

5. 橋の損傷

4章と同様に、ここでは2004年（平成16年）以降現在まで国が管理する道路橋に対して行われてきた定期点検で分類している橋の損傷について記載する。ここでは、どの形式の橋でも生じ得る損傷や、どの形式の橋における診断にもあてはまる留意事項を挙げている。橋の損傷については多くの教科書や参考図書もあるので、それらを適宜参照するのがよい。例えば、国が管理する道路橋の定期点検では、道路橋の定期点検に関する参考資料（2013年版）が参考図書として用いられている。なお、斜張橋・吊橋・複合橋梁など一般的でない橋の診断を行うにあたっては、適宜それらを専門とする技術者や専門家の意見を聴くなどして診断するとよい。

5.1 鋼部材の損傷

5.1.1 防食機能の劣化及び腐食

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

腐食は、普通鋼材では集中的にさびが発生している状態、又はさびが極度に進行し板厚減少や断面欠損（以下「板厚減少等」という。）が生じている状態をいう。耐候性鋼材の場合には、保護性さびが形成されず異常なさびが生じている場合や、極度なさびの進行により板厚減少等が著しい状態をいう。

腐食しやすい箇所は、漏水の多い桁端部、水平材上面など滯水しやすい箇所、支承部周辺、通気性、排水性の悪い連結部、泥、ほこりの堆積しやすい下フランジの上面、塗膜厚が薄くなりやすい溶接部、高力ボルト連結部等である。また、写真5-1.1.1に示すように、普通鋼にステンレス鋼が接触し、雨水が滞水すると普通鋼が著しく腐食することがある。このような例を異種金属間接触腐食という。



(a) 塗装橋にステンレスボルトを用いた場合 (b) 亜鉛めっきされた鋼製金具にステンレスボルトを用いた場合

写真-5.1.1 異種金属間接触腐食

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・ 鋼部材の状態を正確に把握できるまで塵埃や汚れを除去する必要がある。
- ・ 耐候性鋼材の異常腐食に着目する場合、層状剥離さびのような浮きさびを除去しないと、腐食の進行を把握することができないため、浮きさびを除去する。
- ・ 他の部位のさび汁が付着する場合もあるため、さび汁を除去する必要がある。
- ・ 鋼材に生じた亀裂の隙間に滯水して、局部的に著しい隙間腐食を生じることがある。鋼材に腐食が生じている場合に、溶接部近傍では亀裂が見落とされることが多いので、注意が必要である。
- ・ 鋼トラス橋、鋼アーチ橋の主構部材（上弦材・斜材・垂直材等）が床版や地覆のコンクリートに埋め込まれた構造では、雨水が部材上を伝わって路面まで達することで、鋼材とコンクリートとの境界部での滯水やコンクリート内部への浸水が生じやすいため、局部的に著しく腐食が進行し、板厚減少等の損傷を生じることがあり、注意が必要である。

ii) 他の損傷との関係

- ・ 基本的には、板厚減少等を伴うさびの発生を「腐食」として扱い、板厚減少等を伴わないと見なせる程度の軽微なさびの発生は「防食機能の劣化」として扱うのが良い。
- ・ 板厚減少等の有無の判断が難しい場合には、「腐食」として扱うのが良い。
- ・ 耐候性鋼材で保護性さびが生じるまでの期間は、さびの状態が一様でなく異常腐食かどうかの判断が困難な場合があるものの、板厚減少等を伴わないと見なせる程度の場合には「防食機能の劣化」として扱うのが良い。
- ・ ボルトの場合も同様に、減肉等を伴うさびの発生を腐食として扱い、板厚減少等を伴わないと見なせる程度の軽微なさびの発生は「防食機能の劣化」として扱うのが良い。
- ・ 鋼コンクリート合成床版の底型枠（底鋼板等）は、鋼部材として扱う。
- ・ 腐食を記録する場合、塗装などの防食機能にも損傷が生じていることが一般的であり、これらについても同時に記録する必要がある。

iii) 客観的事実の記録の留意点

- 腐食を記録する場合、塗装などの防食機構にも損傷が生じていることが一般的であり、これらについても同時に記録するのがよい。
- 腐食の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.1.1に示す。

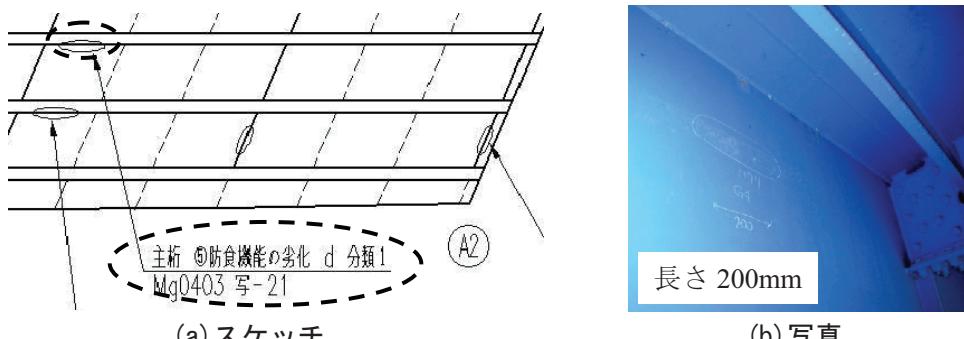


図-5.1.1 鋼部材の防食機能の劣化の記録方法の例

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 防食機能の劣化及び腐食に至る原因、メカニズムとそれに関わる事象

防食機能の劣化及び腐食に至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.1.1に示す。

表-5.1.1 防食機能の劣化及び腐食の代表的な損傷原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
鋼部材全般	<ul style="list-style-type: none"> 床版ひびわれからの漏水 舗装下への防水層の未設置 排水装置設置部からの漏水 伸縮装置の破損部からの漏水 自然環境（付着塩分） 凍結防止剤の堆積 土砂詰り・滯水 	<ul style="list-style-type: none"> 断面欠損による応力超過 応力集中による亀裂の発生・進展 主桁と床版接合部の腐食は、桁の剛性低下、耐荷力の低下につながる

部材の表面に、各部材からの漏水、または土砂詰りなどにより滯水が生じると、水や塩類などの影響により塗装などの防食機能が劣化する。防食機能が劣化して水や酸素と鋼材などの金属が直に接するようになると、これらの化学反応によってさびが生じる。水と酸素が供給され続けると化学反応も続くため、板厚減少や断面欠損などの腐食につながる。

異種金属間接触腐食とは、電位の異なる金属が接触し、そこに電解質溶液が存在すると金属間に腐食電池が形成され、電位の低い金属（以下「卑な金属」という。）が酸化し、腐食することをいう。

表-5.1.2 海水中における金属の電位の例^{5.1)}

((公社) 日本道路協会：鋼道路橋塗装・防食便覧、2014.3 より)

卑	マグネシウム
亜鉛	
アルミニウム合金	
軟鋼、鍛鉄	
ステンレス鋼 “Types304, 410, 430”(活性態)	
ステンレス鋼 “Types316”(活性態)	
ネーバル黄銅、黄銅、丹銅	
鉛	
ステンレス鋼 “Types410”(不動態)	
ステンレス鋼 “Types430”(不動態)	
銅	
ステンレス鋼 “Types304”(不動態)	
ステンレス鋼 “Types316”(不動態)	
チタン	

注) 表中の活性とはブラスト直後のように不動態皮膜がなく化学反応の生じやすい状態を示す。不動態皮膜とは、耐食性を持つ膜。

ii) 道路橋で実施してきた対策及び基準との関係

ii-1) 塗装

塗装とは、鋼材表面を塗膜で覆うことによって腐食の原因となる水と酸素から鋼材を遮断する防食方法の一つであり、最も採用実績の多い腐食対策である。

【各層の役割】

道路橋の塗装では、耐久性と防食性に優れる防食被覆となるように、機能や特性の異なる複数の塗料を組合せて多層の被膜を形成している。

①防食下地および下塗り塗料

直接的な鋼材の防食は、直接鋼材と接触している最下層の下地塗装がその機能を担い、過去より防食性の優れた塗料が用いられてきた。特に近年の塗装では、鋼材より卑な電位をもち犠牲防食効果（異種金属間接触腐食参照）が期待できる亜鉛を含有した塗料（ジンクリッヂペイント）が用いられた重防食仕様とよばれる塗装系が主流となっている。さらに、鋼材面と密着し犠牲防食効果を有する防食下地と、防食下地と密着して水、酸素、塩類などの腐食因子の浸透を抑制する機能を有する下塗り塗料に分けています。また、下塗り塗料を塗付したときに発泡を防ぐために、多孔性の防食下地の上にミストコートと呼ばれる塗料を塗付する。

②中塗り塗装

下地と上塗り塗装の一体性を確保するために、付着性に優れる中塗り塗装が、上塗り塗装と下塗り塗装の間に何層か塗り重ねられ、塗膜全体が形成される。

③上塗り塗装

塗膜の劣化を防止して耐久性を確保するために、塗膜の最外層に腐食因子の遮断効果や紫外線を始めとする様々な環境作用に対する耐候性に優れた塗料が上塗り塗装として施工される。近年は、ポリウレタン樹脂やフッ素樹脂を主体とした塗料が多く用いられている。

点検においては、このような塗装の構造や各層の役割などを理解して、塗膜の変状の状態が防食機能の観点でどのような影響を及ぼしている状態なのか、または予防保全の観点なども踏まえて補修などの措置を行う必要性についても考慮した診断を行うことが重要となる。

塗装仕様は、新しい材料の開発なども踏まえて時代と共に変化しており、点検においては現在使われていないものも含めて様々な塗装仕様が対象となるため、どのような塗装仕様なのかについて考慮して診断するのが良い。

また、供用年数が経った橋では、塗装の補修や更新が行われていることが多い。このとき完全に塗装を除去して新たに塗装を行っている場合もあるが、上塗り塗装や中塗り塗装など一部のみを再塗装している場合も多く、その場合、これまで規定された塗装仕様にはない多層の積層や材料が用いられている可能性もあるため、点検においては、塗替え塗装の履歴の確認を行うとともに、診断において考慮するのが良い。

過去から現在に至るまでの道路橋に使われてきた塗装仕様の詳細については、「鋼道路橋防食便覧」「鋼道路橋塗装・防食便覧」「塗装便覧」などが参考になる。

塗料の種類や膜厚、または層数が時代と共にどのように変化してきたかを把握するため、以下に、過去に道路橋で使われたことのある代表的な塗装仕様を挙げる。

表-5.1.3（その1）昭和46年塗装便覧 外面塗装系の例（A-1 塗装系）

塗装 種別	前処理	工場塗装			現場塗装		
		下塗1層	下塗2層	中塗	中塗	上塗1層	上塗2層
A-1	1種ケレン 金属前処理塗料 長ばく用 80g/m ²	鉛丹さび 止ペイン ト1種 200g/m ²	鉛丹さび 止ペイン ト2種 180g/m ²			長油性フタル酸樹脂系・中塗 120g/m ²	長油性フタル酸樹脂系・上塗 100g/m ²

注) 表中の数値（単位 g/m²）は使用量を示す。

表-5.1.3（その2） 平成2年塗装便覧 外面塗装系の例（A-1 塗装系）

塗装種別	前処理	工場塗装			現場塗装		
		2次素地調整	下塗1層	下塗2層	中塗	上塗1層	上塗2層
A-1	ブラスト処理 長ばく形エッ チングプライ マー 130g/m^2 ($15\mu\text{m}$)	動力工具処理	鉛系さび 止めペイ ント1種 170g/m^2 $35\mu\text{m}$	鉛系さび 止めペイ ント1種 170g/m^2 $35\mu\text{m}$		長油性フ タル酸樹 脂塗料中 塗 120g/m^2 $30\mu\text{m}$	長油性フ タル酸樹 脂塗料上 塗 110g/m^2 $25\mu\text{m}$

注) 表中の数値(単位 g/m^2)は使用量を、(単位 μm)は目標膜厚をそれぞれ示す。

表-5.1.3（その3） 平成17年塗装・防食便覧 外面塗装系の例（C-5 塗装系）

塗装種別	前処理	工場塗装					
		2次素地調整	防食下地	ミストコート	下塗	中塗	上塗
C-5	ブラスト処理 無機ジンクリ ッチプライマー 160g/m^2 ($15\mu\text{m}$)	プラス ト処理	無機ジン クリッチ ペイント 600g/m^2 $75\mu\text{m}$	エポキシ 樹脂塗料 下塗 160g/m^2	エポキ シ樹脂 塗料下 塗 540g/m^2 $120\mu\text{m}$	ふっ素樹 脂塗料用 中塗 170g/m^2 $30\mu\text{m}$	ふっ素樹 脂塗料上 塗 140g/m^2 $25\mu\text{m}$

注) 表中の数値(単位 g/m^2)は使用量を、(単位 μm)は目標膜厚をそれぞれ示す。



写真-5.1.2 塗装にはがれが生じた例
(塗膜が広く剥離し、下塗りが露出している。)



写真-5.1.3 塗装にはがれが生じた例
(塗装が施工不良である場合、層間剥離が生じることがある。)

なお、塗装では経年の劣化による変状以外に、飛来物の衝突などによって塗膜の一部が局部的に損傷することもある、この場合、全体的に進行する劣化とは異なり、その部位近傍で急速に腐食が発生・拡大することがあるので注意が必要である。



写真-5.1.4 鋼トラス橋の斜材の擦過痕部
(擦過痕部の鋼板が露出してさびている。)

また、施工不良によって良好な被膜が形成されていない場合には、例えば層間剥離によるうきや剥がれなどの特徴的な変状が見られることがある。このような施工方法が原因となっている疑いのある変状は、既に顕在化している箇所以外にも、同時に施工された他の部位でも同様の変状が直ぐに現れる事もあるので気をつけるのが良い。また塗装全体の経年劣化が進んでいない段階であれば、施工品質に起因する不良については早期に是正することで本来の耐久性を回復させやすく、予防保全の観点から合理的となることもある。



写真-5.1.5 連結部の塗膜のわれ、うき



写真-5.1.6 鋼部材エッジ部の膜厚不足

ii-2) 溶融亜鉛めっき

溶融亜鉛めっきは、鉄に対して犠牲防食効果を有する卑な金属である亜鉛による被膜で鋼材表面を覆う防食方法であるが、塗装と異なり、鋼材と亜鉛はめっきを施す過程でできる合金層を介して一体化しており、明確な境界がないことが特徴である。また、表面側に形成される純亜鉛の層には、施工直後よりその表面に不動態被膜が形成され、亜鉛層自体の腐食が抑止される。



写真-5.1.7 溶融亜鉛めっきの例

点検においては、道路橋のように長期に使用する中で亜鉛層は徐々に消耗していくため、防食機能が損なわれていないかどうかを判断することが求められる。このとき、溶融亜鉛めっきは上記の特徴を有しているため、純亜鉛の層が消耗して合金層が現れるようになるとさび色がみられるようになるが、合金層が十分に残っている段階では犠牲防食効果は期待できる（写真-5.1.8 参照）。



写真-5.1.8 一部にさびが現れた例

ただし、塩分の影響を受けるところでは、表面に不動態被膜が形成されず、めっき層が急速に消耗することがある。また、塗装と同様に、施工不良などによる品質の異常が見られる場合には、防食機能が劣るか早期に失われることもあり、その結果、写真-5.1.9 のように鋼材の板厚減少にまで腐食が進展する場合もあることに注意するのが良い。



写真-5.1.9 めっき層が消耗して
鋼材の板厚減少が生じた例

溶融亜鉛めっきに関する詳細については、「鋼道路橋防食便覧」が参考になる。

ii-3) 金属溶射

溶射とは、融解した亜鉛や亜鉛－アルミニウム合金などを溶融状の微粒子として適切な下地処理を施した鋼材表面に吹き付け、皮膜を形成することにより、鋼材表面から水と酸素を遮断する防食方法である。

溶融亜鉛めっき同様に、鋼材に対して卑な金属による被膜では犠牲防食効果による高い防食性能が期待される。ただし、溶射の場合、溶融亜鉛めっきのように合金層の形成によって母材と一体化しているわけではなく、塗装同様に母材表面に膜を密着させたものである。そのため、点検においては、防食機能の劣化が生じた場合、塗装のように表面にわかれが生じることがあり、溶融亜鉛めっきと異なる状態であることを考慮するのが良い（写真-5.1.10 参照）。

また、用いられる合金の種類や被膜の形成方法には様々な方法が開発され、採用されている。点検にあたっては、どのような仕様であるのかについても考慮して診断するのが良い。

金属溶射に関する詳細については、「鋼道路橋防食便覧」が参考になる。



写真-5.1.10 金属溶射の例



写真-5.1.11 金属溶射にさびが生じた例

ii-4) 耐候性鋼材

耐候性鋼材とは、腐食速度を低下できる合金元素を添加した低合金鋼であり、鋼材表面に生成される緻密なさび層（保護性さび）により腐食の原因となる水と酸素から鋼材を保護し、さびの進展を抑制する防食方法である。なお、耐候性鋼材では、過去には表面に塗装をした仕様で用いられていたこともあり、この場合は塗装として防食の管理を行えば良い。

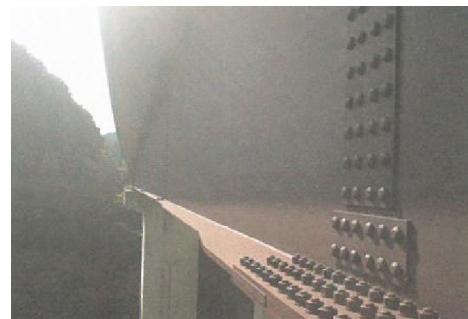


写真-5.1.12 耐候性鋼材の例

現在ではある程度までの塩分環境下であれば保護性さびの形成が期待できる新しい耐候性鋼材も開発されているが、過去に多く使われてきた耐候性鋼材では、塩分環境下では保護性さびが形成されず腐食の抑制が期待できない。また架橋後に良好な保護性さびが形成されるためには、適度な乾湿繰り返しが生じるなどの適当な環境下にあることが求められる。そのため例えば桁端部で絶えず浸潤状態となり、結露や滯水や漏水などの影響を受ける部位では異常腐食（保護性でないさびの形成と腐食の進展）が生じることがあることに注意が必要である。

鋼材の表面に保護性さびが形成されるまでには、通常数年以上の時間を要し、その間は、鋼材表面は徐々に色調が変化するとともに、さび汁が流れ出すこともある。また良好な保護性さびが形成されるのかどうかは一定の時間を経過しないと判断することが難しいことが多い。また一旦保護性さびが形成されても、例えば架橋後に凍結防止剤の散布の影響を受けるなど環境不適合が生じると、保護性さびが消滅し異常腐食を生じるようになるため、点検では各部位の環境の現状や架橋時点からの変化の推移についても注意するのが良い。



写真-5.1.13 耐候性鋼材の異常腐食の例



(a) 表面処理（下フランジ）と裸処理（ウェブ） (b) 一部がはがれてさびが露出した例)

写真-5.1.12 耐候性鋼材の表面処理

なお、保護性さびの形成促進や、さび汁の流出防止などの目的で、施工段階より鋼材表面に薬剤（表面処理材）による措置が行われることもある、この場合、無処理の場合と外観が異なるため注意が必要である。耐候性鋼材に関する詳細については、「鋼道路橋防食便覧」が参考になる。

(4) 正しい診断のための留意点

防食機能の劣化及び腐食の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】 塩分の多い環境にある主桁の外側面

【状態】 ウェブの外側面の全面に塗膜の剥離やさびが生じている。

【留意点】 塩害環境では、塗装の劣化速度が速く、防食機能の低下により、鋼材の腐食が広範囲にわたり、急速に進展することがある。断面欠損が進行すると耐荷力に影響を与える可能性がある。

写真-5.1.13 鋼橋の防食機能の劣化の診断における留意点



【部位】 河川上の汽水域にあるパイルベント橋脚

【状態】 水面付近で、著しいさびが生じている。

【留意点】 河川の水面付近では、流木等の衝突により塗膜が損傷し、さびが生じることがある。局部的な腐食が進行していないのか注意が必要である。

写真-5.1.14 鋼構造の腐食の診断における留意点



【部位】 伸縮装置下側の主桁端部

【状態】 伸縮装置からの漏水跡が見られる。

【留意点】 非排水型の伸縮装置でも、機能の劣化により、漏水が生じることがあり、その漏水により桁端部が集中的に腐食することがある。

写真-5.1.15 鋼橋の腐食の診断における留意点



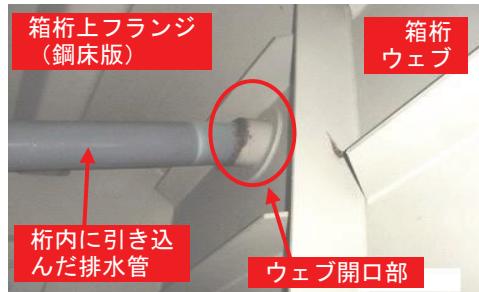
【部位】箱桁内面下フランジ

【状態】排水管の引き込みのウェブ開口部から管を伝って浸入した漏水と、下フランジのさびが生じている。

【留意点】局部的な腐食による断面欠損が進行すると耐荷力に影響を与える可能性がある。



箱桁内部の導水板と導水孔
(縦断勾配の低い箇所に設置)



排水管引き込み用の箱桁ウェブ開口部
(損傷した橋とは別の橋)

写真-5.1.16 鋼橋の腐食の診断における留意点



【部位】箱桁内面下フランジ

【状態】鳩などが排水管やマンホールなどの隙間から侵入、営巣し、糞などが堆積している。

【留意点】放置すると下フランジが腐食し、場合によってはガスの発生や酸素濃度の低下などを招き、点検作業に支障をきたす可能性がある。隙間に鳥害ネットが設置されていない場合や、マンホールふたを閉め忘れた場合に、鳥が侵入することがある。

写真-5.1.17 鋼橋の腐食の診断における留意点（地震の影響による局部座屈も発生）



写真-5.1.18 鋼橋の腐食の診断における留意点

【部位】トラスの上弦材（内側）

【状態】箱型断面の上弦材内側に著しいさびが生じている。

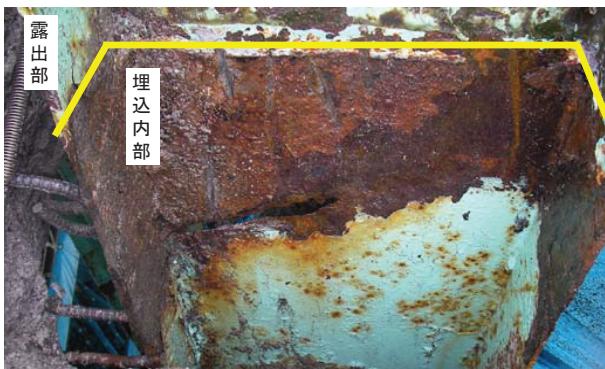
【留意点】開口部から浸入した飛来塩分は、閉鎖空間では洗い流されずに、腐食を促進させることがある。



【部位】床版にトラス斜材が貫通する部分（はつり前）

【状態】床版上面と斜材の境界付近にさびが生じている。

【留意点】コンクリートに埋め込まれた鋼材では、埋め込み部材が著しく腐食していることがある。



【部位】床版にトラス斜材が貫通する部分のコンクリート内部（はつり後）

【状態】埋め込まれていた部材に断面欠損に至る著しいさびが生じている。

【留意点】埋め込み部材の内部で腐食が進行していても、橋面からは僅かな兆候しか見られないことがある。

写真-5.1.19 鋼橋の腐食の診断における留意点



埋め込み境界部の状態や、貫通部の裏側からのさび汁の析出などで腐食を疑えることもある。

写真-5.1.20 鋼橋の腐食の診断における留意点



【部位】検査路の歩廊

【状態】板厚が薄い形鋼が使用される検査路のめっき部材に、著しいさびが生じている。

【留意点】板厚が薄い場合、めっき厚が薄く腐食しやすい。また、著しい腐食が生じた検査路の床部材を点検員が踏み抜いた事故も生じているため、使用に際しては、事前に確認すること。

写真-5.1.21 鋼橋の腐食の診断における留意点



【部位】PC鋼棒

【状態】ステンレス製のシースに覆われたPC鋼棒が著しくさびて破断している。

(注：写真はシースを解体した状態)

【留意点】異種金属が直接接觸していないなくても、水分などで電気的に接觸すると、異種金属接觸腐食が生じることがある。

写真-5.1.22 鋼部材の腐食の診断における留意点



【部位】支点上対傾構

【状態】塗替塗装した支点上対傾構の下弦材における減厚した部分にさびが生じている。

【留意点】塗替塗装をした場合、さびが除去しきれていないと、再度、早期にさびが発生することがある。

写真-5.1.23 鋼部材の腐食の診断における留意点



【部位】主桁端部の下フランジ付近

【状態】ウェブと下フランジの溶接部近傍に断面欠損を伴う著しいさびが生じている。

【留意点】断面欠損や板厚減少が伴う場合、耐荷力が大きく低下していることがある。

写真-5.1.24 鋼橋の腐食の診断における留意点



【部位】主桁端部

【状態】支承と下フランジに土砂堆積とさびが見られ、ウェブとの溶接部に亀裂が生じている。

【留意点】土砂の堆積は、伸縮装置の止水・排水機能の低下を伴うことがある。伸縮装置などの他の部材による診断において留意する。

写真-5.1.25 鋼橋の腐食の診断における留意点



【部位】支承本体

【状態】支承及び主桁に断面欠損を伴う著しいさびと、支承機能の障害が見られ、下フランジには亀裂が生じている。

【留意点】支承近傍で著しい下フランジの板厚減少や断面欠損が生じると、支承部の機能が大きく低下することがある。

写真-5.1.26 鋼橋の腐食の診断における留意点



【部位】トラス格点部

【状態】連結板やリベットの周りにさびが生じている。

【留意点】トラスの格点部は、損傷した場合に構造全体系への影響が大きいため、腐食によるガセットの板厚減少により耐荷力を損なう可能性のある部位である。

写真-5.1.27 鋼橋の腐食の診断における留意点



【部位】支柱下端部

【状態】上路アーチ橋の支柱下端に防食機能の劣化とさびが生じている。

【留意点】支柱及びアーチリブを伝った雨水が滞水しやすい箇所である。一方、疲労亀裂の可能性がある部位でもあり、注意する。

写真-5.1.28 鋼橋の腐食の診断における留意点



【部位】小規模吊橋ケーブルの定着部

【状態】定着部が腐食している。

【留意点】主ケーブルの定着部では腐食により破断に至る可能性がある。

写真-5.1.29 鋼部材の腐食の診断における留意点

5.1.2 亀裂及び破断

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

亀裂とは、鋼材に生じた亀裂である。鋼材の亀裂は、応力集中が生じやすい部材の断面急変部や溶接接合部などに多く現れる。

亀裂は鋼材内部に生じる場合もあり、この場合は外觀性状からだけでは検出不可能である。

亀裂の大半は極めて小さく、溶接線近傍のように表面性状がなめらかでない場合には、表面傷やさび等による凹凸の陰影との見分けがつきにくいことがある。なお、塗装がある場合に表面に開口した亀裂は、塗膜われを伴うことが多い。

破断とは、鋼部材が完全に破断しているか、破断しているとみなせる程度に断裂している状態をいう。

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

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- 点検時に亀裂に着目する場合、塵埃や汚れを除去しないと、正しい亀裂の範囲を把握することができないため、鋼材の状態を正確に把握できるまで塵埃や汚れを除去する必要がある。
- 耐候性鋼材の異常腐食の部位における亀裂に着目する場合、層状剥離さびのような浮きさびを除去しないと、正しい亀裂の範囲を把握することができないため、鋼材の状態を正確に把握できるまで浮きさびを除去する必要がある。

ii) 他の損傷との関係

- 鋼材の亀裂損傷の原因は外觀性状からだけでは判定できないことが多いので、位置や大きさなどに関係なく鋼材表面に現れたわれは全て「亀裂」として扱うのが良い。
- 鋼材のわれや亀裂の進展により部材が切断された場合は、「破断」として扱うのが良い。
- 断面急変部、溶接接合部などに塗膜われが確認され、直下の鋼材に亀裂が生じている疑いを否定できない場合には、鋼材の亀裂を直接確認していなくても、「防食機能の劣化」に加えて「亀裂」としても扱うのが良い。
- 腐食や亀裂が進展して部材の断裂が生じており、断裂部以外に亀裂や腐食がない場合には「破断」としてのみ扱い、断裂部以外にも亀裂や腐食が生じている場合にはそれぞれの損傷としても扱うのが良い。
- ボルトやリベットの破断、折損は、「破断」ではなく、「ゆるみ・脱落」として扱うのが良い。
- 支承も対象とし、この場合は「支承の機能障害」としても扱うのが良い。

iii) 客観的事実の記録と留意点

亀裂の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.1.2に示す。このとき、板組や溶接線との位置関係についてできるだけ正確に記録するのがよい。

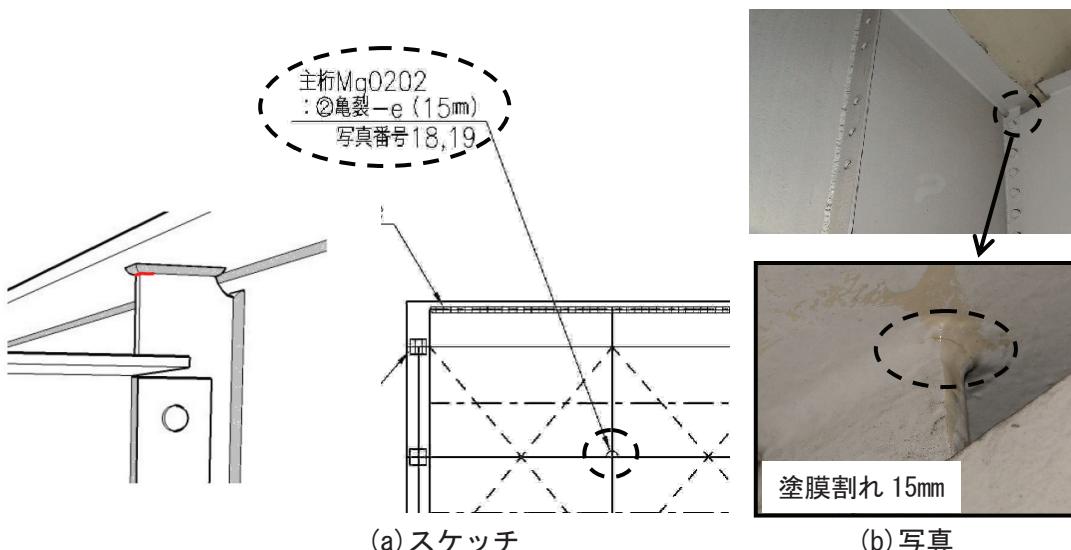


図-5.1.2 鋼部材の亀裂の記録方法の例

- ただし、板組や溶接線の位置が明確でない場合にはその旨を明記し、目視で確認された以外の板組と溶接線の位置関係を記録してはならない。また、推定による溶接線を記録する場合にもこれらの情報が図面や外觀性状などだから推定したものであることを明示しなければならない。
- なお、塗膜われを生じている場合などで鋼材表面の開口を直接確認していない場合には、その旨を記録しておかなければならない。

