

## 参考資料 1

一般的な構造と主な着目箇所



## 参考資料 1. 一般的な構造と主な着目箇所

健全性の診断の区分の決定にあたっては、どの部位・部材が上部構造，下部構造，上下部接続部の役割を担っているのかの区分や，次回点検までに，どのような状況に対して，どのような状態となる可能性があるのかといった性能の見立てについて，法定点検を行うに足ると認められる程度の知識と技能を有する者が，近接目視を基本として得られる情報の程度からその技術者の主観的な評価を行うこととなる。

本参考資料は，この定期点検を行うのに必要な知識と技能の例として参考となるよう，性能の見立て等に必要となる基礎情報として行う状態の把握にあたり，主な構造形式毎に着目すべき箇所の例を示すものである。

## 目 次

1. 鋼橋の一般的な構造と主な着目点 .....	参 1- 1
2. コンクリート橋の一般的な構造と主な着目点 .....	参 1-12
3. コンクリート床版の一般的な構造と主な着目点 .....	参 1-16
4. 下部構造（橋台，橋脚）の一般的な構造と主な着目点 .....	参 1-19
5. 支承部の一般的な構造と主な着目点 .....	参 1-21
6. 溝橋の一般的な構造と主な着目点 .....	参 1-23
7. 吊橋や斜張橋等の一般的な構造と主な着目点 .....	参 1-24

## 1. 鋼橋の一般的な構造と主な着目点

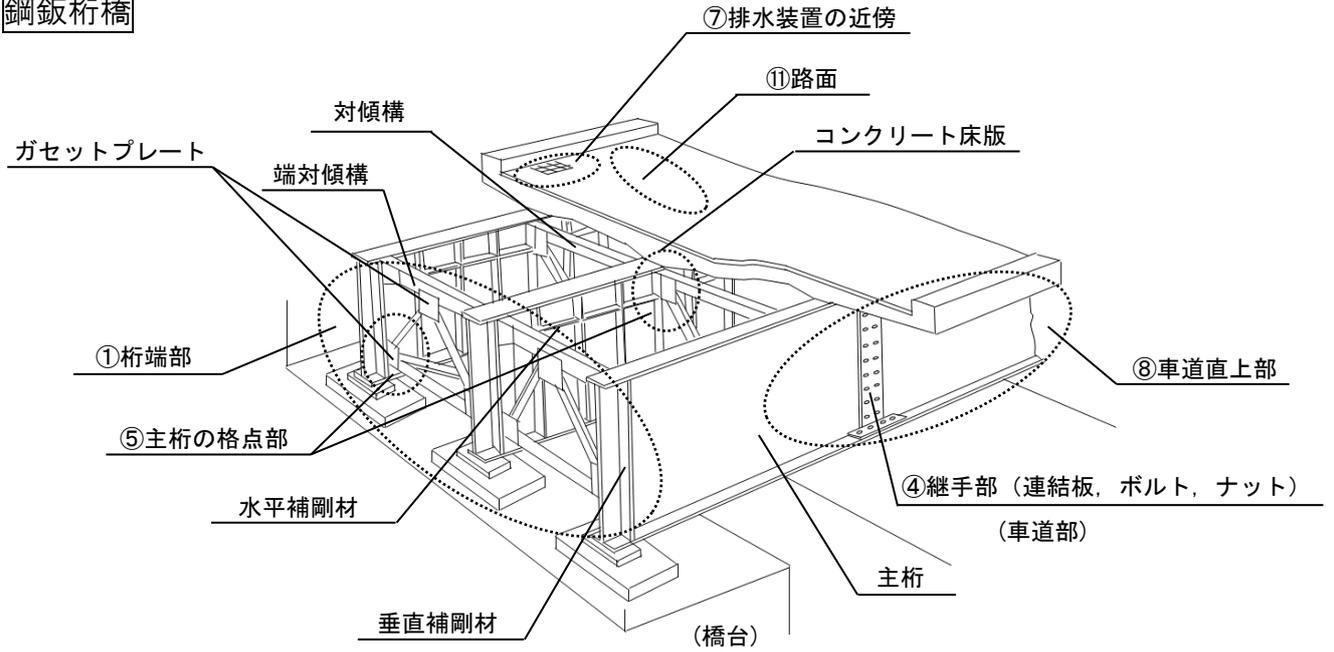
鋼橋の定期点検において着目すべき主な箇所を例を表-1に示す。

表-1 (その1) 定期点検時の主な着目箇所の例

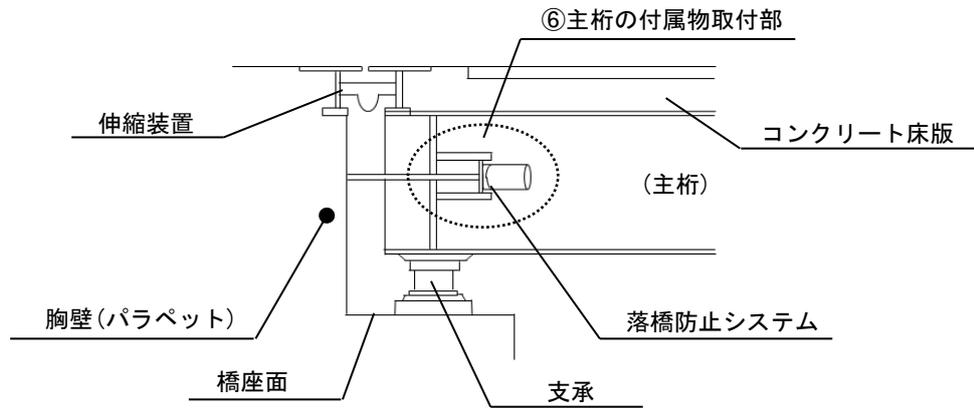
主な着目箇所	着目のポイント
①桁端部	<ul style="list-style-type: none"> <li>■狭隘な空間となりやすく、高湿度や塵埃の堆積など腐食環境が厳しい場合が多く、局部腐食や異常腐食が進行しやすい。</li> <li>■伸縮装置部からの漏水などが生じやすい。</li> <li>■路面段差や伸縮装置の影響から、自動車荷重の衝撃の影響を受けやすい。</li> <li>■支点部であり、落橋防止構造などが設けられる耐震性能上重要な部位である。</li> <li>■支承周辺部の桁は、活荷重応力、温度変化による繰返し応力を受ける範囲であり、特にソールプレート前面は支承機能の低下により疲労亀裂の発生が多い。</li> </ul>
②桁中間支点部	<ul style="list-style-type: none"> <li>■狭隘な空間となりやすく、高湿度や塵埃の堆積などにより腐食環境が厳しい場合が多く、局部腐食や異常腐食が進行しやすい。</li> <li>■支点部であり、桁端部同様に、大きな応力を受けやすく、溶接部の亀裂を生じたり、地震時に変形などの損傷を生じやすい。</li> </ul>
③桁支間中央部	<ul style="list-style-type: none"> <li>■大きな応力が発生する部位であり、亀裂の発生などで部材が大きく損傷すると落橋など致命的な状態になる可能性がある。</li> </ul>
④継手部	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ボルト継手部は、連結板やボルト・ナットによって雨水や塵埃の堆積が生じやすく、腐食が生じやすい。</li> <li>■ボルト、ナット、連結板は、角部・縁部で塗膜が損傷しやすいだけでなく、塗装膜厚が確保しにくい部位であるため、防食機能の低下や腐食が進行しやすい。</li> <li>■溶接継手部は、亀裂が発生しやすい。(亀裂はそのほとんどが溶接部から発生する)</li> </ul>

⑤主桁の格点部	<ul style="list-style-type: none"> <li>■部材が輻輳して狭隘部となりやすく，腐食環境が厳しい場合が多く，局部腐食や異常腐食が進行しやすい。</li> <li>■ガセットプレートは，亀裂や変形が生じやすい。</li> <li>■橋全体の耐荷力に重要な箇所であることが多い。</li> </ul>
⑥主桁の附属物取付部	<ul style="list-style-type: none"> <li>■附属物の取り付け構造によっては，滞水などにより腐食しやすい場合がある。</li> <li>■附属物の振動の影響を受けることがあり，本体部材でもボルトのゆるみ，亀裂が生じることがある。</li> <li>■附属物側の取り付け構造が腐食や亀裂で損傷すると落下や倒壊による第三者被害を生じることがある。</li> </ul>
⑦排水装置の近傍	<ul style="list-style-type: none"> <li>■排水管の不良や不適切な排水位置などにより雨水の漏水・飛散により，腐食が生じることがある。</li> <li>特に，凍結防止剤を含む路面排水の飛散は，局部腐食や異常腐食を著しく促進することがある。</li> </ul>
⑧車道直上部 (跨道橋の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■下を通過する車両の衝突による変形や欠損が生じていることがある。</li> </ul>
⑨箱桁や鋼製橋脚の内部	<ul style="list-style-type: none"> <li>■マンホール継手部や排水管からの漏水により，滞水が生じたり，著しく腐食していることがある。</li> </ul>

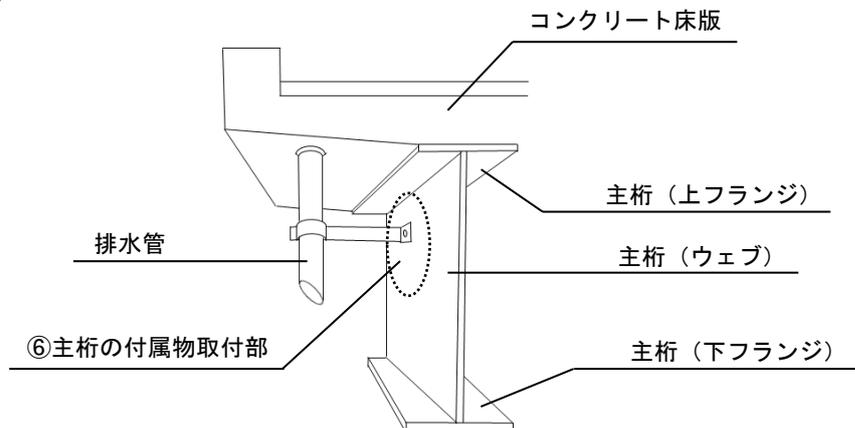
鋼鈹桁橋



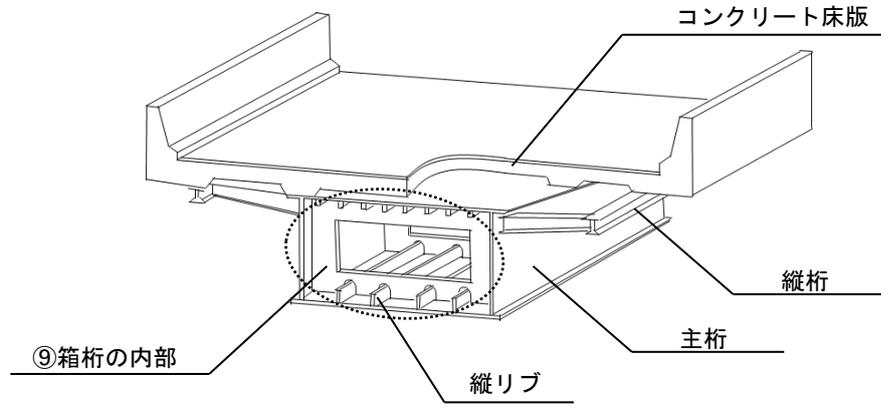
■桁端部



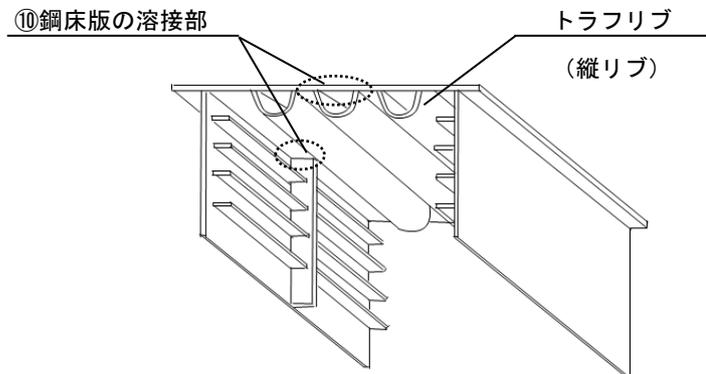
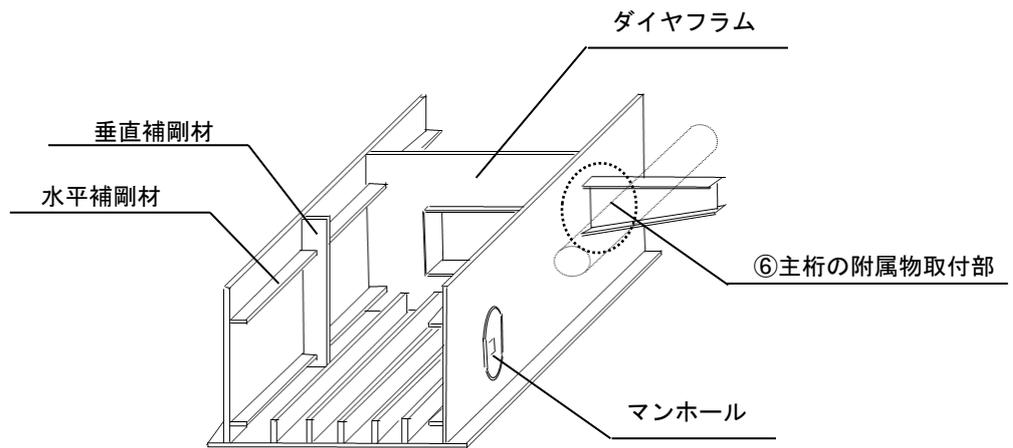
■排水装置近傍



# 鋼箱桁橋



## ■箱桁内部



鋼床版

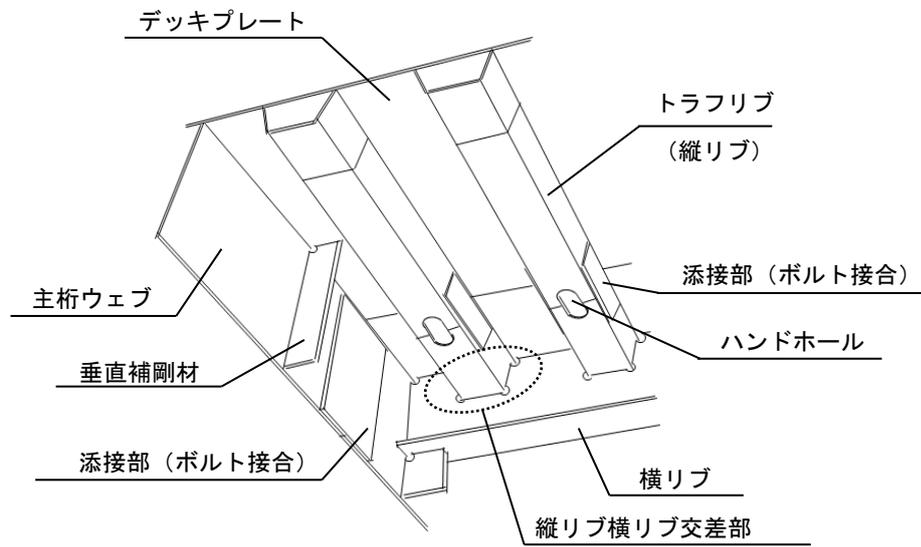


表-1 (その2) 定期点検時の主な着目箇所の例 (その1以外の箇所)

主な着目箇所	着目のポイント
⑩ 鋼床版の溶接部	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 縦リブ溶接部, 縦リブ横リブ交差部, 主桁垂直補剛材の溶接部では疲労亀裂が生じやすい。</li> </ul>
⑪ 路面	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 鋼床版の亀裂や, コンクリート床版の破損など, 床版に異常がある場合, 舗装にも変状が生じていることがある。</li> </ul>
⑫ トラス橋, アーチ橋, ラーメン橋の格点部	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 水はけが悪く塵埃となりやすいため腐食が生じやすい。</li> <li>■ 応力集中が生じやすく, 変形や亀裂を生じやすい。</li> <li>■ 様々な溶接継手部が存在し, また, 応力が複雑に作用するため, 亀裂が発生しやすい。</li> <li>■ 橋全体の耐荷力に重要な箇所であることが多い。</li> <li>■ <math>\pi</math>型ラーメン橋取合い部では, 脚添接部, 脚と梁の隅角部, 梁隅角部等は水はけが悪く, 腐食が生じやすい。</li> </ul>
⑬ トラスやアーチの主構と床組の接合部	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 主構作用と床組作用の応力が複雑に作用するため, 疲労亀裂が生じることがある。</li> </ul>
⑭ 横桁・縦桁接合部	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 床組作用の応力が複雑に作用するため, 疲労亀裂が生じやすい。</li> </ul>
⑮ コンクリート埋込部	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 土砂や水が溜まりやすく, 局部腐食や異常腐食も進行しやすい。</li> <li>■ コンクリート内部や上下縁部で鋼部材に著しい腐食が生じやすく, 鋼材の破断に至ることがある。</li> <li>■ 埋込部コンクリート内部の鋼材の腐食や断面欠損は外観目視で発見することは困難であるので, 埋込部際での鋼材の腐食の徴候およびその周囲のコンクリートのひびわれの有無や漏水の徴候などから, コンクリート内部での腐食の可能性が疑われる場合には必要に応じてさらなる調査を検討するのがよい。</li> </ul>
⑯ ケーブル部材の定着部	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ケーブルを流下する水により腐食を生じやすい。</li> <li>■ 構造上特に重要な箇所であることが多い。</li> <li>■ 被覆等の防食機構が損傷すると, 局部的に腐食が進行しやすい。</li> </ul>
⑰ 鋼製橋脚等の隅角部	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 応力集中箇所であり, 溶接部から亀裂が生じやすい。</li> <li>■ 外観からは塗膜割れで見つかることもある。(塗膜割れがなくても内部で亀裂が生じていたり, 塗膜割れのみの場合)</li> </ul>

	合も多く外観からの亀裂の確認は一般に困難である)
⑱ 歩道部や床版のデッキプレート	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 舗装とデッキプレートの間にはコンクリート、砕石、砂が充填されていることが多い。鋼板厚が 3mm 程度と薄く、腐食耐久性が低いことも多い。</li> <li>■ 床版内への雨水浸透にともない、コンクリートの損傷が著しくなった例もある。</li> <li>■ デッキプレート下面に腐食が連続的に生じていたり、孔食がある場合には、舗装面からの水の浸入によりデッキプレートの上面側で腐食が著しくすすんでいるおそれがあり、踏み抜きの可能性も考慮する必要がある。</li> </ul>

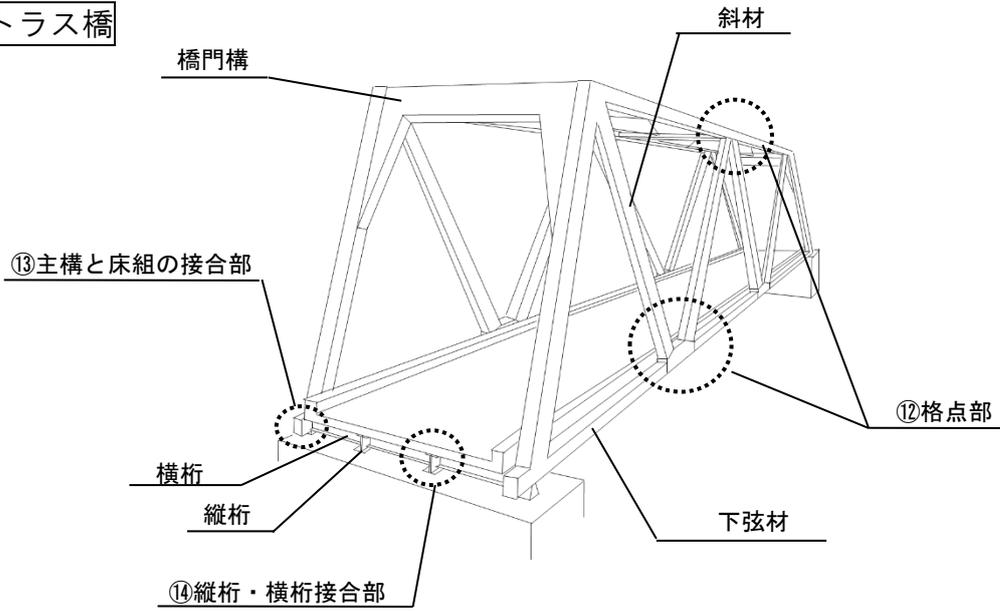
引張材を有する道路橋の定期点検にあたっての着目箇所については、表－1（その1）及び表－1（その2）の他に参考資料3も適宜参考にすることができる。

表－1（その1）定期点検時の主な着目箇所の例、表－1（その2）定期点検時の主な着目箇所の例（その1以外の箇所）を考慮したとき、特定の構造に考えられる留意点の例を表－1（その3）に示す。

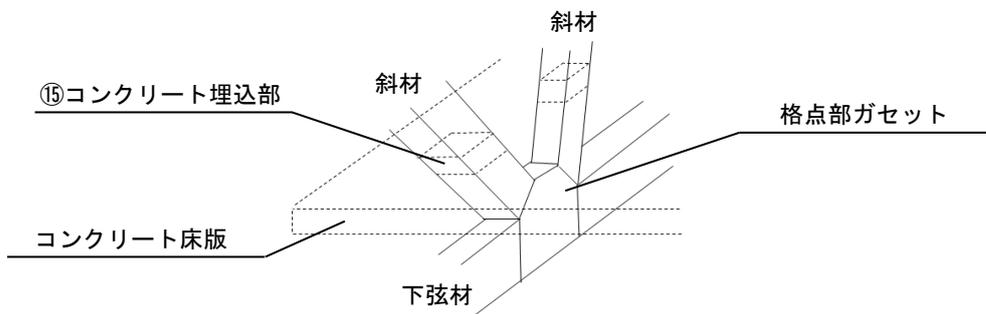
表－1（その3） 特別な条件の例

① H形鋼桁橋	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 溶接部がないことを確認する必要がある。</li> <li>■ 溶接部がないときには、溶接部からの亀裂を想定する必要がない。</li> </ul>
---------	---

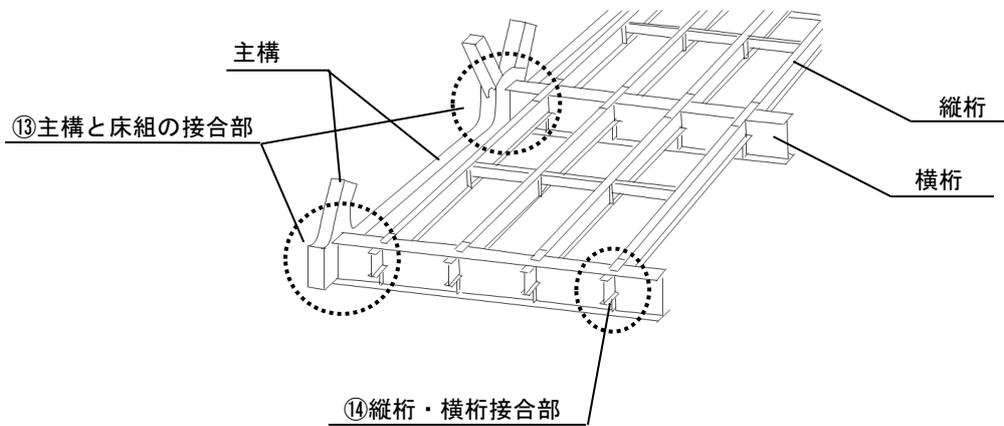
トラス橋



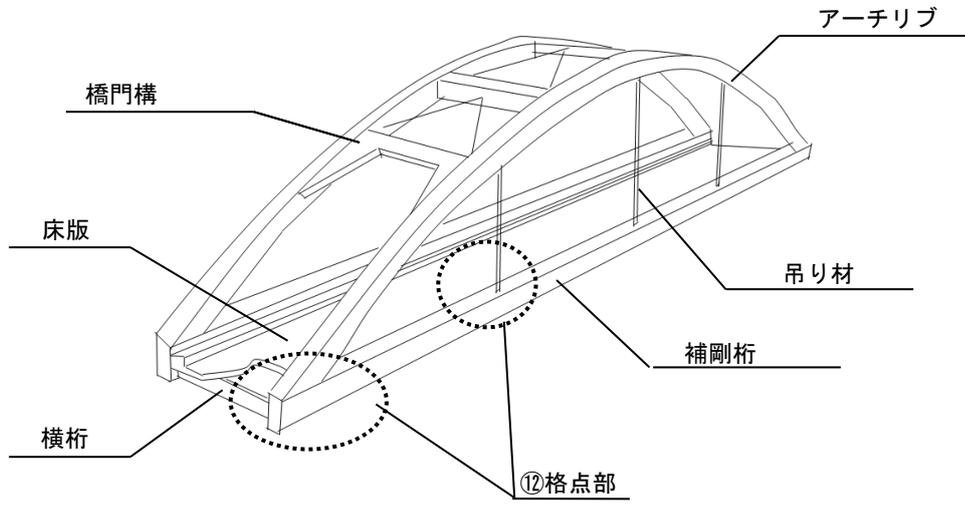
■ 格点部



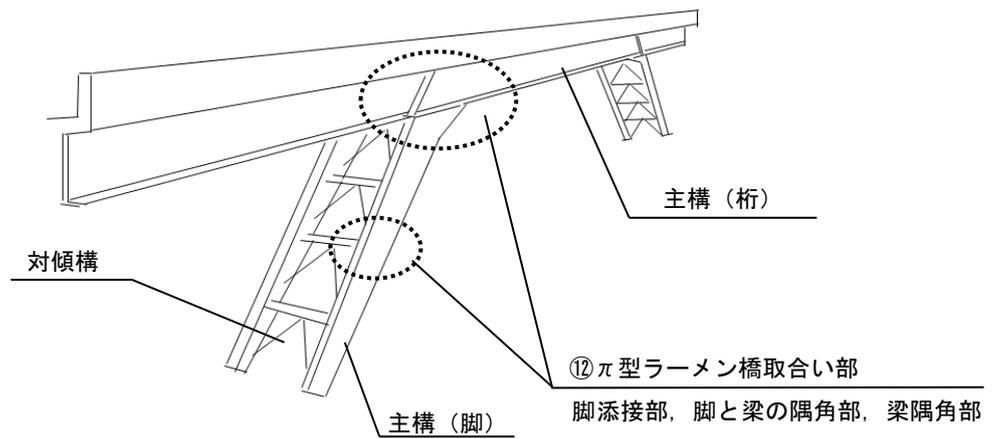
■ 床組



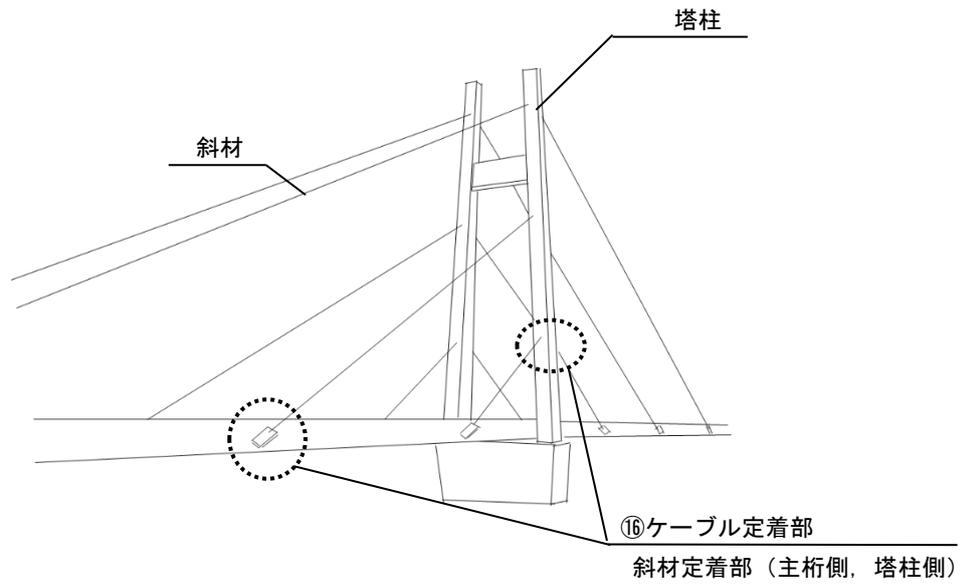
アーチ橋（下路式）



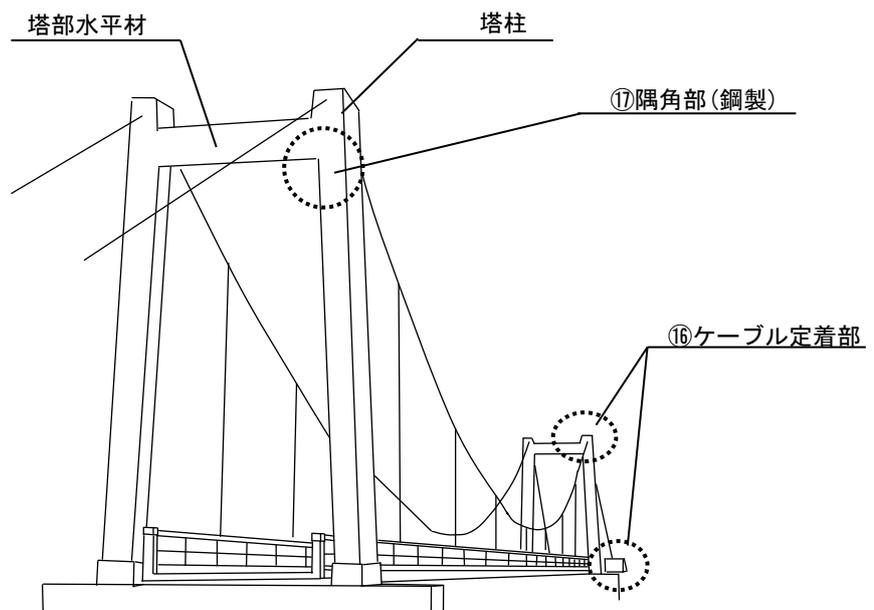
ラーメン橋



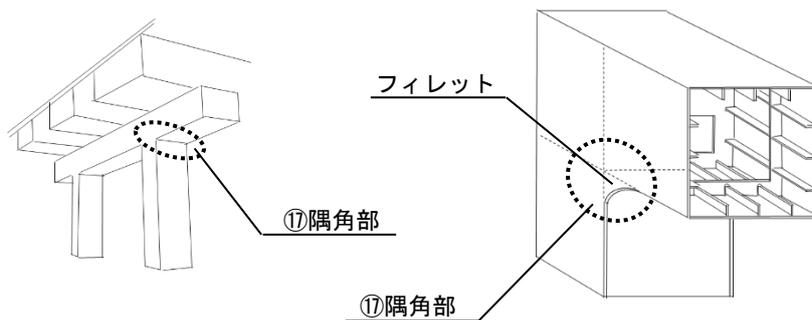
斜張橋



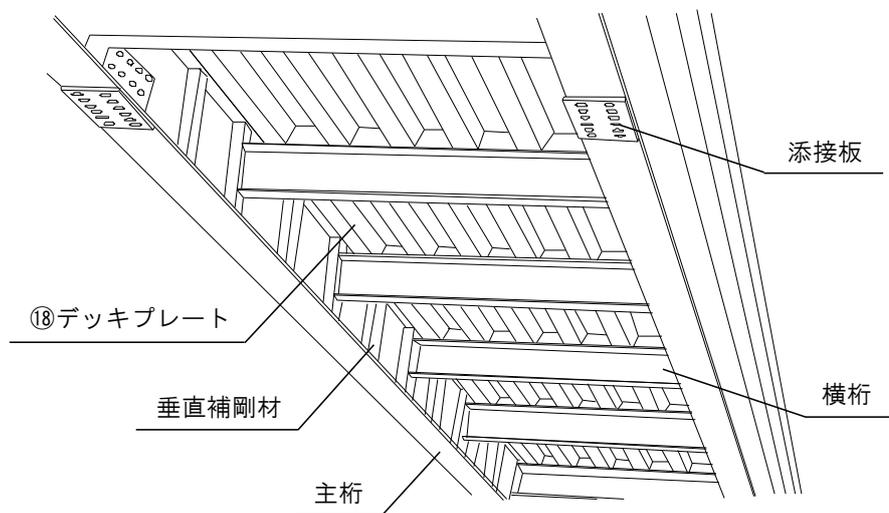
吊り橋



鋼製橋脚



歩道部や床版のデッキプレート



## 2. コンクリート橋の一般的な構造と主な着目点

コンクリート橋の定期点検において着目すべき主な箇所の例を表-2に示す。

表-2 (その1) 定期点検時の主な着目箇所の例

着目箇所	着目ポイント
①桁端部	<ul style="list-style-type: none"> <li>■狭隘な空間となりやすく、高湿度や塵埃の堆積など劣化環境が厳しい場合が多い。特に支承高さが小さい場合には桁下や下部工上面の視認が困難な場合がある。</li> <li>■伸縮装置部からの漏水などが生じやすい。</li> <li>■支承部は大きな応力を受けやすく、地震時にひびわれなどの損傷を生じやすい。</li> </ul>
②桁中間支点部	<ul style="list-style-type: none"> <li>■狭隘な空間となりやすく、高湿度や塵埃の堆積など劣化環境が厳しい場合が多く、鉄筋の腐食を伴う損傷が進行しやすい。</li> <li>■支点部であり、桁端部同様に、大きな応力を受けやすく、ひびわれなどの損傷を生じやすい。</li> </ul>
③桁支間中央部	<ul style="list-style-type: none"> <li>■大きな応力が発生する部位であり、ひびわれなどで部材が大きく損傷すると落橋など致命的な影響が懸念される。</li> <li>■PC 鋼材や鉄筋などの内部鋼材の腐食に伴うひびわれや、錆汁による変色がみられることがある。</li> </ul>
④支間 1/4 部	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ウェブ厚が薄く、鉄筋の曲げ上げによる鉄筋量が少ない部分であり、せん断ひびわれが生じやすい。</li> </ul>
⑤打継部・後打部・目地部	<ul style="list-style-type: none"> <li>■境界部でひびわれが生じるなど、連続性や一体性が損なわれていることがある。</li> <li>■貫通ひびわれがあると漏水や著しい石灰分の析出が生じている場合がある。</li> </ul>
⑥PC 鋼材	<ul style="list-style-type: none"> <li>■グラウト未充填箇所がある場合、PC 鋼材に著しい腐食が生じやすく、鋼材の破断に至ることがある。</li> <li>■PC 鋼材に破断が生じた場合、蓄えられていたひずみが開放され、PC 鋼材が突出する場合がある。</li> <li>■コンクリート内部の腐食や断面欠損は、外観目視のみで発見することは困難な場合がある。</li> <li>■PC 鋼材位置近傍や間詰部のコンクリートの漏水や石灰分の析出などから、内部のPC 鋼材へ水の影響が疑われる場合がある。</li> </ul>

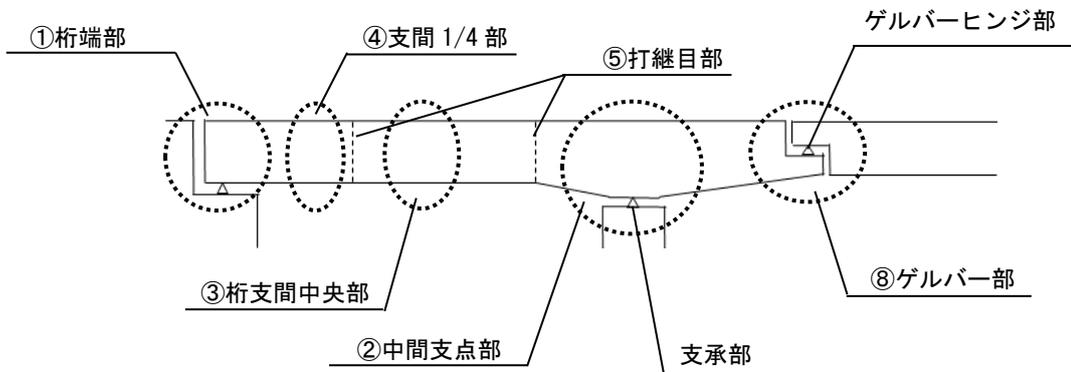
⑦定着部	<ul style="list-style-type: none"> <li>■応力集中によりひびわれが生じやすい。</li> <li>■上縁定着部は、PC 鋼材への水の浸入経路になりやすい一方で、舗装下になり外観からは異常が確認できないことが多い。</li> <li>■定着部およびその周囲のコンクリートの劣化状況や鋼部材の腐食状況から、コンクリート内部での腐食の徴候を把握することも有効である。</li> <li>■突出の可能性が疑われる変状がある場合には、新たな突出による第三者被害のみならず、定期点検中の二次被害にも注意する必要がある。なお、プレテンション PC 床版橋における PC 鋼材の突出については、参考資料 4 も参考にするとよい。</li> </ul>
⑧切欠部・ゲルバー部	<ul style="list-style-type: none"> <li>■主桁断面が急激に変化する部分(ゲルバーヒンジ部や桁切欠部等)では、応力集中によりひびわれが生じやすい。</li> </ul>

引張材を有する道路橋の定期点検にあたっての着目箇所については、表－2（その1）の他に参考資料3も適宜参考にする。

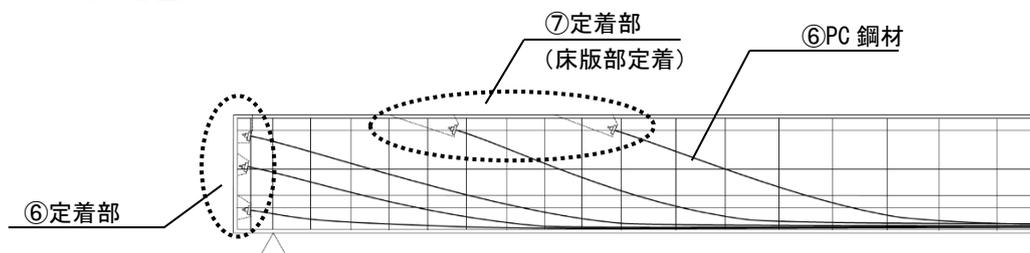
表－2（その1）定期点検時の主な着目箇所の例を考慮したとき、特定の構造に考えられる留意点の例を表－2（その2）に示す。

表－2（その2） 定期点検時の主な着目箇所の例

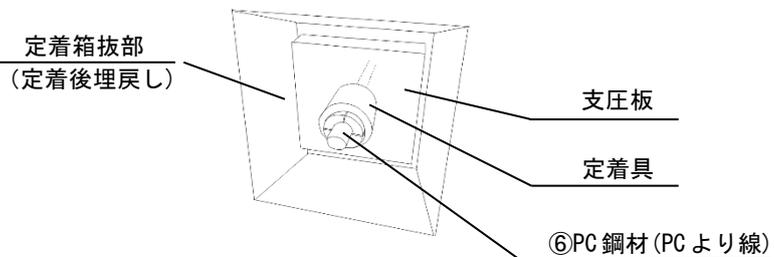
着目箇所	着目ポイント
①床版橋	<ul style="list-style-type: none"> <li>■桁橋と異なり、床版下面に凸凹がなく、コンクリート以外の材料がないときは、3. コンクリート床版の一般的な構造と主な着目点に準ずることができる。</li> <li>■ただし、中空断面を有する場合には、そのことも考慮して状態の把握を行う必要がある。</li> </ul>



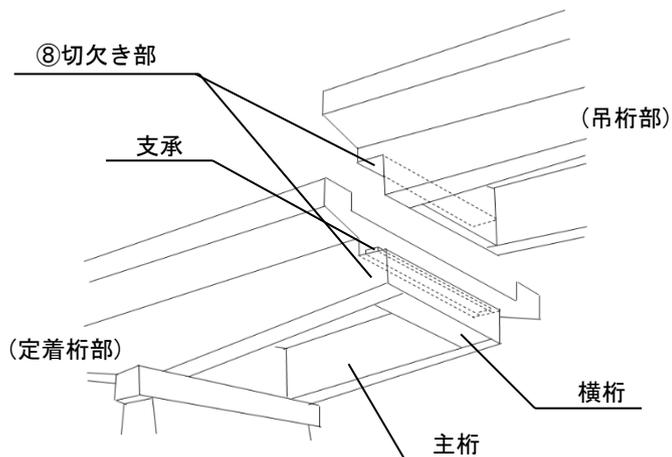
■PC 桁(PC 鋼材配置)



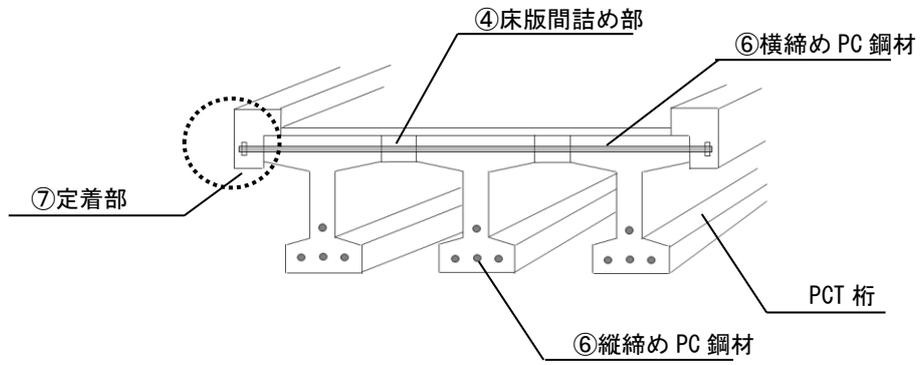
■PC 鋼材定着部



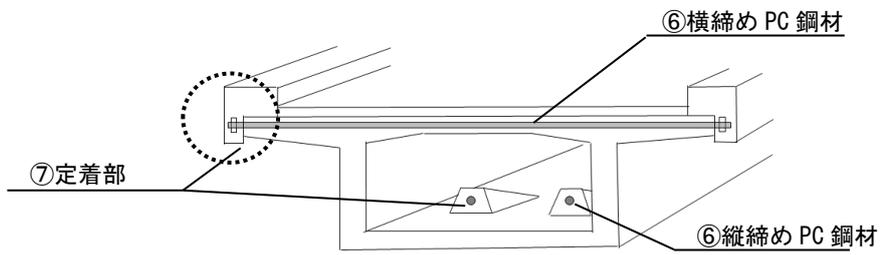
■ゲルバー部



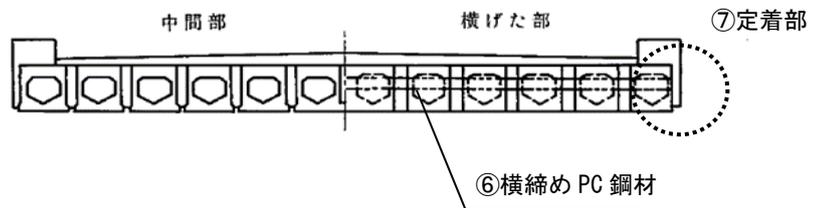
PCT 桁橋



PC 箱桁橋



PC プレテン中空床版橋



### 3. コンクリート床版の一般的な構造と主な着目点

コンクリート床版の定期点検において着目すべき主な箇所の例を表-3に示す。

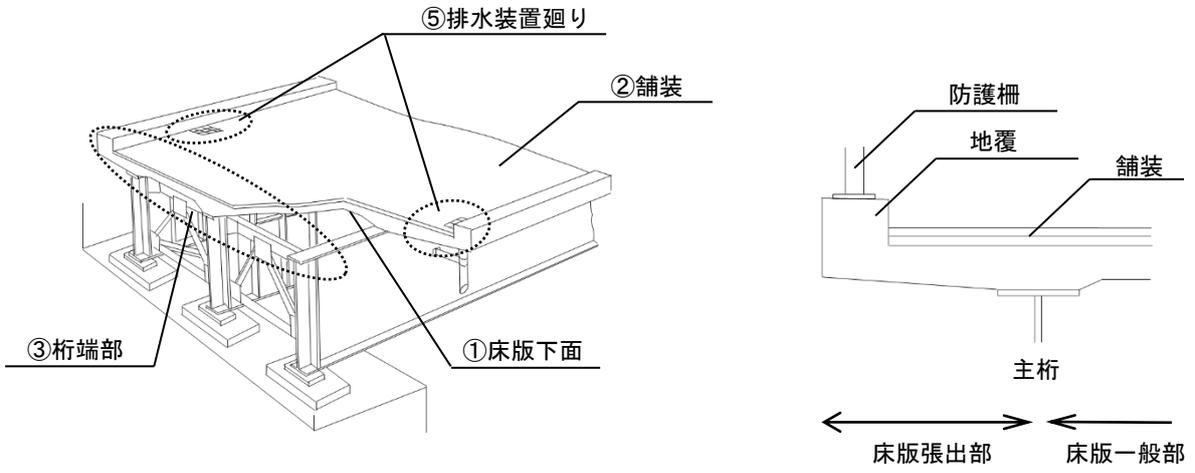
表-3 定期点検時の主な着目箇所の例

主な着目箇所	着目のポイント
①床版下面	<ul style="list-style-type: none"> <li>■繰り返し荷重によるひびわれが生じやすい。</li> <li>■床版上面からの水の供給により、遊離石灰や錆汁が生じやすい。</li> <li>■路面段差や伸縮装置の影響から、自動車荷重の衝撃の影響を受けやすい。</li> <li>■疲労によるひびわれと中性化や塩害の複合的な要因により、かぶりコンクリートにうき、剥離、鉄筋露出を生じやすい。</li> <li>■疲労によるひびわれと内部への雨水の浸入がある場合、床版コンクリートの急激な劣化により突然の抜け落ち事故に至ることがある。</li> <li>■舗装の陥没やセメント分の噴出痕が見られる場合、床版が上面から土砂化するなど著しく劣化していることがある。</li> <li>■床版下面に鋼板や炭素繊維シートや剥落防止材などが設置されている場合、内側で損傷が進行しても外観に変化が現れにくい。</li> <li>■床版下面に鋼板や炭素繊維シートや剥落防止材などの補修補強材が設置されている場合、床版内部に水が浸入すると、床版並びに補修材料の接合部に急速に劣化が進行することや、これらの劣化が広範囲にわたることがある。</li> </ul>
②舗装	<ul style="list-style-type: none"> <li>■コンクリート床版に異常がある場合、舗装にも損傷が生じやすい。</li> <li>■伸縮装置との接合部では、段差や滞水が生じやすい。</li> </ul>
③桁端部	<ul style="list-style-type: none"> <li>■自動車荷重の衝撃の影響を受けやすい。</li> </ul>
④コンクリート T 桁橋の床版間詰部	<ul style="list-style-type: none"> <li>■打継ぎ部では、床版上面からの水の供給により、遊離石灰や錆汁が生じやすい。</li> <li>■T 桁と間詰めとの境界部の付着が切れると、間詰めコンクリートが大きな塊で抜け落ちることがある。</li> </ul>

