

---

# 呼子大橋

## 【直轄診断報告書】



平成28年3月

---

国土交通省 九州地方整備局  
九州地整道路メンテナンス技術集団



# 目 次

---

1. はじめに	1
2. 調査概要	3
2.1. 調査概要	3
2.2. 橋梁概要	4
3. 技術的助言	5
3.1. 総括	5
3.2. 斜張橋部の損傷に対する助言	5
3.3. 斜張橋部の各部材に対する所見	10
3.4. 取付部に対する所見	13
3.5. 付属物に対する所見	14
4. 各部材の調査結果	15
4.1. 斜張橋部 (P5-A2 径間)	16
4.1.1 斜材ケーブル制振装置	16
4.1.2 主桁	24
(1) 桁内部	24
(2) 桁外部	28
4.1.3 主塔	30
4.1.4 斜材ケーブル	34
(1) 桁側定着部 (コンクリート・他)	34
(2) 桁側定着部 (定着部キャップ内部状況)	36
(3) 桁側定着部 (橋面側)	38
(4) 主塔側定着部	40
4.2. 取付部 (A1-P5 径間)	42
4.2.1 主桁	42
4.2.2 橋台・橋脚	44
4.3. その他部材	46
4.3.1 支承部	46
4.3.2 地覆	48
4.3.3 伸縮装置	50
4.3.5 防護柵	52
4.3.6 照明装置	54
4.3.4 橋面舗装	56

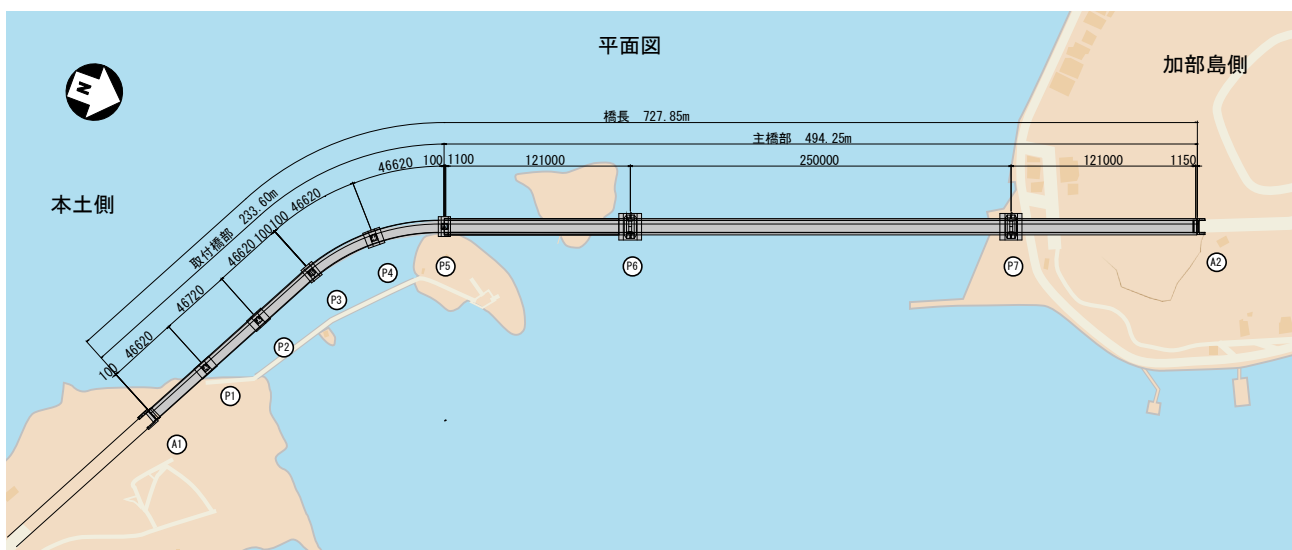
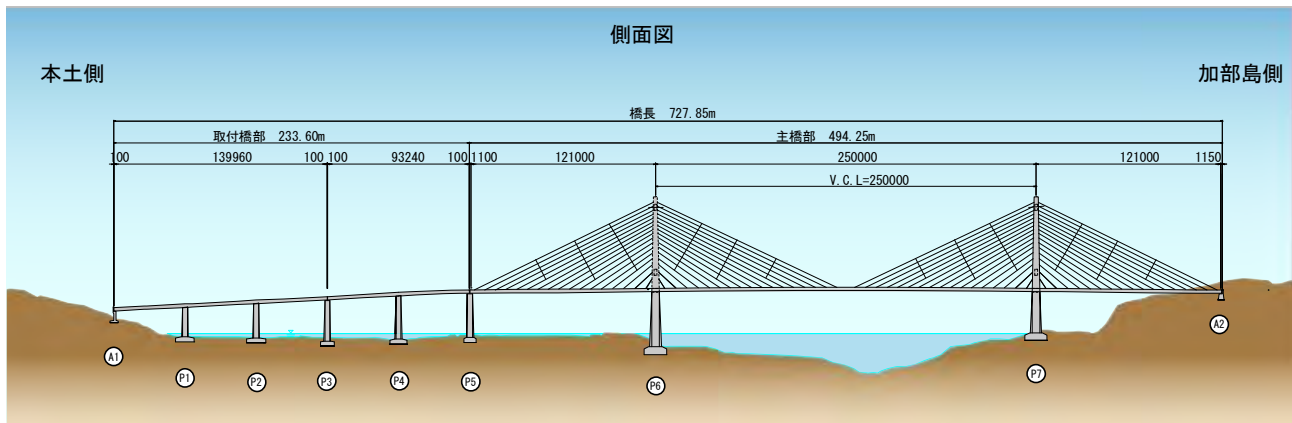


# 1. はじめに

呼子大橋は、佐賀県西北部の玄界灘に面した東松浦半島の北端、呼子町殿の浦と離島加部島を結ぶ橋長 727.85mの海上橋梁である。これまで海上輸送に頼っていた加部島地区の交通輸送の効率化、円滑化を図るとともに、安定的な農業用水の確保を目的としたパイプラインを併設するために、農林水産省の補助事業である農免道路事業として佐賀県が建設したものである。

平成元年 4 月に供用を開始、現在まで 26 年経過しており、現在は唐津市にて管理されている。

本橋は、P C 3 径間連続斜張橋（橋長 494.25m）を含む 8 径間の橋梁であり、唐津市においては、当該構造物のような橋梁の診断や補修等の高度な技術力を有する専門家がおらず、対応に苦慮していたため、平成 27 年 9 月、唐津市長より同橋の長寿命化のため、国土交通省に直轄診断の要請がなされた。



国土交通省では唐津市長からの要請を受け、本橋の特殊性の観点から、高度な技術力等の必要性が高いものと判断し、直轄診断の実施を決定した。

九州地方整備局等による「道路メンテナンス技術集団」は、10月26日より現地調査を開始し、調査を進めていたが、その調査結果がまとまったので、技術的助言として、以下のとおり報告する。

「道路メンテナンス技術集団」 隊員

- ・九州地方整備局 道路部 道路保全企画官 甲斐 浩己（リーダー）  
道路構造保全官 安仲 努
- 佐賀国道事務所 技術副所長 野尻 浩人
- 長崎河川国道事務所 技術副所長 横山 浩
- 九州技術事務所 総括技術情報管理官 大成 和明
- 佐賀国道事務所 建設専門官 藤原 史武
- 福岡国道事務所 保全課 専門官 中野 周史
- 佐賀国道事務所 工務課 設計係長 永松 寿隆
- ・国土交通技術総合政策研究所  
道路構造物研究部 橋梁研究室 室長 玉越 隆史
- ・国立研究開発法人 土木研究所  
構造物メンテナンス研究センター 上席研究員 石田 雅博  
先端材料資源研究センター 上席研究員 古賀 裕久

## 2. 調査概要

### 2.1. 調査概要

唐津市は、平成 20 年に遠望目視による点検を実施し、平成 26 年に「定期点検要領及び佐賀県橋梁補修・補強マニュアル（案）」に基づき、呼子大橋の健全度の橋梁詳細点検・損傷箇所の近接目視による詳細調査を実施していた。

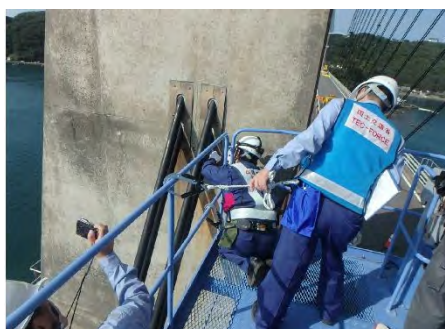
市より提供された調査の概略は以下のとおりである。

本橋は、1989 年架設の P C 斜張橋で供用後 26 年が経過しており、経年劣化や架橋環境下での損傷・劣化が認められている。（平成 20 年度初回点検）

初回点検以降、平成 21～22 年度にかけて補修工事（制振ワイヤ取替工、コンクリート補修工、伸縮装置取替工等）が実施されている。

主要部材であるケーブルの詳細な点検は未実施である。

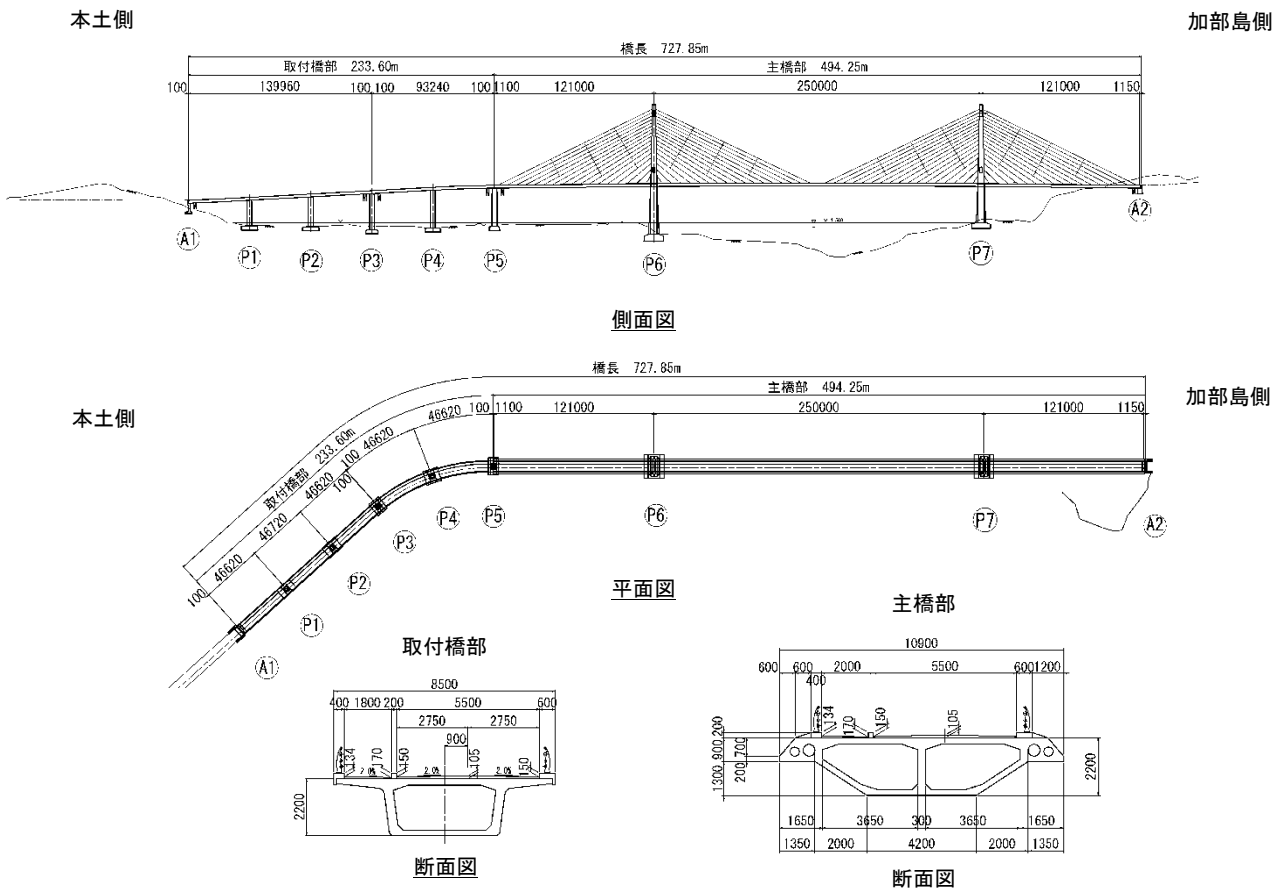
今回の直轄診断では、橋梁点検車や高所作業車などを活用し、必要な情報を得るために道路メンテナンス技術集団による詳細な現地調査と管理者より提供された完成図や設計資料等により診断を行った。



## 2.2. 橋梁概要

過去の完成図等を基に整理した橋梁の概要を以下に示す。

項目	諸元	
路線名	市道呼子大橋線	
橋梁名	呼子大橋	
道路規格	第3種 第4級	
橋格	2等級	
設計荷重	TL-14	
架設年次	1989年(26年経過)	
所在地	(自) 唐津市呼子町殿ノ浦	
	(至) 唐津市呼子町片島	
適用示方書	昭和53年道路橋示方書	
橋長	L=727.850m	A1~P5 取付橋部 L=233.600m
		P5~A2 主橋部 L=494.250m
全幅員	W=10.900m	有効幅員 W=7.500m (車道W=5.500m、歩道W=2.000m)
径間数	8径間	
上部工形式	A1~P3 PC3径間連続ラーメン箱桁橋	
	P3~P5 PC2径間連続ラーメン箱桁橋	
	P5~A2 PC3径間連続斜張橋(サスペンデット・マルチケーブル方式)	
下部工形式	逆T式橋台2基(A1、A2)	
	壁式橋脚5基(P1~P5)	
	主塔2基(P6、P7)	
基礎形式	直接基礎(全基)	





## 3. 技術的助言

本橋の現状評価および今後の維持管理方法に関して、技術的観点から以下のとおり助言する。

### 3.1. 総括

竣工図書（設計図、設計計算書）やこれまでの維持管理（橋梁点検、補修設計、補修工事）にかかる既存資料及び現地調査結果を踏まえ、本橋の現状、今後の維持管理に関する所見を示す。

本橋は、橋梁形式により、A1-P5 径間の取付部（PC3 径間連続箱桁橋+PC2 径間連続箱桁橋）と P5-A2 径間の斜張橋部（PC3 径間連続斜張橋）で構成されており、それぞれ、橋梁の特徴を踏まえ、考察を加える。

全体総括としては、橋梁全体的な診断として、既存資料及び現地調査結果から判断すると、斜張橋部、取付部ともに、緊急対応が求められるような橋梁の耐荷性能の低下は確認されなかった。

ただし、斜材ケーブルは、風の影響を受けて、頻繁に振動が発生しており、これにより主構造の各部のひびわれ発生を助長している可能性が疑われる。一方、斜材ケーブルの振動を抑制するための制振ワイヤは、度重なる損傷を受けており、本橋で必要とされる制振性能が十分には得られていない可能性がある。また損傷による制振ワイヤの振動抑制効果の低下は、コンクリート部材における新たなひびわれの発生、既存ひびわれの進展、斜材ケーブルの損傷など、直接、主構造の健全性の低下に影響を及ぼす可能性があり、斜材ケーブルの振動抑制対策の強化も視野に見直しの検討を速やかに行うことが極めて重要であると考えられる。

なお、制振対策の見直しにあたっては、風環境および本橋本体および斜材ケーブルの振動特性について詳細な調査を実施するとともに、風による影響に対する主構造の各部の挙動、既に生じているコンクリート部材のひびわれなどの変状への影響を把握し、斜材ケーブルの振動抑制と本橋の耐久性の信頼性の向上に効果的でリスクのできるだけ少ない対策とする観点での検討を行なうべきである。

なお、個別の所見については、斜張橋部、取付部、付属物と分けて 3.2 項、3.3 項、3.4 項で詳述する。

### 3.2. 斜張橋部に対する所見

#### 3.2.1. 斜張橋部の損傷に対する所見

- ・直轄診断の現地調査において、降雨と風の共存下で比較的大振幅で斜材ケーブルの振動が確認されレインバイブレーションが生じている可能性が強く疑われる。
- ・降雨時かつ風速 20m/s を超える風が吹いていたおりに、振動対策のための制振ワイヤが設置された箇所以外で最大振幅 30cm 程度（目視による推定）の振動が確認された。振動がおさまった直後に、ケーブル断面の上方部に水路の形成が確認されたことからレインバイブレーションである可能性が高い。
- ・一方、降雨のない条件で、風速 20m/s を超える風が吹いている条件で、一部のケーブルで制振装置部を節とする振動（サブスパン振動）が生じていることが確認された。最大振幅は、目視による推定で 10cm 程度であった。
- ・呼子大橋工事誌（佐賀県農林部）によると、斜材ケーブルが 2 本並行で配置されたことによ

