

引張材を有する道路橋の損傷例と
定期点検に関する参考資料

平成31年2月

国土交通省 道路局 国道・技術課

本資料の位置付け

本資料は、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。

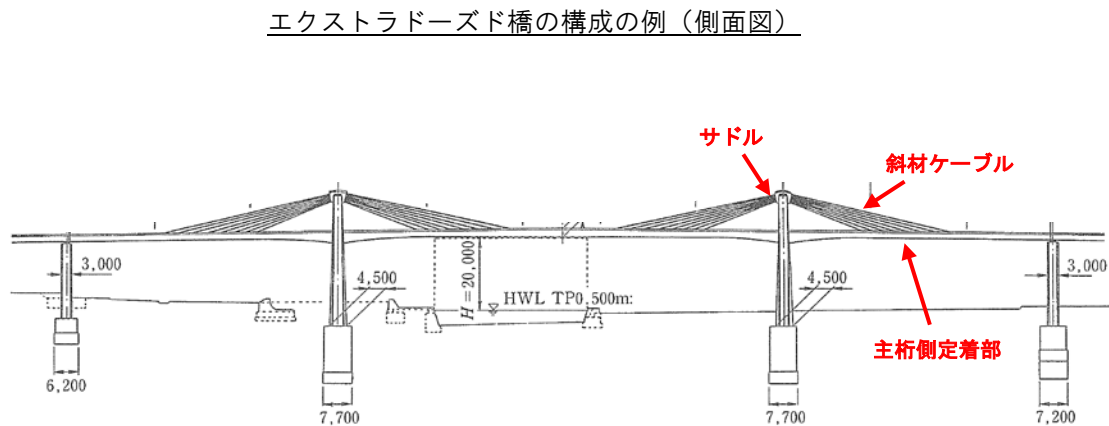
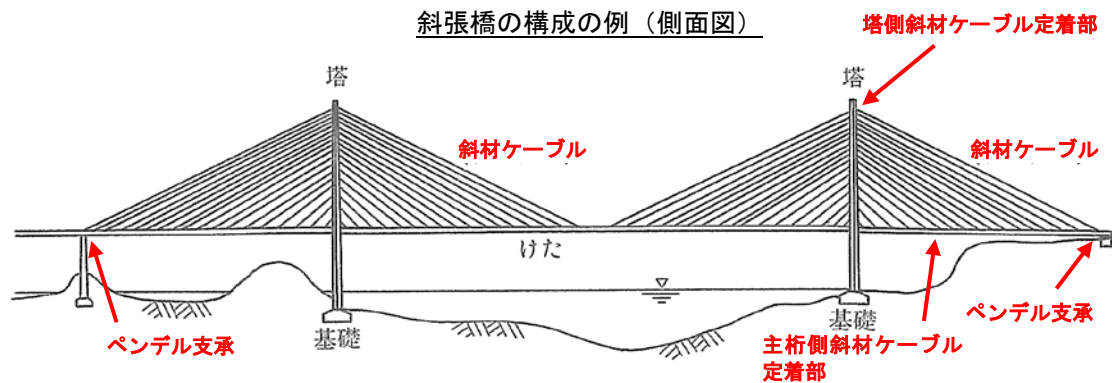
1. 引張材を有する道路橋の構造形式の例

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。たとえば、以下の部材を有する橋はこれに該当すると考えてよい。

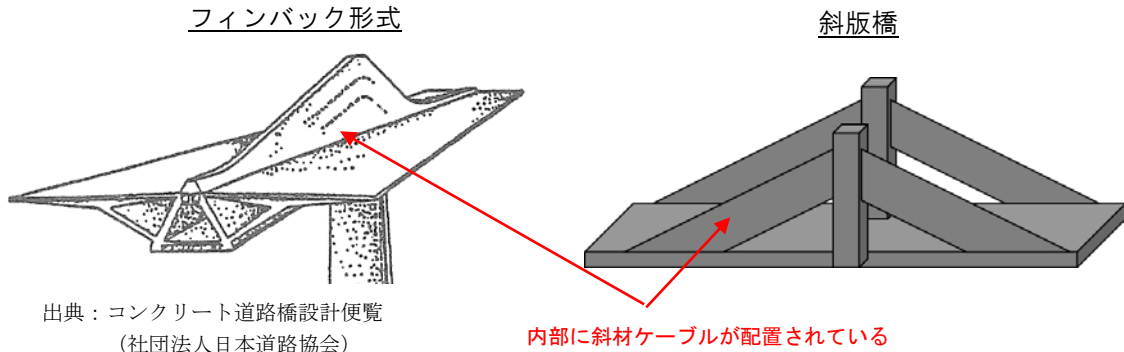
- 1) 引張材：ケーブル、吊り材、ペンデル支承、グラウンドアンカー等
- 2) 1) の定着部（引張材を定着するための定着具及び定着具を配置するための補強された部位）
- 3) 1)、2) の挙動に影響を与える部材