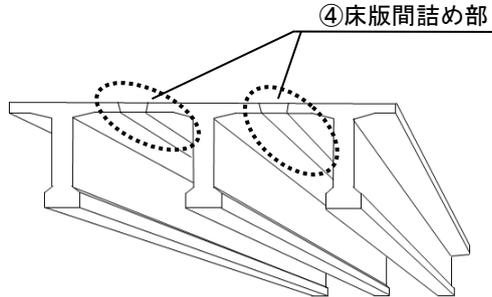
⑤ 排水装置廻り	<p>■排水装置廻りは漏水しやすく，損傷も進行しやすい。</p>
⑥ 補修補強材	<p>■補修補強材が設置されている場合，内側で損傷が進行しても外観に変化が現れにくい。</p> <p>■鋼板や炭素繊維シートや剥落防止材などの補修補強材が設置されている場合，内部に水が浸入すると，母材と補修補強材の接合部に急速に劣化が進行することや，これらの劣化が広範囲にわたることがある。</p>

# コンクリート床版

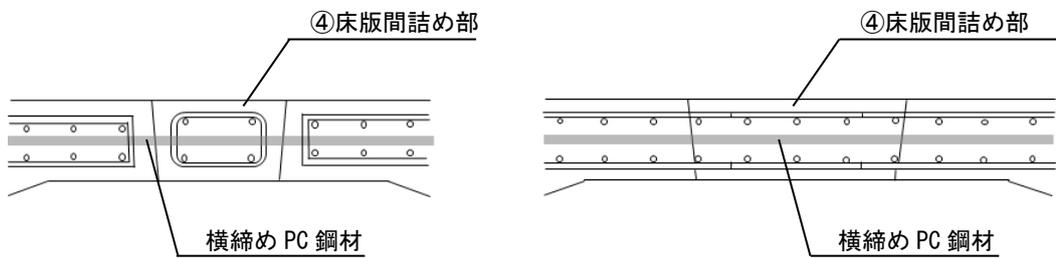
## ■コンクリート床版断面



# 床版間詰め部 (T桁橋)



## ■間詰め部



間詰め部と配筋方法の例

#### 4. 下部構造（橋台、橋脚）の一般的な構造と主な着目点

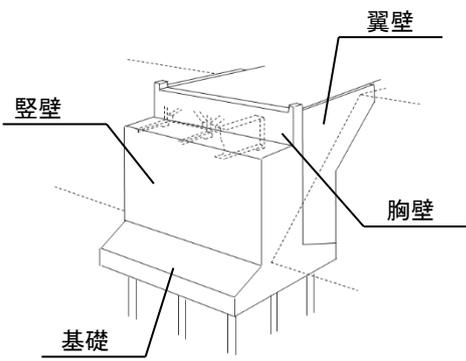
下部構造の定期点検において着目すべき主な箇所を例を表-4に示す。

表-4 定期点検時の主な着目箇所の例

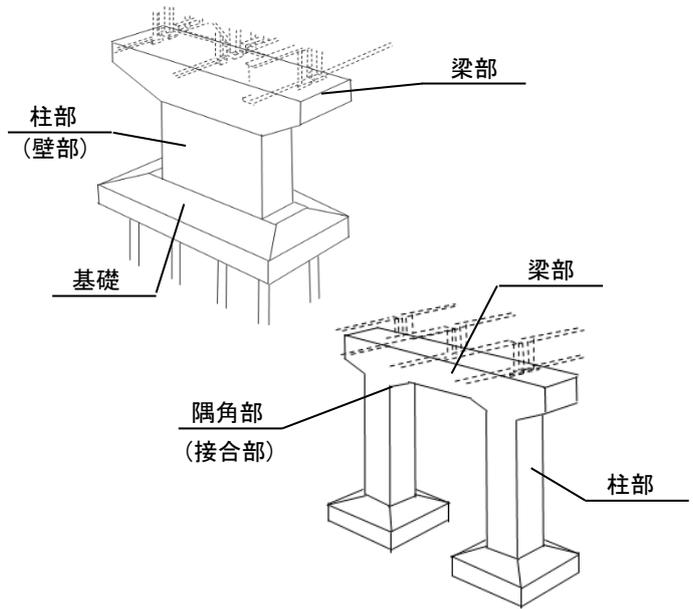
部材種類	着目箇所
①橋台	<ul style="list-style-type: none"> <li>■雨水が直接かかる部位では、ひびわれが生じやすい。</li> <li>■背面からの水が供給されることから、ひびわれ部では遊離石灰や錆汁が生じやすい。</li> <li>■地盤の影響を直接受けることから、沈下・傾斜・移動が生じやすい。</li> <li>■斜面上の橋台では、下方地盤の洗掘や浸食により不安定になることがある。周辺に、柱状の節理などが見られる場合には、特に注意を要する。</li> <li>■斜面上の橋台では、橋面やアプローチ部からの排水等の流末の状態によっては、斜面上部からの浸食が進むこともある。</li> </ul>
②橋脚	<ul style="list-style-type: none"> <li>■張出部では、雨水が直接かかるなど環境が厳しく、損傷が生じやすい。</li> <li>■張出付け根部の上部では、大きな応力が発生する部位であり、ひびわれが生じやすい。</li> <li>■支承部では、ひびわれが生じやすい。</li> <li>■支承部は、狭隘な空間となりやすく、高湿度や塵埃の堆積など腐食環境が厳しく、劣化も進行しやすい。</li> <li>■河川内では、洗掘が生じていることがある。</li> </ul>
③水中部	<ul style="list-style-type: none"> <li>■直接基礎やパイルベントはその構造上の特徴から洗掘が生じたときに変状が不安定化（沈下、傾斜、全体・局部座屈）につながりやすい。</li> <li>■洗掘範囲は、水流に対する抵抗幅に応じて増加する傾向がある。</li> <li>■パイルベントに砂や石等がぶつかることで、防食機能の低下、孔食につながる場合がある。</li> <li>■パイルベントでは、没水部や飛沫部では、条件によっては著しい腐食につながることもある。付着物を除去して状態を確認するのがよい。</li> <li>■パイルベントへの係留などによる防食の損傷、異種金属接触腐食などにも注意する。</li> </ul>

■水中部については、カメラ等でも、河床や洗掘の状態を把握できることが多い。  
 ■湧水期に実施時期を合わせることで、近接し、直接的に部材や河床等の状態を把握できる。

橋台



橋脚



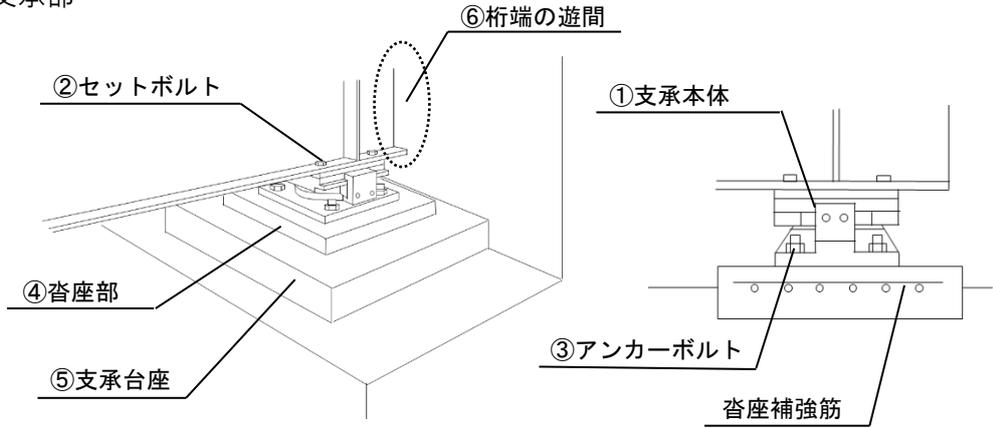
## 5. 支承部の一般的な構造と主な着目点

支承部の定期点検において着目すべき主な箇所を例を表-5に示す。

表-5 定期点検時の主な着目箇所の例（支承部）

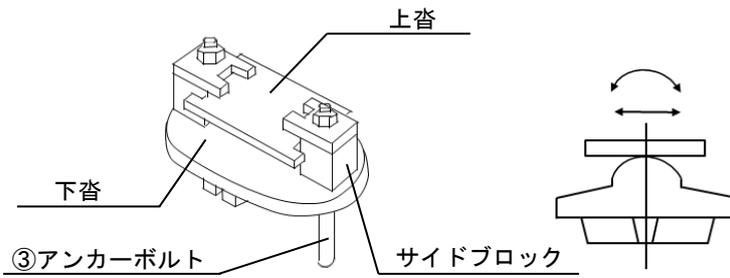
主な着目箇所	着目のポイント
① 支承本体	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 狭隘な空間となりやすく、高湿度や塵埃の堆積など腐食環境が厳しい場合が多く、局部腐食や異常腐食も進行しやすい。</li> <li>■ 大きな応力を受けやすく、地震時にわれ、破損、もしくは破断が生じやすい。</li> <li>■ 路面段差や伸縮装置の影響から、自動車荷重の衝撃の影響を受けやすい。</li> <li>■ ローラー支承において、箱桁橋やトラス橋など、ローラーが分担する死荷重が大きい形式の場合には、繰り返し载荷の影響や経年劣化などにより割れが生じることもある。</li> <li>■ 上部構造の異常移動や下部構造の移動等により、異常遊間を生じやすい。</li> </ul>
② セットボルト	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 大きな応力を受けやすく、地震時に破断が生じやすい。</li> <li>■ ボルト角部で塗膜が損傷しやすく、防食機能の低下や腐食が進行しやすい。</li> </ul>
③ アンカーボルト	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 大きな応力を受けやすく、地震時に破断が生じやすい。</li> <li>■ ボルト、ナット部で塗膜が損傷しやすく、防食機能の低下や腐食が進行しやすい。</li> </ul>
④ 沓座部	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 沓座モルタルでは、大きな応力を受けやすく、ひびわれ、うき、欠損が生じやすい。</li> <li>■ 鋼製橋脚沓座溶接部では、衝撃を伴う支点反力により疲労亀裂が生じやすい。</li> </ul>
⑤ 支承台座	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 大きな応力を受けやすく、ひびわれ、うき、欠損が生じやすい。</li> </ul>
⑥ 桁端の遊間	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 上部構造の異常移動や下部構造の移動等により、異常遊間を生じやすい。</li> </ul>

■ 支承部

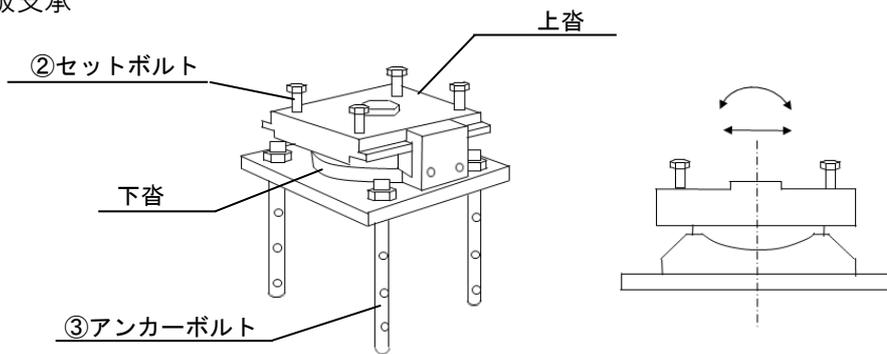


鋼製支承

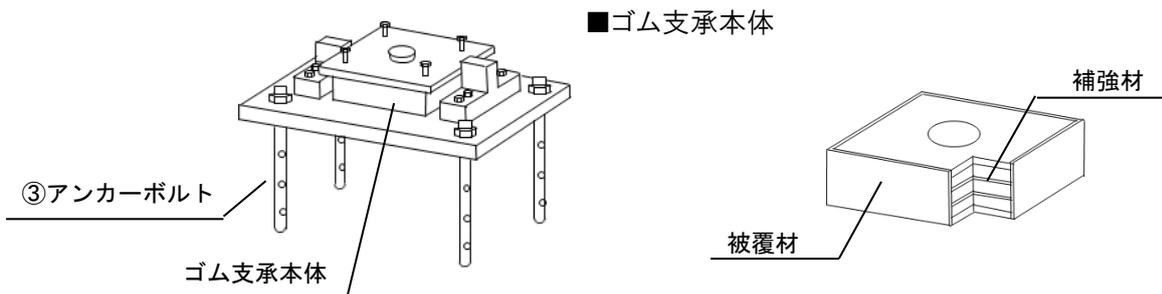
■ 線支承



■ 支承板支承



ゴム支承



## 6. 溝橋の一般的な構造と主な着目点

溝橋のうち、ここでいう溝橋（ボックスカルバート）とは、道路の下を横断する道路や水路等の空間を確保するために盛土あるいは地盤内に設けられる構造物で、「シールド、大型カルバート等定期点検要領」に示す大型カルバート等に該当しない橋長 2m 以上かつ土被り 1m 未満の小規模のボックスカルバートのことをいう。

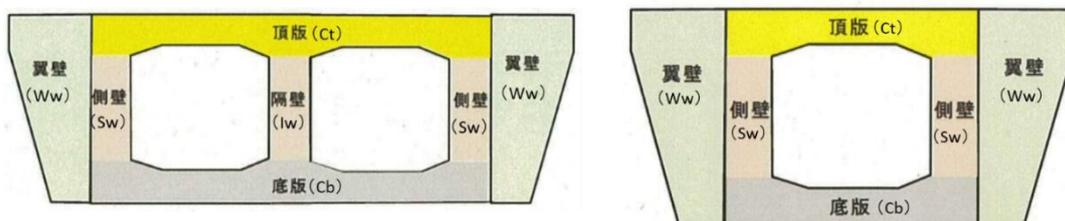
1. 鋼橋の一般的な構造と主な着目点から 5. 支承部の一般的な構造と主な着目点を考慮したときに、溝橋が周長方向に継手のないボックス構造からなるときには、周長方向には構造上又は耐久性上の弱部となる断面がないこと、例えば他の道路橋に比べれば頂版コンクリートが疲労による変状を起こす可能性が小さいこと、外力に対して部材の破壊よりもボックス構造としての沈下・移動が先行する可能性が高いことが期待できる場合も多い。また、コンクリート片の落下等による第三者被害の可能性を想定する供用条件にないものも多かつたりすることも考えられる。そこで、溝橋の構造や供用の条件によっては、状態の把握を効率的に実施する工夫を検討することで、質を確保しつつ効率的な定期点検を行うことができることに注意して、定期点検の計画を立てるのがよい。合理化が期待できる条件の例を表一 6 に示す。

表一 6 合理化が期待できる条件の例

条件の例	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 溝橋の中でも、ボックス構造から構成され、例えばボックスの周長方向に断面寸法の変化や接合部等がないなど、ボックス内で耐荷力、耐久性の局所的な変化がないとみなせるもの。</li> <li>■ ボックス構造の中でも、剛性カルバート構造とみなせるように設計されており、かつ、ボックスの各部材のせん断スパン比が比較的小さいもの。</li> <li>■ 内空面からのコンクリートの剥落片等による第三者被害を想定する必要がないもの。</li> </ul>
------	---

具体的検討には、特定の条件を満足する溝橋の定期点検に関する参考資料を適宜参考にすることができる。

溝橋（ボックスカルバート）



## 7. 吊橋や斜張橋等の一般的な構造と主な着目点

吊橋や斜張橋等の定期点検において着目すべき主な箇所を例を表一七に示す。なお、各部材の一般的な内容は、参考資料3をあわせて参考にされたい。

表一七 定期点検時の主な着目箇所の例

主な着目箇所	着目のポイント
①全体の形状	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ケーブルを用いた構造では部材の破断や定着部の異常が全体の形状に影響を与えやすいため、線形等から異常の徴候が発見できる場合がある。</li> <li>■ 全体的にたわみなどが見られる場合は、主ケーブルでなくその他の部材が原因となることもある。</li> <li>■ 全体の形状に異常が生じている場合、部材の破断やケーブル定着部の異常などが生じている可能性もある。</li> </ul>
②ステイシステム	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 制振対策のために設置されたステイ材や耐風索のゆるみや破断は、耐風安定性の低下や橋の各部の疲労耐久性の低下につながる可能性があるため、破断、腐食等による能力低下、弛緩による能力低下などが生じていないか確認するのがよい。</li> </ul>
③アンカレイジ	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ アンカレイジにはサドル、アンカーフレーム、スプレイ室などがあり、その構成は橋毎に異なる。構造や防食システムを事前に調べておくのがよい。</li> <li>■ 健全性の診断の区分の決定にあたって、埋込部の内部を含めた定着部全体の異常の有無や徴候を確認するのがよい。</li> <li>■ 定着部には様々種類があり、外観できる範囲や状況も千差万別である。必要に応じて外観できない部位の調査も検討するのがよい。</li> <li>■ 建屋内に定着部が格納されていても結露などで腐食することがある。</li> <li>■ ケーブルが複数本配置されていても、同様の腐食環境におかれている場合は、腐食が同時に進行する可能性がある。</li> <li>■ ワイヤクリップで定着されている場合、1つのワイヤクリップが腐食により緩むと、連鎖的にすべり、荷重の支持能力を失う懸念がある。また、同様の腐食環境にあり腐食</li> </ul>

	<p>が同時に進行する可能性があるため注意が必要である。</p> <p>■留め具などにステンレスなど異種金属を用いている場合には、異種金属接触による著しい腐食が鋼材に生じるおそれがある。この場合、同構造の他の部材にも同時多発的に腐食が生じる可能性があるため注意が必要である。また、留め具などの内部に水の浸入や滞水がないかどうか確認するのが良い。</p>
④主塔	<p>■主ケーブルからの大きな鉛直力と水平力に抵抗する重要な部位である。</p> <p>■主塔の変形や偏心によってもケーブル構造のバランスが崩れる場合があるため、塔頂サドルが設置されている主塔に断面欠損や傾斜が無いかなどに注意するのが良い。</p> <p>■圧縮力が卓越するため、座屈耐荷力が損なわれていないかどうかは最重要着目事項であり、柱本体の傾斜や変形、基礎の安定、地盤、周辺地山の安定などに注意が必要である。</p> <p>■主塔基部がピンなどで自由に回転できる場合は、主ケーブルの破断や滑り等によってケーブルシステム全体のバランスが崩れた場合、倒壊の可能性など、橋全体に致命的な影響が及ぶ危険性がある。</p> <p>■主塔基部がピン構造などで回転可能な場合は、回転機能の低下が生じると、設計で想定しない応力が生じる可能性がある。</p> <p>■溶接品質の確保が困難な溶接部が多数ある構造となるため、溶接部からの亀裂の発生に注意が必要である。</p> <p>■接合部においては、腐食による断面減少やボルトの遅れ破壊にも注意が必要である。</p> <p>■内部の滞水は腐食が進行する原因となる。</p>
⑤サドル	<p>■主ケーブルの一部が破断した場合、塔頂サドル前後に大きな張力差が生じ、塔頂サドル上でケーブルが滑って抜け出しが生じ、落橋に至る可能性がある。</p> <p>■サドルでケーブルの抜け出しやゆるみやすべりが生じると、径間のケーブル長さが変わるためケーブル構造のバランスが崩れ、橋全体の安全性に影響を及ぼす可能性がある。</p> <p>■サドル内部は直接視認できないことが多く、内部やサド</p>

	<p>ル出入り口付近で主ケーブルに腐食が生じていないか、また、サドル内部より錆汁の流出がないかなど慎重に確認するのがよい。</p> <p>■サドル部の腐食やケーブルの抜けだし痕、ボルトのゆるみやプレートの異常を確認するのがよい。</p>
<p>⑥主ケーブル</p>	<p>■ケーブルの破断にともない、支持していた荷重や衝撃の影響が他の部材やケーブルに影響を与えることで、ケーブル構造のバランスが崩れたり、他の部材やケーブルの損傷につながるなど、橋全体の安全性に影響を及ぼす可能性がある。</p> <p>■主ケーブルには様々な種類の材料や構造があり、機械的性質や安全率や防食仕様も異なるため、橋毎に特性や構造を確認して健全性の診断の区分の決定を行うのがよい。</p> <p>■ケーブルの腐食や破断、またはその徴候、要因が見られるか確認する。内部の腐食についても、外観、必要に応じて打音・触診から得られる様々な情報を総合的に判断して、外観できない内部の状態も推定するのがよい。</p> <p>■目視可能な外側に必ずしも徴候が現れるわけではなく、また、外部での徴候から想定するよりも内部で著しい損傷が生じている場合もあるため注意が必要である。</p> <p>■ケーブルの破断要因は、必ずしも腐食だけに起因するとは限らず、活荷重や風荷重による疲労の影響、または、その複合作用によることも考えられる。ケーブルの振動の徴候についても、ケーブル本体のみならず、周辺部材に損傷が生じていないかなどから確認するのがよい。</p> <p>■素線を束ねて形成されている主ケーブルでは、表層に様々な防食が施されているため、素線そのものの状態や内部の素線の状態を確認することが困難な場合がほとんどであり、内部の状況の推測では注意を要する。</p> <p>■複数の素線が束ねられているケーブルの内部の腐食などの異常を外観のみで正確に判断することは困難であり、表面の腐食状況、内部からの錆汁の漏出、防錆油の劣化や消耗の状況など外観から得られる様々な情報を総合的に判断して外観できない内部の状態も推定するのがよい。</p> <p>■被覆により腐食に対する防食が施されている場合、被覆に損傷が生じていないか、主ケーブル内への水の浸入を疑</p>

	<p>う変状が生じていないかどうか確認するのがよい。</p> <p>■表面に嚴重な防食が行われているため、かえって内部の腐食などの異常が外観から見つかりにくいことが多い。内部の異常が疑われる場合は、防食（防錆材、保護ワイヤなど）を撤去して内部を確認することが必要な場合もある。</p> <p>■場合によっては、保護カバーをはずして、水の浸入や滞留、内部の腐食状況について確認することが有効な場合もある。</p> <p>■地震などによりケーブルに異常なたわみが生じていないか、ケーブル張力に異常が生じていないかどうか確認する。</p> <p>■束ねた素線の表面に鋼製のワイヤ（ラッピングワイヤ）を巻き付けて、その上から塗装などの防食が施されている場合がある。ラッピングワイヤを撤去しない限り、ケーブル本体を確認することはできないため、ラッピングワイヤの健全性の確認とラッピングワイヤ表面に内部の異常を示す徴候がないかの確認を行うのがよい。</p> <p>■ラッピングワイヤのある主ケーブルでもケーブルバンド部はラッピングワイヤがなく主ケーブルの素線は表面がむき出しになっている。ケーブルバンド内面と主ケーブル表面には隙間があること、ケーブルバンド端部の止水が十分でなく雨水が内部まで到達することがあることなどからケーブルバンド部の素線が腐食することもある。ケーブルバンド内部を直接確認することは困難であるが、錆汁の漏出など腐食が疑われる場合には、バンドを一時解放することも含め慎重に評価するのが良い。</p> <p>■ケーブル内部の異常が疑われた場合には、非破壊検査技術で適用可能な技術がないか確認するとともに、必要に応じてラッピングワイヤの一部撤去やワイヤにくさびを打ち込んで内部を直接目視により確認することも検討するのが良い。</p> <p>■ケーブル内部の詳細調査方法も検討するのが良い。</p>
⑦ ケーブルバンド	<p>■ケーブルバンドには様々な形状のものがあり、形状毎に性質などが異なる。健全性の診断の区分の決定にあたってはその特性を把握した上で健全性に関わる異常やその徴候を的確に判断するのが良い。</p>

	<p>■ ケーブルバンドは一般にバンドボルトの締め付け力による摩擦で固定されており、バンドボルトの軸力が低下するなど、摩擦力が低下するとバンドと主ケーブルに滑りが生じる可能性がある。</p> <p>■ ケーブルバンドの滑りにともない、ケーブル構造のバランスが崩れ、橋全体の安全性に影響を及ぼす可能性がある。</p> <p>■ バンドボルトの軸力が低下する要因としては、ボルトのリラクゼーションやケーブルの素線のクリープ、ケーブル再配列に伴う空隙の縮小、ケーブル腐食による断面減少などがあるほか、ケーブルバンド締め付け後に荷重条件の変化によって張力を増大した場合などにも低下する可能性がある。特に大規模橋梁でケーブル径が太いほどリスクが大きくなり、増し締めが必要となることもあり、適切な管理を行うことが必要となる。</p> <p>■ 供用中は常にバンドの位置ずれが生じていないことを確認するとともに、締め付け力の低下の徴候がないか気をつけるのがよい。</p> <p>■ ケーブルバンドに腐食（異種金属接触腐食も含む）が生じていないかどうか、また、ゆるみやすべりが生じていないか確認するのがよい。</p> <p>■ ケーブルバンド端部付近で主ケーブル素線が腐食し破断する可能性があるため、ケーブルバンドを開放し、素線の腐食状況の確認が必要となる場合もある。</p> <p>■ クリップが用いられている場合、クリップは正しく施工されていないと効率が著しく低下するため、止め方については注意が必要である。</p>
⑧ハンガー	<p>■ ハンガーの破断にともない、支持していた荷重や衝撃の影響がその他の吊り材に影響を与えることで、ケーブル構造のバランスが崩れたり、他の部材や吊り材の損傷につながるなど、橋全体の安全性に影響を及ぼす可能性がある。</p> <p>■ ハンガーには様々な種類が使われており、種類毎に機械的性質や安全率、防食仕様なども異なる。健全性の診断の区分の決定にあたってはハンガーの種類を特定してその特性や構造を把握した上で健全性に関わる異常やその徴候を的確に判断するのが良い。</p>

	<p>■ハンガーは振動や雨水の流下・滞留によって厳しい腐食環境となることが多く、表面の腐食状況を確認するのみならず内部の腐食の発生についても注意が必要である。</p> <p>■締め込みで塗装が損傷した鋼製ロッドのねじ部は、防食の弱点となる可能性が高い。ねじ部の防食機能の劣化により、腐食が発生した場合、口元やロッドなどの高い応力が生じるねじ部では亀裂が生じる弱点となりうるため注意が必要である。</p> <p>■鋼製ロッドのねじ部は応力集中による亀裂が生じやすい。風や活荷重による振動、応力変動がある場合ほど亀裂が生じやすくなる。防食機能の低下や腐食を生じているとさらに亀裂が生じやすくなるため注意が必要である。</p> <p>■塗装が劣化し塗膜割れが発生している場合などは亀裂などの損傷を容易に発見することが難しくなる。</p> <p>■防食仕様によらず、ハンガー内部の腐食の有無について注意する必要があり、深刻な腐食などの異常が疑われる場合には、詳細調査の実施についても検討が必要である。</p> <p>■ソケット定着部は内部に合金が鋳込まれているため防食上の弱点にはなりにくいですが、端部のコーキングが劣化したり、ソケット表面から腐食が進行していく可能性がある。</p> <p>■防食機能の劣化により、ソケットやハンガー内部への雨水の浸入が生じ腐食が進行することがあるため注意が必要である。</p>
<p>⑨ ケーブル部材の定着部</p>	<p>■定着方法ごとに腐食環境や防食仕様、応力分布が異なるため、定着方法ごとに防食や疲労の弱点となる箇所も異なることに注意が必要である。</p> <p>■定着方法にピンを使用しているハンガーでは、ピンの腐食やわれの発生に注意が必要である。</p> <p>■定着部でケーブルの抜け出しや破断が生じると、桁の死荷重や桁に作用する活荷重等を支持する力が失われ、橋全体の安全性に影響を及ぼす可能性がある。</p> <p>■ケーブルの腐食や破断、またはその徴候、要因が見られるか確認する。内部の腐食についても、外観、必要に応じて打音・触診から得られる様々な情報を総合的に判断して、外観できない内部の状態も推定するのがよい。</p>

- ケーブルを流下する水により桁側の定着部に滞留した水がケーブルの腐食の要因となる場合があるため、定着部への水の浸入、滞留の有無の可能性について確認するのがよい。必要に応じて、保護カバーを外してカバー内の状態を確認するのがよい。
- 構造上特に重要な箇所であることが多い。
- 被覆等の防食機構が損傷すると、局部的に腐食が進行しやすい。
- 内部で腐食を生じても外観からは確認が極めて困難である。
- 定着部の口元に設けられるカバーは、定着部への水の浸入を完全に阻止できる構造となっていないものもあるので注意が必要である。
- ケーブルの角折れを緩和するためのゴム等は積極的に防水性を期待した設計・施工とはなっていない場合があるため注意が必要である。定着部内部に水が浸入しケーブルが腐食する可能性があるため注意が必要である。
- ケーブル定着部への滞水を防止するための水抜き等がある場合には機能しているかを確認する。
- 可動することが期待されている定着部が腐食などで可動機能の低下を生じると、設計で想定しない局部応力が生じる可能性があり、ロッドのねじ部やソケット定着部の口元のケーブル素線で亀裂の発生に注意が必要である。
- 吊り材の桁側定着部は車両の通行や風などにより繰り返し応力が発生しやすいため、溶接部では特に疲労亀裂に対して注意が必要である。
- 留め具などにステンレスなど異種金属を用いている場合には、異種金属接触による著しい腐食が鋼材に生じるおそれがある。この場合、同構造の他の部位にも同時多発的に腐食が生じる可能性があるため注意が必要である。

## 参考資料 2

### 道路橋の損傷事例



## 参考資料 2. 道路橋の損傷事例

道路橋の定期点検では、次回の定期点検で再度状態の把握が行われるまでの間に想定する状況に対して、構造物としての物理的状态として、耐荷性能に着目した道路橋が通常又は道路管理者が想定する交通条件での利用が適切に行うかどうかという主に交通機能に着目した状態と構造安全性の評価、道路橋の予防保全の必要性や長寿命化の実現などの観点からの経年的劣化に対する評価、及び道路橋本体や付属物等からの部材片や部品の落下などによる道路利用者や第三者への被害発生の可能性の観点からの評価などを、点検時点で把握できた情報による定期点検時点での技術的な評価として行うこととなる。

この技術的な評価は、法定点検を行うに足ると認められる程度の知識と技能を有する者が、近接目視を基本として得られる情報の程度から主観的な評価を行うものである。

そして、定期点検で得られた情報から推定した道路橋に対する技術的な評価に加えて、当該道路橋の道路ネットワークにおける位置づけや中長期的な維持管理の戦略など、その他の様々な情報も総合的に勘案して道路管理者の意思決定としての措置方針を検討することとなる。

本参考資料は、道路管理者の意思決定である健全性の診断の区分の決定にあたって、その主たる根拠となる技術的な評価について、必要な知識と技能の例の参考となるよう、部材毎の損傷の種類や原因、損傷の進行性に加えて、部材の耐荷力の低下や橋に求められる機能に与える影響等に関する損傷事例を示している。

なお、想定する状況に対してどのような状態になると見込まれるのかの推定にあたっては、橋の上部構造、下部構造、上下部接続部それぞれについてまず推定することとなる。これらそれぞれが求められる役割を果たせる状態であるかどうか推定するにあたっては、それぞれの役割を果たすために、求められる機能を担える状態であるかどうかから推定することとなる。その機能を担えるかどうかについては、その機能を担う部材群が、想定する状況に対して、荷重を支持・伝達できる状態であるかどうかから推定することになる。

そのため、同じ損傷の種類であったとしても、橋の部材配置や材料など多くの要因が複雑に影響するため、どのような状況に対してどのような状態になる可能性があるのかは一概に言えないことに留意する必要がある。

なお、「道路橋の定期点検に関する参考資料（2013年版）—橋梁損傷事例写真集—（国土技術政策総合研究所資料 No.748, 2013, 国土交通省国土技術政策総合研究所）」には、より広範な損傷が収められているので適宜参考にされたい。

本参考資料では，表-1 に示す変状の種類別に，道路橋の損傷事例を示す。

表-1 変状の種類

鋼部材	コンクリート部材	その他
①腐食 ②亀裂 ③破断 ⑦その他	④ひびわれ ⑤床版ひびわれ ⑦その他	⑥支承の機能障害 ⑦その他



例

板厚減少はほとんど生じていない場合でも、広範囲に防食被膜の劣化が進行している場合には、防錆機能が著しく低下しているため、放置すると急速に腐食が進行する場合もある。



例

部分的に著しい防食被膜の劣化や腐食の進行が生じている場合、確認時点では部材の耐荷力への影響は限定的であっても、原因によっては短時間で局部腐食が著しく進行することもある。



例

耐候性鋼材に異常腐食が生じている場合、原因によってはそれが改善されないままに放置すると深刻な板厚減少を生じることもある。



例

漏水や滞水のような特定の要因が影響して生じている腐食の場合、環境が改善されないままに放置されると、急速に塗装の劣化や腐食の拡大が生じる可能性もある。

備考

■腐食環境（塩分の影響の有無、雨水の滞留や漏水の影響の有無、高湿度状態の頻度など）によって、腐食速度は大きく異なる。



例

主桁の下フランジとウェブの境界部のように構造的な要因によって塗膜の劣化や腐食の発生が助長されているような場合には、局部的に著しく板厚が減少したり、断面欠損に至ることもある。



例

支承部や支点部は環境的に腐食が生じやすく、支承としての機能に影響が生じていることもある。



例

耐候性鋼材では、全体的には保護性錆が生じる条件でも、環境不適合が生じている部位で異常腐食が進行して局部的に断面欠損を生じるなど部材の性能に深刻な影響が及ぶこともある。



例

箱桁内部や閉断面部材内部では、雨水の浸入に起因する、漏水や滞水によって、部材外部からは確認できないままに深刻な腐食の進行が生じていることもある。

備考

- 腐食の場合、広範囲に一定以上の板厚減少が生じたり、局部的であっても主部材の重要な箇所では断面欠損が生じると部材の耐荷力が低下していることがある。
- 桁内や箱断面部材の内部に漏水や滞水を生じると、広範囲に激しい腐食が生じることがある。特に凍結防止剤を含む浸入水は腐食を激しく促進する場合がある。



例

ゲルバー桁の受け梁などの腐食では、複雑な応力状態となっていることもあり、腐食による断面減少や可動機能の低下などで構造安全性に大きな影響が生じることがある。



例

コンクリート床版を貫通して設置されているトラス橋やアーチ橋の斜材や吊材などで、埋め込まれた内部で著しく腐食が進行していることもある。

なお、局部的に著しい断面減少が生じた部材では、大型車の通行に伴う衝撃的な荷重の影響によって破断に至る可能性もある。



例

耐候性鋼材でうろこ状の異常錆が広範囲に広がっている場合、層状剥離で錆の脱落が生じていなくても、既に有効な板厚が大きく減少して耐荷性能に影響を及ぼしている可能性もある。



例

支点部などの応力集中部位での腐食による断面減少や断面欠損では、その範囲や位置によっては、耐荷性能が大きく低下していることもあり、地震などの作用によって、その位置で部材が破壊したり、部材に座屈が生じて耐荷性能の喪失することもある。

備考

■腐食の場合、板厚減少や断面欠損の状況によっては、既に耐荷力が低下しており、大型車の輪荷重の通行、地震等の大きな外力の作用に対して、所要の性能が発揮できない状態となっていることがある。



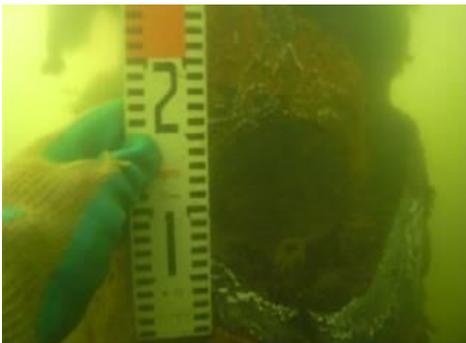
例

河川に設置された鋼製パイルベント橋脚では水面近傍部で著しい腐食の進行が生じて、局部的に断面減少を生じたり孔食状に断面欠損することもある。その場合、ベントには大きな軸力が作用しており、地震や洪水の影響によっても突然座屈したり倒壊する危険性もある。



例

水中部での腐食は、水面上からは視認できないことがある。また貝殻などの付着物によって、腐食範囲や断面減少の程度あるいは断面欠損しているかどうかは外観では把握できないこともある。



例

干潮河川では、塩水の影響によって没水部のある範囲で集中的に腐食が進行していることがある。

例

備考

■水中部のパイルベント橋脚は、局部的な腐食で欠損したりすることで、軸圧縮力に対して構造体として不安定になる場合がある。



例

歩道部の床版デッキプレートのよ  
うに、上部からの雨水の浸入の可  
能性があり、かつ下面に腐食の可  
能性が疑われる漏水や変色・錆汁  
の痕跡などがある場合、裏面  
（上）側から既に腐食が著しく進  
行し手、板厚がほとんどなくなっ  
ているなど危険な状態となってい  
ることがある。



例

歩道部の床版デッキプレートのよ  
うに、上部からの雨水の浸入の可  
能性があり、かつ下面に腐食の可  
能性が疑われる漏水や変色・錆汁  
の痕跡などがある場合、裏面  
（上）側から既に腐食が著しく進  
行して、板厚がほとんどなくなっ  
ているなど危険な状態となってい  
ることがある。

例

例

備考

- 歩道部の床版と舗装の間には碎石、砂が充填されていることが多い。
- 歩道部の床版のデッキプレートと舗装の間には、コンクリートが充填される場合があるが、ひびわれを通じて、床版上面から水がデッキプレート上面に浸入する可能性がある。
- 歩道部の床版のデッキプレートは板厚が3mm程度とかなり薄いことがある。



例

部材の埋め込み部周囲や地際に腐食が見られる場合、既に部材内部や埋め込み部あるいは地中部で著しく腐食が進行していることがある。



例

耐候性鋼材に異常腐食が生じている場合、外観からは健全な残存断面の推定が困難なことも多い。



例

箱桁や閉断面部材では、漏水や塗膜の変色、局所的な錆の発生などによって外観目視できない内部での腐食発生の可能性が疑えることもある。なお、内部の腐食に起因する変状が外観に現れている場合には、内部では既に著しく腐食が進行していることも多い。



例

箱桁や閉断面部材では、漏水や塗膜の変色、局所的な錆の発生などによって外観目視できない内部での腐食発生の可能性が疑えることもある。なお、内部の腐食に起因する変状が外観に現れている場合には、内部では既に著しく腐食が進行していることも多い。

備考

■腐食は、環境条件によっては急速に進展するため、外観目視では全貌が確認できない部材内部や埋込部などに著しい腐食が疑われる場合には、必要に応じて、詳細な状態の把握により原因を究明することで、より適切に耐荷力等への影響を推定することができる。

■漏水や滞水が原因の場合、急速に進展することがある。



例

鋼部材の亀裂は、その新旧や発生原因によらず、急遽進展が再開したり、進展が加速することもある。また亀裂は必ずしも溶接線に沿って進むわけではなく、突如分岐したり、母材に進展し始めるなど、今後の推移を予測できないことが多い。



例

鋼部材の亀裂は、その新旧や発生原因によらず、急遽進展が再開したり、進展が加速することもある。また亀裂は必ずしも溶接線に沿って進むわけではなく、突如分岐したり、母材に進展し始めるなど、今後の推移を予測できないことが多い。



例

鋼桁の亀裂は、輪荷重が直上を移動するなど応力振幅が大きい部位、応力集中が生じる断面急変部、溶接線の交差箇所などで生じやすい。このとき確認時点では圧縮側でしか応力変動しない条件でも、溶接部の引張残留応力によって、実際には引張応力の変動になっていることも多い。



例

リベットやボルトで接合された部材に生じた亀裂では、進展しても当該部材の破断にとどまると想定されることもある。ただし、部材が破断すると構造系が変化するため橋全体の構造安全性には大きな影響が生じることもある。

備考

■亀裂の発生部位によっては、主部材に進展する危険性がない場合もあるが、亀裂によって部材が破断すると、構造系が変化することで、思わぬ所に大きな応力が発生したり、他の部位で疲労損傷のリスクが高まることもあるなど、構造安全性や耐久性の観点で様々な影響が生じることに注意が必要である。



例

鋼床版のデッキプレートや床版を直接受ける鋼主桁の上フランジに亀裂が生じた場合、それが進展すると路面陥没や舗装の損傷による交通への支障が生じることもある。またこのような位置の亀裂は輪荷重の影響を直接受けるため、確実に進展し、かつその進展が加速することがある。



例

閉断面形式リブの鋼床版では、リブとデッキプレートの溶接部に亀裂が生じることがある。亀裂は活荷重の影響で進展しやすく、補剛効果の低下によって進展が加速したり、鋼床版を貫通して路面陥没や舗装の飛散を生じたり、他の部位の亀裂を誘発する可能性もある。



例

鋼製橋脚の隅角部では、溶接品質確保の難しさと構造的に応力が集中しやすく亀裂が多く発生している。亀裂が進展すると梁や柱に深刻な影響が生じるため、早期に発見して直ちに対策しなければならないことが多い。亀裂の発見は難しく疑わしい場合には非破壊検査も必要となる。

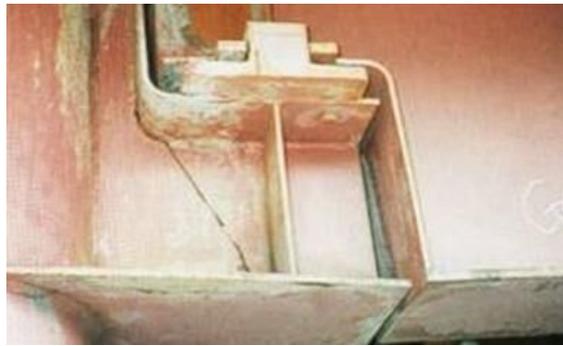


例

鋼床版裏面は、溶接線の交差部が多く輪荷重の影響を直接的に受けることから様々な部位で多様な亀裂が確認されてきている。亀裂は活荷重の影響で進展しやすく、さらに他の亀裂の発生を誘発することもあり、無対策では着実に状態は深刻化していくことが多い。

備考

■亀裂は、その新旧や発生原因によらず、急遽進展が再開したり、進展が加速することもある。また亀裂は必ずしも溶接線に沿って進むわけではなく、突如分岐したり、母材に進展し始めるなど、今後の推移を予測できないことが多い。



例

支承部など荷重集中点では大きな横応力変動が繰り返されていることが多く、ゲルバー桁の受け梁のような構造上重要な部位で亀裂が発生すると、急速に進展して橋が致命的な状態になる可能性もあり、注意が必要である。



例

構造安全性上特に重要な、アーチ橋やトラス橋の支柱・吊材・弦材などに亀裂が発生している場合、その新旧や大きさに関係なく、急遽進展する可能性があることを念頭に、その影響を見極める必要がある。



例

支承部などの荷重集中点やその近傍では、設計上の仮定と実際の応力状態が一致しない部位も多く、拘束の影響や断面急変の影響による大きな応力集中で亀裂が生じやすい条件であることも多い。主桁に進展した亀裂は桁端部の崩壊など極めて深刻な影響を及ぼすおそれもある。



例

確認時点で主桁や横桁のウェブ等に既に大きな亀裂が進展している場合、構造安全性に深刻な影響が生じている可能性が高い。  
なお、部材を貫通させた交差部など現在は採用されない疲労耐久性に劣る構造や溶接のものも多くあり、これらは特に注意が必要である。

備考

■ 応力の繰り返しを受ける部位の亀裂では、その大小や向きによって進展性（進展時期や進展の程度）を予測することは困難であり、主部材の性能に深刻な影響が生じている場合がある。また、亀裂の発生によって確実に有効断面は減少しており、その影響でさらに亀裂が進展しやすいという悪循環であることに注意しなければならず、大きな作用により突如急速に進展する危険性がある。



例

溶接線付近に明確な塗膜割れが生じている場合、内部で亀裂が進展していることもある。外観だけでは亀裂に起因する塗膜割れかどうかの判別は困難なことが多く、構造の条件や部位等も考慮して、塗膜の一部除去や非破壊検査による確認の必要性を検討しなければならない。



例

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見られるものの、外観目視のみでは断定できない場合であっても、亀裂が進展しており、既に部材の性能に影響を及ぼしている可能性もある。



例

鋼製橋脚の隅角部やラーメン橋の部材交差部で亀裂が生じているか、またはその疑いがあり、同様の部材交差部が他にも存在している場合は、既に部材の性能に影響を及ぼしている可能性もある。



例

アーチ橋の支柱下端に錆が生じており、一方で疲労亀裂の生じやすい箇所であることから、疲労亀裂の発生の可能性も否定できない場合もある。構造の条件や部位等も考慮して、塗膜の一部除去や非破壊検査による確認の必要性を検討しなければならない。

備考

■鋼部材の亀裂は、塗装や錆によって外観目視だけでは全貌が確認できないことも多い。亀裂の有無の確実な判断の為や部材の性能に及ぼす影響を推定するためには、塗膜や錆の除去、磁粉探傷試験や超音波探傷試験などの非破壊検査などによる詳細な状態の把握が必要な場合もある。



例

対傾構に破断が生じている例。対傾構は主に水平荷重作用時に上部構造全体の立体的挙動に寄与するものであり、破断により機能喪失すると主桁や支承が適切な荷重分担できないなど、地震や風のような大きな横方向の作用に対して構造安全性が確保できない可能性もある。



例

対傾構に破断が生じている例。対傾構は主に水平荷重作用時に上部構造全体の立体的挙動に寄与するものであり、破断により機能喪失すると主桁や支承が適切な荷重分担できないなど、地震や風のような大きな横方向の作用に対して構造安全性が確保できない可能性もある。

例

例

備考

■ 供用中の橋では、設計上の仮定や扱いによらず、ほとんどの部材が荷重分担しており、破断して一部でも機能喪失すると、他の部材の応力分担も変化して構造安全性や疲労耐久性に様々な悪影響が生じることがある。また対傾構や横構のような上部構造の立体的挙動を確保する部材の機能低下は地震や風などの横方向の大きな作用に対する橋全体の構造安全性に深刻な影響を及ぼす可能性がある。



例

支点部などの応力集中点にある垂直補剛材に破断が見られる場合は、その範囲や位置によっては、既に耐荷性能が低下しており、大型車の通行に伴う衝撃的な荷重の影響や地震の作用などによって主桁の座屈等、重大事故につながるおそれがある。



例

トラス橋の斜材が破断している場合、既に耐荷性能が低下しており、大型車の通行のみならず地震や風など様々な作用に対して上部構造の崩壊やそれに伴う落橋などに至る危険性もある。



例

トラス橋の床版コンクリートに埋め込まれた斜材の破断例である。外観できない位置でも腐食や亀裂によって部材が破断に至ることもある。そのような危険性がないかどうかは構造の条件や環境条件なども考慮して慎重に判断する必要がある。



例

トラス橋の格点部やリベットで小部材が組み合わされている部材では、部材の状態が把握しにくく、破断していても確認しづらいこともある。また死荷重状態では橋全体に大きな変形などが生じないままに耐荷性能が大きく低下していることもあるため注意が必要である。

