

令和8年度 技術力研修 橋梁の維持管理および補修

鋼部材 編

特定非営利活動法人 秋田道路維持支援センター

目次

1 損傷しやすい部位と設計・施工

- 1-1 鋼橋の損傷傾向
- 1-2 劣化損傷が多い部位：桁端部
- 1-3 昔の橋の材料・構造に注意

2 鋼橋の健全度と設計・施工

- 2-1 防食機能の劣化及び腐食
- 2-2 亀裂及び破断
- 2-3 その他の損傷と補修例

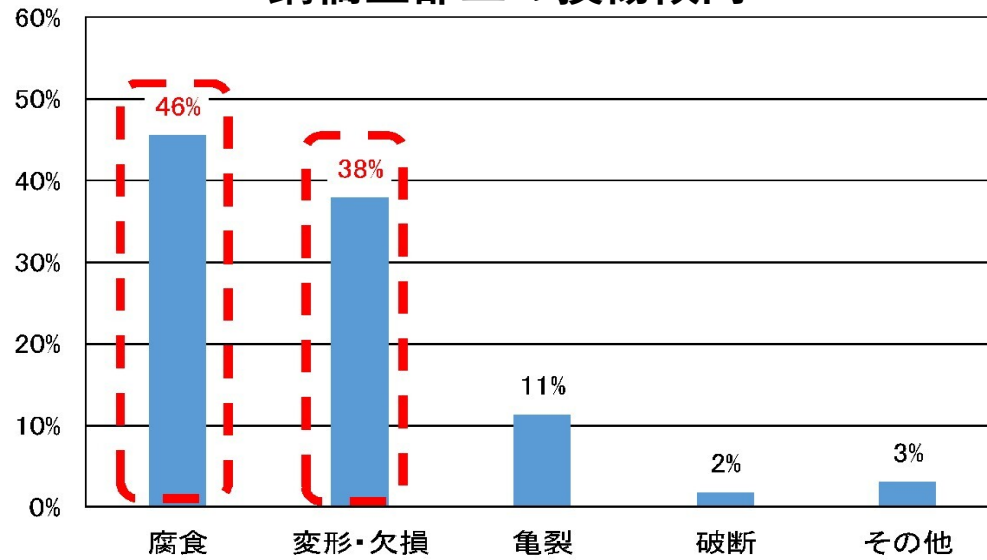
3 現場を知って設計・施工に留意

- 3-1 図面に載っていない構造物・付属物
- 3-2 狭隘な施工空間
- 3-3 重機を使用できない施工箇所
- 3-4 車両と共用しながらの作業
(通行止め不可)

1 損傷しやすい部位と設計・施工

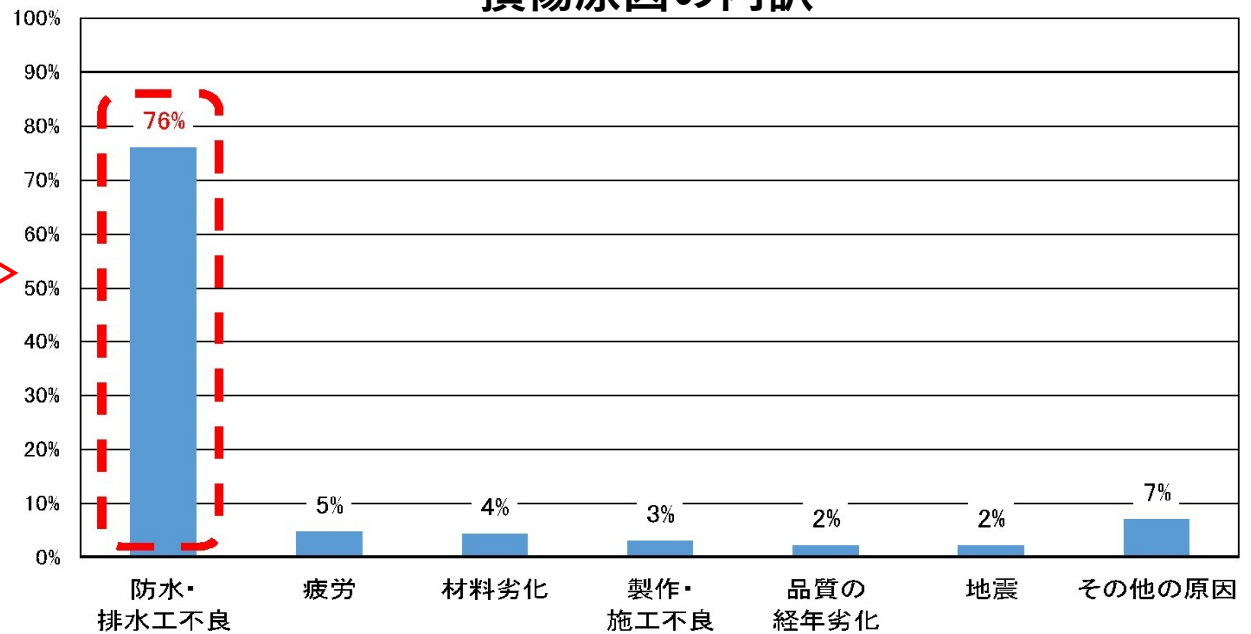
1-1 鋼橋の損傷傾向

鋼橋上部工の損傷傾向



劣化が顕著化している損傷は、「腐食」「変形：欠損」が多い傾向

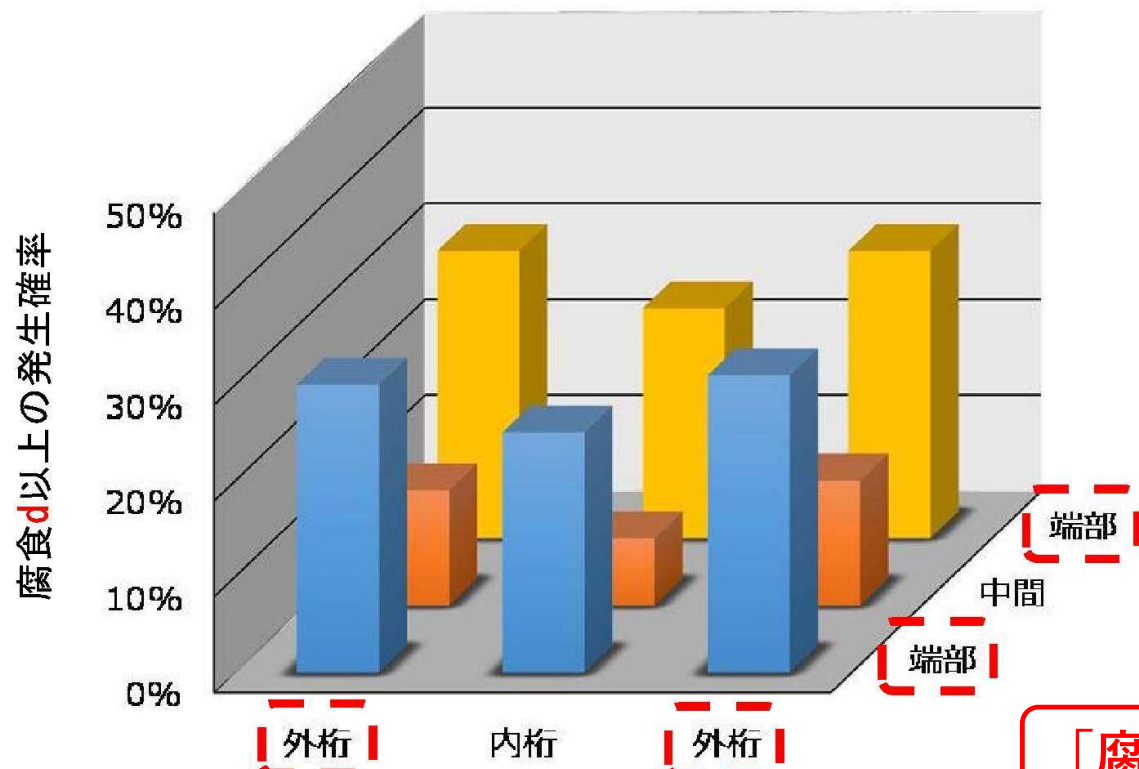
損傷原因の内訳



損傷原因は、「防水・排水不良」が大半を占める

※対象は診断区分Ⅲ

部位別の損傷割合

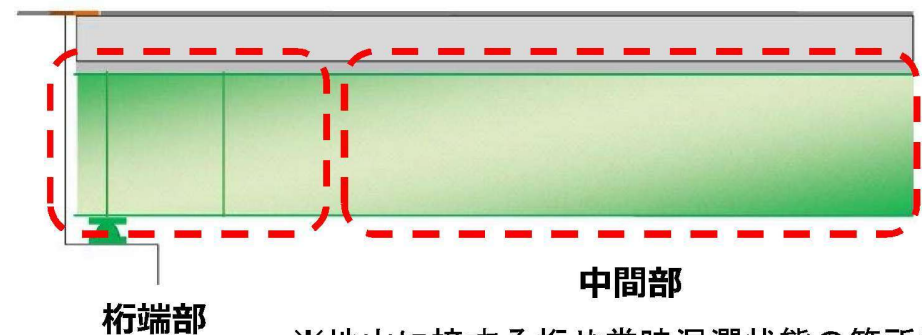
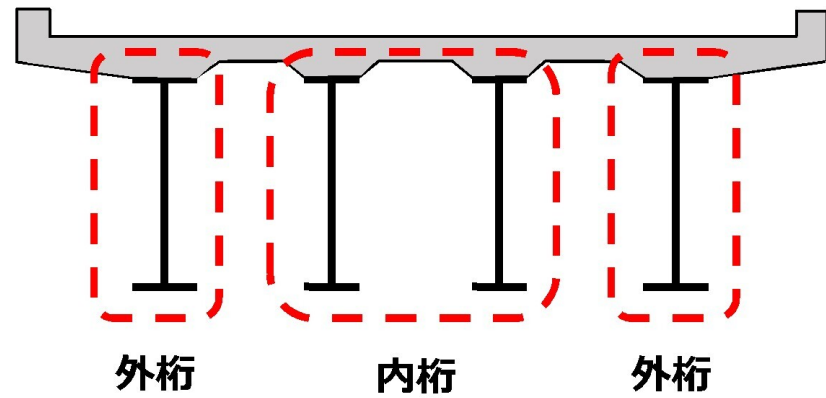


