

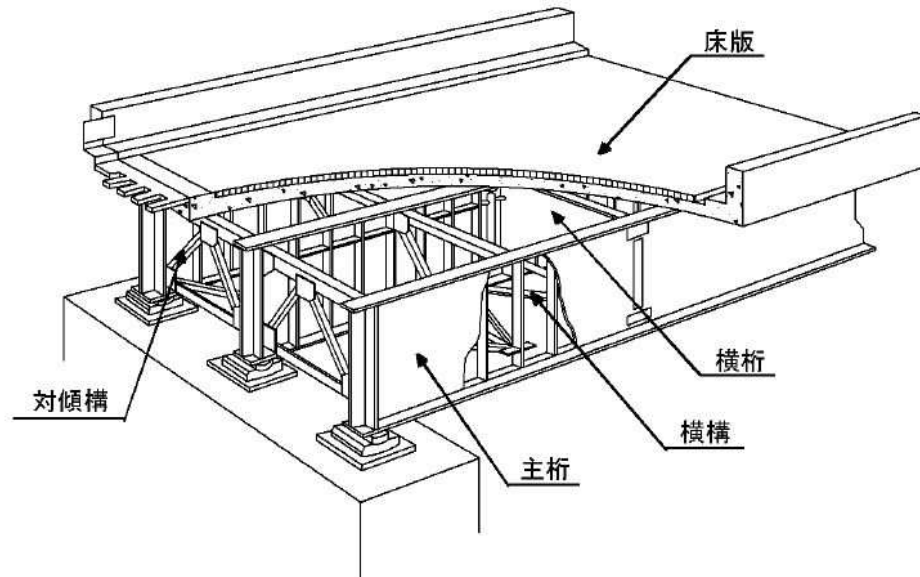
## 参 1 . 橋梁部材の名称

## 参1. 橋梁部材の名称

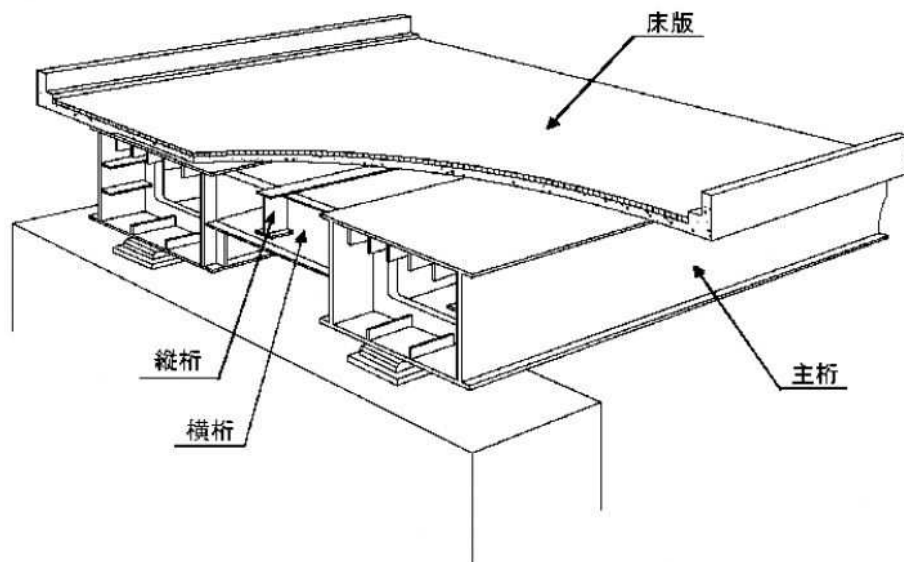
部材の一般的な名称を例示する。

### ■ 上部工（鋼橋）

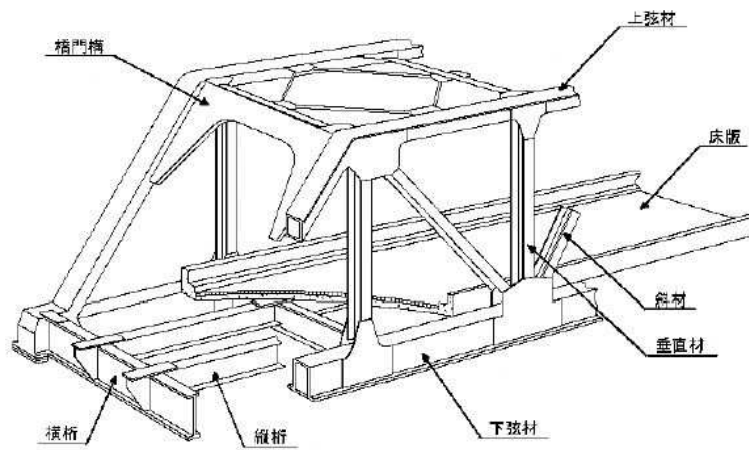
#### 鋼鈑桁



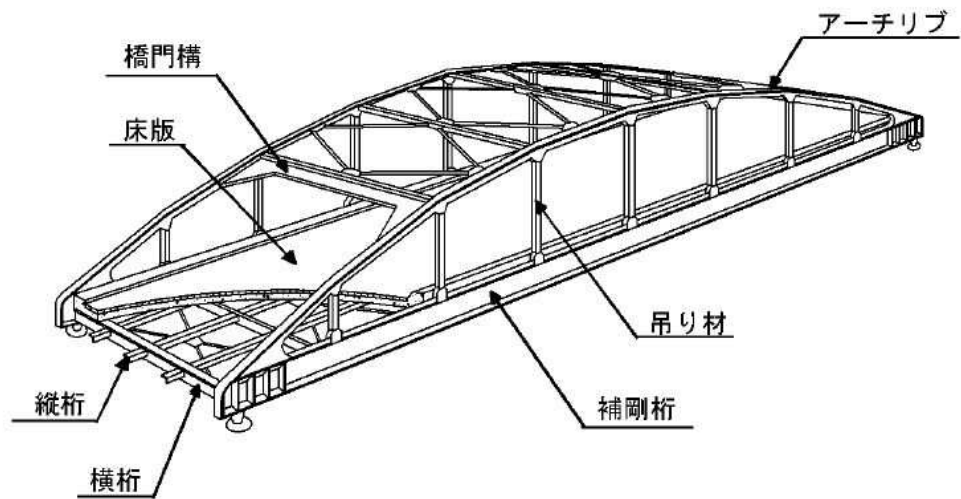
#### 鋼箱桁



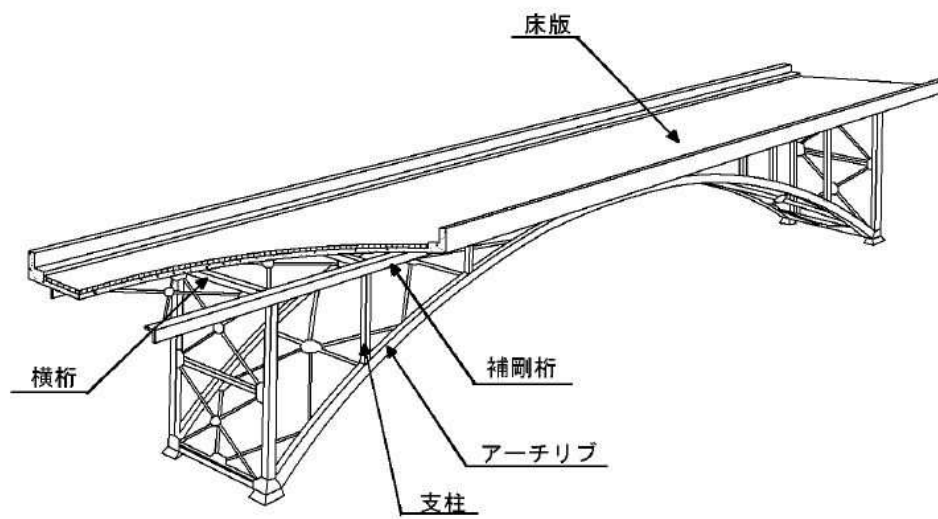
## トラス



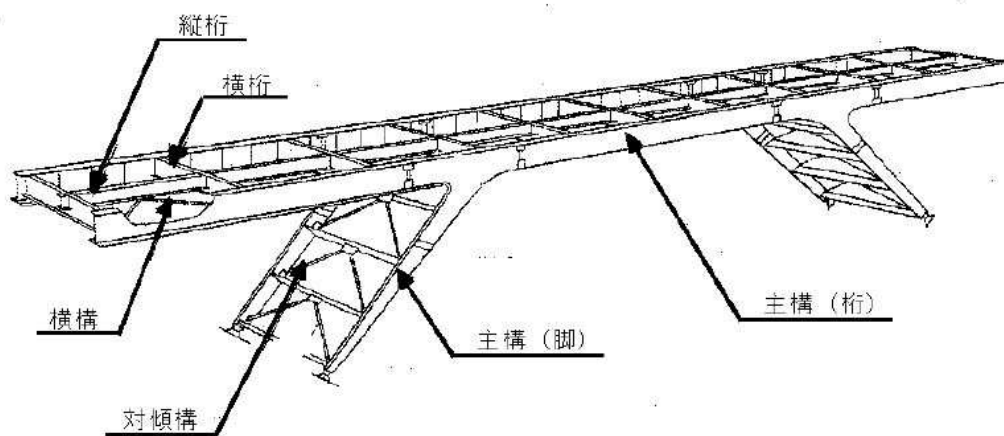
## アーチ (下路式)