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

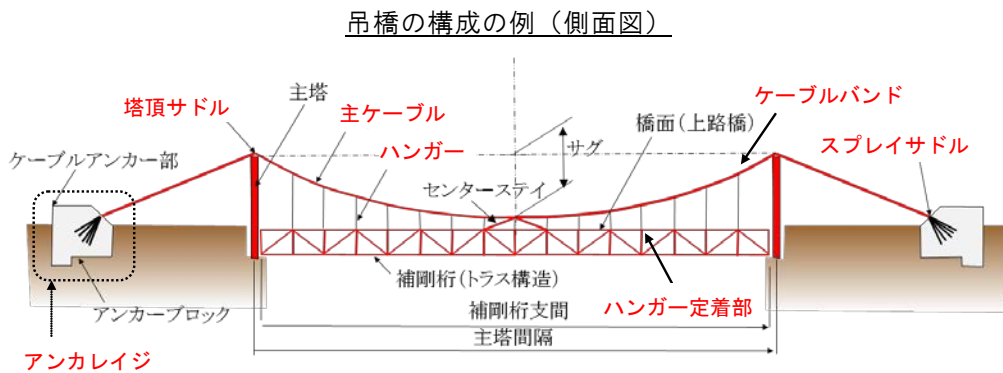


その他の構造形式



- 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

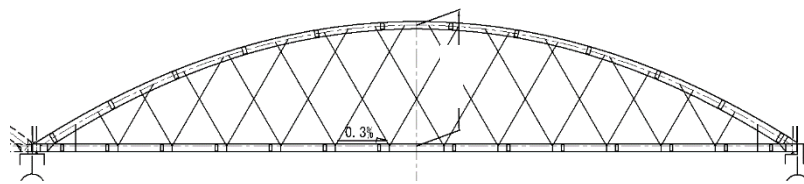
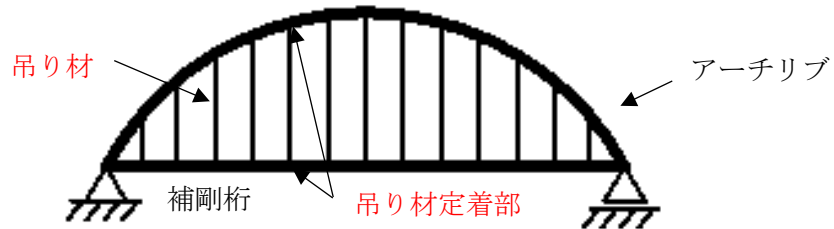
1-2) 吊橋