※腐食 b ~ e が対象



桁端部の腐食状況

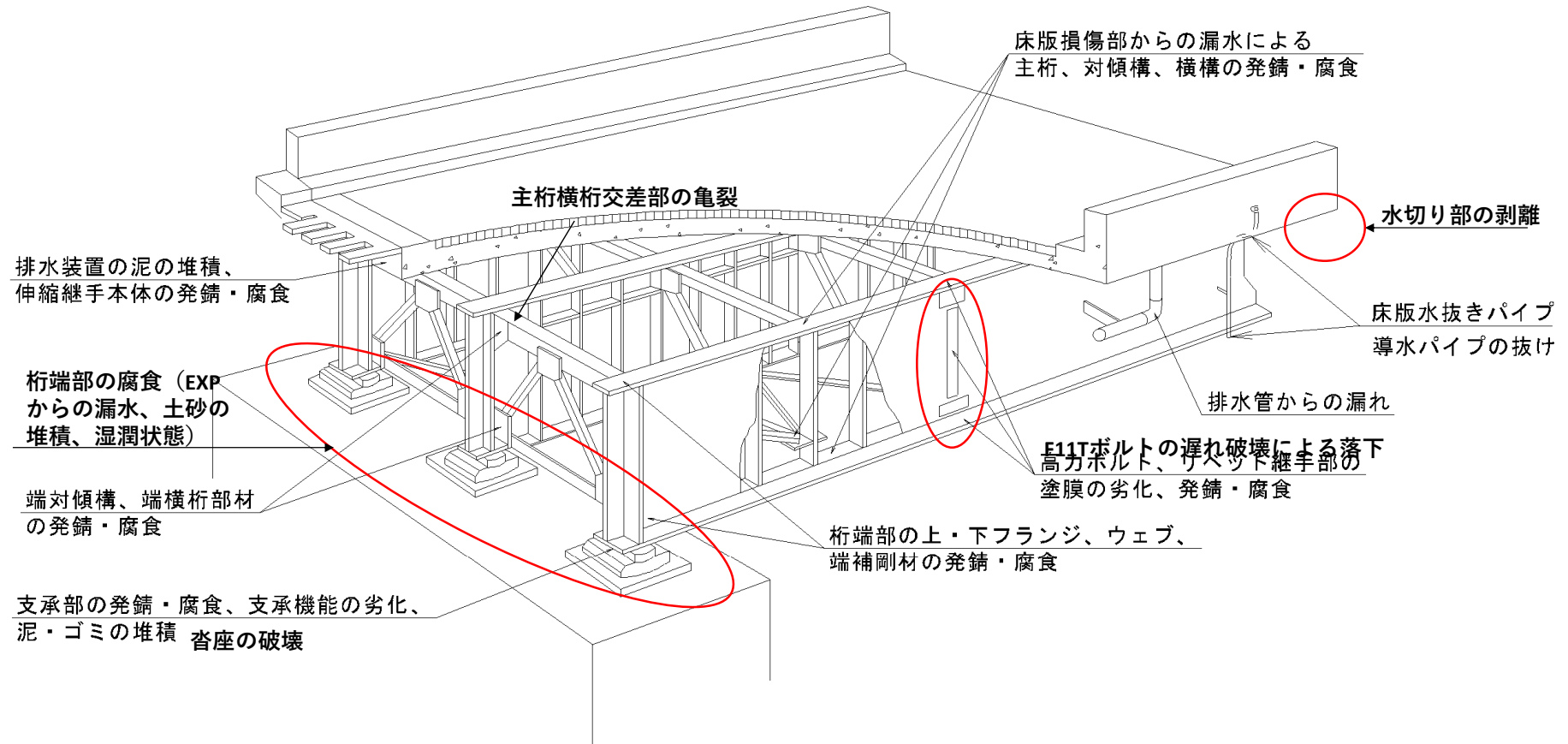
「腐食 d」 以上は桁端部に集中



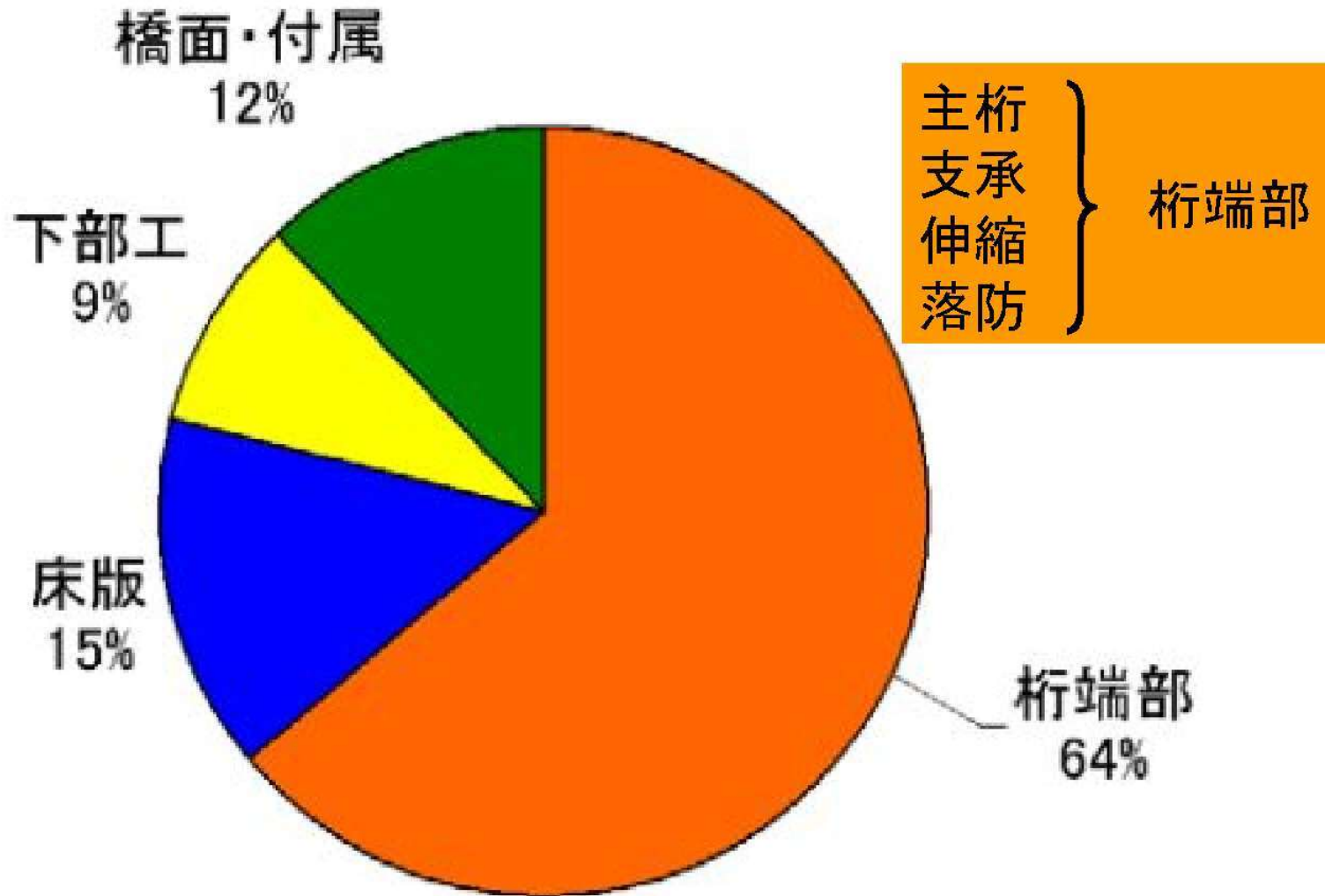
※地山に接する桁や常時湿潤状態の箇所は位置にかかわらず注意が必要

1-2 劣化損傷が多い部位 : 桁端部

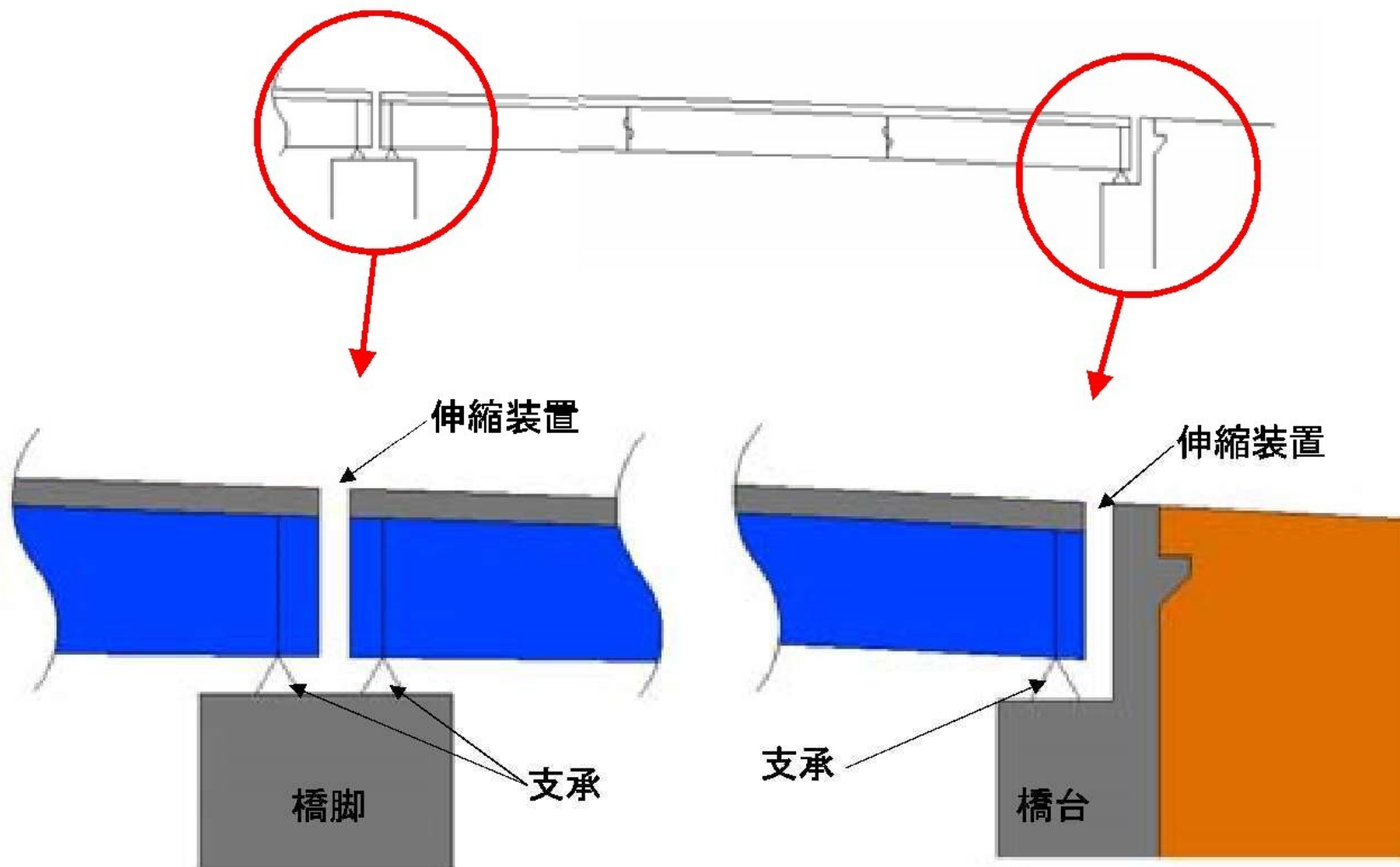
鉄桁の損傷の着眼点



桁端部に着目した箇所別損傷発生率

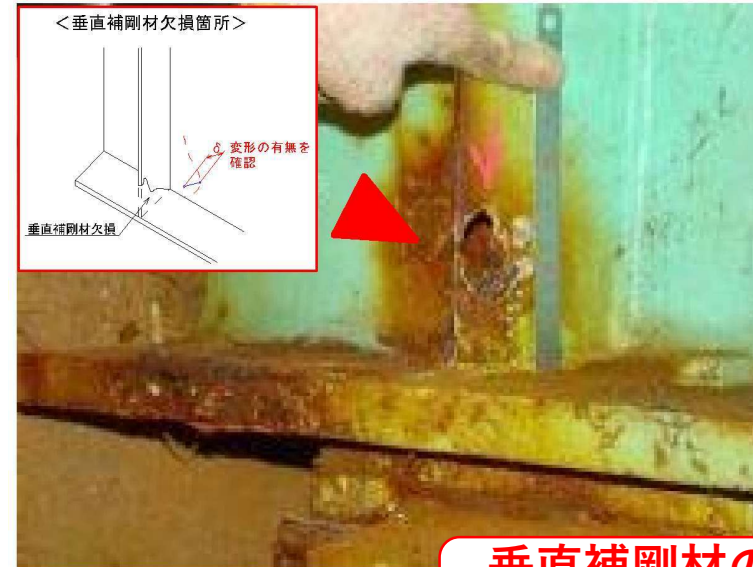


桁端部



桁端部の劣化・損傷例①

桁端部の発錆・腐食



支承の腐食損傷

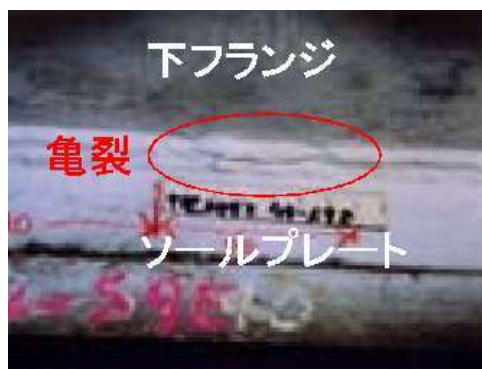
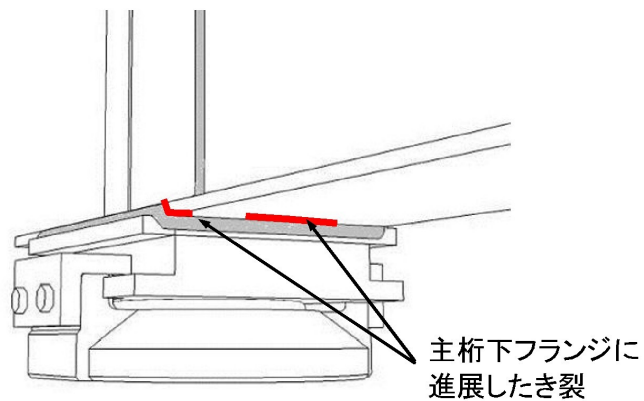