## アーチ（上路式）

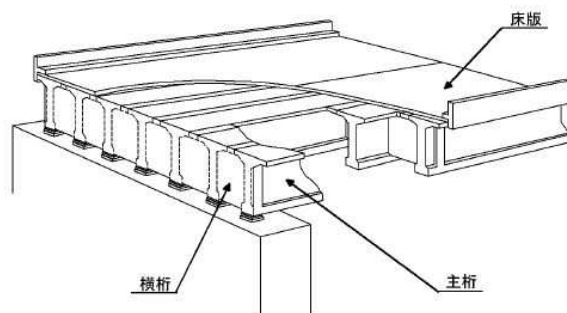


## ラーメン

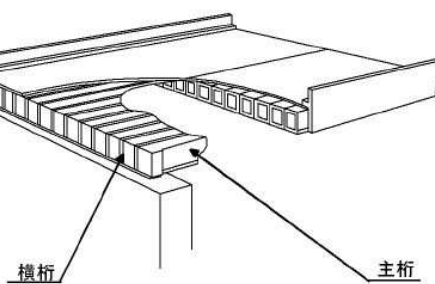


■ 上部工（コンクリート橋）

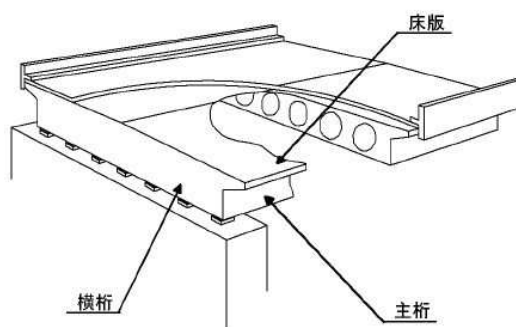
PCT桁, RCT桁



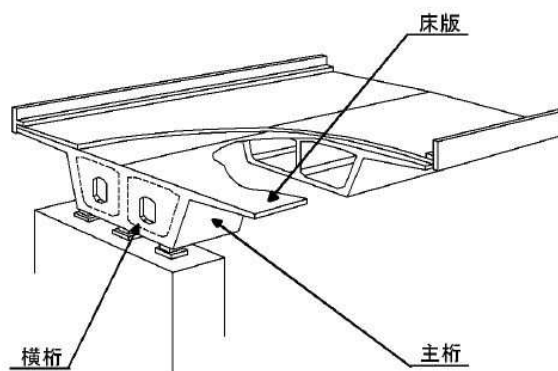
PCプレテン中空床版



PCポステン中空床版

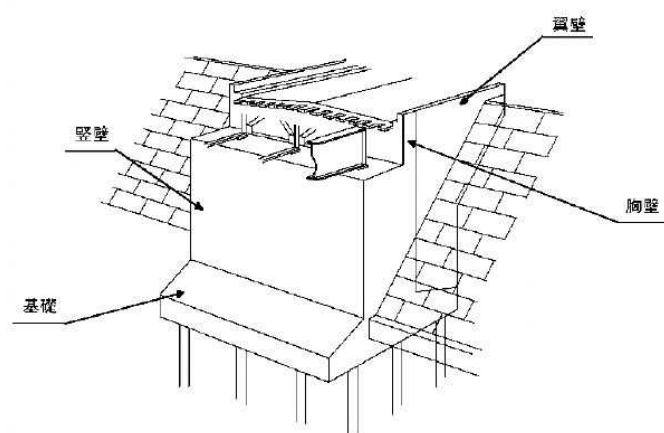


PC箱桁, RC箱桁

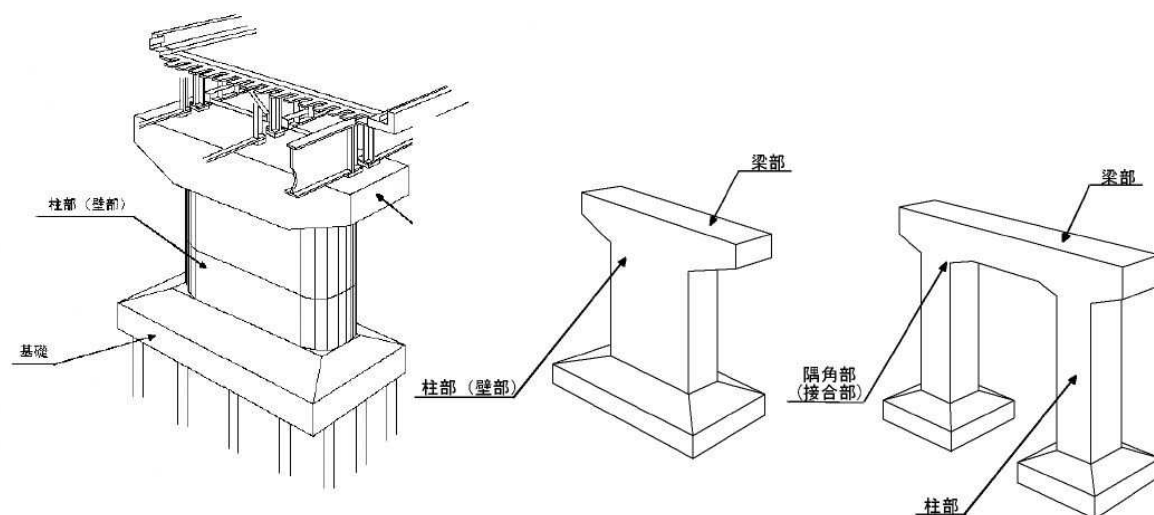


## ■ 下部工

### 橋台

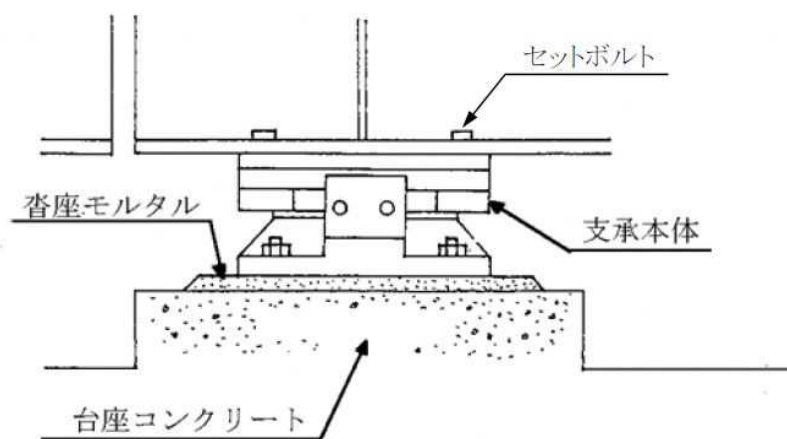
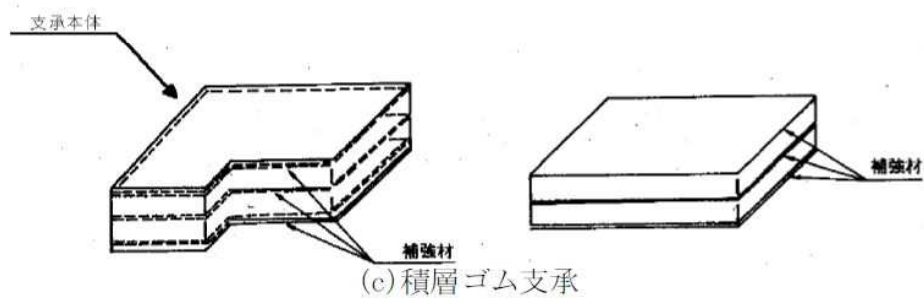
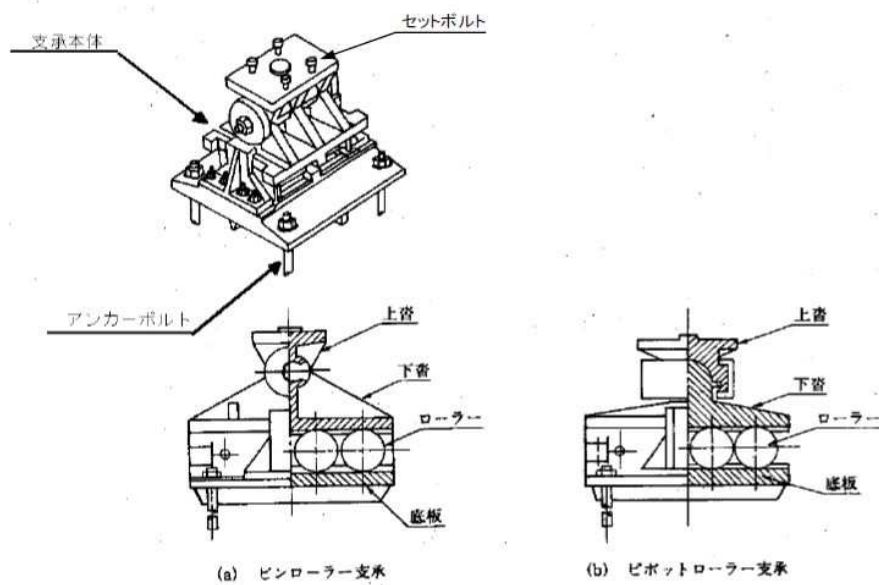


