

旭高架橋橋脚上面ひび割れ及び表面保護用型枠うきに関する調査検討委員会

(第1回委員会)

議事次第

1. 日 時 平成20年12月12日(金) 10:00～12:00
2. 場 所 国土交通省 関東地方整備局 常陸河川国道事務所 第1会議室

3. 議事次第

(開 会)

挨拶

常陸河川国道事務所長

出席者の紹介

委員会設立趣意説明(案)及び規約(案)

委員長選出

委員会運営方針(案)

(議事)

1. 橋梁概要及び橋脚の損傷状況
2. 応急処置の状況
3. 橋梁設計及び施工状況
4. 今後の詳細調査

(閉会)

旭高架橋橋脚上面ひび割れ及び表面保護用型枠うきに関する調査検討委員会
(第1回委員会)
議事概要

1. 日 時：平成20年12月12日（金）10：00～12：30
2. 場 所：国土交通省 関東地方整備局 常陸河川国道事務所 第1会議室
3. 出席者：出席者名簿のとおり
4. 議事概要
 - (1) 委員会設立趣意書（案）及び規約（案）について
 - 事務局より委員会設立趣意書（案）及び規約（案）について説明
 - 審議結果
 - ・ 委員会設立趣意書（案）及び規約（案）について了承された。
 - (2) 委員長選出
 - 委員からの推薦により委員長として茨城大学の横山教授が選出された。
 - 審議結果
 - ・ 委員長は横山教授で了承された。
 - (3) 委員会運営方針（案）について
 - 事務局より委員会運営方針（案）について説明
 - 審議結果
 - ・ 委員会運営方針（案）について了承された。
 - (4) 橋梁概要及び橋脚の損傷状況、応急処置の状況、橋梁設計及び施工状況、今後の詳細調査
 - 事務局より橋梁概要及び橋脚の損傷状況、応急処置の状況、橋梁設計及び施工状況、今後の詳細調査について説明
 - 審議結果
 - ・ P9橋脚上面ひび割れについて、ひび割れ確認以降、定期的に監視しているが、応急処理前及び処理後もひび割れの進展は認められないことを報告した。
 - ・ 以下の意見が出されたことから、これらについて調査・整理を行った上で、次回委員会において議論する。
 - ・ 塩害対策において、型枠の構造や設計から期待される性能について整理を行う。
 - ・ 型枠施工時の施工方法の詳細とその影響について確認を行う。
 - ・ 型枠に生じたひび割れのパターン・傾向性とひび割れ発生原因について整理を行う。
 - ・ 施工状況について時間経過と事実関係について整理を行う。
 - ・ 本橋設計時のFEM解析結果等を参考に、橋脚の沓座部の応力状態について確認を行う。
 - ・ 今後の詳細調査について了解を得た。

以 上

旭高架橋橋脚上面ひび割れ及び表面保護用型枠うきに関する調査検討委員会

第1回委員会 出席者名簿

<委員>

茨城大学工学部都市システム工学科	教 授	横山 功一
〃	〃	福澤 公夫
国土政策技術総合研究所道路研究部		
道路構造物管理研究室	室 長	玉越 隆史
(独) 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	中谷 昌一
〃	〃	運上 茂樹
関東地方整備局道路部道路工事課	課 長 補 佐	村刺 徹雄(代理)
〃 道路部道路管理課	課 長	柏樹 重暢
〃 常陸河川国道事務所	所 長	梅田 和男

旭高架橋橋脚上面ひび割れ及び表面保護用型枠うきに関する 調査検討委員会 規約（案）

（名 称）

第1条 本委員会は、「旭高架橋橋脚上面ひび割れ及び表面保護用型枠うきに関する調査検討委員会」（以下、「委員会」という）と称する。

（目 的）

第2条 本委員会は、国道6号（日立バイパス）旭高架橋橋梁上面のひび割れ及び表面保護用型枠のうき・破損原因を究明し保全対策について学識経験者等による専門的立場から具体的に検討することを目的とする。

（検討事項）

第3条 委員会は、前条の目的を達成するために以下の事項について検討を行う。

- ・ 橋脚上面のひび割れ原因の調査及び分析
- ・ 表面保護用型枠のうき・損傷原因の調査及び分析
- ・ 補修方法の検討
- ・ その他、委員会の目的を達成するために必要な事項の検討

（構 成）

第4条 委員会は、学識経験者等をもって構成し、委員は別紙「委員名簿」のとおりとする。

2 委員の追加及び変更は、委員会の承認を要するものとする。

3 委員会は、必要に応じて、専門家や有識者等の参加を求めることができる。

（第三者性）

第5条 委員は、委員会の目的に照らし、公正中立な立場から特定の行政機関及び特定の利害関係者等の利害を代表してはならない。

（委員の任期）

第6条 委員の任期は、委員会の検討事項が終了するまでとする。

(委員長)

第7条 委員長は、委員の互選によって選出し、委員会を総括する。

2 委員長が、職務を遂行できない場合は、予め委員長が指名する委員がその職務を代理する。

(委員会の運営)

第8条 委員会は、委員長の発議に基づいて開催する。

2 委員会は、会の運営にあたり必要な資料等を事務局に求めることができる。

(守秘義務)

第9条 委員は、公開することが望ましくない個人情報等について漏洩してはならない。

(審議内容の公開)

第10条 委員会議事概要については、委員の了解をとった上で速やかに公開するものとする。

(事務局)

第11条 委員会を運営するため、事務局を以下に設置する。

・国土交通省 関東地方整備局 常陸河川国道事務所 工務第二課

(その他)

第12条 本規約に定めるもののほか必要な事項は、その都度委員会において審議して定めるものとする。また、本規約の改正等は、本委員会の審議を経て行うことができるものとする。

附 則 この規約は、平成20年12月12日から施行する。

旭高架橋橋脚上面ひび割れ及び表面保護用型枠うきに
関する調査検討委員会
委員名簿

	所属	役職	氏名
委員	茨城大学 工学部 都市システム工学科	教授	横山 功一
委員	茨城大学 工学部 都市システム工学科	教授	福澤 公夫
委員	国土政策技術総合研究所 道路研究部 道路構造物管理研究室	室長	玉越 隆史
委員	(独)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	中谷 昌一
委員	(独)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	運上 茂樹
委員	関東地方整備局 道路部 道路工事課	課長	大原 泉
委員	関東地方整備局 道路部 道路管理課	課長	柏樹 重暢
委員	関東地方整備局 常陸河川国道事務所	所長	梅田 和男

旭高架橋橋脚上面ひび割れ及び表面保護用型枠うきに関する 調査検討委員会

設 立 趣 意 書

平成20年12月12日
国 土 交 通 省
関 東 地 方 整 備 局
常 陸 河 川 国 道 事 務 所

旭高架橋は、国道6号日立バイパスに架かる橋長981.2mの7径間連続PC箱桁の2連構造からなる道路橋で、平成20年3月に供用したものである。

また、太平洋の荒波から橋脚表面を保護することを目的に、橋脚表面に高耐久性埋設型枠を使用しているが、現在、その型枠にうき及び破損が生じている。さらに、橋脚上面にもひび割れが生じている状況である。

型枠のうき・破損及び橋脚上面のひび割れにより、安全な交通の確保に支障をきたすことはないと考えますが、現在の状況を放置することで橋の劣化が進み架け替え時期を早める可能性がある。また、必要に応じ早期に橋の保守を行うことで、架け替え時期を遅らせライフサイクルコストの削減に繋がる余地もあると考えられる。

このため、橋梁上面のひび割れ及び表面保護用型枠のうき・破損原因を究明し保全対策を検討するため、学識経験者等で構成する「旭高架橋橋脚上面ひび割れ及び表面保護用型枠うきに関する調査検討委員会」を設置し、専門的立場から指導・助言を頂くものである。

