
直轄診断報告書

天大橋



平成 31 年 3 月

 国土交通省九州地方整備局

目 次

1. はじめに	1
2. 調査概要	2
2.1 橋梁諸元等	2
2.2 調査内容及び調査方法	6
3. 技術的助言	9
3.1 劣化損傷状況	9
3.2 措置の必要性（とりまとめ）	11
4. 各部材の調査結果	13
4.1 ポステン箱桁部の調査結果	13
4.2 プレテン中空床版部の調査結果	21
4.3 プレテンT桁部の調査結果	25
4.4 ポステンT桁部の調査結果	28
4.5 下部構造の調査結果	31
5. 調査・試験実施内容	34
5.1 はつり調査	34
5.2 ひびわれ深さ測定	36
5.3 ボイド内滞水状況調査	40
5.4 中性化試験	43
5.5 塩分含有量試験	46
5.6 アルカリ骨材反応試験	47
5.7 圧縮強度・静弾性係数試験	54
5.8 ヒンジ部高さ測定	56
5.9 舗装剥ぎ取り調査	62
5.10 水中部調査	72

1. はじめに

天大橋は、薩摩川内市の都市計画区域北部の高城地域と中心部の向田地域を結ぶ隈之城・高城線のほぼ中央に位置する一級河川川内川を跨ぐ全長 517.57m のコンクリート道路橋である。

本橋は、昭和 59 年に建設（35 年経過）され、川内川右岸の中郷地区と左岸の平佐地区を結ぶ市民生活に欠かせない重要な道路の一部として利用されている。

今回の直轄診断では、診断に必要な情報を得るために、橋梁全体に近接し、目視、打音・触診を実施した。加えて、橋梁周辺の地盤や橋の変形の有無を把握するための測量計測、一部の部材から採取した試料を用いて材料試験、部材内部の滞水状況を調べるための掘削調査等を実施した。

また、現況の応力状態の推定に必要な情報を得るために、建設当時の施工方法や構造等の詳細についての施工当時の関連図書等の調査を行うとともに、維持管理履歴を把握するために既存の維持管理図書について調査を行った。

現状での本橋の健全性評価、及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

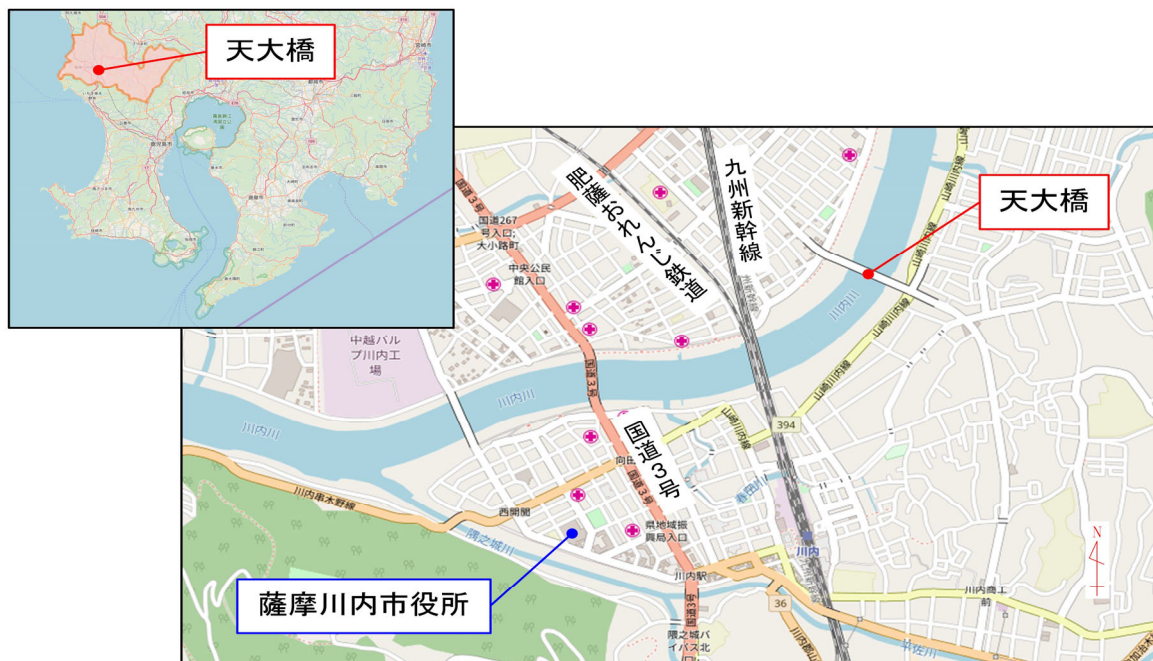
・九州地方整備局	道路部	道路保全企画官	浅井 博海（リーダー）
同		道路構造保全管	鷓林 保彦
同	鹿児島国道事務所	技術副所長	五反田 信幸
同	大隅河川国道事務所	技術副所長	松尾 誠二
同	熊本河川国道事務所	総括保全対策官	坂元 靖秀
同	九州技術事務所	総括技術情報管理官	野尻 浩人
・国土技術政策総合研究所	道路構造研究部	橋梁研究室長	白戸 真大
・国立研究開発法人 土木研究所	構造物メンテナンス研究センター		
		上席研究員	石田 雅博
同	先端材料資源研究センター		
		上席研究員	古賀 裕久

2. 調査概要

2.1 橋梁諸元等

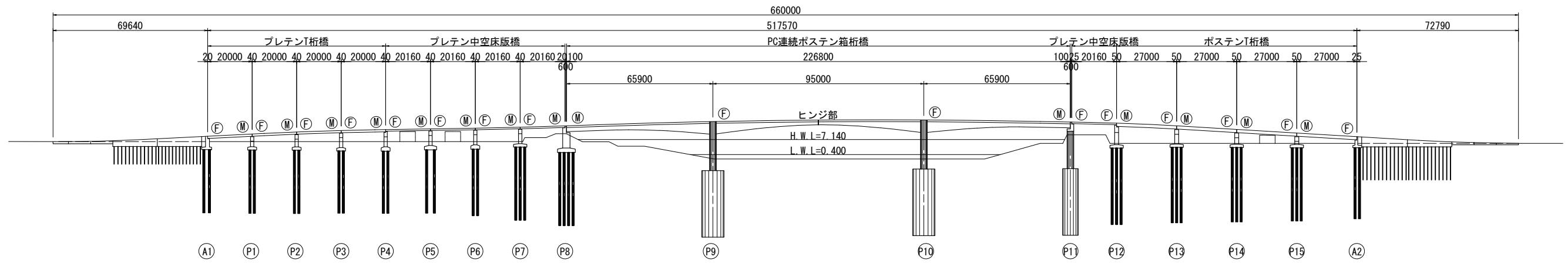
- 1) 路線名：市道 隈之城・高城線
- 2) 橋梁名：天大橋（てんたいばし）
- 3) 所在地：薩摩川内市平佐町 地内
- 4) 橋梁形式：PC 単純プレテンT桁橋
PC 単純プレテン中空床版橋
PC ポステン有ヒンジラーメン橋
PC 単純ポステンT桁橋
- 5) 橋 長：L=517.57m
- 6) 幅 員：W=13.0m（車道有効幅員 W=7.0m）
- 7) 設計荷重：TL-20
- 8) 交通量：13,000 台/日（大型車混入率：2.2%）
- 9) 交差物件：一級河川川内川水系川内川（国土交通省川内川河川事務所管理）
- 10) 設計基準：道路橋示方書（昭和 55 年）

■位置図

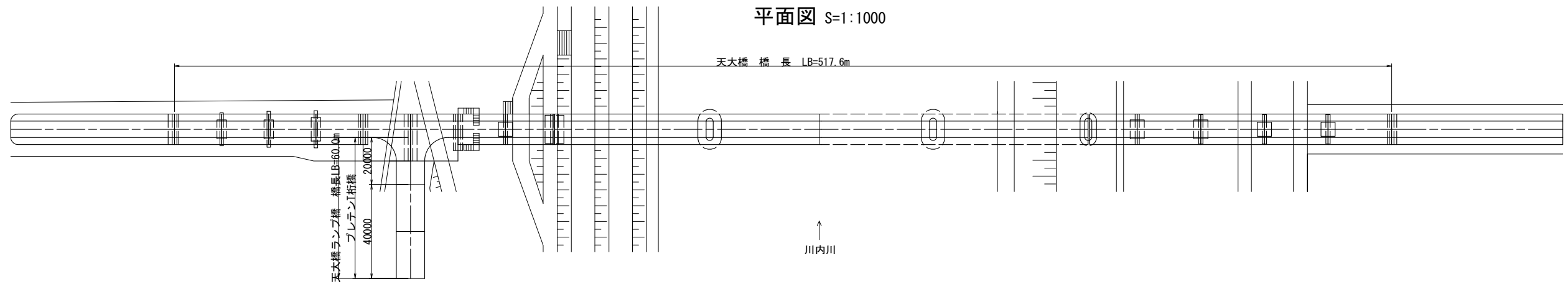


天大橋 橋梁一般図

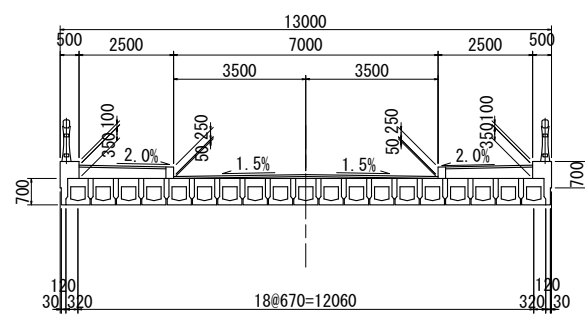
側面図 S=1:1000



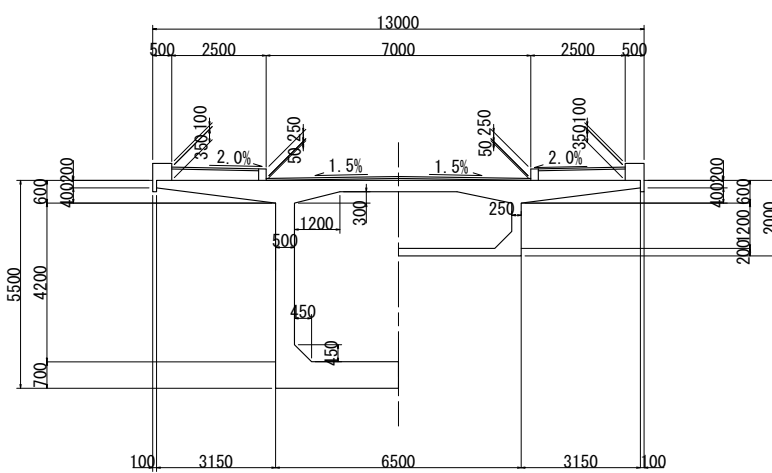
平面図 S=1:1000



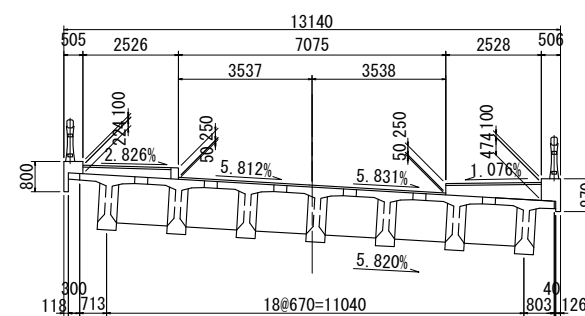
断面図 S=1:100
P6~P7



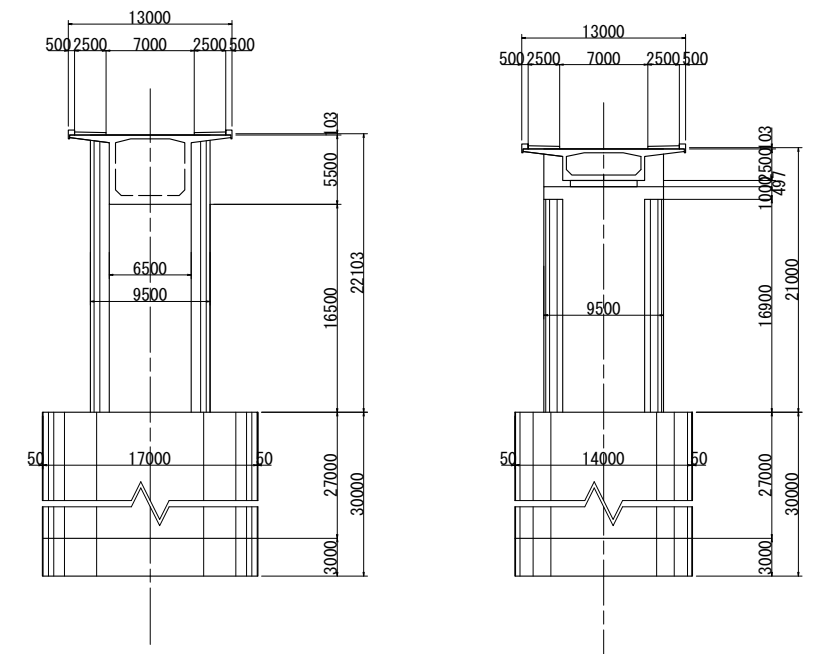
断面図 S=1:100
P8~P11



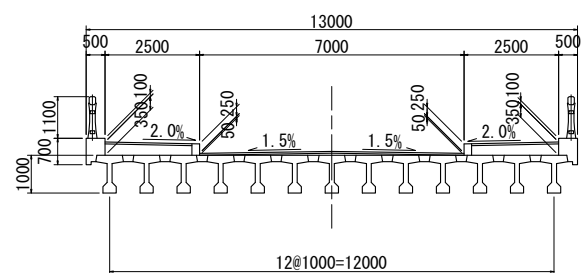
断面図 S=1:100
P14~P15



主要断面図 S=1:300



断面図 S=1:100
A1~P4



天大橋 全景



■薩摩川内市による点検結果の概要

実施年月日	点検の主な結果
H29. 8. 8 (定期点検)	(速やかな補修が望ましい変状・損傷) 主桁のひびわれ、漏水・遊離石灰 横桁のひびわれ、漏水・遊離石灰 橋脚のひびわれ (状況に応じて補修が望ましい変状・損傷) 床版ひびわれ、杓座モルタルのうき、変形・欠損 舗装の異常

■補修履歴

補修部位	補修内容	補修時期	備考
P8	支承取替 (ローラー支承→ゴム支承)	平成 9 年頃	関係者ヒアリング
P11	支承取替 (ローラー支承→ゴム支承)	平成 9 年頃	〃
P5	伸縮装置取替(車道部上り線、ランプ 接続部)	平成 25 年度	薩摩川内市より
P13	伸縮装置取替 (車道部上下線)	平成 25 年度	〃
P14	伸縮装置取替 (歩道部下り線)	平成 25 年度	〃
P15	伸縮装置取替 (車道部上り線)	平成 25 年度	〃
A2	伸縮装置取替 (車道部上下線)	平成 25 年度	〃

■凍結防止剤の散布状況

凍結防止剤は冬季に 1～2 回散布している。(薩摩川内市建設維持課からのヒアリングより)

2.2 調査内容及び調査方法

薩摩川内市で実施された点検結果を踏まえて、直轄診断では天大橋の劣化状況の把握、劣化原因の推定を行い、劣化原因や補修方針の妥当性を検証するために材料試験等の詳細調査を実施した。

＜詳細調査の実施日＞

- ・着手日：平成31年2月18日
- ・調査期間：平成31年2月18日～2月28日

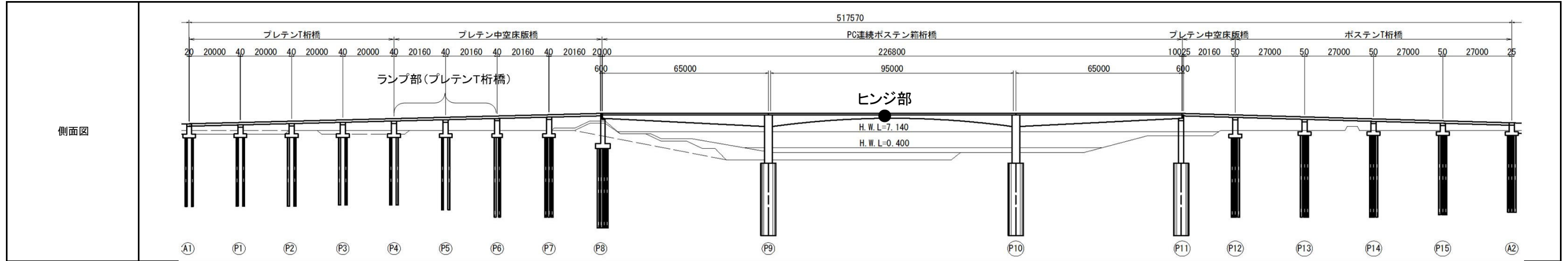
2.2.1 調査内容

主な調査内容を表-2.2.1に、全体の調査内容を表-2.2.2に示す。

表-2.2.1 主な調査内容

主な調査項目	主な調査内容
上部構造の変状調査	①ひびわれ、うき・剥離 ②高欄の通り ③滞水状況
下部構造及び下部構造周辺の変状調査	①ひびわれ ②うき・剥離 ③水中部調査
A S R等に対する詳細調査	①A S R試験 ②塩分含有量、中性化試験

表-2.2.2 調査・試験項目一覧

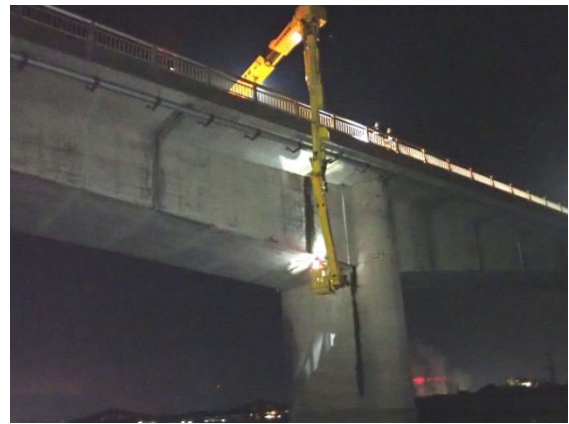
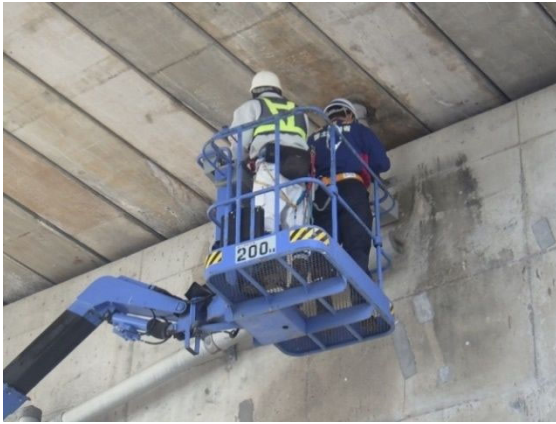


		プレテンT桁橋 A1~P4	プレテン中空床版橋 P4~P8	PCポステン箱桁橋 P8~P11	プレテン中空床版橋 P11~P12	ポステンT桁橋 P12~A2	プレテンT桁橋(ランプ部) P5~A3	
過年度調査結果の検証	H29年度実施の詳細調査	-	・圧縮強度試験 ・中性化試験 ・塩分含有量試験 ・岩種判定, SEM ・残存膨張量試験	-	-	-	-	
	H29年度Ⅱ判定の損傷の再確認	・道路橋定期点検要領に基づきⅢ判定となる箇所がないかH29点検結果を机上調査。 ・現地調査が必要なものについて外観変状調査を実施。						
	年代、形式特有の損傷の確認(外観変状調査)	-	-	・PC箱桁ヒンジ部の垂れ下りの有無(高欄の通り)	-	・ポステン桁橋部のPC鋼材に沿ったひびわれ・遊離石灰 ・間詰部の抜け落ち	-	
※特に近視接す目べき損傷	橋面	・舗装の損傷状況 ・伸縮装置の損傷状況(漏水の有無)	・舗装の損傷状況 ・伸縮装置の損傷状況(漏水の有無)	・舗装の損傷状況(上縁定着箇所との位置関係) ・伸縮装置の損傷状況(漏水の有無) ・高欄の通り	・舗装の損傷状況 ・伸縮装置の損傷状況(漏水の有無)	・舗装の損傷状況 ・伸縮装置の損傷状況(漏水の有無)	・舗装の損傷状況 ・伸縮装置の損傷状況(漏水の有無)	
	上部工	・主桁のひびわれ発生状況 ・間詰部の遊離石灰・錆汁の発生状況 ・桁表面の骨材の飛びの確認	・主桁のひびわれ発生状況 ・間詰部の遊離石灰・錆汁の発生状況 ・桁表面の骨材の飛びの確認	・主桁のひびわれ発生状況 ・横桁の遊離石灰・錆汁の発生状況 ・ヒンジ部の連続化状況(箱内より確認) ・桁表面の骨材の飛びの確認	・主桁のひびわれ発生状況 ・間詰部の遊離石灰・錆汁の発生状況 ・桁表面の骨材の飛びの確認	・主桁のひびわれ発生状況 ・間詰部の遊離石灰・錆汁の発生状況 ・間詰部と主桁との段差 ・桁表面の骨材の飛びの確認	・主桁のひびわれ発生状況 ・間詰部の遊離石灰・錆汁の発生状況 ・桁表面の骨材の飛びの確認	
	支承部	・水みちの確認(伸縮装置、排水装置)	・水みちの確認(伸縮装置、排水装置)	・水みちの確認(伸縮装置、排水装置) ・ゴム支承の変形 ・鋼材(ベースプレート等)の腐食状況	・水みちの確認(伸縮装置、排水装置)	・水みちの確認(伸縮装置、排水装置)	・水みちの確認(伸縮装置、排水装置)	
	下部工	・ひび割れの発生状況 ・水みちの確認(伸縮装置、排水装置)	・ひび割れの発生状況 ・水みちの確認(伸縮装置、排水装置)	・柱頭部のひび割れ発生状況(P9、P10) ・水かかりとひび割れの関係 ・水みちの確認(伸縮装置、排水装置)	・ひび割れの発生状況 ・水みちの確認(伸縮装置、排水装置)	・ひび割れの発生状況 ・水みちの確認(伸縮装置、排水装置)	・ひび割れの発生状況 ・水みちの確認(伸縮装置、排水装置)	
調査・試験	交通量	交通量調査(トラカン)						
	橋面	-	・舗装剥ぎ取り調査(車道部) (床版上面の損傷状況、間詰部との関係)	・舗装剥ぎ取り調査(歩道部、車道部) (床版上面の損傷状況、主桁上縁定着PC鋼材の定着部、柱頭部のPC鋼材の定着部) ・ヒンジ部高さ測定(縦断測量)、竣工時との比較	-	・舗装剥ぎ取り調査(車道部) (床版上面の損傷状況、間詰部との関係)	-	
	防護柵	車両用防護柵の性能確認(現行基準との比較)						
	耐荷力	-	・PC鋼材の健全度確認	-	・PC鋼材の健全度確認	-	-	
	上部工	-	・舗装損傷、PC鋼材、ひび割れの関係を検証するため、重ね図を作成 【以下は代表してP6~P7径間で実施】 ・鉄筋探査 ・はつり調査(かぶり厚、PC鋼材腐食) ・ひび割れ深さ測定(超音波法) ・ポイド内帯水状況調査 ・中性化試験 ・塩分含有量試験 ・ASR試験(SEM-EDS、残存膨張量) ・圧縮強度・静弾性係数試験	・舗装損傷、PC鋼材、ひび割れの関係を検証するため、重ね図を作成	・舗装損傷、PC鋼材、ひび割れの関係を検証するため、重ね図を作成 (※添架物により側面からの調査は困難)	-	-	
	骨材・ASR	-	・骨材の産地、コンクリート製造元、桁製造元調査 ・同じ工場・製品を用いた他橋梁の状況調査(劣化状況、補修工法・状況、補修後の健全性調査)	-	・骨材の産地、コンクリート製造元、桁製造元調査 ・同じ工場・製品を用いた他橋梁の状況調査(劣化状況、補修工法・状況、補修後の健全性調査)	-	-	
	下部工	-	・階段健全性(耐震性含む)確認	・ASR試験(SEM-EDS、残存膨張量)水中部調査	-	・階段健全性(耐震性含む)確認	-	
調査方法(近接手段)	地上・梯子	リフト車	橋梁点検車(BT-400)	リフト車	リフト車	地上・梯子		
規制の有無	有	有	有	無	有	有		

2.2.2 調査方法

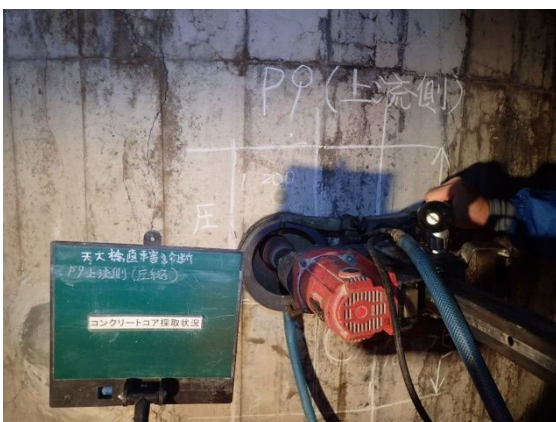
(1) 近接目視調査

近接目視調査においては、橋梁点検車(BT-400)及びリフト車等の近接手段を用いて実施した。



(2) 試料採取

アルカリ骨材反応試験用、圧縮強度・静弾性係数試験用のコア、塩化物イオン含有量試験、中性化試験用のドリル粉末等の試料を採取した。



3. 技術的助言

現状での本橋の健全性評価、及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 劣化損傷状況

(1) 概要

橋梁全体を俯瞰すると、主桁、横桁、床版、橋脚、橋台等のいずれの部材においても橋面あるいは伸縮装置からの漏水が確認され、施工打ち継ぎ目や部材同士の接続部、ひびわれから遊離石灰の滲出が見られる。橋面防水工は未設置で歩道部の舗装の下には砕石が確認されたことから、常に水の影響を受ける状態にあると考えられる。

また、ポステン箱桁の中央ヒンジ部に垂れ下がりが見られ、主桁ウェブ面に斜め方向のひびわれ、桁端部の支承定着部に台座コンクリートのわれやベースプレートの傾斜が確認されたことから、これらの劣化損傷は相互に関連している可能性がある。

プレテン中空床版には主桁下面に橋軸方向のひびわれが多数見られる。ひびわわれの形態や分布からアルカリ骨材反応によるひびわれであると推察された。採取した試料の顕微鏡観察の結果からもアルカリ骨材反応であることが確認された。

その他、PC鋼材の上縁定着部においては、サンプル的に一部の箇所でも舗装剥ぎ取り調査を実施した結果、後埋めコンクリートに異常は確認されなかったが、他の定着部で異常が生じている可能性も否定できない。

河川内橋脚のP9、P10橋脚においては、柱頭部に亀甲状のひびわれが見られる。採取した試料の顕微鏡観察の結果、アルカリ骨材反応が生じていることが確認された。また、柱頭部は部材断面が大きく、一回の打設量が大きいことが想定されることからマスコンクリートの水和熱によりひびわれが生じた可能性もある。

橋脚基部については、潜水土による洗堀調査の結果、部分的に土被りが小さくなっている箇所が確認された。

(2) 各部位・部材の劣化損傷状況

- ① ポステン箱桁には、中央ヒンジ部の垂れ下がり、張出架設区間先端付近のウェブの斜め方向のひびわれ、桁端部の支承の表面ゴムのわれやベースプレートの傾斜、定着部アンカーボルト周辺の台座コンクリートのひびわれなどの変状が確認された。支承の表面ゴムのわれの深さ等については、今回十分把握できていない。

中央ヒンジ部の垂れ下がり、路面高測定の結果、計画道路縦断高に対して約20cm低くなっており、箱桁内部のヒンジ支承部分においても上床版側の遊間が設計値よりも3cm程度狭くなっていることが確認された。

中央ヒンジ部の垂れ下がりが生じているときには桁にも様々な変位や応力が生じる可能性があるため、ウェブの斜めひびわれや支承定着部の変状がこれに関係している可能性がある。

また、ウェブの斜めひびわれが生じている箇所は、ウェブの斜PC鋼棒の間隔が支点部や支間中央部に比べて広がっているのに対して、上面・下面床板におけるPC鋼材の定着部の近傍であったりすることから、設計計算上の仮定に比べて応力状態が実際には複雑であり、かつ、応力上、余裕の少ない構造となっている可能性もある。

ウェブに配置された斜PC鋼棒は、腐食等が進行している場合には突然の破断・突出が生じることも懸念されるが、今回の調査では、その状態は確認できていない。

- ② プレテン中空床版の主桁下面に橋軸方向の多数のひびわれが確認された。また、ボイド内には、滞水が確認された。

ひびわれは、橋軸方向に沿ったひびわれの形態や、漏水・滞水の影響を受ける歩道下や桁端部で著しく、桁下面の中央付近にはあまり見られないなどのひびわれの分布からアルカリ骨材反応によるひびわれであると推察された。主桁から採取した試料の顕微鏡観察の結果、粗骨材の周囲にアルカリシリカゲルの存在が確認され、材料試験の結果からもアルカリ骨材反応が疑われることから、今のような状況が継続すれば、今後もひびわれは進展していくものと考えられる。