### 橋脚

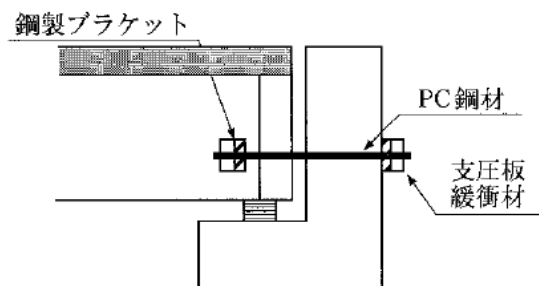


## ■ 支承

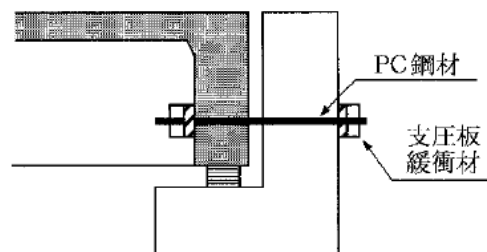
### ・ 支承部



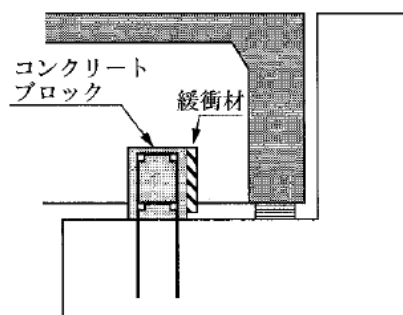
## ■ フェールセーフ



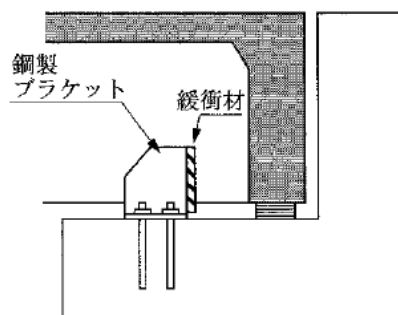
(a) 鋼上部構造の場合



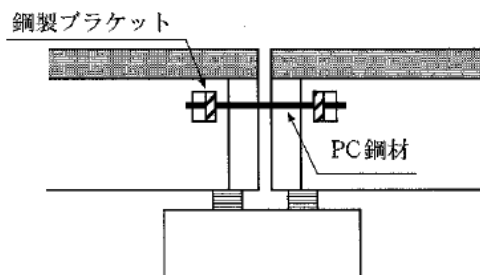
(b) コンクリート上部構造の場合



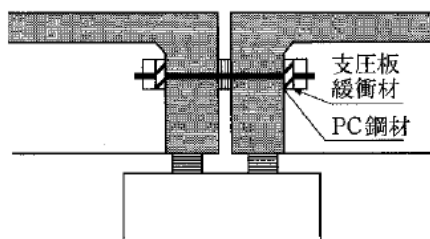
(a) コンクリートブロックを用いる落橋防止構造



(b) 鋼製ブラケットを用いる落橋防止構造

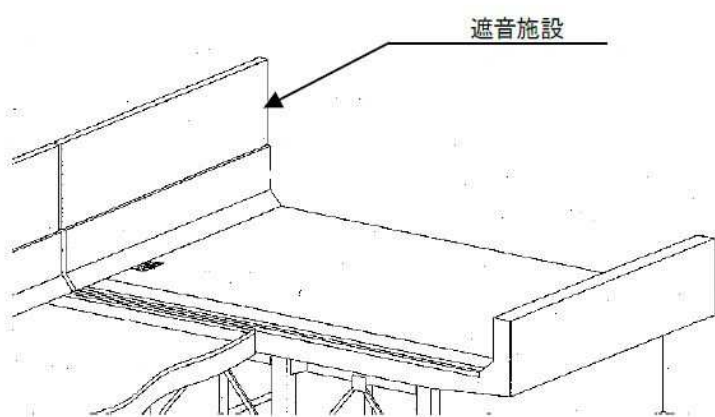
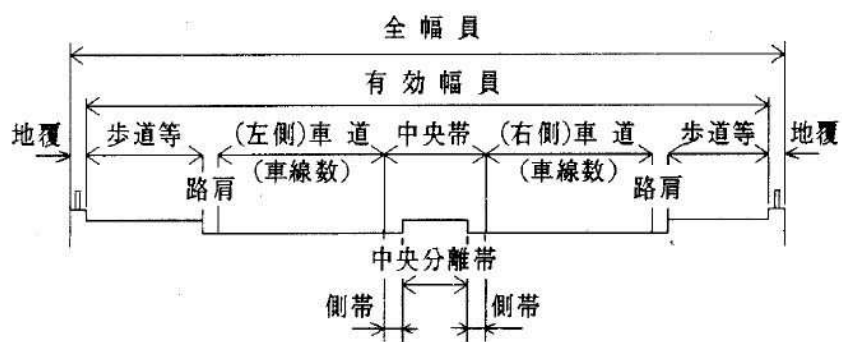
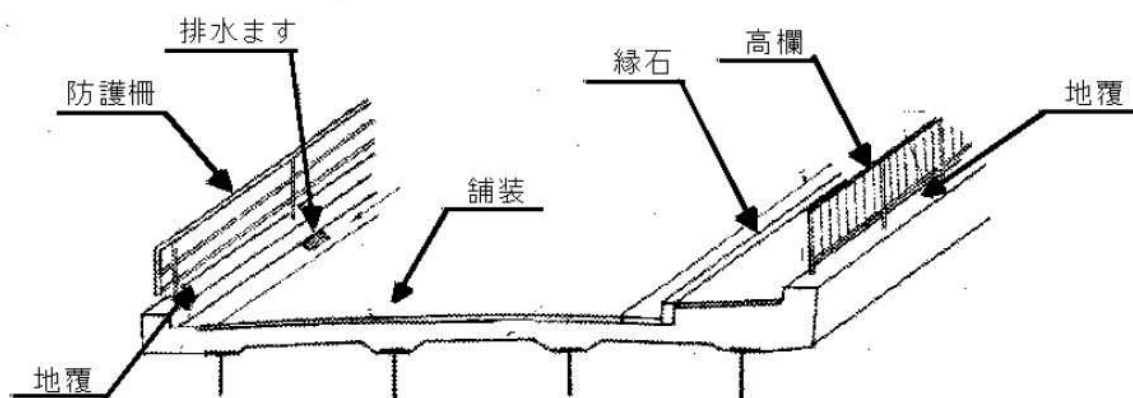