腐食-固結

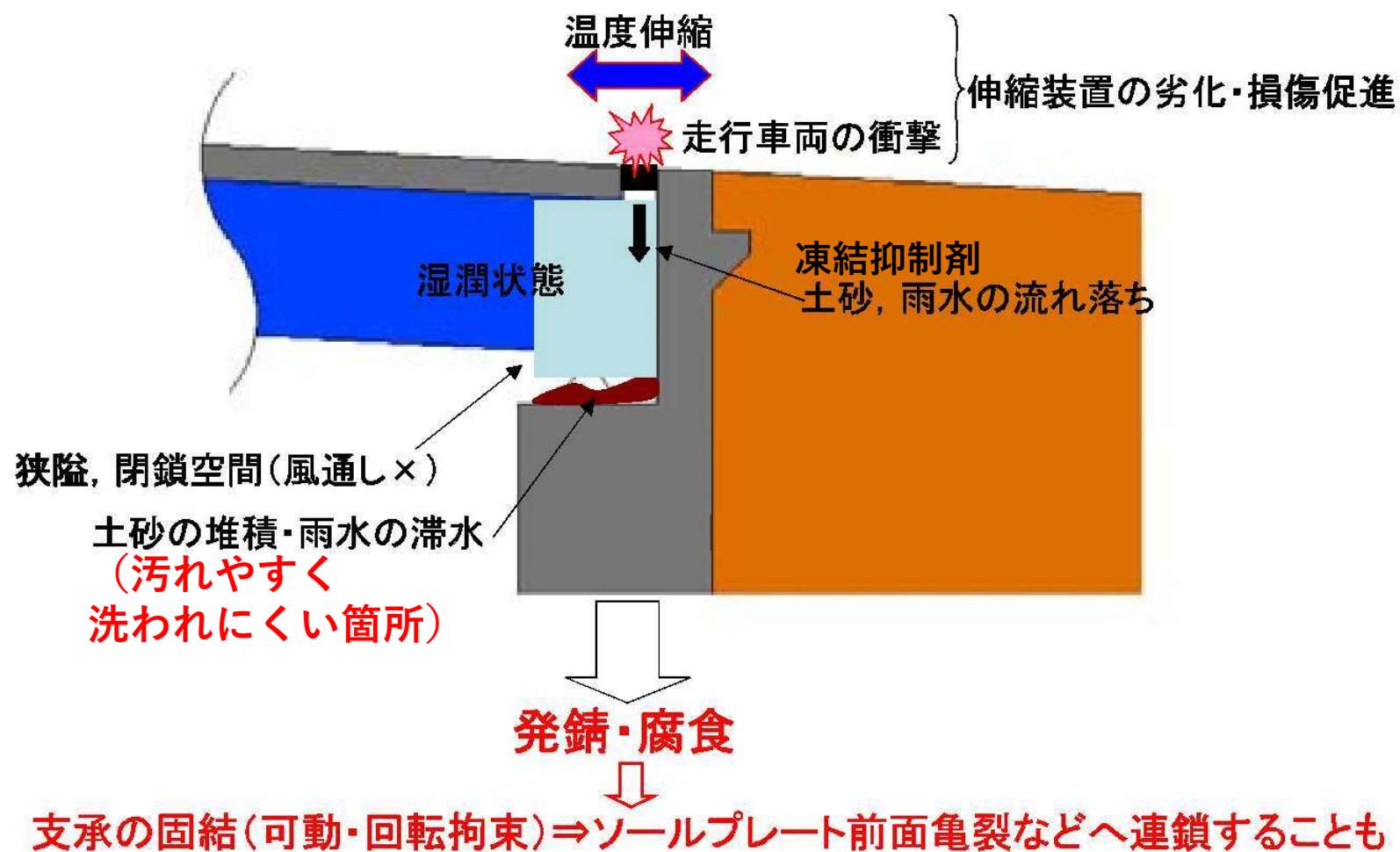


アンカーボルトの腐食

支承のソールプレート前面の疲労亀裂



なぜ桁端部に腐食・損傷が多いのか



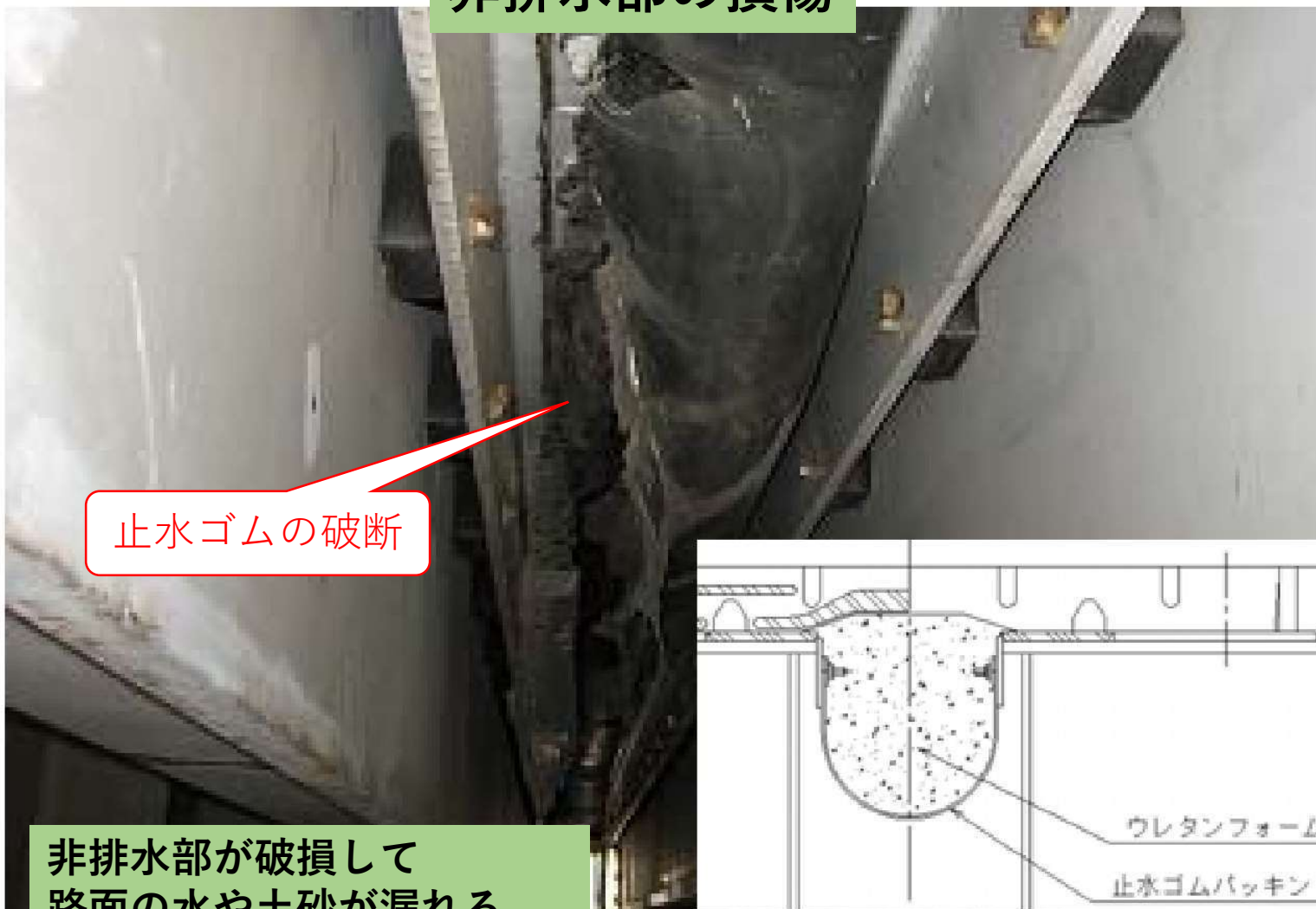
なぜ桁端部に腐食・損傷が多いのか

- ① 伸縮装置の損傷・劣化
 - ⇒ 路面からの土砂・雨水の流れ落ち
 - 土砂・雨水の堆積・滞水
 - 凍結抑制剤

- ② 閉鎖的空間・狭隘（風通しの悪さ）
 - ⇒ 堆積物の滞留
 - 湿気の滞留
 - メンテナンス性の悪さ

① 伸縮装置の損傷・劣化（土砂・雨水の流れ落ち）

非排水部の損傷



止水ゴムの破断

非排水部が破損して
路面の水や土砂が漏れる

ウレタンフォーム
止水ゴムパッキン

① 伸縮装置の損傷・劣化（土砂・雨水の流れ落ち）

排水型伸縮装置



桁を塗り替えたが伸縮装置が排水型なので、また錆びる可能性が高い

そのまま土砂・雨水が流れ落ちる

桁下面より

① 伸縮装置の損傷・劣化（土砂・雨水の流れ落ち）

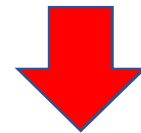
土砂の堆積



伸縮装置から土砂が堆積、支承も埋まっている

伸縮装置の損傷・劣化原因

- ・ 通行車両による繰り返される衝撃
- ・ 過積載車両による過大な衝撃
- ・ 非排水部材などの経年劣化



ある程度は避けられないため定期的なメンテナンス（点検、交換）が必要

桁端部の損傷・劣化を防ぐには・・・

① 伸縮装置の損傷・劣化（土砂・雨水の流れ落ち）

定期的な点検と補修・交換
を容易にするために・・・

定期点検を容易にする

⇒ 点検の都度、足場を設置しなくてもよいように、
検査路・梯子等を設置し、伸縮装置下側に
アクセスできるようにしておく

補修・交換を容易にする

⇒ レーンマーク位置で伸縮装置を分割しておく
など交換しやすい構造の採用

② 閉鎖的空間・狭隘（風通しの悪さ）

狭隘な桁端部の事例①



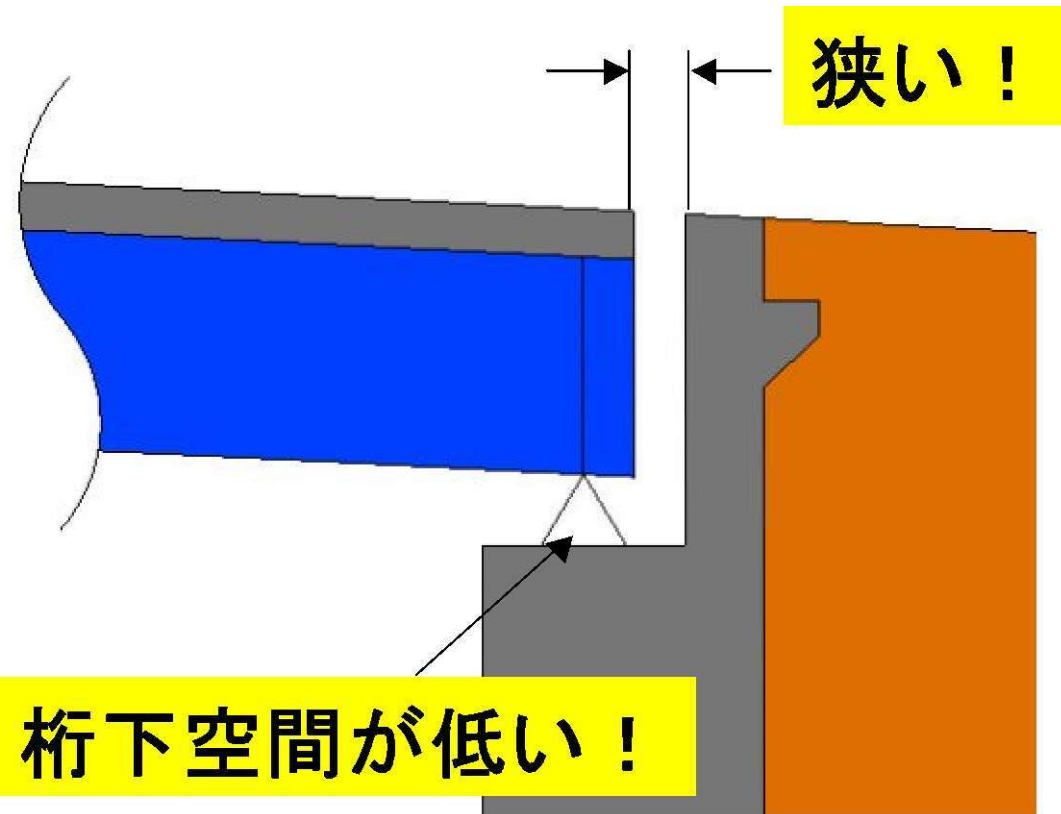
