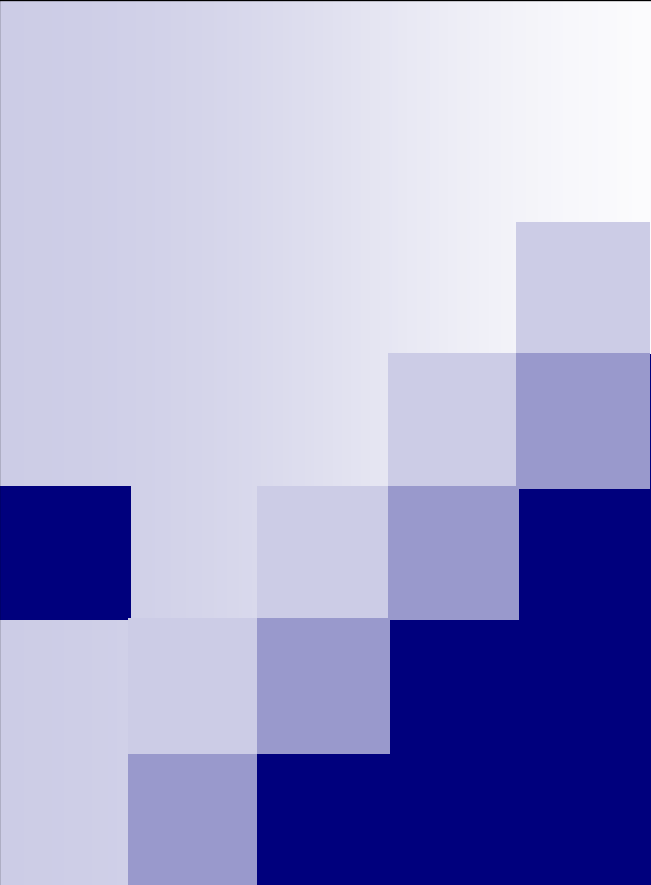


鋼橋の健全度評価

船越 博行
オリエンタルコンサルタンツ（株）



鋼橋の健全度

株式会社オリエンタルコンサルタンツ 船越博行



目 次

1. はじめに(健全度とは)
2. 鋼橋の損傷
3. 健全度評価の例
4. 損傷の分類
5. 耐久性に係わる事項
6. おわりに



1. はじめに

1. 1 健全度って何？

橋梁維持管理の場面で「健全度」ということは多く使われています。

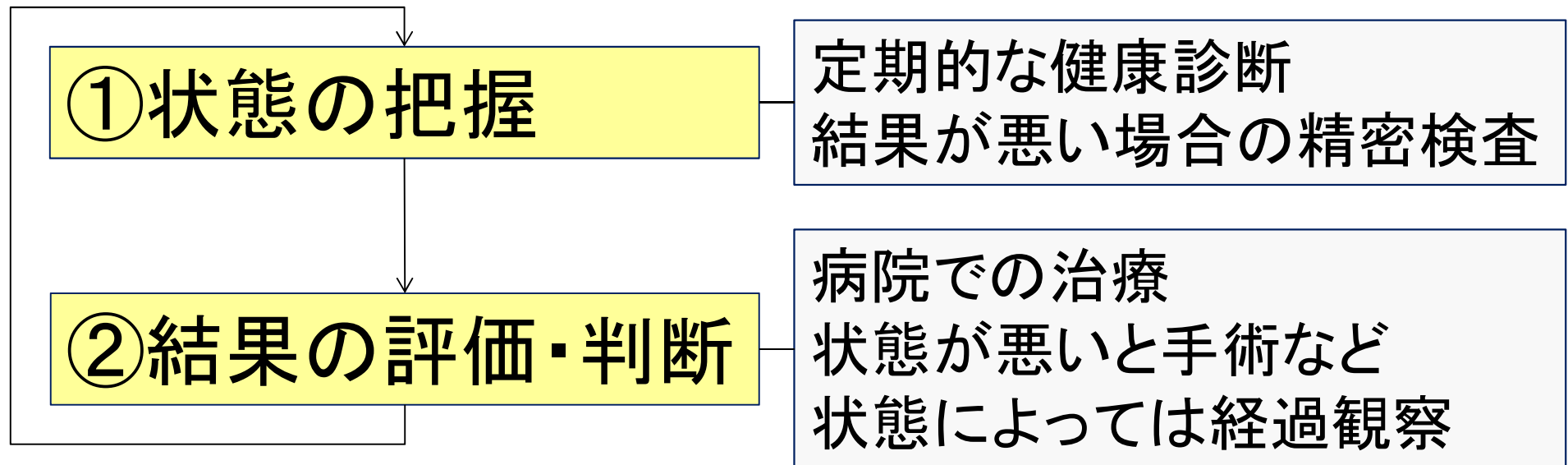
ただし、「健全度とは・・・」といったように定義されたものは見当たらないようです。

ここでは、鋼橋を題材として、一般に使われている「健全度」の考え方について示します。

1. はじめに

1. 2 なぜ健全度が必要か？

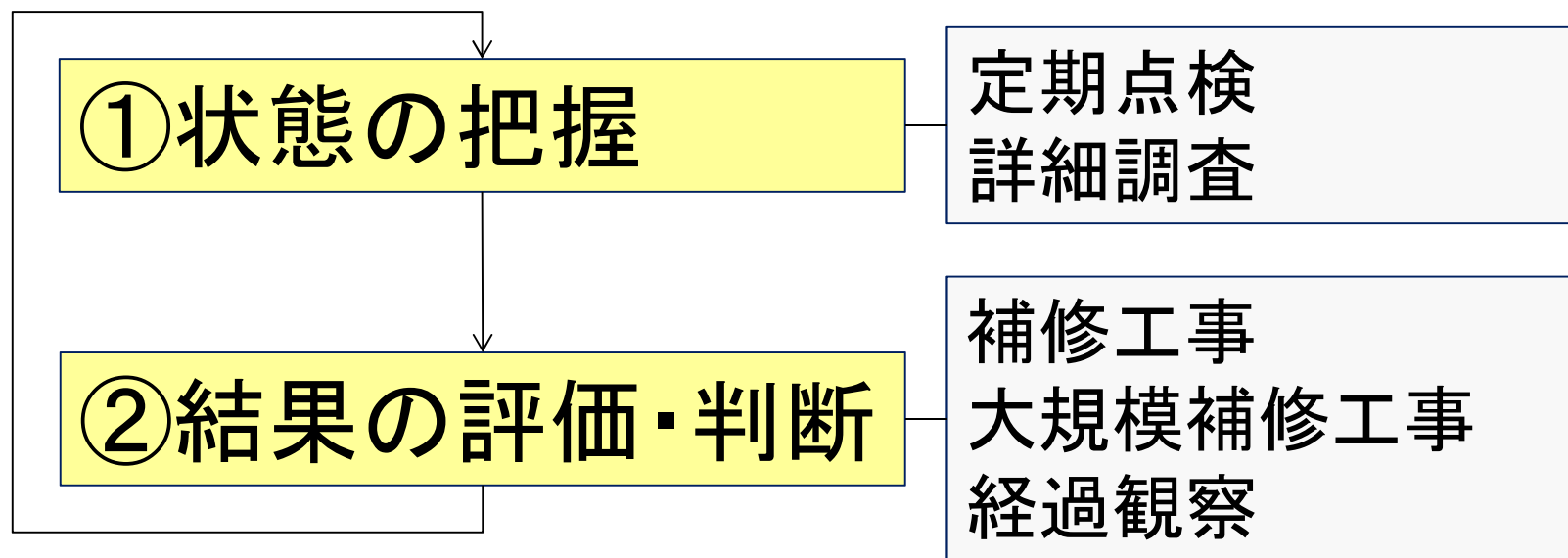
橋梁の維持管理を人の身体の維持管理と考えると・・・



1. はじめに

1. 2 なぜ健全度が必要か？

橋梁の維持管理に話を戻すと、以下のような行為が行われています。



1. はじめに

1. 2 なぜ健全度が必要？

「②結果の評価・判断」を行うために「健全度」(橋梁の状態を表す定量的な数値・記号など)という考え方が必要になります。

管理者の事情(管理方法、管理者のレベル、予算など)、あるいは評価の目的によって、評価した後の対応が異なるため、健全度の考え方、あるいは判断基準もそれぞれ異なることになります。