- ③ プレテンT桁においては、間詰め床版や主桁と横桁の接続部などからの遊離石灰、伸縮装置からの漏水、排水管の破損など付属物の劣化が確認されており、主要部材の劣化の要因になっている可能性が高い。

なお、当該プレテンT桁は上述のプレテン中空床版と同時期の架設であるが、こちらにはアルカリ骨材反応が疑われる橋軸方向のひびわれは見られない。竣工図書を確認した結果、プレテン中空床版とプレテンT桁の状態の違いは使用骨材の違いも関係していることが推察される。

- ④ ポステンT桁においては、間詰め床版や主桁と横桁の接続部などからの遊離石灰、伸縮装置からの漏水が見られる他、張出床版の端部や主桁の端部において漏水が原因と考えられるうき、剥離・鉄筋露出が見られており、付属物の劣化が主要部材の劣化の要因になっている可能性が高い。

平成5年までに製作されたポステンT桁は、PC鋼材を床版面で定着しており、定着部の後打ちコンクリートの隙間からシーす内に漏水しPC鋼材の腐食・破断に至った事例もある。今回の調査において一部の舗装を剥ぎ取り、床版面の定着部を確認した結果、後埋めコンクリートに異常は確認されなかったが、他の定着部で異常が生じている可能性も否定できないため、舗装打ち換え時に定着部の後埋めコンクリートの状況を確認する必要がある。

- ⑤ 下部構造においては、P9、P10橋脚の柱頭部に多数のひびわれを確認した。採取した試料の顕微鏡観察の結果、粗骨材の周囲にアルカリシリカゲルの存在が確認されたため、このひびわれはアルカリ骨材反応の影響を受けて生じた可能性がある。また、このひびわれはマスコンクリートの水和熱により生じた可能性もある。なぜなら、当該箇所は上部構造と剛結されており、上部構造の中でも最も断面の大きな箇所であるため、一回当たりの打設量が大きいことが想定されるためである。このひびわれはアルカリ骨材反応によるコンクリートの膨張が継続しているとすると、ひびわれは今後も進展し、水、酸素等の劣化因子の浸入により内部鉄筋の腐食を助長させる可能性がある。

P9、P10橋脚は柱の下半分が水中部にあることから、潜水土による損傷調査及び洗掘調査を実施した。柱自体にひびわれ等の損傷は確認されなかったが、部分的に柱回りの土被りが小さくなっている箇所が見られるため、点検時に定期的な確認が必要である。

3.2 措置の必要性(とりまとめ)

今回の調査・検討により確認された事項と、現在の本橋の利用状況及び架設後 35 年経過した橋であることを踏まえ、今後の方向性として、必要と思われる項目を整理した。

- 1) 橋梁全体としては、構造安全性の観点から危険な状態である可能性は低いですが、早期に補修が必要な箇所がある。

全体的に橋面や伸縮装置からの水の浸入が多く見られ、他の損傷の誘因となっている。損傷の中にはこのまま進行すると通行の安全性に直接影響すると考えられるものも見られたり、複数の損傷が関連性を以て生じていたりする可能性があるものもある。したがって、単純に個々の損傷に手当てをすることが合理的でない可能性もあり、現況の評価や措置の検討にあたっては、これらの点についても考慮しなければならない。

- 2) ポステン箱桁には中央ヒンジ部の垂れ下がりに関連する可能性があると考えられるウェブの斜め方向のひびわれ、支承の表面ゴムにわれやベースプレートの傾斜、支承定着部のアンカーボルト周辺コンクリートのひびわれなどの変状が見られる。中央ヒンジ部の垂れ下がりの発生そのものはクリープ変形というコンクリート材料の特性に起因するものと考えられるため、発生自体が特異ということではないが、各部にも変状を引き起こす可能性がある。

また、コンクリートのクリープ変形が垂れ下がりの原因だとすれば、変形は今後も確実に進展し、ウェブのひびわれや支承の変状が広がるだけでなく、ヒンジ支承本体など他の部位にも悪影響を及ぼし大規模な修繕が必要になる可能性もある。

これらの変状に対しては、外ケーブル設置、炭素繊維補強、支承の再設置、ヒンジ部の連続化などが考えられるが、検討にあたっては、変状ごとに対策を検討するだけでなく、変状の原因、現況の応力状態、今後の進展等も考慮した検討が不可欠である。

また、ウェブの斜めひびわれが生じている箇所は、その構造の特徴、架設手順、現状の変形状態を考えたときに、応力上、余裕の少ない状態に至っている可能性もあるため、中央ヒンジ部の垂れ下がりとの関連だけではなく、鉄筋、PC 鋼材の配置、架設順序、打設時期等を整理したうえで、施工手順から考えられる当初の鋼材やコンクリートの応力状態、そこからクリープ変形や下部工等の移動も考慮して、変形の進行に伴う応力状態の変化、どの段階でどの鋼材にどんな応力が生じるのか、そして、各部位でどのような損傷が生じ得るのかなど、その因果関係を整理し、対策を検討する必要がある。

変状ごとに対策を実施するのではなく、橋全体としての合理的な補強を行わなければ不合理な事象が発生する可能性もあるため注意が必要である。

さらに今後の耐震補強や 25t 活荷重対応等においても手戻りが生じないよう、建設当時の架設順序、その後の応力や性状の変化、支承交換時の支持状態、耐震性などについても評価したうえで慎重に検討を行い、橋全体として合理的となる対策を講じなければならない。

- 3) プレテン中空床版には、アルカリ骨材反応によるひびわれであると推察された多数のひびわれが見られるが、今回確認した範囲からは設計時点の耐荷力は確保されていると考えられる。

なぜなら、今回確認した範囲では、曲げひびわれやせん断ひびわれが疑われる形態のひびわれは見られなかったこと、部分的なはつり調査の結果においても鉄筋や PC 鋼材の腐食は確認されなかったこと、圧縮強度試験の結果、設計基準強度以上の強度が確認されたことからである。

一方で、路面の滞水、さらには降雨の度に桁内部へ滞水が確認されていることを考慮する

と、今後、水が浸入し続けることで状態が確実に悪化し、ひびわれの急激な進行、縦締め、横締め PC 鋼材の腐食等により、最悪、架替えに至ることも危惧され、大規模な修繕が必要になる恐れもある。

そのため、水の浸入防止、滞水の防止と排水対策を合わせて早急に行う必要がある。

- 4) P9、P10 橋脚には、アルカリ骨材反応及びマスコンクリートの水和熱により生じた可能性がある多数のひびわれを確認した。アルカリ骨材反応による膨張が継続すると、ひびわれが今後も進展するおそれがあるので、これを抑制するためにも、漏水、排水不良の改善を行うことが求められる。また、水、酸素等の劣化因子の浸入により内部鉄筋の腐食を助長させる可能性があるため、水の供給又は滞留を防ぐための対策を早急に行う必要がある。
- 5) 橋梁全体として、橋面の排水不良、舗装下の滞水、下部構造への漏水が見られており、他の損傷を助長させる要因にもなっているため、変状の拡大を抑制するためにも橋面防水工や伸縮装置取替え等の水回りの対策を優先して実施すべきである。

また、今後も長くこの橋を使うことを考えれば、後埋めコンクリートからの水の浸入等により腐食し突出する可能性も極力小さくし、橋の維持管理を行いやすくするために、箱桁ウェブの斜め PC 鋼材、及び、ポステン T 桁の PC 鋼材の上縁定着部は、舗装打ち換え時に調査を行ったうえで、必要に応じて突出防止対策も行うことが推奨される。

その他、上下部構造に生じているひびわれ、剥離・鉄筋露出等の変状に対しては、予防保全の観点から劣化因子の浸入や滞留を防止する対策を行うことが望ましい。
- 6) 以上の措置については、現況の利用状況を前提としたものであり、今後、現行の基準に対応した車両用防護柵の設置、25t 活荷重対応、耐震補強等により機能向上を図る場合には、補修の施工ステップも踏まえて、手戻りが生じないよう合理的な対策方法を別途検討する必要がある。

4.各部材の調査結果

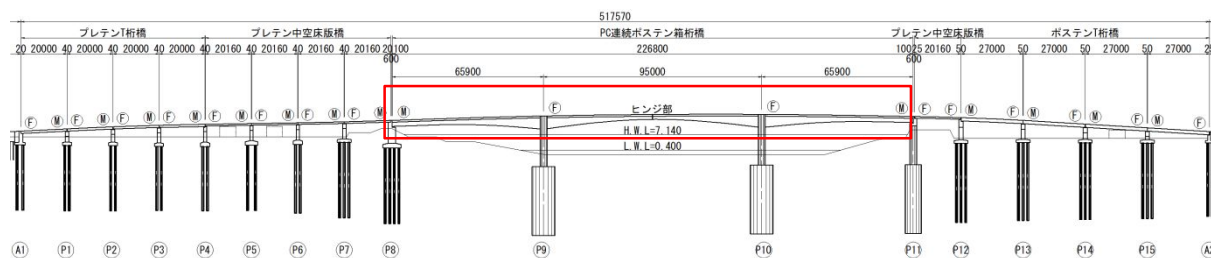
4.1 ポステン箱桁部の調査結果

対象部位	主桁、ヒンジ部	
構造概要	プレストレストコンクリート桁	
対象位置図		
損傷状況		
<ul style="list-style-type: none"> ・ポステン箱桁部の中央ヒンジ部に垂れ下がりが確認された(写真①)。垂れ下がり量は約 20cm である。 ・張出施工区間の先端付近のウェブに斜め方法のひびわれが確認された(写真②)。ひびわれ幅は 0.2mm~0.3mm が主で、最大ひびわれ幅は 0.4mm であった。ひびわれは斜 PC 鋼棒と直行する方向に生じている。 ・桁端部の支承部に表面ゴムのわれ、ベースプレートの傾斜が確認された(写真③)。また、定着部アンカーボルト周辺の台座コンクリートにひびわれなどの変状が確認された(写真④)。 ・箱桁内部のヒンジ支承部分に遊間の異常が確認された。設計上は上床版側、下床版側とも遊間は 6cm であるが、上床版側のみ遊間が 3cm 程度狭くなっていることが確認された(写真⑤)。 ・ヒンジ支承の取付部付近のコンクリートに剥離が確認された(写真⑥)。 		
①橋面(P9-P10)	②主桁ウェブ(P8-P9 下流側)	③支承部(P8 上流側)
<p style="text-align: center;">中央ヒンジ部の垂れ下がり</p>	<p style="text-align: center;">斜め方向のひびわれ</p>	<p style="text-align: center;">ゴムのわれ、ベースプレートの傾斜</p>
④支承部(P8 下流側)	⑤中央ヒンジ部(下流側)	⑥中央ヒンジ部(上流側)
<p style="text-align: center;">台座コンクリートのひびわれ</p>	<p style="text-align: center;">ヒンジ部の遊間異常</p>	<p style="text-align: center;">ヒンジ支承取付部の剥離</p>

損傷原因の推定
<ul style="list-style-type: none"> ・中央ヒンジ部の垂れ下がりの発生原因は、クリープ変形というコンクリート材料の特性に起因するものと考えられる。 ・張出架設区間先端付近の主桁ウェブの斜め方向のひびわれは、原因は特定できないが、中央ヒンジ部の垂れ下がりに関連して生じた可能性がある。 ・桁端部の支承部の表面ゴムのわれやベースプレートの傾斜、定着部アンカーボルト周辺の台座コンクリートにひびわれについても中央ヒンジ部の垂れ下がりに関連している可能性がある。 ・ヒンジ支承部の上床版側の遊間異常については、中央ヒンジ部の垂れ下がりによるものだと考えられる。 ・ヒンジ支承の取付部付近のコンクリートの剥離は、ヒンジ支承部に過大な力が作用したために生じた可能性がある。
耐荷性能の評価
<p>下記により、現在の利用形態に対して、現時点では耐荷力不足が発生している可能性は低いと考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・中央ヒンジ部の垂れ下がり、コンクリート材料の特性に起因するものと考えられるため、発生自体は特異なものではない。 ・曲げ耐力が低下していると見られる横断方向のひびわれは見られず、主桁ウェブの斜め方向のひびわれも幅は大きいものではなく本数も多くはない。
損傷の進行性と不確実性
<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートのクリープ変形が垂れ下がりの原因だとすれば、変形は今後も確実に進展し、主桁ウェブのひびわれや桁端部の支承部の変状が広がるだけでなく、ヒンジ支承本体など他の部位にも悪影響を及ぼし大規模な修繕が必要になる可能性もある。
健全性の評価
<ul style="list-style-type: none"> ・これらの変状に対しては、外ケーブル設置、炭素繊維補強、支承の再設置、ヒンジ部の連続化などが考えられるが、検討にあたっては、変状ごとに対策を検討するだけでなく、変状の原因、現況の応力状態、今後の進展等も考慮した検討が不可欠である。 ・また、ウェブの斜めひびわれが生じている箇所は、その構造の特徴、架設手順、現状の変形状態を考えたときに、応力上、余裕の少ない状態に至っている可能性もあるため、中央ヒンジ部の垂れ下がりとの関連だけではなく、鉄筋、PC鋼材の配置、架設順序、打設時期等を整理したうえで、施工手順から考えられる当初の鋼材やコンクリートの応力状態、そこからクリープ変形や下部工等の移動も考慮して、変形の進行に伴う応力状態の変化、どの段階でどの鋼材にどんな応力が生じるのか、そして、各部位でどのような損傷が生じ得るのかなど、その因果関係を整理し、対策を検討する必要がある。
その他留意事項
<ul style="list-style-type: none"> ・検討にあたっては、変状ごとに対策を実施するのではなく、橋全体としての合理的な補強を行わなければ不合理な事象が発生する可能性もあるため注意が必要である。 ・さらに今後の耐震補強や25t活荷重対応等においても手戻りが生じないよう、建設当時の架設順序、その後の応力や性状の変化、支承交換時の支持状態、耐震性などについても評価したうえで慎重に検討を行い、橋全体として合理的となる対策を講じなければならない。

対象部位	横桁、床版
構造概要	プレストレスコンクリート桁

対象位置図



損傷状況

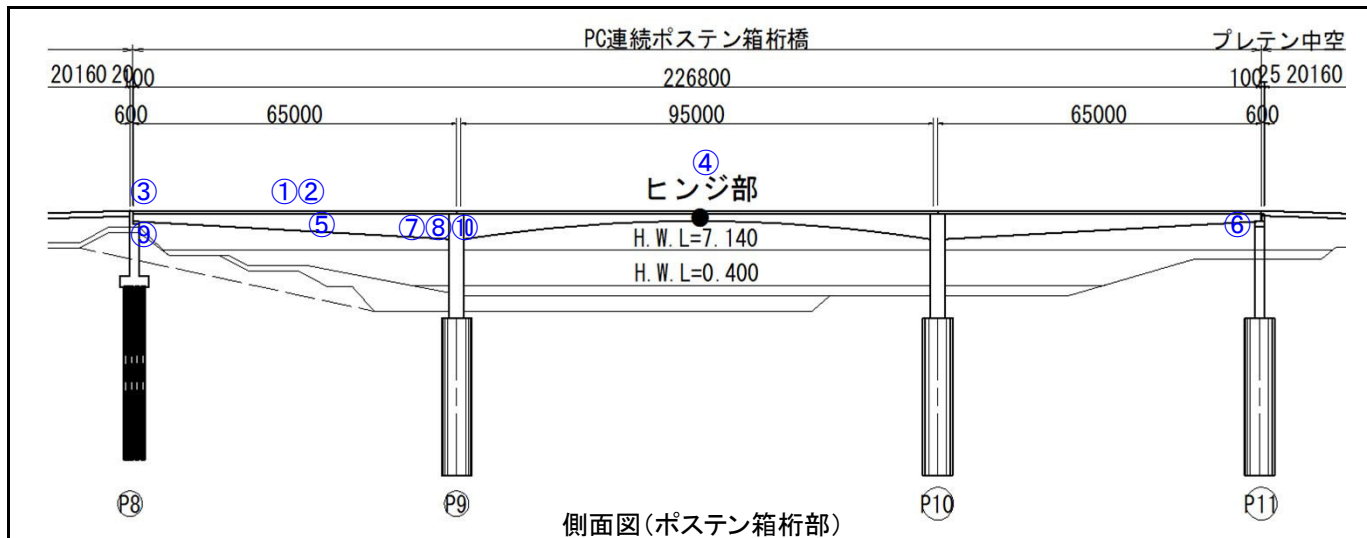
- ・ポステン箱桁部の舗装は他の径間に比べ、舗装ひびわれやポットホールが多く見られ、特に P8-P9 径間 (P9 上付近) に集中した舗装ひび割れが確認された。(写真①)
- ・伸縮装置は鋼製フィンガージョイントである。止水機能が劣化し、桁端部、下部工への漏水が見られる。また、遊間は、P8、P9 上の伸縮装置に比べ狭くなっている(写真②)。
- ・P8、P11 の張出床版下の端横桁に著しい漏水・遊離石灰が確認された(写真③)。
- ・箱桁内の上床版 (P8-P9 径間の P8 側) に横断方向のひびわれが数本確認された。ひびわれ幅は 0.2mm~0.3mm が主で、最大ひびわれ幅は 0.5mm であった (写真④)。
- ・張出床版の下に歩道部舗装内の水抜き孔が設置されているが、パイプが床版下面に出ておらず、漏水が主桁側面にまで伝っている(写真⑤)。
- ・路肩部に滞水が見られる。降雨後 2~3 日経っても生じている(写真⑥)。

①舗装(P8-P9)	②伸縮装置(ヒンジ部)	③端横桁(P11)下流側
舗装ひびわれ	止水機能の劣化、遊間異常	端横桁の遊離石灰
④上床版(P8-P9 : P8 側)	⑤排水装置(P8-P9)下流側	⑥路肩部(P8 付近)
斜め方向のひびわれ	床版水抜き孔からの漏水	路肩部の滞水

損傷原因の推定
<ul style="list-style-type: none"> ・舗装の変状は、経年劣化、通行荷重、床版上面の損傷などが原因として考えられる。サンプル的に一部の舗装を剥ぎ取り、床版上面を確認したが、今回確認した範囲では異常は見られなかった。 ・当該伸縮装置は、本体の下に止水材が設置されているが、この止水材が劣化により止水機能が低下し、桁端部、下部工への漏水を引き起こしていると考えられる。 ・張出床版は歩道部の下にあり、歩道部は舗装の下に砕石が敷かれていることから、降雨後もしばらくの間、歩道下に滞水することになるため、P8、P11の張出床版下の端横桁の著しい漏水・遊離石灰は、歩道下に溜まった水が張出床版内に浸入し、張出床版部と端横桁の接続部の隙間から張出床版のコンクリートの石灰分を伴って、端横桁表面に滲出してきたものと考えられる。 ・箱桁内の上床版の端部は、縦締めPC鋼棒が配置されておらず、配筋もD13が300mmピッチであるなど、ひびわれ発生に対し不利な構造になっていたことが原因であると考えられる。 ・張出床版の水抜き孔の排水不良は、水抜きパイプが床版より下面に出ていないことが原因である。 ・路肩部の滞水は降雨後2～3日経っても確認されることから、橋面の排水機能が低下しているものと考えられる。路肩部は斜PC鋼材の定着部がある箇所であり、後埋めコンクリートに異常がある場合は斜PC鋼材が腐食する可能性がある。今回一部の舗装を剥ぎ取り後埋めコンクリートの状況を確認したが、異常は見られなかった。
耐荷性能の評価
<p>下記により、現在の利用形態に対して、現時点では耐荷力不足が発生している可能性は低いと考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・端横桁の遊離石灰は、橋面からの漏水が原因と考えられるが、現時点で内部鉄筋の腐食が疑われる錆汁の滲出は見られない。 ・上床版のひびわれは、支保工架設区間の端部付近であり、構造上引張応力が生じる箇所ではない。 ・斜PC鋼棒の定着部の後埋めコンクリートには今回調査した範囲では異常は見られない。
損傷の進行性と不確実性
<ul style="list-style-type: none"> ・本橋は橋面防水工が未設置で、歩道下には砕石があることから常に水の影響を受ける状態にあるため、今後も漏水・遊離石灰の変状は進行していくと想定され、内部鉄筋が腐食し耐荷力低下を招く可能性が高い。 ・上床版のひびわれは、構造上引張応力が生じる箇所ではないが、中央ヒンジ部の垂れ下がりとの関連も否定できず、クリープ変形の進行により上床版のひびわれも進展する可能性もある。 ・橋面防水工が未設置であるため、PC定着部の後埋めコンクリートから水が浸入した場合は、PC鋼棒が腐食し、破断に至る可能性がある。
健全性の評価
<ul style="list-style-type: none"> ・水の影響を大きく受けており、対策を行わないとコンクリート内部鉄筋の腐食、PC鋼棒の腐食、破断に繋がる可能性があるため、橋面防水工、伸縮装置取替工等の止水対策を早急に行う必要がある。 ・斜PC鋼棒の定着部は一部の舗装剥ぎ取り結果では異常は見られなかったが、他の箇所で異常が生じている可能性も否定できないため、舗装剥ぎ取り時にPC定着部の後埋めコンクリートの状態を調査したうえで、突出防止の対策を検討する必要がある。
その他留意事項
<ul style="list-style-type: none"> ・P9、P10の柱頭部には、縦締めのPC鋼棒及び横締めのPC鋼棒が入っている。縦締めのPC鋼棒に対する対策は斜PC鋼棒に対する対策と同様である。横締めPC鋼棒については、縦締めPC鋼棒ほど水の影響は受けないと考えられるが、PC鋼棒が腐食した場合は、突然飛び出し可能性も否定できないため、予防保全として突出防止対策を行うことが望ましい。

ポステン箱桁部 (P8~P11) の調査結果 (1/4)

■各部位・部材の劣化損傷状況



①橋面 (P8-P9)上流側より: 舗装ひびわれ



②橋面 (P8-P9)上り線: ポットホール



③伸縮装置 (P8)上流側より: 土砂詰まり(路肩部)



④伸縮装置(ヒンジ部): 遊間が狭まっている



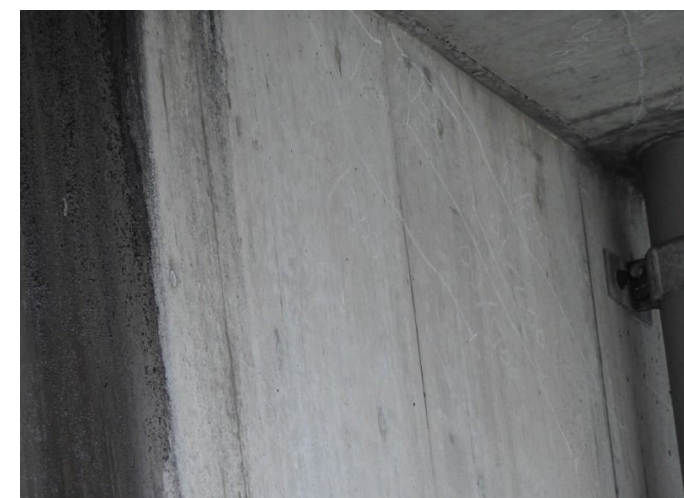
⑤排水装置 (P8-P9)下流側: 床版水抜き孔からの漏水



⑥横桁 (P11)下流側: 漏水・遊離石灰



⑦P9、柱頭部全景(上流側より)



⑧主桁ウェブ(⑦の近接): 斜めひびわれ (P9付近)



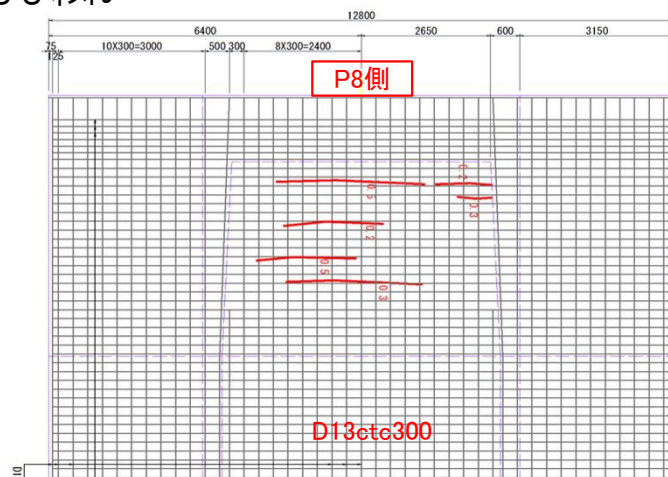
⑨支承 (P8下流側): 沓座モルタルの剥離、ベースプレート腐食



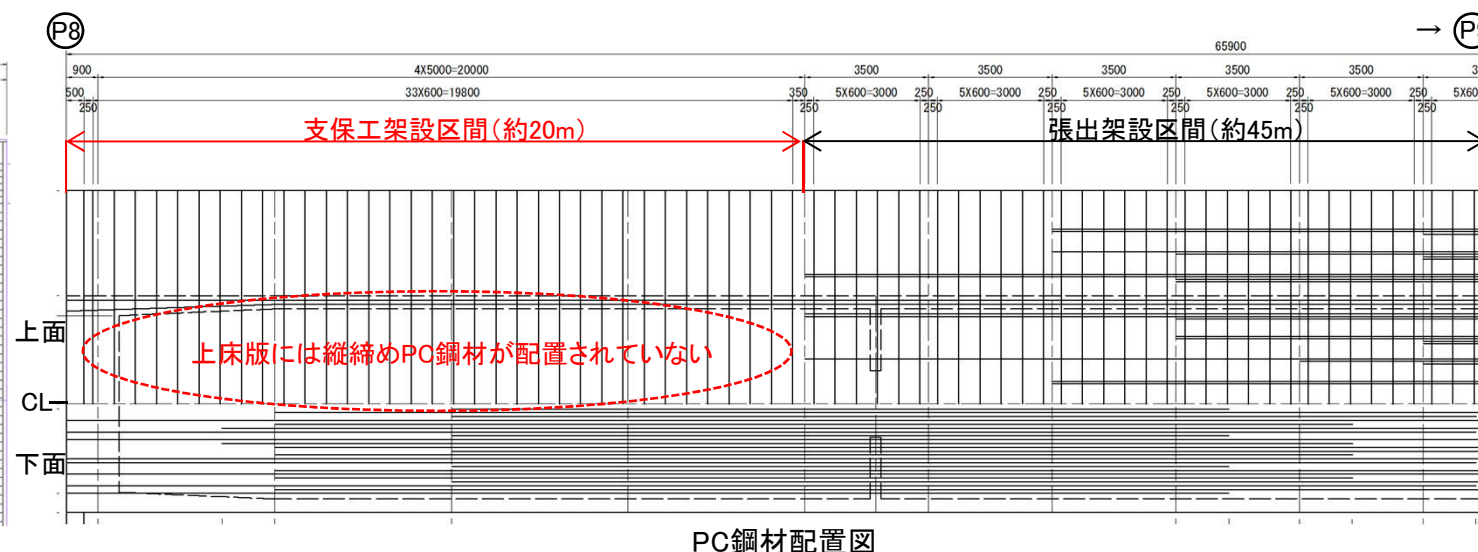
⑩P9橋脚柱頭部(上流側より): ひびわれ

ポステン箱桁部 (P8~P11) の調査結果 (4/4)

■ 支保工施工区間端部の上床版の横断方向のひびわれ



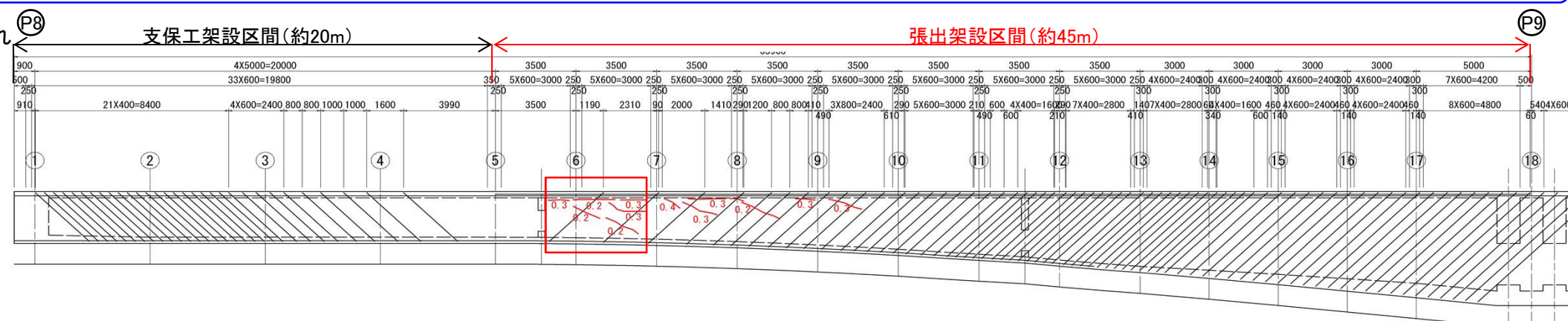
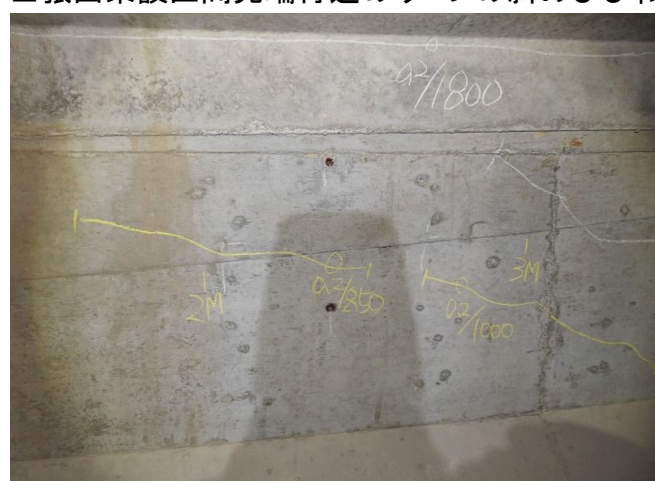
ひびわれと配筋との関係