② 閉鎖的空間・狭隘（風通しの悪さ）

狭隘な桁端部の事例②



② 閉鎖的空間・狭隘（風通しの悪さ）

維持管理を考慮していない構造



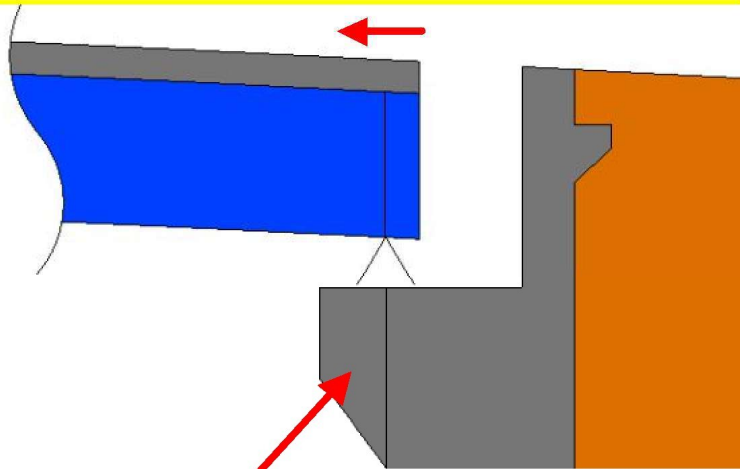
桁端部の損傷・劣化を防ぐには・・・

② 閉鎖的空間・狭隘（風通しの悪さ）

桁端部の空間確保—新設橋梁設計時の配慮

-STEP 1-

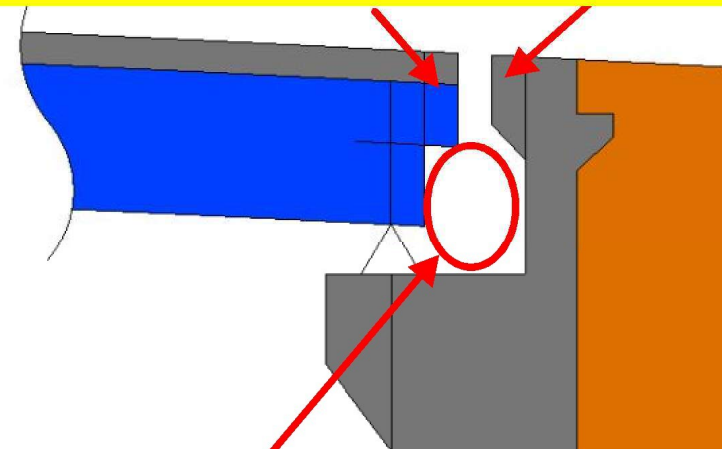
② 支点を支間中央側に移動する



① 橋台天端を
広くする

-STEP 2-

③ 主桁の上側と床版を延ばす
④ 橋台パラペットの上側を広げる



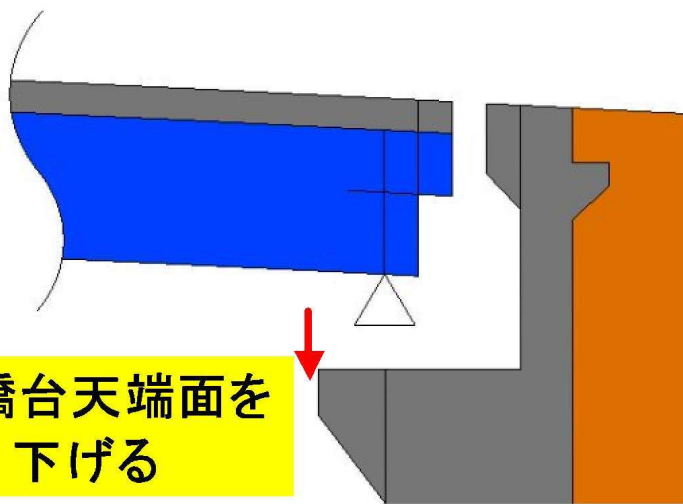
スペースができて
風通しが良くなる

桁端部の損傷・劣化を防ぐには・・・

② 閉鎖的空間・狭隘（風通しの悪さ）

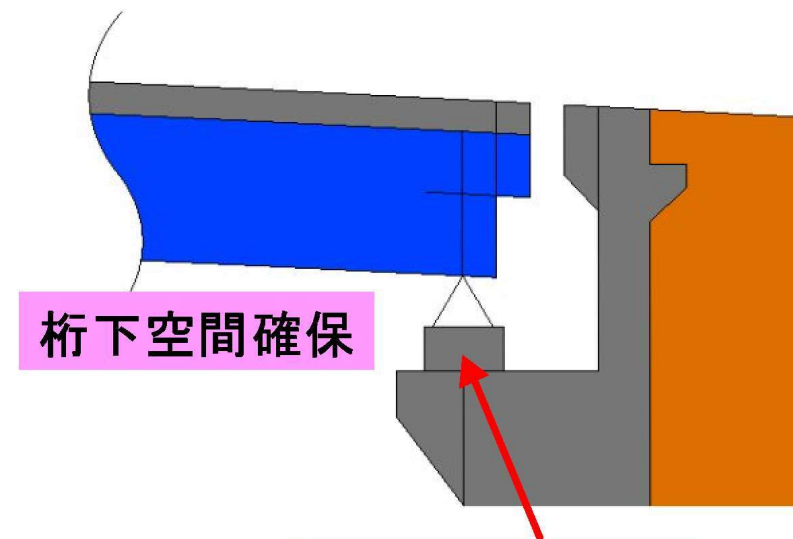
桁端部の空間確保—新設橋梁設計時の配慮

-STEP 3-



⑤ 橋台天端面を下げる

-STEP 4-



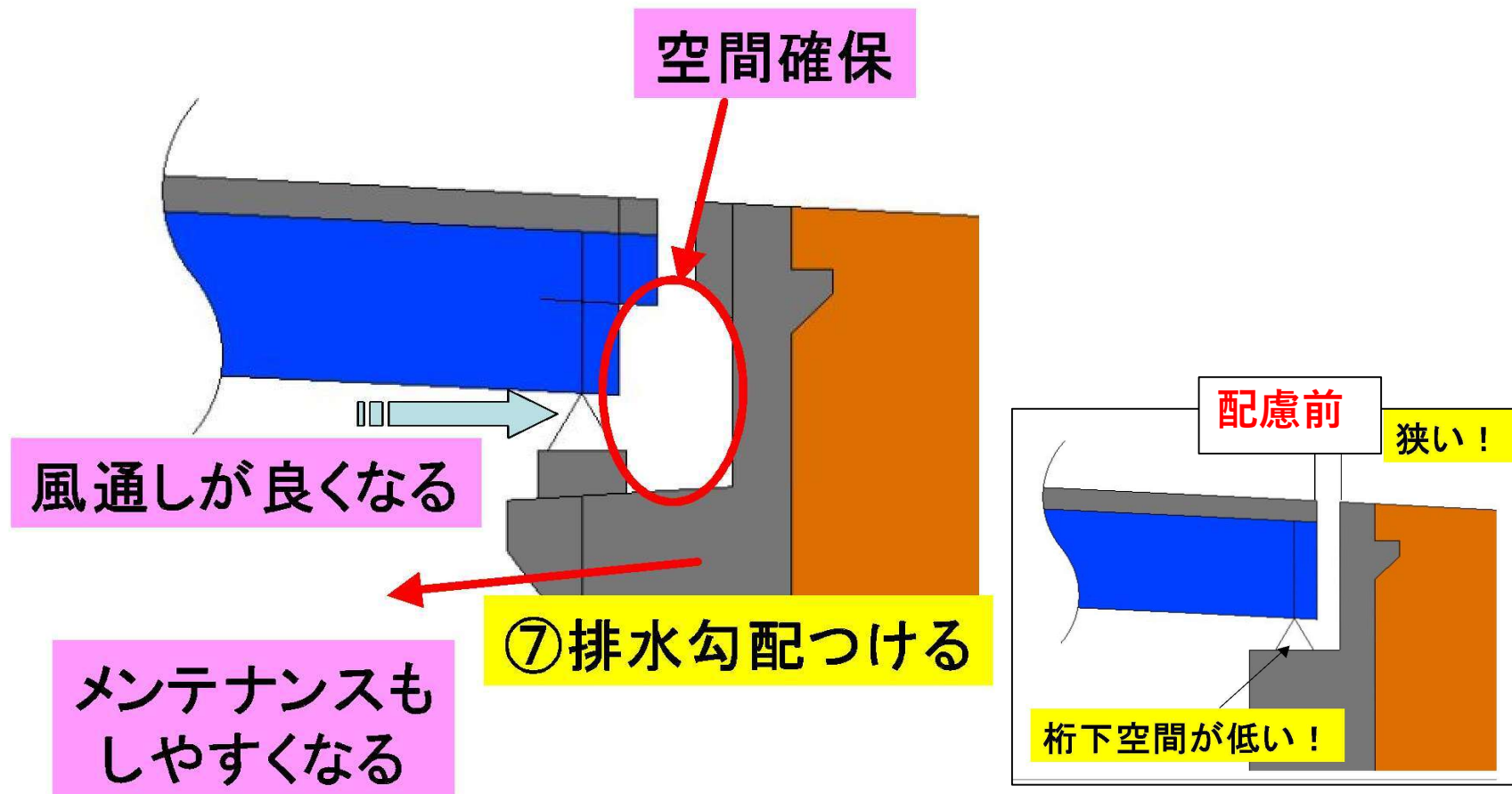
桁下空間確保

⑥ 沓座を設ける

桁端部の損傷・劣化を防ぐには・・・

② 閉鎖的空間・狭隘（風通しの悪さ）

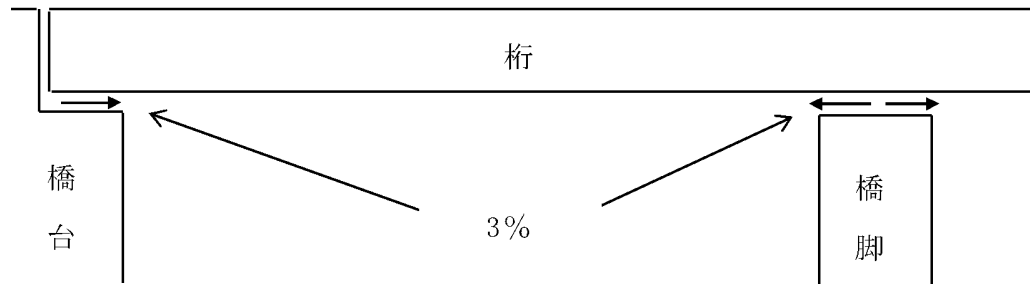
桁端部の空間確保—新設橋梁設計時の配慮



桁端部の損傷・劣化を防ぐには・・・

② 閉鎖的空間・狭隘（風通しの悪さ）

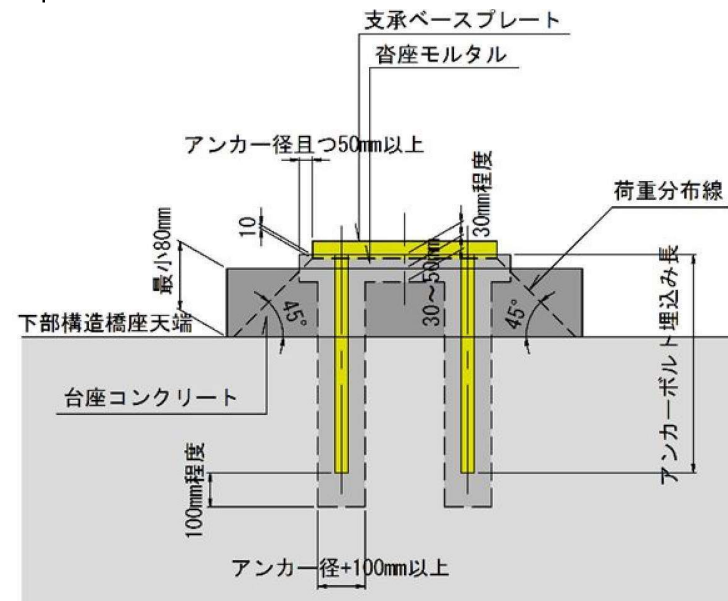
桁端部の空間確保—新設橋梁設計時の配慮



下部構造頂部の縦断方向の勾配

耐久性向上のための配慮

支承下面の台座形状

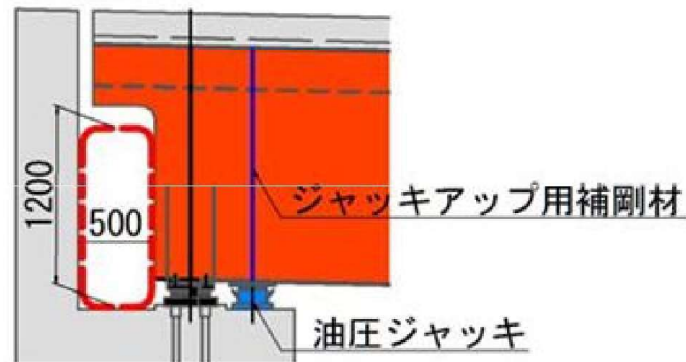


設計施工マニュアル（案）〔道路橋編〕
R5年.3月 東北地方整備局

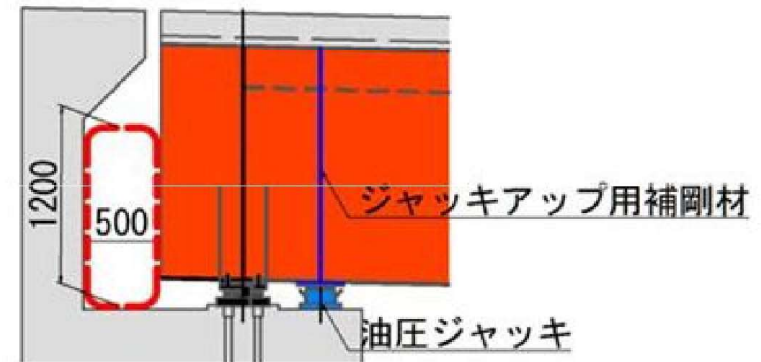
桁端部の損傷・劣化を防ぐには・・・