備考

■主桁や主構のような橋全体の耐荷性能に大きな役割を担っている部材では、それに重要な役割を果たす部材や部位で破断が生じると、死荷重状態で橋全体に大きな変形などが生じなくても耐荷性能が大きく低下し、小さな外力の作用によっても直ちに致命的な事態に至る可能性もあるため注意が必要である。



例

鞘管に覆われたアーチ橋の吊材が内部で破断した例である。構造部材が保護管などで覆われている場合、内部で構造部材が腐食したり、疲労損傷を生じたりすることもある。そのような異常が生じている可能性を疑うべき情報がないかどうかにも注意しなければならない。



例

外観から漏水や変色等が確認されなくとも、PC鋼材が腐食の進展により破断が生じていることもある。またそのような変状が生じた橋では、構造条件や施工方法、仕様など同条件にある他の個所でも同様の変状が生じている可能性について考えることが重要である。



例

トラス橋の斜材の一部が破断している例である。部材の破断は、溶接部や加工傷などの応力集中部が起点となった亀裂の進展が原因となることも多い。破断が確認された場合、原因の推定から他の箇所にも既に生じていないか、今後発生する可能性がないかも検討するのがよい。



例

PC鋼材の破断が生じ、突出した場合、桁内部への雨水の浸入など、腐食環境が同条件の他のPC鋼材でも同様に損傷が進行している可能性がある。

備考

- 保護管や留め具などにステンレスなどを用いている場合には、異種金属接触による著しい腐食が鋼材に生じるおそれがある。この場合、同構造の他部材にも同時多発的に腐食が生じる可能性があるため注意するのがよい。
- 部材の破断要因が不明な場合は、詳細な状態の把握により要因を特定し、その他の部材にも同様な損傷が発生する可能性を確認することも効果的である。



例

床版の横締めPC鋼材の破断例である。上面からの雨水の浸入、グラウト不良など様々な原因で腐食して破断に至ることがある。破断位置によっては鋼棒が相当距離を飛んで近隣まで第三者被害のおそれがある。また調査中に人身事故になる危険性もあり注意が必要である。



例

横締めPC鋼材定着部のコンクリートや被覆の異常から内部の腐食や破断の可能性が疑えることもある。また横締めPC鋼材は同じ上部構造にある他の横締めPC鋼材も同条件になっている可能性も高く、いずれかで異常が確認されたりその疑いがある場合には、他の鋼材も確認するのがよい。



例

横締めPC鋼材定着部のコンクリートや被覆の異常から内部の腐食や破断の可能性が疑えることもある。また横締めPC鋼材は同じ上部構造にある他の横締めPC鋼材も同条件になっている可能性も高く、いずれかで異常が確認されたりその疑いがある場合には、他の鋼材も確認するのがよい。

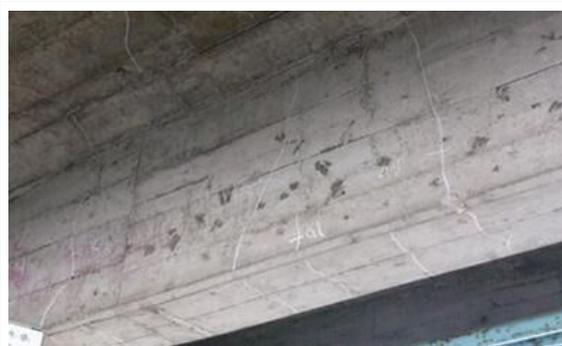


例

床版の横締めPC鋼材の破断例である。上面からの雨水の浸入、グラウト不良など様々な原因で腐食して破断に至ることがある。破断位置によっては鋼棒が相当距離を飛んで近隣まで第三者被害のおそれがある。また調査中に人身事故になる危険性もあり注意が必要である。

備考

- 部材の破断要因が不明な場合は、詳細な状態の把握により要因を特定し、その他の部材にも同様な損傷が発生する可能性を確認することも効果的である。
- 既に抜け出しが見られる場合には、他のPC鋼材の突出による第三者被害、また、定期点検の作業中の被害にも注意する必要がある。



例

コンクリート部材のひびわれは、耐荷性能に関わる部材の応答など、その原因に応じた特徴を示すことが多い。また、ひびわれの発生には複数の異なる原因が関わっていることも多い。ひびわれ原因の推定とその影響の評価にあたっては、必要に応じて外観性状以外の情報なども考慮することになる。



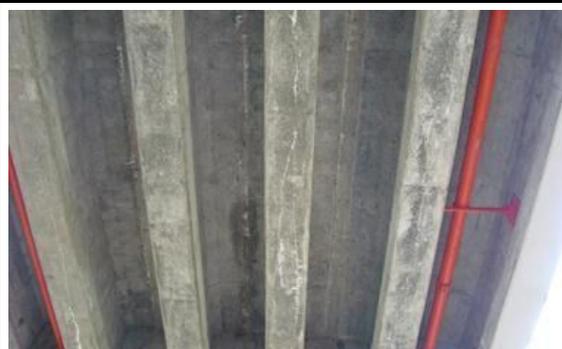
例

ひびわれ部に水が確認される場合、その経路によっては内部鋼材の腐食が生じていたり、外観できるひびわれ位置とは離れた場所のひびわれ等の損傷が影響していることもあることに注意が必要である。



例

部材下面に漏水を伴うひびわれがある場合、部材を貫通したひびわれが生じている可能性があり、その場合、内部鋼材の腐食が著しく進展していることもある。さらに環境が改善されないまま放置されると、内部の鋼材の腐食等の劣化がさらに進展して急速に危険な状態になっていくこともある。



例

部材下面に漏水を伴うひびわれがある場合、部材を貫通したひびわれが生じている可能性があり、その場合、内部鋼材の腐食が著しく進展していることもある。さらに環境が改善されないまま放置されると、内部の鋼材の腐食等の劣化がさらに進展して急速に危険な状態になっていくこともある。

備考

■耐荷力に重大な影響を及ぼす可能性がある部位にひびわれが発生している場合は、その進展性について慎重に判断しなければならない。（例えば、張出し部材の付け根、せん断ひびわれ、部材貫通の疑い）



例

コンクリート部材で耐荷性能に大きな役割を果たしている部分での断面欠損や鉄筋の腐食を生じると、部材としての性能が大きく低下している可能性がある。確認時点では影響は限定的であっても、鋼材の腐食やひびわれの進展が確実に進行するような状況では徐々に劣化が加速することもあり注意が必要である。



例

コンクリート部材で耐荷性能に大きな役割を果たしている部分での断面欠損や鉄筋の腐食を生じると、部材としての性能が大きく低下している可能性がある。特に過去に被覆や断面修復などの措置された部材の再劣化では、措置効果が失われていたり、措置前よりも状態が悪化していることもある。



例

PC橋の桁端部の定着部でのひびわれの発生は、内部鋼材の腐食に起因することもある。また支承アンカーボルトが埋め込まれている場合には、桁端部で耐荷性能が低下していると、地震時に桁端部が大きく破壊して致命的な状態となることもあり注意が必要である。



例

橋台表面のひびわれから顕著な漏水が見られる場合、貫通ひびわれが生じ背面盛土部からの雨水等が継続的にでてきていることもある。その場合ひびわれの劣化、内部鋼材の腐食、アルカリ骨材反応の助長などによって耐荷性能の低下が加速する可能性もあることに注意が必要である。

備考

■ひびわれの発生位置やひびわれ種類によっては、耐荷力に重大な影響を及ぼす可能性があるため、耐荷力への影響を推定するにあたっては、詳細な状態の把握を行うことも有効である。（例えば、張出し部材の付け根、せん断ひびわれ、部材貫通の疑い）



例

主桁の支点部近傍に顕著なひびわれが生じている場合、支点部としての耐荷性能が不足していたり、支承部の反力に抵抗できずに桁の破壊に至るなどの危険性もあり、供用中に想定される状況に対してどのような状態になる可能性があるのかを慎重に評価しなければならない。



例

主桁に多数のひびわれが生じており、各所で内部鋼材の破断が生じているような場合には、既に桁部材としての耐荷性能が大きく低下している可能性がある。また他主桁と適切に荷重分担ができなくなっている場合、他の主桁などの安全余裕が不足していることも考えられる。



例

ゲルバーの受梁のような構造では、ひびわれ発生やその原因によっては、落橋に至るなど致命的な状態になる可能性もある。その一方で、ひびわれなど部材の変状が外観できる位置に限られる場合、外観できない部位の状態の推定したり調査を行ったりすることも必要に応じて検討しなければならない。

例

備考

■ひびわれの原因や部材への影響が容易に判断できない場合には、詳細な状態の把握を行うことも有効である。



例

柱部材は常に圧縮力に対して抵抗しており、それらに軸方向に顕著なひびわれが生じている場合、支持力が大きく低下していたり、大型車の通行や地震の作用の影響などによって破壊が急速に進行する危険性もある。またひびわれ内部に雨水に浸入することで鉄筋が既に腐食していることも考えられる。



例

下部構造の梁や柱に顕著なひびわれが生じている場合、下部構造としての耐荷性能のみならず、支承部への影響にも注意が必要である。特に支承直下につながるひびわれが生じている場合、支承部に大きな作用があった場合に支承部を支持できない事態に至ることも考えられる。

例

例

備考

■ひびわれの原因や部材への影響が容易に判断できない場合には、詳細な状態の把握を行うことも有効である。



例

過去に補修・補強した部位からひびわれが生じている場合、変状の全貌が外観目視では判断できないことが多く、内部で鋼材の著しい腐食が生じているなど危険な状態となっていることがある。また措置前よりも状態が悪化していることもあるため注意が必要である。



例

過去に補修・補強した部位からひびわれが生じている場合、変状の全貌が外観目視では判断できないことが多く、内部で鋼材の破断等が生じているなど危険な状態となっていることがある。また措置前よりも状態が悪化していることもあるため注意が必要である。



例

進展すると耐荷力上深刻な影響が否定できないひびわれが生じている場合であっても、危険性について外観からだけでは判断が困難な場合も多い。  
 例えば、  
 ・ゲルバー構造の支点部  
 ・支承の支持力を負担する位置  
 ・せん断ひびわれ



例

塩害やアルカリ骨材反応を生じている疑いがある場合、ひびわれによって部材内部への雨水の浸入が助長されると急速に劣化が進行することもあり、注意が必要である。

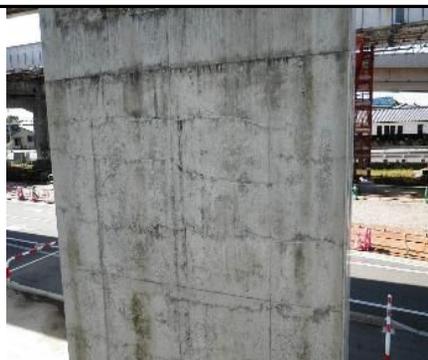
備考

■塩害やアルカリ骨材反応を生じている場合、着実に劣化が進行することが多く、場合によっては急速に状態が変化することもある。そのため、塩害やアルカリ骨材反応を生じている可能性がある場合には、専門家の助言を受けるなどし、調査とそれらを踏まえた維持管理計画を検討するのがよい。



例

コンクリート部材に生じるひびわれによっては、その原因が容易には推定出来ないこともある。状態によっては、設計条件や構造の特徴など必要な情報を補ったり、必要に応じて詳細調査を行うなども検討しなければならない。



例

コンクリートのひびわれでは、コンクリート表面の応力状態のみならず、部材の外力に対する応答の特徴、配筋など内部の構造的要因など様々な要素が関わっていることがある。そのなかでひびわれの性状や発生箇所に規則性が見られる場合には、原因の推定や状態の評価に重要な情報となることがある。



例

顕著な遊離石灰などが無いものの、不規則に二方向にひびわれが生じている場合で、骨材のポップアウトなどが見られる場合には、アルカリ骨材反応を生じていることも疑われる。



例

コンクリート部材の表面に多方向に広がるひびわれが生じている場合、塩害による内部鋼材の腐食やアルカリ骨材反応による場合、既にひびわれが広範囲に及んでいたり、ひびわれ部に著しい石灰分の析出や漏水が見られる場合は、急速な状態の変化が生じる可能性もあるため注意が必要である。

備考

■塩害やアルカリ骨材反応を生じている場合、着実に劣化が進行することが多く、場合によっては急速に状態が変化することもある。そのため、塩害やアルカリ骨材反応を生じている可能性がある場合には、専門家の助言を受けるなどし、調査とそれらを踏まえた維持管理計画を検討するのがよい。



例

床版全体に広く格子状のひびわれが発達している場合、漏水はなくとも疲労によって床版コンクリートの耐荷性能が低下により更に急激に劣化が進行する危険性がある状態であることもある。



例

床版裏面に漏水、著しい浸潤、石灰分の析出がみられる場合、床版を貫通するひびわれが生じているため、局部的であっても、雨水の影響も関わって急速に劣化が進行して抜け落ちを生じたり、路面凹凸の発生、舗装の飛散なども生じる可能性がある。



例

床版裏面に漏水、著しい浸潤、石灰分の析出がみられる場合、床版を貫通するひびわれが生じているため、局部的であっても、雨水の影響も関わって急速に劣化が進行して抜け落ちを生じたり、路面凹凸の発生、舗装の飛散なども生じる可能性がある。



例

床版裏面に漏水、著しい浸潤、石灰分の析出がみられる場合、床版を貫通するひびわれが生じているといえるが、被膜は補強材によってそれらが確認しにくい場合や、実際の状態が正確に把握できないこともあり注意が必要である。また局部的であっても鉄筋の破断などその位置で深刻な状態が生じる

備考

- 床版に貫通ひびわれが生じている場合、放置すると急速に劣化が進行する可能性が高い。また雨水の浸入は床版の劣化を著しく促進する。
- うきや剥離があると、コンクリート片が落下する危険性がある。



例

漏水を伴う密に発達したひびわれが拡がっている場合で、特に著しい浸潤箇所やひびわれ集中箇所がある場合、抜け落ちやブロック化したコンクリート塊の落下が突如発生する可能性もある。なお床版裏面のひびわれは、必ずしも格子状にならず様々な形で拡がることがある。



例

漏水を伴う密に発達した格子状のひびわれが生じている場合あるいは、床版下面に広く湿ったひびわれ集中箇所がある場合、ブロック化したコンクリート塊が落下する可能性もある。



例

床版内部に雨水が浸入し、広く鉄筋の腐食が進んでいる場合、コンクリートの脱落が生じる可能性もある。

なお、鉄筋の腐食が著しい場合、既に浮きや剥離、鉄筋露出が生じている箇所の周囲でも既に鉄筋腐食が進行していることも多い。



例

コンクリート桁の桁間の間詰め部床版に顕著なひびわれが生じている例である。古い時代の間詰め部は接合面が垂直で横締め力の低下が生じると大断面で間詰めコンクリートが脱落することがある。横締めの状態や鉄筋の状態に加えて構造仕様にも注意を払うのがよい。

備考

■床版に広くひびわれが発達したり、雨水の浸入により鉄筋の腐食が進むと広範囲に床版コンクリートが脱落したり、輪荷重によって抜け落ちを生じることがある。

■コンクリート床版の裏面に変状が現れた場合、コンクリート床版の広範囲に既に様々な異常が生じていることもあり、注意が必要である。



例

床版コンクリートがある範囲で一体性を失っている場合、輪荷重などの作用で、容易に抜け落ちる可能性がある。なお床版の状態が橋全体あるいは上部構造全体の耐荷性能に及ぼす影響はまちまちなので、設計の前提や構造条件なども考慮して評価する必要がある。



例

顕著な漏水を伴うひびわれがあり、床版下面に明らかなうきや剥離が生じている場合、床版コンクリートの有効断面が減少していたり鉄筋が損傷しているなどで床版の耐荷性能そのものが大きく低下していることもある。



例

顕著な漏水を伴う格子状のひびわれが密に発達している場合、突発的な大型車の通行などにより、突然の抜け落ち等が生じる可能性がある。特に顕著な石灰分の析出が広範囲に及ぶ場合ひびわれの劣化も著しくコンクリート塊の落下が生じやすい状態であることが多い。



例

床版下面では局所的な浸潤に留まっていたり、ひびわれの範囲が限定的であっても、直上の舗装に陥没やセメント分の噴出痕が見られる場合、床版上面が土砂化しているなど上側からも損傷が拡大しつつあり、抜け落ちを生じるなど深刻な状態となりやすい状態である可能性が高い。

備考

- 床版内部に広く雨水の浸入がある場合、床版コンクリートの劣化により突然の抜け落ち事故に至ることがある。
- 舗装の陥没やセメント分の噴出痕が見られる場合、床版が上面から土砂化するなど著しく劣化している場合がある。耐荷力への影響を把握するのが困難な場合は、詳細な状態の把握が必要な場合もある。



例

コンクリート床版に、塩害による鉄筋の腐食やアルカリ骨材反応による変状の発生なども併発している場合、不規則なひびわれが発達したり、特異な変色や部分的な剥離が生じるなど活荷重による疲労に起因するひびわれのみの場合と異なる複雑な性状があらわれることがある。



例

床版下面に顕著な浮き・剥離・鉄筋露出が見られる場合、当初より鉄筋のかぶり不足であったり、特殊な条件が影響していることもある。そのような場合、まだ浮きや剥離を生じていない箇所でも今後急速に浮きや剥離、コンクリート片の落下が続発してくる事も考えられる。



例

床版の一部で、特異な変色や漏水が見られる場合、外観からはその原因や内部の状態の推定が困難なこともある。そのような場合には、必要に応じて詳細調査なども検討しなければならない。



例

顕著な漏水を伴う格子状のひびわれが現れていないものの、全面に顕著な変色が拡がり、コンクリート内部に滞水が生じている可能性があり、内部のコンクリートが劣化している可能性がある。

備考

- 塩害やアルカリ骨材反応を生じている場合、着実に劣化が進行することが多く、場合によっては急速に状態が変化することもある。専門家の助言を受けるなどし、調査とそれらを踏まえた維持管理計画を検討するのがよい。
- ひびわれが顕著でないものの水染みや石灰分の析出が広範に拡がっている場合には、コンクリート内部で水平ひびわれが拡がっている可能性がある。



例

補修補強材が設置されていると、上側からの雨水の浸入やそれに起因する劣化が生じても外観からは確認できないことも多い。また補修補強材に異常が現れた場合には既に床版の劣化が深刻化していたり、補修補強効果が失われている危険性もあるため注意が必要である。



例

補修補強材が設置されていると、それがない場合とは、床版コンクリート等の破壊性状やひびわれ等の変状の現れ方が、それがない場合とは異なってくるため注意が必要である。



例

舗装面に特徴的なひびわれや、白色の変色が見られる場合、舗装下の床版が著しく損傷していることがある。（写真は、床版の鉄筋位置に一致するような舗装ひびわれが生じている）

例

備考

- 補修補強材が設置されている場合にもハンマーによる打音や触診を行うことが有効な場合もある。
- 補修補強材が設置されている場合、過去に損傷等が存在していた可能性があるため、事前に過去の補修履歴や経緯を調べることも有効である。



例

表面保護工やコンクリート塗装がされていると、上側からの雨水の浸入やそれに起因する劣化が生じても外観からは確認できないことも多い。また外観できる異常が現れた場合には既に劣化が深刻化していたり、保護効果等が失われている危険性もあるため注意が必要である。  
(注：写真はシェッド)



例

表面保護工やコンクリート塗装がされていると、上側からの雨水の浸入やそれに起因する劣化が生じても外観からは確認できないことも多い。また外観できる異常が現れた場合には既に劣化が深刻化していたり、保護効果等が失われている危険性もあるため注意が必要である。

例

例

備考

- 落下防止対策は塊となったコンクリートの落下を防ぐだけの強度がない場合もある。また、上面側は水が浸入しつづけることで、細かいコンクリート片ではなく広範囲にわたって、落下防止対策とともにコンクリートが塊となって落下することがある。
- コンクリート中またはコンクリートと落下防止対策の間に水が浸入し、鉄筋の腐食や凍結融解作用によるコンクリートの劣化が進んだ場合、コンクリート表面と落下防止対策が一体となって剥がれることもある。
- コンクリートと落下防止対策の間に侵入した水によって落下防止対策自身の接着力が低下する恐れがある。



3年後



踏み抜き部分をはつり落とした後の床版下面の状況

例

床版下面に設置された補強材等に広がりをもつ腐食が生じている場合、コンクリート内部での滞水により既にコンクリートの劣化が進展し危険な状態となっていることがある。  
 (写真下は、鋼板ごとコンクリート床版が踏み抜かれた例。写真上はその踏み抜き前の状態。)



1年後



床版下面の状況

床版下面に設置された補強材等に広がりをもつ腐食が生じている場合、コンクリート内部での滞水により既にコンクリートの劣化が進展し危険な状態となっていることがある。  
 (写真下は、鋼板ごとコンクリート床版が踏み抜かれた例。写真上はその踏み抜き前の状態。)

備考

- 補強材がある状態で橋面から水が浸入すると抜けにくく、かえってコンクリートの劣化に悪影響を与える可能性がある。橋面の状態や下面の腐食や水の浸入を疑う痕跡がある場合には、コンクリートの状態が悪化している可能性も考慮する必要がある。
- アンカーは、設計上、健全なコンクリートに定着されることが強度の発揮の前提条件となる。
- 鋼板とコンクリートの間には接着層が設置されることも多いが、浸潤した状態での耐久性は明らかでなく、鋼板を打音した結果として浮きが見当たらない場合でも、床版上面から水の浸入が疑われることもある。



例

台座コンクリートのひびわれや剥離、欠損が広範囲に生じていたり、内部鋼材の腐食が見られる場合には、支承を支持する機能が低下している場合もあるため注意が必要である。



例

可動支承の可動機構やローラ支承のストッパーなど可動機構に関わる部品や部分に腐食が生じている場合、地震等の作用時に所定の機能が発揮されず、支承が破壊するのみならず橋全体として所要の耐荷性能が発揮されない危険性もあることに注意が必要である。



例

支承部の防食機能が著しく低下し、全体に腐食の進行が生じている場合、地震等の作用時に適切に支承としての機能が発揮できないだけでなく、主桁に想定外の亀裂や座屈を生じるなどの影響が生じる可能性もある。



例

支承アンカーボルトが抜け出したり、ナットに緩みが生じている場合、下部構造自体の沈下や傾斜などの異常変位、支承直下の下部工のコンクリートの破壊、他の部位での支承の破壊などによる遊間異常などが原因であることがある。いずれにしても地震時に所要の支承機能が発揮されない可能性がある。

備考



例

支承部に著しい腐食が生じている場合、地震等の作用時に適切に支承としての機能が発揮出来ないだけでなく、主桁に想定外の亀裂や座屈を生じる可能性もある。特に腐食による断面減少や表面の凹凸の発生による応力集中により主桁に亀裂が発生進展することもある。



例

支承直上の主桁部材で局部腐食が進行すると、主桁ウエブが座屈したり亀裂が発生して主桁支点部が崩壊する可能性がある。支点部での主桁破壊は、大きな路面段差の発生や主桁機能の喪失による落橋の危険性もある。段差防止や移動制限の機能の有無や状態にも注意が必要である。



例

支承の取り付けボルトが破断していると、地震などの大きな外力に対して所要の機能が満足できない可能性が高い。なおボルトが破断していても塗装で固着されていたり外観だけからは判断出来ないこともあることに注意が必要である。



例

ゴム支承本体に顕著な亀裂が生じ、耐荷力が低下している場合、地震などの大きな外力に対して所要の機能が満足できない可能性もある。

備考

■支承本体や取り付け部に顕著な損傷があると、活荷重に対して所要の機能が確保できたとしても、大規模な地震の作用などに対して所要の機能が確保されず、致命的な状態となる可能性がある。



例

台座モルタルの破損などにより、支承そのものの荷重支持機能や変位追従機能に異常が生じている場合、地震時など大きな作用に対して所要の機能が発揮されないだけでなく、路面段差の発生や桁の脱落等で危険な状態になる可能性がある。



例

支承部の桁部材の破壊など耐荷性能の低下は、支承部としての荷重支持機能や変位追従機能に深刻な影響を及ぼし、地震時など大きな作用に対して所要の機能が発揮されないだけでなく、構造によっては落橋のおそれも念頭におかなければならない場合がある。



例

支承部に著しい腐食が生じている場合、地震等の作用時に適切に支承としての機能が発揮できないだけでなく、主桁に想定外の亀裂や座屈を生じる可能性もある。特に腐食による断面減少や表面の凹凸の発生による応力集中により主桁に亀裂が発生進展することもある。

例

備考



例

支承ローラーの脱落など、荷重支持機能や変位追従機能が失われると、地震時など大きな作用に対して所要の機能が発揮されず深刻な状態に至る可能性もある。また活荷重や温度に対して適切に可動しない状態が継続すると、主桁に疲労亀裂を生じるなどの悪影響が生じることもある。



例

支承部に防塵防錆等のカバーや沓隠しがある場合、支承の状態の視認が難しいこともある。支承部の機能不全は橋の耐荷性能に深刻な影響を及ぼすことがあるため注意が必要である。またこれらの覆い等によって支承本体が腐食しやすい環境となっていることもあり注意が必要である。



例

ローラー支承において、カバーの外れ、ボルトの損傷が見られる場合、ローラーが脱落し、路面段差や桁の脱落等が生じる可能性もある。

例

備考



例

支承および桁端部に遊間の異常が認められる場合、支承の機能の低下だけではなく、下部工の沈下・移動・傾斜などその他の損傷が生じている可能性がある。



例

支承部の主桁の腐食は、ウェブと下フランジの境界部の局部でしか生じないことも多いが、支点部として大きな作用を受ける位置であり、著しい板厚減少や亀裂の発生に至ると、その範囲は極小さくとも主桁が座屈するなどに至る可能性がある。



例

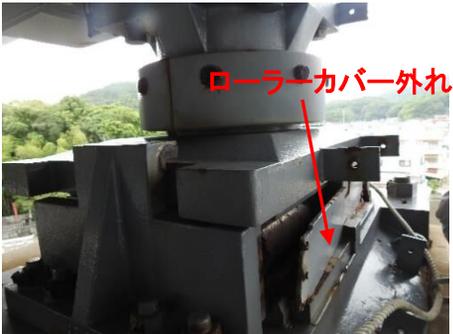
支承に異常な変位が生じている場合、地震等の作用に対して本来発揮すべき機能が適切に発揮出来なかったり、支承そのものが損傷することもあるため注意が必要である。地震後に残留変位が生じて場合もあるが、是正すべきかどうかとも状態に応じて検討しなければならない。



例

支承取付部に繋がるひびわれの発生では、荷重支持機能が低下している可能性があり注意が必要である。なお狭隘な支承部では外観でできる部位に限られるため、視認困難な部位での変状が発生している可能性を疑うべき徴候などが見られないかどうかについて注意が必要である。

備考



例

ローラー沓のように複雑な可動機構で構成される支承では、部品の変状などが支承としての荷重支持機能や変位追従機能にどのような影響を及ぼしているのか、あるいは外力作用時にどのような影響する可能性があるのかを慎重に見極める必要がある。

備考



例

ローラー支承において、連結板が膨らんだり、外れたりしている場合、ローラーカバー内部のピニオン、ローラー、支承板に損傷が生じている可能性もあり、支承の機能が低下していることもある。



例

ローラー支承のような機械的な可動機構を有する支承では、支承そのものの沈下や傾斜が生じると、機構そのものに損傷が生じていなくても、所要の応答ができないなど支承としての機能が十分に発揮できないこともある。

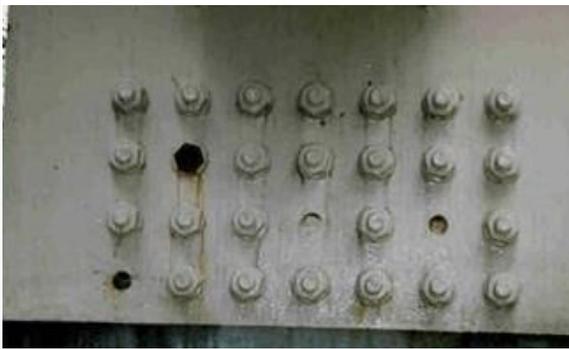
備考

その他	ゆるみ・脱落	鋼
-----	--------	---

一般的性状 | ボルトにゆるみが生じたり、ナットやボルト、リベットなどが脱落している状態。ボルト、リベットが折損しているものを含む。



例  
ボルトが抜け落ちている場合、地震などの大きな外力によってボルトが破断した可能性が疑われ、耐荷力に影響を与えている可能性もある。  
同じ橋の同様の外力を受けた可能性のあるボルトも折損していることもある。



例  
ボルトが抜け落ちている場合、同じ継手のボルトも既に破断していたり緩んでいることもあり注意が必要である。遅れ破壊など環境や材料の要因が関わる原因では、同じ橋の他の継手でも続発する可能性があり注意が必要である。



例  
高力ボルトは破断していても、塗装で固定されていると脱落したり抜け出したりしないこともあり、外観だけからは認識できず、打音や触診による確認が必要である。



例  
支承のアンカーボルトや取り付けボルトが緩んでいる場合、支承機能に影響が生じている場合もある。  
また、その原因によっては他のボルトにも損傷が生じている可能性もあるため注意が必要である。

備考 |  
■過去に遅れ破壊を生じたことのある高力ボルト（古い時代のF11Tなど）では、遅れ破壊が生じる可能性がある。

その他	防食機能の劣化	共通
-----	---------	----

一般的性状	鋼部材の、防食システム（塗装、めっき、金属溶射など）に変状がみられるもの。（耐候性鋼材の場合、腐食で評価する）
-------	---

	<table border="1"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">例</td> <td> <p>発錆が見られず、塗装やめっきなどの防食被覆のみに劣化等の変状が見られる場合、確認時点で耐荷性能の低下などの影響がなくても、今後被膜の脱落が生じたり、防食機能の低下により今後腐食が生じてくる可能性がある。</p> </td> </tr> </table>	例	<p>発錆が見られず、塗装やめっきなどの防食被覆のみに劣化等の変状が見られる場合、確認時点で耐荷性能の低下などの影響がなくても、今後被膜の脱落が生じたり、防食機能の低下により今後腐食が生じてくる可能性がある。</p>
例	<p>発錆が見られず、塗装やめっきなどの防食被覆のみに劣化等の変状が見られる場合、確認時点で耐荷性能の低下などの影響がなくても、今後被膜の脱落が生じたり、防食機能の低下により今後腐食が生じてくる可能性がある。</p>		

	<table border="1"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">例</td> <td> <p>発錆が見られず、塗装やめっきなどの防食被覆のみに劣化等の変状が見られる場合、確認時点で耐荷性能の低下などの影響がなくても、今後被膜の脱落が生じたり、防食機能の低下により今後腐食が生じてくる可能性がある。</p> </td> </tr> </table>	例	<p>発錆が見られず、塗装やめっきなどの防食被覆のみに劣化等の変状が見られる場合、確認時点で耐荷性能の低下などの影響がなくても、今後被膜の脱落が生じたり、防食機能の低下により今後腐食が生じてくる可能性がある。</p>
例	<p>発錆が見られず、塗装やめっきなどの防食被覆のみに劣化等の変状が見られる場合、確認時点で耐荷性能の低下などの影響がなくても、今後被膜の脱落が生じたり、防食機能の低下により今後腐食が生じてくる可能性がある。</p>		

	<table border="1"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">例</td> <td> <p>発錆が見られず、塗装やめっきなどの防食被覆のみに劣化等の変状が見られる場合、確認時点で耐荷性能の低下などの影響がなくても、今後被膜の脱落が生じたり、防食機能の低下により今後腐食が生じてくる可能性がある。</p> </td> </tr> </table>	例	<p>発錆が見られず、塗装やめっきなどの防食被覆のみに劣化等の変状が見られる場合、確認時点で耐荷性能の低下などの影響がなくても、今後被膜の脱落が生じたり、防食機能の低下により今後腐食が生じてくる可能性がある。</p>
例	<p>発錆が見られず、塗装やめっきなどの防食被覆のみに劣化等の変状が見られる場合、確認時点で耐荷性能の低下などの影響がなくても、今後被膜の脱落が生じたり、防食機能の低下により今後腐食が生じてくる可能性がある。</p>		

	<table border="1"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">例</td> <td> <p>発錆が見られず、塗装やめっきなどの防食被覆のみに劣化等の変状が見られる場合、確認時点で耐荷性能の低下などの影響がなくても、今後被膜の脱落が生じたり、防食機能の低下により今後腐食が生じてくる可能性がある。</p> </td> </tr> </table>	例	<p>発錆が見られず、塗装やめっきなどの防食被覆のみに劣化等の変状が見られる場合、確認時点で耐荷性能の低下などの影響がなくても、今後被膜の脱落が生じたり、防食機能の低下により今後腐食が生じてくる可能性がある。</p>
例	<p>発錆が見られず、塗装やめっきなどの防食被覆のみに劣化等の変状が見られる場合、確認時点で耐荷性能の低下などの影響がなくても、今後被膜の脱落が生じたり、防食機能の低下により今後腐食が生じてくる可能性がある。</p>		

備考	<p>■被覆系の防食層は劣化が進むと母材の発錆リスクが急激に高まる。</p>
----	--

その他	うき・剥離・鉄筋露出	コンクリート
-----	------------	--------

一般的性状	コンクリート部材の表面にうきや剥離が生じた状態。剥離部で鉄筋が露出している場合を鉄筋露出という。（ひびわれを伴う場合、ひびわれでも評価する）
-------	--

	例 コンクリート部材に、剥離・鉄筋露出がある場合、コンクリート片が落下につながる場合もある。
---	---

	例 コンクリート部材にうきや剥離がある場合、内部鋼材の腐食が進行している可能性もある。
--	--

	例 コンクリート部材にうきや剥離がある場合、部位によっては、地震等の大きな外力によって部材内部にひびわれが生じている可能性が疑われ、耐荷力に影響を与えている可能性もある。
---	--

	例 コンクリート部材にうきや剥離がある場合、原因によっては、それが改善されないままに放置すると、補修部の再劣化により、うきや剥離が発生する場合もある。
---	--

備考	
----	--

その他	漏水・遊離石灰	コンクリート
-----	---------	--------

一般的性状	コンクリート部材の打ち継ぎ目部などから、水や石灰分の滲出や漏出が生じている状態。（ひびわれを伴う場合、ひびわれでも評価する）
-------	--

	<p><b>例</b></p> <p>部材の隙間など本来の水みちでない箇所からの漏水では、その原因や途中経路を確認して、橋の性能に影響を及ぼしていないか、今後悪影響が生じる危険性がないかについて注意するのが良い。</p>
---	--

	<p><b>例</b></p> <p>部材の隙間など本来の水みちでない箇所からの漏水では、その原因や途中経路を確認して、橋の性能に影響を及ぼしていないか、今後悪影響が生じる危険性がないかについて注意するのが良い。</p>
--	--

	<p><b>例</b></p> <p>部材同士の境界部から漏水が生じている場合、間詰部が劣化していたり、部材内部に雨水が浸入し、部材が劣化していることもある。境界部を横断する横締め鋼材の腐食が生じていることもある。</p>
---	---

	<p><b>例</b></p> <p>プレキャスト部材の継目部から漏水と遊離石灰の析出が生じている場合、部材間のPC鋼材や鉄筋が腐食したり、鋼材に沿って部材内部に腐食が拡がっていることもある。</p>
---	--

<b>備考</b>	<p>■漏水や遊離石灰の析出は、それ自体が問題である場合もあるが、多くの場合その原因となったひびわれの発生や防水層の損傷、導排水施設の機能不全などが橋の耐久性能に大きな悪影響を及ぼすことがある。なおコンクリートのひびわれなど他の変状種類にも該当するものでは、それらに着目した橋の性能に及ぼす影響の評価も必要である。</p>
-----------	---

その他	漏水・遊離石灰	コンクリート
-----	---------	--------

一般的性状	コンクリート部材の打ち継ぎ目部などから、水や石灰分の滲出や漏出が生じている状態。（ひびわれを伴う場合、ひびわれでも評価する）
-------	--

	<table border="1"> <tr> <td style="width: 5%;">例</td> <td>部材の隙間など本来の水みちでない箇所からの漏水では、その原因や途中経路を確認して、橋の性能に影響を及ぼしていないか、今後悪影響が生じる危険性がないかについて注意するのが良い。</td> </tr> </table>	例	部材の隙間など本来の水みちでない箇所からの漏水では、その原因や途中経路を確認して、橋の性能に影響を及ぼしていないか、今後悪影響が生じる危険性がないかについて注意するのが良い。
例	部材の隙間など本来の水みちでない箇所からの漏水では、その原因や途中経路を確認して、橋の性能に影響を及ぼしていないか、今後悪影響が生じる危険性がないかについて注意するのが良い。		

	<table border="1"> <tr> <td style="width: 5%;">例</td> <td></td> </tr> </table>	例	
例			

	<table border="1"> <tr> <td style="width: 5%;">例</td> <td></td> </tr> </table>	例	
例			

	<table border="1"> <tr> <td style="width: 5%;">例</td> <td></td> </tr> </table>	例	
例			

備考	
----	--

その他	補強部材の損傷	コンクリート
-----	---------	--------

一般的性状	コンクリート部材を補修または補強した、鋼板、シート、塗装などの被覆材料に変状が生じている状態。(コンクリートによる補強部材は、本体の損傷として扱う)
-------	--

	<p>例</p> <p>床版裏面の補強鋼板に、床版内部への雨水の浸入が疑われる腐食が見られる場合、内部で床版の劣化が進み、突然の抜け落ちに至ることもある。補強部材の損傷がある場合、補強効果が失われているだけでなく、補強前の状態よりも性能が低下していることもある。</p>
---	---

	<p>例</p> <p>補強部材(鋼板)の劣化(腐食、うき)が見られる場合、補強効果が失われていたり、補強部材内部で劣化が進行して補強以前よりも性能が低下していたり、補強時とは異なる形で性能に影響していることもある。</p>
--	--

	<p>例</p> <p>補修補強部材(表面保護工や断面修復)に劣化が見られる場合、それらの内部で鋼材が腐食したりひびわれが発達しているなどの劣化が進行していることがあるため注意が必要である。なお、補修補強効果が失われているだけでなく、補修補強前よりも状態が悪化していることもある。</p>
---	--

	<p>例</p> <p>補修した部材の再劣化が見られる場合、外観から見えない内部で損傷が進行していることがある。</p>
---	--

備考	
----	--

その他	遊間異常	共通
-----	------	----

一般的性状	桁間の間隔や、伸縮装置及び支承、落橋防止システム等の変位や遊間に異常がみられる状態
-------	---

	<p>例</p> <p>桁端部が下部工と接触している場合、下部工が変位している可能性もある。また接触の影響で上部構造や支承部にも機能不全や損傷が生じていることもあるため、原因の推定と共に他の部位への影響の把握が重要である。</p>
---	---

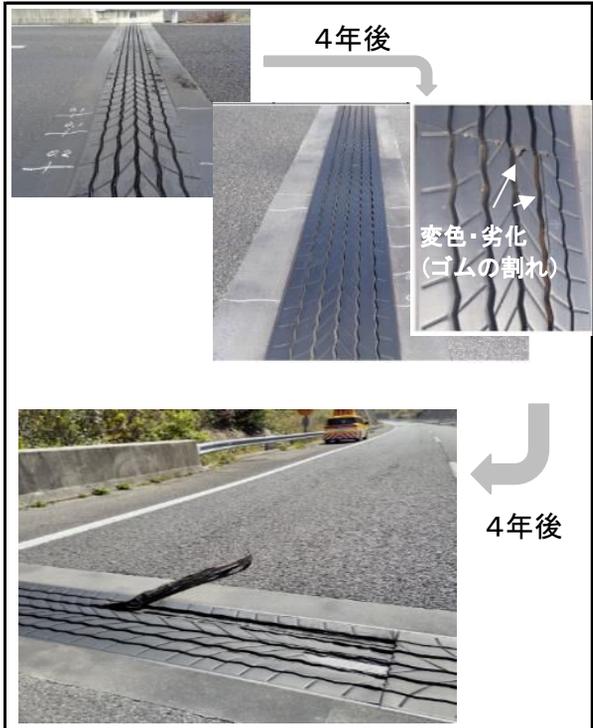
	<p>例</p> <p>伸縮装置の遊間が異常に狭くなっている場合、地震の影響等によって下部工が変位していたり、支承部に異常が生じていることもある。</p> <p>なお、伸縮装置部の適正遊間は、確認時の温度や荷重条件によって異なるため、それらとの関係を踏まえて評価しなければならない。</p>
--	---

備考	
----	--

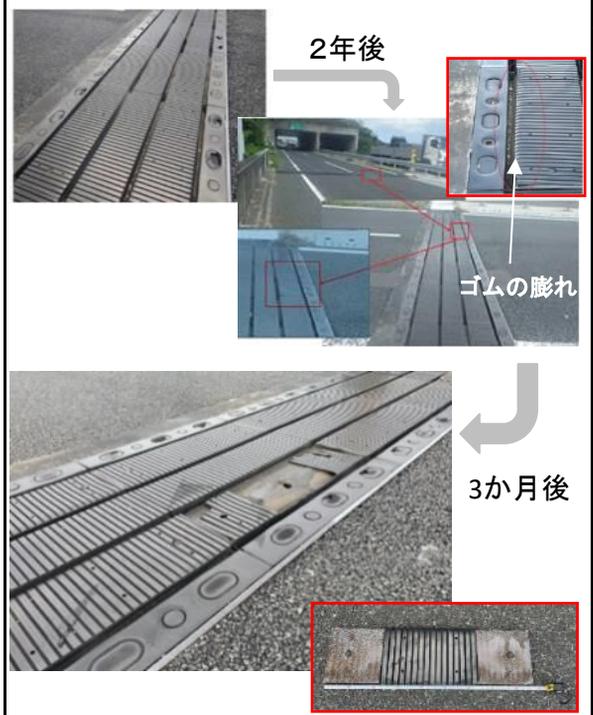
その他	路面の凹凸	路面
<p>一般的性状</p>	<p>路面に特異な段差や凹凸が生じている状態。（伸縮装置部の段差を含む）</p>	
	<p>例</p>	<p>伸縮装置との境界で、凹凸が生じている場合、走行安全性の低下のみならず、衝撃的な荷重の増加により異音の発生、伸縮装置や床版の破壊に至ることもある。なお凹凸が生じる原因は様々考えられ、それらを踏まえた対策を行わなければ早期に凹凸が再発することがある。</p>
	<p>例</p>	<p>土工部と橋の境界部で段差が生じている場合、地震の影響等によって下部工が変位していたり、支承部に異常が生じていることもある。なお、原因によっては走行安全性は確保できていても、橋の耐荷性能が低下している場合もあるため注意が必要である。</p>
	<p>例</p>	<p>伸縮部で段差が生じている場合、地震の影響等によって下部工が変位していたり、支承部に異常が生じていることもある。なお、原因によっては走行安全性は確保できていても、橋の耐荷性能が低下している場合もあるため注意が必要である。</p>
	<p>例</p>	<p>伸縮部で段差が生じている場合、地震の影響等によって下部工が変位していたり、支承部に異常が生じていることもある。なお、原因によっては走行安全性は確保できていても、橋の耐荷性能が低下している場合もあるため注意が必要である。</p>
<p>備考</p>		

その他	路面の凹凸	路面
-----	-------	----

一般的性状 路面に特異な段差や凹凸が生じている状態。（伸縮装置部の異常）



例  
伸縮装置が表面材で覆われている構造の場合、表面材の飛散などによる交通への影響以外に、表面材からの雨水の侵入による他の部材への影響が生じていたり、表面材の下にある伸縮機構を担う部材そのものが損傷している可能性もあるため注意が必要である。



例  
伸縮装置のゴム表面に膨れがある場合、内部鋼材が腐食していたり、破断や異常な変形を生じていることもある。

備考  
 ■表面がゴムであっても内部に鋼材を有することが少なくない。  
 ■ゴムの割れ、剥がれ、浮き・膨れ、錆汁の析出が見られる場合や異常音が確認された場合には、内部の損傷を疑うとともに、道路利用者被害の可能性について注意するのがよい。

その他	路面の凹凸	路面
-----	-------	----

一般的性状 | 路面に特異な段差や凹凸が生じている状態。（伸縮装置部の異常）



例 | 伸縮装置が表面材で覆われている構造の場合、表面材の飛散などによる交通への影響以外に、表面材からの雨水の侵入による他の部材への影響が生じていたり、表面材の下にある伸縮機構を担う部材そのものが損傷している可能性もあるため注意が必要である。



例 | 伸縮装置のゴム表面に剥がれがある場合、衝撃の影響や内部に浸入する水の影響により、内部鋼材の突出などが生じ、道路利用者の被害につながることもある。

備考 |  
 ■表面がゴムであっても内部に鋼材を有することが少なくない。  
 ■ゴムの割れ、剥がれ、浮き・膨れ、錆汁の析出が見られる場合や異常音を確認された場合には、内部の損傷を疑うとともに、道路利用者被害の可能性について注意するのがよい。

その他	舗装の異常	路面
-----	-------	----

一般的性状	舗装面に、ひびわれやうき、ポットホール、水や石灰分の滲出などの異常が生じている状態
-------	---

	<p>例</p> <p>舗装表面に特異な損傷が見られる場合、その下にある床版や防水層が損傷していることもあり、注意が必要である。</p> <p>（コンクリート床版の上面が土砂化していた例）</p>
---	--

	<p>例</p> <p>舗装表面に特異な損傷が見られる場合、その下にある床版や防水層が損傷していることもあり注意が必要である。</p> <p>例えば、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート床版の土砂化</li> <li>・鋼床版の疲労亀裂</li> </ul>
--	--

	<p>例</p> <p>舗装表面に特異な損傷が見られる場合、その下にある床版や防水層が損傷していることもあり注意が必要である。</p> <p>例えば、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート床版の土砂化</li> <li>・鋼床版の疲労亀裂</li> </ul>
---	--

	<p>例</p> <p>舗装表面に特異な損傷が見られる場合、その下にある床版や防水層が損傷していることもあり注意が必要である。</p> <p>（鋼床版にデッキ貫通の亀裂が生じていた例）</p>
---	--

備考	
----	--

その他	定着部の異常	共通
-----	--------	----

一般的性状	PC部材の緊張材、ケーブル部材などの定着部に異常がみられる状態
-------	---------------------------------

	<p><b>例</b></p> <p>ケーブル部材の固定端部は部材内部に埋め込まれていたり、ソケットや支圧板などで視認出来ないことがある。その場合にも定着部に繋がる引き込み部分などの異常などからできるだけ定着機能やケーブル部材そのものに異常がないか確認することが重要である。</p>
---	---

	<p><b>例</b></p> <p>落橋防止のための桁連結装置の定着部に著しい発錆がみられる場合、連結装置の鋼材の腐食の進行が生じている場合もある。</p>
--	---