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 亀裂及び破断に至る原因、メカニズムとそれに関わる事象

亀裂及び破断に至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.1.4に示す。

表-5.1.4 亀裂及び破断の代表的な損傷原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
鋼部材全般	<ul style="list-style-type: none"> ・支承の状態（機能障害による構造系の変化） ・路面の不陸による衝撃力の作用 ・腐食の進行 ・主桁間のたわみ差の拘束（荷重分配機能） ・溶接部の施工品質や継手部の応力集中 ・荷重偏載による構造全体のねじれ ・活荷重直下の部材の局部的な変形 ・風や交通荷重による疲労、振動 ・腐食、応力集中 	<ul style="list-style-type: none"> ・亀裂による応力超過 ・亀裂の急激な進行による部材断裂 ・ボルト連結部の腐食によるボルトのゆるみ・脱落

風や交通荷重などの繰り返し作用により、鋼部材の応力集中箇所などには疲労を原因とした亀裂が生じる場合がある。また、腐食の進行により部材の断面欠損が大きくなると、欠損部に生じる応力集中などによって亀裂が生じる可能性がある。大規模地震による影響や車両等の衝突によって生じる過大な応力や変形に起因して部材の一部に亀裂（や割れ）が生じる場合もある。

さらに、疲労や腐食の進展、または過大な応力や変形によって破断が生じる。

ii) 道路橋で実施してきた対策及び基準との関係

ii-1) 疲労対策

道路橋の部材で亀裂が生じる代表的な原因是疲労である。ただし疲労亀裂が生じる要因は様々であり、亀裂が発見されてもそれに関わる要因を全て明らかにすることは困難なことも多い。また他の原因で生じた亀裂では小さな応力の繰り返しによっても亀裂が進展することがある。

道路橋の設計基準では、溶接施工に関する様々な規定が導入されてきた。しかし現在の知見から振り返った場合、過去の溶接技術や溶接継手に求められた品質要求、鋼材の品質などは、様々な点で現在の基準による場合に比べて亀裂の発生・進展の防止に対して十分でない点も多い。

そのため、例えば、現在は用いられないような溶接性に劣る鋼材が用いられている場合に施工段階で「割れ」が生じる、板組によっては良好な溶け込みが出来ていないなどにより疲労上の弱点となっていることもある。

このような場合、本来は疲労亀裂が生じないような応力や継手であっても亀裂が発生または進展することもある。

また、疲労耐久性に劣る溶接継手の排除や、疲労耐久性に配慮した溶接品質要求、応力

による疲労照査など、道路橋の疲労設計は 2002 年の道路橋示方書で初めて一律に義務づけられたものであり、それ以前の設計による道路橋では、そういった対策が行われていない橋がほとんどである。そのため過去に作られた橋の場合、現在の荷重環境や応力振幅の大きさによらず、溶接継手部では亀裂が発生する可能性があるものが多くある。点検にあたっては、特に溶接継手部については亀裂が発生していないかどうかを慎重に確認する必要がある。なお一旦生じた亀裂や亀裂状の割れ等の欠陥部からは、本来疲労亀裂を生じないような小さな応力の繰り返しによっても亀裂が進展することがあるので注意が必要である。

なお、過去の損傷事例については、1997 年に「鋼橋の疲労」（日本道路協会）にとりまとめられている。また、最新の損傷事例、及び補修・補強事例は、2012 年に「道路橋補修・補強事例集（2012 年版）」（日本道路協会）^{5.2)}にまとめられている。

疲労亀裂は、溶接部で生じることが多いが、風によって部材が振動する場合などでは母材の一般部で亀裂が発生することもある。またねじの凹部や傷の存在などで極めて大きな応力集中が生じる箇所は亀裂が生じことがある。

このように、亀裂が生じる箇所は必ずしも溶接部だけではないため、定期点検においては全ての部位で近接目視を行い亀裂の有無を確認しなければならない。なお、塗装などの被覆がある場合、亀裂が生じても塗装割れが生じるまで外観では認識できないことが多い。また溶接部に塗膜割れがあっても必ずしも亀裂を伴うとは限らない。点検においてはこのことに注意し、必要に応じて非破壊検査を実施する、詳細調査を課すなどの対応も検討しなければならない。

ii-2) 腐食対策

5.1.1(3) ii) で記述したとおりである。

なお、腐食部では亀裂が確認しにくくなるため注意が必要である。また腐食によって断面欠損が生じた場合、欠損部で応力集中を生じ疲労亀裂となって進展する可能性もあるため著しい腐食部では亀裂の有無の確認も重要である。

ii-3) 耐荷力の確保

局部の応力集中や疲労亀裂や腐食による断面欠損以外に、鋼部材で亀裂や破断に至るケースとして、大規模地震時に生じる過大な応力や変形によって部材に一部に亀裂（や割れ）が生じる場合、車両等の衝突による過大な応力や変形による場合などがある。過大な応力による場合には、当該部位以外にも損傷が生じている可能性があるため注意が必要である。

また部材が破断している場合、その部材が橋のなかでどのような役割を担っていたのかによって、橋全体の安全性に大きな悪影響が生じていることがあることに気をつける必要がある。



写真-5.1.30 車両の衝突による破断の例



写真-5.1.31 地震による支承サイド
ブロックの破断の例



写真-5.1.32 吊橋ケーブル定着部の破断の例

(4) 正しい診断のための留意点

亀裂及び破断の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】主桁上フランジと垂直補剛材の接合部

【状態】塗膜割れが生じている。

【留意点】明らかに亀裂が発生していないと確認できる損傷以外は「亀裂」として扱う。また、塗膜上からの外観による判断である旨がわかるように記録することが重要である。

写真-5.1.33 鋼橋の亀裂の診断における留意点



【部位】桁端部の主桁上フランジ

【状態】さびが発生した上フランジに板厚減少に伴う亀裂が生じている。

【留意点】断面欠損や板厚減少が伴う場合、耐荷力が大きく低下している可能性がある。この場合は、「亀裂」「腐食」「防食機能の劣化」の3項目で扱うのが良い。

写真-5.1.34 鋼橋の亀裂の診断における留意点



【部位】鋼製橋脚隅角部

【状態】磁粉探傷試験による亀裂の確認

【留意点】疲労損傷の発生が疑われる塗膜われを確認した場合は、当該箇所の塗膜を除去して磁粉探傷等の非破壊試験を行い、亀裂の有無を確認する。

写真-5.1.35 鋼橋の亀裂の診断における留意点（亀裂部の塗膜を除去した後）



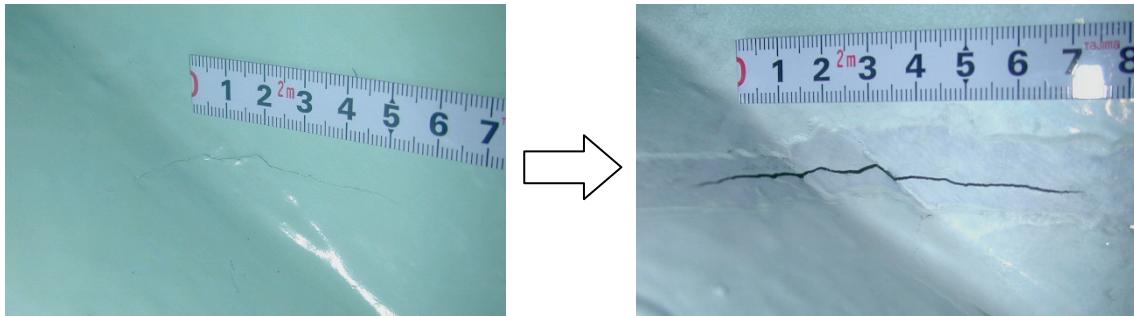
写真-5.1.36 鋼橋の亀裂の診断における留意点

【部位】垂直補剛材上端の溶接部
【状態】垂直補剛材上端の溶接接合部に亀裂が生じている。
【留意点】横桁がウェブのみで主桁と連結されている構造では、大きな局部応力が作用し、亀裂が生じることがある。



写真-5.1.37 鋼橋の亀裂の診断における留意点

【部位】鋼床版デッキプレートと垂直補剛材との溶接部
【状態】溶接接合部に生じた亀裂からさび汁が析出している。
【留意点】亀裂から漏水している場合、橋面への貫通亀裂である可能性が高く、舗装にも損傷が生じていることがある。



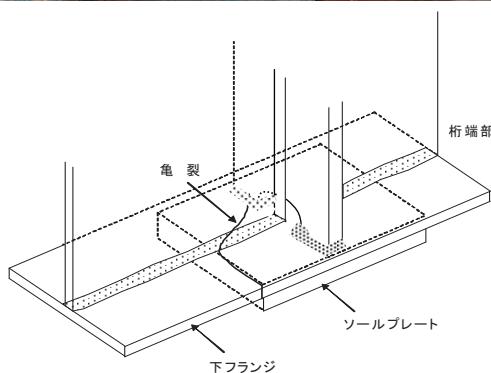
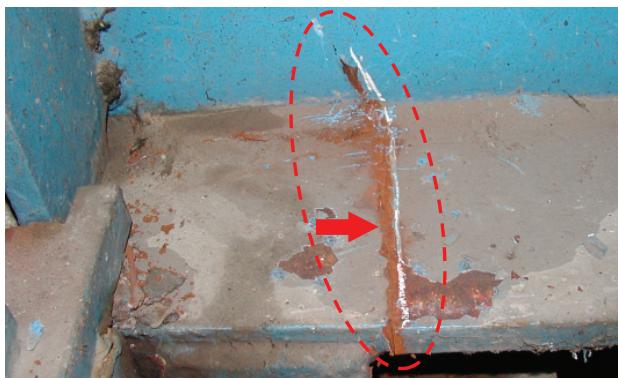
磁粉探傷試験前（塗膜厚除去前）

磁粉探傷試験後（塗膜厚除去後）

写真-5.1.38 鋼橋の亀裂の診断における留意点

塗膜割れの下に、長さ、幅ともに塗膜割れより大きな鋼材の亀裂が生じている。

(注：亀裂の有無や範囲の正確な把握には、塗膜を除去しての湿式磁粉探傷が行われる。
右の写真は、写真撮影用に乾式磁粉を行ったものである。)



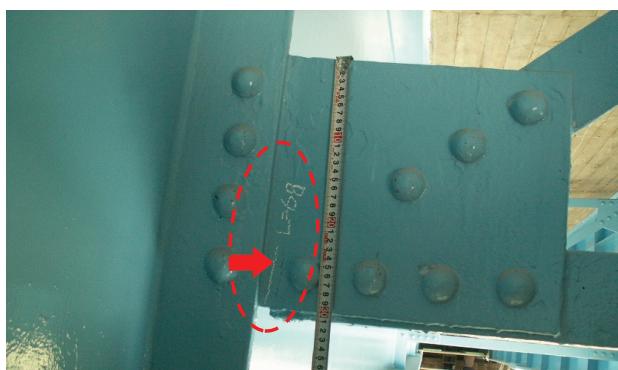
【部位】主桁下フランジのソールプレート前面

【状態】下フランジからウェブに進展した亀裂が生じている。

【留意点】支承ソールプレート前面の主桁下フランジとの接合部付近は、支承機能不全や板厚の急変などによって大きな応力が発生することが多く、亀裂の発生例も多い。下フランジを進展した亀裂がウェブに達すると、ウェブ内へ進展するが多く、その場合主桁が破断するなど危険な状態となることがある。

亀裂の発生箇所は、ソールプレートと主桁下フランジ間の支間中央側すみ肉溶接の止端部、ルート部、または主桁下フランジとウェブ間の溶接部がある。

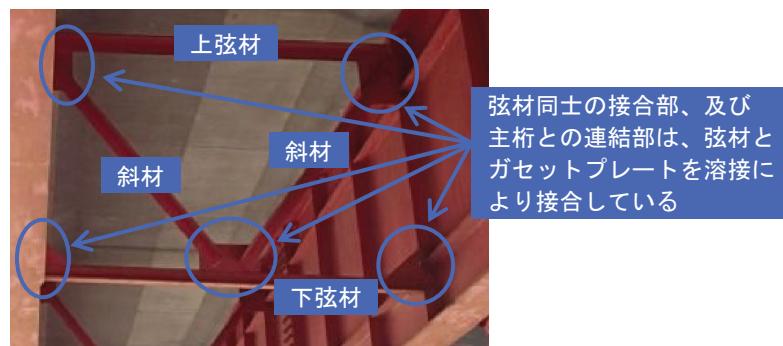
写真-5.1.39 鋼橋の亀裂の診断における留意点



【部位】対傾構接合部

【状態】対傾構接合部のガセットプレートに、亀裂が生じている。

【留意点】ガセットプレートには実構造と設計上の仮定が異なる場合に、大きな局部応力が発生することがある。特に耐荷力設計において二次部材として扱われるものは注意する。



対傾構の構造（他の橋の例）

写真-5.1.40 鋼橋の亀裂の診断における留意点

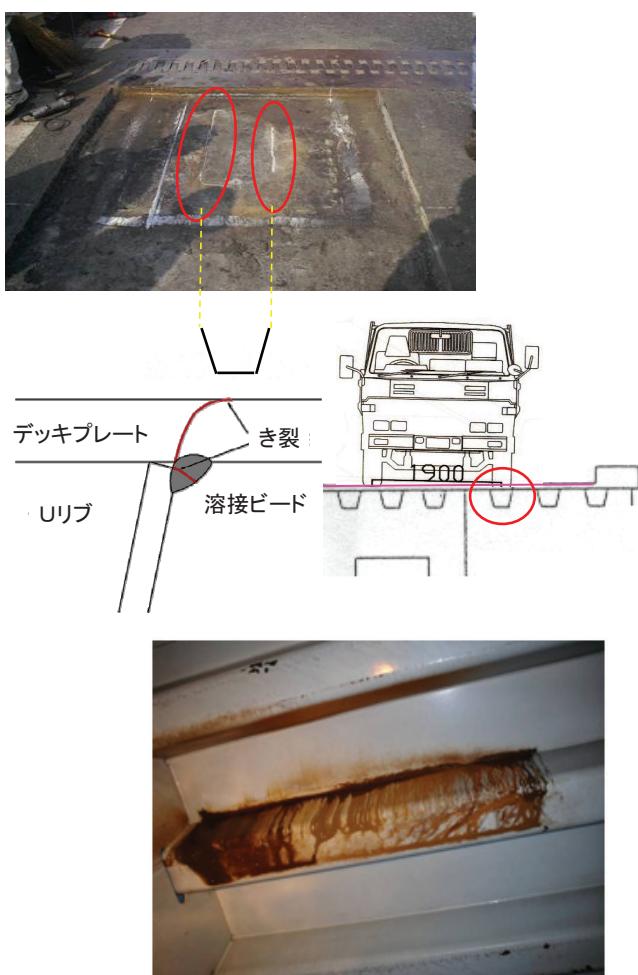


【部位】中路式アーチ橋の支柱

【状態】端部の最も短い支柱の両側から、線状の亀裂が生じている。

【留意点】支柱とアーチリブが剛結された格点部では、大きな応力変動が生じことがある。特に、短い支柱は二次応力の影響が大きく、損傷が発生することがある。

写真-5.1.41 鋼橋の亀裂の診断における留意点



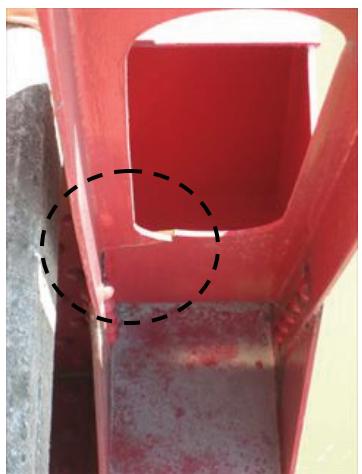
【部位】デッキプレート

【状態】デッキプレート上面に亀裂が生じている（上写真）。溶接ビードに進展した亀裂から漏水している（下写真）。

【留意点】デッキプレートと縦リブ（Uリブ）との縦方向溶接継手のルート部から進展した亀裂は、デッキプレートを貫通することがある。デッキ内進展亀裂は密閉されたUリブ内の溶接ルート部から発生・進展するため、目視点検では亀裂の状態を直接確認することが困難である。舗装のひびわれなどから推定できることがある。

また、舗装から雨水が亀裂に浸入し、鋼床版の腐食やUリブの滯水が生じることもある。

写真-5.1.42 鋼橋の亀裂の診断における留意点



【部位】トラス橋の斜材（孔加工部）

【状態】トラス橋の斜材（孔加工部）の格点部近傍が破断している。

【留意点】格点部近傍の孔加工部は斜材の橋軸直角方向の変形やねじれ変形により応力集中や大きな変動応力が発生しやすく、他の斜材にも損傷が生じることがある。

また、片側の破断により他方への応力が大きくなり、損傷が拡がる可能性があること、斜材の損傷は橋全体の安全性に影響することに留意すること。

写真-5.1.43 鋼橋の亀裂の診断における留意点

5.1.3 ゆるみ・脱落

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

ボルトにゆるみが生じる、ナットやボルトが脱落している状態をいう。ボルトが折損しているものも含む。

ここでは、普通ボルト、高力ボルト、リベット等の種類や使用部位等に関係なく、全てのボルト、リベットを対象としている。

(2) 損傷の捕捉や記録にあたっての留意点

i) 損傷の捕捉

- 点検時にボルトのゆるみ・脱落に着目する場合、ボルトやナットが容易に回転するかだけでなく、座金や連結板周辺のすべり跡も確認する必要がある。

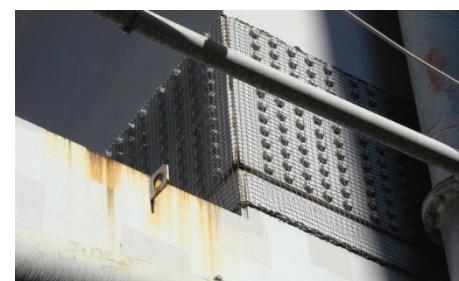


写真-5.1.44 支承の移動によりボルトの脱落が疑われる例

- ボルトの脱落に着目する場合、ボルト軸部が切れて軸力が作用せずに孔部に残置しているだけの場合があるため、ボルトに締付け力が作用しているか、確認する必要がある。
- 鋼橋の下に道路や歩道がある場合、ボルトが脱落すると、下の通行者へ直撃または接触する第三者被害が生じる危険性があるため、確認時には下へのボルトの落下に注意する必要がある。
- 遅れ破壊を生じる可能性のあるボルト継手であっても、実際に遅れ破壊が生じるのかどうか、またはその時期について予測することは困難である。そのため予防保全的に全てのボルトを遅れ破壊を生じないボルトに更新せずに、遅れ破壊が実際に生じた段階で、同じ条件（材料、施工、環境など）の他のボルトを合わせて交換することとしている場合もある。この場合、仮に遅れ破壊が生じても第三者被害が生じないよう落下防止措置などの対策を講じておくとともに、破断したことが点検などで



(a) ボルトキャップの例



(b) ボルトネットの例

写真-5.1.45 ボルト脱落の対策

容易に確認できるようにしておくのが良い。また一旦遅れ破壊が始まると同条件のものも次々と破断はじめる可能性もあることに注意が必要である。

ii) 他の損傷との関係

- ・支承ローラーの脱落は、「支承の機能障害」として扱うのが良い。
- ・支承アンカーボルトや伸縮装置の取付けボルトも対象とする。前者の損傷を生じている場合には、「支承の機能障害」としても扱うのが良い。

iii) 客観的事実の記録と留意点

- ・ゆるみ・脱落として記録する場合には、各損傷の数やボルトの種類(材質)を記録するのがよい。
- ・ゆるみ・脱落の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.1.3に示す。

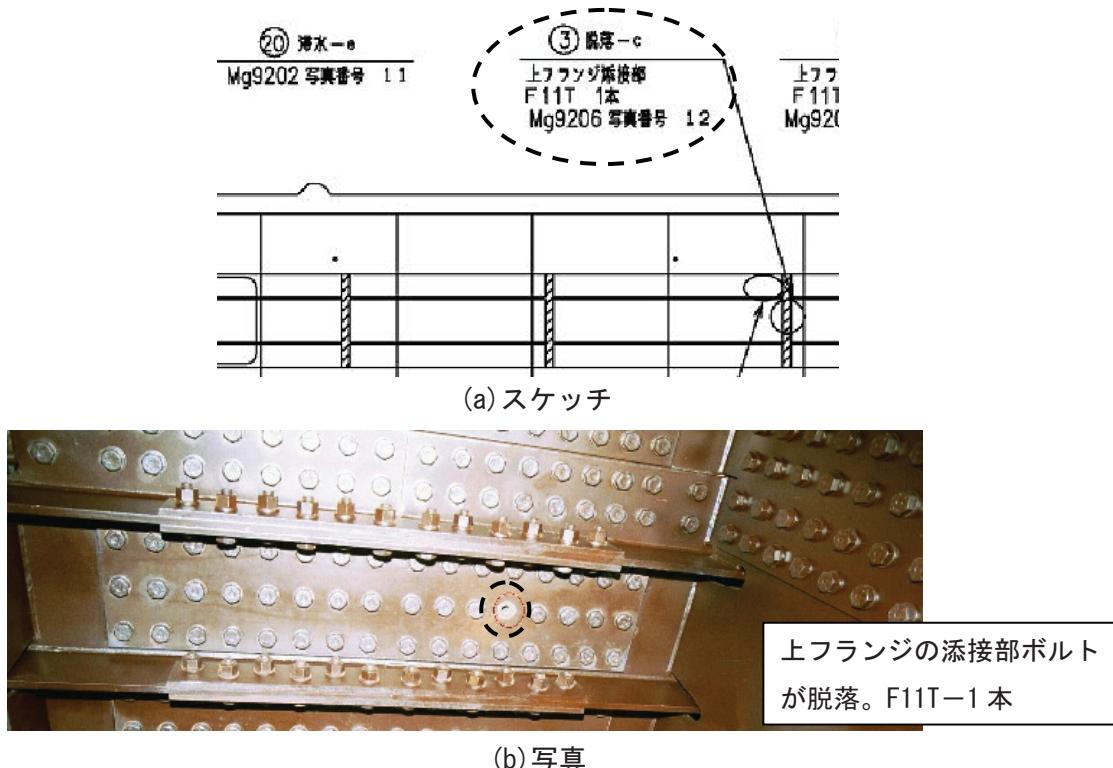


図-5.1.3 ボルトのゆるみ・脱落の記録方法の例

(3) 診断にあたって参考となる事項

i) ゆるみ・脱落に至る原因、メカニズムとそれに関わる事象

ゆるみ・脱落に至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.1.5に示す。

表-5.1.5 ゆるみ・脱落の代表的な損傷原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
ボルト連結部全般	<ul style="list-style-type: none"> ・高力ボルト（F11T、F13T）の遅れ破壊 ・活荷重及び衝撃による振動 ・風や交通荷重による振動 ・ボルト連結部の腐食 	<ul style="list-style-type: none"> ・ボルト本数不足による連結部のすべり ・連結部のすべりは、桁の異常な変形、致命的な損傷につながる ・ボルト本数不足による支持された付属物等の脱落

現在、道路橋示方書に規定されている高力ボルトの強度（F10T）より高強度のボルト（F11T、F13T）は、腐食などでボルト中に侵入集積した水素により鋼材の強度が低下する一方で、腐食などにより応力集中が生じることで、突然脆的に破壊する遅れ破壊現象が生じる。

遅れ破壊が生じなくても、腐食による断面欠損により応力集中が生じ、破断する場合もある。地震時に大きな力が作用する支承部のように、地震などの影響によって過大な応力や変形が生じることでボルトが破断する場合もある。

また、風や交通荷重、または衝撃による振動に起因してボルトがゆるみ、さらに脱落に至る可能性もある。

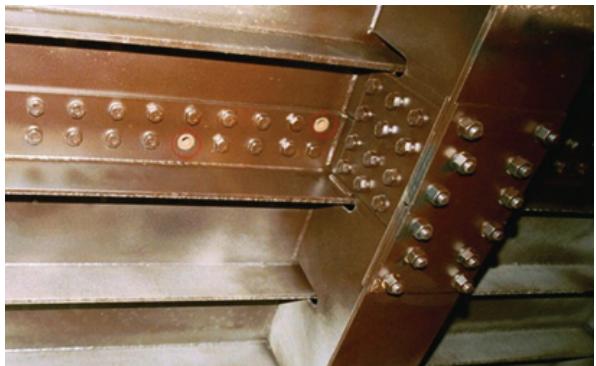
ii) 道路橋で実施してきた対策及び基準との関係

ii-1) 遅れ破壊対策

現在、道路橋示方書に規定されている高力ボルトの強度（F10T）より高強度のボルト（F11T、F13T）は、過去に突然脆的に破壊する遅れ破壊現象を生じたことから、1980年改訂以降、道路橋における使用が禁止されている。遅れ破壊とは、高い応力下で使用されている特定の鋼材で一定の経年後に亀裂が発生する現象をいう。

(4) 正しい診断のための留意点

ゆるみ・脱落の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】横桁

【状態】ボルトが脱落している。

【留意点】鋼床版に施工されたボルトでは、舗装下に浸入した水によって腐食が進行することがある。

写真-5.1.48 ボルトのゆるみ・脱落の診断における留意点



【部位】支承セットボルト

【状態】支承のセットボルトにゆるみが生じている。

【留意点】地震の影響の場合、他のボルトにも損傷が見られることが多い。
外観上破断が確認されない場合でも、打音検査により破断が確認されることもある。

写真-5.1.49 ボルトのゆるみ・脱落の診断における留意点

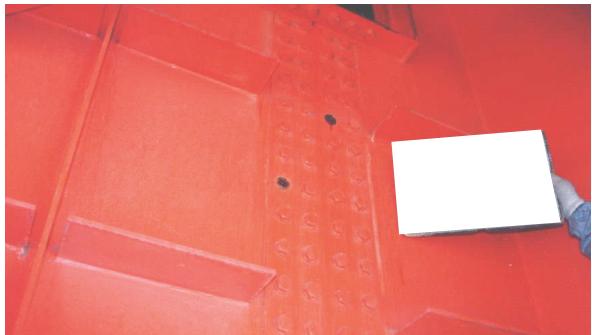


【部位】桁端の落橋防止構造

【状態】桁端の落橋防止構造のボルトが折損している。

【留意点】地震の影響の場合、主桁の変形や亀裂にも注視する。

写真-5.1.50 ボルトのゆるみ・脱落の診断における留意点



【部位】横桁

【状態】ボルトが脱落している。

【留意点】F11Tなど過去に使われた高力ボルトでは遅れ破壊が生じることがある。その場合、同材料・同条件下にある当該橋のボルトは連鎖的に破断が起きる危険性がある。

写真-5.1.51 ボルトのゆるみ・脱落の診断における留意点



写真-5.1.52 破断したボルトの例



【部位】主桁の継手部

【状態】多数のボルトが破断している。

【留意点】破断したボルトの連結部で防食機能の低下や腐食が見られる場合、同材料・同条件下にある当該橋のボルトは連鎖的に破断が起きる危険性がある。

写真-5.1.53 ボルトのゆるみ・脱落の診断における留意点



【部位】支承サイドブロック

【状態】サイドブロックのボルトが破断している。

【留意点】地震後には、サイドブロックのボルトの破断が見られることがある。上揚力への抵抗力が喪失している場合、余震などに対する注意が必要である。

写真-5.1.54 ボルトのゆるみ・脱落の診断における留意点

5.2 コンクリート部材の損傷

5.2.1 コンクリートのひびわれ

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

ひびわれとは、外力や変形の拘束、アルカリ骨材反応によるコンクリート内部の膨張圧や鉄筋腐食の膨張などによって、コンクリート部材の表面にひびわれが生じることである。

道路橋にこれまで見られている代表的なひびわれのパターンとそれに関わる事項や特徴は次のとおりである。

ひびわれパターン	写真	主な要因
①支間中央部、主桁直角方向の桁下面又は側面の鉛直ひびわれ		<ul style="list-style-type: none"> 応力超過、プレストレス損失などが疑われる（コンクリートの曲げ引張応力がひび割れ発生限界を超過） コンクリート硬化前に支保工が沈下した可能性がある
②支間中央部、主桁下面縦方向ひびわれ		<ul style="list-style-type: none"> 内部主方向鉄筋の腐食膨張の可能性がある PC鋼材グラウト不良の可能性がある ASRに起因する膨張圧がプレストレス方向と直交する橋軸直角方向に作用し、ひび割れた可能性がある

図-5.2.1 ひび割れパターン(その1)

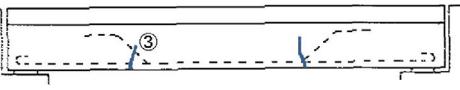
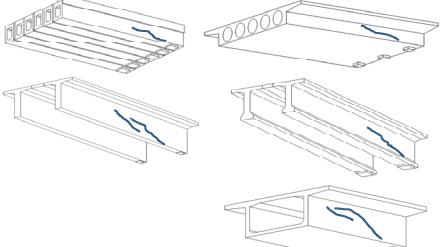
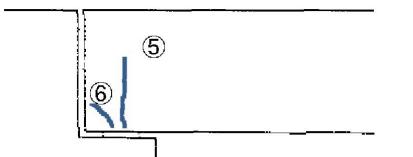
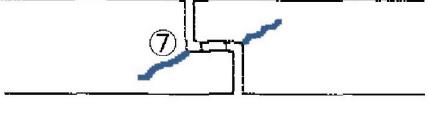
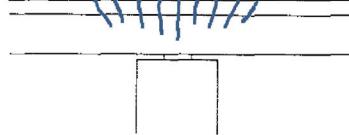
ひびわれパターン	写真	主な要因
③支間 1/4 部、主桁直角方向の桁下面又は側面の鉛直又は斜めひびわれ		 <ul style="list-style-type: none"> 応力超過、プレストレス損失などが疑われる。
④支点部、支点付近の腹部に斜めに発生しているひびわれ		 <ul style="list-style-type: none"> 応力超過、プレストレス損失などが疑われる（コンクリートの斜引張応力がひび割れ発生限界を超過） コンクリート硬化前に支保工が沈下した可能性がある
⑤支点部、支承上の桁下面又は側面に鉛直に発生しているひびわれ ⑥支点部、支承上の桁側面に斜めに発生しているひびわれ		 <ul style="list-style-type: none"> 桁端が回転拘束を受けている可能性がある 支点部の水平移動が拘束されることで、支承上の局部応力が過大となったことが疑われる 支圧応力を超過した可能性がある
⑦ゲルバー部のひびわれ		 <ul style="list-style-type: none"> ゲルバー支承部の水平移動が拘束されることで、支承上の局部応力が過大となったことが疑われる
⑧支点部、連続桁中間支点部の上側の鉛直ひびわれ		 <ul style="list-style-type: none"> 応力超過、プレストレス損失などが疑われる（コンクリートの曲げ引張応力がひび割れ発生限界を超過）

図-5.2.1 ひび割れパターン(その2)