② 閉鎖的空間・狭隘（風通しの悪さ）

桁端部の空間確保—新設橋梁設計時の配慮



a) 桁を切欠く場合



b) 胸壁を切欠く場合

管理スペースを確保することがスタンダードになっている

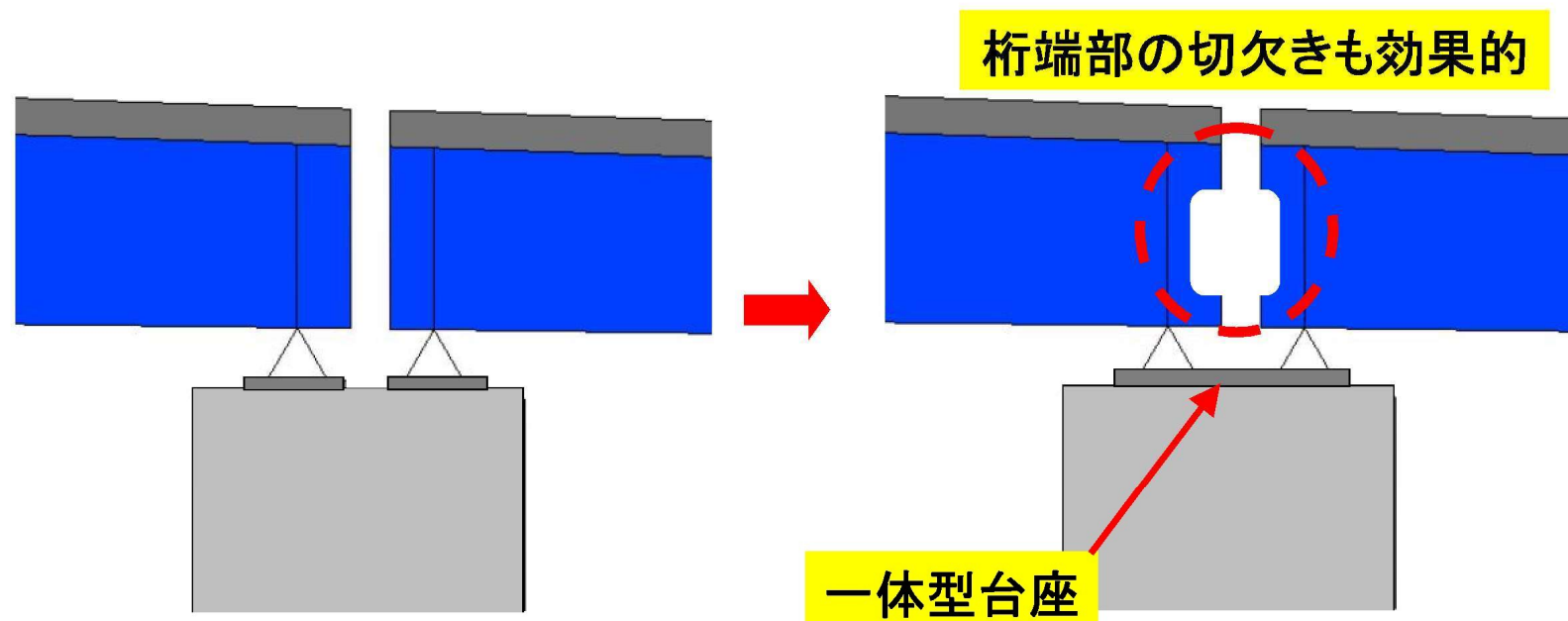
設計施工マニュアル（案）〔道路橋編〕

H28.3 東北地方整備局

桁端部の損傷・劣化を防ぐには・・・

② 閉鎖的空間・狭隘（風通しの悪さ）

桁端部の空間確保—既設橋梁の場合



落橋防止装置の配置の際は、維持管理を配慮！

桁端部の損傷・劣化を防ぐには・・・

② 閉鎖的空間・狭隘（風通しの悪さ）

桁端部の空間確保—**既設橋梁の場合**



一体型台座の施工例

1-3 昔の橋の材料・構造に注意

- ① リベット
- ② 高力ボルト F 11 T
- ③ 桁高変化部フランジ曲げ構造
- ④ 古材（硫黄含有量の多い鋼材）

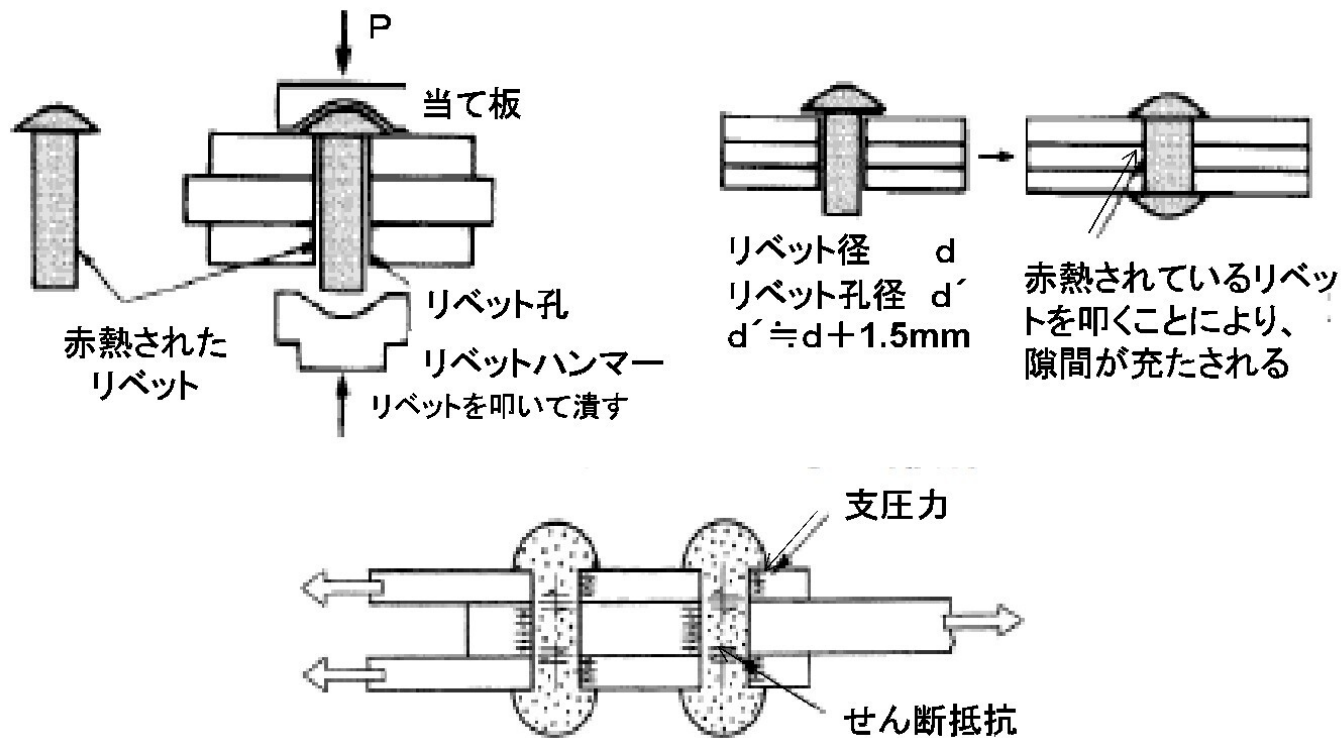
① リベット

- ・ 高力ボルト使用以前の一般的な継手構造
- ・ 昭和50年初頭くらいが最後
- ・ 支圧接合
- ・ リベット自体は問題ではないが、補修時には留意が必要



① リベット

リベット継手の模式図

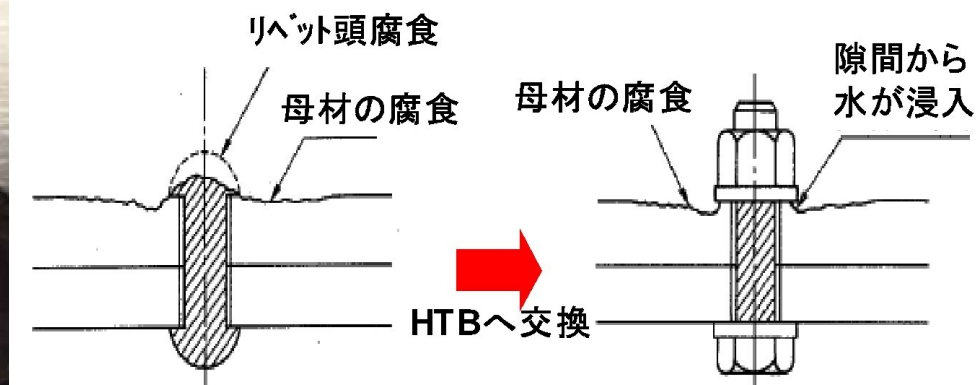


リベットの留意点

(1) 腐食リベットの取替え

リベット頭が腐食しているのみで緩んでいない場合
...取替えより、逆に隙間から水が浸入し腐食が進行した事例もあり

- ・取替えより、腐食対策が好ましい場合が多い



腐食リベットの取替えによる水の侵入

リベットの留意点

- (2) リベットの高力ボルトへの取替え
リベットの接合面は防錆塗装として鉛丹錆止
塗料が塗布されている場合が多い
⇒ 摩擦係数0.4を確保することが困難



- ・ 接合面の処理
 - ・ 高力ボルトのサイズアップ
 - ・ 打込式高力ボルトの使用
- 等の検討が必要な場合がある

② 高力ボルト F 11 T

昭和40年代後半～50年代初頭
高力ボルト F 11 T が使用された