り、ウェイクギャロッピングが発生し、その対策として、制振ワイヤを設置したとの記録が残っている。

- 並行ケーブルのウェイクギャロッピング対策を目的として設置した制振ワイヤにより、比較的大きな振幅の振動は抑制されているが、制振装置設置部を節とする振動（サブスパン振動）が発生している可能性が高い。
  - サブスパン振動の発生を確認した日において、新たな制振ワイヤの破断が確認された。
  - 直轄診断で調査した範囲では、上記の斜材ケーブルの振動以外の発生は確認されなかった。
  - 過去の制振ワイヤの交換・補修履歴から、制振ワイヤの破損と交換が繰り返されているが、交換箇所や確認できる調査等記録からは、今回確認されたのと類似の風に起因する斜材ケーブル振動が原因と考えられる。一方で、斜材制振方法そのものは大きく変更されておらず、今回調査期間にも制振装置の破損が新たに生じたことから、現在の制振対策では比較的頻繁に生じる風に起因する振動を十分に抑制出来ていない可能性が高い。
  - 2014年度の呼子大橋の風速計のデータ（唐津市提供）から、冬季は風速 10m/s を超える北西の風が頻繁に吹いていることが確認された。斜材ケーブルと風向の関係からは振動の原因となり得る風が冬季を中心高頻度で生じている可能性が高いと言える。また、完成直後からの呼子大橋近隣の気象データからは、呼子大橋は、同様の風に晒され続けられている可能性が考えられ、上記の制振ワイヤの取替え履歴からも、完成直後から、同じ原因によるケーブル振動の発生が頻繁に起こっていたと推測され、かつ今後も風環境には大きな変化は見込めないため現風環境を前提とした対策が必要である。
- 
- 箱桁内で既存点検調書にないひびわれが多数確認された。
  - 当時の点検において見落とされていたとは考えにくいひびわれ（0.3mm を超える）もあることから、前回点検以降にも新たなひびわれの発生またはひび割れ幅の拡大が生じている可能性が高い。
  - ひびわれの発生は、主桁のダイアフラム間のウェブ面で発生しており、ブロックの継ぎ目部から発生しているものと、ブロック間に発生しているものの2タイプが存在した。全橋で類似損傷が複数生じており、応力的な発生原因の共通点がある可能性が高く、今後も進展する可能性が否定出来ないため、可能性のある主桁の挙動による発生応力との関係を精査して原因を究明する必要がある。
  - ブロックの継ぎ目部から発生しているひびわれは、水平方向へ進展の後、一部のひびわれで、斜め方向に伸びるものが確認された。発生原因としては施工時の拘束なども考えられるが、規則性と進展傾向の特徴から発生後も、当該部位の発生応力の影響を受けて進展している可能性がある。そのため発生・進展に関わる要因を特定して対策に反映しなければ損傷の拡大が防止できない可能性がある。
  - ブロック間に発生しているひびわれは、斜め方向に伸びているものが多く確認された。規則性と進展傾向の特徴から発生後も、当該部位の発生応力の影響を受けて進展している可能性がある。そのため発生・進展に関わる要因を特定して対策に反映しなければ損傷の拡大が防止できない可能性がある。
  - 主桁コンクリートの現時点の鉄筋位置の塩分量は腐食発錆限界塩化物イオン濃度(1.2kg/m<sup>3</sup>)

未満であった。

- ・主桁にひびわれが生じた原因として考えられる主なものについて以下のとおりである。

○本橋の設計条件および交通環境（大型車の混入率、車両の絶対数も少ないこと）からは、自動車荷重がひびわれ発生の原因になっている可能性は低い。

○2005年3月に発生した福岡県西方沖地震の影響が可能性として挙げられるが、地震被災直後の点検データがないため、確認が困難である。

○斜材ケーブルの振動によって桁にも様々な変位や応力が生じる可能性があり、部位によってはひびわれの発生につながった可能性は否定出来ない。なお発生原因によらず斜材ケーブルに振動が生じているときには本橋では桁にも様々な変位や応力が生じる可能性があるため、既に発生しているひびわれの進展が助長される可能性がある。

- ・主塔部には、多様なひびわれが発生している。以下に、現地で確認されているひびわれ発生の状況を示す。

① 斜材ケーブル定着部上方側の後打ちコンクリート部のひびわれ

斜材ケーブルが主塔に定着される箇所で、上方箱抜き部の後打ちコンクリートの境界部で、ひびわれが発生している。箱抜きの形状に沿って、水平または鉛直方向にひびわれが発生し、ひびわれからは遊離石灰の析出が見られる。ひびわれ幅 0.2mm 程度であった。

また、一部の箇所で、境界面を補修跡も見られる。

② 正面、側面の両面に発生している網目上のひびわれ

正面部と側面部の両方の角部分において、網目上のひびわれが発生している。ひびわれからは、白色の析出物が確認されるものや、茶褐色を呈したものがある。ひびわれ幅 0.2～1.0mm であった。

③ 主塔側面の鉛直方向に伸びるひびわれ

主塔の側面部（橋軸直角方向面）に、水平打継ぎ部から鉛直方向にひびわれが発生している。一部のひびわれからは、遊離石灰の析出が見られる。ひびわれ幅は他のひびわれに比べて 0.2～1.0mm 程度と大きい。

④ 主塔柱角部の水平方向に伸びるひびわれ

主塔の角部分にひびわれが発生している。ひびわれは、角部から水平方向に主塔の橋軸方向面と橋軸直角方向面の両側に伸びている。一部のひびわれからは、遊離石灰の析出が見られる。ひびわれ幅は 0.2mm 程度である。

- ・一方で、斜材ケーブルの定着部の周辺部（カバープレート周辺部）近傍では、ひびわれは確認されていない。

- ・主塔部に、発生したひびわれの発生原因については、以下に考察する。

① 斜材ケーブル定着部背面側の後打ちコンクリート部のひびわれ

・補修跡も見られたことから、後打ちコンクリートの施工時のドライアウトによる継ぎ不良、後打ちコンクリートの収縮による肌離れが推測される。

・損傷箇所は、ケーブルの定着部あることから、ケーブル振動の影響を受けている可能性も否定できない。

② 正面、側面の両面に発生している網目上のひびわれ

- ・ひびわれからの白色の析出物の発生や、茶褐色を呈した状況から ASR によるひびわれが推測される。

③ 主塔側面の鉛直方向に伸びるひびわれ

- ・ひびわれが、主塔の矩形断面の長辺側の打継ぎ目部を起点として発生していることから、施工時の影響として、リフトアップ時に先行して施工されたブロックに対して、後から施工したコンクリートが拘束の影響を受けて発生した可能性が考えられる。
- ・主塔のケーブルが定着された面ではなく、主塔の側面側に発生したひびわれであることから、ケーブル振動による影響で発生した可能性は小さいと考える。

④ 主塔角部の水平方向に伸びるひびわれ

- ・施工時の影響として、水平打継ぎ目以外の箇所が発生しており、マスコンの温度応力による内部拘束による影響の可能性はある。
- ・ケーブルの定着部付近は、プレストレスにより導入した応力によりひびわれが発生しにくい状況と推察されるが、角部は、斜材ケーブルの軸線から離れているため、プレストレスによる応力が小さくなっている可能性がある。このため、ケーブル振動の影響を受けて、角部でひびわれが発生した可能性も否定できない。

- ・橋面の付属物では、防護柵などの付属物に固定ボルトの緩みが発生している。ゆるみの発生頻度には位置的な特徴があり、主桁の振動との関わりが疑われる。すなわち斜材ケーブルの振動に起因する主桁の振動や他の要因によって主桁により大きな変位が生じる箇所ではゆるみが生じやすくなっている可能性がある。
- ・路面は、歩道部に橋軸直角方向に規則的な間隔で舗装のひびわれ発生が見られる。特異な規則性の原因としては施工などの人為的な要因の可能性もあるが、ケーブルが振動の発生を受け、主桁の反り、たわみによってその振幅やひずみの規模に関係して舗装のひびわれが発生、進展した可能性が考えられる。

- ・対応策検討の方向性については、以上の通り、本橋では、風による斜材ケーブルの振動が高頻度に発生しており、現在の制振対策は十分な抑制が期待出来ないといえる。一方で塔柱、主桁には斜材ケーブルの振動によって進展する可能性の疑われる多数のひびわれがみられるとともに、斜材ケーブルの振動による干渉が疑われる塔側斜材ケーブル定着部開口の金物の破損、桁の変動に起因するとみられる防護柵のボルトのゆるみなど、斜材ケーブルの振動に起因する可能性が強く疑われる顕著な変状も発生している。

このことから、本橋の健全性および耐久性の確保のためには、斜材ケーブルの振動の原因とその影響範囲を特定した上で、斜材ケーブルの振動が確実に抑制出来る対策を講じるとともに、現在既に生じている変状に対する効果的な対策を行うことが不可欠であると考えられる。なお、斜材ケーブルの振動の原因と影響範囲の特定については、斜材ケーブルの振動現象そのものに大きな不確実性があるため、一定期間の詳細な観測に加えて、橋梁各部の応答についての詳細な計測や解析モデルによる推定を行い、新たな損傷の発生防止のみならず既存損

傷の拡大が確実に阻止出来る信頼性の高い対策となるよう検討することが望ましい。

・その他の損傷について、以下に所見を述べる。

①桁側定着部（コンクリート・他）

- ・定着部コンクリートの一部にひびわれや剥離・鉄筋露出の発生を確認した。
- ・斜材のケーブルに振動が発生した際に、定着部付近に応力が伝達し、ひびわれが発生した可能性がある。
- ・当面の対策として、損傷を進展させるひびわれや剥離箇所からの劣化因子の進入防止を行なうことが肝要であるが、ひびわれ発生原因の究明結果によっては当該部位の補強等の追加の対策を行う必要性も考えられるため対策にあたってはこのことに配慮する。

②桁側定着部（橋面側）

- ・斜材ケーブルの橋面側定着部は、ケーブルを保護する鋼管の腐食が進行している。
- ・鋼管の一部は、腐食により孔食が発生し、鋼管とケーブルの隙間を充てんしている防食ウレタンの露出も認められた。
- ・定着部の防水性能が劣化により進行により、メインケーブルで腐食の発生、進展が生じることにつながるため、当面の措置として桁側定着部の補修が必要である。

③主塔側定着部

- ・斜材ケーブルの主塔側定着部は、全体に腐食が認められ、カバープレートの変形、ボルトの抜け落ちにより防食機能の劣化が生じている。
- ・外側カバープレート部材には減肉に及ぶ損傷は認められなかった。一方で、カバープレート間の異種金属による腐食が進行しており進行が進めば、カバープレートとケーブルラッピングとの干渉ケーブルラッピングの損傷等により内部の素線に腐食の発生・進展が生じる可能性が高い。
- ・上記に加え、カバープレート腐食進行により部材の落下による第三者被害も懸念されることから、カバープレートを撤去する案も視野に入れる必要がある。

## 3.2.2. 斜張橋部の各部材に対する所見

3.2.1 の斜張橋部の損傷の所見を踏まえて、斜張橋部の各部材に対する所見を以下に示す。

### ①斜材ケーブルの制振装置

直轄診断の現地調査において、斜材ケーブルの振動が確認された。ひとつは、風と降雨の条件下で発生するレインバイブレーションの可能性が強く疑われる。また、降雨のない条件においても、一部のケーブルで制振装置部を節とする振動（サブスパン振動）が生じていることが確認された。本橋では、風による斜材ケーブルの振動が高頻度に発生しており、現在の制振対策は十分な抑制が期待出来ないといえる。

一方で塔柱、主桁には斜材ケーブルの振動によって進展する可能性の疑われる多数のひびわれがみられるとともに、斜材ケーブルの振動による干渉が疑われる塔側斜材ケーブル定着部開口の金物の破損、桁の変動に起因するとみられる防護柵のボルトのゆるみなど、斜材ケーブルの振動に起因する可能性が強く疑われる顕著な変状も発生しているため、このことから、本橋の健全性および耐久性の確保のためには、斜材ケーブルの振動の原因とその影響範囲を特定した上で、斜材ケーブルの振動が確実に抑制出来る対策を講じるべきである。

なお、対策検討においては、新たな損傷の発生防止のみならず既存損傷の拡大が確実に阻止出来る信頼性の高い対策となるよう検討することが望ましい。

### ②主桁

主橋部の主桁については、鉛直打継ぎ目部を起点として、ケーブル定着をなす横桁ダイアフラム間でひびわれが発生している。当該立地環境より、風による斜材ケーブルの振動の影響が要因となっている可能性が考えられ、ひびわれ開閉調査を実施し、ひびわれと斜材ケーブルの振動の関連性及び進展の有無を確認するのがよい。また、塩害劣化の影響については、現時点の鉄筋位置の塩分量は腐食発錆限界塩化物イオン濃度 ( $1.2\text{kg/m}^3$ ) 未満であるが、当該橋の立地環境を考慮すると塩害に対する継続的な調査を実施する必要がある。補修対策を検討する場合でも、風による斜材ケーブルの振動と主桁のひびわれ発生との因果関係の究明結果により、当該部位の補強等の追加の対策を併用する必要性も考えられるため、対策にあたってはこのことに配慮するのがよい。

### ③主塔橋脚

主塔橋脚については、多様なひび割れが発生している。主塔のひびわれについては、風による塔の自由振動及び斜材ケーブルの振動の影響が発生または拡大の要因となっている可能性が考えられるため、ひびわれ開閉調査を実施し、ひびわれと振動の関連性及び進展の有無を確認するのがよい。一方、ASRによるコンクリートの劣化の進行も懸念される。ASR 残存膨張量試験の結果を踏まえた検討を行なう必要がある。補修対策を検討する場合でも、風による斜材ケーブルの振動と主塔のひびわれ発生の因果関係の究明結果により、当該部位の補強等の追加の対策を併用する必要性も考えられるため、対策にあたってはこのことに配慮するのがよい。

### ④桁側定着部（コンクリート・他）

斜材ケーブルの桁側定着部（桁下側）のコンクリートの一部にひびわれ（遊離石灰を伴わない）や剥離・鉄筋露出を確認した。損傷を進展させるひびわれからの劣化因子の進入防止を行なう必要があり、当面の腐食因子の侵入対策としてのひびわれ補修を行なうのがよい。なお、ひびわれ発生原因の究明結果によっては当該部位の補強等の追加の対策を行う必要性も考えられるため対策にあたってはこのことに配慮するのがよい。

### ⑤桁側定着部（橋面側）

橋全体の桁側定着部（橋面側）については、鋼管に腐食が認められた。また、一部の防食ウレタンの露出も認められ、ソケット固定バンドのゆるみにより防食機能の劣化が生じている。一方で、鋼管の腐食およびソケット部の防水性による劣化が今後進行すれば、斜材ケーブルで腐食の発生、進展が生じることは可能性が高いことから、早期に桁側定着部の鋼管腐食の補修や、ソケット部のシール材による隙間の充填など、斜材ケーブルの防食機能の回復を行なうことがよい。

## ⑥主塔側定着部

主塔側定着部については、全体に腐食が認められ、カバープレートの変形、ボルトの抜け落ちにより防食機能の劣化が生じているが、外側カバープレート部材には減肉に及ぶ損傷は認められなかった。一方で、カバープレート間の異種金属による腐食が進行しており進行が進めば、ケーブルラッピングの損傷等により内部の素線に腐食の発生・進展が生じる可能性が高い。すみやかに主塔側定着部のカバープレート腐食の補修や、原因の排除により防水対策の更新など、斜材ケーブルの防食機能の回復を行なうべきである。特に、カバープレート腐食進行により部材の落下による第三者被害も懸念されること、ケーブルラッピングとの干渉を防ぐため、カバープレートを早急に全て除去すべきである。



### 3.3. 取付部に対する所見

取付部の現状評価および今後の維持管理方法に関して、各部材に対する所見を示す。

#### ⑦取付部主桁

ひびわれ発生については、橋軸方向に伸びており、プレストレスの応力線を横断するものでないことから、構造的なひびわれ(プレストレスの不足)ではない可能性が高い(曲線橋のねじりを考慮した設計も実施されている)。一方で、ASRの疑いがあるため試験結果を踏まえた、補修の必要性、緊急性を評価すべきである。また、剥離・鉄筋露出が局部的にみられることから、飛来塩分の影響を受ける環境下であるため、早期に断面修復等の対策を行なうべきである。

#### ⑧橋台・橋脚

P1橋脚～P5橋脚では、橋脚下部(干潮範囲)にひびわれ、うきが部分的に発生している。これらの原因は、飛来塩分や海水等によりコンクリート内部に塩分が浸入し内部鉄筋の腐食膨張によるものと認められる。ひびわれから劣化因子の進入を防止するため、すみやかに注入や表面保護の補修をすべきである。このとき、ASRの可能性も否定できないことから、ASR残存膨張量試験や塩化物イオン濃度の浸透予測結果を踏まえ、補修の緊急性を評価すべきである。なお、表面保護補修の要否に関しては、橋脚耐震補強の要否も考慮して検討するのがよい。

### 3.4. 付属物に対する所見

付属物の現状評価および今後の維持管理方法に関して、各部材に対する所見を示す。

#### ⑨ 支承部

支承部については、飛来塩分の影響による腐食が進行する可能性が高いため、すみやかに劣化状況に合わせた防錆機能の改善、沓座モルタルの断面修復等の補修を行なうのがよい。なお、A1 橋台では、伸縮装置部からの漏水が認められていることから、支承の補修と合わせ、止水性向上のため、伸縮装置の取替えを実施するのがよい。また、橋脚天端のひびわれ、うきについては、支承の補修とあわせ、ひびわれ注入や断面修復等の補修を行なうのがよい。ただし、支承の縁端が不足している箇所は、支承縁端部の補強を考慮する必要がある。

#### ⑩ その他

地覆については、ポリマーセメントモルタルによる断面修復が行なわれているが、かぶり不足により、補修箇所の再劣化が認められる。第三者被害予防の観点から、すみやかに再補修するのがよいが、予防保全の観点から表面保護等の対策を合わせて実施するのがよい。また、橋面舗装については、上床版への止水性を確保するため、舗装の経年劣化が進んでいることも踏まえ、早期に橋面防水層の設置を目的とした舗装打替えを実施するのがよい。

防護柵については、風に対する防護柵の振動を受け、ボルト、ナットがゆるみ、脱落した可能性が考えられる。このため、ボルト再設置時にゆるみ止め機能付きナットへの取替えを行なうのがよい。また、ボルト、ナットの腐食防止のため、防錆処理を実施するのがよい。取付橋部の防護柵（横梁）の変形はすみやかに部材の取替えを行なうべきである。照明装置の基礎部のナットの締め直しについては、ゆるみ止め機能付きナットへの取替え及び防錆処理、みやかに実施すべきである。