- 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

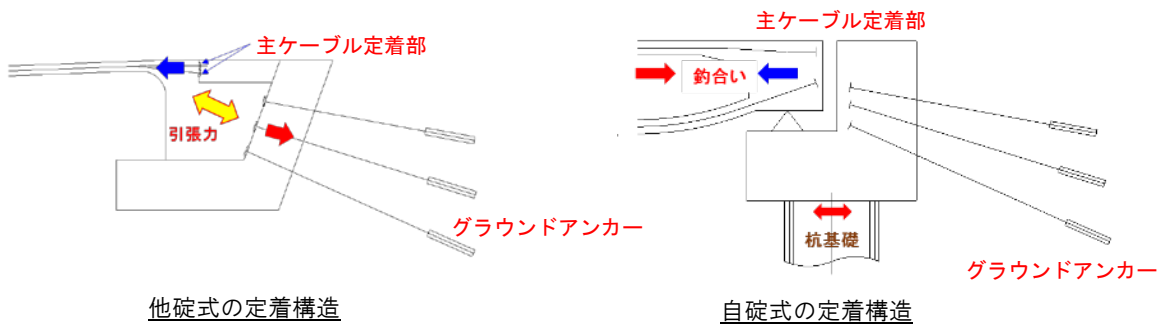


直路式吊床版橋

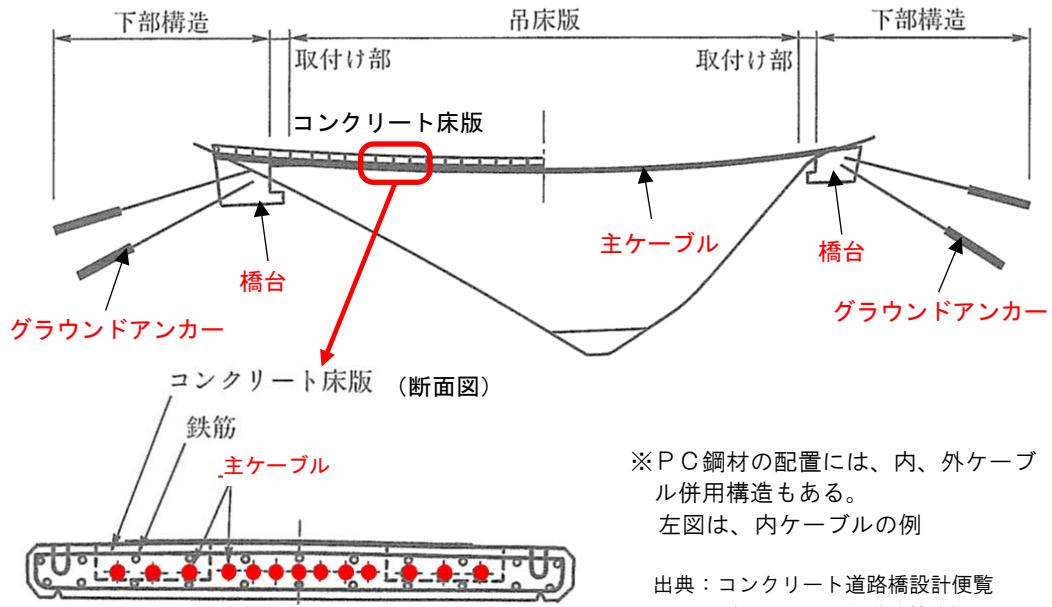


上路式吊床版橋

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/>

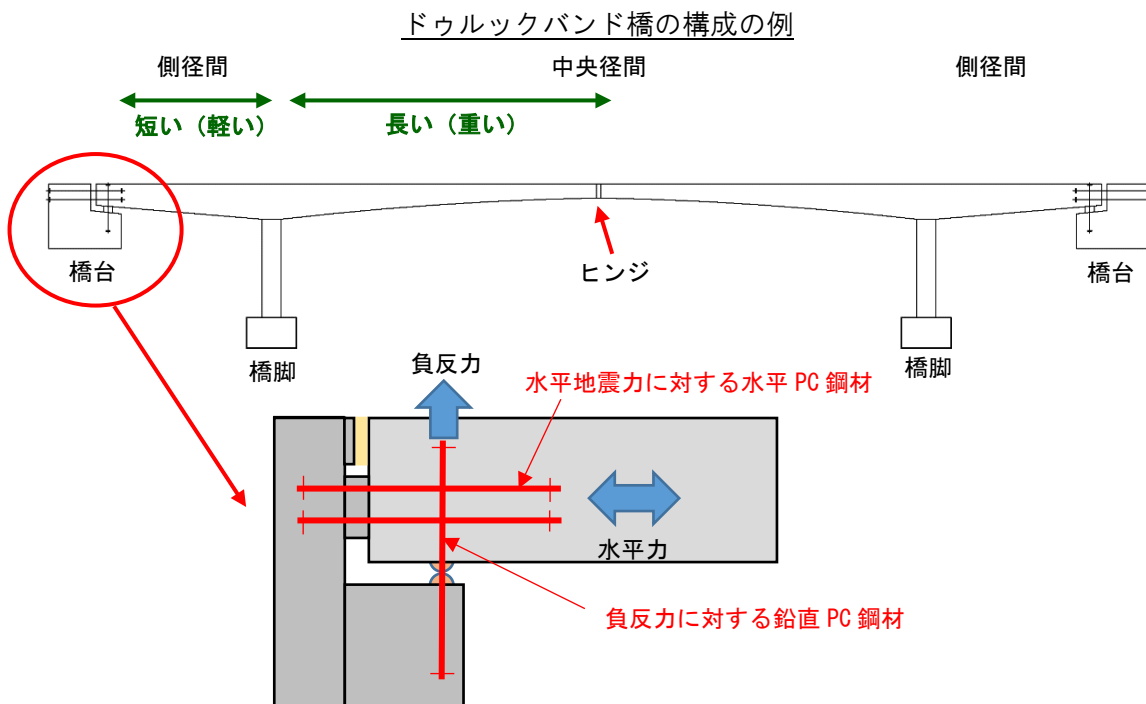


直路式吊床版橋（他碛式）の構成の例



- 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PC鋼材
水平PC鋼材
- 2) 引張材定着部：鉛直PC鋼材定着部
水平PC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）