通常の F 10 T と比較して1割程
度高強度

⇒ ボルト本数の削減

⇒ 盛んに使われた

F 13 T というのも一部で使われた

昭和55年（1980年）の改訂以降、
道路橋における使用が禁止されている

ある時間が経過したのち
突然 脆性的に破壊！！



上フランジの添接部ボルト
が脱落。F11T-1本

高張力鋼特有の「遅れ破壊」

高い応力下で使用されている特有の鋼材で
一定の経年後に亀裂が発生する現象



ボルトの脱落及び破断

F 11 T の確認

- (1) 図面での確認：3種という表現の場合あり
- (2) 現地での確認：ボルトヘッドマークで確認

F 11 T と明記

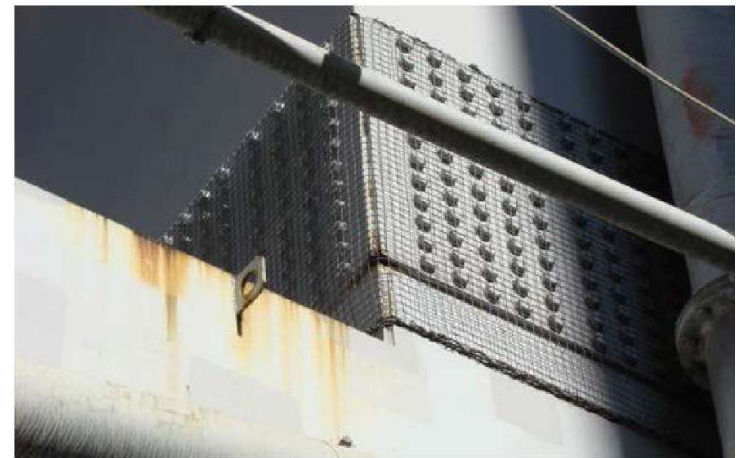


F 11 T の脱落対策

まずは、破断したボルトが落ちて第3者に被害を与えないよう落下防止措置を実施



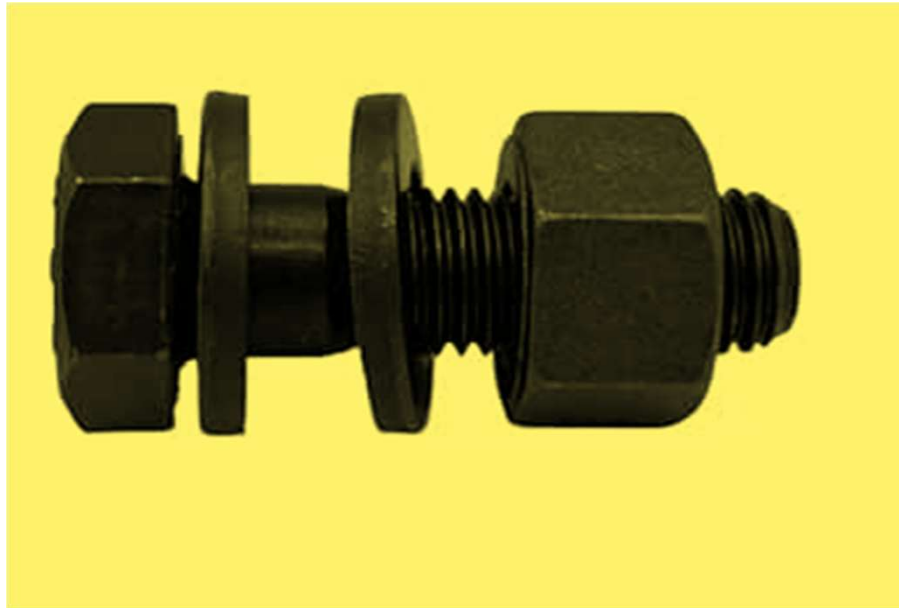
落下防止キャップの取付



落下防止ネットの取付

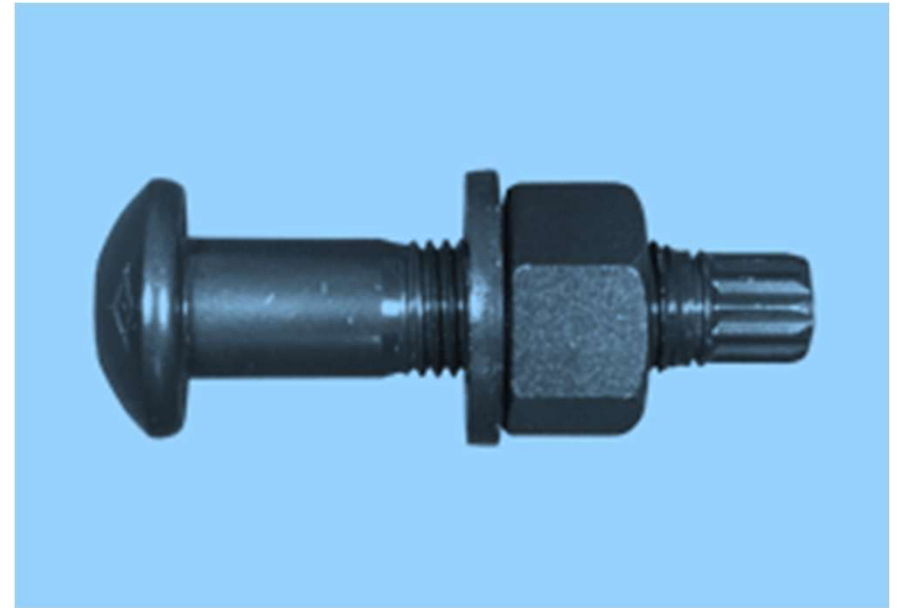
高力ボルトの比較

六角高力ボルト(F11T、F10T)



1次締め後→マーキング→トルクレンチ本締め
(ナット回転法)
 $120^{\circ} \pm 30^{\circ}$

トルシア形高力ボルト(S10T)



1次締め後→マーキング→シャーレンチ本締め
(ピンテール破断)

③ 桁高変化部（フランジ曲げ構造）

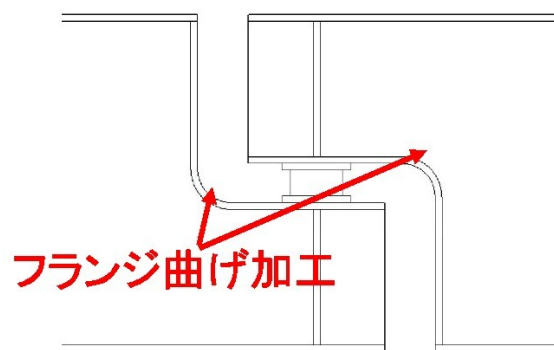
【桁端切欠】



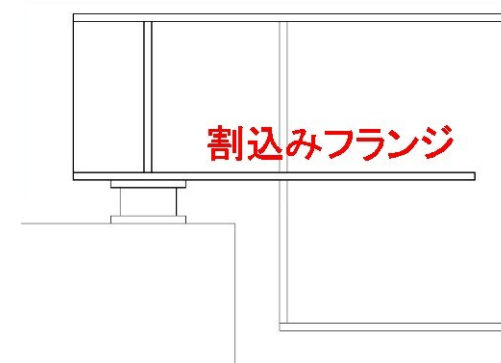
・フランジ曲げ構造は応力が集中するとともに、構造的に溶接内部に隙間（ルートギャップ）が残りやすいため、亀裂損傷の多い部分である



【ゲルバーヒンジ】



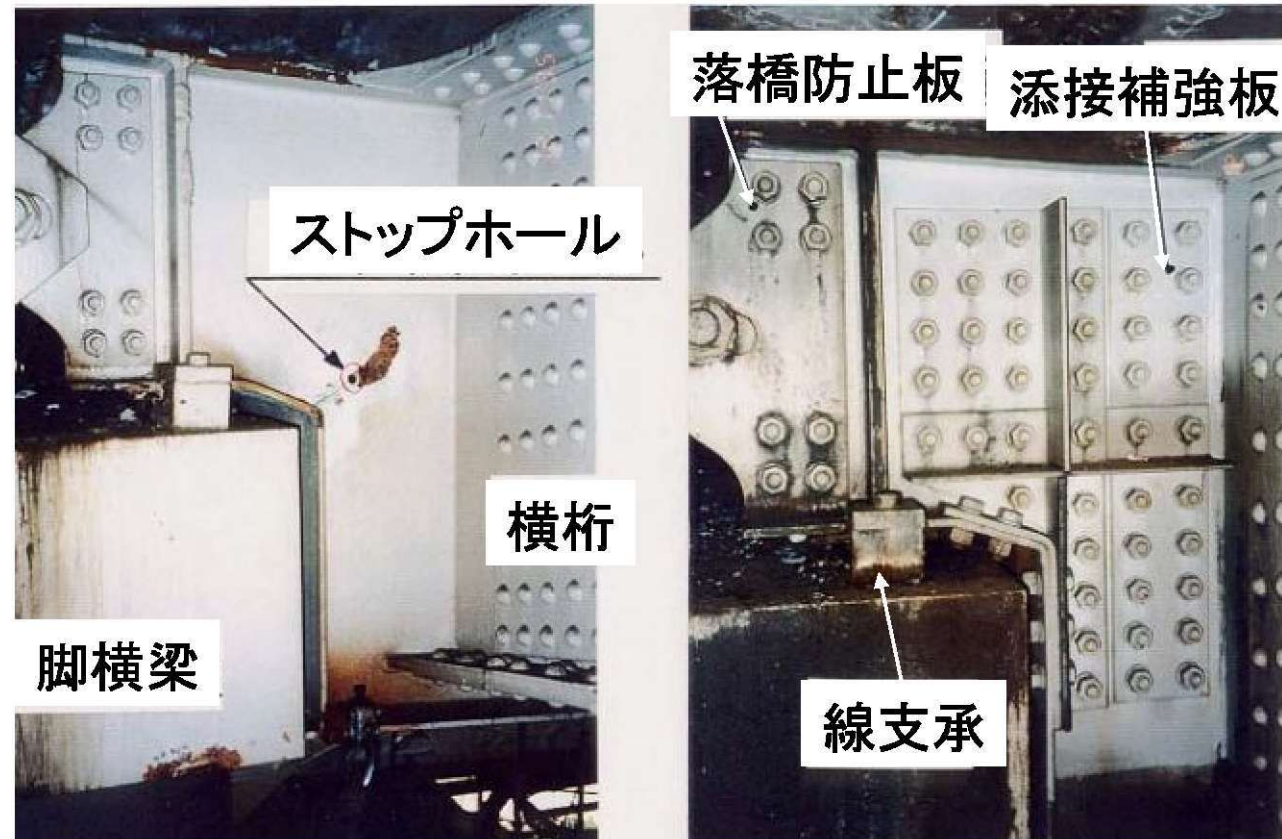
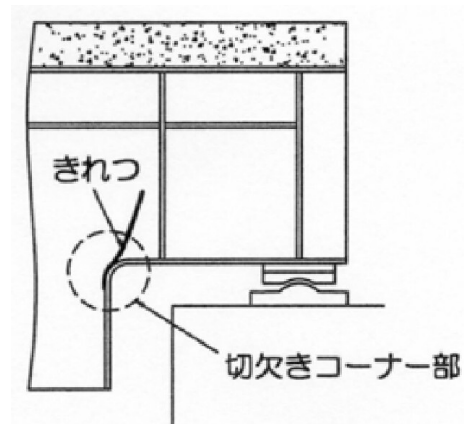
現在の桁高変化部構造