路面は、ケーブルが振動の発生を受け、主桁の反り、たわみによってその振幅やひずみの規模に関係して舗装のひびわれが発生、進展した可能性が考えられる。現状として、橋面防水の機能が低下しており、主桁への防水機能が確保されていない状態である。このため、主桁の耐久性維持のため、橋梁区間全体において、早期に橋面防水層の設置を目的とした舗装打替えを実施するのがよい。

#### 4. 各部材の調査結果

4.1 斜張橋部(P5-A2径間)

4.1.1 斜材ケーブル制振装置

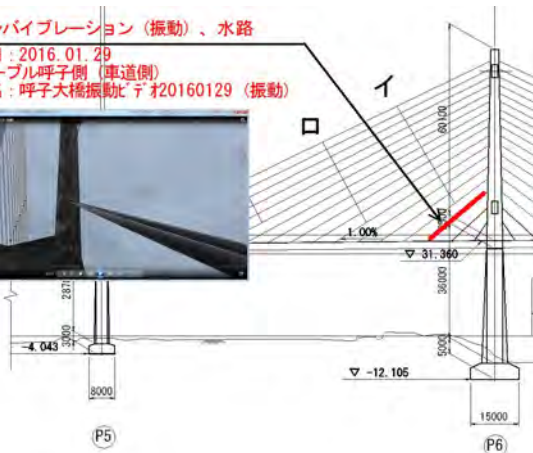
対象部位 構造概要	斜材ケーブル制振装置 制振ワイヤ	
対象位置図		
損傷状況	構造概要	
<p>(1)現在、3箇所で制振ワイヤの破断が認められる。(写真①、③、⑤) このうち、①と③は、中間部クランプのロールグリップの上方部分で破断が生じ、⑤は、下端部付近のターンバックル部で破断が生じている。また、ゆるみが生じていたターンバックルと同一のワイヤの一連では、破断が生じない。 ①は、平成22年に取替え工事を行ったワイヤである。ただし、H21の記録によると、このときは、その上下で破断はあるものの、同じ箇所は破断していないことが認められる。③は取替え時期が不明である(少なくとも、H22及びH26では取替えが行われていないとの記録がある)</p>		
①P6終点側上段0111と0112の間	②P6終点側上段0111と0112の間	③P7起点側下段0122と0123の間
<p>・制振ワイヤの破断している。写真右はH21の状況であるが、この時は、その上下で破断はあるものの、同じ箇所は破断していない。</p>	<p>①の近景</p>	<p>・制振ワイヤが破断している。</p>
④P7起点側下段0122と0123の間	⑤P6終点側下段0112と0113の間	⑥P6終点側下段0112と0113の間
<p>・③の近景</p>	<p>・制振ワイヤのゆるみが発生している。</p>	<p>・⑥の近景。右上の写真は、強風時(1/18～19:風速20m/s以上確認)の期間で破断を確認した。</p>

●観測された振動

・レインバイブレーション

目視による推定値で最大±30cm程度

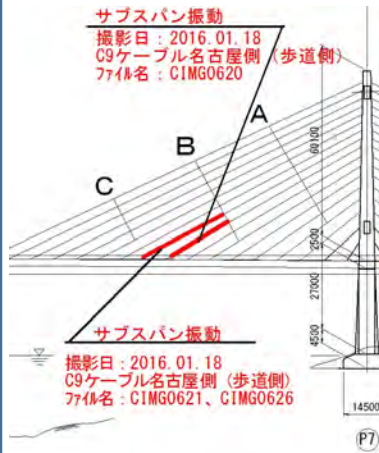
レインバイブレーション（振動）、水路  
 撮影日：2016.01.29  
 C3ケーブル呼子側（車道側）  
 ファイル名：呼子大橋振動ビデオ20160129（振動）



・サブスパン振動

目視による推定値で最大±10cm程度

サブスパン振動  
 撮影日：2016.01.18  
 C9ケーブル名古屋側（歩道側）  
 ファイル名：CIMG0620



損傷原因の推定

(1)直轄診断の現地調査において、斜材ケーブルの振動が確認された。ひとつは、降雨の条件下で発生するレインバイブレーションの可能性が強く疑われる。また、降雨のない条件においても、一部のケーブルで制振装置部を節とする振動（サブスパン振動）が生じていることが確認された。過去取替え工事の経緯から見ると、制振ワイヤの破断した経緯があり、制振ワイヤの風による振動に対する影響である可能性が高い。なお、レインバイブレーションは、制振ワイヤがない位置で発生していた。

耐荷性能の評価

(1)風による斜材ケーブルの振動が高頻度に発生しており、現在の制振対策は十分な抑制が期待出来ないといえる。塔柱、主桁には斜材ケーブルの振動によって進展する可能性の疑われる多数のひびわれがみられるとともに、斜材ケーブルの振動による干渉が疑われる塔側斜材ケーブル定着部開口の金物の破損、桁の変動に起因するとみられる防護柵のボルトのゆるみなど、斜材ケーブルの振動に起因する可能性が強く疑われる顕著な変状も発生しており、本橋の健全性および耐久性の確保のためには、斜材ケーブルの振動の原因とその影響範囲を特定した上で、斜材ケーブルの振動が確実に抑制出来る対策を講じる必要がある。

損傷の進行性と不確実性

(1)斜材ケーブルの振動の原因の特定については、斜材ケーブルの振動現象そのものに大きな不確実性があるため、一定期間の詳細な観測に加えて、橋梁各部の応答についての詳細な計測や解析モデルによる推定を行う必要がある。

健全性の評価と対策方針

(1)本橋の健全性および耐久性の確保のためには、斜材ケーブルの振動の原因とその影響範囲を特定した上で、斜材ケーブルの振動が確実に抑制出来る対策を講じるべきである。なお、対策検討においては、新たな損傷の発生防止のみならず既存損傷の拡大が確実に阻止出来る信頼性の高い対策となるよう検討することが望ましい。

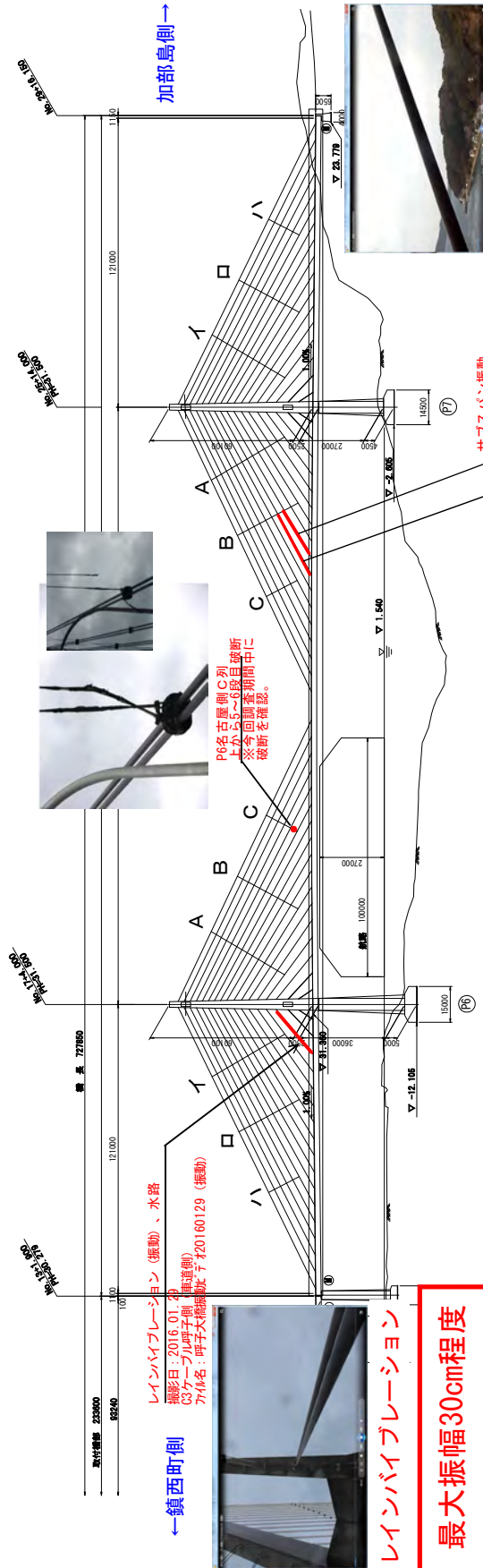
その他留意事項

・制振ワイヤは、過去に度々ワイヤ破断による取替え工事を行っている経緯がある。

# ケーブル振動撮影位置図

現地調査時に確認されたケーブル振動

側面図 S=1:1000



レインハイブレーション (振動)、水路  
 撮影日: 2016.01.29  
 C3ケーブル増子側 (車道側)  
 777体名: 増子大橋橋脚: 増子大橋橋脚: 増子大橋橋脚

←鎮西町側



レインハイブレーション

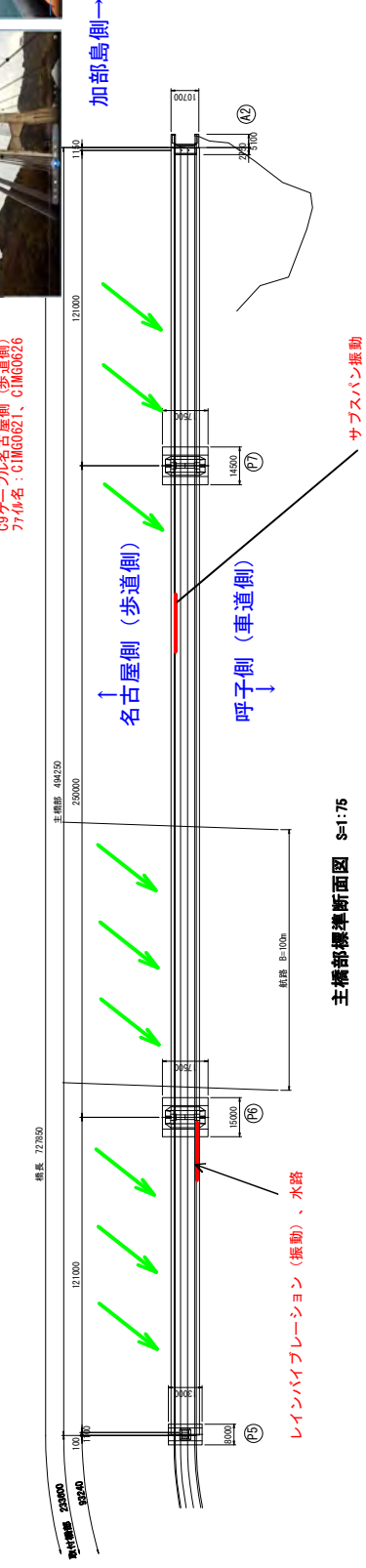
最大振幅30cm程度

サブスパン振動

最大振幅10cm程度



平面図 S=1:1000



←鎮西町側

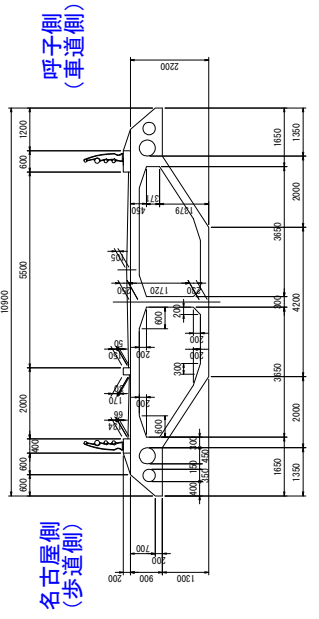
サブスパン振動  
 撮影日: 2016.01.18  
 C9ケーブル名古屋側 (歩道側)  
 777体名: C1MG0620

サブスパン振動  
 撮影日: 2016.01.18  
 C9ケーブル名古屋側 (歩道側)  
 777体名: C1MG0621、C1MG0626

加部島側→

レインハイブレーション (振動)、水路

主橋部標準断面図 S=1:75



名古屋側 (歩道側)

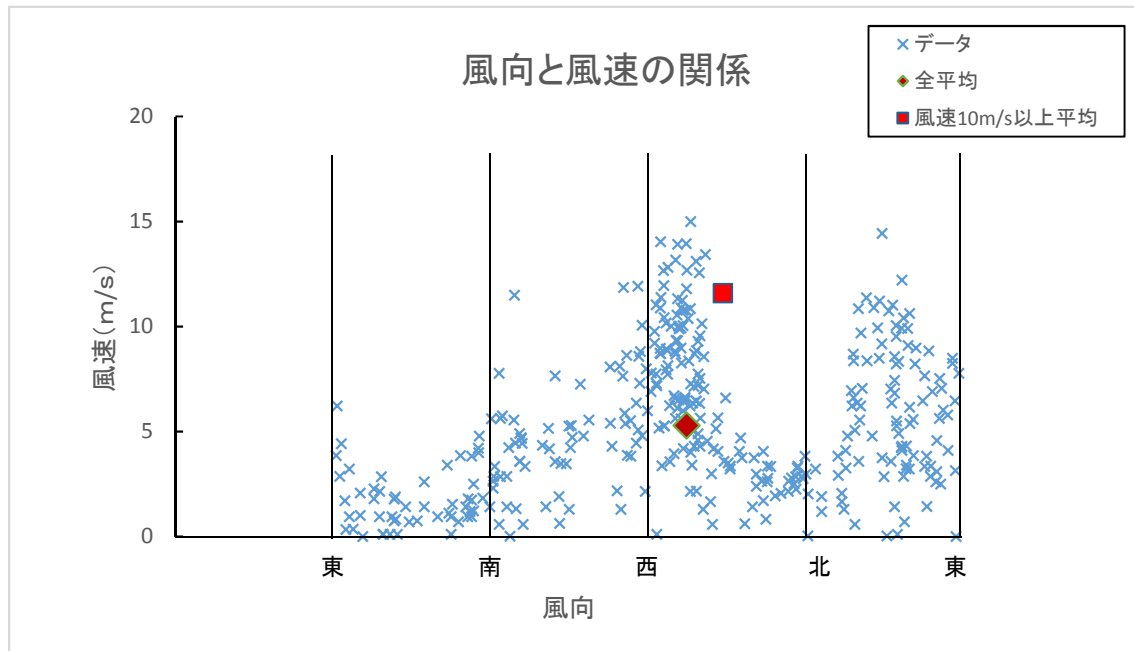
呼子側 (車道側)

サブスパン振動

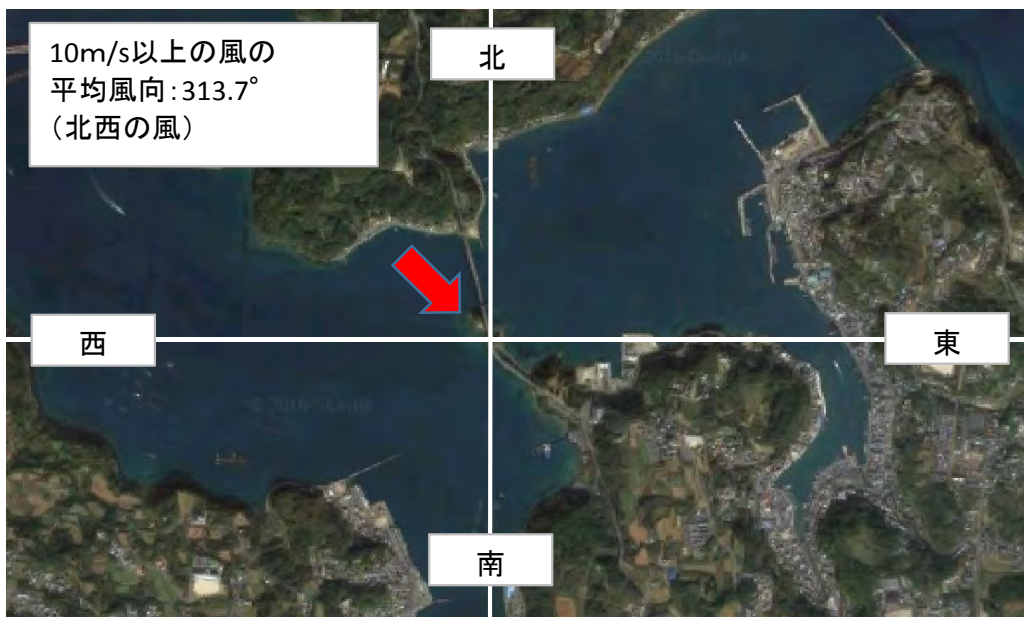
立地条件、環境条件(風による影響)

冬期の風向・風速(2014.12~2015.3のデータ)

出展:呼子大橋風速計(唐津市より)