	<p><b>例</b></p> <p>桁内のPC鋼材定着部に錆汁や石灰分の滲出がみられる場合、床版上面など路面側から定着部またはケーブル部材に雨水が到達し、腐食が進んでいることもある。</p>
---	--

	<p><b>例</b></p> <p>横締めPC鋼材の抜け出しの可能性が疑われる定着部のひびわれやうき・剥離がある場合、内部鋼材の腐食や破断による耐荷力低下の他、第三者被害の発生の可能性もある。</p>
---	---

<b>備考</b>	
-----------	--

その他	変色・劣化	共通
-----	-------	----

一般的性状	コンクリートの特異な変色など部材の色に異常がみられる状態。ゴムや樹脂などの材質が変化している状態
-------	--

	<p>例</p> <p>PC橋の表面に特徴的な変色が見られる場合、内部のPC鋼材が著しく腐食していることもある。また、腐食原因によっては、変色などの異常が外面に現れていない場所でもPC鋼材やシース管の劣化が進行していることもある。</p>
---	---

	<p>例</p> <p>火災痕が見られる場合、部材の強度が低下している場合もある。コンクリート部材では、高温に晒されると、鉄筋の付着の低下、コンクリートそのものの強度低下、ひびわれの発生、かぶりコンクリートの浮きや剥離、骨材の変質など様々な影響が生じることがある。</p>
--	--

	<p>例</p> <p>火災痕が見られる場合、部材の強度が低下している場合がある。鋼部材では、高温に晒されると防食機能の低下、鋼材の機械的性質の変化による強度低下、温度変化による塑性変形の残留、温度上昇時の拘束によるボルト継手のすべり、耐荷力の低下による応力再配分など様々な影響が生じることがある。</p>
---	---

	<p>例</p> <p>アルカリ骨材反応以外にも様々な原因でコンクリートに用いられた骨材が変色したり変質したことに起因してコンクリート部材の表面に異常な変色が見られることもある。様々な原因があるため、コンクリート表面に異常な変色が見られた場合には、原因を特定するなどによりその影響を見極めるのがよい。</p>
---	--

備考	
----	--

その他	漏水・滞水	共通
-----	-------	----

一般的性状	伸縮装置や排水施設などの本来の雨排水機構によらず、漏出したり、部材上面や内部に異常な滞水が生じている状態。 (激しい降雨などによる異常でない一時的な滞水は除く)
-------	---



**例**

下部工上面に、桁間から顕著な漏水が見られる場合、速やかに排除されず、長期の滞水が生じることもある。

部材表面に設けた排水勾配などの導排水が十分に機能しないことも多く、注意が必要である。



**例**

部材の隙間や、排水施設の破損などにより箱桁内部などの部材内に漏水すると滞水することもある。

箱桁内部などは不測の漏水や滞水があると、排水されず常時高湿度環境となることで著しく腐食が進行することもある。



**例**

部材の隙間や、排水施設の破損などにより箱桁内部などの部材内に漏水すると滞水することもある。



**例**

箱桁内部などの部材内部に、滞水が生じている状態

ひびわれや排水施設の破損などにより箱桁内部などの部材内に漏水すると滞水することもある。

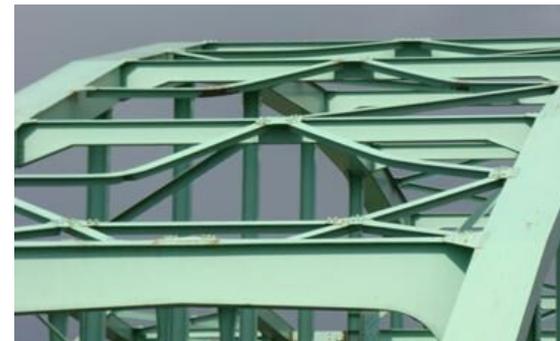
備考	
----	--

その他	変形・欠損	共通
-----	-------	----

一般的性状	車両や船舶の衝突などにより、部材が局部的に欠損したり変形している状態
-------	------------------------------------

	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="769 436 878 467">例</td> <td data-bbox="878 436 1351 773"> <p>部材に大きな変形や欠損が見られる場合、車両の衝突や部材同士の干渉など、原因によっては、当該部位以外にも様々な変状が生じていることがある。</p> </td> </tr> </table>	例	<p>部材に大きな変形や欠損が見られる場合、車両の衝突や部材同士の干渉など、原因によっては、当該部位以外にも様々な変状が生じていることがある。</p>
例	<p>部材に大きな変形や欠損が見られる場合、車両の衝突や部材同士の干渉など、原因によっては、当該部位以外にも様々な変状が生じていることがある。</p>		

	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="769 792 878 822">例</td> <td data-bbox="878 792 1351 1143"> <p>洪水や津波の際に、漂流物が衝突して部材を損傷させることがあり、部位、部材によっては、構造安全性に大きな影響が生じている場合もある。</p> </td> </tr> </table>	例	<p>洪水や津波の際に、漂流物が衝突して部材を損傷させることがあり、部位、部材によっては、構造安全性に大きな影響が生じている場合もある。</p>
例	<p>洪水や津波の際に、漂流物が衝突して部材を損傷させることがあり、部位、部材によっては、構造安全性に大きな影響が生じている場合もある。</p>		

	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="769 1157 878 1187">例</td> <td data-bbox="878 1157 1351 1508"> <p>地震時には、大きな水平力によって上横構など横方向の部材に変形や破断が生じる事があり、地震の影響に対して耐荷力が低下している場合もある。</p> </td> </tr> </table>	例	<p>地震時には、大きな水平力によって上横構など横方向の部材に変形や破断が生じる事があり、地震の影響に対して耐荷力が低下している場合もある。</p>
例	<p>地震時には、大きな水平力によって上横構など横方向の部材に変形や破断が生じる事があり、地震の影響に対して耐荷力が低下している場合もある。</p>		

	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="769 1522 878 1552">例</td> <td data-bbox="878 1522 1351 1873"> <p>下路橋では、車両および積載物などの衝突により部材の変形や破断を生じる事があり、部位、部材によっては、構造安全性に大きな影響が生じている場合もある。</p> </td> </tr> </table>	例	<p>下路橋では、車両および積載物などの衝突により部材の変形や破断を生じる事があり、部位、部材によっては、構造安全性に大きな影響が生じている場合もある。</p>
例	<p>下路橋では、車両および積載物などの衝突により部材の変形や破断を生じる事があり、部位、部材によっては、構造安全性に大きな影響が生じている場合もある。</p>		

備考	
----	--

一般的性状

部材が局部的に欠損したり変形している状態



接合部の破断



橋面の状況



支持地盤の状況



例

支点の移動により、アーチリブに顕著な変形が生じたと考えられる例。

アーチリブの変形があり、アーチリブ軸線の異常が生じている場合は、他の損傷も発生している可能性があることも留意する必要がある。

また、変形が顕著になると、設計時に想定していた荷重を伝達する機能が損なわれ、橋全体が危険な状態になることもある。

備考

■変形は車両の衝突、活荷重や地震の影響以外でも生じる可能性がある。変形の兆候が確認された場合には、橋の形状やカンバーに異常がないかの確認に加え、周辺地盤の状況等、広く情報を収集するのがよい。

■変形が生じている場合は他の損傷も発生している可能性がある。その他損傷の発生の可能性も念頭に置き、状態を把握する必要がある。

■変形が顕著になると当該部材だけでなく、他部材（部位）にも影響を及ぼす可能性があることに留意する必要がある。

その他	土砂詰まり	路面
-----	-------	----

一般的性状	排水柵や排水管、伸縮装置などに土砂が堆積している状態
-------	----------------------------

	<p>例</p> <p>支承部に土砂が堆積している場合、支承の腐食を促進する可能性があり、既に機能に影響を及ぼしていたり、原因によっては放置すると機能を喪失する可能性もある。</p>
	<p>例</p> <p>伸縮装置に土砂が詰まっている場合は、伸縮装置の機能が低下している可能性もある。</p>
	<p>例</p> <p>排水柵の土砂詰まりによる路面排水の不良が生じている場合、舗装下の床版や主桁の劣化を促進する可能性もある。</p>
	<p>例</p> <p>橋座面に土砂が堆積している場合、滞水しやすい環境となり、コンクリートの劣化を伴うことがある</p>

備考	
----	--

その他	沈下・移動・傾斜	共通
-----	----------	----

一般的性状	基礎や下部工に特異な沈下・移動・傾斜が生じている状態。 (支承の場合、支承の機能障害で評価する)
-------	---

	例	橋全体に変形が見られる場合、下部工の傾斜や沈下などにより橋全体が危険な状態になっていることもある。
---	---	---

	例	河川内の橋梁で、橋全体の変形が見られる場合、洗掘や下部工の沈下などにより危険な状態となっていることもある。
--	---	---

	例	下部工が変位している可能性が疑われる下部工周辺の地盤の変状が生じている場合、橋全体が危険な状態になっていることもある。
---	---	---

	例	下部工周囲に、液状化が生じた可能性が疑われる土砂の噴出痕が見られる場合、下部工の沈下や傾斜が生じている可能性もあり、荷重支持機能に影響を与えていることもある。
		注) 写真の例の異常の有無は不明

備考	
----	--

その他	沈下・移動・傾斜	共通
-----	----------	----

一般的性状	基礎や下部工に特異な沈下・移動・傾斜が生じている状態。 (支承の場合、支承の機能障害で評価する)
-------	---

	例
	河川内の橋梁で、橋脚の沈下により橋全体の変形が見られる場合、洗掘や下部工の沈下などにより危険な状態となっていることもある。

	例
	河川内の橋梁で、橋脚の傾斜により橋全体の変形が見られる場合、洗掘や下部工の沈下などにより危険な状態となっていることもある。

	例
	背面盛土の崩壊により橋台が沈下・移動・傾斜している疑いのある場合、橋全体が危険な状態となっていることもある。

	例
	洗掘により下部工を保護する擁壁が沈下した場合、支持地盤等の流出により橋全体が危険な状態になっていることもある。

備考	
----	--

その他	沈下・移動・傾斜	共通
-----	----------	----

一般的性状	水中部のパイルベント橋脚で部材が座屈により変形している状態
-------	-------------------------------

 	例	鋼製パイルベント橋脚の座屈により上部工の沈下が発生している場合、下部工の安定が損なわれ、橋が危険な状態となっていることもある。
---	---	---

	例	鋼製パイルベント橋脚が座屈している場合、大きな軸力が作用しており、急速に変形が進行する危険性がある。
--	---	--

	例	
--	---	--

	例	
--	---	--

備考	<p>■鋼製パイルベント橋脚の状態を直接確認できないときには、潜水士による直接目視あるいは水中カメラ等で把握することも効果的である。</p>
----	--

その他	沈下・移動・傾斜	下部構造
-----	----------	------

一般的性状	基礎部を支持する地盤の変状が生じている状態
-------	-----------------------

	例
	<p>基礎の近傍の地盤に顕著な変状がある場合、橋台周辺の地盤の消失により、下部工の安定が損なわれているなど、橋全体が危険な状態になっていることもある。</p>

	例
	<p>基礎の地盤に顕著な変状がある場合、基礎を支持している地盤の消失により、下部構造の安定が損なわれるなど、橋全体が危険な状態になっていることがある。</p>

	例
	<p>基礎の近傍の地盤に顕著な変状がある場合、橋台周辺の地盤の消失や風化の進展により、下部構造の安定が損なわれているなど、橋全体が危険な状態になっていることがある。</p>

	例

備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>■基礎の近傍の地盤に顕著な変状が生じる場合や水の浸入が疑われる場合、橋台や橋脚に沈下や傾斜が生じることがある。</li> <li>■基礎の近傍の地盤も含めた岩の摂理や亀裂の状態、劣化が生じたときの破壊形態を把握することで、基礎を支持している地盤に変状が生じる可能性を疑える場合がある。</li> </ul>
----	--

その他	沈下・移動・傾斜	下部構造
-----	----------	------

一般的性状	基礎部を支持する地盤の変状が生じている状態
-------	-----------------------

	<table border="1"> <tr> <td>例</td> <td>基礎の近傍の地盤を保護するための保護工に異常が見られる場合、変状発生箇所からの雨水等の浸入により、保護工内の地盤に顕著な変状が生じる可能性があり、下部構造の安定が損なわれ、橋全体が危険な状態になることもある。</td> </tr> </table>	例	基礎の近傍の地盤を保護するための保護工に異常が見られる場合、変状発生箇所からの雨水等の浸入により、保護工内の地盤に顕著な変状が生じる可能性があり、下部構造の安定が損なわれ、橋全体が危険な状態になることもある。
例	基礎の近傍の地盤を保護するための保護工に異常が見られる場合、変状発生箇所からの雨水等の浸入により、保護工内の地盤に顕著な変状が生じる可能性があり、下部構造の安定が損なわれ、橋全体が危険な状態になることもある。		

	<table border="1"> <tr> <td>例</td> <td></td> </tr> </table>	例	
例			

	<table border="1"> <tr> <td>例</td> <td></td> </tr> </table>	例	
例			

備考	<p>■基礎の近傍の地盤の保護工にひびわれ等の変状が生じている場合、変状箇所から水が浸入することにより、保護工内部の地盤の強度低下や流出が生じ、橋台や橋脚の沈下や傾斜につながる可能性がある。</p> <p>■はらみだし等、保護工の変状の発生形態によっては、内部の地盤自体に顕著な変状が生じている場合があり、変状の発生原因を究明するなど詳細な状態の把握により、橋台や橋脚の安定に影響を及ぼしているか推定することも有効である。</p>
----	---

一般的性状

基礎部を支持する地盤の変状が生じている状態



↓ 被災後(1年後)



例

基礎の近傍の地盤を保護するための保護工に異常が見られる場合、橋台背面からの水の浸入等による基礎近傍の地盤の顕著な変状が生じている可能性があり、下部構造の安定が損なわれ、橋全体が危険な状態になっていることもある。

備考

- 基礎の近傍の地盤の保護工にひびわれ等の変状が生じている場合、橋台背面等からの水の浸入することにより、保護工内部の地盤の強度低下や流出が生じ、橋台や橋脚の沈下や傾斜につながる可能性がある。
- 保護工の内部の状態を把握することにより、橋台や橋脚の安定に影響を及ぼしているか推定することができる。

一般的性状

基礎部を支持する地盤の変状が生じている状態



↓ 2.5年後



例

基礎の近傍における排水構造物や、基礎の近傍の地盤を保護するための保護工に異常が見られる場合、基礎の近傍の地盤内部に水が浸入し、基礎近傍の地盤が流出することで下部構造の安定が損なわれ、橋全体が危険な状態になることもある。

備考

- 橋台や橋脚近傍にある排水構造物の周辺の地盤やその保護工に洗掘等の変状が生じている場合、降雨時に溢水や漏水等が生じている疑いがあり、橋台や橋脚の安定に影響を及ぼしている可能性がある。
- 水分を含むことで著しい強度低下が生じる等、特殊な地質を含む地盤である場合、その破壊形態を把握することで、基礎地盤に変状が生じる可能性を推定できる場合がある。

その他	洗掘	下部構造
-----	----	------

一般的性状	基礎部に洗掘が生じている状態
-------	----------------

	<p>例</p> <p>基礎部が洗掘され杭が露出している場合、地盤抵抗が期待できず、構造安全性に大きな影響が生じることもある。 （写真の例は津波後に発見された損傷。）</p>
---	---

	<p>例</p> <p>基礎部が流水のため著しく洗掘されている場合、地盤抵抗が期待できず、構造安全性に大きな影響が生じることもある。</p>
--	--

	<p>例</p> <p>基礎部が流水のため著しく洗掘されている場合、地盤抵抗が期待できず、構造安全性に大きな影響が生じることもある。</p>
---	--

	<p>例</p> <p>洪水によって洗掘が進行した場合、下部工の沈下・傾斜などが生じ、危険な状態となっていることもある。</p>
---	--

備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>■洗掘部に堆積物が堆積するとき、地盤抵抗として期待できないことが多い。</li> <li>■基礎部の状態を直接確認できないときには、必要に応じてカメラ等で把握することも有効である。</li> </ul>
----	--

その他	吸い出し	下部構造
-----	------	------

一般的性状	基礎部に洗掘などにより土砂の流出が生じている状態
-------	--------------------------

	<p>例</p> <p>洗掘部からの土砂の吸い出しにより橋台基礎底面に空洞が生じる可能性があり、構造安全性に大きな影響が生じていることもある。</p>
---	---

	<p>例</p> <p>橋台背面の舗装面に異常が現れる場合、橋台背面土の流出が生じている可能性が疑われ、基礎の支持力に影響を与えている場合もある。</p> <p>(写真は橋台基礎の土砂が洗掘され、橋台背面の土砂が流出した事例)</p>
<p>水中に露出した松杭</p> 	
	

備考	<p>■ 橋梁の背面土が流出している場合、路面にひびわれや陥没などの異常が現れる場合がある。</p>
----	--

その他	その他の異常	共通
-----	--------	----



例

大規模な落書きが見られる場合、塗装などの防食被膜に悪影響を与えたり、耐候性鋼材の保護性錆の形成を阻害するなどの影響が懸念される場合もある。



例

排水管が腐食により断面欠損している場合、排水の飛散により橋本体に深刻な影響を与えることもある。



例

桁端部が下部工に衝突し、遊間がなくなっている場合、両者に大きな力が作用するため桁の座屈や橋台の破損に至ることもある。

例

備考

その他	その他	鋼
-----	-----	---



ガセットプレートの変形

出典: 国家運輸安全委員会 (NTSB) 事故報告書  
<https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Reports/HAR08>

例	<p>ガセットプレートなど、重要な部材が損傷すると、落橋に至る場合もある。          (米国I-35W橋の落橋事故では、事故前にガセットに変形があったことが確認されている)</p>
---	--

例	
---	--

例	
---	--

例	
---	--

備考	
----	--

## 参考資料 3

引張材を有する道路橋の損傷例



### 参考資料3. 引張材を有する道路橋の損傷例

本参考資料は、これまでの定期点検結果や直轄診断の実績等をもとに、ケーブル等の引張材を有する道路橋の定期点検の留意事項をまとめたものである。定期点検等、適宜、道路橋の維持管理において参考するとよい。

## 目 次

1. 引張材を有する道路橋の構造形式の例..... 参 3-1
2. 定期点検の留意事項..... 参 3-7

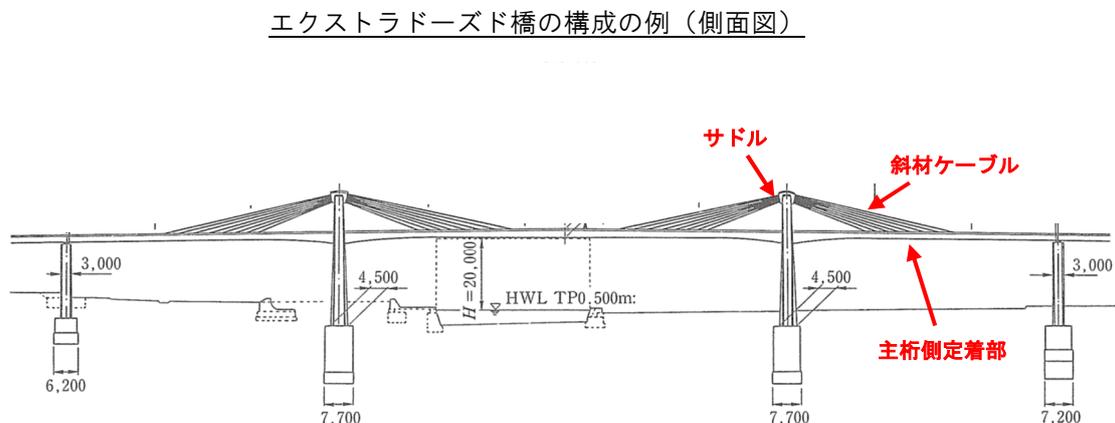
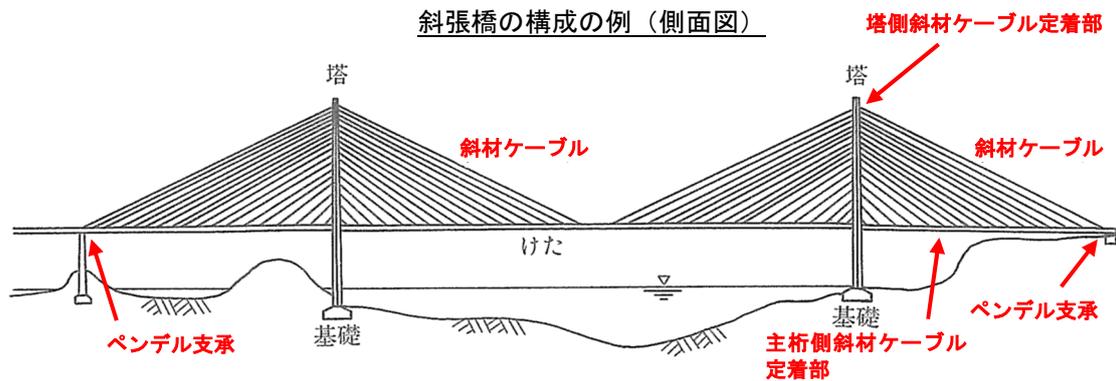
## 1. 引張材を有する道路橋の構造形式の例

道路橋の中には、引張材に破断等が生じることで、橋全体が致命的な状態に至る可能性や、橋全体の挙動に大きな影響を与えることが懸念されるものがある。例えば、以下の部材を有する橋はこれに該当すると考えてよい。

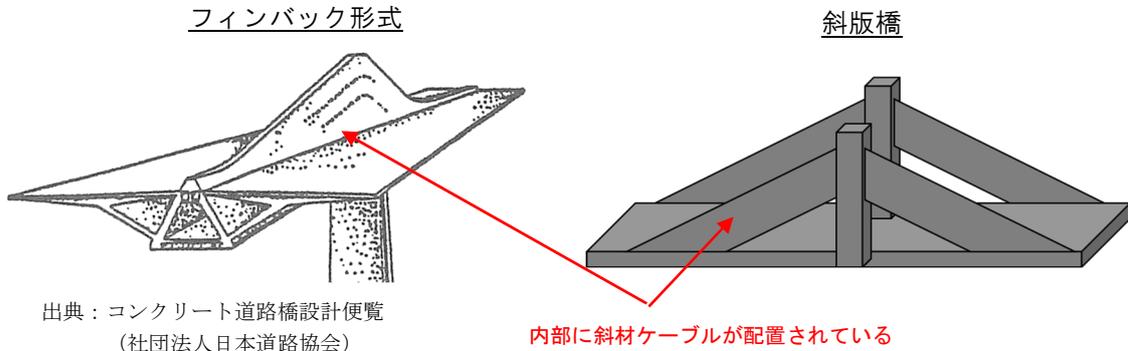
- 1) 引張材：ケーブル、吊り材、ペンデル支承、グラウンドアンカー等
- 2) 1) の定着部（引張材を定着するための定着具及び定着具を配置するための補強された部位）
- 3) 1), 2) の挙動に影響を与える部材

これらの部材を有する代表的な構造としては以下の構造があげられる。これら以外の構造についても、定期点検にあたっては、破断等が生じたときに橋全体の安定や挙動に与える影響が大きい引張材を有する橋かどうかを確かめるのがよい。

### 1-1) 斜張橋, エクストラロード橋

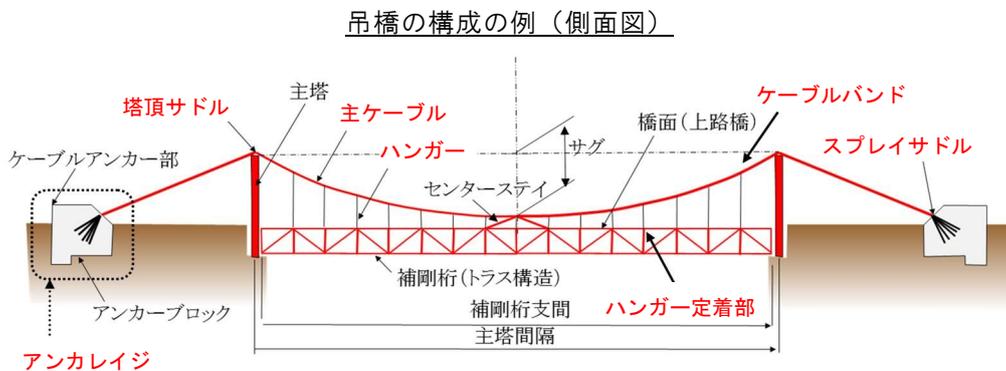


その他の構造形式



- 1) 引張材：斜材ケーブル  
ペンデル支承
- 2) 引張材定着部：主桁側斜材ケーブル定着部  
塔側斜材ケーブル定着部  
ペンデル支承定着部
- 3) 1), 2) の挙動に影響を与える部材：サドル

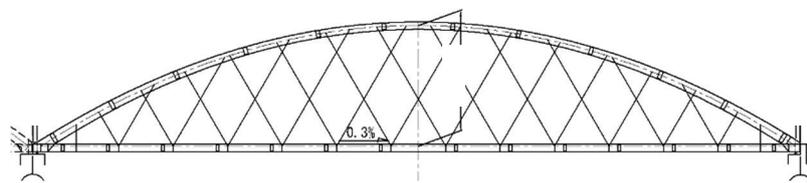
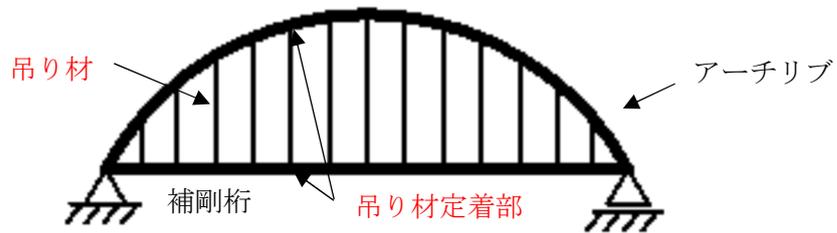
1-2) 吊橋



- 1) 引張材：主ケーブル  
ハンガー
- 2) 引張材定着部：アンカレイジ (主ケーブル定着部)  
ハンガー定着部 (ハンガーの定着部 (主桁側))  
ケーブルバンド (ハンガーの定着部 (主ケーブル側))
- 3) 1), 2) の挙動に影響を与える部材：サドル

### 1-3) アーチ橋

アーチ橋の構成の例（ローゼ橋の場合）（側面図）



（吊り材が斜めに配置されている事例）

- 1) 引張材：吊り材
- 2) 引張材定着部：吊り材定着部

### 1-4) 吊床版橋

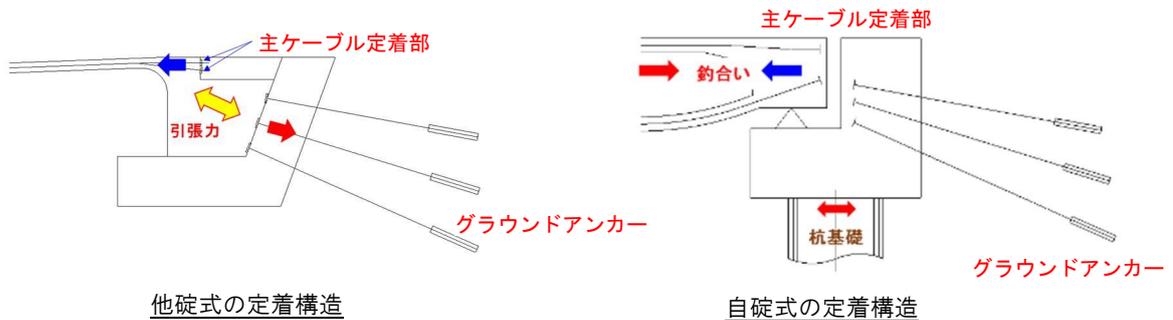


直路式吊床版橋

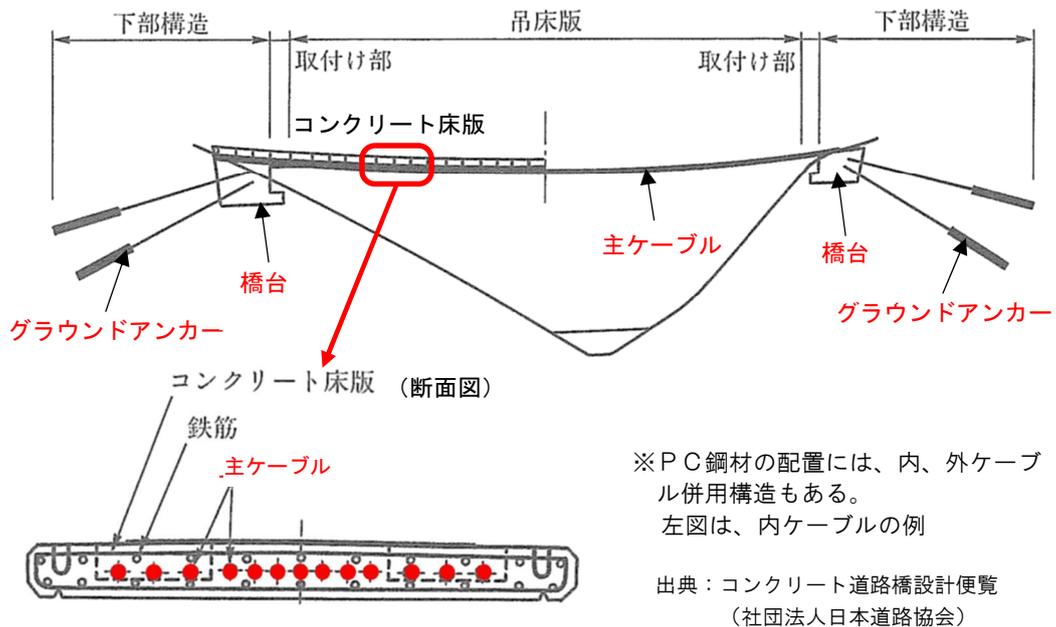


上路式吊床版橋

写真の出典：プレストレスト・コンクリート建設業協会 <http://www.pcken.or.jp/>

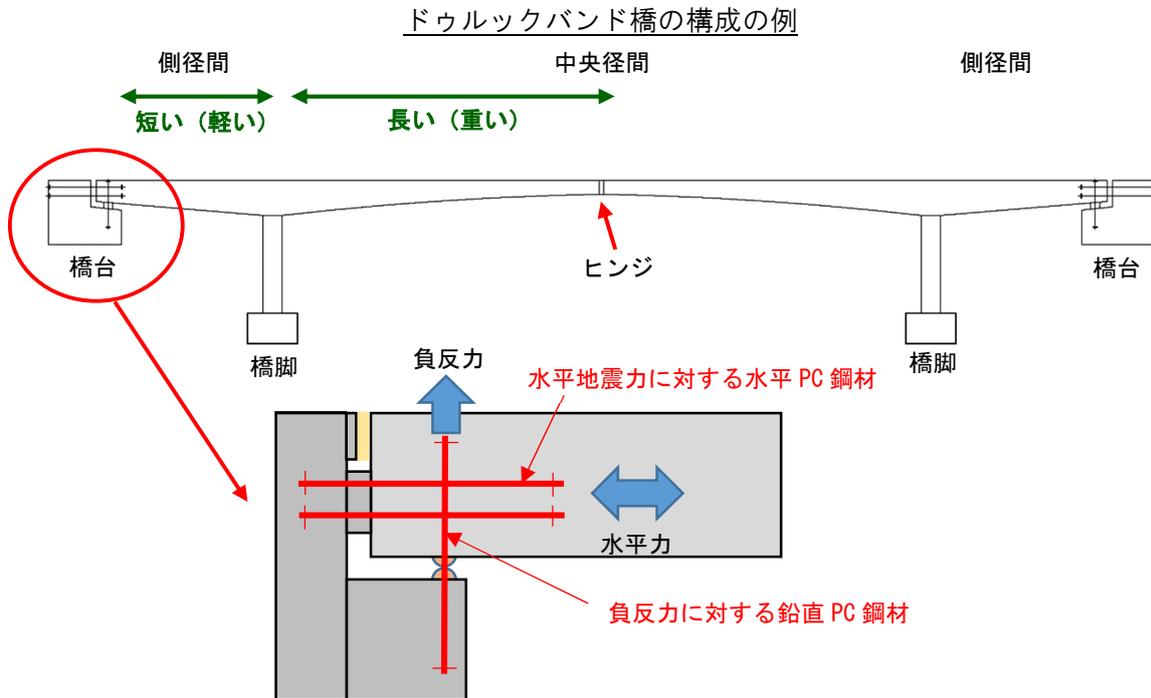


直路式吊床版橋（他碛式）の構成の例



- 1) 引張材：主ケーブル  
グラウンドアンカー
- 2) 引張材定着部：主ケーブル定着部  
グラウンドアンカー定着部
- 3) 1), 2) の挙動に影響を与える部材：橋台

## 1-5) ドブルックバンド橋



- 1) 引張材：鉛直 P C 鋼材  
水平 P C 鋼材
- 2) 引張材定着部：鉛直 P C 鋼材定着部  
水平 P C 鋼材定着部
- 3) 1), 2) の挙動に影響を与える部材：橋台

## 1-6) 外ケーブル補強された構造



コンクリート橋の外ケーブル補強の例

出典：道路橋補修・補強事例集 (2009 年版)  
(社団法人日本道路協会)



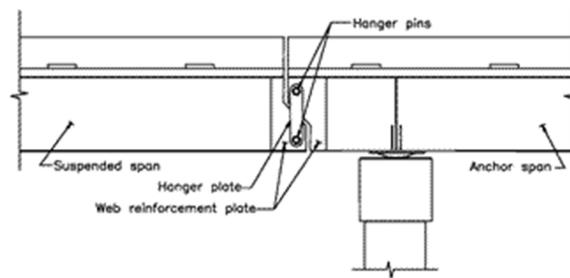
鋼橋の外ケーブル補強の例

- 1) 引張材：外ケーブル
- 2) 引張材定着部：外ケーブル定着部
- 3) 1), 2) の挙動に影響を与える部材：偏向部

### 1-7) その他の構造例

例として、支間の途中で桁を連結するために吊り材（ピン・ハンガー）が用いられている事例を示す。

これら以外にも、定期点検においては、引張材については、その破断が生じたときに橋に与える影響を念頭におき、定期点検を実施するのがよい。



a) ピン・ハンガーの構造例

## 2. 定期点検の留意事項

これまでの定期点検結果や直轄診断の実績等をもとに1. で示した部材や橋の損傷例及び定期点検での留意事項を示す。なお、近接目視による変状の把握には限界があるため、必要に応じて非破壊検査技術などを適用することも検討しなければならない。

- ・ケーブルは、桁の死荷重や桁に作用する活荷重等を支持し、吊構造の橋においては、その張力を塔やアンカレイジに伝達する部材である。
- ・ケーブルの破断にともない、支持していた荷重や衝撃の影響が他の部材やケーブルに影響を与えることで、ケーブル構造のバランスが崩れたり他の部材やケーブルの損傷につながるなど、橋全体の安全性に影響を及ぼす可能性がある。

- ・ ケーブルやその防食方法の代表的な例としては以下が挙げられる。

・ より線ワイヤの例

めっき(1本のストランド)



めっき(複数本束ねたもの)



めっき+ラッピングワイヤ+塗装



防錆油+ポリエチレン被覆



コンクリート被覆



出典:ポルチェペラ高架橋  
<https://www.autostrade.it/it/autostrade-per-genova/vero-falso>

ケーブルの途中に接合部がある例



主ケーブルがロッドに定着されている例



・ ロックドコイルの例

めっき



・ 平行線ケーブルの例

めっき+ラッピングワイヤ+塗装



- ・ その他、鋼心入りケーブルなど様々な種類のものがある。

備考

■ケーブルには様々な種類が使われており、種類毎に機械的性質や安全率、防食仕様なども異なる。状態の把握にあたっては、ケーブルの種類を特定してその特性や構造を把握した上で、耐荷性能や耐久性等に関わる異常やその徴候の有無を的確に判断する必要がある。



例

コンクリートで被覆された斜材ケーブルが破断し落橋した事例（島田橋）。  
（出典：建設事故，日経BP社）



例

コンクリートで被覆された斜材ケーブルを有する斜張橋が落橋した事例（ポルチェベラ高架橋）。  
（出典：  
<http://www.mit.gov.it/>）



例

コンクリート内部にケーブルを有する吊床版橋が落橋した事例（トロヤ歩道橋）。  
（出典：  
<https://structurae.net/structures/troja-footbridge>）



※写真は吊橋の例

例

ケーブルを用いた構造では部材の破断や定着部の異常が全体の形状に影響を与えやすいため、線形等から異常の徴候が発見できる場合がある。  
異常なたわみなどが見られる場合は、主ケーブルだけでなくその他の部材が原因となることもある。

備考



※写真は吊床版橋下面のひびわれ事例

例

主ケーブルがコンクリート内部に配置されている吊床版橋の吊床版にひびわれ、主ケーブル内への水の浸入を疑う変状が生じている場合、内部鋼材の腐食により耐荷性能に影響を及ぼしている可能性がある。



※写真はPC桁下面のひびわれ事例

例

PC鋼材を被覆しているコンクリートにPC鋼材に沿ったひびわれ、遊離石灰等が生じている場合、水の浸入により内部鋼材の腐食が生じている可能性があり、耐荷性能に影響を及ぼしていることもある。

ハツリ前



ハツリ後



※写真はPC桁下面のひびわれ事例

例

コンクリート内に配置されたケーブルが、グラウトの充填不足等により水の浸入を要因として腐食・破断した事例。斜張橋やエクストラドーズド橋のケーブルがコンクリートで覆われている場合には、内部鋼材の変状は、コンクリートの浮き、剥離、錆汁、遊離石灰の析出となって現れることがあるので注意するのがよい。また、打音検査等でコンクリートの状態を確認するのがよい。

備考

■コンクリート内部の鋼材に腐食が疑われる場合は、ハツリや非破壊検査により内部を確認する必要性についても検討するのがよい。

 <p>※写真はPC桁下面の損傷事例</p>  <p>※写真はPC桁下面の損傷事例</p>	<p>例</p> <p>PC鋼材を被覆しているコンクリートに規則的な損傷が生じている場合、ひびわれの発生がない場合であっても、スペーサーや組立て鉄筋、せん断補強鉄筋などの腐食にともなう変色、浮き、剥離が点在することがあり、内部の鋼材の変状により耐荷性能に影響を及ぼしている場合もある。外観から得られる情報を総合的に判断して、内部の状態を推定し、耐荷性能や耐久性への影響を推定する必要がある。</p>
--	---

	<p>例</p>
--	----------

	<p>例</p>
--	----------

<p>備考</p> <p>■コンクリート内部の鋼材に腐食が疑われる場合は、ハツリや非破壊検査により内部を確認することも考えられる。</p>
---



例

ポリエチレン被覆されたエクストラドーズド橋の斜材ケーブルの定着部付近へ水が浸入し腐食・破断した事例（雪沢大橋）。



例

上記の橋の破断部の写真。目視可能なケーブルの被覆に必ずしも徴候が現れるわけではなく、また、外部での徴候から想定するよりも内部で著しい損傷が生じている場合もあるため注意が必要である。



例

上記の橋の主桁側PC定着部の事例。定着部が滞水しやすい構造となっている場合、定着部内部に水が浸入し斜材ケーブルが腐食する可能性があるため注意が必要である。



例

主ケーブルがコンクリート外部に配置されている吊床版橋のPC鋼材被覆部の損傷事例。外ケーブルの場合、ポリエチレンなど被覆により腐食に対する防食が施されていることから、被覆の損傷等、主ケーブル内への水の浸入を疑う変状が生じていないかどうか確認する。

備考

■ケーブル破断の要因としては腐食の影響だけではなく、活荷重や風荷重による疲労の影響、または、その複合も考えられるため、耐風対策のために設置されている周辺部材に損傷が生じていないかなどにも注意して、疲労の影響の可能性についても確認する必要がある。



例

主桁側定着部の付近での点検事例。  
 場合によっては、保護カバーをはずして、水の浸入や滞留、内部の腐食状況について確認することが有効な場合もある。



例

斜張橋の斜材ケーブルに異常なたわみが生じた事例。  
 地震などによりケーブルに異常なたわみが生じている場合、異常が生じたケーブルだけではなくその他のケーブルも含めて、ケーブル張力に異常が生じていたり、その他の場合に影響を及ぼしている可能性もある。



例

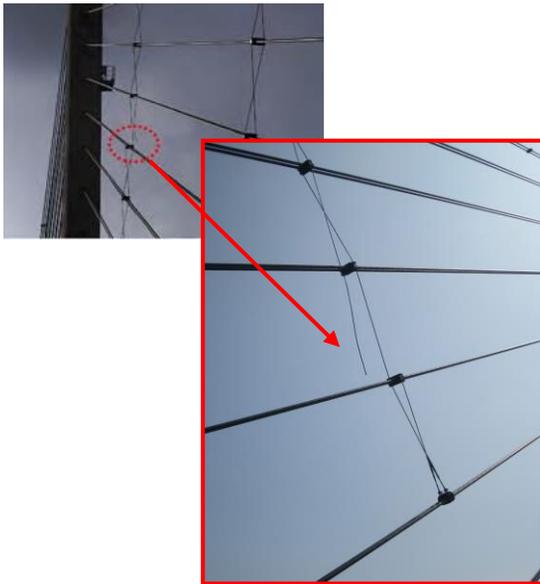
斜張橋の斜材ケーブルの被覆に損傷が生じた事例。  
 斜材ケーブルの場合、ポリエチレンなど被覆により腐食に対する防食が施されていることから、被覆の損傷等、主ケーブル内への水の浸入を疑う変状が生じていないかどうか確認する。

備考

■ケーブル内部の詳細な状態の把握の方法も検討するのがよい。



写真は、サドル部保護カバーの損傷事例



写真は、制震ワイヤの損傷事例

例

ケーブルの損傷要因としては腐食の影響だけではなく、活荷重や風荷重による疲労の影響、または、その複合作用によることも考えられる。

このため、ケーブルの耐荷性能、耐久性能の推定にあたっては、ケーブル本体のみでなく、周辺部材に損傷が生じていないかどうかを確認することが必要となる。

例

備考



例

吊橋の主ケーブルの垂鉛めっきが消耗している事例。複数の素線が束ねられているケーブルの内部の腐食が進んでいる場合もある。ケーブル内部の腐食などの異常を外観のみで正確に判断することは一般的には困難である。表面の腐食状況、内部からの錆汁の漏出の有無、防錆油の劣化や消耗の状況など外観から得られる様々な情報を総合的に判断して外観できない内部の状態を推定し、耐荷性能への影響を推定する必要がある。



例

主ケーブルに局部腐食（孔食）が見られる事例。ケーブル内部の腐食が進んでおり、耐荷性能に影響を及ぼしている場合もある。

例

備考



例

主ケーブル全体に防食機能の劣化や腐食が見られる場合、内部に既に腐食が生じていたり、点検時点では耐荷力への影響は限定的であったとしても、原因によっては、腐食が急激に進む可能性もある。



例

主ケーブルに断面減少を伴った腐食が見られる場合、既に耐荷力に影響を与えており、このまま放置すると更なる断面減少や破断等に至り、主ケーブルの耐荷性能の低下が生じる可能性がある。



例

主ケーブルに破断が見られる場合、その他のケーブルや部材等、ケーブル構造全体に影響を与えている可能性がある。



例

主ケーブルの腐食が進行し、素線に断線が見られる場合、既に耐荷力に影響を与えており、このまま放置すると更なる断面減少や破断等に至り、主ケーブルの耐荷性能の低下が生じる可能性がある。

備考

■留め具などにステンレスなど異種金属を用いている場合には、異種金属接触による著しい腐食が鋼材に生じるおそれがある。この場合、同構造の他の部位にも同時多発的に腐食が生じる可能性があるため注意が必要である。



例

束ねた素線の表面に鋼製のワイヤ（ラッピングワイヤ）を巻き付けて、その上から塗装などの防食が施されている吊橋の主ケーブルのラッピングワイヤやケーブルバンドのコーキングに損傷が生じている場合、内部のケーブルに腐食が生じている場合もある。  
ラッピングワイヤを撤去しない限り、ケーブル本体を視認することはできないため、ラッピングワイヤの塗装も含めた状態の確認とラッピングワイヤ表面に内部の異常を示す徴候がないかを注意して確認する必要がある。



例

吊橋のケーブルバンド内部のケーブルに腐食が生じている事例。  
ラッピングワイヤのある主ケーブルでもケーブルバンド部はラッピングワイヤがなく主ケーブルの素線は表面がむき出しになっている。ケーブルバンド内面と主ケーブル表面には隙間があること、ケーブルバンド端部の止水が十分でなく雨水が内部まで到達することがあることなどからケーブルバンド部の素線が腐食することもある。ケーブルバンド内部を直接確認することは困難であるが、錆汁の漏出など腐食が疑われる場合には、バンドを一時解放することも含め慎重に評価する必要がある。

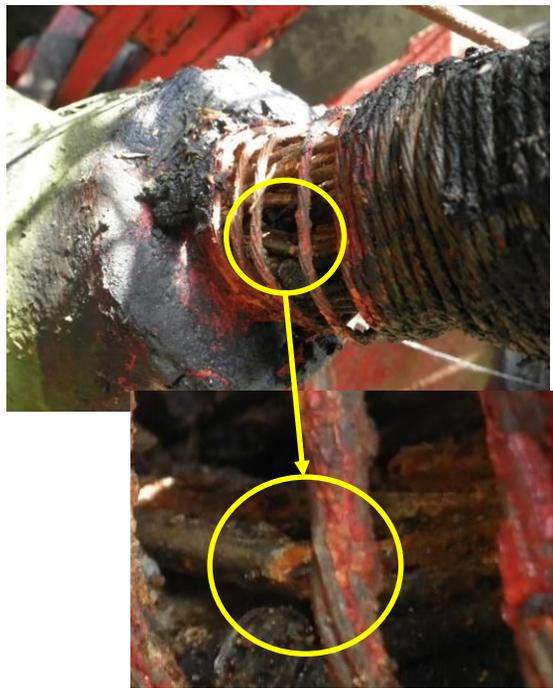
備考

■ケーブル内部の異常が疑われた場合には、耐荷力への影響を推定するにあたって、非破壊検査技術で適用可能な技術がないか確認するとともに、必要に応じてラッピングワイヤの一部撤去やワイヤにくさびを打ち込んで内部を直接目視により確認すること等も必要に応じて検討するのがよい。



例

吊橋の主ケーブルの防錆剤が劣化して防食機能が喪失している場合、原因によっては、放置されると腐食が進展する可能性がある。



例

ラッピングワイヤ内部での素線の破断が生じている場合、既に耐荷力に影響が生じており、原因によっては放置されると腐食が進展し、断面減少が生じる可能性がある。  
ケーブルは、表面に嚴重な防食が行われているため、かえって内部の腐食などの異常が外観から見つかりにくいことが多い。内部の異常が疑われる場合には、防食（防錆材、保護ワイヤなど）を撤去して内部を確認することが必要な場合もある。