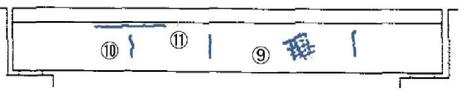
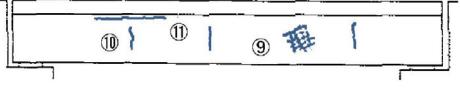
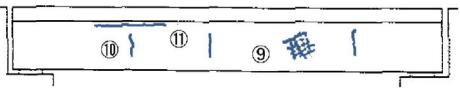
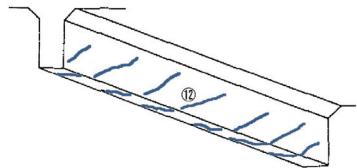
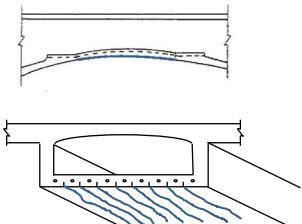
ひびわれパターン	写真	主な要因
⑨亀甲状、くもの巣状のひびわれ	 	<ul style="list-style-type: none"> ASR、凍害なコンクリート自体の劣化が疑われる。 乾燥収縮、自己収縮が疑われる。
⑩桁の腹部に規則的な間隔で鉛直方向に発生しているひびわれ	 	<ul style="list-style-type: none"> スターラップの腐食膨張が疑われる。
⑪ウェブと上フランジの接合点付近の水平方向のひびわれ	 	<ul style="list-style-type: none"> 打設ロット打継ぎ間隔不備により、先に打ち込んだコンクリートの沈降やコールドジョイントが疑われる。
⑫桁全体に発生している斜め 45° 方向のひびわれ	 	<ul style="list-style-type: none"> 応力超過、プレストレス損失などが疑われる（コンクリート負担ねじり応力の超過分を、鉄筋が負担している）。
⑬支間中央部、変断面桁の下フランジのPC鋼材に沿ったひびわれ	 	<ul style="list-style-type: none"> 桁高変化があり下床版の軸線が変化していることによる PC 鋼材緊張力の腹圧力の影響が疑われる。 下床版幅が広く、大きな断面力が作用

図-5.2.1 ひび割れパターン(その3)

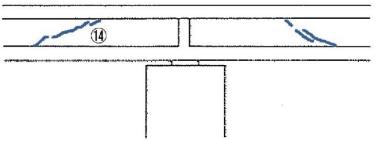
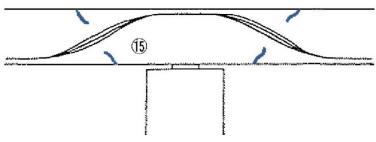
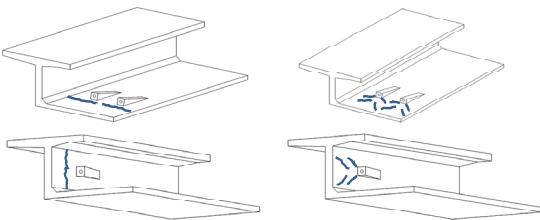
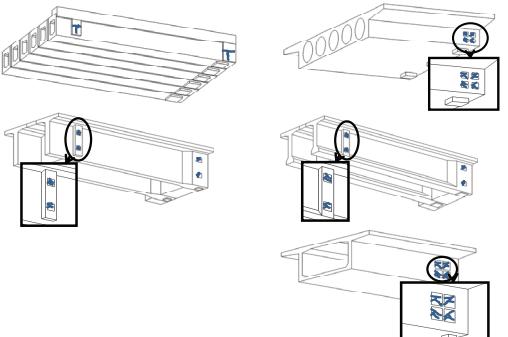
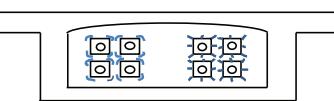
ひびわれパターン	写真	主な要因
⑭支間 1/4 部、PC 連続中間支点付近の反局部の PC 鋼材に沿ったひびわれ 		・PC 鋼材グラウト不良が疑われる。 ・コンクリート硬化前に中間支点が沈下した可能性がある。
⑮支間 1/4 部、PC 連続中間支点の変局点付近の PC 鋼材に直交したひびわれ 		応力超過、PC 鋼材配置形状の不備によるプレストレス不足などが疑われる。
⑯PC 鋼材定着部、偏顶部付近のひびわれ (ア) 定着突起周辺 		定着突起を境としたプレストレス量の差により、定着突起前面に橋軸方向引張応力が発生する（コンクリートの引張応力が引張強度を超過）。
(イ) 後埋めコンクリート部 		雨水等で PC 定着部の後埋め部の劣化が疑われる。
(ウ) 外ケーブル定着部 		プレストレスによる応力超過、補強筋不足が疑われる。

図- 5.2.1 ひび割れパターン(その4)

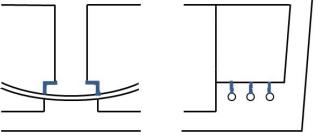
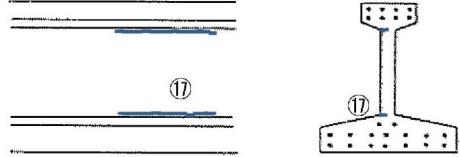
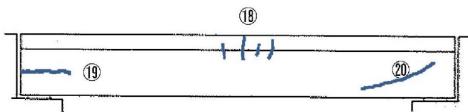
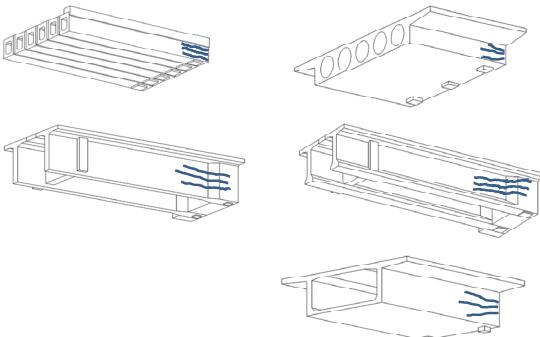
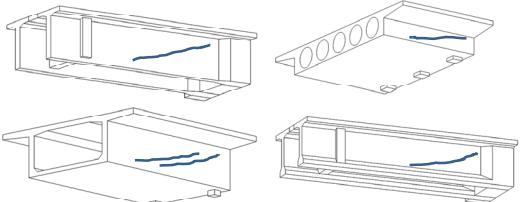
ひびわれパターン	写真	主な要因
(エ) 偏向部		 プレストレスによる応力超過、補強筋不足が疑われる。
⑯ PC鋼材が集中している付近のひびわれ		 ASRに起因する膨張圧がプレストレス方向と直交する橋軸直角方向に作用し、ひび割れた可能性がある。
⑰ 支間中央部、主桁上フランジ付近のひびわれ		<ul style="list-style-type: none"> 分割施工時(断面高さ方向)のコンクリート収縮拘束 応力超過、プレストレス過多による桁の上ぞりなどが疑われる。
⑱ 支点部、主桁の腹部に水平なひびわれ		<ul style="list-style-type: none"> PC鋼材定着部前面の支圧応力による引張応力の発生 ASRに起因する膨張圧がプレストレス方向と直交する橋軸直角方向に作用し、ひび割れた可能性がある。 コンクリート水和熱に伴う内部拘束作用
⑲ シースに沿って生じるひびわれ		<ul style="list-style-type: none"> PC鋼材グラウト不良が疑われる。 ASRに起因する膨張圧がプレストレス方向と直交する橋軸直角方向に作用し、ひび割れた可能性がある。

図- 5.2.1 ひび割れパターン(その5)

(2) 損傷の捕捉や記録にあたっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ひびわれの状態を正確に把握できるように塵埃や汚れ、滯水を除去する必要がある。

ii) 他の損傷との関係

- ひびわれ以外に、コンクリートの剥落や鉄筋の露出などその他の損傷が生じている場合には、別途それらの損傷としても扱うとよい。
- 床版に生じるひびわれである「床版ひびわれ」とは、区別する。
- P C 定着部においては当該部位でのみ扱い、当該部位を含む主桁等においては当該部位を除いた要素において評価するとよい。

iii) 客観的事実の記録の留意点

- ひびわれの発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.2.2に示す。

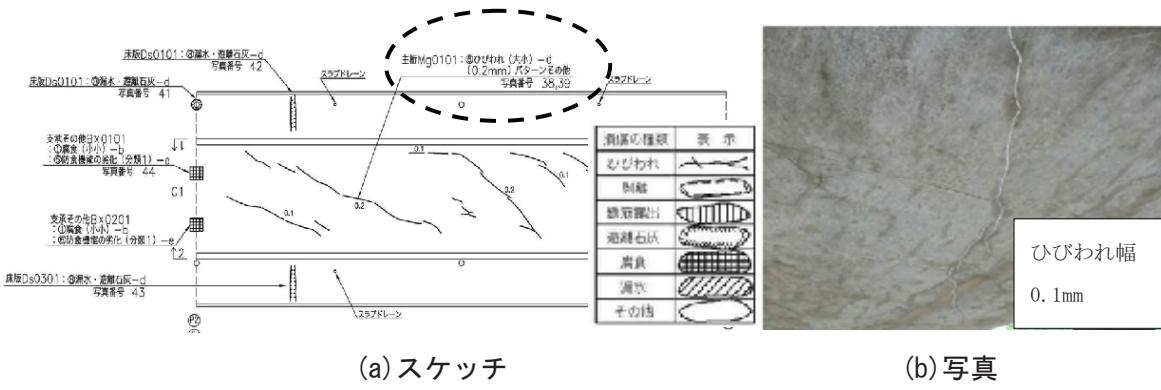


図-5.2.2 ひびわれの記録方法の例

(3) 診断にあたって参考になる事項

i) 原因及びメカニズム

コンクリートのひびわれ発生原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表- 5.2.1 に示す。

表-5.2.1 コンクリートのひびわれ発生原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
コンクリート部材 全般	<ul style="list-style-type: none"> ・ 設計強度不足 ・ 支承の機能不全 ・ 地震 ・ 凍結融解 ・ プレストレス不足 ・ 締固め不足 ・ 養生の不良 ・ 温度応力 ・ 乾燥収縮 ・ コンクリート品質不良 ・ 後打ちによるコールドジョイント ・ 支保工の沈下 ・ 早期脱型 ・ 不等沈下 ・ 環境 ・ 水 	<p>応力超過によるひびわれの進行 劣化による耐荷力の低下 ひびわれによる鉄筋の腐食 漏水、遊離石灰の発生</p>

同一の路線における同年代に架設された橋梁と比べて損傷の程度に大きな差があり、環境や地域の状況など一般的な損傷要因だけでは説明できない場合において、以下に示す特定の事象が確認できる場合は、基本的に詳細調査を行う必要がある。詳細調査は、4章を参照のこと。

- ・アルカリ骨材反応の恐れがある事象において
 - ・コンクリート表面に網目状のひびわれが生じている
 - ・鉄筋やP C鋼材の方向に沿ったひびわれが生じている
 - ・微細なひびわれ等に白色のゲル状物質の析出が生じている
- ・塩害の恐れがある条件において
 - ・道路橋示方書等によって、塩害対策を必要とする地域に架設され、鉄筋やP C鋼材に沿ったひびわれやうきが生じている
 - ・凍結防止剤の散布がある道路区間に架設され、鉄筋に沿ったひびわれやうきが

生じている

- ・架設時の資料より、海砂の使用が確認され、鉄筋に沿ったひびわれやうきが生じている
- ・架橋付近に、塩害損傷橋梁が確認され、鉄筋に沿ったひびわれやうきが生じている
- ・点検等によって、錆汁など塩害特有の損傷が現れており、鉄筋に沿ったひびわれやうきが生じている

コンクリートに発生するひびわれは、鉄筋腐食が先行するもの、ひびわれが先行するもの、劣化によるものなどがある。

鉄筋腐食が先行する例として、中性化や塩害などが原因で鉄筋に腐食が生じ、鉄筋腐食の進行に伴い錆による膨張でかぶりコンクリートにひび割れが生じる。

ひびわれが先行する例として、コンクリート内部の水分が乾燥すると収縮現象が生じ、この収縮変形が鉄筋などに拘束されるとコンクリートに引張応力が発生し、これが引張強度を超えるとひび割れが生じる。そこに外部から劣化因子が浸入し鉄筋腐食を進行させ、ひびわれ幅は拡大する。

劣化による例として、アルカリ骨材反応のように、コンクリート中の水酸化アルカリと骨材中の反応性骨材との化学反応により生成されるアルカリシリカゲルが、吸水に伴い膨張して発生するひびわれや、凍害のようにコンクリート中の水分が凍結した際の膨張圧によって発生するひびわれや、繰返し荷重の影響によって発生するひびわれがある。

また、施工時の品質不良による例として、支保工の変形や水和熱による温度応力などの初期ひびわれ、コンクリートを打ち重ねる時間が長いために一体化されずに不連続な面となるコールドジョイントにより生じるひびわれもある。

ii) 道路橋で実施してきた対策及び基準との関係

ii-1) 塩害

塩害とは、コンクリート中に存在する塩化物イオンの作用により鋼材が腐食し膨張して、コンクリートにひびわれや剥離などを発生させる現象をいう。

コンクリートは多孔質であるため、海からの飛来塩分や、凍結防止剤に含まれる塩化物がコンクリート表面に付着すると、塩化物イオンがコンクリート内部に拡散浸透して、著しい鉄筋の腐食等を引き起こす。フレッシュコンクリート中の塩化物総量に関する基準は、1986年のコンクリート中の塩化物総量規制(建設省技調発第285号 昭和61年6月2日)により、コンクリート中の塩化物イオン量が $0.3\text{kg}/\text{m}^3$ 以内に規制されたため、これ以降に建設された構造物では、内在塩化物イオンによる塩害の可能性は小さい。



写真-5.2.1 塩害による損傷

しかし、それ以前に建設されたコンクリート部材には、建設当初から多量の塩化物イオンが含まれるものが見られ、内在塩化物イオンによる著しい塩害が生じる場合もある。また、道路橋の塩害対策のかぶりは、「道路橋の塩害対策指針（案）・同解説」（日本道路協会）^{5.3)}に準じていたが、平成14年度の道路橋示方書で、塩害の影響による最小かぶりが規定された。

ii-2) アルカリ骨材反応 (ASR)

アルカリ骨材反応は、コンクリート中の水酸化アルカリと骨材中の反応性骨材との化学反応により生成されるアルカリシリカゲルが、吸水に伴う膨張によって、コンクリートにひびわれや剥離、ポップアウトなどを発生させる現象をいう。アルカリ骨材反応に関する基準は、1986年のJISの改定により、アルカリ骨材反応の抑制方法を購入者に報告することが義務付けられ、化学法やモルタルバー法で試験し、無害と判断された骨材でなければならないと規制された。詳細は5.5.2アルカリ骨材反応を参照のこと。



写真-5.2.2 アルカリ骨材反応による亀甲状のひびわれ

ii-3) 中性化

中性化とは、大気中の二酸化炭素がコンクリート内に侵入し、コンクリート中の水酸化カルシウムが徐々に炭酸カルシウムになり、コンクリート中のアルカリ性が失われていく現象をいう。一般に、二酸化炭素濃度が高い環境で、湿度が低く、温度が高いほど、中性化の進行が早いといわれている。



写真-5.2.3 中性化による地覆部外側の剥離・鉄筋露出



写真-5.2.4 フェノールフタレインによる調査例 (コア)

ii-4) 凍害

凍害とは、コンクリート中の水分が凍結した際の膨張圧によって発生するものであり、長年にわたる凍結と融解を繰り返すことによってコンクリート組織が徐々に劣化する現象をいう。凍害を受けた構造物は、表面にスケーリング、微細なひびわれ及びポップアウトなどの劣化が発生する。また、凍結防止剤等に由来する塩化物イオンを含み水が周囲にある場合に、凍害が著しく促進される。



写真-5.2.5 凍害による
スケーリング (地覆部)



写真-5.2.6 ポップアウト (主桁)

《メモ》

- ・ポップアウトとは、凍害やアルカリ骨材反応などにより、表層下の骨粒子などが膨張し破壊して、表面が円錐状に剥離・剥落することである。骨材の品質が悪い場合によく発生する。
- ・スケーリングとは、凍害などにより、コンクリートのペースト部分が劣化し、表面が薄片状に剥離、剥落することである。コンクリートの品質が悪い場合や適切な空気泡が運行されない場合によく発生する。
- ・フェノールフタレインは、1%のエタノール溶液を噴霧し、pH10程度以上のアルカリ性（未中性化）の場合は赤紫色を表し、中性化している場合は着色しない。

ii-5) ゲルバー部のひびわれ

コンクリート橋のゲルバー部では、断面急変部での応力集中や衝撃荷重の繰返しにより斜めのせん断ひびわれが生じて、落橋や緊急対応した事例が発生している。ひびわれの発生位置は、内部の配筋状況等によって損傷位置が異なり、支承から発生する場合、断面急変部から発生する場合、桁の内部に発生する場合などの事例が見られる。

定着桁の先端に斜めのひびわれと、伸縮目地部からの漏水痕が見られる。ゲルバー部の外観で確認できるひびわれだけでは、部材の損傷状態の全貌を把握することは困難である。



写真-5.2.7 ゲルバー部のひび割れ



写真-5.2.8 ゲルバー部のひび割れ



写真-5.2.9 ゲルバー部の落橋防止システム



写真-5.2.10 ゲルバー部の鋼板巻き立て工法

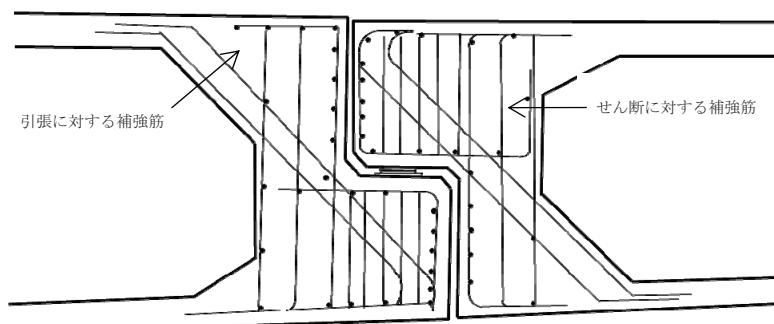


図-5.2.3 ゲルバー部の配筋 (例)

ii-6) 腐食

コンクリート部材内部には鉄筋やPC鋼材など様々な鋼材が存在するが、雨水の到達により腐食を生じる事も多い。

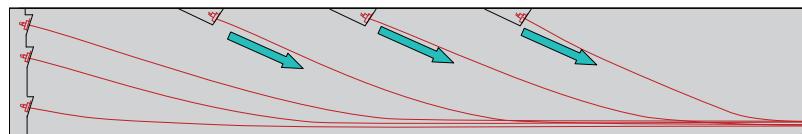


図-5.2.4 桁上縁での定着部から雨水が浸入



写真-5.2.11 路面（床版）から雨水が浸入のおそれ



写真-5.2.12 プレテンション桁やセグメントの打継目から雨水浸入のおそれ



写真-5.2.13 定着部の後埋め部から遊離石灰・後埋め部剥落（定着部腐食）

かぶり不足の場合、滯水した雨水が内部に浸透しやすく、鉄筋やPC鋼材が腐食しやすい。また、セパレータの孔やスペーサー部分から雨水が浸入するおそれもある。

排水管から水が漏れ滯水し、コンクリート内に水が浸透しコンクリート内のシースやPC鋼材が腐食を起こす。腐食が広がるとPC鋼材が破断してしまう可能性もある。

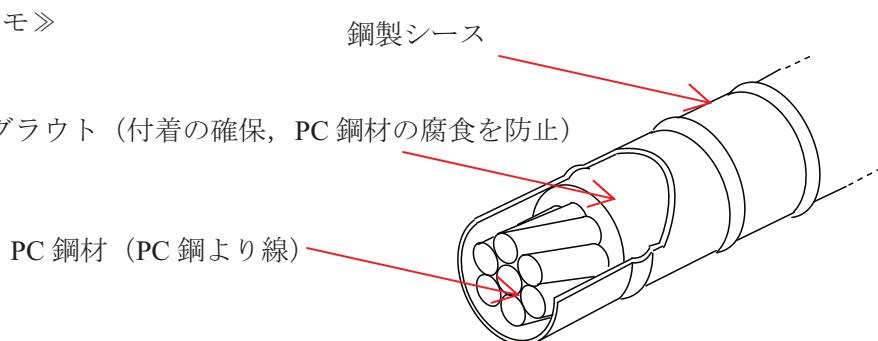


写真-5.2.14 排水管からの漏水とPC鋼材の腐食



写真-5.2.15 鉄筋の腐食

《メモ》



グラウトとは、PC部材にポストテンション方式でプレストレスを与えた後、鋼製シースの空隙に注入するもののうち、セメント、水、および混和材料を構成材料とし、これらを混合したものである。

(4) 正しい診断のための留意点

ひびわれの診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



写真-5.2.16 ひび割れの診断における留意点

【部位】主桁の補修箇所

【状態】内部鋼材の腐食や、ひびわれの再発・拡大などの再劣化により、塗膜とコンクリートにひびわれが生じている。

【留意点】ひびわれ幅が大きい場合、浮き、剥落に進展することがある。コンクリート塗装をしている場合には、ひびわれが塗膜のみなのか、コンクリートにも発生しているのかを注視する必要がある。



写真-5.2.17 ひび割れの診断における留意点

【部位】主桁の端部

【状態】伸縮装置からの凍結防止剤を含む漏水により鉄筋等の腐食が生じ、錆汁を伴うひびわれが生じている。

【留意点】内部鉄筋が腐食している場合、コンクリートの浮きやはく離をともなうことがある。



写真-5.2.18 ひび割れの診断における留意点

【部位】橋台のたて壁

【状態】アルカリ骨材反応の影響により塗装で補修したたて壁の全面に、漏水跡と亀甲状のひびわれが生じている。

【留意点】補修後の表面被覆上に現れるひびわれは、補修前からのひびわれの拡大や補修後に発生したひびわれの一部であることがある。



【部位】橋脚張出部

【状態】アルカリ骨材反応の影響により白色の滲出物を伴う亀甲状のひびわれが生じている。

【留意点】ひびわれから著しい漏水や石灰分の析出がある場合、内部で著しく劣化が進行していることがある。

写真-5.2.19 ひび割れの診断における留意点



【部位】主桁のウェブ

【状態】主桁のコールドジョイント

(注: 矢印はコールドジョイント)

【留意点】打重ね境界位置に明確なひびわれがあり、変色や漏水がある場合、内部に水分が浸入して劣化が進行していることがある。

写真-5.2.20 ひびわれの診断における留意点

コールドジョイントは、部材断面の広範囲で発生していることがあり、漏水や遊離石灰の析出、錆汁、広範囲の浸潤が見られる場合、内部で劣化が進行していることがある。

また、中性化を早め、耐久性に影響する場合がある。



【部位】箱桁内の横桁

【状態】PC定着部付近にひびわれが見られる (注: ひびわれをチョークでマークしている。)

【留意点】貫通孔箇所や、荷重集中点では、不適切な施工や設計で考慮されない応力状態が生じると、ひびわれが発生することがある。

写真-5.2.21 ひびわれの診断における留意点

コンクリート橋では、施工段階や施工直後から、乾燥収縮や弱材齢時の型枠の移動、設計での考慮と整合しない架設時応力の発生など様々な要因で、ひびわれが生じることがある。完成系への影響を見極め、耐荷性能のみならず耐久性についても所要の性能が得られるよう、必要な対策を速やかに行うことが重要である。



【部位】T型橋脚のはり部

【状態】片持ちはり部分の上側に鉛直ひびわれが見られる。(注:ひびわれをチョークでマーキングしている。)

【留意点】片持ちはりの上面から側面下方に向かうひびわれは、はりの過大な曲げ応力によることがある。

写真-5.2.22 ひびわれの診断における留意点

はり部材では、過大な曲げ応力の発生や曲げ耐力の不足によって、曲げひびわれが生じることがある。曲げひびわれの場合、ひびわれは部材側面に鉛直方向に伸びることが多い、また、ひびわれ幅に応じて内部鋼材に過度の負担が生じていることがある。



【部位】ゲルバー部

【状態】定着軸の先端に斜めのひびわれと、伸縮目地部からの漏水痕が見られる。

【留意点】ゲルバー部の外観で確認できるひびわれだけでは、部材の損傷状態の全貌を把握することは困難であるため、コア抜きやCCDカメラ等で詳細調査を行う必要がある。支承部付近には、せん断耐力の不足によって、斜め方向のひびわれが生じることがある。

写真-5.2.23 ひびわれの診断における留意点



他のひび割れと異なり、脆性的な破壊と落橋に至る恐れもある。

P C 鋼材定着部又は偏向部付近のひびわれ(注:ひびわれをチョークでマーキングしている。)

写真-5.2.24 ひびわれの診断における留意点

5.2.2 コンクリートの剥落・鉄筋露出

(1) 一般的性状・損傷の特徴

コンクリート部材の表面が剥離している状態を剥離、剥離部で鉄筋が露出している場合を鉄筋露出という。

(2) 損傷の捕捉や記録にあたっての留意点

i) 損傷の捕捉

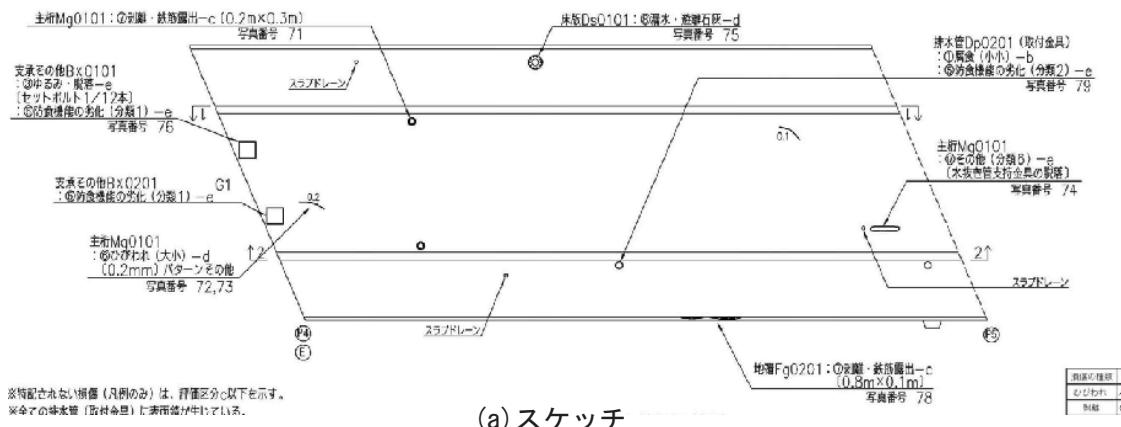
- 剥離・鉄筋露出の状態を正確に把握できるように塵埃や汚れ、滯水を除去する必要がある。

ii) 他の損傷との関係

- 剥離・鉄筋露出とともに変形・欠損（衝突痕）が生じているものは、別途、それらの損傷としても扱うとよい。
- 「剥離・鉄筋露出」には露出した鉄筋の腐食、破断などを含むものとし、「腐食」、「破断」などの損傷とは区別するとよい。
- 床版に生じた剥離・鉄筋露出は、「床版ひびわれ」以外に本項目でも扱うとよい。

iii) 客観的事実の記録の留意点

- 剥離・鉄筋露出の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.2.5に示す。



(a) スケッチ



(b) 写真

図-5.2.5 剥離・鉄筋露出の記録方法の例

(3) 診断にあたって参考になる事項

i) 原因及びメカニズム

コンクリートの剥落・鉄筋露出原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.2.2に示す。

表-5.2.2 コンクリートの剥落・鉄筋露出原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
コンクリート部材 全般	<ul style="list-style-type: none"> ・かぶり不足、豆板、打継目処理と浸透水による鋼材腐食 ・コンクリートの中性化、塩害、アルカリ骨材反応 ・後埋コンクリートの締固め不足、鉄筋の不足 ・締固め不足 ・脱型時のコンクリート強度不足 ・局部応力の集中 ・衝突または接触 ・鉄筋腐食による体積膨張 ・火災による強度低下 ・凍結融解 ・セメントの不良 ・骨材の不良(反応性及び風化性骨材) 	<p>断面欠損による耐荷力の低下 鉄筋腐食による耐荷力の低下 輪荷重の繰り返しによる損傷の拡大、 床版機能の損失</p>

コンクリートのひびわれのメカニズムで述べたようにコンクリートにひびわれが生じ、さらに鉄筋腐食が進行し、かぶりコンクリートが比較的薄い場合には、かぶりコンクリートが剥がれ落ちる状態となり、このかぶりコンクリートが剥がれ落ちている状態を剥離という。このとき、コンクリートの剥離により鉄筋が露出している状態を鉄筋露出という。さらに、鉄筋腐食による鉄筋断面の減少などにより耐荷力の低下につながることもある。

ii) 道路橋で実施してきた対策及び基準との関係

5.2.1 ひびわれの(3) ii)を参照する。

(4) 正しい診断のための留意点

剥離・鉄筋露出の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】主桁

【状態】塩害対策として表面被覆を行っている箇所に、剥離・鉄筋露出が生じている。

【留意点】塩害の補修部では、脱塩が完全に行えなかったり、塩分や水分の再浸入により、再劣化が生じることがある。

写真-5.2.25 剥落・鉄筋露出の診断における留意点



【部位】橋脚梁部

【状態】白色の析出物を伴う亀甲状のひびわれと、一部で剥離が見られる。

【留意点】ASR が生じている場合、ひびわれて劣化したコンクリートが、比較的大きな塊で落下することがある。

写真-5.2.26 剥落・鉄筋露出の診断における留意点



【部位】地覆

【状態】コンクリートの剥離・鉄筋露出が生じている。

【留意点】凍結融解が繰り返される部位では、広範囲に表面が劣化して剥落することがある。

写真-5.2.27 剥落・鉄筋露出の診断における留意点



【部位】主桁

【状態】コンクリート桁下面の一部に、車両等の衝突によると疑われる、断面欠損が生じた例

写真-5.2.28 剥落・鉄筋露出の診断における留意点



【部位】主桁

【状態】コンクリートの剥離、鉄筋の著しい腐食、更には破断が見られる。

【留意点】塩害環境では、広範囲に同時に鉄筋の腐食が進行していることがある。

写真-5.2.29 剥落・鉄筋露出の診断における留意点



【部位】橋脚梁部の下面

【状態】はりの根元付近で広く剥離と鉄筋の著しい腐食が見られる。

【留意点】勾配のある部材では、箇所によっては広くかぶり不足となっていることがある。また、伝い水によって損傷が促進されることがある。

写真-5.2.30 剥落・鉄筋露出の診断における留意点

張出し部、地覆、壁高欄外側、はり先端、傾斜した下面など構造的に伝い水が表面を流れやすい部位では、剥離が生じやすい。また、桁端部、排水枠周囲、地覆部では、路面排水の滯水や部材への浸入が損傷を促進させることがある。特に、凍結防止剤を含む路面水は塩害を引き起こすので、深刻な影響を与えることがある。T桁等において上縁定着しているものでウェブ側面にひび割れや剥落があるものは、グラウト内に水が入り込んでいる可能性があるため、必要に応じて非破壊検査や微破壊検査でグラウト内の滯水を調査する。

5.2.3 漏水・遊離石灰

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

漏水・遊離石灰とは、コンクリートの打継目やひびわれ部等から、水や石灰分の滲出や漏出が生じている状態をいう。

(2) 損傷の捕捉や記録にあたっての留意点

i) 損傷の捕捉

- 漏水・遊離石灰の状態を正確に把握できるように塵埃や汚れ、滯水を除去する必要がある。

ii) 他の損傷との関係

- 排水不良などでコンクリート部材の表面を伝う水によって発生している析出物、また、外部から供給されそのままコンクリート部材の表面を流れている水については、「遊離石灰」とは区別するとよい。
- ひびわれ、うき、剥離など他に該当するコンクリートの損傷については、それぞれの項目でも扱うとよい。
- 床版に生じた漏水・遊離石灰は、「床版ひびわれ」以外に本項目でも扱うとよい。

iii) 客観的事実の記録の留意点

- 漏水・遊離石灰として記録する場合には、漏水のみか、遊離石灰が発生しているかの区分や鉛汁の有無について評価するとよい。
- 漏水・遊離石灰の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.2.6に示す。