(a) 鋼上部構造の場合

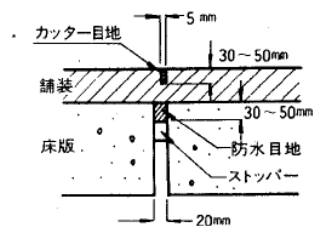


(b) コンクリート上部構造の場合

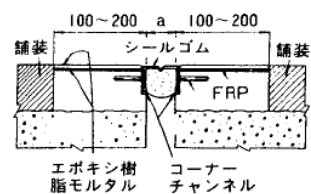
■ 路上部



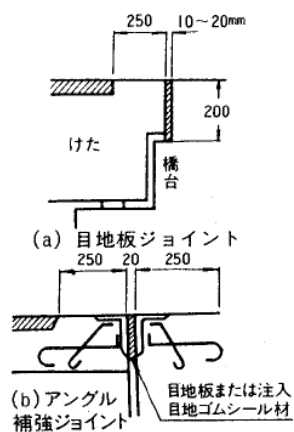
## ■ 伸縮装置



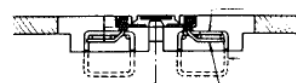
盲目地形式



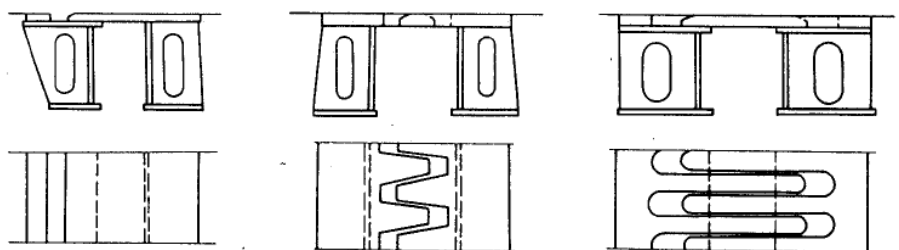
突き合わせ後付形式の例



突き合わせ先付形式



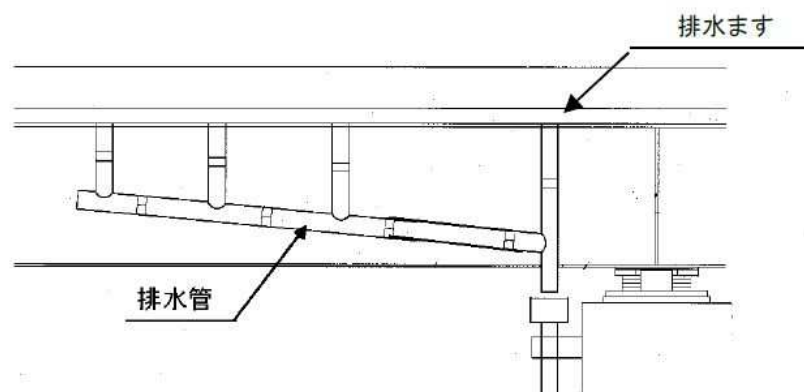
ゴムジョイント形式の例



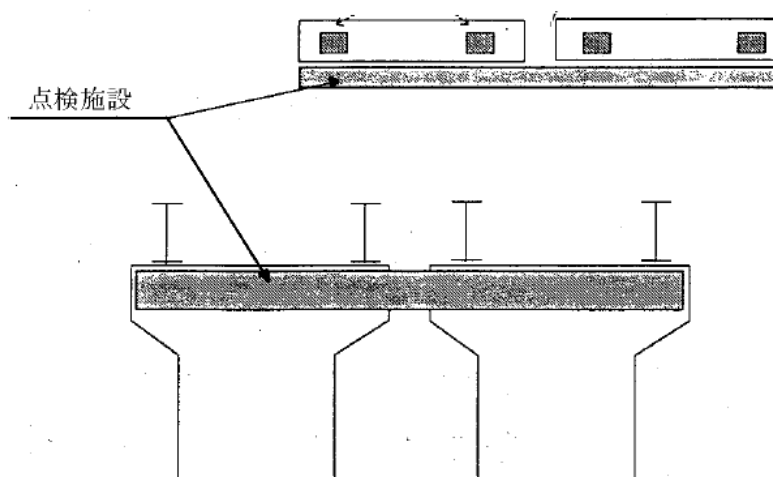
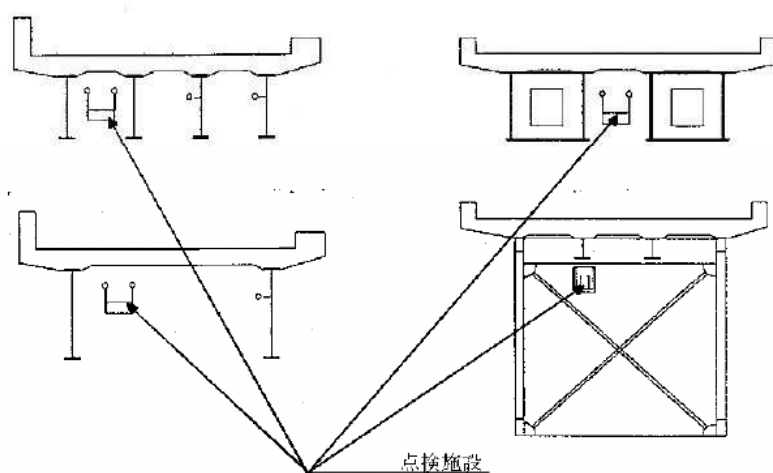
(a) 鋼重ね合わせジョイント (b) 鋼フィンガージョイント(片持式) (c) 鋼フィンガージョイント(支持式)

■ 付属物

・ 排水施設

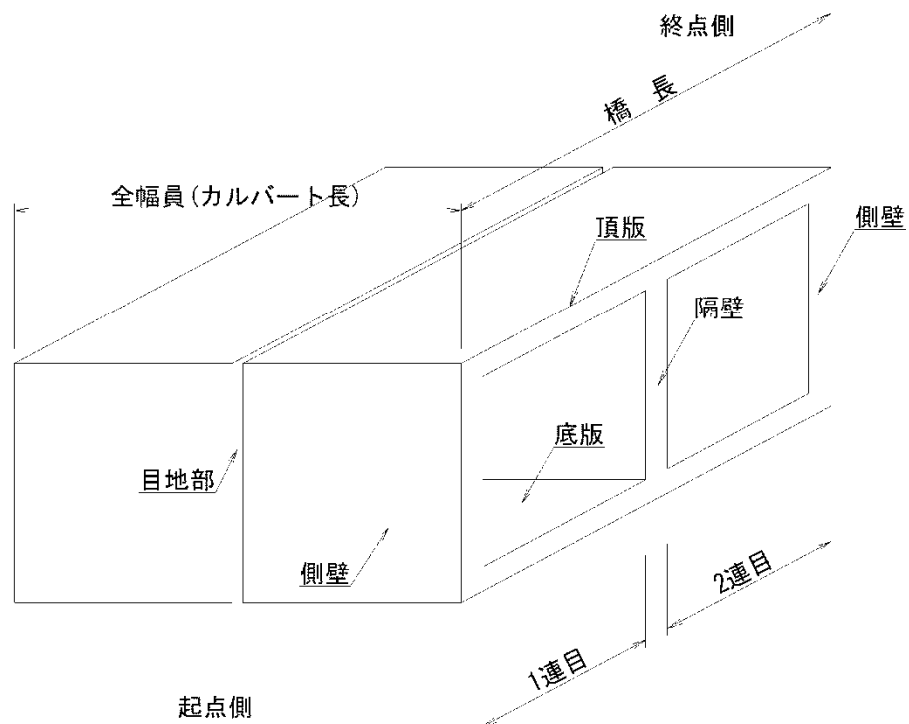


・ 点検施設



## ■ カルバート

- ・カルバートタイプの部材名称



## **参 2. 進行の可能性の評価及びモニタリングの手法**

## 参2. 進行の可能性の評価及びモニタリングの手法

---

### 1. 進行の可能性の評価

進行性とは、損傷部でひびわれの進展や鋼材の腐食が進展する劣化現象である。進行性は、現状においては同程度の損傷度であっても、損傷の発生部位（最大曲げモーメントや最大せん断力の発生部位）や水や塩分・酸素の供給の可否によって異なる。そのため、前回の定期点検や再劣化の技術資料等などの情報から進行性について評価する。

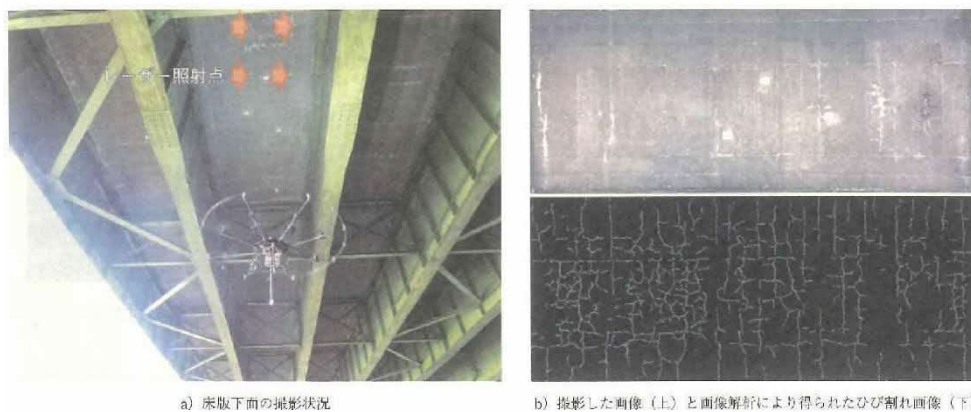
### 2. モニタリングの手法

鳥取県道路橋梁定期点検マニュアルでは、①疲労（コンクリート床版）、⑤塩害、⑥凍害、⑦アルカリシリカ反応、⑧中性化及び⑩防食機能の低下については損傷度Ⅲ以上かつ進行性と判断する変状についてモニタリングを実施するとしている。