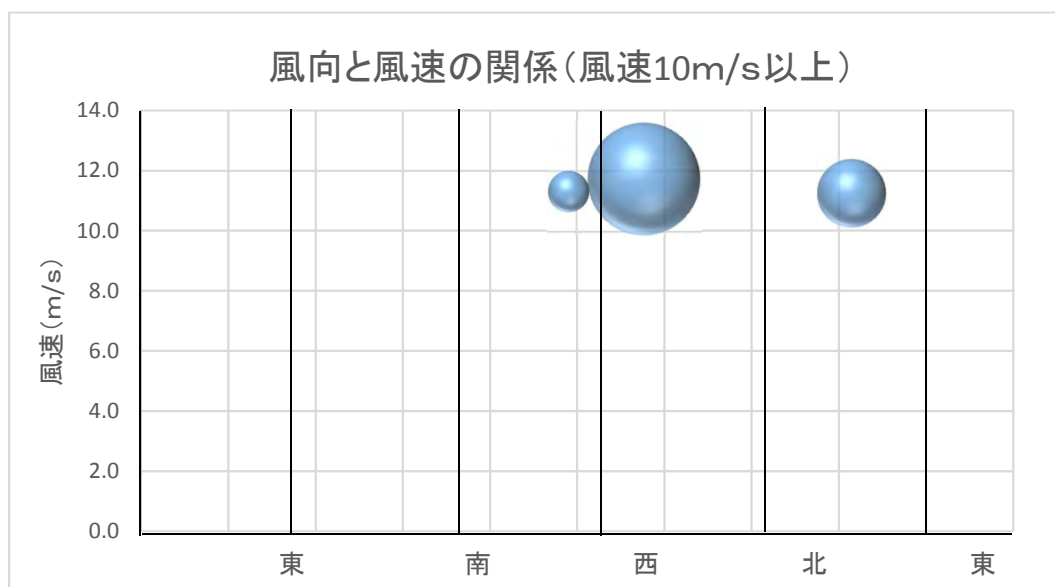
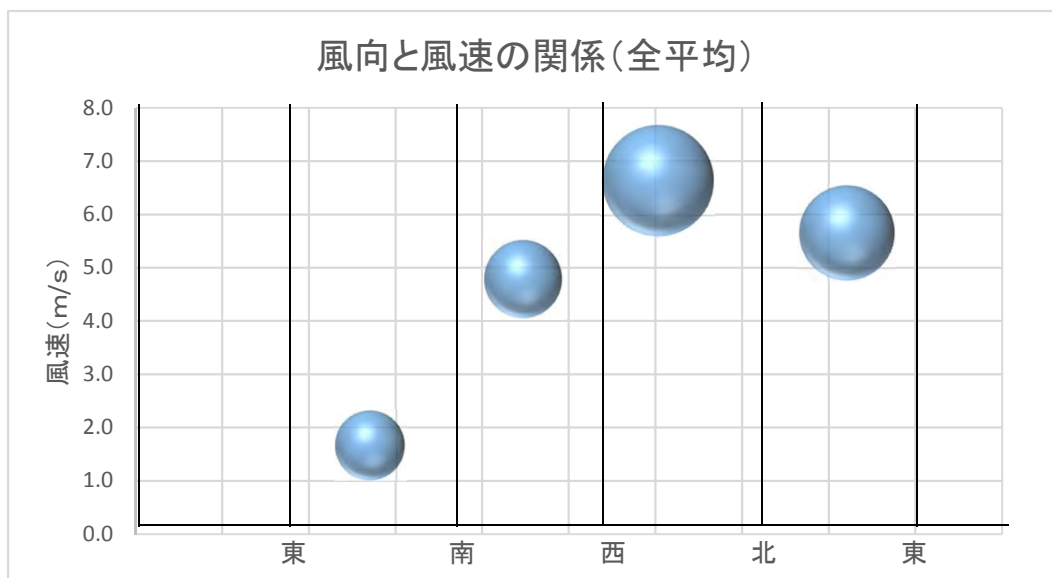


呼子大橋との関係



風速10m/sを超える風と抽出した場合、北西の風が支配的となっている。

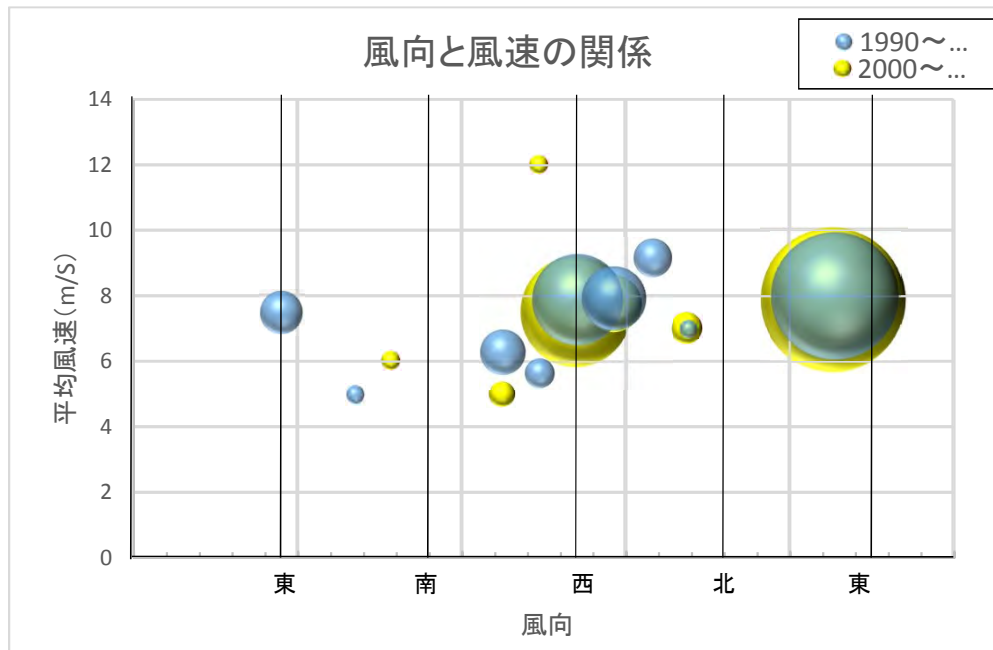
東側の風も混じっているため、方位ごとにわけて、平均したグラフを示す。



最も影響のある風は、西側からの風であることがわかる。



完成後からの風のデータ(近傍の気象データを参照)



完成後から、風の影響を受けていた  
年間を通すと、西側からの風のほかに東側の風も多く発生

佐賀県のアメダス配置図 (現行)



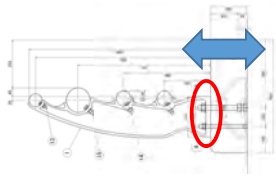
観測位置

# 橋梁付属物の損傷傾向からの考察

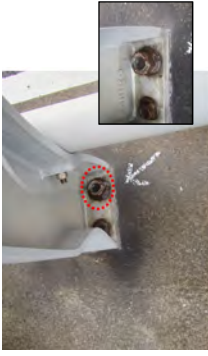
照明柱固定ボルト



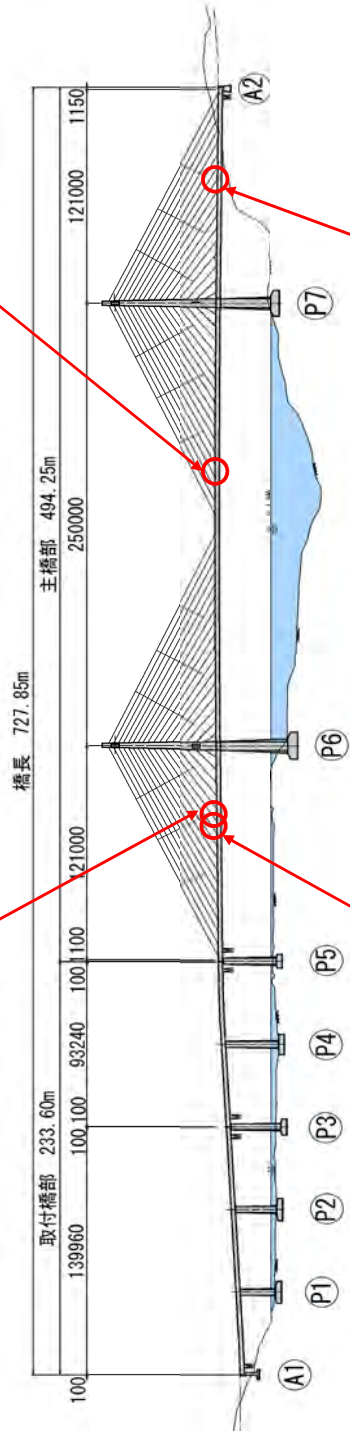
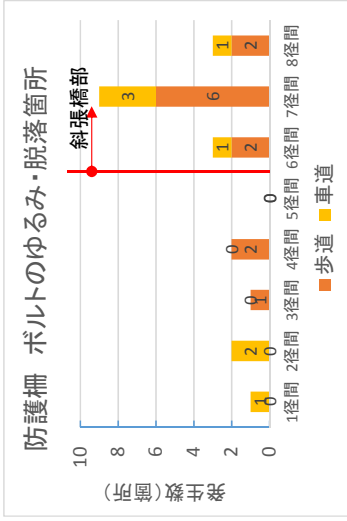
P5-P6径間 照明柱



支柱と地覆の接合部



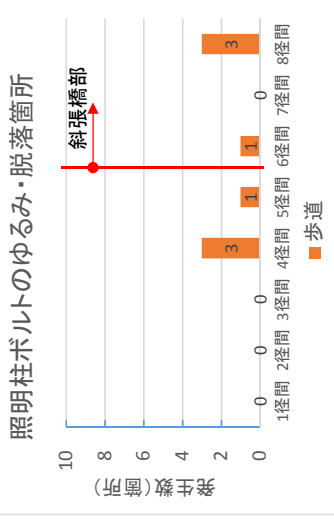
P6-P7径間 防護柵



P5-P6径間 防護柵



支柱と横梁の接合部



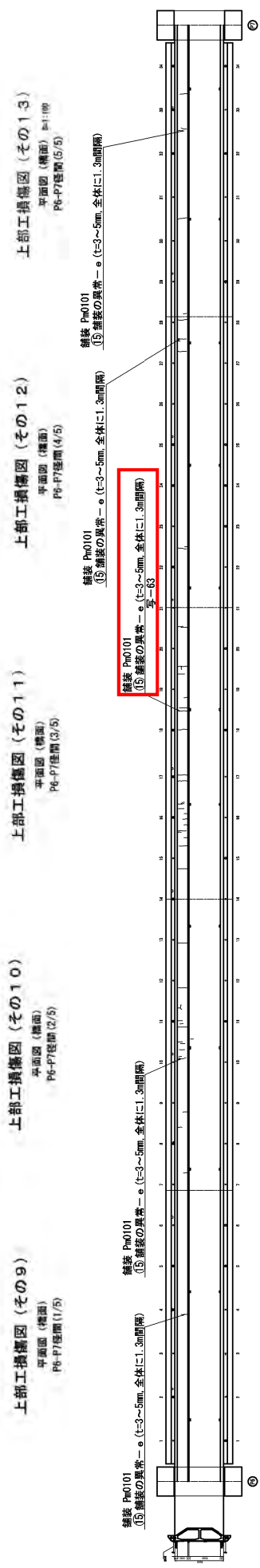
P7-A2径間 防護柵



横梁どうしの接合部

損傷位置図

舗装の規則的なひびわれ発生状況



損傷状況



径間番号	7	径間番号	7	径間番号	7	径間番号	7
要素番号	Pm0101	要素番号		要素番号		要素番号	
損傷	(5)舗装の異常-e[W=5.0mm]	損傷		損傷		損傷	
備考	【前回点検時の写真流用】	備考		備考		備考	

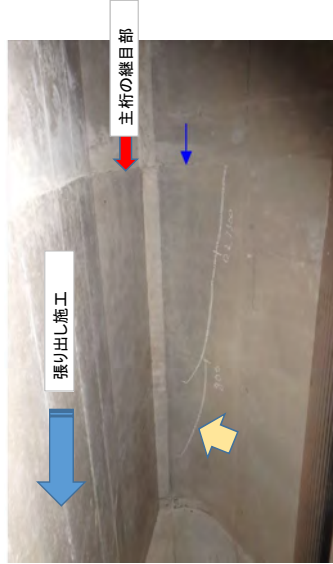
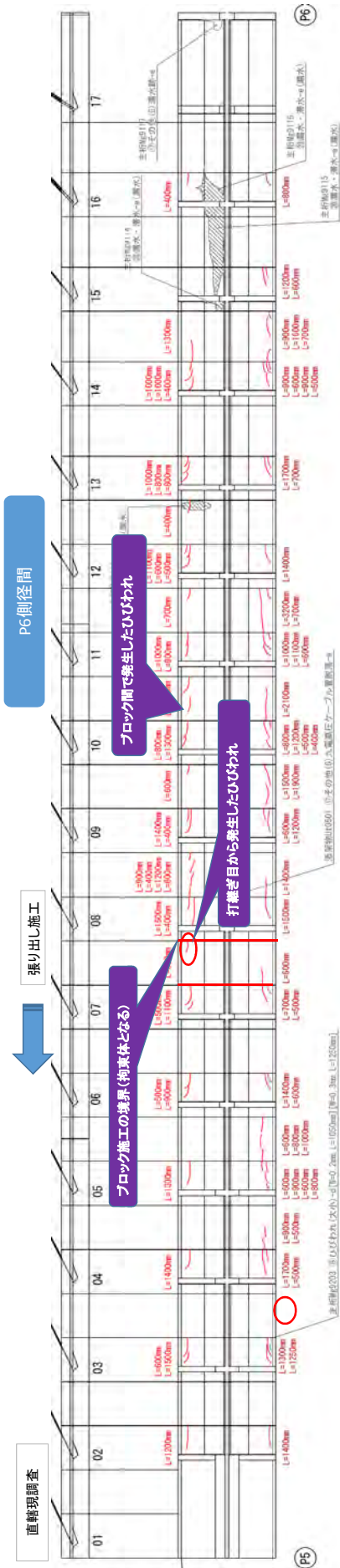
4.1.2 主桁  
(1) 桁内部

対象部位 構造概要	主桁	桁内部
PC斜張橋		
対象位置図		
損傷状況	構造概要	
<p>(1) 桁内面側のウェブにひびわれが認められる。ひびわれは、各張出し施工ブロックの鉛直打ち継目部付近に認められ、ひびわれ形状は、水平にはいり、途中から斜め上方に伸びている。(写真①、②) ひびわれ幅は0.1~0.2mm程度、長さ1.0m程度、遊離石灰は認められない。</p> <p>(2) 横桁ダイアフラム開口部にひびわれが認められる。(写真③、④) ひびわれ幅は0.05mm程度、長さ0.15m程度、遊離石灰は認められない。</p> <p>(3) 照明柱水抜きパイプが設置された上床版下面ハンチ部に漏水が認められる。(写真⑤、⑥)</p>		
①主桁ウェブ9110	②主桁ウェブ9111	③横桁
<ul style="list-style-type: none"> <li>主桁ウェブ 6径間歩道側(C10-11間)</li> <li>ひびわれ W=0.2mm L=1.3m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>主桁ウェブ 8径間車道側(C10-11間)</li> <li>ひびわれ W=0.1mm L=0.4m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>横桁 6径間歩道側(C4)</li> <li>ダイアフラム開口部にひびわれ W=0.05mm L=0.15m</li> </ul>
④横桁	⑤主桁ウェブ9114	⑥主桁ウェブ9114
<ul style="list-style-type: none"> <li>横桁 7径間車道側(C16)</li> <li>ダイアフラム開口部にひびわれ W=0.05mm L=0.15m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>8径間 歩道側(C13-14間)</li> <li>照明柱水抜きパイプからの漏水</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⑤の拡大写真</li> <li>錆まじりの漏水。</li> </ul>

考えられる損傷要因			
(1)主桁ウェブのひび割れ		(2)横桁のひび割れ	
ひびわれ(写①、②)	要因	ひびわれ(写③、④)	原因
・プレストレスの低下	-	・プレストレスの低下	-
・局部応力の集中	●	・局部応力の集中	●
・締固め不足	-	・締固め不足	-
・養生の不良	-	・養生の不良	-
・乾燥収縮	-	・乾燥収縮	-
・温度応力(外部拘束)	●	・温度応力(外部拘束)	-
・外力の作用(ケーブル振動)	●	・外力の作用(ケーブル振動)	●
・コンクリートの塩害	-	・コンクリートの塩害	-
・コンクリートのASR	-	・コンクリートのASR	-
・コンクリートの中性化	-	・コンクリートの中性化	-
損傷原因の推定			
<p>(1) ひびわれは、施工ブロックの鉛直打継ぎ目部を起点としていることから、材齢差による外部拘束の影響を受けた収縮ひびわれである可能性が考えられるが、ケーブル定着をなす横桁ダイアフラム間で発生していることから、斜材ケーブルの振動の影響が疑われる。ひびわれを生じさせる要因について、次頁で整理する。</p> <p>(2) 下床版に配置した横締めケーブルのプレストレスが過大となり、開口部の断面変化部にひびわれが生じた可能性が考えられる。一方で、横桁には、斜材ケーブルによる外力が作用しており、振動の影響によりひびわれが生じた可能性が考えられる。</p> <p>(3) 照明柱のプルボックスに浸入した水が排水管をとおり、箱桁内に浸入したと認められる。錆は埋設プルボックス(溶融亜鉛めっき鋼板)の腐食である可能性が高い。</p>			
耐荷性能の評価			
<p>(1) 本橋では、風による斜材ケーブルの振動が高頻度に発生しており、現在の制振対策は十分な抑制が期待出来ないといえる。このことから、本橋の健全性および耐久性の確保のためには、斜材ケーブルの振動の原因とその影響範囲を特定した上で、斜材ケーブルの振動が確実に抑制出来る対策を講じる必要がある。</p> <p>(2) 局部的なひびわれであり、横桁全体の耐荷性には影響しない可能性が高い。ただし、ひびわれが上床版に進展した場合、上床版の耐荷性に影響が生じる可能性が考えられる。</p> <p>(3) 漏水により、箱桁内に溜水が生じた場合、死荷重の増加や他の損傷を助長する可能性があるが、漏水量も少なく、橋梁の耐荷性への影響はない可能性が高い。</p>			
損傷の進行性と不確実性			
<p>(1)(2) 当該立地環境より、風による斜材ケーブルの振動が頻繁に発生することから、ひびわれについても進展する可能性が考えられる。</p> <p>(3) プルボックスからの水の侵入を止めない限り、漏水は継続する。</p>			
健全性の評価と対策方針			
<p>(1)(2) 風による斜材ケーブルの振動と主桁のひびわれ発生の因果関係の究明結果により、当該部位の補強等の追加の対策を併用する必要性も考えられるため、対策にあたってはこのことに配慮するのがよい。</p> <p>(3) 他部材(添架管の腐食等)の損傷を助長することから、予防保全的に対策を行うのがよい。対策としては、埋設型プルボックスの改良を行い、箱内への導水をやめるのがよい。</p>			
その他留意事項			