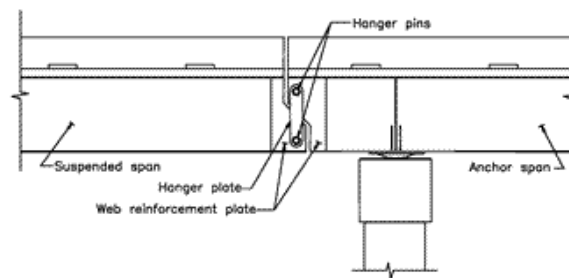
鋼橋の外ケーブル補強の例

- 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

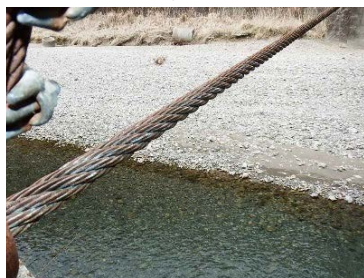
これまでの定期点検結果や直轄診断の実績等をもとに1. で示した部材や橋の損傷例及び定期点検での留意事項を示す。なお、近接目視による変状の把握には限界があるため、必要に応じて非破壊検査技術などを適用することも検討しなければならない。

- ・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



ケーブルの途中に接合部がある例



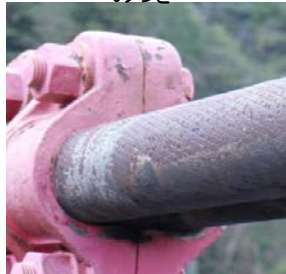
主ケーブルがロッドに定着されている例



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

・ 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。点検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健全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

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のひびわれ事例。
内ケーブルの場合は、コンクリートに損傷が生じていないかどうか、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。

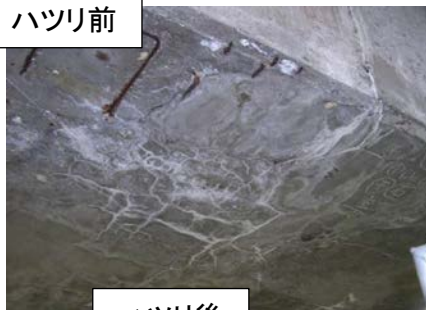


※写真はPC桁下面のひびわれ事例

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が生じている事例。

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や、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ード橋のケーブルがコンクリートで覆われているときには、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、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ことも考えられる。



※写真はPC桁下面の損傷事例



※写真はPC桁下面の損傷事例

例

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事例。
ひびわれの発生がない場合も、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、さらなる内部の鋼材の変状が疑われるときがある。外観から得られる情報を総合的に判断して、内部の状態を推定する必要がある。

例

例

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ことも考えられる。



例

ポリエチレン被覆されたエクストラードー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。



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。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う変状が生じていないかどうか確認する。



例

斜材ケーブルが破断した上記の橋の主桁側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には、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。

備考

■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どう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。



例

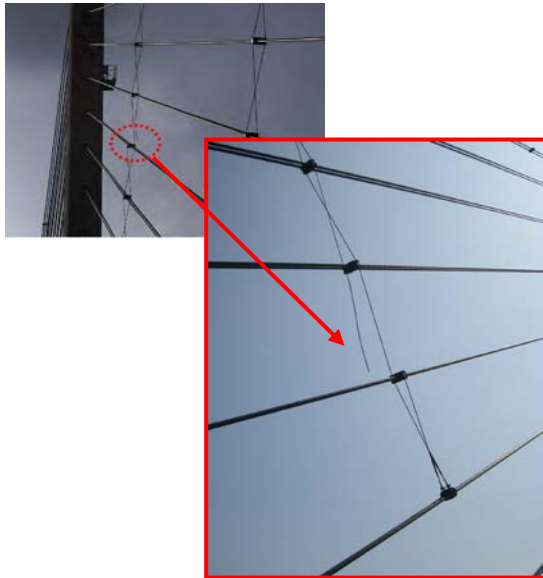
斜張橋の斜材ケーブルの被覆に損傷が生じた事例。
 斜材ケーブルの場合、ポリエチレンなど被覆により腐食に対する防食が施されている。被覆に損傷が生じていないか、主ケーブル内への水の浸入を疑う変状が生じていないかどうか確認する。