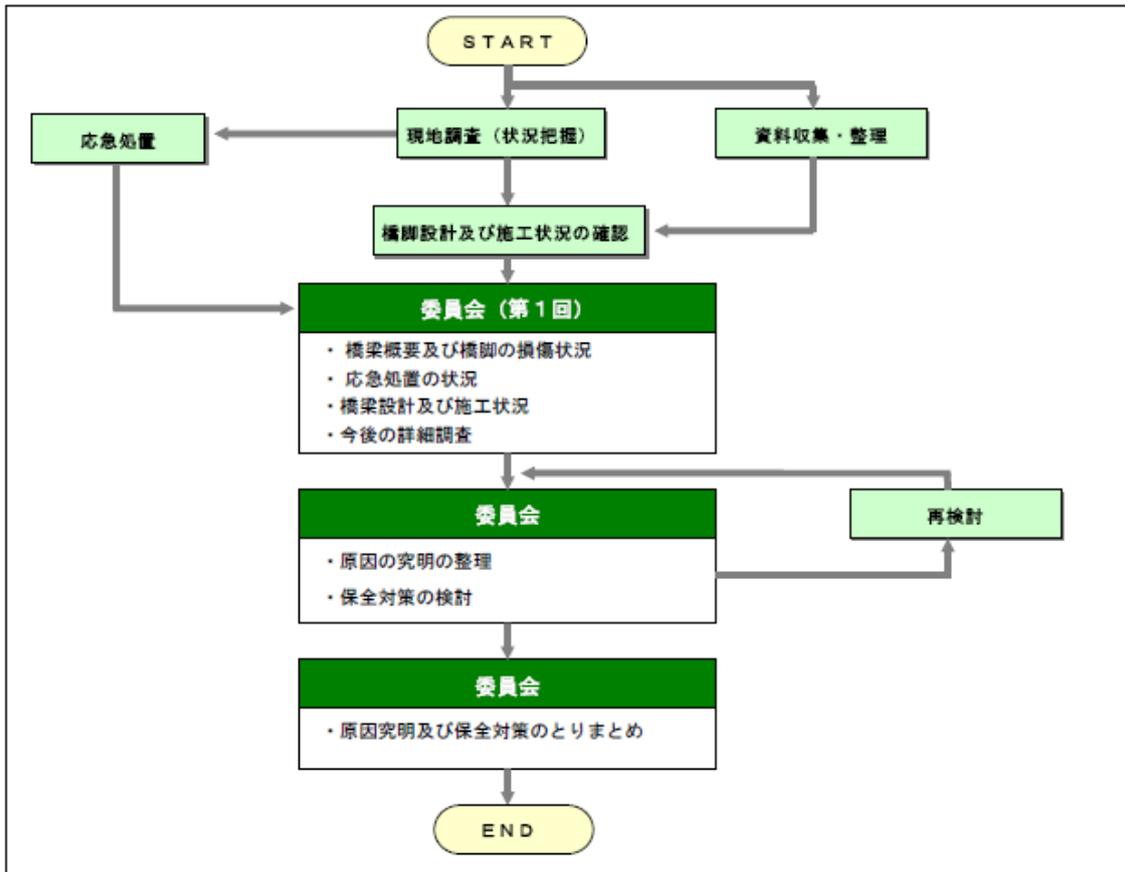
旭高架橋橋脚上面ひび割れ及び表面保護用型枠うきに関する調査検討委員会

委員会運営方針（案）について

1. 設置目的

本委員会は、国道6号（日立バイパス）旭高架橋において発生した、橋梁上面のひび割れ及び表面保護用型枠のうき・破損原因を究明し保全対策について検討を行うものである。

2. 調査検討の流れ



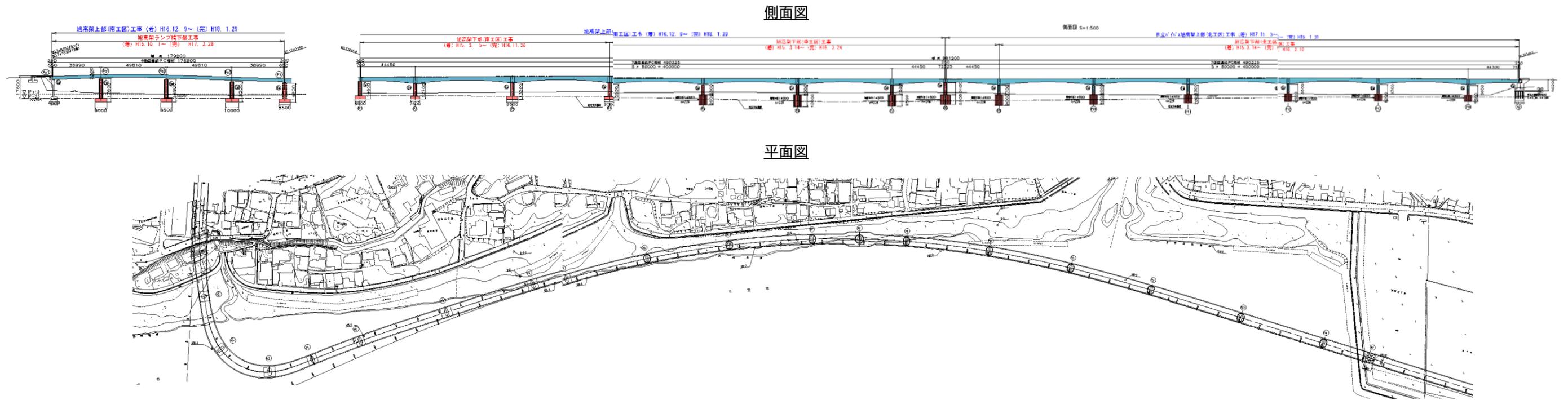
＜委員会資料概要版＞

－資料目次－

1. 橋梁概要及び橋脚の損傷状況	1
2. 応急処置の状況	7
3. 橋梁設計及び施工状況	8
4. 今後の詳細調査	15

1. 橋梁概要及び橋脚の損傷状況

全体一般図



設計条件

道路規格	: 第3種第1級 (設計速度 暫定時 60km/h、完成時 80km/h)
橋長	: [ランプ] 179.200m、[本線] 981.200m
有効幅員	: [ランプ] 8.000~12.000m、[本線] 8.250m
平面線形	: [ランプ] R= ~A=45~R=50~A=45~R= [本線] R= ~R=1200~R= ~A=220~R=900~A=450~R=
上部工形式	: [ランプ] 4径間連続 PC 箱桁、[本線] 7径間連続 PC 箱桁×2連
下部工形式	: RC 橋脚 (小判型)、ラーメン式橋台 (As1)、逆 T 式橋台 (A2)
基礎工形式	: 直接基礎 (As1~P4)、鋼管矢板基礎 (P5~P14)、杭基礎 (A2)

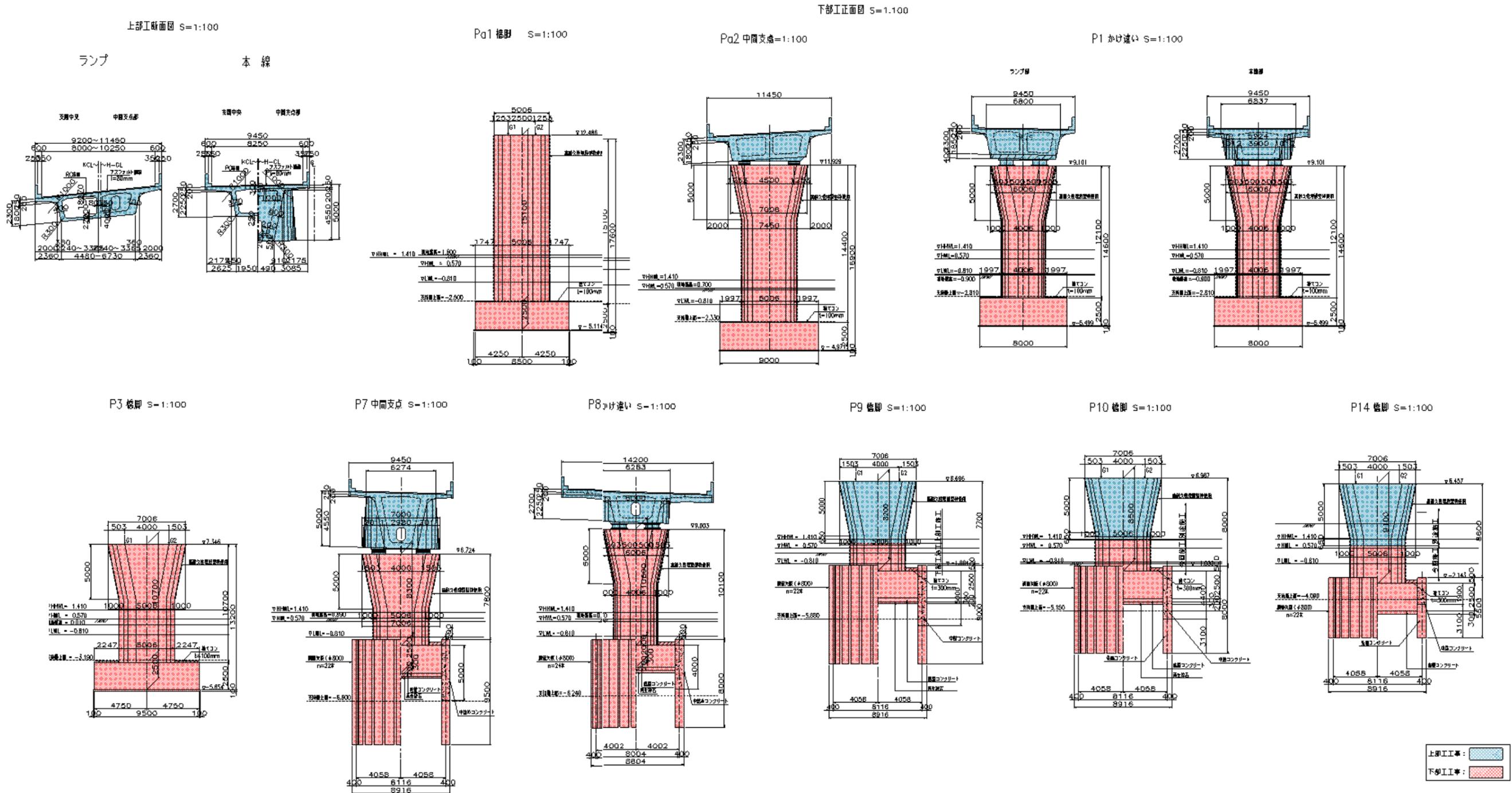
設計経緯

平成 12 年度 旭高架橋設計業務
 平成 8 年度道路橋示方書に基づき上下部工詳細設計実施
 平成 14 年度 旭高架橋修正設計業務
 平成 14 年道路橋示方書の改訂による修正設計
 (かぶり厚の増厚に伴う修正)
 上部工架設工の修正に伴う下部工の修正設計
 上部工反力修正に伴う支承設計の見直し
 平成 15 年度 旭高架橋詳細設計修正等業務委託
 上部工架設計画の見直しに伴う修正設計
 (修正設計は As1 橋台のみ)
 平成 16 年度 日立バイパス道路構造物設計業務
 工期短縮を考慮した見直しによる上部工修正設計
 上部工反力修正に伴う支承設計の見直し