例)「予算はあるが職員が不足している県では、軽微な損傷までしっかりと補修する」など



1. はじめに

1. 3 ここでの健全度

ここでは、健全度の考え方の事例、健全度に大きく影響する損傷、健全度の評価において考慮すべき事項などを示します。

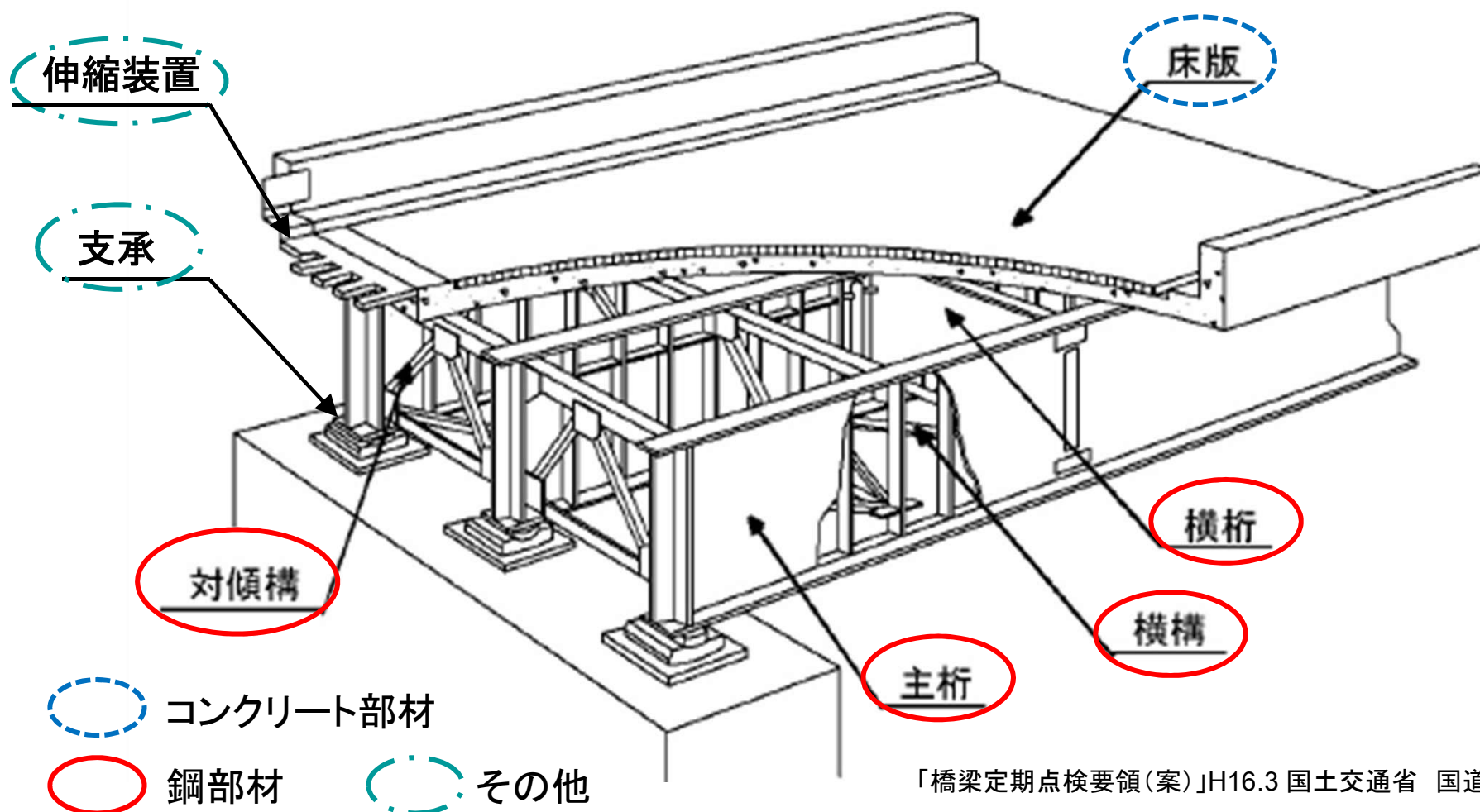
2. 鋼橋の損傷

定期点検要領(案)(平成16年3月国道・防災課)
で挙げられている鋼橋の損傷のうち主なものは

- 鋼部材：腐食、亀裂、ゆるみ・脱落、破断、防食機能の劣化、遊間の異常、定着部の異常、異常な音・振動、異常なたわみ、変形・欠損
- コンクリート部材：ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、抜け落ち、コンクリート補強材の損傷、床版ひびわれ、うき
- その他：上に加えて・・・支承の機能障害、漏水・耐水、土砂詰まり、沈下・移動・傾斜、路面の凹凸・・・

2. 鋼橋の損傷

- 一般的な鋼橋(鋼鈑桁)の部材構成を示します。



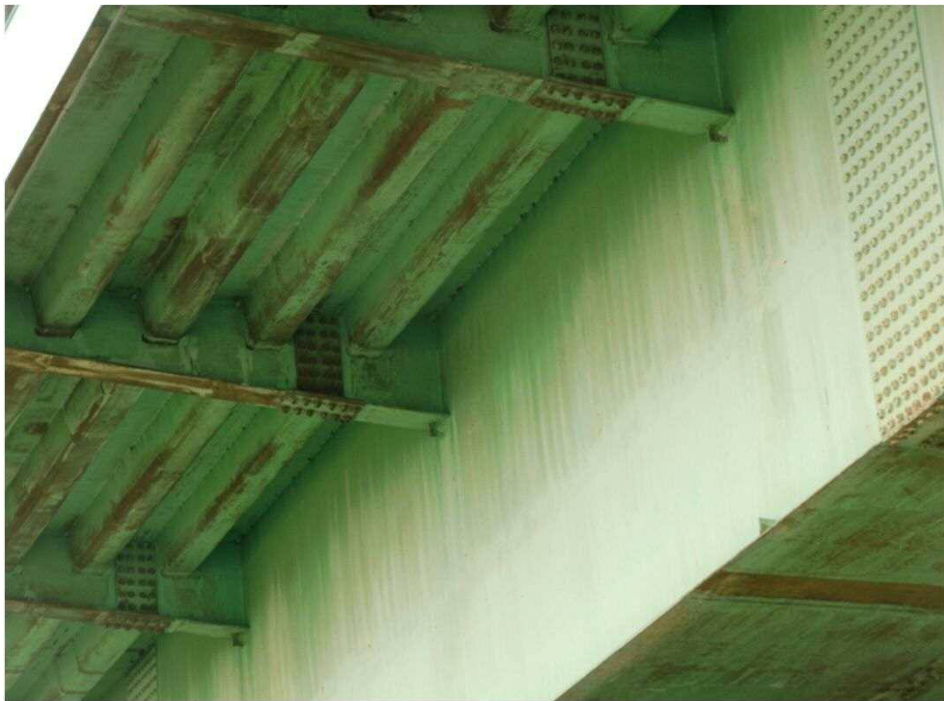


2. 鋼橋の損傷

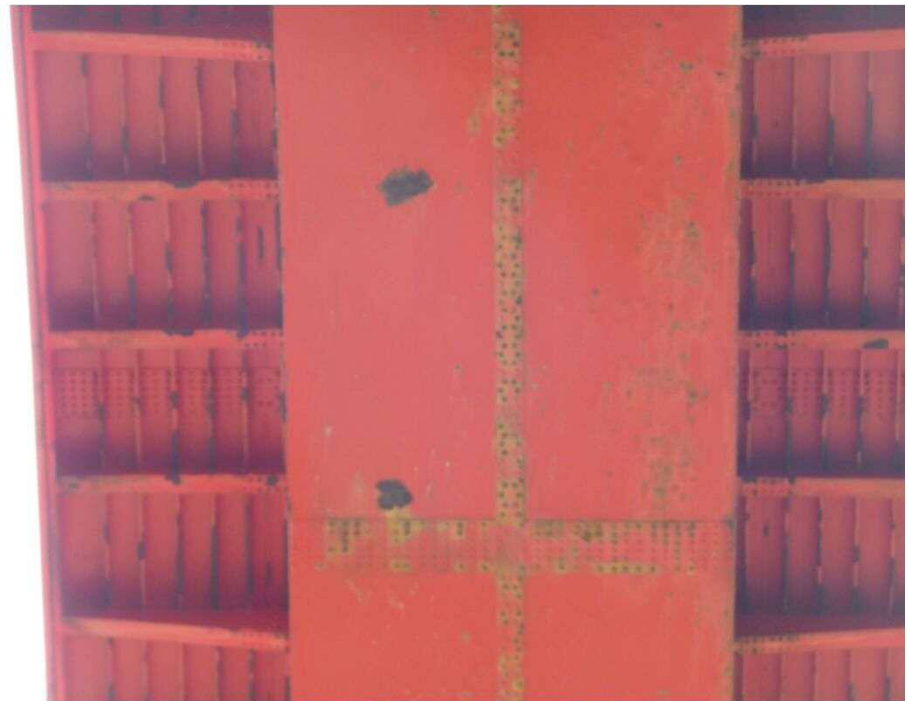
- 次ページ以降に、主な鋼橋の損傷事例を、部材別に、その程度と共に示します。

2. 鋼橋の損傷

■ 鋼部材：腐食



腐食小
(点錆発生)



腐食小
(点錆発生)

2. 鋼橋の損傷

■ 鋼部材：腐食



腐食大
(伸縮装置漏水による腐食)



腐食大
(伸縮装置漏水による腐食)

2. 鋼橋の損傷

■ 鋼部材：腐食



腐食大

(伸縮装置漏水による腐食)

注)塗り替え前にすでに減肉大



腐食大

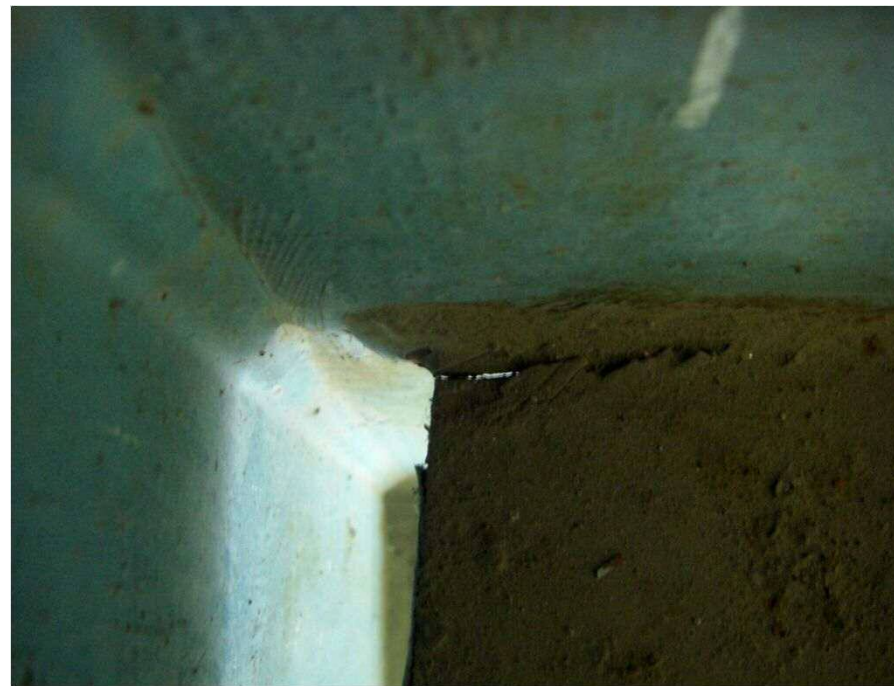
(飛来塩分による腐食)