桁高変化部の亀裂補修事例①

【桁端切欠部】

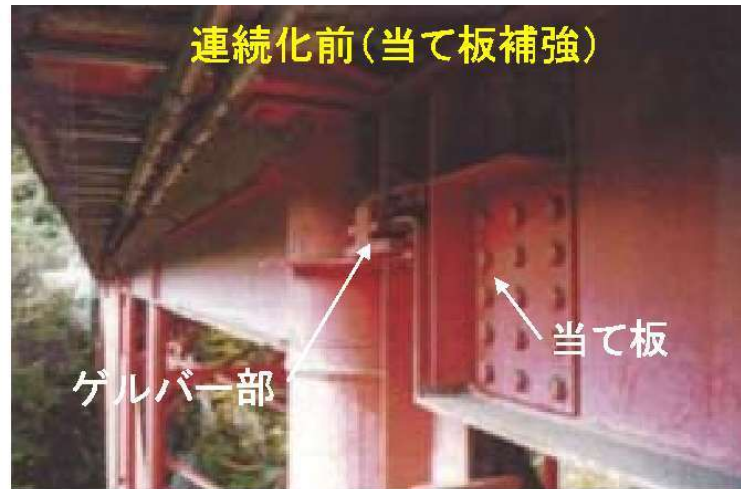
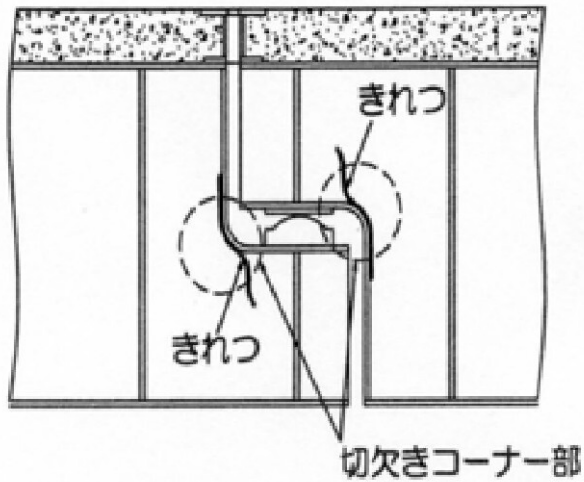
補強板による補強



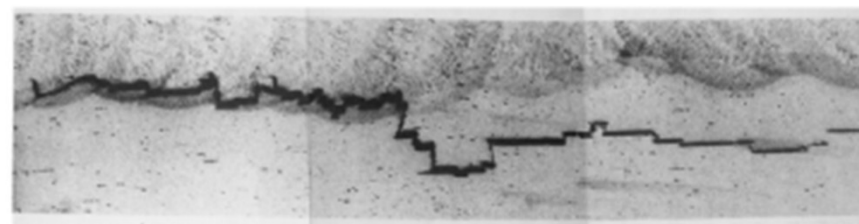
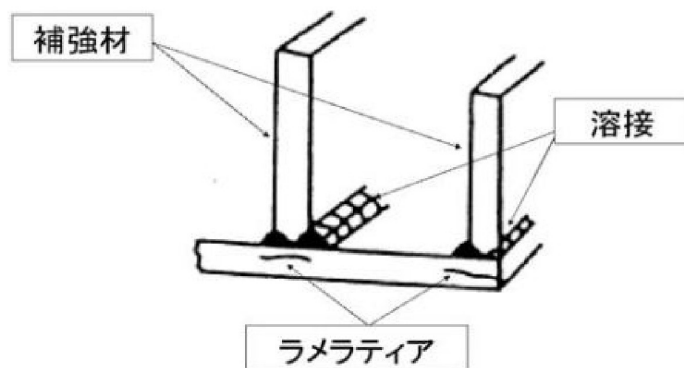
桁高変化部の亀裂補修事例②

【ゲルバーヒンジ部】

補強板 ⇒ 連続化

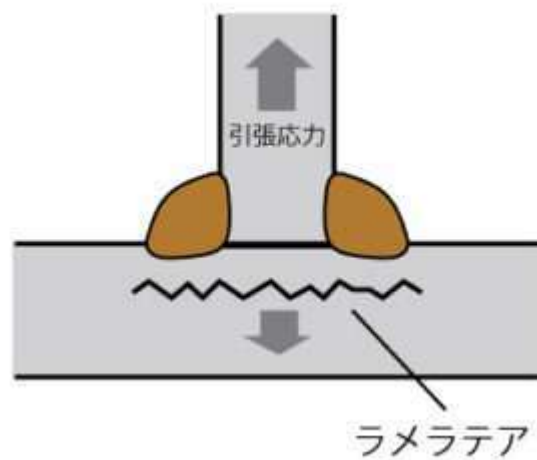


④ 古材（硫黄含有量の多い鋼材）

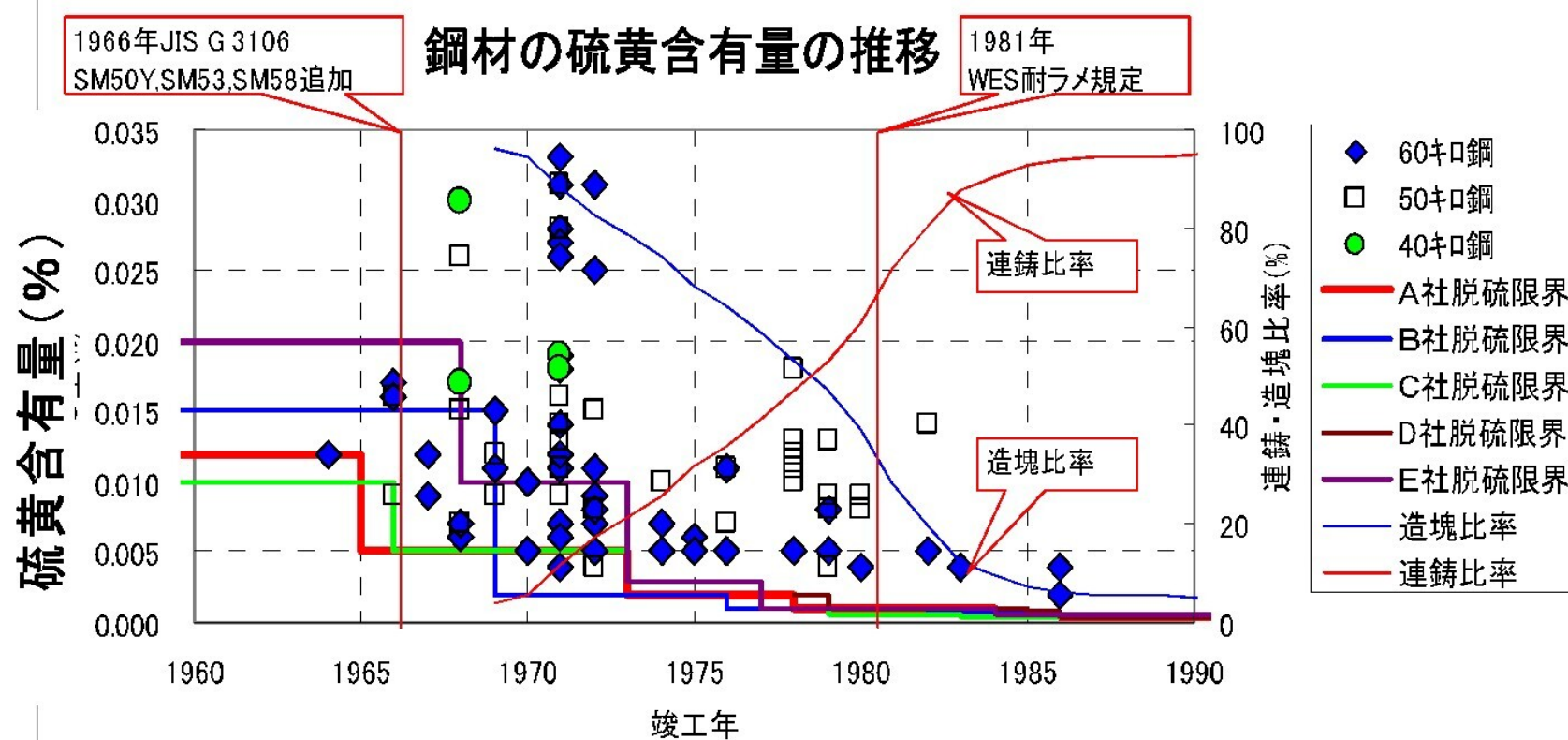


(b)の代表例³⁾

5 mm



硫黄含有量の多い鋼材に拘束の高い溶接をすると、ラメラティア（層状に割れ）の発生の可能性が高い。



- ・ 硫黄含有量は1970年代半ばに急激に減少。溶接性は格段に向上していると考えられる。

**溶接はきわめて有用な手法であるが、古材
 に対しての適用は慎重な検討が必要**

2 健全度を知って 設計・施工に留意しよう

2-1 防食機能の劣化及び腐食

健全性の区分

判定区分

区分		状態
I	健全	道路橋の機能に支障が生じていない状態。
II	予防保全段階	道路橋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。
III	早期措置段階	道路橋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。
IV	緊急措置段階	道路橋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。

(道路橋定期点検要領 H31.2 国土交通省 道路局)

橋梁点検による判定



Ⅲ以上は詳細調査・補修設計・補修工事

腐食に対する判定区分（例）

判定区分Ⅱ



母材の板厚減少はほとんど生じていないものの、広範囲に防食被膜が劣化が進行しつつあり、放置すると全体に深刻な腐食が広がると見込まれる場合

補修方法（案）



再塗装

判定区分Ⅲ



主部材に、拡がりのある顕著な腐食が生じており、局部的に明確な板厚減少が確認でき、断面欠損に至ると構造安全性が損なわれる可能性がある場合

当て板補強

判定区分Ⅳ



支点部などの応力集中部位で明らかな断面欠損が生じている場合

（地震などの大きな外力によって崩壊する可能性がある）

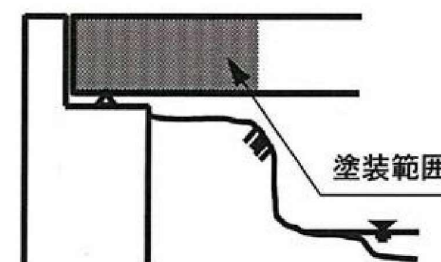
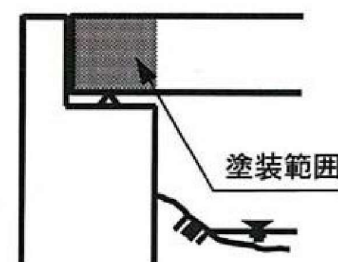
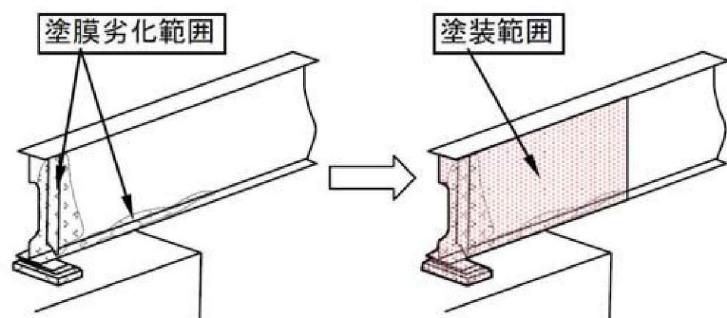
部材交換
架替え

塗替え塗装の基本

塗替え範囲

全面塗装塗替え：全体的に防食機能の低下した時期

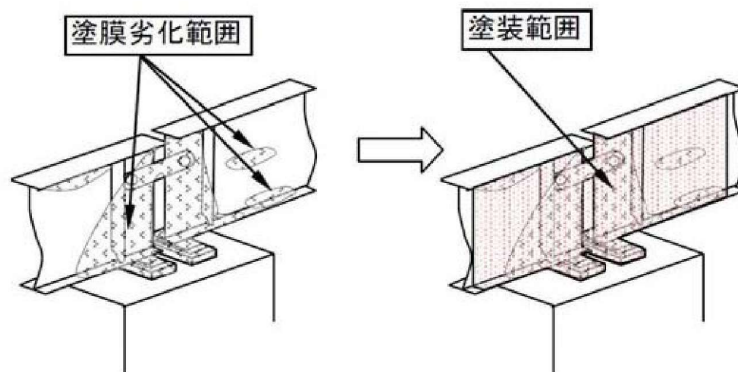
部分塗替え：桁端部等劣化が著しい場合、その箇所を含む範囲



(a)

(b)