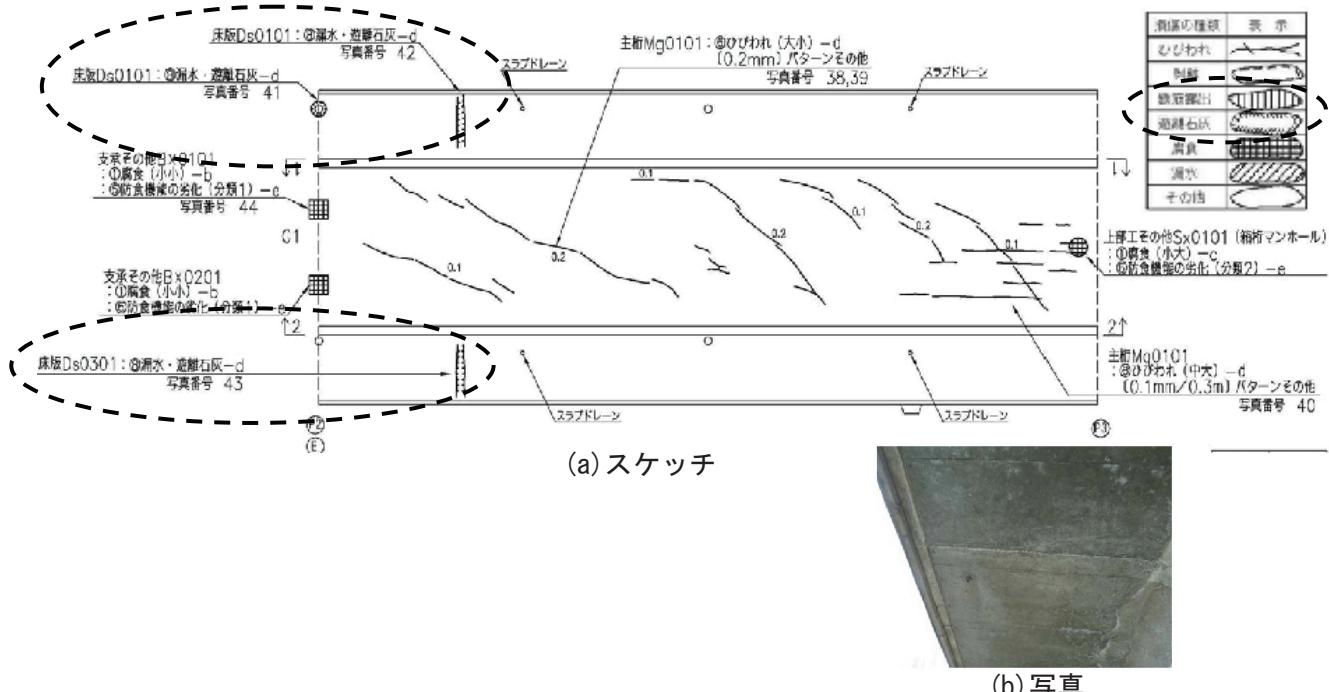


図-5.2.6 漏水・遊離石灰の記録方法の例

(3) 診断にあたって参考になる事項

i) 原因及びメカニズム

コンクリートの漏水・遊離石灰の原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.2.3に示す。なお、コンクリートのひびわれからの漏水や遊離石灰の析出は、ひび割れ内部に水が浸入していることを意味し、部材内部への水の供給は著しく劣化を促進させることがあるため、漏水や遊離石灰の析出に関与している水の供給経路について注意する必要がある。また水の侵入経路や部材構造によっては、漏水や遊離石灰の析出が生じていることが、すなわち部材を貫通したひび割れが生じていることを意味する場合もあるため、ひびわれの範囲や部材性能への影響の評価ではこのことにも注意する必要がある。



写真-5.2.31 貫通ひびわれが疑われる事例

表-5.2.3 コンクリートの漏水・遊離石灰の原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
コンクリート部材 全般	<ul style="list-style-type: none"> ・漏水の進行 ・締固め不十分 ・ひびわれの進行 ・防水層未施工 ・打設方法の不良 ・打継目の不良 	<ul style="list-style-type: none"> ひびわれによる鉄筋の腐食 伸縮装置の劣化 合成桁では主桁の剛性低下 非合成桁でも合成作用の損失 コンクリートの中性化による床版機能の損失 コンクリートの劣化

コンクリート近傍の鋼材が腐食しその錆が雨水などとともに流れる、又はコンクリート中の鉄筋が腐食して膨張しひびわれが生じたところに雨水や地下水が通過すると、さび汁

となりコンクリート表面に付着する。後者の場合には、遊離石灰を伴う場合もある。

遊離石灰は、コンクリート中の可溶成分やコンクリートの周辺の可溶成分が水分の移動によりコンクリート表面に移動し、表面での水分の蒸散や二酸化炭素などの吸収によって、溶解していた成分が析出することである。遊離石灰そのものが構造物の信頼性を損なうことは少ないが、中性化や塩害が原因で遊離石灰が生じている場合などには、これらの劣化が進行して鉄筋が腐食し、かぶりコンクリートにひびわれが発生していることが多い。

ii) 道路橋で実施してきた対策及び基準との関係

5.2.1 ひびわれの (3) ii) を参照する。

(4) 正しい診断のための留意点

漏水・遊離石灰の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】地覆

【状態】ひびわれから遊離石灰が生じており、錆汁の混入が認められる。

写真-5.2.32 漏水・遊離石灰の診断における留意点



【部位】床版（補強鋼板）

【状態】鋼板接着箇所の継目からの顕著な漏水と、鋼板の腐食が見られる。

【留意点】

鋼板裏面の錆が進行すると、補強鋼板とコンクリート床版とに剥離が生じ、耐荷力の減少につながることがある。

写真-5.2.33 剥落・鉄筋露出の診断における留意点

コンクリート床版では、内部の劣化状況が下面からしか判断できないことが多く、特に鋼板接着や底鋼板付き床版では、漏水や遊離石灰・錆汁の状況から床版コンクリートの劣化状態を推測することが重要となる。また、局部的に劣化が進行すると、広くひびわれが生じないまま床版の抜け落ちに至ることがある。

5.2.4 コンクリートの抜け落ち

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

コンクリート床版（間詰めコンクリートを含む）からコンクリート塊が抜け落ちることをいう。床版の場合には、亀甲状のひびわれを伴うことが多い。間詰めコンクリートや張り出し部のコンクリートでは、周囲に顕著なひびわれを伴うことなく鋼材間でコンクリート塊が抜け落ちることもある。

(2) 損傷の捕捉や記録にあたっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・抜け落ちの状態を正確に把握できるように塵埃や汚れ、滯水を除去する必要がある。

ii) 他の損傷との関係

- ・床版の場合には、著しいひびわれが生じていてもコンクリート塊が抜け落ちる直前までは、「床版ひびわれ」として扱うのがよい。
- ・剥離が著しく進行し、部材を貫通した場合に、「抜け落ち」として扱うのがよい。

iii) 客観的事実の記録の留意点

- ・抜け落ちとして記録する場合には、抜け落ちた部位の鉄筋の状態や周辺の状態についても記録するとよい。
- ・抜け落ちの発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.2.7に示す。

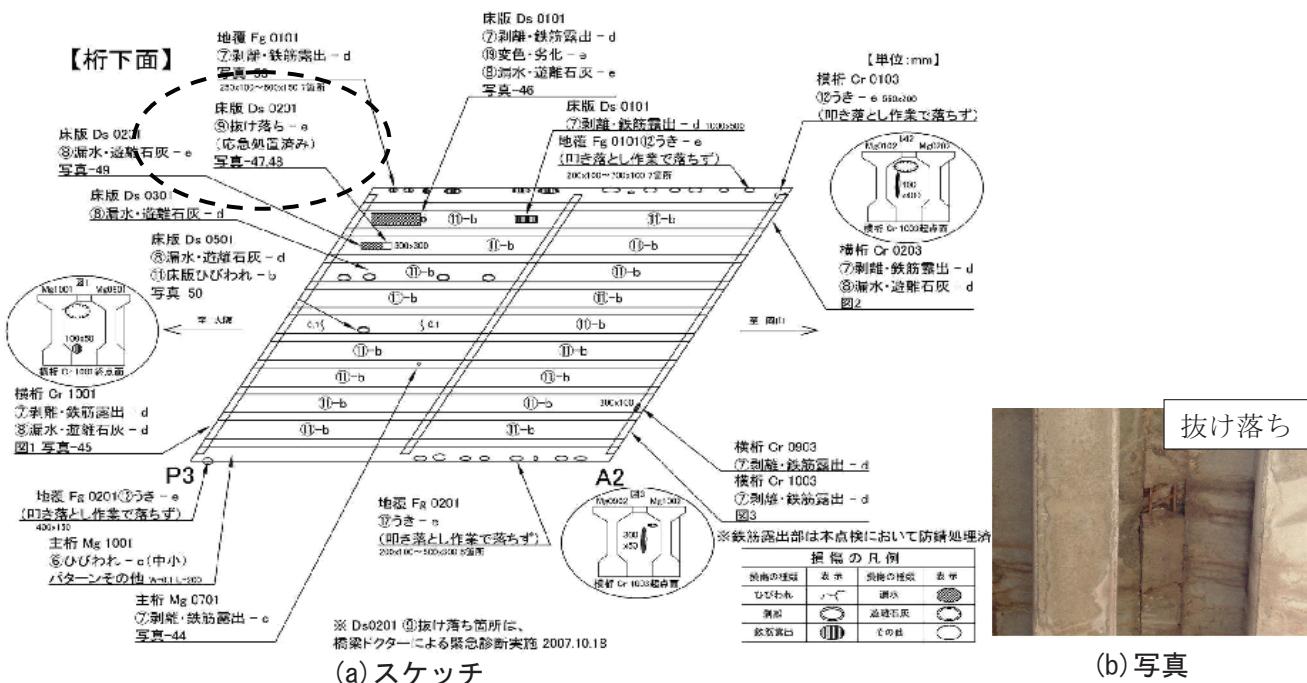


図-5.2.7 抜け落ち記録方法の例

(3) 診断にあたって参考になる事項

i) 原因及びメカニズム

コンクリートの抜け落ち原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表- 5.2.4 に示す。

表-5.2.4 コンクリートの抜け落ちと懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
コンクリート床版	・ひびわれ、漏水、遊離石灰の進行	・輪荷重の繰り返しによる損傷の拡大、床版機能の損失

床版に発生したひびわれが、輪荷重による繰返し荷重などの影響により貫通ひびわれに発展し、そこに雨水等が浸入するとすりへり現象が生じ鋼材の腐食とともにコンクリートの塊が抜け落ちる。雨水などの浸入があると急激に進行する損傷である。

ii) 道路橋で実施してきた対策及び基準との関係

PCT 枠の間詰め部において、無筋で抜け落ちにつながる恐れがある状況などにおいては、詳細調査を実施することが妥当と判断できる場合がある。ちなみに、以下の PCT 枠の間詰め部において、無筋の可能性があることが知られている。

- ・プレテンション枠の設計が 1971 年以前、または竣工年が 1974 年以前の橋梁
 - ・ポストテンション枠の設計が 1969 年以前、または竣工年が 1972 年以前の橋梁
- 必要に応じて、鉄筋探査（電磁波レーダーや電磁誘導法）を行い、無筋かどうか確認する。

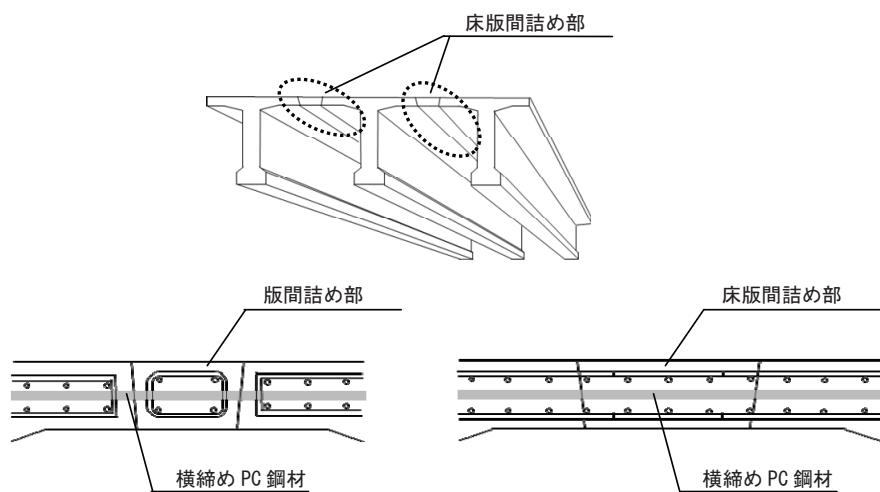


図-5.2.8 間詰め部の構造および配筋

床版では、疲労などによって床版コンクリートの破壊が進むと、部分的に床版コンクリートが抜け落ちることがある。床版の抜け落ちでは車両の陥没や横転などの大事故に繋がる可能性もあるため、注意が必要である。

床版コンクリートが抜け落ちる場合、その前段階で部分的に貫通ひび割れが形成されていることが多い、床版ひびわれから著しい漏水や遊離石灰の析出が見られる場合には、床版コンクリートが抜け落ちる可能性をも念頭に注意して点検することが必要である。

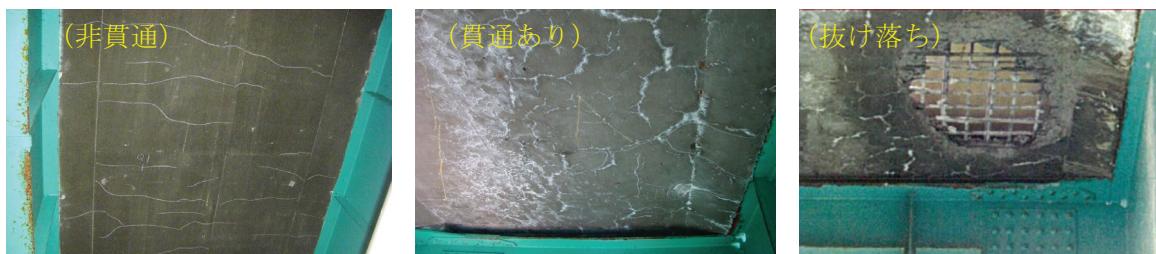


写真-5.2.34 床版ひびわれの状態

(4) 正しい診断のための留意点

抜け落ちの評価を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】床版間詰め部

【状態】間詰めコンクリートが落下している。(抜け落ち部の黒いものは舗装)

【留意点】古いT桁ではT桁フランジ端部にテーパーがないので、間詰めとの境界部が劣化すると、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。

写真-5.2.35 抜け落ちの診断における留意点



写真-5.2.36 抜け落ちの診断

における留意点

ロック化している、抜け落ちた箇所の近傍や前後で舗装に顕著なひびわれが生じている、石灰分のせき出が広がっている、過去に同じ車線位置で補修が繰り返されている、ひび割れは顕著でないなどのいずれか、または組み合わせが見られることが多い。

【部位】床版

【状態】輪荷重位置で、床版のコンクリートが鉄筋を残して落下している。

【留意点】抜け落ちが生じた床版では、抜け落ち部周辺あるいは車線方向の同じ位置で、舗装に凹凸や顕著なひびわれ、過去の補修痕が認められることがある。

床版コンクリートでは、鉄筋を残してコンクリートだけが落下することが多い。抜け落ち前には、鉄筋に沿って格子状にコンクリートがブ

鋼板で補強している場合や、剥落防止のシートが貼られている場合などは、下からは損傷状況は確認できないので、上面から舗装に異常がないか確認する。必要であれば、舗装を剥いで床版上面に異常がないか確認することもある。また、下から鋼板等に対して打音検査を行い、うきなどを示す異常音がないか確認する。



写真-5.2.37 抜け落ちの診断における留意点

5.2.5 補修・補強材の損傷

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

鋼板、炭素繊維シート、ガラスクロスなどのコンクリート部材表面に設置された補強材料や塗装などの被覆材料に、うき、変形、剥離などの損傷が生じた状態をいう。

また、鋼部材に設置された鋼板（あて板等）による補修・補強材料に、腐食等の損傷が生じた状態をいう。

(2) 損傷の捕捉や記録にあたっての留意点

i) 損傷の捕捉

- 抜け落ちの状態を正確に把握できるように塵埃や汚れ、滯水を除去する必要がある。

ii) 他の損傷との関係

- 補強材の損傷は、材料や構造によって様々な形態が考えられる。また、漏水や遊離石灰など補強されたコンクリート部材そのものの損傷に起因する損傷が現れている場合もあり、これらについても補強材の機能の低下と捉え、橋梁本体の損傷とは区別してすべて本項目「補修・補強材の損傷」として扱うとよい。

補修・補強材の分類は次によるとよい。

ア) コンクリート部材への補修・補強材

分類	補修・補強材料
1	鋼板（補強鋼板等）
2	繊維（繊維補強シート、剥落防止材等）
3	コンクリート系（巻立てコンクリート等）
4	塗装（保護塗装等）

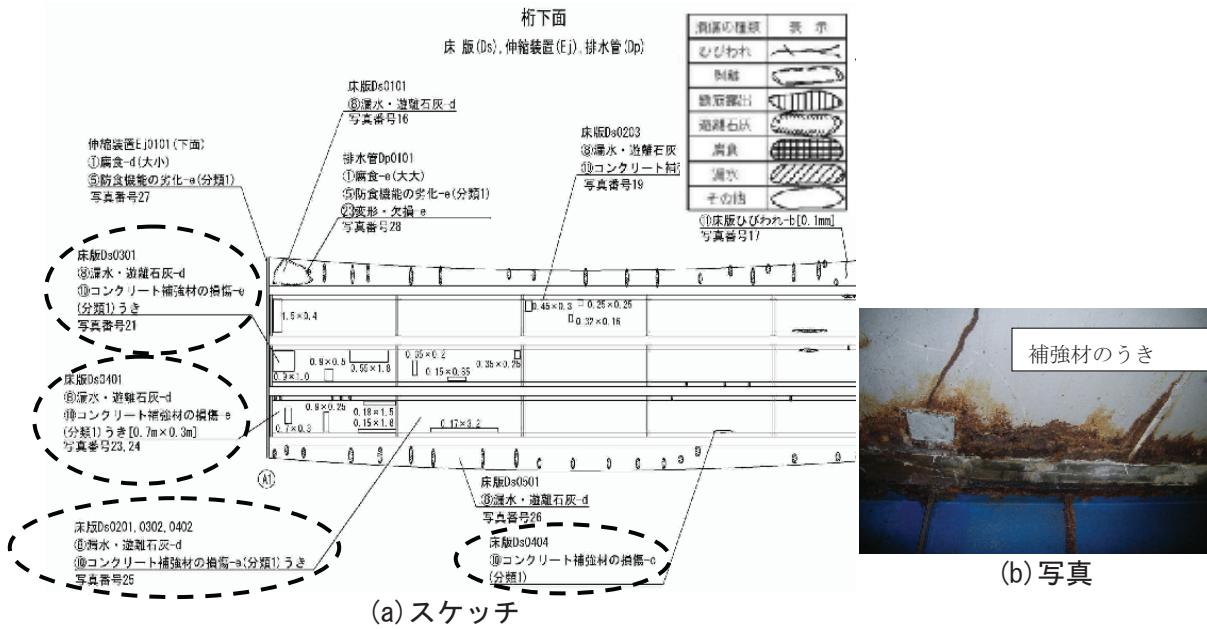
イ) 鋼部材への補修・補強材

分類	補修・補強材料
5	鋼板（あて板等）

- 分類3においてひびわれや剥離・鉄筋露出などの損傷が生じている場合には、それらの損傷としても扱うとよい。
- 分類4は、「防食機能の劣化」としては扱わないとよい。
- 分類5において、鋼部材に設置された鋼板（あて板等）の損傷は、この項目のみで扱い、例えば、「防食機能の劣化」や「腐食」と区別するとよい。一方、鋼板（あて板等）の損傷に伴い本体にも損傷が生じている場合は、本体の当該損傷でも扱うとよい。

iii) 客観的事実の記録の留意点

- 補強材の損傷の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.2.9に示す。



(3) 診断にあたって参考になる事項

i) 原因及びメカニズム

補修・補強材の損傷原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.2.5に示す。

表-5.2.5 補修・補強材の損傷と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
コンクリート部材への補修・補強材全般	<ul style="list-style-type: none"> 床版のひびわれによる漏水 防水層の未施工 架橋環境 	<p>鋼板断面欠損による床版機能の低下 主構造の腐食へと進行</p>
鋼部材への補修・補強材全般	<ul style="list-style-type: none"> 応力集中 架橋環境 	<p>主構造の腐食へと進行 主構造の亀裂の再進行</p>

コンクリート部材の補修・補強について、例えば床版に発生したひびわれの進行や防水層の未施工などにより、床版上面から雨水が浸入し、床版下面に滯水することにより鉄筋の腐食を進行させ、補強材にうき、剥離が生じる。また、鋼板などの補強材の腐食を進行させることがある。

鋼部材の補修・補強材について、例えば漏水などによる水や塩分の供給によって塗装などの防食機能が劣化し、さらに鋼材の腐食を進行させる。

ii) 道路橋で実施してきた対策及び基準との関係

昭和 54 年に道路橋の維持および補修の実務上の手引き書として、「道路橋補修便覧」^{5.4)}がとりまとめられた。

既往の代表的な補修補強工法の例



写真-5. 2. 38 床版劣化対策

(分類 1 : 床版の補強鋼板)

写真-5. 2. 39 耐震補強

(分類 3 : コンクリート巻立て)

写真-5. 2. 40 疲労対策

(分類 1 : 桁の補強鋼板)

(4) 正しい診断のための留意点

補修・補強材の損傷の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】床版の補強鋼板（分類 1）

【状態】漏水があり、腐食が進行した鋼板が脱落している。

【留意点】床版防水機能の劣化や、床版の貫通ひびわれが生じていることがある。

写真-5. 2. 41 補修・補強材（鋼板）の損傷の診断における留意点



【部位】床版の排水管貫通部の纖維シート（分類 2）

【状態】排水管とコンクリート床版との間に漏水が発生し、纖維シートに剥離が生じている。

【留意点】補強材の剥離部では、コンクリートの劣化も進行していることがある。

写真-5. 2. 42 補修・補強材（纖維）の損傷の診断における留意点



【部位】主桁の保護塗装と断面修復部
(分類4)

【状態】主桁に顕著なひびわれと錆汁の滲出が見られる。

【留意点】塩害対策では、浸透した塩分の除去が不完全な場合には、早期に再損傷が生じることがある。

写真-5.2.43 補修・補強材（塗装）の損傷の診断における留意点



【部位】主桁の保護塗装（分類4）

【状態】主桁の保護塗装箇所に剥離・鉄筋露出が見られる。

写真-5.2.44 補修・補強材（塗装）の損傷の診断における留意点

保護塗装の施工後に、コンクリート部材の劣化が進行した場合には、保護塗装部にもひび割れや剥離が発生することがある。この場合、塗膜下の状態の全てを外観のみから把握することはできない。

5.2.6 床版ひびわれ

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

鋼橋のコンクリート床版を対象としたひびわれであり、床版下面に一方向又は二方向のひびわれが生じている状態をいう。また、コンクリート橋のT桁橋のウェブ間（間詰め部を含む。）、箱桁橋の箱桁内上面、中空床版橋及び箱桁橋の張り出し部のひびわれも対象である。

(2) 損傷の捕捉や記録にあたっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・床版ひびわれの状態を正確に把握できるように汚れを除去する必要がある。

ii) 他の損傷との関係

- ・床版ひびわれの性状にかかわらず、コンクリートの剥離、鉄筋露出が生じている場合には、それらの損傷としても扱うとよい。
- ・床版ひびわれからの漏水、遊離石灰、錆汁などの状態は、本項目で扱うとともに、「漏水・遊離石灰」の項目でも扱うとよい。
- ・著しいひびわれが生じ、コンクリート塊が抜け落ちた場合には、当該要素では「抜け落ち」として扱うとよい。
- ・床版ひびわれが生じている場合、舗装の異常も生じている可能性があるため、確認するのがよい。

iii) 客観的事実の記録の留意点

- ・床版ひびわれの発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.2.10に示す。

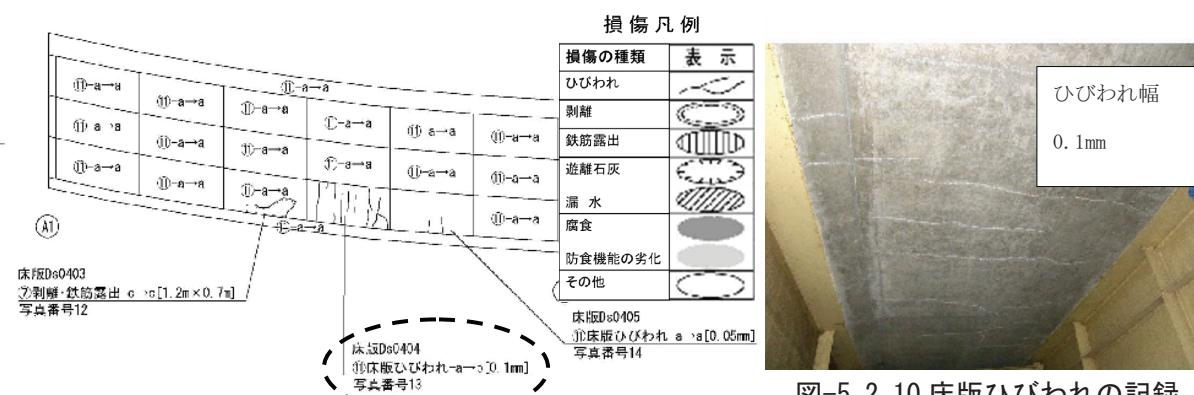


図-5.2.10 床版ひびわれの記録

方法の例（注：ひびわれはチョークでマーキングしている）

(3) 診断にあたって参考になる事項

i) 原因及びメカニズム

床版ひびわれの原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.2.6に示す。

表-5.2.6 床版ひびわれと懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
コンクリート床版	<ul style="list-style-type: none">・ 設計耐力不足・ 主桁作用による引張応力の作用・ 乾燥収縮・ 配力鉄筋不足・ 支持桁の不等沈下・ 温度変化による桁の変形・ 水の浸透	<p>漏水や遊離石灰の進行等 疲労耐久性の低下 床版の抜け落ち</p>

活荷重が繰り返し作用する疲労や、過積載車両の通行が原因となり、床版コンクリートの耐久性・耐荷力の低下によりひびわれが生じる。また、古い年代に建設された床版（例えば昭和48年以前）では、現在の床版に比べて床版厚さが薄く、鉄筋量も少ないと疲労の影響も大きくひびわれが発生しやすく、さらにそれが進行すると抜け落ちに至る危険性もある。

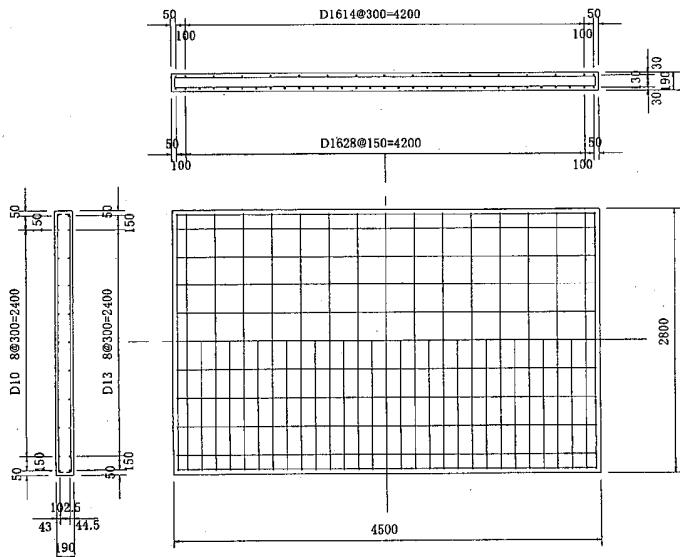
ii) 道路橋で実施してきた対策及び基準との関係

最小床版厚に関する基準は、昭和31年に鋼道路橋設計示方書で初めて規定されるようになり、当時の床版厚さ140mm（有効版厚110mm）以上であったが、「昭和40年頃、鉄筋コンクリート床版の疲労と考えられる損傷が問題となつたため」規定の最小床版厚が160mmに引き上げられたほか、設計輪荷重、設計曲げモーメント、大型の自動車交通量に対する割増し、鉄筋の許容値、配力鉄筋等の規定が見直された。平成6年の道路橋示方書から現在と同様の設計になっている。

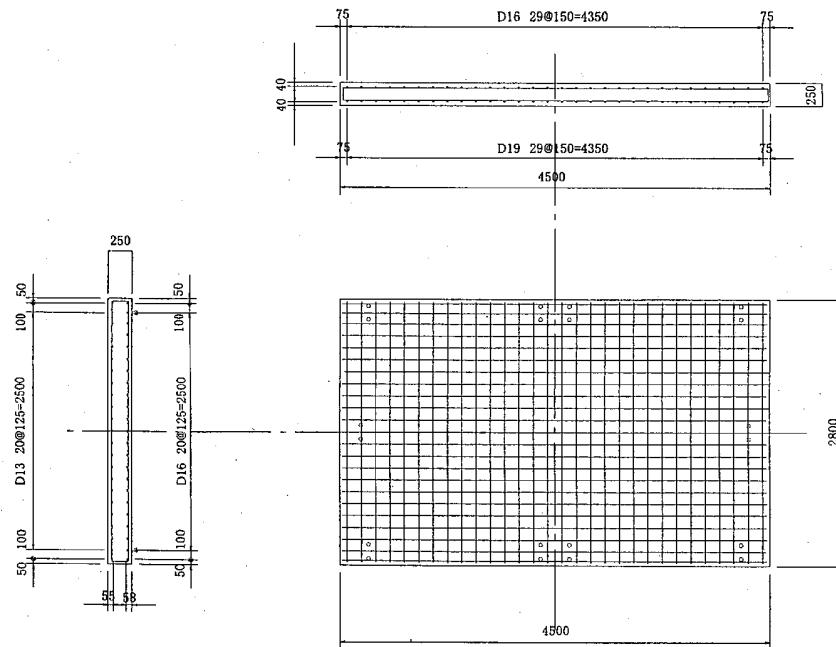
表-5.2.7 道路橋示方書における床版の基準の変遷

基 準	後輪軸重(tf)	活荷重曲げモーメント(tf*m)※1		配力鉄筋量	許容応力度(kgf/cm ²)		最小版厚(cm)		
		主鉄筋	配力鉄筋		鉄筋	コンクリート			
1926 (大正15)	道路構造に関する細則案(内閣府)	P=4.5(T-12) P=2.25(T-6)	—	—	1200	45	—		
1939 (昭和14)	鋼道路橋設計土方書 (案)(内閣府)	P=5.2(T-13) P=3.6(T-9)	—	—	1300	$\sigma_{z\theta}/3 \leq 65$	—		
1956 (昭和31)	鋼道路橋設計土方書 (日本道路協会)	P=8.0(T-20), P=5.6(T-14)	(1+i) × (0.4 × P × (L-1)/(L+0.4) ただし、2.0 < L ≤ 4.0	主鉄筋の 25% 以上	1300	$\sigma_{z\theta}/3 \leq 70$	14 (有効版厚11)		
1964 (昭和39)	鋼道路橋設計土方書 (日本道路協会)				1400	$\sigma_{z\theta}/3 \leq 70$			
1967 (昭和42)	鋼道路橋一方向鉄筋コンクリート床版の配力鉄筋設計要領(建設省)		—	主鉄筋の 27% 以上		3L+11 ≥ 16			
1968 (昭和43)	鋼道路橋の床版設計に 關わる暫定基準(案) (日本道路協会)								
1971 (昭和46)	鉄筋コンクリート床版の設計 について(建設省)		0.8 × (0.12 × L+0.07) × P	付加曲げモーメントを生じる 場合は別途 大型車交通量 1000台/(日・方 向)以上で20%増し	1400 (余裕1200)	3L+11 ≥ 16 (大型車交通量、 不等沈下考慮)	3L+11 ≥ 16 (大型車交通量、 不等沈下考慮)		
1973 (昭和48)	道路橋示方書 (日本道路協会)		0.8 × (0.10 × L+0.04) × P		1400 (余裕1200)	3L+11 ≥ 16			
1978 (昭和53)	道路鉄筋コンクリート床版の 設計・施工について(建 設省)		付加曲げモーメントを割増し 2.5 < L ≤ 4.0で、 1.0+(L-2.5)/12を 割増し	1400 (余裕1200)	3L+11 ≥ 16 (大型車交通量、 不等沈下考慮)				
1980 (昭和55)	道路橋示方書 (日本道路協会)								
1990 (平成2)	道路橋示方書 (日本道路協会)	P=10.0 (T荷重片側)	付加曲げモーメントを 割増し 2.5 < L ≤ 4.0で、 1.0+(L-2.5)/12を 割増し	1400 (余裕1200)	2800	3L+11 ≥ 16 (大型車交通量、 不等沈下考慮)	3L+11 ≥ 16 (大型車交通量、 不等沈下考慮)		
1994 (平成6)	道路橋示方書 (日本道路協会)								
1996 (平成8)	道路橋示方書 (日本道路協会)								

