信号機柱を固定していた金属拡張アンカーの引張耐力を超えたことにより、倒壊した可能性が考えられる。

## 5 再発防止策

### 5.1 必要と考えられる再発防止策

本重大インシデントは、本件信号機の設置工事において、「あと施工アンカー」による金属拡張アンカーの施工不良により、金属拡張アンカーの引張耐力が設計値を満足していない状態であったため、本件信号機が倒壊する事態に至ったものと考えられる。

このような事態の再発を防止するため、同社は以下のような防止策を講じることが望まれる。

- (1) 「あと施工アンカー」による施工後は、定期点検等により不具合を見つけ出すのは難しいため、「あと施工アンカー」を用いて信号機柱等の重量物を固定する場合は、手引等（「あと施工アンカーの設計・施工の手引き」（発行：公益財団法人鉄道総合技術研究所））に記載された条件を満足した上で、確実に施工す

ること。また、施工は、作業資格を持った作業者が実施し、記録を残すこと。

- (2) 「あと施工アンカー」を用いて信号機柱等の重量物を固定している箇所のうち、本件信号機と同様の金属拡張アンカーを使用した箇所及び施工内容等を確認するための記録がない箇所について、このような箇所で倒壊した場合に列車に接触する等のリスクが大きい箇所は、補強を追加すること。

なお、「あと施工アンカー」により施工した場合は、コンクリートの長期耐久性を維持するために、防水施工等によるコンクリートの劣化を防ぐ対策を行うことが望ましい。

## 5.2 本重大インシデント発生後に同社が講じた措置

本重大インシデント発生後に同社が講じた措置は、次のとおりである。

- (1) 本件信号機の移設

本件信号機の1m新札幌駅側に、安全率を満足した接着系アンカーを使用して移設した。さらに、支線により補強を行った。

「あと施工アンカー」の施工は、作業資格を持った作業者が実施し、穿孔内の清掃を十分に行うとともに、施工状況を記録に残した。

- (2) 本件信号機と同様の金属拡張アンカーを使用した設備の点検

本件信号機と同様の金属拡張アンカーを使用した設備は、本件信号機と同時期に設置された第2出発信号機3L/4Lの1箇所のみであった。同信号機は、高欄のH鋼を利用して倒壊防止用の補強をしていた。(付図1.1参照)

また、芯棒打込み式アンカー\*7を用いて固定した信号機柱が2箇所あったが、これらも支線により補強を行った。

- (3) 「あと施工アンカー」による信号機柱等の建植方法について

「あと施工アンカー」による信号機柱等の建植方法について、指導文書を発行し、今後は仮設を除いて、設計結果を実現するための前提条件を満足した接着系アンカーを使用することとし、穿孔及びアンカー筋の寸法の施工記録写真を含めた施工記録を残すこととした。また、アンカーの穿孔内の清掃については、工事発注の際に指導することとした。

## 5.3 本重大インシデント発生後に国土交通省が講じた措置

本重大インシデント発生後に国土交通省が講じた措置は、次のとおりである。

---

\*7 「芯棒打込み式アンカー」とは、アンカーに芯棒があり、その芯棒を打ち込みアンカーを拡張するアンカーをいう。

- (1) 平成30年11月12日、全国の鉄道軌道事業者に対して、本重大インシデントの概要を情報提供するとともに、倒壊した信号機と同様の固定方法で施工されている設備がある場合には、必要に応じて点検を実施するなど適切に対応するよう指示した。
- (2) 平成30年11月14日、運輸安全委員会による鉄道事故等に係わる事実調査で得られた情報の提供について、全国の鉄軌道事業者に対して周知した。
- (3) 平成30年11月15日、全国の鉄軌道事業者に対して、倒壊した信号機と同様の金属拡張アンカーで施工されている設備の実態調査及び点検を実施するよう指示した。