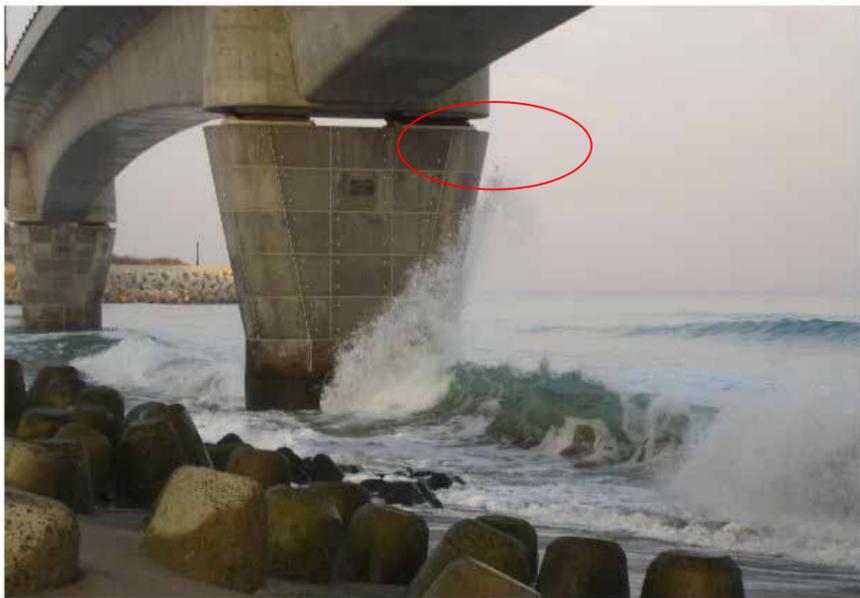
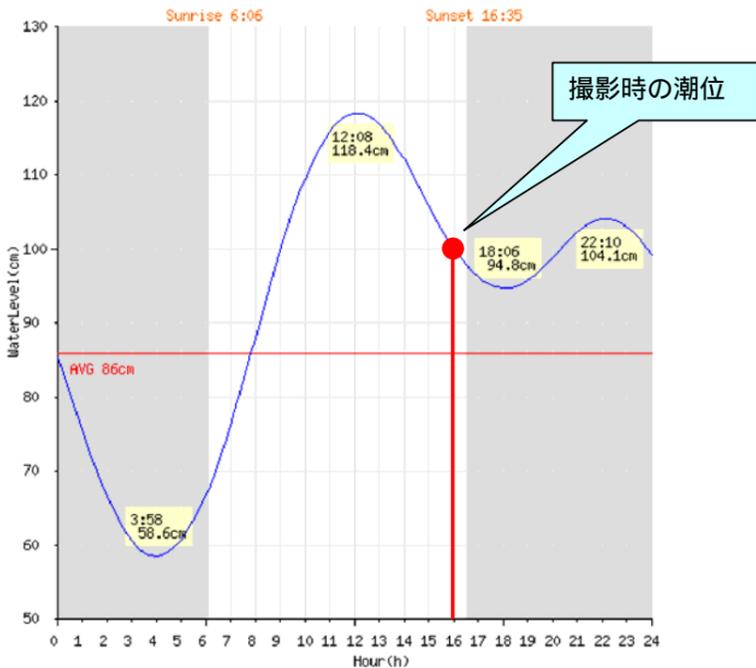
施工概要

< ランプ橋 : Pa1~Pa3、本線橋 P1~P8 >
 ○ 上部工と下部工はそれぞれ異なる業者によって施工。柱頭部施工後、支柱式支保工にて上部工を施工。
 < 本線橋 P9~P14 >
 ○ 上部工は張出し架設による施工となるため、橋脚の中段から上半分については、上部工業者によって施工。
 ○ P10~P14: 移動作業車による張出し施工。
 ○ P8~P9、P9~P10 の中央部: 固定支保工による施工。

1. 橋梁概要及び橋脚の損傷状況



1. 橋梁概要及び橋脚の損傷状況

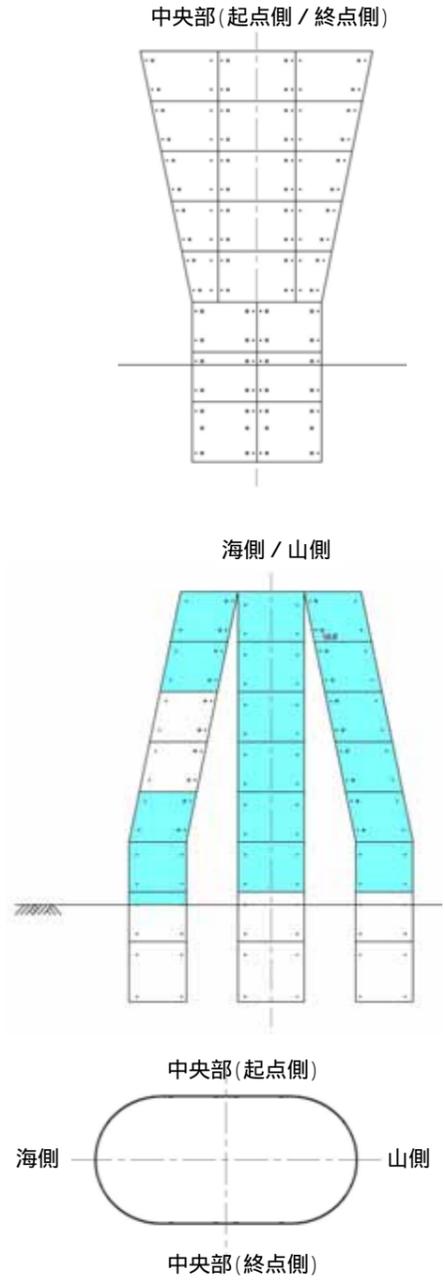
波浪の状況	玉石の状況										
<p>【P10 橋脚】</p> <p>波しぶきは、橋脚上面まで達する</p> 	<p>玉石が点在：1cm～50cm 程度のもので点在</p> 										
<p>付近の海岸には玉石が点在しており、橋脚下端に作用する波の影響により、玉石が埋設型枠に衝突する。</p> 	<p>【撮影日時：2008/11/07 16:00】</p>  <table border="1"> <caption>Tide Chart Data (Water Level in cm)</caption> <thead> <tr> <th>Time (h)</th> <th>Water Level (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3:58</td> <td>58.6</td> </tr> <tr> <td>12:08</td> <td>118.4</td> </tr> <tr> <td>16:06</td> <td>94.8</td> </tr> <tr> <td>22:10</td> <td>104.1</td> </tr> </tbody> </table> <p>Average Water Level (AVG): 86cm</p>	Time (h)	Water Level (cm)	3:58	58.6	12:08	118.4	16:06	94.8	22:10	104.1
Time (h)	Water Level (cm)										
3:58	58.6										
12:08	118.4										
16:06	94.8										
22:10	104.1										