※1:連続版で主鉄筋が車両進行方向に直角の場合



(a) 鋼道路橋設計示方書(昭和39年)による床版供試体配筋図



(b) 道路橋示方書（平成 8 年）による床版供試体配筋図

図-5.2.11 床版供試体配筋図の例^{5.5)}

（「国総研資料第 28 号：道路橋床版の疲労耐久性に関する試験、2002.3.」より引用）

(4) 正しい診断のための留意点

床版ひびわれの損傷の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。図-5.2.12には状態が悪化していく様子の典型を模式的に表した。しかし、状態の悪化が進む速度は、iv や v へ状態への悪化が進むほど千差万別であり、診断に当たっては、図-5.2.13 に示すように、ひびわれへの水の浸入の有無、過去の床版補修の履歴などに注意する。



【部位】床版下面

【状態】格子状のひびわれと遊離石灰が見られる（図-5.2.12 の状態 iv 遊離石灰ありに対応した例）。

【留意点】床版下面への雨水の浸入や、それによる損傷促進の兆候が顕著に見られる場所では、橋面舗装の劣化や排水勾配など路面排水状態に問題があることがある。

写真-5.2.45 床版ひびわれの診断における留意点



図-5.2.12 の状態 ii に対応した例

<ひびわれ性状>

主として 1 方向のみ

<ひびわれ間隔>

概ね 1.0m 以上

<ひびわれ幅>

0.05mm 以下

<漏水・遊離石灰>

なし

写真-5.2.46 床版ひびわれの損傷状態（注：ひびわれはチョークでマーキングしている）

図-5.2.12 の状態 iv に対応した例



<ひびわれ性状>

格子状

<ひびわれ間隔>

0.5m～0.2m

<ひびわれ幅>

0.2mm 以下が主、一部に 0.2mm
以上も存在

<漏水・遊離石灰>

なし

写真-5.2.47 床版ひびわれの損傷状態（注：ひびわれはチョークでマーキングしている）



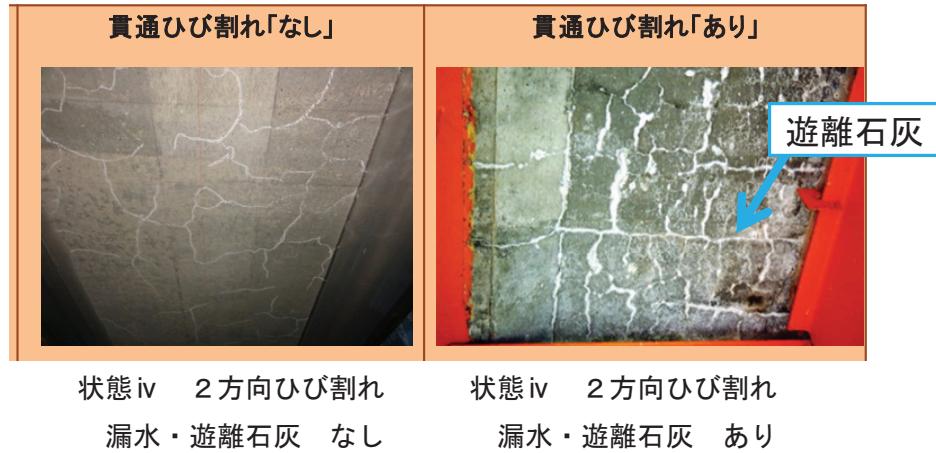
【部位】床版上面

【状態】床版上面のコンクリートにひ
びわれが見られる。（注：新設橋の舗
装施工前の状況）

【留意点】床版上面に開口したひびわ
れは、供用開始後の雨水の浸透のリス
クが大きくなるため、補修しておく必
要がある。

写真-5.2.48 コンクリート補修材（塗装）の損傷の診断における留意点

床版上面にひびわれが生じると、床版内部に容易に水が浸透し、内部鋼材の腐食やひびわ
れが進行しやすい。防水層を施工する場合であっても、供用後の舗装工事で防水層が損傷
したり、防水層自体の劣化、排水システムの不具合が生じることもあるため、舗装打ちか
え時などに床版上面のひびわれは補修しておくことが橋の予防保全上、重要である。



状態	1方向ひびわれ			2方向ひびわれ		
	性状	ひびわれ	漏水・遊離石灰	性状	ひびわれ	漏水・遊離石灰
状態 i		損傷なし	なし			
状態 ii		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは主として1方向のみ 最小ひびわれ間隔は概ね1m以上 最大ひびわれ幅は0.05mm以下（アーチラック程度） 	なし			
状態 iii	 	<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは主として1方向のみ ひびわれ間隔は問わない ひびわれ幅は0.1mm以下が主（一部には0.1mm以上も存在） 	なし		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは格子状 格子の大きさは0.5m程度以上 ひびわれ幅は0.1mm以下が主（一部には0.1mm以上も存在） 	なし
状態 iv	 	<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは主として1方向のみ ひびわれ間隔は問わない 最大ひびわれ幅は0.2mm以下が主（一部には0.2mm以上も存在） 	なし		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは格子状 格子の大きさは0.5m～0.2m ひびわれ幅は0.2mm以下が主（一部には0.2mm以上も存在） 	なし
	 	<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは主として1方向のみ ひびわれ間隔は問わない 最大ひびわれ幅は0.2mm以下が主（一部には0.2mm以上も存在） 	あり		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは格子状 格子の大きさは問わない ひびわれ幅は0.2mm以下が主（一部には0.2mm以上も存在） 	あり
状態 v	 	<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは主として1方向のみ ひびわれ間隔は問わない ひびわれ幅は0.2mm以上が目立ち、部分的な角落ちも見られる 	なし		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは格子状 格子の大きさは0.2m以下 ひびわれ幅は0.2mm以上が目立ち、部分的な角落ちも見られる 	なし
	 	<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは主として1方向のみ ひびわれ間隔は問わない ひびわれ幅は0.2mm以上が目立ち、部分的な角落ちも見られる 	あり		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは格子状 格子の大きさは問わない ひびわれ幅は0.2mm以上が目立ち、部分的な角落ちも見られる 	あり

「状態」の数字が大きいほど、劣化が進行していると考えてよい。

図-5.2.12 床版ひび割れの性状の進行の例(これだけにはよらないので、図-5.2.13も参照のこと)

判定区分 II	構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態。 (予防保全段階)
	<p>例</p>  <p>顕著な漏水はないものの、床版全体に広く格子状のひびわれが発達している場合</p>
	<p>例</p>  <p>ひびわれは比較的少ないものの、明らかな貫通ひび割れ（漏水、石灰分の析出）がある場合</p>
	<p>例</p>  <p>床版内部への雨水の侵入が顕著に生じており、放置すると急速に劣化が進むと見込まれる場合</p>
	<p>例</p>  <p>ひびわれは比較的少ないものの、明らかな貫通ひび割れ（漏水、石灰分の析出）がある場合</p>
備考	<p>■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。また雨水の侵入は床版の劣化を著しく促進する。</p> <p>■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。</p>

図-5. 2. 13 床版ひびわれの判定区分の例(その1)

「道路橋定期点検要領 平成26年6月 国土交通省 道路局」より

判定区分 III (早期措置段階)	構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態。
	<p>例</p> <p>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</p>
	<p>例</p> <p>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</p>
	<p>例</p> <p>床版内部に雨水が侵入し、広く鉄筋の腐食が進んでいる場合</p>
	<p>例</p> <p>間詰め部に顕著なひびわれが生じている場合 (間詰め部が脱落することがある)</p>
備考	<p>■床版に広くひび割れが発達したり、雨水の侵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。</p>

図-5.2.13 床版ひびわれの判定区分の例(その2)

「道路橋定期点検要領 平成26年6月 国土交通省 道路局」より

判定区分 IV	構造物の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。 (緊急措置段階)
	<p>例</p> <p>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、容易に抜け落ちる状態)</p>
	<p>例</p> <p>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</p>
	<p>例</p> <p>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</p>
	<p>例</p> <p>床版下面の一部で石灰分の析出した白いひびわれの発達と浸潤による変色が拡がっている場合 (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には、床版上面が土砂化している可能性が高い)</p>
備考	<ul style="list-style-type: none"> ■床版内部に広く雨水の侵入がある場合、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事があり、判断が困難な場合は、詳細調査を行う必要がある。

図-5. 2. 13 床版ひびわれの判定区分の例(その3)

「道路橋定期点検要領 平成26年6月 国土交通省 道路局」より

詳細調査が必要な事例



例

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
(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
(床版内部で劣化が進行している事がある)



例

床版の一部で、特異な変色や漏水が見られる場合



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)

備考

■塩害やアルカリ骨材反応が深刻化すると補修補強が困難となり、更新せざるをえなくなることがある。塩害やアルカリ骨材反応の疑いがある場合は、詳細調査として、専門家による調査を行い状態の確認とそれらを踏まえた維持管理計画の検討が必要である。

図-5. 2. 13 床版ひびわれの判定区分の例(その4)

「道路橋定期点検要領 平成26年6月 国土交通省 道路局」より

5.2.7 うき

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

コンクリート部材の表面付近がういた状態をいう。コンクリート表面に生じるふくらみなどの損傷から目視で判断できない場合にも、打音検査において濁音が生じることで検出できる場合がある。

(2) 損傷の捕捉や記録にあたっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・うきの状態を正確に把握できるように塵埃や汚れ、滯水を除去する必要がある。

ii) 他の損傷との関係

- ・ういた部分のコンクリートが剥離している、又は打音検査により剥離した場合には、「剥離・鉄筋露出」として扱うとよい。
- ・コンクリート床版の場合も同様に、本損傷がある場合は本損傷で扱うとよい。

(3) 診断にあたって参考になる事項

i) 原因及びメカニズム

うきの原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.2.8に示す。また、メカニズムについても下記に示す。

表-5.2.8 うきと懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
コンクリート部材 全般	<ul style="list-style-type: none"> ・ かぶり不足、豆板、打継目処理と浸透水による鉄筋腐食による体積膨張 ・ 凍結融解、内部鉄筋の錆 ・ コンクリートの中性化、塩害、アルカリ骨材反応 ・ 後埋コンクリートの締固め不足、鉄筋の不足 ・ クラック、漏水、遊離石灰の進行 ・ 締固め不足 ・ 脱型時のコンクリート強度不足 ・ 局部応力の集中 ・ 衝突または接触 ・ 火災による強度低下 ・ セメントの不良 	<p>断面欠損による耐荷力の低下 鉄筋腐食による耐荷力の低下 輪荷重の繰り返しによる損傷の拡大、床版機能の損失</p>

コンクリート部材のかぶり不足が生じている部位では、中性化により鉄筋が腐食し、膨張することによりうきが生じることがある。また、打継目から浸入した雨水により内部の鋼材が腐食しうきが発生することもある。うきは、かぶり部分のコンクリートがういていてコンクリート内部に空洞がある状態であるが、このかぶりコンクリートが剥がれ落ちた状態は剥離という。

ii) 道路橋で実施してきた対策及び基準との関係

5.2.1 ひびわれの(3) ii)を参照する。

(4) 正しい診断のための留意点

うきの損傷の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】P C T桁橋の床版間詰め部

【状態】コンクリートのうき、剥離・鉄筋露出が見られる。

【留意点】間詰めコンクリート部では、狭い空間に鋼材が輻輳するため締固め不足や充填不良が生じることがある。

写真-5. 2. 49 うきの損傷の診断における留意点



【部位】主桁ウェブ部

【状態】ウェブ部に広くうき、剥離・鉄筋露出が見られる。

【留意点】下面や側面が表面被覆された部材では、上方からの雨水の浸入が遮断できていなかつたり部材内部に水分が残っていると、鋼材腐食が進行することがある。

写真-5. 2. 50 うきの診断における留意点

コンクリート部材に表面被覆を行う場合、上方からの雨水の浸入を完全に遮断するとともに、既に浸入している水分を除去しておかないと、被覆内部で鋼材の腐食が進行して再劣化することがある。

5.3 その他の損傷

5.3.1 遊間の異常

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

遊間の異常とは、桁同士の間隔に異常が生じている状態をいう。桁と桁、桁と橋台の遊間が異常に広いか、遊間がなく接触しているなどで確認できる他、支承の異常な変形、伸縮装置やパラペットの損傷などで確認できる場合がある。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・遊間の異常の状態を正確に把握できるように塵埃や汚れ、滯水を除去する必要がある。

ii) 他の損傷との関係

- ・伸縮装置や支承部で変形・欠損や支承の機能障害等の損傷を伴う場合には、それらの損傷としても扱うとよい。
- ・伸縮装置部の段差（鉛直方向の異常）については、「路面の凹凸」として扱うとよい。
- ・耐震連結装置や支承の移動状態に偏りや異常が見られる場合、高欄や地覆の伸縮部での遊間異常についても、「遊間の異常」として扱うとよい。

iii) 客観的事実の記録の留意点

- ・遊間の異常の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.3.1に示す。

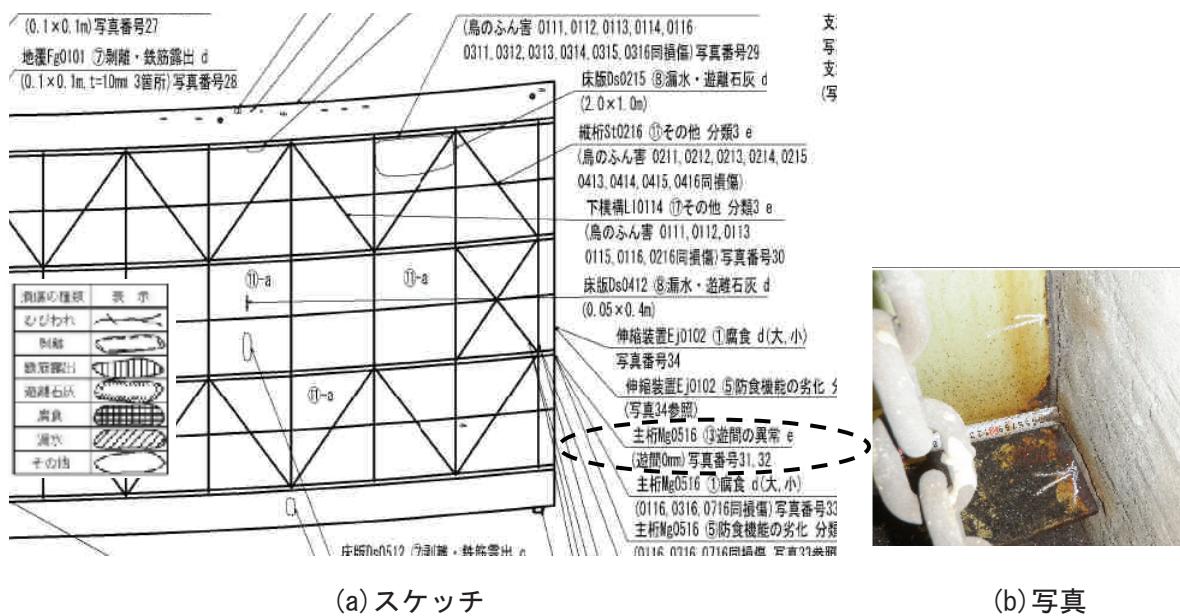


図-5.3.1 遊間の異常の記録方法の例

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 遊間の異常の原因とそれに関わる事象

遊間の異常と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.3.1に示す。

表-5.3.1 遊間の異常と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
伸縮装置	・ 下部工の変状	・ 上部構造への拘束力の作用

地震や洪水時の洗掘などにより下部工が沈下・移動・傾斜することによって桁どうしの間隔に異常が生じることがある。また、支承の傾斜や変形などによって生じることもある。桁と桁、桁と橋台の遊間が異常に広いか、接触している場合などには、このような損傷が生じている可能性がある。接触により上部構造に過大な荷重が作用していることがあるため、路面、床版、主桁、支承等の変状を注視するとよい。

ii) 道路橋で実施してきた対策および基準との関係

支承部の設計移動量は、桁の温度変化、コンクリートのクリープ及び乾燥収縮、プレストレスによる弾性変形、活荷重によって生じるたわみによる上部構造の移動量及び施工の余裕量を考慮して設定する。

(4) 正しい診断のための留意点

遊間の異常に関する診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】伸縮装置

【状態】伸縮装置が破損している。

【留意点】大規模な地震の後では、遊間に異常が生じていなくとも、地震時の異常な移動によって部材に衝突痕や変形などの被害が見られることがある。

写真-5.3.1 遊間の異常の診断における留意点



写真-5.3.2 遊間の異常の診断における留意点



写真-5.3.3 遊間の異常の診断における留意点

【部位】支承

【状態】支承の移動状態の著しい偏りが見られる。

【留意点】支承の偏りが見られる場合でも、点検時の気温や他の部材の変状等から総合的に状況を判断する。

【部位】主桁端部の伸縮装置及び落橋防止システム

【状態】伸縮継手の遊間がなくなっている。(写真上)

落橋防止装置の移動状況に偏りが見られる。(写真下)

【留意点】遊間異常は、伸縮装置、支承、落橋防止装置などに同時に現れることがある。なお、多径間の橋梁では、遊間異常の原因が遊間の属する径間以外にある場合がある。

落橋防止装置や伸縮装置の移動状態の偏りは、当初の遊間設定の考え方や、点検時の温度などの条件も考慮して判断する。

遊間の異常は、地震後における伸縮装置の破損状況や高欄の擦痕から、地震による橋桁の動きの方向や隣接桁間の相対変位量が推測可能である。また、橋の他の部位（支承部、下部構造等）の損傷を疑うきっかけになる。

5.3.2 路面の凹凸

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

路面の凹凸とは、衝撃力を増加させる要因となる路面に生じる橋軸方向の凹凸や段差をいう。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- 路面の凹凸の状態を正確に把握できるように塵埃や汚れ、滯水を除去する必要がある。

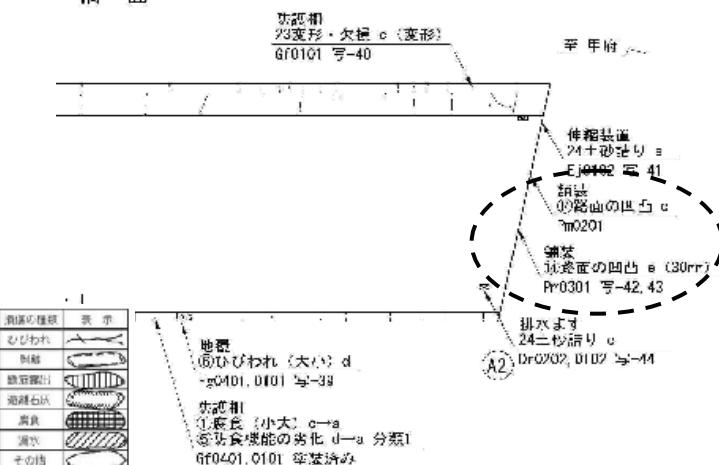
ii) 他の損傷との関係

- 発生原因や発生箇所にかかわらず、橋軸方向の凹凸や段差は全て対象とするのがよい。
- 舗装のコルゲーション、ポットホールや陥没、伸縮継手部や橋台パラペット背面の段差なども対象とするのがよい。
- 橋軸直角方向の凹凸（わだち掘れ）は、「舗装の異常」として扱うとよい。
- 下部工の移動や傾斜、支承部に大きな異常が生じた場合には、伸縮装置部に顕著な段差や遊間異常、フェイスプレートの傾斜が現れることがある。逆に、伸縮装置に遊間異常や段差が生じている場合には、下部工や支承に変状が生じていることがある。
- 沈下を生じにくい橋台と、沈下を生じやすい盛土等の境界部の橋台背面アプローチ部には、両者の沈下量の差により段差が生じやすい。橋台背面に踏掛版がある場合には、路面に傾斜が生じても大きな段差を生じることは少ないが、踏掛版が施工されていても、その下に空洞が生じていることがある。

iii) 客観的事実の記録の留意点

- 路面の凹凸の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を示す。

橋面



(a) スケッチ



(b) 写真

図-5.3.2 路面の凹凸の記録方法の例

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 路面の凹凸の原因、メカニズムとそれに関わる事象

路面の凹凸と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.3.2に示す。

表-5.3.2 路面の凹凸と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
伸縮装置	・支承の沈下、セットボルトの破損によるうき上がり	・主構造への衝撃力の作用、交通障害

路面の凹凸は、支承の沈下やセットボルトの破損によるうき上がり等により、橋軸方向に段差を生じることがある。車両が頻繁にブレーキをかける箇所に発生しやすい、道路延長方向に規則的に生じる周期の比較的短い波状の凹凸であるコルゲーションも含まれる。また、アスファルト混合物の不足、アスファルトの過加熱、混合不良、水の浸透、締固め不足、あるいは通行荷重の衝撃が原因で舗装表面に局部的な小穴が生じるポットホールも含まれる。

(4) 正しい診断のための留意点

路面の凹凸に関する診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



写真-5.3.4 路面の凹凸の診断における留意点

【部位】伸縮装置のフェイスプレート

【状態】伸縮装置のフェイスプレートに著しい段差が見られる。

【留意点】地震の影響による、段差の場合には、同時に下部工の移動や沈下、支承の破損が生じていることがある



写真-5.3.5 路面の凹凸の診断における留意点

【部位】伸縮装置のフェイスプレート

【状態】伸縮装置のフェイスプレートに著しい段差が見られる。

【留意点】地震の影響による、段差の場合には、同時に下部工の移動や沈下、支承の破損が生じていることがある。



写真-5.3.6 路面の凹凸の診断における留意点

【部位】伸縮装置周辺の舗装

【状態】舗装に著しいひびわれと窪みが見られる。

【留意点】踏み掛け版がない橋台では土工部の沈下により、伸縮装置を固定するための裏込め構造を境界として、舗装面に段差やひびわれを生じることがある。正確な原因の把握を診断において留意する。

5.3.3 舗装の異常

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

舗装の異常とは、コンクリート床版の上面損傷（床版上面のコンクリートの土砂化、泥状化）や鋼床版の損傷（デッキプレートの亀裂、ボルト接合部）が主な原因となり、舗装のうきやポットホール等として現出する状態をいう。なお、これら原因による損傷に限定するものではない。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・舗装の異常の状態を正確に把握できるように塵埃や汚れ、滯水を除去する必要がある。

ii) 他の損傷との関係

- ・点検する事象は、舗装のひびわれやうき、ポットホールであるが、舗装本体の維持修繕を判断するために利用する評価ではなく、床版の健全性を判断するために利用される評価である。
- ・床版上面損傷の影響が下面に及ぶ場合には、他に該当する損傷（床版ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰など）についてそれぞれの項目でも扱うとよい。

iii) 客観的事実の記録の留意点

- ・舗装の異常の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.3.3に示す。

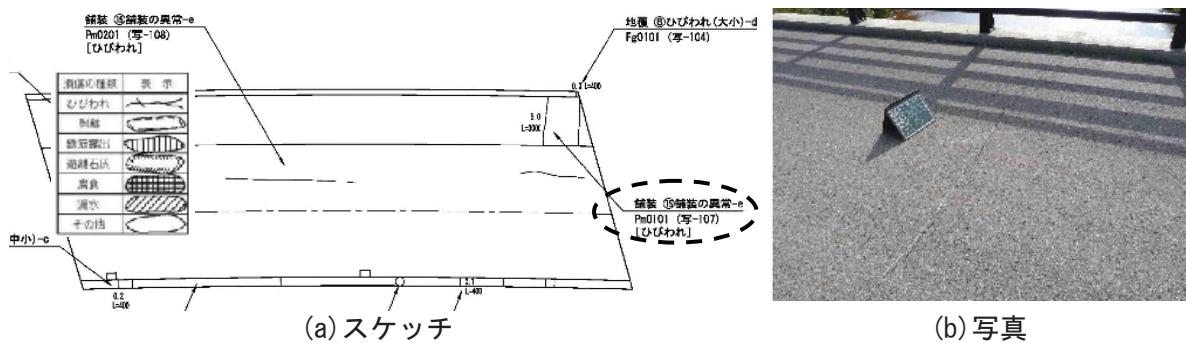


図-5.3.3 舗装の異常の記録方法の例

(3) 診断に当たって参考になる事項

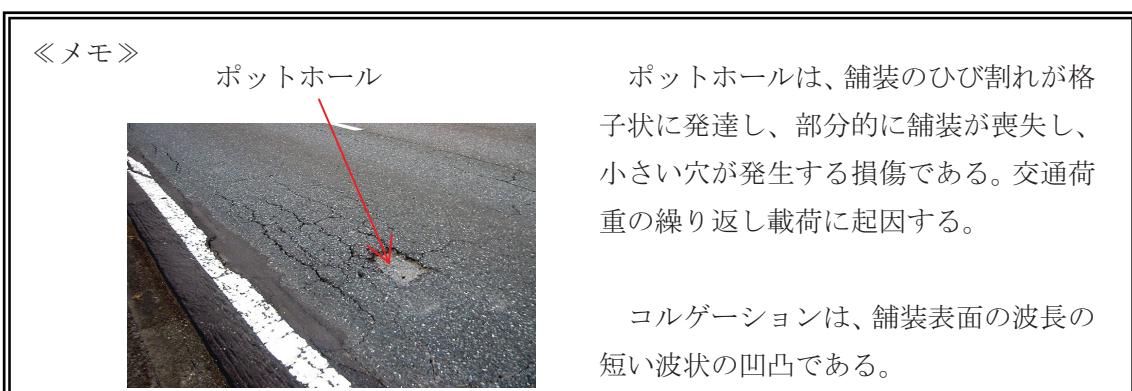
i) 舗装の異常の原因、メカニズムとそれに関わる事象

舗装の異常と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.3.3 に示す。

表-5.3.3 舗装の異常と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
コンクリート床版	<ul style="list-style-type: none"> アスファルト舗装の劣化 床版コンクリートの劣化 大型車の繰り返し走行 鋼床版 	<ul style="list-style-type: none"> 輪荷重の繰り返しによる損傷の拡大、床版機能の損失 床版コンクリートの抜け落ち デッキプレートの亀裂

アスファルト舗装の劣化や床版コンクリートの劣化、大型車の繰返し走行により、舗装表面に局部的小穴（ポットホール）やひびわれが生じたり、舗装のうきが生じたりする。大型車の繰返し走行や舗装の摩耗により、橋軸直角方向に凹凸が生じる現象をわだち掘れといい、降水の滯水を招きすべり抵抗を低下させる。鋼床版舗装厚さの変化位置での鋼板の傾斜・段差はデッキプレートの表面にむらが生じやすくひびわれの原因となる。また、デッキプレートの高力ボルト接合部は舗装の下層厚さが少なくなり変形が生じやすくなる。



ii) 道路橋で実施してきた対策および基準との関係

昭和42年版のアスファルト舗装要綱で表・基層の合計厚さが、従来の5~10cmから交通量区分に応じ5~20cmと大幅に改定された。

(4) 正しい診断のための留意点

舗装の異常に関する診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】舗装

【状態】蜘蛛の巣状の舗装のひびわれが見られ、石灰分の浸出も確認できる。

【留意点】舗装ひびわれからの浸水により、コンクリート床版が著しく損傷していることがある。

写真-5.3.7 舗装の異常の診断における留意点



【部位】舗装

【状態】伸縮装置と舗装の境界部に段差と陥没の補修跡が見られる。

【留意点】桁端部の舗装ではブロック状に破壊が進むことがあり、車両の通過に伴って飛散するなど、第三者被害の危険性がある。

写真-5.3.8 舗装の異常の診断における留意点

伸縮継手部と舗装との境界部付近は、段差や滯水が生じやすく、輪荷重による衝撃力の増加と衝撃の繰返しによる床版の損傷が多い箇所である。

5.3.4 支承部の機能障害

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

支承部の機能障害とは、当該支承の有すべき荷重支持や変位追随などの一部又は全ての機能が損なわれている状態をいう。なお、支承ローラーの脱落も対象とする。

また、落橋防止システム（桁かかり長を除く）の有すべき桁移動制限や衝撃吸収機能などの一部又は全ての機能が損なわれている状態をいう。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- 支承部の機能障害の状態を正確に把握できるように塵埃や汚れ、滯水を除去する必要がある。
- 支承部に土砂が堆積している場合には、支承部の機能状態や損傷の有無の確認が困難となることがあるので、土砂を除去するのが良い。

ii) 他の損傷との関係

- 支承アンカーボルトの損傷（腐食、破断、ゆるみなど）や沓座モルタルの損傷（ひびわれ、剥離、欠損など）など支承部を構成する各部材の損傷については、別途それぞれの項目でも扱うとよい。
- 支承部の土砂堆積は、原則、「土砂詰まり」として扱うものの、本損傷に該当する場合は、本損傷でも扱うとよい。

iii) 客観的事実の記録の留意点

支承部の機能障害の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を示す。

- ゴム支承の再利用性の検討に必要な情報の収集。
- 残留変位の計測。
- ゴム支承に生じた最大せん断ひずみの大きさを推測するために、サイドブロックの擦傷痕、桁端部伸縮装置の変状、高欄等の擦傷痕等の周辺状況（桁の移動痕跡）等、橋全体の挙動を裏付ける現地情報を調査。
- 支承が取り付いている桁側（下フランジ等）に変状がないかを確認。