PC鋼材配置図

支保工施工区間端部の上床版は、縦締めPC鋼材が配置されておらず、配筋もD13が300mmピッチであるなど、ひびわれ発生に対しては不利な構造となっている。側径間の端部付近であるため、計算上、上縁に引張力は生じないが、クリープ及び乾燥収縮あるいは中央ヒンジ部の垂れ下がりの影響を受け、ひびわれが生じた可能性がある。

■ 張出架設区間先端付近のウェブの斜めひびわれ



斜めひびわれが生じている張出架設区間先端付近の斜PC鋼棒の間隔は1700mm~2400mmピッチであり、支点部や支間中央部に比べ斜PC鋼棒の配置間隔が広がっている。計算上必要となる間隔で配置されていると想定されるが、応力上、余裕の少ない構造となっている可能性がある。

■ 桁端部の支承定着部の損傷



G2支承(上流側)桁端部側



G2支承(上流側)中央径間側

中央径間側



G1支承(下流側)中央径間側

中央径間側



G1支承(下流側)桁端部側

桁端部

支承定着部は、G1、G2とも桁端部側が若干浮き上がっている。中央ヒンジ部の垂れ下がりや上述のウェブのひびわれ等と相互に関係している可能性がある。

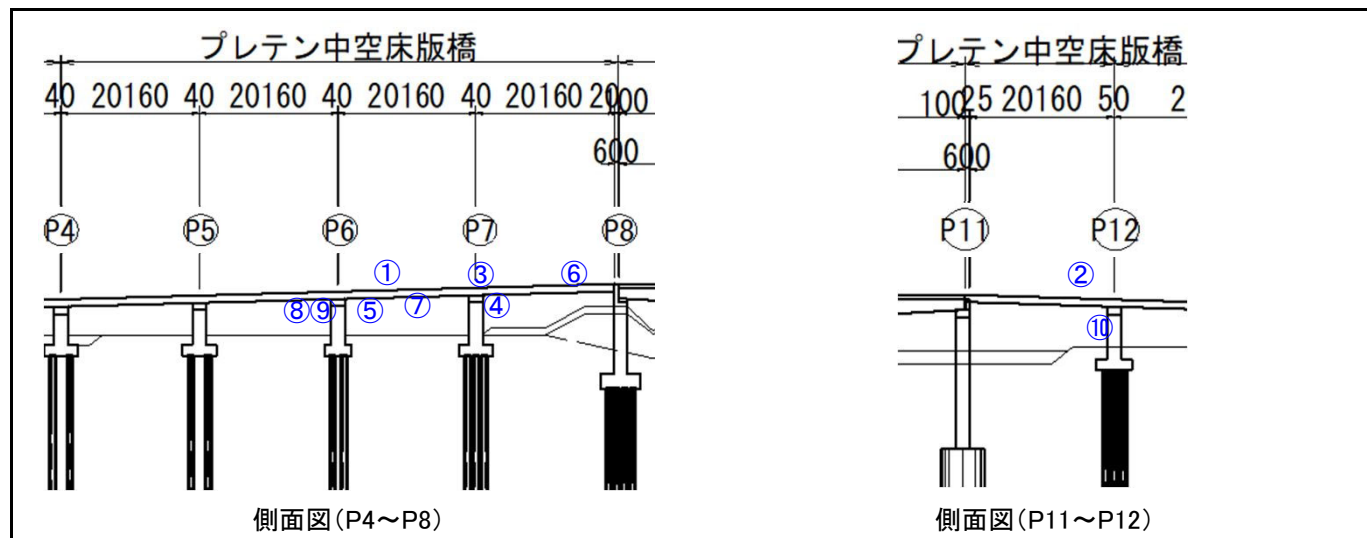
4.2 プレテン中空床版部の調査結果

対象部位	主桁	
構造概要	プレストレスコンクリート桁	
対象位置図		
損傷状況		
<ul style="list-style-type: none"> ・プレテン中空床版部の舗装はポステン箱桁部に比べ、舗装ひびわれは少なく、ポットホールは生じていない。(写真①) ・主桁下面には橋軸方向のひびわれが多数確認された(写真②, ③)。ひびわれ幅は最大2.0mmである。水の影響を受ける歩道下や桁端部に多く見られ、桁下面の中央付近にはひびわれはほとんど見られない。 ・歩道部下には主桁間(間詰部)に排水パイプが設置されているが、間詰部と排水パイプの上面の間に隙間があり、うまく排水できておらず、主桁の端部が常に濡れた状態になっている(写真④, ⑤)。 ・P7 橋脚上の地覆部分のシール材が脱落しており、常に P7 橋脚の梁部に漏水している(写真⑥)。 		
①舗装(P6-P7)	②主桁下面(P6-P7)	③主桁下面(P6-P7)
<p style="text-align: center;">舗装ひびわれ</p>	<p style="text-align: center;">橋軸方向のひびわれ</p>	<p style="text-align: center;">②の近接</p>
④主桁下面(P6-P7)	⑤主桁下面(P6-P7)	⑥P7 歩道部
<p style="text-align: center;">歩道部からの漏水</p>	<p style="text-align: center;">④の近接</p>	<p style="text-align: center;">地覆シール材の脱落</p>

<p style="text-align: center;">損傷原因の推定</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・主桁下面のひびわれは、橋軸方向に沿ったひびわれの形態や、漏水・滞水の影響を受ける歩道下や桁端部で著しく、桁下面の中央付近にはあまり見られないなどのひびわれの分布からアルカリ骨材反応によるひびわれであると推察された。主桁から採取した試料の顕微鏡観察の結果、粗骨材の周囲にアルカリシリカゲルの存在が確認されたことから、主桁下面のひびわれは、アルカリ骨材反応が原因で生じた可能性が高い。 ・歩道下の排水施設は、歩道下に水抜き孔を設けただけの構造であり、間詰部の下に設置された排水パイプと接続されていないため、排水不良を起していると考えられる。 ・地覆シール材の脱落は、経年劣化によるものと考えられる。
<p style="text-align: center;">耐荷性能の評価</p>
<p>下記により、現在の利用形態に対して、現時点では耐荷力不足が発生している可能性は低いと考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今回確認した範囲では、曲げひびわれやせん断ひびわれが疑われる形態のひびわれは見られなかった。 ・部分的なはつり調査の結果においても鉄筋やPC鋼材の腐食は確認されなかった。 ・圧縮強度試験の結果、設計基準強度以上の強度が確認された。
<p style="text-align: center;">損傷の進行性と不確実性</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・路面の滞水、さらには降雨の度に桁内部へ滞水が確認されていることを考慮すると、今後、水が浸入し続けることで状態が確実に悪化し、ひびわれの急激な進行、縦締め、横締めPC鋼材の腐食等により、最悪、架替えに至ることも危惧され、大規模な修繕が必要になる恐れもある。
<p style="text-align: center;">健全性の評価</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・水の影響を大きく受けており、対策を行わないとひびわれの急激な進行、縦締め、横締めPC鋼材の腐食、破断に繋がる可能性があるため、水の浸入防止、滞水の防止と排水対策を合わせて早急に行う必要がある。
<p style="text-align: center;">その他留意事項</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・横桁部には横締めPC鋼棒が配置されているため、水の影響によりPC鋼棒が腐食した場合は、突然飛び出す可能性も否定できない。プレテン中空床版部は近隣に民家が接しているため、第三者被害を防止するためにも、予防保全として突出防止対策を行うことが望ましい。

プレテン中空床版部 (P4~P8、P11~P12) の調査結果 (1/2)

■各部位・部材の劣化損傷状況



※赤枠は重要と思われる損傷



①橋面 (P6-P7) 起点側より



②橋面 (P11-P12) 終点側より



③伸縮装置 (P7下流側): シール材の脱落



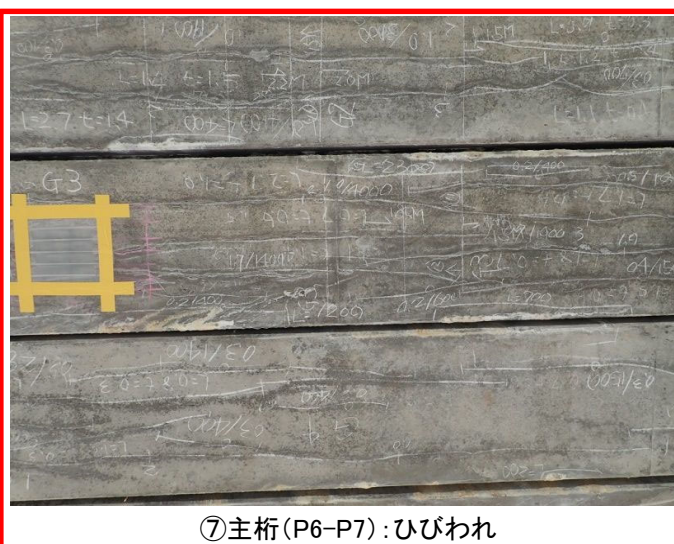
④P7橋脚 (下流側P8側): 地覆、歩道部からの漏水



⑤排水装置 (P6下流側P7側): 排水不良



⑥主桁上面の状況 (舗装剥ぎ取り後)



⑦主桁 (P6-P7): ひびわれ



⑧P6橋脚梁部 (上流側): 欠損



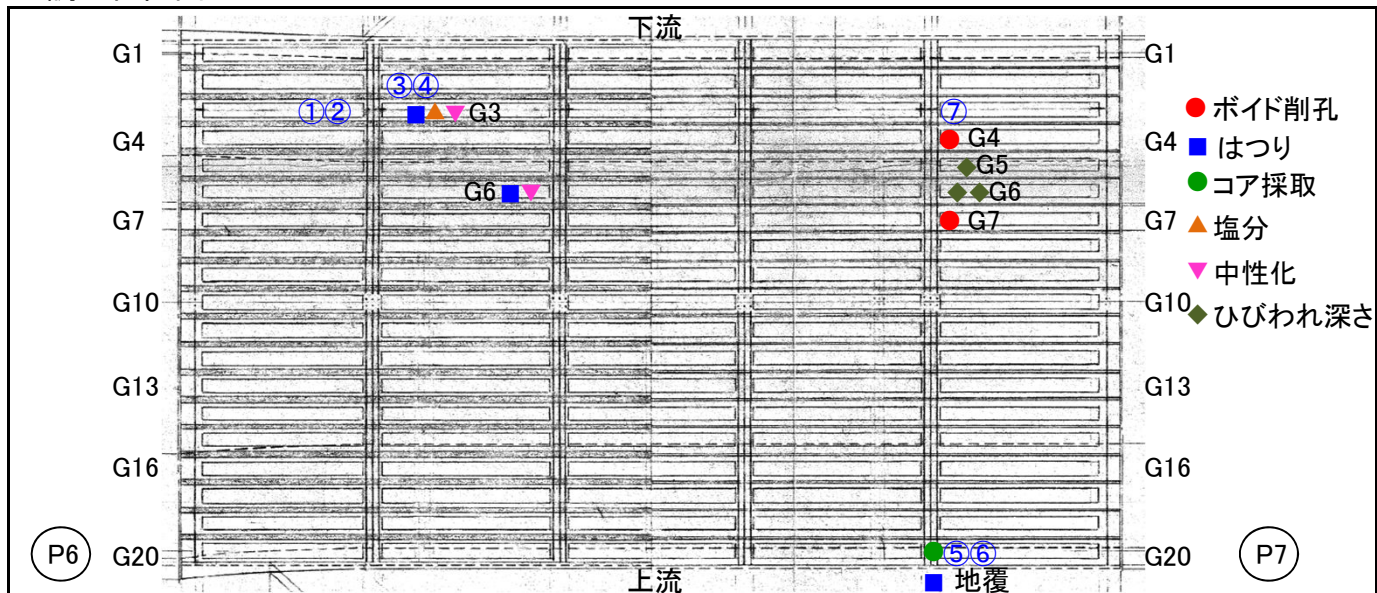
⑨P6橋脚梁部 (下流側): 鉄筋露出



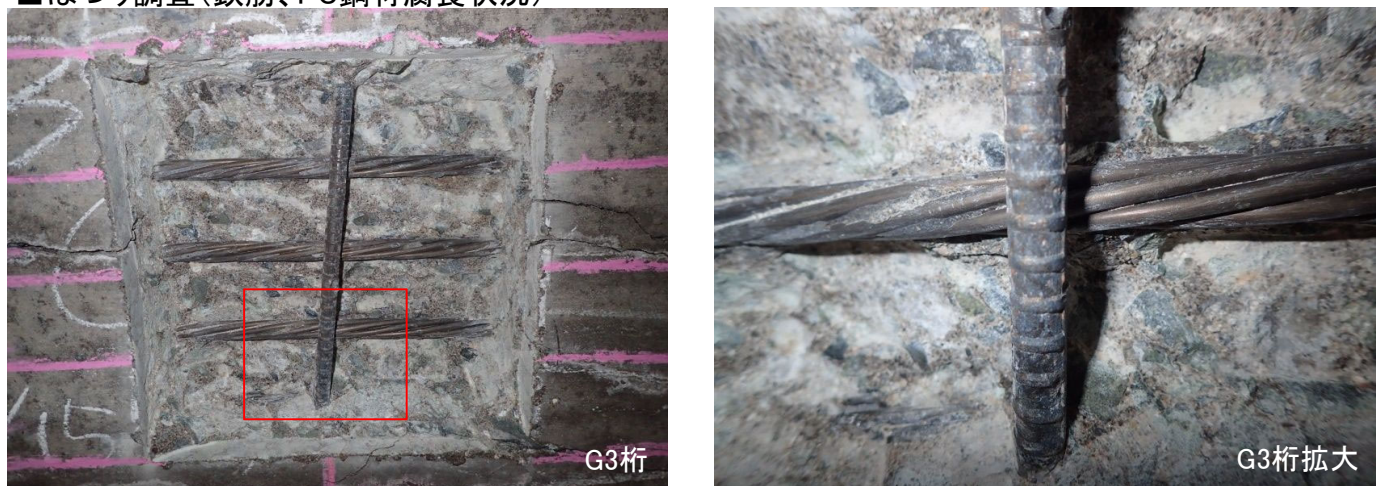
⑩P12橋脚: 補修跡の再劣化

プレテン中空床版部 (P4~P8、P11~P12) の調査結果 (2/2)

■調査位置図

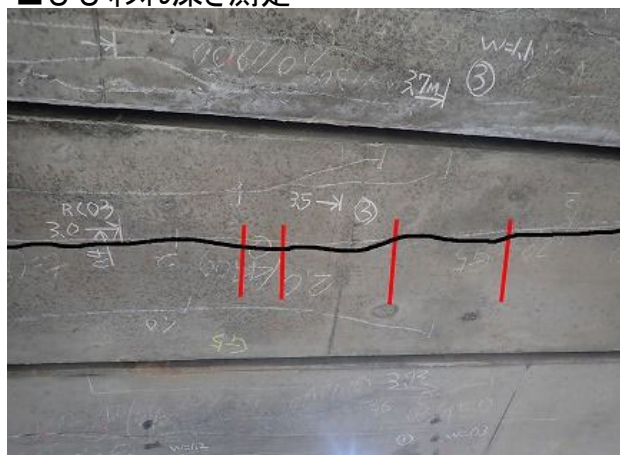


■はつり調査(鉄筋、PC鋼材腐食状況)

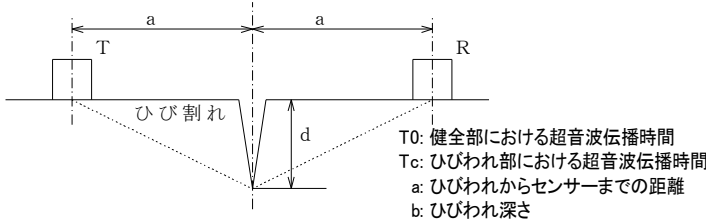


G3桁及びG6桁ではつり調査を実施。いずれの箇所においても鉄筋、PC鋼材の腐食は確認されなかった。

■ひびわれ深さ測定



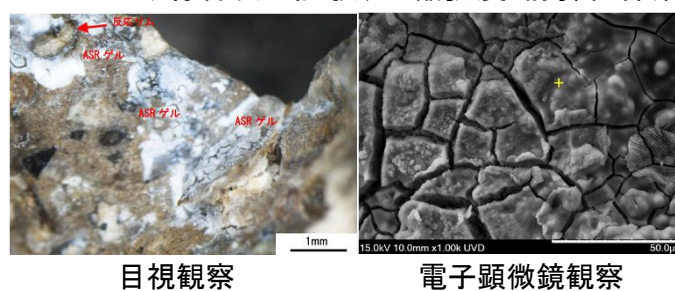
測定箇所	ひびわれ幅 (mm)	測定距離 a (mm)	伝播速度 (m/s)	ひびわれ深さ d (mm)	備考
NO.1	健全部	50	2.841	—	鉄筋被り: 43mm
	ひびわれ部	0.3	50	38.7	
NO.2	健全部*	50	2.841	—	鉄筋被り: 43mm
	ひびわれ部	1.2	50	41.4	
NO.3	健全部	50	2.857	—	鉄筋被り: 40mm
	ひびわれ部	1.8	50	50.2	



ひびわれ深さは40~50mm程度であり、貫通しているものではなく、主桁表面付近に発生していると考えられる。

■アルカリ骨材反応試験、圧縮強度・静弾性係数試験

表一 残存膨張量試験(カナダ法)結果



橋梁名/ 採取位置/ 番号	試験期間 (日)	寸法 (mm)	(基長)					ASTM C 1260 での判定 (14日時点)
			4	7	10	14	1.089	
天大橋/ 主桁(P6-P7間)/ C4	測定値	0.506	0.629	0.783	0.922	1.089	潜在的に有害な膨張率	
		0.460	0.639	0.834	0.988	1.174		
		膨張率 (%)	0.000	0.123	0.277	0.416		0.583
平均値	膨張率 (%)	0.000	0.179	0.374	0.528	0.714		
	平均値	膨張率 (%)	0.000	0.151	0.326	0.472	0.649	

表一 圧縮強度・静弾性係数試験結果

橋梁名	採取位置	番号	高さ(mm)/h					直径(mm)/d						断面積 (mm ²)	供試体質量 (g)	見掛け密度 (g/cm ³)	高さとの直径の比 h/d	補正係数	最大荷重 (kN)	圧縮強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (kN/mm ²)	
			1	2	3	4	平均	1	2	3	4	5	6									平均
天大橋	主桁(P6-P7間)	C1	108.0	108.1	108.1	108.1	108.1	54.0	54.1	54.0	54.1	54.1	54.1	54.1	2299	628.4	2.53	2.00	1.00	146	63.5	24.4

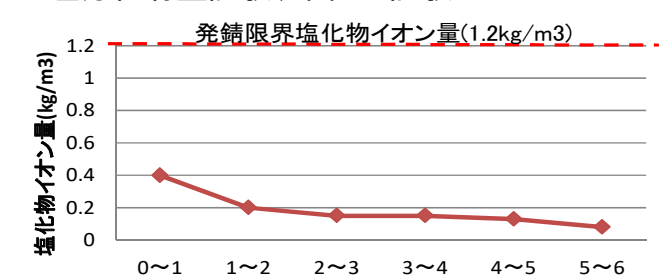
粗骨材の周りにアルカリシリカゲルの存在が確認された。残存膨張量試験の結果は「有害」と判定された。圧縮強度は、設計基準強度50N/mm²に対し、63.5N/mm²であり十分な強度を有している。

■ボイド内帯水状況調査



ボイド内からの水の流出が確認された。ファイバースコープ調査では主桁とボイドの境付近が湿潤しており、ボイドの中央付近には湿潤は見られなかった。なお、埋め殺し型枠として発砲スチロールが使用されていた。

■塩分含有量試験、中性化試験



橋梁名/ 採取位置/ 番号	深度 (cm)	塩化物イオン濃度 (%) 括弧内数値は 塩化物イオン換算用	単位容積質量 (仮定値) (kg/m ³)	塩化物イオン量 (参考値) (kg/m ³)
天大橋/ 主桁(P6-P7間)/ C2	0~1	0.02 (0.016)	2530	0.40
	1~2	0.01 (0.008)		0.20
	2~3	0.01 (0.006)		0.15
	3~4	0.01 (0.006)		0.15
	4~5	0.01 (0.005)		0.13
	5~6	0.01未満 (0.003)		0.08



測定位置	P6-P7主桁 G3	P6-P7主桁 G6
①	1.7mm	1.3mm
②	1.5mm	2.1mm
③	1.7mm	2.1mm
平均中性化深さ	1.6mm	1.8mm
鉄筋純被り	36.0mm	35.0mm
中性化残り	34.4mm	33.2mm

塩化物イオン量は、鉄筋の発錆限界塩化物イオン量である1.2kg/m³に対しても十分に余裕がある。中性化深さは、2mm程度であり、建設後35年以上経過しているが、ほとんど進行していない。

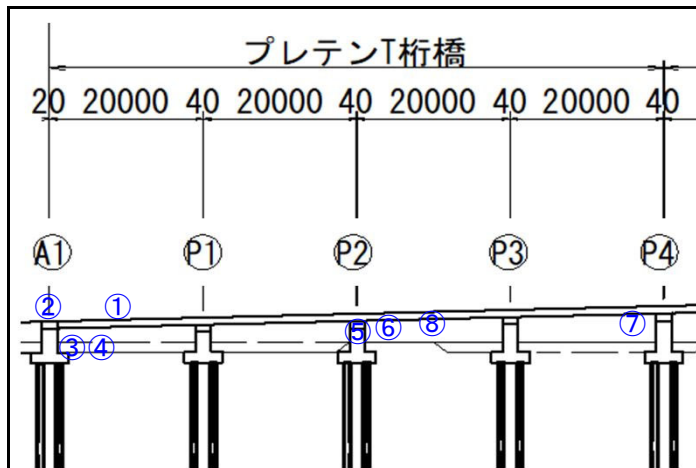
4.3 プレテンT桁部の調査結果

対象部位	主桁、横桁、床版	
構造概要	プレストレスコンクリート桁	
対象位置図		
損傷状況		
<ul style="list-style-type: none"> ・プレテンT桁部の舗装はポステン箱桁部に比べ、舗装ひびわれは少なく、ポットホールは生じていない。(写真①) ・伸縮装置のゴムの劣化、土砂堆積が見られた(写真②)。特に歩道部分が劣化しており、下部工へ漏水している(写真③)。 ・A1-P1 径間の A1 側の排水パイプが破損しており、間詰床版からの水が橋座面に流れている(写真④)。 ・P2-P3 径間の P2 側の端横桁に遊離石灰、鉄筋露出が見られる。遊離石灰は主桁、間詰床版と横桁上部の接続部から滲出している(写真⑤)。 ・P3-P4 径間の間詰床版と主桁との接続部に遊離石灰が見られる(写真⑥)。 		
①舗装(A1-P1)	②伸縮装置(A1)	③桁下面(A1-P1)
<p style="text-align: center;">舗装ひびわれ</p>	<p style="text-align: center;">ゴムの劣化、土砂堆積</p>	<p style="text-align: center;">下部工への漏水</p>
④排水施設(A1-P1)A1 側	⑤横桁(P2-P3)端横桁 P2 側	⑥間詰床版(P3-P4)
<p style="text-align: center;">変形・欠損</p>	<p style="text-align: center;">遊離石灰、鉄筋露出</p>	<p style="text-align: center;">遊離石灰</p>

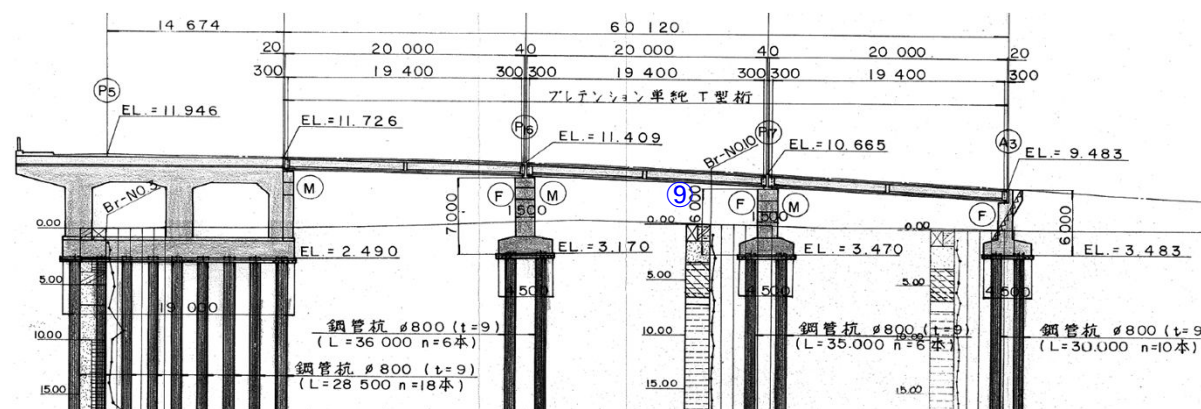
<p style="text-align: center;">損傷原因の推定</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・ プレテンT桁部の伸縮装置は、これまで取替が行われていないため、経年劣化により止水ゴムが劣化し、漏水の原因になっていると考えられる。 ・ 排水パイプの破損は、経年劣化によるものと考えられる。 ・ 端横桁は、橋面からの水に加え、伸縮装置からの水の影響も受ける箇所である。部材同士の継ぎ目から遊離石灰が滲出していることから、橋面あるいは伸縮装置から浸入した水が、コンクリート内の石灰分を伴って滲出してきたものと考えられる。 ・ 間詰床版部の遊離石灰は、橋面からの水の影響によるものと考えられる。 ・ 当該プレテンT桁は前述のプレテン中空床版と同時期の架設であるが、こちらにはアルカリ骨材反応が疑われる橋軸方向のひびわれは見られない。竣工図書を確認した結果、プレテン中空床版とプレテンT桁の状態の違いは使用骨材の違いも関係していることが推察される。
<p style="text-align: center;">耐荷性能の評価</p>
<p>下記により、現在の利用形態に対して、現時点では耐荷力不足が発生している可能性は低いと考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 曲げひびわれやせん断ひびわれが疑われる形態のひびわれは見られなかった。 ・ 鉄筋露出が見られるのはごく一部であり、耐荷力に影響を与える程度ではない。
<p style="text-align: center;">損傷の進行性と不確実性</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・ 橋面防水工が未設置で、伸縮装置も長年取替えが行われておらず、横桁や間詰床版の遊離石灰の要因となっていることから、このような状態が継続すれば、変状は確実に進行すると考えられる。
<p style="text-align: center;">健全性の評価</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・ 全体として、橋面の排水不良、舗装下の滞水、下部構造への漏水が見られており、他の損傷を助長させる要因にもなっているため、変状の拡大を抑制するためにも橋面防水工や伸縮装置取替え等の水回りの対策を優先して実施すべきである。
<p style="text-align: center;">その他留意事項</p>

プレテンT桁部 (A1~P4、P5~A3 (ランプ部)) の調査結果

■各部位・部材の劣化損傷状況



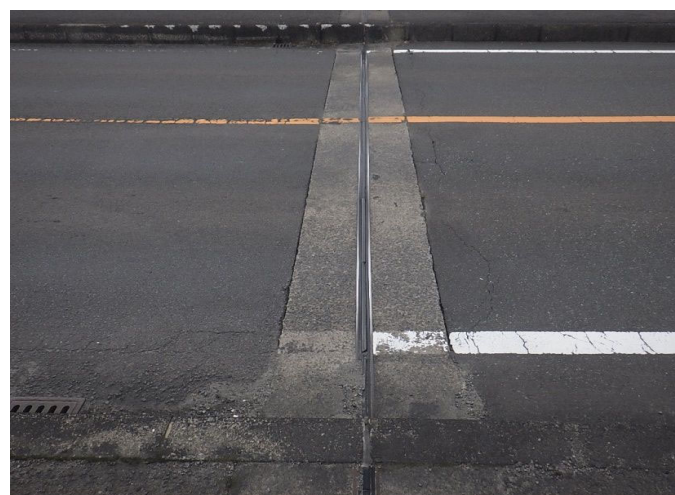
側面図(本線部)



側面図(ランプ部)



①橋面(A1-P1)