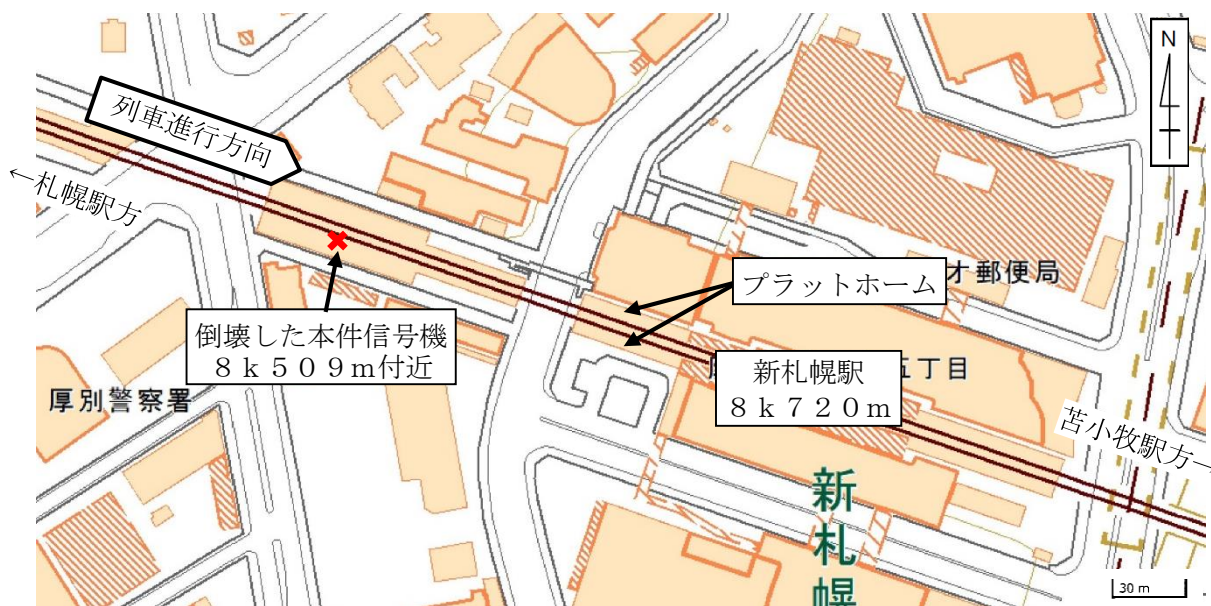


付図1 千歳線線路略図（白石駅～新札幌駅区間）



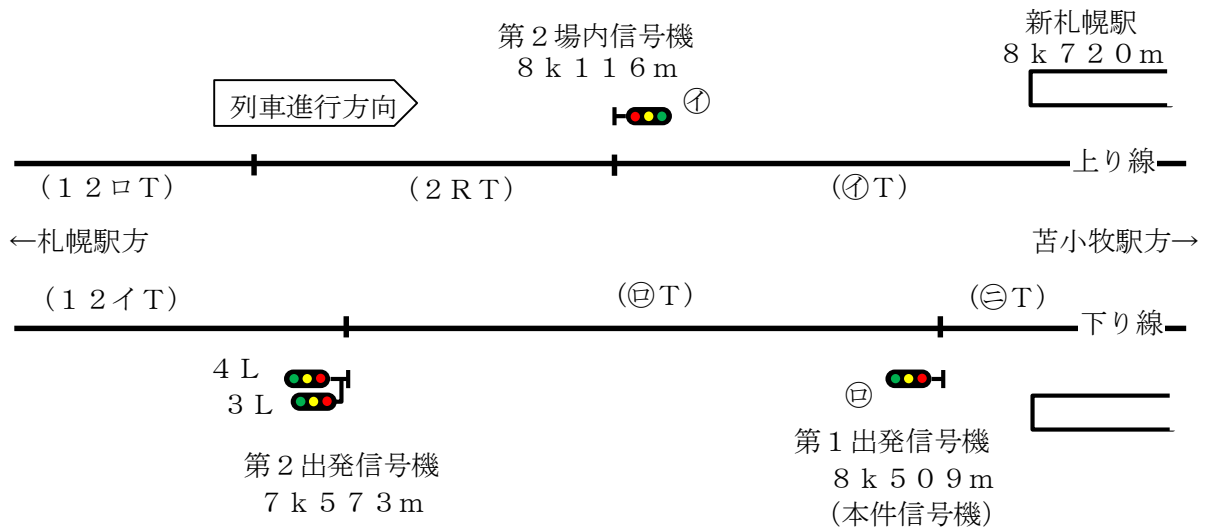
この図は、国土地理院の地理院地図（電子国土Web）を使用して作成