2. 鋼橋の損傷

■ 鋼部材：亀裂



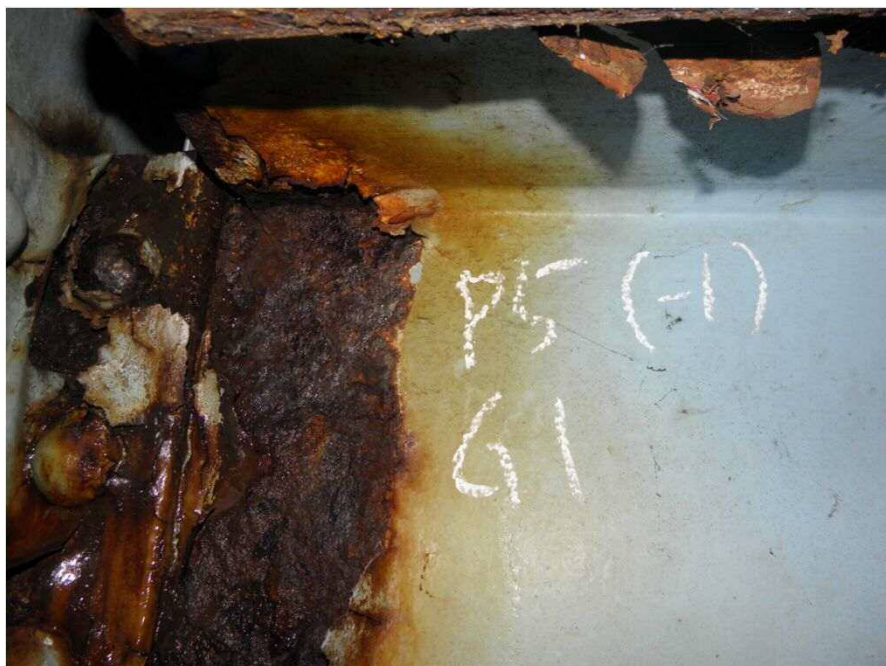
鋼床版疲労亀裂
(磁粉探傷試験による調査)



横構ガセットプレート亀裂
(目視により発見)

2. 鋼橋の損傷

■ 鋼部材：亀裂



疲労亀裂
(横桁腐食減肉箇所から発生)



疲労亀裂
(左写真の拡大)

2. 鋼橋の損傷

■ ゆるみ・脱落



高力ボルト(F11T)の脱落
(鈑桁下フランジ)
注)脱落防止キャップ装着



高力ボルト(F11T)の脱落
(下路トラス上弦材)

2. 鋼橋の損傷

■ 鋼部材：防食機能の劣化



塗膜の劣化
(添接部が先行)



塗膜の劣化
(排水管損傷部周りが先行)

2. 鋼橋の損傷

■ 鋼部材：遊間の異常



桁遊間の異常
(遊間無し)



桁遊間の異常
(遊間無し)

2. 鋼橋の損傷

■ 鋼部材：変形・欠損



側道橋下フランジ変形・欠損
(車両衝突、桁下クリア4m程度)



本線橋下フランジと対傾構の変形
(車両衝突、桁下クリア5m程度)

2. 鋼橋の損傷

■ 鋼部材：変形・欠損



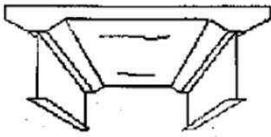
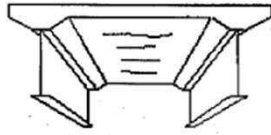
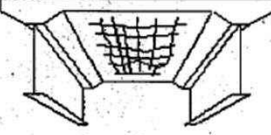
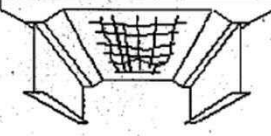
主桁端部変形
(地震力による局部座屈)



トラス橋上横構脱落
(地震力による破断)

2. 鋼橋の損傷

■ コンクリート部材：床版ひびわれ

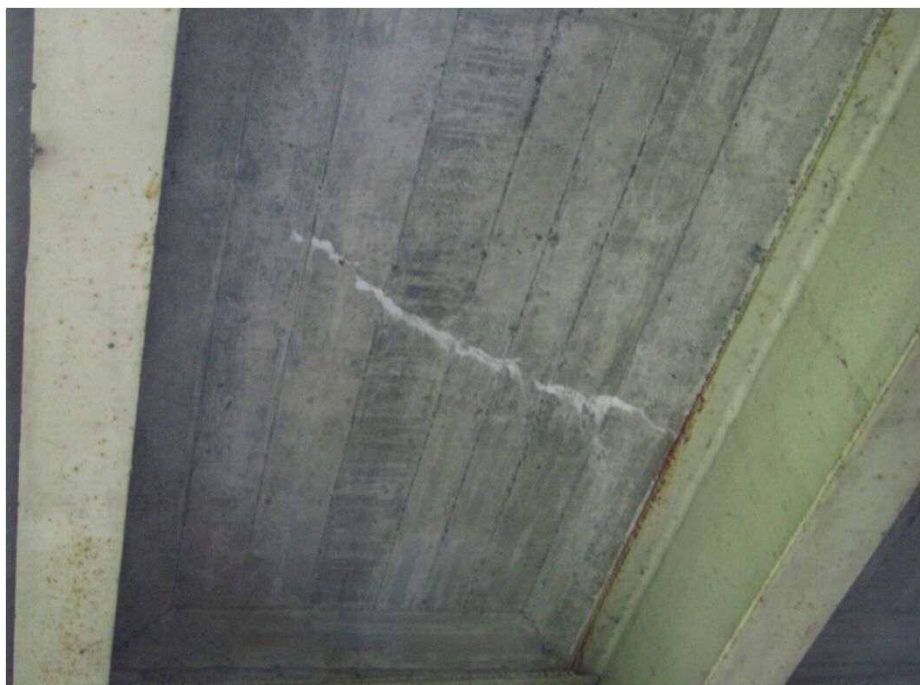
区分	ひびわれ幅 に着目した程度	ひびわれ間隔 に着目した程度
a	〔ひびわれ間隔と性状〕 ひびわれは主として1方向のみで、最小ひびわれ間隔が概ね1.0m以上 〔ひびわれ幅〕 最大ひびわれ幅が0.05mm以下（ヘアークラック程度）	
b	〔ひびわれ間隔と性状〕 1.0m～0.5m, 1方向が主で直交方向は従、かつ格子状でない 〔ひびわれ幅〕 0.1mm以下が主であるが、一部に0.1mm以上も存在する	
c	〔ひびわれ間隔と性状〕 0.5m程度、格子状直前のもの 〔ひびわれ幅〕 0.2mm以下が主であるが、一部に0.2mm以上も存在する	
d	〔ひびわれ間隔と性状〕 0.5m～0.2m, 格子状に発生 〔ひびわれ幅〕 0.2mm以上が目立ち部分的な角落ちもみられる	
e	〔ひびわれ間隔と性状〕 0.2m以下、格子状に発生 〔ひびわれ幅〕 0.2mm以上がかなり目立ち連続的な角落ちが生じている	