1. 橋梁概要及び橋脚の損傷状況

橋脚損傷状況一覧表

橋脚名称	損傷状況						
	橋脚上面			表面保護用型枠			
	山側	中央部	海側	山側	中央部(起点側)	中央部(終点側)	海側
Pa1	ひびわれ(w=0.1mm以下)	無	ひびわれ(w=0.1mm以下) 型枠の剥離(L=700)	うき(21/33)	無	ひびわれ(w=0.1mm以下)	うき(24/33) ひびわれ(w=0.1~0.5mm)
Pa2	型枠の剥離(L=1050) 沓座モルタルひびわれ(w=0.1mm以下)	ひびわれ(w=0.1mm以下)	ひびわれ(w=0.1mm以下) 型枠の剥離(L=500) 沓座モルタルひびわれ(w=0.1mm以下)	うき(5/36)	無	無	うき(20/36) ひびわれ(w=0.2mm)
Pa3	ひびわれ(w=0.1mm以下)	無	沓座モルタルひびわれ(w=0.1mm以下)	うき(10/30) ひびわれ(0.1~0.3mm)	無	無	うき(9/30) ひびわれ(w=0.2mm)
P1	型枠の剥離(L=1200)	無	沓座モルタルひびわれ(w=0.1mm以下)	うき(8/27) ひびわれ(W=0.2~1.5mm)	無	無	うき(7/27) ひびわれ(W=0.8mm)
P2	型枠の剥離(L=800, 800, 2250) 沓座モルタルひびわれ(w=0.1mm以下)	ひびわれ(w=0.1mm以下)	ひびわれ(w=0.1mm以下) 型枠の剥離(L=1500, 1300) 沓座モルタルひびわれ(w=0.1mm以下)	うき(11/24) ひびわれ(0.1mm以下)	無	無	うき(11/24)
P3	沓座モルタルひびわれ(w=0.1mm以下)	ひびわれ(w=0.1mm以下)	ひびわれ(w=0.1mm以下) 型枠の剥離(L=1150) 沓座モルタルひびわれ(w=0.1mm以下)	うき(2/21)	無	うき(2/14)	うき(8/21) ひびわれ(W=0.2~0.3mm)
P4	ひびわれ(w=0.1mm以下)	無	無	うき(3/24)	無	無	うき(5/24)
P5	型枠の剥離(L=3600)	無	ひびわれ(w=0.1mm以下) 型枠の剥離(L=3600)	うき(17/21) ひびわれ(w=0.1mm以下)	無	無	うき(15/21) ひびわれ(w=0.1~0.3mm)
P6	ひびわれ(w=0.7mm) 型枠の剥離(L=1850)	無	型枠の剥離(L=1500, 1400)	うき(16/21)	うき(1/19)	ひびわれ(w=0.1mm以下)	うき(17/21) ひびわれ(w=0.1mm以下) 欠損(2/21)
P7	ひびわれ(w=0.5mm) 型枠の剥離(L=940) 沓座モルタルひびわれ(w=0.1mm以下)	無	無	うき(13/18)	うき(2/17)	うき(4/17)	うき(13/18) ひびわれ(w=0.2mm) 欠損(1/18)
P8	無	無	無	うき(15/27) ひびわれ(w=0.2mm)	うき(1/12)	うき(1/12)	うき(14/27) ひびわれ(w=0.1~1.0mm) 欠損(3/27)
P9	ひびわれ(w=5.0mm) 型枠の剥離(L=1350) うき	無	ひびわれ(w=0.1mm以下) 型枠の剥離(L=1350, 1350, 1350)	うき(17/21) ひびわれ(w=0.2mm)	無	ひびわれ(w=0.1mm以下)	うき(18/21) ひびわれ(w=0.1~0.3mm) 欠損(1/21)
P10	ひびわれ(w=0.1~0.15mm) 型枠の剥離(L=940)	無	ひびわれ(w=0.1mm以下) 型枠の剥離 沓座モルタルひびわれ(w=0.1mm以下)	うき(15/21) ひびわれ(w=0.1mm以下)	無	無	うき(15/21) ひびわれ(w=0.25mm)
P11	型枠の剥離(L=750) 沓座モルタルひびわれ(w=0.1mm以下)	無	型枠の剥離(L=1700, 1700) 沓座モルタルひびわれ(w=0.1~0.3mm)	うき(10/21) ひびわれ(w=0.1mm以下)	無	無	うき(10/21) ひびわれ(w=0.1mm以下)
P12	型枠の剥離(L=2000)	無	無	うき(10/21)	うき(1/19)	ひびわれ(w=0.1mm以下)	うき(13/21) ひびわれ(w=0.1~0.2mm)
P13	ひびわれ(w=0.3mm) 型枠の剥離(L=2000)	無	型枠の剥離(L=1000, 1200) 沓座モルタルひびわれ(w=0.1mm以下)	うき(14/21) ひびわれ(w=0.1~0.7mm)	ひびわれ(w=0.1mm以下)	無	うき(15/21) ひびわれ(w=0.1mm以下)
P14	ひびわれ(w=0.6mm) 型枠の剥離(L=830, 920) 沓座モルタルひびわれ(w=0.1mm以下)	ひびわれ(w=0.3mm)	ひびわれ(w=0.1mm以下) 型枠の剥離(L=1650) 沓座モルタルひびわれ(w=0.1mm以下)	うき(12/21) ひびわれ(w=0.1~0.2mm)	無	無	うき(16/21) ひびわれ(w=0.1mm以下)

うき()内に示す / は、"うきが生じている型枠の枚数 / 各部位の型枠枚数"



調査結果の特徴

損傷は橋脚上面の“ひび割れ”、表面保護用型枠の“うき”、“ひび割れ”、“剥離”、“欠損”に大別される。
特に、P9橋脚の損傷が激しく、上記損傷が全て発生しているほか、橋脚上面のひび割れ幅は最大5.0mmに達している。

損傷状況の総括【橋脚の上面】

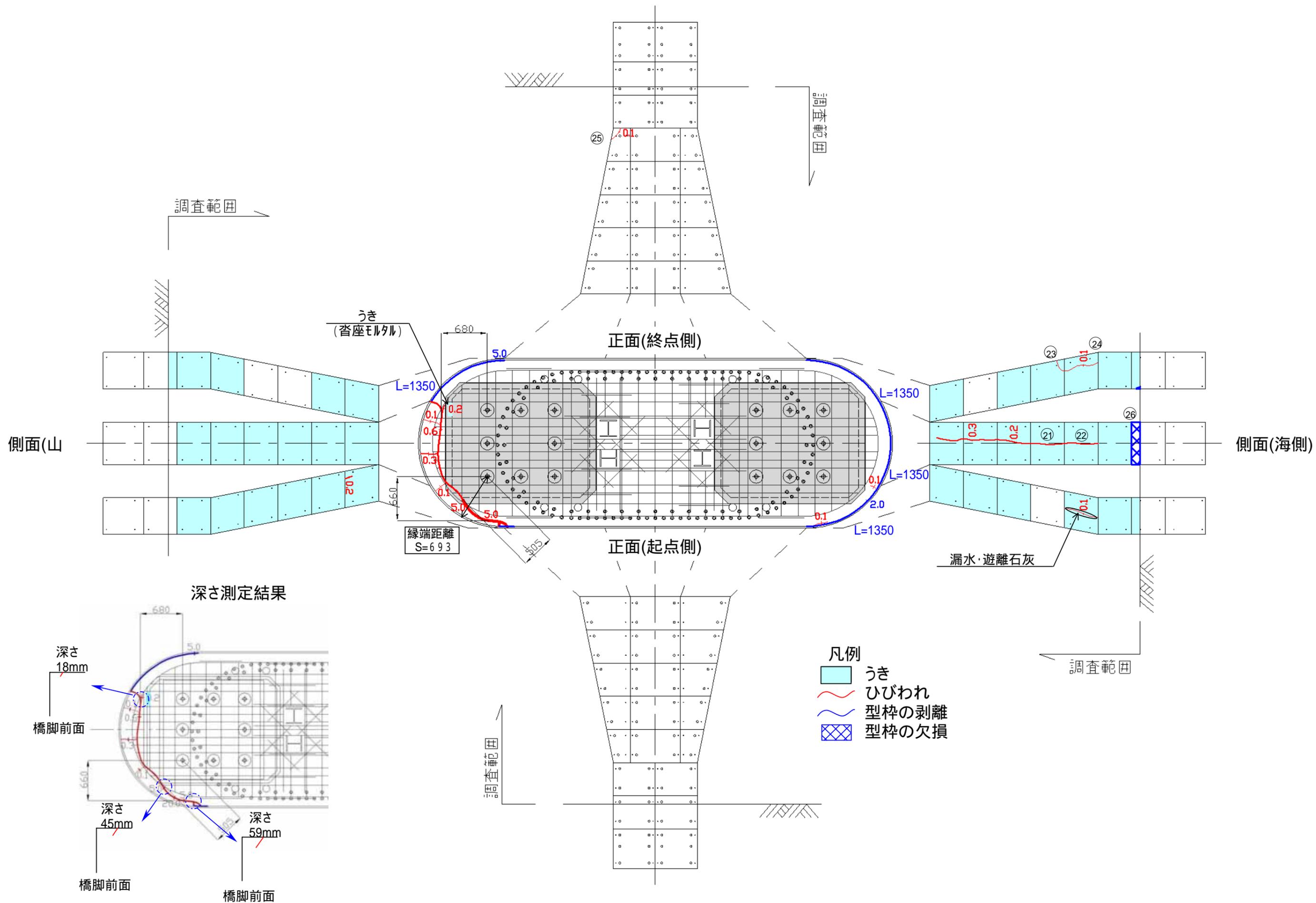
ひびわれ発生箇所：山側及び海側の側面（曲面部）に集中。
P6、P7、P9、P14橋脚以外においては、幅0.1mm程度のひび割れ。
P6、P7、P14橋脚においては、山側のかぶりコンクリートに幅0.5~0.7mm程度のひび割れ。
P9橋脚では、山側のフープ鉄筋周辺部に最大幅5.0mm程度のひび割れ。