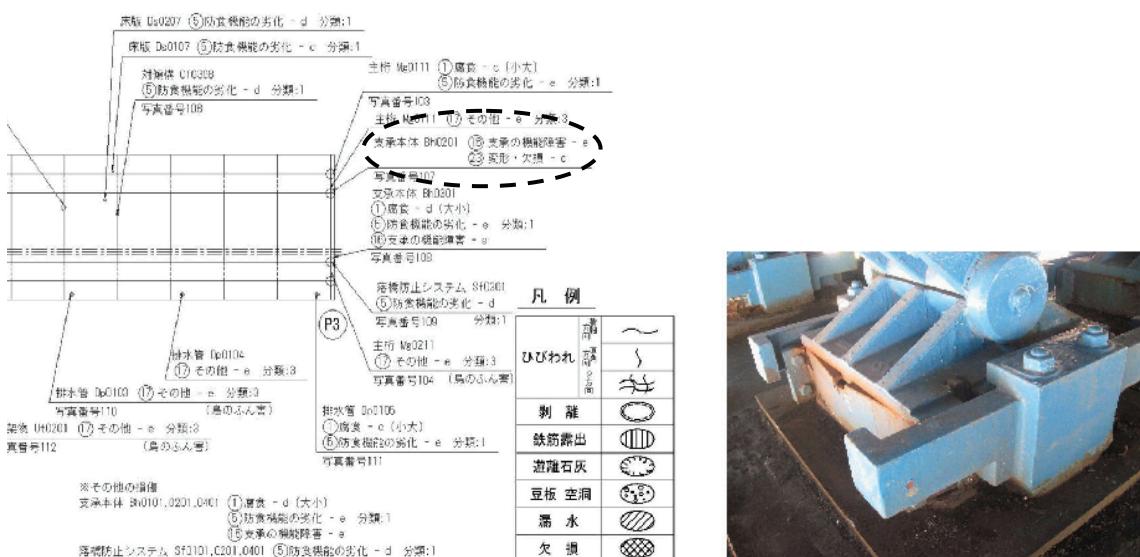


図-5.3.4 支承部の機能障害の記録方法の例

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 支承部の機能障害の原因、メカニズムとそれに関わる事象

支承部の機能障害と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.3.4に示す。

支承部への土砂等の堆積は支承部を常時湿潤な環境とするため、腐食が進行しやすくなる。支承本体や構成部材に著しい腐食が生じると、可動部の機能障害や腐食断面欠損による耐荷力不足となることがある。

表-5.3.4 支承部の機能障害と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
支承	<ul style="list-style-type: none">・ 床版、伸縮装置の損傷による雨水と土砂の堆積、防水層の未設置・ 腐食による断面欠損・ 斜橋・曲線橋における上揚力作用・ 支承付近の荷重集中・ 支承の沈下、回転機能損失による拘束力の作用	<ul style="list-style-type: none">・ 移動、回転機能の損失による拘束力の発生・ 地震、風等の水平荷重に対する抵抗力の低下・ 主桁のうき上がりにより伸縮装置等に段差が生じる場合がある・ 荷重伝達機能の損失・ ソールプレート溶接部及びその近傍の応力増加と疲労亀裂の発生・進展

床版や伸縮装置の損傷により雨水や土砂の堆積、防水層の未設置などにより、橋面からの雨水や塩類の供給によって支承部が腐食し、荷重支持や変位追随等の機能が妨げられる状態のことである。また地震による大きな水平力が作用した場合には、ゴム支承のせん断変形やアンカーボルト・セットボルト・サイドブロック等の破断に至る場合もある。

(4) 正しい診断のための留意点

支承部の機能障害に関する診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】ゴム支承本体

【状態】下部工の移動により、支承に異常な変形が見られる。

【留意点】地震後に異常な残留変形があることがある。地震時には残留変形より大きな変形が生じて支承本体に損傷が生じている可能性がある。

写真-5.3.9 支承部の機能障害の診断における留意点



【部位】鋼製支承本体

【状態】支承部周辺に土砂が堆積しており、支承本体に腐食が見られる。

【留意点】土砂の堆積によって、支承の水平変位や回転機能へ支障となることがある。支承部に想定された荷重より大きな力が作用している可能性がある。

写真-5.3.10 支承の機能障害の診断における留意点

5.3.5 その他

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

その他とは、前述の損傷のいずれにも該当しない損傷をいう。例えば、鳥のふん害、落書き、橋梁の不法占用、火災に起因する各種の損傷などを、「その他」の損傷として扱うとよい。橋周辺部の不法占用やゴミ等の不法投棄は、点検や工事の際に障害となるだけでなく、火災になる危険性がある。また、地震等の災害時に行われる緊急の被災調査に、支障となることがある。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・状態を正確に把握できるように塵埃や汚れ、滯水を除去する必要がある。

ii) 客観的事実の記録の留意点

損傷内容の分類は次によるとよい。

表-5.3.5 その他と懸念される構造物への影響

分類	損傷内容
1	不法占拠
2	落書き
3	鳥のふん害
4	目地材などのずれ、脱落
5	火災による損傷
6	その他

- 「損傷の種類」に該当しない損傷(鳥のふん害、落書き、橋梁の不法使用等)がある場合、発生位置やその範囲・状況を損傷図にスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.3.5に示す。

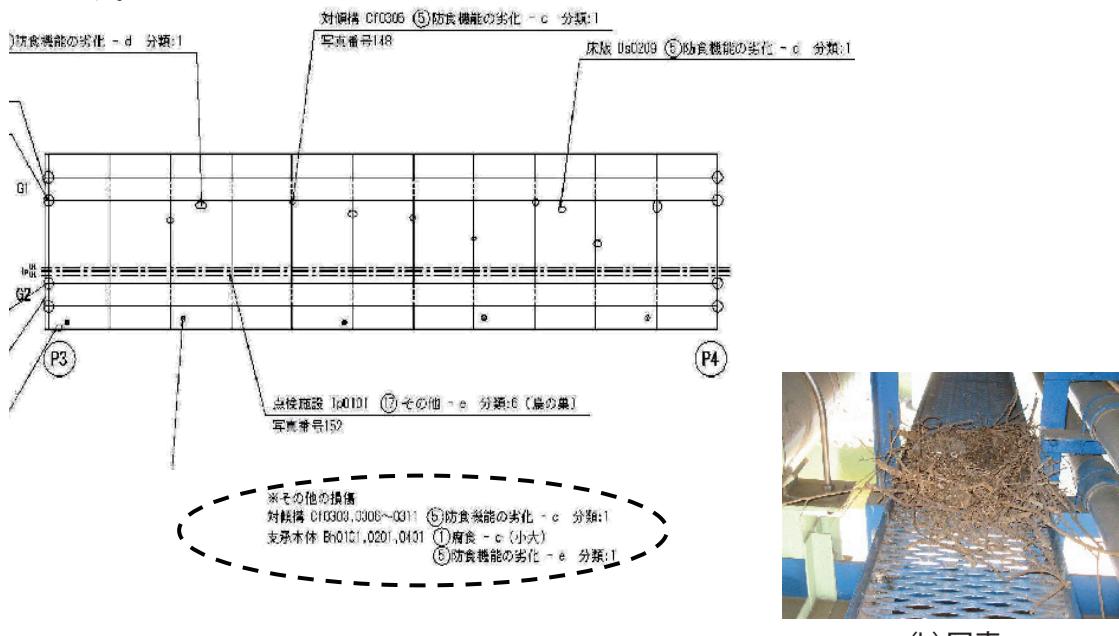


図-5.3.5 その他（鳥の巣）の記録方法の例

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) その他の原因、メカニズムとそれに関わる事象

その他の原因により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.3.6 に示す。

表-5.3.6 その他と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
全般	<ul style="list-style-type: none"> ・人為的損傷 ・自然災害 ・鳥獣による損傷 ・人為的損害（例えはトラックの衝突） 	<ul style="list-style-type: none"> ・主桁下フランジの破損 ・塗装の劣化、鋼材の腐食

火災によりコンクリート部材の表面にすすぐ付着して変色し材料強度が低下したり、鋼部材の場合にはボルト接合の継手性能の低下、材料強度の低下など、外観上の変状が見られない損傷が生じていることがある。

また、鳥獣の排泄物や死骸などによって防食機能が劣化したり、落書きによって塗膜が傷つけられたりするなど耐久性に悪影響を及ぼすことがある。

鋼材の力学的特性として、構造用鋼材では600°C、高力ボルトでは400°Cを超える火害を受けた場合強度低下することが分かっており、様々な仕様の塗装が施される鋼板では、受熱温度に応じて損傷が異なる。加熱供試体と常温供試体との力学的特性の比を図-5.3.6に、受熱温度と塗膜損傷の関係を調査したものの一例を写真-5.3.11に示す。詳細は国総研資料710号（鋼道路橋の受熱温度推定に関する調査）を参照のこと。

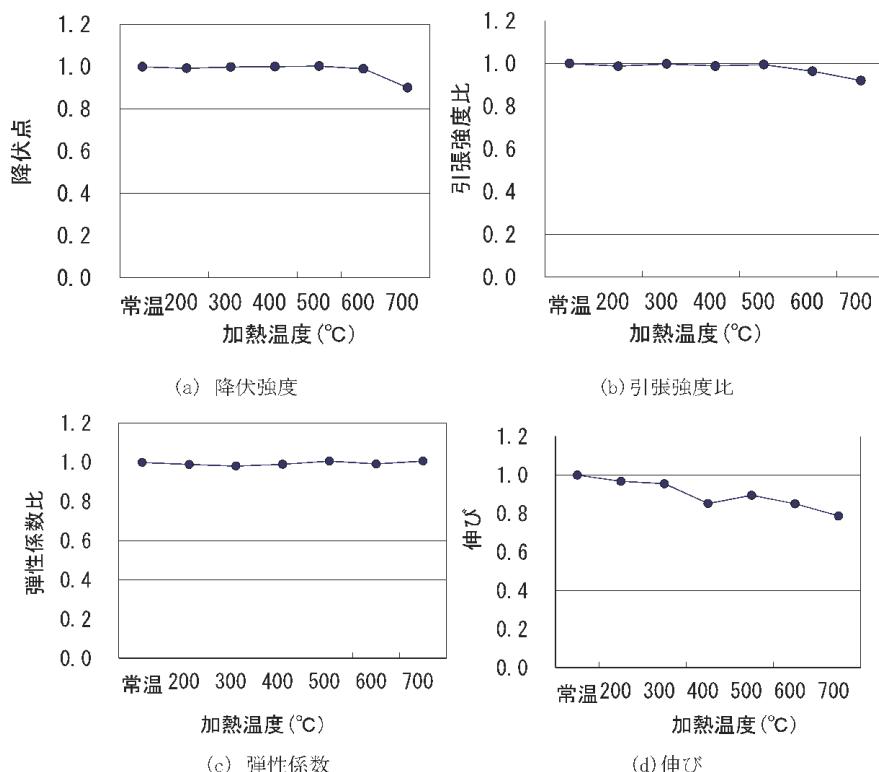


図-5.3.6 加熱供試体と常温供試体との比

鋼板供試体 B-1塗装系			既設道路橋供試体		
温度	ガス炉加熱 (加熱面)	電気炉加熱 (上面)	温度	ガス炉加熱 (加熱面)	電気炉加熱 (上面)
加熱前			加熱前		
200°C			400°C		
300°C			700°C		
400°C					
500°C					
600°C					
700°C					

写真-5.3.11 塗装鋼板損傷見本 (B-1 塗装系)

(4) 正しい診断のための留意点

その他の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】主桁

【状態】桁下で火災が発生し、焼け跡が見られる。

【留意点】鋼桁では、耐荷力を喪失するほど温度上昇すると、支点部での座屈による桁崩壊や主桁の耐荷力喪失により、落橋に至ることがある。

写真-5.3.12 その他の診断における留意点



写真-5.3.13 その他の診断における留意点

【部位】橋下

【状態】不法投棄された自動車が焼けこげている。

【留意点】近傍にある構造物は、火災による損傷をうけることがある。近傍の火災より、橋の機能に影響を受けている可能性がある。

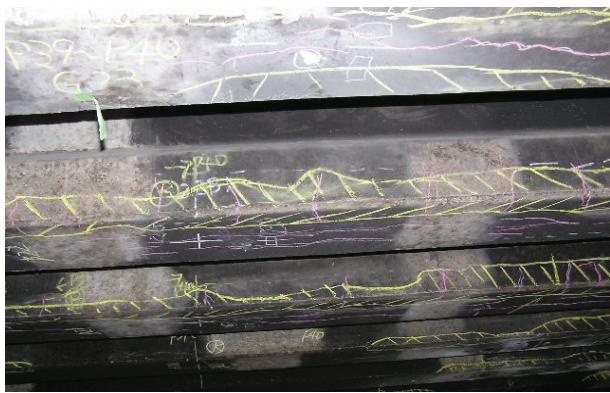


写真-5.3.14 その他の診断における留意点

【部位】主桁

【状態】火災の熱による剥離・鉄筋露出・変色が見られる。

【留意点】コンクリート強度低下のほか、内部の PC 鋼材の強度低下や鉄筋とコンクリートの付着力の低下などの悪影響が生じることがある。

5.4 共通の損傷

5.4.1 定着部の異常

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

定着部の異常とは、PC鋼材の定着部のコンクリートに生じたひびわれから錆汁が認められる状態、またはPC鋼材の定着部のコンクリートが剥離している状態をいう。ケーブルの定着部においては、腐食やひびわれなどの損傷が生じている状態をいう。

定着部の分類は表-5.4.1によるのがよい。表-5.4.1の縦締めとは、橋軸または鉛直方向に沿ってプレストレスを導入していること、横締めとは橋軸に直交する方向にプレストレスを導入していることをいう。

表-5.4.1 定着部の分類

分類	防食機能
1	PC鋼材縦締め
2	PC鋼材横締め
3	その他
4	外ケーブル定着部又は偏向部

斜張橋やエクストラドーズド橋、ニールセン橋、吊橋などのケーブル定着部は、「3 その他」の分類とする。また、定着構造の材質にかかわらず、定着構造に関わる部品（止水バー、定着ブロック、定着金具、緩衝材など）の損傷の全てを対象として扱う。

なお、ケーブル本体は一般の鋼部材として、耐震連結ケーブルは落橋防止装置として扱う。



製作時の健全な状態の定着部



箱桁内部（上床版）定着部
(後打ちコンクリートの隙間から
漏と遊離石灰の析出)



プレテンション桁の定着部
(定着部に腐食とコンクリート
の剥離が生じている)

(a) PC鋼材縦締めの定着部

写真-5.4.1 定着部（その1）



施工時の健全な状態の定着部



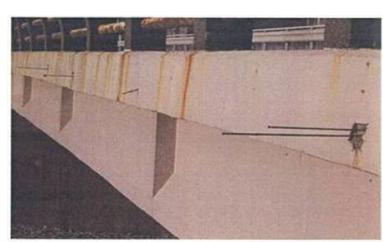
横締めの定着部
(定着部のコンクリートが剥離し、定着部の鋼材が露出)



横締めの定着部
(定着部のコンクリートにひびわれ、うきが生じている)



横締めの定着部
(定着部のコンクリートにひびわれが生じている)



横締めの定着部
(横締め PC 鋼材が抜け出している)



横締めの定着部
(横締め PC 鋼材が抜け出している)



プレテンション桁の定着部
(遊離石灰を伴う幅の広いひびわれが生じている)



主桁端部の定着部
(主桁端部に著しいひびわれと剥離が見られる)



横桁定着部
(コンクリート内部で腐食。写真はコンクリートをはつった例)

(b) PC 鋼材横締めの定着部

写真-5.4.1 定着部（その2）



(c) その他の定着部



(d) 外ケーブル定着部又は偏向具

写真-5.4.1 定着部（その3）

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- 定着部では錆汁が発生していたり、後埋めコンクリートにひびわれが生じるなど、定着部及びその近傍の鋼材の腐食が生じていることがあるが、腐食の原因となる雨水の浸入経路は様々であり、定着部そのものの状態を確認するだけでなく、その原因となった可能性のある雨水の浸入経路や浸入を許した原因、定着部以外への腐食範囲の拡大の有無などについても推測し、必要に応じて確認するのが良い。
- 例えば、外部からの雨水の供給により定着部が腐食している場合、それに繋がるケーブル一般部を伝って部材内部のケーブル一般部にも腐食が拡大していることもある。
- 鋼部材への定着部では、応力集中箇所になること、定着しているケーブル材が風等の作用によって振動するなど応力変動が繰り返されていることもある。このような場合、定着部近傍の溶接部で亀裂が発生する可能性もあることに注意が必要である。



写真-5.4.2 部材内部のケーブル腐食の例



写真-5.4.3 鋼部材定着部の例
(疲労による亀裂が生じる可能性がある。)

ii) 他の損傷との関係

- P C鋼材の定着部や外ケーブルの定着部に腐食、剥離・鉄筋露出、ひびわれなどが生じている場合には、別途、それらの損傷としても扱うのが良い。

iii) 客観的事実の記録の留意点

定着部の異常の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.4.1に示す。

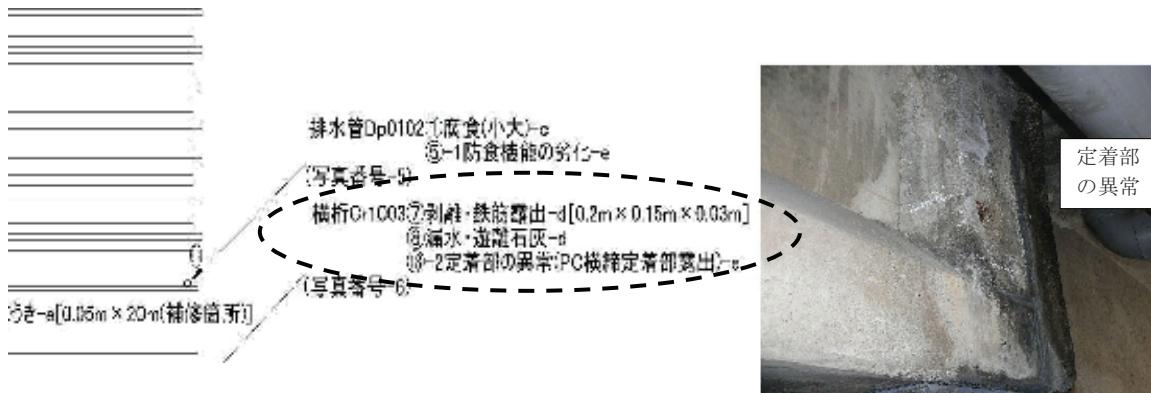


図-5.4.1 コンクリート橋の定着部の異常の記録における留意点

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 定着部の異常に至る原因、メカニズムとそれに関わる事象

定着部の異常に至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.4.2に示す。

表-5.4.2 定着部の異常の代表的な損傷原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
定着部	<ul style="list-style-type: none"> ・補強筋不足 ・ケーブルの破断 ・PC鋼材の腐食 ・PC鋼材の破断（グラウトの不良） ・外ケーブル定着部の腐食 	<ul style="list-style-type: none"> ひびわれの進行 耐荷力の低下 ひびわれによる鉄筋の腐食 漏水、遊離石灰の発生 定着部周辺の変形・欠損 定着部への漏水・滯水 鋼部材の亀裂、破断
定着構造に関わる部品		

定着部にはケーブルやPC鋼材によって定着力が複雑に作用していることから、鉄筋などによる補強が不十分な場合、ひびわれや変形・欠損が生じる可能性がある。

また、定着部は、鋼材やコンクリートなど異なる材質による複雑な形状の部材により構成されていることから、滯水や漏水しやすい局所的な部位を有している。滯水や漏水によって定着部の鋼材に腐食が生じると、コンクリートのひびわれ、漏水、遊離石灰の発生に進展する可能性があり、鋼材自身も亀裂、破断などを生じる場合がある。

ii) 道路橋で実施してきた対策及び基準との関係

定着部は、構造上重要な箇所であるため、通常、一般部に対して強くなるように配慮して設計される。一方で、定着するケーブルなどの種類や定着される部位の構造によっても様々な方式があり、構造細目にも多様な種類がある。さらに定着部は応力集中箇所でありその近傍は部材の他の一般部とは異なる配筋や補剛構造となっている。点検にあたっては、これらの点を理解した上で、定着部の構造を念頭に行うのがよい。

例えば、PC鋼材の部材端部での定着部では、定着部背面（コンクリート内部）に支圧に抵抗するための補強がなされたり、埋設されている定着具の形式は製造メーカーや工法毎に異なっているため、変状が確認された場合には、それらの条件を確認することが必要となることもある。また吊り形式橋梁（吊橋や斜張橋、エクストラドーズド橋など）のケーブル定着部は、その一部しか目視では確認できない構造となっているものも多い。

さらに、定着部そのものが、防食などの目的で後埋めコンクリートや防水カバーなどで覆われている場合も多く、この場合外観からは定着部の異常が直接視認できないため、点検時にどのように定着部の状態を判断するのかについて構造等の条件に応じて適切な点検となるように検討することが必要である。

(4) 正しい診断のための留意点

定着部の異常の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】張出し床版端部

【状態】定着部のコンクリートにひびわれが生じている。

【留意点】桁端部では、鉄筋、縦横のPC鋼材、定着具、その補強鋼材などが輻輳しやすく、コンクリート充填不良が生じていることがある。充填不良部から定着部への漏水・滲水が生じると鋼材の腐食や断面欠損により、耐荷力へ影響を与える可能性がある。

写真-5.4.4 定着部の異常の診断における留意点



【部位】吊橋主ケーブル

【状態】ケーブル素線がソケット定着部で破断している。

【留意点】製作上必要なシージング（切断口付近をかたく番線で巻きつけること）が残置している場合、水がかかることで腐食することがある。鋼材の腐食や断面欠損により、耐荷力へ影響を与える可能性がある。

写真-5.4.5 定着部の異常の診断における留意点



【部位】斜張橋ケーブル定着部

【状態】ケーブル定着部が腐食している。

【留意点】定着部がカバー構造などで直接目視できない場合でも、カバー内部で腐食が進行していることがある。鋼材の腐食や断面欠損により、耐荷力へ影響を与える可能性がある。

写真-5.4.6 定着部の異常の診断における留意点



【部位】エクストラドーズド橋定着部

【状態】斜材ケーブルが破断したことにより、桁内のケーブル定着部カバーが変形して外れている。

【留意点】定着部がカバー構造などで直接目視できない場合でも、カバー内部でケーブルが破断していることがある。

写真-5.4.7 定着部の異常の診断における留意点



【部位】端横桁定着部

【状態】塩害に対する補修（表面被覆）が行われたコンクリート桁の端部側面に剥離が見られる。

【留意点】表面が補修材で被覆されている場合、内部の損傷状況や進行速度を外観だけからでは判断できないことがある。内部で損傷が進行している可能性がある。

写真-5.4.8 定着部の異常の診断における留意点



【部位】外ケーブル定着部

【状態】外ケーブルの定着部保護キャップ内の防錆材（グリース）が漏れている。

【留意点】防錆材が枯渇すると、腐食が進行することがある。内部で損傷が進行している可能性がある。

また、グリースの漏れの原因が他の損傷に起因する場合がある。

写真-5.4.9 定着部の異常の診断における留意点

5.4.2 変色・劣化

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

コンクリートの変色など部材本来の色が変化する状態、ゴムの硬化、又はプラスチックの劣化など、部材本来の材質が変化する状態をいう。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・ コンクリートの状態を正確に把握できるまで、表面を伝う水による汚れや火災によるすすの付着等を除去する必要がある。
- ・ 火災の影響を受けた場合、コンクリート部材、鋼部材ともに特異な色調を呈することがある。表面にすすが付着している場合、部材本体の変状が正確に把握できないため、すすを除去して部材の表面を直接確認することが必要である。
- ・ このとき、コンクリート部材では、ひび割れの有無や表面の色調などからも内部鋼材へのダメージなど部材としての健全性を推測することとなる。また鋼部材の場合、塗装の損傷程度などから鋼材への熱影響を推測して強度などの力学的特性への影響を推測することもある。ただし火災の影響の推測や判断には、高度な専門的知識や材料試験などの詳細調査が不可欠となることが一般的であり、点検時に顕著な火災痕が確認された場合には、詳細調査の必要性を慎重に検討する必要がある。
- ・ ゴム製の支承や伸縮装置では、紫外線や薬品などの影響によって異常な色調を呈することがある。化学作用による変色の発生では、部材の性能そのものにも影響が生じている可能性があるため、正確な健全性の判断には原因の推定が必要となることが多い。
- ・ なお、排気ガスによる汚れ、苔等の繁茂、すす等の付着など部材本体の異常でないものは、本体の性能に直接的な影響を及ぼさないと考えられるものについては損傷として評価しなくてもよい。ただし、外観目視が困難となるなど維持管理上問題となるものや長期的に耐久性などの性能悪影響を及ぼす可能性が危惧されるものにつ

いては適当な時期に是正するのがよい。

ii) 他の損傷との関係

- ・ 鋼部材における塗装やめっきの変色は、対象としないのが良い。
- ・ コンクリート部材の表面を伝う水によって発生する汚れやコンクリート析出物の固化、排気ガスや“すす”などによる汚れなど、材料そのものの変色でないものは、対象としないのが良い（「⑯その他」として扱うのが良い。）。
- ・ 火災に起因する“すす”の付着による変色は、対象としないのが良い（「⑯その他」として扱うのが良い。）。

iii) 客観的事実の記録の留意点

- ・ 変色・劣化の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.4.2に示す。

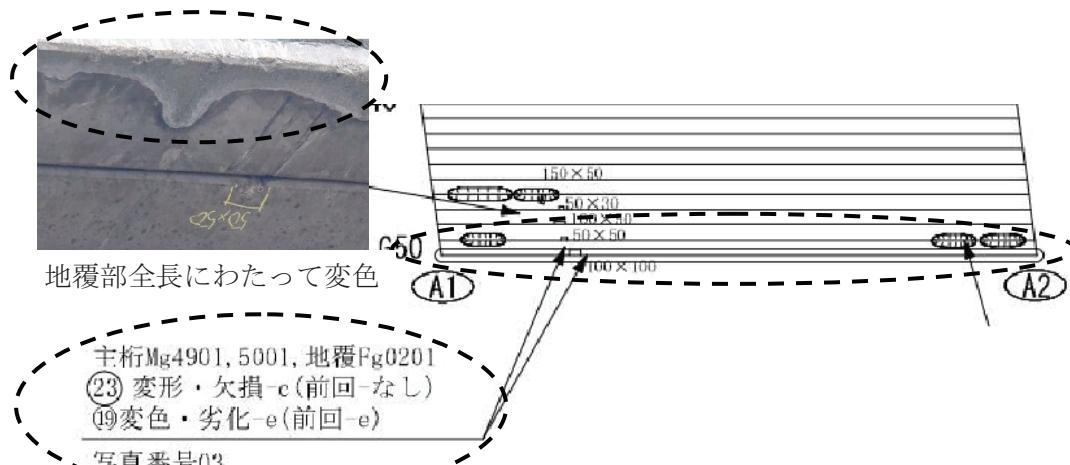


図-5.4.2 コンクリート橋の変色・劣化の記録における留意点

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 変色・劣化に至る原因、メカニズムとそれに関わる事象

変色・劣化に至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.4.3に示す。

表-5.4.3 変色・劣化の代表的な損傷原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
コンクリート部 材全般、プラスチック等	<ul style="list-style-type: none"> ・ 打設方法の不良(締固め方法) ・ 品質の不良(配合の不良、規格外品) ・ 火災 ・ 化学作用(骨材の不良、酸性雨、有害ガス、融雪剤) ・ 凍結融解 ・ 塩害 ・ 中性化 ・ アルカリ骨材反応 ・ 紫外線による劣化 	<p>耐荷力の低下 ひびわれによる鉄筋の腐食 塗装の防食性能の低下 ゴム支承の変色・劣化による支承部の機能障害 遊間の異常</p>

火災や化学作用によってコンクリートは材質が変化する。その結果、ヤング率や圧縮強度などの機械的性質の変化による劣化、または変色が生じる。さらに、コンクリートは凍結融解、塩害、中性化、アルカリ骨材反応などが生じることで、材質が変化し、劣化が生じる。一方、施工時における打設方法の不良や、配合などの品質の不良によってもコンクリートの機械的性質などの材質は影響を受けて劣化が生じる。

ゴム、プラスチックまたは塗装も、火災や化学作用のほか紫外線などによって材質が変化し、劣化または変色が生じる。

(4) 正しい診断のための留意点

変色・劣化の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】中空床版下面

【状態】中空床版橋の下面に顕著な変色

【留意点】床版からの雨水の浸入により、中空断面内部へ滯水し、鋼部材の腐食へ進展することがある。

写真-5.4.10 コンクリートの変色・劣化の診断における留意点



【部位】プレキャスト PC 箱桁下床版下面

【状態】下床版の下面に生じた橋軸方向に連続した変色

【留意点】変色に規則性がある場合には、コンクリート内部の構造（PC シース管、中空部等）が影響していることがある。

写真-5.4.11 コンクリートの変色・劣化の診断における留意点

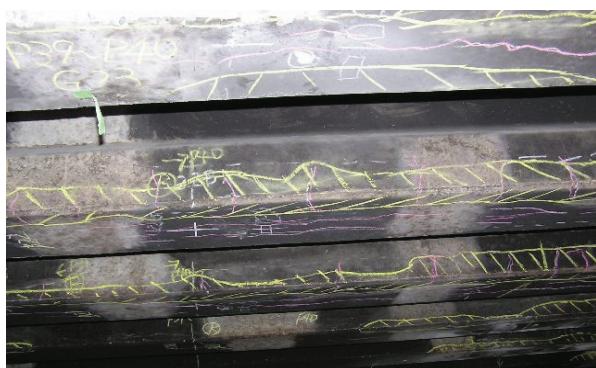


【部位】支承

【状態】火災の熱により、ゴムの一部に熔解が見られる。

【留意点】支承部に変形が見られる場合には、路面の凹凸や床版ひびわれ等の損傷が見られる場合があるため、床版など他の部材に関する診断において留意する。

写真-5.4.12 ゴム支承の変色・劣化の診断における留意点



【部位】PC 桁

【状態】火災の熱による剥離・鉄筋露出、変色が見られる。

【留意点】コンクリートの強度低下のほか、内部の PC 鋼材の強度低下や、鉄筋とコンクリートの付着力の低下などの悪影響が生じる。

写真-5.4.13 コンクリート橋の変色・劣化の診断における留意点

5.4.3 漏水・滯水

(1) 一般的な性状及び損傷の特徴

伸縮装置、排水施設等から雨水などが本来の排水機構によらず漏出している状態や、桁内部、梁天端、支承部などに雨水が浸入し滞留している状態をいう。

激しい降雨などのときに排水能力を超えて各部で滯水を生じる場合がある。一時的な現象で、構造物に支障を生じないことが明らかな場合には、損傷として扱わない。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