橋梁点検要領(案)
H16.3では、コンクリート床版の損傷程度の評価は、左表のa～eの区分で行います。

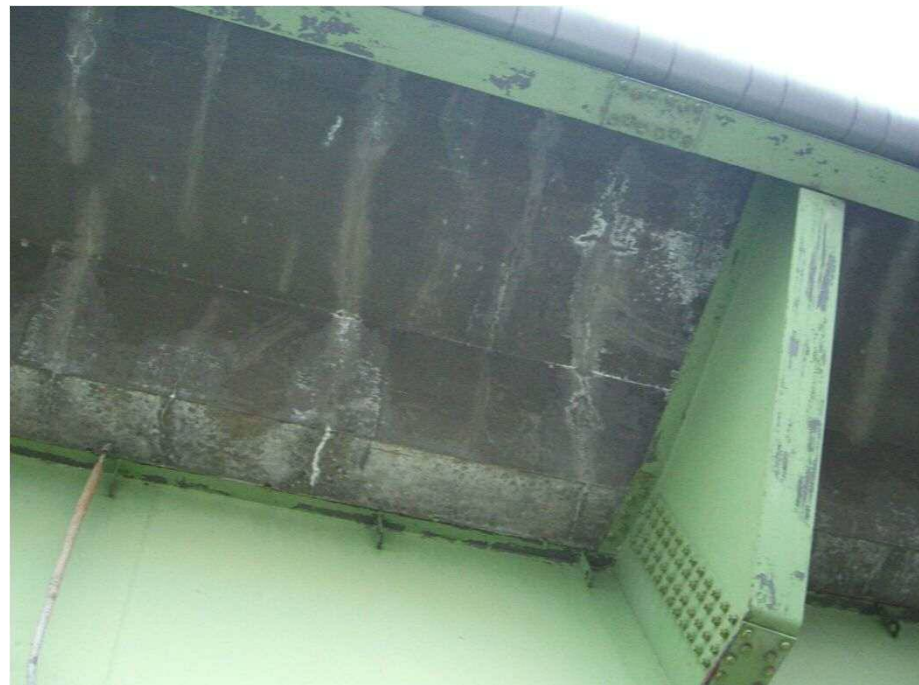
「橋梁定期点検要領(案)」H16. 3
(国土交通省国道防災課)より

2. 鋼橋の損傷

■ コンクリート部材：床版ひびわれ（区分a～b）



床版ひびわれ、遊離石灰
（乾燥収縮などによる）



床版ひびわれ、遊離石灰
（乾燥収縮などによる）

2. 鋼橋の損傷

■ コンクリート部材：床版ひびわれ（区分a～b）



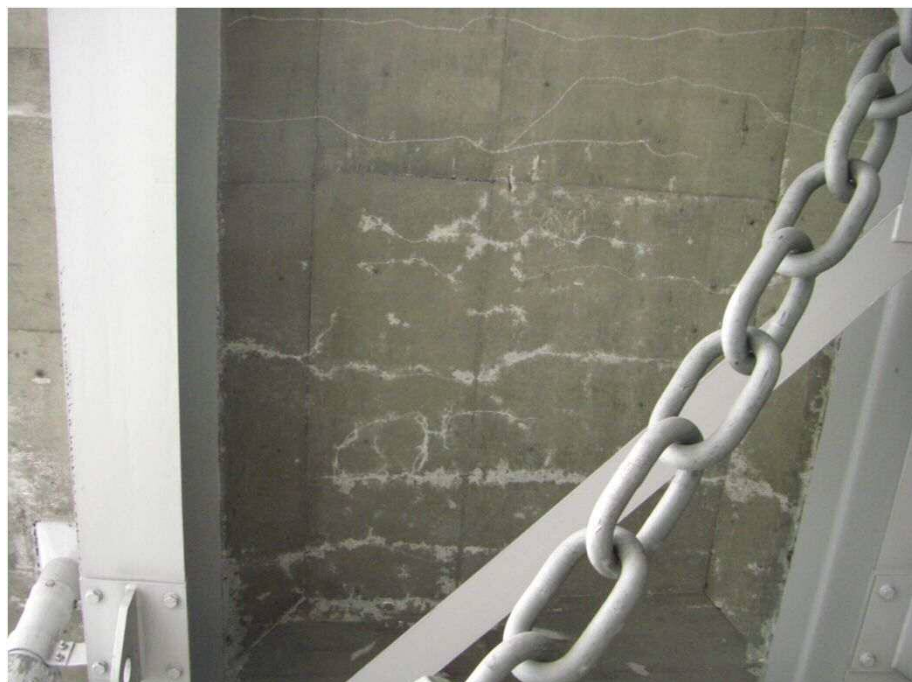
床版ひびわれ、遊離石灰
（乾燥収縮などによる）



床版ひびわれ、遊離石灰
（乾燥収縮などによる）

2. 鋼橋の損傷

■ コンクリート部材：床版ひびわれ（区分c～d）



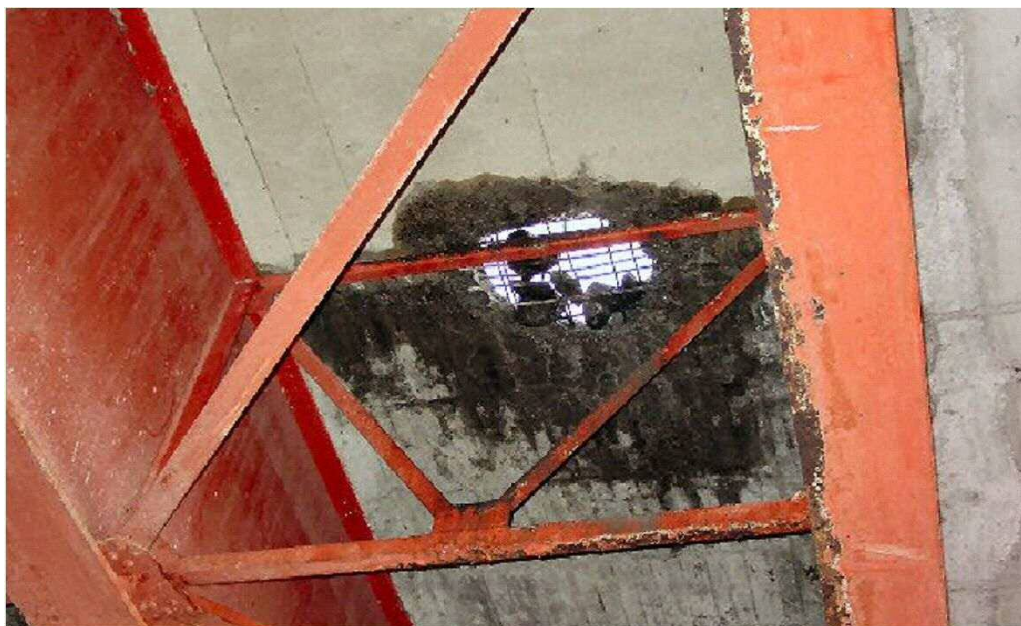
床版ひびわれ、遊離石灰
（活荷重疲労による）



床版ひびわれ、遊離石灰
（活荷重疲労による）
注）ひびわれ注入補修済

2. 鋼橋の損傷

■ コンクリート部材：抜け落ち



床版抜け落ち
(床版下面から)



床版抜け落ち
(床版上面から)

2. 鋼橋の損傷

■ コンクリート部材：剥離・鉄筋露出



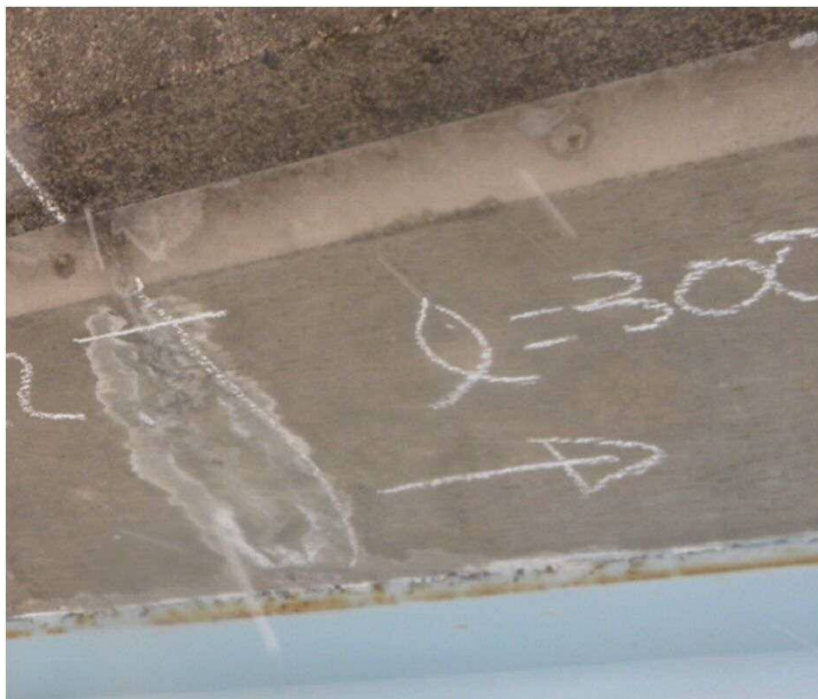
コンクリート床版剥離・鉄筋露出
(かぶり不足)



コンクリート床版剥離・鉄筋露出
(かぶり不足)

2. 鋼橋の損傷

■ コンクリート部材：うき



張出床版下面浮き
(たたき点検で確認)



地覆の剥離・鉄筋露出

2. 鋼橋の損傷

■ コンクリート部材:コンクリート補強材の損傷



RC床版下面鋼板の腐食
(RC床版のひびわれによる)



RC床版下面補強鋼板のうき
(たたき点検で確認)

2. 鋼橋の損傷

■ その他(支承): 漏水・耐水



支承周り滞水
(伸縮装置の漏水による)



支承周り滞水
(伸縮装置の漏水による)

2. 鋼橋の損傷

■ その他(支承): 土砂詰まり



支承土砂詰まり
(腐食進行)



支承土砂詰まり
(腐食進行)

2. 鋼橋の損傷

■ その他(支承): 腐食



支承の腐食大
(桁端も腐食大)



支承の腐食大
(桁端も腐食)

2. 鋼橋の損傷

■ その他(支承): 機能障害、沈下



支承機能障害

(腐食大のため移動・回転ができない)



支承の沈下

(腐食大のため掛け違いに段差発生)

2. 鋼橋の損傷

■ その他(支承): 破断、脱落



震災による支承の破断・脱落
(ベアリングプレート脱落)
(サイドストッパー破断)



震災による支承の破断・脱落
(サイドストッパー破断)

2. 鋼橋の損傷

■ その他(支承): 遊間異常



支承遊間異常
(桁端も遊間無し)



支承遊間異常
(桁端も遊間無し)
(反対側(固定)アンカーボルト変形)

2. 鋼橋の損傷

■ その他(支承): ボルトゆるみ・脱落



支承のボルト破断・脱落
(震災による)



支承のカバープレート腐食・脱落
(伸縮装置からの漏水による)

2. 鋼橋の損傷

■ その他(変位制限装置)



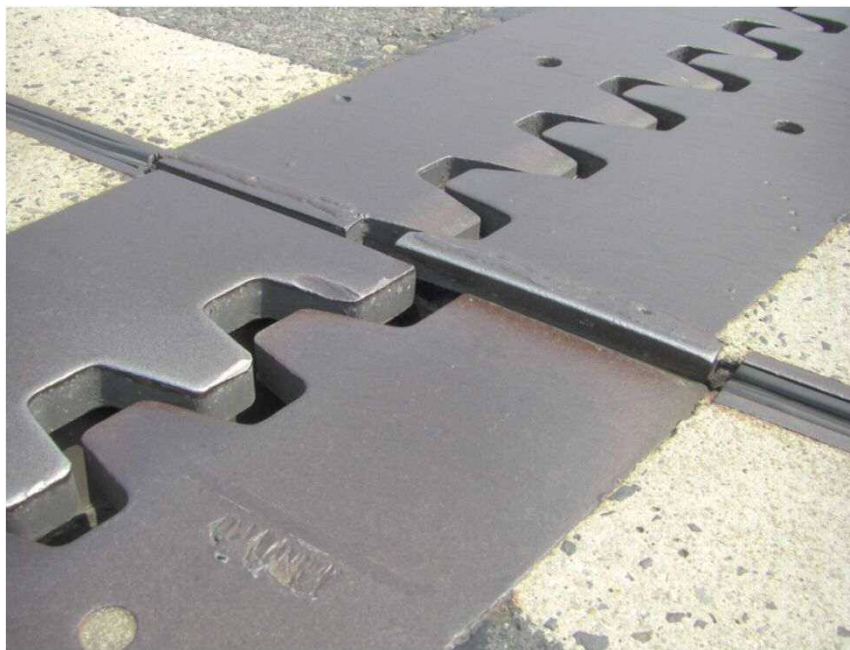
変位制限装置(アンカーバー)変形
及びコンクリートブロックひびわれ
(変位制限装置遊間不足による)



変位制限装置(アンカーバー)変形
及びコンクリートブロックひびわれ
(震災による)