●箱桁内部のウェブに発生しているひびわれ



ブロック間で発生したひびわれ



打継ぎ目から発生したひび割れ

(2) 桁外部

対象部位 構造概要	主桁	桁外部
PC斜張橋		
対象位置図		
損傷状況	構造概要	
<p>(1) 桁外面側のウェブにひびわれが認められる。ひびわれは、各張出し施工ブロックの鉛直打ち継目部付近に認められ、ひびわれ形状は、水平にはいり、途中から斜め上方に伸びている。(写真①、②) ひびわれ幅は0.1～0.25mm程度、長さ1.8m程度、遊離石灰は認められない。</p> <p>(2) 下床版にひびわれが認められる。ひびわれは橋軸方向に伸びている。(写真③、④) ひびわれ幅は0.1～0.2mm程度、長さ2.0m程度、遊離石灰は認められない。</p> <p>(3) 局部的に剥離・鉄筋露出が認められる。(写真⑤、⑥) 大きさは、0.2m×0.4m。</p>		
①主桁ウェブ	②主桁ウェブ	③主桁 下床版
<ul style="list-style-type: none"> <li>主桁ウェブ6径間歩道側(C10-11間)</li> <li>ひびわれ W=0.1mm L=1.0m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①の接写</li> <li>ひびわれ W=0.1mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>下床版 6径間 歩道側(C3-4間)</li> <li>ひびわれ W=0.1mm L=2.0m</li> </ul>
④主桁 下床版	⑤主桁 下床版	⑥主桁 下床版
<ul style="list-style-type: none"> <li>③の接写</li> <li>ひびわれ W=0.1mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>下床版 6径間 歩道側(C1-2間)</li> <li>剥離・鉄筋露出-d(0.2m×0.4m)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⑤の接写</li> <li>剥離・鉄筋露出-d(0.2m×0.4m)</li> </ul>



**考えられる損傷要因**

**(1)主桁ウェブのひび割れ**

ひびわれ(写①、②)	要因
・プレストレスの低下	-
・局部応力の集中	●
・締固め不足	-
・養生の不良	-
・乾燥収縮	-
・温度応力(外部拘束)	●
・外力の作用(ケーブル振動)	●
・コンクリートの塩害	-
・コンクリートのASR	-
・コンクリートの中酸化	-

**(2)主桁下床版のひび割れ**

ひびわれ(写③、④)	要因
・プレストレスの低下	-
・局部応力の集中	-
・締固め不足	-
・養生の不良	-
・乾燥収縮	●
・温度応力(外部拘束)	-
・外力の作用(ケーブル振動)	-
・コンクリートの塩害	-
・コンクリートのASR	-
・コンクリートの中酸化	-

**損傷原因の推定**

- (1) (2)主桁外面側の目視は、過年度点検においてロープアクセスにより実施されている。足元条件が悪く、点検精度が内面と同様ではなく、ひびわれ等の損傷の確認漏れが可能性がある。しかしながら、確認された箇所は、箱桁内面と同様にケーブル定着をなす横桁ダイヤフラム間で発生していることから、斜材ケーブルの振動の影響が疑われる。
- (3) かぶり不足による可能性が高い。

**耐荷性能の評価**

- (1) (2)内面側と同様、本橋では、風による斜材ケーブルの振動が高頻度に発生しており、現在の制振対策は十分な抑制が期待出来ないといえる。このことから、本橋の健全性および耐久性の確保のためには、斜材ケーブルの振動の原因とその影響範囲を特定した上で、斜材ケーブルの振動が確実に抑制出来る対策を講じる必要がある。
- (3) 局所的な剥離であるため、主桁の耐荷性の低下はない可能性が高い。

**損傷の進行性と不確実性**

- (1) (2) 当該立地環境より、風による斜材ケーブルの振動が頻繁に発生することから、ひびわれについても進展する可能性が考えられる。
- (3) かぶりが不足した箇所に塩分が浸透し、剥離箇所が進行する可能性が高い。なお、現時点で損傷が顕在化していない箇所でも、塩分含有量試験結果より、 $3\text{kg}/\text{m}^3$ を超える塩化物イオン濃度が測定されており、剥離・鉄筋露出箇所が増加する可能性が高い。

**健全性の評価と対策方針**

- (1) (2)風による斜材ケーブルの振動と主桁のひびわれ発生の因果関係の究明結果により、当該部位の補強等の追加の対策を併用する必要性も考えられるため、対策にあたってはこのことに配慮するのがよい。
- (3) 現状では、鉄筋位置の塩化物イオン濃度は $1.2\text{kg}/\text{m}^3$ 以下であるため、かぶりが不足した損傷箇所のみを補修するのがよい。また、予防保全の観点から塩化物イオン濃度の浸透予測を行ない、その結果を踏まえ、表面保護等の補修の必要性、緊急性を評価するのがよい。

**その他留意事項**

4.1.4 主塔

対象部位 構造概要		主塔 鉄骨鉄筋コンクリート	
対象位置図			
損傷状況		構造概要	
<p>(1)主塔側面に鉛直方向ひびわれが認められる。(写真①、②) ひびわれ幅は最大0.8mm程度、遊離石灰を伴う。</p> <p>(2)主塔正面の角部に二方向ひびわれが認められる。(写真③) ひびわれ幅は最大0.2~0.3mm程度、遊離石灰を伴う。</p> <p>(3)橋脚正面上部にひびわれが認められる。(写真④) ひびわれ幅は最大0.7mm程度、遊離石灰を伴う。</p> <p>(4)橋脚側面に剥離・鉄筋露出・うきが認められる。(写真⑤) 0.5m×0.5m、漏水・遊離石灰、錆汁を伴う。</p> <p>(5) 橋脚正面にひびわれが認められる。(写真⑥) ひびわれ幅は最大0.4mm程度、後打ちアンカー切断部に錆汁を伴う。</p>			
①P7主塔側面右側		②P7主塔側面車道側	
<ul style="list-style-type: none"> <li>主塔側面に鉛直方向ひびわれ W=0.6mm L=2.3m</li> <li>漏水・遊離石灰-d</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>主塔正面に鉛直方向ひびわれ W=0.2mm L=2.0m</li> <li>漏水・遊離石灰-c</li> </ul>	
③P6主塔終点側正面			
<ul style="list-style-type: none"> <li>主塔正面に二方向ひびわれ W=0.2mm L=1.2m</li> <li>漏水・遊離石灰-c</li> </ul>			
④P6橋脚正面 終点側		⑤P6橋脚側面 右側	
<ul style="list-style-type: none"> <li>橋脚正面上部にひびわれ W=0.2mm L=2.0m</li> <li>漏水・遊離石灰-d</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>橋脚側面に剥離・鉄筋露出-dあり 0.5m×0.5m</li> <li>うき-e ・漏水・遊離石灰-d ・錆汁あり</li> </ul>	
⑥P6橋脚側面 左側			
<ul style="list-style-type: none"> <li>橋脚側面にひびわれ W=0.3mm L=1.0m</li> <li>後打ちアンカー切断部に錆汁あり</li> </ul>			

考えられる損傷要因			
(1)主塔のひび割れ		(2)柱部のひび割れ	
ひびわれ(写①、②、③)	要因	ひびわれ(写④、⑥)	要因
・局部応力の集中	●	・局部応力の集中	-
・締固め不足	-	・締固め不足	-
・養生の不良	●	・養生の不良	●
・乾燥収縮	●	・乾燥収縮	●
・温度応力(マスコン)	●	・温度応力(マスコン)	●
・外力の作用(ケーブル振動)	●	・外力の作用(ケーブル振動)	-
・コンクリートの塩害	-	・コンクリートの塩害	●
・コンクリートのASR	●	・コンクリートのASR	●
・コンクリートの中性化	-	・コンクリートの中性化	-
損傷原因の推定			
<p>(1)～(3)のひびわれ発生の要因について、次頁でまとめる。</p> <p>(4)(5)支保工撤去後の後埋め部の箇所であること、錆汁の発生から、内部に存置した鋼材が塩害により腐食し、うき、剥離が生じた可能性が高い。</p>			
耐荷性能の評価			
<p>(1)～(3)本橋では、風による斜材ケーブルの振動が高頻度に発生しており、現在の制振対策は十分な抑制が期待出来ないといえる。このことから、本橋の健全性および耐久性の確保のためには、斜材ケーブルの振動の原因とその影響範囲を特定した上で、斜材ケーブルの振動が確実に抑制出来る対策を講じる必要がある。</p> <p>(4)(5) 発錆している鋼材は施工時の支保工部材であり、本体構造の耐荷力の低下は生じていない可能性が高い。</p>			
損傷の進行性と不確実性			
<p>(1)、(2)、(3) 当該立地環境より、風による斜材ケーブルの振動が頻繁に発生することから、ひびわれについても進展する可能性が考えられる。一方、既に発生しているひびわれからの劣化因子(塩分等)が侵入し、損傷が複合的に進展する可能性もある。</p> <p>(4)(5) 塩分の浸透により、剥離箇所が進行する可能性が高い。</p>			
健全性の評価と対策方針			
<p>(1)～(3) 風による斜材ケーブルの振動と主桁のひびわれ発生の因果関係の究明結果により、当該部位の補強等の追加の対策を併用する必要性も考えられる。既に発生しているひびわれからの劣化因子(塩分)の進入を防止するため、ための対策にあたってはこのことに配慮するのがよい。</p> <p>(4)(5) 損傷の進行を早期に防止する必要があるため、うき、剥離箇所等の劣化箇所を除去するための補修が必要である。</p>			
その他留意事項			



## 主塔部のひびわれについて

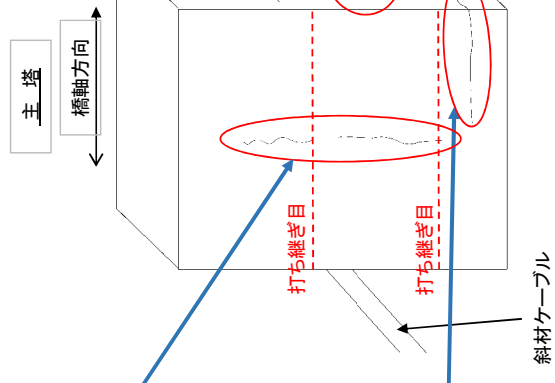
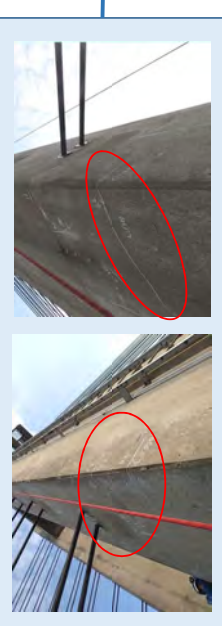
調査結果より、主塔部で確認されているひびわれには、下図に示すとおり、大きく4つの傾向が見られることがわかった。

- ① 斜材ケーブル定着部背面側の後打ちコンクリート部のひびわれ
- ② 正面、側面の両面に発生している網目状のひびわれ
- ③ 主塔側面の鉛直方向に伸びるひびわれ
- ④ 主塔角部の水平方向に伸びるひびわれ

### ③主塔側面の鉛直方向に伸びるひびわれ



### ④主塔角部の水平方向に伸びるひびわれ



### ①斜材ケーブル定着部背面側の後打ちコンクリート部のひびわれ

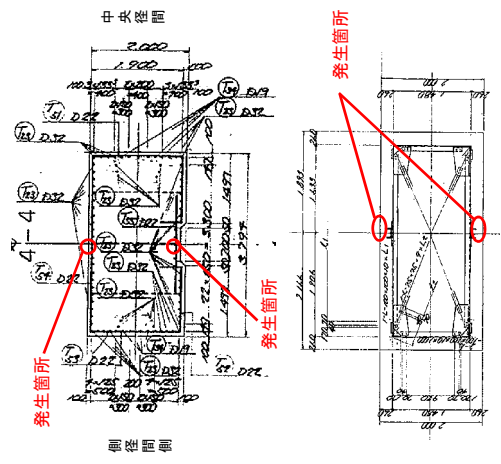


- 斜材ケーブルの定着部カバースレートの周辺部にはひびわれは確認されていない

### ②正面、側面の両面に発生している網目状のひびわれ



### 主塔の鋼材配置



ひびわれの発生原因について、以下に示す。

- ① 斜材ケーブル定着部背面側の後打ちコンクリート部のひびわれ
    - ・補修跡も見られたことから、後打ちコンクリートの施工時のドライアウトによる継ぎ不良、後打ちコンクリートの収縮による肌離れが推測される。
    - ・損傷箇所は、ケーブルの定着部であることから、ケーブル振動の影響を受けた可能性も否定できない。
  - ② 正面、側面の両面に発生している網目状のひびわれ
    - ・ひびわれからの白色の析出物の発生や茶褐色を呈した状況からASRIによるひびわれが推測される。
    - ・主塔は、斜材ケーブルのプレストレスにより軸力が導入されている。通常、一方向にプレストレスが導入された部材では、ひびわれ発生形状がプレストレスと同じ方向の一方向に発生するが、ひびわれが発生している角部は、斜材ケーブルの軸線から離れているため、プレストレスによる応力が小さくなっている可能性がある。
  - ③ 主塔側面の鉛直方向に伸びるひびわれ
    - ・ひびわれが、主塔の矩形断面の長辺側の打継ぎ目を起点として発生していることから、施工時の影響として、リフトアップ時に先行して施工されたブロックに対して、後から施工したコンクリートが拘束の影響を受けて発生した可能性が考えられる。
    - ・主塔のケーブルが定着された面ではなく、主塔の側面側に発生したひびわれであることから、ケーブル振動による影響の可能性は小さいと考える。
  - ④ 主塔角部の水平方向に伸びるひびわれ
    - ・施工時の影響として、水平打継ぎ目以外の箇所でも発生しており、マスコンの温度応力による内部拘束による影響の可能性はある。
    - ・ケーブルの定着部付近は、プレストレスにより導入した応力によりひびわれが発生しにくい状況と推察されるが、角部は、斜材ケーブルの軸線から離れているため、プレストレスによる応力が小さくなっている可能性がある。このため、ケーブル振動の影響を受けて、角部でひびわれが発生した可能性も否定できない。
- 斜材ケーブル定着部カバースレート周辺部には、目立ったひびわれは確認されなかった。

4.1.5 斜材ケーブル定着部  
 (1) 桁側定着部(コンクリート・他)

対象部位	定着部コンクリート・他	桁側定着部(桁下側)
構造概要	斜材ケーブル定着部(コンクリート及びキャップ)	
対象位置図		
<p>④～⑤P6-P7中央径間定着部コンクリート</p> <p>①②③⑥P5桁側定着部</p>		
損傷状況	構造概要	
<p>(1)定着突起凹部の外側(断面が薄くなる箇所)に水平方向にひびわれが認められる。ひびわれ幅は最大で0.4mm程度。ひびわれからの漏水や遊離石灰は発生していない。(写真②、③、④)</p> <p>(2)剥離・鉄筋露出が認められる。(写真⑤)</p> <p>(3)定着キャップ(SUS304)に腐食が認められる。キャップの取付部から、錆汁の滲出は認められない。(写真⑥)</p>	<p><b>主桁部詳細</b></p> <p>ポリエチレンパイプ (t=3)</p> <p>鋼管 φ114.3 (φ139.8)</p> <p>ネジカップリング (l=100, t=4.5)</p> <p>スリーブ</p> <p>アンダーキャップ</p> <p>S-3～S-34 F270×2本 ( )内はF360×2本</p> <p><b>キャップ詳細</b></p> <p>Cタイプ(F2701×2本)、Dタイプ(F3601×2本)</p> <p>SUS t=4</p>	
①斜材ケーブル桁側定着部	②定着部コンクリート	③定着部コンクリート
<p>P5歩道側</p> <p>5径間</p> <p>6径間</p> <p>・P5斜材ケーブル桁側定着部</p>	<p>P5歩道側</p> <p>・定着突起のコンクリートに水平方向のひびわれが認められる。 ・漏水・遊離石灰は認められない。</p>	<p>P5歩道側</p> <p>②の写真の側面側からの写真</p>
④定着部コンクリート	⑤定着部コンクリート	⑥定着キャップ
<p>P6-P7中央径間</p> <p>4×60</p> <p>・ひびわれ(W=0.4mm L=0.6m)</p>	<p>P6-P7中央径間</p> <p>・剥離・鉄筋露出-d ・定着部の異常-c</p>	<p>P5車道側</p> <p>・定着キャップに軽微な腐食が認められる。 ・キャップの取付部から、錆汁の滲出は認められない。</p>