通常、定期点検に合わせて行われるモニタリングは本編に記載したような簡易な手法となるが、高度なモニタリングが必要と判断された場合は、以下に過去に採用されたモニタリング事例をとりまとめているので、参考とされたい。

(1) コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針 2022 (JCI) から抜粋

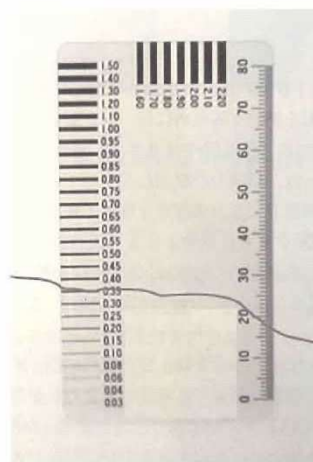
2.2 標準調査



解説図-2.2.2 カメラを搭載した UAV による観察状況と観察結果の例<sup>1)</sup>

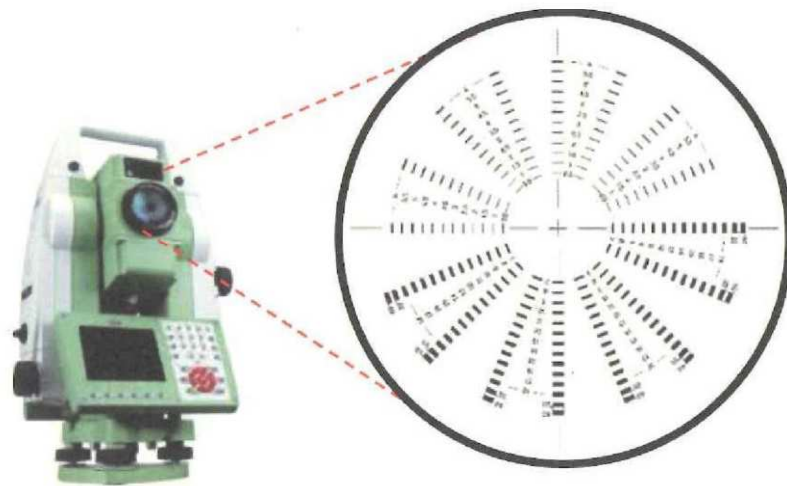


〔ルーペ（顕微鏡）による方法〕



〔クラックスケールによる方法〕

解説図-2.2.3 ひび割れ幅の測定方法



解説図-2.2.4 ひび割れ幅を計測する光波測量器<sup>2)</sup>

## 実証実験事例① 一画像撮影によるRC床版のひび割れモニタリング



東北自動車道 大森川橋



中央自動車道 城山川第二橋



## 実証実験事例①

### ー画像撮影によるRC床版のひび割れモニタリングー



## 実証実験事例①

### ー画像撮影によるRC床版のひび割れモニタリングー



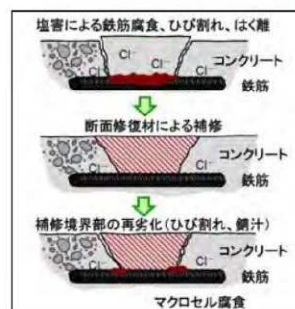
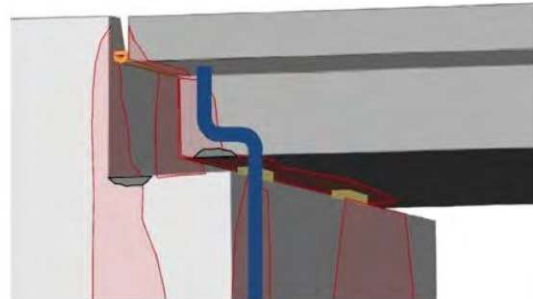
## 実証実験事例② —塩害のモニタリング—

### 塩害補修効果の把握、評価に役立つモニタリング

#### 【特徴】

- ①補修部の境界付近にセンサを設置し、マクロセル腐食の状況を把握
- ②表面被覆後のコンクリート内部の塩分浸透状況(遮塩効果)を把握

※塩害補修効果を把握し対策を評価することが可能

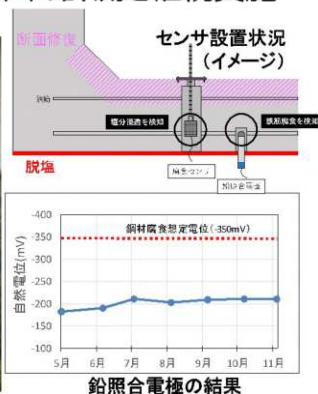


鉛照合電極、腐食センサ

## 実証実験事例② —塩害のモニタリング(技術協力)—

### 碓氷橋(上信越自動車道)

- 目的 電気化学的脱塩工法適用後の再劣化状況の把握方法の検証
- 期間 2017年4月～(計測中)
- 内容 鉛照合電極と腐食センサによる塩分浸透と鉄筋腐食のモニタリング
- 現在までの成果 初期値から変化なし
- 今後の予定 月1回の計測を継続実施



### 茂沢川橋(関越自動車道)

- 目的 断面修復後の再劣化状況の把握方法の検証
- 期間 2017年11月～(センサ設置済)
- 内容 鉛照合電極による鉄筋腐食のモニタリング
- 現在までの成果 鉛照合電極設置済み
- 今後の予定 月1回の計測を継続実施