2. 鋼橋の損傷

■ その他（伸縮装置）：段差



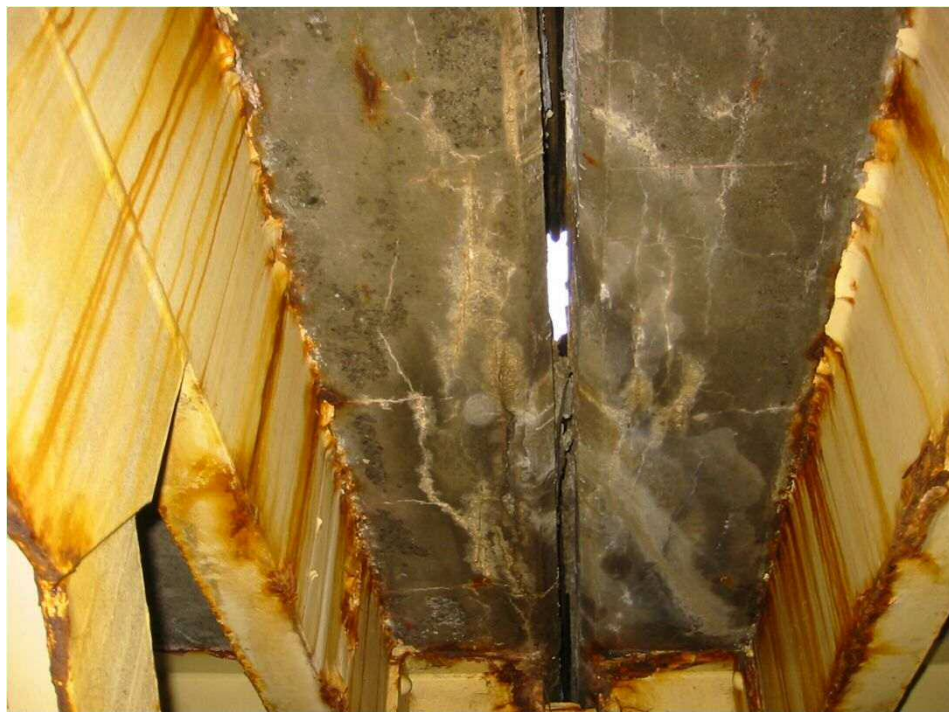
伸縮装置段差
（支承腐食による）



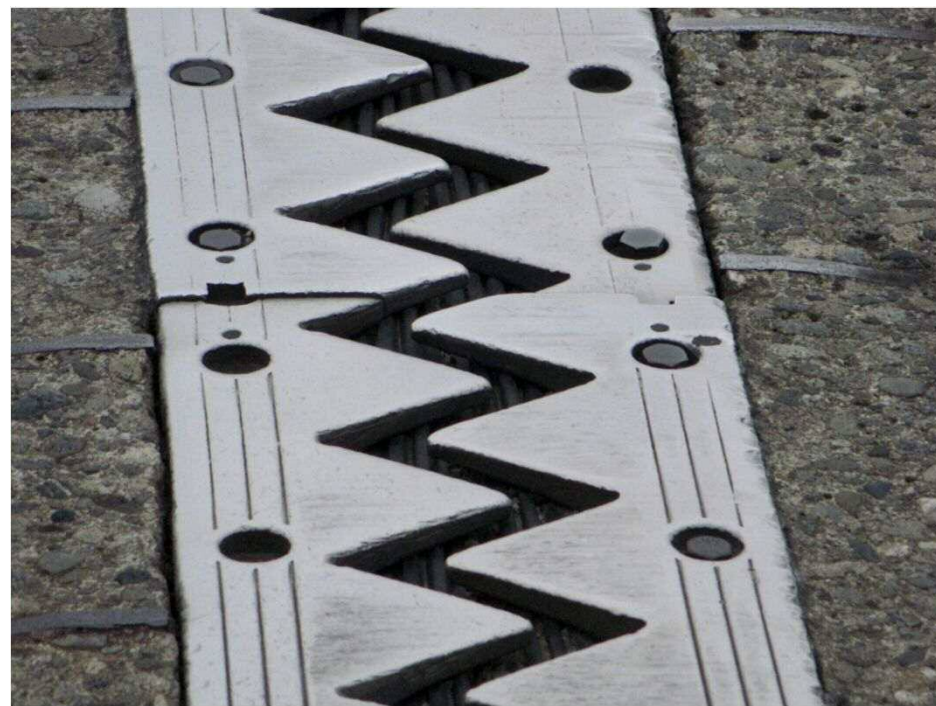
伸縮装置段差
（沓座モルタル損傷による）

2. 鋼橋の損傷

■ その他(伸縮装置): ゆるみ・脱落



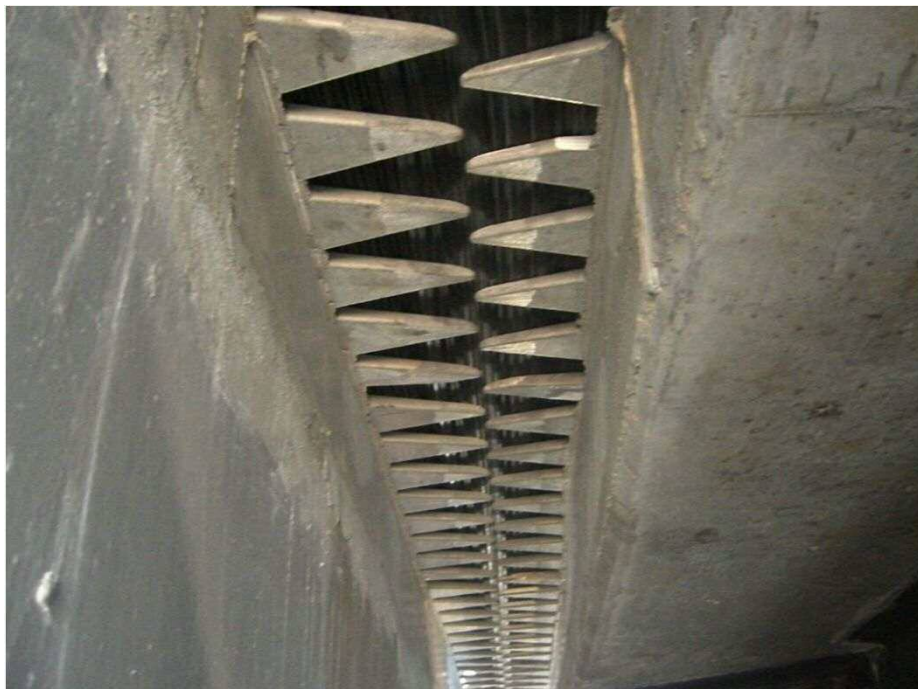
伸縮装置止水ゴム脱落



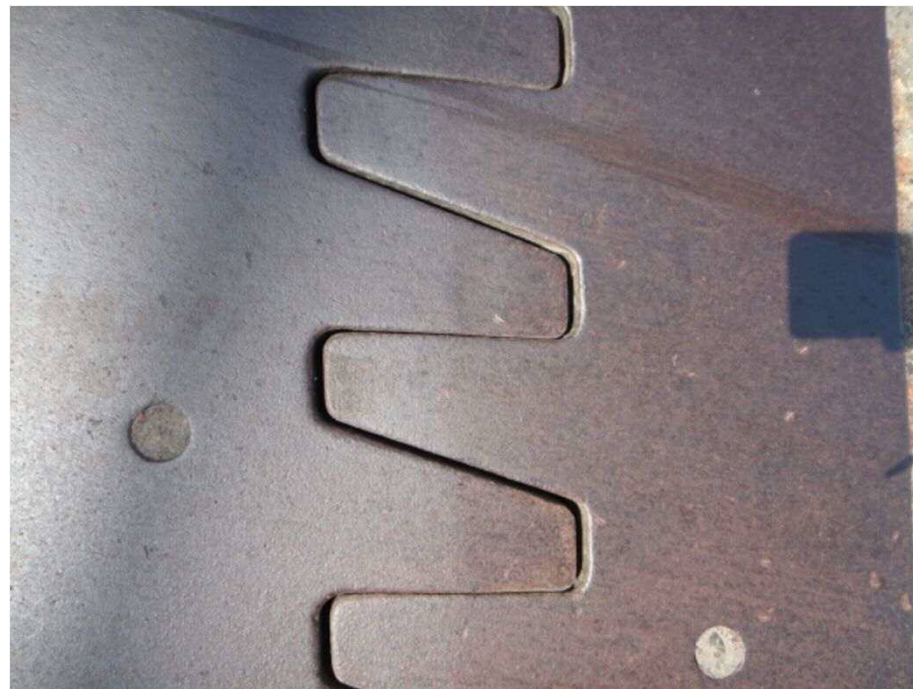
伸縮装置固定ボルトゆるみ・脱落

2. 鋼橋の損傷

■ その他（伸縮装置）：遊間異常



伸縮装置遊間異常（下面から）
（遊間大、下部工移動による）



伸縮装置遊間異常
（遊間無し、下部工移動による）

2. 鋼橋の損傷

■ その他(防護柵): 腐食



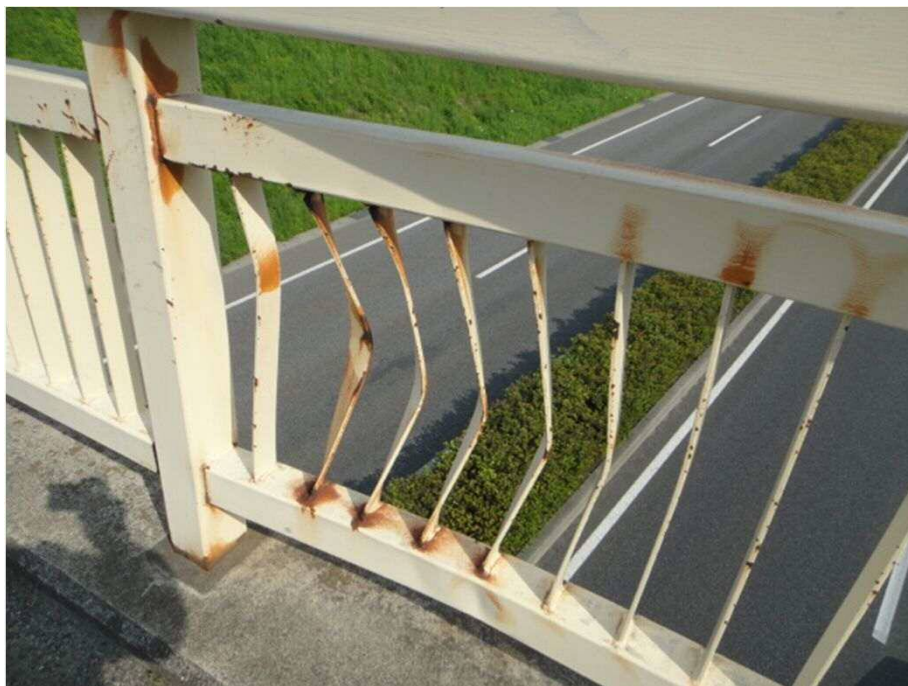
防護柵腐食小
(全体に腐食)