損傷状況の総括【表面保護用型枠】

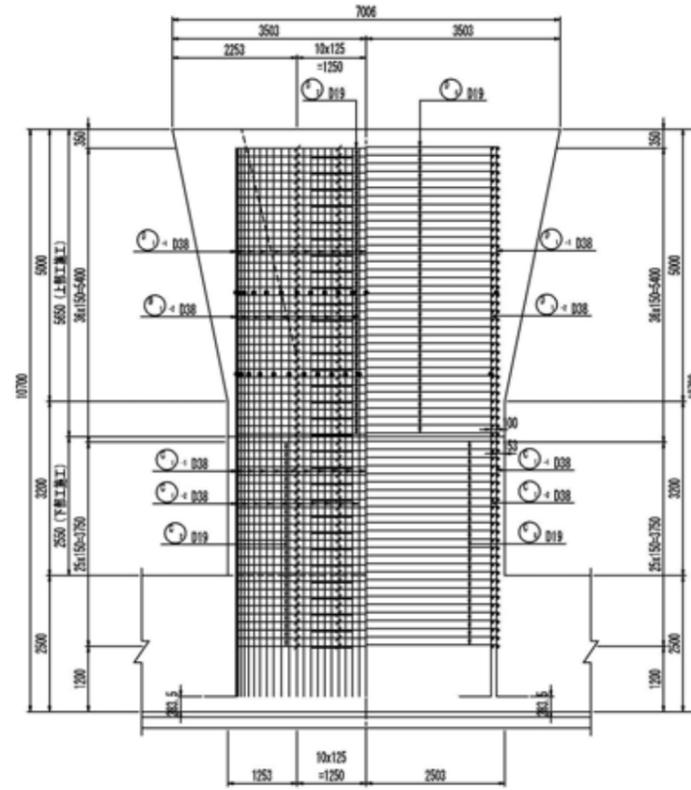
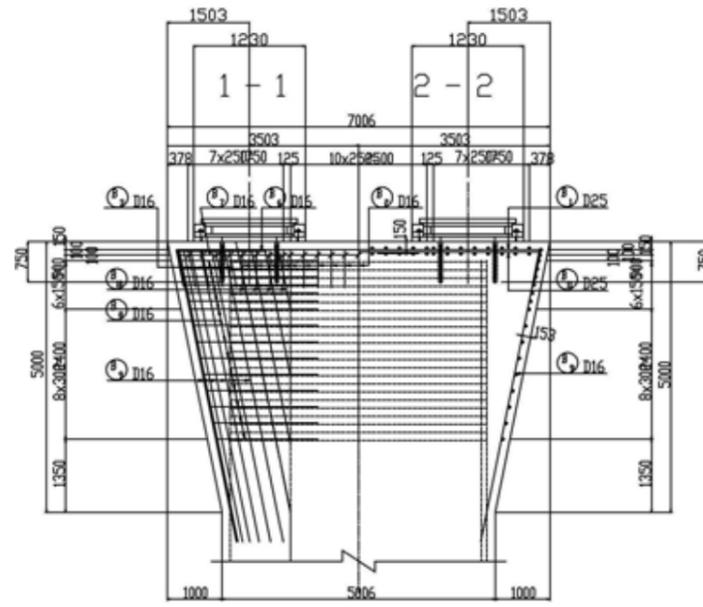
うき：全ての橋脚において、側面（曲面部）に発生。
ひびわれ：P4橋脚を除く全橋脚の側面（曲面部）に発生。
剥離：Pa3、P4、P8を除く橋脚上部付近において剥離が発生。
・P6、P7、P9、P14橋脚では、大きなひび割れが発生した箇所において、表面保護用型枠の剥離はみられない。
浮き、ひび割れ、剥離とも橋脚側面に発生。
欠損：P6、P7、P8、P9橋脚の地表面付近で確認

P9橋脚では、旭高架橋橋脚に見られる損傷（橋脚上面のひび割れ、表面保護用型枠のつき、剥離、ひび割れ、欠損）の全種類が確認されており、橋脚上面のひび割れ幅が最も大きい。
したがって、調査検討においては、代表橋脚としてP9橋脚を対象に設計・施工照査を実施する。

P9橋脚 損傷図



P 9 橋脚 損傷状況写真



うき(沓座モルタル)



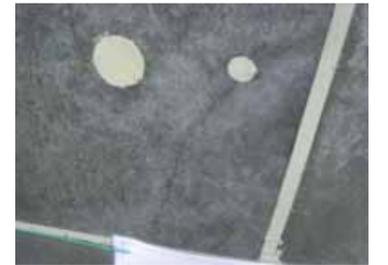
22



23



24



25



26

21

2. 応急処置の状況

劣化進行の抑制、 第三者被害の防止を目的として、応急処置を実施。以下に概要を示す。

劣化進行の抑制 (H20.9.30 完了)

橋脚上面ひび割れからの塩分進入防止

使用材料：粘土セメント

材料選定理由：

応急処理のため、クラック内部まで浸透しない材料(表面保護)

表面処理を行い、補修後もクラック幅の計測が可能となる材料

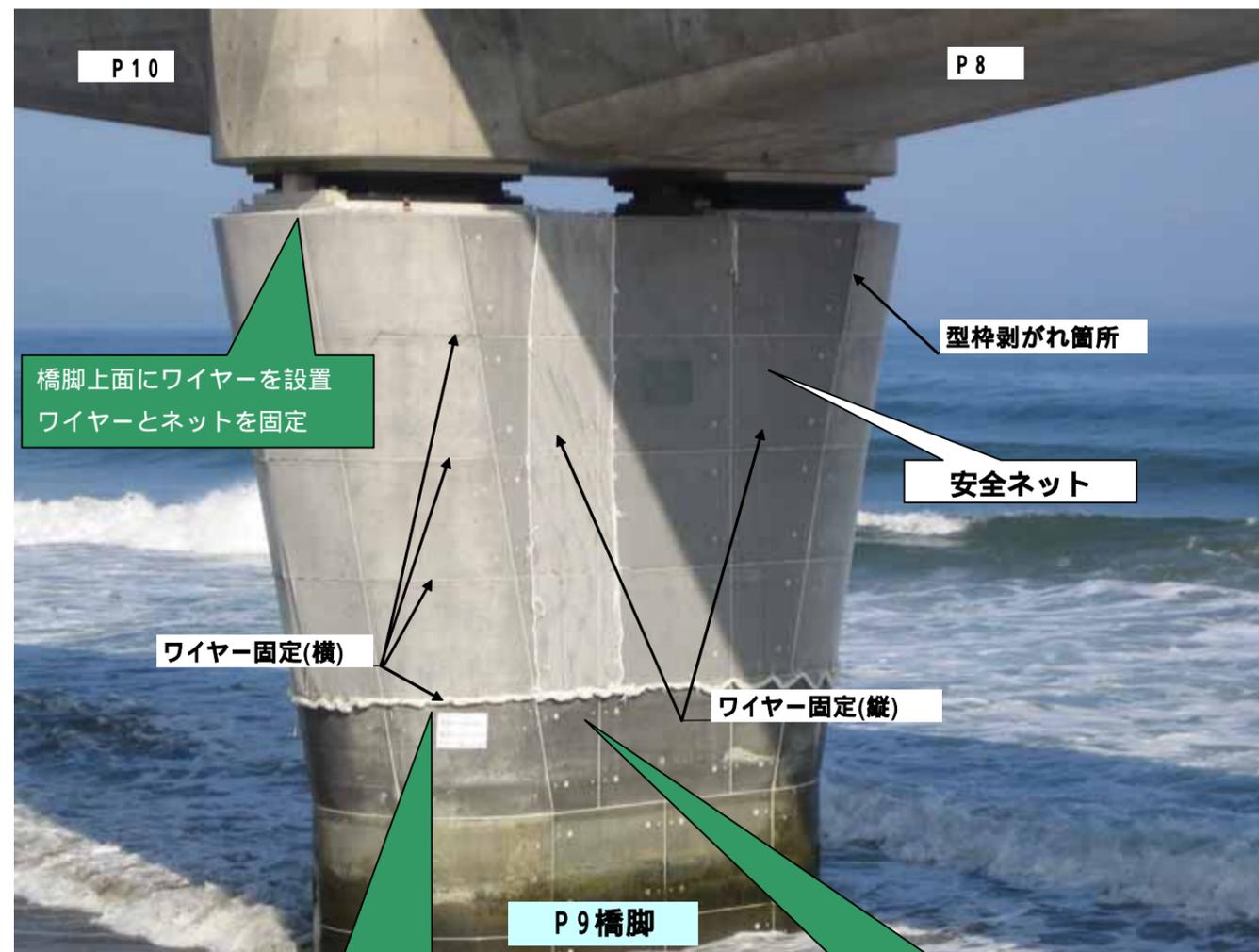
海岸部での工事で実績がある材料(ケーソン等のクラック補修に使用)



第三者被害の防止 (H20.10.11 完了)

型枠落下対策

対策工法：安全ネットで橋脚を包み込み、ワイヤーでネットを固定(地上部への型枠崩落防止)



ワイヤーは、ネットを固定するために使用

ネット下端：一般者のいたずらを防止するため地盤面より 2.0m 程度の高さとした。

3. 橋梁設計及び施工状況

3-1 橋脚上面のひび割れに関する照査結果

1. 設計・地震の影響によるひび割れ発生の可能性

1) 支承部設計の妥当性

沓座部近傍から型枠周辺にかけてひび割れが集中しており、ひび割れの要因として、沓座部の設計、配筋に関連している可能性がある。

照査結果

①沓座縁端距離（アンカーボルト位置）

- ・ 沓座縁端距離は規定を満たしている。
沓座縁端距離 $S=0.693\text{m} > \text{必要縁端距離 } 0.600\text{m}$
- ・ アンカーボルトを起点としたひび割れは現状認められない

