

# 音沢橋 直轄診断報告書



## 【目次】

§ 1	はじめに	1
§ 2	調査概要	1
2-1	既往資料の整理	1
2-2	現地調査・室内試験	2
§ 3	橋梁概要	3
3-1	橋梁諸元	3
3-2	橋梁一般図	4
§ 4	技術的助言	5
4-1	上部構造（鋼部材）	5
4-2	上部構造（RC床版）	5
4-3	下部構造（はり部・躯体）	5
4-4	橋脚基礎構造	5
§ 5	各部の調査結果	6
5-1	上部構造の調査	6
5-2	床版の調査	11
5-3	下部構造の調査	14
5-4	橋脚基礎構造の調査	25
5-5	伸縮装置の調査	30

END 30

## §1 はじめに

音沢橋は一級河川黒部川に架かる市道橋であり、地区で唯一の公共交通機関である富山地方鉄道音沢駅と音澤地区を結ぶ重要な路線にある。また、音澤地区における医療機関へのアクセスや上水道の供給ルート、宇奈月温泉や黒部溪谷へのアクセスルートとしても重要な役割を担っている。

本橋は劣化原因の特定や今後の維持管理について高度な技術力が必要になるとの理由より、黒部市から要請を受け、直轄診断を実施することとした。なお、直轄診断は建設当時から現在までの既往資料の収集・整理や近接目視調査に加え、現地計測や室内試験等を行い、技術的観点から今後の維持管理に関して助言を行うものである。

### 【道路メンテナンス技術集団メンバー】

北陸地方整備局	道路部	道路保全企画官	舘 敏幸（リーダー）
同		道路構造保全官	阿部 義孝
同		道路構造保全官	三浦 義則
同	富山河川国道事務所	副所長	村上 和久
同	北陸技術事務所	副所長	山田 満
		維持管理技術課長	武藤 正広
国土技術政策総合研究所	道路構造物研究部	部長	木村 嘉富
	同	橋梁研究室長	白戸 真大
	同	構造・基礎研究室長	間瀬 利明
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	橋梁構造研究グループ	
		上席研究員	玉越 隆史
		同	七澤 利明
	先端材料資源研究センター	材料資源研究グループ	
		上席研究員	古賀 裕久

## §2 調査概要

### 2-1 既往資料の整理

#### 2-1-1 文献調査

- ・音沢橋架換地質調査報告書 / 昭和44年3月 / 株式会社中部日本興業研究所
- ・コンクリート配合報告書 / 昭和45年2月 / 株式会社間組
- ・音沢橋詳細設計委託 下部工設計計算書 / 昭和45年3月 / 大日本コンサルタント株式会社
- ・平成6年度町道音沢1号線音沢橋塗装整備工事設計書、状況写真
- ・北陸地方における反応性骨材の岩石学的特徴とコアの残存膨張性の評価  
/ 平成23年 / コンクリート工学年次論文集 Vol.33, No.1
- ・橋梁の長寿命化修繕計画策定に伴う点検調査業務委託 / 平成23年12月 / 株式会社国土開発センター
- ・橋梁長寿命化修繕実施設計業務委託  
/ 平成25年7月 / 株式会社国土開発センター（静弾性係数試験、残存膨張量試験あり）
- ・音沢橋長寿命化修繕工事 / 平成26年3月 / 株式会社 音沢土建（A1、A2の伸縮装置取替工）
- ・コンクリート工学52巻(2014)12号、講座、アルカリシリカ反応入門、③アルカリシリカ反応の診断方法
- ・橋梁定期点検 / 平成28年8月 / 黒部市
- ・上部構造の竣工図（主構、支承、伸縮継手、高欄、床版、排水装置） / 黒部市
- ・橋梁台帳 / 黒部市
- ・河川測量図（現況平面図(H29) / 黒部河川事務所
- ・河川横断図（H10/H15/H22/H25/H28/H29） / 黒部河川事務所（H29は黒部川の異常出水（H29.7）後に実施）
- ・黒部川流域航空写真（H10/H12/H28） / 黒部河川事務所
- ・富山県橋梁点検マニュアル（損傷等級判定基準） / 平成27年4月 / 富山県土木部

#### 2-1-2 黒部市による橋梁定期点検（平成28年）の概要

- ① 上部構造：主構および主桁の塗装劣化が進行しており一部に腐食あり。  
床版の橋軸直角方向に卓越したひびわれおよび漏水跡あり。
- ② 下部構造：橋台および橋脚にひびわれと遊離石灰あり。
- ③ 支承部：腐食、防食機能の劣化や沓座モルタルの破損あり。
- ④ 路面・路上・その他：伸縮装置からの漏水あり。  
高欄親柱にコンクリートのスケーリングあり。

## 2-2 現地調査・室内試験

近接で損傷の状況や要因を確認し、診断に必要な情報を得るため、橋梁点検車や高所作業車を活用した橋梁全体の近接目視調査を行うとともに、竣工図書や補修履歴・河川測量等の資料調査、現地計測や試料を採取しての観察および室内試験を実施した。

表-2.2.1 調査内容

	工種	名称	数量	備考
①	変状調査	外観目視調査	1 橋	
②		洗掘深計測	1 基	
③		水中ひびわれ調査	1 基	
④	測量調査	路面測量	110m	地覆上面
⑤		構造物測量	1 基	P1 橋脚のはり端部
⑥	亀裂調査	磁粉探傷試験	6 箇所	
⑦	コンクリート品質調査	コア採取・観察	6 箇所	P1 橋脚、A2 橋台
⑧		ASR 判定	1 箇所	ゲルフルオレッセンス法
⑨	鉄筋腐食調査	はつり調査	1 箇所	P1 橋脚
⑩	塗膜調査	試料採取・成分調査	1 箇所	



写真-2.2.1 橋梁点検車による近接目視



写真-2.2.2 高所作業車による近接目視

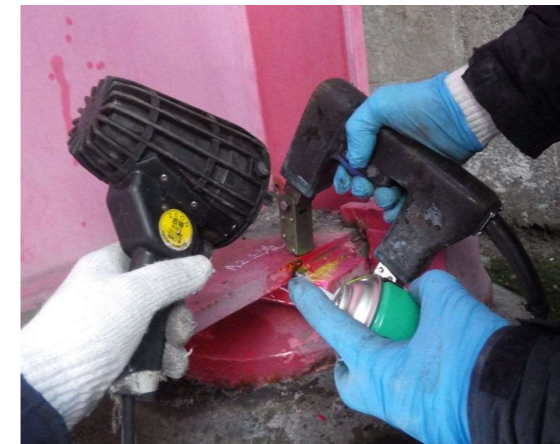


写真-2.2.3 磁粉探傷試験



写真-2.2.4 コア採取

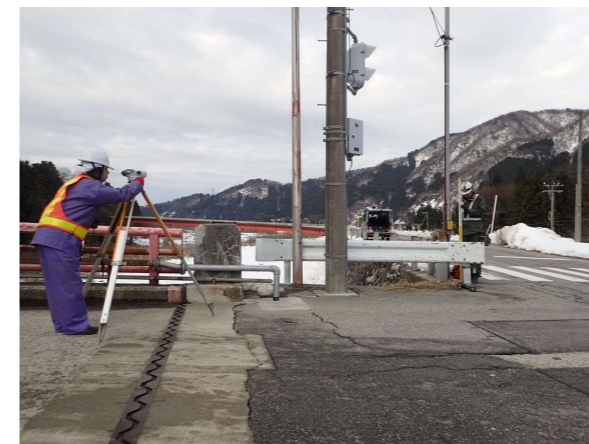


写真-2.2.5 現地測量



写真-2.2.6 水中カメラ

## §3 橋梁概要

---

### 3-1 橋梁諸元

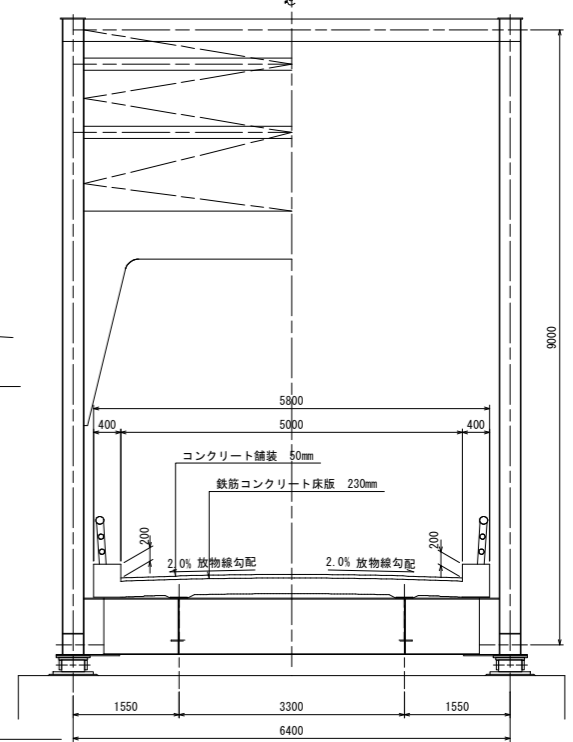
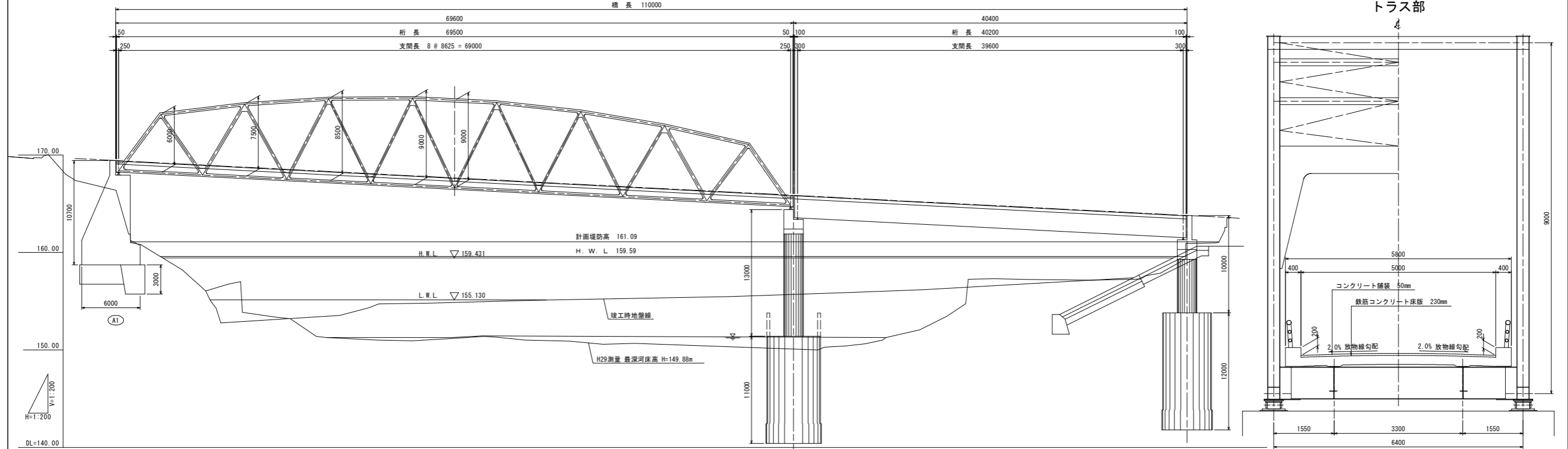
- (1) 路線名：市道音沢一号線
- (2) 橋梁名：音沢橋
- (3) 所在地：富山県黒部市宇奈月町内山
- (4) 橋長：110m
- (5) 支間長：トラス部 69m、鉸桁部 39.6m
- (6) 有効幅員：5m
- (7) 橋梁形式：鋼単純下路式トラス橋、鋼単純合成鉸桁
- (8) 下部構造形式：重力式橋台（A1）、張出付壁式橋脚（P1）、張出付壁式橋台（A2）
- (9) 基礎構造形式：直接基礎（A1）、ケーソン基礎（P1、A2）
- (10) 支持層：軟岩（A1、A2）、砂礫（P1）
- (11) 設計荷重：TL-14（2等橋）
- (12) 適用基準：鋼道路橋設計示方書（昭和39年）  
道路橋下部構造設計指針（昭和45年）
- (13) 竣工：昭和46年11月
- (14) 交差物件：一級河川黒部川
- (15) 管理者：黒部市
- (16) 補修等履歴：平成6年9月 塗装塗替え（a-1、3種ケレン）  
平成23年12月 概略橋梁点検  
平成26年3月 伸縮装置取替え（A1、A2）  
平成28年8月 橋梁定期点検
- (17) 耐震補強：耐震補強は未実施
- (18) 除雪方式：消雪装置

3-2 橋梁一般図

音沢橋 全体一般図

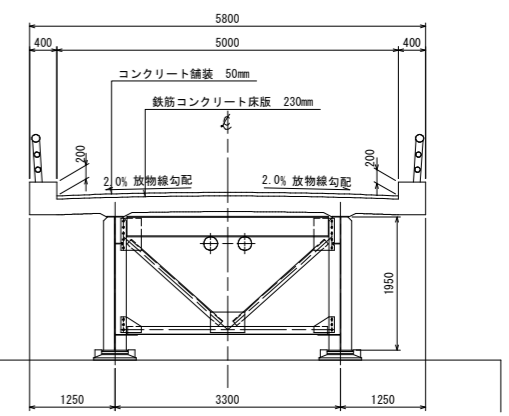
側面図 S=1:200  
橋長 110000

断面図 S=1:50  
トラス部

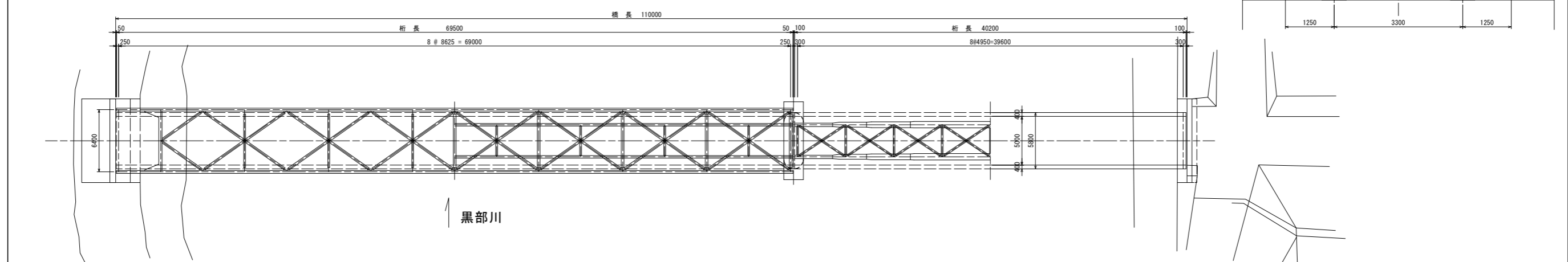


勾配	i=5.120% L=110.000m														
計画高	169.432	169.278		168.254	167.790	167.230	166.206	165.868	165.561	165.182	164.168	163.800	163.63	163.63	
地盤高		157.87	155.40	155.07	154.72	154.80	155.10	155.47	155.70	155.90	156.17	162.84	163.63	163.63	
追加距離	377.000	380.000	385.700	386.700	387.300	387.800	400.000	403.000	404.000	409.070	420.000	440.000	446.000	452.000	460.000
単距離	17.000	3.000	5.700	1.000	0.500	0.500	12.200	3.000	1.000	5.070	10.930	20.000	6.000	6.000	7.400
測点	① +17.000	NO.9	+5.700	+6.700	+7.300	+7.800	NO.10	+3.000	+4.000	+9.070	NO.11	NO.12	② +6.000	+12.000	NO.13
曲率図	R = 8														

合成桁



平面図 S=1:200  
橋長 110000



## §4 技術的助言

現地調査および各種室内試験の結果から、橋梁全体として、供用安全性の観点から緊急対応が求められるような状態である可能性は低い。一方で、上部構造における塗装の劣化および鋼部材の腐食状況からは今後急速に防食機能の低下による劣化の進展が生じる可能性が高い。現地での骨材の観察やコアを採取して試験を行うなどアルカリ骨材反応（以下 ASR と略す）性鉱物が含まれていることが明らかになった。また漏水している床版、既に顕著なひびわれが生じている下部構造およびケーソンについては漏水やひびわれの発生状況から、今後も継続される作用の繰り返しによって確実に耐荷性能に影響を及ぼす状態へ推移していく可能性があると考えられる一方で、その推定される原因からは、早く対策することで確実な予防保全がはかれる可能性が高いと言える。

ケーソン基礎は既に洗掘の影響を受けており、状況が変わらなければ今後も進展することが想定される。現状について詳細調査による把握を行うとともに、洪水時の点検監視の方法の確立、当面の洗掘防止策の実施を検討するのが望ましい。

以上については現況の状況を前提とした場合であり、補修時の状態について新たな情報が得られた時は必要に応じて、また、今後耐震補強や機能向上を図る場合には上記に加えて、別途対策を検討する必要がある。

### 4-1 上部構造（鋼部材）

耐荷力に影響を及ぼすような腐食減肉は見られず、現況の交通の状況が続く場合については、鋼部材の耐荷力は確保されていると考えられる。狭隘部や湿潤状態になり易い箇所では防食機能の劣化が見られ、今後も腐食の発生および進行が生じ易いことから、早期に防食機能の回復を図るのが有効と考えられる。本橋のトラス格点部や支承回りの狭隘部は適切な素地調整が難しく、また湿潤状態になり易い部位であることから、一般部と塗装塗替えの方法を別けるなど、合理的な耐久性確保策を検討する余地がある。

今回調査した範囲では溶接部に亀裂は確認されなかった。しかし、亀裂は自動車荷重や風荷重等の繰返し荷重が原因で生じる損傷であり、長年蓄積された疲労が亀裂として今後顕在化する可能性もある。そこで、塗膜割れ以外の箇所についても亀裂調査を行うのがよい。また、今回調査するにあたり、亀裂の発生する可能性のある溶接部について、溶接場所・溶接種類・生じ易い亀裂種類を整理している。本橋のように疲労に対して着目箇所が多い橋梁での維持管理では、このような溶接部の特徴を踏まえた点検を行うことが効果的である。

### 4-2 上部構造（床版）

ひびわれの間隔や幅、鉄筋の腐食状態から、現時点で床版機能そのものに大きな影響がある可能性は低い。

一方で、一部では骨材の変状が見られることやコンクリートのうき・はくり、鉄筋の露出も多数見られる現状からは、コンクリートに水が供給されることで、さらに状態の悪化が進むことが懸念される。そこで、長寿命化の観点からも、早期に床版上面の防水対策、伸縮装置設置部での後打ちコンクリートの補修、伝い水の対策を行ってコンクリートへの雨水の滞留・浸入をできるだけ早く防止するのがよい。

### 4-3 下部構造（はり部・躯体）

橋脚はり部では、コンクリート表面で反応した骨材などが原因となり水みちができていて、ひびわれや白色生成物の析出が見られるが、コンクリート内部にまではひびわれが達していないことから、耐荷力の低下は起きていないとみてよい。

他方、ひびわれから雨水が浸透することで、コンクリート内部の骨材も反応する可能性も否定できないので、橋脚天端からの水の浸入を防止する必要がある。なお、コンクリート内部には水を滞留させないような対策も検討するのがよい。

その他の部位には顕著なひびわれが生じているわけではないが、ASR 反応性の鉱物が骨材に含まれていることから同様の損傷の進展をたどる可能性がある。したがって、今後も定期点検で状態を注視する必要がある。なお、そのために一部に恒久的な維持管理施設の設置を検討するのが望ましい。

### 4-4 橋脚基礎構造

現状洗掘が生じ、極限支持力等が設計で見込んだよりも低下している可能性はあるが、今時点で変位等が生じていないことから、著しい支持力不足は現時点では見られない。

これ以上の洗掘の進展を防止する当面の対策として、現河床付近の橋脚回りに根固めブロックを配置することは有効な対策と考えられる。根固めブロックは橋脚の安定を確保する上で重要な部材であることから、今後洗掘が懸念されるような異常出水が発生した際や定期点検で継続的に健全性を確認しておくことが不可欠と考えられる。また、橋脚には今回の測量に用いたターゲットが貼付けてあるため、沈下や傾斜が懸念される場合は本測量との変化を確認することが可能となっている。

なお、現河床は洪水末期から平常時に至る土砂堆積の影響により、出水時の最大洗掘深より浅い可能性がある。したがって、現河床よりも一定程度の深いところまでケーソン本体に損傷が及んでいる可能性も否定できないことから、根固めブロック設置に伴う河床掘削の際に、再度ケーソン本体の調査を行い、適切に補修範囲の見直しを行うことが望ましい。

## §5 各部の調査結果

### 5-1 上部構造の調査

#### 5-1-1 腐食

##### ①全体として

トラス部材の格点部に塗膜の剥がれや全体的に色褪せが見られた[写真番号 1, 2]。また、局所的な腐食は表面的なもので広範囲に点在しているが、顕著な減肉は確認できなかった[写真番号 3, 4]。

##### ②端横桁（トラス）

上フランジのコバ面は床版に近いので、塗装塗替え時の素地調整作業が容易でない部位である。また、鋼板の角部は塗膜が薄くなり易い箇所である。さらに、上フランジのコバ面は縦断勾配の影響から床版下面の伝い水が集まり易い部位となっている[写真番号 5]。