付図2 本重大インシデント現場付近

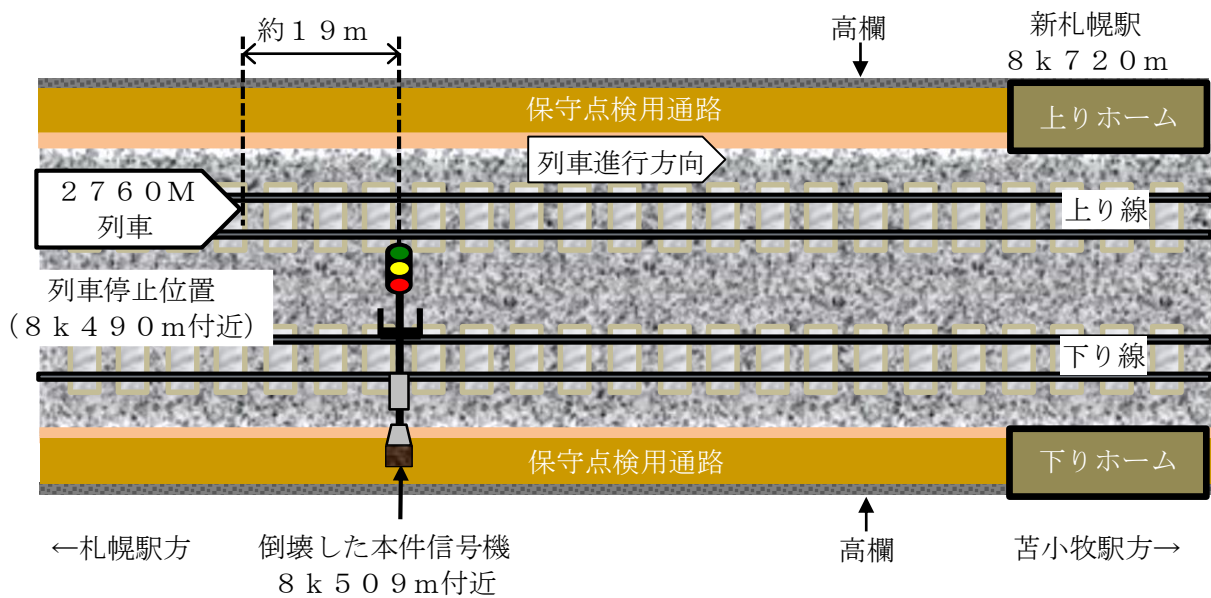


この図は、国土地理院の地理院地図（電子国土Web）を使用して作成

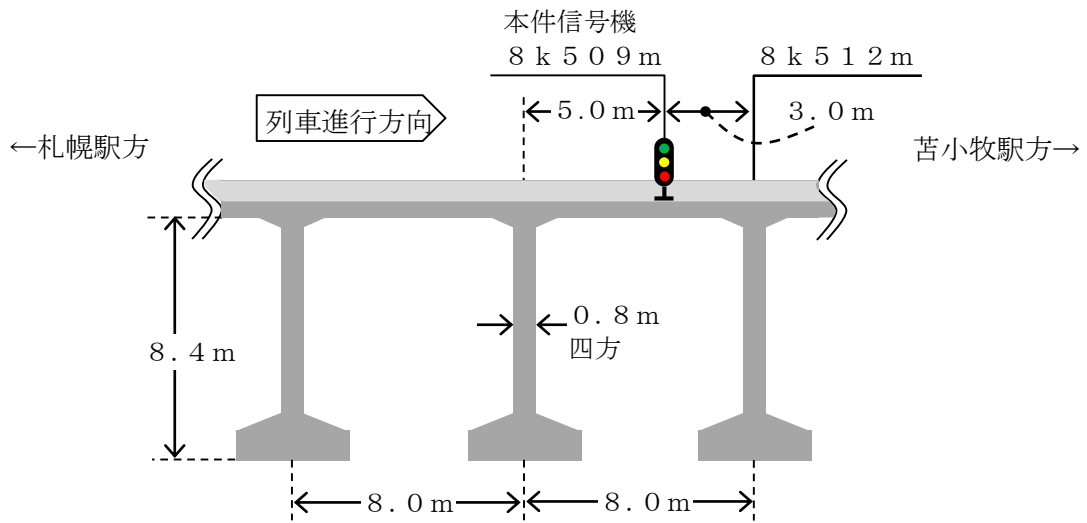
付図3 本重大インシデント現場付近信号機位置図