②支承反力に対する配筋

- ・ 梁部上面水平（橋軸直角方向）鉄筋は、支承反力によって生じる割裂応力に対して設計され、配筋されている。
- ・ 橋座部鉄筋の構造細目は規定通りである。
- ・ 耐久性に関する構造細目（塩害対策）として、所定かぶりの確保に加え、塗装鉄筋が使用されている。（純かぶり 90mm 以上、かつ塗装鉄筋使用）

③沓座部の設計

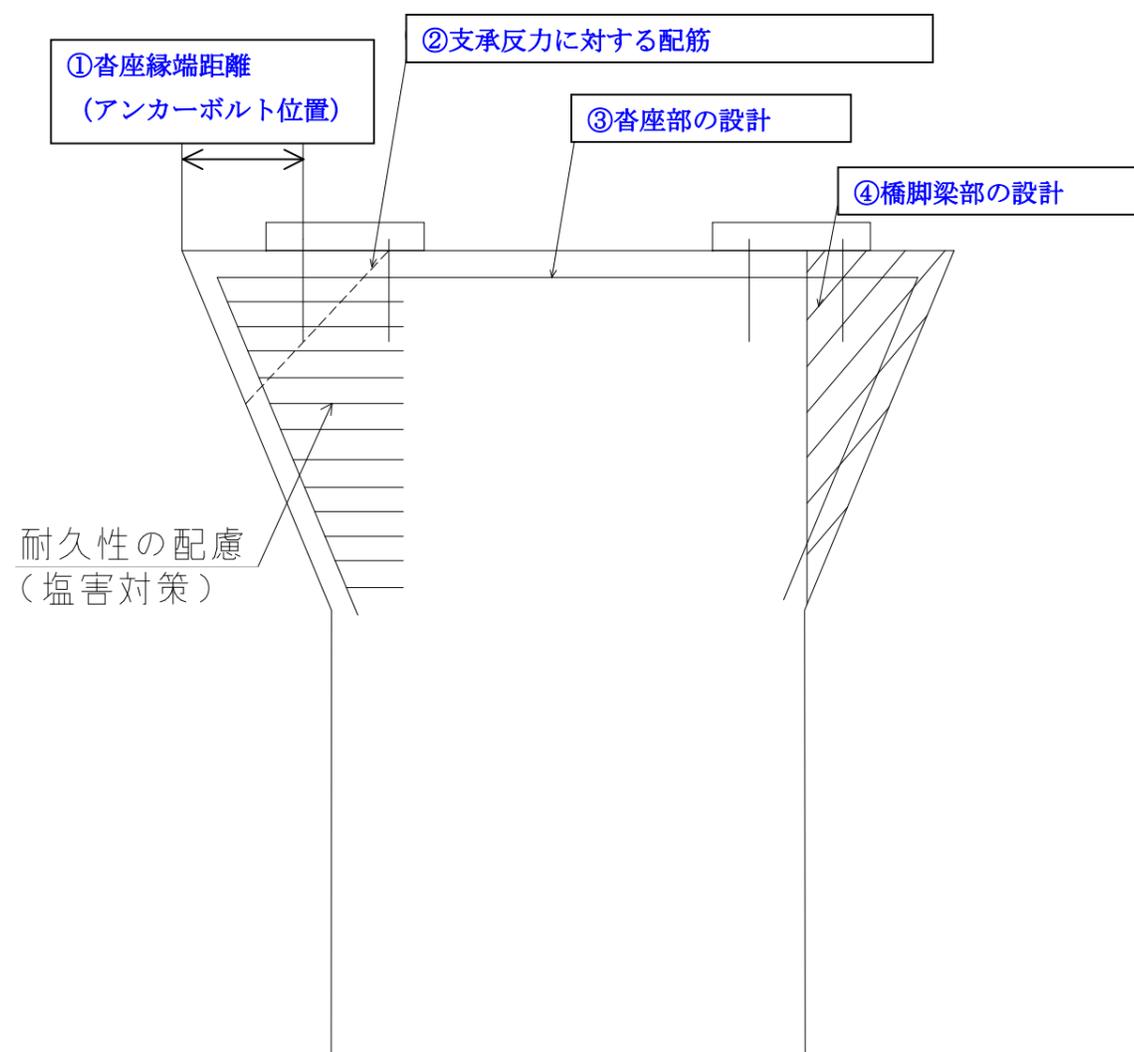
- ・ 橋軸方向及び橋軸直角方向地震時の照査結果、耐力が確保されている。

④橋脚梁部の設計

- ・ コーベルとして照査を行った結果、現在の配筋で安全性は確保できている。

⑤地震記録の調査

- ・ 設計に使用した地震波の最大加速度は、タイプ I が 322.70gal、タイプ II が 812.02gal である。
- ・ 平成 20 年 7 月 15 日の地震の最大加速度は 417gal である。

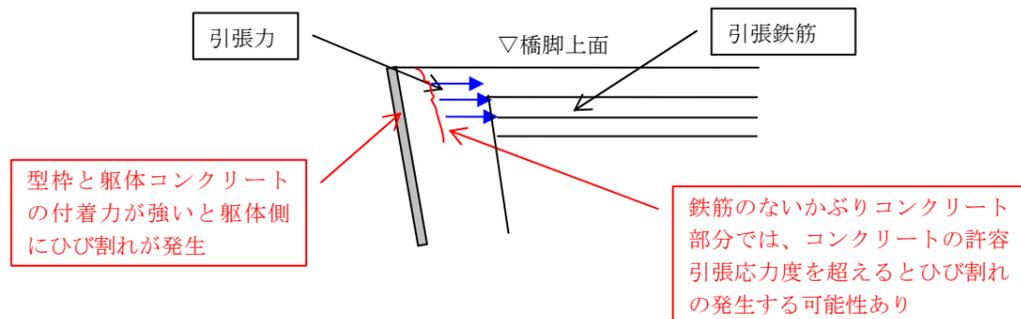


3. 橋梁設計及び施工状況

2. 材料によるひび割れ発生の可能性

1) コンクリートの水和反応による自己収縮及び乾燥収縮量を確認

早強セメント、高炉セメントは普通セメントよりも水和熱による自己収縮量、乾燥収縮量が大
 ⇒ 躯体コンクリートの収縮
 ⇒ 型枠によって拘束された躯体コンクリート内部に引張応力が発生
 ⇒ 橋脚躯体にひび割れが発生した可能性がある。



仕様

- 旭高架橋の橋脚に用いられたセメントは、①早強セメント、②高炉セメントの2種類
- 養生方法：ヒーターによる養生

表_生コンクリート品質記録：配合

種別	強度	比水セメント (%)	セメント	摘要
	呼び強度 (N/mm ²)			
標準配合	24	52.5	284BB 高炉セメントB種	P1~P8 橋脚、P9~P14 橋脚下部
標準配合	40	39.8	417H 早強ポルトランドセメント	P9~P14 橋脚頭部

照査結果

(1) 文献調査結果

- 水セメント比が小さいほど自己収縮が大きく、ポルトランドセメントに比較して高炉セメントB種の自己収縮量大きい。
- 養生温度：40℃養生の場合は、20℃養生と同等かそれよりもやや大きく、60℃養生の場合、自己収縮量はさらに増大する傾向にある。
- 高炉セメント (W/C: 47%) は、早強ポルトランドセメント (W/C: 42%) を上回る自己収縮量を呈し、養生温度が高いほど顕著となる。

参考文献：「異なるセメントを用いた各種コンクリートのマス養生下での自己収縮性」
 ：「各種セメントを使用したコンクリートの異なる温度条下での自己収縮性」

(2) 乾燥収縮量の推定

橋軸直角方向部材長 L=7000

コンクリートの乾燥収縮度 15×10^{-5} (道路橋示方書・共通編 2.2.5)

→ 乾燥収縮には自己収縮を含んでいる。

乾燥収縮量の計算

$$\Delta L = 7000 \times 15 \times 10^{-5} = 1.05 \text{ mm}$$

(3) 引張力の試算結果 (簡易計算) ※道路橋示方書に基づく計算

簡易計算の結果、コンクリートに生じる引張応力度は引張強度程度となる。その他の要因とあわせてさらに検討を行う。

弾性係数 $E = 3.1 \times 10^4$ (N/mm²) [設計基準強度 $\sigma_{ck} = 40$ N/mm²]

ひずみ $\epsilon = 15 \times 10^{-5}$ (コンクリートの乾燥収縮度)

両端が型枠で完全に拘束されていると仮定した場合

引張応力度 $\sigma = E \cdot \epsilon$

$$= (3.1 \times 10^4) \times (15 \times 10^{-5})$$

$$= 4.65 \text{ N/mm}^2$$

コンクリートの引張強度は、圧縮強度の1/10程度であることから、

$$\text{引張強度 } \sigma_{tk} = \sigma_{ck} / 10 = 40 / 10 = 4.0 \text{ N/mm}^2 < 4.65 \text{ N/mm}^2$$