②伸縮装置(A1):ゴムの劣化、土砂堆積



③A1橋台:漏水



④排水装置(A1上流側):変形・欠損



⑤梁部(P2下流側):段差:植生



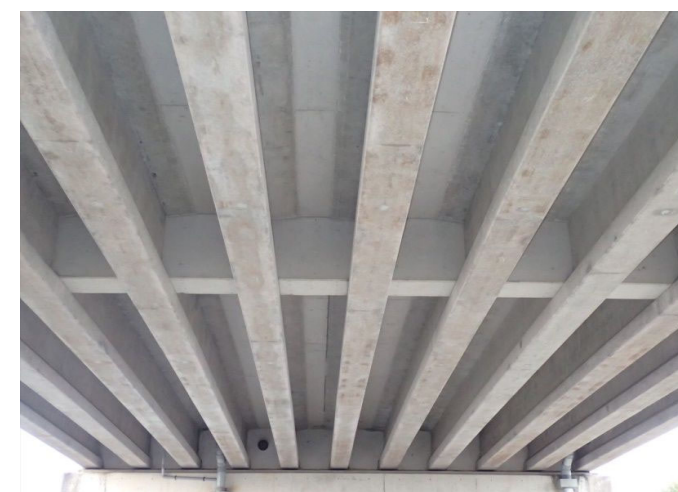
⑥横桁(P2-P3端横桁P2側):遊離石灰、鉄筋露出



⑦間詰部(P3-P4上流側):遊離石灰



⑧主桁(P2-P3上流側):ひびわれ



⑨ランプ部桁下状況(P16-P17)

プレテンT桁部は、間詰め床版や主桁と横桁の接続部などからの遊離石灰、伸縮装置からの漏水、排水管の破損などが確認されるが、主桁や横桁などの主要部材は健全な状態にある。ただし、伸縮装置や排水装置の劣化は他の損傷を助長させる要因にもなっているため、水回りの対策を優先して実施すべきである。

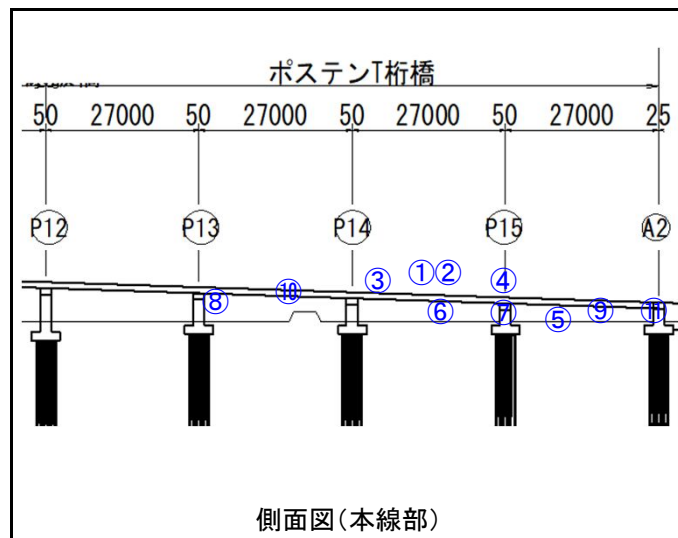
4.4 ポステンT桁部

対象部位	主桁、横桁、床版	
構造概要	プレストレスコンクリート桁	
対象位置図		
損傷状況		
<ul style="list-style-type: none"> ・ポステンT桁部の舗装はポステン箱桁部に比べ、舗装ひびわれは少なく、ポットホールは生じていない。(写真①) ・伸縮装置のゴムの劣化、土砂堆積が見られた。ポステンT桁部の伸縮装置は部分的に取替えが行われている箇所がある(写真②)。 ・下部工への漏水が見られる(写真③)。 ・P15-A2 径間の P15 側の張出床版に漏水が見られ、一部鉄筋が露出している箇所がある(写真④)。 ・P15-A2 径間の A2 側の主桁端部に漏水が見られ、一部鉄筋が露出している箇所がある(写真⑤)。 ・P15-A2 径間の中間横桁の横締め定着部に後埋めコンクリートのうきが見られる(写真⑥)。 		
①舗装(P14-P15)	②伸縮装置(P15)	③桁下面(P15-A2)
<p style="text-align: center;">舗装ひびわれ</p>	<p style="text-align: center;">ゴムの劣化、土砂堆積</p>	<p style="text-align: center;">下部工への漏水</p>
④張出床版(P15-A2)P15 側	⑤主桁(P15-A2)A2 側	⑥PC 定着部(P15-A2)
<p style="text-align: center;">漏水、鉄筋露出</p>	<p style="text-align: center;">漏水、鉄筋露出</p>	<p style="text-align: center;">後埋めコンクリートのうき</p>

損傷原因の推定
<ul style="list-style-type: none"> ・ポステンT桁部の伸縮装置は、平成25年度に部分的に取替が行われているが、未補修区間の伸縮装置の止水ゴムが経年劣化し、漏水の原因になっていると考えられる。 ・張出床版の漏水は、伸縮装置のゴムの劣化が原因と考えられる。鉄筋露出の原因は、漏水の影響により内部鉄筋が腐食し、かぶりコンクリートが剥離したためだと考えられる。 ・主桁端部の漏水は、伸縮装置のゴムの劣化が原因と考えられる。鉄筋露出の原因は、漏水の影響により内部鉄筋が腐食し、かぶりコンクリートが剥離したためだと考えられる。 ・中間横桁の横締め定着部の後埋めコンクリートのうきは、コンクリート自体の乾燥収縮によるもの、あるいは、定着体の鋼材が腐食膨張してコンクリートとの付着力が低下していることが考えられる。
耐荷性能の評価
<p>下記により、現在の利用形態に対して、現時点では耐荷力不足が発生している可能性は低いと考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・曲げひびわれやせん断ひびわれが疑われる形態のひびわれは見られなかった。 ・鉄筋露出が見られるのはごく一部であり、耐荷力に影響を与える程度ではない。
損傷の進行性と不確実性
<ul style="list-style-type: none"> ・橋面防水工が未設置で、伸縮装置も長年取替が行われておらず、横桁や間詰床版の遊離石灰の要因となっていることから、このような状態が継続すれば、変状は確実に進行すると考えられる。
健全性の評価
<ul style="list-style-type: none"> ・全体として、橋面の排水不良、舗装下の滞水、下部構造への漏水が見られており、他の損傷を助長させる要因にもなっているため、変状の拡大を抑制するためにも橋面防水工や伸縮装置取替え等の水回りの対策を優先して実施すべきである。
その他留意事項
<ul style="list-style-type: none"> ・平成5年までに製作されたポステンT桁は、PC鋼材を床版面で定着しており、定着部の後打ちコンクリートの隙間からシース内に漏水しPC鋼材の腐食・破断に至った事例もある。今回の調査において一部の舗装を剥ぎ取り、床版面の定着部を確認した結果、後埋めコンクリートに異常は確認されなかったが、他の定着部で異常が生じている可能性も否定できないため、舗装打ち換え時に定着部の後埋めコンクリートの状況を確認したうえで、必要に応じて突出防止対策も行うことが推奨される。

ポステンT桁部 (P12~A2) の調査結果

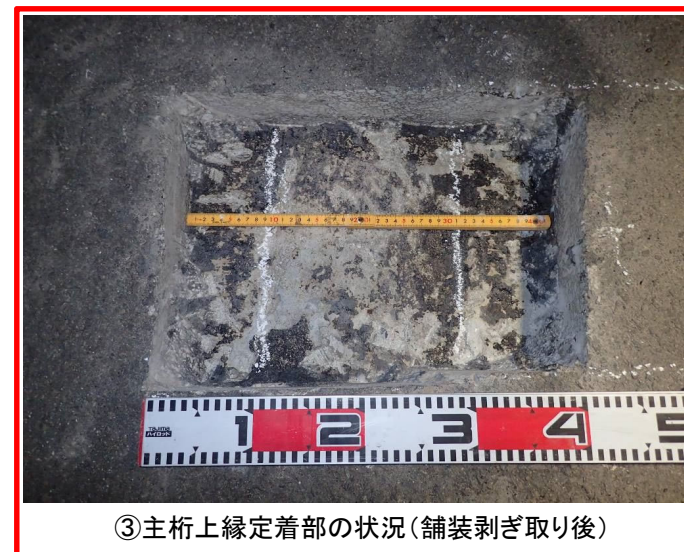
■各部位・部材の劣化損傷状況



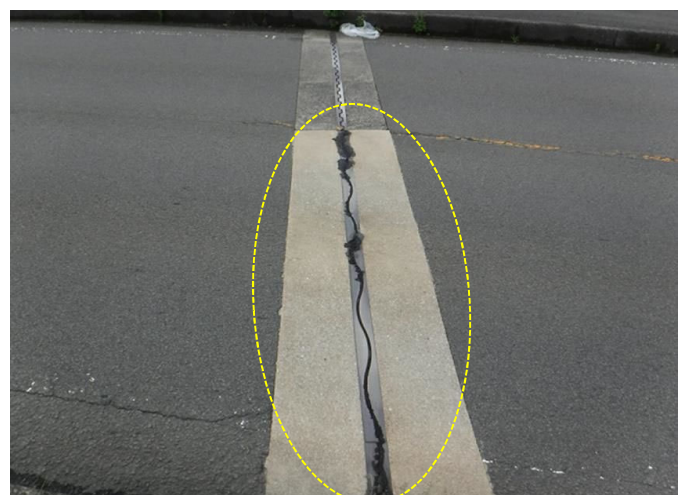
①橋面(P14-P15)終点側より



②橋面(P14-P15): 舗装ひびわれ



③主桁上縁定着部の状況(舗装剥ぎ取り後)



④伸縮装置(P15): 上り線取替済み



⑤P15(終点側): 伸縮装置からの漏水



⑥主桁(P14-P15,G2): 橋軸方向のひびわれ



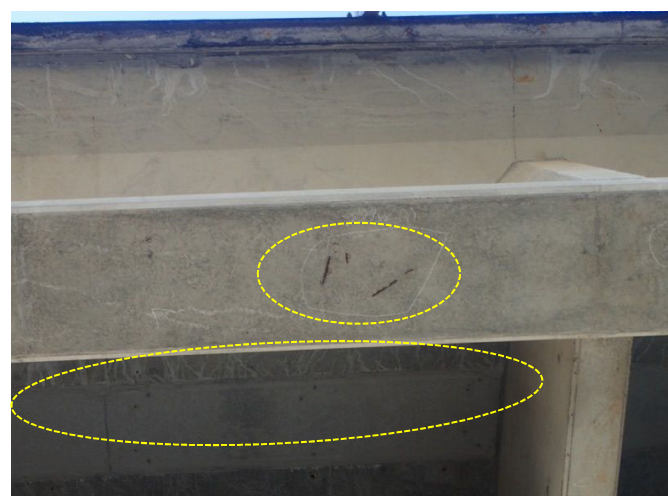
⑦張出床版(P15上流側): 漏水、鉄筋露出



⑧横桁(P13): 遊離石灰(主桁境界部)



⑨PC定着部(P15-A2,中間横桁G7): 跡埋め部のうき



⑩主桁(P13-P14,G7): 残鉄、間詰部の遊離石灰



⑪主桁端部、支承(A2上流側): 剥離、漏水

ポステンT桁部は、プレテンT桁部と同様、主要部材は健全な状態にある。舗装を剥ぎ取り上縁定着部を確認したが、異常は見られなかった。一方、伸縮装置や排水装置の劣化は他の損傷を助長させる要因にもなっているため、水回りの対策を優先して実施すべきである。

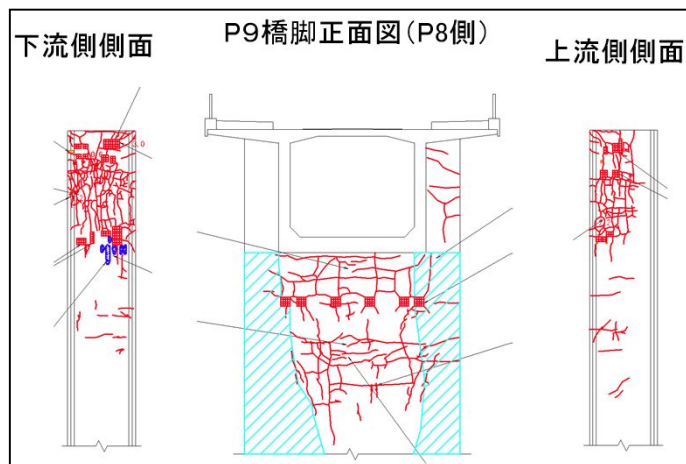
4.5 下部構造

対象部位	柱頭部、柱部	
構造概要	鉄筋コンクリート下部構造	
対象位置図		
損傷状況		
<ul style="list-style-type: none"> 下部構造は、河川内橋脚のP9、P10橋脚の柱頭部に多数のひびわれ、後埋めコンクリートのうきを確認された(写真①, ②, ③)。 水中部には特に変状は見られなかった(写真④)。ただし、部分的に橋脚回りの土被りが小さくなっている箇所が確認された。 P6橋脚の梁部に100mm×100mm程度の鉄筋露出が数箇所見られた(写真⑤)。 P12橋脚の梁部に補修跡の再劣化と思われる変状が見られた(写真⑥)。 		
①P9 橋脚柱頭部	②P9 橋脚柱頭部	③P10 橋脚柱頭部
ひびわれ、後埋めコンのうき	①の近接	ひびわれ、後埋めコンのうき
④P10 橋脚水中部	⑤P6 橋脚梁部	⑥P12 橋脚梁部
損傷なし	鉄筋露出	補修跡の再劣化

<p style="text-align: center;">損傷原因の推定</p>
<ul style="list-style-type: none"> • P9 橋脚の柱頭部で採取した試料の顕微鏡観察の結果、粗骨材の周囲にアルカリシリカゲルの存在が確認されたため、このひびわれはアルカリ骨材反応の影響を受けて生じた可能性がある。また、このひびわれはマスコンクリートの水和熱により生じた可能性もある。なぜなら、当該箇所は上部構造と剛結されており、上部構造の中でも最も断面の大きな箇所であるため、一回当たりの打設量が大きいことが想定されるためである。 • P6 橋脚の梁部の鉄筋露出の原因は、中性化、かぶり不足の他、漏水の影響を受ける梁部であることから、これらの影響で内部鉄筋が腐食しかぶりコンクリートが剥離したためであると考えられる。 • P12 橋脚の梁部の補修跡の再劣化は、補修材の乾燥収縮、経年劣化、施工不良が考えられる。
<p style="text-align: center;">耐荷性能の評価</p>
<p>下記により、現在の利用形態に対して、現時点では耐荷力不足が発生している可能性は低いと考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 曲げひびわれやせん断ひびわれが疑われる形態のひびわれは見られなかった。 • 鉄筋露出が見られるのはごく一部であり、耐荷力に影響を与える程度ではない。 • ケーソンの上面が露出するような大きな洗堀は見られなかった。
<p style="text-align: center;">損傷の進行性と不確実性</p>
<ul style="list-style-type: none"> • 柱頭部のひびわれはアルカリ骨材反応によるコンクリートの膨張が継続しているとすると、ひびわれは今後も進展し、水、酸素等の劣化因子の浸入により内部鉄筋の腐食を助長させる可能性がある。
<p style="text-align: center;">健全性の評価</p>
<ul style="list-style-type: none"> • アルカリ骨材反応による膨張が継続すると、ひびわれが今後も進展するおそれがあるので、これを抑制するためにも、漏水、排水不良の改善を行うことが求められる。また、水、酸素等の劣化因子の浸入により内部鉄筋の腐食を助長させる可能性があるため、水の供給又は滞留を防ぐための対策を早急に行う必要がある。
<p style="text-align: center;">その他留意事項</p>
<ul style="list-style-type: none"> • 河川内橋脚の P9、P10 橋脚は、部分的に柱回りの土被りが小さくなっている箇所が見られるため、点検時に定期的な確認が必要である。

下部構造の調査結果

■P9橋脚調査結果



・圧縮強度試験結果

採取位置	番号	平均高さ(mm)	平均直径(mm)	質量(g)	見掛け密度(g/cm ³)	高さ/直径の比	補正係数	最大荷重(kN)	圧縮強度(N/mm ²)		静弾性係数(kN/mm ²)
									補正前	補正後	
P9橋脚	C1	62.7	54.0	325.0	2.26	1.16	0.91	88.6	38.7	35.2	13.8

顕微鏡観察結果

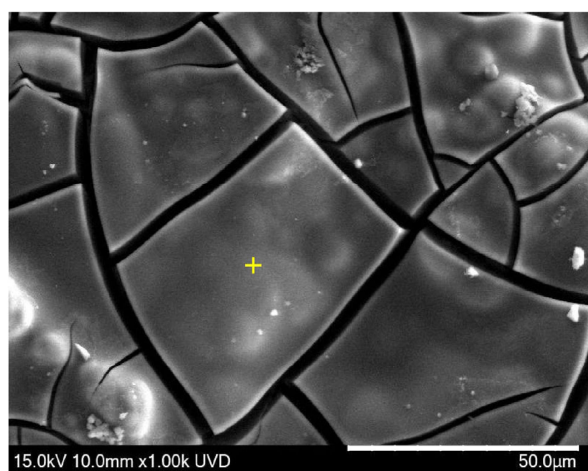
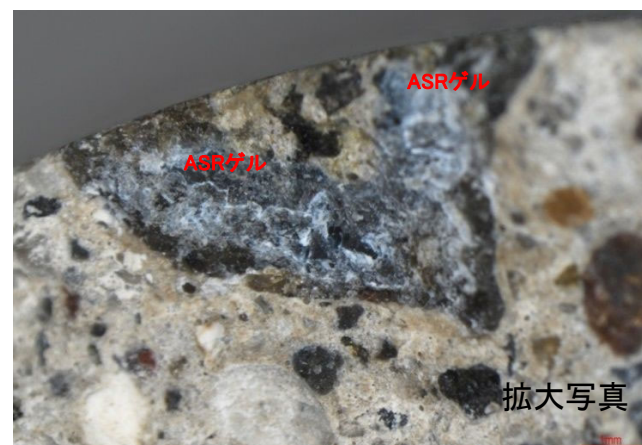


写真-6 二次電子像：天大橋/P9 橋脚/C2

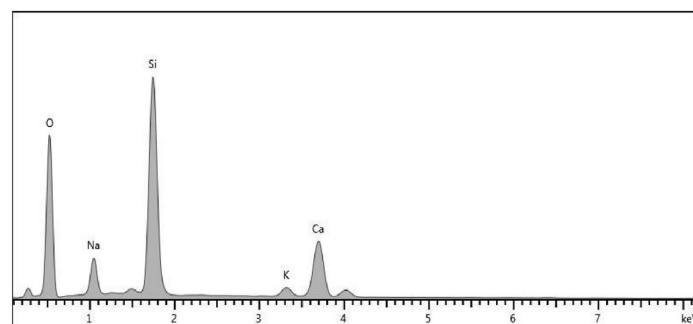


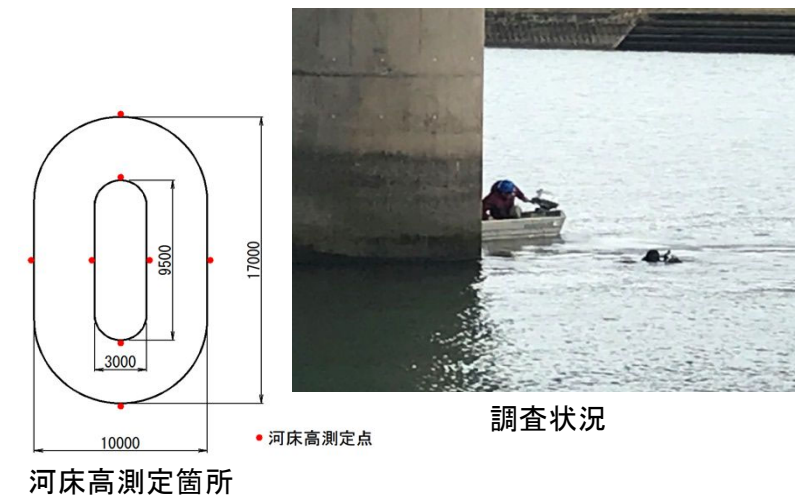
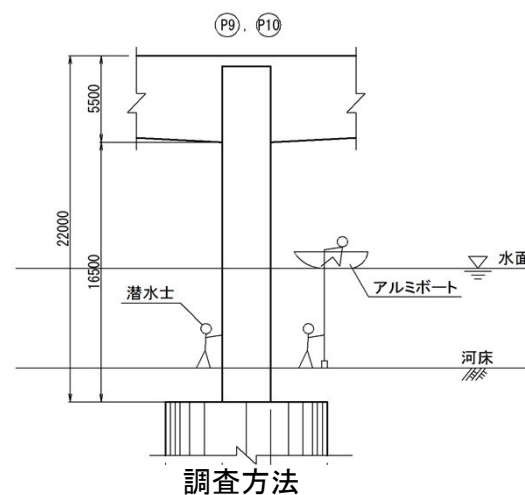
図-4 EDS による定性分析の結果：天大橋/P9 橋脚/C2

(+ : EDS 測定箇所)

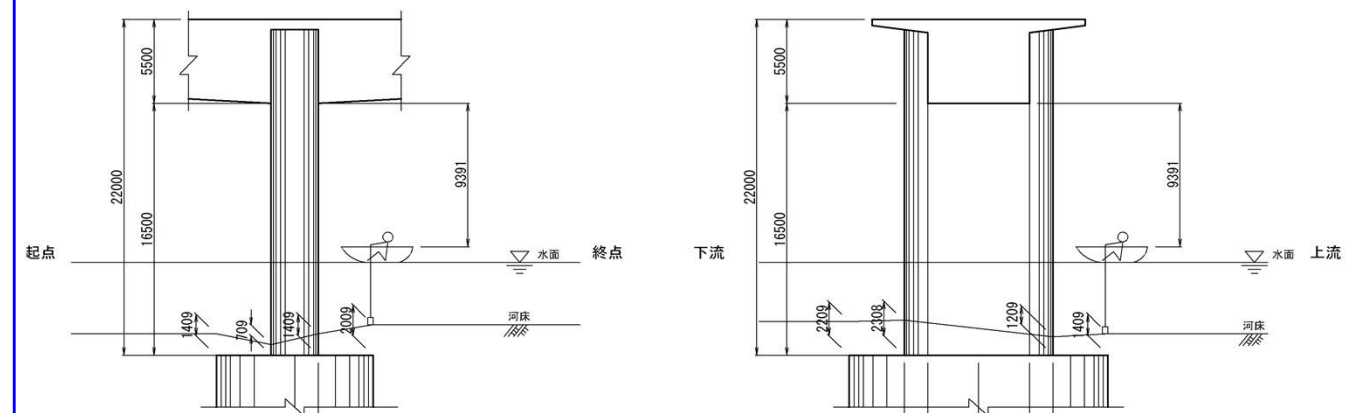
(分析点 : +)

顕微鏡観察・残存膨張量試験の結果、アルカリシリカゲルの存在が確認された。圧縮強度は若干低下し静弾性係数は大幅に低下している。また、橋脚柱頭部は断面が大きくマスコンクリートの水和熱によるひびわれの可能性もある。ひびわれ幅が大きいため、劣化因子の浸入を遮断する対策が必要である。

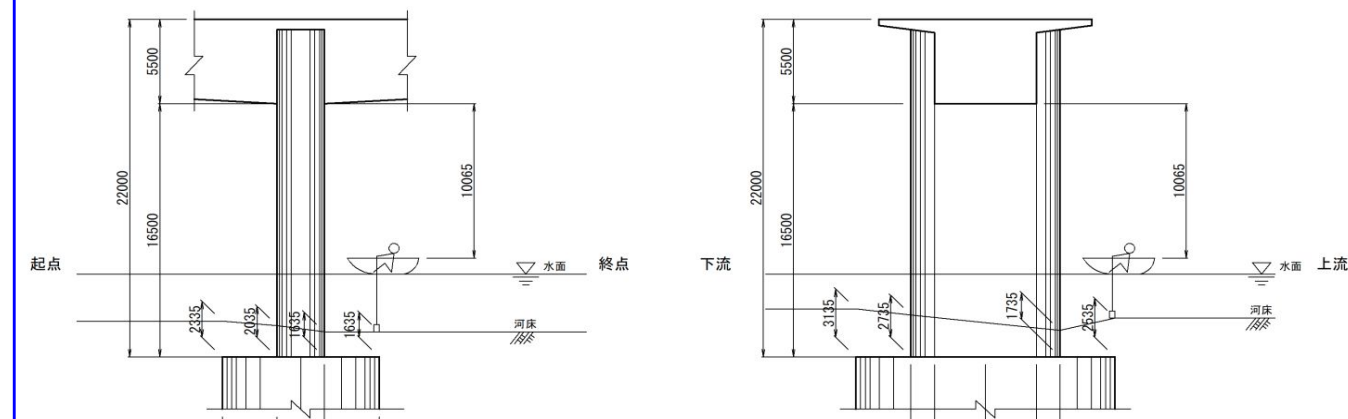
■水中部調査



・P9橋脚洗堀状況



・P10橋脚洗堀状況



P9,P10橋脚は柱の下半分が水中部にあることから、潜水士による損傷調査及び洗堀調査を実施した。柱自体には損傷は確認されなかったが、一部橋脚回りの土被りが小さくなっている箇所が確認された。

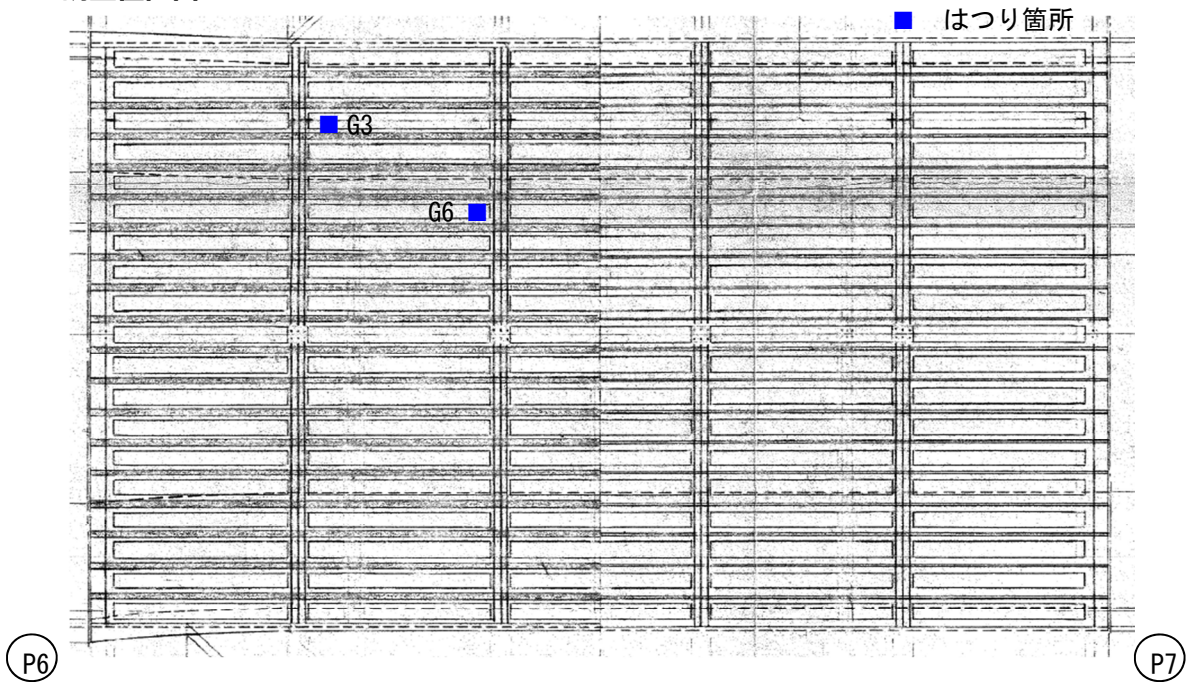
5. 調査・試験実施内容

5.1 はつり調査

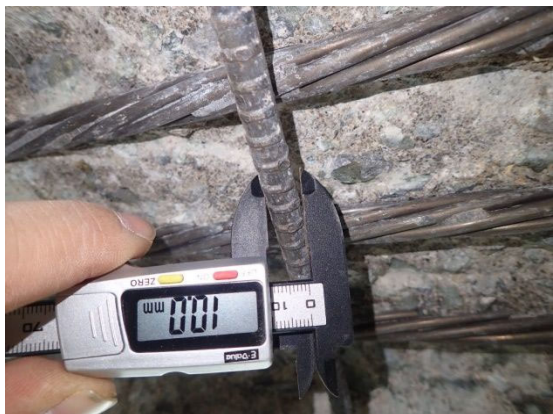
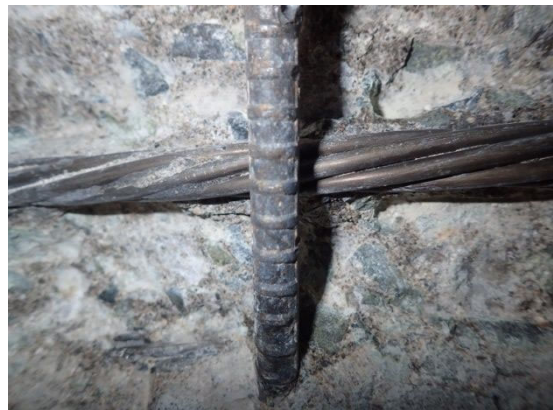
プレテン中空床版部の P6-P7 径間において、はつり調査を実施した。はつり箇所はひびわれが著しく生じている箇所とひびわれが少ない箇所の 2 箇所で実施した。