例

吊橋のケーブルバンド端部付近で主ケーブルの素線に破断が生じている場合、既に耐荷力に影響が生じており、原因によっては放置されると腐食が進展し、断面減少が生じる可能性がある。  
遠望目視では把握が難しく、近接しないと適切に状態が把握できない場合が多い。

備考

■ケーブル内部の異常が疑われた場合には、耐荷力への影響を推定するにあたって、非破壊検査技術で適用可能な技術がないか確認するとともに、必要に応じてラッピングワイヤの一部撤去やワイヤにくさびを打ち込んで内部を直接目視により確認すること等も必要に応じて検討するのがよい。



## 例

ニールセンローゼ橋のクランプ付近で、ケーブルの被覆に損傷が生じ、ケーブル素線に著しい腐食が生じている場合、既に耐荷力に影響を与えている場合がある。

クランプの締め付けや、ケーブル振動によりクランプ付近の被覆に生じる局所応力の影響などにより、被覆が傷むことがあることに注意する必要がある。

クランプ近傍での素線の局所的な腐食の進行が懸念される場合や、被覆に損傷があったまま時間が経過していることも疑われる場合には、被覆内への水等の浸入により、ケーブル全体及びケーブル定着部の腐食が進行し、断面減少が生じている可能性もある。

素線の防食の状態並びに素線とクランプの材質の組み合わせによっては、異種金属接触腐食が進行することも懸念される。

部材の交差部は死角になりやすいため、近接しないと適切に状態が把握できない場合が多い。

## 備考

■ニールセンローゼ橋では、ケーブルは、活荷重の衝撃の影響、風荷重、地震の影響による応力変動が大きい場合がある。

■非破壊検査を計画、結果の解釈を行う場合には、局所的なケーブルの腐食に対する検査の適用性を考慮する必要がある。たとえば張力やケーブル長の変化が顕著でないとケーブルの振動で損傷が検知できる可能性が低いこと、局所的な腐食に対する検知の感度についてキャリブレーションが必要な可能性があることを考慮し、検討や結果の考察を行うのがよい。



例

ケーブルのシースが損傷しており、充填されているグラウトにひび割れの発生も疑われる場合、雨水等の浸入によりケーブル全体や定着部の腐食が進行し、断面減少が生じている可能性もある。  
シースはケーブルの振動によって損傷する可能性があり、また、内部のグラウトの損傷も顕著である可能性が考えられ、損傷の箇所や範囲や程度が不明であるため、耐荷力への影響を把握するためには詳細な状態の調査が必要な場合もある。

例

例

備考



例

斜張橋の主桁側定着部の口元に設けられるカバーは、定着部への水の浸入を完全に阻止できる構造となっていないものもあるので注意が必要である。保護カバーがあるため、定着部の口元を点検できない場合は、保護カバーをはずして、水の浸入や滞留、内部の腐食状況について確認することが有効な場合もある。



例

斜張橋の定着部保護カバーにケーブル定着部への滞水を防止するための水抜き等がある場合には機能しているかどうかを確認することも内部のケーブルの状態を把握するのに有効である。



例

斜張橋の主桁側定着部に、腐食により隙間が生じている場合、定着部内部に水が浸入しケーブルが腐食している可能性がある。ケーブルの角折れを緩和するためのゴム等は積極的に防水性を期待した設計・施工とはなっていない場合があるため注意が必要である。



例

定着具保護カバー内の定着部の鋼材が一部腐食している事例。保護カバー内の充填材の充填が不十分な場合があり、斜材内に水が浸入すると、伝って定着部まで水が浸入し、腐食することも懸念される。点検では打音などにより保護カバー内の空隙の有無を確認することも有効である。

備考



例

ケーブルの定着部に腐食が生じている場合、定着部から内部に腐食因子が侵入している可能性があり、内部の鋼材が腐食する可能性もある。  
伸縮装置からの水の浸入など、他の部材の排水機能の低下についても注意が必要である。



例

定着部がコンクリート内に埋め込まれている場合、打継目が水みちとなり、逃げ道のない跡埋め部に水が滞留する可能性もある。滞留した水はPC鋼材の腐食の要因となり鋼材の破断に至る場合もある。  
(写真は撤去桁の上縁定着部)



例

定着部に遊離石灰が生じている場合、PC鋼材の防食機能の低下が生じていると鋼材の腐食などにより耐荷力に影響を与える可能性がある。  
保護カバーや保護コンクリートの状態を確認するとともに、水の浸入経路について確認することが重要である。

例

備考

■定着部内の引張材の腐食や破断などの異常を外観のみで正確に判断することは困難であり、内部からの錆汁の漏出、定着部からの水の浸入の状況など外観から得られる様々な情報を総合的に判断して外観出来ない内部の状態も推定する必要がある。

・ペンデル支承の破断やその定着部の抜け出しが生じると、端支点で橋体が浮き上がり、橋全体の安全性に影響を及ぼすとともに、橋の機能回復が著しく困難になる。

	<p><b>例</b></p> <p>ペンデル支承のアンカーボルトの破断事例。 水が滞留しやすい構造では、湿潤環境により、腐食が進展しやすく、環境が改善されないと破断に至る可能性がある。</p>
---	---

	<p><b>例</b></p> <p>浮上がり防止のための部材アンカーボルトの抜け出し、破断により、負反力に対する支持機能を失い桁が浮き上がった事例。定着部コンクリートのひびわれなど、アンカーボルトの引張耐力の低下を疑う余地がないか確認する必要がある。</p>
--	--

	<p><b>例</b></p> <p>ペンデル支承に腐食が生じている場合、腐食による板厚減少等によって応力集中しやすくなり、破断や亀裂が生じる可能性もある。 また、ピン等、部材接合があることも多く、応力状態としても腐食環境としても弱点になりやすいので、接合部の状態も確認する必要がある。</p>
---	---

**備考**

- ・サドルは、ケーブル張力による押しつけで滑り抵抗を確保し、ケーブル位置を保持する部材である。
- ・サドルでケーブルの抜け出しやゆるみやすべりが生じると、径間のケーブル長さが変わるためケーブル構造のバランスが崩れ、橋全体の安全性に影響を及ぼす可能性がある。

- ・ サドルの代表的な例としては以下が挙げられる。

- ・ 塔頂サドルの例



小規模な吊橋では主ケーブル自体の押しつけ力が必要な摩擦力を得るのに不足するため、プレートによって上から締め付けて押しつけ力を補強している場合もある。

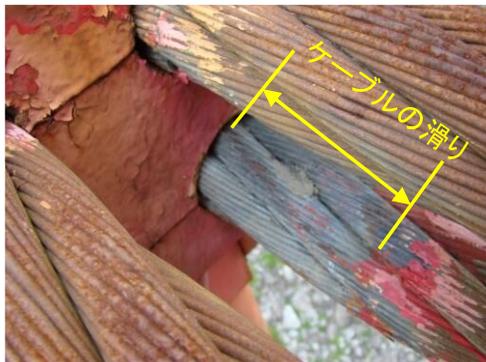
- ・ スプレイスドルの例



- ・ その他、様々な形状のものがある。

#### 備考

■サドル内部は直接視認出来ないことが多く、内部やサドル出入り口付近で主ケーブルに腐食が生じていないか慎重に確認する必要がある。



例

主ケーブルの素線の一部破断により塔頂サドルでケーブルの抜け出しが生じた事例。サドル部でケーブルに滑りが生じた場合、径間のケーブル長さが変わるため、ケーブル構造のバランスが崩れるなど、橋全体に致命的な影響を及ぼす危険性があるため注意が必要である。

吊橋は部材の破断や定着部の異常が全体の形状に影響を与えやすいため、異常の徴候が線形等から発見できる場合がある。



例

塔頂サドルを固定するボルトが脱落している場合、プレートからの締め付け力が低下し、すべりが生じやすくなっている可能性がある。ボルトの緩みやプレートの異常、抜け出し痕が無いかなどについて注意して状態を把握する必要がある。



例

塔頂サドルに腐食が見られる場合、確認時点では固定するボルトの締め付け力に影響を及ぼしていない場合でも、原因によってはプレートやボルトに腐食が進行し、締め付け力が低下する場合もある。

備考



例

締め付けプレートのない塔頂サドルのケーブル素線に腐食が生じている場合、確認時点では滑り抵抗が確保できている場合でも、このまま腐食が進行し、素線が破断すると、ケーブルにすべりが生じる可能性がある。  
また、素線の表面だけでなく、内部が腐食している場合もあることに注意する必要がある。

例

例

例

備考

- ・吊橋のケーブルバンドは、主ケーブルに吊り材を取り付けるための接続部材である。一般にバンドボルトの締め付け力による摩擦で固定されており、バンドボルトの軸力が低下するなど、摩擦力が低下するとバンドと主ケーブルに滑りが生じる可能性がある。
- ・ケーブルバンドの滑りにともない、ケーブル構造のバランスが崩れ、橋全体の安全性に影響を及ぼす可能性がある。

- ・ 吊橋のケーブルバンドの代表的な例としては以下が挙げられる。



- ・ その他、様々な形状のものがある。

- ・ バンドボルトの軸力が低下する要因としては、ボルトのリラクゼーションやケーブルの素線のクリープ、ケーブル再配列に伴う空隙の縮小などがあるほか、ケーブルバンド締め付け後に荷重条件の変化によって張力を増大した場合などにも低下する可能性がある。特に大規模橋梁でケーブル径が太いほど軸力低下によるすべりリスクが大きくなることから、軸力の低下に対して増し締めを行うとなるなど、適切な管理を行うことが重要となる。
- ・ ケーブルバンドのすべりに対する安全率は設計上は3～4以上を確保するように考えられていることが多いが、実際には施工のばらつきや束ねられるケーブルの空隙率の変化などの様々な不確実性の影響があるため、供用中は常にバンドの位置ずれが生じていないことを確認するとともに、締め付け力の低下の徴候がないか注意する必要がある。

備考

■ ケーブルバンドには様々な形状のものがあり、形状毎に性質などが異なる。状態の把握にあたってはその特性を把握した上で構造安全性や耐久性に関わる異常やその徴候を的確に判断する必要がある。



例

吊橋のケーブルバンドのボルトに腐食が生じている場合、ケーブルバンドに腐食（異種金属接触腐食も含む）やボルトのゆるみによるすべりが生じる場合もある。



例

吊り材のケーブル側定着部にクリップが用いられている場合、クリップが正しく施工されていないと締め付け力の効率が著しく低下することにより、吊り材から外れる場合もある。適切に施工されているかどうかなど止め方について注意して確認する必要がある。



例

吊り材のケーブル側定着部に腐食が生じている場合、締め付け力が低下すると、吊り材から外れる可能性もある。



例

吊り材のケーブル側定着部に腐食が生じている場合、確認時点では耐荷力に影響が限定的であっても、環境が改善されないままであれば定着部が破断する可能性もある。

備考

■留め具などにステンレスなど異種金属を用いている場合には、異種金属接触による著しい腐食が鋼材に生じるおそれがある。この場合、同構造の他の部材にも同時多発的に腐食が生じる可能性があるため注意が必要である。



例

吊り材を接続しているワイヤクリップに腐食が生じている場合、すべりが生じ、吊り材が破断する可能性がある。  
ボルトの緩みや腐食が生じていないか確認する必要がある。



例

アーチ橋の吊り材固定金具のボルトに腐食が生じている事例。腐食により固定金具が緩むと、ケーブルに過度な振動が生じ、疲労損傷の要因となることや、ケーブル同士が接触し、損傷する可能性もあるため注意が必要である。



例

アーチ橋の吊り材（ケーブル）固定金具部で吊り材の被覆が損傷している事例。固定金具により吊り材が締め付けられている箇所では被覆材が圧縮変形し損傷が生じる可能性がある。また、固定金具近傍においても、風等による振動で固定金具より外力を受け、被覆材に損傷が生じる可能性がある。



備考

- ・ケーブルや吊り材の定着部における定着方法には様々な種類がある。
- ・定着部でケーブルの抜け出しやゆるみが生じると、ケーブル構造のバランスが崩れ、橋全体の安全性に影響を及ぼす可能性がある。
- ・定着部内のケーブルの破断にともない、支持していた荷重や衝撃の影響が他の部材やケーブルに影響を与えることで、ケーブル構造のバランスが崩れたり他の部材やケーブルの損傷につながるなど、橋全体の安全性に影響を及ぼす可能性がある。

- ・ ケーブルや吊り材の定着方法の代表的な例としては以下が挙げられる。

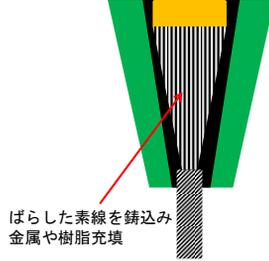
・ ソケット形式の例  
ハンガー



アンカレイジ



ソケットの構造の例



・ ピンの例

ハンガー



ハンガー



ハンガー



ハンガー



センターステイ



・ ねじ、カップラー、ターンバックルの例

センターステイ



ハンガー



主ケーブルがロッドに  
定着されている例



・ その他の例

圧縮め方式



クリップ



- ・ その他、様々な定着方法がある。

備考

■定着方法ごとに腐食環境や防食仕様、応力分布が異なるため、定着方法ごとに防食や疲労の弱点となる箇所も異なることに注意が必要である。



例

吊り材の桁側定着部に腐食が生じている場合、可動機能の低下が生じると、設計で想定しない局部応力が生じる可能性があり、ロッドのねじ部やソケット定着部の口元のケーブル素線で疲労により亀裂が発生する可能性もある。



例

吊り材の桁側定着部が溶接により接続されている場合、車両荷重や風荷重などにより繰り返し応力の影響を受けやすく、溶接部では疲労により亀裂が発生する可能性もある。



例

吊り材の桁側定着部のボルトに腐食が生じている場合、確認時点では引張力に対する耐荷力に影響が無くても、原因によっては、環境が改善されないと、腐食が進行し、断面欠損や破断に至るなど、耐荷力の低下が生じる可能性もある。

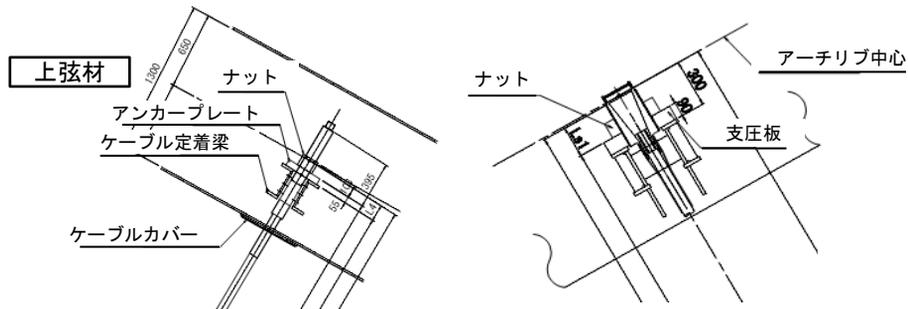
例

備考

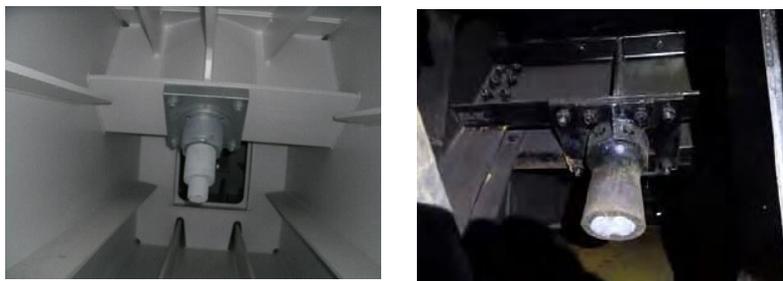
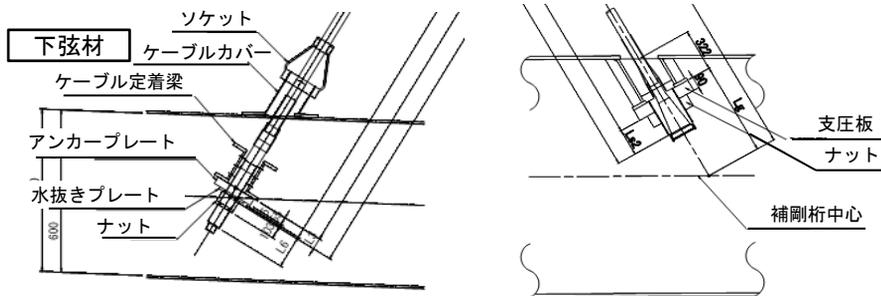
- ・アーチ橋の吊り材定着部は弦材の内部に位置する場合がありますが、構造は様々であるが、いずれも近接しなければ確認が困難である。
- ・定着部は構造上確認しづらいことが多く、その損傷も一層確認しづらいものとなる。必要に応じて手鏡やカメラ、非破壊検査等を用いて確認するほか、周辺の腐食環境等にも注意する必要がある。

- ・アーチ橋の吊り材定着部の構造の代表例としては以下が挙げられる。

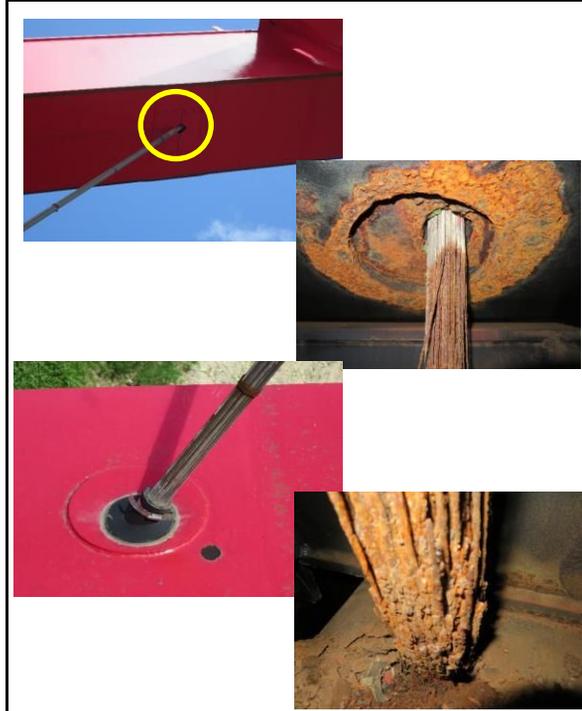
・上弦材側定着部の例



・下弦材側定着部の例



備考



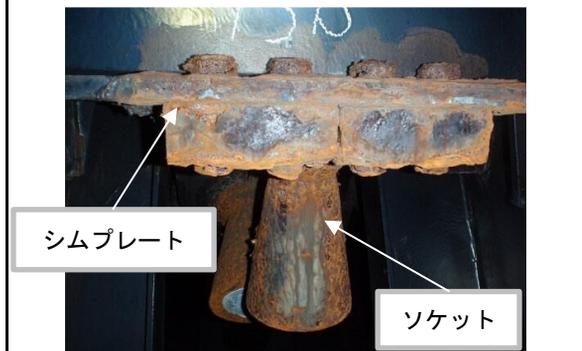
例

部材内部のケーブル定着部に著しい腐食が生じた事例。部材表面では腐食等の変状が確認できない場合であっても、ケーブル定着部やケーブルに腐食が生じ、耐荷力に影響が生じている場合もある。部材内部のケーブル定着部の状態を確認する必要がある。



例

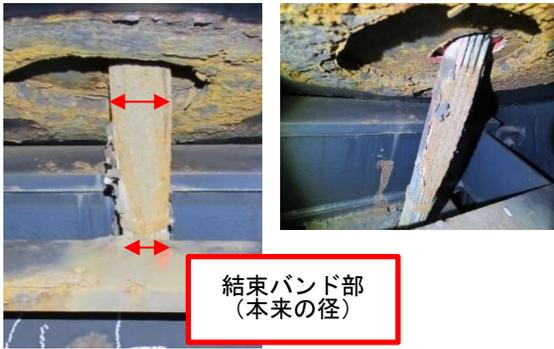
ケーブルと定着部への引き込み孔が接触している場合、被覆に割れなどが生じることで、防食上の弱点となっている可能性もある。ケーブルの振動などにより、周辺部材に損傷が生じていないかどうかなどにも注意するのがよい。



例

アーチ橋の下弦材内部の吊り材の定着部のソケットや定着構造（シムプレートなど）に腐食が生じている場合、ケーブル内部にも腐食が生じている場合もある。吊り材が定着構造に隠れる部分については、吊り材を直接確認することが難しいため、これら周辺部材の状態を確認することで内部の状態を推定する必要がある。

備考



結束バンド部  
(本来の径)

例

吊り材の径が本来のものより大きくなっている場合、吊り材内部の腐食膨張が生じている可能性がある。

吊り材は、外側の素線から腐食が進むとは限らず、外観に腐食が確認できない場合でも内部が腐食している可能性があることに留意が必要である。



例

アーチ下弦材側の引込み部で、口元部分に施された防水構造の劣化や下弦材本体に腐食が生じている場合、弦材の内部で腐食が生じ、耐荷力に影響を及ぼしている可能性がある。

口元部分はシールされているが、経年により劣化が生じることに注意が必要である。

備考



例

アーチ橋の上弦材側の吊り材引き込み部において鋼製カバーが腐食し、脱落しかけている場合、定着部の状態によっては、確認時点では影響がない場合であっても、環境が改善されず放置されると、第三者や道路利用者被害につながる可能性がある。



例

アーチ橋の吊り材引き込み部で吊り材と上弦材が接触している場合、風等の振動により、ケーブル本体に疲労による亀裂が生じ、耐荷力が低下する可能性がある。



例

アーチ橋の上弦材内部に鳥の巣らしき稲藁が堆積している場合、糞や死骸等が水分を保持し、腐食に繋がる可能性がある。除去し無ければ、覆われていた箇所の状態を適切に把握できない場合が多い。吊り材引き込み部において弦材と吊り材の隙間が大きい場合には鳥類が侵入する可能性があることに注意する必要がある。

備考

・アンカレイジは、主ケーブルが定着される部材であり、主ケーブルの張力の全てを負担する部材である。  
 ・大規模な吊橋のアンカレイジでは、アンカーフレームの大半はコンクリートに埋め込まれ、主ケーブルは、ある単位ごとにアンカーフレームに分担させて定着される。小規模な吊橋では、スプレイ室やサドルがなく、直接地山と一体となった構造もある。

・吊橋のアンカレイジにおける代表的な定着構造の例としては以下が挙げられる。

・主ケーブル定着部が1箇所の例

地山に定着



コンクリートに直接埋込み



ターンバックルによる接続



ワイヤークリップによる端末処理



アンカーフレームに定着



アンカーフレーム

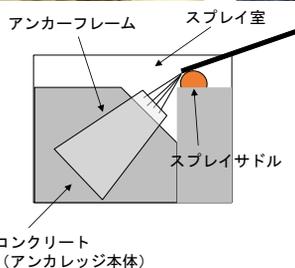


・主ケーブル定着部が複数分かれている例

アンカーフレームに分散させて定着



建屋内に定着部が格納されていても結露などで腐食することもある。



・その他、様々な種類のものがある。

備考

- アンカレイジにはサドル、アンカーフレーム、スプレイ室などがあり、その構成は橋毎に異なる。
- 点検にあたって、埋込部の内部を含めた定着部全体の異常の有無や徴候を確認する必要がある。



例

ケーブルが地盤に定着されている場合、水分の浸入等により、内部で腐食が進行している可能性がある。ケーブルが複数本配置されていたとしても、それらが同様の腐食環境におかれている場合は、腐食が同時に進行する可能性があることに注意が必要である。



例

ワイヤクリップにより定着されている場合、1つのワイヤクリップが腐食により緩むと、連鎖的にすべり、荷重の支持能力を失う可能性もある。また、ワイヤクリップが同様の腐食環境にある場合、腐食が同時に進行する可能性があることに注意が必要である。



例

留め具などにステンレスなど異種金属を用いている場合には、異種金属接触による著しい腐食が鋼材に生じ、環境が改善されなければ、急速に板厚減少や破断等が生じる可能性がある。この場合、同構造の他の部材にも同時多発的に腐食が生じる可能性があるため注意が必要である。また、腐食等によりターンバックル内部に水の浸入や滞水が生じると、内部から腐食が進展する可能性もある。



備考



例

主ケーブルのアンカー部に素線の断線が見られる場合、耐荷力への影響は限定的であっても、環境が改善されないと腐食が進行し、耐荷力に影響を及ぼす可能性があることに注意が必要である。



例

主ケーブルの定着部に素線の断線が見られる場合、耐荷力への影響は限定的であっても、環境が改善されないと腐食が進行し、耐荷力に影響を及ぼす可能性があることに注意が必要である。



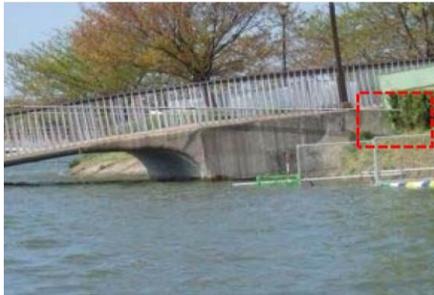
例

耐風索の定着部で土砂の堆積が見られる場合、滞水等により腐食が生じている可能性もある。環境が改善されないと腐食が進行し、耐荷力に影響を及ぼす可能性があることに注意が必要である。

例

備考

・吊床版橋などで、橋台に常時引張力に抵抗している構造となっている場合、鉄筋が腐食により破断し構造としての一体性を失うと、橋全体の安全性に影響を及ぼす可能性がある。



出典：粕屋町水鳥橋復旧検討委員会、委員会報告（概要版）

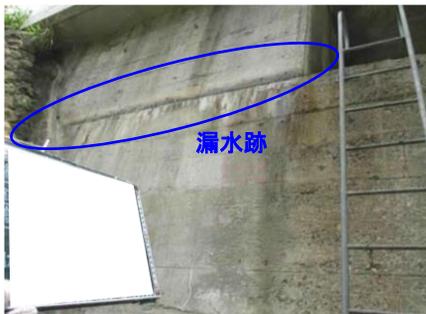
例

落橋した吊床版橋の橋台（水鳥橋）。橋台の打継目等から水の浸入を疑う変状がある場合、内部の鉄筋が腐食・破断する可能性がある。（本事例では破断した結果、橋台が支間側に大きく回転している。）



例

橋台が移動している事例。橋台の打継目等から水の浸入を疑う変状がある場合、内部の鉄筋が腐食すると、構造としての一体性を失い、移動する場合もある。



例

橋台の打継目に漏水が生じている事例。ケーブル定着部が埋め込まれて常に引張力に抵抗している橋台の場合、鉄筋の腐食・破断により部材としての一体性が失われ、橋全体の安全性が失われることも考えられる。



例

コンクリート部材の施工時に設けた開口がコンクリートや無収縮モルタルで跡埋めされている橋台の跡埋め部に漏水が生じている場合、打継目からの水の浸入により、内部の補強鉄筋が腐食するし、構造としての一体性を失う場合もある。

備考

・グラウンドアンカーの破断にともない、支持していた荷重や衝撃の影響がその他のグラウンドアンカーに影響を与えることで、他のグラウンドアンカーの損傷につながるなど、橋台の安定性が失われる場合は、橋全体の安全性に影響を及ぼす可能性がある。



出典：グラウンドアンカー維持管理マニュアル：独立行政法人  
土木研究所，社団法人日本アンカー協会：鹿島出版会

例

グラウンドアンカーの保護カバー内の防錆油等の充填材が漏出している場合、定着部の鋼材の腐食が進行したり、腐食によりグラウンドアンカー引張力に影響が生じている可能性も考えられる。



出典：グラウンドアンカー維持管理マニュアル：独立行政法人  
土木研究所，社団法人日本アンカー協会：鹿島出版会

例

グラウンドアンカーの頭部コンクリートに浮き上がりやズレが生じている場合、PC鋼材の損傷や地盤の変状などが生じ、グラウンドアンカー引張力に影響が生じている可能性も考えられる。



出典：グラウンドアンカー維持管理マニュアル：独立行政法人  
土木研究所，社団法人日本アンカー協会：鹿島出版会

例

グラウンドアンカー定着部から漏水や析出物が生じている場合、定着部の内部や土中でPC鋼材が腐食し、グラウンドアンカー引張力に影響が生じている可能性も考えられる。

例

備考

・吊り材は、桁を懸垂するための部材で、補剛桁の死荷重や補剛桁に作用する活荷重等の荷重を吊橋では主ケーブルに、アーチ橋ではアーチリブに伝達する部材である。  
 ・吊り材の破断にともない、支持していた荷重や衝撃の影響がその他の吊り材に影響を与えることで、ケーブル構造のバランスが崩れたり他の部材や吊り材の損傷につながるなど、橋全体の安全性に影響を及ぼす可能性がある。

・ 吊り材の代表的な例としては以下が挙げられる。

・ワイヤ形式の例

より線



より線



平行線



被覆されたハンガーに制震ロープが配置されている例



・鋼製ロッドの例



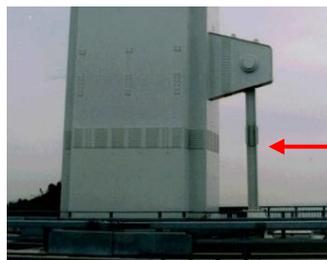
ターンバックル

・PC鋼棒の例



ステンレスの管で保護されている

・タワーリンクの例



リンク本体

塔位置で塔から直接桁を吊る機構で、大型の鋼板を用いた「両ピン」部材が一般的である。

・ その他、様々な種類のものがある。

備考

■吊り材には様々な種類が使われており、種類毎に機械的性質や安全率、防食仕様なども異なる。状態の把握にあたっては、吊り材の種類を特定してその特性や構造を把握した上で、耐荷性能や耐久性等に関わる異常やその徴候の有無を的確に判断する必要がある。

- ・ ステイ材、耐風索は吊橋の風による振動を抑制するための部材である。
- ・ 振動抑制のために設置されたステイ材や耐風索のゆるみや破断は、耐風安定性の低下や各部の疲労耐久性の低下につながる可能性がある。

- ・ ステイ材、耐風索の代表的な例としては以下が挙げられる。

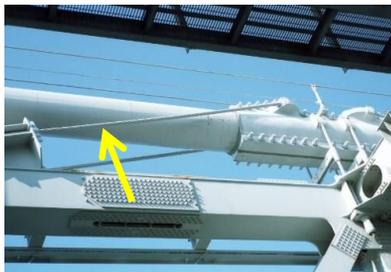
- ・ ステイ材（主ケーブルと桁を斜めに連結する部材）の例

センターステイ

鋼製ロッド



より線(亜鉛めっき+塗装)



- ・ 耐風索（桁を斜め下方方向に引っ張ることで上方方向に引っ張るハンガーと共同して桁の動きを抑制する部材）の例



- ・ その他、様々な種類のものがある。

備考

■ ステイ材や耐風索の損傷（破断、ゆるみ）は橋の各部の疲労耐久性の低下に繋がる可能性があるため、破断、腐食等による能力低下、弛緩による能力低下などが生じていないか確認する必要がある。



## 例

ケーブルタイプのハンガー表面に腐食が生じている場合、内部の鋼材も腐食し、荷重伝達機能に影響を与えている可能性もある。

ハンガーは振動や雨水の流下・滞留によって厳しい腐食環境となることが多く、表面の腐食状況を確認するのみならず内部の腐食の発生についても注意が必要である。



## 例

吊橋のハンガーのケーブル表面に局所的な腐食が生じている場合であっても、内部に断面減少を伴う著しい腐食が生じ、荷重伝達機能に影響を与えている可能性もある。

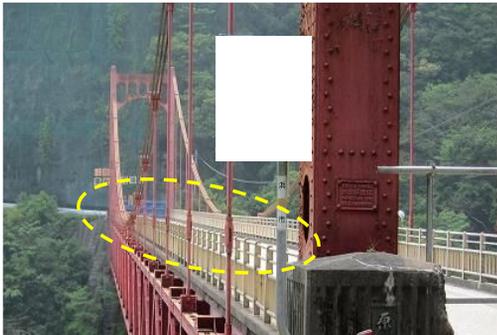
ワイヤでは、表面の腐食状況を確認するのみならず内部の腐食の発生についても注意が必要である。



## 例

吊橋のハンガーのソケットに防食機能の劣化や腐食が生じている場合、ソケットやハンガー内部へ雨水の浸入が生じ、腐食が進行している可能性もある。

## 備考



例

吊橋のハンガーの鋼製ロッドのねじ部で亀裂が生じている事例。

ねじ部の防食機能の劣化により、腐食が発生した場合、口元やロッドなどの高い応力が生じるねじ部では亀裂が生じ、橋全体の安全性に影響を与える可能性もある。

塗装が劣化し塗膜割れが発生している場合などは亀裂などの損傷を容易に発見することが難しくなる。

なお、鋼製ロッドのねじ部は、締め込みで塗装が損傷しやすいなど、防食の弱点となる可能性が高い。



例

吊橋のハンガーの鋼製ロッドに破断が生じている場合、橋全体の安全性に影響を与える可能性もある。

ロッドのねじ部は応力集中による亀裂が生じやすい部位であり、風や活荷重による振動、応力変動がある場合ほど亀裂が生じやすくなる。防食機能の低下や腐食を生じているとさらに亀裂が生じやすくなることに注意が必要である。



例

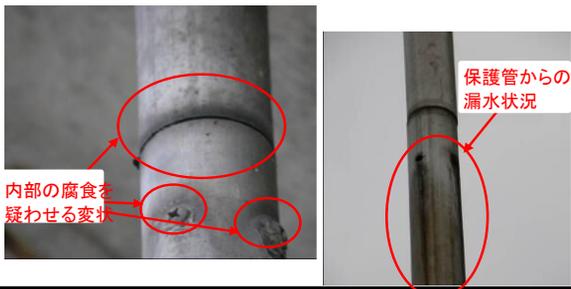
吊橋の耐風索に破断が生じている事例。

制振対策のために設置された耐風索のゆるみや破断が生じている場合、耐風安定性の低下や橋の各部の疲労耐久性の低下につながる可能性がある。

備考



保護管の滞水状況



例

アーチ橋の吊り材に腐食による断面欠損が生じている事例。  
 保護管の継ぎ目などに水の浸入の疑いがある変状がある場合は、既に内部鋼材の腐食により断面欠損等が生じ、引張力に対する耐荷力が低下している場合もある。  
 施工不良や劣化等により保護管と鋼材の間に隙間があり、保護管の継ぎ目での防水処理等が不十分な場合や劣化しやすい材料を用いている場合は、水の浸入が生じやすく、内部の鋼材に腐食が生じる場合がある。特に下部は、保護管内部に浸透した雨水等が流下して溜まり、鋼材に著しい腐食が生じる場合がある。  
 保護管の内部を直接確認できない場合は、保護管の損傷や保護管からの漏水がないかなど周囲の状況から内部の状況を推測する必要がある。



破断

例

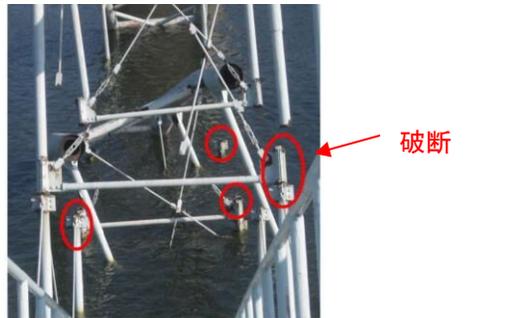
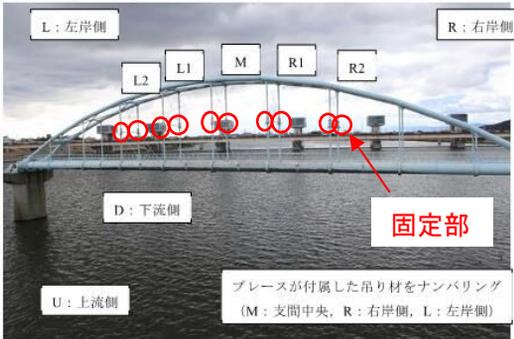
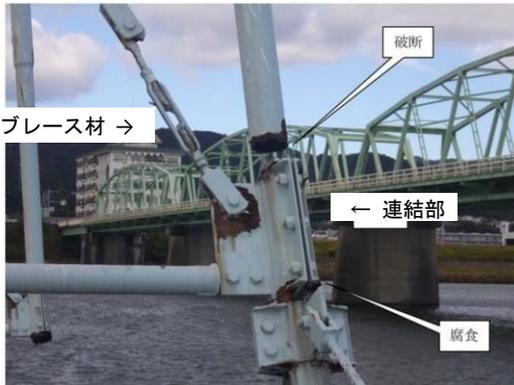
アーチ橋の吊り材（鋼管）固定金具部近傍で吊り材に腐食や断面欠損、破断が生じている場合、既に引張力に対する耐荷力が喪失しており、橋全体の安全性に影響が生じている場合もある。  
 固定金具部及びその近傍は、吊り材を流下する水などが堆積しやすいだけでなく、吊り材が振動する場合などに塗膜に損傷が生じ、局所的に著しい腐食が生じる可能性もある。

備考

■保護管や留め具などにステンレスなど異種金属を用いている場合には、異種金属接触による著しい腐食が鋼材に生じるおそれがある。この場合、同構造の他の部材にも同時多発的に腐食が生じる可能性があるため注意が必要である。



吊り材 ↓



例

アーチ橋の吊り材に腐食、破断が生じ、落橋した例。  
 吊り材途中に固定部があると、吊り材を流下する水などが堆積しやすいだけでなく、吊り材が振動する場合などに防食が傷み、局所的に著しい腐食が生じ、引張力に対する耐荷力が低下することがある。  
 部材の交差部は死角になりやすいため、近接して状態を確認する必要がある。腐食による耐荷力への影響を把握するためには、吊り材の治具を外し、治具内部の吊り材の状態を確認することも必要に応じて検討する。

備考



例

アーチ橋の吊り材のコンクリート埋め込み部に漏水やひびわれが生じている事例。埋め込まれている部分は、隙間やひびわれなどの変状が生じやすく、それらが内部鋼材損傷の原因となる場合がある。漏水状況などから外観目視できない埋込部内部の損傷も推定する必要がある。



例

ターンバックルの破断事例（再掲）。腐食等によりターンバックル内部に水の浸入や滞水が生じると、内部から腐食が進展し、引張力に対する耐荷力の低下、破断等による耐荷力喪失に至る場合もある。

備考





例

外ケーブル補強工法の定着部にプレストレスによりひびわれが生じている場合、既設部材との定着構造にも影響が生じ、所定のプレストレスが導入されないことで補強効果が発揮されず、耐荷力の低下につながる可能性もある。  
定着部自体のひびわれや亀裂、腐食などの他に、既設部材からの浮き上がりやズレがないかなどを確認することも重要である。



例

外ケーブル補強工法の鋼製の定着部に腐食が見られる場合、定着部から内部に腐食因子が侵入し、接合部の耐荷力が低下し、所定のプレストレスが導入されないことで補強効果が発揮されず、既設部材の耐荷力の低下につながる可能性もある。  
水を浸入させない構造となっているか、滞水しやすい構造となっていないかなど、内部への腐食因子の影響を推定する必要がある。



例

外ケーブル補強工法の定着具の保護カバー内の防錆油等の充填材が漏出している場合、定着部の鋼材の腐食が進行したり、腐食により所定のプレストレスが導入されないことで補強効果が発揮されず、既設部材の耐荷力の低下につながる可能性もある。



例

外ケーブルの偏向部にひびわれが生じているなど損傷している場合、外ケーブルに角折れが生じたり、所定のプレストレスが導入されないことで補強効果が発揮されず、既設部材の耐荷力の低下につながる可能性もある。

備考

■外ケーブル補強工法では、定着部や偏向部を設ける既設部材にもプレストレスにより複雑な応力が発生するため、新設部、既設部双方の耐荷性能や耐久性が保たれていることを確認する必要がある。

・ダブルックバンド橋では鉛直PC鋼材の破断にともない、支持していた荷重や衝撃の影響がその他のPC鋼材に影響を与えることで、他のPC鋼材の損傷につながる。荷重支持機能を喪失すると、端支点で橋体が浮き上がり、橋全体の安定性に影響を及ぼす可能性がある。



※写真は中央ヒンジを有する橋梁に異常なたわみが生じている事例。

例

ダブルックバンド橋の支間中央付近に異常なたわみが生じている場合、PC鋼材が損傷し、引張力に対する耐荷力が低下している可能性もある。  
詳細な状態の把握の実施を検討するなど慎重な評価が必要となる。



浮き上がりが無いか確認する

例

ダブルックバンド橋の端支点部に浮き上がりが生じている場合、PC鋼材が損傷し、引張力に対する耐荷力が低下している可能性もある。  
詳細な状態の把握の実施を検討するなど慎重な評価が必要となる。

例

例

備考

■ 支承周辺等、狭隘部の点検では手鏡等を用いて目視することも有効である。



全景写真



橋台前面の錆



## 例

鉛直PC鋼材の破断によって、主桁端部が浮き上がり、路面に段差が生じた事例。

鋼材が直接確認できない場合であっても、支間がアンバランスな構造の場合は、鉛直PC鋼材で橋台に定着されている構造である可能性を疑うのがよい。

橋台前面に錆汁や滞水が確認される場合、鉛直PC鋼材が損傷し引張力に対する耐荷力が低下している場合もある。

詳細な状態の把握の実施を検討するなど慎重な評価が必要となる。

## 備考

- 鋼材が見えない場合には、鋼材の様子を直接確認することも検討する。
- 既往の調査例では、非破壊検査では破断位置の特定などが困難であった例もあり、調査の計画、計測結果の評価・活用にあたっては、調査目的に応じた適切な検討、考察が必要になる。
- 調査のためにコンクリートを削孔するにあたっては、PC鋼材の突出の可能性を考慮して、削孔の位置や向きを検討するのがよい。



例

ドウルックバンド橋の端支点部において、鉛直PC鋼材の露出部が腐食、断面減少している場合、既に引張力に対する耐荷力が低下している。

PC鋼材はゴムや樹脂などの被覆により腐食に対して防食されている場合が多い。直接PC鋼材が目視できる場合は、腐食が生じていないかどうか確認する必要がある。ノギスなどで断面の減少を直接確認することも有効である。

被覆等により直接目視できない場合は、滞水しやすい構造となっていないかどうか、被覆に損傷が生じていないかどうかなど、水の浸入の可能性について確認し、内部鋼材の腐食の可能性について推定する。



被覆開封前



被覆開封後

例

ゴム被覆で防食された鉛直PC鋼棒の腐食が確認された事例。

他の鉛直PC鋼棒に腐食・破断が生じており、被覆が残っているPC鋼棒を開封すると腐食が確認された。

鉛直PC鋼材が複数本配置されていたとしても、それらが同様の腐食環境におかれている場合は、腐食が同時に進行する可能性があることに注意が必要である。

備考



例

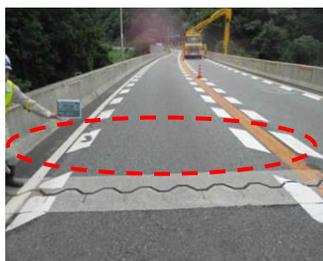
ダブルックバンド橋の水平PC鋼材が桁内に定着されている事例。  
桁内にひびわれが生じている場合、ひびわれから内部に水が浸入し、内部鋼材の腐食が生じる可能性もある。



※写真はダブルックバンド橋の箱桁内の状態。

例

床版に貫通ひびわれが生じ、桁内へ漏水している事例。  
コンクリート桁の桁内へ水が浸入している場合、環境が改善されないと桁内部からの水の浸入により、PC鋼材の腐食が生じる可能性もある。



※写真はダブルックバンド橋の定着部付近の舗装の状態。異常は見られない。

例

ダブルックバンド橋のPC鋼材の定着部が桁上縁に設けられている場合で、舗装の状態や橋面からの水の浸入の疑いがある場合は、桁内部のPC鋼材に腐食が生じている可能性もある。

例

備考



## 参考資料4

コンクリート床版橋における  
横締めPC鋼材の突出例



#### 参考資料4. コンクリート床版橋における横締めPC鋼材の突出例

本参考資料は、これまでの定期点検結果やコンクリート床版橋における横締めPC鋼材の突出事例をもとに、定期点検の留意事項をまとめたものである。定期点検等、適宜、道路橋の維持管理において参考するとよい。

## 目 次

1. 横締め PC 鋼材の突出事故の事例 .....	参 4- 1
2. プレテンション PC 床版橋の構造概要 .....	参 4- 4
2.1 プレテンション PC 床版橋の構造概要 .....	参 4- 4
2.2 構造が横締め PC 鋼材の破断・突出に及ぼす影響の例 .....	参 4- 9
2.3 補強材に関する注意点 .....	参 4-13
3. 定期点検の留意事項 .....	参 4-16

## 1. 横締め PC 鋼材の突出事故の事例

プレテンション PC 床版橋(図 1.1) は、工場で製作されたプレキャスト PC 桁を現地で架設し、桁間に間詰めコンクリートを打設後、横締め PC 鋼材により一体化させた構造である。これまでに、これらの構造を有する床版橋で、横締め PC 鋼材が破断し、橋梁外部へ突出した不具合事例が複数報告されている。

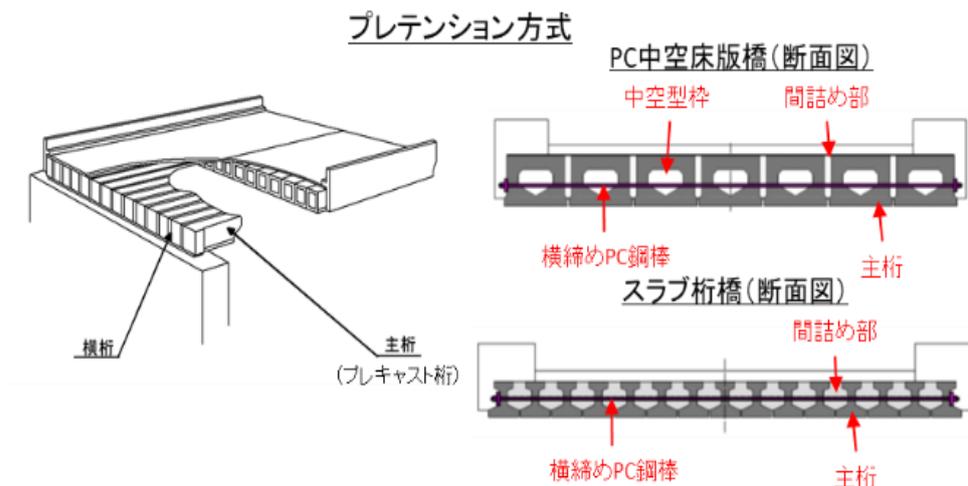


図 1.1 プレテンション PC 床版橋

横締め PC 鋼材の破断及び突出の主な発生要因は、PC 鋼材の腐食である。腐食によって、鋼材断面の減少が生じ、破断及び突出が発生する。腐食し断面減少した PC 鋼材の破断及び突出のきっかけとなる要因は様々なものが考えられる。例えば、活荷重による衝撃の影響などがきっかけになることが考えられる。PC 鋼材の突出メカニズムを図 1.2 に示す。