考えられる損傷要因			
(1)定着部付近のひび割れ発生要因		(2)定着部付近の剥離・鉄筋露出の発生要因	
ひびわれ(写②、③、④)	要因	剥離・鉄筋露出(写⑤)	要因
・コンクリートの塩害	-	・かぶりの不足	●
・コンクリートのASR	-	・コンクリートの塩害	●
・コンクリートの中酸化	-	・コンクリートのASR	-
・局部応力の集中	●	・コンクリートの中酸化	●
・締固め不足	-	・締固め不足	-
・養生の不良	-	・局部応力の集中	-
・温度応力	-		
・乾燥収縮	-		
・コンクリート品質不良	-		
・外力の作用(ケーブル振動)	●		
損傷原因の推定			
<p>(1)ひびわれ発生の原因について、以下に推定する。 ひび割れは、主桁と一体となった定着突起の凹部の外側は断面が薄くなっている。D16鉄筋が配筋されているが、緊張力により、ひびわれが発生した可能性が高い。強風などで斜材のケーブルに振動が発生した際に、定着部付近に応力が伝達し、ひびわれが発生する可能性も考えられる。</p> <p>(2)剥離・鉄筋露出は、かぶりが小さい箇所が生じており、中性化の進行及び塩害による、損傷が進展した可能性が高い。</p> <p>(3)キャップの錆はステンレスを使用しており、カバーの腐食は、飛来して付着した鉄分によるもらい錆である可能性が高い。</p>			
耐荷性能の評価			
<p>(1)定着部の損傷が進行すると、斜材ケーブルの軸力が消失する等の耐荷力へ影響を及ぼす。</p> <p>(2)剥離・鉄筋露出は、定着部コンクリートの表面部のみでかつ局部的であり、突起全体の耐荷性能への影響はない可能性が高い。</p> <p>(3)キャップ板が孔食に至った場合は、保護カバーとしての機能が低下、定着部の損傷を助長することで、耐荷力への影響が生じる可能性が考えられるが、点錆程度であるため、耐荷性に影響しない可能性が高い。</p>			
損傷の進行性と不確実性			
<p>(1)ひびわれ発生箇所に、飛来塩分等の劣化因子が侵入するため、損傷を放置した場合は、ひびわれ部から損傷が進行する可能性が高い。なお、ひびわれが発生した時期は、点検結果の履歴がないため確認できない。このため、損傷の進行性については次回以降の定期点検で確認するのがよい。</p> <p>(2)剥離・鉄筋露出箇所は、継続的に飛来塩分が供給されるため、鉄筋腐食が進行、剥離範囲が大きくなる可能性が高い。</p> <p>(3)キャップの錆は、塩分の付着により進行する可能性が高い。次回以降の定期点検により、損傷の進行程度を確認するのがよい。</p>			
健全性の評価と対策方針			
<p>(1)耐久性の低下を防止することを目的として、予防保全的観点から、ひびわれ補修を行なうのがよい。</p> <p>(2)桁下の航路へのコンクリート片の落下の危険があることから、すみやかに損傷箇所の補修(断面修復)を行なうべきである。</p> <p>(3)今回補修は不要である。なお、次回以降の定期点検の結果において孔食の有無を確認の上、必要に応じて対応するのがよい。</p>			
その他留意事項			

(2) 桁側定着部(定着部キャップ内部状況)

対象部位	定着部キャップ内部	桁側定着部内部
構造概要	Cタイプ (F270 (F360) × 2本) Dタイプ (F270 × 4本)	
対象位置図		
<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block;"> <p>①～③A2端部桁側定着部(歩道側)C16 ④～⑥A2端部桁側定着部(車道側)C16</p> </div>		
調査状況	構造概要	
<p>A2側の4箇所の開封調査状況から、以下の点が認められた。</p> <p>(1)キャップの内部は、防食目的として設置された防食ウレタンが隙間なく充填されている。(写真②、⑤)</p> <p>(2)防食ウレタンを切除して、ナットとケーブル素線の端面を確認したところ錆の発生はなかった。(写真③、⑥)</p>	<p style="text-align: center;">主桁部詳細</p>	
①斜材ケーブル 桁側定着部	②斜材ケーブル 桁側定着部	③斜材ケーブル 桁側定着部
<p style="text-align: center;">A2歩道側</p> <p style="text-align: center;">調査前</p>	<p style="text-align: center;">A2歩道側</p> <p style="text-align: center;">ウレタン</p> <p>・アンカーキャップ取外し後、防食ウレタン充填状況 ・隙間なく充填</p>	<p style="text-align: center;">A2歩道側</p> <p style="text-align: center;">切断跡</p> <p style="text-align: center;">ナット    メインケーブル素線</p> <p>・防食ウレタン切除後の状況 ・内部のケーブル素線、ナットに錆は認められない。</p>
④斜材ケーブル 桁側定着部	⑤斜材ケーブル 桁側定着部	⑥斜材ケーブル 桁側定着部
<p style="text-align: center;">A2車道側</p> <p style="text-align: center;">調査前</p>	<p style="text-align: center;">A2車道側</p> <p style="text-align: center;">ウレタン</p> <p>・アンカーキャップ取外し後、防食ウレタン充填状況 ・隙間なく充填</p>	<p style="text-align: center;">A2車道側</p> <p style="text-align: center;">切断跡</p> <p style="text-align: center;">ナット    メインケーブル素線</p> <p>・防食ウレタン切除後の状況 ・内部のケーブル素線、ナットに錆は認められない。</p>



調査箇所の全状況写真 全4箇所



耐荷性能の評価

(1)(2)メインケーブル素線、及びナット部は今回調査した4箇所全てにおいて、防食ウレタンが隙間なく充填されており、健全な状態であったことから、確認した範囲では、耐荷性の低下は生じていない可能性が高い。

損傷の進行性と不確実性

(1)(2)キャップ板が孔食に至った場合は、内部の防食ウレタンが露出することとなる。防食ウレタンは紫外線などにより材料劣化が生じるため、ナット部を保護する防食機能が低下することから、キャップの健全性を点検により確認することが重要である。確認した4箇所以外は、現状では不確実な状況である。

健全性の評価と対策方針

(1)(2) 確認した範囲において健全であった。

その他留意事項

桁下から足場を設置できるA2橋台以外の箇所について、キャップの取外しを行なうためには、吊足場の設置が必要となり、今後の補修工事に合せ、吊足場を設置した調査を行なう必要がある。

(3) 桁側定着部(橋面側)

対象部位	斜材ケーブル	桁側定着部(橋面側)
構造概要	F270(F360)×2本、F270×4本	
対象位置図		
<p><b>損傷状況</b></p> <p>橋面側の主桁とケーブルが貫通する箇所は、H22に補修がされている。補修内容は、鋼管塗替(全数の18%)、ソケット取替(全数の14%)、鋼管部分取替え(SUS管)(全数の5%)であった。</p> <p>【当初構造】</p> <p>(1)鋼管の腐食(写真①)</p> <p>(2)H22年度補修後の鋼管に腐食が認められる。(写真②)</p> <p>(3)ソケットカバーのバンドに緩みが認められる。(写真③)</p> <p>(4)ソケット撤去した目視調査では、防食ウレタンは十分に充填されていることが認められる。(写真④)</p> <p>(5)シリコーン系シーリング材が経年劣化により、コンクリート・鋼管の接触面においてうき、われ等が認められる。(写真⑤)</p> <p>(6)ポリエチレン被覆は、全ケーブル本数の約6%に損傷や補修跡が認められる。(橋面からの目視)(写真⑥)</p>	<p><b>構造概要</b></p> <p>F270</p> <p>A部詳細図</p> <p>斜材ケーブル桁側定着部(橋面側)の構造は、主桁部に鋼管が埋設され、鋼管内部の素線は防食ウレタンにより保護されている。斜材部はポリエチレンにより被覆保護されている構造である。</p>	
①A2端部桁側定着部(車道側)	②P5~P6桁側定着部(歩道側)	③P5~P6桁側定着部(車道側)
<p><b>鋼管</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>鋼管の塗装劣化と腐食</li> <li>橋面付近の鋼管の根元に腐食が認められる。</li> </ul>	<p><b>鋼管</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>保護管の腐食</li> <li>鋼管が腐食し、防食ウレタンが露出</li> <li>孔食あり</li> </ul>	<p><b>ソケット</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ソケットの緩み</li> </ul>
④P6~P7桁側定着部(車道側)	⑤P7~A2桁側定着部(歩道側)	⑥P5~P6桁側定着部(車道側)
<p><b>防食ウレタン</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ケーブルソケット 撤去後</li> <li>ソケット開封調査(ソケット内部の確認)</li> <li>防食ウレタンは十分に充填されている</li> </ul>	<p><b>シール材</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>シリコーン系シーリング材が経年劣化により、コンクリート・鋼管の接触面においてうき、われ等が認められる。</li> </ul>	<p><b>ポリエチレン被覆</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ケーブルのポリエチレン被覆の補修跡</li> </ul>

考えられる損傷要因																			
<p>(1)鋼管の腐食(孔食)発生要因</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>腐食(写①、②)</th> <th>要因</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>・防食機能の劣化</td> <td>●</td> </tr> <tr> <td>・飛来塩分</td> <td>●</td> </tr> <tr> <td>・路面からの跳水</td> <td>●</td> </tr> <tr> <td>・外力の作用(ケーブル振動)</td> <td>●</td> </tr> </tbody> </table>	腐食(写①、②)	要因	・防食機能の劣化	●	・飛来塩分	●	・路面からの跳水	●	・外力の作用(ケーブル振動)	●	<p>(3)シール材の劣化の発生要因</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>シール材劣化(写⑤)</th> <th>要因</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>・外力の作用(ケーブル振動)</td> <td>●</td> </tr> <tr> <td>・材料の経年劣化</td> <td>●</td> </tr> </tbody> </table>	シール材劣化(写⑤)	要因	・外力の作用(ケーブル振動)	●	・材料の経年劣化	●		
腐食(写①、②)	要因																		
・防食機能の劣化	●																		
・飛来塩分	●																		
・路面からの跳水	●																		
・外力の作用(ケーブル振動)	●																		
シール材劣化(写⑤)	要因																		
・外力の作用(ケーブル振動)	●																		
・材料の経年劣化	●																		
<p>(2)ソケットの緩み</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ゆるみ(写③)</th> <th>要因</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>・外力の作用(ケーブル振動)</td> <td>●</td> </tr> <tr> <td>・施工時の締め付け不足</td> <td>●</td> </tr> </tbody> </table>	ゆるみ(写③)	要因	・外力の作用(ケーブル振動)	●	・施工時の締め付け不足	●	<p>(4)ポリエチレン被覆の欠損</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>断面欠損(写⑥)</th> <th>要因</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>・被覆材の経年劣化</td> <td>●</td> </tr> <tr> <td>・飛来物の衝突</td> <td>●</td> </tr> <tr> <td>・路面からの跳石</td> <td>●</td> </tr> <tr> <td>・施工当初からの擦り傷</td> <td>●</td> </tr> <tr> <td>・外力の作用(ケーブル振動)</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table>	断面欠損(写⑥)	要因	・被覆材の経年劣化	●	・飛来物の衝突	●	・路面からの跳石	●	・施工当初からの擦り傷	●	・外力の作用(ケーブル振動)	—
ゆるみ(写③)	要因																		
・外力の作用(ケーブル振動)	●																		
・施工時の締め付け不足	●																		
断面欠損(写⑥)	要因																		
・被覆材の経年劣化	●																		
・飛来物の衝突	●																		
・路面からの跳石	●																		
・施工当初からの擦り傷	●																		
・外力の作用(ケーブル振動)	—																		
損傷原因の推定																			
<p>(1)鋼管を保護する塗装の経年劣化が原因である可能性が高い。  (2)H22補修工事において、鋼管の塗り替えも行われているが、旧塗装膜の不完全な除去の影響もあり、腐食は進行している可能性が高い。  (3)ソケットの緩みは風による影響または、箇所数が1箇所のため施工時の締め付け不足である可能性が考えられる。  (4)桁側定着部のソケットを開封した調査の結果、防食ウレタンが充填されており、上部からの水の浸入はある程度防止できていることから、鋼管の腐食や塗装の剥がれは鋼管の側面から跳水や飛来塩分等により発生した可能性が高い。  (5)風によるケーブル振動に追従できなかったために発生したか、弾性シール材の経年劣化が原因である可能性が高い。  (6)損傷及び補修跡は規則性がないため、被覆材の経年劣化、飛来物や通行車両の跳石の衝突、施工当初か</p>																			
耐荷性能の評価																			
<p>(1)(2)(3)鋼管やソケットは、応力を負担するものではないため、直接耐荷性には影響しないと考えられるが、防食ウレタンが直接紫外線に晒された場合、防錆機能が低下、耐荷性に影響を与えるケーブル本体の損傷にまで進展する可能性が考えられる。  (5)弾性シール材のクラックから、鋼とコンクリートが接触して貫通する重要な箇所に劣化因子が侵入、耐荷性に影響が生じる桁下側の定着部に劣化がおよぶ可能性が考えられる。  (6)断面欠損が、被覆厚内に留まっている場合は、劣化因子がケーブル素線にまで進入しないことから、耐荷力の低下の可能性は低い。</p>																			
損傷の進行性と不確実性																			
<p>(1)(2)(3)防食ウレタンの劣化により止水機能が低下すると、桁下側の定着部まで水が浸入し、斜材のナット定着部に腐食が進行する可能性が高い。  (5)弾性シール材のクラックから、桁下側の定着部に腐食が進行する危険性がある。貫通部は、地覆の一部を除去しないと構造的に不可視部分であり、目視による健全性の確認ができない。定着部と同様に、ケーブル軸力の測定や今回実施した振動(加速度)計測を追跡的に行なうことで、健全性を確認するのがよい。  (6)補修材料選択に対して経年的な劣化を考慮するのがよい。</p>																			
健全性の評価と対策方針																			
<p>(1)(2)(3)耐久性の低下を防止することを目的として、予防保全的観点から、腐食した鋼管の取替えなど補修対策を行なうのがよい。  (5)耐久性の低下を防止することを目的として、予防保全的観点から、ひびわれたシール材の取替えなどの補修対策を行なうのがよい。  (6)斜材ケーブルの大部分は、目視点検を実施していないため、早期に全面足場を設置した上で、近接目視点検を行い、被覆の状況に応じた補修対策(ライニングテープ設置など)を講じるべきである。</p>																			
その他留意事項																			

(4) 主塔側定着部

対象部位	斜材ケーブル	主塔側定着部
構造概要	カバープレート 1タイプ(2分割)、IIタイプ(2分割)	
対象位置図		
損傷状況	構造概要	
<p>(1)ケーブル主塔側カバープレートに、内部からの錆汁の発生が認められる。(写真①)</p> <p>(2)カバープレートの変形が認められる。また、変形によりボルトの脱落が認められる。(写真②)</p> <p>(3)外側のカバープレートを取り外した調査の結果、内部は、腐食は鋼製プレートであり、腐食による膨張が認められた。(写真③、④)</p> <p>(4)カバープレートの膨張により、プレートがポリエチレン被覆に食い込みが認められた。き裂は認められない。(写真⑤)</p> <p>(5)ポリエチレン被覆にき裂が認められる。(写真⑥)</p>	<p>本橋斜材ケーブル主塔側定着部の構造は、主塔部を貫通する内側鋼管側のプレートと外側カバープレートがボルトにより固定されており、斜材部はポリエチレン被覆により被覆保護され、鋼管内部は素線の腐食防止のためウレタン材が充填されている。</p>	
①P6主塔部(歩道側)下から2段目	②P6主塔部(車道側)下から3段目	③P6主塔部(歩道側)下から2段目
<p>カバープレート(外)</p> <p>・カバープレート内部から錆汁が認められる。</p>	<p>カバープレート(外)</p> <p>・内部のカバープレートが腐食膨張し、外側のカバープレートが剥がれ、ボルトが脱落している。</p>	<p>カバープレート(内)</p> <p>・写真①のケーブル主塔側カバープレート撤去後。内部のカバープレート(SS材)が腐食している。</p>
④P6主塔部(歩道側)最下段	⑤P6主塔部(歩道側)最下段	⑥P6主塔部(車道側)上から2段目
<p>カバープレート(内)</p> <p>・ケーブル主塔側カバープレート撤去後 ・内部のカバープレート(SS材)が腐食している。</p>	<p>カバープレート(内)</p> <p>・カバープレートの膨張により、プレートのポリエチレン被覆への食い込みが認められる。被覆材にき裂の発生はなし。</p>	<p>カバープレート(内)</p> <p>・ポリエチレン被覆にき裂が認められる。</p>

### 考えられる損傷要因

#### (1)カバープレートの腐食

腐食(写①)	要因
・防食機能の劣化	●
・異種金属の接触	●

←内側鋼管側のプレートは塗装仕様  
←SS材とステンレス

#### (2)カバープレートの変形、ボルト脱落 (3)ポリエチレン被覆のき裂

変形・ボルト脱落(写②)	要因
・腐食膨張	●
・外力の作用(ケーブル振動)	●

断面欠損(写⑥)	要因
・被覆材の経年劣化	●
・施工当初からの擦り傷	●
・外力の作用(ケーブル振動)	●

### 損傷原因の推定

(1)(2)(3)損傷原因は、主塔部を貫通する内側鋼管側のプレート(鋼材)と外側カバープレート(ステンレス製)を接合させたことによる異種金属反応の影響に起因し内部の鋼製プレートの腐食が始まり、その後さらに飛来塩分等による劣化が進行した可能性が高い。

(4)今回カバーを取り外した下から3段目までの範囲においては、最下段と2段目で確認されている。カバープレートの腐食膨張と塔とケーブルのなす角により、角当りが発生しやすい箇所に発生した可能性が高い。

(5)主塔周りで同様な損傷は、写真の1箇所のみである。被覆材の経年劣化、施工当初より発生していた可能性や、ケーブル振動による影響である可能性が考えられる。

### 耐荷性能の評価

(1)(2)(3)内外のカバープレートが接触する部分において、腐食の進行が著しい。主塔側の多くの箇所は、不可視部分で目視による健全性の確認ができない部分はあるが、鞘管のコバ面のシール材は健全な状態であったため、主塔側の定着部は健全であると推定されることから、耐荷性の低下の可能性は低い。

(4)(5)ポリエチレン被覆の目視による状態観察からのみでの耐荷性の低下の有無の判断は難しい。

### 損傷の進行性と不確実性

(1)(2)(3)カバープレートは、応力部材ではないが、プレートが剥がれ第三者被害の発生の危険性が認められる。

(4)角当り部はカバープレートの腐食膨張が今後も進行する。また、ケーブルの振動により、ポリエチレン被覆側の圧力も大きくなる可能性が高い。

(5)ポリエチレン被覆に認められるき裂は、経年劣化及びケーブル振動などにより、深くなる可能性が高い。

### 健全性の評価と対策方針

(1)(2)(3)(4)カバープレート腐食進行により部材の落下が懸念されることから、すみやかに内外両側のカバープレートを全て除去するのがよい。これにより、ポリエチレン被覆の角当り部も解消できる。

(5)ポリエチレン被覆に認められるき裂は、早期に劣化因子の進入を防止するための補修を行なうのがよい。なお、過去の点検では、主塔回りのケーブルは、ロープアクセスにて近接して確認しているが、斜材ケーブルのほとんどは目視していない。このため、早期に全足場を設置しての目視点検が必要である。