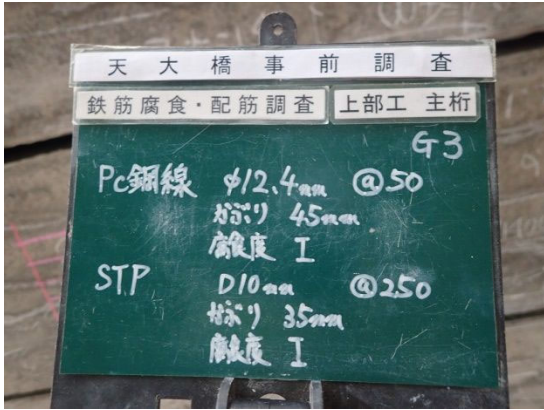
いずれの箇所においても、鉄筋及び PC 鋼材は健全であり、腐食、断面減少等の変状は確認されなかった。

■調査位置図



G3 桁





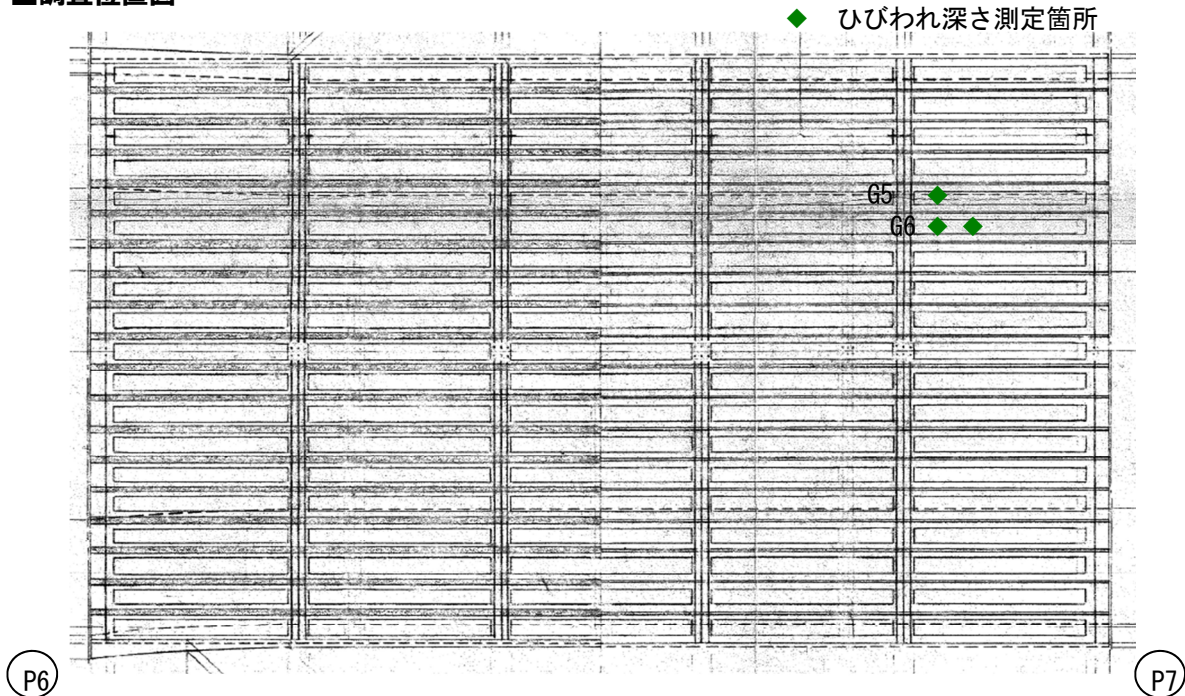
G6 桁



5.2 ひびわれ深さ測定

プレテン中空床版部の P6-P7 径間において、超音波法によるひびわれ深さ測定を実施した。ひびわれ深さは、38.7mm～50.2mm であった。

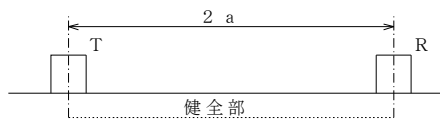
■調査位置図



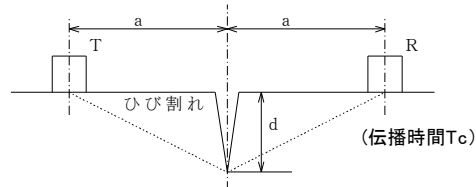
■超音波法によるひびわれ深さ測定の算出方法

ひびわれ深さ算出式

$$d(2) = a * \sqrt{[(Tc/To)^2 - 1]}$$



(伝播時間 T_0)



(伝播時間 T_c)

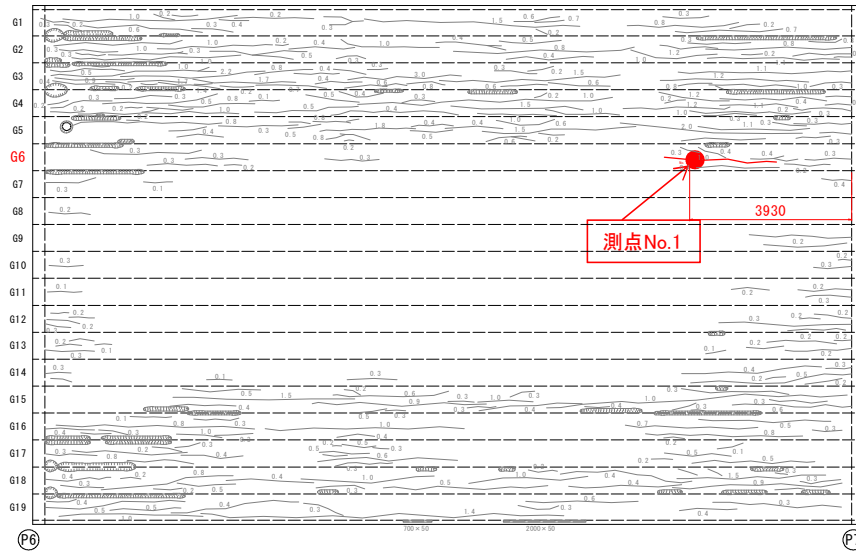
T_0 : 健全部における超音波伝播時間
 T_c : ひびわれ部における超音波伝播時間
 a : ひびわれからセンサーまでの距離
 b : ひびわれ深さ

■ひびわれ深さ測定結果

測定箇所	ひびわれ幅	測定距離	伝播速度	ひびわれ深さ	備考	
	(mm)			a (mm)		d (mm)
NO.1	健全部	—	50	2,841	—	鉄筋被り: 43mm
	ひびわれ部	0.3	50	—	38.7	
NO.2	健全部 [※]	—	50	2,841	—	鉄筋被り: 43mm
	ひびわれ部	1.2	50	—	41.4	
NO.3	健全部	—	50	2,857	—	鉄筋被り: 40mm
	ひびわれ部	1.8	50	—	50.2	

ひびわれ深さ測定(超音波測定:T_C-T₀法) 天大橋 測点No.1 【P6-P7間 主桁 G6 下面】

【調査位置図】



調査箇所全景



ひびわれ幅 : t = 0.3mm

【調査結果】

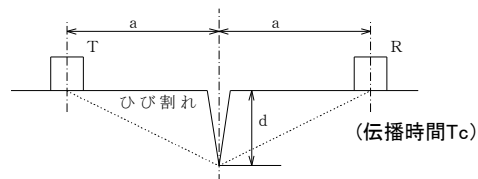
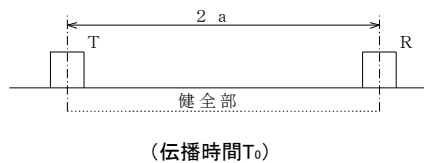
測定箇所	ひびわれ幅 (mm)	測定距離 a (mm)	超音波伝播時間 (μs)				伝播速度 (m/s)	ひびわれ深さ d (mm)	備考	
			T ₀	1回目	2回目	3回目				平均
NO.1	健全部	—	50	T ₀	35.1	35.0	35.4	35.2	2.841	鉄筋被り: 43mm
	ひびわれ部	0.3	50	T _C	44.3	44.4	44.9	44.5	—	

※鉄筋被りは電磁波レーダー探査結果を採用した。

調査位置 NO.1 健全部	超音波伝播時間 35.1 μs(1回目)	超音波伝播時間 35.0 μs(2回目)	超音波伝播時間 35.4 μs(3回目)
調査位置 NO.1 ひびわれ部	超音波伝播時間 44.3 μs(1回目)	超音波伝播時間 44.4 μs(2回目)	超音波伝播時間 44.9 μs(3回目)

ひびわれ深さ算出式

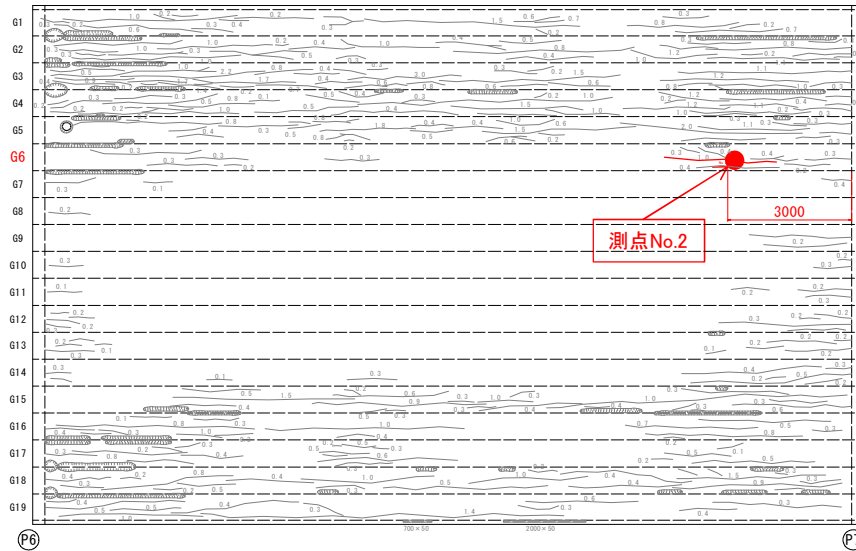
$$d(2) = a * \sqrt{\{(T_c/T_0)^2 - 1\}}$$



T₀: 健全部における超音波伝播時間
T_C: ひびわれ部における超音波伝播時間
a: ひびわれからセンサーまでの距離
b: ひびわれ深さ

ひびわれ深さ測定(超音波測定: $T_c - T_0$ 法) 天大橋 測点No.2 【P6-P7間 主桁 G6 下面】

【調査位置図】



調査箇所全景



ひびわれ幅: $t=1.2\text{mm}$

【調査結果】

測定箇所	ひびわれ幅 (mm)	測定距離 a (mm)	超音波伝播時間 (μs)				伝播速度 (m/s)	ひびわれ深さ d (mm)	備考
				1回目	2回目	3回目			
NO.2	健全部*	50	T_0	35.1	35.0	35.4	35.2	2.841	鉄筋被り: 43mm
	ひびわれ部	1.2	T_c	45.6	45.5	45.9	45.7	—	

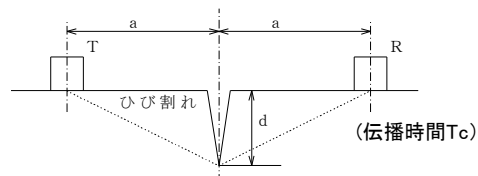
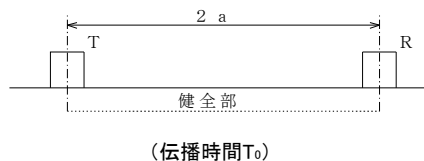
※鉄筋被りは電磁波レーダー探査結果を採用した。

調査位置 NO.1* 健全部	超音波伝播時間 35.1 μs (1回目)	超音波伝播時間 35.0 μs (2回目)	超音波伝播時間 35.4 μs (3回目)
調査位置 NO.2 ひびわれ部	超音波伝播時間 45.6 μs (1回目)	超音波伝播時間 45.5 μs (2回目)	超音波伝播時間 45.9 μs (3回目)

※同一主桁である測定箇所NO.1の健全部の測定値を採用する。

ひびわれ深さ算出式

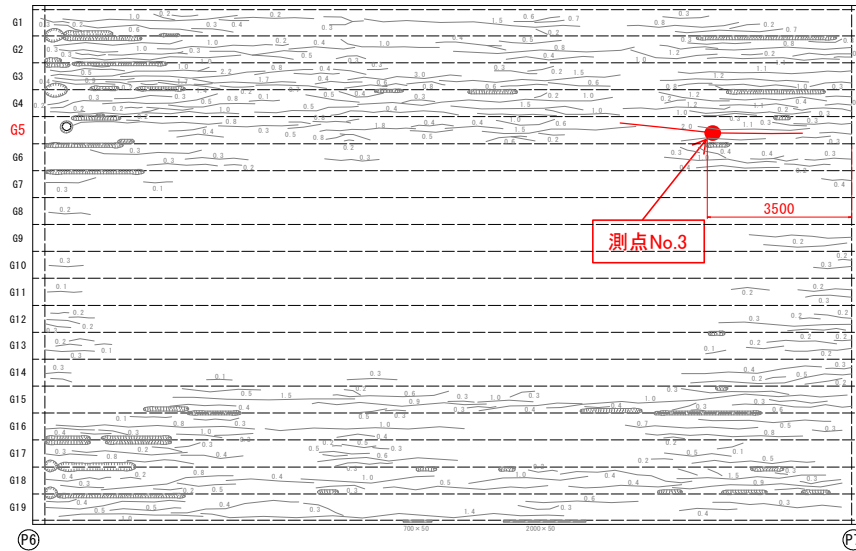
$$d(2) = a * \sqrt{\{(T_c/T_0)^2 - 1\}}$$



T_0 : 健全部における超音波伝播時間
 T_c : ひびわれ部における超音波伝播時間
 a : ひびわれからセンサーまでの距離
 d : ひびわれ深さ

ひびわれ深さ測定(超音波測定: $T_c - T_0$ 法) 天大橋 測点No.3 【P6-P7間 主桁 G5 下面】

【 調査位置図 】



調査箇所全景



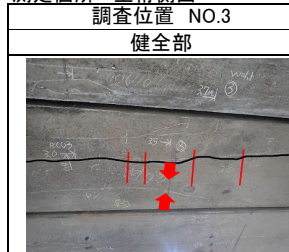
ひびわれ幅 : $t = 1.8\text{mm}$

【 調査結果 】

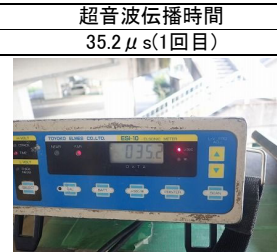
測定箇所	ひびわれ幅 (mm)	測定距離 a (mm)	超音波伝播時間 (μs)				伝播速度 (m/s)	ひびわれ深さ d (mm)	備考
				1回目	2回目	3回目			
NO.3	健全部	50	T_0	35.2	35.1	34.6	35.0	2.857	鉄筋被り: 40mm
	ひびわれ部	1.8	50	T_c	49.7	49.6	49.6	—	

※鉄筋被りは電磁波レーダー探査結果を採用した。

測定箇所 主桁側面



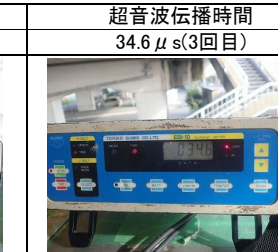
測定箇所 主桁側面



測定箇所 主桁側面



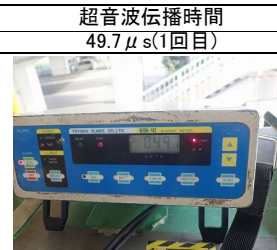
測定箇所 主桁側面



測定箇所 主桁側面



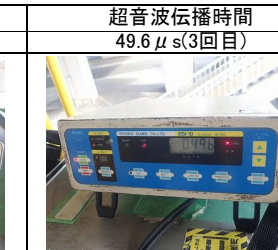
測定箇所 主桁側面



測定箇所 主桁側面

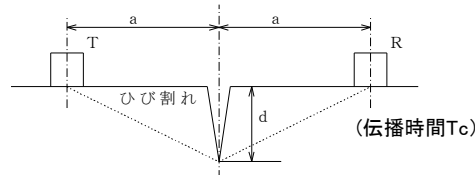
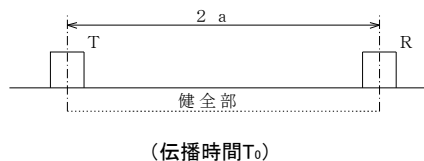


測定箇所 主桁側面



ひびわれ深さ算出式

$$d(2) = a * \sqrt{\{(T_c/T_0)^2 - 1\}}$$



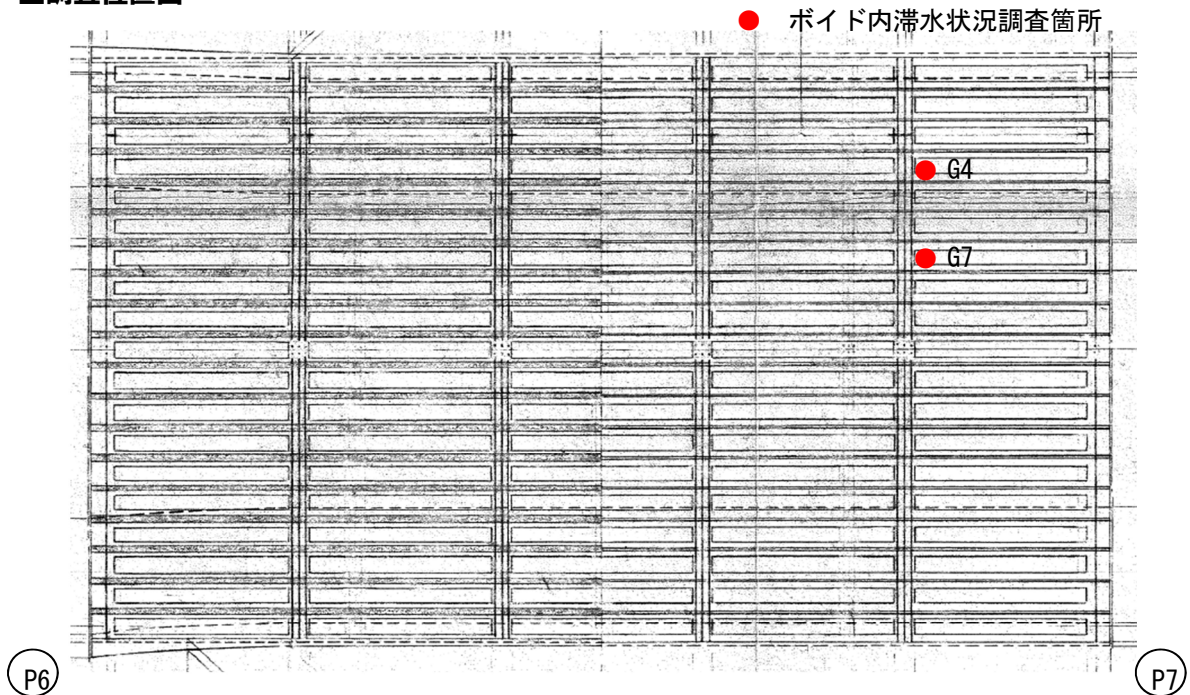
T_0 : 健全部における超音波伝播時間
 T_c : ひびわれ部における超音波伝播時間
 a : ひびわれからセンサーまでの距離
 b : ひびわれ深さ

5.3 ボイド内滞水状況調査

プレテン中空床版部の P6-P7 径間において、ドリル削孔及びファイバースコープによるボイド内の滞水状況の調査を実施した。

ドリル削孔直後にボイド内からの水の流出が確認された。ファイバースコープ調査では主桁とボイドの境付近が湿潤している状況が確認されたが、ボイドの中央付近には湿潤は見られなかった。なお、埋め殺し型枠として発砲スチロールが使用されていた。ひびわれ深さ測定を実施した。ひびわれ深さは、38.7mm～50.2mm であった。

■調査位置図



■調査方法

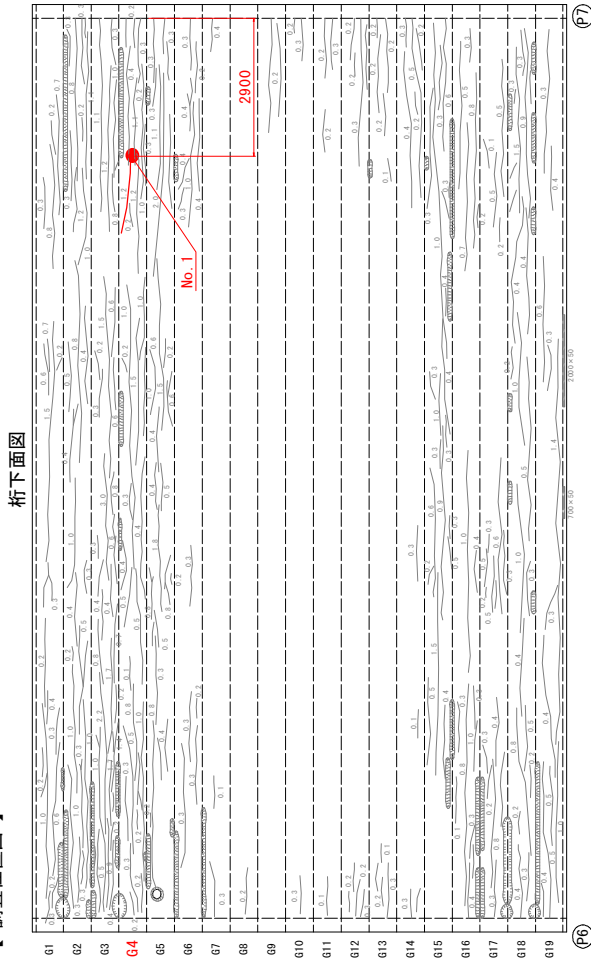
ボイド端部（縦断の低い側）にドリルで削孔し、ファイバースコープでボイド内の状況を確認する。



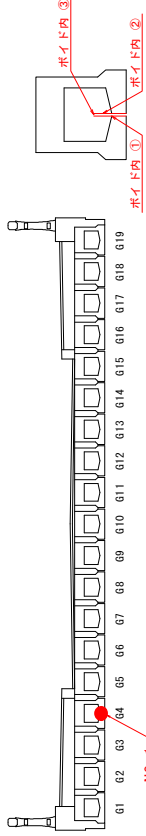
■調査結果

次ページ以降に調査結果を示す。

【 調査位置図 】

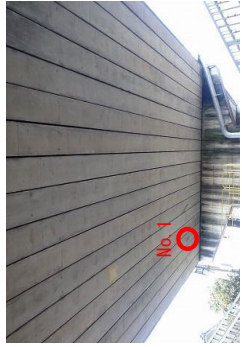


断面図

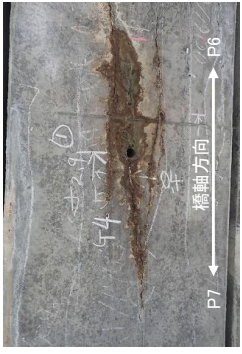


● : ホロ一桁内滞水調査位置

調査箇所全景



調査箇所



【 調査結果 】

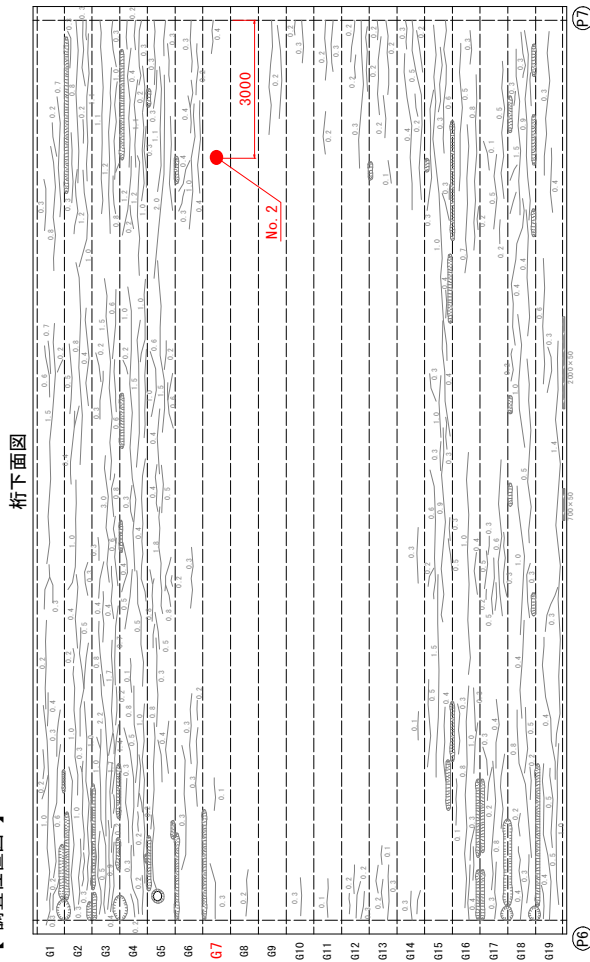
No. 1

<p>削孔(近景)</p> 	<p>ボイド内 ①</p> 	<p>ボイド内 ②</p> 	<p>ボイド内 ③</p> 
--	--	---	--

【調査結果まとめ】

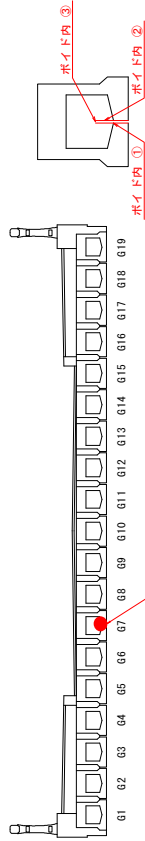
主桁G4下面の削孔後の穴から、ファイバースコープを使い、主桁ボイド内の滞水状況を確認した。ボイド内は発泡スチロールで充填されていたのが確認された。ボイド内①では、ボイドと主桁の境目で湿潤状態を確認できた。ボイド内②では、発泡スチロールが充填しており、湿潤状態は確認できなかった。ボイド内③では、削孔長の最深部となり湿潤状態は確認できなかった。

【調査位置図】



桁下面図

断面図

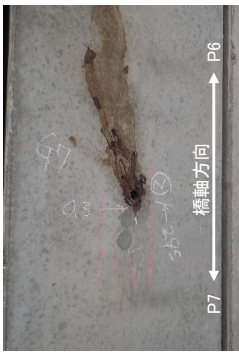


● : ホロ一桁内滞水調査位置

調査箇所全景



調査箇所



【調査結果】

No. 1

<p>削孔(近景)</p>	<p>ボイド内 ①</p>	<p>ボイド内 ②</p>	<p>ボイド内 ③</p>
---------------	---------------	---------------	---------------

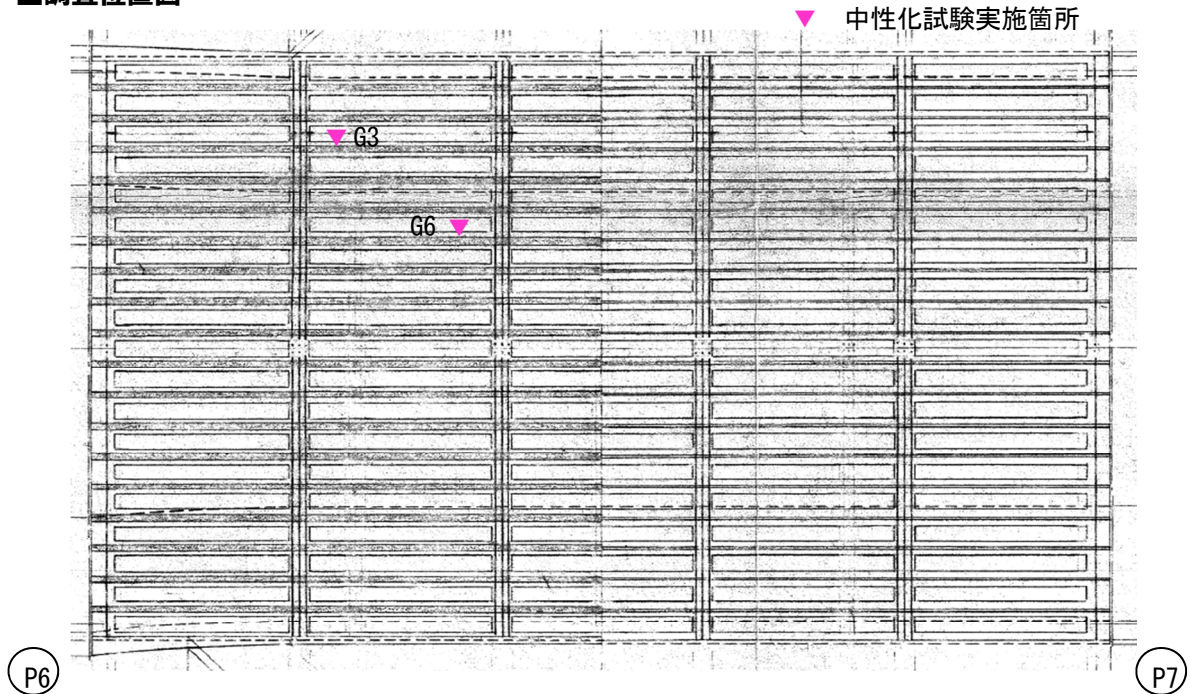
【調査結果まとめ】

主桁G7下面の削孔後の穴から、ファイバースコープを使い、主桁ボイド内の滞水状況を確認した。ボイド内は発泡スチロールで充填されていたのが確認された。ボイド内①では、ボイドと主桁の境目で湿潤状態で確認できた。ボイド内②では、発泡スチロールが充填しており、湿潤状態は確認できなかった。ボイド内③では、削孔長の最深部となり湿潤状態は確認できなかった。