伸縮装置のセットボルトはナットが近接しており、上フランジのコバ面同様に素地調整作業が容易でない部位である [写真番号 6]。

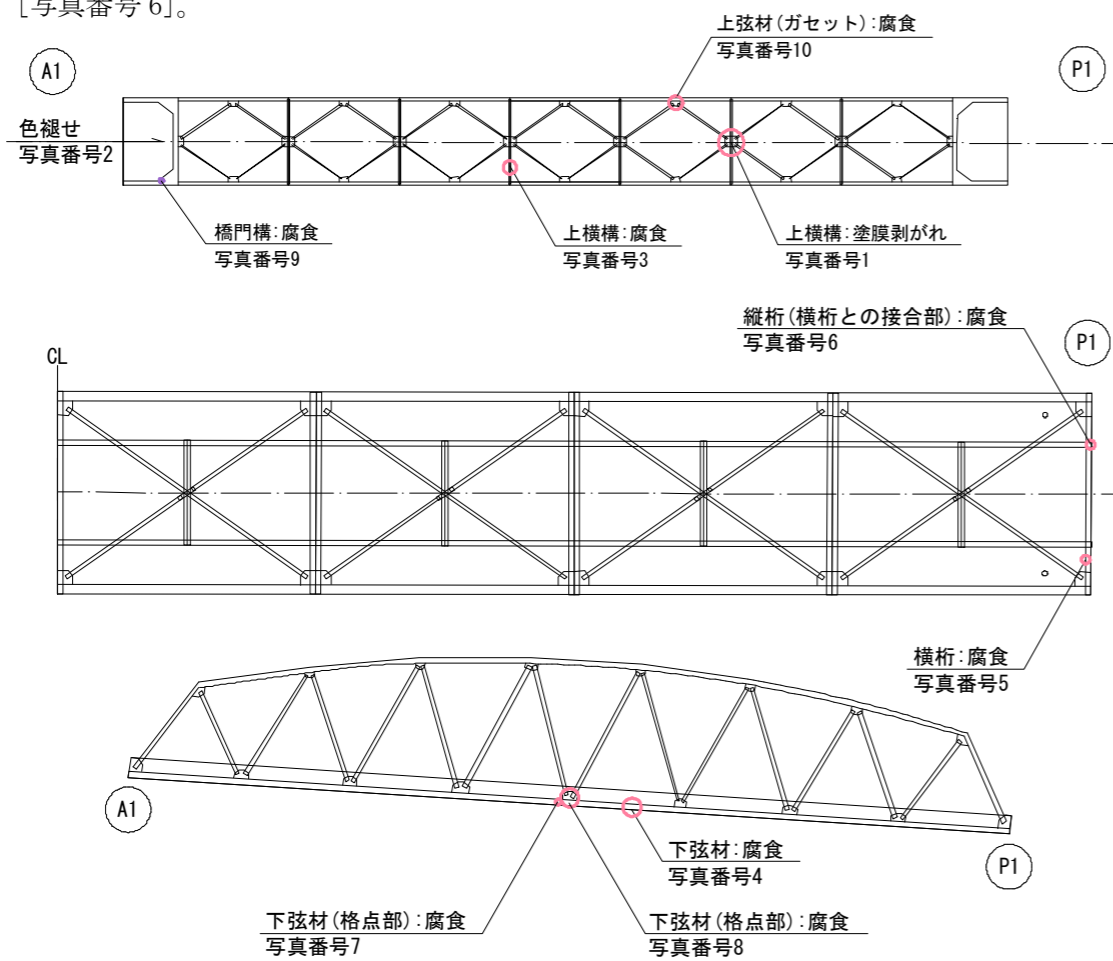


図-5.1.1 トラス部：腐食



写真-5.1.1 トラス部材の格点部 (写真番号 1)



写真-5.1.2 全体的な色褪せ (写真番号 2)



写真-5.1.3 局所的腐食状況 (写真番号 3)



写真-5.1.4 局所的腐食状況 (写真番号 4)

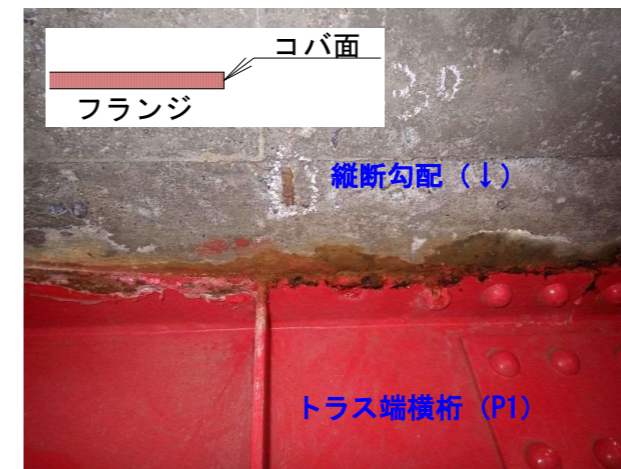


写真-5.1.5 上フランジのコバ面 (写真番号 5)

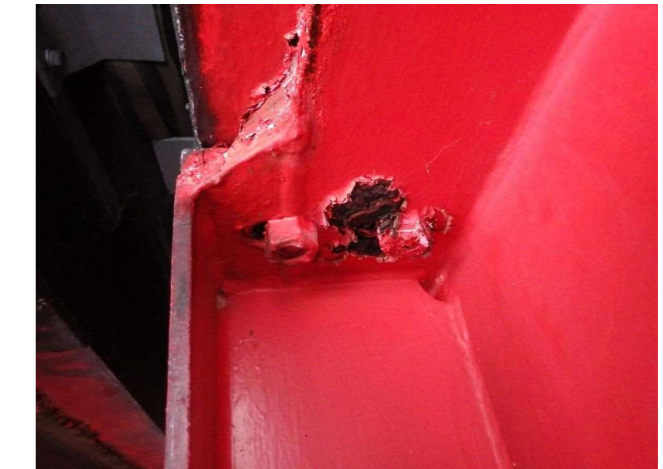


写真-5.1.6 伸縮装置セットボルト (写真番号 6)

### ③下弦材（トラス）

上フランジの溶接部は板厚を揃えるためにテーパ加工が施されており、テーパ端の凸部は塗膜が薄くなり易い箇所である。また、上フランジは堆雪によって長く湿潤状態になり易い部位である [写真番号 7]。

下横構と下弦材を結ぶガセットのリベット頭部も前述の角部や凸部同様に塗膜が薄くなり易い箇所である [写真番号 8]。

### ④上弦材（トラス）

橋門構のウェブに水抜き孔があり、継手部から侵入した雨水の出口になっている。水抜き孔は小さく、素地調整作業および塗装が容易でない部位である [写真番号 9]。

ウェブとガセットの溶接部も素地調整作業が難しい部位である。また、現塗膜が剥がれ、旧塗膜が露出している箇所も確認された [写真番号 10]。

### ⑤ 鈹桁

主桁フランジの角部もトラス同様に塗膜が薄くなり易い箇所である [写真番号 11]。なお、ウェブと下フランジの溶接部に腐食を生じているが、一般的に腐食が生じ易い箇所ではなく、原因となるような雨水等の影響も確認できなかった。 [写真番号 12]。

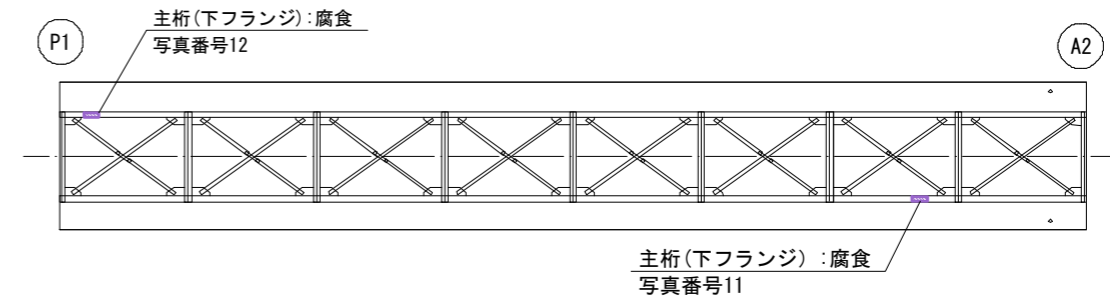


図-5.1.2 鈹桁部：腐食



写真-5.1.7 上フランジ溶接部 (写真番号 7)

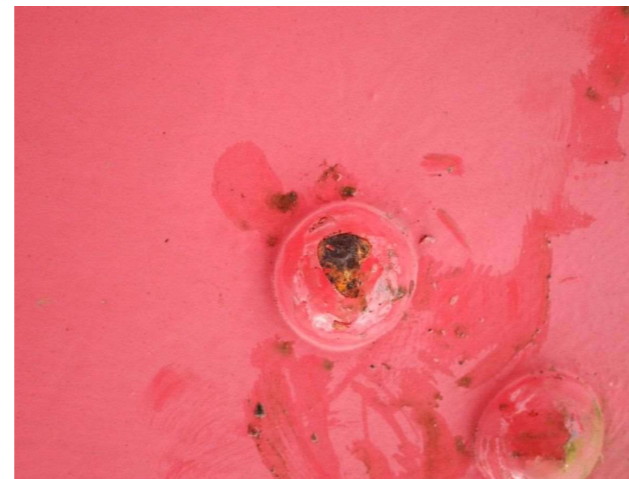


写真-5.1.8 リベット頭部 (写真番号 8)



写真-5.1.11 下フランジ角部 (写真番号 11)



写真-5.1.12 下フランジ溶接部 (写真番号 12)



写真-5.1.9 橋門構のウェブ (写真番号 9)



写真-5.1.10 ガセット溶接部 (写真番号 10)



### 5-1-2 亀裂

既往事例を参考にすると、亀裂は応力集中部または溶接部に多く見られることから、本橋においては竣工図をもとに応力集中部または溶接継手の種類を整理した上で、現地調査を行った。なお、亀裂を生じている箇所は塗膜割れを生じていることが多いため、現地調査ではまず塗膜割れを調査し、塗膜割れを生じていた箇所での部位の特徴から重要な箇所を優先的に磁粉探傷試験（以下MTと略す）による亀裂調査を行った。

塗膜割れが生じていた溶接部の6箇所、MTを行った結果、亀裂は確認されなかった[写真番号1, 2, 3, 6, 7, 8]。

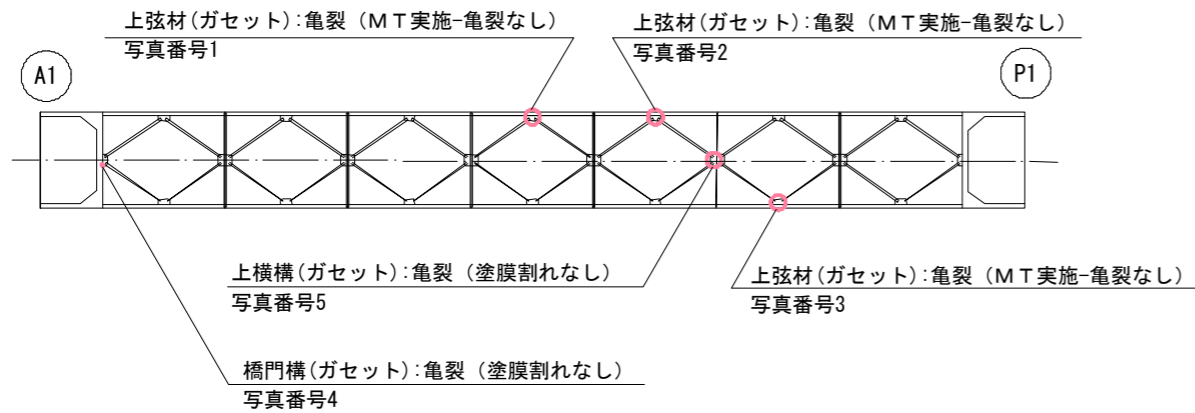


図-5.1.3 トラス部（上弦材、上横構）：亀裂



写真-5.1.14 上弦材ウェブと上横構ガセットの完全溶込み溶接部 (写真番号2)

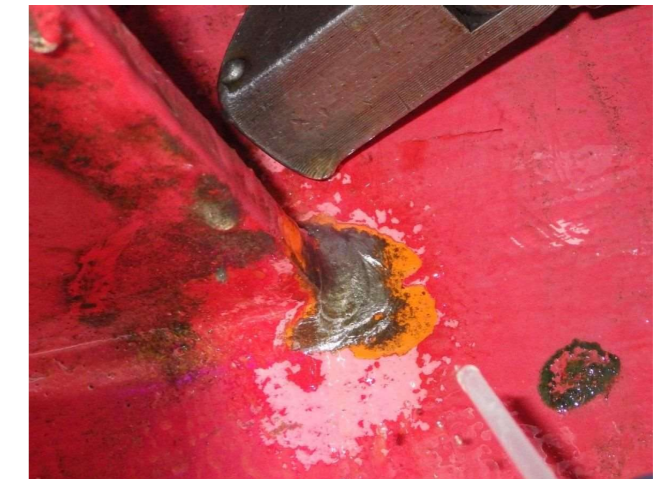


写真-5.1.15 上弦材ウェブと上横構ガセットの完全溶込み溶接部 (写真番号3)

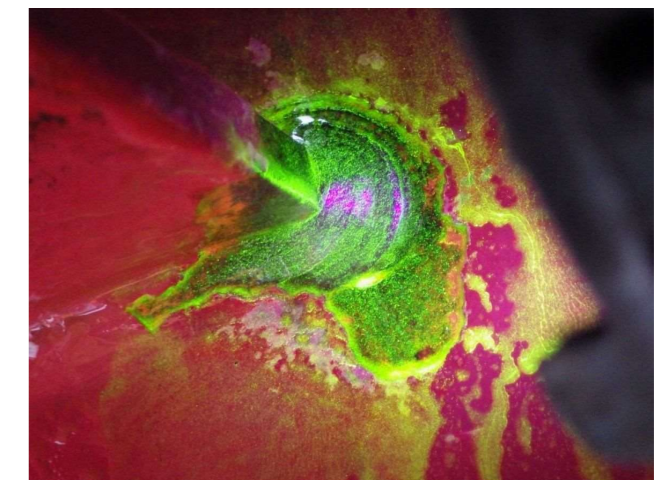


写真-5.1.13 上弦材ウェブと上横構ガセットの完全溶込み溶接部 (写真番号1)

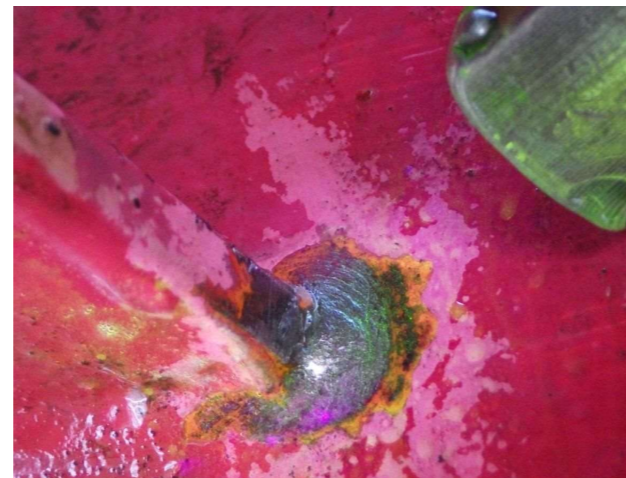


写真-5.1.16 橋門構完全溶込み溶接部 (写真番号4)



写真-5.1.17 上弦材完全溶込み溶接部 (写真番号5)

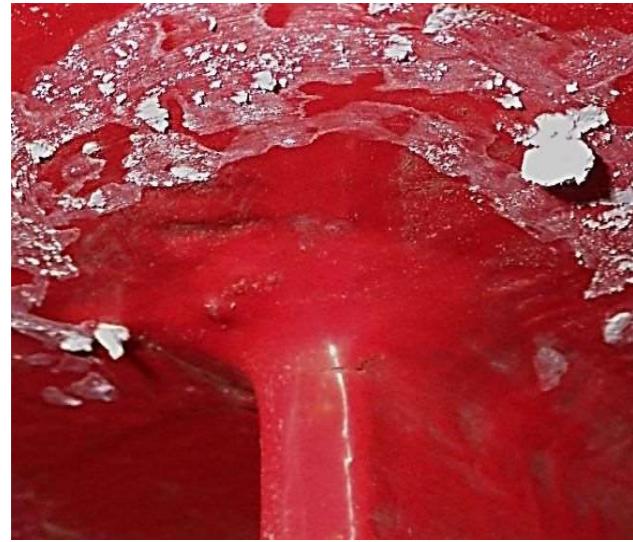


写真-5.1.18 分配横桁取付位置の支点上補剛材と主桁上フランジの溶接部 (写真番号 6)

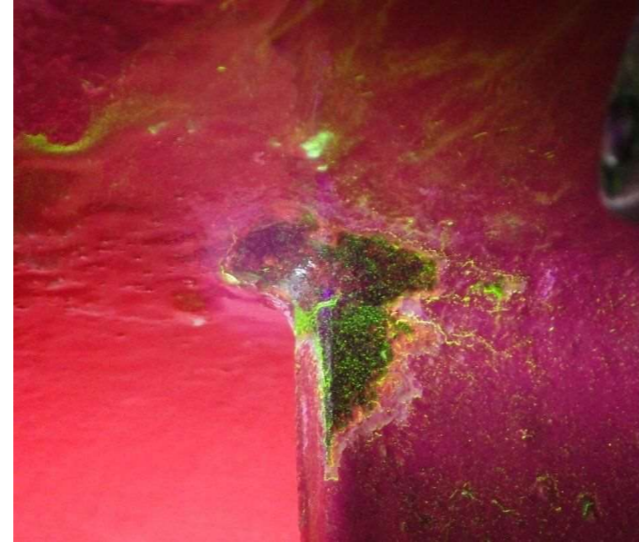


写真-5.1.19 分配横桁取付位置の支点上補剛材と主桁上フランジの溶接部 (写真番号 7)



写真-5.1.20 ソールプレートと主桁下フランジの溶接部 (写真番号 8)

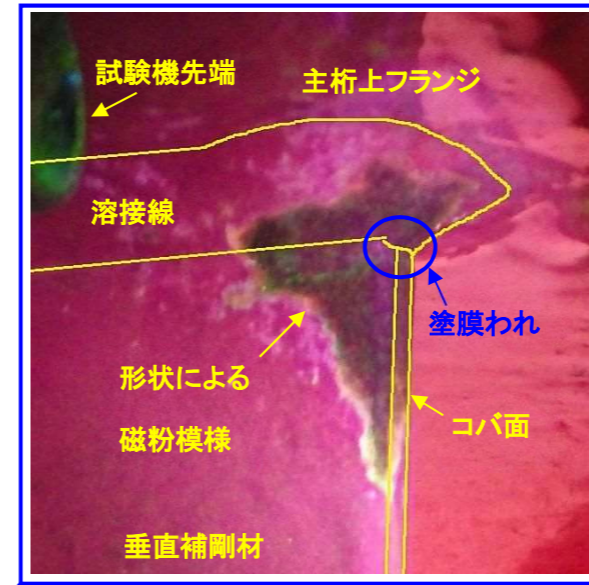


写真-5.1.21 写真番号 7 の補足



写真-5.1.22 分配横桁 (写真番号 9)

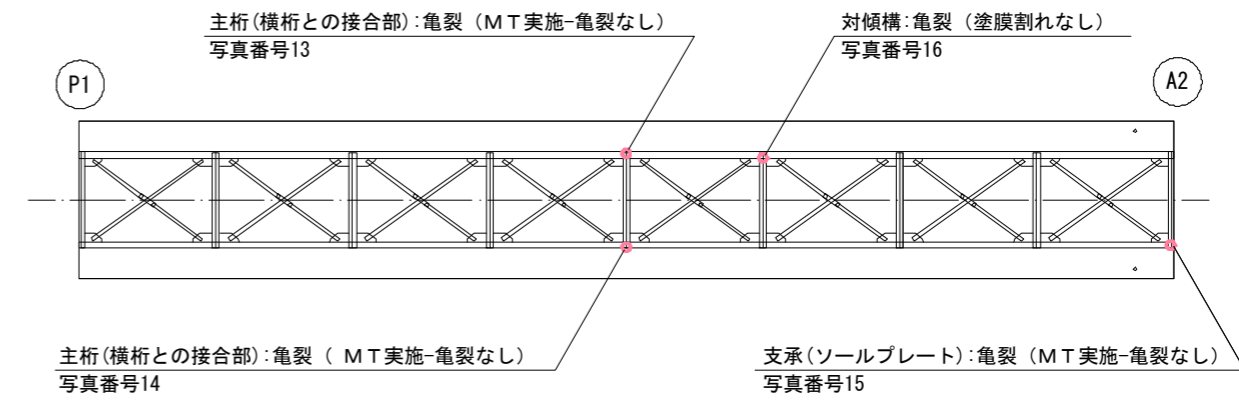


図-5.1.4 鋼桁部：亀裂

### 5-1-3 所見

本橋は平成6年の塗装塗替えから23年が経過しており、全体的に塗膜の劣化が見られる。また、素地調整作業が容易でない部位や塗膜が薄くなり易い部位、過去の塗装のすべてを除去せず補修塗装を施した箇所、水の影響を受けやすい箇所に腐食が見られる。このように現状の塗膜劣化の程度には環境要因のみならず、施工品質も相応に影響している状況が見られ、現時点で耐荷力に影響を及ぼすような腐食減肉は見られないが、劣化が広範囲に進行しつつあることから、今後不規則かつ広範囲に腐食が生じる可能性もあり、早期に全体の防食機能の回復を図ることが予防保全の観点からも維持負担の軽減の観点からも有効となる可能性が高い状況である。

なお、塗装塗替えを行う際は、素地調整の難しいトラス格点や支承回りなどの狭隘部、塗膜が薄くなり易い角部や凸部は橋梁全体の防食機能の耐久性を均等化し、合理的な維持管理を図る観点で塗装の方法や仕様を検討することが望ましい。また、本橋の場合、構造的な要因から水の影響を受けやすい箇所は特に防食上の弱点となりやすいことから、水の影響を排除するような予防保全的対策を施すことはライフサイクルコストの観点から有効と考えられる。