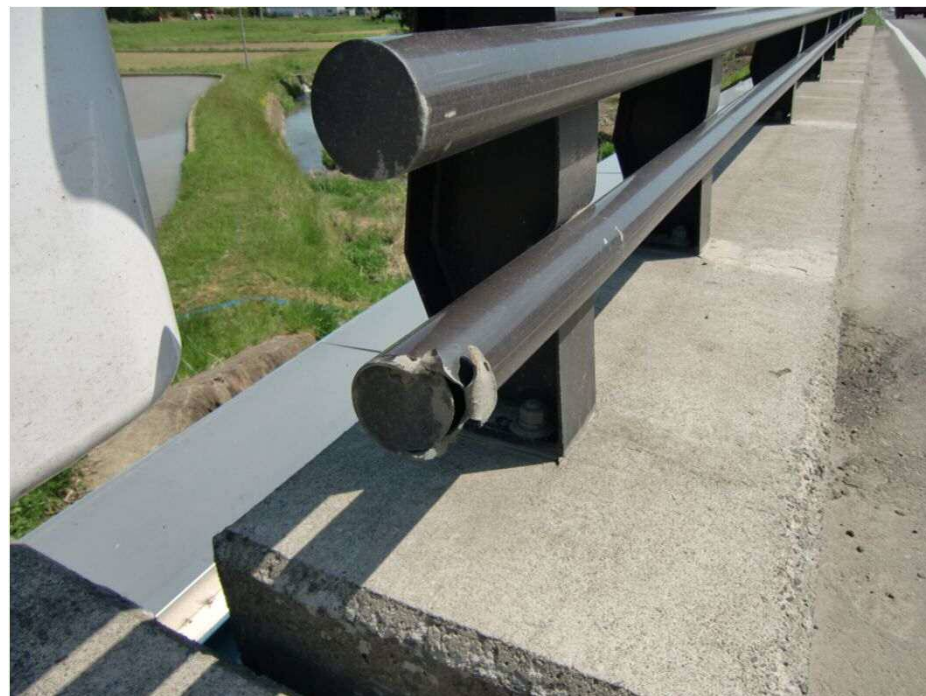
防護柵腐食大
(上段レール破断、応急処置済)

2. 鋼橋の損傷

■ その他(防護柵): 変形・欠損



防護柵変形
(車両衝突による)



防護柵変形
(車両衝突による)

2. 鋼橋の損傷

■ その他（検査路、排水管）：腐食



検査路腐食・破断
(塩害による腐食)



排水管腐食・脱落
(塩害による腐食)

2. 鋼橋の損傷

■ その他(舗装): 凹凸、ひびわれ



舗装補修跡(ポットホール多発)
(床版上面が土砂化していた)



舗装補修跡(ポットホール多発)
(橋梁床組みの剛性不足)



3. 健全度評価の例

健全度を定量的に評価する方法として、いくつかの団体などが発表しています。

ここでは、「平成19年度道路構造物に関する基本データ集」(国土技術政策総合研究所)中の「道路橋の総合評価指標」を紹介します。

3. 健全度評価の例

「総合評価指標」は、一般的な橋梁の安全性の保証と総合的な状態（健全性）を説明するための指標です。

ここでは、以下の3点を主な要求性能として、部材の損傷をそれぞれの観点から評価しています。

- ① 耐荷性：走行荷重(重量車両)に対する安全性
- ② 災害抵抗性：地震時や洪水時の荷重に対する安全性
- ③ 走行安全性：通常の車両の走行に対する安全性

3. 健全度評価の例

総合評価指標は以下の流れで算定・評価されています。

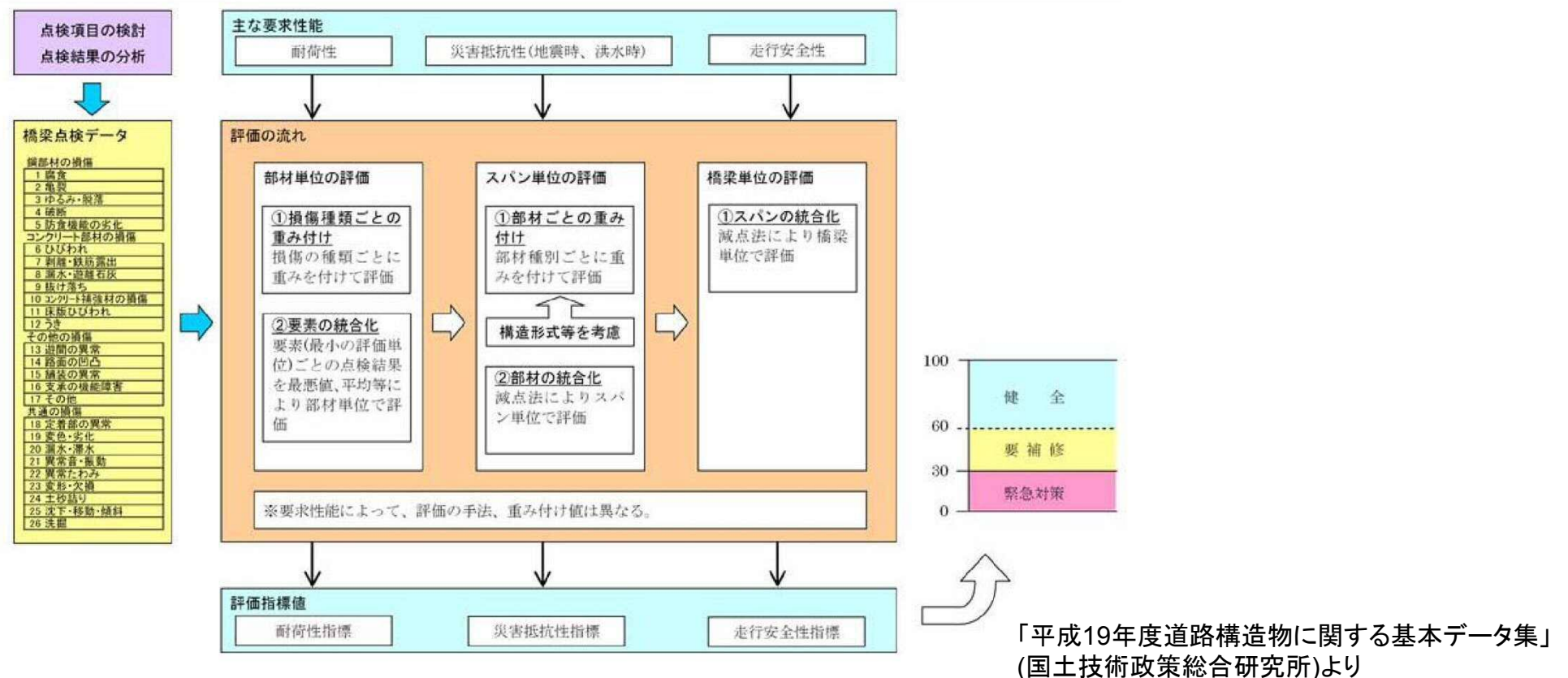


図-2 道路橋の総合評価指標体系図

3. 健全度評価の例

各要求性能に対する部材の重要性は、影響度係数の中で評価されています。

ここでは、耐荷性は主桁、走行安全性は床版、災害抵抗性(耐震)は下部工、を重要な部材としています。

部材の影響度係数の設定

		耐荷性	災害抵抗性	走行安全性
上部工	主桁	1.0	0.4	0.2
	床版	0.6	0.2	1.0
	横桁	0.2	0.2	0.0
	縦桁	0.2	0.2	0.0
	対傾構	0.2	0.2	0.0
	横構	0.2	0.2	0.0
下部工		0.2	1.0	0.0
支 承		0.2	0.8	0.2
伸縮装置		0.0	0.0	0.8

3. 健全度評価の例

鋼上部工の損傷の種類と損傷グレードとの関係、及び損傷グレードと減点数との関係は以下のとおり定義されています。

損傷グレードと損傷評価対比表

部材		損傷の種類	損傷グレード								備 考
			D1		D2		D3		D4		
鋼橋上部工	主桁 横桁 縦桁 対傾構 横構	破断	—		—		—		e		
		腐食	c		d		e		—		
		ゆるみ・脱落	c		—		e		—		
		亀裂	c		—		e		—		
	床版	床版ひびわれ ＋遊離石灰	ひびわれ	漏水・ 遊離石灰	ひびわれ	漏水・ 遊離石灰	ひびわれ	漏水・ 遊離石灰	ひびわれ	漏水・ 遊離石灰	
			c	c,a	e	c,a	e	d	e	e	
			b	e	d	c,a	d	d	—	—	
			b	d	c	d	c	e	—	—	
			—	—	—	—	*d	e	—	—	*D4とD3の中間
		剥離・鉄筋露出	d		—		e		—		
		抜け落ち	—		—		—		e		

損傷グレードと減点数の関係

損傷グレード	D4	D3	D2	D1
減点数	80	40	20	10

「平成19年度道路構造物に関する基本データ集」
(国土技術政策総合研究所)より

3. 健全度評価の例

要求性能毎に損傷度を集計します。

算出例

コンクリート桁指標⑥

D4	D3	D2	D1
80	40	20	10

MAX
平均

減点法2

指標=100-損傷度評価点

耐荷性	重み係数	鋼部材の損傷				コンクリート部材の損傷				その他の損傷				損傷度評価点	上部工	下部工	損傷度評価点2	指標
		D4	D3	D2	D1	D4	D3	D2	D1	D4	D3	D2	D1					
上部工	主桁	1.0						40.0							44.4	上部工		
	床版	0.6							3.9									
	横桁	0.2							0.5									
下部工		0.2						1.0						1.0	下部工			
支承部		0.2												0.0	支承部		45.4	54.6

MAX
平均

減点法2

指標=100-損傷度評価点

災害抵抗性	重み係数	鋼部材の損傷				コンクリート部材の損傷				その他の損傷				損傷度評価点	上部工	下部工	損傷度評価点2	指標
		D4	D3	D2	D1	D4	D3	D2	D1	D4	D3	D2	D1					
上部工	主桁	0.4						7.4							9.2	上部工		
	床版	0.2							1.3									
	横桁	0.2							0.5									
下部工		1.0						20.0						20.0	下部工			
支承部		0.8												0.0	支承部		29.2	70.8