### その他留意事項

設計図では、SUSプレートであったが、実際には、鋼製プレートで施工されている。

4.2 取付部(A1-P5径間)

4.2.1 主桁

対象部位	主桁	
構造概要	PC(3径間+2径間)連続ラーメン箱桁橋	
対象位置図		
損傷状況	構造概要	
<p>(1)下床版にひびわれが認められる。ひびわれは、側径間部(1,3,4,5径間)に認められ、支間中央から端支点にかけて分布し、橋軸方向に伸びている。(写真①、②) ひびわれ幅は0.2～0.4mm程度、長さは1m～3.5m程度、遊離石灰は認められない。</p> <p>また、P3、P5付近で2方向へ伸びるひびわれが認められる。(写真③)ひびわれ幅は0.1～0.3mm程度、長さは0.5m～3m程度、遊離石灰は認められない。</p> <p>(2)下床版の局部的こうきが認められる。(5箇所)大きさは0.3m×0.35m程度。(写真④)うき内部の鉄筋に腐食が認められる。</p> <p>(3)局所的にウェブ下端角部で剥離・鉄筋露出が認められる。(2箇所)大きさは0.05m×0.2m程度(写真⑤)</p> <p>(4)局所的にウェブ横締め定着位置で、定着部の異常が認められる。(2箇所)(写真⑥)</p>		
①1径間 下床版	②5径間 下床版	③3径間 下床版
<ul style="list-style-type: none"> <li>下床版 1径間(支間中央付近)</li> <li>ひびわれ W=0.2mm L=3.5m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>下床版 5径間(支間中央付近)</li> <li>ひびわれ W=0.4mm L=3.4m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>下床版 3径間(P3付近)</li> <li>ひびわれ W=0.1～0.35mm</li> <li>L=0.5m～2.8m</li> </ul>
④ 3径間 下床版	⑤ 2径間 ウェブ	⑥ 3径間 ウェブ
<ul style="list-style-type: none"> <li>下床版 3径間(P3付近)</li> <li>うき-e 0.3m×0.35m</li> <li>うき内部で鉄筋腐食を伴う</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ウェブ 2径間(P1付近)</li> <li>剥離・鉄筋露出-d 0.05m×0.2m (複数箇所)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ウェブ 3径間(P2付近) 横締め</li> <li>定着部の異常-2c</li> </ul>

考えられる損傷要因			
(1)主桁のひび割れ		(2)主桁のうき、剥離・鉄筋露出	
ひびわれ(写①、②、③)	要因	うき・剥離・鉄筋露出(写④、⑤)	要因
・プレストレスの低下	-	・かぶりの不足	●
・局部応力の集中	●	・コンクリートの塩害	● ←かぶりとの関係
・締固め不足	-	・コンクリートのASR	-
・養生の不良	-	・コンクリートの中酸化	-
・乾燥収縮	●	・締固め不足(ジャンカ発生)	●
・温度応力(外部拘束)	-	・局部応力の集中	-
・外力の作用(曲線桁の影響)	●		
・コンクリートの塩害	-		
・コンクリートのASR	-		
・コンクリートの中酸化	-		
損傷原因の推定			
<p>(1) 1) ひびわれは、橋軸方向に伸びており、プレストレスの応力線を横断するものでないことから、構造的なひびわれ(プレストレスの不足)ではない可能性が高い。(曲線橋のねじりを考慮した設計も実施されている。) 2) 非構造的ひびわれの要因のひとつとして、鋼材の腐食膨張とASRが考えられるが、ひびわれからの錆汁がないことより、ASRによる可能性が考えられる。なお、写真③は端支点部でプレストレス量が少なく、拘束効果が小さな箇所が生じていると考えられることから、ひびわれの原因はASRの可能性が考えられる。</p> <p>(2) コンクリートの局部的な低品質部(かぶり不足、豆板)において、塩害による影響で鉄筋の腐食膨張による可能性が高い。</p> <p>(3)、(4) かぶり不足による可能性が高い。</p>			
耐荷性能の評価			
<p>(1) 橋軸方向に発生したひびわれであり、現時点において、ひびわれからの錆汁等も確認されていないため主桁の耐荷性能の低下はない可能性が高い。</p> <p>(2) 局部的なうきであるため、主桁の耐荷性能への影響は低下はない可能性が高い。</p> <p>(3) 局部的な剥離・鉄筋露出であるため、主桁の耐荷性能への影響は低下はない可能性が高い。</p> <p>(4) 横締めPC鋼材の腐食が進行すると、主桁の耐荷性能の低下に直結する可能性が高い。</p>			
損傷の進行性と不確実性			
<p>(1) 原因推定 2)の場合、ASRによるひびわれが進行する可能性が高い。(ASR試験を実施し、原因の特定及び残存膨張性の把握が必要)</p> <p>(2)、(3) かぶりが不足した箇所に塩分が浸透し、うき・剥離が進行する可能性が高い。また、現時点で損傷が顕在化していない箇所でも、塩分含有量試験結果より、<math>3\text{kg}/\text{m}^3</math>を超える塩分量が測定されており、剥離・鉄筋露出箇所が増加する可能性が高い。</p> <p>(4) 塩分の影響により、横締めケーブルの腐食が進行する可能性が高い。また、現時点で損傷が顕在化していない箇所でも、塩分含有量試験結果より、<math>3\text{kg}/\text{m}^3</math>を超える塩分量が測定されており、損傷箇所が増加する可能性が高い。</p>			
健全性の評価と対策方針			
<p>(1) ASR試験結果を踏まえ、早期に必要なASR対策を実施する。</p> <p>(2)、(3) 現状では、鉄筋位置の塩分量は<math>1.2\text{kg}/\text{m}^3</math>以下であるため、早期に損傷箇所のみを補修するのがよい。</p> <p>(4) 主要部位であるため、損傷が進展する前に、PC鋼材の防錆処理及び断面修復をすみやかに実施するべきである。</p>			
その他留意事項			

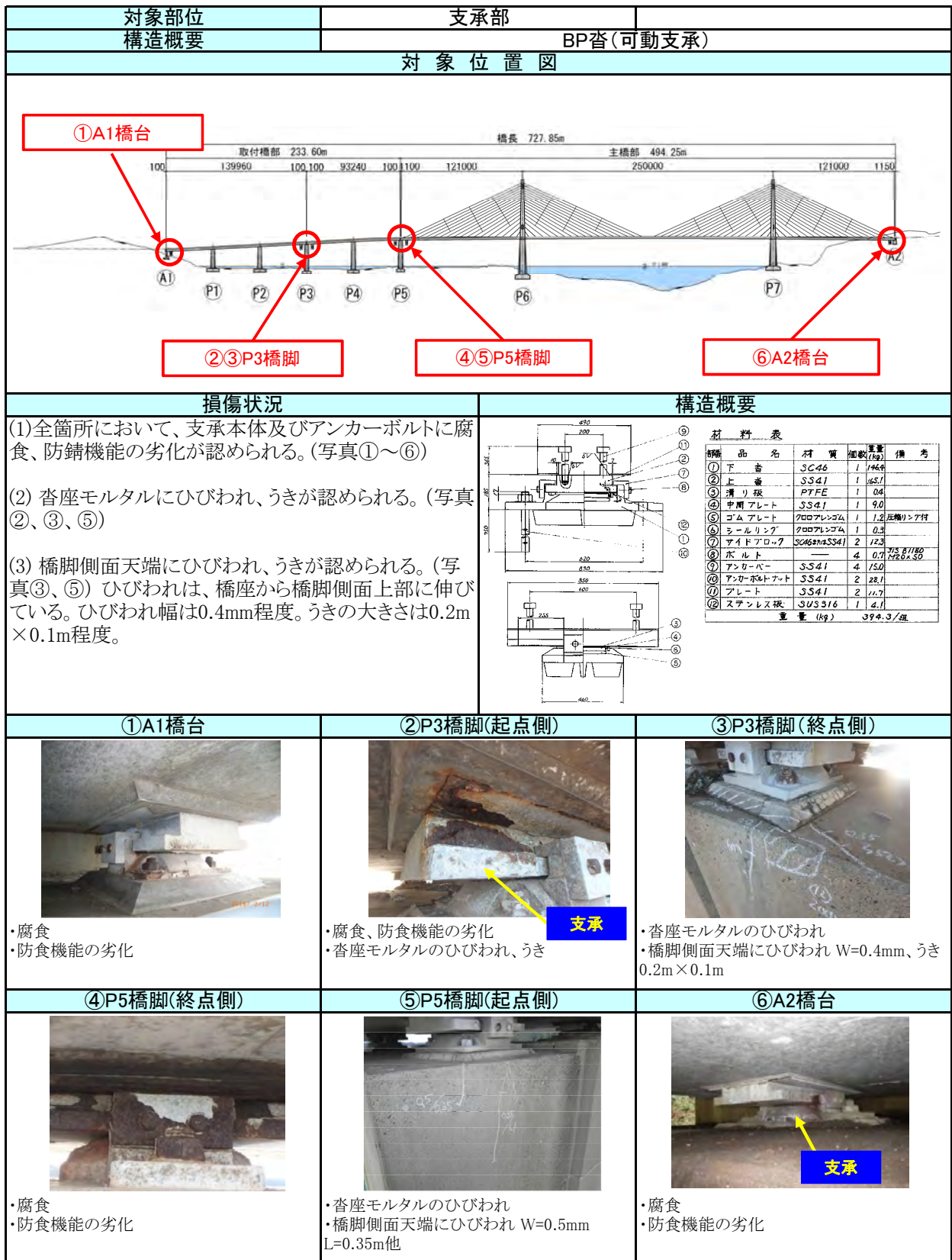
4.2.2 橋台・橋脚

対象部位 構造概要	A1・A2橋台 P1～P5橋脚 逆T式橋台・壁式橋脚	
対象位置図		
損傷状況	構造概要	
<p>(1)柱下部の海面付近にうきが認められる。(写真①～⑤) うきは局部的なもの、柱幅全体に認められるものがある。</p> <p>(2)柱下部の海面付近に鉛直、水平に伸びるひびわれが認められる。(写真③、⑤) ひびわれ幅は最大0.30mm程度、遊離石灰、錆汁は認められない。</p> <p>(3)柱下部にセパレータ跡の錆及び錆汁が点在する。(写真①～⑤))</p> <p>(4)橋台の壁面に漏水跡が認められる。(写真⑥) (A2橋台では、水道管の破損による漏水が確認されたが、現時点で水道管は補修済みである。)</p>		
①P1橋脚 終点側	②P2橋脚 終点側	③P3橋脚 側面
<ul style="list-style-type: none"> <li>柱(終点側)下部海面付近にうき 3.2m×1.4m</li> <li>セパレータ跡に錆、錆汁</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>柱(終点側)下部海面付近にうき 3.4m×1.9m</li> <li>セパレータ跡に錆、錆汁</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>柱(東側側面)下部海面付近にひびわれ、うき 0.35m×0.25m</li> <li>セパレータ跡に錆、錆汁</li> </ul>
④P4橋脚 起点側	⑤P5橋脚 起点側	⑥A1橋台 正面
<ul style="list-style-type: none"> <li>柱(起点側)下部海面付近にうき 1.25m×1.0m 他</li> <li>セパレータ跡に錆、錆汁</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>柱(西側側面)下部海面付近にひびわれ W=0.3m L=1.6m 他、うき 0.7m×0.3m</li> <li>セパレータ跡に錆、錆汁</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>橋台正面の壁面に漏水跡(胸壁にも確認)</li> </ul>



考えられる損傷原因			
(1)橋脚のひび割れ		(2)橋脚のうき	
ひびわれ(写③、⑤)	要因	うき(写①、②、③、④)	要因
・局部応力の集中	●	・かぶりの不足	-
・締固め不足	-	・コンクリートの塩害	●
・養生の不良	●	・コンクリートのASR	-
・乾燥収縮	●	・コンクリートの中性化	-
・温度応力(マスコン)	●	・締固め不足	●
・外力の作用	-	・局部応力の集中	-
・コンクリートの塩害	-		
・コンクリートのASR	●		
・コンクリートの中性化	-		
損傷原因の推定			
<p>(1) 1) 原因の一つとして、コンクリートの締固め不足があるが、損傷箇所が角部ではなく、正面および側面全体に認められることから、当該橋脚の原因ではない可能性が高い。また、中性化に伴う経年劣化による鉄筋の腐食膨張についても、中性化試験結果より、中性化残りが25mm以上確保できていることから、損傷原因の可能性が低い。2) 塩害による影響は、当該立地環境より、損傷原因として最も可能性が高く、塩分量試験及びはつり試験結果からも塩分量が1.2kg/m<sup>3</sup>を超えており、はつり箇所の鉄筋に腐食が認められることから、うきの原因は、塩害による可能性が極めて高い。</p> <p>(2) 1) コンクリートの品質          ・乾燥収縮、マスコンの温度ひび割れの影響のほか、岩種判定結果から、ASRによる影響や粗骨材に混入したスメクタイト(粘土鉱物)による収縮の影響である可能性が考えられる。</p> <p>2) (1)より、塩害による影響である可能性が高い。</p> <p>(3) 経年の雨水及び塩害環境によるセパレータの鋼材腐食と認められる。</p> <p>(4) 伸縮装置の止水ゴムの経年劣化による橋面の雨水の漏水によるものと認められる。</p>			
耐荷性能の評価			
<p>(1)、(2)、(3)共通          ・P1橋脚ははつり試験では、内部鉄筋の断面欠損が認められている。このことから、他の橋脚でも、同様な状態が疑われ、橋脚の耐荷力の低下が懸念される。</p> <p>(4) 漏水による橋梁の耐荷力の低下はない。</p>			
損傷の進行性と不確実性			
<p>(1) 塩分の浸透により、鉄筋の腐食が促進され、うきや剥離の増加及び鋼材の断面減少が進行する可能性が高い。(鉄筋腐食の状況把握が必要。)</p> <p>(2) 完成後年月が約26年経過していることから、粘土鉱物による乾燥収縮作用は収まっている可能性が高いが、ASRによるひびわれは進行する可能性が考えられる。(ひびわれの残存膨張性の把握が必要である。)</p> <p>(3) セパレータの腐食膨張に伴うひびわれにより、塩分等の劣化因子のコンクリート内部への浸透が促進される可能性が高い。</p> <p>(4) 橋座部へ水がまわることによる支承の腐食等支承まわりの損傷を誘発する可能性が高い。</p>			
健全性の評価と対策方針			
<p>(1)、(2)、(3) 損傷の進行を早期に防止する必要がある。ASR対策やうき等の劣化箇所を除去するための補修を行なうべきである。(ひびわれ注入、断面修復、表面保護の対策など) また、すみやかに塩分の遮断や内在塩分に対する対策を行なうべきである。</p> <p>(4) 主桁端部や支承部への漏水がみられることから、橋座部に対する止水のため、A1橋台の伸縮装置の取替えをすみやかに行うのがよい。</p>			
その他留意事項			
<p>・表面保護などの補修の要否に関しては、橋脚耐震補強の要否も考慮して検討するのがよい。</p>			

4.3 その他部材  
4.3.1 支承部



### 考えられる損傷要因

(1) 支承部のひび割れ

ひびわれ(写②、③、⑤)	要因
・局部応力の集中	●
・締固め不足	-
・養生の不良	-
・乾燥収縮	●
・温度応力(マスコン)	●
・外力の作用(地震など)	●
・コンクリートの塩害	●
・コンクリートのASR	●
・コンクリートの中酸化	-

### 損傷原因の推定

- (1) 1) 腐食は伸縮装置からの漏水により、損傷が生じた可能性が高い。 2) 当該立地環境より、塩分による影響である可能性が高い。(上部工塩分量試験において主桁表面で1.56~4.14kg/m<sup>3</sup>の塩分が計測されており、支承部においても塩分が飛来した可能性が高い。)
- (2) 1) モルタルの乾燥収縮によるひびわれである可能性が高い。 2) 支承鋼材の腐食膨張によるひびわれである可能性が高い。 3) 地震による外力によるものである可能性が考えられる。
- (3) 1) 支承のアンカーボルトの腐食が極度に進行していないため、アンカーボルト腐食膨張によるひびわれの可能性は低い。 2) 損傷箇所の支承縁端距離が小さく、平成17年3月の福岡県西方沖地震(唐津市呼子:震度5弱)の発生を踏まえた場合、地震による外力により、橋脚天端にひびわれ、うきが生じた可能性が考えられる。

### 耐荷性能の評価

- (1) 腐食等により支承機能は損なわれていないため、橋梁の耐荷力の低下はない可能性が高い。
- (2) 沓座モルタルの欠損が進行すると、鉛直荷重を支持する機能が低下する可能性が高い。
- (3) 支承に作用する水平力に対して、橋座の耐荷力が低下している可能性が考えられる。

### 損傷の進行性と不確実性

- (1) 伸縮装置からの漏水や塩分による影響により、支承の腐食は進行する可能性が高い。
- (2) 損傷原因 1) 完成後年月が約26年経過していることから、モルタルの乾燥収縮作用は収まっている可能性が高い。 損傷原因 2) 支承鋼材の腐食が進行すると、モルタルの損傷も合わせて進行する可能性が高い。 損傷原因 3) 地震による外力の発生状況により、進行する可能性が考えられる。
- (3) 損傷原因 1) 支承のアンカーボルトの腐食膨張が進行すると、ひびわれも進行する可能性が高い。 損傷原因 2) 地震による外力の発生状況により、進行する可能性が考えられる。