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良い。



写真は、サドル部保護カバーの損傷事例



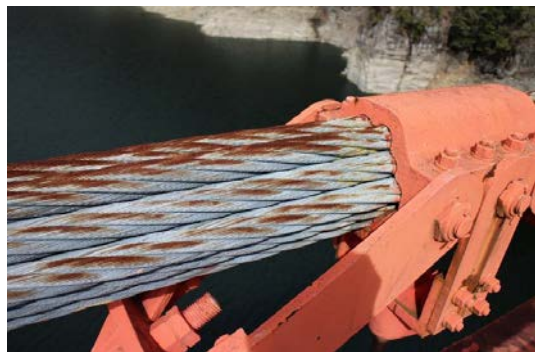
写真は、制震ワイヤの損傷事例

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などにも注意するのがよい。

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出来ない内部の状態も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。

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事例。



例

主ケーブルに断面減少を伴った腐食が見られる事例。



例

主ケーブルに破断が見られる事例。



例

主ケーブルの腐食が進行し、素線に断線が見られる事例。

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恐れがある。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

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事例。
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、ケーブル本体を視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。

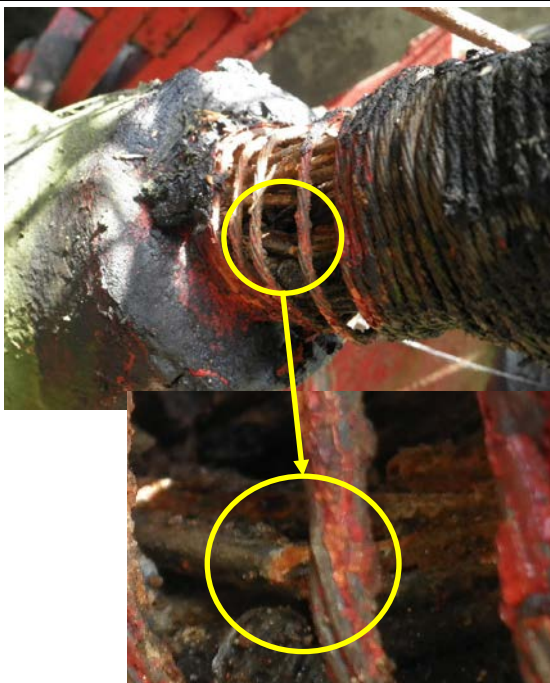
備考

■ケーブル内部の異常が疑われた場合には、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必要がある。



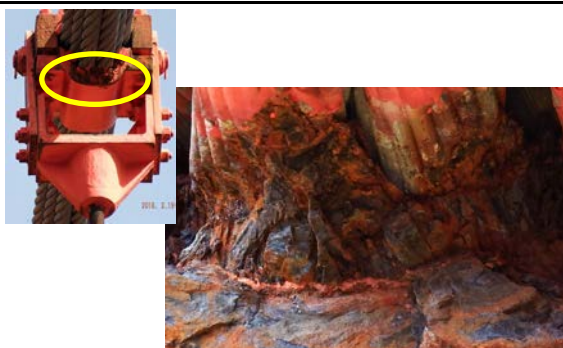
例

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と疑われる事例。



例

ラッピングワイヤ内部での素線の破断の事例。
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事例。

備考

■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必要がある。



例

斜張橋の主桁側定着部の事例。
 (注：保護カバーがあるため、定着部の口元を点検できない。) 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。



例

斜張橋の定着部保護カバーの事例。
 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。



例

斜張橋の主桁側定着部に、腐食により隙間が生じた事例。
 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。



例

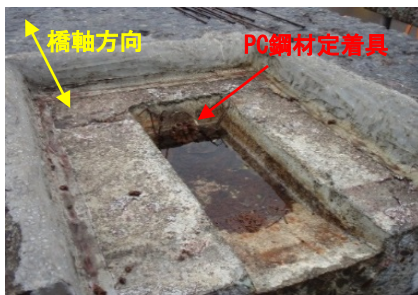
定着具保護カバー内の充填材の充填が不十分で定着部の鋼材が一部腐食している事例。
 斜材を伝って水が浸入し、腐食することも懸念される。点検では打音などにより保護カバー内の空隙の有無を確認することも有効である。