今回亀裂は確認されなかったが、亀裂は自動車荷重や風荷重等の繰り返し荷重が原因で生じる損傷であり、今後顕在化する可能性もある。また、亀裂は溶接や切断加工等の製作品質にも影響を受けることから、交通量が少ない場合でも亀裂を生じる可能性も考えられる。よって、今回塗膜割れが確認されなかった箇所も含め、防食のための塗装の更新等に合わせて全体的に亀裂調査を行い、必要に応じて補修や溶接ビードの整形など耐久性向上余地について検討することが合理的と考えられる。また、将来にわたって亀裂の発生する可能性のある溶接部は位置、可能性の高い亀裂形態を整理し、今後の点検の際に参照し易いよう整理することが効率的かつ確実な維持管理に有効と考えられる。

## 5-2 床版の調査

### 5-2-1 漏水

#### ①トラス

横桁に降った雨水が上フランジを伝い、床版下面の漏水に至っているため、構造的に劣化を助長している状況と考える[写真番号 1]。また、張出床版の漏水は地覆に浸透した雨水が床版下面に顕在化したか、近接する照明用配管やトラス斜材を伝った雨水が風で巻き上げられた可能性も考えられる[写真番号 2]。なお、積雪時は地覆上に設置した消雪パイプから散水しているため、地覆が湿潤状態になっている期間が長くなることから、散水も地覆コンクリートの劣化要因の一つとも考えられる。

#### ②鈹桁

張出床版の漏水はトラス同様、地覆に浸透した雨水に加え[写真番号 3]、側面から床版下面に回り込んだ伝い水も漏水の原因になっている[図-5.2.2、写真番号 4]。また、排水管貫通部の漏水は防水層が未設置の状況から推察すると、排水桝との境界から漏水している可能性が高いと考えられる[写真番号 5]。

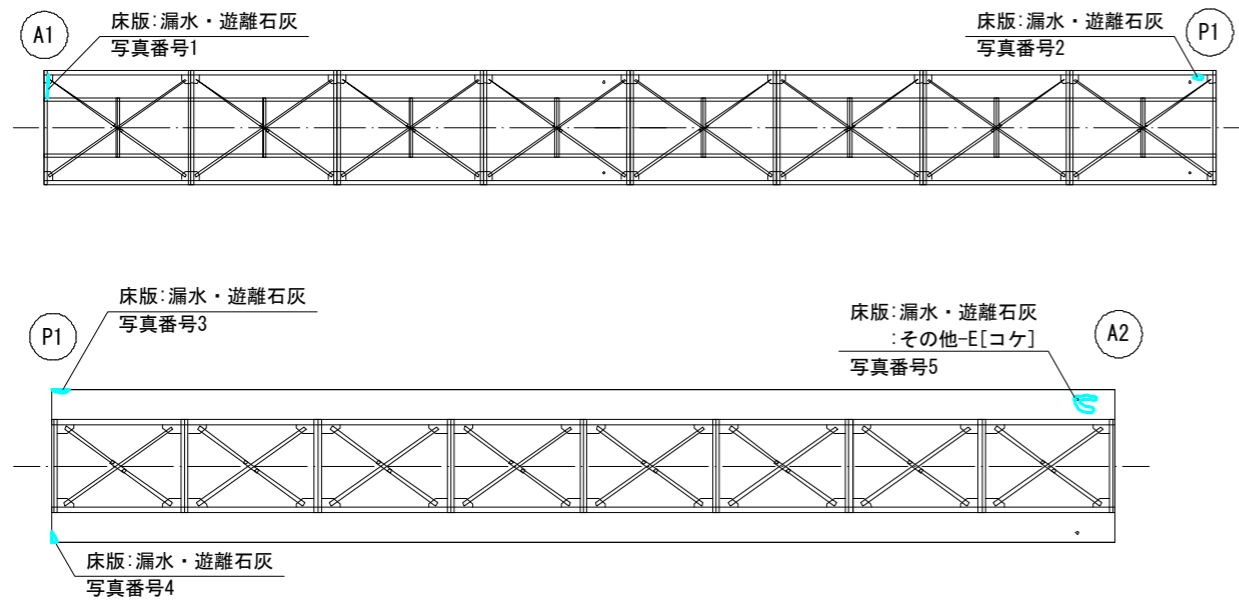


図-5.2.1 トラス部・鈹桁部：漏水



写真-5.2.1 トラス横桁部 (写真番号 1)



写真-5.2.2 トラス張出床版 (写真番号 2)



写真-5.2.3 鈹桁張出床版 (写真番号 3)



写真-5.2.4 鈹桁端部 (写真番号 4)

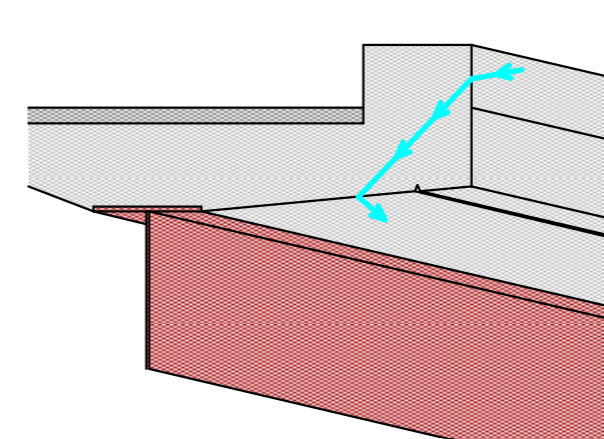


図-5.2.2 端部床版の伝い水



写真-5.2.5 排水管貫通部 (写真番号 5)

### 5-2-2 剥離・鉄筋露出

桁端部に鉄筋露出が多く見られ、かぶりを計測したところ、0~10mmであったことから、かぶり不足が鉄筋露出の原因の一つと推測できる状況であった。また、鉄筋は腐食しているが、減肉量は小さい [写真番号 6, 7]。



写真-5.2.6 純かぶり 5mm (写真番号 6)



写真-5.2.7 純かぶり 10mm (写真番号 7)

### 5-2-3 ひびわれ

トラス、鉸桁ともに床版に生じているひびわれは一方向が主であり、間隔は広く幅も小さい。[写真番号 8, 9, 10, 11]



写真-5.2.8 トラスの床版ひびわれ (左：写真番号 8、右：写真番号 9)

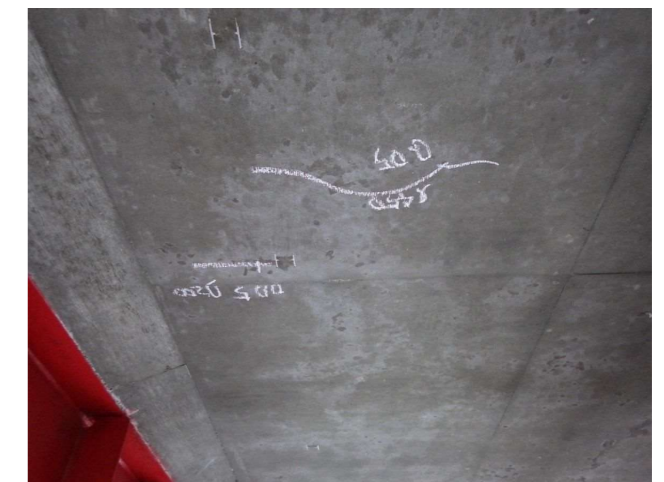


写真-5.2.9 鉸桁の床版ひびわれ (左：写真番号 10、右：写真番号 11)

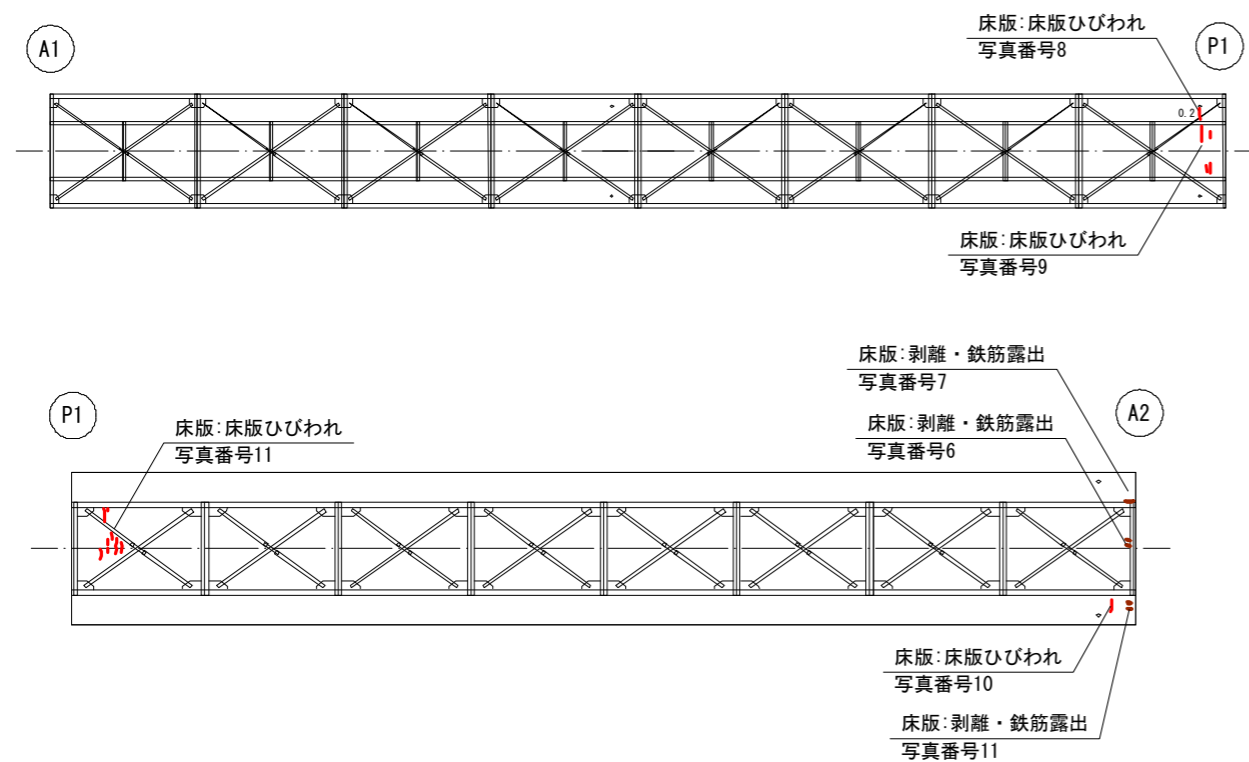


図-5.2.3 トラス部・鉸桁部：剥離・鉄筋露出、床版ひびわれ

#### 5-2-4 骨材の変状

下部構造においてコンクリート骨材の変状が見られ、ASR が疑われたことから、床版コンクリートについても近接目視による観察を行った。その結果、発生頻度は高くは無いものの、骨材の一部に特異な変状が観察された。

排水管貫通部や伸縮装置部から路面水が供給された一部の張出床版や桁端部では、湿潤状態が継続しており、凍害によるものと推定されるポップアウトが発生し、ASR によると推定される白色生成物を伴う骨材の変状も確認された[写真番号 1, 2]。

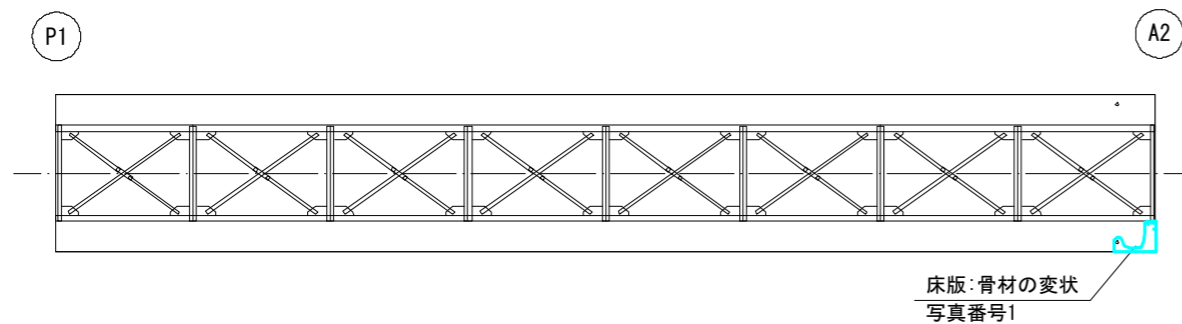


図-5.2.4 トラス部：骨材の変状

#### 5-2-5 所見

本橋の床版のひびわれは一方向にしか卓越してはいない状況であり、ひびわれの間隔がおよび幅から疲労損傷に至るものであったとしても初期の段階であると推定できる。桁端部では鉄筋露出が見られるが、これは漏水だけでなく、鉄筋露出部のかぶりが少ないことも要因の一つと考えられる。また、桁端部では凍害や ASR の疑いも見られ、この損傷は継続的な水の供給と関係が大きいと考えられる状況であった。

今後交通量が増加しなければ、本橋の構造的特徴からも疲労によるひびわれが急激に進行することは考えにくい。水の供給はひびわれをはじめ、うき・剥離・鉄筋腐食・ASR 等の新たな発生または現損傷の進行につながると考えられるため、水の供給経路となっている床版上面や伸縮装置の後打ちコンクリート損傷部からの浸透や床版端部からの伝い水等を検証し、損傷部の補修および予防保全対策を検討することが、長寿命化の観点から有効と考えられる。



写真-5.2.10 路面水の供給 (写真番号 1)



写真-5.2.11 骨材中の白色生成物 (写真番号 2)

### 5-3 下部構造の調査

#### 5-3-1 骨材の変色および割れについて

橋脚のはり部側面に大きなひびわれ、白色生成物の析出が見られ、近接して観察したところ変状（茶色い骨材のようなもの）が生じていた箇所[図-5.3.1, 写真-5.3.3]について、コアを採取し調査を行った。

##### (1) P1 橋脚のはり部側面から採取したコアについて (No.1)

写真-5.3.1の矢印で示す茶色い骨材のようなものは雨水等の影響で摩耗し、わずかに断片が残っているように見られ、骨材ではない可能性も考えられる。その周囲には白色生成物が認められ、白色生成物の発生箇所にはひびわれが生じており、コア表面より深さ23mmおよび58mmまで達している。

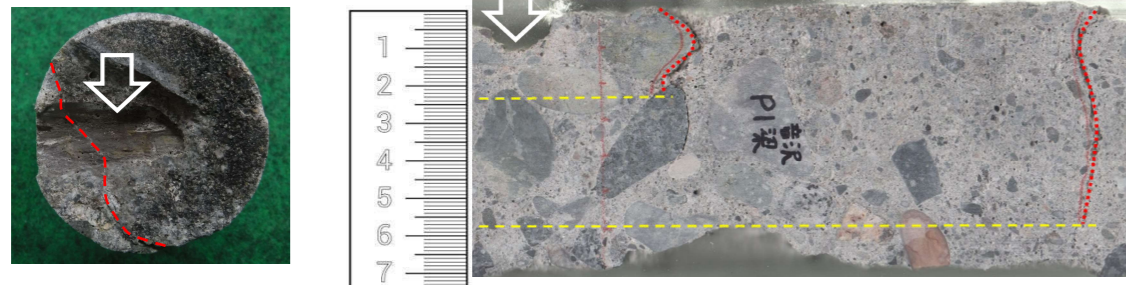


写真-5.3.1 P1 橋脚のはり部から採取したコア（左：コア外面、右：コア側面の展開写真）

##### (2) P1 橋脚の柱部から採取したコアについて (No.2)

1)セメントペーストがポップアウトによりはがれ、3つの骨材が露出していた[写真-5.3.2 左]。宇奈月町は図-5.3.2に示す凍害マップで「凍害危険度1（ごく軽微）」の区域であるが、気象データより冬日（最低気温が零度以下の日）が毎年60日程度であることから凍結融解作用によるポップアウトまたは雨水等の影響により、セメントペーストが洗い流された等が考えられる。

2)露出した骨材の周囲から白色生成物の滲出しが見られたが、コア側面にひびわれは確認できなかった[写真-5.3.2 右]。白色生成物が白華現象によるものか、骨材周囲のブリーディングに伴う空隙に水が浸透して、コンクリート中のカルシウムイオンが析出したものか、のいずれかが有力と考えられる。なお、白華はアルカリ量の多いセメントを使用した場合に発生するケースが多い。

3)露出した骨材表面が変色しているように見られる。骨材を構成する鉱物の境界に水が浸透し、凍結融解作用によって表面部がはがれ変色したように見られることから、原因は凍結融解作用の可能性が高いと推察する。

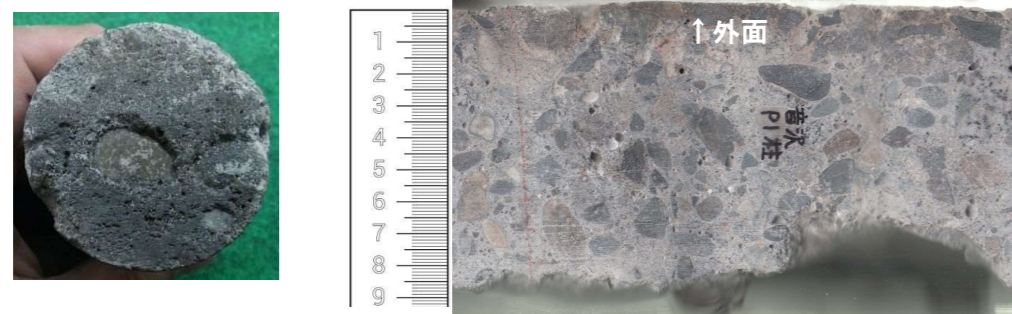


写真-5.3.2 P1 橋脚の柱部から採取したコア（左：コア外面、右：コア側面の展開写真）

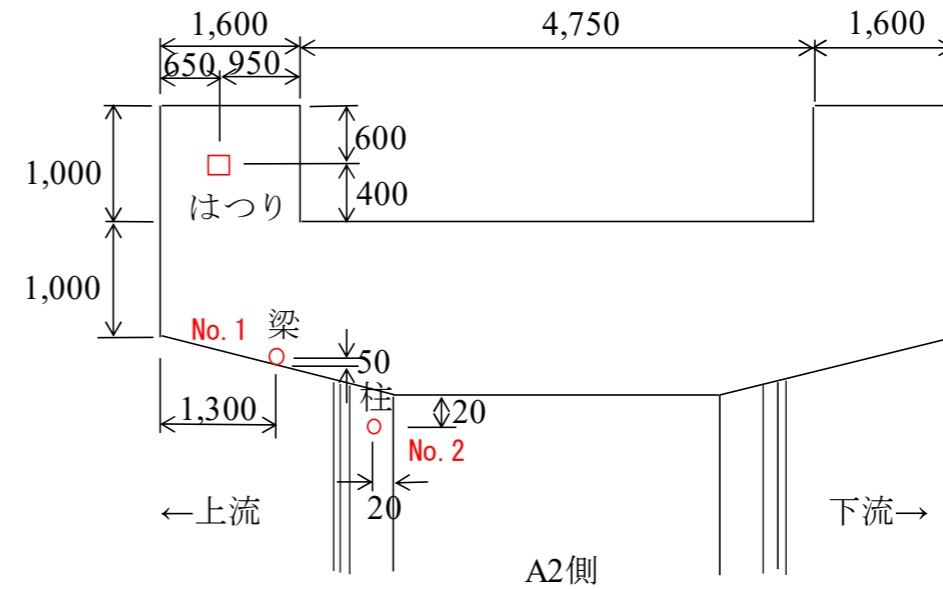


図-5.3.1 P1 橋脚のコア採取位置

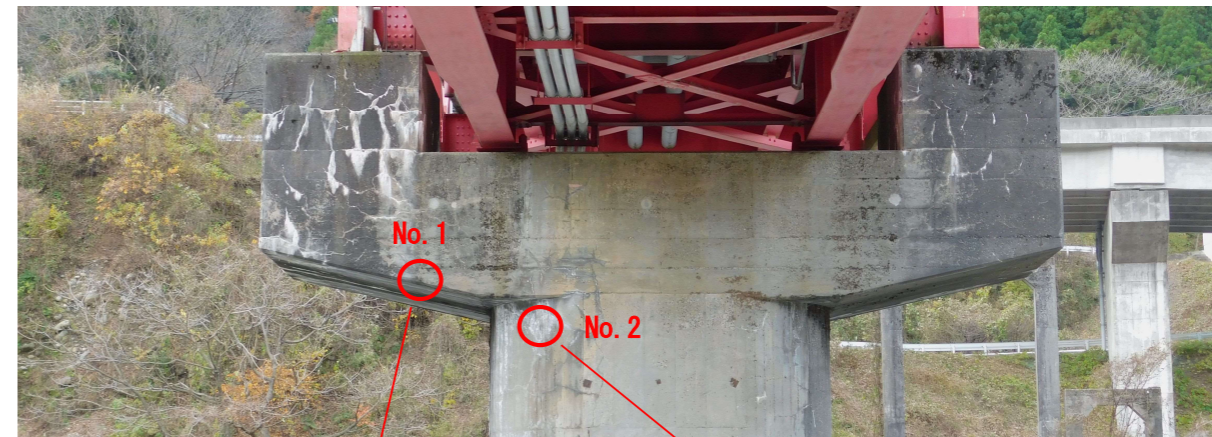


写真-5.3.3 P1 橋脚のコア採取位置（A2側から望む）

1. ○内の数値は凍害危険度.

凍害危険度	凍害の予想程度
5	極めて大きい
4	大きい
3	やや大きい
2	軽微
1	ごく軽微

2. 凍害重み係数  $k(A)$  — 良質骨材, または AE 剤を使用したコンクリートの場合.  
 3. コンクリートの品質が良くない場合には, --- 内の地域でも凍害が発生する.