MAX
平均

減点法2

指標=100-損傷度評価点

走行安全性	重み係数	鋼部材の損傷				コンクリート部材の損傷				その他の損傷				損傷度評価点	上部工	下部工	損傷度評価点2	指標
		D4	D3	D2	D1	D4	D3	D2	D1	D4	D3	D2	D1					
上部工	主桁	0.2						3.7							13.7	上部工		
	床版	1.0							10.0									
	横桁	0.0							0.0									
下部工		0.0						0.0						0.0	下部工			
支承部		0.2												0.0	支承部			
伸縮装置		0.8												0.0	伸縮装置		13.7	86.3

「平成19年度道路構造物に関する基本データ集」
(国土技術政策総合研究所)より

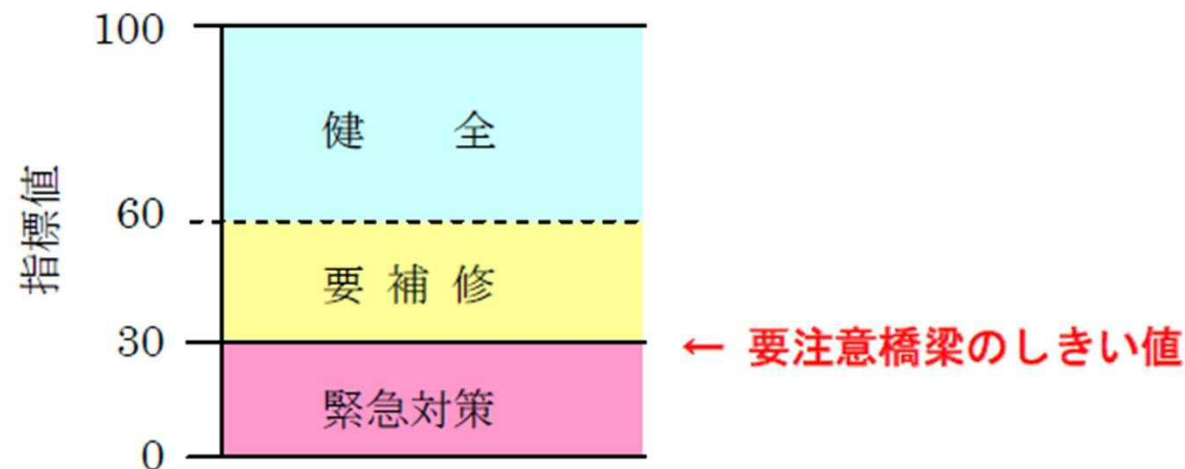
○ : 損傷度合計

○ : 損傷度最大

3. 健全度評価の例

損傷度の評価点を100点から減じて、総合評価指標値とします。

総合評価値の持つ意味合いは下図のように設定されています。



「平成19年度道路構造物に関する基本データ集」(国土技術政策総合研究所)より



3. 健全度評価の例

「平成19年度道路構造物に関する基本データ集」では、全国から集められた点検結果から、全国の橋梁の状態がどうなっているのかを評価するために「総合評価指標」を用いています。

道路管理者側の様々な事情もあるため、そのまま維持管理の現場で用いることはできないと思います。しかし、その考え方は参考できると考えます。

4. 損傷の分類

「総合評価指標」では、以下の3つの要求性能で橋梁の状態を評価しています。

- ① 耐荷性：走行荷重(重量車両)に対する安全性
- ② 災害抵抗性：地震時や洪水時の荷重に対する安全性
- ③ 走行安全性：通常の車両の走行に対する安全性

ただし、補修する橋梁の選定に用いるには、上記項目だけでは不十分であると考えます。

4. 損傷の分類

前頁の要求性能を参考として、橋梁の維持管理に必要な機能を以下の5点に整理しました。

- ① 耐荷力：走行荷重に対する安全性
- ② 災害抵抗性：地震他の災害に対する安全性
- ③ 走行安全性：通常の走行に対する安全性
- ④ 第三者被害：第三者への被害に対する安全性
- ⑤ 耐久性：橋梁の耐久性に関する損傷など

次ページ以降、各種の損傷を上記機能毎に分類してみます。

4. 損傷の分類

① 耐荷力：走行荷重に対する安全性

- 主桁などの耐力部材
腐食、亀裂、変形・欠損
- ボルト(添接部の高力ボルトなど)
ゆるみ・脱落
- RC床版
床版ひびわれ、剥離・鉄筋露出、遊離石灰

4. 損傷の分類

② 災害抵抗性：地震他の災害に対する安全性

- ・ 横構、対傾構など

鋼部材の腐食、ボルトのゆるみ・脱落

- ・ 支承、落橋防止システム(落橋防止装置など)

鋼部材の腐食、ボルトのゆるみ・脱落

- ・ 下部工

柱などの剥離・鉄筋露出

4. 損傷の分類

③ 走行安全性：通常の走行に対する安全性

- RC床版

ひびわれ(損傷程度大)、抜け落ち

- 伸縮装置

段差、ゆるみ・脱落、変形・欠損

- 舗装

凹凸、ポットホールなど

- 防護柵

腐食、変形・欠損

4. 損傷の分類

④ 第三者被害： 第三者への被害に対する安全性

- R C床版

うき、剥離・鉄筋露出

- 地覆、壁高欄

うき、剥離・鉄筋露出

4. 損傷の分類

⑤ 耐久性：橋梁の耐久性に関する損傷など

- 鋼部材
防食機能の劣化
- コンクリート部材
ひびわれ、漏水、遊離石灰
- 伸縮装置
漏水
- 排水管など
漏水、欠損、土砂詰まり

4. 損傷の分類

■ まとめ

ここまで、様々な観点より損傷を分類してみました。

しかし、橋梁の健全度、例えば耐久性を評価するのに損傷だけで良いのでしょうか。

次から、損傷以外の評価項目について考察します。

5. 耐久性に係わる事項

損傷を点数付けして健全度として評価する方法を紹介しました。

しかし、損傷に至っていない機能障害、例えば耐久性に係わる項目は無いのでしょうか。

例えば、鋼上部工に限定すると以下があります。

- ① 鋼橋の塩害
- ② 交通量、大型車混入率
- ③ 水回りに起因する損傷

5. 耐久性に係わる事項

① 鋼橋の塩害

例えば以下の箇所では、鋼橋においても特に塩害を考慮した維持管理が必要になります。

◆ 沿岸地域（飛来塩分による塩害）

海岸からの飛来塩分による塩害

◆ 積雪寒冷地（凍結抑制剤による塩害）

伸縮装置からの漏水による塩害

こ道橋の路下からの塩水跳ね上げによる塩害

隣接橋からの塩水跳ね上げによる塩害

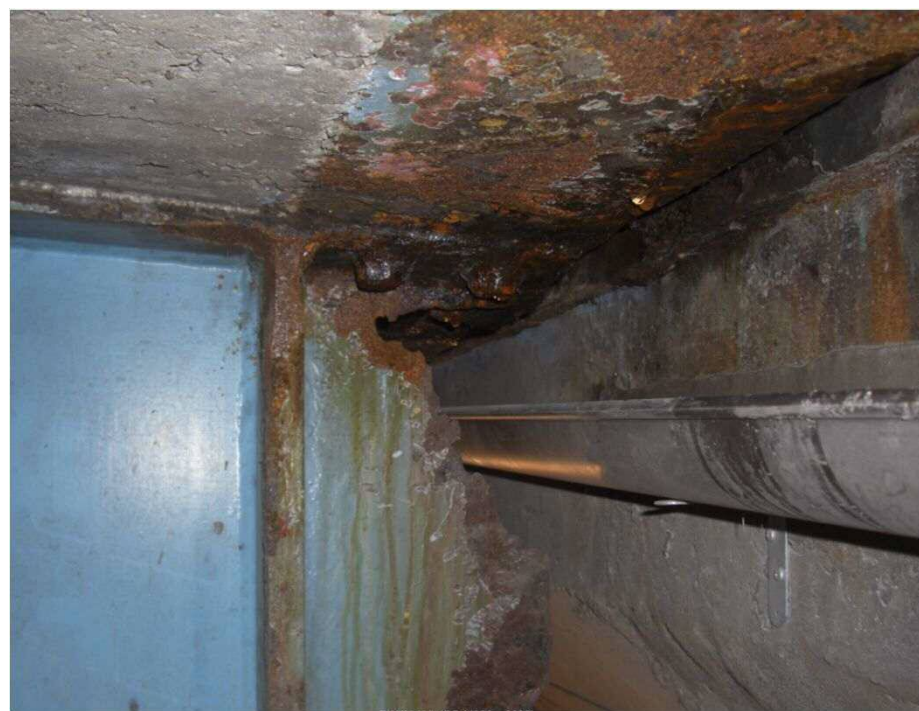
床版上面の塩害

5. 耐久性に係わる事項

① 鋼橋の塩害



飛来塩分による塩害の例



伸縮装置漏水による塩害の例

5. 耐久性に係わる事項

① 鋼橋の塩害



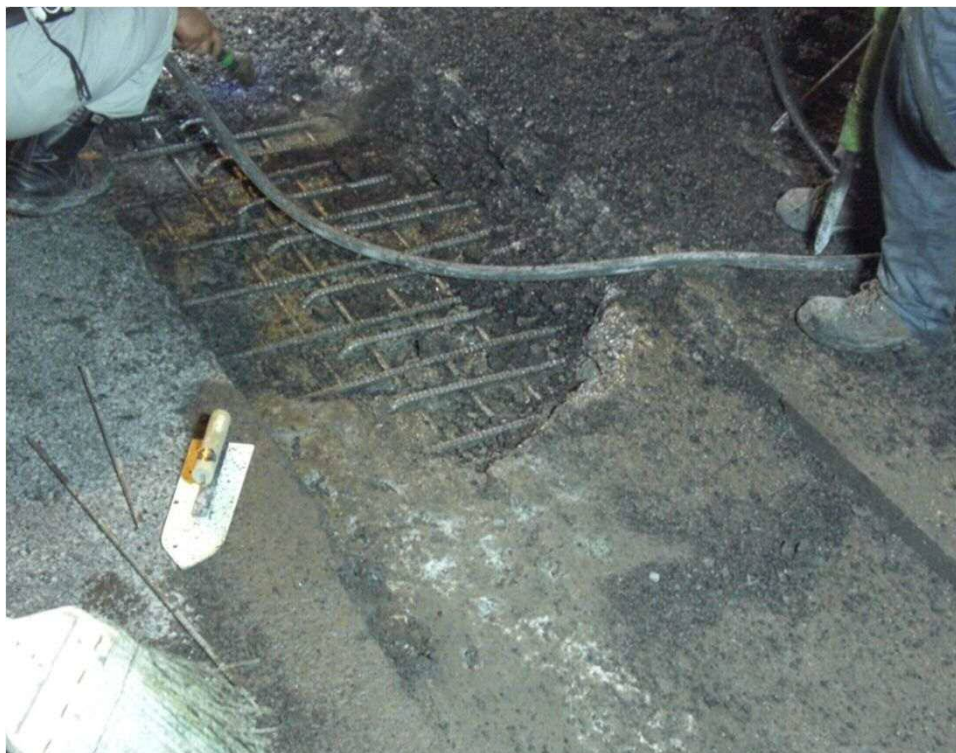
路下道路からの塩水跳ね
上げによる塩害の例



隣接橋からの塩水跳ね
上げによる塩害の例

5. 耐久性に係わる事項

① 鋼橋の塩害



床版上面土砂化
(塩害などによる)