3. 橋梁設計及び施工状況

3. 施工によるひび割れ発生の可能性

1) 施工方法・手順・時期を確認

型枠組立、型枠の固定状況、配筋、コンクリート打設・バイブレーターのかけ方が適切に行われていなかった場合、橋脚上面の沈降ひび割れが発生する可能性がある。

- a) 沈降ひび割れ
- b) 上部工施工時の荷重
- c) 仮沓撤去時の損傷

照査結果

①設計仕様に対する出来形

- ・配筋（鉄筋組立、かぶり、継手）は設計仕様のとおり施工されている。（施工写真より確認）

②施工方法・手順・時期の確認

- ・型枠の設置順序は型枠の設計仕様通りに施工されている。（ヒアリング結果）
- ・支保工、セパレーターによる型枠の固定方法は「表面保護用型枠検討書」通りに施工されている。
- ・コンクリート打設は土木工事必携（平成17年版）及びコンクリート標準示方書（2002年制定）に基づくポンプ打設により施工されている。
- ・養生は、5日間、給熱及び保温養生により施工されている。
- ・コンクリート打設～支保工（型枠保持治具）撤去までの期間は3日であるが、所定の強度（ $\sigma=36.3\text{N/mm}^2$ ）を確認済。（強度推定調査結果より）



養生状況



③完成時の沓座状況について

- ・完成時に沓座のひび割れは発生していない（写真）。
- ・竣工検査前に施工管理立会い確認済（ヒアリング結果）。



3. 橋梁設計及び施工状況

3-2 表面保護用型枠の損傷に関する照査結果

1. 設計による型枠の損傷の可能性

- 1) 型枠の性能評価項目の確認
- 2) 設計上の適用性、施工上の取り扱いの妥当性を確認

型枠に許容値以上の荷重の作用や想定されていない取り扱いをすると、型枠にひび割れ等の損傷が生じる可能性がある。

照査結果

①型枠の曲げ強度の確認

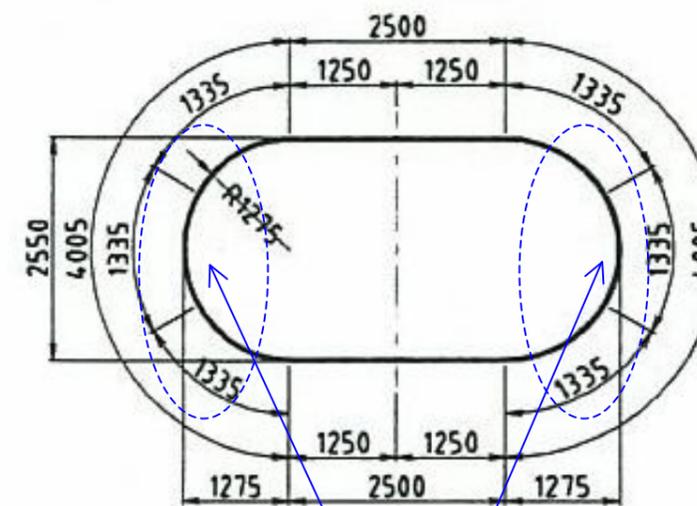
- ・「供試体曲げ強度試験」より、管理値（22.5N/mm²）以上を確認。

供試体曲げ強度試験

工場長	検査

工事名	目立バイパス旭高架上部(北工区)工事		
検査日	平成18年1月19日	供試体採取日	平成18年1月12日
供試体形状	4×4×16(cm)	載荷方法	中央点載荷
供試体管理値	曲げ強度	22.5	N/mm ² 以上

曲げ強度試験				
供試体No.	荷重 (kN)	曲げ強度 (N/mm ²)	平均値 (N/mm ²)	判定
No. 1	14.4	33.7	34.7	合格
No. 2	12.8	30.0		
No. 3	17.2	40.3		
備考				
$M = PL/4 = P \times 100/4 = 25P$ $Z = bh^2/6 = 40 \times 40^2/6 = 10666.67 \text{ mm}^3$ $\sigma = M/Z$				



設置順序：施工性を考慮し、円弧部から設置

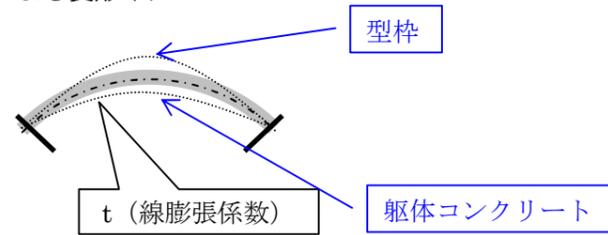
3. 橋梁設計及び施工状況

2. 材料による型枠の損傷の可能性

1) 型枠の物性値（曲げ強度、線膨張係数等）を確認

型枠と躯体コンクリートの線膨張係数が異なる場合、温度による変形量がそれぞれ異なるため、型枠と躯体コンクリートの間でうき、剥離が発生する可能性がある。

<温度変化による変形イメージ>



仕様

表面保護用変枠の物性

項目	規格値
圧縮強度	130N/mm ² 以上
曲げ強度	22.5N/mm ² 以上
引張強度	8.0N/mm ² 以上
弾性係数	37~45kN/mm ²
線膨張係数	1.1×10 ⁻⁵ /°C
粗度係数 _β	0.011

■コンクリートの線膨張係数：1.0×10⁻⁵/°C

照査結果

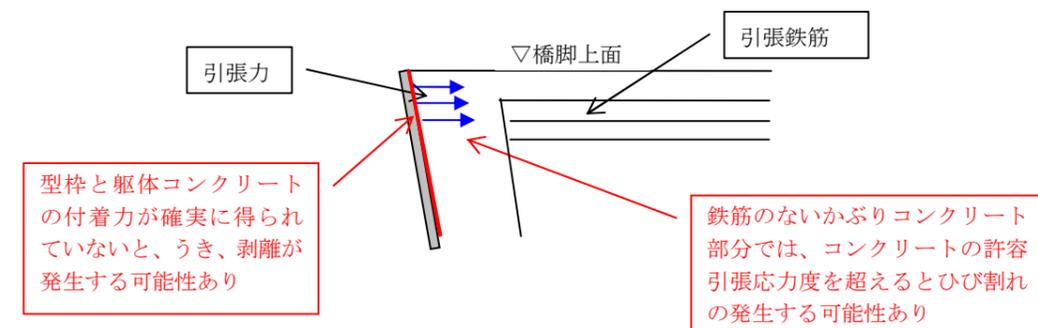
線膨張係数（型枠と躯体コンクリートの線膨張係数との相違）

- 表面保護用型枠の線膨張係数は、コンクリートの線膨張係数と同程度である。

2) コンクリートの水和反応による自己収縮及び乾燥収縮量を確認

- 早強セメント、高炉セメントは普通セメントよりも水和熱による自己収縮量、乾燥収縮量が大
- ⇒ 躯体コンクリートの収縮
- ⇒ 型枠と躯体コンクリートの境界面に引張力が発生
- ⇒ 型枠のうき、剥離が生じる可能性がある

※「橋脚上面ひび割れの照査」の“材料”に関する項目と同じ仮説



照査結果

文献調査の結果

早強セメント、高炉セメントは、普通ポルトランドセメントに比較して自己収縮量が大きくなる傾向にある。

- 水セメント比が小さいほど自己収縮が大きく、ポルトランドセメントに比較して高炉セメントB種の自己収縮量大きい。
- 養生温度：40°C養生の場合は、20°C養生と同等かそれよりもやや大きく、60°C養生の場合、自己収縮量はさらに増大する傾向にある。
- 高炉セメント（W/C：47%）は、早強ポルトランドセメント（W/C：42%）を上回る自己収縮量を呈し、養生温度が高いほど顕著となる。

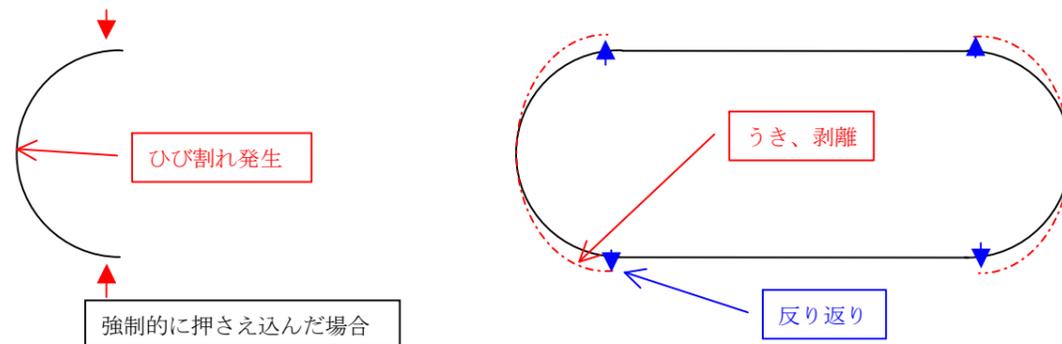
参考文献：「異なるセメントを用いた各種コンクリートのマス養生下での自己収縮性」
：「各種セメントを使用したコンクリートの異なる温度条下での自己収縮性」