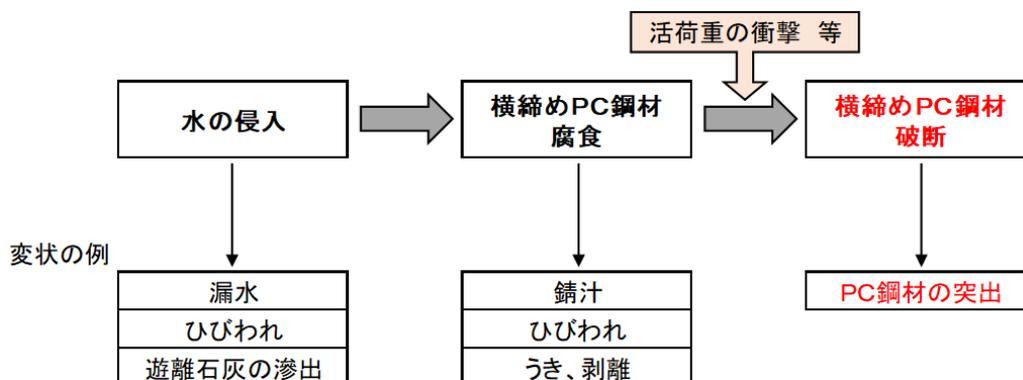


図 1.2 PC 鋼材の破断・突出メカニズム

プレテンション PC 床版橋の横締め PC 鋼材の突出事例を写真 1.1 に示す。

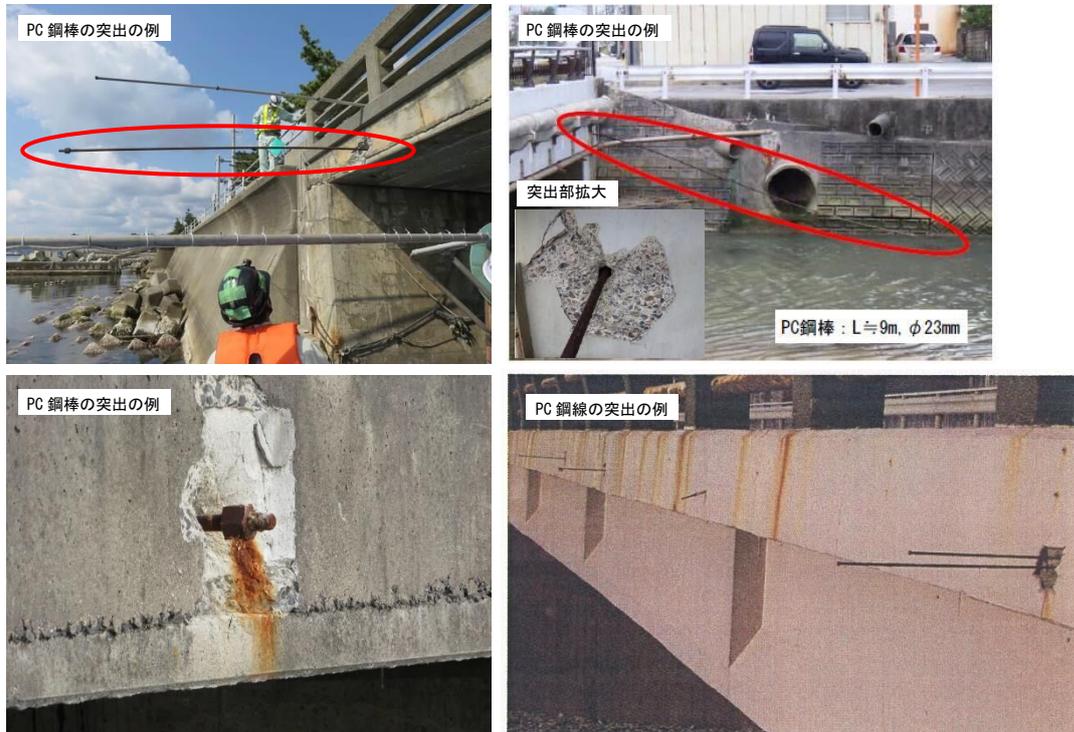
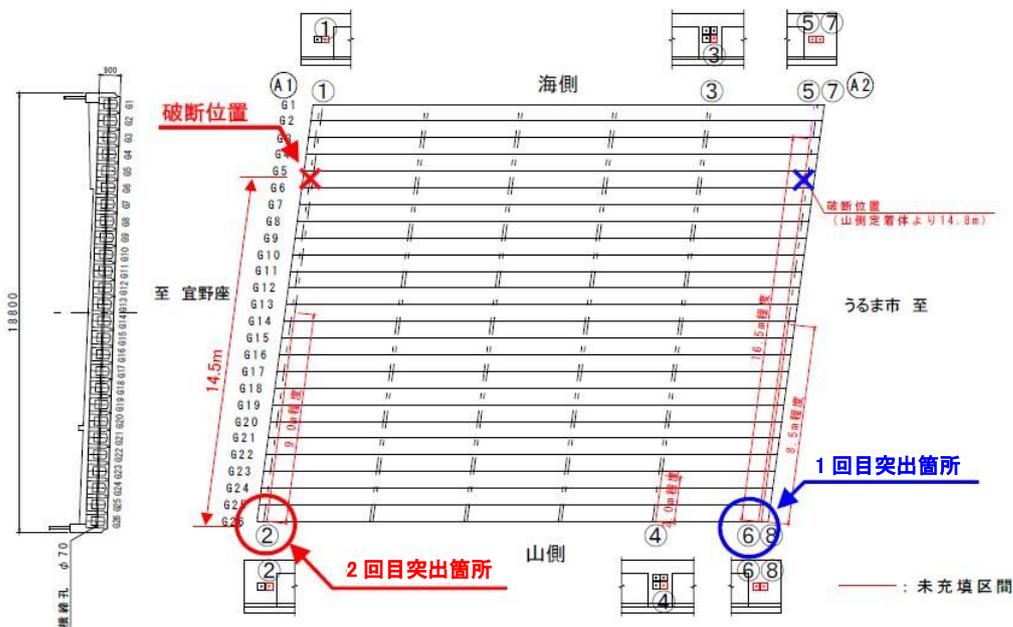


写真 1.1 PC 鋼材の突出事例

また、PC 鋼材の腐食による破断・突出が確認された橋梁では、同一橋梁内の別の横締め PC 鋼材の腐食環境も悪化している可能性があり、比較的短い期間で連続して横締め PC 鋼材の破断・突出が起こることも考慮して診断や措置の必要性について検討しなければならない。PC 鋼棒の突出が発生後に同一橋梁の別の箇所でも再度 PC 鋼棒の突出が生じた事例を図 1.3 に示す。2 本目の PC 鋼棒の突出は、1 本目の PC 鋼棒の突出を受けて、調査および他の PC 鋼材の突出対策を検討中（1 本目の突出から約 4 ヶ月後）に発生した。そこで、既に横締め PC 鋼材の破断・突出が確認されている場合や顕著な腐食が疑われる場合には、点検、調査中に横締め PC 鋼材の破断・突出が生じることも想定し、点検、調査の方法を検討する必要がある。



PC鋼棒 : L≒9.1m, φ23mm



図 1.3 PC 鋼棒の突出後に再度突出が生じた事例

これまでの突出事例からは、飛来塩分や凍結融解材の散布の違いが発生の有無に顕著に影響したとの知見はない一方で、建設年度に応じた使用材料の違い、橋の幅員に応じた細部構造の違いによる影響が大きいとの知見もある。また、突出が起きた事例では、プレストレストコンクリート部材と場所打ち部の境界面での漏水や遊離石灰の発生、集水・排水との関係があったとの指摘もある。したがって、材料や構造の特性と外観から得られる情報を組み合わせることで、内部のPC鋼材の腐食が進行している可能性を疑うことはできると考えられる。

## 2. プレテンション PC 床版橋の構造概要

### 2.1 プレテンション PC 床版橋の構造概要

横締め PC 鋼材の緊張後，シースにはグラウトが充填される。プレテンション PC 床版橋における主桁の横締め孔と間詰シースの一般的な構造を，図 2.1 に示す。

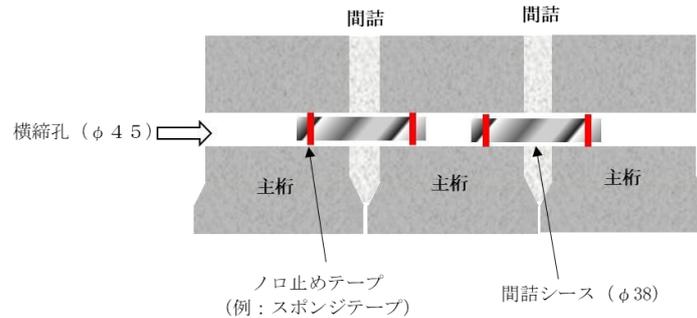


図 2.1 プレテンション PC 床版橋の横締め構造の例

点検においては，目視，打音等により把握された変状と横締め PC 鋼材の配置との関係から横締め PC 鋼材の状態の推定を行う必要がある。横締め PC 鋼材の配置は，建設時の標準設計等により，一定，標準化されている。以下に，PC プレテンション方式中空床版橋（ホロー桁）および PC プレテンション方式床版橋（I 桁）の横締め PC 鋼材の配置例を示す。なお，実橋梁においては橋梁ごとの設計によって PC 鋼材の配置は決められており，必ずしも標準どおりの配置ではないものとして定期点検を行うことが重要である。

### PC プレテンション方式中空床版橋（ホロー桁）

横締め PC 鋼材が桁図心位置付近に配置されている場合が多い（図 2.2）。

横締め PC 鋼材が端支点部・中間横桁部に配置されている（図 2.3）。

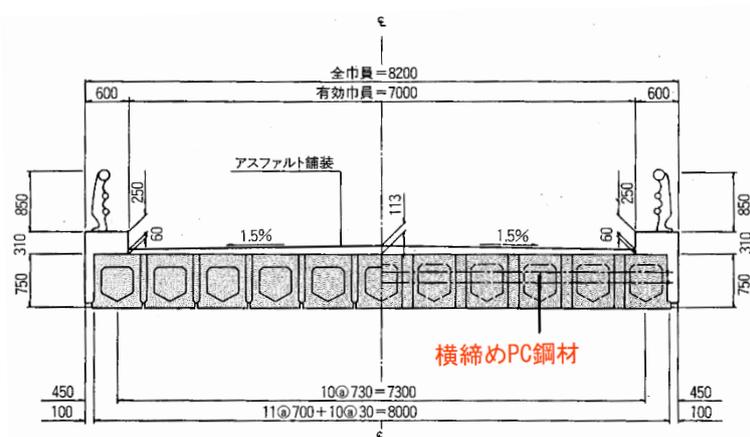


図 2.2 中空床版橋の横締め PC 鋼材位置（断面図）

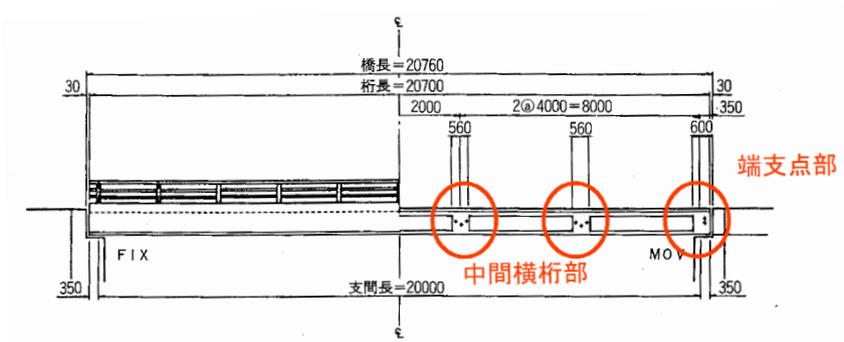


図 2.3 中空床版橋の横締め PC 鋼材位置（側面図）

## PC プレテンション方式床版橋 (I 桁)

横締め PC 鋼材が桁図心位置付近に配置されている場合が多い (図 2.4)。  
横締め PC 鋼材が桁側面に 1m 以内の間隔にて配置されている (図 2.5)。

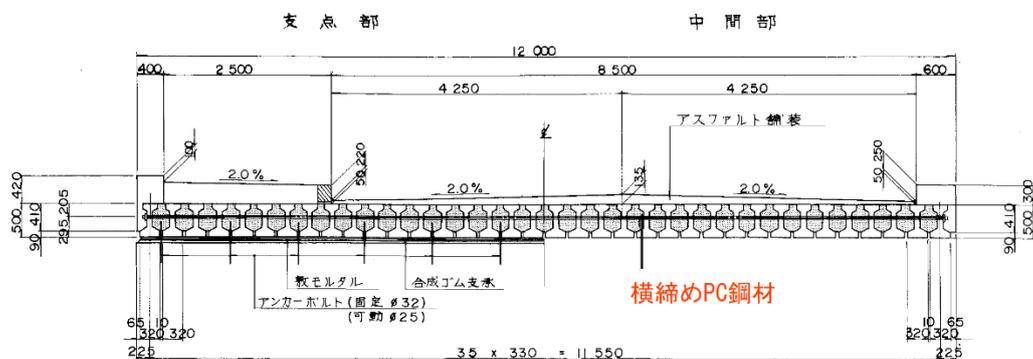


図 2.4 床版橋 (I 桁) の横締め PC 鋼材位置 (断面図)

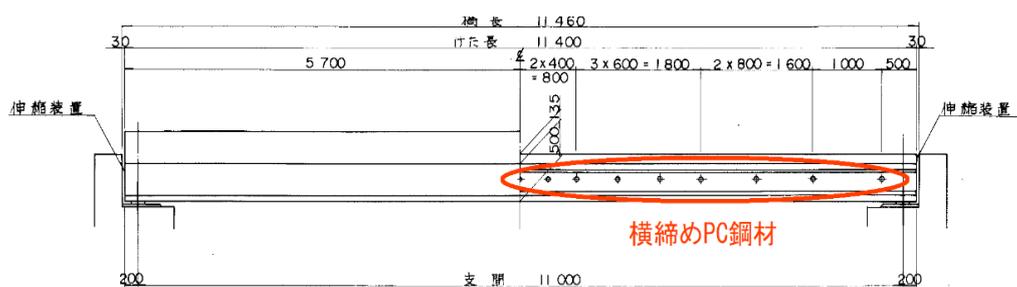


図 2.5 床版橋 (I 桁) の横締め PC 鋼材位置 (側面図)



一方で、上記以外の中空床版橋やI桁を用いた床版橋は、桁間に間詰めコンクリートが施されており、外観からのPC鋼材位置の把握は困難である(写真 2.2)。建設時の図面が入手できる場合は、現地で中間横桁部やPC鋼材の位置を図面で確認しながらスケール等でPC鋼材位置を確認するのがよい。ただし、必ずしも当時の図面が入手できるとは限らない。そのような場合においては、中空床版橋の端部横桁には必ず横締めPC鋼材が配置されていること等の構造的な特徴や、図 2.3 や図 2.5 に示すような標準的なPC鋼材の配置を参考にする(ただし、必ずしも標準どおりの配置ではないことに注意する。) こととおおよそのPC鋼材の配置を推定することができる。また、定着背面の変状等からもおおよそのPC鋼材位置を確認することができることがある。

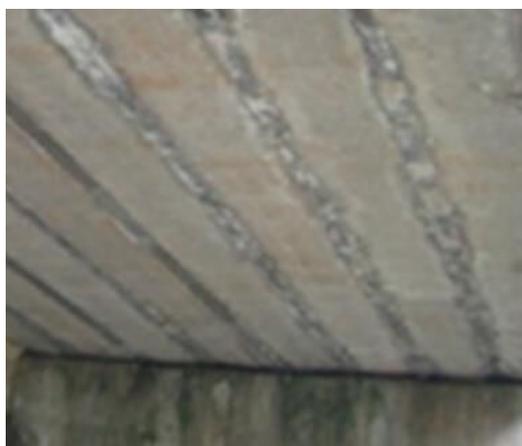


写真 2.2 目視でのPC鋼材位置の把握が困難な例

## 2.2 構造が横締めPC鋼材の破断・突出に及ぼす影響の例

### (1) 水の浸入経路の例

PC鋼材の腐食の原因のひとつと考えられる橋梁内部への水の浸入を把握するにあたっては、構造の特性に起因し、水が流れ込みやすい・滞水しやすい箇所を推定する必要がある。また、これに限らず、現地で見られた変状から水みちを幅広く推定することも肝要である。

(水が流れ込みやすい・滞水しやすい部位) (図 2.7)

- ・ 桁端部, 橋台天端面
- ・ 排水装置周囲
- ・ 間詰め部コンクリートとの打継目
- ・ 舗装の凹凸部
- ・ 定着部付近

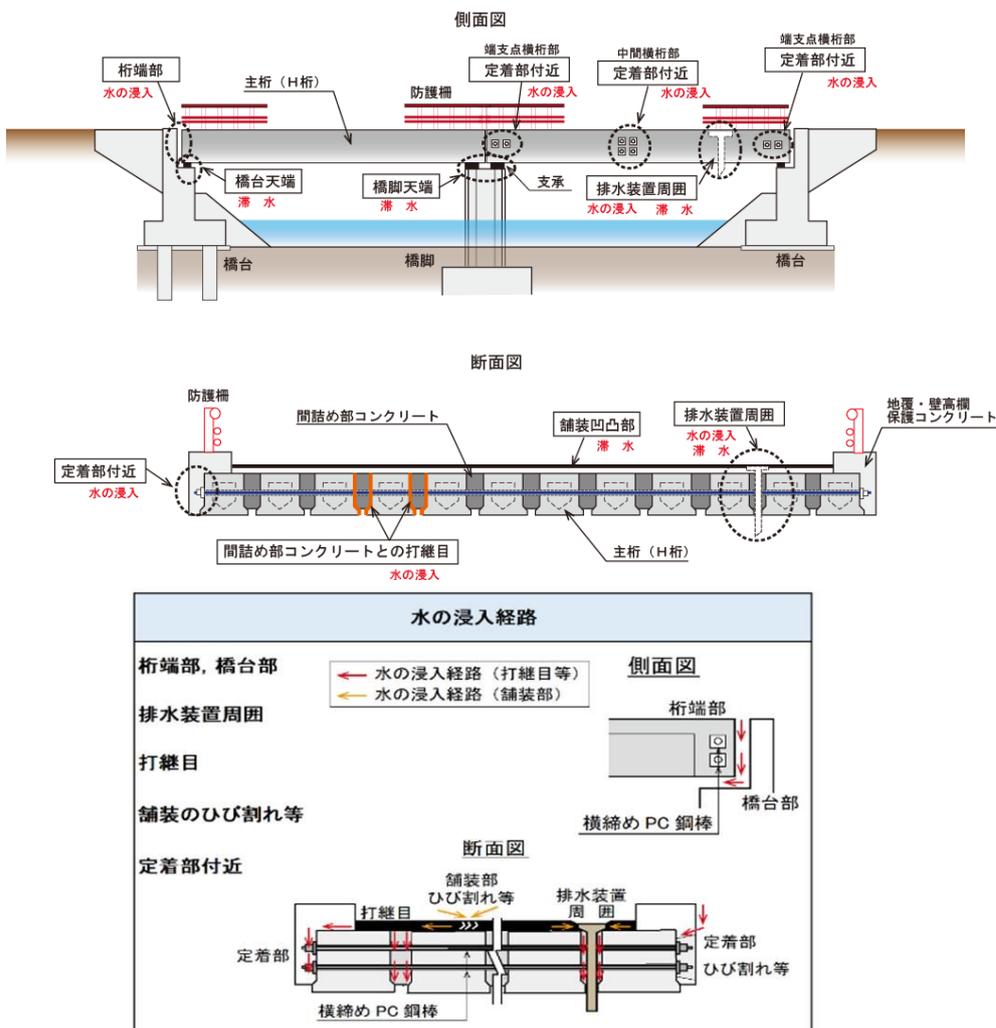


図 2.7 水の流れ込みやすい・滞水しやすい部位

(水の浸入による変状) (図 2.8)

- ・ 桁下面，間詰め部からの漏水 (跡)・遊離石灰・錆汁の発生 (写真 2.3)
- ・ 排水装置付近からの漏水 (跡)・遊離石灰・錆汁の発生
- ・ 防水機能の低下が疑われる舗装部のひびわれ・土砂化の発生
- ・ 定着部付近の漏水 (跡)・遊離石灰・錆汁の発生 (写真 2.4)

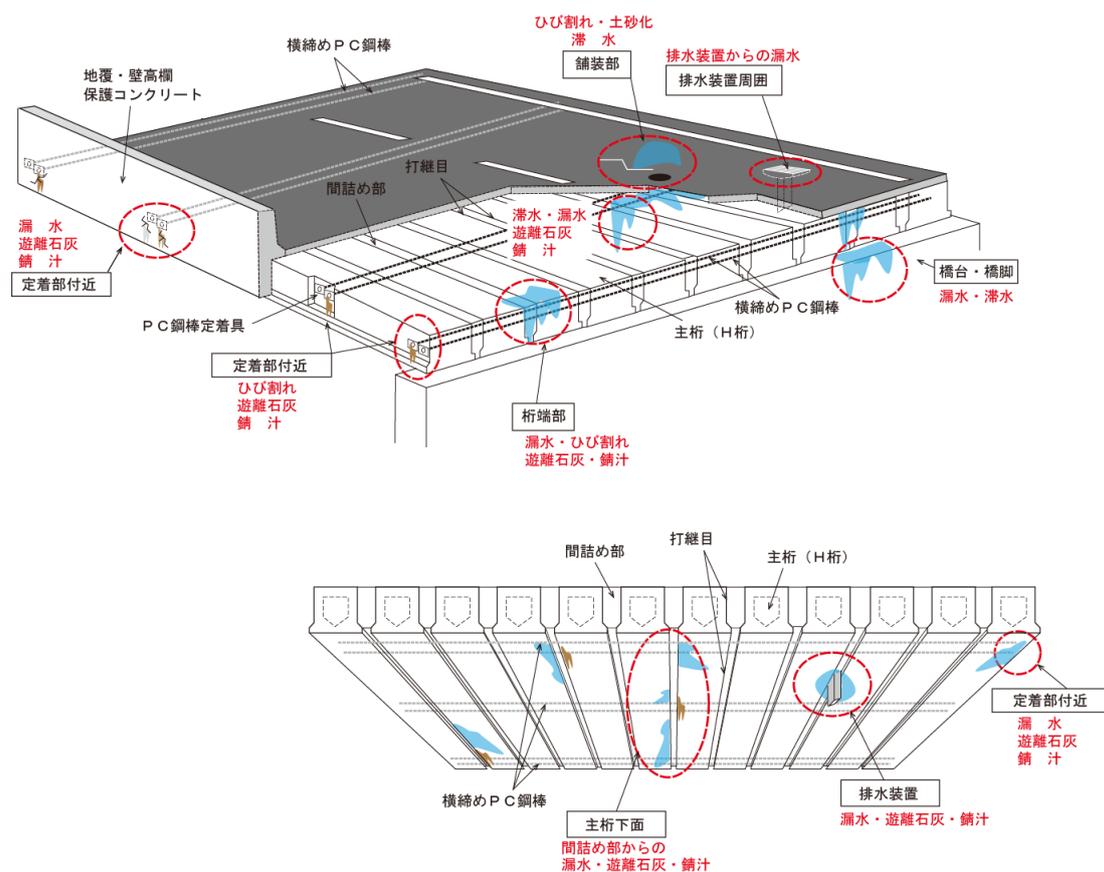


図 2.8 水の侵入による変状



写真 2.3 遊離石灰 (間詰め部)



写真 2.4 ひび割れ、漏水 (定着部)

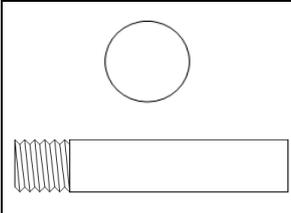
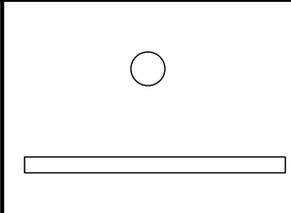
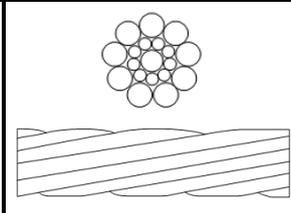
(2) PC 鋼材やグラウト技術などの変遷に関連する建設年度

建設年度によって、配置される PC 鋼材の種類、PC 鋼材の継手方法、グラウト技術が異なる。PC 鋼材の突出の危険性やグラウトの充填不良による PC 鋼材の防錆機能の低下等に影響することから、建設年度を確認したうえで、横締め PC 鋼材の状態の把握を行う必要がある。

(ア)PC 鋼材の種類

PC 鋼材の種類には「PC 鋼棒」、「PC 鋼線」と「PC 鋼より線」がある(表 2.1)。

表 2.1 PC 鋼材の種類

PC鋼棒	PC鋼線	PC鋼より線
		

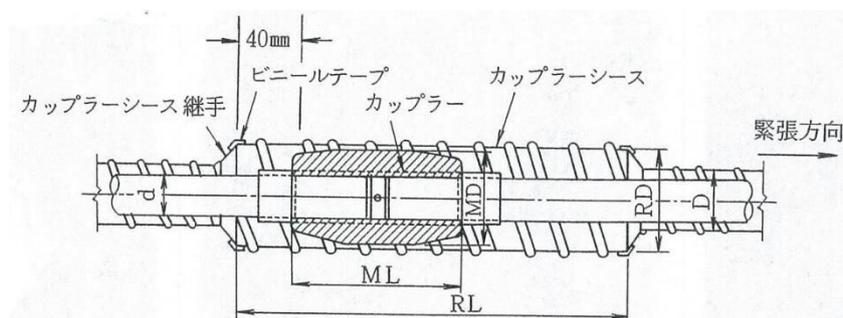
横締め PC 鋼材には、PC 鋼棒のほか PC 鋼線や 19 本よりの PC 鋼より線が多く使われている。その技術の変遷を以下に整理する。

- ・ 1971 年(S46)PC 鋼棒が JIS 規格化された。(JIS G3109)
- ・ 1980 年(S55)中空床版標準設計では、鋼材長が 8m 以上でも PC 鋼棒や PC 鋼線 12φ5mm が使用されていた。
- ・ 1981 年(S56)床版標準設計では、PC 鋼材の鋼材長が 8m 以下の場合には PC 鋼棒を用い、8m 程度からについては PC 鋼より線が用いられている。同年には、19 本より線(SWPR19)が JIS 規格化された(JIS G3536)。
- ・ 1991 年(H3)中空床版標準設計では、鋼材長が 8m 以下の場合には PC 鋼棒が使用されていた。

横締め PC 鋼材に PC 鋼棒や PC 鋼線が使用されている場合は、PC 鋼より線と比較して鋼材 1 本あたりのプレストレスが大きいため、腐食によって破断に至ると、緊張力の開放エネルギーが比較的大きく、定着背面への突発的な突出が生じる可能性が高い。逆に言えば、PC 鋼より線は、鋼材の突出が発生していなくても、破断が生じている可能性があり、変状等から PC 鋼材の状態を推定する必要がある。

### (イ)PC 鋼材の接手方法

横締め PC 鋼材に PC 鋼棒が使用されている場合では、1994 年頃までは PC 鋼棒  $\phi 32\text{mm}$  に対してシース内径  $\phi 38\text{mm}$ , PC 鋼棒  $\phi 26\text{mm}$  に対してシース内径  $\phi 32\text{mm}$  と空隙率が小さいシースが用いられており、グラウト充填不良が生じやすかった。さらに、横締め PC 鋼材に PC 鋼棒が採用され、かつ、横締め PC 鋼棒長さが 8m 以上の場合、カップラーによる接続が実施され、このカップラーシースの空隙率が小さく、グラウト充填不良のリスクが高かった。横締め PC 鋼棒のカップラー接続の例を図 2.9 に示す。



PC 鋼棒径	カップラー直径	カップラーシース径
$\phi 26$	50	58~59
$\phi 32$	60	68~70

図 2.9 横締め PC 鋼棒のカップラー接続の例

### (ウ)グラウト技術

グラウトの施工は、混和剤とアルミニウム粉末を使用したグラウト材が主流であったが、1979 年の専用混和剤の開発により、安定した品質のグラウト材となった。また、ブリーディングは 1994 年まで 3%以下とされていたが、1996 年にノンブリーディングタイプが推奨され、1999 年には標準化された。

グラウトの充填不良は、ブリーディングを許容したグラウト材を使用していたため、グラウト施工直後にブリーディング水が残留して、その後、このブリーディング水が散逸してシース内に空隙が発生することも原因のひとつであったと考えられる。

### 2.3 補強材に関する注意点

PC 鋼材の突出による第三者被害の防止を目的とした予防保全対策として、PC 鋼材の定着背面に補強材が設置されているものがある。補強材は定着背面に接着工法によって設置され、鋼板を用いるものと連続繊維シートを用いるものがある（写真 2.3）。



写真 2.3 横締め PC 鋼材の突出防止対策

連続繊維シートを用いる補強は、PC 鋼材の突出防止を目的とするものだけでなく、コンクリートの剥落防止を目的とするものや曲げやせん断に対する補強を目的とするものにも使用される。それぞれの補強の例を表 2.2 に示す。

表 2.2 連続繊維シートによる補強の例

a)PC 鋼材突出防止対策	b)剥落防止対策	c)曲げ・せん断補強対策
		
判別のポイント	判別のポイント	判別のポイント
桁側面の定着部背面に設置されており、繊維シートの内側に鋼板が設置されていることから、突出防止対策であると考えられる。	桁や地覆側面の全面に設置されており、架橋位置が第三者の立入りの可能性がある箇所であることから剥落防止対策であると考えられる。	プレキャスト桁の側面・下面に設置されており、繊維の方向が橋軸方向であることから、曲げに対する補強が目的であると考えられる。

既設橋に設置されている補強材の目的を把握するにあたっては、過去の工事記録や修繕記録等を参考にするとよいが、設置されている箇所や材料に着目することでも判別できる場合がある。例えば、PC 鋼材の突出防止の目的で連続繊維シートが設置されている場合は、桁側面や地覆側面の定着部背面の限られた範囲に施されていることが多い。また、繊維シートの内側に帯鋼板が設置され

ている場合もある。(表 2.2 a)) 一方で、コンクリートの剥落防止を目的とした場合は、第三者被害のおそれのある範囲で桁や地覆側面の全面に補強材が設置される(表 2.2 b))。また、突出防止や剥落防止に用いられる連続繊維シートは表面が網目状になっているものが多い(写真 2.4)。

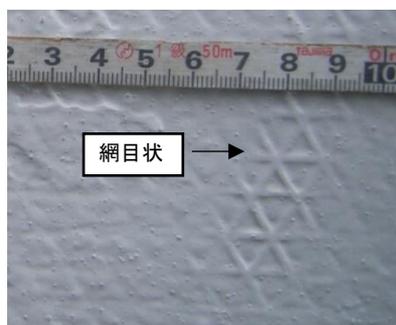


写真 2.4 繊維シートの表面(網目状)の例

曲げやせん断の補強として連続繊維シートが設置される場合は、プレキャスト桁の側面や下面に設置される。また、外観から確認できる繊維の方向(繊維の方向は1方向でひびわれ発生方向に対して直角に配置、異方向の補強では重ね貼りされることもある)や支間中央部での繊維シートの重ね貼り、アンカー等によるの定着の存在によっても判別できることもある。(表 2.2 c)、写真 2.5)

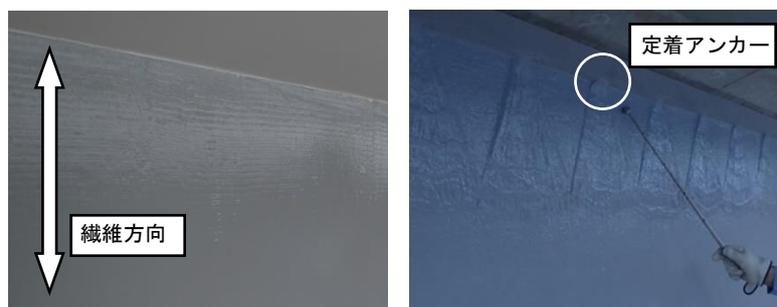


写真 2.5 曲げ・せん断補強の連続繊維シートの例

補強材に使用される材料や施工法に着目して、補強材の劣化についても注意して観察する必要がある。補強材の劣化は、鋼板を用いた補強の場合は、鋼板や定着ボルトの腐食、連続繊維シートを用いた補強では、繊維シートや被覆の剥離等が考えられる。また、補強材の劣化を助長するものとして、被覆内部への浸水、滞水がある。補強材の劣化や母材との付着力の低下を引き起こし、補強効果が発揮されないことが懸念される。

補強材が設置されている箇所では、被覆内部の滞水によって内部鋼材の腐食環境を悪化させていることも考えられる。母材内部の鋼材位置で腐食が進行することで、かぶりコンクリートが塊となって剥がれる等の事象にも注意しておく必要がある。

また、横締めPC鋼材が既に突出している場合には、被覆材に異常な膨れが見られることがあるため、注意して観察する必要がある。

以上のことから、共通して被覆のうきや割れ、膨れ、漏水等の変状が生じていないかを注意深く観察することや、打音による母材のうきや剥離を確認することが重要である。突出防止対策工の表面被覆材の内部に水が浸入し、漏水が生じている例を写真 2.6 に示す。



写真 2.6 補強材からの漏水の例

### 3. 定期点検の留意事項

これまでの定期点検や事故事例をもとに、2. で示した構造の特徴に関する損傷例や定期点検での留意事項を示す。

なお、近接目視による変状の把握には限界がある。そこで、構造の特性によっては外観の状態によらず予防的な対策を施すことや、必要に応じて詳細調査を行うことを検討しなければならない。横締めPC鋼材やグラウトの状態を把握するための非破壊による調査方法は様々提案されているが、性能の評価法や性能の比較法は未だ確立されていないと言える。そこで、非破壊検査の原理やそれに応じた適用条件、及び、検査原理や機器の特性が検査結果に及ぼす影響や、様々な条件に対する誤差範囲を把握したうえで、検査の適用、検査結果の解釈や活用に反映させる必要がある。

また、すでに一部の横締めPC鋼材にて突出が生じていたり、腐食が進行していることが懸念される場合には、側面からの調査に対する安全性の確保が困難であることが想定される。突出対策を行ってから調査を行うなど、第三者被害の防止のみならず、調査などのための必要な安全対策を講じるのがよい。

① 主桁側面の事例

部 位	中空床版橋, T 桁橋の側面
着目すべき変状	漏水・遊離石灰, ひびわれ, 錆汁, コンクリート浮き・剥離 横締め PC 鋼材の突出

外観状況写真	状態把握のポイント/PC 鋼材の破断・突出に対するリスクとの関係
	<p>■状態把握のポイント                      端部横桁側面の被覆コンクリートにひびわれが生じている。また、遊離石灰の析出も見られる。</p> <p>■PC 鋼材の破断・突出に対するリスクとの関係                      横締め PC 鋼材部への水の浸入, その後、横締め鋼材に沿った水の排出が生じていることが疑われる。</p>
	<p>■状態把握のポイント                      塩害に対する補修(表面被覆)が行われた保護コンクリート部に浮き・剥離が生じている。</p> <p>■PC 鋼材の破断・突出に対するリスクとの関係                      既に横締め PC 鋼材が破断した可能性が疑われる。横締め PC 鋼材が破断していない場合も、定着部での腐食の進行や、横締め PC 鋼材の腐食していることも懸念される。                      当該箇所だけでなく他の横締め PC 鋼材の破断・突出の発生を想定し、第三者被害の防止や点検, 調査における二次被害の防止も検討する必要がある。</p>
	<p>■状態把握のポイント                      主桁側面ならびに化粧モルタル部において、ひびわれや浮き・剥離に加え、錆汁の発生がみられる。</p> <p>■PC 鋼材の破断・突出に対するリスクとの関係                      広範囲の変色や横締め PC 鋼材位置の近くで水平方向ひびわれがみられることから、上面から水が浸入し、広範囲に広がっていることや、コンクリート内部で横締め PC 鋼材および定着部の腐食が進行している可能性が高い。</p>

外観状況写真	状態把握のポイント／PC 鋼材の破断・突出に対するリスクとの関係
	<p>■状態把握のポイント        数多くの錆汁を伴うひびわれ、かぶりコンクリートの浮き・剥離がみられる。さらに、鉄筋の著しい腐食に加え、横締めPC鋼材が破断し、突出している。</p> <p>■PC鋼材の破断・突出に対するリスクとの関係        桁端部からの漏水、伝い水の影響などにより、横締めPC鋼材の腐食、破断、突出に至ったことが想定される。        他のPC鋼材においても同様の要因による腐食、破断・突出が懸念される。</p>
	<p>■状態把握のポイント        桁端部からの伝い水がみられる。また、コンクリートの浮き、剥離が生じており、さび汁や遊離石灰の析出もみられる。</p> <p>■PC鋼材の破断・突出に対するリスクとの関係        桁端部からの漏水、伝い水により、横締めPC鋼材も含めたコンクリート内部の鋼材の腐食が進展すると見込まれる。</p>
	<p>■状態把握のポイント        横締めPC鋼材が腐食し、破断・突出している。</p> <p>■PC鋼材の破断・突出に対するリスクとの関係        横締めPC鋼材のグラウトが十分に充填されていないことに加え、水の浸入によりPC鋼材の腐食、破断・突出に至ったことが想定される。        なお、既に突出が生じていることから、同じディテールで同じ施工がされた他のPC鋼材でも既に破断が生じかねない腐食が進行している可能性があり、詳細な調査に先立って早急に第三者被害防止のための対応を検討する必要がある。</p>

外観状況写真	状態把握のポイント／PC 鋼材の破断・突出に対するリスクとの関係
	<p>■状態把握のポイント 横締めPC鋼材が既に突出している。また、既に突出が生じていることを除いて見ても、横締めPC鋼材位置近傍において、コンクリートの変色、並びに、ひびわれ及びひびわれからの漏水や遊離石灰が見られる。軸方向の鋼材の腐食も見える。</p> <p>■PC鋼材の破断・突出に対するリスクとの関係 既に突出が生じていることを除いても、横締めPC鋼材部へ水が浸入し、横締め鋼材に沿った水みちが形成されていることが疑われる。また、軸方向の鋼材の腐食も見ることからは、横締めPC鋼材に限らず、内部の鋼材の腐食が広範に進んでいる可能性を疑う余地がある。</p> <p>なお、既に突出が生じていることから、同じディテールで同じ施工がされた他のPC鋼材でも既に破断が生じかねない腐食が進行している可能性があり、詳細な調査に先立って早急に第三者被害防止のための対応を検討する必要がある。</p>
	<p>■状態把握のポイント 横締めPC鋼材が腐食し、破断・突出している。</p> <p>■PC鋼材の破断・突出に対するリスクとの関係 横締めPC鋼材のグラウトが十分に充填されていないことに加え、水の浸入によりPC鋼材の腐食、破断・突出に至ったことが想定される。</p> <p>なお、既に突出が生じていることから、同じディテールで同じ施工がされた他のPC鋼材でも既に破断が生じかねない腐食が進行している可能性があり、詳細な調査に先立って早急に第三者被害防止のための対応を検討する必要がある。</p>

② 定着部の事例

部 位	中空床版橋, T 桁橋の横締め PC 鋼材定着部
着目すべき変状	漏水・遊離石化, ひびわれ, 錆汁, コンクリート浮き・剥離, 横締め PC 鋼材の突出

外観状況写真	状態把握のポイント/PC 鋼材の破断・突出に対するリスクとの関係
	<p>■状態把握のポイント 横締め PC 鋼材定着部の後打ちコンクリートがひびわれている。また, ひびわれから遊離石灰, 錆汁が析出している。</p> <p>■PC 鋼材の破断・突出に対するリスクとの関係 横締め PC 鋼材部へ水が浸入し, 排出されていることが疑われる。関連して, 横締め PC 鋼材の腐食を疑う余地がある。</p>
	<p>■状態把握のポイント 横締め PC 鋼材定着部の後打ちコンクリートに剥離が生じ, 定着部が露出している。</p> <p>■PC 鋼材の破断・突出に対するリスクとの関係 横締め PC 鋼材の腐食が生じていることや, グラウトが十分に充填されていないことで既に内部で PC 鋼材が破断し, 小規模な突出に至っている可能性がある。他の横締め PC 鋼材の破断・突出の発生も想定し, 第三者被害の防止や点検, 調査における二次被害の防止も検討する必要がある。</p> <p>横締め PC 鋼材が破断していない場合も, 定着部や一般部で横締め PC 鋼材が腐食していることも懸念される。</p>
	<p>■状態把握のポイント 横締め PC 鋼材近傍で, 排水装置から漏水がみられる。また, 排水管と床版の境界部に錆汁もみられる。</p> <p>■PC 鋼材の破断・突出に対するリスクとの関係 排水装置近傍に横締め PC 鋼材が配置されている場合, 漏水の影響により, PC 鋼材が腐食している可能性が高い。このような状態を放置した場合, 横締め PC 鋼材の腐食が進行による, 破断・突出が懸念される。</p>

③ 主桁下面の事例

部 位	中空床版橋, T桁橋の床版間詰め部
着目すべき変状	漏水・遊離石灰, ひびわれ, 錆汁

外観状況写真	状態把握のポイント/PC鋼材の破断・突出に対するリスクとの関係
 <p>(中空床版橋)</p>	<p>■状態把握のポイント 床版間詰め部の一部から漏水や遊離石灰の析出が見られる。</p> <p>■PC鋼材の破断・突出に対するリスクとの関係 このような状態を放置した場合, 例えば, 床版間詰め部を貫通する部分で水が到達し, 横締めPC鋼材部の腐食に進展することが見込まれる。</p>
 <p>(中空床版橋)</p>	<p>■状態把握のポイント 床版間詰め部から漏水やつらら状の遊離石灰が見られる。一部には錆汁の発生も見られる。</p> <p>■PC鋼材の破断・突出に対するリスクとの関係 このような状態を放置した場合, 例えば, 床版間詰め部を貫通する部分で水が到達し, 横締めPC鋼材部の腐食に進展することが見込まれる。</p>
 <p>(中空床版橋)</p>	<p>■状態把握のポイント 床版間詰め部のみならず, 下面の広範囲にわたり漏水や遊離石灰の析出が見られる。排水管近傍にはひびわれや錆汁の発生が見られる。</p> <p>■PC鋼材の破断・突出に対するリスクとの関係 床版間詰め部のみならず, 床板橋上側からコンクリート内部への雨水の浸入が疑われるなどにより, 横締めPC鋼材も含めた内部鋼材全般の腐食が進展することが見込まれる。</p>

部 位	中空床版橋の主桁下面部
着目すべき変状	ひびわれ、漏水・遊離石灰、錆汁、コンクリート浮き・剥離

外観状況写真	状態把握のポイント／PC 鋼材の破断・突出に対するリスクとの関係
 <p>(中空床版橋)</p>	<p>■状態把握のポイント 主桁下面にて、橋軸方向 PC 鋼材に沿ったひびわれ、水しみ及び遊離石灰の析出が見られる。</p> <p>■PC 鋼材の破断・突出に対するリスクとの関係 PC 鋼材に沿ったひびわれは ASR の特徴的変状の一つである。上面側でもひびわれが生じ、上面側からコンクリート内部へ水が浸入していることが疑われる。橋軸方向及び横締め PC 鋼材も含めた内部鋼材全般への水の到達や鋼材の腐食が見込まれる。</p>
 <p>(中空床版橋)</p>	<p>■状態把握のポイント 主桁下面に橋軸方向 PC 鋼材に沿ったひびわれ及び漏水跡や遊離石灰の析出が見られる。また、一部に錆汁も見られる。</p> <p>■PC 鋼材の破断・突出に対するリスクとの関係 PC 鋼材に沿ったひびわれは ASR の特徴的変状の一つである。上面側でもひびわれが生じ、上面側からコンクリート内部へ水が浸入していることが疑われる。橋軸方向及び横締め PC 鋼材も含めた内部鋼材全般への水の到達や鋼材の腐食が見込まれる。</p>
 <p>(中空床版橋)</p>	<p>■状態把握のポイント 主桁下面に橋軸方向 PC 鋼材に沿ったひびわれが見られる。錆汁、漏水跡や遊離石灰も見られる。また、打音すると、一部のコンクリートの浮き・剥離も確認できる。</p> <p>■PC 鋼材の破断・突出に対するリスクとの関係 多数のひびわれが見られ、コンクリート内部で各種鋼材の腐食が広範囲で進行していることや、一部では腐食が顕著になっていることが懸念される。</p>

④ 連続繊維シート補強における変状

部 位	連続繊維シート補強における変状
着目すべき変状	漏水, 白色析出物

外観状況写真	状態把握のポイント／PC 鋼材の破断・突出に対するリスクとの関係
	<p>■状態把握のポイント 補強範囲が桁側面のみであり，一定の間隔で鋼板が設置されていることが確認できるため，横締め PC 鋼材の突出防止対策であると考えられる。被覆から局部的に漏水が見られ，白色析出物が滲出している。</p> <p>■PC 鋼材の破断・突出に対するリスクとの関係 内部からの水の浸入に対して，表面のシートは水の排出を妨げ，水が滞留する。その結果，塗膜とコンクリートの付着強度の低下による補強効果の喪失や，コンクリートの劣化や鋼材の腐食などが懸念される。</p>
	<p>■状態把握のポイント 地覆側面の全面に補強材が設置されていることから剥落防止対策と思われる。被覆に点錆，膨れが見られる。</p> <p>■PC 鋼材の破断・突出に対するリスクとの関係 被覆内部の鋼材が腐食していると考えられる。横締め PC 鋼材等の内部鋼材の腐食の可能性も考えられる一方で，施工時の吊り材等がコンクリート表面に残っていた可能性も考えられる。PC 鋼材位置等の情報と組み合わせる必要が慎重に判断する必要がある。</p>
	<p>■状態把握のポイント シートにうきや膨れが見られる。また，継目に剥離が見られる。被覆から局部的に漏水が見られ，白色析出物が滲出している。</p> <p>■PC 鋼材の破断・突出に対するリスク 内部からの水の浸入に対して，表面のシートは水の排出を妨げ，水が滞留する。その結果，塗膜とコンクリートの付着強度の低下による補強効果の喪失や，コンクリートの劣化や鋼材の腐食などが懸念される。</p>