茂沢川橋



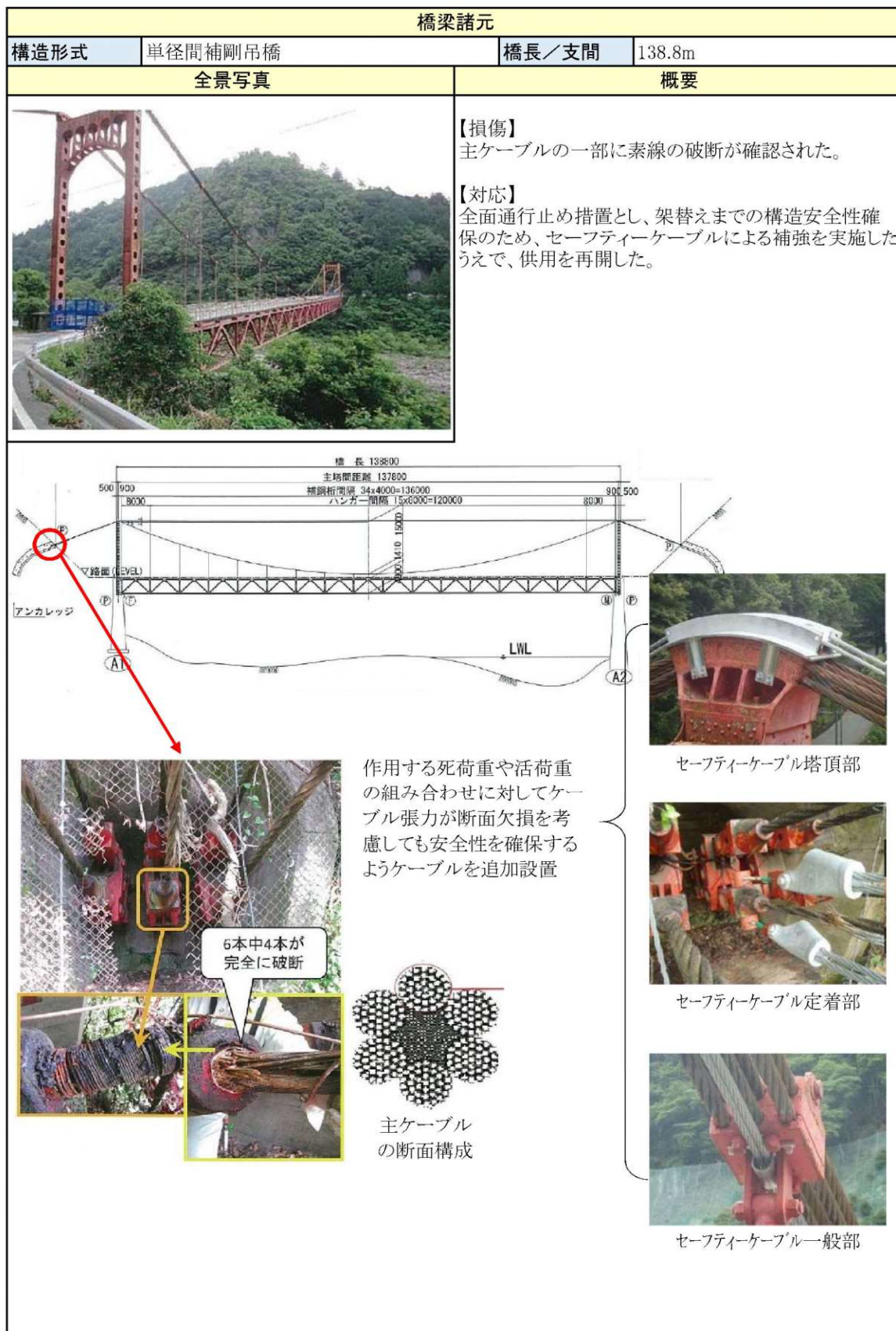
鉛照合電極の設置位置

施工・計測: NEXCO東日本

技術協力: RAIMS

(3) 監視計画の策定とモニタリング技術の活用について（国土交通省道路局：令和2年6月）から抜粋

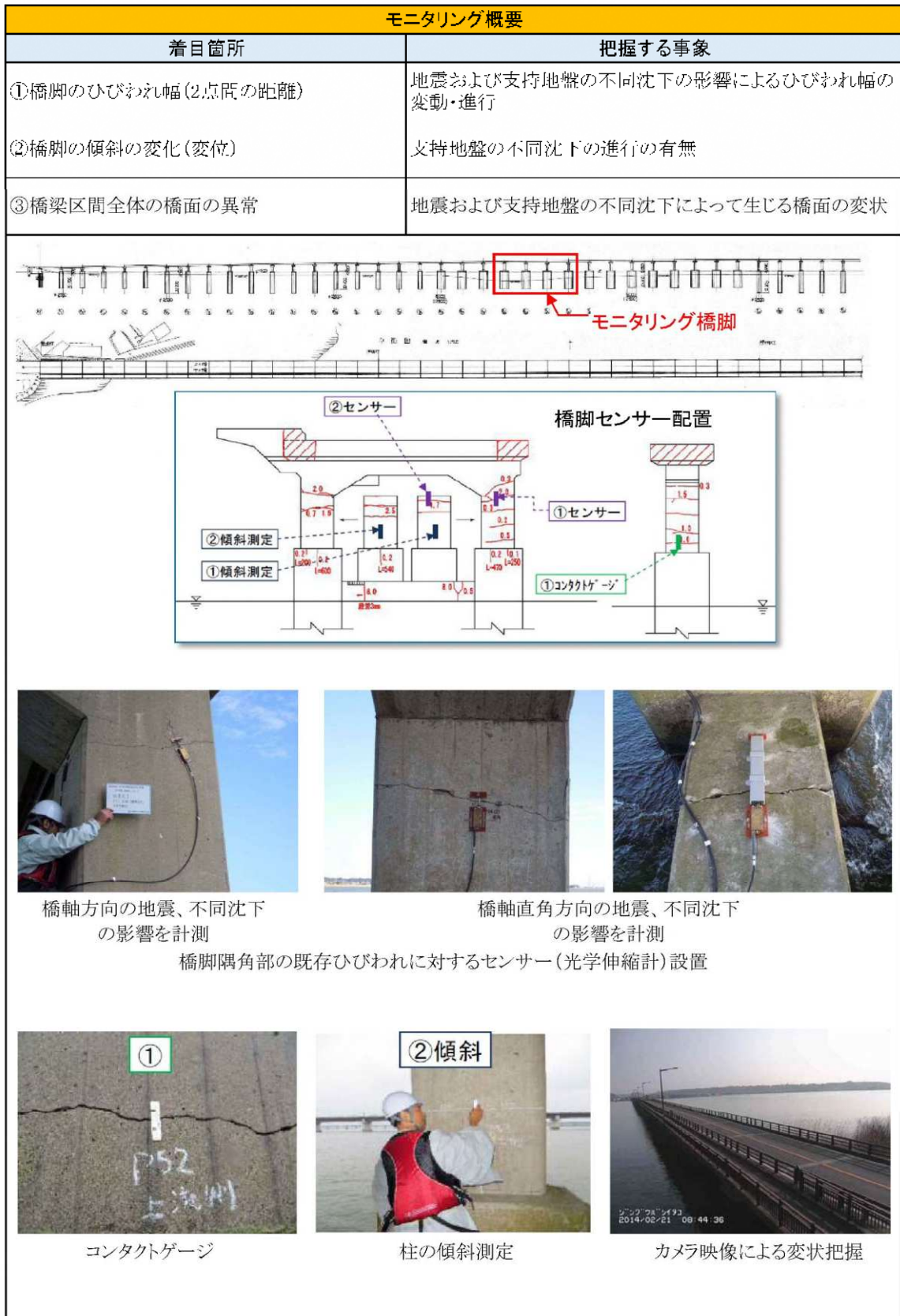
モニタリング事例①



## モニタリング事例②

| 橋梁諸元                                                                                                   |                           |                                                                                                                 |                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 構造形式                                                                                                   | PC4径間連続箱桁橋(プレキャストセグメント工法) | 橋長／支間                                                                                                           | 300m ／ 65+85+85+65m |
| 全景写真                                                                                                   |                           |                                                                                                                 |                     |
|                      |                           |                                                                                                                 |                     |
| 概要                                                                                                     |                           |                                                                                                                 |                     |
| <b>【損傷】</b><br>箱桁下面の主ケーブルの一部に腐食したケーブルの破断が相当数確認された。                                                     |                           | <b>【対応】</b><br>仮受け設置等を実施し、その後段階的に、主桁補修、歩道セミフラット化、外ケーブル補強等を実施した。                                                 |                     |
|  <p>主ケーブル破断状況</p>   |                           |  <p>第1径間仮受け(ステーシング)設置状況</p> |                     |
|  <p>主ケーブル素線破断状況</p> |                           |  <p>歩道セミフラット化</p>           |                     |

### モニタリング事例③

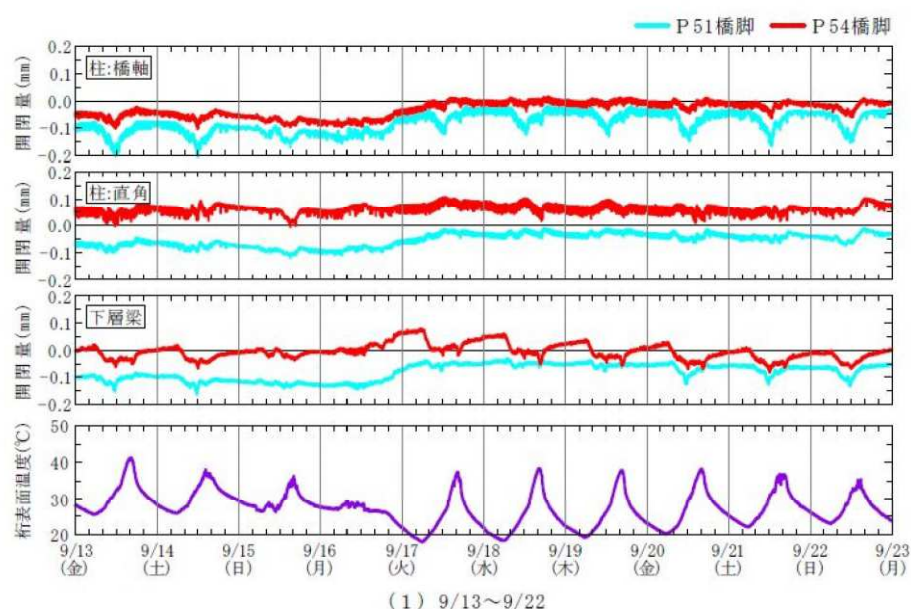


### モニタリング事例③

#### モニタリングの詳細

| モニタリング内容                | 測定機器     | 測定位置              | 測定間隔     |
|-------------------------|----------|-------------------|----------|
| ひびわれ幅(2点間の距離)の変動・進行     | 光学伸縮計    | 柱側面<br>柱正面<br>下層梁 | 常時       |
| ひびわれ幅(2点間の距離)の変化        | コンタクトゲージ | 柱側面               | 2週間に1回程度 |
| 橋脚の傾き<br>(橋軸直角方向の変位)の変化 | 傾斜計      |                   |          |
| 画像による変状把握               | CCTV     | 橋梁全体              | 常時       |

| 管理レベル    |               | 管理基準値       |                     | 主な対応                           |
|----------|---------------|-------------|---------------------|--------------------------------|
| 常時<br>交通 | ひび<br>われ<br>幅 | 柱<br>(橋軸方向) | 相対変位で0.5mm<br>以上の開き | ・緊急点検(橋梁外観、桁遊間、伸縮装置、<br>路面の傾斜) |
|          |               | 柱<br>(直角方向) | 相対変位で0.5mm<br>以上の開き |                                |
|          |               | 下層梁         | 相対変位で0.5mm<br>以上の開き |                                |
| 地震<br>時  |               | 柱<br>(橋軸方向) | 相対変位で1.0mm<br>以上の開き | ・緊急点検(橋梁外観、桁遊間、伸縮装置、<br>路面の傾斜) |
|          |               | 柱<br>(直角方向) | 相対変位で1.0mm<br>以上の開き |                                |
|          |               | 下層梁         | 相対変位で1.0mm<br>以上の開き |                                |