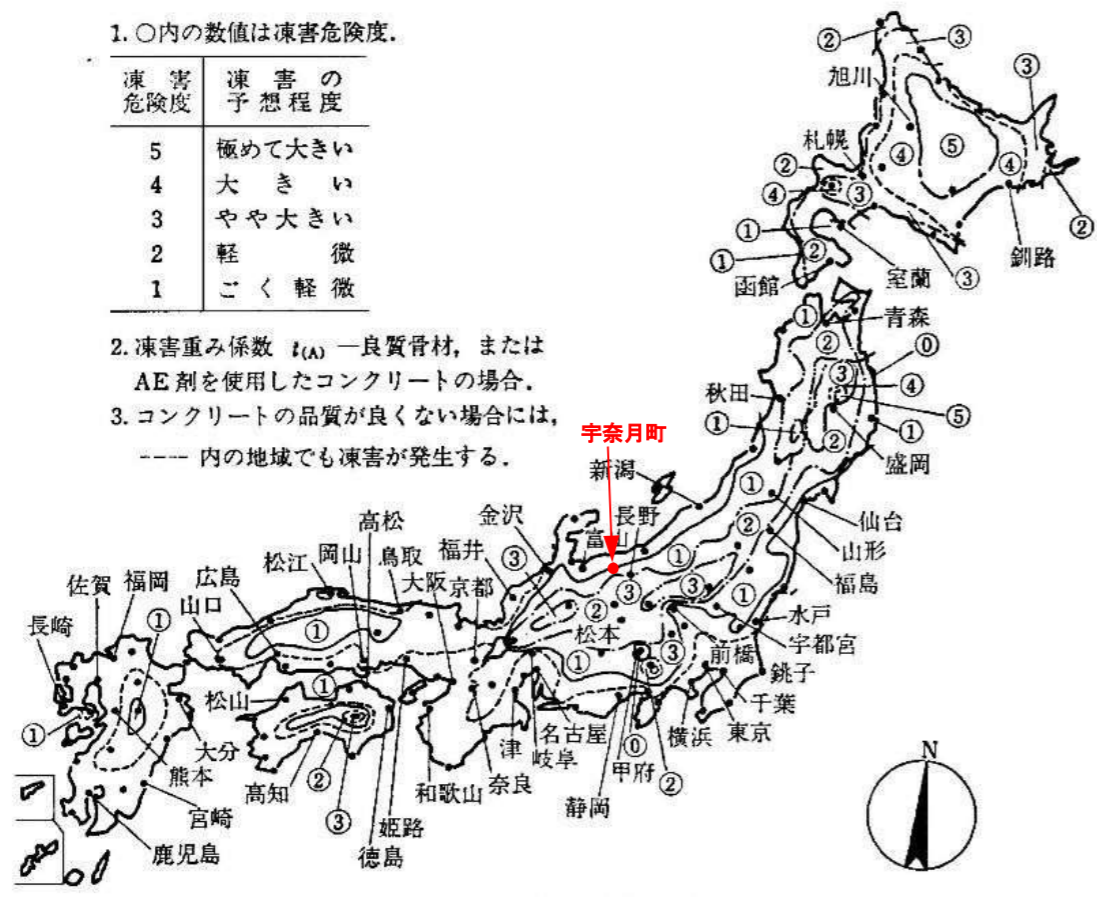


図-5.3.2 凍害危険度マップ (日本建築学会)

表-5.3.1 冬日日数の集計

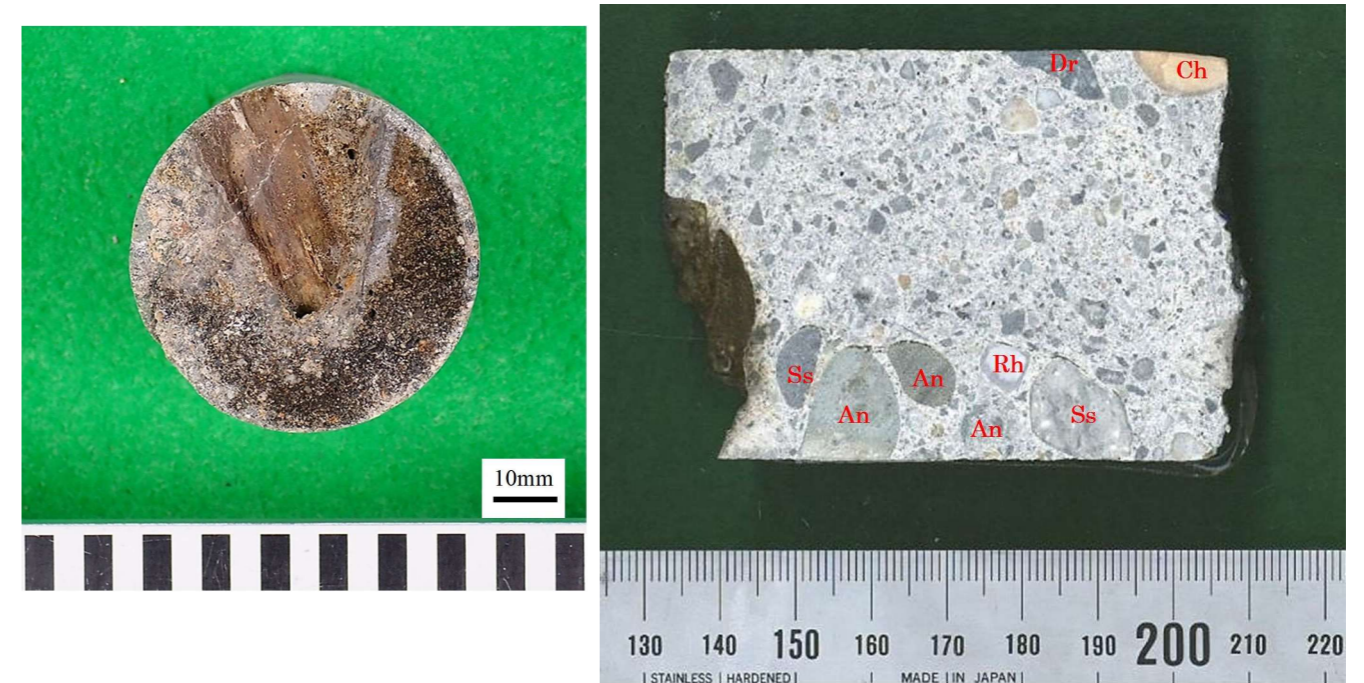
西暦	1月	2月	3月	4月	11月	12月	合計
1977	27	26	13	3		7	76
1978	20	25	17	4		12	78
1979	17	12	12	1		6	48
1980	25	25	20	3		14	87
1981	31	26	19	3	3	14	96
1982	20	24	11	2	1	3	61
1983	20	25	13		3	16	77
1984	26	27	25	3	3	15	99
1985	30	15	10	1		16	72
1986	29	26	15	3	1	7	81
1987	16	19	12	3		7	57
1988	19	23	12	1	2	12	69
1989	17	17	6			8	48
1990	23	7	5			4	39
1991	17	23	5	2	2	5	54
1992	14	23	6		1	5	49
1993	12	19	16	2		10	59
1994	21	25	21			6	73
1995	16	20	6			6	48
1996	18	22	9			2	51
1997	12	22	9			10	53
1998	14	15	10	1		5	45
1999	17	23	8			8	56
2000	12	26	17		1	11	67
2001	22	21	11	1		8	63
2002	14	14	3			9	40
2003	25	20	15			6	66
2004	23	20	10			2	55
2005	21	23	13			19	76
2006	28	18	12			4	62
2007	14	14	12	1		2	43
2008	19	28	6			6	59
2009	19	15	9			9	52
2010	16	17	6	1		7	47
2011	24	22	17	4		12	79
2012	24	23	13	1	1	16	78
2013	23	20	14			7	64
2014	24	22	11			11	68
2015	20	18	12			2	52
2016	20	18	12			2	52
2017	11	18	11			7	47
平均日数							62



(3) 粗骨材の岩石種および劣化の発生状態の観察結果（岩石学的調査）

1) はり部コアについて（No. 1）

- ① コンクリート表面には、砂利が脱落した凹みが存在したが、そこに破碎された砂利の破片などは見られなかった[写真-5.3.4]。
- ② コア表面に見られる砂利の痕跡部分を貫通するひび割れの内面は方解石（Ca1：炭酸カルシウム）で覆われていた[写真-5.3.6]。これは、ひび割れに伴うセメントペーストの炭酸化、ひび割れ内にてセメント成分を含んだ水分が往来しながら生成した白華現象によるものと考えられる。白華による方解石は脱落した砂利とセメントペーストの界面に分布を拡大しており、これにより、砂利が押し出された可能性が考えられる。
- ③ ひび割れの成因については、はがれた骨材の背面に ASR を生じた砂（石英片岩）が確認されたことから、コンクリート内部に進行した ASR または凍害による可能性が考えられる[写真-5.3.7]。
- ④ 脱落した砂利付近で薄片を作製し偏光顕微鏡観察を行ったところ、AE 減水剤を使用した際に発生するエントレイドエアが確認されず、コア表面に平行なひび割れの発生が認められたことから、凍害の影響を受けた可能性が推察される。この場合、ひび割れに浸入した水分の凍結により、表面の砂利が押し出された可能性も考えられる[写真-5.3.8]。

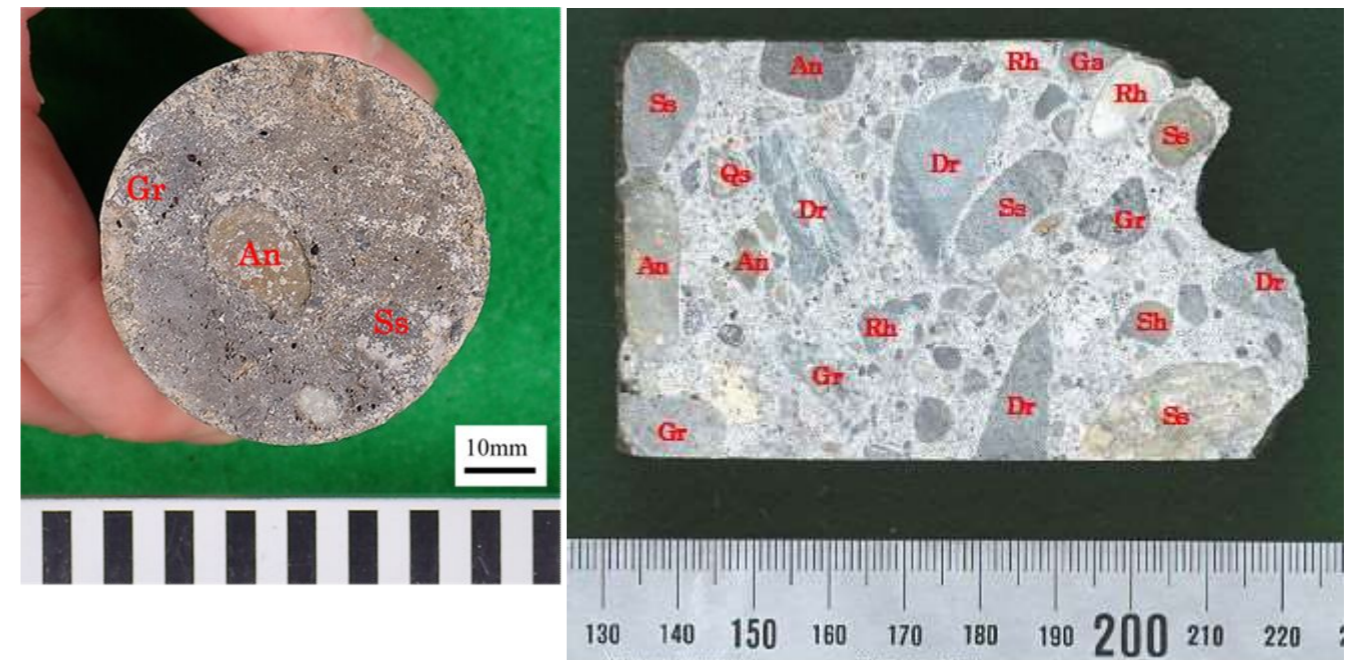


砂岩(Ss), 安山岩(An), 流紋岩(Rh), 閃緑岩(Dr), チャート(Ch)

写真-5.3.4 コンクリートコアの表面部分と切断面の岩石種の分布：はり部コア（No. 1）

2) 柱部コアについて（No. 2）

- ① 露出した3つの砂利は、砂岩、安山岩、花崗岩である。いずれの粒子もセメントペーストが剥落した部分も含めて、砂利の丸い外周に変化は見られなく、その他にも変状は見られなかった[写真-5.3.5]。セメントペーストの剥離部分に連続する残存部分にも、炭酸化（中性化）を除く変状は見られなかった。
- ② 表面に露出した砂利のうち、砂岩と花崗岩に有害鉱物である黄鉄鉱が見られたが、普通に認められる程度の微量であり、反応した形跡も見られなかった[表-5.3.2, 写真-5.3.9]。
- ③ コンクリート打設時の内部ブリーディング水などの水分が骨材周囲に付着し、そこにポルトランドイトが多く生成していたが、これはコンクリートが中性化する過程で分解して空隙を生じ、そこに浸入した水分が、凍結の際の膨張圧により骨材周囲のセメントペーストを損傷（ひび割れ発生）させ、表面のセメントペーストを剥落させた可能性が考えられる。
- ④ 分解したポルトランドイトの成分は大気中で炭酸ガスと反応し、炭酸塩としてコンクリート表面に析出し、砂利周囲に白華と推定される現象が生じている可能性が考えられる。



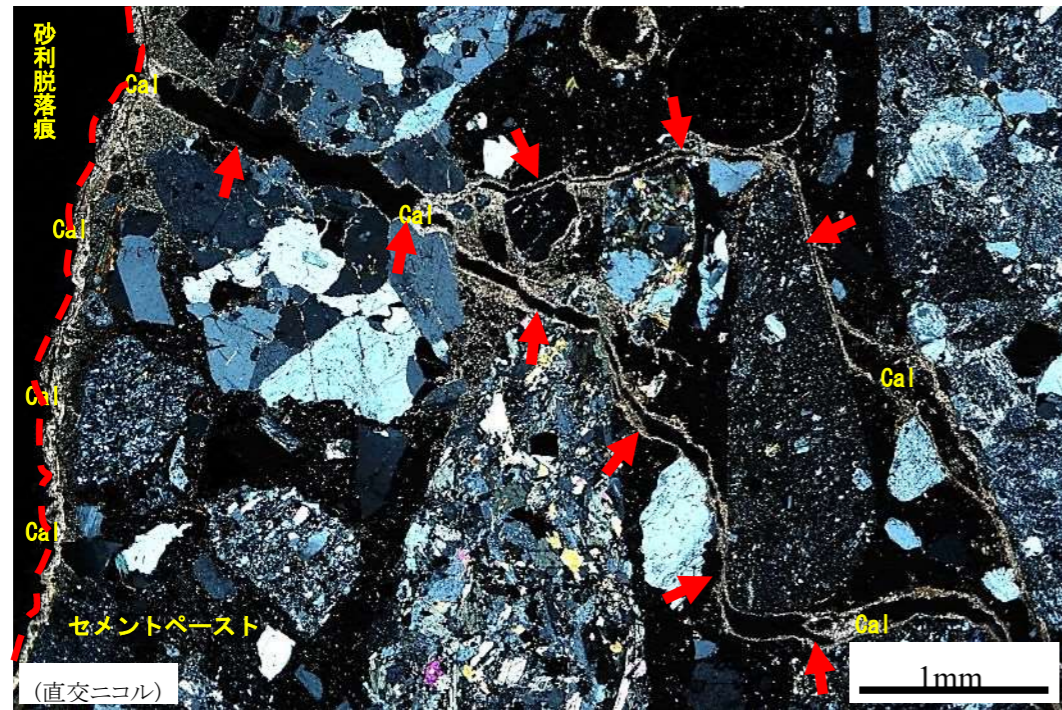
砂岩(Ss), 安山岩(An), 花崗岩(Gr), 流紋岩(Rh), 閃緑岩(Dr), 斑レイ岩(Ga), 石英片岩(Qs), 頁岩(Sh)

写真-5.3.5 コンクリートコアの表面部分と切断面の岩石種の分布：柱部コア（No. 2）

表-5.3.2 柱部コア（No. 2）の試料表面に露出した砂利の岩石種とその構成鉱物の偏光顕微鏡観察結果

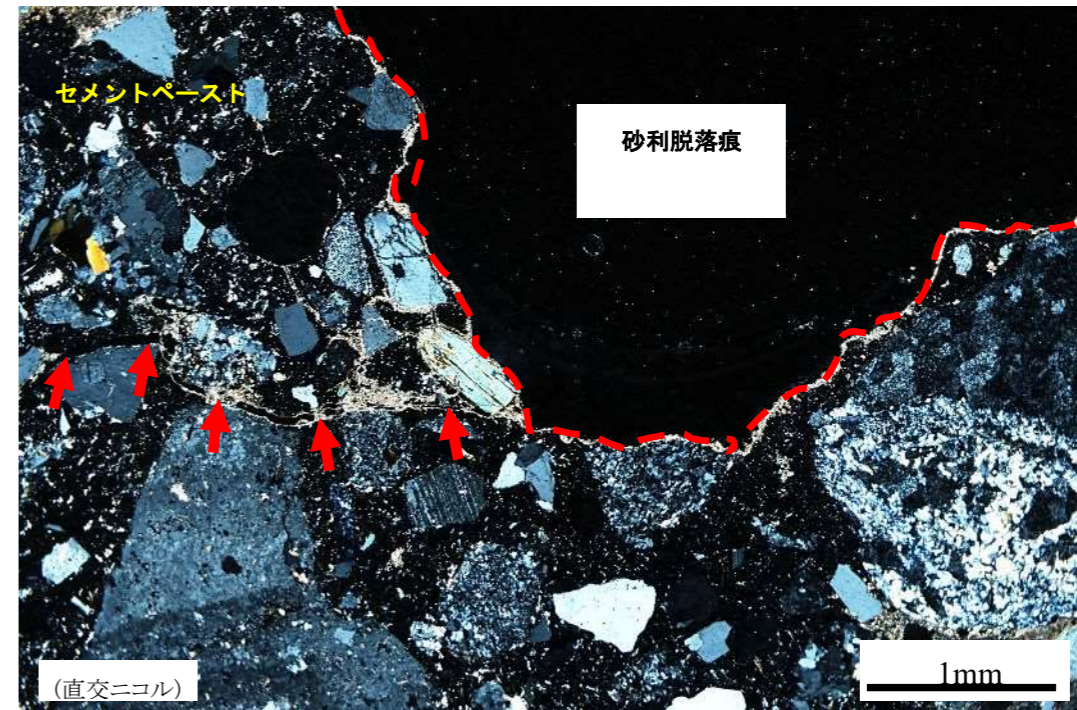
岩石種	主要な構成鉱物（構成量比の多いものから順に記載）	有害鉱物
砂岩	石英, 斜長石, カリ長石, 隠微晶質~微晶質石英, 粘土鉱物, 不透明鉱物（磁鉄鉱, 赤鉄鉱, 黄鉄鉱*など）	黄鉄鉱*（微量）
安山岩	斜長石, 石英, 隠微晶質~微晶質石英, 緑泥石, 黒雲母	—
花崗岩	斜長石, 石英, カリ長石, 黒雲母, 緑泥石, 不透明鉱物（赤鉄鉱, 黄鉄鉱*など）	黄鉄鉱*（微量）

※黄鉄鉱；コンクリートの表面付近で酸素や水分などと反応して褐鉄鉱（水酸化鉄または鉄錆）と石膏に分解し、錆汁とポップアウトを発生させることがある。



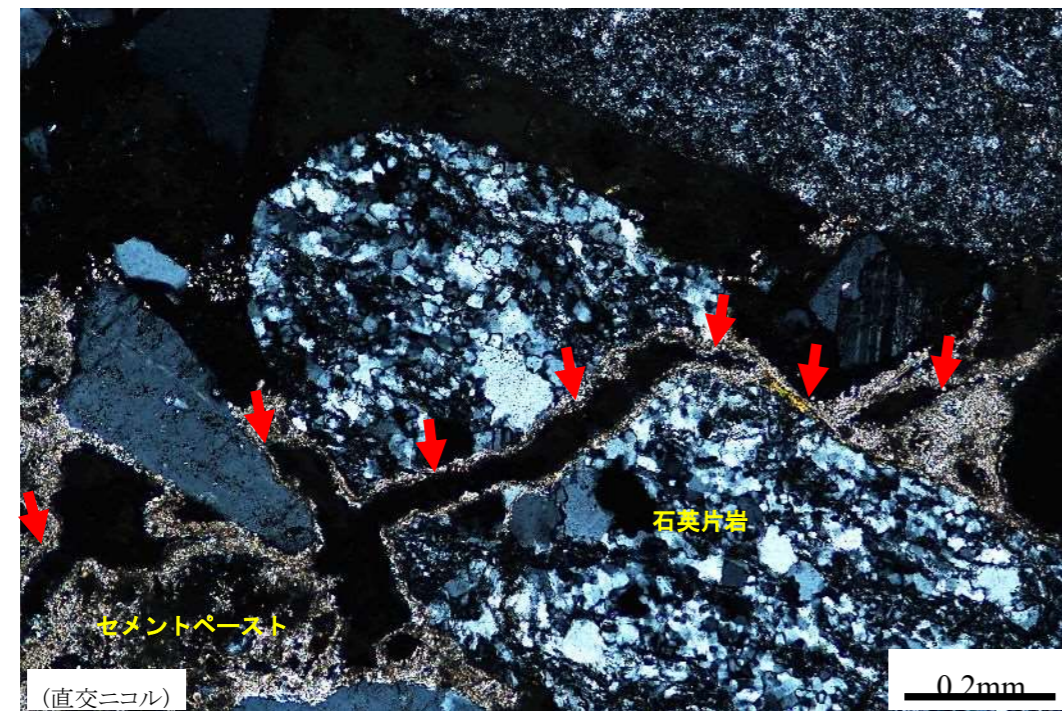
コア表面部分の断面（写真の右部がコアの深部側）。ひび割れ（赤矢印）の内面を覆う方解石（CaI：炭酸カルシウム）は、ひび割れに伴うセメントペーストの炭酸化、およびひび割れ内にてセメント成分を含んだ水分が往来しながら生成した白華によると考えられる。（赤破線がコンクリート表面）