3. 橋梁設計及び施工状況

3. 施工による型枠の損傷の可能性

- 1) 型枠の製品寸法及び出来形を確認
- 2) 橋脚施工後の躯体の出来形を確認
- 3) コンクリート打設時の型枠固定状況を確認

- ・製品寸法と橋脚躯体の出来形が異なっている場合、型枠を強制的に固定すると、型枠にひび割れがはいる可能性がある。
- ・また、円弧部においては、外側から強制的に締め付けていた場合、型枠固定用の支保工を撤去後、型枠の反り返りが生じ、型枠のうき、剥離の要因となった可能性がある。



照査結果

① 設計寸法に対する出来形

- 「立会検査報告書」より、「製品外観」、「製品寸法」は検査項目の規格内であることを確認。

検査項目

① 製品外観検査

- ・製品は、有害な傷、ひびわれ等がなく、外観がよくなければならない。
- ・外観検査の項目を下表に示す。

検査項目	規格	検査方法
角かけ	1辺が5mm以内。使用上有害と認められないこと。	目視
ひびわれ	認められないこと。	目視
表面気泡	φ3mm以上のものが50cm角に4個以上ないこと。	目視

② 製品寸法検査

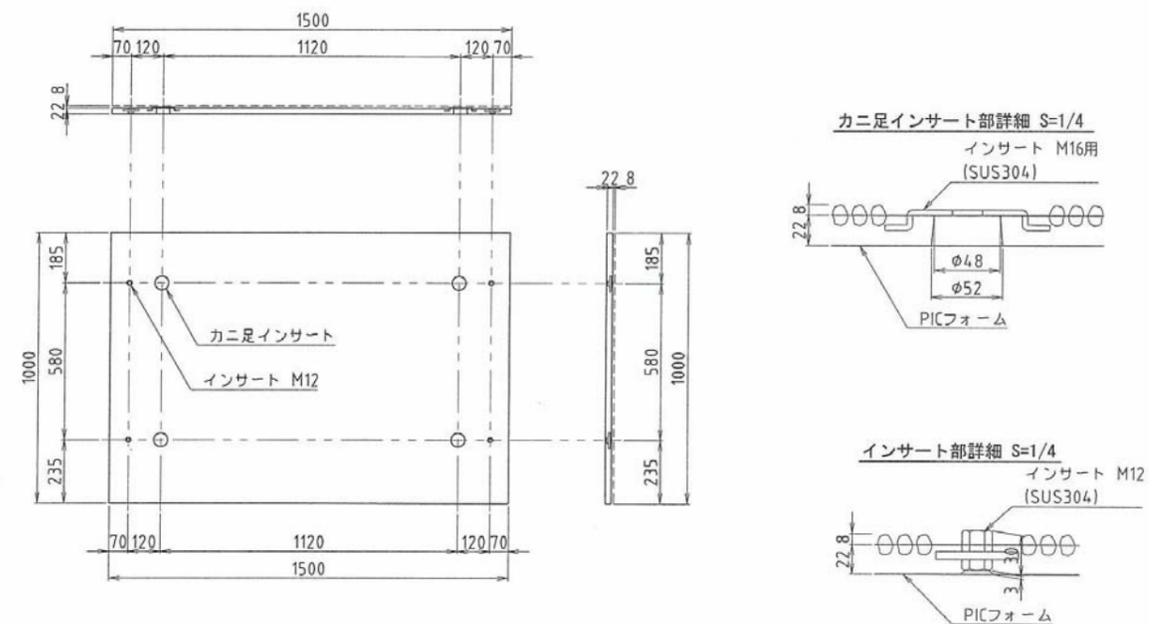
- ・規格内で有ることを確認する。

検査項目	規格		検査方法
	長さ寸法	±3mm	
寸法	長さ寸法	±3mm	鋼尺、巻き尺、ノギス
	基材厚	+3、-1mm	
	反り	3mm	

※ 反りについては、表面部に鋼尺をあて、鋼尺と表面との隙間が3mm以下であることを確認。

<検査表>

製品名		製造月日		検査月日		
TYPE 13		平成18年12月7日		平成18年1月19日		
寸法	長さ1 長さ2 幅1 幅2 基材厚1 基材厚2 基材厚3 基材厚4 反り長辺 反り短辺					
範囲	±3 ±3 ±3 ±3 ±3 ±3 ±3 ±3 3 3				合否	
規格	1500 1500 1000 1000 22 22 22 22 - -					
実側値	1498 1499 999 999 23 24 22.5 23 合 合				合	
外観検査基準						
角かけ	使用上有害と認められないこと。				合否	備考
ひび割れ	認められないこと				合	
気泡	φ3mm以上のものが50cm各に4個以上ないこと。					
備考 各寸法は、別紙図面参照						



3. 橋梁設計及び施工状況

4) 型枠固定アンカーボルト定着長を確認

型枠固定用アンカーによる定着が不十分な場合、アンカーが抜け、型枠のうき、剥離が生じる可能性がある。

照査結果

橋脚梁部の配筋とアンカーボルトの関係

アンカーボルトの長さは70～80mmであり、アンカーボルト先端はフープ筋の手前に位置する。

型枠と躯体コンクリートの付着状況、付着範囲の確認

設計上、型枠と躯体コンクリートの付着は、目粗しによって確保されており、アンカーボルトはフェールセーフ機能として、設置されたものである。

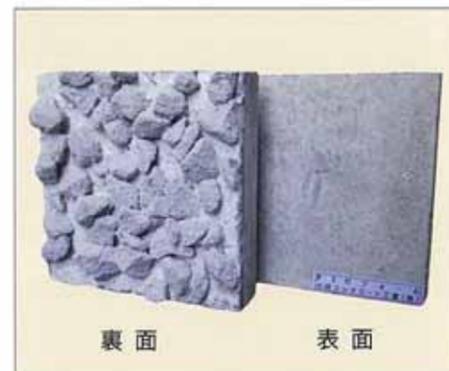
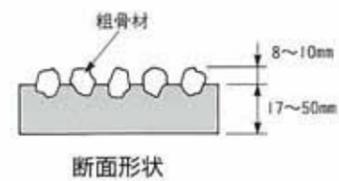
<型枠コンクリートの打設状況写真(目粗しの状況)>



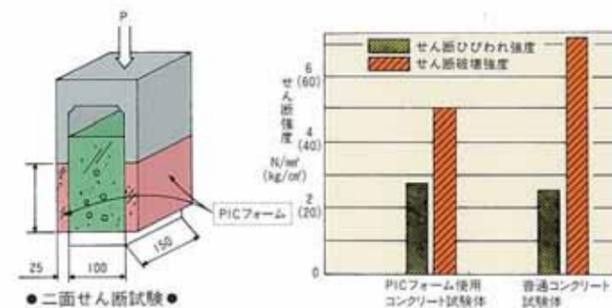
表面保護用型枠標準形状

版厚：17～50mm

標準サイズ：1.0×2.0m

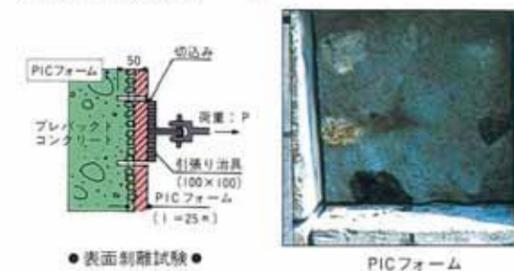


現場打ちコンクリートとの付着性



母材部より破壊

(このときの引張り破壊強度は、)
1.84N/m² (18.8kg/cm²)



4.今後の詳細調査

旭高架橋橋脚の設計、施工記録の照査結果を踏まえた詳細調査実施事項

調査項目	詳細調査、今後の方針		
	調査項目抽出の背景	調査事項	調査方法
1. 型枠内側の躯体コンクリートの損傷状況	橋脚天端のひびわれの側面への貫通状況を確認し、ひびわれの方向や深さを精度よく把握し、 原因推定のための基礎資料 とする。	①円弧部上面の躯体損傷状況 ⇒橋脚天端部ひびわれとの関連性を確認	◇ P9橋脚（山側側面部）において部分的にうき型枠を撤去 ◇ 型枠撤去後の躯体露出面の目視調査 ◇ 損傷図作成、写真の整理
2. 橋脚の出来形寸法	円弧部に作用する 側圧の影響 により、 型枠の変形やズレ が生じた可能性がある。また、支保工設置時に 型枠を過度に拘束 し、支保工撤去後に 型枠が反り返った可能性 がある。	①橋脚の出来形寸法 ⇒物理的な力の作用による型枠の損傷の可能性、コンクリートの収縮による変形が生じていないか確認	◇ P9橋脚におけるデジタル写真計測による橋脚寸法計測
3. 躯体コンクリートの塩分含有量	橋脚基部の型枠が破損した箇所においては、 波、玉石の衝突の影響 により、橋脚躯体の磨耗、ひび割れの発生に加え、 海水の作用により塩害による健全性の低下 が懸念される。	①型枠欠損部の躯体コンクリートの塩分含有量と健全性 ⇒鋼材周辺での全塩化物体量の把握による鋼材腐食可能性と補修要否の確認	◇ 型枠欠損部において代表2橋脚程度を選定しコア採取（φ50mm×70mm） ◇ コアを使用して塩分含有量試験を実施