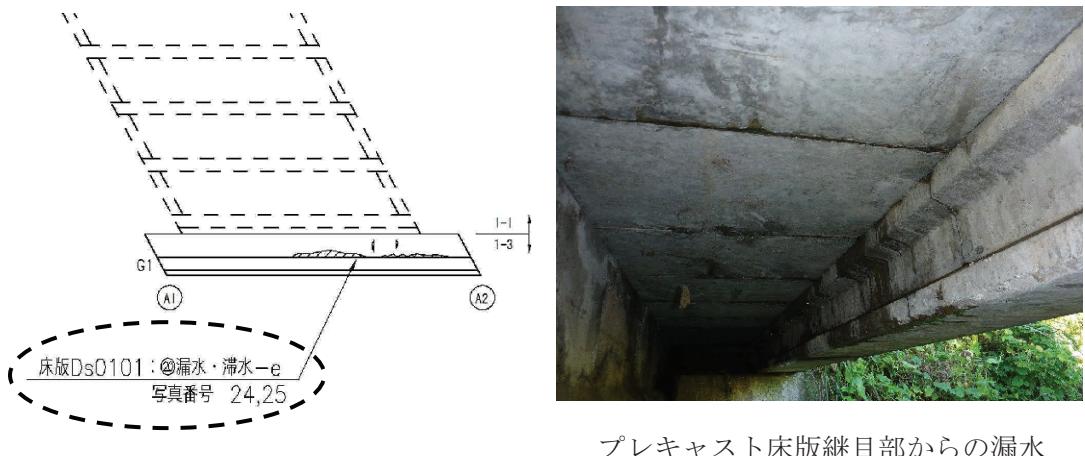
- ・激しい降雨などのときに排水能力を超えて各部で滯水を生じる場合があるが、一時的な現象で、構造物に支障を生じないことが明らかな場合には損傷として評価しない。
- ・排水装置の破損では、大量の雨水が思わぬところに供給されることとなるため注意が必要である。例えば、桁内部に導水されている排水管が破損した場合、桁内部に大量の雨水が滞留し、桁内全体に激しい腐食や塗膜の劣化を及ぼすことがあるため注意が必要である。このとき排水管そのもの以外に、排水管を桁内部に通すための孔と管の隙間からの雨水が吹き込んだり、管表面を伝って水が桁内に浸入することもある。
- ・長期あるいは高頻度に滯水や漏水が生じているような状況であっても、点検前の相当期間にわたり降雨がない場合には、たまたま点検時に滯水や乾燥していることもある。滯水や漏水の可能性のある箇所の点検では、滯水や漏水の痕跡がないかどうか気をつけるのが良い。例えば、水みちの形成による特異な変色、一部のボルトや鋼材の著しい腐食などで滯水や漏水の可能性を疑えることもある。

ii) 他の損傷との関係

- ・コンクリート部材内部を通過してひびわれ等から流出するものについては、「漏水・遊離石灰」として扱うのが良い。
- ・排水管の損傷については、対象としないのが良い。排水装管に該当する損傷（「破断」、「変形・欠損」、「ゆるみ脱落」、「腐食」など）についてそれぞれの項目で扱うのが良い。

iii) 客観的事実の記録の留意点

- ・当該損傷との関連が疑われる排水管の損傷などが確認できる場合には、それらも併せて記録するのがよい。
- ・漏水・滯水の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.4.3に示す。



プレキャスト床版継目部からの漏水

図-5.4.3 コンクリート橋の漏水・滯水の記録における留意点

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 漏水・滯水に至る原因、メカニズムとそれに関わる事象

漏水・滯水に至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.4.4に示す。

表-5.4.4 漏水・滯水の代表的な損傷原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
部材全般	<ul style="list-style-type: none"> ・ひびわれの進行 ・防水層未施工 ・打設方法の不良 ・目地材の不良 ・橋面排水処理の不良 ・止水ゴムの損傷、シール材の損傷、脱落 ・排水管の土砂詰まり ・腐食、土砂詰まり ・凍結によるわれ ・床版とますの境界部からの雨水の浸入 ・異常なたわみ 	<p>漏水・滯水部の主構造、鋼材の腐食、破断</p> <p>漏水・滯水部の耐荷力の低下</p> <p>漏水・滯水部の凍結融解による損傷</p> <p>漏水・滯水部からの遊離石灰の発生</p> <p>漏水・滯水部の床版の損傷</p> <p>伸縮装置、排水栓、下部工橋座部などの滯水部の土砂詰り</p> <p>伸縮装置からの漏水による支承部の機能障害</p> <p>排水装置用ボルトのゆるみ・脱落</p>

伸縮装置の目地材の不良や、排水施設の土砂詰りなどによって雨水などが本来の排水機構によらず漏出することで漏水が生じる。また、コンクリートのひびわれなどから雨水が浸入して内部にとどまることで滯水が生じ、遊離石灰などを伴って漏出することで漏水が

生じる。その結果、内部鋼材の腐食などが生じる場合がある。

桁内部、梁天端、支承部などに雨水が浸入することで滯水が生じる。さらに、土砂詰りなどが生じていると、雨水の水はけが悪くなることで滯水が生じる。

(4) 正しい診断のための留意点

漏水・滯水の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】伸縮装置、鋼製橋脚

【状態】伸縮装置からの漏水痕及び腐食が鋼製の橋脚のはりに見られる。

【留意点】伸縮装置からの漏水が部材表面を伝っていくことで、下部構造の広い範囲に腐食や防食機能の劣化等の影響を及ぼすことがあるため、伸縮装置、鋼製橋脚など複数の部材に関する診断において留意する。

写真-5.4.14 鋼橋の漏水・滯水の診断における留意点



【部位】PC 主桁の桁端部

【状態】伸縮装置からの漏水が見られる。

【留意点】桁端部への路面排水の飛散や滞留は、定着部など構造上重要な内部鋼材を腐食させる危険性がある。特に、凍結防止剤は塩分が含まれており、注意が必要である。

写真-5.4.15 コンクリート橋の漏水・滯水の診断における留意点



【部位】PC 主桁の継目部

【状態】プレキャスト箱桁のセグメントの継目部に漏水が見られる。

【留意点】継目部やひびわれ部の漏水から、箱桁内部における滯水がうかがえることがある。

写真-5.4.16 コンクリート橋の漏水・滯水の診断における留意点



【部位】箱桁内部

【状態】箱桁内部に多量の滯水跡が見られる。

【留意点】排水管の損傷による滯水により、箱桁内部で損傷が進行することがある。

滯水がコンクリートに浸透し、PC鋼材が腐食する可能性がある。



写真-5.4.17 コンクリート橋の漏水・滯水の診断における留意点

5.4.4 異常な音・振動及び異常なたわみ

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

通常では発生することのないような異常な音・振動又はたわみが生じている状態をいう。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・ 異常音は、部材同士の衝突や干渉によって生じることがある。このような場合、部材が疲労により損傷する危険性があったり、既に亀裂や破断が生じていることもある。その他にも遊間異常やボルトの緩み、脱落、支承の機能障害、部材のうきなど様々な理由によって異常音が生じることがあるため、異常音が確認された場合には、その原因を確認しておくことが重要である。
- ・ 供用中の道路橋では、風や車両の通過に伴って健全な状態であっても多少の振動が生じことがある。一方で、風による想定外の振動の発生は、部材の疲労損傷の原因となったり利用者に不安感を抱かせるなどの予期しない悪影響を生じることがある。
- ・ 点検時に振動が確認された場合には、その原因やそれらが正常な範囲なのかそうでないのかを見極めることが必要になる。なお振動の原因の特定や影響の評価には、詳細調査や専門家による判断が必要となることが多い。
- ・ コンクリート橋では、供用中に徐々にたわみが変化して縦断線形に異常が確認されることがある。
- ・ たわみの原因の特定にあたっては、設計との対比や詳細な測量などが必要となることもある。



写真-5.4.18 PC ラーメンヒンジ部の異常
たわみ

写真- 5.4.19 鋼トラス斜材破断（風による
振動が原因と推定）



写真-5.4.20 下部構造の異常による
上部構造の異常たわみ



写真-5.4.21 ゲルバー支点部の異常な振動
(写真はペント設置による応急処置)

ii) 他の損傷との関係

- ・ 異常な音・振動又はたわみは、橋梁の構造的欠陥又は損傷が原因となり発生するものであり、それぞれが複合して生じる場合があるため、別途、それらの損傷として扱うとともに、「異常な音・振動」又は「異常なたわみ」としても扱うのが良い。
- ・ 点検で判断可能な「異常なたわみ」として対象としているのは、死荷重による垂れ下がりであり、活荷重による一時的なたわみは異常として評価できないため、対象としないのが良い。

iii) 客観的事実の記録の留意点

- ・ 異常な音・振動及び異常なたわみの発生位置やその範囲を損傷図にスケッチや写真で記録するとともに、発生時の状況（車両通過、風の強さ・向きなど）を損傷図に記載するのがよい。
- ・ 発生箇所が特定できない場合、「異常を有する(発生箇所不明)」と損傷図に記載するのがよい。

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 異常な音・振動及び異常なたわみに至る原因、メカニズムとそれに関わる事象

異常な音・振動及び異常なたわみに至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.4.5に示す。

- 支承の破壊や下部工の変位（沈下など）や不安定化、上部工の主部材の亀裂や破断によって異常な振動が現れることもある。
- 異常なたわみは、支承の破壊や下部工の変位、一部の部材の破断など橋全体に大きな影響を及ぼす事象によって生じていることがある。

**表-5.4.5 異常な音・振動及び異常なたわみの代表的な損傷原因と
懸念される構造物への影響**

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
鋼部材全般	<ul style="list-style-type: none"> 走行車両、風による振動 主構造の破断、亀裂 ボルトのゆるみ 伸縮装置の劣化、損傷 下部工の洗掘、沈下・移動・傾斜 PC橋のクリープ、乾燥収縮 支承部の機能障害、沈下・移動・傾斜 	<ul style="list-style-type: none"> 亀裂の主部材への進行 応力集中による亀裂への進展 ボルトのゆるみ 主構造の耐荷力の低下 遊間の異常 異常なたわみ部路面の凹凸 異常なたわみ部舗装の異常 支承部の機能障害 異常なたわみ部の漏水・滯水 異常なたわみ部土砂詰り

走行車両や風によって橋全体、または部材が振動すると、部材間の衝突によって異常な音が生じる場合がある。また、各部材が健全な状態の場合は衝突が生じなくても、主構造の破断亀裂、またはボルトのゆるみなどによって部材間の振動が大きくなったり、衝突による異常な音が生じるようになる場合もある。

下部工の洗掘、沈下・移動・傾斜、または支承部の機能障害、沈下・移動・傾斜などによって、上部構造の支点位置が移動することにより異常なたわみが生じる場合がある。

(4) 正しい診断のための留意点

異常な音・振動及び異常なたわみの診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】伸縮装置

【状態】伸縮装置の劣化により、異常な音が生じている。

【留意点】車両通過毎の衝撃荷重により、床版や支承に変状が現れることがある。複数の部材に関する診断において留意する。

写真-5. 4. 22 異常な音・振動・たわみの診断における留意点



【部位】横構と検査路

【状態】横構と検査路手摺り支柱が干渉し、異常な音が生じている。

【留意点】静穏時には離隔があっても、車両通行や温度変化によって部材が干渉する場合がある。下部工の移動などによって橋全体が変形している可能性もある。

写真-5. 4. 23 異常な音・振動・たわみの診断における留意点



【部位】PC 枠

【状態】PC 枠の中央ヒンジ部が垂れ下がる異常なたわみが見られる。

【留意点】主構造のたわみは、高欄や地覆の通りによって確認できることがある。主桁の剛性や機能が変化している可能性もある。

写真-5. 4. 24 異常な音・振動・たわみの診断における留意点



【部位】対傾構

【状態】端対傾構と床版接合部に生じた隙間から、異常な音が生じることがある。

【留意点】部材の隙間発生は、他部材の変形、破断、支承の沈下等を伴っていることがある。

写真-5.4.25 異常な音・振動・たわみの診断における留意点



【部位】支承

【状態】負反力により生じた支承の上沓と下沓の間から、異常な音が生じることがある。

【留意点】車両の通行に伴って支承から異音が生じる場合、支承やその取り付け部で損傷が進行することがある。

写真-5.4.26 異常な音・振動・たわみの診断における留意点



【部位】PC 枠

【状態】PC 箱桁に異常なたわみが見られる。

【留意点】PC 橋の場合、クリープによって供用後に縦断勾配が変化することがある。。主桁の剛性や機能が変化している可能性もある。

写真-5.4.27 異常な音・振動・たわみの診断における留意点

5.4.5 変形・欠損

(1) 一般的性状・損傷の特徴

車の衝突や施工時の当てきず、地震の影響など、その原因にかかわらず、部材が局部的な変形を生じている状態、又はその一部が欠損している状態をいう。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・ 変形・欠損以外に、コンクリート部材で剥離・鉄筋露出が生じているものは、別途、「剥離・鉄筋露出」としても扱うのが良い。
- ・ 鋼部材における亀裂や破断などが同時に生じている場合には、それぞれの項目でも扱うのが良い。

ii) 客観的事実の記録の留意点

- ・ 変形・欠損の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.4.4に示す。

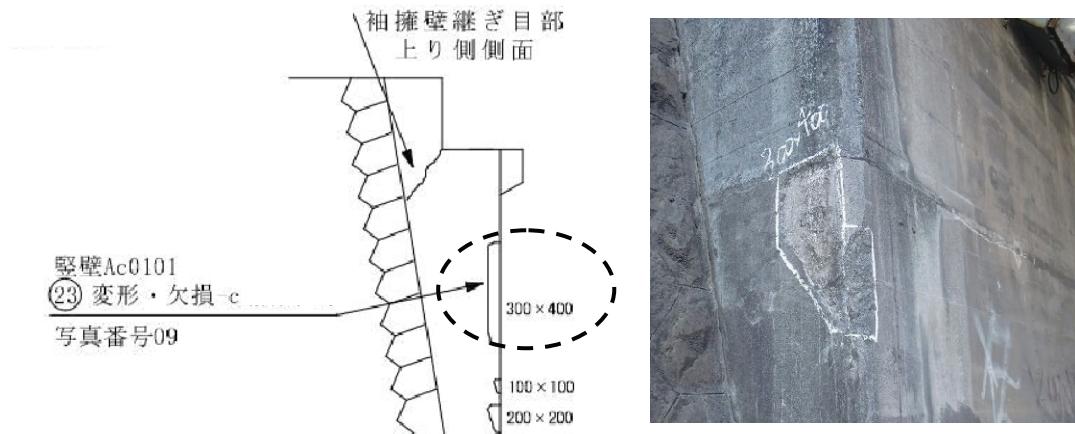


図-5.4.4 橋台の変形・欠損の記録における留意点

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 変形・欠損に至る原因、メカニズムとそれに関わる事象

変形・欠損に至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.4.6に示す。

表-5.4.6 変形・欠損の代表的な損傷原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
部材全般	<ul style="list-style-type: none"> ・かぶり不足 ・局部応力の集中 ・衝突、接触、雪崩、洪水 ・火災 ・地震の影響 ・剥離・鉄筋露出部の鋼材の腐食 	<ul style="list-style-type: none"> 剥落物による二次的災害 断面欠損による耐荷力の低下 車両用防護柵の縦さんの欠損など、部材の機能の喪失 変形・欠損部の剥離・鉄筋の露出 変形・欠損部の鋼材の腐食 変形・欠損部の部材の破断 沓座モルタルの欠損による支承部の機能障害 伸縮装置の欠損による路面の凹凸

車の衝突や施工時の当てきず、地震の影響などによって、部材が局部的な変形、または欠損が生じる場合がある。コンクリート内部の鋼材に対してかぶりが不足していると、コンクリートの欠損が生じる場合がある。

また、火災などにより高温状態になると、鋼材やコンクリートの機械的性質などの材質が変化することで、変形や欠損が生じる場合がある。

(4) 正しい診断のための留意点

変形・欠損の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】コンクリート橋主桁下フランジ

【状態】下フランジ側面の欠損と同一方向の傷跡が下フランジ下縁に見られる。

【留意点】コンクリート部材の場合、衝突の影響で、欠損部以外にひびわれなどの変状が生じることがある。

下を交差する道路の舗装厚の増加などで、もとの路面からの高さが変化していないか確認が必要である。

写真-5.4.28 コンクリート橋の変形・欠損の診断における留意点



【部位】アーチ橋補剛桁

【状態】洪水時に流木や船舶などが衝突し、変形が生じている。

【留意点】大きな変形は、周辺の鋼材や溶接部の亀裂、ボルトの破断や接合部のずれ、または床版コンクリートのひびわれを生じることがある。

写真-5.4.29 鋼橋の変形・欠損の診断における留意点



【部位】鋼橋の主桁下フランジ

【状態】下フランジに変形と同一方向の傷跡が見られる。

【留意点】鋼桁に大きな変形が生じると、耐荷力に影響が及ぶことがある。また、鋼板や溶接部に亀裂が生じている場合には脆性的な破壊に進展する危険性に注意する必要がある。なお、衝突や擦過による塗膜の損傷箇所は腐食が進行しやすい。

写真-5.4.30 鋼橋の変形・欠損の診断における留意点



【部位】防護柵

【状態】防護柵の著しい変形・欠損部分に対する緊急対応の例。

【留意点】防護柵の損傷や欠落に対しては、交通安全の観点から速やかに機能を回復させる必要がある。

写真-5.4.31 防護柵の変形・欠損の診断における留意点

5.4.6 土砂詰り

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

排水溝や排水管に土砂が詰まっていたり、支承周辺に土砂が堆積している状態、また、舗装路肩に土砂が堆積している状態をいう。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・ 土砂詰まりが生じている場合、その影響によって排水や導水の不良による漏水や滯水、さらにはそれに伴う著しい腐食など他の部材や箇所での損傷を伴うことがあるため点検時には注意するのが良い。
- ・ 土砂詰まりが生じる原因には、排水枠や伸縮装置の機能不全などの異常が関わっていることもある。点検時には土砂詰まりによる他への影響とあわせて、土砂詰りに至った原因についても注意するのが良い。

ii) 客観的事実の記録の留意点

- ・ 土砂詰りの発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録するとともに、その原因が推定できるものについては、その内容を損傷図に記載するのがよい。

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 土砂詰りに至る原因、メカニズムとそれに関わる事象

土砂詰りに至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.4.7に示す。

表-5.4.7 土砂詰りの代表的な損傷原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
排水施設、支承	<ul style="list-style-type: none">・ 腐食、土砂詰り・ 凍結によるわれ・ 床版とますの境界部からの雨水の浸入・ 床版、伸縮装置の損傷による雨水と土砂の堆積・ 下部工橋座部への土砂詰り、滯水	<ul style="list-style-type: none">主構造の腐食床版の劣化支承部の機能障害による移動、回転機能の損失、及び拘束力の発生遊間の異常舗装の異常土砂詰り部の漏水・滯水

下部工橋座部や排水装置への土砂、雨水などの堆積により土砂詰りが生じる。土砂詰りによって支承部の移動や排水機能などを損失につながる。

(4) 正しい診断のための留意点

土砂詰りの診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



写真-5.4.32 伸縮装置の土砂詰りの診断における留意点

【部位】伸縮装置

【状態】伸縮装置の土砂詰りと、舗装の損傷が見られる。

【留意点】桁端部で路側や伸縮装置に土砂詰りが生じると滯水が生じ、路面の劣化が促進されることがあるため、診断において留意する。



写真-5.4.33 排水柵の土砂詰りの診断における留意点

【部位】排水柵

【状態】排水柵の土砂詰りにより、歩道にも土砂の堆積や滯水が見られる。

【留意点】歩道部に滯水が生じた場合、歩道内部に雨水が浸入して、床版が劣化するなどの影響が考えられるため、診断において留意する。



写真-5.4.34 橋台橋座部の土砂詰りの診断における留意点

【部位】橋台橋座部の支承部周辺

【状態】支承部周辺に土砂等の堆積が見られる。

【留意点】橋座部の土砂堆積や植生繁茂は、湿潤状態の長期化により、コンクリートの劣化や防食機能障害をもたらすことがあるため、診断において留意する。

5.4.7 沈下・移動・傾斜

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

下部工又は支承が沈下、移動又は傾斜している状態をいう。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・遊間の異常や伸縮装置の段差、支承部の機能障害などの損傷を伴う場合には、別途、それらの損傷としても扱うのが良い。

ii) 客観的事実の記録の留意点

- ・沈下・移動・傾斜の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.4.5に示す。

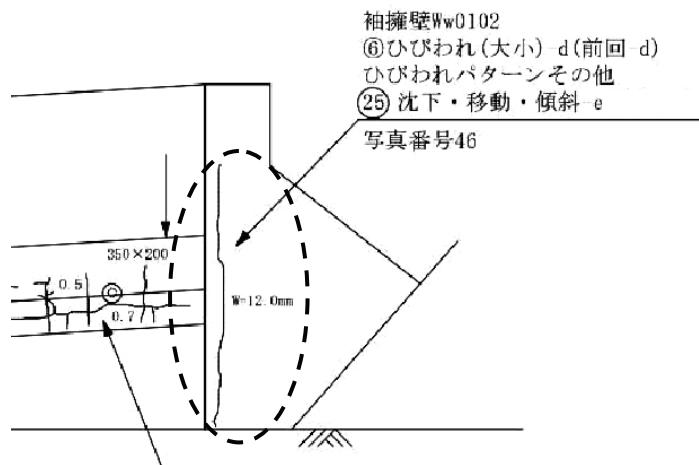


図-5.4.5 橋台の沈下・移動・傾斜の記録における留意点

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 沈下・移動・傾斜に至る原因、メカニズムとそれに関わる事象

沈下・移動・傾斜に至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.4.8に示す。

表-5.4.8 沈下・移動・傾斜の代表的な損傷原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
支承、下部工	<ul style="list-style-type: none"> 路面の不陸による衝撃力の作用 側方流動 流水による洗掘 地盤の圧密沈下 橋台背面の異常 地震後の液状化 桁端部の土砂詰り 	<ul style="list-style-type: none"> 沈下、移動、傾斜に伴う上部構造への二次応力の発生 上部工の異常なたわみ 上部工の異常な音・振動 遊間の異常 路面の凹凸、舗装の異常 支承部の機能障害

洪水による洗掘、地盤の圧密沈下、橋台背面の異常、地震後の液状化など下部工を支持する地盤の変状などによって、下部工を支持する力の伝達機構が変化し、下部工の沈下・移動・傾斜が生じる。

(4) 正しい診断のための留意点

沈下・移動・傾斜の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。

【部位】 橋脚

【状態】 橋脚に沈下・傾斜・移動が生じている。

【留意点】 基礎やケーソンの根入れが浅い場合、または平常時に河床の低下が生じている場合は、洪水時の洗掘によって沈下・移動・傾斜することがある。



写真-5.4.35 橋脚の沈下・移動・傾斜の診断における留意点



写真-5.4.36 橋脚の沈下・移動・傾斜の診断における留意点

【部位】 橋脚

【状態】 地震後に橋脚周辺の支持層より上の埋め戻した地盤に変状が生じており、橋脚が移動している可能性がある。

【留意点】 地震時の地盤の変状に伴って、下部工に沈下や移動が生じることがある。



【部位】支承

【状態】支承が沈下・傾斜

【留意点】地震時の下部構造取り付け部の損傷などに伴って、支承に沈下、傾斜または移動が生じることがある。

写真-5.4.37 支承の沈下・移動・傾斜の診断における留意点



【部位】橋台

【状態】橋台のパラペットと主桁の接触が、両側の橋台で生じている。

【留意点】接触により上部工に過大な荷重が作用していることがあるため、路面、床版、主桁、支承等の変状を注視するとよい。

写真-5.4.38 橋台の沈下・移動・傾斜の診断における留意点



【部位】橋脚

【状態】橋脚のケーソン基礎の側壁上部がはらみ出している。

【留意点】ケーソン基礎の傾斜、側壁の損傷の可能性がある。

写真-5.4.39 橋脚の沈下・移動・傾斜の診断における留意点



【部位】橋台背面アプローチ部

【状態】盛土上に設置されている橋台部が、盛土とともに下がったことにより、橋台背面アプローチ部が沈下している。

【留意点】地震時の地盤の変状に伴って、下部工の沈下や移動のほか、アプローチ部にも変状が生じることがある。

写真-5.4.40 橋脚の沈下・移動・傾斜の診断における留意点



【部位】 橋台背面アプローチ部補強土壁
【状態】 地震の影響により橋台背面アプローチ部の補強土壁に沈下、はらみだしが生じている。
【留意点】 地震時の地盤の変状に伴って、橋台背面アプローチ部沈下のほか、補強土壁にもはらみだしなどの変状が生じることがある。

写真-5.4.41 橋脚の沈下・移動・傾斜の診断における留意点

5.4.8 洗掘

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

基礎周辺の土砂が流水により洗い流され、消失している状態をいう。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 客観的事実の記録の留意点

- 洗掘の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録するとともに、特記すべき事項（水位との関係、点検状況など）があれば損傷図に記載するのがよい。

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 洗掘に至る原因、メカニズムとそれに関わる事象

洗掘に至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.4.9に示す。

表-5.4.9 洗掘の代表的な損傷原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
基礎	<ul style="list-style-type: none"> 河川改修や流域環境の変化による流況の変化 供用開始後の河川流、または海水の潮汐流による河床の変化 集中豪雨などによる洪水、多量の流木の河川内への流入による流況の変化 	<p>洗掘が進展すると、下部工に沈下・移動・傾斜や、下部工の下に空洞が生じる可能性がある</p> <p>下部工の沈下・移動・傾斜の結果、上部工に異常なたわみが生じる可能性がある</p>

河川改修や流域環境の変化による流況の変化、供用後の河川流、または海水の潮汐流による河床の変化、集中豪雨などによる洪水、多量の流木の河川内への流入による流況の変化などによって、基礎周辺の土砂が洗い流され消失し、洗掘が生じる場合がある。

(4) 正しい診断のための留意点

洗掘の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】橋台基礎

【状態】橋台基礎の土砂が水中で洗掘され、松杭（松の木を用いた支持杭）が露出、橋台背面の土砂が流出している。

また、基礎の底面に空洞が生じており、過去に橋台背面の路面陥没が繰り返し発生した経緯がある。

【留意点】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、流水の影響で洗掘しやすくなることがある。

河川による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。



【部位】橋脚部基礎

【状態】フーチング周辺が洗掘されている。

【留意点】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。

写真-5.4.43 橋脚部基礎の洗掘の診断における留意点



【部位】橋脚部基礎

【状態】橋脚部基礎が流水のため著しく洗掘され、橋脚が沈下している。

【留意点】洪水によって急速に洗掘が進むと、橋脚に沈下や傾斜が生じることがある。

写真-5.4.44 橋脚部基礎の洗掘の診断における留意点



【部位】橋台部基礎

【状態】基礎の底面に空洞が生じている。

【留意点】直接基礎では、底面の土砂が流出すると、沈下や傾斜が生じる可能性が高まる。

写真-5.4.45 橋台部基礎の洗掘の診断における留意点

5.5 橋の三大損傷

橋の定期点検時における損傷について 5.1~5.4 で記述した。ここでは特に、これまで損傷の数が多く、また損傷の程度が橋全体の安全性に深刻な影響を与える可能性がある三大損傷に特化して記述する。

5.5.1 塩害

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

塩害とは、コンクリート中に存在する塩化物イオンの作用により鋼材が腐食し、コンクリート構造物の性能を低下させる現象をいう。

コンクリート中の鋼材は通常、表面に不動態被膜が形成されており腐食しにくくなっているが、塩化物イオンの作用によって不動態被膜が破壊されることで腐食するようになるものである。

コンクリート中に塩化物イオンが存在する原因は、構造物外部から供給される外来塩化物イオンとフレッシュコンクリート中に含まれている内在塩化物イオンに分類される。

外来塩化物イオンとしては、海水飛沫や飛来塩分、凍結防止剤に含まれる塩化物イオンなどが挙げられる。内在塩化物イオンとしては、海砂、混和剤、セメント、練り混ぜ水などに含まれる塩化物イオンが挙げられる。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・ひびわれの状態を正確に把握できるように塵埃や汚れ、滯水を除去する必要がある。
- ・過去に塩害を生じた橋では、断面修復や表面被覆、ひびわれ注入などの措置が行われているものもある。その場合、水分や塩化物イオンの供給が完全には絶たれていないなどが原因で、内部で再劣化（鉄筋の新たな腐食の発生や進展、及びそれに伴うコンクリートの破壊）が生じることがあるが、外観に異常が現れにくいことがある。そのため過去に補修が行われている部材の調査では再劣化の可能性について慎重に評価する必要がある。また、以前の補修時点でどの程度劣化していたのかによっては再劣化によって補修効果が損なわれたり、以前の補修時点よりも危険な状態となっている可能性もある。部材をはつるなどの調査を行う場合には、過去の補修歴についても調査して参考にするのがよい。
- ・塩害を生じたコンクリート橋の詳細な点検については、「コンクリート橋の塩害に関する特定点検要領（案）」が参考になる。

ii) 客観的事実の記録の留意点

- ・塩害の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録するとともに、代表的な損傷の主要寸法を損傷図に記載するのがよい。

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 塩害に至る原因とそれに関わる事象

塩害に至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.5.1に示す。

表-5.5.1 塩害の代表的な損傷原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
コンクリート部材全般	<ul style="list-style-type: none">・ 飛来塩分・ 凍結防止剤・ 内在塩化物	<ul style="list-style-type: none">・ ひびわれ・ 剥離・鉄筋露出・ 鉄筋やPC鋼材の著しい腐食、破断

ii) 道路橋で実施してきた対策及び基準との関係

1984年に「道路橋の塩害対策指針（案）」が制定され、それ以降の沿岸部のコンクリート上部構造の塩害事例はそれ以前に比べて少なくなった。1986年のJISの改定により、コンクリート中の塩化物イオン量が $0.3\text{kg}/\text{m}^3$ に規制されたため、これ以降に建設された構造物では、内在塩化物イオンによる塩害の可能性は小さいといえる。しかし、それ以前の橋では高い内在塩化物を有するものもある可能性があるため変状が生じた場合には、塩化物イオンの含有の状況を確認することが必要である。

また、道路橋では飛来塩分による塩害の防止の為に、昭和58年に架橋環境や部材の種類に応じてかぶりコンクリートの最小厚さを規定する措置がなされた。また平成14年にはかぶり厚さの見直しが行われると共に、かぶりだけでは対応が困難とする条件も設定された。そのため、これらの規制以前の橋では、飛来塩分環境に対してかぶり厚さが不足している可能性もある。

点検にあたっては、対象の橋の架橋条件や建設時期、塩害に対する対策の有無や内容なども踏まえて、必要な措置等の判断をしなければならない。

塩害対策（アルカリ骨材反応抑制対策含む）の変遷を下記に示す。

表-5.5.2 塩害対策（アルカリ骨材反応抑制対策含む）の変遷

1960年代	高度成長期にて急速にコンクリート構造物が急速に普及し、コンクリートポンプ車による打ち込みが始まる
1970年代	骨材不足により海砂が使用される
1980年代	ASRと共に塩害による劣化が顕在化
昭和59(1984)	「道路橋の塩害対策指針(案)・同解説」(日本道路協会)が発刊され、塩害区分により最小かぶりが規定される
昭和61(1986)	建設省通達により塩害に対し塩化物量を規制。またASRに対して、無害である骨材を使用することや低アルカリ形セメント、制御効果のある混合セメントなどアルカリ総量を規制(試験法は化学法、モルタルバー法)
平成14(2002)	「道路橋示方書Ⅲコンクリート橋編」にて耐久性の検討が追加され、塩害区分により最小かぶりが改訂される

(4) 正しい診断のための留意点

塩害の損傷の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



写真-5.5.1 塩害の診断における留意点

【部位】PCT 主桁

【状態】主桁の一部でコンクリートが剥離、鉄筋やPC鋼線が露出、破断している。

【留意点】海岸付近では、防食やかぶりの状況によって、経年の塩分浸透により損傷を受けることがある。コンクリートの著しい剥離・鉄筋露出や鉄筋・PC鋼材の腐食による断面欠損、破断は、橋梁全体の耐荷力に悪影響を与える。