写真-5.3.6 砂利脱落痕とひび割れ：はり部コア（No.1）



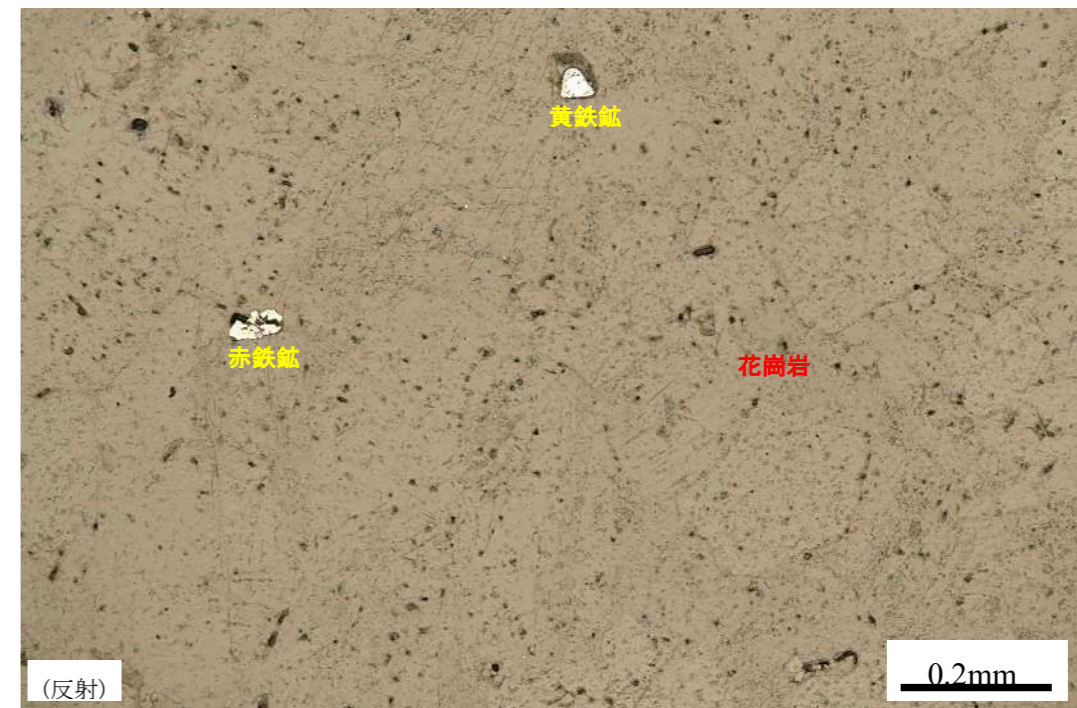
コア表面部分の断面（写真の下部がコアの深部側）。砂利脱落痕には何も存在しない。砂利の脱落痕付近には、コンクリートの表面に平行なひび割れ（赤矢印）が、偏光顕微鏡下で認められた。凍害によるスケーリングの兆候である可能性もある。また、このひび割れに沿って、脱落した砂利とセメントペーストとの界面に浸入した水分が凍結したことによる体積膨張により、砂利が押し出された可能性もある。（赤破線がコンクリート表面）

写真-5.3.8 砂利脱落痕とその付近のひび割れ：はり部コア（No.1）



石英片岩を貫通するひび割れ（赤矢印）。このひび割れは、ASRまたは凍害による可能性が高い。なお、ひび割れ内にASRゲルは認められないが、コアはコンクリート表面付近であり、炭酸化や溶脱のため、現在では失われた可能性もある。この石英片岩は、主に隠微晶質～微晶質石英から構成されている。

写真-5.3.7 石英片岩のひび割れ：はり部コア（No.1）



表面に露出した花崗岩。写真は透過光ではなく、上から光を当てて、反射させて見たものであり、不透明な鉄鉱物などの同定ができる。花崗岩には微量の黄鉄鉱が含まれていたが、反応した形跡はない。

写真-5.3.9 表面に露出した花崗岩の鉄鉱物：柱部コア（No.2）

5-3-2 内部ひびわれの貫通について

P1 橋脚の天端から貫通したひびわれがはり側面の遊離石灰を助長しているかを検証するため、ひびわれの深さを確認した。また、遊離石灰の激しい箇所ではつり調査を行い、鉄筋の腐食状況を確認した。

(1) P1 橋脚の天端から採取したコアについて (No. 3)

コア表面のひびわれは表面付近のみであり、コア側面ではひびわれ深さを測定できなかった。なお、コアの 85mm 以深ではコアにひびわれが認められた[写真-5.3.11]。天端から深さ 150mm 程度の位置に鉄筋が確認されたことから、周囲の鉄筋で拘束されたコンクリートがコアを採取することによって解放され、ASR による膨張で生じたか、鉄筋周囲に発生したブリージング層にコアドリルのトルクが影響して破損したか、などが考えられる。



写真-5.3.10 P1 橋脚の天端から採取したコア (コア外面)

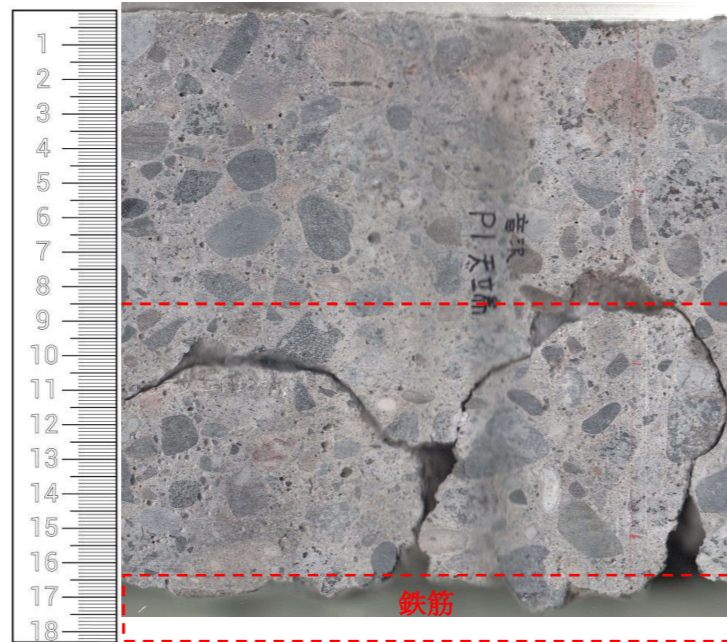


写真-5.3.11 P1 橋脚の天端から採取したコア (コア側面の展開写真)



写真-5.3.12 P1 橋脚のコア採取位置

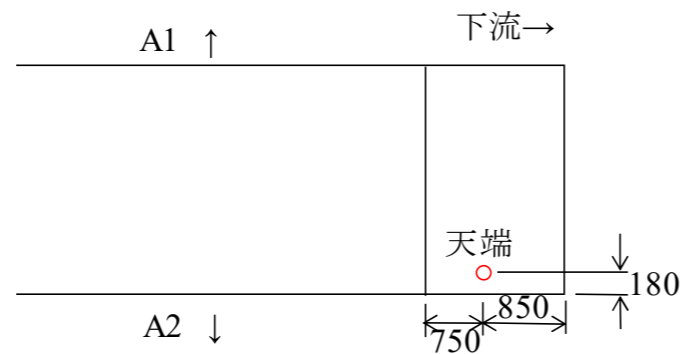


図-5.3.3 P1 橋脚のコア採取位置

(2) P1 橋脚のはつりについて

はり側面の遊離石灰が茶色く変色している部分のはつり調査を実施し、内部を観察したところ、ひび割れ深さは 95mm 程度であり、かぶりが 153mm であることから、鉄筋よりも内部のコンクリートへ進展している可能性は小さく、鉄筋周囲のコンクリートも乾いており、鉄筋よりも内部での水みちの存在の可能性は小さいことを確認した。また、鉄筋に腐食は生じていなかった[表-5.3.3]。

はり側面に発生した遊離石灰の水分は天端から浸透したのではなく、ASR によって発生したひびわれに表面から雨水等が浸透し、コンクリート中のカルシウムイオンや ASR ゲルが析出したものとする。

表-5.3.3 はつり調査結果

はつり調査位置の状況	はつり完了
はつり箇所拡大 調査結果	調査結果
	<ul style="list-style-type: none"> <li>鉄筋サイズ : D16</li> <li>かぶり : 153mm</li> <li>ひび割れ深さ : 95mm</li> <li>鉄筋腐食度 : I</li> </ul> <p>※腐食度と鋼材の状態                      I ; 黒皮の状態, または薄い緻密なさび程度                      II ; 部分的に浮きさび, 小面積の斑点状                      III ; 全体的に浮きさび                      IV ; 断面欠損が生じている                      【参考文献】2013年制定/コンクリート標準示方書 (維持管理編)</p>

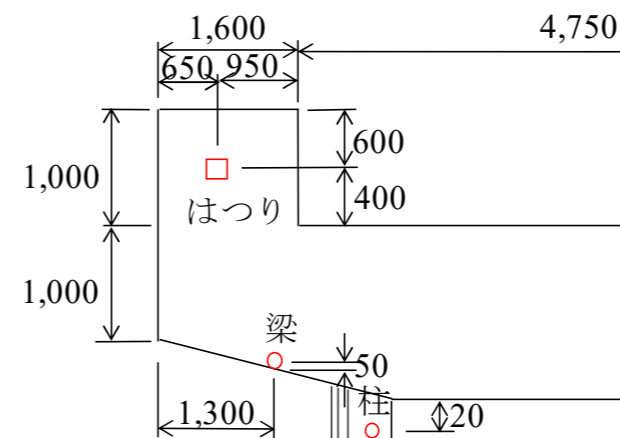


図-5.3.4 P1 橋脚のはつり位置



写真-5.3.13 P1 橋脚のはつり位置

### 5-3-3 ASRについて

#### (1) 骨材産地と過去の調査結果について

- 1) 建設時のコンクリート配合報告書より、骨材には黒部川の川砂利が用いられていることを確認した。黒部川は県内の他の河川に比べて反応性骨材の含有量が低いのが特徴である。【参考文献】北陸地方における反応性骨材の岩石学的特徴とコアの残存膨張性の評価, コンクリート工学年次論文集, Vol. 33, No. 1, 2011)
- 2) 平成 25 年度に黒部市は、補修（下部構造は未補修）を目的に A1 橋台、P1 橋脚、A2 橋台で静弾性係数試験を実施している。試験結果より静弾性係数が健全なコンクリートの値より低下しており[図-5.3.5]、これまでの知見から ASR が生じている可能性が高いと考える。また、残存膨張量試験も同時に行っており、A1 橋台だけが判定基準値を超え、残存膨張性ありとの結果を得られているが、超過は微量であった[図-5.3.6]。

#### (2) P1 橋脚の小口 1 から採取したコアについて

- 1) 露出した骨材表面 (①) にひびわれが生じている箇所からコアを採取した。骨材に発生したひびわれは表面付近のみであり、コンクリート深部へは進展していないと推定される[写真-5.3.14 左上]。
- 2) 骨材 (②) では表面にひびわれを確認できなかったが、コア側面で顕著なひびわれを確認した[写真-5.3.14 右上]。おそらく骨材を構成する鉱物と鉱物の境界に雨水等が浸透、前述の「骨材の変色および割れについて」で示したように凍結融解作用も助長してひびわれが顕著になったものと推定するが、目視では骨材のひびわれがセメントペーストに進展していないように見える。

以上より、コア側面では粗骨材で顕著な ASR は生じていないと推定される。なお、表面から深さ 35mm 程度の位置で細骨材 (砂) (③) 周囲に白色ゲルの発生が認められた[写真-5.3.14 下]。

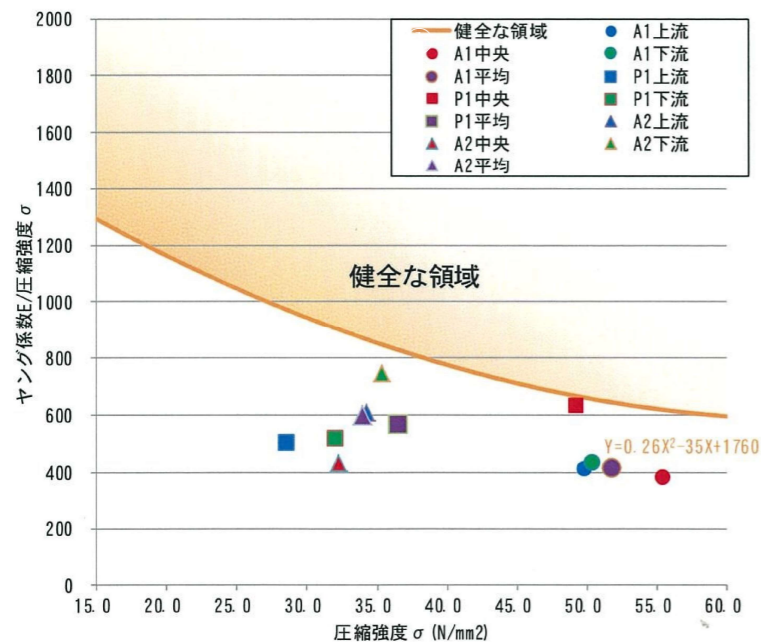


図-5.3.5 静弾性係数試験結果

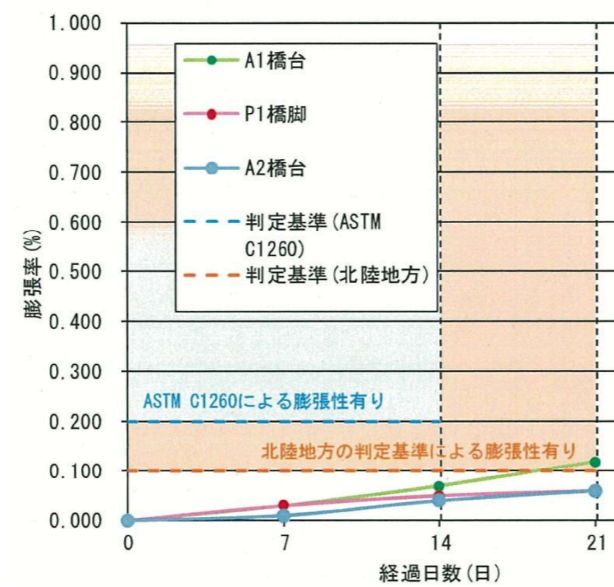
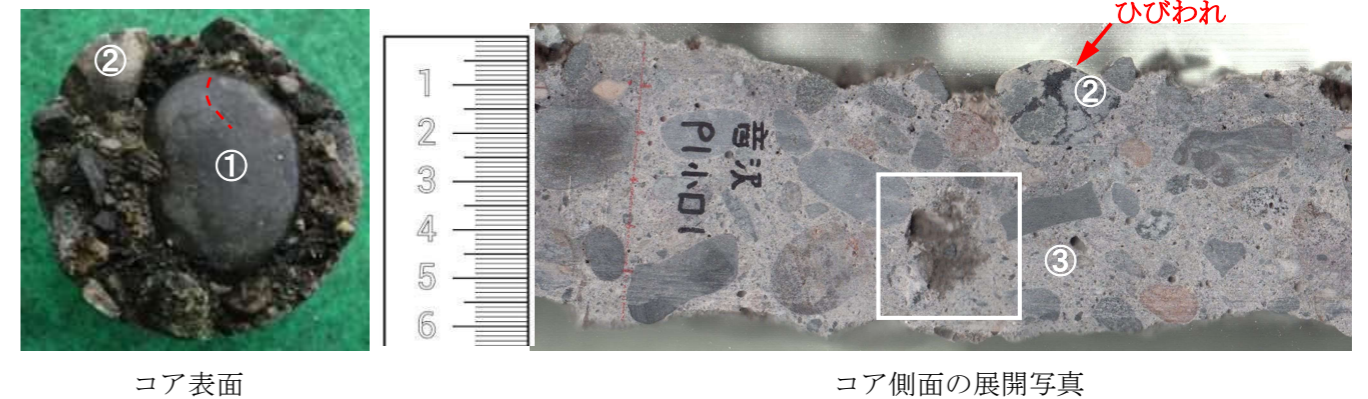


図-5.3.6 残存膨張量試験結果



細骨材 (砂) 周囲の白色ゲル (③の拡大)

写真-5.3.14 P1 橋脚の小口 1 のコア

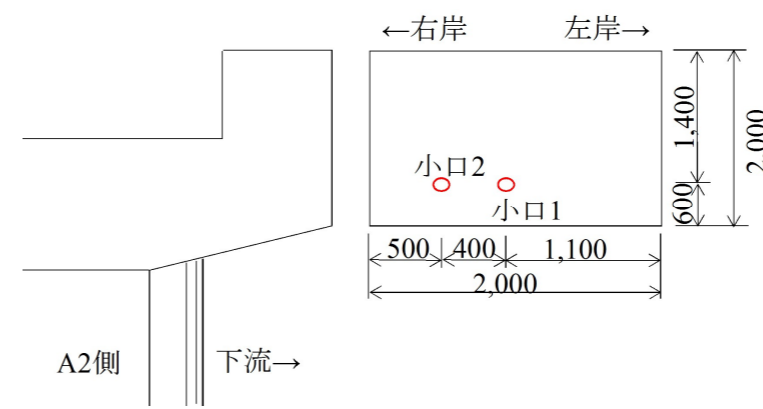


図-5.3.7 P1 橋脚の小口のはつり位置

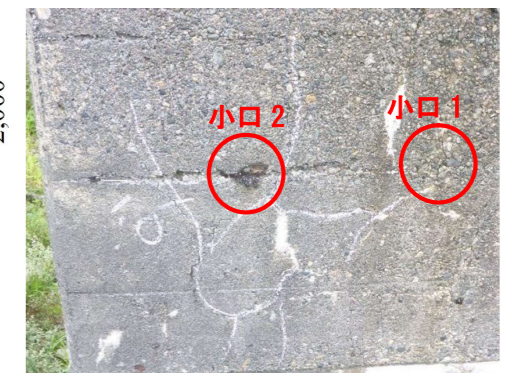


写真-5.3.15 P1 橋脚の小口のはつり位置

(3) P1 橋脚の小口 2 から採取したコアについて

- 1) 露出した骨材表面 (①) にひびわれが生じている箇所からコアを採取した。骨材に生じているひびわれは、深さ 110mm 付近まで達していた [写真-5.3.16 右]。
- 2) 表面からの深さ 100~135mm でひびわれが発生していた [写真-5.3.16 右]。事前の鉄筋探査により深さ 60mm 程度の位置に鉄筋を確認したことを踏まえると、鉄筋で囲まれたコンクリートが ASR の膨張で拘束されており、コアを採取することによって拘束が解放され、コアにひびわれが発生したものと考えられる。
- 3) かぶり部分に ASR は見られないが、鉄筋以深やコアの先端面では顕著な ASR を生じた骨材が確認できた [写真-5.3.16 左下]。