備考



例

ケーブルの定着部に腐食が生じた事例。
定着部から内部に腐食因子が侵入している可能性もあるため注意が必要である。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が考えられる。滞留した水はPC鋼材の腐食の要因となることが想定されることから注意が必要である（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事例。
PC鋼材の防食が適切に行われているかどうかについて、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だしが生じると、端支点で橋体の浮き上がり、橋の機能回復が著しく困難になる。

	<p>例</p> <p>ペンデル支承のアンカーボルトの破断事例。 写真から、破断部は水が滞留しやすい構造であったことが分かる。</p>
	<p>例</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、抜け出しの徴候となり得る変状の有無についても確認する。</p>
	<p>例</p> <p>ペンデル支承に腐食が生じた事例。 腐食だけではなく、亀裂の有無についても確認する必要がある。 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。

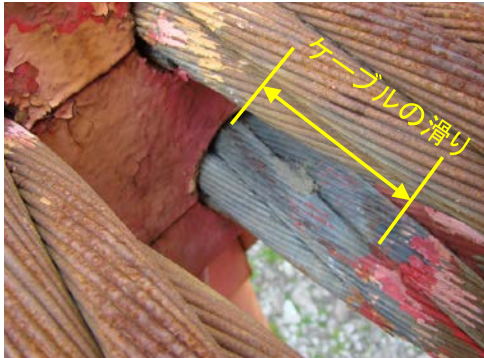
- ・ スプレイスドルの例



- ・ 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事例。
ボルトの緩みやプレートの異常、抜けだし痕が無いかなどに注意する必要がある。



例

塔頂サドルに腐食が見られる事例。

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。
- ・ 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気をつける必要がある。

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。点検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事例。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。



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事例。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。



例

吊り材のケーブル側定着部に腐食が生じている事例。



例

吊り材のケーブル側定着部に腐食が生じている事例。

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恐れがある。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

吊り材をワイヤクリップで接続している事例。
ワイヤクリップの腐食により、すべりが生じた場合、吊り材が破断する可能性があるため、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。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

例

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。

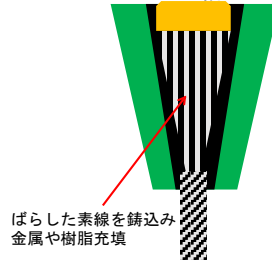
・ ソケット形式の例
ハンガー



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事例。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疲労亀裂の発生に注意が必要である。



例

吊り材定着部が溶接により接続されている事例。吊り材の桁側定着部は車両荷重や風荷重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する必要がある。



例

吊り材の桁側定着部のボルトに腐食が生じている事例。

例

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

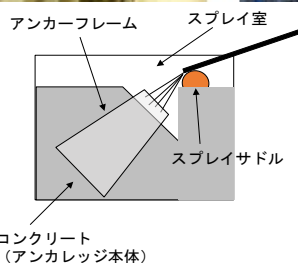


- ・ 主ケーブル定着部が複数分かれている例

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事例。
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ため注意が必要である。



例

ワイヤクリップで定着されている事例。
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が同時に進行する可能性があるため注意が必要である。



例

ターンバックルの破断事例。
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る恐れがある。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、ターンバックル内部に水の浸入や滞水がないかどうか確認する必要がある。



備考



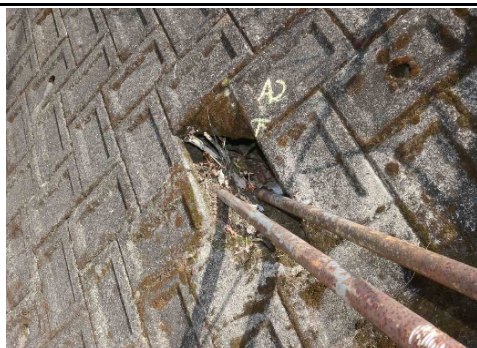
例

主ケーブルのアンカー部に素線の断線が見られる事例。



例

主ケーブルの定着部に素線の断線が見られる事例。



例

耐風索の定着部で土砂の堆積が見られる事例。

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：粕谷町水鳥橋復旧検討委員会、委員会報告(概要版)

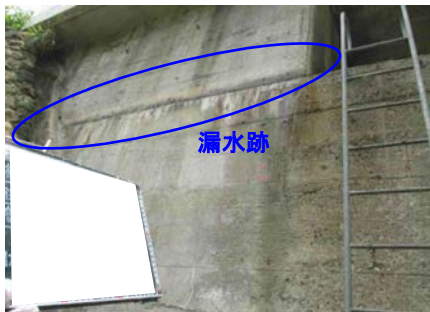
例

落橋した吊床版橋の橋台（水鳥橋）。打継目から水が浸入し、鉄筋が腐食破断した結果、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。打継目等の水みちから水が浸入し鉄筋が腐食すると、構造としての一体性を失うことも考えられる。