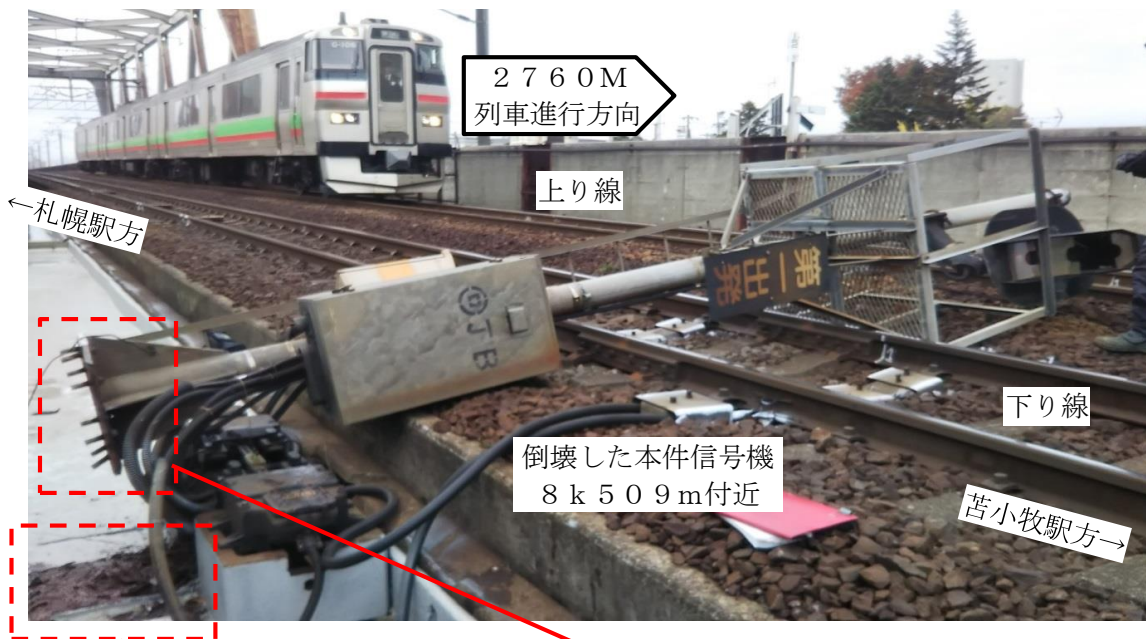
付図4 本重大インシデント現場付近略図



付図5 本重大インシデント現場の高架橋



付図6 倒壊した本件信号機の状況

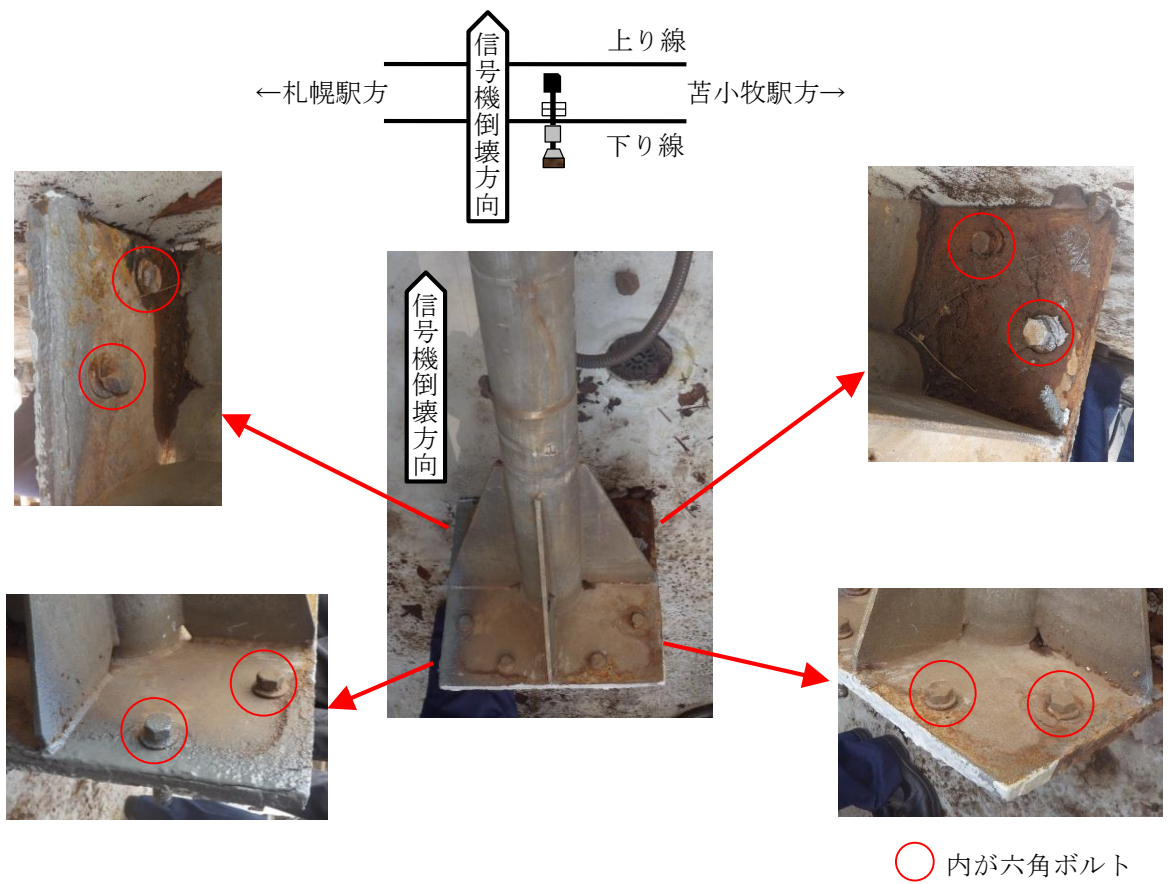