## 参考資料5

コンクリート片の落下等第三者被害  
につながる損傷例



## 参考資料5. コンクリート片の落下等第三者被害につながる損傷例

第三者被害につながる損傷の事例を示す。第三者被害につながる損傷は必ずしもコンクリート表面の浮きや剥離だけでなく、多種多様なものがある。定期点検で損傷を発見した場合は、その場で措置を行うものとし、定期点検時に措置ができない場合は、措置の方法を検討し、速やかに措置を実施する必要がある。

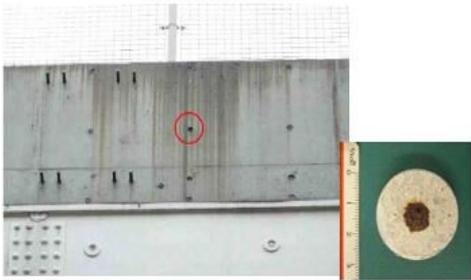
落下等により第三者被害が懸念されるものは多種多様である。定期点検で第三者被害につながる損傷を発見した場合は、応急措置等が行われることが一般的であるが、その実施の有無も踏まえて次回定期点検までの第三者被害の可能性について推定する必要がある。

	<p><b>例</b></p> <p>コンクリート片が剥落防止材を抜けて落下した例                  コンクリート部材の変状状態によっては、施工された剥落防止の能力では防止できないこともある。また劣化等により機能低下していることもある。内部が視認出来ないことと合わせて注意が必要である。</p>
	<p><b>例</b></p> <p>間詰めコンクリートが抜け落ちた例</p>
	<p><b>例</b></p> <p>間詰めコンクリートが抜け落ちた例</p>
	<p><b>例</b></p> <p>化粧モルタルが面的に落下した例</p>

**備考**

- 第三者被害の可能性がある落下事象は、必ずしもコンクリート表面のうきや剥離だけでなく様々なものがある。
- 剥落対策工が実施済みの箇所においても、対策部に変状が疑われる場合は、詳細な状態の把握が必要な場合がある。

落下等により第三者被害が懸念されるものは多種多様である。定期点検で第三者被害につながる損傷を発見した場合は、応急措置等が行われることが一般的であるが、その実施の有無も踏まえて次回定期点検までの第三者被害の可能性について推定する必要がある。

	<p>例</p> <p>後埋めモルタルが落下した例 構造部材でない後埋めモルタルや化粧ボルト、附属物に付随する部品、目地材など橋本体からは様々な落下物が生じる可能性があり、供用中に想定される外力や経年劣化の影響も考慮して、そのようなものの特定やその状態に注意が必要である</p>
	<p>例</p> <p>補修した材料（剥落防止工）が剥がれた例</p>
	<p>例</p> <p>補修した材料（剥落防止工）とともにコンクリート片が剥落した例</p>
	<p>例</p> <p>目地材が落下した例</p>

備考

- 第三者被害の可能性がある落下事象は、必ずしもコンクリート表面のうきや剥離だけでなく様々なものがある。
- 剥落対策工が実施済みの箇所においても、対策部に変状が疑われる場合は、詳細な状態の把握が必要な場合がある。

落下等により第三者被害が懸念されるものは多種多様である。定期点検で第三者被害につながる損傷を発見した場合は、応急措置等が行われることが一般的であるが、その実施の有無も踏まえて次回定期点検までの第三者被害の可能性について推定する必要がある。

	<p>例</p> <p>I形鋼格子床版を有する橋の壁高欄打ち下ろし部のコンクリートが落下した例</p> <p>構造的に雨水の滴下や水切り部になる部位では、部材内部への雨水の浸透や高頻度の湿潤環境の影響で、かぶりコンクリートの劣化や被覆材や塗膜の劣化が促進することがある。</p>
	<p>例</p> <p>I形鋼格子床版から腐食片が落下した例</p>
	<p>例</p> <p>I形鋼格子床版から腐食片が落下した例</p>
	<p>例</p> <p>I形鋼格子床版上面からの水分の浸入が疑われる場合、腐食片の落下だけでなく、鋼板が落下する可能性もある。</p>

備考

■ 第三者被害の可能性がある落下事象は、必ずしもコンクリート表面のうきや剥離だけでなく様々なものがある。

落下等により第三者被害が懸念されるものは多種多様である。定期点検で第三者被害につながる損傷を発見した場合は、応急措置等が行われることが一般的であるが、その実施の有無も踏まえて次回定期点検までの第三者被害の可能性について推定する必要がある。

	<p>例</p> <p>RC床版のデッキプレートの一部が落下した例                  上面から雨水の侵入がある部材の下面に設けられた鋼板では内面から腐食が進行して、錆片や塗膜落下を生じたり、局部的に鋼板が落下するなどの危険性もあり注意が必要である。</p>
	<p>例</p> <p>橋脚の折れ点からモルタル片が落下した例                  様々な理由でコンクリート表面に施工された被膜等では、それ自身の経年劣化や内部コンクリートの変状に起因して、部分的に剥離を生じたり小片の落下が生じることもある</p>
	<p>例</p> <p>照明柱基部のモルタル片が落下した例                  附属物の台座モルタルなどは構造安全性には深刻な影響がない場合もあるが、位置によっては路下に落下することもあるため注意が必要である。</p>
	<p>例</p> <p>壁高欄からコンクリート片が落下した例</p>

備考

■ 第三者被害の可能性がある落下事象は、必ずしもコンクリート表面のうきや剥離だけでなく様々なものがある。

落下等により第三者被害が懸念されるものは多種多様である。定期点検で第三者被害につながる損傷を発見した場合は、応急措置等が行われることが一般的であるが、その実施の有無も踏まえて次回定期点検までの第三者被害の可能性について推定する必要がある。



例

コンクリート片が落下した例  
地震などの大きな作用を受けた場合には、構造安全性に問題はなくとも、部材の干渉や局部応力の影響などでコンクリートかぶりにひび割れや剥離を生じていることあり、時間をおいて落下することもある。



例

化粧モルタルが面的に落下した例  
表面的に施工されたモルタルは施工不良や材料不適合などがあると、付着力を失って比較的大きな面積でその部分が脱落することがある。原因によっては、同じ要因で他の箇所でも続発する危険性がある。



例

塗膜が面的に落下した例  
塗膜に施工不良や材料不適合などがあつた場合、層間剥離を生じて比較的大きな面積で塗膜が脱落することがある。原因によっては、同じ要因で他の箇所でも続発する危険性がある。



例

鋼部材腐食片が落下した例  
鋼部材が腐食した場合、断面減少などによる耐荷性能への影響がなくても、錆片が落下して第三者被害を及ぼす危険性があり、注意が必要である。耐候性鋼材の層状剥離錆では比較的大きな錆片が脱落することもあり錆の性状にも注意が必要である。

備考

■ 第三者被害の可能性がある落下事象は、必ずしもコンクリート表面のうきや剥離だけでなく様々なものがある。

落下等により第三者被害が懸念されるものは多種多様である。定期点検で第三者被害につながる損傷を発見した場合は、応急措置等が行われることが一般的であるが、その実施の有無も踏まえて次回定期点検までの第三者被害の可能性について推定する必要がある。



例

過去に排水管を添架していた金具が残置されており、腐食により落下した例



例

剥落対策ネットを固定するためのワイヤ等が落下した例



例

裏面吸音板内から吸音材が落下した例



例

化粧板が落下した例  
化粧板の吊り構造、取り付け構造によっては、腐食などにより落下が生じるので、化粧板を外して内部を把握するなどするのがよい場合も多い。

備考

■ 第三者被害の可能性がある落下事象は、必ずしもコンクリート表面のうきや剥離だけでなく様々なものがある。

落下等により第三者被害が懸念されるものは多種多様である。定期点検で第三者被害につながる損傷を発見した場合は、応急措置等が行われることが一般的であるが、その実施の有無も踏まえて次回定期点検までの第三者被害の可能性について推定する必要がある。



例

アーチリブへのケーブル定着部の穴を塞ぐ鋼板が腐食している場合、ケーブルの振動などに伴い落下することもある。

備考

■ 第三者被害の可能性のある落下事象は、必ずしもコンクリート表面のうきや剥離だけでなく様々なものがある。

## 参考資料6

水中部での基礎地盤の洗掘や  
部材の腐食等の損傷例



参考資料 6. 水中部での基礎地盤の洗掘や部材の腐食等の損傷例

目 次

I 編	基礎地盤の洗掘	参 6-1
1.	本資料の位置付け	参 6-1
2.	洗掘のメカニズムや洗掘に対する橋の設計に関する知識	参 6-1
3.	基礎地盤の洗掘に対する状態把握	参 6-3
II 編	水中部の鋼製パイルベント橋脚の腐食	参 6-24
1.	本資料の位置付け	参 6-24
2.	水中部の鋼製パイルベント橋脚の腐食に対する 状態把握の留意点	参 6-24
3.	水中部の鋼製パイルベント橋脚の腐食の事例	参 6-25

## I 編 基礎地盤の洗掘

### 1. 本資料の位置付け

定期点検では、次回定期点検までの橋の耐荷性能の評価や措置の必要性についての診断が求められる。現在の洗掘の状態のみならず、一度ならず複数回の出水、豪雨で洗掘が進行することも想定に入れて、橋の耐荷性能の評価や措置の必要性についての診断を行うことになる。

本参考資料は、道路橋定期点検要領（令和6年3月国土交通省道路局）の趣旨に沿った健全性の診断や状態の把握を行うにあたって理解しておくべき基本的事項を示す。

### 2. 洗掘のメカニズムや洗掘に対する橋の設計に関する知識

#### (1) 基礎地盤の洗掘のメカニズム

典型的な洗掘被害の発生メカニズムを以下に示す。

- ① 下部構造周辺の流れは、橋脚前面で、左右に分かれる流れと、橋脚に沿った鉛直下方への下降流に大別される。
- ② 左右に分かれた流れは、下部構造の壁面に沿った湾曲流となり、橋脚側面に局所的な流れの集中が生じる。
- ③ 橋脚前面での下降流は河床に衝突し、河床砂礫を巻き上げる回転渦が発生する。
- ④ この渦によって巻き上げられた土砂が、左右に分かれる流れによって橋脚後方に運ばれる。

※ただし、必ず前面側に洗掘が生じるとは限らないことに注意が必要である。

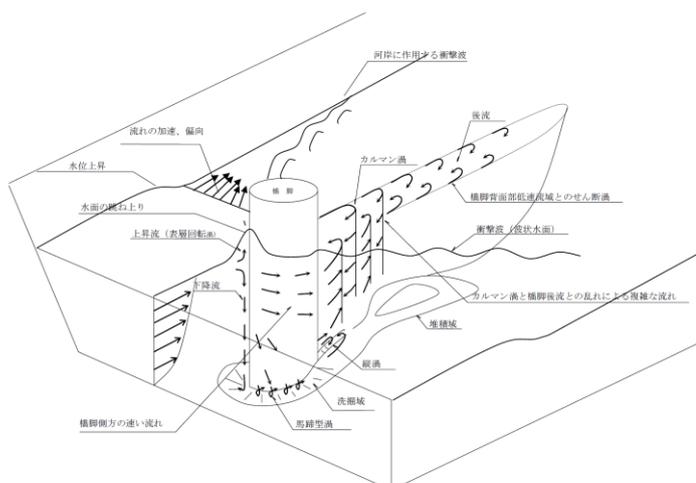


図-2.1 橋脚に生じる水理現象

出典：河川を横過する橋梁に関する計画の手引き(案)（平成21年7月（財）国土技術研究センター）

## (2) 設計に関する知識

- ・ 渡河橋の設置は，河川管理者の許可を得て行われる。昭和 51 年に制定された河川管理施設等構造令では，洗掘の防止について適切に考慮することが求められており，制定後に設置された橋梁は，洗掘に対して一定の対策がなされている。一方で，それ以前に設置された橋では，設置時点での洗掘への対策の程度が現在のものとは異なる可能性が高い。
- ・ 洗掘深さは，例えば，土木研究所資料第 3225 号「治水上から見た橋脚問題」(1993 年 11 月)【[https://thesis.pwri.go.jp/public\\_detail/101194/](https://thesis.pwri.go.jp/public_detail/101194/)】の推定図等を参考に推定することができる。また，必要に応じて実験等を行うことがある。
- ・ 洗掘深さは，水深，橋脚幅，流下速度，河床材料の粒径が関係する。
- ・ 最大洗掘深さは，流れに直角方向の橋脚幅の 2 倍程度にも及ぶ場合がある。
- ・ 河床材料が砂礫などの粒径が小さいものほど洗掘深が深くなる傾向にあるなど，河床条件も洗掘のされやすさに影響する。

## (3) 洗掘と基礎形式等の関係

- ・ 基礎が露出すると，洗掘深さは，基礎幅に比例するようになる。
- ・ 直接基礎の場合，次回定期点検までの間にフーチングが露呈してしまうと，その後の出水にて急激に洗掘が進行するおそれがある。直接基礎は根入れが浅いため，特に注意が必要である。
- ・ 本来根入れが深かったケーソン基礎でも，既に基礎が露出している場合には，基礎幅に応じて大きく局所洗掘が進む可能性がある。
- ・ 橋脚軸と流向が一致しない場合，洗掘深さがさらに深くなる傾向がある。
- ・ 近接した橋脚の両橋脚軸と流向が一致しない場合，洗掘深さ，洗掘範囲がさらに大きくなる傾向がある。

## (4) 洗掘と河川特性等の関係

- ・ 山地から扇状地に位置するなど河川勾配が急であるほど被災が多い傾向がある。
- ・ 河積が小さい（河道断面が小さく，越水する可能性が高い）ほど被災が多い傾向がある。
- ・ 直線河道及び蛇行河川に比べて湾曲河道でかつ外岸の被災が多い傾向がある。
- ・ 左右岸の異なる地層分布の境界部で急激な洗掘が生じる場合がある。

### 3. 基礎地盤の洗掘に対する状態把握

#### (1) 洗掘の状態把握フローの例

定期点検時における洗掘の状態把握には、一般に、以下の準備が必要である。

- I. 既往資料の調査
- II. 計画の策定
- III. 現地での情報の取得

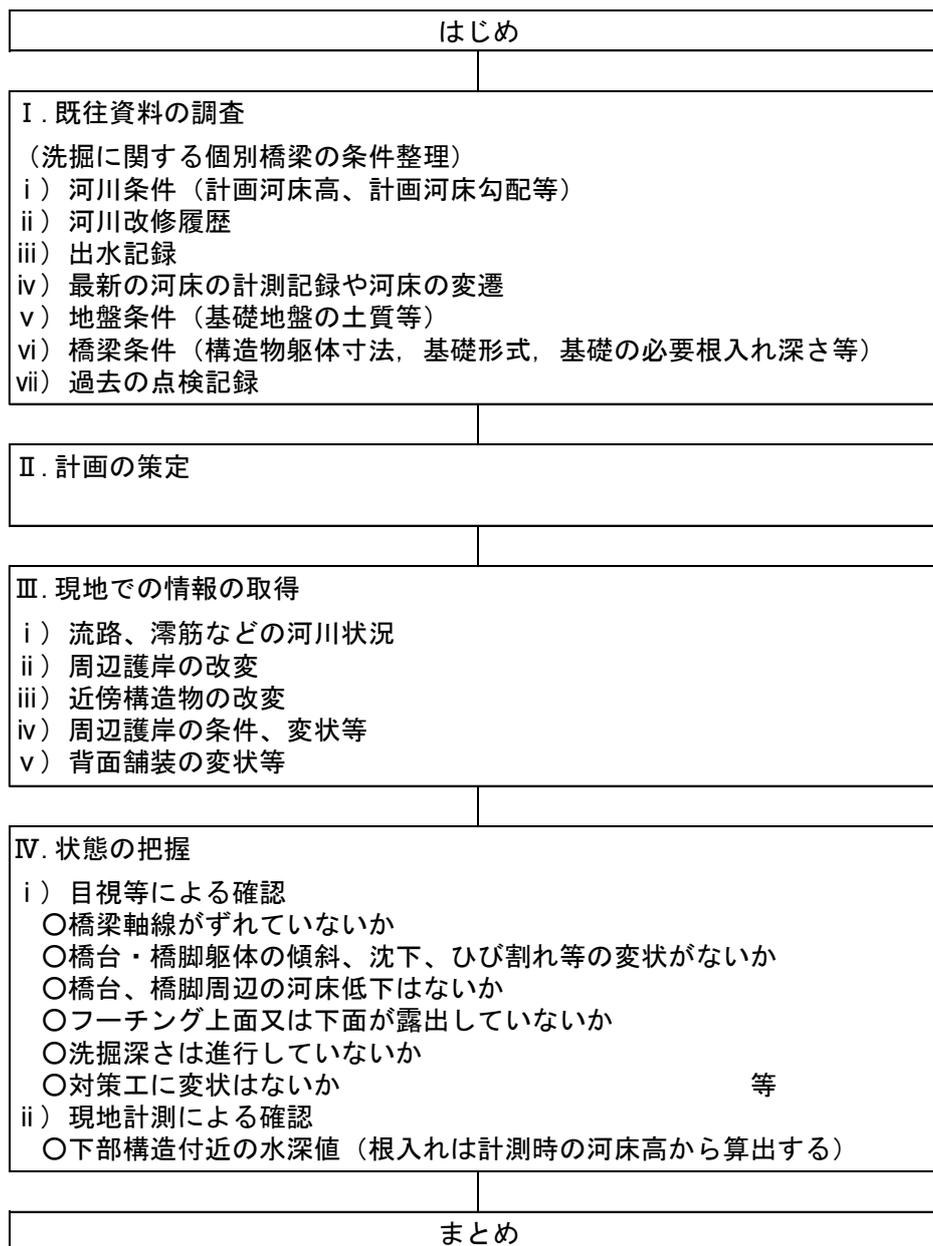


図-3.1 状態把握のフローの例

## (2) 洗掘の状態把握に関する留意点

### I. 既往資料の調査

洗掘のメカニズムに基づけば、下記のような情報を収集しておくこと、より信頼性の高い診断につながると考えられる。これらの情報を事前に入手し、現地での点検計画にも反映するとよい。

i) 河川条件（計画河床高，計画河床勾配等）

ii) 河川改修履歴

iii) 最新の河床の計測記録や河床の変遷

■ 河川管理者による河床の計測記録があれば、それも活用するとよい。

iv) 出水記録

v) 地盤条件（基礎地盤の土質等）

■ 河床材料が砂礫など粒径が小さいほど洗掘深が深くなる傾向にあるなど、河床条件も洗掘のされやすさに影響する。

■ 洗掘後、上流から流れ着いた土砂の堆積により洗掘部が埋まることがあるが、設計で期待している地盤とは異なることに注意が必要である。

vi) 橋梁条件（構造物躯体寸法，基礎形式，基礎の必要根入れ深さ等）

■ 洗掘は構造物の上流側に発生することが多い。

■ 斜面上の橋台では、下方地盤の洗掘や侵食により移動・沈下し不安定になることがある。

■ 洗掘による下部構造の異常は直接基礎に多い傾向にある。直接基礎の場合、次回定期点検までの間にフーチングが露呈してしまうと、その後の出水にて急激に洗掘が進行するおそれがある。直接基礎は根入れが浅いため、特に注意が必要である。本来根入れが深かったケーソン基礎でも、既に基礎が露出している場合には、基礎幅に応じて大きく局所洗掘が進む可能性がある。

■ 河川管理施設等構造令（S51）制定前に建設された橋では、基礎の根入れが浅いものや護岸や護床工が設置されていないものがあり、洗掘が生じることがある。

vii) 過去の点検記録

## Ⅱ.計画の策定

定期点検における洗掘の状態把握にあたっては、当該橋梁の状況に応じて適切に点検が実施できるよう、以下の事項を考慮し、点検計画の策定を行う。

### i) 点検項目および点検方法

- 基礎地盤の洗掘の状態を正確に把握し、健全性の診断を行うために必要な情報を得られるよう点検項目および点検方法を選定する。
- 目視等による変状の確認に加え、必要に応じて下部構造付近の水深値の測定などを検討するとよい。

### ii) 点検体制

### iii) 現地踏査

### iii) 管理者協議（河川管理者等）

### iv) 安全対策

### v) 緊急連絡体制

### vi) 緊急対応の必要性等の連絡体制

### vii) 工程

## Ⅲ.現地での情報の取得

### i) 流路，滯筋などの河川状況

- 河川の湾曲部や狭隘部等の流速が速い箇所では、著しい洗掘が生じる可能性がある。
- 滯筋が変化して流路幅が狭くなった箇所では、急激な洗掘につながることもある。過去の航空写真と比較することが有効である。水の流下位置と下部構造位置の関係，阻害の程度，基礎の露出の有無などから，すでに洗掘が発生している可能性や，次回定期点検までの洗掘の発生や進行の可能性を疑うことができる。

河川状況が変化している例

	<p>例</p> <p>経年により流路が変化した例 (流路幅が狭くなった箇所では流速が増している可能性がある)</p>
--	---

	<p>例</p> <p>豪雨により滞筋が変化し、新たな水衝部となった橋脚が移動・傾斜し、上部構造も変形している例</p>
--	--

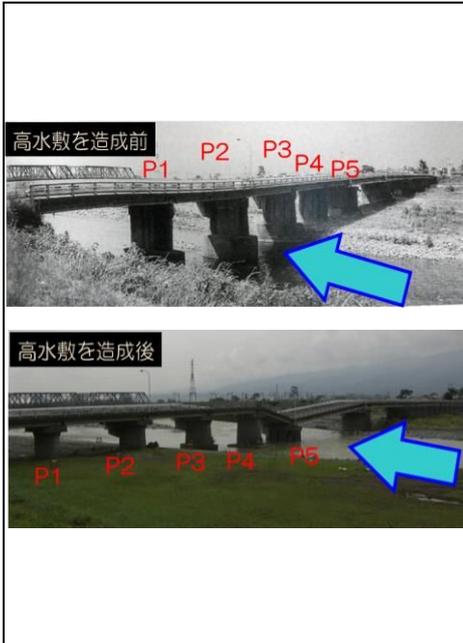
備考

■ 流路や滞筋が変化する場合は、急激に洗掘が進む場合があるため、過去の状況と比較することが有効である。(地理院地図の活用など)

ii) 周辺護岸の改変, iii) 近傍構造物の改変

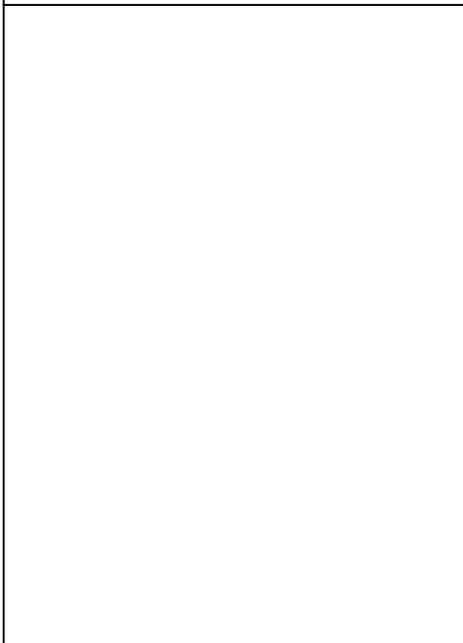
- 周辺の護岸改修により河川特性に変化が生じる場合がある。特に水が当たるところでは、過去の点検結果等とは異なる状態になっている可能性がある。
- もともと高水敷だった箇所などでは、河川構造令上、根入れ深さ1 mほどで施工されている可能性があり、河道変化により元の高水敷が河道になっている場合は、洗掘が進んでいないか注意が必要である。

周辺護岸・近傍構造物の改変の例



例

高水敷の造成により滞筋が変化し、新たに水衝部となった橋脚が移動し落橋している例



例

備考

- 周辺の護岸改修により河川特性に変化が生じる場合がある。
- 河道変化により元の高水敷が河道になっている場合は、洗掘が進行していないか注意が必要である。

iv) 周辺護岸の条件，変状等

- 橋梁周辺の護岸等で洗掘対策がなされている場合，洗掘しやすい条件となっているため，周辺の構造物の変状にも留意して情報を把握するのがよい。
- 周辺の護岸ブロックの流出や橋脚に衝突物がある場合は，洗掘が生じている場合がある。
- 洗掘対策として実施した護床ブロックが増水時の流水の影響等で散乱している等の既存対策工の変状から，洗掘がすでに生じている可能性や，次回点検までの発生又は進行を疑うことができる。
- 護床工の変状を把握することで，河床や周辺護岸の変化が把握できる場合がある。過去の写真と比較することも有効である。
- 河川増水時に，橋脚の上流側で洗掘により河床材料が消失し，洗掘が進む。平時から，洗掘が生じやすい条件となっていないか把握することが重要である。
- 平常時の洗掘の程度が軽微に見えても，洪水時には，橋脚周囲の流速増加により土砂が局部的に失われて洗掘されることがある。フーチングが通水部に露呈したりすると，フーチングそのものが流水を阻害し，局所洗掘が急増する。洗掘が深くなると洗掘範囲もさらに広がることとなり，基礎の支持力が低下するおそれがある。
- フーチング上面又ケーソン基礎側面が露出していれば，基礎底面位置まで洗掘が進む可能性を疑うことができる。

洗掘	洗掘	3 / 13
----	----	--------

<p>周辺護岸・護床工に変状が生じている例</p>		
	<p>例</p> <p>橋脚周辺の護床ブロックが散乱している例</p>	
	<p>例</p> <p>橋脚周辺の護床ブロックが散乱している例</p>	
	<p>例</p> <p>橋脚が傾斜し、下部構造の根固めコンクリートに割れが生じている例</p>	
	<p>例</p> <p>橋台周辺の護岸ブロックが流出している例</p> <p>(豪雨災害時に発見された損傷)</p>	
<p>備考</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■水中部の直接目視可能な範囲を最大限にするために、濁水期に状態把握を行うのがよい。</li> <li>■基礎部の状態を直接確認できないときには、必要に応じて水中カメラ等で見るなどできるだけ状態を把握することが効果的である。</li> </ul>		

周辺護岸に変状が生じている例



例

下部構造周辺の護床工の変化を観察した例



例

洗掘により橋脚周辺の河床材料が流失している例

備考

例

- 護床工の変状を把握することで、河床や周辺護岸の変化が把握できることがある。
- 過去の写真と比較することが有効である。

v) 背面舗装の変状等

- 洗掘により橋面背面土が流出することがある。
- 護岸の隙間から、吸い出しが起きていることがある。
- 橋台背面土の流出や吸い出しにより、橋台背面の路面が陥没する場合がある。繰り返し橋台背面に陥没が生じる場合には、河川による洗掘の影響が疑われる場合がある。
- 水衝部（増水した時に水の流れが強くなる箇所。河川の湾曲部に多い。）にあたる箇所に橋台が突出している場合、流水の影響で洗掘が生じやすい。洗掘により橋台が沈下・移動・傾斜するほかに、橋台背面土の吸い出しにより橋台背面の路面が陥没する可能性があることに留意する。

背面舗装に変状が生じている例



例

橋台背面土の流出や吸い出しにより、橋台背面の路面が陥没している例



例

橋台背面土の流出や吸い出しにより、橋台背面の路面が陥没している例



例

橋梁背面土の流出や吸い出しにより、橋梁背面の路面が陥没している例

(豪雨災害時に発見された損傷)



例

橋台前面の洗掘に伴い、橋台背面部に陥没が生じている例

備考

- 繰り返し橋台背面に陥没が生じる場合には、河川による洗掘の影響が疑われる場合がある。
- 河川管理施設等構造令制定前に建設された橋では、基礎の根入れが浅いものや護岸、護床工が設置されていないものがあり、洗掘が生じやすい。

背面舗装に変状が生じている例



例

水中部において、橋台近傍の護岸工が抜け落ち、橋台背面の路面が陥没している例

例

備考

■周辺の護岸が抜け落ちている場合は、橋台背面工の流出や吸い出しにより橋台背面の路面が陥没する場合がある。

#### IV.状態の把握

流木等が下部構造周辺に堆積している場合や下部構造に付着物がある場合は、取り除いたうえで状態の把握を実施するのがよい。

必要に応じて、下部構造近傍の河床位置やフーチング近傍の状態の計測や潜水士による直接目視又は水中カメラ等による視認で変状を把握することが効果的である。

水深や洗掘状態の把握は、超音波の活用や水中カメラの活用など多様な方法が考えられる。各機器の特性を考慮して結果の解釈を行うのがよい。

##### i) 目視等

■ 目視等で以下を観察することで、異常が把握できることがある。

- ・ 橋梁軸線がずれていないか
- ・ 橋台・橋脚躯体の傾斜，沈下，ひび割れ等の変状がないか
- ・ 橋台・橋脚周辺の河床低下はないか
- ・ フーチングの上面又は下面が露出していないか
- ・ 洗掘深さは進行していないか
- ・ 対策工に変状はないか

■ 水中部の直接目視可能な範囲を最大限にするために、濁水期に状態把握を行うのがよい。

<水中カメラを活用する際の留意点>

■ 水中カメラを活用する場合，水の濁りにより水中の様子が正確に把握できないことがある。

■ 水中カメラにより洗掘が生じていないように見えても上流から流れ着いた土砂が堆積しているだけの場合がある。

■ 水中カメラを活用する際は，機器により色調や分解能にそれぞれ特徴があることを理解したうえで使用するものとし，実際に用いることが想定される条件でキャリブレーションしておくがよい。

橋梁軸線に異常が生じている例



例

橋梁の軸線に異常が生じている  
例



例

橋梁の軸線に異常が生じている  
例



例

橋梁の軸線に異常が生じている  
例



例

橋梁の軸線に異常が生じている  
例

備考

- 軸線の異常が見られる場合、洗掘が既に橋の安定に影響を及ぼしている可能性がある。
- 基礎が不安定になっていることが疑われる場合には、規制等、早急な措置の必要性を検討する必要がある。

橋台・橋脚躯体に傾斜等の異常が生じている例

	<p>例</p> <p>パイルベント橋脚が傾斜している例</p>
--	----------------------------------

	<p>例</p> <p>橋脚に洗掘が生じ、断面欠損が生じている例</p>
--	--------------------------------------

	<p>例</p> <p>沈下橋の橋脚が傾斜している例</p>
--	--------------------------------

	<p>例</p> <p>橋脚が傾斜し、上部構造が支持できていない例</p>
--	---------------------------------------

<p>備考</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■軸線の異常が見られる場合、洗掘が既に橋の安定に影響を及ぼしている可能性がある。</li> <li>■基礎が不安定になっていることが疑われる場合には、規制等、早急な措置の必要性を検討する必要がある。</li> </ul>
---

パイルベント杭に変形・軸線の異常が生じている例

	<p>例</p> <p>パイルベント杭が変形し、杭頭部が破断している例</p>
	<p>例</p> <p>パイルベント杭が変形し、杭頭部が破断している例</p>
	<p>例</p> <p>パイルベント杭が変形し、杭頭部が破断している例</p>
	<p>例</p>

備考

- 軸線の異常が見られる場合、洗掘が既に橋の安定に影響を及ぼしている可能性がある。
- 基礎が不安定になっていることが疑われる場合には、規制等、早急な措置の必要性を検討する必要がある。

橋台・橋脚周辺の河床低下が生じている例

	<p>例</p> <p>基礎部が流水のため著しく洗掘されている例</p>
	<p>例</p> <p>橋台に洗掘が生じている例</p>
	<p>例</p> <p>橋台に洗掘が生じている例</p>
	<p>例</p> <p>橋台に洗掘が生じている例</p>

備考

- 増水時に、橋脚の上流側での河床材料が消失し、洗掘が進行する可能性がある。
- 基礎部の状態を直接確認できないときには、必要に応じて水中カメラ等で見えるなどできるだけ状態を把握することが効果的である。

フーチングが露出している例

<p style="font-size: small;">前面地盤の崩壊</p> 	<p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">例</p> <p>護岸が整備されていないため、増水の繰り返しにより洗掘が進行し、フーチングが露出している例</p>
--	---

	<p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">例</p> <p>洗掘が進行し、フーチングが露出している例</p>
--	---

	<p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">例</p> <p>洗掘が進行し、フーチングが露出している例</p>
---	---

	<p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">例</p> <p>洗掘が進行し、フーチングが露出している例</p>
---	---

<p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">備考</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■水中部の直接目視可能な範囲を最大限にするために、濁水期に状態把握を行うのがよい。</li> <li>■基礎部の状態を直接確認できないときには、必要に応じて水中カメラ等で見るとできるだけ状態を把握することが効果的である。</li> </ul>
--	--

フーチングが露出している例

	<p>例</p> <p>基礎部が洗掘されフーチングや杭が露出している例</p> <p>(津波後に発見された損傷)</p>
---	--

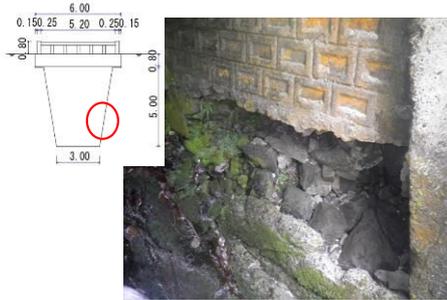
	<p>例</p> <p>洗掘が進行し、フーチングが浮いている例</p>
--	-------------------------------------

	<p>例</p> <p>洗掘が進行し、橋台が傾斜している例</p>
---	-----------------------------------

	<p>例</p> <p>洗掘が進行し、橋台が傾斜している例</p>
---	-----------------------------------

備考	<p>■水中部の直接目視可能な範囲を最大限にするために、濁水期に状態把握を行うのがよい。</p> <p>■基礎部の状態を直接確認できないときには、必要に応じて水中カメラ等で見られるだけ状態を把握することが効果的である。</p>
----	---

既存の対策工に変状が生じている例

	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">例</td> <td>護岸ブロックが抜け落ち、空洞が確認された例</td> </tr> </table>	例	護岸ブロックが抜け落ち、空洞が確認された例
例	護岸ブロックが抜け落ち、空洞が確認された例		

	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">例</td> <td>護岸ブロックが崩落し、橋台が不安定な状態となっている例</td> </tr> </table>	例	護岸ブロックが崩落し、橋台が不安定な状態となっている例
例	護岸ブロックが崩落し、橋台が不安定な状態となっている例		

	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">例</td> <td>護岸が崩落し、上部構造が沈下した例</td> </tr> </table>	例	護岸が崩落し、上部構造が沈下した例
例	護岸が崩落し、上部構造が沈下した例		

	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">例</td> <td>下部構造を保護する擁壁が破損している例</td> </tr> </table>	例	下部構造を保護する擁壁が破損している例
例	下部構造を保護する擁壁が破損している例		

備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 既存対策工の変状から、異常を把握できることがある。</li> <li>■ 周辺の護岸ブロックの流出や橋脚に衝突物がある場合は、洗掘が生じている場合がある。</li> </ul>
----	---

## ii) 現地計測

- 下部構造付近の水深値を計測し、基礎の根入れ深さを河床高から算出する。
- 計測の原点は、不動点とみなせる箇所とするのがよい。
- 水深や洗掘深さや範囲を計測したとき、記録には、計測地点（座標）や計測方法、想定される計測誤差程度も合わせて残しておく、今後の計測時に結果を比較できる。
- 上流から流れ着いた土砂が堆積してしまっている可能性もあることも考慮し、非破壊検査など計測された洗掘深さを絶対視し、活用することには注意が必要である。

## ○その他の留意点

- 大規模な増水があった場合、速やかに状態の把握を実施し、水位低下後に再度状態の把握を実施するのがよい。
- 河川の増水によって再び洗掘が進行する、あるいは地震の影響により不安定となる可能性もあるため、必要に応じて、恒久対策までの間に更なる変状が生じないか監視を行うことも有効である。

## Ⅱ編 水中部の鋼製パイルベント橋脚の腐食

### 1. 本資料の位置付け

本参考資料は、定期点検における水中部の鋼製パイルベント橋脚の腐食に対する状態の把握を行うにあたって、留意すべき事項を示す。

なお、パイルベント橋脚における洗掘に対する状態把握については、「Ⅰ編 基礎地盤の洗掘」を参考にするとよい。

### 2. 水中部の鋼製パイルベント橋脚の腐食に対する状態把握の留意点

- 鋼製パイルベント橋脚の断面欠損は水中部で生じることがあり、没水部や飛沫部の腐食条件が最も厳しく、条件によっては著しい腐食が生じる場合がある。
- 干潮河川など塩分の影響を受けている箇所においては著しい腐食が生じる場合がある。
- 水中部の直接目視可能な範囲を最大限にするために、濁水期に状態把握を行うのがよい。
- 水中部に付着物がある場合は付着部について局部腐食が進行している場合もあるため、付着物を除去しながら状態の把握を行うのがよい。
- 状態の把握においてケレンした部分やハンマ等で防食を傷めた可能性がある場合は、防錆措置を行うのがよい。
- 出水期に流下した土砂などが鋼管に衝突し鋼管表面を削ることがある。
- 防食が施されている鋼部材でも、石や砂の衝突による傷や磨耗、防食の欠陥等が原因で局部的に著しく腐食が進行し、孔食や断面欠損につながる場合がある。
- 孔食や断面欠損が進展するとパイルベント橋脚に座屈が生じることがある。
- 状態の把握にあたっては、潜水土による直接目視あるいは水中カメラ等による視認で変状を把握することが効果的である。水中カメラを活用する際の留意点は、「Ⅰ編 基礎地盤の洗掘」を参考にするとよい。
- 状態の把握の結果、局部的な孔食が生じている、断面欠損が生じている、あるいは著しい減肉が生じているなど部材に著しい腐食があるか、その疑いがあることが判明した場合には、腐食の範囲・断面減少の規模を可能な限り定量的に記録しておくことよい。また、状況に応じてより詳細な状態の把握が必要となる。

### 3. 水中部の鋼製パイルベント橋脚の腐食の事例

次頁以降に水中部の鋼製パイルベント橋脚の腐食の事例を示す。

パイルベント橋脚	腐食	1 / 2
----------	----	-------

鋼製パイルベント橋脚に腐食が生じ、断面欠損や変形が生じている状態



例

汽水域にあるパイルベント橋脚の水面付近に著しい腐食が生じている例



例

汽水域にあるパイルベント橋脚の水面付近に著しい腐食が生じている例



例

パイルベント橋脚の水面付近に著しい腐食が生じている例



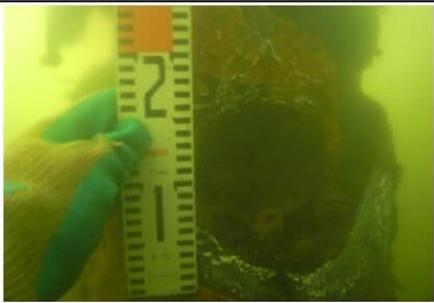
例

海中のパイルベント橋脚に海洋生物が付着している例

備考

- 鋼製パイルベント橋脚の断面欠損は水中部で生じることがあり、没水部や飛沫部の腐食条件が最も厳しく、条件によっては著しい腐食が生じる場合がある。
- 水中部に付着物がある場合は付着部について局部腐食が進行している場合もあるため、付着物を除去しながら状態の把握を行うのがよい。

パイルベント橋脚	腐食	2 / 2
----------	----	-------

鋼製パイルベント橋脚に腐食が生じ、断面欠損や変形が生じている状態		
	例	パイルベント橋脚の没水部に腐食による著しい断面欠損が生じている例
	例	パイルベント橋脚の没水部に腐食による著しい断面欠損が生じている例
	例	パイルベント橋脚の没水部に孔食が生じている例
	例	パイルベント橋脚の没水部に座屈による変形が生じている例
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 水中部の直接目視可能な範囲を最大限にするために、濁水期に状態把握を行うのがよい。</li> <li>■ 必要に応じて、潜水土による直接目視あるいは水中カメラ等で把握することが効果的である。</li> </ul>	

## 参考資料7

特定の条件を満足する溝橋の  
定期点検に関する参考資料



## 参考資料7. 特定の条件を満足する溝橋の定期点検に関する参考資料

本参考資料は、各道路管理者が道路橋の定期点検を実施するにあたって、溝橋が

- ・鉄筋コンクリートからなる剛体ボックス構造で、かつ、ボックス構造内に支承や継手がなく、かつ、全面が土に囲われているという構造の特性を有する
- ・第三者がその内空に入るおそれがないとみなせる供用環境を有する

という条件を満足するときに特化して、法令を満足する道路橋の定期点検を行うにあたって参考となる技術情報をまとめたものである。

本参考資料はあくまで法令の適切かつ効率的な運用を図るために参考とされることを目的としたものであり、実際の定期点検の実施や結果の記録は、法令の趣旨や道路橋定期点検要領に則って、各道路管理者の責任において適切に行う必要がある。

## 目 次

1. 本資料の適用範囲.....	参 7-1
2. 定期点検の体制に関する留意事項.....	参 7-3
3. 状態の把握に関する留意事項.....	参 7-3
別紙 1 用語の説明.....	参 7-6
別紙 2 部材の考え方（参考図）.....	参 7-7
別紙 3 各部材が担う機能の例.....	参 7-9
付録 1 一般的な構造と主な着目点.....	参 7-10
付録 2 溝橋（ボックスカルバート）の損傷事例.....	参 7-12
付録 3 機器のキャリブレーションの例.....	参 7-26

## 1. 本資料の適用範囲

本資料では、少なくとも以下の条件を満足する溝橋（ボックスカルバート）のみに限定して扱う。

### （構造の条件）

- ・鉄筋コンクリート部材からなる。
- ・地震や洪水等に対して、部材単位での損傷よりもボックス全体としての断面形状を保ちながら剛体的に移動する変状が卓越するとみなせるもの。
- ・経年材料の状態の変化や突発的な事象に対して特定の弱部がないとみなせるもの。

### （供用の条件）

- ・内空において人が侵入するおそれを通常考慮する必要がなく、内空側へのコンクリート片の剥落等による第三者被害防止の観点からについては措置が不要とできるもの

以上の構造の条件を満足する溝橋（ボックスカルバート）を外形で判断するならば、例えば以下の条件を全て満足するものが想定される。

### （構造の条件）

- ・充実断面を有する一連の鉄筋コンクリート部材からなり、支持する道路の横断方向に見たときに剛性ボックス断面が構成される。
- ・ボックスの隅角部は剛結されているとみなせる。
- ・各部材のせん断スパン比も小さく、かつ、ボックスの各辺の断面寸法の変化がない。なお、せん断スパン比が小さいと考えられる溝橋の諸元を定量的に示すことはできないが、過去の道路土工カルバート工指針平成11年3月（社団法人 日本道路協会）に具体の設計法を示している剛性ボックスカルバートの断面の大きさや、全国の溝橋の定期点検結果のうちこの参考資料の作成にあたって参考とした範囲からは、場所打ちコンクリートによる場合は内空高 5m×内空幅 6.5m まで、プレキャスト部材による場合は内空高 2.5m×内空幅 5m までの断面であればこれに該当することが多いと考えてよい。以下に例を示す。



ただし、極端に部材厚が薄かったり、偏土圧を受けるなどで断面力分布が複雑になるものも想定され、この参考資料の利用にあたっては、定期点検で行う者が個別に現場で判断することが必要である。

- ・ボックスの各辺の周長方向に継手がないもの。外観上継手がないように見えても、例えばプレキャスト部材等を接合するにあたって、ボルト等、周辺断面とは異なる力学機構で接続したあとでコンクリートにより後埋めしたようなものは、応力状態の局所的な変化が生じたり、劣化に対する抵抗も異なったりすることから、本資料が扱う溝橋（ボックスカルバート）の条件に該当しない。

また、第三者被害防止の観点から措置が不要とできると判断するにあたっては、例えば、以下を参考にできる。

（供用の条件）

（例）

- ・内空が水路等に活用されているなど、人が侵入するおそれが極めて小さい状況である。
- ・立入防止柵やゲート等により、内空への立ち入りが物理的に規制されている状況である。

## 2. 定期点検の体制に関する留意事項

溝橋（ボックスカルバート）の定期点検を適正に行うために必要な知識及び技能を有する者がこれを行う必要がある。構造の形式，材料が限定されること，殆どの場合には小規模な構造となることが一般的と考えられるので，これについて考慮した体制で定期点検を行うこともできる。

## 3. 状態の把握に関する留意事項

状態の把握は，近接目視を基本とし，必要に応じて，打音，触診，その他非破壊検査，試掘等必要な調査を行う。

内空でのコンクリート片の落下が第三者被害につながらないと判断してよいものが想定されていることから，この観点についてであれば内空面での打音・触診の実施の必要はない。ただし，目視によりうき，剥離，またはこれらが疑われる変状が確認された場合には，これを取り除いて内部の状態を把握することを検討するのがよい。

状態の把握を行うにあたっては，以下の点に留意して行うのがよい。

- ・把握が必要な損傷の程度については，付録2 溝橋（ボックスカルバート）の損傷事例の写真に見られる損傷の様態を参考にしよう。
- ・頂版については，土被りが特に薄いときには，例えば桁橋のコンクリート床版のように，輪荷重による繰返しの応力変動の影響が免れ得ないことが想定される。
- ・供用前又は供用後の道路附属物の設置に伴い，変状が生じることもある。
- ・過去に補修補強履歴があったり，鉄筋コンクリート部材内部の状態に特段の懸念事項がある場合には，打音や触診，その他非破壊検査を行うなど，できるだけ多くの情報を得るのがよい。
- ・アルカリ骨材反応，塩害が疑われるときには，特に慎重に状態の把握を行うのがよい。
- ・植生等により外観性状の把握が困難な場合は，それを除去してから見る。
- ・地盤に接する側面の部材の状態，水中部についても，直接近接目視できる範囲からその状態を把握・推測したり，必要に応じて機器等を活用したり試掘をするなどして状態を把握する。

- ・溝橋（ボックスカルバート）が支持する道路の横断方向にはボックスが連続しないこともあり、そこからの土砂の流出・吸い出しにより、背面地盤の安全性に影響が出たり、そのために本資料が前提とする構造の状態が喪失するおそれも懸念される。これについて適切に状態を把握したり、土砂の流出や吸い出しの原因となるような要因がないか状態を把握すること。例えば、土砂の流出や堆積の痕跡を探すことも有効である。
- ・部材の状態の把握や吸い出しの有無の把握ができるだけ直接的に行える範囲を最大限にするためには、湧水期に状態の把握を行うのが望ましい。
- ・土砂の吸い出しの有無を推測するためには、溝橋（ボックスカルバート）背面地盤上の舗装の状態も注意してみるのがよい。