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

橋台の跡埋め部の漏水の事例。コンクリート部材の施工時に設けた開口は、コンクリートや無収縮モルタルで跡埋めされていることが多いが、打継目が水みちとなり、内部の補強鉄筋が腐食することがあるため注意が必要である。

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ことで、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から充填材が漏出している事例。
保護カバー内の防錆油等の充填材が漏出すると、定着部の鋼材の腐食が進行することが考えられるので注意が必要である。



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頭部に浮き上がりが生じている事例。
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は、PC鋼材の損傷や地盤の変状などが生じていることも考えられるので注意が必要である。



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定着部から析出物が生じている事例。
グラウンドアンカーの定着部から、漏水や析出物が生じている場合は、定着部の内部や土中でPC鋼材が腐食していることも考えられるので注意が必要である。

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



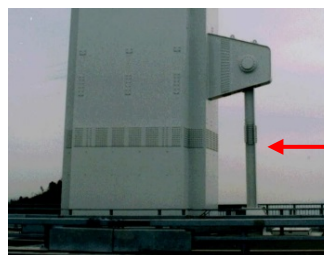
ターンバックル

・ 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。点検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健全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。

- ・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。

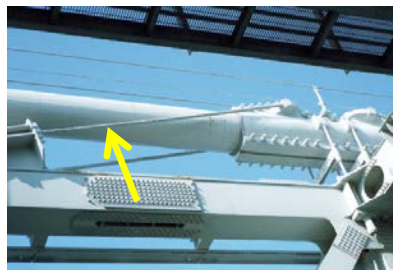
- ・ステイ材（主ケーブルと桁を斜めに連結する部材）の例

センターステイ

鋼製ロッド



より線(垂鉛めつき+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。

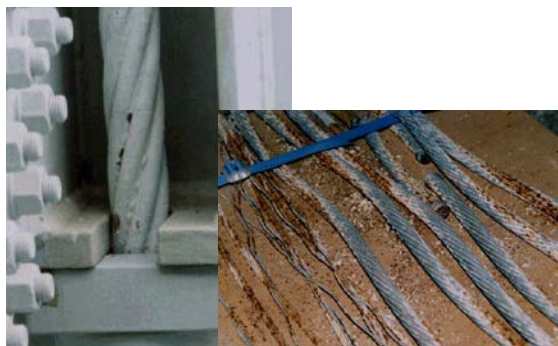
備考

■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。



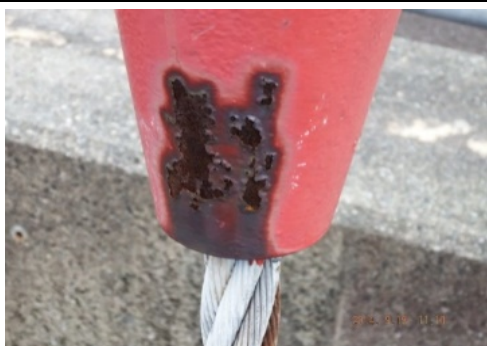
例

内部の腐食も疑われるケーブルタイプのハンガー表面の腐食の事例。
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内部に腐食が生じている事例。
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腐食が生じている事例。
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。

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。

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。

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。



例

吊橋のハンガーの鋼製ロッドに破断が生じている事例。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。



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もあるため注意が必要である。

備考



腐食による断面欠損

保護管の滞水状況



内部の腐食を疑わせる変状

保護管からの漏水状況



破断箇所

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。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、水の浸入により内部の鋼材に腐食が生じる。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。

例

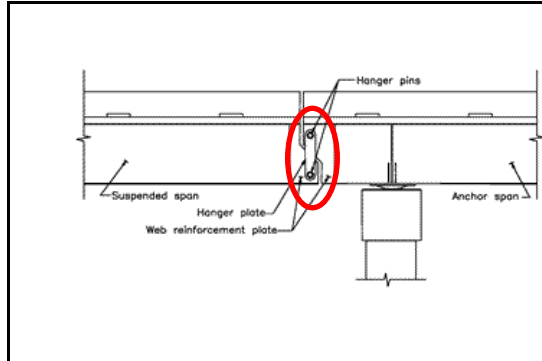
アーチ橋の吊り材のコンクリート埋め込み部に漏水やひびわれが生じている事例。埋め込まれている部分は、隙間やひびわれなどの変状が生じやすく、それらが内部鋼材損傷の原因となる場合がある。漏水状況などから外観目視できない埋込部内部の損傷も推定する必要がある。