日中の気温変化の影響が表れたひびわれ開閉量の計測例

## モニタリング事例⑥

| 橋梁諸元                                                                                                   |                  |                                                                                                                                                    |                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 構造形式                                                                                                   | 3径間ゲルバー鋼ランガーアーチ橋 | 橋長／支間                                                                                                                                              | 110m ／ 10m+90m+10m |
| 全景写真                                                                                                   |                  |                                                                                                                                                    |                    |
|                      |                  |                                                                                                                                                    |                    |
| 概要                                                                                                     |                  |                                                                                                                                                    |                    |
| <b>【損傷】</b><br>部材が交差する格点部や支点上補強材に相当数の亀裂が確認された。                                                         |                  | <b>【対応】</b><br>橋台への待受け支保工を設置と、死活荷重軽減のための交通規制と歩道のフラット化を行い、亀裂対策は、亀裂が進展しても荷重伝達機能を補うフェールセーフ構造とした。                                                      |                    |
|  <p>補剛桁下弦材支点部の亀裂</p> |                  |  <p>亀裂確認直後に橋台部に待受工設置</p>                                        |                    |
|  <p>支承補剛リブの亀裂</p>   |                  |  <p>車線を規制<br/>歩行者通路</p> <p>荷重軽減のために交通規制と歩道のフラット化を実施</p>        |                    |
|  <p>補剛桁垂直材の亀裂</p>   |                  |  <p>格点部の部材相互が幾何学的に拘束され、ボルトが破断しない限り構造系の安定が確保できるトラス構造とした格点補強</p> |                    |

## モニタリング事例⑨

| 構造諸元                                                                                                                                                                                                        |           |    |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----|-------|
| 構造形式                                                                                                                                                                                                        | 単純鋼非合成鈹桁橋 | 橋長 | 22.0m |
| 全景写真                                                                                                                                                                                                        |           |    |       |
| <div> <div>  </div> <div>  </div> </div> |           |    |       |
| 概要                                                                                                                                                                                                          |           |    |       |
| <b>【損傷】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>主桁: ウェブ: 腐食・減肉・孔食・亀裂</li> <li>垂直補剛材: 腐食・減肉・下フランジ: 腐食・減肉・破断</li> <li>支承部: 腐食・破断・減肉(機能障害)</li> </ul>                                                       |           |    |       |
| <b>【対応】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>主桁G3 (A2側) の待受工の設置、待受工位置の垂直補剛材の設置</li> <li>地覆切れ目からの雨水等の流入防止措置</li> <li>CCTVカメラの設置</li> </ul>                                                             |           |    |       |
| <div>   </div>                       |           |    |       |
| <div>   </div>                       |           |    |       |
| <div> <div> 橋台橋座から桁内側を見る<br/>(左右中、同じ箇所) </div> <div> ウェブ下部に縦方向の亀裂約10cm<br/>※ 垂直補剛材の取付部近傍 </div> </div>                                                                                                      |           |    |       |

### モニタリング事例⑨

| モニタリング概要      |                                                             |
|---------------|-------------------------------------------------------------|
| 着目箇所          | 把握する事象                                                      |
| 主桁の変形に伴う路面の段差 | 待受工及び垂直補鋼材を設置したA2橋台G3桁について、孔食・亀裂の進展状況や座屈や段差の発生など主桁の変状の有無を把握 |



CCTVカメラ画像  
※イメージ

### 参 3 . 主 な 変 状 要 因 の 概 要

### 参3. 主な変状要因の概要

#### 1. ①疲労（例：コンクリート床版）

材料の静的強度に比較して一般に小さいレベルの荷重作用を繰り返し受けることにより破壊に至る現象を「疲労」あるいは「疲労破壊」と呼んでいる。道路床版の疲労では、床版下面に一方  
向の橋軸直角方向のひびわれ→格子状のひびわれ→ひびわれの網細化、貫通→コンクリートの  
剥落、床版の陥没の順序で劣化が進行する。

点検を実施するにあたっては、これらの症状を注視するとともに、交通量、大型車の混入率、過去の利用状況（工事用道路での使用等）を把握し、変状が確認された場合はモニタリングを実施することとする。



ひびわれ間隔が 0.2m 以下で格子状に発生。  
ひびわれ幅は 0.2mm 以上が主で連続的な角落ちが生じている。



ひびわれ間隔が格子状に発生。  
ひびわれ幅は 0.2mm 以上が主である。  
部分的な角落ちが生じている。  
漏水・遊離石灰が確認できる。

#### 2. ⑤塩害

塩害とは、コンクリート中に多量の塩化物イオンが含まれることが原因で鋼材表面の不動態皮膜が破壊され、コンクリート中の鋼材が腐食する現象である。この塩化物イオンは海からの飛来塩分や凍結防止剤のように構造物の外部環境から供給される場合と、コンクリート製造時に材料（内部環境）から供給される場合がある。

鳥取県では、県内ほぼ全域において凍結防止剤が散布され、その量は年間約1,500トンに及ぶ。このため、海浜部だけでなく山間部に架設された橋梁においても塩害が発生する環境となっている。

鋼材腐食の進行により、鉄筋に沿うひびわれが生じ、さび汁、かぶりの剥離等が発生することから、点検を実施するにあたっては、コンクリート剥離や鉄筋露出・腐食状況を注視し、変状が確認された場合はモニタリングを実施することとする。

塩害の場合、劣化の程度が著しくなるとその後の劣化の進行を抑制することはきわめて難しくなるため、さび汁あるいは鋼材軸方向のひびわれの段階で対策を検討する。



コンクリート剥離や鉄筋露出・著しい腐食が生じる。



鉄筋かぶりが少ない場合、塩分がコンクリート内に浸透して鉄筋が腐食しやすい。



塩害による鉄筋腐食の場合、鉄筋腐食が加速度的に進行する。

### 3. ⑥ 凍害

凍害とは、コンクリート中の水分が0℃以下になった時の凍結膨張によって発生するものであり、長年にわたる凍結と融解の繰り返しによってコンクリートが徐々に劣化する現象である。

凍害を受けた構造物では、コンクリート表面にスケーリング（コンクリート表面がフレーク状に剥離する現象）、微細ひびわれ及びポップアウト（コンクリート表面が割れ、剥がれ落ちる劣化現象）などの形で劣化が顕著化するのが一般的であるため、点検を実施するにあたっては、外観変状、水分供給状況、環境条件（気温、日射）、凍結防止剤の散布状況に注視し、変状が確認された場合はモニタリングを実施することとする。

凍害による劣化を下表に示すが、一般に維持管理においては、加速期及び劣化期まで放置することは望ましくない。下表に示す劣化過程の期間は、AE剤使用の有無、コンクリートの配合、凍結融解作用や水分供給の程度、凍結防止剤の影響によって大きく異なることに注意する必要があるが、定期点検でAE剤使用の有無、コンクリートの配合を確認するのは困難である。

よって、凍害が疑われる場合は、設計図書及び施工状況を確認することが好ましい。

表 3-1 各劣化過程の定義

| 劣化過程 | 定 義                                                        |
|------|------------------------------------------------------------|
| 潜伏期  | 凍結融解作用を受け、スケーリング、微細ひび割れ、ポップアウトが発生するまでの期間                   |
| 進展期  | スケーリング、微細ひび割れ、ポップアウトが発生し、粗骨材が露出、あるいは複数の微細ひび割れが表面に進展するまでの期間 |
| 加速期  | スケーリング、微細ひび割れが深さ方向に進行し、粗骨材の剥落が発生する期間                       |
| 劣化期  | かぶりコンクリートが剥落し、鋼材の露出や腐食が発生する期間                              |

※出典：コンクリート標準示方書維持管理編（2022土木学会）

#### 4. ⑦アルカリシリカ反応

アルカリシリカ反応とは、骨材中の特定の鉱物とコンクリート中のアルカリ性細孔溶液との間の化学反応を言う。この反応によって、コンクリート内部で容積膨張が生じ、コンクリートにひびわれを生じさせるとともに、強度低下あるいは弾性係数の低下という物性の変化が生じる。

アルカリシリカ反応が生じた構造物に共通して見られる特徴は、コンクリート表面に発生する亀甲状のひびわれと鉄筋に沿ったひびわれである。また、反応ゲルと呼ばれる白色のゲル状物質がひびわれから析出している場合もある。

点検を実施するにあたっては、これらの症状を注視し、変状が確認された場合はモニタリングを実施することとする。

構造物に生じている変状が、既に収束しているものであるか、進行性のあるものなのかをひびわれの発生形状、反応ゲルの滲出、ひびわれの段差や目地材の変状（押出）などに着目し、前回点検と比較して判断する必要がある。