5. 耐久性に係わる事項

② 交通量、大型車混入率

交通荷重を直接受ける床版においては、活荷重による疲労損傷が多く見られます。

特に交通量が多い、さらに大型車混入率の高い路線に多く見られます。

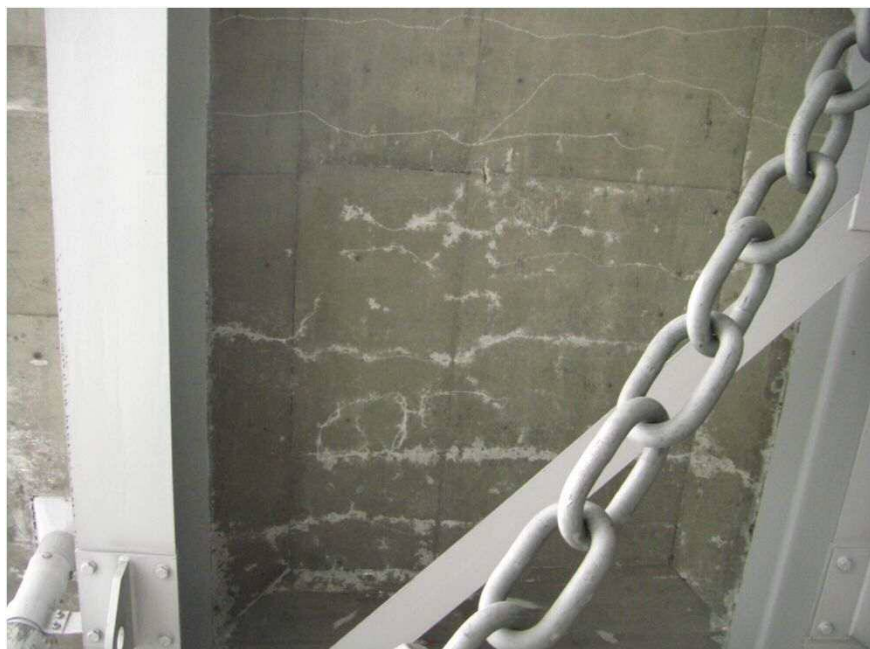
また、古い示方書で設計された橋梁では、傾向が顕著です。

① R C床版（S 3 9 年道示以前）

② 鋼床版（特に交通量の多い路線）

5. 耐久性に係わる事項

② 交通量、大型車混入率



RC床版の損傷事例
(ひびわれ、遊離石灰)

RC床版上面に、床版内への水分の進入を防ぐ防水層を設けることで、床版の疲労耐久性は大幅に向上する。

(10倍程度向上すると言われている)

左の写真の遊離石灰は、床版のひびわれが上面まで貫通していることと、床版の防水機能が無い、あるいは機能低下していることを示している。

5. 耐久性に係わる事項

③ 水回りに起因する損傷

定期点検で見つかる損傷の多くは、水回りの不良に起因する物です。

水回り不良は、「漏水」あるいは「排水装置の損傷」以外は損傷としてあげられていないため、見過ごされがちです。

水回り不良をチェックする要領として、例えば「岐阜県橋梁点検マニュアル 第2編 初期点検、第2章 水じまい点検要領」、があります。

5. 耐久性に係わる事項

「水じまい点検要領」では、以下に示す4点の水じまいに関するチェックを行っています。

これにより、定期点検では損傷として挙げられない機能不良（流末不良、水切り不良）のチェックまでできるようになっています。

表－2.1 点検項目（水じまい）

確認場所	確認項目（着眼点）
桁端部や排水装置周辺	①排水管の流末が、支承部および主桁等に水かかりの状態となっている
	②床版排水工（スラブドレーン）の流末が、主桁等に水かかりの状態となっている
	③伸縮装置の周辺（部材添接部やコンクリート後打ち部など）から、漏水が発生している
	④床版の水きりが機能していない

「岐阜県橋梁点検マニュアル 第2編 初期点検、第2章 水じまい点検要領」より

5. 耐久性に係わる事項

水じまい点検の結果の例を以下に示します。



排水管流末不良の例



スラブドレーン流末不良の例

5. 耐久性に係わる事項

水じまい点検の結果の例を以下に示します。



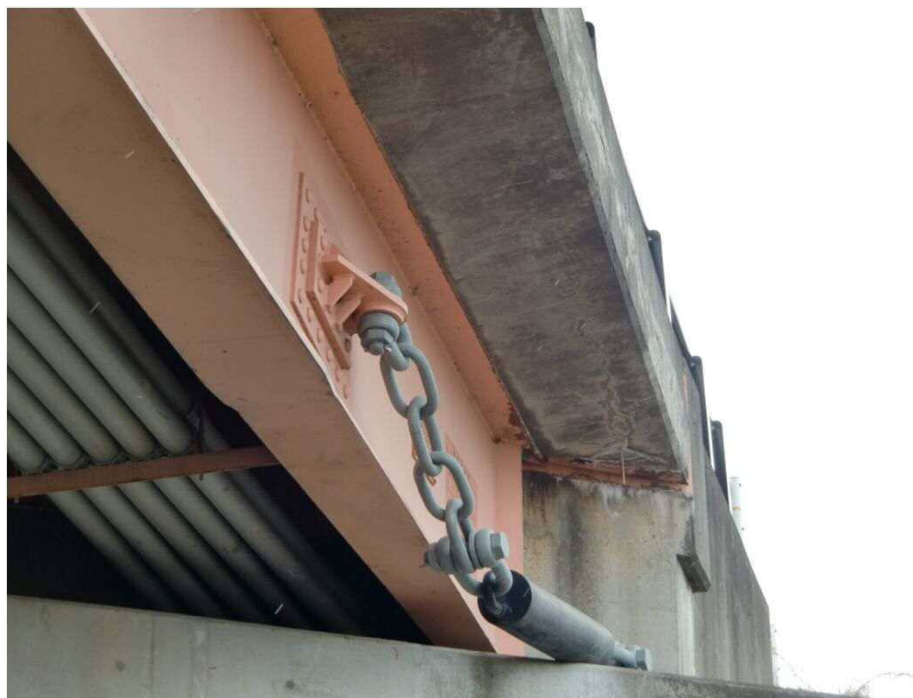
伸縮装置からの漏水の例



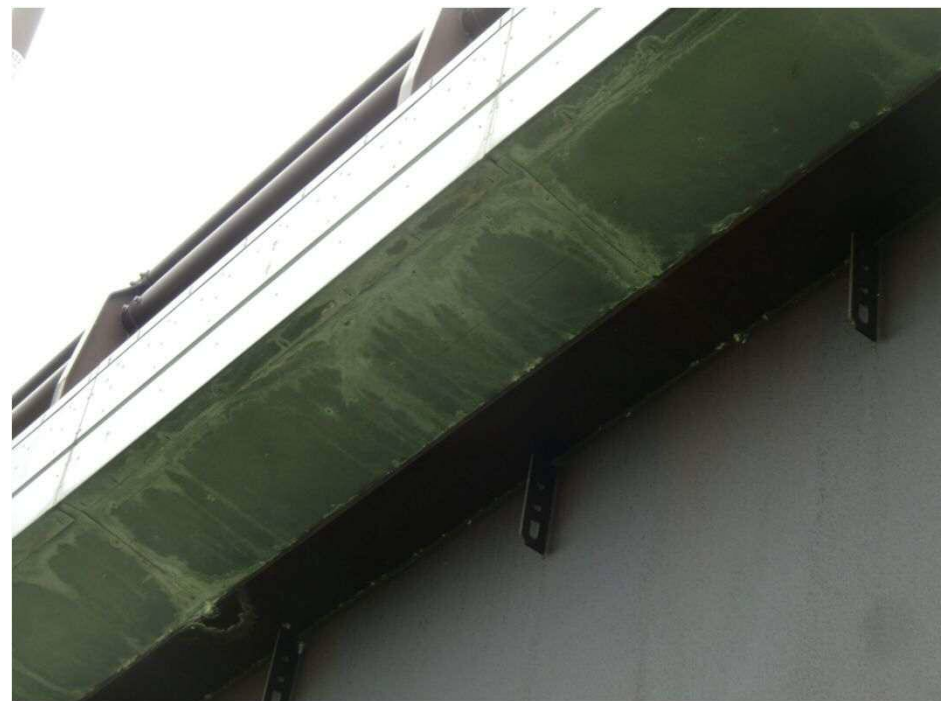
伸縮装置からの漏水の例

5. 耐久性に係わる事項

水じまい点検の結果の例を以下に示します。



水切りが設置されていない例



水切り不良の例



6. おわりに

橋梁を維持管理していく上では、橋梁の状況として損傷を把握するだけでなく、損傷の要因、及び橋梁が置かれている環境までも把握することが重要です。

本資料が、今後橋梁を維持管理していく上で、少しでも役に立てば幸いです。

以上