写真-5.5.2 塩害の診断における留意点

【部位】主桁下フランジ部の補修箇所

【状態】再劣化により、ひびわれ、鋼材露出が生じている。ひびわれより塩化物の侵入し、さらに劣化が進行することがある。

【留意点】損傷原因の除去が不適切であった場合には、早期に再劣化が生じる場合がある。塩害では、残存塩分の除去と塩分浸透経路の遮断が重要である。



【部位】PCT 主桁下フランジ

【状態】かぶりの薄い局部で鉄筋が腐食し、剥離・鉄筋露出を伴うコンクリート補強材の塗膜の損傷が生じている。

【留意点】かぶりの小さい箇所の鉄筋等は、中性化や塩化物浸透により早期に腐食し、周囲のコンクリートに損傷を与えて局部的に劣化を促進させる可能性がある。

写真-5.5.3 塩害の診断における留意点

【部位】主桁の端部



【状態】伸縮装置からの漏水により、剥離・鉄筋露出が生じている。

【留意点】内陸部においても、凍結防止剤を散布する場合、塩化物イオンを含む路面水の漏水により局部的に塩害が生じることがある。漏水防止のため、伸縮装置や排水装置等の不具合の迅速な点検や補修が重要である。

写真-5.5.4 塩害の診断における留意点



【部位】主桁の保護塗装と断面修復部

【状態】主桁に顕著なひびわれと錆汁の滲出が見られる。

【留意点】塩害対策では、浸透した塩分の除去が不完全な場合には、早期に再損傷が生じることがある。

写真-5.5.5 塩害の診断における留意点

保護塗装の施工後に、コンクリート部材の劣化が進行した場合には、保護塗装部にもひびわれや剥離が発生することがある。この場合、塗膜下の状態の全てを外観のみから把握することはできない。

5.5.2 アルカリ骨材反応

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

アルカリ骨材反応は、水の介在によりコンクリート中の水酸化アルカリと骨材中の反応性骨材との化学反応により生成されるアルカリシリカゲルが吸水に伴う膨張によって、コンクリートにひびわれを発生させる現象をいう。

アルカリ骨材反応により発生するひびわれは、膨張に対する拘束状態により異なり、鉄筋量が少なく周辺からの拘束を受けない構造物では亀甲状のひびわれが、鉄筋量の多い部材やP C構造物では主鉄筋の方向又はP C鋼材に沿ったひびわれが発生する。また、コンクリートの膨張によって、橋脚などの鉄筋の曲げ加工部が破断する事例も報告されている。

アルカリ骨材反応による有害な膨張が生じるには、反応性骨材、コンクリート中の水酸化アルカリ、コンクリート中の水分の3つが必要であり、外部からの水分の供給が多い部位において著しく劣化が進行していることがある。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・ひびわれの状態を正確に把握できるように塵埃や汚れ、滯水を除去する必要がある。
- ・過去に顕著なひびわれを生じた橋では、断面修復や表面被覆が行われているものもある。その場合、アルカリ骨材反応による新たなひびわれの発生や進展が生じても、外観にアルカリ骨材反応特有のひびわれ性状が現れにくかったり、ひびわれそのものが外観からは確認が難しい場合がある。そのため過去にコンクリート表面を広範囲に被覆するような補修が行われている部材では、被覆内部でのひびわれの新たな発生や進展が生じている可能性も念頭に慎重に点検する必要がある。
- ・アルカリ骨材反応の場合、最終的にどの程度まで骨材の変状に起因する膨張するのか、あるいは反応がいつまで継続するのかについて正確に把握することは困難な場合が多い。そのため過去に補修等の対策が行われていても変状が継続していることに注意が必要である。
- ・過去には、アルカリ骨材反応の生じた部材で、内部の鉄筋が折り曲げ部で破断していたことがある。アルカリ骨材反応による顕著なひびわれが生じている場合、内部鋼材の破断の可能性についても念頭におく必要がある。
- ・アルカリ骨材反応を生じた部材の点検については、「道路橋のアルカリ骨材反応に対する維持管理要領（案）」「アルカリ骨材反応による劣化を受けた道路橋の橋脚・橋台躯体に関する補修・補強ガイドライン（案）」が参考になる。

ii) 客観的事実の記録の留意点

- ・塩害の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録するとともに、代表的な損傷の主要寸法を損傷図に記載するのがよい。

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) アルカリ骨材反応に至る原因とそれに関わる事象

アルカリ骨材反応に至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.5.3に示す。

表-5.5.3 アルカリシリカ反応の代表的な損傷原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
コンクリート部材 全般	・ 骨材の不良(反応性及び風化性 骨材) ・ 雨水、漏水などによる水の供給	・ ひびわれ ・ 鉄筋の腐食、破断 ・ 剥離・鉄筋露出など

ii) 道路橋で実施してきた対策及び基準との関係

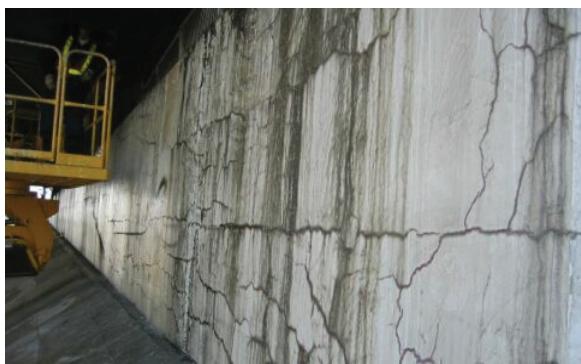
1989年のアルカリ骨材反応抑制対策について（建設省技調発第370号 平成元年7月17日）により、アルカリ骨材反応の抑制方法を購入者に報告することが義務付けられ、化学法やモルタルバー法で試験し、無害と判断された骨材でなければならないと規制された（アルカリ骨材反応抑制対策の変遷は塩害参照、化学法はJIS A 1145、モルタルバー法はJIS A 1146を参照）。

そのため、これらの規制後に建設された橋ではアルカリ骨材反応を生じる可能性は低くなっていると考えてよいが、それ以前に建設された橋ではアルカリ骨材反応を生じる可能性が高いため注意が必要である。

アルカリ骨材反応の場合、供用後に実際に発症するかどうか、あるいはその時期や程度については、使用されている骨材などの材料や架橋環境条件によっても大きく異なるため発生を予測することは一般に難しい。そのためアルカリ骨材反応を生じる可能性のある部材が予めわかっている場合には点検時にそのことも念頭に注意して点検を行い、ひびわれが確認された場合には、アルカリ骨材反応の発症について疑うなど異常の早期発見に努めるのがよい。

(4) 正しい診断のための留意点

アルカリ骨材反応の損傷の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】橋台の豎壁

【状態】塗装で補修した豎壁の全面に、漏水跡と亀甲状のひびわれが生じている。

【留意点】補修後の表面被覆上に現れるひびわれは、補修前からのひびわれの拡大や補修後に発生したひびわれの一部であることがある。

写真-5.5.6 アルカリ骨材反応の診断における留意点

水の影響を受ける部位では、ASR が進行しやすい。橋台は、伸縮装置等の不具合による漏水や橋台背面からの地下水による影響を受けやすい。表面被覆の補修後は、再劣化によるひびわれ拡大や新規発生等の全ては外観では確認できない。



【部位】橋脚張出部

【状態】白色の滲出物を伴う亀甲状のひびわれが生じている。

【留意点】ひびわれから著しい漏水や石灰分の析出がある場合、内部で著しく劣化が進行していることがある。

写真-5.5.7 アルカリ骨材反応の診断における留意点

水の影響を受ける部位では、ASR が進行しやすい。雨がかりのある梁先端は影響を受けやすく、伸縮装置等の不具合による漏水の影響もある。ASR が生じた道路橋では、梁やフーチングの角部などで、鉄筋の曲げ加工部が破断していた事例がある。



【部位】橋脚及び橋脚のフーチング

【状態】地中部にあるフーチングに亀甲状のひびわれが生じている。

【留意点】著しく劣化・損傷したフーチングでは、機能や耐荷力に影響を受ける可能性があり、補強が必要となることがある。

写真-5.5.8 アルカリ骨材反応の診断における留意点

地中部の柱部や基礎においても、ASR によるひびわれの発達、鉄筋の腐食・破断が生じていることがある。



【部位】橋脚柱部の地中部

【状態】柱部の縦方向ひびわれが地中部まで連続している。

【留意点】ASR では、部材内部にもひびわれが進行したり、ひびわれが地中部に連続していることがある。

写真-5.5.9 アルカリ骨材反応の診断における留意点

ASR によるひびわれは、構造物の応力や変形に関係なく生じるために、地上部で見られるひびわれが地中部に連続している場合があり、フーチングを含む地中部のコンクリートにひびわれや鉄筋の腐食・破断が生じていることがある。

5.5.3 疲労

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

疲労とは、応力の繰り返しの影響によって、鋼部材の亀裂やコンクリートのひびわれが発生・進展する現象である。鋼部材の疲労は応力集中箇所で問題となりやすく、溶接部が起点となることが多い。自動車荷重を直接支持する鉄筋コンクリート床版にも、輪荷重の移動載荷の影響により、コンクリートのひびわれが進行していく疲労現象が生じる。

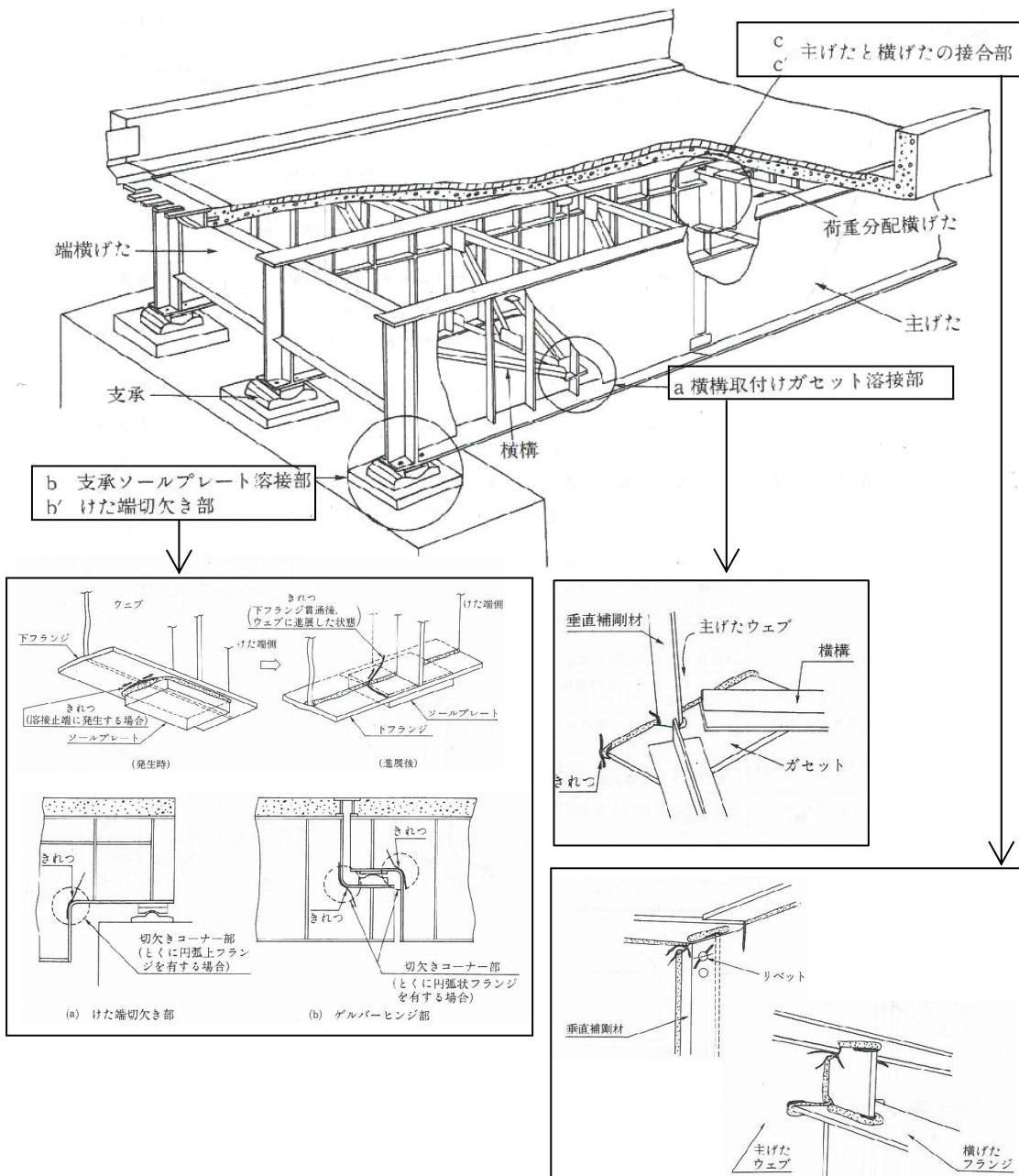


図-5.5.1 鋼橋の疲労を原因とした亀裂が生じやすい箇所の代表例^{5,6)}

(「日本道路協会：鋼橋の疲労、1997.5.」より引用)

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- 点検時に鋼材の亀裂に着目する場合、塵埃や汚れを除去しないと、鋼材の正しい亀裂の範囲を把握することができないため、鋼材の状態を正確に把握できるまで塵埃や汚れを除去する必要がある。
- 耐候性鋼材の異常腐食の部位における亀裂に着目する場合、層状剥離さびのような浮きさびを除去しないと、正しい亀裂の範囲を把握することができないため、鋼材の状態を正確に把握できるまで浮きさびを除去する必要がある。

ii) 客観的事実の記録の留意点

鋼材の亀裂の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を(a)スケッチ (b)写真

- 図-5.5.2に示す。このとき、亀裂と板組、溶接線及び溶接ビードとの位置関係についてできるだけ正確に記録するのがよい。

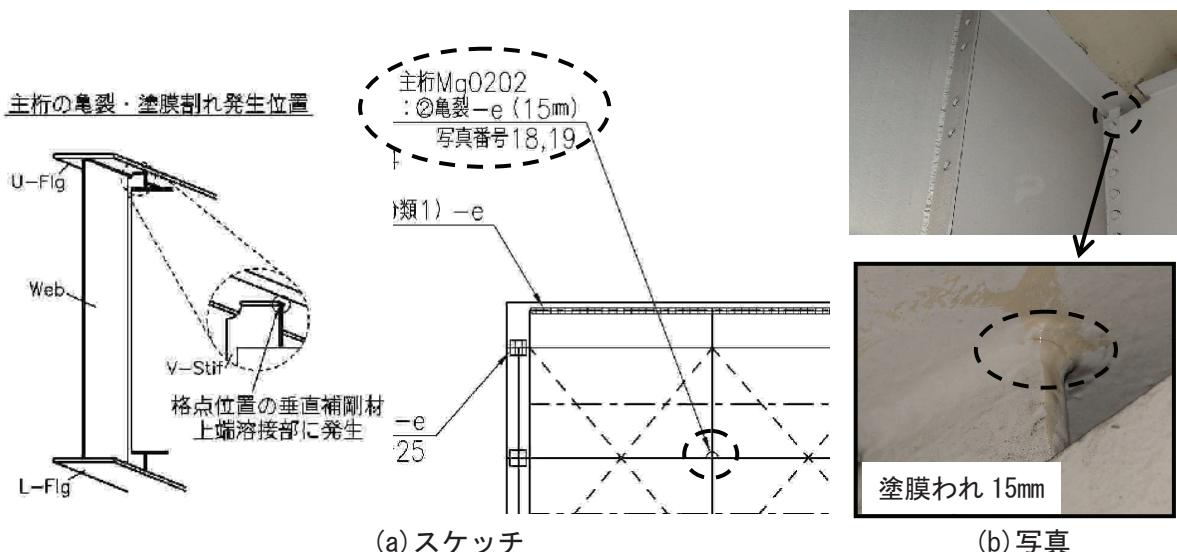
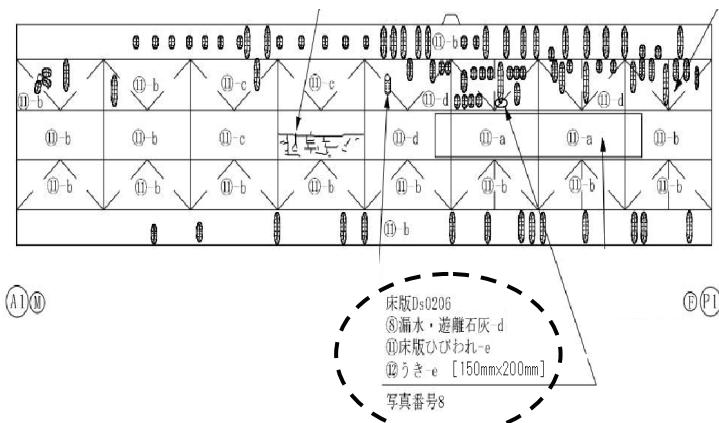


図-5.5.2 鋼部材の亀裂の記録方法の例

- ただし、板組や溶接線の位置が明確でない場合にはその旨を明記し、損傷の状態を表現するためにやむを得ない場合の他は目視で確認された以外の板組と溶接線の位置関係を記録してはならない。また、推定による溶接線を記録する場合にもこれらの情報が図面や外観性状などだから推定したものであることを明示しなければならない。
- なお、塗膜われを生じている場合などで鋼材表面の開口を直接確認していない場合には、その旨を記録しておかなければならない。
- 鉄筋コンクリート床版のひびわれ、漏水、遊離石灰などの発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録するとともに、代表的な損傷の主要寸法を損傷図に記載

するものとする。



(a) スケッチ



(b) 写真

図-5.5.3 鉄筋コンクリート床版の損傷の記録方法の例

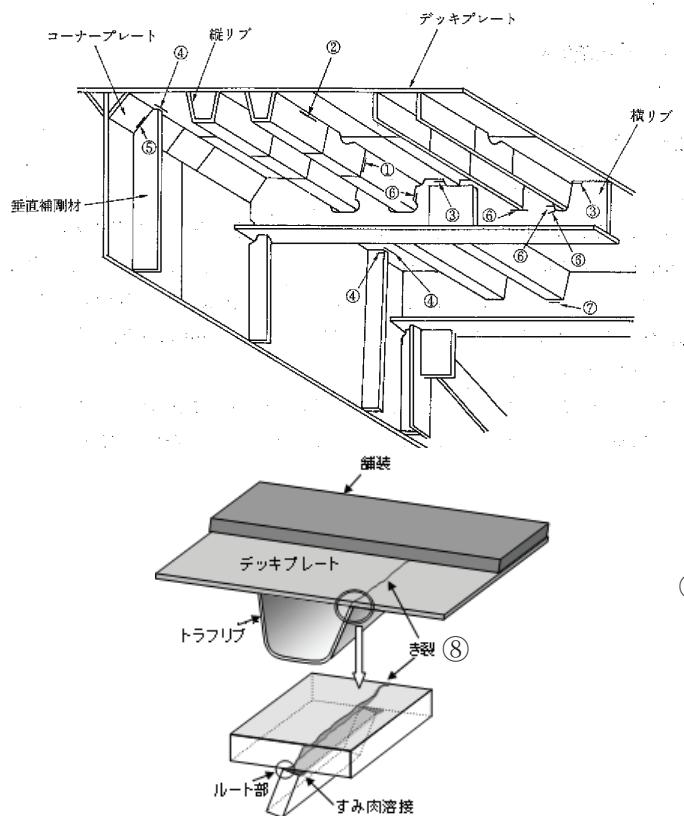
(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 疲労に至る原因とそれに関わる事象

疲労に至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.5.4 に示す。また、疲労による損傷の代表例として、以下にア) 鋼床版部、イ) 鋼製橋脚沓座溶接部、鋼製橋脚隅角部を示す。疲労による亀裂について、5.1.2 を参考にするのがよい。

ア) 鋼床版部

鋼床版は活荷重が直接載荷される部位であり、疲労亀裂の発生事例は多い。構造形式や寸法によるものの、一般的に発生例が多い部位を、図-5.5.4 に示す。



- ① 縦リブの現場突合せ溶接
 - ② デッキプレートと縦リブのすみ肉溶接
 - ③ デッキプレートと横リブのすみ肉溶接
 - ④ デッキプレートと垂直補剛材のすみ肉溶接
 - ⑤ コーナープレートの溶接
 - ⑥ 横リブと縦リブの交差部
 - ⑦ 縦リブ端部のすみ肉溶接
 - ⑧ デッキプレートの縦リブ溶接部
- 注：目視点検では発見は困難である。

図-5.5.4 鋼床版の疲労による亀裂が生じやすい部位の例

イ) 鋼製橋脚沓座溶接部、鋼製橋脚隅角部

鋼製橋脚においては、鋼製の沓座溶接部や鋼製橋脚の隅角部に亀裂の発生した事例がある。

特に、隅角部においては下図の箇所や複数の溶接線が交差する部位、差し込み形式で鋼材を組み合わせた部位の溶接部に亀裂の発生した事例がある（詳細は「鋼製橋脚隅角部の疲労損傷臨時点検要領（2002年5月）」を参照するといい。）。

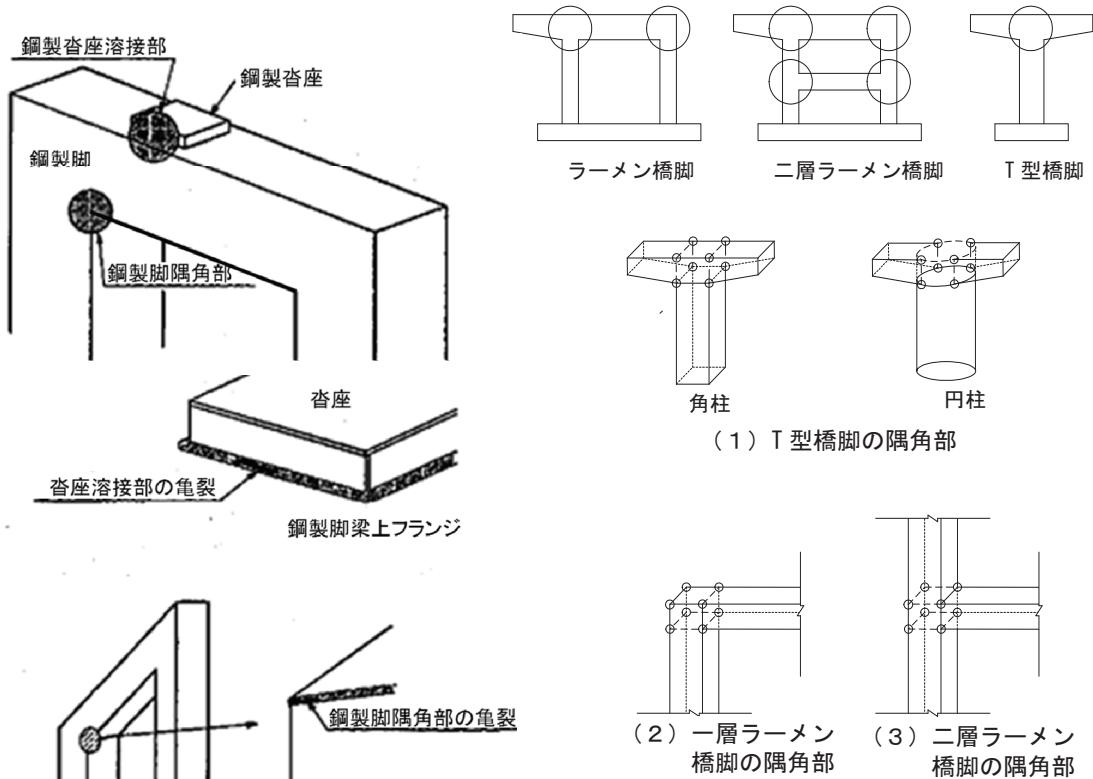


図-5.5.5 鋼製橋脚の疲労による亀裂が生じやすい部位の例

「道路橋定期点検要領 平成 26 年 6 月 国土交通省 道路局」より

なお、過去に生じた疲労亀裂の対策としてあて板やストップホールの施工が行われている場合、ストップホールの周囲から新たに亀裂が進展していたり、あて板で隠れた位置に残された亀裂がさらに進展してくることもある。そのため対策箇所についてもこの点に注意して慎重に点検しなければならない。

道路橋の部材で亀裂が生じる代表的な原因是疲労である。ただし疲労亀裂が生じる要因は様々であり、亀裂が発見されてもそれに関わる要因を全て明らかにすることは困難なことも多い。また他の原因で生じた亀裂では小さな応力の繰り返しによっても亀裂が進展することがある。



写真-5.5.10 鋼部材へのストップホールの例
(亀裂部の塗膜を除去した後)

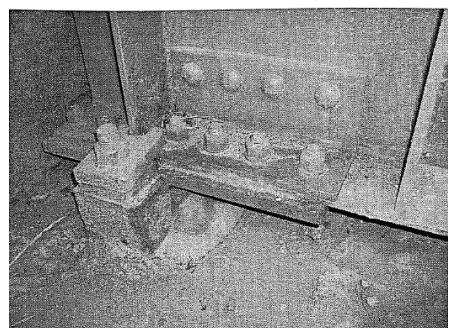


写真-5.5.11 鋼主桁下フランジの
当て板補強の例

表-5.5.4 疲労の代表的な損傷原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
鋼部材全般	<ul style="list-style-type: none"> ・溶接部の施工品質や継手部の応力集中 ・荷重変載による構造全体のねじれ ・活荷重直下の部材の局部的な変形 ・風や交通荷重による繰り返し応力、振動 ・腐食、応力集中 	<ul style="list-style-type: none"> ・亀裂による応力超過 ・亀裂の急激な進行による部材断裂
鉄筋コンクリート床版	<ul style="list-style-type: none"> ・車両輪荷重走行によるくり返し作用 ・設計耐力不足 ・主桁作用による引張応力の作用 ・乾燥収縮 ・配力鉄筋不足 ・支持桁の不等沈下 ・雨水の浸入 	<ul style="list-style-type: none"> ・ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰の進行 ・路面の凹凸、舗装の異常 ・床版コンクリートの抜け落ち ・床版の異常な音・振動、異常なたわみ

ii) 道路橋で実施してきた対策及び基準との関係

ii-1) 鋼部材の疲労対策

2002 年に発刊された「鋼道路橋の疲労設計指針」（日本道路協会）において、疲労設計の基本として、疲労強度が著しく低い継手や過去に疲労損傷が報告されている構造の採用を避けるとともに、活荷重等によって生じる応力変動の影響を評価して必要な耐久性を確保する疲労設計を行うことが示された。

鋼床版のように、設計計算によって算出した応力度の公称値と部材に発生する実応力との関係が明らかでない場合には、二次応力に対する疲労耐久性が確保できるよう細部構造に配慮することとされた。

なお、過去の損傷事例については、1997 年に「鋼橋の疲労」（日本道路協会）にとりまとめられている。また、最新の損傷事例、及び補修・補強事例は、「道路橋補修・補強事例集（2012 年版）」（日本道路協会）にまとめられている。

ii-2) 鉄筋コンクリート床版の疲労対策

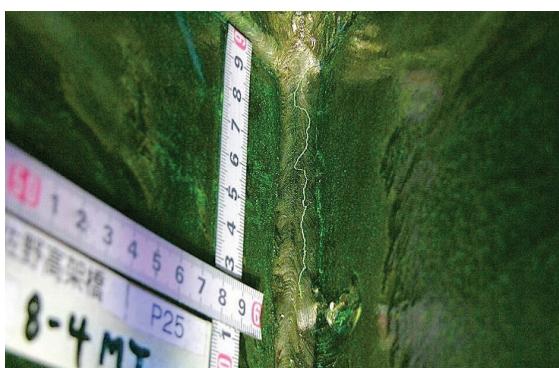
鉄筋コンクリート床版については、疲労現象と考えられる損傷への対応として、1960 年代後半から、床版厚、鉄筋量、設計曲げモーメント式等の改定が数度にわたって改定され

てきている。これらの基準の変遷に伴う疲労耐久性については輪荷重走行試験によって確認されている。

また、床版上面に敷設する防水層については、1973 年の道路橋示方書にアスファルト舗装とする場合に必要に応じて設けることが規定され、2002 年の道路橋示方書以降、部位に限らず、アスファルト舗装とする場合には、橋面より浸入した雨水等が床版内部に浸透しないように防水層等を設けることが規定された。

(4) 正しい診断のための留意点

疲労の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】鋼製橋脚隅角部

【状態】磁粉探傷試験による亀裂の確認状況

【留意点】疲労損傷の発生が疑われる塗膜われを確認した場合は、当該箇所の塗膜を除去して磁粉探傷等の非破壊試験を行い、亀裂の有無を確認する必要がある。

写真-5.5.12 鋼橋の疲労による亀裂の診断における留意点（亀裂部の塗膜を除去した後）



【部位】主桁下フランジのソールプレート前面

【状態】下フランジからウェブに進展した亀裂が見られる。

【留意点】支承ソールプレート前面の主桁下フランジとの接合部付近は、支承機能の不全や板厚の急変などによって大きな応力が発生することが多く、亀裂の発生例も多い。下フランジを進展した亀裂が主桁ウェブに達すると、ウェブの亀裂に進展することが多く、その場合主桁が破断するなど危険な状態となる可能性がある。

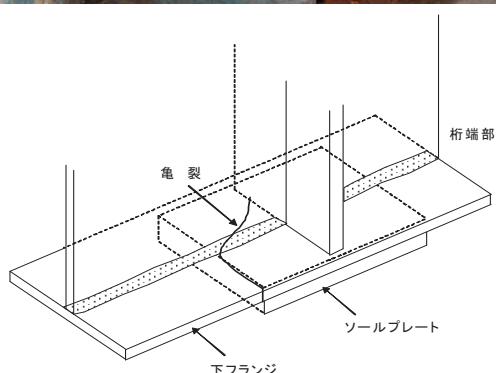


図-5.5.6 鋼橋の疲労による亀裂の診断における留意点



【部位】鉄筋コンクリート床版の下面と上面

【状態】床版下面にひびわれ、遊離石灰等の損傷が見られる。一方、直上の舗装面にもひびわれが生じ、石灰分を含んだ水痕が見られる。

【留意点】床版にひびわれ、遊離石灰等の損傷が見られる場合、直上の舗装面にも変状が現れていることがある。



写真-5.5.13 鉄筋コンクリート床版の疲労によるひびわれの診断における留意点



【部位】床版下面

【状態】格子状のひびわれと遊離石灰が見られる。

【留意点】ひびわれより漏水・遊離石灰が見られる場合には、貫通ひびわれとなっていることが疑われ、床版の耐荷力が低下していることがある。

写真-5.5.14 鉄筋コンクリート床版の疲労によるひびわれの診断における留意点

参考文献

- 5.1) 鋼道路橋防食便覧 平成 26 年 3 月 (公社) 日本道路協会
- 5.2) 道路橋補修・補強事例集 平成 24 年 3 月 (社) 日本道路協会
- 5.3) 道路橋の塩害対策指針 (案)・同解説 昭和 59 年 2 月 (社) 日本道路協会
- 5.4) 道路橋補修便覧 昭和 54 年 2 月 (社) 日本道路協会
- 5.5) 道路橋床版の疲労耐久性に関する試験 (国総研資料第 28 号) 平成 14 年 3 月 国土技術政策総合研究所
- 5.6) 鋼橋の疲労 平成 9 年 5 月 (社) 日本道路協会