コンクリート躯体の表面の状況

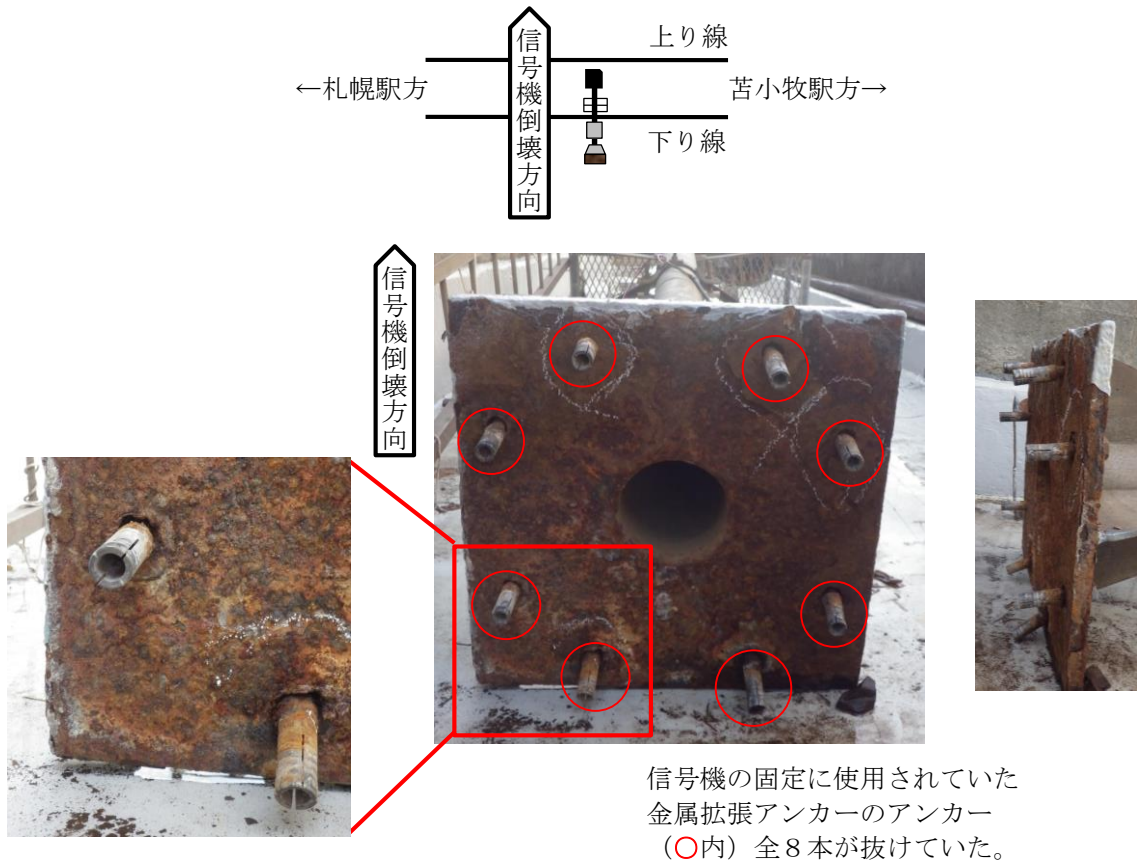


本件信号機柱の台座裏面の状況

付図7 本件信号機柱の台座表面及び六角ボルトの状況



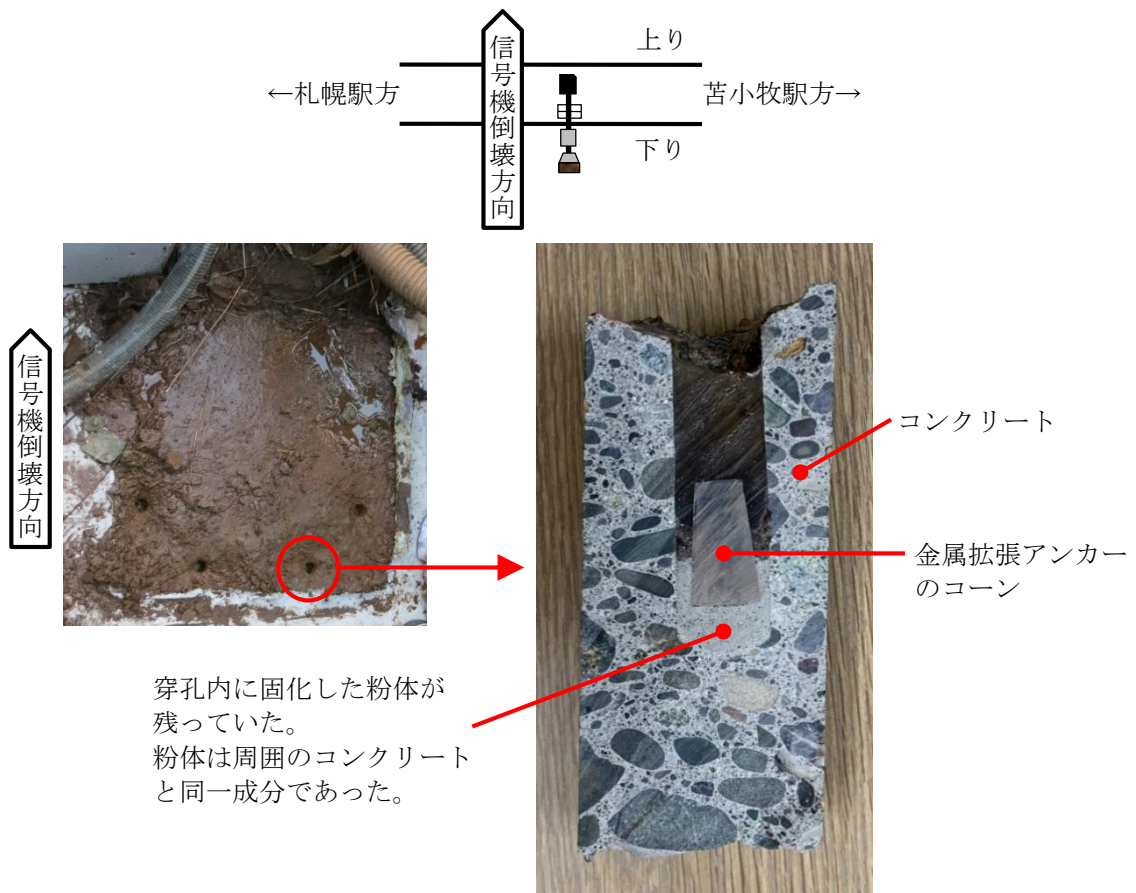
付図8 本件信号機柱の台座裏面及びアンカーの状況



付図9 本件信号機柱が固定されたコンクリート躯体の表面及びコーンの状況



付図10 コンクリート躯体の穿孔内部及びコーンの状況



付図11 第2出発信号機3L/4Lの補強状況



(平成30年11月13日 同社撮影)