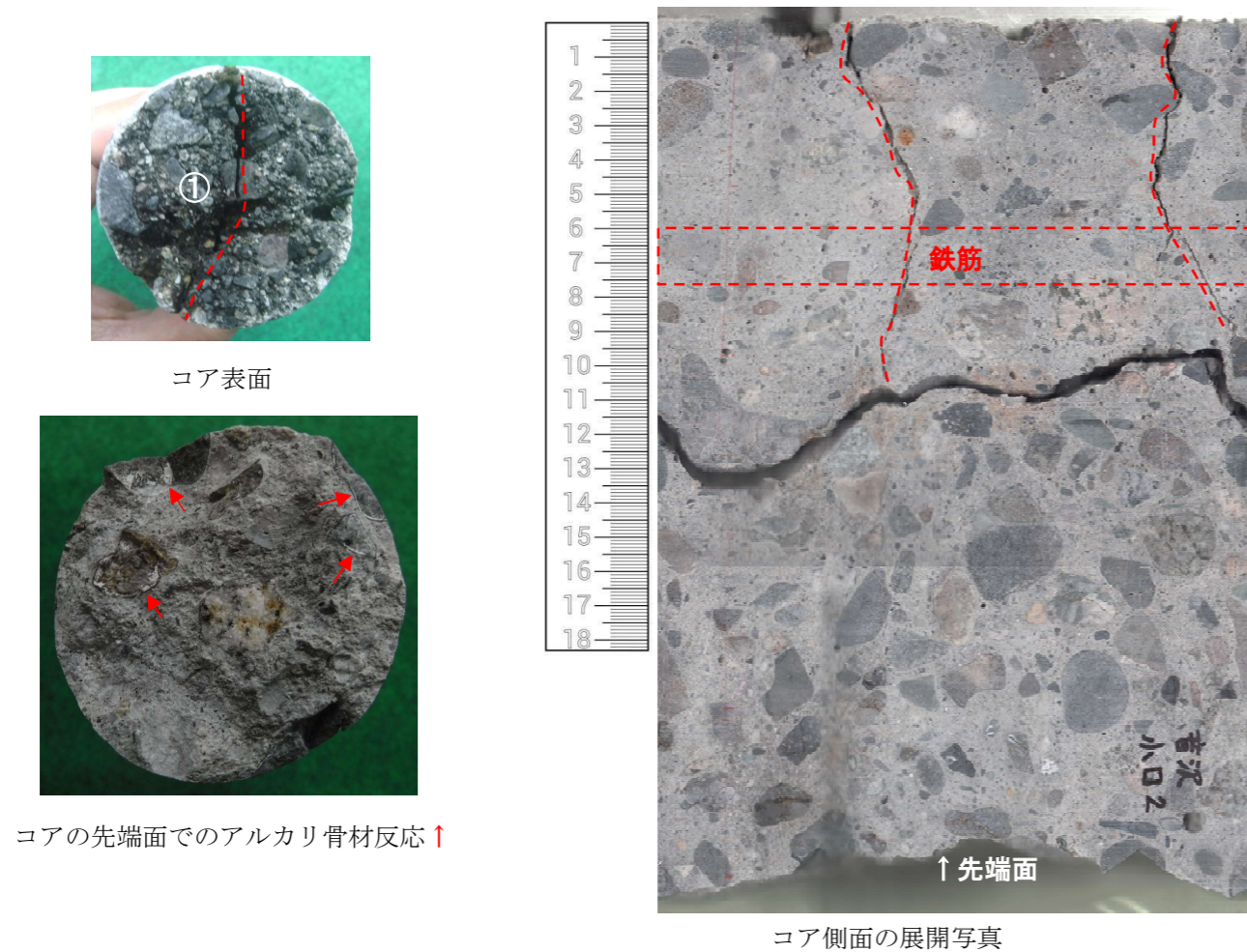


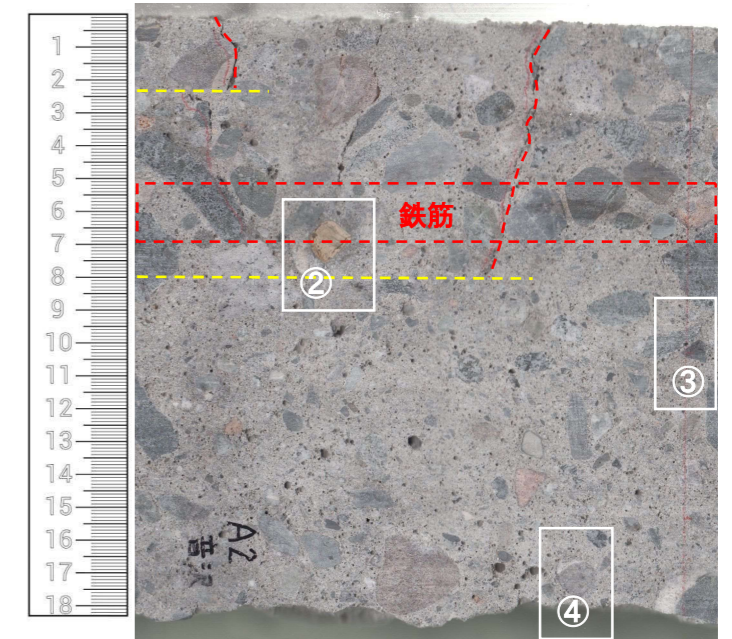
写真-5.3.16 P1 橋脚の小口 2 のコア

(4) A2 橋台の側面から採取したコアについて

- 1) 露出した骨材表面 (①) にひびわれが生じていた箇所からコアを採取した。骨材に生じたひびわれは、深さ 23mm および 80mm 付近まで達していた [写真-5.3.17 右上]。
  - 2) 鉄筋付近からその以深において、ASR のひびわれを有する骨材が散見された [写真-5.3.17 ②、③、④]。
- 以上より、P1 橋脚から採取した小口 2 のコアで確認されたような先端のひびわれが A2 橋台にはなかったことから、ASR による膨張は、P1 橋脚に比較して小さかったためと推察する。



コア表面



アルカリ骨材反応性のひび割れ ↑

写真-5.3.17 A2 橋台の側面のコア

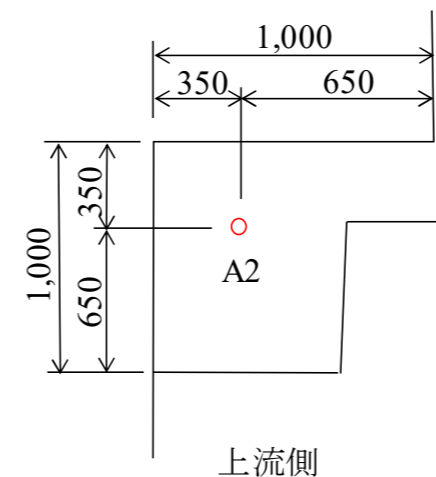


図-5.3.8 A2 橋台の側面のはつり位置



写真-5.3.18 A2 橋台の側面のはつり位置

5-3-4 ASR 判定 (ゲルフルオレッセンス法)

P1 橋脚天端から採取したコアから鉛直方向の断片試料を切り出し、ゲルフルオレッセンス法にてアルカリシリカゲルを確認した。

試薬滴下後に紫外線下で発光した箇所はいずれも溶結凝灰岩の周囲に生じたゲルであることから[写真-5.3.20]、ASR である可能性が考えられる。

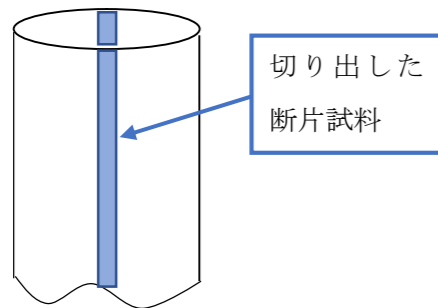


図-5.3.9 P1 橋脚天端から試料採取

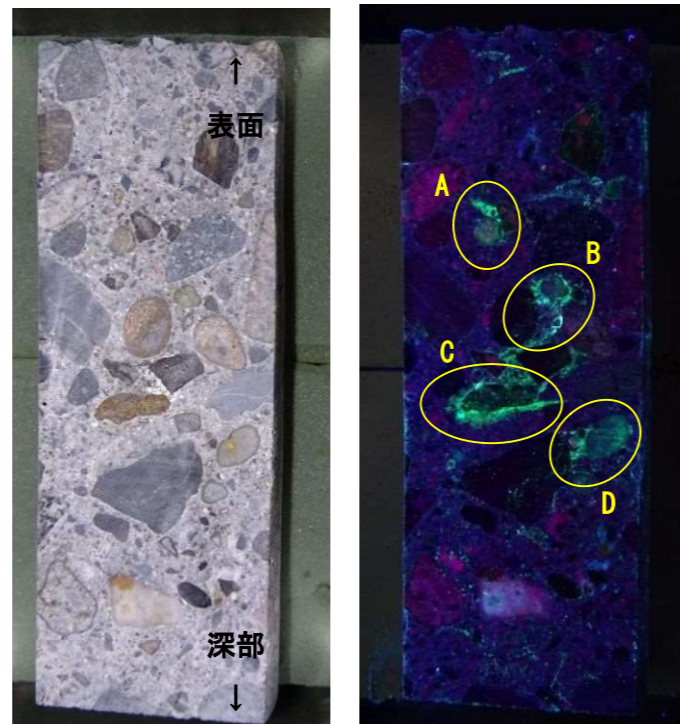
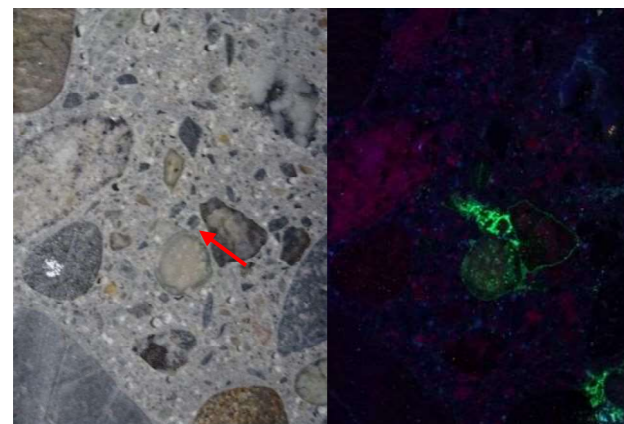
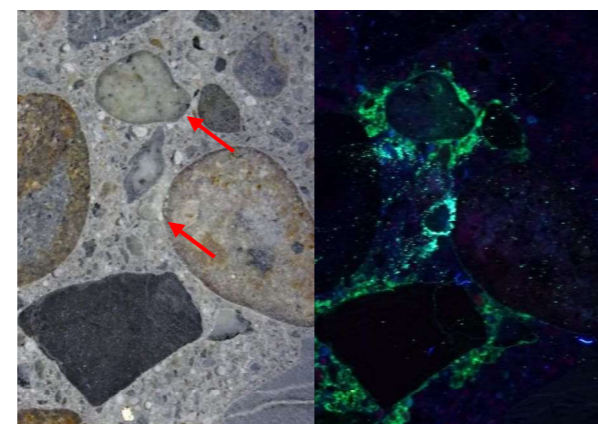


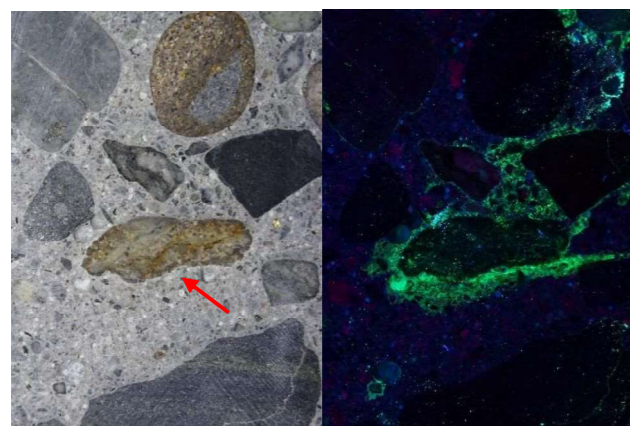
写真-5.3.19 採取資料と試験結果



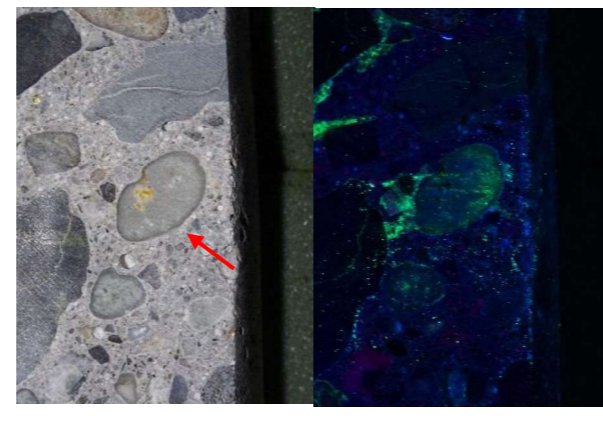
A部拡大 (細骨材周囲のゲル)



B部拡大 (粗骨材溶結凝灰岩周囲のゲル)



C部拡大 (粗骨材溶結凝灰岩周囲のゲル)



D部拡大 (粗骨材溶結凝灰岩周囲のゲル)

写真-5.3.20 断片の拡大

5-3-5 ASR に関する調査結果 (岩石学的調査)

(1) 骨材の岩石種の観察結果

- 「P1 小口 2」の粗骨材は、花崗岩・流紋岩・閃緑岩・斑レイ岩などで構成される砂利であった。細骨材は、粗骨材とほぼ同様な多種の岩片および結晶片 (カリ長石・石英・斜長石など) から構成される砂であった。
- 「A2」の粗骨材は、花崗岩・流紋岩・砂質ホルンフェルス・角閃岩・閃緑岩などで構成される砂利であった。細骨材は、粗骨材とほぼ同様な多種の岩片および結晶片 (石英・カリ長石・斜長石など) から構成される砂であった。

以上より、ASR 反応性の岩石種としては、火山岩系岩石の安山岩、流紋岩、流紋岩質溶結凝灰岩、変成岩類の片麻岩やホルンフェルス、堆積岩系のチャートや頁岩が確認された (P1: 砂利 (37%), 砂 (3%), A2: 砂利 (40%), 砂 (13%))。

表-5.3.4 骨材の岩石種の観察結果

試料	粗骨材		細骨材	
	種類	岩石種 (vol.%)	種類	岩石種 (vol.%)
P1 小口 2	砂利	花崗岩 (31), <b>流紋岩 (22)</b> , 閃緑岩 (13), 斑レイ岩 (11), 砂岩 (7), <b>チャート (6)</b> , 片麻岩 (4), 砂質ホルンフェルス (3), <b>流紋岩質溶結凝灰岩 (2)</b> , 石英片岩 (1)	砂	岩片: 花崗岩 (23), 閃緑岩 (11), 斑レイ岩 (5), 頁岩 (3), 砂岩 (2), <b>片麻岩 (2)</b> , 石英片岩 (2), 角閃岩 (1), <b>砂質ホルンフェルス (1)</b> , <b>流紋岩 (微量)</b> , など 結晶片: カリ長石 (22), 石英 (19), 斜長石 (7), 黒雲母 (2), など
A2	砂利	花崗岩 (25), <b>流紋岩 (20)</b> , 砂質ホルンフェルス (18), 角閃岩 (12), 閃緑岩 (10), 斑レイ岩 (5), 雲母片岩 (4), 砂岩 (2), 石英片岩 (2), 安山岩 (1), <b>流紋岩質溶結凝灰岩 (1)</b> , 片麻岩 (微量)	砂	岩片: 花崗岩 (24), <b>流紋岩 (4)</b> , 閃緑岩 (4), 砂岩 (4), 砂質ホルンフェルス (3), 斑レイ岩 (3), 泥質ホルンフェルス (2), <b>流紋岩質溶結凝灰岩 (2)</b> , 頁岩 (2), 石英片岩 (2), 角閃岩 (2), 片麻岩 (2), <b>チャート (微量)</b> , 安山岩 (微量), など 結晶片: 石英 (25), カリ長石 (11), 斜長石 (9), 黒雲母 (1), 輝石 (微量), など

※太字; ASR 反応性の岩石種

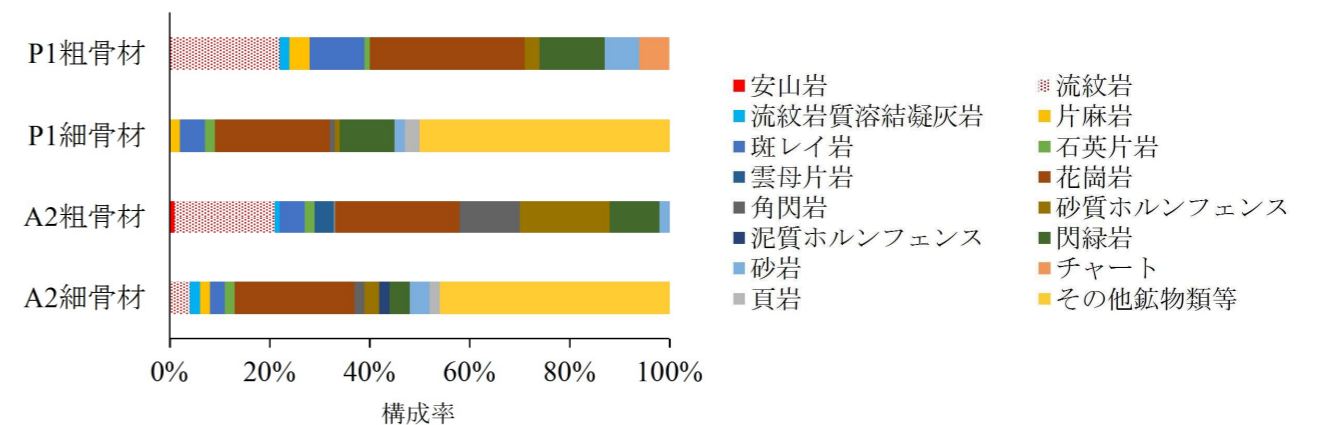
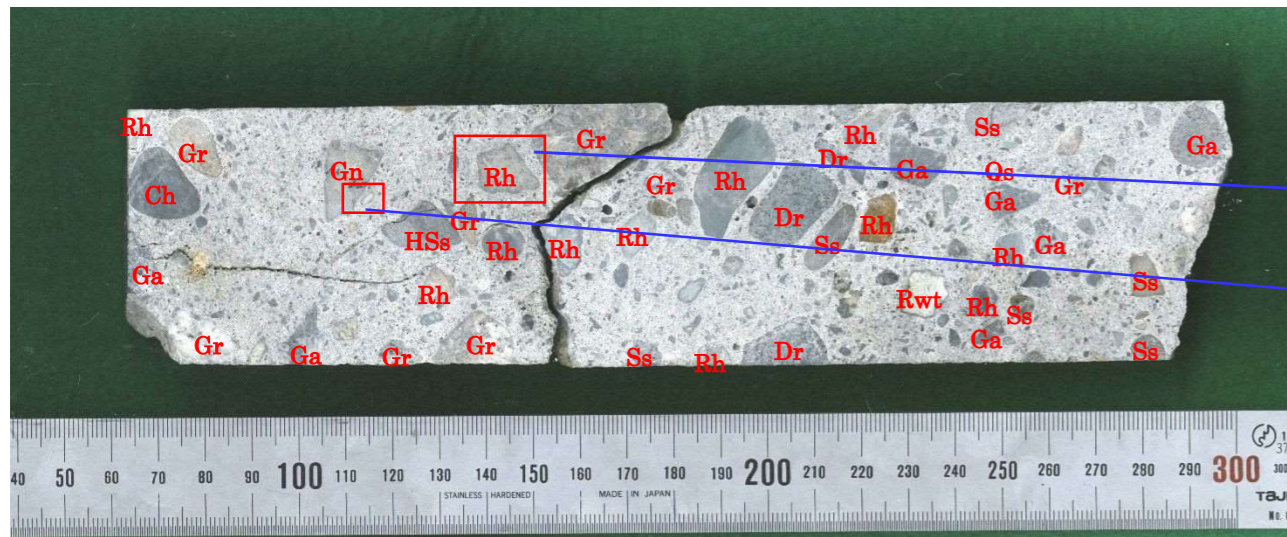


図-5.3.10 骨材の岩石種の構成率

コンクリートコア切断面における岩石種の分布やひび割れ状況を以下に示す。

① P1 小口2 コア



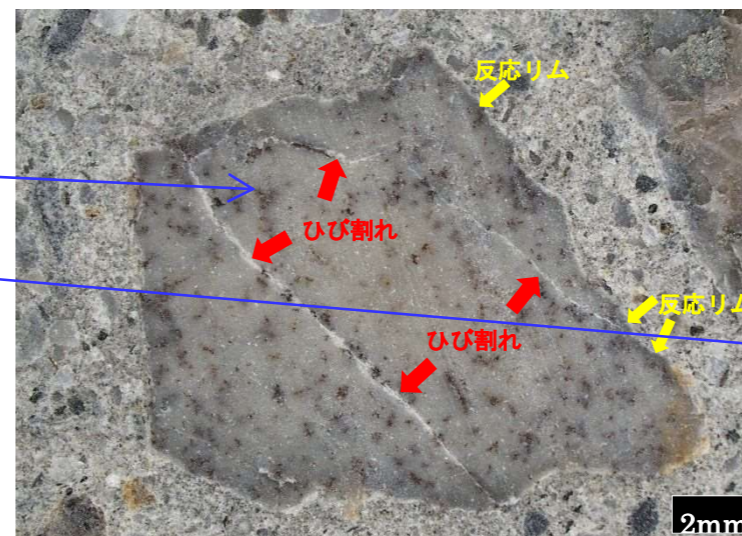
花崗岩(Gr)・流紋岩(Rh)・閃緑岩(Dr)・斑レイ岩(Ga)・砂岩(Ss)・チャート(Ch)・  
片麻岩(Gn)・砂質ホルンフェルス(HSs)・流紋岩質溶結凝灰岩(Rwt)・石英片岩(Qs)

写真-5.3.21 コンクリートコア切断面における岩石種の分布 (P1 小口2)

(2) ASR の発生状態の観察結果

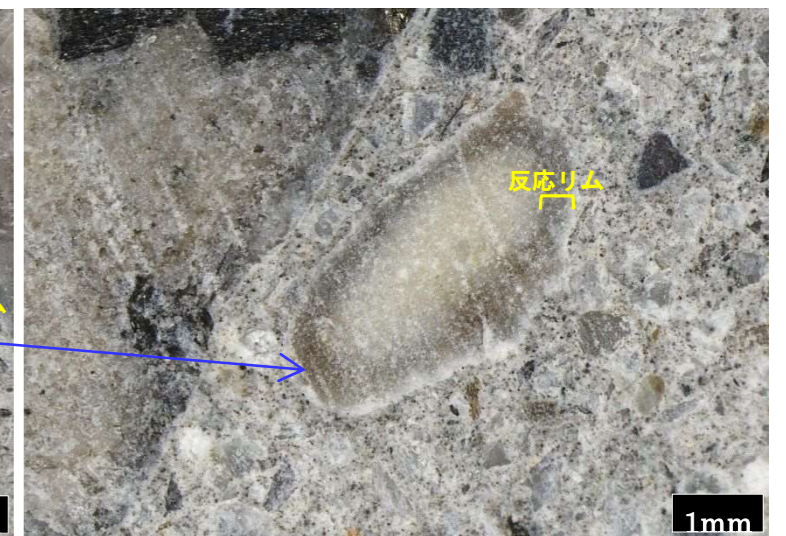
コア試料の ASR の観察状況を以下に示す。

① P1 小口2 コア



- ・反応リム(骨材周縁部の変色)
- ・ひび割れ

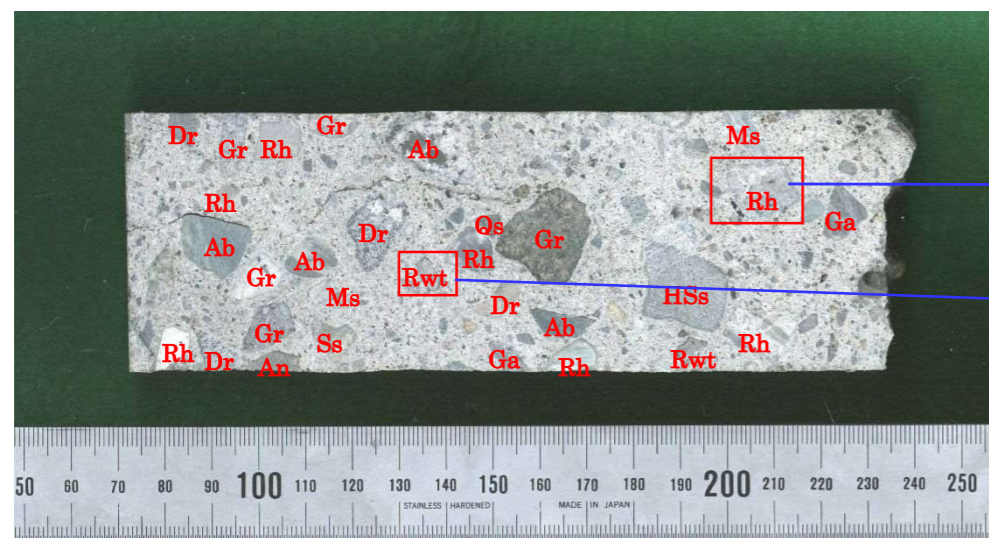
写真-5.3.23 流紋岩/粗骨材の ASR



- ・反応リム(骨材周縁部の変色)