5.4 中性化試験

プレテン中空床版部の P6-P7 径間において、中性化試験を実施した。中性化深さは、2mm 程度であり、建設後 35 年以上経過しているが、ほとんど進行していない。

■調査位置図



■調査方法

中性化試験は、フェノールフタレインアルコール溶液をドリル削孔粉に噴霧し、鮮明な赤紫色に発色した部分のコンクリート表面からの距離を測定することにより中性化深さを測定する方法である。試験は、日本非破壊試験協会規格「ドリル削孔粉を用いたコンクリート構造物の中性化深さ試験方法」(NDIS3419) に準じて実施する。



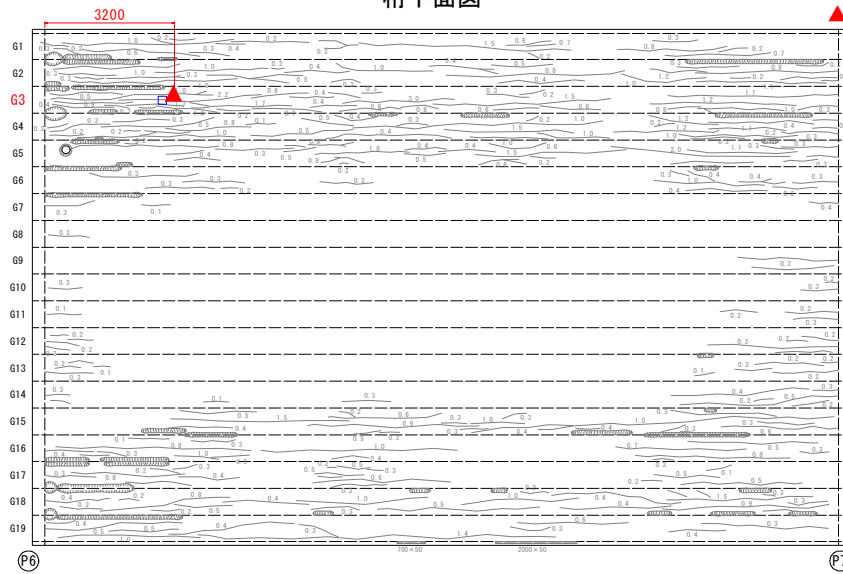
■調査結果

測定位置	P6-P7主桁 G3	P6-P7主桁 G6
①	1.7mm	1.3mm
②	1.5mm	2.1mm
③	1.7mm	2.1mm
平均中性化深さ	1.6mm	1.8mm
鉄筋純被り	36.0mm	35.0mm
中性化残り	34.4mm	33.2mm

◆ 調査位置

桁下面図

▲ : 中性化試験位置



◆ 中性化写真

①

②

③



◆ 鉄筋探査結果



鉄筋純被り
36mm

【中性化試験結果】

測定位置	中性化深さ
①	1.7mm
②	1.5mm
③	1.7mm
平均中性化深さ	1.6mm
鉄筋純被り	36.0mm
中性化残り	34.4mm

※鉄筋純被りは左記鉄筋探査結果より

【中性化深さの評価】

中性化残り	中性化による鉄筋腐食の可能性
0mm未満	腐食が生じる
0mm以上 10mm未満	場合によっては中性化による腐食が生じる可能性がある
10mm以上 30mm未満	将来的には中性化による腐食が生じる可能性がある
30mm以上	当面の間は中性化による腐食が生じるおそれはない

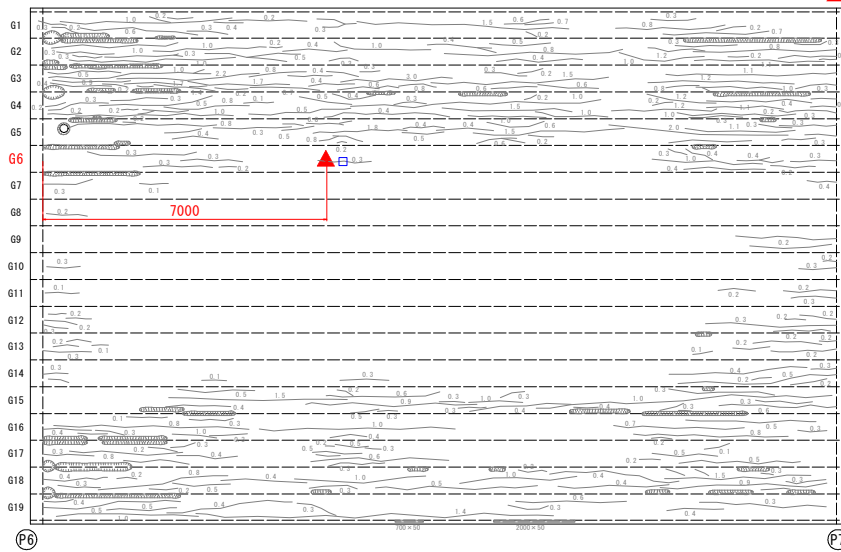
【試験結果まとめ】

試験の結果、中性化残りは34.4mmであり、「当面の間は中性化による腐食が生じるおそれはない」という評価となった。

◆ 調査位置

桁下面図

▲ : 中性化試験位置



◆ 中性化写真

①

②

③



◆ 鉄筋探査結果



鉄筋純被り
35mm

【中性化試験結果】

測定位置	中性化深さ
①	1.3mm
②	2.1mm
③	2.1mm
平均中性化深さ	1.8mm
鉄筋純被り	35.0mm
中性化残り	33.2mm

※鉄筋純被りは左記鉄筋探査結果より

【中性化深さの評価】

中性化残り	中性化による鉄筋腐食の可能性
0mm未満	腐食が生じる
0mm以上 10mm未満	場合によっては 中性化による腐食が 生じる可能性がある
10mm以上 30mm未満	将来的には 中性化による腐食が 生じる可能性がある
30mm以上	当面の間は 中性化による腐食が 生じるおそれはない

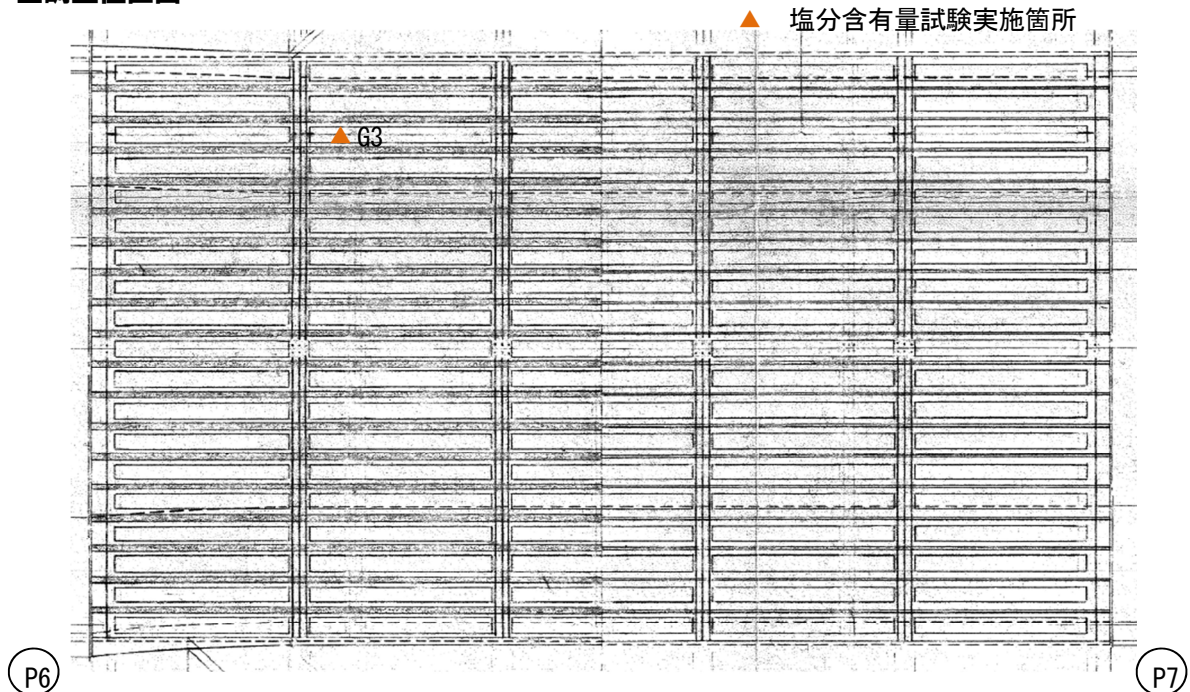
【試験結果まとめ】

試験の結果、中性化残りは33.2mmであり、「当面の間は中性化による腐食が生じるおそれはない」という評価となった。

5.5 塩分含有量試験結果

プレテン中空床版部のP6-P7径間において、塩分含有量試験を実施した。塩化物イオン量は、鉄筋の発錆限界塩化物イオン量である 1.2kg/m^3 に対しても十分に余裕がある。

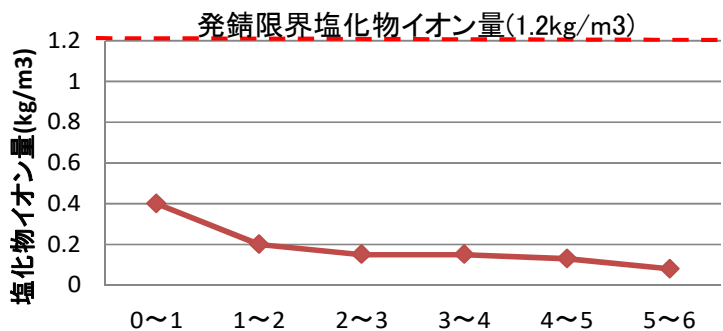
■調査位置図



■調査方法

分含有量試験の試料採取は、土木学会基準 JSCE-G 573-2007「実構造物におけるコンクリート中の全塩化物イオン分布の測定方法（案）」を適用し、ドリル法にて実施する。採取方法は、コンクリート削孔用ドリル（ $\phi 20\text{mm}$ 程度）で、床版表面から深さ方向に 1cm 間隔刻みで削孔して鉄筋位置まで、コンクリート粉末試料を採取する。

■調査結果



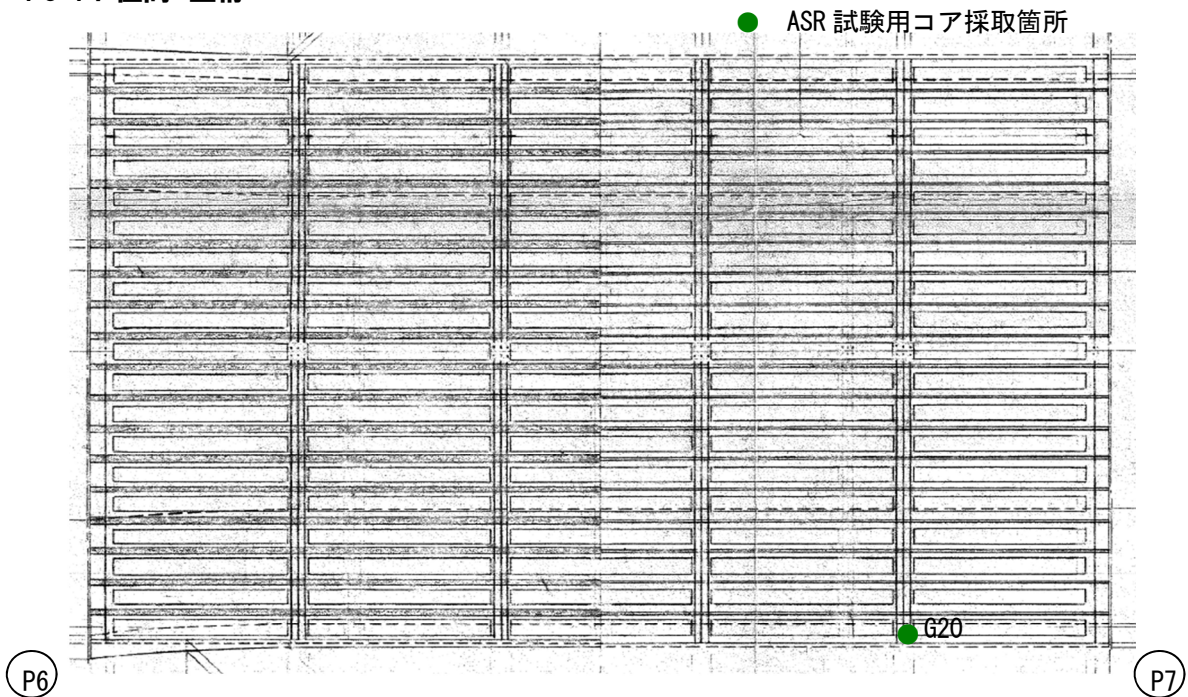
橋梁名/ 採取位置/ 番号	深度 (cm)	塩化物イオン濃度 (%) 括弧内数値は 塩化物イオン量換算用	単位容積 質量 (仮定値) (kg/m³)	塩化物イオン量 (参考値) (kg/m³)
天大橋/ 主桁(P6-P7間)/ C2	0~1	0.02 (0.016)	2530	0.40
	1~2	0.01 (0.008)		0.20
	2~3	0.01 (0.006)		0.15
	3~4	0.01 (0.006)		0.15
	4~5	0.01 (0.005)		0.13
	5~6	0.01未満 (0.003)		0.08

5.6 アルカリ骨材反応試験

ブレン中空床版部の P6-P7 径間の主桁及び P9 橋脚の柱頭部において、アルカリ骨材反応試験（顕微鏡観察、残存膨張量試験）を実施した。顕微鏡観察の結果、いずれの箇所においてもアルカリシリカゲルの存在が確認された。また、残存膨張量試験の結果、いずれの箇所においても「潜在的に有害」と判定された。

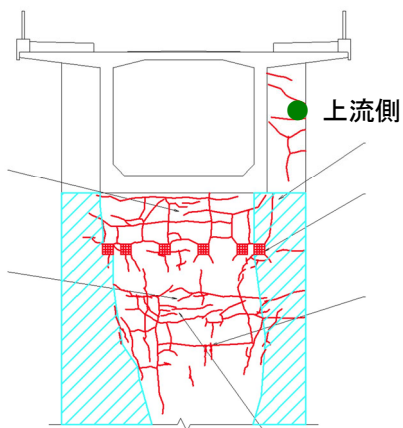
■調査位置図

・P6-P7 径間 主桁



・P9 橋脚 柱頭部

P9橋脚正面図(P8側)



■調査方法

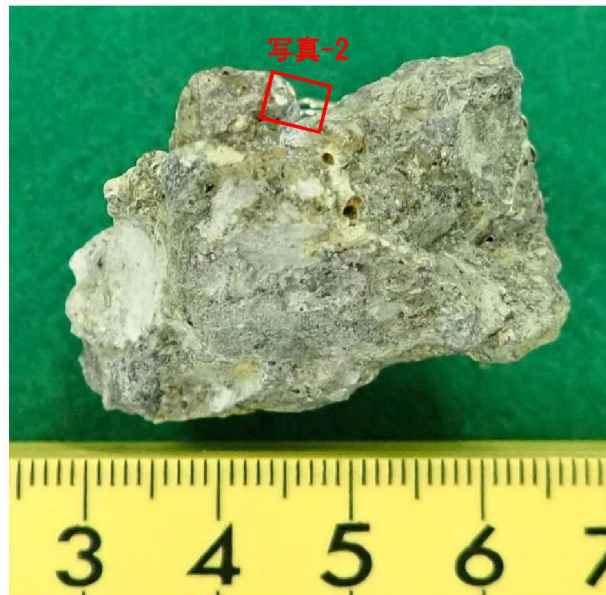
コンクリート断面のゲルの有無や生成の程度を肉眼で観察し、ゲルが存在すると考えられる部位については、SEM(走査型電子顕微鏡)により数百～千倍程度に拡大して形態を観察する。

同時にEDS(エネルギー分散型X線分析装置)により組成分析を行い、形態と組成からアルカリシリカ反応ゲルかどうか判断する。

■調査結果

・P6-P7 径間 主桁

<目視観察>



※スケールの数値の単位は cm

写真-1 試料外観：天大橋/主桁(P6-P7間)/C3

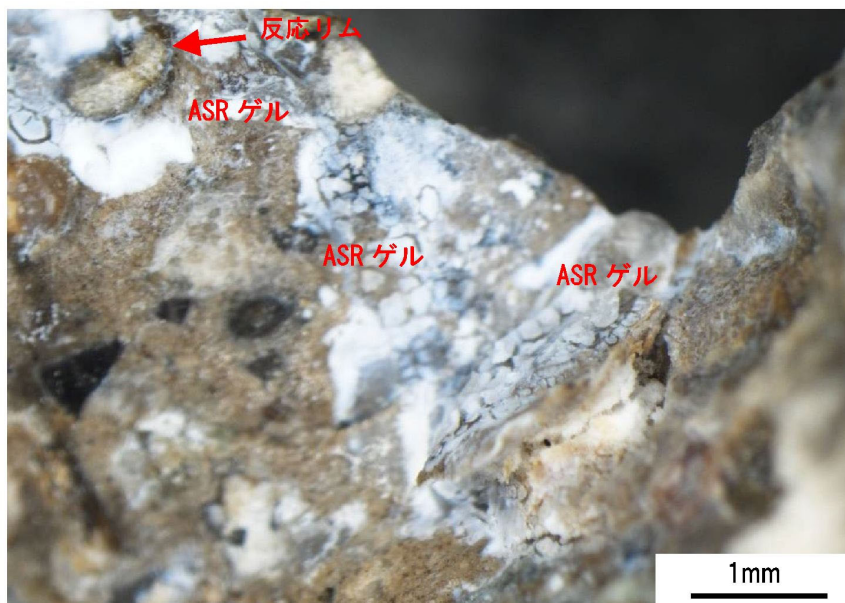


写真2 拡大写真：天大橋/主桁(P6-P7間)/C3

写真-1の□を拡大。反応リムとASRゲル(白色)が認められた。

<走査型電子顕微鏡観察>

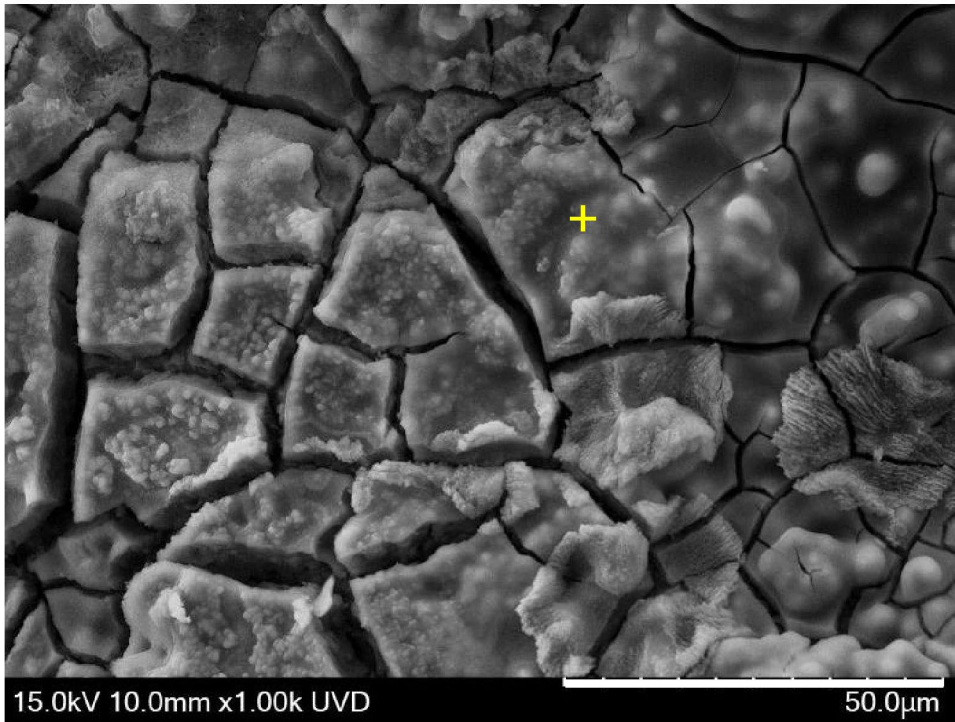


写真-3 二次電子像：天大橋/主桁(P6-P7間)/C3
(+ : EDS 測定箇所)

<EDS 分析>

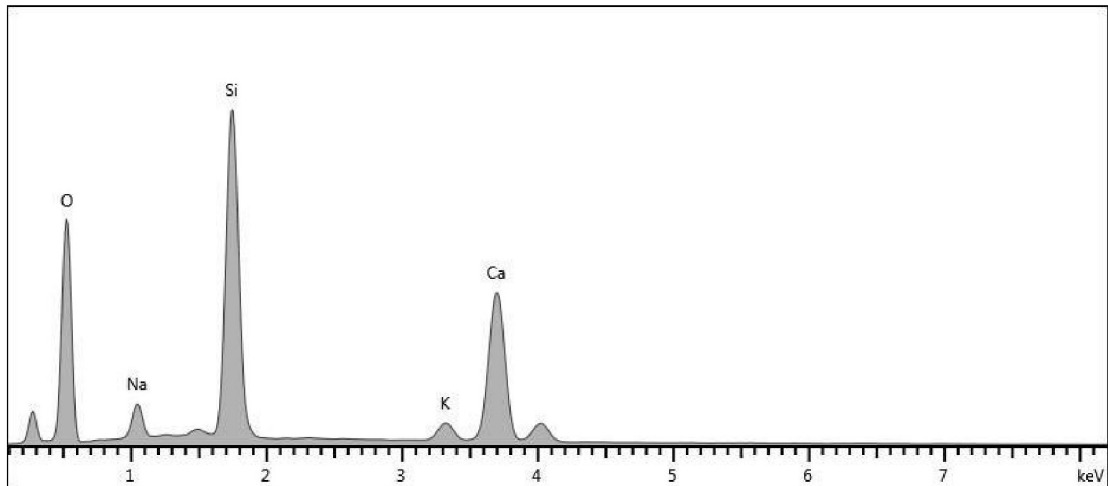


図-3 EDS による定性分析の結果：天大橋/主桁(P6-P7間)/C3
(分析点：+)

<残存膨張量試験>

表-6 膨張量試験結果：天大橋/主桁(P6-P7間)/C4

橋梁名/ 採取位置/ 番号	試験期間 (日)		(基長)	4	7	10	14	ASTM C 1260 での判定 (14日時点)
	天大橋/ 主桁(P6-P7間)/ C4	測定値	寸法 (mm)	0.506	0.629	0.783	0.922	
0.460				0.639	0.834	0.988	1.174	
膨張率 (%)			0.000	0.123	0.277	0.416	0.583	
		0.000	0.179	0.374	0.528	0.714		
平均値		膨張率 (%)	0.000	0.151	0.326	0.472	0.649	

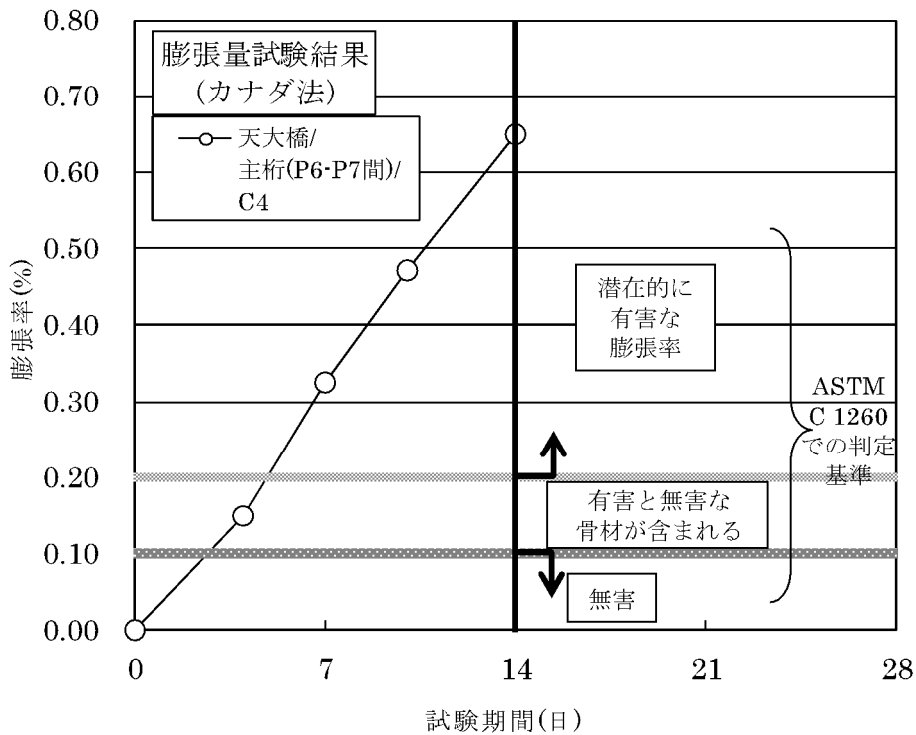


図-4 膨張量試験結果：天大橋/主桁(P6-P7間)/C4

・P9 橋脚 柱頭部
<目視観察>



※スケールの数値の単位は cm

写真-4 コア破断面：天大橋/P9 橋脚/C2

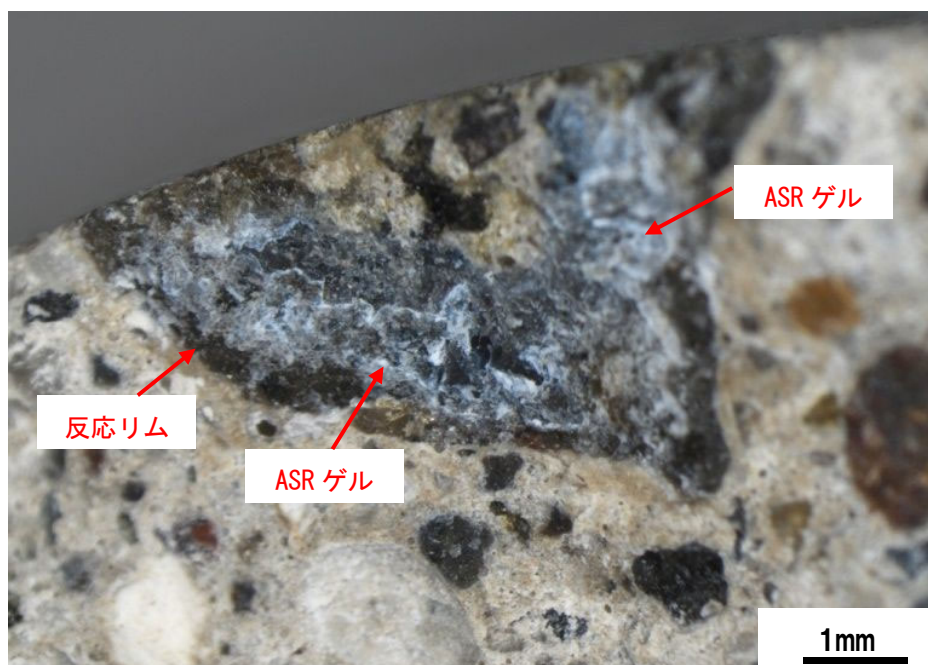


写真-5 拡大写真：天大橋/P9橋脚/C2

<走査型電子顕微鏡観察>

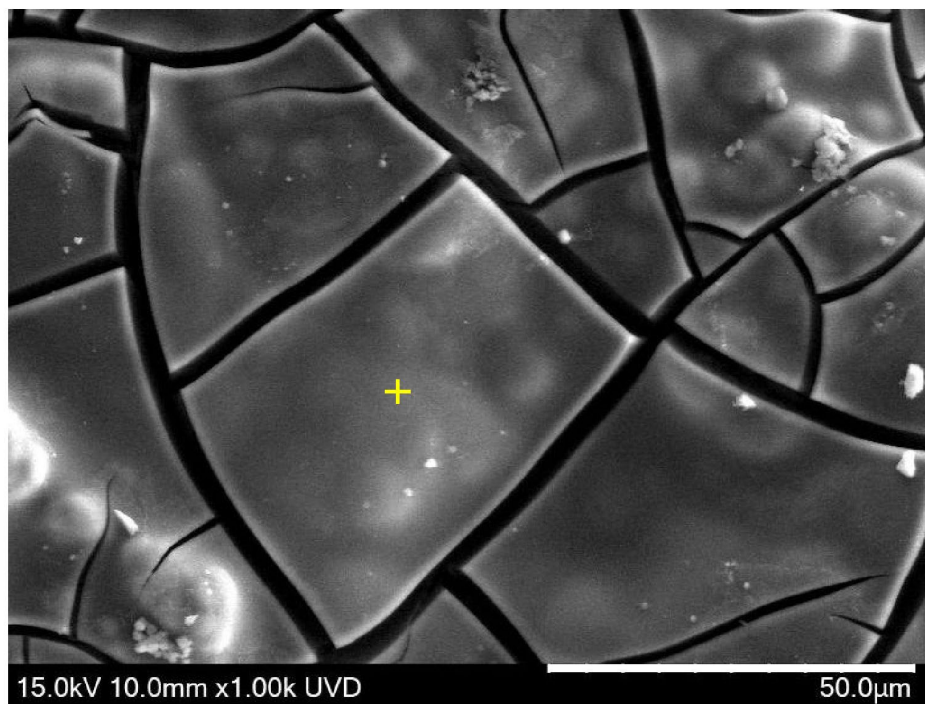


写真-6 二次電子像：天大橋/P9 橋脚/G2

(+ : EDS 測定箇所)