本資料の適用範囲にある構造の特性と平成26年からの定期点検の結果を考えたときには、知識及び技能を有する者が現地での近接目視を基本として内空以外の状態を把握することと、画像等により内空の状態を把握することを組み合わせることで、定期点検に必要な品質（知識及び技能を有する者が近接目視を基本とした状態把握を行い、性能の推定を行ったり措置の検討をすること）に合致する状態把握が可能なことも多いと考えられる。この理由は、例えば、本資料が対象としている溝橋（ボックスカルバート）は、特に、本体に鋼部材を有さないことから、鋼部材の亀裂等からの脆性的かつ突発的な部材損傷の進展が生じることが想定されないこと、また、構造上の特徴として、大きな外力に対して部材変状よりもボックス全体の移動等の変状が生じやすいものを選んでいたり部材中に継手がなく局所的な応力分布や耐久性の違いについての懸念が想定しがたいものを選んでいたり、さらに、事例からは、活荷重の繰り返しによる頂版コンクリートの疲労損傷の可能性が小さいと考えられることにある。まだ限定的なデータの範囲であるため断定はできないが、平成26年度からの定期点検の結果からもこれについて否定的な知見は得られていない。

一方で、まだデータの蓄積は始まったばかりであること、また、多様な構造形態や周辺条件があり得ることから、本資料は溝橋（ボックスカルバート）について1.で示した以外の構造物は適用の対象としない。なお、頂版には疲労損傷が物理的に生じ得ないという知見が確立されている訳ではないので誤解がないようにするとともに、その可能性はあるものとして状態の把握を行う必要がある。

本資料の適用となる構造物における状態の把握方法は、定期点検を行う者が現地にて構造物の状態・状況を把握することを前提とした上で、構造物の特徴も踏まえて診断に必要な情報が得られるように計画することで一般に差し支えない。例えば、出水期であれば溝橋（ボックスカルバート）の内空が水没しているため直接目視できないことがあり、これに対して、湧水期など確実に確認できる

時期に定期点検を行うのがよいが、場合によっては、内空面の状態の把握に機器等を活用することも考えられる。

ただし、この場合、以下の点には留意しなければならない。

- ・内空側に凹凸や添架物による死角があったり、部材の状態を把握することを困難にする保護層などが設置されていたり、構造の変更が行われているなど、部材の外観を把握する障害がある場合は、この限りではない。
- ・過去の補修補強履歴などがあれば、部材断面内部の状態を把握するにあたって特に注意が必要であり、近接目視や必要に応じて打音、触診等の非破壊検査などを行う必要がある。

例えば、画像等を援用して現地での状態の把握を行うにあたっては、把握が必要な損傷の程度については付録2を参考にしよ。また、機器等の選別にあたっては、

- ・変状の向き等の影響
- ・機器等の向きに対する解像度
- ・現地の明るさ等の条件
- ・正対しない場合の画像のゆがみや光の角度と部材表面の凹凸の関係により生じる影の影響
- ・その他、機器等が明らかにする性能並びにその発揮条件

などを考慮し、定期点検を行う者が必要と考える精度の情報が得られるように画像等を取得する機器等の選定を行う必要がある。このとき、選定の妥当性を溯って検証ができるように、選定の考え方を記録に残すのがよい。例えば、付録3に機器等を使用した場合のキャリブレーションの例を示す。また、直接状態の把握を行った箇所と機器等でのみ状態の把握を行った箇所は明らかにし、記録に残すのがよい。

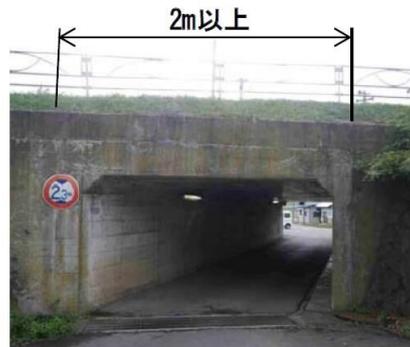
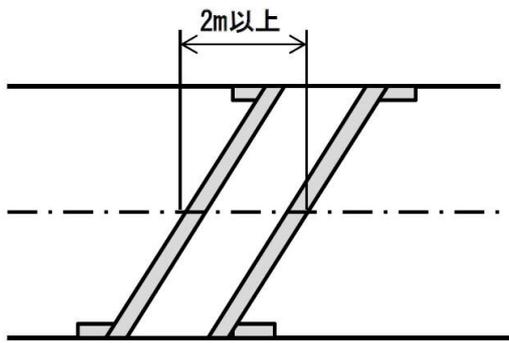
## 別紙1 用語の説明

### (1) 溝橋（ボックスカルバート）

道路の下を横断する道路や水路等の空間を確保するために盛土あるいは地盤内に設けられる構造物で、橋長 2m 以上かつ土被り 1m 未満のボックスカルバートのことをいう。

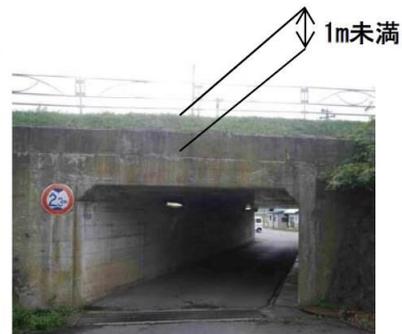
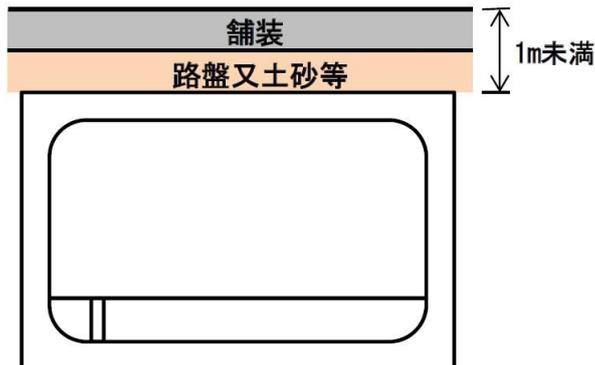
#### ■橋長 2m 以上の考え方

・溝橋（カルバート）の橋長は、外寸 2m 以上とし、カルバート上部道路の道路軸方向（斜角考慮）の長さを計測した値とする。

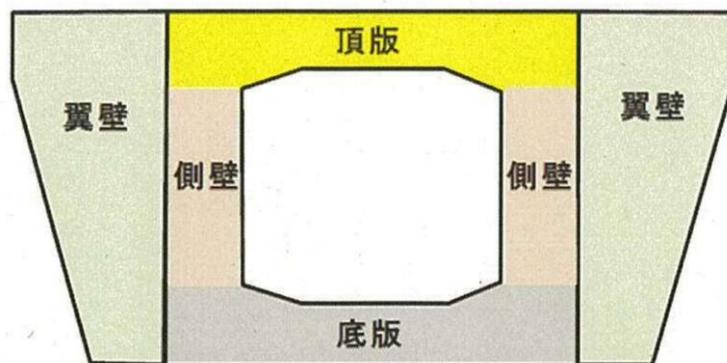


#### ■土被り 1m 未満の考え方

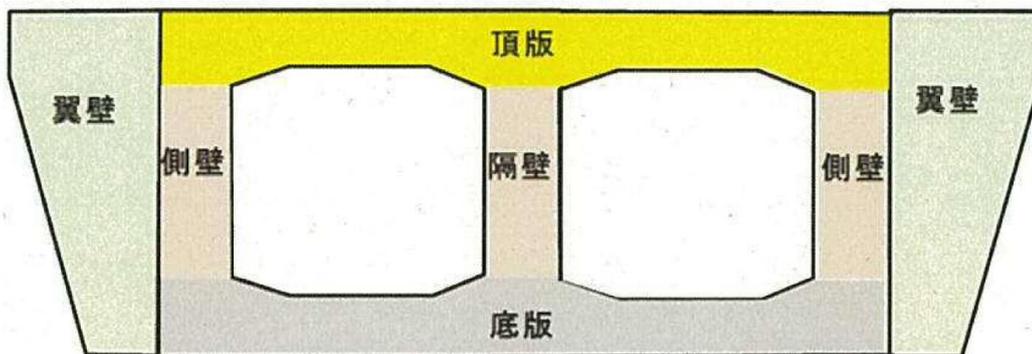
・溝橋（カルバート）の天端から、歩車道等の上面の厚さが 1m 未満のもの。  
※土被り厚が測定的位置で異なる場合（車道部・歩道部等）は、最小値となる位置で判断するものとする。



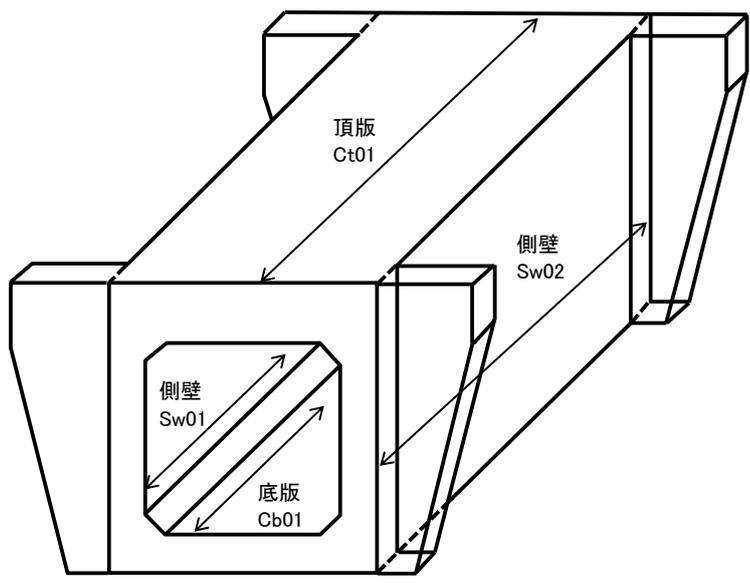
別紙 2 部材の考え方 (参考図)



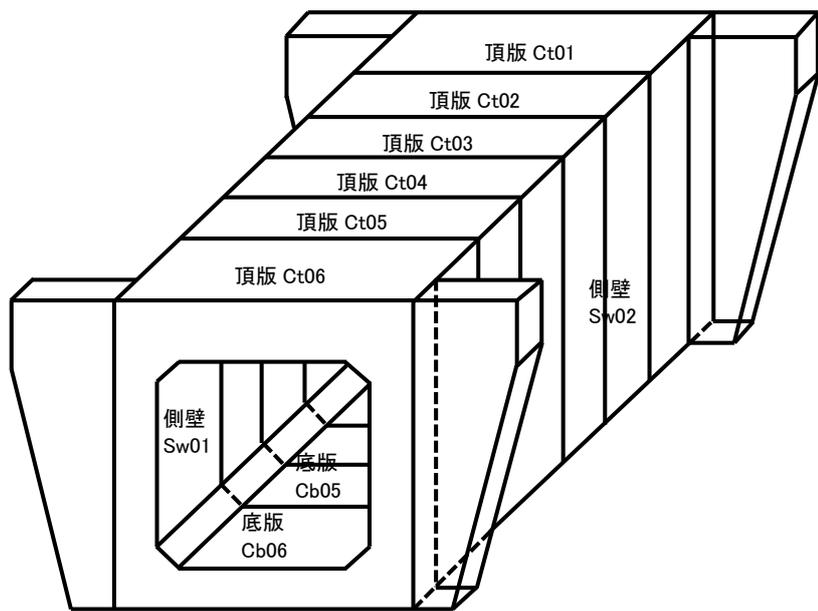
付図-1 溝橋 (ボックスカルバート) の部材名称



付図-2 2連の溝橋 (ボックスカルバート) の部材名称



付図－3 部材番号例（分割がない場合）



付図－4 部材番号例（分割がある場合）

別紙 3 各部材が担う機能の例

構成要素	力学的機能		部位・部材
上部構造	通行車など路面に載る荷重を直接支持する機能	鉛直	頂版
		—	—
	上部構造へ作用する鉛直及び水平方向の荷重を支持し, 上下部接続部まで伝達する機能	鉛直	頂版
		水平	同上
	上部構造へ作用する荷重を主桁等が上下部接続部に伝達するとき, 荷重の支持, 伝達を円滑にするための機能	鉛直	頂版
		水平	同上
下部構造	上下部接続部を直接支持し, その荷重を基礎・周辺地盤に伝達するとともに, 上下部接続部の位置を保持する機能	鉛直	側壁, 隔壁, 底版
		水平	同上
	橋脚・橋台等からの荷重を橋の安定に関わる周辺地盤に伝達するとともに, 地盤面での橋の位置を保持する機能	鉛直	底版
		水平	同上
上下部接続部	上部構造からの荷重を支持し, 下部構造へ伝達する機能	鉛直	頂版と側壁の接合部 (隅角部) 頂版と隔壁の接合部 (隅角部)
		水平	同上
	上部構造の耐荷性能を満足する前提として, 必要な幾何学的境界条件を付与する機能	鉛直	同上
		水平	同上

## 付録1 一般的な構造と主な着目点

### 溝橋（ボックスカルバート）の一般的な構造と主な着目点

溝橋（ボックスカルバート）の定期点検において着目すべき主な箇所を例を付表 1-1 に示す。

付表 1-1 定期点検時の主な着目箇所の例

部位・部材区分	着目のポイント	主な損傷の種類
頂版【Ct】	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 上載土や裏込め土による力が作用し、側壁と同様に、ひびわれが生じやすい。</li> <li>■ 上部道路の自動車荷重の繰り返しの影響により、ひびわれが生じやすい。</li> <li>■ 頂版に異常がある場合には、舗装にも変状が生じやすい。</li> <li>■ 規則的なひびわれがあるときには、自動車荷重の繰り返しの影響に加えて、コンクリート内部の構造の特徴についても考察するとよい。</li> <li>■ 頂版と側壁（隔壁）の接合部の付け根は大きな断面力が発生する部位であり、ひびわれが生じやすい。</li> <li>■ 頂版と側壁（隔壁）の接合部は、頂版、側壁・隔壁からの曲げにより生じる主引張応力により、斜めひびわれが生じる場合がある。</li> </ul>	ひびわれ 床版ひびわれ 鉄筋の露出・腐食 漏水・遊離石灰 うき・剥離 変形・欠損 その他
側壁【Sw】	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 頂版同様に上載土、裏込め土による力が作用し、ひびわれが生じやすい。</li> </ul>	ひびわれ 鉄筋の露出・腐食 漏水・遊離石灰 うき・剥離 変形・欠損 その他
底板【Cb】	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 上載土、裏込め土による頂版や側壁の変形に応じてひびわれが生じることがある。</li> <li>■ 流下する水の影響を受け、変形やひびわれを生じる可能性がある。</li> <li>■ 継手の前後における不同沈下に抵抗する過大な力が作用し、底板部の損傷につながる可能性がある。</li> </ul>	ひびわれ 鉄筋の露出・腐食 漏水・遊離石灰 うき・剥離 変形・欠損 洗掘 その他
翼壁【Aw】	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 雨水の影響により、ひびわれや鉄筋露出、剥離が生じやすい。</li> </ul>	ひびわれ 鉄筋の露出・腐食 漏水・遊離石灰 うき・剥離 変形・欠損 その他
周辺地盤 背面盛土	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 軟弱地盤上の設置或いは基礎地盤と周辺地盤の地耐力に差がある場合などは不同沈下を生じる可能性がある。</li> <li>■ 近傍の路面に異常がある場合は、地中の不可視部で背面土が流出している可能性がある。</li> </ul>	不同沈下 吸い出し 土砂流出 その他

その他	路上 【路上 R】	■活荷重等の影響により、損傷が著しく進展し、内空の外から流入する排水不良が続くと、本体コンクリートの損傷を促進させるおそれがある。	舗装の異常 路面の凹凸 その他
	その他 【その他 X】		その他

付録2 溝橋（ボックスカルバート）の損傷事例

変状の把握，変状の原因や進行や変状が部材や構造に与える影響を見立てる際に参考になるよう，本資料では，付表 2-1 に示す変状の種類別に，溝橋の損傷事例を示す。

付表 2-1 定期点検時の主な着目箇所の例

部位・部材区分		対象とする項目（変状の区分）	
		コンクリート	その他
溝橋（ボックスカルバート）本体	頂版	ひびわれ 床版ひびわれ その他 鉄筋の露出・腐食 漏水・遊離石灰 その他	
	側壁 底版 隔壁 その他	ひびわれ その他 鉄筋の露出・腐食 漏水・遊離石灰 その他	
	翼壁		
周辺地盤 背面盛土			不同沈下 吸い出し 土砂流出 その他
その他	路上		舗装の異常 その他

上部構造，下部構造，上下部接続部それぞれの性能の推定は，単に変状の種類や程度だけでなく，少なくとも下記を考慮して行うものである。

- ・ 変状の原因や進行性なども考慮した変状の範囲や程度の見立て
- ・ 橋が置かれる状況ごとの，上部構造，下部構造，上下部接続部のそれぞれの構造の耐荷機構の中で各部材が果たしている役割や機能の見立て
- ・ 当該部位・部材の応力状態や，当該部位・部材の性能の低下が他部材や構造の性能に与える影響

そこで、損傷写真ごとに、損傷の種類や原因、損傷の広がりなど説明を加えるとともに、備考欄には、損傷の進行性や進行した場合に橋の安全性に与える影響として考慮するのがよい点を示した。

上部構造、下部構造、上下部接続部それぞれの措置の必要性を検討するにあたっては、それぞれの構造の性能の推定の結果を考慮するのみならず、変状の原因、修繕時期や内容が道路ネットワークの機能に与える影響の違い、ライフサイクルコストなども加味して行うことになる。したがって、損傷の程度や本資料の写真を一律の判断基準のごとく扱うものではないことに注意されたい。



例

頂版コンクリートに漏水を伴うひびわれがある場合、貫通したひびわれの上側から雨水が供給されている可能性が高い。内部鉄筋の腐食やコンクリートの劣化が促進される可能性がある。原因が除去されないままでは、内部鋼材の断面減少や破断を生じたり、コンクリートに上載荷重の影響でひびわれが発達したり、コンクリートがブロック化していくなど耐荷性能が低下する可能性もある。

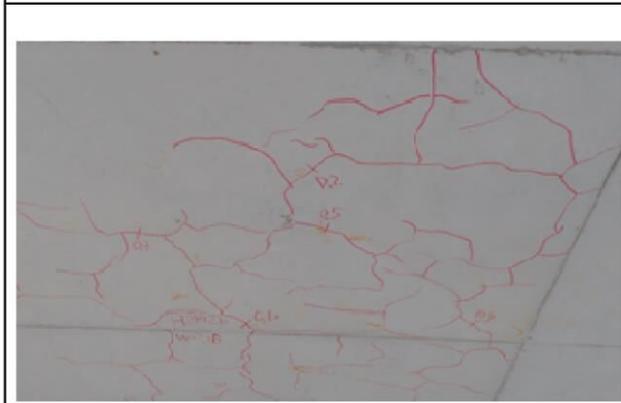


例

頂版コンクリートの接合部では、内部に一体化のための鉄筋などが配置されていることが一般的である。目地部から伸びるひびわれによって、有効断面が減少していくと、版としての剛性が低下したり、鉄筋の付着が低下、接合機能の低下などによって頂版全体の耐荷性能が低下する可能性がある。またひびわれから雨水の浸入が生じると鉄筋の腐食を生じさせる可能性もある。なお、ひびわれの発生原因は様々に考えられるだけでなく、複数の原因が関わっていることも多く、必要な情報を取得して原因の推定などの評価を行う必要がある。

備考

- 頂版に生じる応力は、溝橋の諸元や土被りによってもそれぞれ大きく異なる。また頂版上面側は視認できないため、下面側の変状の有無や性状の評価にあたっては、構造条件のみならず土被りの条件なども考慮して原因の推定や、耐荷性能に関する評価を行う必要がある。
- 頂版上面側からの雨水の浸透や貫通による劣化では下面側に漏水や貫通ひびわれの開口となって変状が現れたときには、内部鋼材の腐食やコンクリート劣化が進展して耐荷性能が大きく低下していることもあるため注意が必要である。



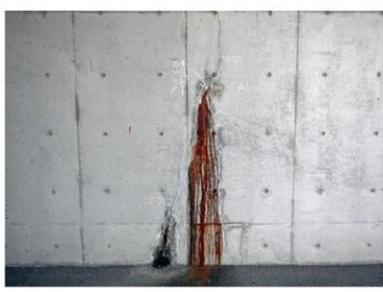
例

頂版コンクリートは上載荷重に対する床版としての抵抗以外に、断面全体の耐荷性能にも大きな役割を果たしている。そのため頂版コンクリートに生じたひびわれによる影響も多岐にわたることになる。また様々な作用に対して頂版コンクリートにも応力が伝達されるため、その原因や発生位置、性状によらず、溝橋に作用する可能性がある荷重に対する影響を評価する必要がある。

なお、ひびわれの性状や発生位置には、その原因に応じた特徴があらわれることも多く、原因の推定や今後の変状の変化傾向の推定にあたっては、溝橋の構造的特徴に加えてひびわれの発生位置や性状にも着目する必要がある。このとき、ひびわれの発生には複数の異なる原因が関わっていることも多いことに注意が必要である。

備考

- 土被りが浅い頂版では活荷重による応力の変動により床版作用に起因するひびわれが生じやすい
- 頂版コンクリートでは、応力の繰り返し変動、内部鋼材の腐食を生じさせる水の内部への浸入は、原因が除去されない限りひびわれの発達や進展を継続させる可能性が高く注意が必要である。
- 隅角部やその近傍は応力集中箇所であり、その位置にひびわれがあると進展によって耐荷力に重大な影響を及ぼす可能性があるだけでなく、かぶりコンクリートの脱落を生じさせやすい。

	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">例</td> <td> <p>背面土がある側壁コンクリートで漏水を伴うひびわれがある場合、貫通した水みちがあることを意味しており、漏水が継続すると、内部鋼材の腐食が進展し、その範囲や位置によっては、耐荷性能に影響を及ぼす場合もある。</p> </td> </tr> </table>	例	<p>背面土がある側壁コンクリートで漏水を伴うひびわれがある場合、貫通した水みちがあることを意味しており、漏水が継続すると、内部鋼材の腐食が進展し、その範囲や位置によっては、耐荷性能に影響を及ぼす場合もある。</p>
例	<p>背面土がある側壁コンクリートで漏水を伴うひびわれがある場合、貫通した水みちがあることを意味しており、漏水が継続すると、内部鋼材の腐食が進展し、その範囲や位置によっては、耐荷性能に影響を及ぼす場合もある。</p>		
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">例</td> <td> <p>背面土がある側壁コンクリートで漏水を伴うひびわれがある場合、貫通した水みちがあることを意味しており、漏水が継続すると、内部鋼材の腐食が進展し、その範囲や位置によっては、耐荷性能に影響を及ぼす場合もある。</p> </td> </tr> </table>	例	<p>背面土がある側壁コンクリートで漏水を伴うひびわれがある場合、貫通した水みちがあることを意味しており、漏水が継続すると、内部鋼材の腐食が進展し、その範囲や位置によっては、耐荷性能に影響を及ぼす場合もある。</p>
例	<p>背面土がある側壁コンクリートで漏水を伴うひびわれがある場合、貫通した水みちがあることを意味しており、漏水が継続すると、内部鋼材の腐食が進展し、その範囲や位置によっては、耐荷性能に影響を及ぼす場合もある。</p>		
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">例</td> <td> <p>隅角部近傍は応力集中箇所となっていることが多く、ひびわれが生じている場合、構造全体の耐荷性能が低下している可能性がある。隅角部でひびわれが生じる原因には、構造全体の沈下断面全体の異常変位や過大な応力の発生なども考えられる。</p> </td> </tr> </table>	例	<p>隅角部近傍は応力集中箇所となっていることが多く、ひびわれが生じている場合、構造全体の耐荷性能が低下している可能性がある。隅角部でひびわれが生じる原因には、構造全体の沈下断面全体の異常変位や過大な応力の発生なども考えられる。</p>
例	<p>隅角部近傍は応力集中箇所となっていることが多く、ひびわれが生じている場合、構造全体の耐荷性能が低下している可能性がある。隅角部でひびわれが生じる原因には、構造全体の沈下断面全体の異常変位や過大な応力の発生なども考えられる。</p>		
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">例</td> <td style="height: 100px;"></td> </tr> </table>	例	
例			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">備考</td> <td> <p>■例えば隅角部やその近傍のひびわれやせん断ひびわれなど、進展すると耐荷力に重大な影響を及ぼす可能性がある部位にひびわれが発生している場合は、進展性について慎重に判断しなければならない。</p> </td> </tr> </table>		備考	<p>■例えば隅角部やその近傍のひびわれやせん断ひびわれなど、進展すると耐荷力に重大な影響を及ぼす可能性がある部位にひびわれが発生している場合は、進展性について慎重に判断しなければならない。</p>
備考	<p>■例えば隅角部やその近傍のひびわれやせん断ひびわれなど、進展すると耐荷力に重大な影響を及ぼす可能性がある部位にひびわれが発生している場合は、進展性について慎重に判断しなければならない。</p>		

	<p><b>例</b></p> <p>漏水を伴うひびわれがある場合、上側又は背後からのコンクリート内部への顕著な漏水が継続するなど、環境が改善されないまま放置されると、内部鋼材の腐食が進展し、耐荷性能に影響を及ぼす場合もある。</p>
	<p><b>例</b></p> <p>漏水を伴うひびわれがある場合、上側又は背後からのコンクリート内部への顕著な漏水が継続するなど、環境が改善されないまま放置されると、内部鋼材の腐食が進展し、耐荷性能に影響を及ぼす場合もある。</p>
	<p><b>例</b></p> <p>頂版コンクリートで広範囲にかぶりコンクリートのうきや剥離が生じたり、露出した鉄筋に腐食が見られるような場合、上側から内部を浸透してきた雨水による場合もある。その場合、下面にこれらの変状が現れた時点で既に内部鋼材の腐食やコンクリートの劣化が広く進行している可能性もある。頂版コンクリートの落下による第三者被害にも注意が必要である。</p>
	<p><b>例</b></p> <p>頂版コンクリートで広範囲にかぶりコンクリートの浸潤や変色が見られる場合、上側から内部を浸透してきた雨水による場合もある。その場合、下面にこれらの変状が現れた時点で既に内部鋼材の腐食やコンクリートの劣化が広く進行している可能性もある。またかぶり不足やひびわれの発生に起因して下側から鉄筋の腐食の進行も同時に進行していることもある。</p>
<p><b>備考</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 周辺環境によっては、塩害の可能性についても検討するのがよい。</li> <li>■ 頂版の広範囲にわたって剥離を伴うひびわれが生じており、内部鉄筋の腐食が広範囲に進行していることが見込まれる場合、腐食の急速な進行が懸念される場合がある。また、腐食の程度によっては、活荷重などの作用に対して耐荷性能が低下している可能性がある。</li> </ul>	

	<p>例</p> <p>頂版コンクリートに大規模な貫通ひびわれが生じている場合、耐荷性能が低下しており、活荷重などの作用によってその位置で部材が破壊するなど、耐荷性能が喪失することもある。またコンクリート塊の落下による第三者被害にも注意が必要である。</p>
	<p>例</p> <p>最外層の鉄筋が広範囲に腐食して、かぶりコンクリートの劣化も広範囲に及ぶ場合、さらに奥にある鉄筋やコンクリートにも腐食やひびわれが生じて耐荷性能が大きく低下していることもある。鉄筋の腐食やコンクリートの劣化が上側からの水による場合には、既に断面全体に損傷が及んでいる可能性もある。</p>
	<p>例</p> <p>広範囲に鋼材が腐食し、鉄筋の断面減少や破断などが見られる場合、その範囲や位置、コンクリートの状態によっては、耐荷性能が低下している可能性があり、活荷重などの作用によって、コンクリートが抜け落ちることもある。</p>
	<p>例</p> <p>隅角部に斜めひびわれが生じている場合、隅角部としての一体性が失われ、耐荷性能が低下している可能性があり、活荷重や地震などの作用によって、耐荷性能が喪失することもある。</p>
<p>備考</p>	

	<p><b>例</b></p> <p>床版全体に広く格子状のひびわれが発達している場合、版としての一体性が低下し、ひびわれの進展は加速する可能性が高い。貫通ひびわれが生じるなど雨水の浸入によって急速に耐荷性能も低下することがある。ひびわれが発達すると踏み抜きや路面陥没、コンクリート塊の落下に至ることもある。 (写真は、桁橋の床版の例)</p>
	<p><b>例</b></p> <p>床版裏面に漏水、著しい浸潤、石灰分の析出がみられる場合、上面側からの雨水が床版を貫通するひびわれを通じて下面にまで到達している可能性が高い。局部的であっても、その部位で鉄筋が腐食していたりコンクリートがブロック化して抜け落ちや、路面陥没、舗装の飛散などに至る可能性もある。 (写真は、桁橋の床版の例)</p>
	<p><b>例</b></p> <p>床版裏面に漏水、著しい浸潤、石灰分の析出がみられる場合、床版を貫通するひびわれが生じているため、局部的であっても、雨水の影響も関わって急速に劣化が進行して抜け落ちを生じたり、路面凹凸の発生、舗装の飛散などが生じる可能性もある。 (写真は、桁橋の床版の例)</p>
	<p><b>例</b></p> <p>床版裏面に連続的なひびわれが生じている場合、その断面ではひびわれが貫通しており、漏水や石灰分の析出を伴う場合には上面からの雨水の浸入による鉄筋の腐食やひびわれ面の劣化も生じていることがある。このような状態では耐荷性能は低下しており、床版防水の不備などで雨水の浸入が継続すると、急速に損傷が進展する可能性もある。 (写真は、桁橋の床版の例)</p>
<b>備考</b>	<p>■頂版において活荷重による応力変動が大きいと懸念される場合には、疲労によるひびわれの可能性がある。</p> <p>■貫通ひびわれが生じ、輪荷重による応力の変動が顕著である場合、放置すると急速に劣化が進行する可能性が高い。これにコンクリート内部への水の浸入が重なると、劣化を著しく促進する可能性が高い。</p>

	<p>例</p> <p>床版下面側のひびわれが格子状に発達してひびわれ幅も大きくなっていたり、顕著な漏水や石灰分の析出が生じている場合、貫通ひびわれによって既に床版コンクリートがブロック化して一体性を失っている可能性が高い。輪荷重などの作用で、容易に抜け落ちる可能性がある。 (写真は、桁橋の床版の例)</p>
	<p>例</p> <p>床版下面側のひびわれが格子状に発達してひびわれ幅も大きくなっていたり、顕著な漏水や石灰分の析出が生じている場合、貫通ひびわれによって既に床版コンクリートがブロック化して一体性を失っている可能性が高い。輪荷重などの作用で、容易に抜け落ちる可能性がある。 (写真は、桁橋の床版の例)</p>
	<p>例</p> <p>床版下面側のひびわれが格子状に発達してひびわれ幅も大きくなっていたり、顕著な漏水や石灰分の析出が生じている場合、貫通ひびわれによって既に床版コンクリートがブロック化して一体性を失っている可能性が高い。輪荷重などの作用で、容易に抜け落ちる可能性がある。 (写真は、桁橋の床版の例)</p>
	<p>例</p> <p>床版下面では局所的な浸潤に留まっていたり、ひびわれの範囲が限定的であっても、直上の舗装に陥没やセメント分の噴出痕が見られる場合、床版上面が土砂化しているなど上側からも損傷が拡大しつつあり、抜け落ちを生じるなど深刻な状態となりやすい状態である可能性が高い。 (写真は、桁橋の床版の例)</p>
<p>備考</p>	

	<p>例</p> <p>過去に補修・補強した部位からひびわれが生じている場合、変状の全貌が外観目視では判断できないことが多い。内部で劣化が進行している場合、危険な状態となっている可能性もある。</p>
	<p>例</p> <p>不規則なひびわれが発達したり、全面に顕著な変色が拡がっている場合には、アルカリ骨材反応の併発など複合的な劣化が生じていることが疑われる。</p>
	<p>例</p> <p>不規則なひびわれが発達したり、全面に顕著な変色が拡がっている場合には、アルカリ骨材反応の併発など複合的な劣化が生じていることが疑われる。</p>
	<p>例</p> <p>不規則なひびわれが発達したり、全面に顕著な変色が拡がっている場合には、アルカリ骨材反応の併発など複合的な劣化が生じていることが疑われる。</p>
<p>備考</p> <p>■塩害やアルカリ骨材反応を生じている場合、着実に劣化が進行することが多く、場合によっては急速に状態が変化することもある。そのため、塩害やアルカリ骨材反応を生じている可能性がある場合には、専門家の助言を受けるなどし、調査とそれらを踏まえた維持管理計画を検討するのがよい。</p>	

	<p><b>例</b></p> <p>頂版コンクリートと舗装の両者にひびわれが見られる場合、土被りが浅いなど、活荷重による応力変動の繰り返しの影響を受けやすい場合には、床版ひびわれに発展する可能性もある。</p>
---	--

	<p><b>例</b></p> <p>頂版から側壁に連続して規則的にひびわれが発生している場合には、配筋とひびわれの位置関係、使用材料、周辺地盤の沈下等に伴う土圧の増加など様々な観点から、原因を調べるのがよい。</p>
--	---

	<p><b>例</b></p> <p>頂版から側壁に連続して規則的にひびわれが発生している場合には、配筋とひびわれの位置関係、使用材料、周辺地盤の沈下等に伴う土圧の増加など様々な観点から、原因を調べるのがよい。</p>
---	---

	<p><b>例</b></p> <p>頂版から側壁に連続して規則的にひびわれが発生している場合には、配筋とひびわれの位置関係、使用材料、周辺地盤の沈下等に伴う土圧の増加など様々な観点から、原因を調べるのがよい。</p>
---	---

<p><b>備考</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■原因を調べるにあたっては、底版が存在しない、頂版・側壁・底版が互いに剛結されていない、途中で接合部があるなど、構造形式の想定に疑いがないかも確認しておくとうよい。</li> <li>■周辺環境によっては、塩害などとの複合的な劣化についても調査が必要な場合もある。</li> </ul>	
---	--

周辺地盤	不同沈下
------	------

一般的性状	基礎や下部工に特異な沈下・移動・傾斜が生じている例
-------	---------------------------

	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">例</td> <td>路面に段差や線形不整が生じている場合、構造全体が沈下や異常変位を生じている可能性がある。構造全体の安定性など耐荷性能に影響が生じている可能性がある。なお液状化や地盤そのものの沈下など様々な原因が考えられる。不同沈下では構造物同士の遊間異常により干渉や接続部の損傷が生じている可能性もある。</td> </tr> </table>	例	路面に段差や線形不整が生じている場合、構造全体が沈下や異常変位を生じている可能性がある。構造全体の安定性など耐荷性能に影響が生じている可能性がある。なお液状化や地盤そのものの沈下など様々な原因が考えられる。不同沈下では構造物同士の遊間異常により干渉や接続部の損傷が生じている可能性もある。
例	路面に段差や線形不整が生じている場合、構造全体が沈下や異常変位を生じている可能性がある。構造全体の安定性など耐荷性能に影響が生じている可能性がある。なお液状化や地盤そのものの沈下など様々な原因が考えられる。不同沈下では構造物同士の遊間異常により干渉や接続部の損傷が生じている可能性もある。		

	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">例</td> <td>底版周辺の地盤の変状等により、不同沈下が生じている場合や隣接する盛土部の沈下等の異常により構造物全体が沈下や傾斜、異常変位を生じている場合、土圧の異常、隣接するボックス同士の相互干渉などが生じている可能性がある。その場合、構造全体としての耐荷性能は低下している可能性がある。</td> </tr> </table>	例	底版周辺の地盤の変状等により、不同沈下が生じている場合や隣接する盛土部の沈下等の異常により構造物全体が沈下や傾斜、異常変位を生じている場合、土圧の異常、隣接するボックス同士の相互干渉などが生じている可能性がある。その場合、構造全体としての耐荷性能は低下している可能性がある。
例	底版周辺の地盤の変状等により、不同沈下が生じている場合や隣接する盛土部の沈下等の異常により構造物全体が沈下や傾斜、異常変位を生じている場合、土圧の異常、隣接するボックス同士の相互干渉などが生じている可能性がある。その場合、構造全体としての耐荷性能は低下している可能性がある。		

	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">例</td> <td>底版周辺の地盤の変状等により、不同沈下が生じている場合や隣接する盛土部の沈下等の異常により構造物全体が沈下や傾斜、異常変位を生じている場合、土圧の異常、隣接するボックス同士の相互干渉などが生じている可能性がある。原因には周辺土砂の流出や吸い出し、盛土など周辺地盤全体の変位など様々な可能性が考えられる。</td> </tr> </table>	例	底版周辺の地盤の変状等により、不同沈下が生じている場合や隣接する盛土部の沈下等の異常により構造物全体が沈下や傾斜、異常変位を生じている場合、土圧の異常、隣接するボックス同士の相互干渉などが生じている可能性がある。原因には周辺土砂の流出や吸い出し、盛土など周辺地盤全体の変位など様々な可能性が考えられる。
例	底版周辺の地盤の変状等により、不同沈下が生じている場合や隣接する盛土部の沈下等の異常により構造物全体が沈下や傾斜、異常変位を生じている場合、土圧の異常、隣接するボックス同士の相互干渉などが生じている可能性がある。原因には周辺土砂の流出や吸い出し、盛土など周辺地盤全体の変位など様々な可能性が考えられる。		

	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">例</td> <td>構造物の周辺に土砂の流出痕が見られる場合、過去に液状化が生じた可能性がある。液状化が生じた場合、構造物に沈下や傾斜などの異常変位が見られることもあるが、明確な変状がなくとも支持力に影響が生じていたり、背面土の土圧に異常が生じていることもあるため注意が必要である。</td> </tr> </table>	例	構造物の周辺に土砂の流出痕が見られる場合、過去に液状化が生じた可能性がある。液状化が生じた場合、構造物に沈下や傾斜などの異常変位が見られることもあるが、明確な変状がなくとも支持力に影響が生じていたり、背面土の土圧に異常が生じていることもあるため注意が必要である。
例	構造物の周辺に土砂の流出痕が見られる場合、過去に液状化が生じた可能性がある。液状化が生じた場合、構造物に沈下や傾斜などの異常変位が見られることもあるが、明確な変状がなくとも支持力に影響が生じていたり、背面土の土圧に異常が生じていることもあるため注意が必要である。		

備考	
----	--

その他	吸い出し、土砂流出	
-----	-----------	--

一般的性状	基礎部の洗掘などにより背面土が流出し、路面にひびわれや陥没が生じている例			
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 5%;">例</td> <td>ひびわれ部、打継ぎ目地、構造間の接合部、隣接するコンクリート擁壁との隙間などから土の流出が見られる場合、貫通部を通じて背面の土砂が流出している。空洞の発生や背面の土構造強度低下、土圧の異常などによって耐荷性能に深刻な悪影響を及ぼす可能性もある。また大雨時の流水などで急速に変状が進行することもある。</td> </tr> </table>	例	ひびわれ部、打継ぎ目地、構造間の接合部、隣接するコンクリート擁壁との隙間などから土の流出が見られる場合、貫通部を通じて背面の土砂が流出している。空洞の発生や背面の土構造強度低下、土圧の異常などによって耐荷性能に深刻な悪影響を及ぼす可能性もある。また大雨時の流水などで急速に変状が進行することもある。	
例	ひびわれ部、打継ぎ目地、構造間の接合部、隣接するコンクリート擁壁との隙間などから土の流出が見られる場合、貫通部を通じて背面の土砂が流出している。空洞の発生や背面の土構造強度低下、土圧の異常などによって耐荷性能に深刻な悪影響を及ぼす可能性もある。また大雨時の流水などで急速に変状が進行することもある。			
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 5%;">例</td> <td>打継ぎ目地や隣接するコンクリート擁壁との隙間などから土が流出している場合、大雨時の流水などにより、路面に陥没などの異常が急速に進展する可能性がある。</td> </tr> </table>	例	打継ぎ目地や隣接するコンクリート擁壁との隙間などから土が流出している場合、大雨時の流水などにより、路面に陥没などの異常が急速に進展する可能性がある。	
例	打継ぎ目地や隣接するコンクリート擁壁との隙間などから土が流出している場合、大雨時の流水などにより、路面に陥没などの異常が急速に進展する可能性がある。			
		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 5%;">例</td> <td></td> </tr> </table>	例	
例				
		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 5%;">例</td> <td></td> </tr> </table>	例	
例				
備考				

その他	舗装の異常	路上
-----	-------	----

一般的性状	舗装面にひびわれやうき、ポットホール、水や石灰分の滲出などの異常が生じている例
-------	---

	例	<p>背面の路面に変状が生じている場合、構造物背面土の流出が生じている可能性がある。 大雨時の流水により、路面に陥没などの異常が急速に進展する可能性もある。</p>
---	---	--

	例	<p>舗装表面に損傷が見られる場合、頂版コンクリートの抜け落ち、鉄筋の露出・腐食等の損傷が生じていたり、内部コンクリートの劣化が生じているなど、耐荷力に影響を与えている場合がある。 また、過去に附属物が設置されていたなどの理由により、頂版コンクリートの一部が後埋めされているなど、局部で損傷が生じている場合がある。</p>
		

	例	
--	---	--

備考	舗装の異常については、他の変状の兆候である可能性にも留意する。
----	---------------------------------

### 付録3 機器のキャリブレーションの例

コンクリート部材には様々な変状が様々な様態で現れ、この資料で対象とする構造も例外ではない。機器等を状態の把握に用いるにあたっては、機器の特性も考慮して結果の解釈を行う必要がある。ここでは、カメラ等の光学機器を例に、例えば現地で、または、事前に別な場所でキャリブレーションを行い機器等の特性を評価する方法の例を示す。なお、ここに示すのは考え方の一例であり、これでなければならないということも、これであらゆる条件に対する適用性が評価できるというわけでもなく、前述のとおり適用の判断や機器利用の結果の解釈にあたっては、得られた特徴を反映して行わねばならない。

#### 色調：

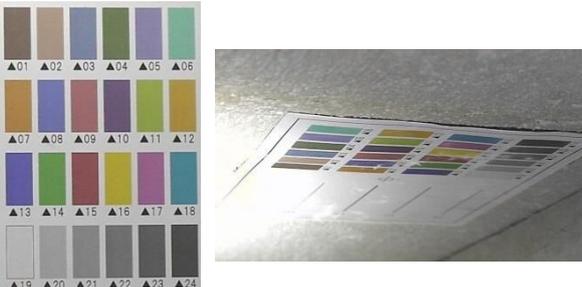
遊離石灰や漏水、部材の変色、骨材の異常、ひびわれなどを見るにあたって、色調の特徴をつかむことが必要である。そこで、例えば、カラーチェックを行うことなどが考えられる。なお、部材表面に照明をあてる場合には、実際に用いる照明を用いた状態でカラーチェックをするのがよいと考えられる。

#### 分解能

様々な変状の種類や寸法、形状を把握するには、分解能について特徴を把握しておく必要がある。特徴を表すためにはさまざまな指標が考えられる。内空に生じるひびわれには、部材軸、部材軸直交、又はこれが様々な組み合わせることも想定されたり、隅角部に生じることも想定されることから、少なくともこれらを想定したいいくつかの向きやパターンのひびわれ又はこれを模擬したものを機器等を通じて見てみたり、幅や長さを変えて配置したいいくつかのひびわれ又はこれを模擬したものを見たりし、近接目視をした結果として比較しておくといよい。換言すれば、キャリブレーションした範囲で結果が得られるように、機器を使用することが基本となる。

機器を移動させる速度、対象物までの距離、光学部の特性（例えばカメラで言うところの絞りやシャッタースピードの変化、その他色や手ぶれの補正機能の選択）によっても得られる結果が変わると考えられる。そこで、実際に用いる機器で、実際に用いることが想定される条件でキャリブレーションしておくといよい。照明を用いる場合には、陰影によっても見え方が変わるので、注意が必要である。また、対象に正対して見た場合、正対せずに見た場合などの違いも把握しておくといよい。

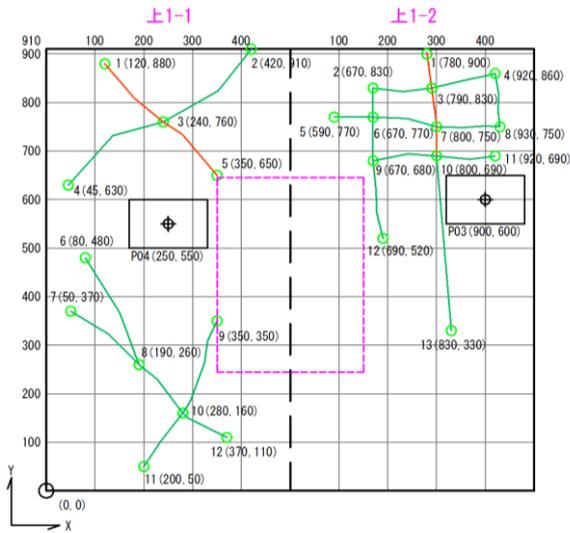
■ 目視と機器による色調情報の違い

調査機器	カラーチャート見本	代表的な画像	評価
A			<p>テストパターンと正対して画像を取得できるケース（左写真）では、色調は正確に取得できる。テストパターンに対して斜め位置での撮影の場合、色調取得の精度は劣る（右写真）。</p>
B			<p>テストパターンと正対して画像を取得できるケース（左写真）では、色調は正確に取得できる。テストパターンに対して斜め位置での撮影の場合、解像度及び色調取得の精度は劣る（右写真）。</p>
E			<p>光量不足により、色調の評価は困難である。</p>

■コンクリートのひびわれパターンに応じた見え方の例

様々なひびわれパターン図

幅, 長さ, 方向 (縦, 横, 斜め), 格子状, 分岐, 位置 (中心部, 外縁部) 等の違い



ひびわれ写真と  
写真から作成した損傷図  
(ただし, 左右反転)

凡例

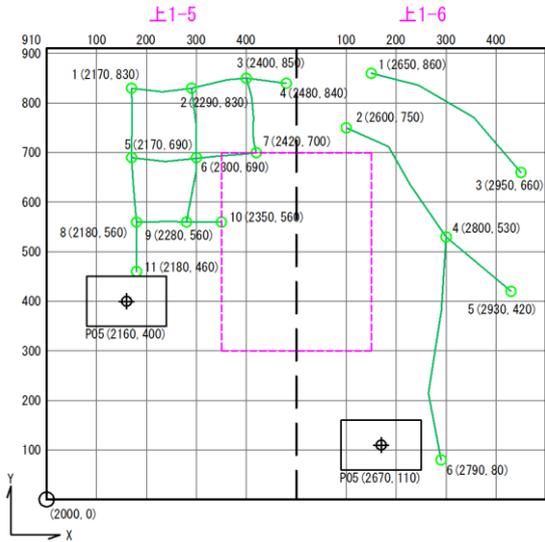
<span style="color: blue;">—</span>	0.2mm未満
<span style="color: green;">—</span>	0.2mm以上0.3mm未満
<span style="color: red;">—</span>	0.3mm以上



■コンクリートのひびわれパターンに応じた見え方の例

様々なひびわれパターン図

幅, 長さ, 方向 (縦, 横, 斜め), 格子状, 分岐, 位置 (中心部, 外縁部) 等の違い



ひびわれ写真と

写真から作成した損傷図

(ただし, 左右反転)

凡例

- 0.2mm未満
- 0.2mm以上0.3mm未満
- 0.3mm以上