アルカリシリカ反応の典型的なひび割れ  
の特徴として、亀甲状のひび割れが発生  
することが多い。

#### 5. ⑧中性化

中性化は、大気中の二酸化炭素がコンクリート内に浸入し、炭酸化反応を起こすことによって、細孔溶液のpHが低下する減少である。これにより、コンクリート中の鋼材が腐食しやすくなり、鋼材腐食の進行により鉄筋に沿うひびわれが生じ、さび汁、かぶりの剥落等が発生する。

点検を実施するにあたっては、コンクリート剥離や鉄筋露出・腐食状況を注視し、変状が確認された場合はモニタリングを実施することとする。

中性化が進行しても、水の供給がなくコンクリートが乾燥状態に保たれる場合には、鋼材腐食は進行しにくいいため、判定にあたってはコンクリートへの水の供給状態を把握する必要がある。



鉄筋かぶりが少ない場合、二酸化炭素がコンクリート内に浸透して鉄筋が腐食しやすい。



鉄筋が腐食すると、鉄筋腐食膨張によりコンクリートにうきが発生し易い。

## 6. ⑪疲労（鋼）

材料の静的強度に比較して一般に小さいレベルの荷重作用を繰り返し受けることにより破壊に至る現象を「疲労」あるいは「疲労破壊」と呼んでいる。

構造物や材料が繰り返し荷重を受けて強度が低下する。主な現象として、繰り返し荷重によってき裂が発生し進展する。

### （１）疲労による亀裂

鋼材に生じた疲労亀裂である。鋼材の亀裂は、応力集中が生じやすい部材の断面急変部や溶接接合部などに多く現れる。亀裂は鋼材内部に生じる場合もあり、この場合は外観性状からだけでは検出不可能である。亀裂の大半は極めて小さく、溶接線近傍のように表面性状がなめらかでない場合には、表面きずや錆等による凹凸の陰影との見分けがつきにくいことがある。なお、塗装がある場合に表面に開口した亀裂は、塗膜われを伴うことが多い。

アーチやトラスの格点部などの大きな応力変動が生じることのある箇所については、亀裂が発生しやすい部位であるに加えて、損傷した場合に構造全体系への影響が大きいため、注意が必要である。

ゲルバー構造などにある桁を切り欠いた構造部分では、応力集中箇所となり、疲労上の弱点となることがある。

同一構造の箇所では、同様に亀裂が発生する可能性があるため、注意が必要である。



塗膜割れが確認出来る。



塗膜割れが確認出来る。



亀裂が生じている。



亀裂が生じている。

疲労亀裂は、鋼製橋脚隅角部や鋼床版のデッキプレートの接続部が多い。これらの多くは、重交通路線に位置し、供用後20～30年以上が経過した鋼橋で確認されることが多い。供用状況によっては10年程度の橋梁でも確認される。



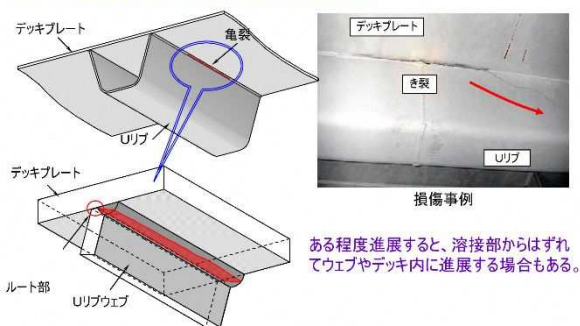
鋼製橋脚隅角部疲労亀裂状況（磁分探傷試験）

※出典：鋼製橋脚隅角部の疲労損傷臨時点検要領

国土交通省道路局国道課（平成14年5月）

## 鋼床版の損傷事例

◇ルート部からきれつが発生し、溶接内に進展



鋼床版に深刻な亀裂が生じている疑いの  
ある塗膜割れや発錆がみられるものの、  
外観目視のみでは、断定できない場合

## (2) 疲労による破断

鋼部材が完全に破断しているか、破断していると見なせる程度に断裂している状態である。

床組部材や対傾構・横構などの2次部材、あるいは高欄、ガードレール、添架物やその取り付け部材などに多く見られる。



対傾構が破断している。



吊り材が破断している。

## 7. ⑯ 防食機能の低下

鋼部材を対象として、塗装（分類1）においては防食塗膜の劣化、めっき、金属溶射（分類2）においては防食皮膜の劣化により、変色、ひびわれ、ふくれ、はがれ等が生じている状態をいう。

耐候性鋼材（分類3）においては安定錆が形成されていない状態をいう。

### 分類1：塗装



最外層の防食皮膜が変色している。



部分的に防食皮膜が剥離し、下塗りが露出している。

### 分類2：金属溶射



めっき部材の表面に変形が見られる状態

### 分類3：耐候性鋼材

腐食とは、（塗装やメッキなどによる防食措置が施された）普通鋼材では集中的に錆が発生している状態、または錆が極度に進行し断面減少を生じている状態を指す。

耐候性鋼材の場合には、安定錆が形成されず異常な錆が生じている場合や、極度な錆の進行により断面減少が著しい状態を指す。

腐食しやすい箇所は漏水の多い桁端部、水平材上面など滞水しやすい箇所、支承部周辺、通気性・排水性の悪い連結部、泥・ほこりの堆積しやすい下フランジの上面、溶接部等である。

鋼トラス橋、鋼アーチ橋の主構部材（上弦材・斜材・垂直材等）が床版や地覆のコンクリートに埋め込まれた構造では、雨水が部材上を伝わって路面まで達することで、鋼材とコンクリートとの境界部での滞水やコンクリート内部への浸水が生じやすいため、局部的に著しく腐食が進行し、板厚減少等の損傷を生じることがあり、注意が必要である。

アーチ及びトラスの格点などの構造的に滞水や粉塵の堆積が生じやすい箇所では、局部的な塗膜の劣化や著しい損傷が生じることがあり、注意が必要である。

同一構造の箇所では、同様に腐食が進行していることがあるため、注意が必要である。  
ケーブル定着部などカバー等で覆われている場合に、内部に水が浸入して内部のケーブルが腐食することがあり、注意が必要である。



損傷の深さ(大): 著しい膨張、明らかな板厚減少。  
損傷の面積(大): 全体的に錆が生じている。

損傷の深さ(大): 著しい膨張、明らかな板厚減少。  
損傷の面積(大): 全体的に錆が生じている。



錆の大きさは 5～25mm のうろこ状である。



錆の大きさは 5～25mm のうろこ状である。

## 8. ⑱洗掘

洗掘とは、河川（河岸、河床）や海（海岸、海底）で、水流や波によって土砂が削り流される現象である。

洗掘が、被災や被害を引き起こす原因となるため、設置した構造物が沈下、傾斜、移動することがないように洗掘防止策が必要になる。

洗掘によって、河床の土砂が流され、堤防や橋脚基礎部に空洞が生じることで構造物の沈下や陥没が発生する。構造物が接する地中に浸透水がある場合には負圧力が発生して、パイピング現象によって土砂と水が噴き出すこともある。

河川橋梁（橋脚部）の洗掘防止のためには、護床工や根固め工を実施する。

洗掘状態の進行を防止するためには渇水期に近接目視による定期点検を行い、外観検査で情報が不足する場合は、試掘によって状態の把握に努めることも必要である。

以下、「道路橋の維持管理における洗掘に関する予備知識（案）：令和 3 年 8 月：国土交通省国土技術政策総合研究所」資料より、被害状況写真を添付する。

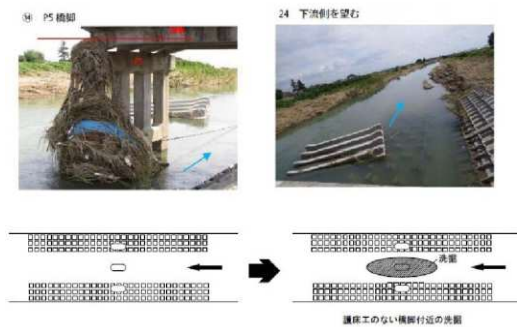


直接基礎

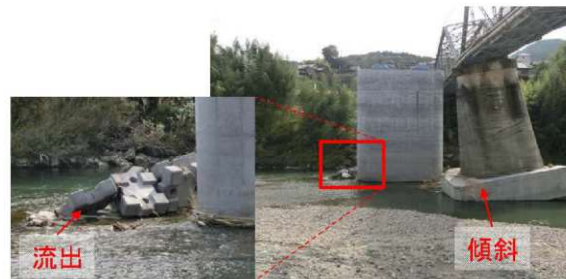


パイルベント

### 近年発生した大きな洗掘被害



平成29年に生じた洗掘被害



平成30年に生じた洗掘被害

### 近年発生した大きな洗掘被害

なお、対策については、「道路橋の維持管理における洗掘に関する予備知識（案）：令和 3 年 8 月：国土交通省国土技術政策総合研究所」等を参照する。