例

ターンバックルの破断事例（再掲）。ターンバックル内部に水の浸入や滞水がないかどうか確認する必要がある。

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恐れがある。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。



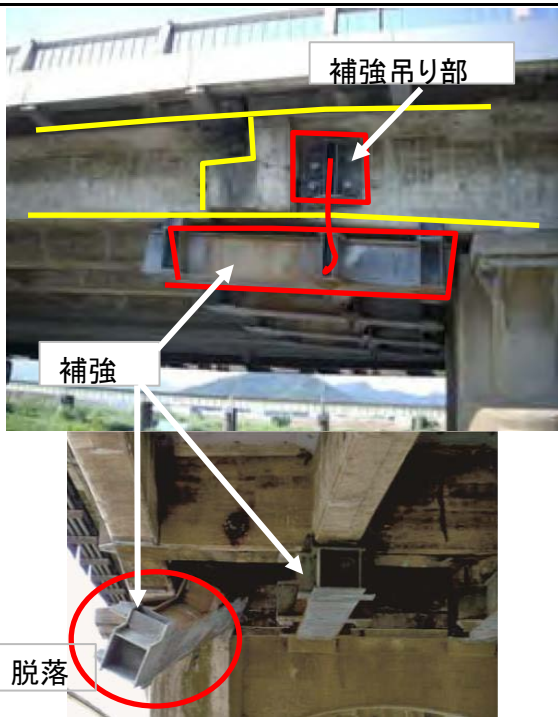
例

・ピンハンガーの構造例



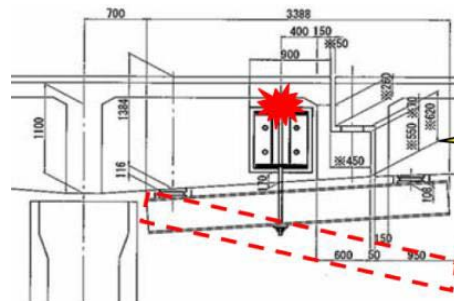
例

・ピンハンガーの疲労亀裂による落橋事例（マイアナス橋）
出典：
<http://35wbridge.pbworks.com/w/page/900718/Mianus%20River%20Bridge%20Collapse>



例

ゲルバーヒンジ部補強吊り部材が脱落した事例。



備考



例

外ケーブル補強工法の定着部にプレストレス力によりひびわれが生じた事例。
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事例。
定着部から内部に腐食因子が侵入している可能性もあるため注意が必要である。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、注意が必要である。



例

外ケーブル補強工法の定着具の保護カバーから充填材が漏出している事例。
保護カバー内の防錆油等の充填材が漏出すると、定着部の鋼材の腐食が進行することが考えられるので注意が必要である。



例

外ケーブルの偏向部にひびわれが生じている事例。
偏向部が損傷すると、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くなることが考えられるので注意が必要である。

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、既設部双方の健全性が保たれていることを確認する必要がある。

・ドウ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

支間中央付近に異常なたわみが生じた事例。
上部構造に異常なたわみが生じている場合、PC鋼材が損傷していることも考えられるため、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

ドウルックバンド橋の端支点部の状況。
端支点部に浮き上がりが生じている場合、PC鋼材が損傷していることも考えられるため、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

ドウルックバンド橋の支承部において鉛直PC鋼材の露出部が腐食している事例。
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。ノギスなどで断面の減少を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などに注意して、水の浸入について確認する必要がある。

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。



例

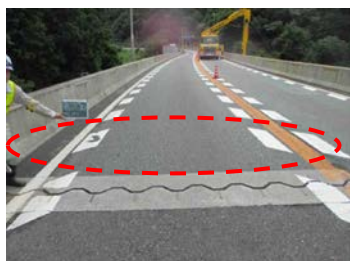
ドウルックバンド橋の水平PC鋼材が桁内に定着されている事例。
桁内においても、ひびわれから水が浸入する場合もあるため注意が必要である。



※写真はドウ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する場合もあるため、PC鋼材が桁内に定着されている場合でも、腐食に対して注意が必要である。



※写真はドウ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

ドウルックバンド橋のPC鋼材の定着部が桁上縁に設けられている場合、定着部は直接目視することはできないため、舗装の状態や橋面からの水の浸入が無いかなどを確認する必要がある。

例

備考