写真-5.3.24 流紋岩/細骨材の ASR

② A2 コア

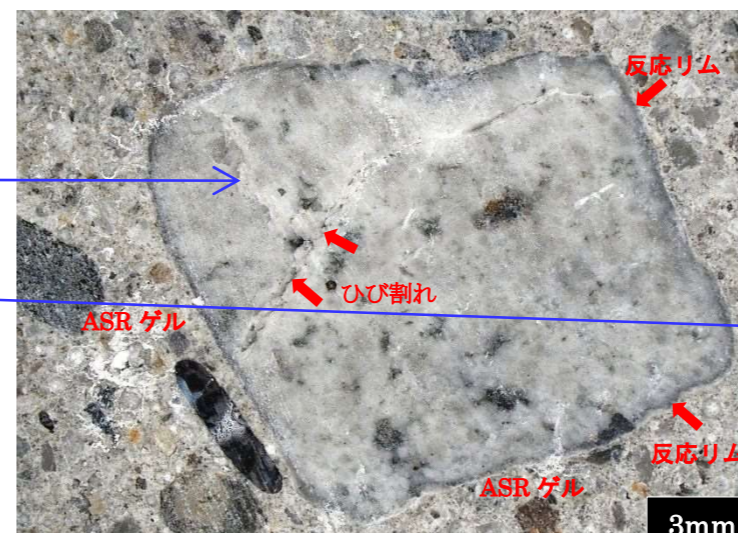


花崗岩(Gr)・流紋岩(Rh)・砂質ホルンフェルス(HSs)・角閃岩(Ab)・閃緑岩(Dr)・雲母片岩(Ms)・  
斑レイ岩(Ga)・砂岩(Ss)・石英片岩(Qs)・安山岩(An)・流紋岩質溶結凝灰岩(Rwt)

コンクリートコア切断面における岩石種の分布 : A2

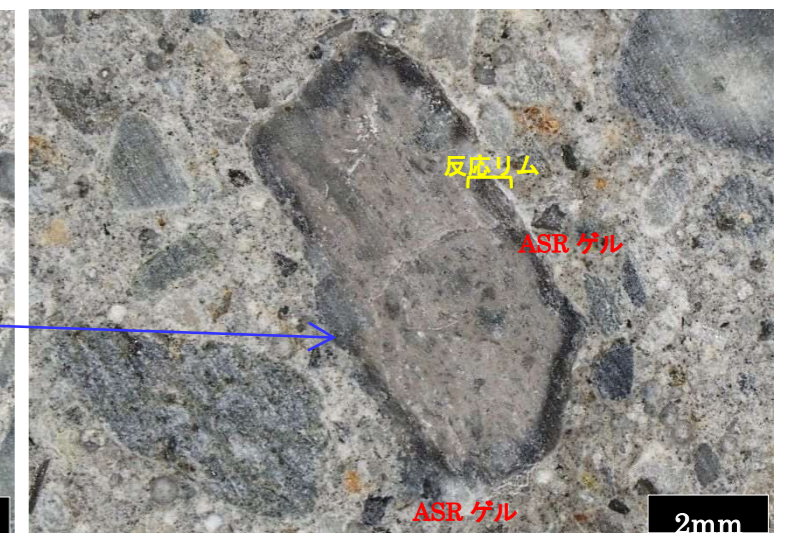
写真-5.3.22 コンクリートコア切断面における岩石種の分布 (A2)

② A2 コア



- ・反応リム(骨材周縁部の変色)
- ・ASR ゲルの滲み出し(白色、濡れ色)
- ・ひび割れ

写真-5.3.25 流紋岩/粗骨材の ASR



- ・反応リム(骨材周縁部の変色)
- ・ASR ゲルの滲み出し(白色、濡れ色)

写真-5.3.26 流紋岩質溶結凝灰岩/細骨材の ASR

- 1) 「P1 小口 2」のコンクリートには、中程度（進展期・加速期）の ASR が、流紋岩（および流紋岩質溶結凝灰岩）、砂質ホルンフェルス、砂岩、花崗岩により生じていた[表-5.3.5]。
- 2) 「A2」のコンクリートには、軽微ないし中程度（進展期）の ASR が、流紋岩（および流紋岩質溶結凝灰岩）、砂岩、雲母片岩、花崗岩、頁岩により生じていた[表-5.3.7]。
- 3) 「P1 小口 2」および「A2」は、ASR 反応性鉱物として、いずれの ASR を生じた岩石に遅延膨張性の隠微晶質～微晶質石英が含まれていた[表-5.3.6、表-5.3.8]。

以上より、コア表面で確認された骨材のひび割れは、コンクリート内部に進行した ASR が影響した可能性が考えられる。また、ASR がゆっくり反応するリスクが残されている可能性があるかと推定される。

表-5.3.5 実体/偏光顕微鏡観察に基づく ASR の進行状況（P1 小口 2 コア）

試料	岩石種	ASR					劣化度 評価
		進行段階 →					
		i	ii	iii	iv	v	
		骨材	セメントペースト	骨材	セメントペースト		
反応形	ゲルの滲み・取り巻き	ひび割れゲル充填	ひび割れゲル充填	気泡ゲル充填			
P1 小口 2	粗骨材	流紋岩	◎	◎	○	○	2
		流紋岩質溶結凝灰岩	◎	◎	○	○	2
		砂質ホルンフェルス	○	○	○	○	2
		砂岩	○	○	○	○	2
	細骨材	花崗岩	○	○	+		1~2
		流紋岩	○	○	○	○	2
		花崗岩	○	○	○	+	1~2
		砂質ホルンフェルス	○	○	+	+	1~2
		砂岩	○	○	+	+	1~2
		総合評価					2

顕微鏡観察による評価

ASR の程度：◎ 顕著； ○ あり； + 少数； 空欄 なし（認めず）

劣化度の評価：1 軽微（潜伏期に相当）； 2 中程度（進展期・加速期に相当）； 3 顕著（加速期・劣化期に相当）

【参考文献】コンクリート工学/52 巻(2014)12 号，講座，アルカリシリカ反応入門，③アルカリシリカ反応の診断方法：片山哲哉

表-5.3.6 ASR を発生した岩石種の偏光顕微鏡観察結果（P1 小口 2 コア）

岩石種	主要な構成鉱物 (構成量比の多いものから順に記載)
流紋岩 流紋岩質溶結凝灰岩	隠微晶質～微晶質石英 <sup>*</sup> ，石英，黒雲母，斜長石，カリ長石，粘土鉱物
砂質ホルンフェルス	石英，斜長石，黒雲母，白雲母，隠微晶質～微晶質石英 <sup>*</sup>
砂岩	石英，斜長石，カリ長石，隠微晶質～微晶質石英 <sup>*</sup> ，粘土鉱物，不透明鉱物
花崗岩	斜長石，石英，カリ長石，黒雲母，緑泥石，隠微晶質～微晶質石英 <sup>*</sup>

表-5.3.7 実体/偏光顕微鏡観察に基づく ASR の進行状況（A2 コア）

試料	岩石種	ASR					劣化度 評価
		進行段階 →					
		i	ii	iii	iv	v	
		骨材	セメントペースト	骨材	セメントペースト		
反応形	ゲルの滲み・取り巻き	ひび割れゲル充填	ひび割れゲル充填	気泡ゲル充填			
A2	粗骨材	流紋岩	◎	◎	○	+	1~2
		砂岩	○	○	+	+	1~2
		雲母片岩	+	+	+	+	1~2
		花崗岩	○	○	+		1~2
	細骨材	流紋岩 流紋岩質溶結凝灰岩	◎	○	○	+	1~2
		頁岩	○	○	○	+	1~2
		花崗岩	○	+	+		1~2
総合評価						1~2	

顕微鏡観察による評価

ASR の程度：◎ 顕著； ○ あり； + 少数； 空欄 なし（認めず）

劣化度の評価：1 軽微（潜伏期に相当）； 2 中程度（進展期・加速期に相当）； 3 顕著（加速期・劣化期に相当）

【参考文献】コンクリート工学/52 巻(2014)12 号，講座，アルカリシリカ反応入門，③アルカリシリカ反応の診断方法：片山哲哉

表-5.3.8 ASR を発生した岩石種の偏光顕微鏡観察結果（A2 コア）

岩石種	主要な構成鉱物 (構成量比の多いものから順に記載)
流紋岩 流紋岩質溶結凝灰岩	隠微晶質～微晶質石英 <sup>*</sup> ，石英，黒雲母，斜長石，カリ長石，粘土鉱物
砂岩	石英，斜長石，カリ長石，隠微晶質～微晶質石英 <sup>*</sup> ，粘土鉱物，不透明鉱物
花崗岩	斜長石，石英，カリ長石，黒雲母，緑泥石，隠微晶質～微晶質石英 <sup>*</sup>
雲母片岩	隠微晶質石英～微晶質石英 <sup>*</sup> ，石英，斜長石，緑泥石，白雲母
頁岩	隠微晶質～微晶質石英 <sup>*</sup> ，石英，斜長石，粘土鉱物，不透明鉱物

※ASR 反応性鉱物

隠微晶質は偏光顕微鏡下で個々の粒子が識別不可能なほど細粒な組織，微晶質は偏光顕微鏡下で，かろうじて個々の粒子が識別可能な程度に細粒な組織を指す。いずれも結晶は非常に微細で表面積が大きく，また結晶度が低いため，そこに石英を含めば ASR 反応性を示す。

なお，ASR 反応性鉱物を反応性の高い順に示す。

- ① オパール（急速膨張性）
- ② クリストバライトやトリディマイト（急速膨張性）
- ③ 火山ガラス
- ④ カルセドニー（遅延膨張性）
- ⑤ 隠微晶質石英～微晶質石英（遅延膨張性）



### 5-3-6 所見

橋脚のはり部側面に大きなひびわれ、白色生成物が見られ、また、はり部と柱部に骨材の変状も見られたため、コアを採取し、ひびわれ深さ、骨材の割れ性状を確認するとともに、ASR が懸念されたことから ASR 判定および偏光顕微鏡による岩石学的調査を行った。

骨材の変状について、表面の骨材を構成する鉱物の境界に浸透した水の凍結融解作用による骨材の変色とみられる状況が確認され、また内部では ASR を生じた岩石に遅延膨張性の鉱物の存在が確認されたことから、ASR がゆっくり反応している可能性があると考えられる。

コンクリートのひびわれに関しても凍結融解作用および ASR による可能性が高いと考えられる。なお、ひびわれは顕著な箇所を調査したもののコンクリート内部にまでは達しておらず、鉄筋の腐食も確認できなかったことから、現状においては耐荷力の低下は起きていないとみてよいと考えられる状況であった。

凍結融解作用および ASR は今後も継続的に進行する状況が考えられることから、水の浸入を防止し、進行を抑制することは予防保全の観点から有効と考えられる。特に橋脚はり部天端は路面の外に張出しており、雨水や堆雪を直接受ける構造であることから、水の浸入を防止するだけでなく、コンクリート内に水を滞留させないような対策も検討するのが良いと考えられる。また、現状において橋脚天端の状況を確認するには、橋梁点検車を用いる必要があるため、予防保全対策の一つとして、容易にアクセスできる検査路等の維持管理施設を設置することも検討するのがよい。

現状で顕著なひびわれが生じていない箇所についても、凍結融解作用および ASR による損傷が生じる可能性は十分考えられることから、ライフサイクルコストの観点からは合理的な予防保全対策を検討するのがよい。

## 5-4 橋脚基礎構造の調査

### 5-4-1 洗掘深について

河川管理者が実施した河川横断測量は音沢橋の下流約5mの16.0kであり、ケーソン周囲の洗掘は不明であった。橋脚周囲の洗掘状況を把握するため、橋脚周囲の洗掘深を現地計測した結果、右岸側側面が最も深くケーソン天端から、2.3mの深さであった。

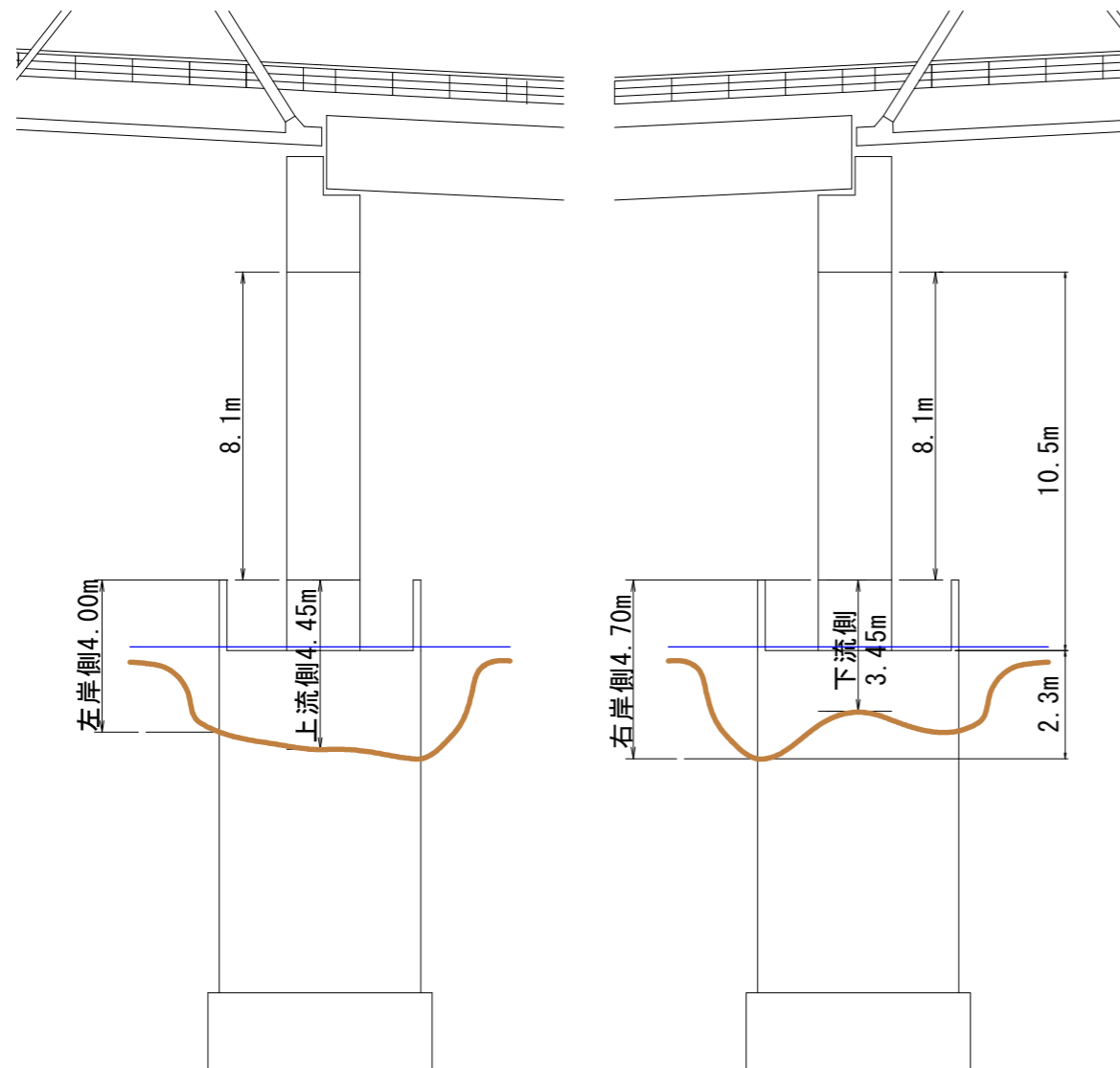


図-5.4.1 洗掘深計測結果

### 5-4-2 ケーソン天端のひびわれについて

ケーソン天端は大半が転石で覆われ、人力で撤去可能な転石や土砂は撤去したが、柔らかいコンクリート状の堆積物が除去できず、ケーソン天端を目視することが出来なかった。なお、天端を確認するには、バックホウ等の重機が必要となるため、橋脚の補修時に確認・補修することが望ましい。

- ① 柔らかいコンクリートの下30cmが竣工図書から推定したケーソン天端である。
- ② 柔らかいコンクリートの表面は土砂化している。
- ③ 部分的にえぐれている箇所（水溜り）は水深約5cmであった。

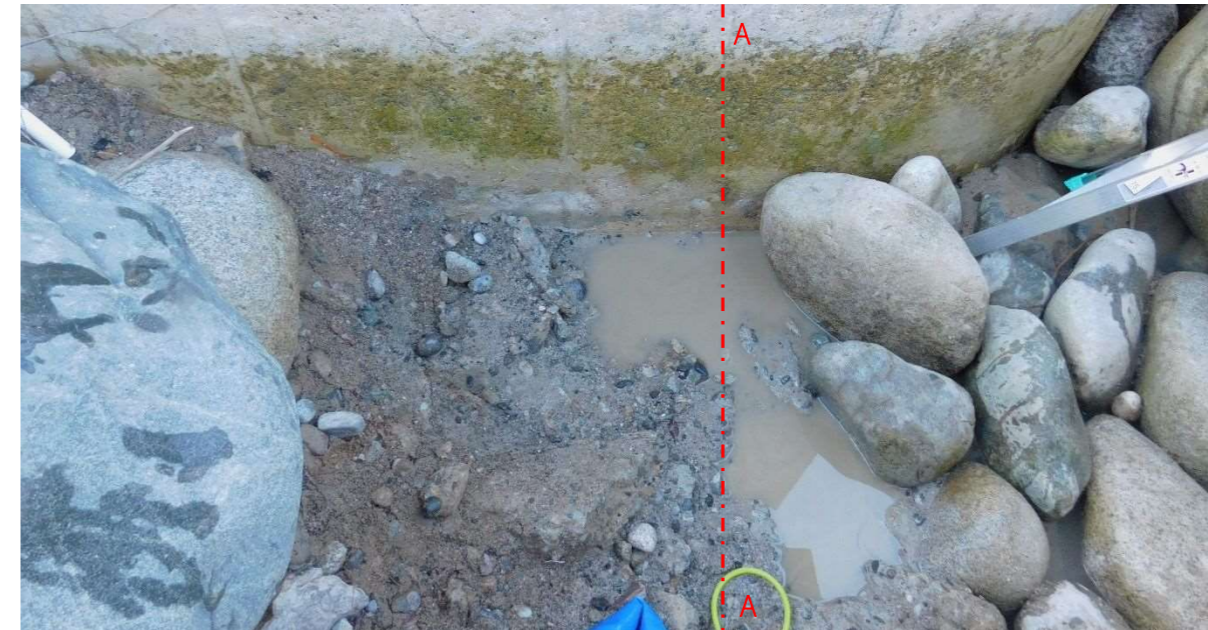


写真-5.4.2 ケーソン天端の状況

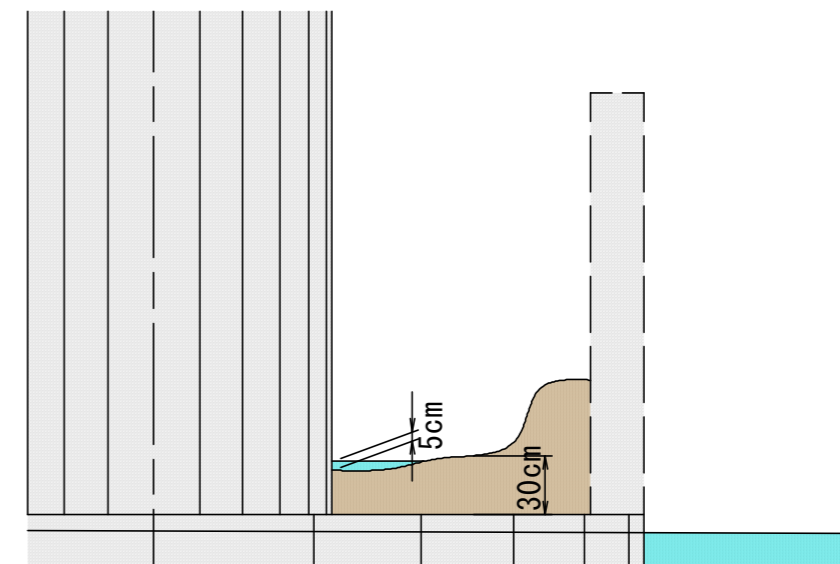
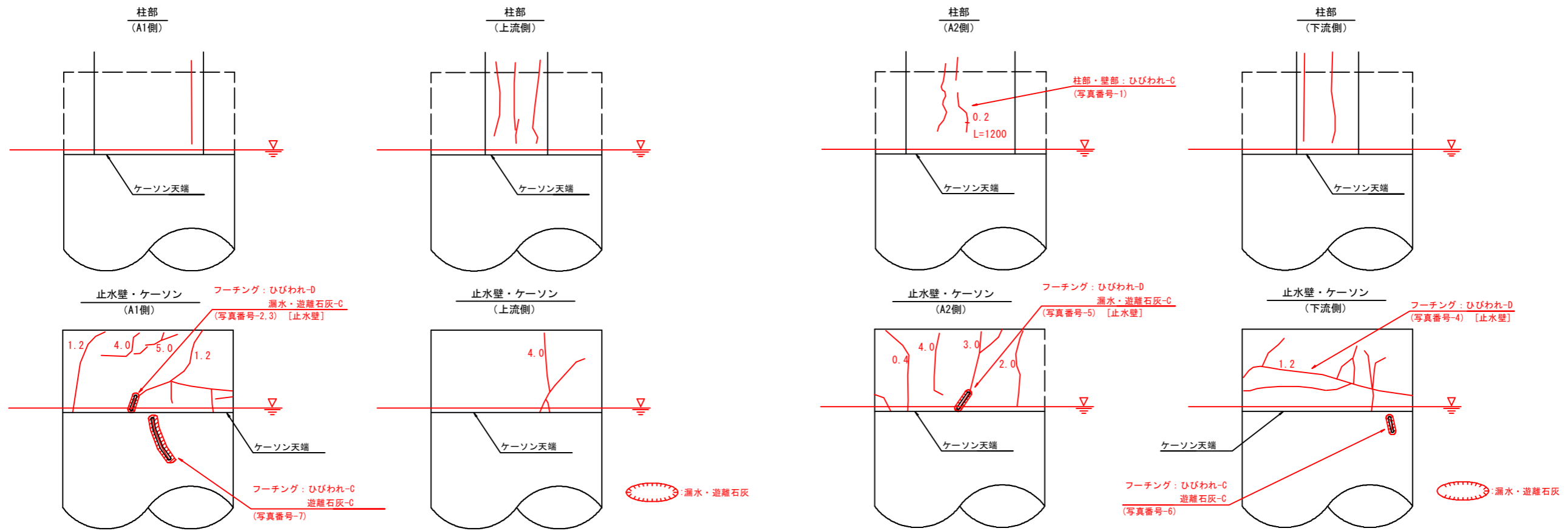