### 健全性の評価と対策方針

- (1) H22年度にA1橋台部を除き伸縮装置の取替えが実施されており、伸縮装置の止水性向上により、桁下への漏水は止まっている状況にある可能性が高い。しかし、塩害の影響による腐食は進行している可能性が高く、すみやかに劣化状況に合わせ防錆機能を改善すべきである。(A1橋台では、すみやかに伸縮装置の取替えを実施するのがよい。)
- (2) 支承の補修とあわせ、ひびわれ注入や断面修復等の補修を行なうのがよい。
- (3) 支承の補修とあわせ、ひびわれ注入や断面修復等の補修を行なうのがよい。ただし、支承縁端部の補強を考慮する必要がある。

### その他留意事項

4.3.2 地覆

対象部位	地覆	
構造概要	RC	
対象位置図		
損傷状況	構造概要	
<p>(1) 地覆角部(H22補修箇所)にひびわれ、うき、剥離・鉄筋露出が認められる。(写真①、②、③) いずれも補修箇所の再劣化と認められる。</p> <p>(2) 地覆(車道側)角部に変形・欠損が認められる。(写真④) 大きさは0.1m×0.2m。</p> <p>(3) 地覆端部(H22補修箇所)にうきが認められる。(写真⑤) 大きさは0.45m×0.1m。</p> <p>(4) 地覆に設置されたプルボックス蓋の脱落が認められる。(写真⑥) 1箇所のみ。</p>		
①P5-P6 歩道側	②P6-P7 車道側	③P7-A2 車道側
<p>・地覆角部(H22補修箇所)に剥離・鉄筋露出が認められる。0.6m×0.1m</p>	<p>・地覆角部(H22補修箇所)のひびわれが認められる。W=0.5mm L=0.4m</p>	<p>・地覆角部(H22補修箇所)にうきが認められる。0.55m×0.1m</p>
④P2-P3 車道側	⑤P2-P3 車道側	⑥P7-A2車道側
<p>・地覆に変形・欠損が認められる。0.1m×0.2m</p>	<p>・P3橋脚上地覆端部(H22補修箇所)にうきが認められる。0.45m×0.1m</p>	<p>・地覆に設置されたプルボックス蓋の脱落が認められる。(1箇所のみ)</p>

### 考えられる損傷原因

#### (1)地覆のひび割れ、うき、剥離・鉄筋露出

ひび割れ、うき、剥離・鉄筋露出(写①、②、③、⑤)	要因
・かぶりの不足	●
・コンクリートの塩害	●
・コンクリートのASR	-
・コンクリートの中性化	-
・締固め不足(ジャンカ発生)	●
・局部応力の集中	-

←かぶりとの関係

(1) 損傷箇所は、H22年度補修工事で、ポリマーセメントモルタルによる断面修復が行われていたが、かぶり不足により、補修箇所が再劣化した可能性が考えられる。(地覆鉄筋が、部分的にかぶり不足となり、この箇所の鉄筋が、塩害の影響により、腐食膨張して劣化した可能性が考えられる。)

(2) 車両の衝突による可能性が高い。(欠損断面の状況より、比較的新しい損傷である。)

(3) 伸縮装置補修時の断面修復箇所における既設コンクリートとの一体化不足である可能性が考えられる。

(4) プルボックスの経年劣化、または当該立地環境に伴う風、塩分の影響による蓋の破損である可能性が高い。

### 耐荷性能の評価

(1)、(2)、(3)、(4) 共通

橋梁本体の耐荷性能への影響は無い可能性が高い。

### 損傷の進行性と不確実性

(1)、(3) 塩分の浸透により、鉄筋の腐食膨張が促進され、うきや剥離の進行する可能性が高い。

(2) 車両の衝突が原因である可能性が高く、進行はない。

(4) 雨水や塩分の影響により、内部配線等にも影響を及ぼす可能性が考えられる。

### 健全性の評価と対策方針

(1)、(3) 第三者被害予防の観点から、すみやかに再補修(断面修復及び表面保護)するのがよい。

(2) 緊急性は低いですが、早期に補修(断面修復)するのがよい。

(4) 現地状況を確認の上、すみやかに補修(蓋の取替え)するのがよい。

### その他留意事項

・斜張橋地覆部の補修は、工事費削減のため斜材定着部(橋面)の補修時に足場を利用し、補修するのがよい。

4.3.3 伸縮装置

対象部位	伸縮装置	
構造概要	ゴムジョイント、KMAジョイント	
対象位置図		
<p>橋長 727.85m 取付橋部 233.60m 主橋部 494.25m 100 139960 100 100 93240 100 1100 121000 250000 121000 1150</p> <p>①②A1車道部 伸縮装置      ⑤P3車道部 伸縮装置      ③④P5車歩道部 伸縮装置      ⑥A2車道部 伸縮装置</p>		
損傷状況	構造概要	
<p>(1) A1橋台車道部に变形・欠損-cが認められる。(写真①、②) 伸縮装置の表面の合成ゴムおよび後打ちコンクリートの欠損が認められる。(表面の合成ゴムの破損は数箇所ある)</p> <p>(2) P5橋脚車道部の後打ちコンクリートに変形・欠損-cが認められる。(写真③) 大きさは0.15m×0.1m</p> <p>(3) P5橋脚步道部の地覆部カバープレートにボルトの脱落が認められる。(写真④)</p> <p>(4) すべての伸縮装置において、土砂詰り-eが認められる。(写真⑤、⑥)</p>		
①A1 伸縮装置(車道部)	②A1 伸縮装置(車道部)	③P5 伸縮装置(車道)
<p>← P1側</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・変形・欠損が認められる。</li> <li>・補修履歴なし。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・①の接写</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・後打ちコンクリートに変形・欠損が認められる。0.15m×0.1m</li> <li>・補修履歴あり。(H22年取り換え)</li> </ul>
④P5 伸縮装置(歩道部)	⑤P3 伸縮装置(車道側)	⑥A2 伸縮装置(車道部)
<ul style="list-style-type: none"> <li>・地覆部カバープレートのボルトの脱落が認められる。</li> <li>・補修履歴あり。(H22年取り換え)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・土砂詰まりが認められる。</li> <li>・補修履歴あり。(H22年取り換え)</li> </ul>	<p>→ P7側</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・土砂詰まりが認められる。</li> <li>・補修履歴あり。(H22年取り換え)</li> </ul>

<b>損傷原因の推定</b>
<p>(1) A1橋台側の伸縮装置の変形・欠損については、供用後26年が経過しており、耐用年数(一般的に10～15年)を考慮すると、経年劣化が原因である可能性が高い。</p> <p>(2) 後打ちコンクリートの部分的な低品質による可能性が考えられる。</p> <p>(3) 締付け不足、または車両、風による振動による可能性が考えられる。</p> <p>(4) 伸縮装置の土砂詰まりは風や雨水による土砂運搬が原因である可能性が高い。</p>
<b>耐荷性能の評価</b>
<p>(1)、(2) 伸縮装置は主桁と橋面部をつなぐ重要な部材であり、伸縮装置の機能低下は、走行性や止水性の低下に繋がる。また、橋座部への漏水等により、主桁や支承の耐荷性の低下を誘発する可能性が高い。</p> <p>(3)、(4) 橋梁の耐荷性への影響はない。</p>
<b>損傷の進行性と不確実性</b>
<p>(1)、(2) 供用中であることから、伸縮装置の損傷は進行する可能性が高い。</p> <p>(3) 損傷が進行すると、カバープレートの脱落により、第三者被害の発生に繋がる可能性が考えられる。</p> <p>(4) 土砂詰りを放置しておくと、伸縮装置の機能劣化につながる可能性が高い。</p>
<b>健全性の評価と対策方針</b>
<p>(1) A1橋台の伸縮装置については、緊急性はないが、主桁端部や支承部への漏水が認められることから、橋梁本体への悪影響を取り除くため、すみやかに伸縮装置の取替えを行うのがよい。</p> <p>(2) P5橋脚については、緊急性はないが、走行性、止水性の観点から、早期に補修を行なうのがよい。</p> <p>(3) すみやかに補修を行なうのがよい。</p> <p>(4) 維持工事において、定期的に対応するのがよい。</p>
<b>その他留意事項</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・A2橋台部、P3橋脚部、P5橋脚部の伸縮装置は補修履歴を確認。(H22年取替え)</li> <li>・橋全体の大きな異常(ケーブルの張力異常、下部工の変位、塔桁拘束装置)は、桁端部の遊間や段差などに現れる可能性があるため、伸縮部の段差有無の確認を定期的実施するのがよい。</li> <li>・伸縮装置の取替えの際は、止水性の高い伸縮装置を採用するのがよい。</li> </ul>

4.3.4 防護柵

対象部位	防護柵	
構造概要	アルミ製防護柵(メッキ)	
対象位置図		
<b>損傷状況</b> (1) ボルト、ナットのゆるみ、脱落が認められる。(写真①、②、③、④) (2) 防護柵支柱全体のナットに腐食が認められる。(写真②) (3) 取付橋部において防護柵(横梁)の3箇所に変形が認められる。(写真⑤、⑥)		<b>構造概要</b> 防護柵詳細 
①P3-P4歩道側	②P5-P6車道側	③P6-P7車道側
<p>・防護柵ボルトの脱落</p>	<p>・防護柵ナットのゆるみ ・ナットの腐食</p>	<p>・防護柵ナットの脱落</p>
④P7-A2歩道側	⑤P2-P3車道側	⑥P3-P4車道側
<p>・防護柵ボルトのゆるみ・脱落</p>	<p>橋軸方向 ・防護柵(横梁)の変形(⑥の他1箇所あり)</p>	<p>橋軸方向 ・防護柵(横梁)の変形</p>



損傷原因の推定
<p>(1) 強風により、横梁が振動し、横梁を固定するボルト、ナットが脱落した可能性が考えられる。あわせて、横梁の振動の影響により支柱のナットの緩みが生じた可能性が考えられる。</p> <p>(2) 塩害による影響である可能性が高い。</p> <p>(3) 車両による衝突の痕跡である。</p>
耐荷性能の評価
<p>(1)、(3) ボルト、ナットのゆるみ・脱落及び防護柵(横梁)変形に伴い、車両の衝突に対する抵抗、誘導機能が低下している可能性が高い。</p> <p>(2) 腐食が小規模であり、現時点の耐荷性には影響しないと考えられるが、腐食が進行した場合、耐荷性に影響する可能性があると考えられる。</p>
損傷の進行性と不確実性
<p>(1) ボルト、ナットのゆるみを放置すれば、風の影響により、ゆるみが進行し、脱落の危険性が高くなる可能性が高い。</p> <p>(2) 当該立地環境より、腐食は塩害の影響により進行する可能性が高い。</p> <p>(3) 車両の衝突が原因であるため、進行はない。</p>
健全性の評価と対策方針
<p>(1) ボルト、ナットのゆるみは、すみやかに締め直しを実施するべきである。また、強風による防護柵の振動によって、脱落した可能性があるため、ナット再設置時には、ゆるみ止め機能付きナットへの取替えがよい。</p> <p>(2) ボルト、ナットの腐食は、すみやかに防錆処理を実施するのがよい。</p> <p>(3) 防護柵(横梁)の変形は、早期に部材を取り替えるのがよい。</p>
その他留意事項

4.3.5 照明装置

対象部位 構造概要	照明装置	
対象位置図		
<p style="text-align: center;">橋長 727.85m 主橋部 494.25m 取付橋部 233.60m</p> <p style="text-align: center;">①~③P3-P4歩道側 照明施設      ④~⑥P4-P5歩道側 照明施設</p>		
損傷状況	構造概要	
<p>(1) 照明灯基礎部でのナットのゆるみ-eが認められる。 (写真①、②、④、⑤) (P3-P4:3箇所、P4-P5:1箇所、P5-P6:2箇所)</p> <p>(2) 照明灯基礎部ナットに防食機能の劣化-eが認められる。(写真①、②、④、⑤) (全箇所)</p>		
①P3-P4歩道側照明施設	②P3-P4歩道側照明施設	③P3-P4歩道側照明施設
<p>・照明支柱基礎部ナットのゆるみ(4/4本) ・防食機能の劣化</p>	<p>・①の接写</p>	<p>・前回点検時の写真</p>
④P4-P5歩道側照明施設	⑤P4-P5歩道側照明施設	⑥P4-P5歩道側照明施設
<p>・照明支柱基礎部ナットのゆるみ(2/4本) ・防食機能の劣化</p>	<p>・④の接写</p>	<p>・前回点検時の写真</p>

<p style="text-align: center;"><b>損傷原因の推定</b></p>
<p>(1) 本橋の大型車両の通行は100台/日以下と少なく、車両による振動影響の可能性は低い。このため、当該立地環境より、風による照明灯の振動による影響がナットのゆるみの原因である可能性が高い。(現地計測時において、最大風速20m/s以上の強風も観測)</p> <p>(2) ナットの錆については、当該立地環境より、雨水及び塩分による影響である可能性が高い。(上部工塩分量試験において主桁表面で1.56～4.14kg/m<sup>3</sup>の塩分が計測されており、橋面部においても塩分が飛来がある可能性が高い。)</p>
<p style="text-align: center;"><b>耐荷性能の評価</b></p>
<p>(1) ナットのゆるみにより、照明灯の耐荷性が低下している可能性が高い。</p> <p>(2) ナットの腐食が進行すると、照明灯の耐荷性の低下につながる可能性があると考えられる。</p>
<p style="text-align: center;"><b>損傷の進行性と不確実性</b></p>
<p>(1) ナットのゆるみを放置すると、風による照明灯の振動により、ゆるみは進行する可能性が高い。また、照明灯の転倒につながる可能性が高い。</p> <p>(2) 雨水、塩分による影響により、ナットの腐食は進行する可能性が高い。</p>
<p style="text-align: center;"><b>健全性の評価と対策方針</b></p>
<p>(1) ナットのゆるみは、すみやかに締め直しを実施すべきである。</p> <p>(2) ナットの腐食は、緊急を要する損傷ではないと考えられるため、経過観察を行い、損傷状況を判断し、防食機能の回復を図るのがよい。</p>
<p style="text-align: center;"><b>その他留意事項</b></p>
<p>・ランニングコストの削減のため、灯具が不良の場合には、LED灯具への変更することも考えられる。</p>

4.3.6 橋面舗装

対象部位	橋面舗装	
構造概要	アスファルト舗装	
対象位置図		
<p style="text-align: center;"><b>①A1-P1径間 歩道部 舗装</b></p> <p style="text-align: center;"><b>②③P2-P3径間 歩道部 舗装</b></p> <p style="text-align: center;"><b>④⑤P6-P7径間 車道部 舗装</b></p> <p style="text-align: center;"><b>⑥P7-A2径間 歩道部 舗装</b></p>		
<p style="text-align: center;"><b>損傷状況</b></p> <p>(1) 歩道部アスファルト舗装(t=30mm)は、橋梁区間全体にわたって、ひびわれが認められた。(写真①、②、③) 車道部や地覆への連続性は認められない。(写真⑥)</p> <p>(2) 車道部アスファルト舗装(t=50mm)は、P6-P7径間支間中央付近の施工時の打継ぎ目とみられるひびわれが認められた。(ひびわれ直下の桁上上床版は健全であった。)(写真④、⑤)</p>		<p style="text-align: center;"><b>構造概要</b></p> <p style="text-align: center;">標準部</p>
<p style="text-align: center;"><b>①A1-P1径間歩道部 舗装</b></p>		<p style="text-align: center;"><b>②P2-P3径間歩道部 舗装</b></p>
<p>橋軸方向</p> <p>・舗装の異常</p>		<p>橋軸方向</p> <p>・舗装の異常</p>
<p style="text-align: center;"><b>④P6-P7径間車道部 舗装</b></p>		<p style="text-align: center;"><b>③P2-P3径間歩道部 舗装</b></p>
<p>橋軸方向</p> <p>・支間中央付近の車道部のひびわれ (t=5.0mm)</p>		<p>・②の拡大写真 ・舗装の異常 (t=3~5mm)</p>
<p style="text-align: center;"><b>⑤P6-P7径間 舗装部直下箱内</b></p>		<p style="text-align: center;"><b>⑥P7-A2径間歩道部 舗装</b></p>
<p>目地位置</p> <p>・車道部ひびわれ直下の箱内 ・上床版下面には損傷や漏水跡は認められない。</p>		<p>橋軸方向</p> <p>・一定の間隔でひびわれが認められた。 ・車道部までのひびわれの連続性はない。</p>

<p style="text-align: center;"><b>損傷原因の推定</b></p>
<p>(1) 路面は、歩道部に橋軸直角方向に規則的な間隔で舗装のひびわれ発生が見られる。特異な規則性の原因としては施工などの人為的な要因の可能性もあるが、ケーブルが振動の発生を受け、主桁の反り、たわみによってその振幅やひずみの規模に関係して舗装のひびわれが発生、進展した可能性が考えられる。</p> <p>(2) 車道部のひびわれは、建設時の施工打継ぎ目である可能性が考えられる。(標準的な施工量が2300㎡/日に対し、斜張橋部の車道部面積は2720㎡(5.5m×494.25m)であるため、2回に分けて施工した可能性が考えられる。)</p>
<p style="text-align: center;"><b>耐荷性能の評価</b></p>
<p>(1)、(2) 橋梁本体の耐荷性への影響はない。ただし、ひびわれ部より主桁上面への水は供給されており、主桁の耐久性において好ましくない。</p>
<p style="text-align: center;"><b>損傷の進行性と不確実性</b></p>
<p>(1)、(2) 供用開始後26年が経過しており、舗装の劣化は進行する可能性が高い。</p>
<p style="text-align: center;"><b>健全性の評価と対策方針</b></p>
<p>(1)、(2) 舗装の劣化も進行しているが、現状として、橋面防水の機能が低下しており、主桁への防水機能が確保されていない状態である。このため、主桁の耐久性維持のため、橋梁区間全体において、早期に橋面防水層の設置を目的とした舗装打替えを実施するのがよい。</p>
<p style="text-align: center;"><b>その他留意事項</b></p>
<p>・橋面舗装打替えは、車両の交通規制が必要となるため、他の交通規制が必要な補修工事とあわせて実施するのがよい。</p>