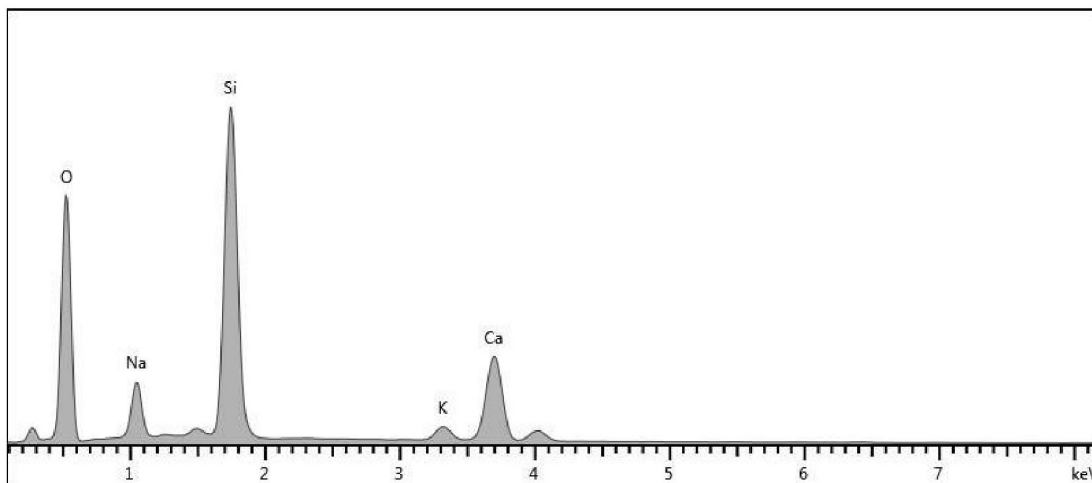


図-4 EDS による定性分析の結果：天大橋/P9 橋脚/G2

(分析点：+)

<残存膨張量試験>

表-7 膨張量試験結果：天大橋/P9 橋脚/C2

橋梁名/ 採取位置/ 番号	試験期間 (日)		(基長)	2	7	9	14	ASTM C 1260 での判定 (14日時点)
	天大橋/ P9橋脚/ C2	測定値	寸法 (mm)	0.086	0.089	0.218	0.290	
0.374				0.374	0.505	0.577	0.790	
膨張率 (%)		0.000	0.003	0.132	0.204	0.391		
		0.000	0.000	0.131	0.203	0.416		
平均値	膨張率 (%)	0.000	0.002	0.132	0.204	0.404		

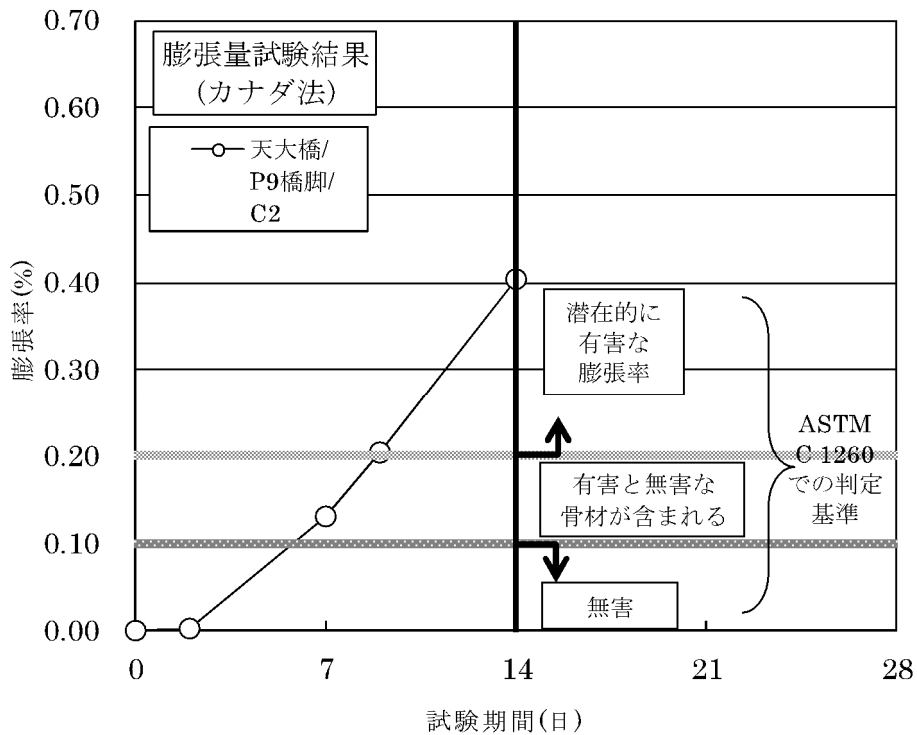


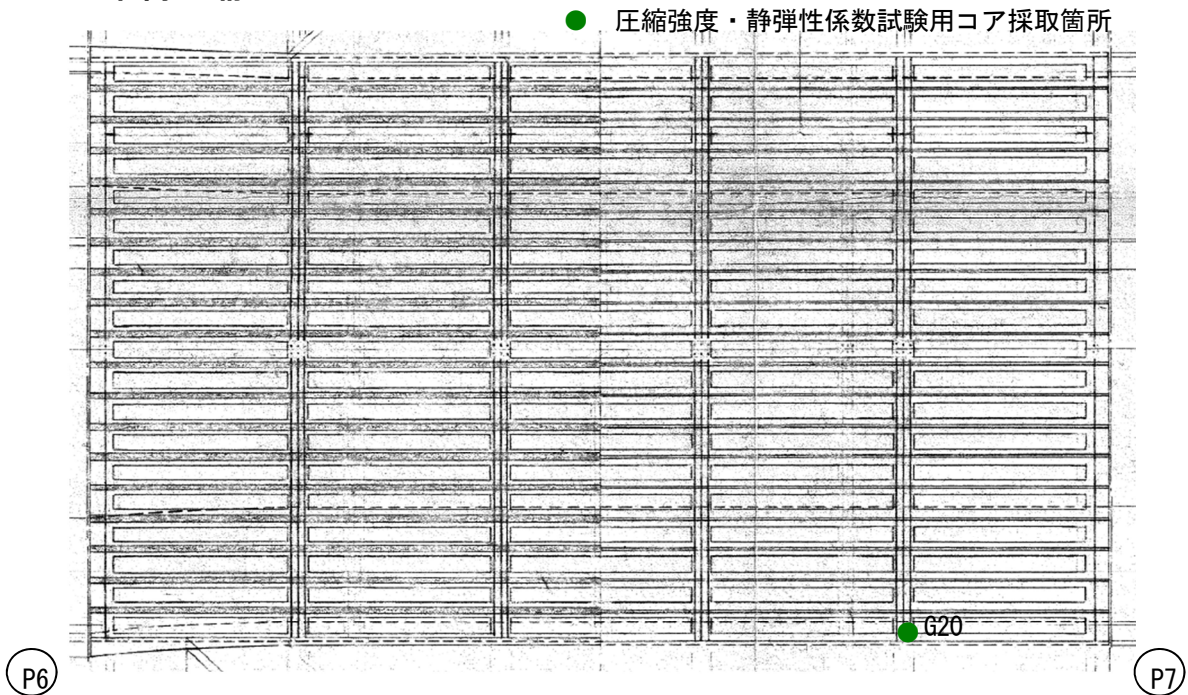
図-6 膨張量試験結果：天大橋/P9 橋脚/C2

5.7 圧縮強度・静弾性係数試験

ブレン中空床版部のP6-P7径間の主桁及びP9橋脚の柱頭部において、圧縮強度・静弾性係数試験を実施した。P6-P7径間の主桁においては、圧縮強度は設計基準強度以上であり、静弾性係数は基準値に対し若干下回っている。P9橋脚の柱頭部においては、圧縮強度は若干低下しており、静弾性係数は大きく低下している。

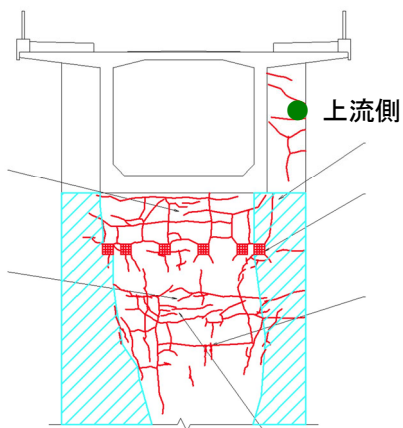
■調査位置図

・P6-P7 径間 主桁



・P9 橋脚 柱頭部

P9橋脚正面図(P8側)



■調査方法

採取したコアの両端面をカットおよび研磨し、試験を実施する。測定は、JIS A 1107「コンクリートからのコアの採取方法及び圧縮強度試験方法」に準拠して行う。



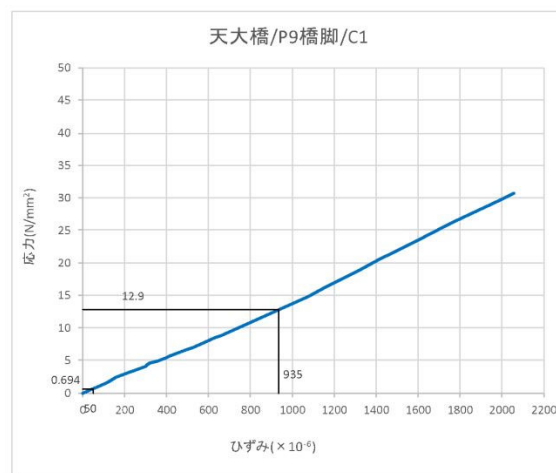
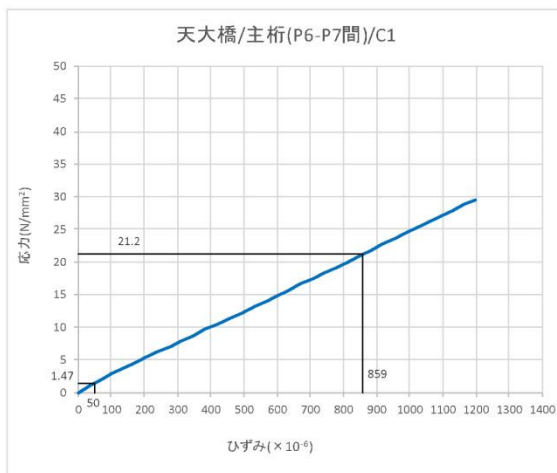
■調査結果

表-3 圧縮強度試験及び静弾性係数試験結果（橋梁名：天大橋）

採取位置	番号	平均 高さ (mm)	平均 直径 (mm)	質量 (g)	見掛け 密度 (g/cm ³)	高さ/ 直径 の比	補正* 係数	最大 荷重 (kN)	圧縮強度(N/mm ²)		静弾性係数 (kN/mm ²)
									補正前	補正後**	
主桁(P6-P7間)	C1	108.1	54.1	628.4	2.53	2.00	1.00	146	63.5	—	24.4
P9橋脚	C1	62.7	54.0	325.0	2.26	1.16	0.91	88.6	38.7	35.2	13.8

* : この補正は、供試体の高さと直径の比が 1.90 より小さく、補正後の値が 100 N/mm²以下のコンクリートに適用する。

** : 補正後圧縮強度(N/mm²)=補正前圧縮強度×補正係数



5.8 ヒンジ部高さ測定

ポステン箱桁部の P9-P10 径間において、中央ヒンジ部の高さ測定を実施した。測定の結果、計画道路縦断高に対して、約 20cm 低くなっていることが確認された。

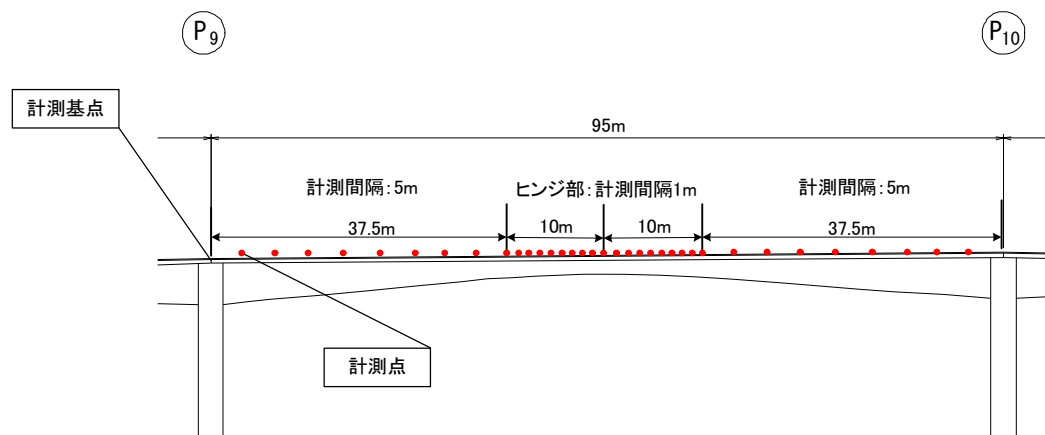
■調査位置図



■調査方法

①試験内容

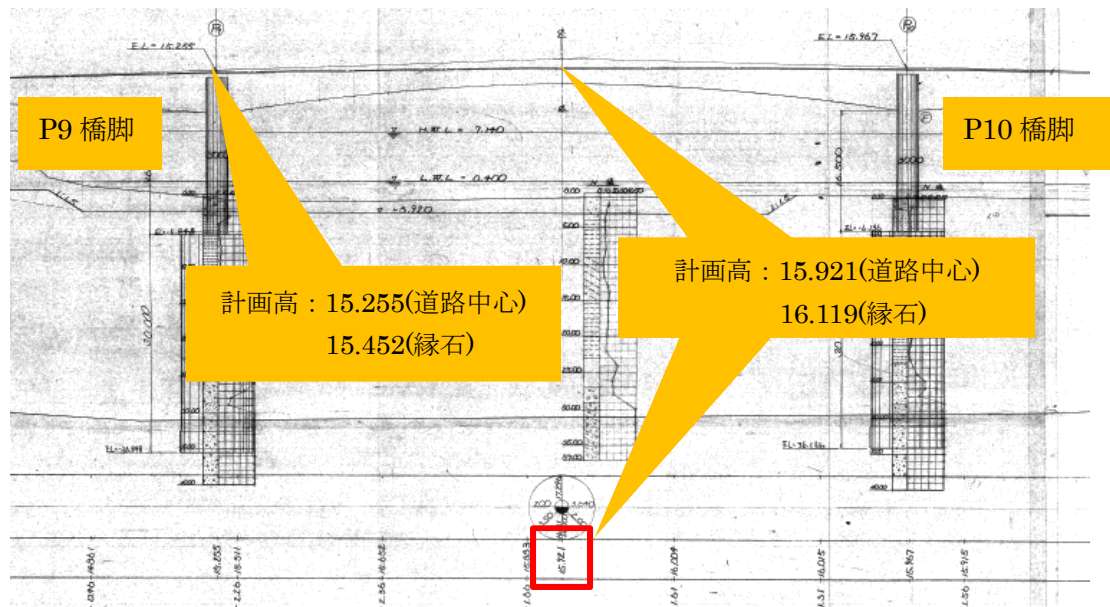
測量機器（トータルステーション）を用いたヒンジ部の高さ測定を実施し、竣工時の高さと比較する。計測間隔は、たわみの大きい支間中央部では1m間隔で計測を実施する。



図一 計測間隔

②比較方法

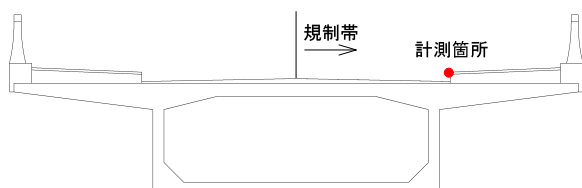
P9 橋脚地点を計測基点（標高 15.452m）としたときのヒンジ部の標高を求め、竣工図面により得られたヒンジ部の高さ、測量により得られた計測値とを比較する。



図一ヒンジ高さ下がり量算出参考図

③試験箇所

ヒンジ高さ測定は、P9～P10 径間の橋面において実施する。計測箇所は、路面の不陸の影響を受け難い縁石部とする。



図一計測箇所



写真一計測対象の橋面

④基準点

県道 394 号線の 3 級基準点より P9 橋脚地点の標高を計測する。（竣工図面に示される標高と合わない可能性もあるが、P9 橋脚地点の高さは変わらないものとして、計測値を読み替える）



基準点成果閲覧サービス（国土地理院）より

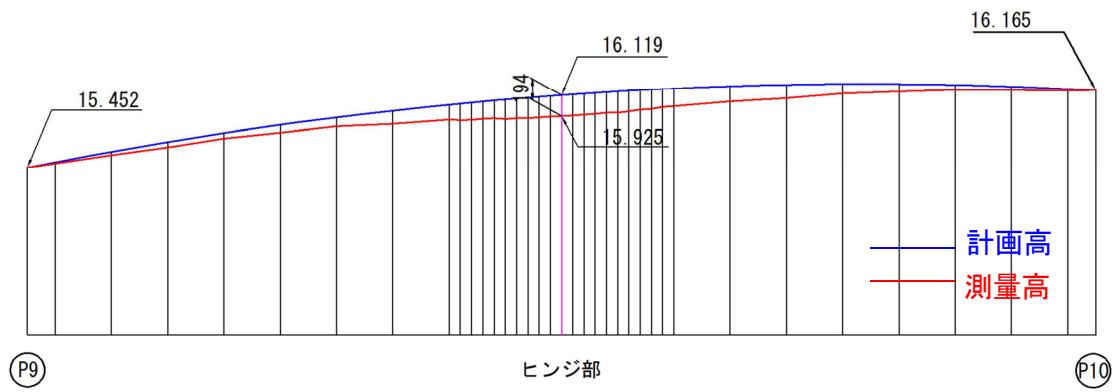
図－P9 橋脚地点の標高取得方法

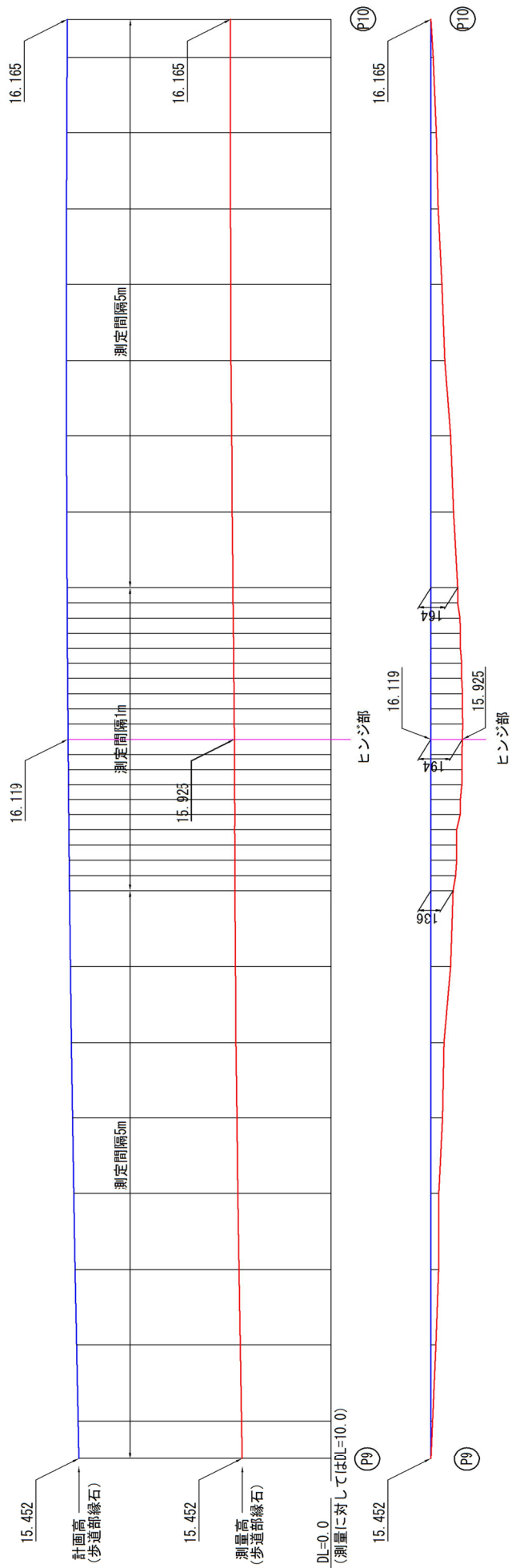
既設水準点 点の記

路線名	県道394号 山崎川内線	点名	3 035 [3級基準点]
所在地	鹿児島県薩摩川内市平佐町大明神	標識種類	金属標
X座標	-130253.494	Y座標	-64715.027
標高 (H)	5.915m (承認番号) 平29九公第8号		
近景		遠景	
			

■調査結果

ヒンジ部高さ測定の結果、ヒンジ部において、計画値に対して194mm下がっていることが確認された。





ヒンジ部計測点観測手簿

橋梁名：天大橋
 観測日：H31.2.18
 天候：曇り
 測器：Y7DX-105AC No. JL1020

観測者：村野 忠昭

単距離 (m)	追加距離 (m)	後視高 (m)	器械高 (m)	前視高 (m)	比高 (m)	地盤高 (m)	既知点 標高(m)	測定 地点	備考
【3級基準点[3 035]から支間中央部】									
		1.000	6.915				5.915		3級基準点[3 035]
				1.00	10.199	16.114		No. 19	ヒンジ部中央
【ヒンジ部支間中央部よりP9橋脚方向へ】									
	47.500	1.00	17.114				16.114	No. 19	ヒンジ部中央
1.000	46.500			1.00	-0.015	16.099		No. 18	
1.000	45.500			1.00	-0.023	16.091		No. 17	
1.000	44.500			1.00	-0.027	16.087		No. 16	
1.000	43.500			1.00	-0.031	16.083		No. 15	
1.000	42.500			1.00	-0.037	16.077		No. 14	
1.000	41.500			1.00	-0.029	16.085		No. 13	
1.000	40.500			1.00	-0.034	16.080		No. 12	
1.000	39.500			1.00	-0.044	16.070		No. 11	
1.000	38.500			1.00	-0.047	16.067		No. 10	
1.000	37.500			1.00	-0.042	16.072		No. 9	
5.000	32.500			1.00	-0.081	16.033		No. 8	
5.000	27.500			1.00	-0.103	16.011		No. 7	
5.000	22.500			1.00	-0.162	15.952		No. 6	
5.000	17.500			1.00	-0.214	15.900		No. 5	
5.000	12.500			1.00	-0.296	15.818		No. 4	
5.000	7.500			1.00	-0.367	15.747		No. 3	
5.000	2.500			1.00	-0.443	15.671		No. 2	
2.500	0.000			1.00	-0.483	15.631		No. 1	P 9橋脚地点
【ヒンジ部支間中央部よりP10橋脚方向へ】									
	47.500	1.00	17.114				16.114	No. 19	ヒンジ部中央
1.000	48.500			1.00	-0.005	16.109		No. 20	
1.000	49.500			1.00	0.004	16.118		No. 21	
1.000	50.500			1.00	0.010	16.124		No. 22	
1.000	51.500			1.00	0.022	16.136		No. 23	
1.000	52.500			1.00	0.029	16.143		No. 24	
1.000	53.500			1.00	0.035	16.149		No. 25	
1.000	54.500			1.00	0.048	16.162		No. 26	
1.000	55.500			1.00	0.056	16.170		No. 27	
1.000	56.500			1.00	0.075	16.189		No. 28	
1.000	57.500			1.00	0.081	16.195		No. 29	
5.000	62.500			1.00	0.125	16.239		No. 30	
5.000	67.500			1.00	0.156	16.270		No. 31	
5.000	72.500			1.00	0.198	16.312		No. 32	
5.000	77.500			1.00	0.216	16.330		No. 33	
5.000	82.500			1.00	0.232	16.346		No. 34	
5.000	87.500			1.00	0.229	16.343		No. 35	
5.000	92.500			1.00	0.228	16.342		No. 36	
2.500	95.000			1.00	0.236	16.350		No. 37	P10橋脚地点

前後1m位置の高さより
 高くなっているため、
 前後1m位置の高さの平
 均値(16.104)とする。

計画値：15.452
 に読み替える

計画値：16.165
 に読み替える



※計測ポイントは、歩道の縁石とASの境目。

点検者：大迫 真司

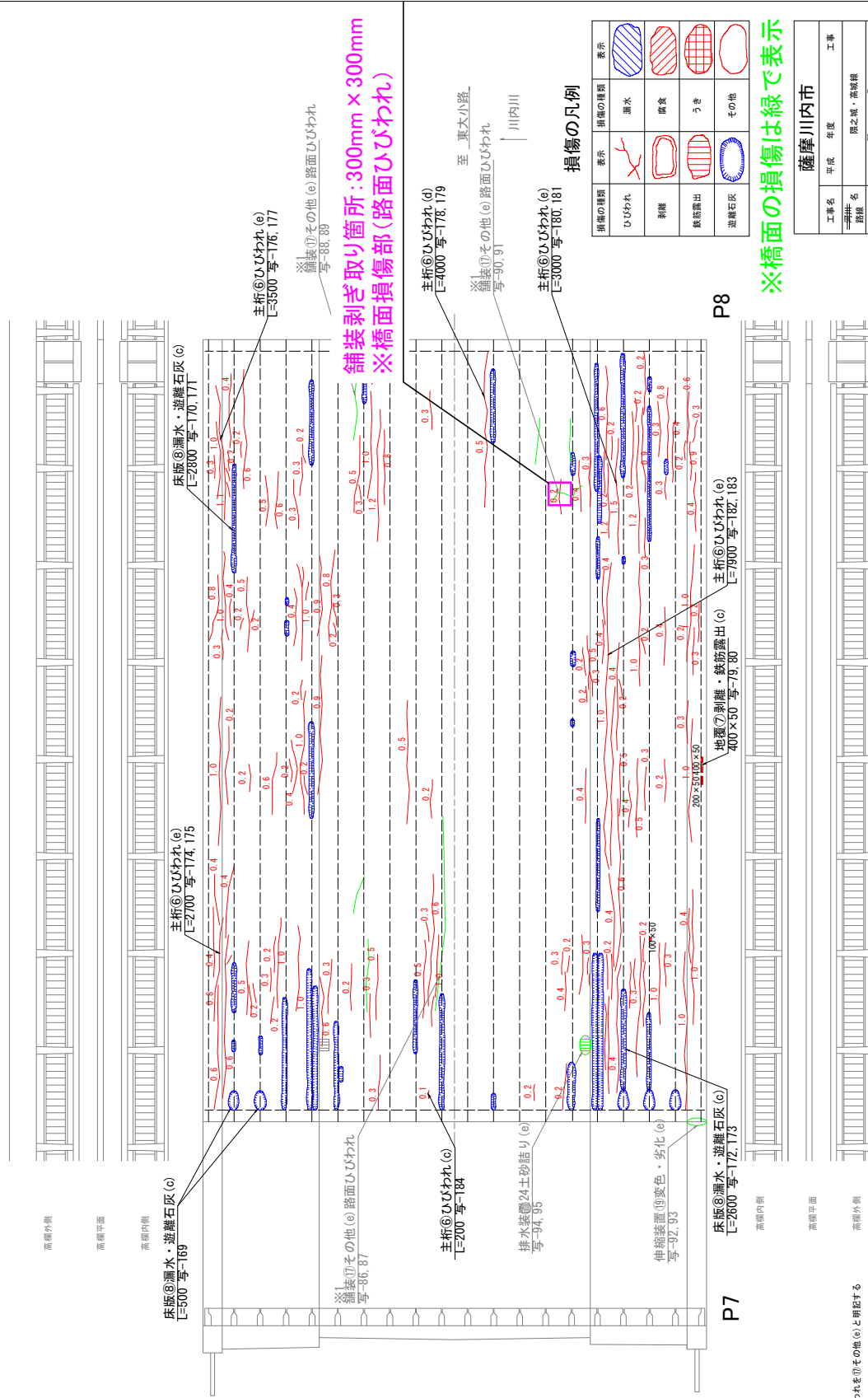
5.9 舗装剥ぎ取り調査

ブレン中空床版部、ポステン箱桁部、ポステンT桁部において舗装の剥ぎ取り調査を実施した。今回調査した範囲では、主桁上面のひびわれやPC 定着部の後打ちコンクリートの異常は確認されなかった。

■調査位置図

次ページに示す。

天大橋 損傷重ね図 (P7-P8) S=1:50



舗装剥ぎ取り箇所: 300mm x 300mm
 ※橋面損傷部 (路面ひびわれ)

※橋面の損傷は緑で表示

損傷の凡例

表示	損傷の種類	表示	損傷の種類
	ひびわれ		漏水
	剥離		腐食
	鉄筋露出		うき
	遊離石灰		その他

薩摩川内市		年度	工事
工事名	一宮社	昭和三十九年	橋梁補修工事
路線名	市道	市	市内
工事箇所	天大橋	橋梁区画 (P7-P8)	
図面種類	縮尺	S=1:50	
図面番号	全	葉	新

※1. 調査において、路面ひびわれを①その他(①)と明記する

※記上の注意点
 ・部材、損傷の種類及び箇所、損傷箇所を明記し、写真を添付
 ・部材、損傷の種類及び箇所、損傷箇所を明記する。
 ・損傷箇所区分以上を記載する。
 ・全体的に取交けられる損傷は、損傷の種類及び損傷等級をコメントとして記載する。
 ・同じ部材、損傷、等級は区別せず。