図-5.4.2 模式図 (A-A断面)

5-4-3 ケーソン側面のひびわれについて

柱基部を覆っていた土砂は流出し、止水壁のひびわれが確認できるようになっていた。また、ケーソン側面についても水中カメラを用いて確認した結果、止水壁に多数のひびわれ、ケーソン側面（水中部）に2箇所ひびわれが生じていることを確認した。しかし、止水壁のひびわれは打継目で止まっており、ケーソン側面のひびわれと連続しているものは確認できなかった。



損傷写真	写真番号	1	径間番号	1	撮影年月日		写真番号	2	径間番号	1	撮影年月日	
	部材名	柱部・壁部	要素番号		メモ		部材名	フーチング	要素番号		メモ	
	損傷の種類	ひびわれ	損傷程度	C	P1橋脚柱部にひびわれ [幅0.2mm,L=1200mm]が見られる。		損傷の種類	ひびわれ	損傷程度	D	ケーソン止水壁に漏水を伴うひびわれが見られ、同箇所にも漏水・遊離石灰-cも見られる。	
損傷写真	写真番号	3	径間番号	1	撮影年月日		写真番号	4	径間番号	1	撮影年月日	
	部材名	フーチング	要素番号		メモ		部材名	フーチング	要素番号		メモ	
	損傷の種類	ひびわれ	損傷程度	D	写真番号2の近接写真		損傷の種類	ひびわれ	損傷程度	D	ケーソン止水壁にひびわれが見られる。	

損傷写真	写真番号	5	径間番号	1	撮影年月日		写真番号	6	径間番号	1	撮影年月日	
	部材名	フーチング	要素番号		メモ		部材名	フーチング	要素番号		メモ	
	損傷の種類	ひびわれ	損傷程度	D	ケーソン止水壁に漏水を伴うひびわれが見られ、同箇所にも漏水・遊離石灰-cも見られる。		損傷の種類	ひびわれ	損傷程度	C	ケーソンに遊離石灰を伴うひびわれが見られ、同箇所にも漏水・遊離石灰-cも見られる。  水中カメラで撮影。写真は45度傾いており、左上が真上になる。	
損傷写真	写真番号	7	径間番号		撮影年月日		写真番号	8	径間番号		撮影年月日	
	部材名	フーチング	要素番号		メモ		部材名		要素番号		メモ	
	損傷の種類	ひびわれ	損傷程度	C	ケーソンに遊離石灰を伴うひびわれが見られ、同箇所にも遊離石灰-cも見られる。  水中カメラで撮影。写真は45度傾いており、左上が真上になる。		損傷の種類		損傷程度			

図-5.4.3 ケーソンのひびわれ調査結果

#### 5-4-4 洗掘後の安定性について

##### (1) 河道の変動履歴

河川管理者が過去に撮影した航空写真より滞筋が大きく変化した経歴はないことを確認した。音沢橋付近は狭隘部であるため、滞筋について大きな変化は生じ難い場所である。

なお、音沢橋の約5m下流にある16.0kでの河川横断測量結果から、滞筋は竣工時より右岸側に变化しており、河床は経年的に低下していることが確認できた。

表-5.4.1 河道の経年変化（航空写真および平面図は黒部河川事務所より）

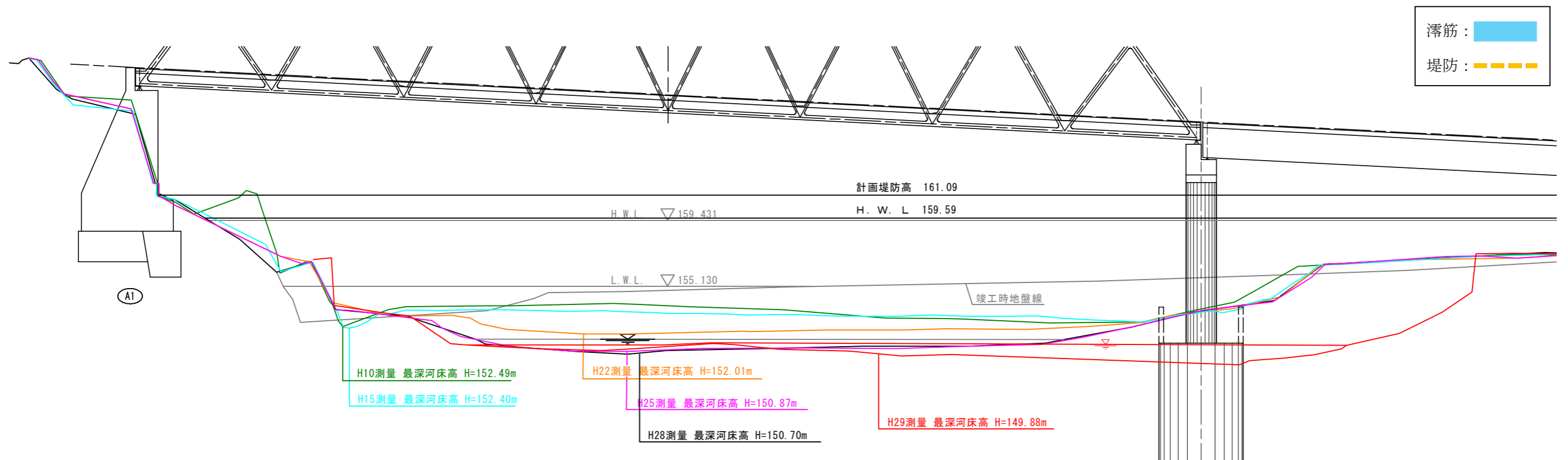
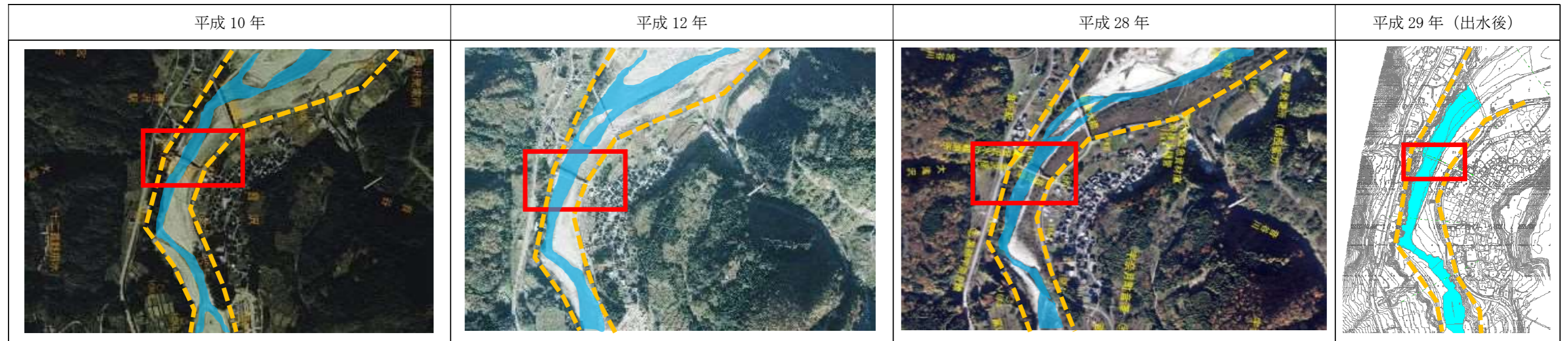


図-5.4.4 河川横断測量による河道の経年変化（横断図は黒部河川事務所より）

### 5-4-5 洗掘後の橋脚変状について

洗掘の影響で橋脚が変状している可能性があるため、路面および橋脚の変状について、測量を行った。

#### (1) 路面測量

横断方向で左右の地覆に高低差はなく、橋軸方向にも縦断勾配の変化はなかった。

よって、路面測量では橋脚の傾斜・沈下の傾向は確認できなかった。

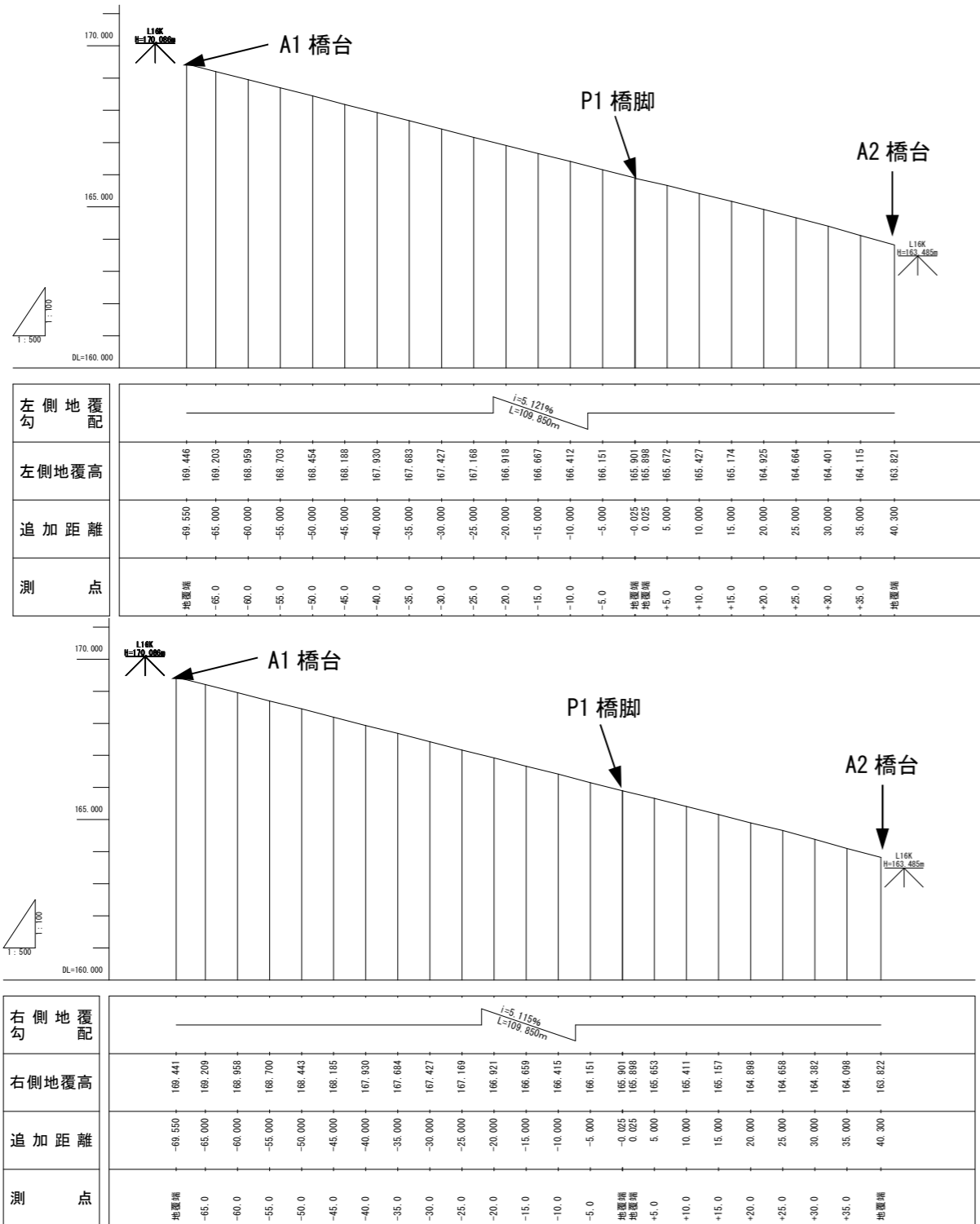
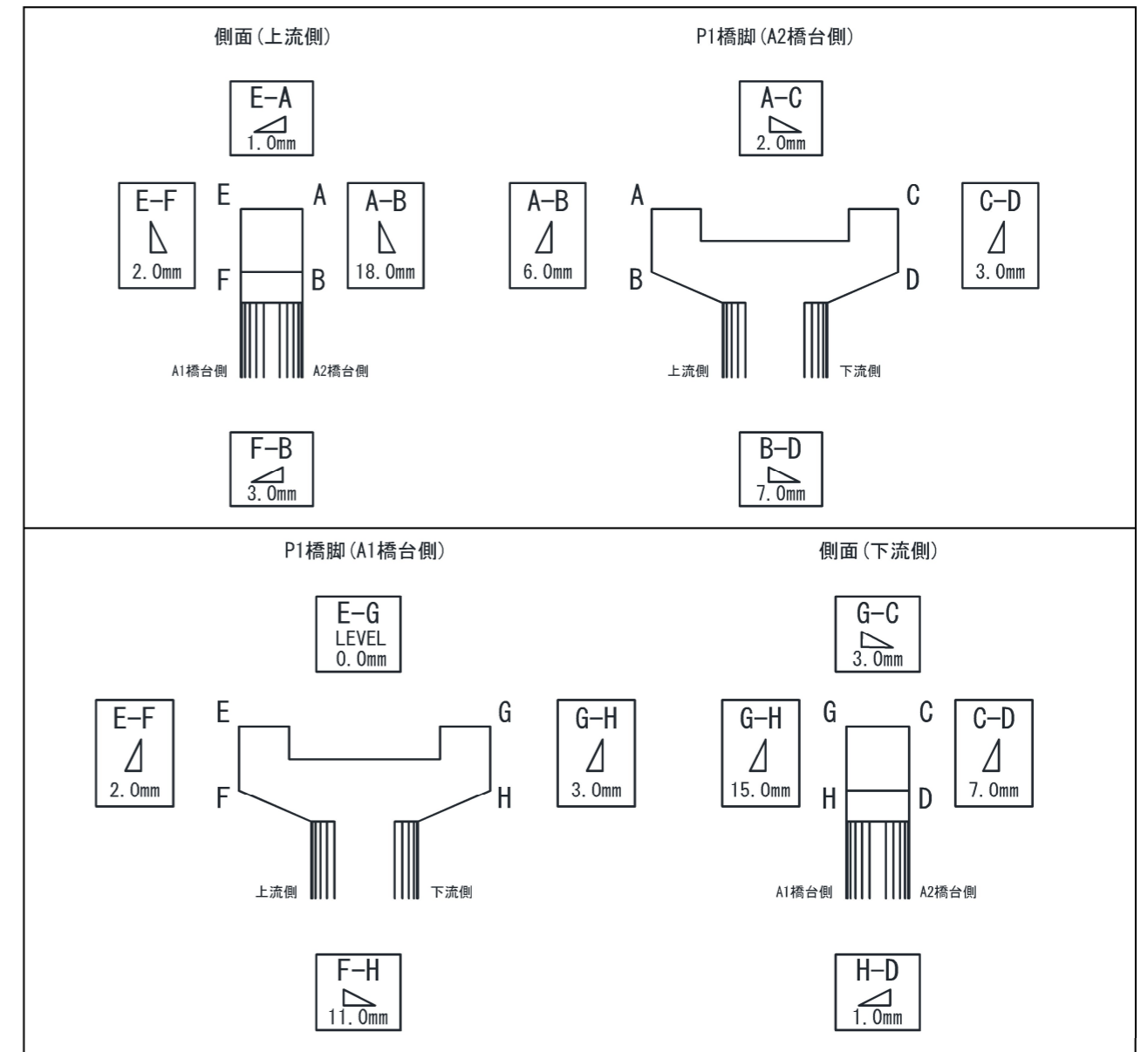


図-5.4.5 路面測量縦断図

#### (2) 橋脚測量

梁の端点を測量し、橋脚梁の鉛直と水平を確認したが、傾斜の傾向は確認できなかった。

なお、今後も経過観測ができるよう、端点にはターゲットを設置した。



※ 上記の図は A2 橋台側及び上流側を正面としている。

図-5.4.6 橋脚梁の測量結果



図-5.4.7 ターゲット貼付け位置



写真-4.4.2 ターゲット貼付け状況

#### 5-4-6 所見

橋脚周辺が洗掘されていることを確認し、洗掘後の地盤高は最も深い場所でケーソン天端から 2.3mの深さであったが、路面および橋脚はり部の測量結果では、橋脚が沈下や傾斜している状況を示す高低差は見られなかった。また、ケーソンの止水壁には多数のひびわれが生じていたが、ひびわれは打ち継ぎ目で止まっており、ケーソン本体のひびわれと連続しているものは確認できなかった。以上のことから、ケーソンは現時点で著しい支持力不足が生じていない状況であると考えられる。

今後の対応を検討するにあたり河道の状況を確認した結果、架橋位置が狭隘部であることから、滯筋の大きな変化は生じ難い場所であるが、経年的に河床低下を生じていることが確認できた。

これ以上の洗掘の進展を防止する当面の対策として、現河床付近の橋脚回りに根固めブロックを配置することは有効な対策と考えられるが、根固めブロックは橋脚の安定を確保する上で重要な部材であることから、今後洗掘が懸念されるような異常出水が発生した際や定期点検で継続的に健全性を確認しておくことが不可欠と考えられる。また、橋脚には今回の測量に用いたターゲットが貼付けてあるため、沈下や傾斜が懸念される場合は本測量との変化を確認することが可能となっている。

なお、現河床は洪水末期から平常時に至る土砂堆積の影響により、出水時の最大洗掘深より浅い可能性がある。したがって、現河床よりも一定程度の深いところまでケーソン本体に損傷が及んでいる可能性も否定できないことから、根固めブロック設置に伴う河床掘削の際に、再度ケーソン本体の調査を行い、適切に補修範囲の見直しを行うことが望ましい。

## 5-5 伸縮装置の調査

### 5-5-1 漏水

伸縮装置周辺のコンクリート床版に漏水が見られるため、雨天時に伸縮装置を近接目視したところ、止水ゴムは乾いていたが、コンクリート床版との接合を行うための後打ちコンクリート部には漏水跡[写真-5.5.1]が見られたことから床版コンクリートへの水みちになっている可能性が確認された。

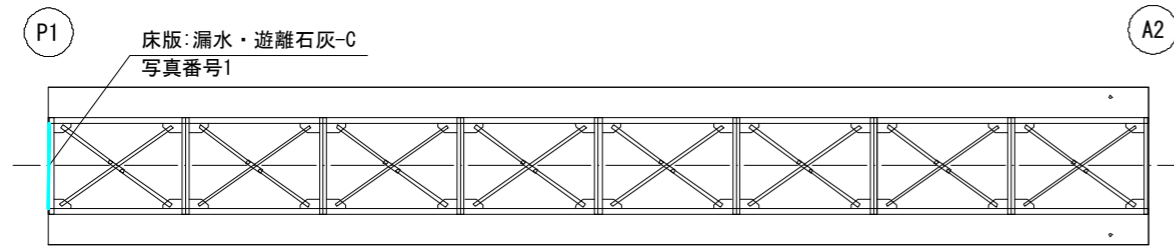


図-5.5.1 鉸桁部の床版：漏水・遊離石灰

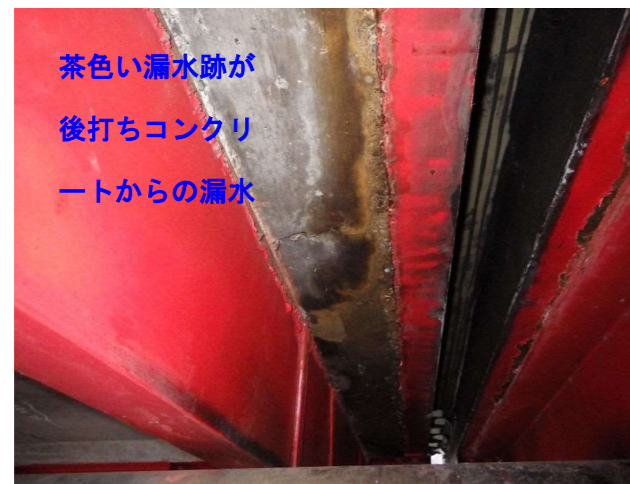


写真-5.5.1 後打ちコンクリート部（写真番号1）