至 平 佐

■調査結果

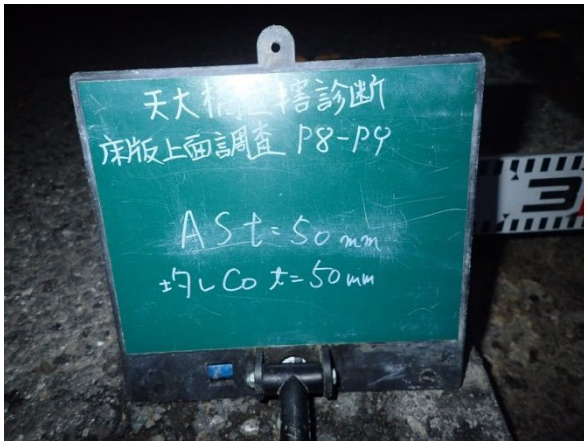
・プレテン中空床版部(P7-P8)



※調整コンクリートにひびわれが見られる。



・ポステン箱桁部(P8-P9)ポットホール箇所



※調整コンクリートにひびわれが見られる。

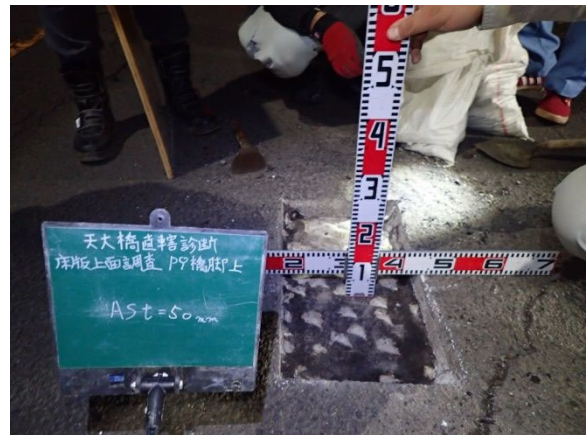
・ポステン箱桁部(P8-P9)P8 付近路肩部



※チョーキングが定着部の後埋めコンクリート



・ポステン箱桁部(P9 上)



※舗装のひびわれは調整コンに繋がっている



※調整コンのひびわれは床版上面には及んでいない



・ポスメント部(P14-P15)



※主桁上面に異常は見られない



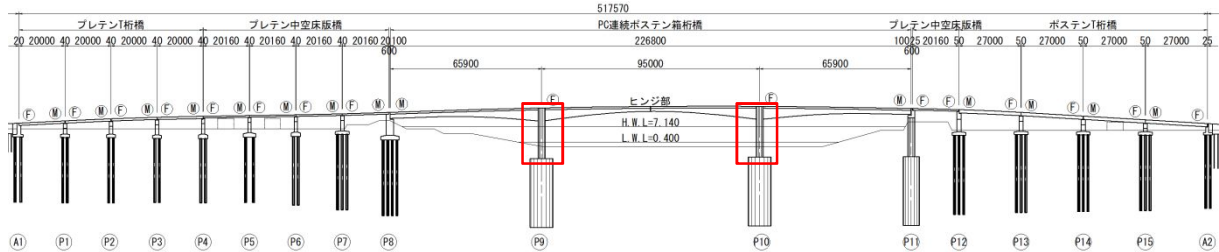
※チョーキングが定着部の後埋めコンクリート



5.10 水中部調査

河川内橋脚である P9、P10 橋脚は柱の下半分が水中部にあることから、潜水士による損傷調査及び洗堀調査を実施した。柱自体には損傷は確認されなかったが、一部橋脚回りの土被りが小さくなっている箇所が確認された。

■調査位置図

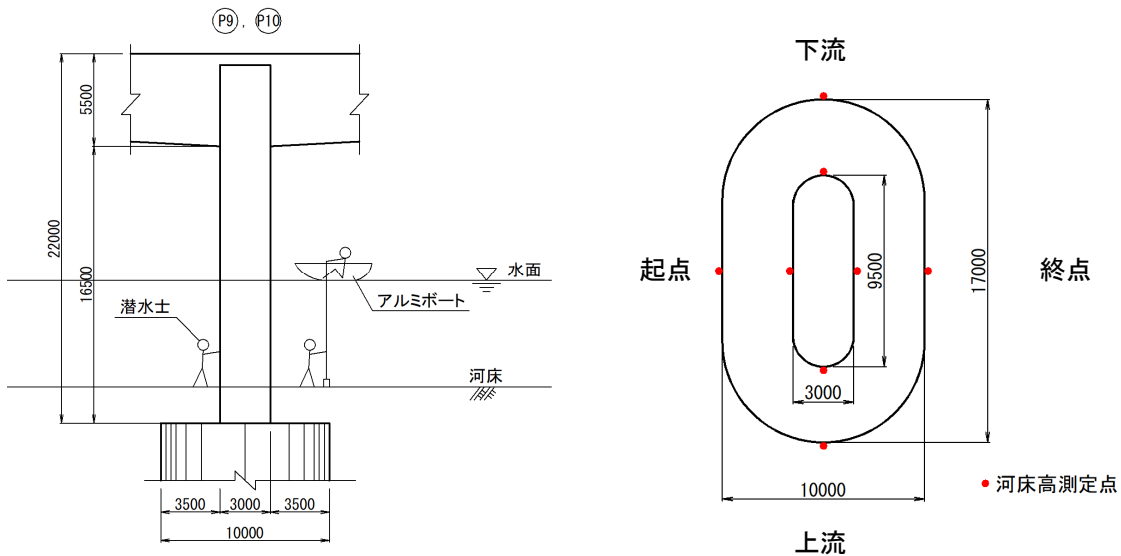


■調査方法

洗堀調査は、下図のようにアルミボートから巻き尺を下し水深を図る。また、レーザー距離計でアルミボートから主桁下面までの高さを計測し、河床とケーソン上面の位置関係を決定する。

測定箇所は、柱及びケーソン外周の上下流、起終点の8箇所とする。

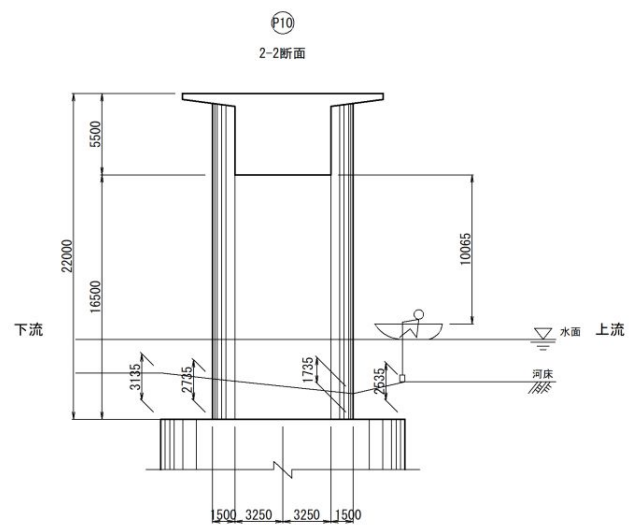
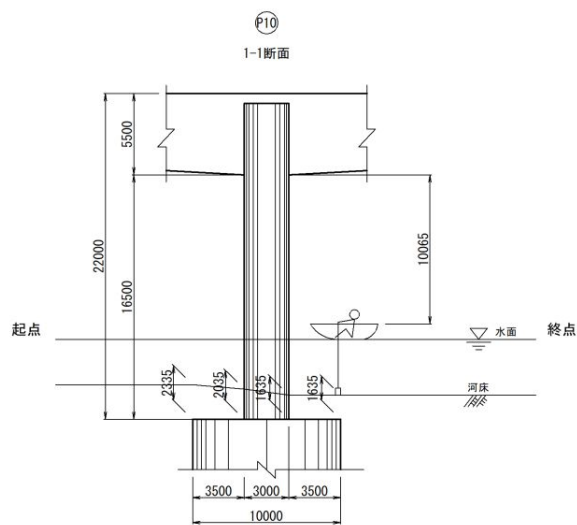
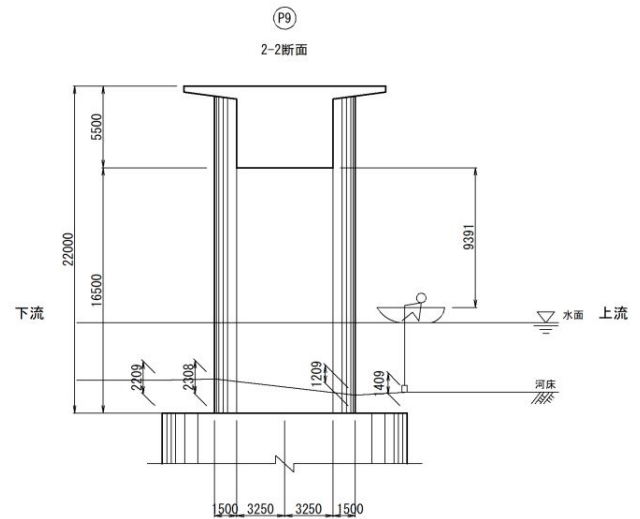
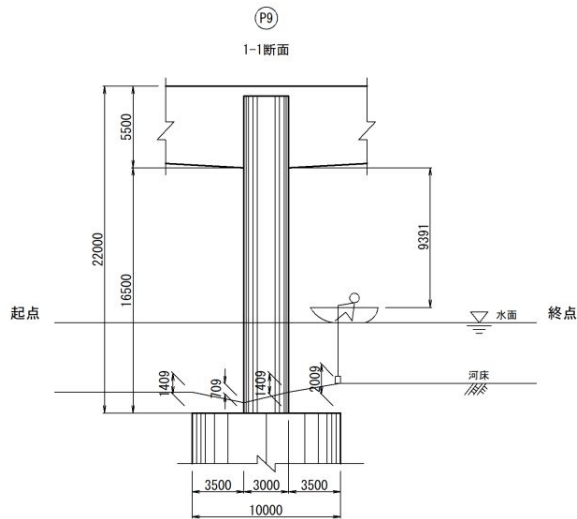
損傷調査は、潜水士による近接目視とし、柱の上下流、起終点それぞれに対し、上部、中部、下部の損傷状況を確認する。



■調査結果

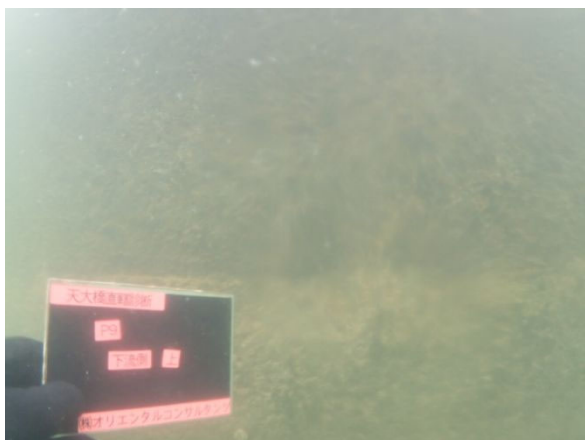
・洗堀調査

P9、P10 橋脚の調査時の土被りを下図に示す。

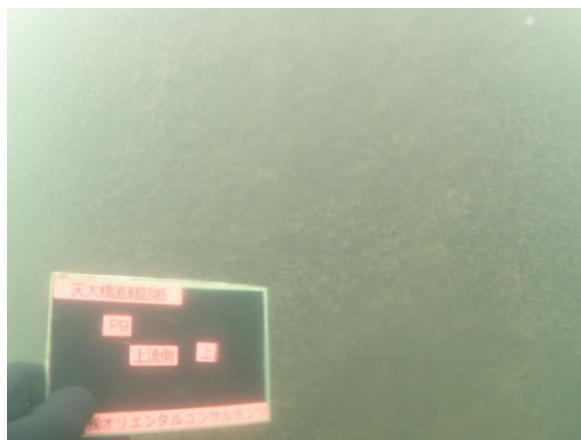


・**損傷調査**

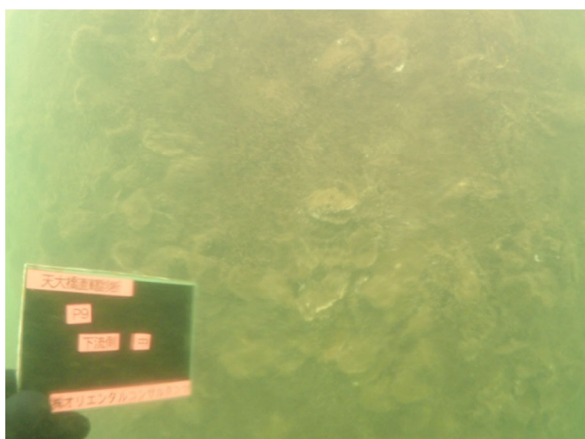
柱自体に損傷は確認されなかった。



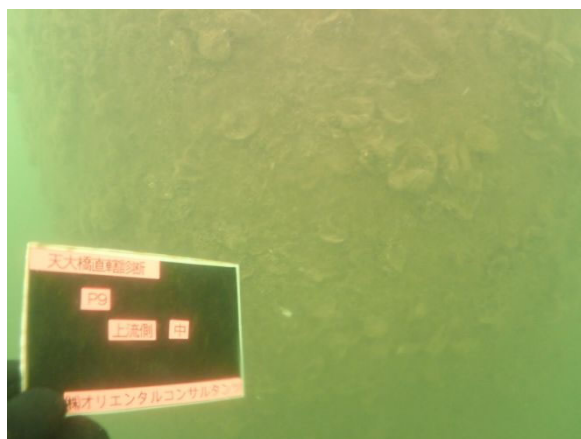
P9 橋脚 下流側 上部



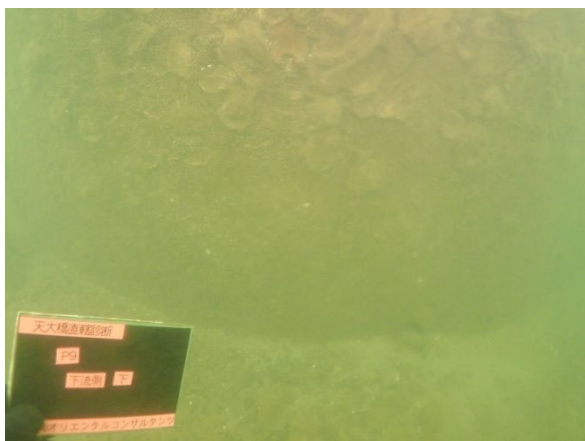
P9 橋脚 上流側 上部



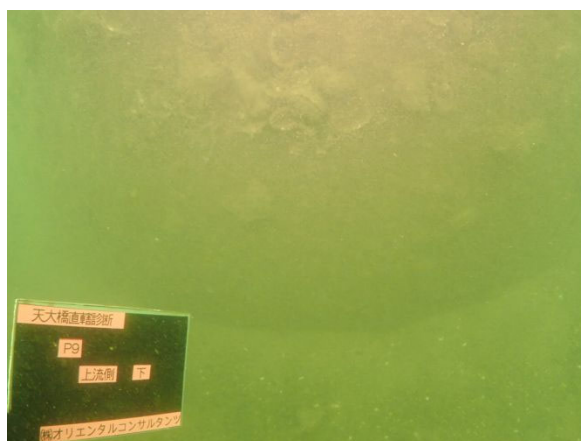
P9 橋脚 下流側 中部



P9 橋脚 上流側 中部



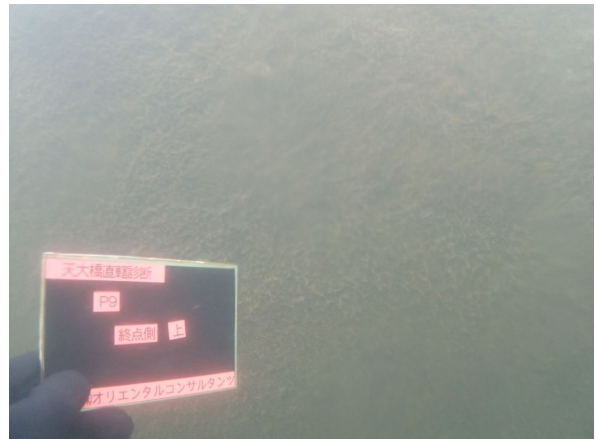
P9 橋脚 下流側 下部



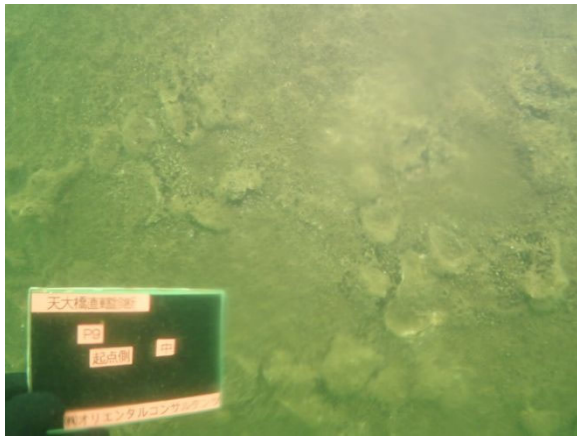
P9 橋脚 上流側 下部



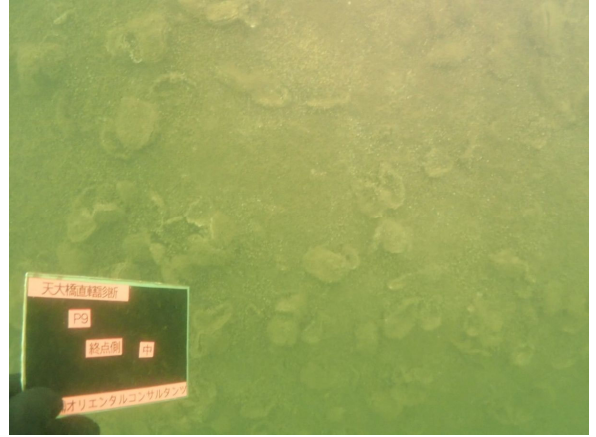
P9 橋脚 起点側 上部



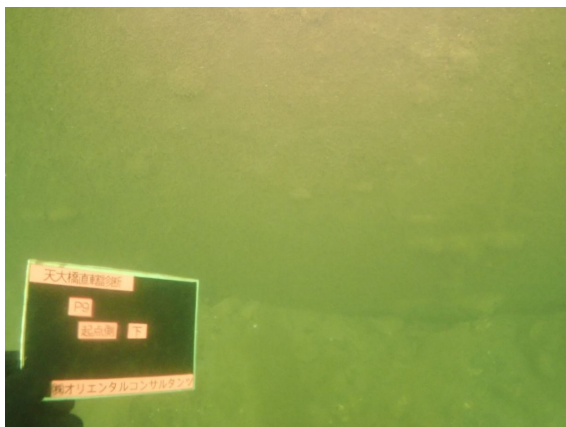
P9 橋脚 終点側 上部



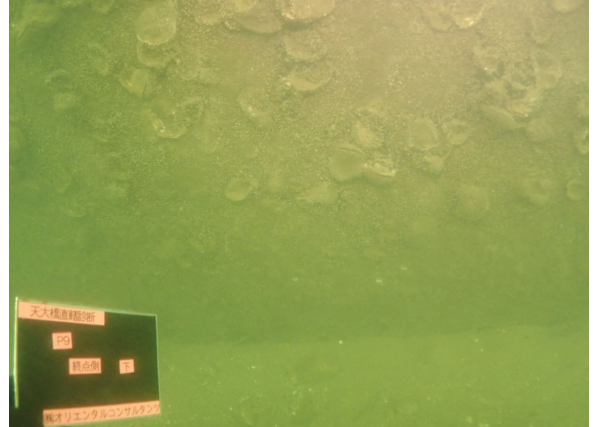
P9 橋脚 起点側 中部



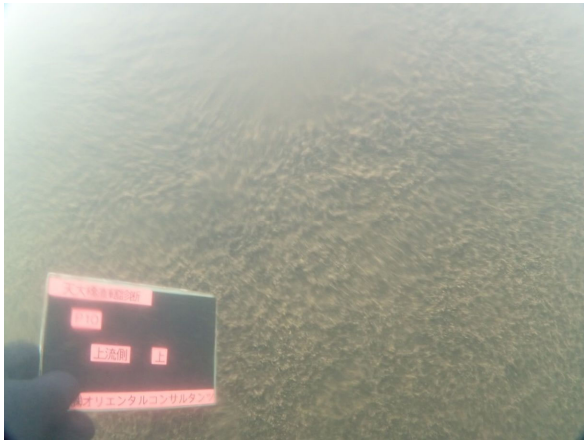
P9 橋脚 終点側 中部



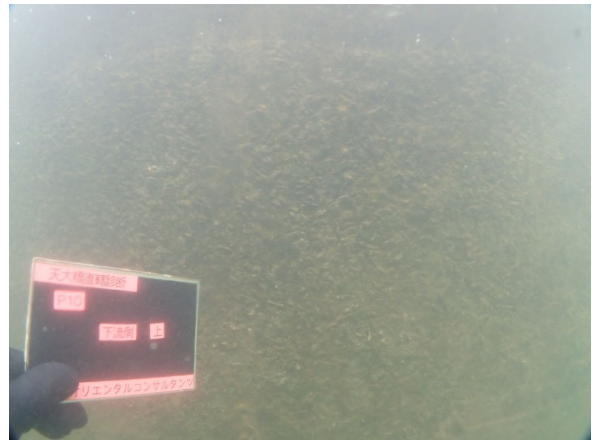
P9 橋脚 起点側 下部



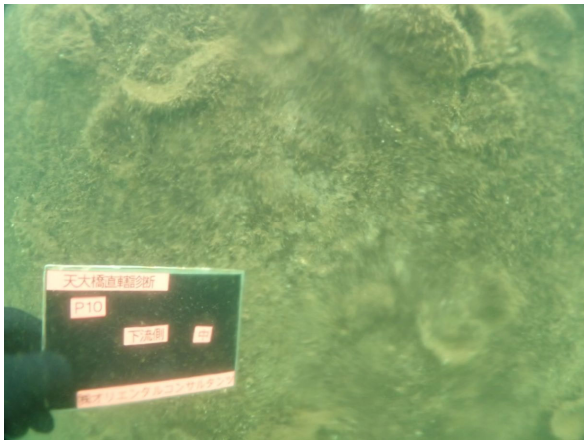
P9 橋脚 終点側 下部



P10 橋脚 下流側 上部



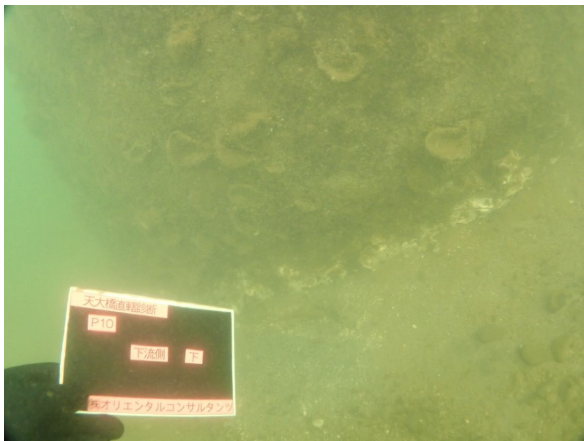
P10 橋脚 上流側 上部



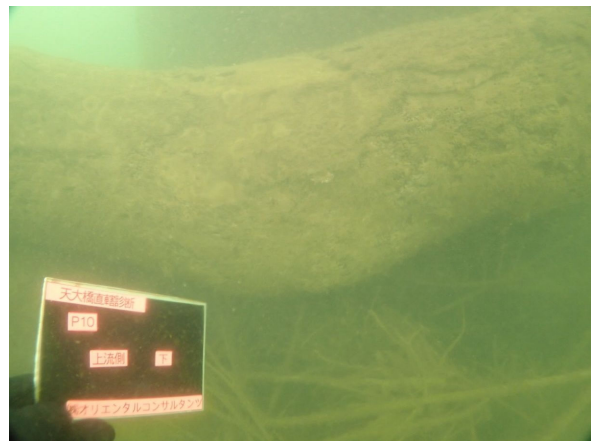
P10 橋脚 下流側 中部



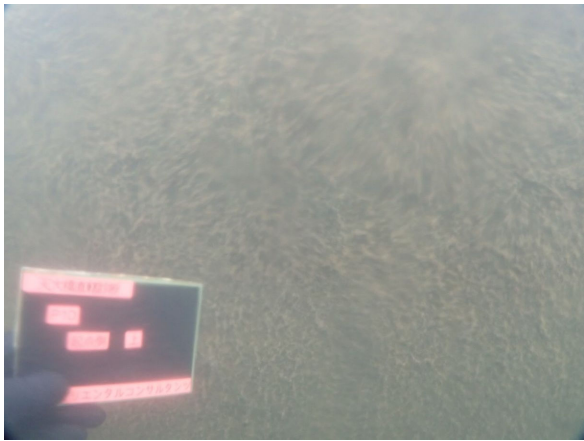
P10 橋脚 上流側 中部



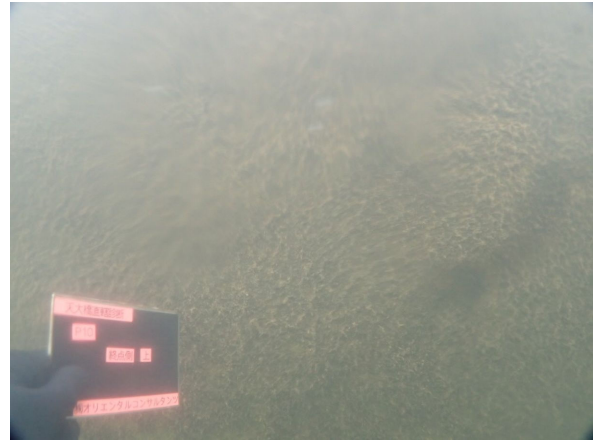
P10 橋脚 下流側 下部



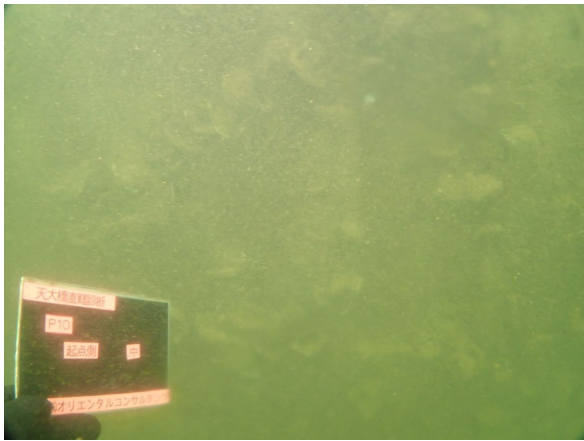
P10 橋脚 上流側 下部



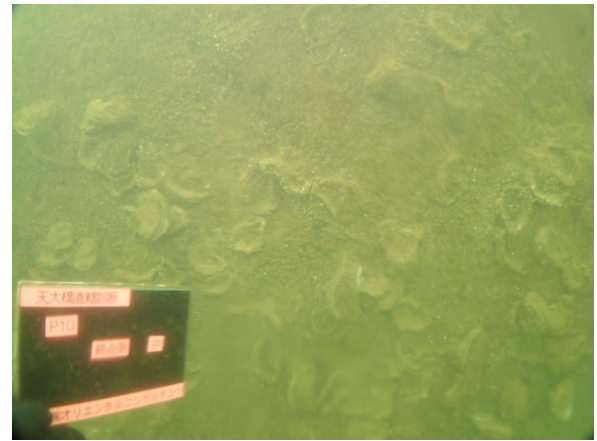
P10 橋脚 起点側 上部



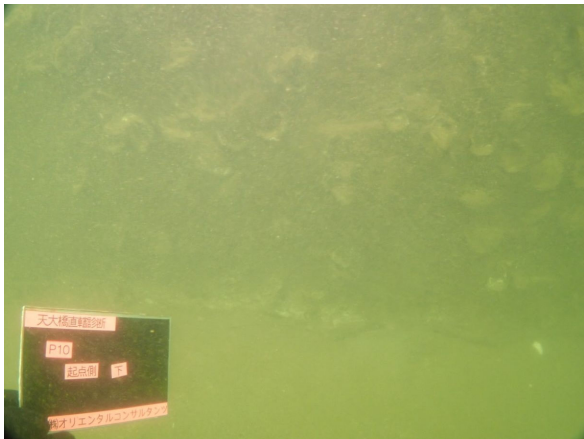
P10 橋脚 終点側 上部



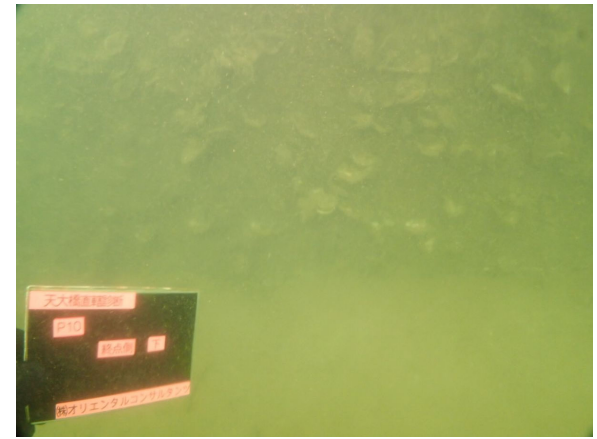
P10 橋脚 起点側 中部



P10 橋脚 終点側 中部



P10 橋脚 起点側 下部



P10 橋脚 終点側 下部