部分塗替え塗装の範囲（桁端部）



劣化部位に応じた塗装範囲の決定例

塗装仕様：重防食塗装が原則

素地調整：1種（ブラスト）が原則

素地調整と作業内容

素地調整程度	錆面積	塗膜異常面積	作業内容	作業方法
1種	—	—	錆、旧塗膜を完全に除去し鋼材面を露出させる	ブラスト法
2種	30%以上	—	旧塗膜、錆を除去し鋼材面を露出させる。ただし、錆面積30%以下で旧塗膜がB、b塗装系の場合はジンクプライマーやジンクリッチペイントを残し、他の旧塗膜を全面撤去する。	ディスクサンダー、ワイヤホイールなどの電動工具と手工具との併用、ブラスト法
3種A	15～30%	30%以上	活膜は残すが、それ以外の不良部（錆、割れ、ふくれ）は除去する。	同上
3種B	5～15%	15～30%	同上	同上
3種C	5%	5～15%	同上	同上
4種	—	5%以下	粉化物、汚れなどを除去する。	同上

素地調整 : 1種（ブラスト）が原則

工事上の制約によって1種ができない場合は別途検討

塗装仕様

解説 表 3.1.5 R c - I 塗装系 (スプレー) ¹⁾

塗装工程	塗料名	使用量 (g/m ²)	塗装間隔
素地調整	1種		4時間以内
下塗	有機ジンクリッチペイント	600	
下塗	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	240	1日～10日
下塗	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	240	1日～10日
中塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	170	1日～10日
上塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	140	1日～10日

解説 表 3.1.6 R d - III 箱桁内面塗装系 (はけ、ローラー) ¹⁾

塗装工程	塗料名	使用量 (g/m ²)	塗装間隔
素地調整	3種		4時間以内
第1層	無溶剤形変性エポキシ樹脂塗料	300	
第2層	無溶剤形変性エポキシ樹脂塗料	300	2日～10日

塗装仕様 : 旧塗膜の塗装系および塗替え後の塗膜に対する耐用年数より決定していた。



LCCの観点から重防食塗装系を基本に選定する。

① 鋼桁の再塗装例



- 全体的に防食機能が劣化し、腐食が進行している



全面塗替え
Rc-I (重防食塗装系)

- 既存塗膜に有害物 (鉛) が含まれる



周辺への飛散防止対策と作業員の安全衛生対策



塗膜除去方法は？

表-II.7.2 Rc-I 塗装系 (スプレー^{*1})

塗装工程	塗料名	使用量 (g/m ²)	塗装間隔
素地調整	1種 ^{*3}		4時間以内
防食下地	有機ジンクリッチペイント	600	1日~10日 ^{*2}
下塗	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	240	1日~10日
下塗	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	240	1日~10日
中塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	170	1日~10日
上塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	140	1日~10日

塗膜除去方法

厚生労働省通達（H26）

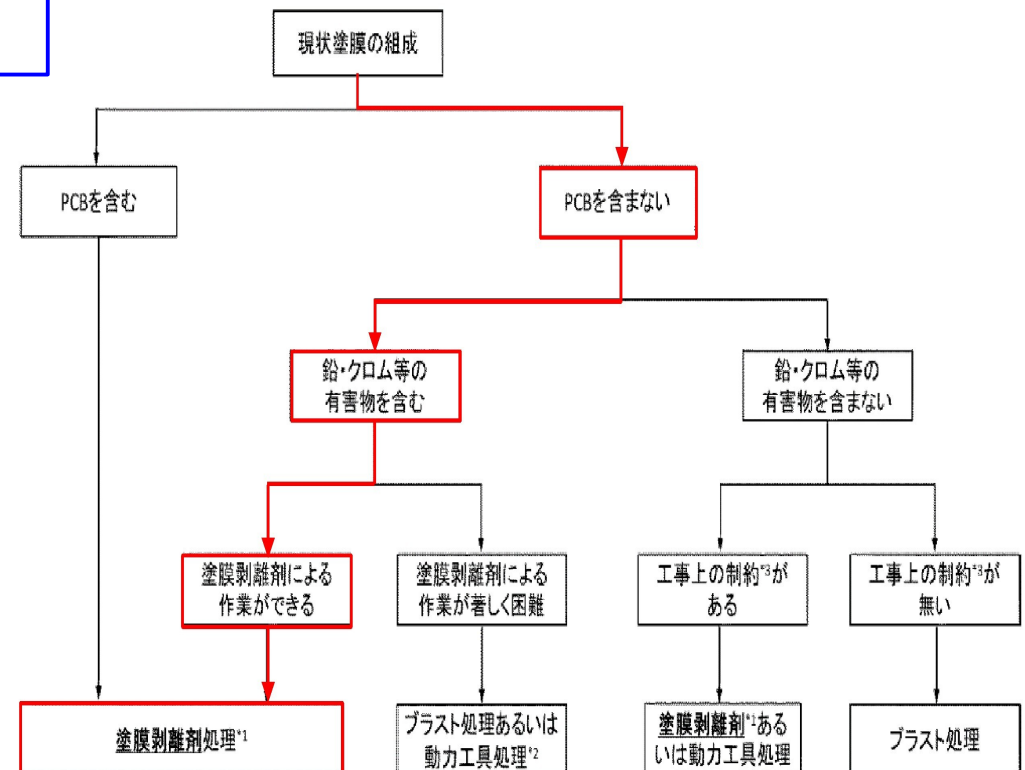
鉛等の有害物が確認された場合

湿式による作業の実施

困難な場合

粉じん濃度低減方策を講じて作業を実施
（集じん廃棄装置、シャワールーム、
電動ファン付きマスク 等）

湿式による作業に決定
（塗膜剥離剤処理）



剥離試験

塗布量や回数、塗膜除去後の状態を確認する

試験前



1回目



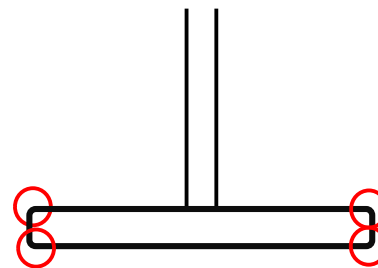
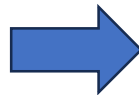
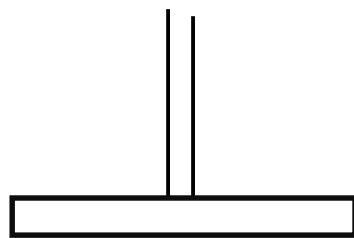
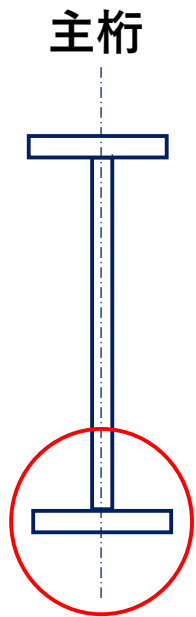
2回目



選定した塗膜剥離剤が対象構造物の塗装系や環境条件適しているか

再塗装工事での腐食対策

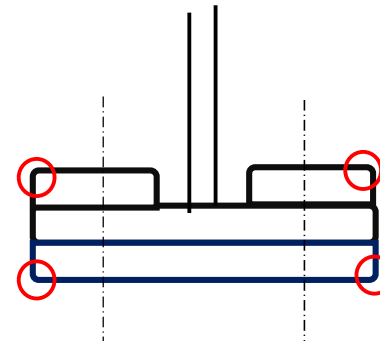
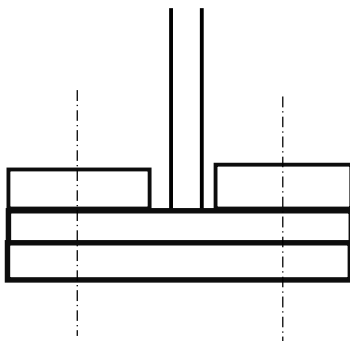
鈑桁、箱桁等の下フランジ角部は、塗装の寿命を高める為に面取りを行う 【ハンディミニベベラー（R面取り機）】



2R 以上



一般部下フランジ



添接部下フランジ

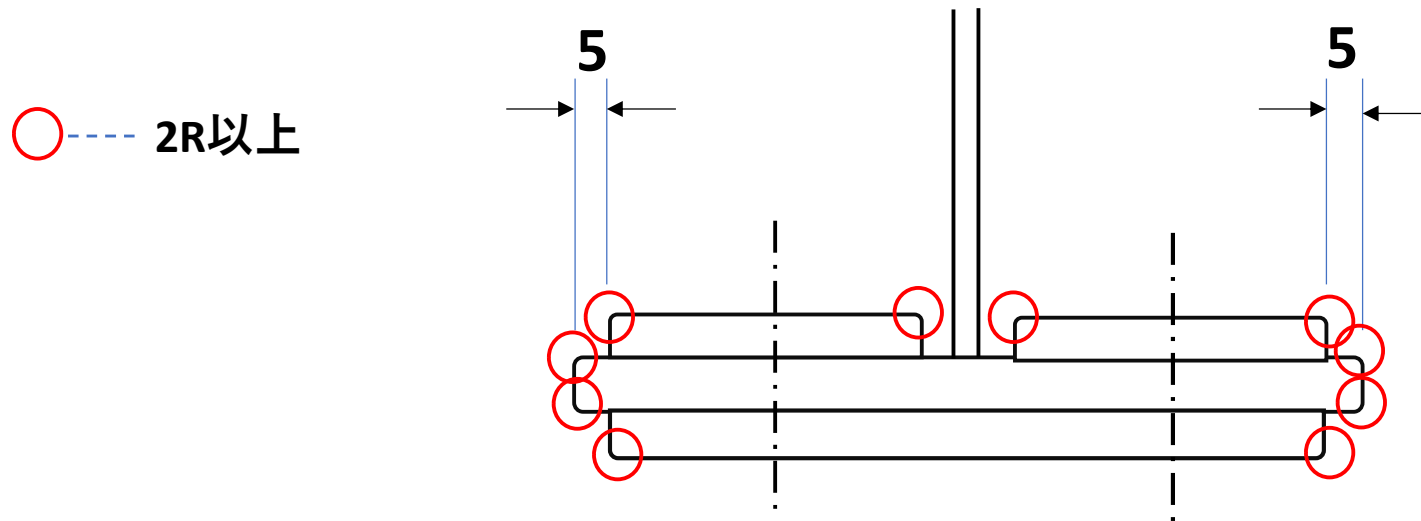
R面取り機



最新の詳細設計での腐食対策

塗装を施す鋼材の場合

塗装の寿命を高める為自由縁となる角部は、全てR2以上の面取りを行い
添接部は下図の様に添接板より主桁フランジを5mm張り出す構造としている。
(工場製作加工時)



耐候性鋼材の場合

裸仕様の為自由縁角部の面取りを行う必要性は無い。

腐食に対する判定区分 [耐候性鋼材] (例)

補修方法 (案)

判定区分Ⅱ



耐候性鋼材で、主部材に顕著な板厚減少は生じていないものの、明らかな異常腐食の発生がみられ、放置しても改善が見込めない場合

錆

付着塩分の除去

再塗装

判定区分Ⅲ



耐候性鋼材で、明らかな異常腐食が生じており、拡がりのある板厚減少が生じている場合

当て板補強

判定区分Ⅳ



主部材の広範囲に著しい板厚減少が生じている場合

(所要の耐荷力が既に失われていることがある)

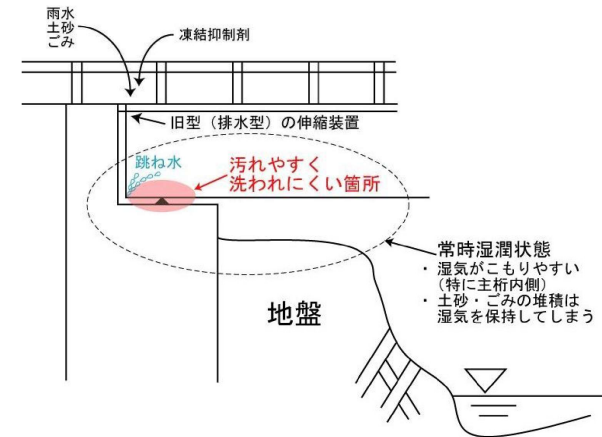
部材交換
架替え

耐候性鋼材と補修方法（例）

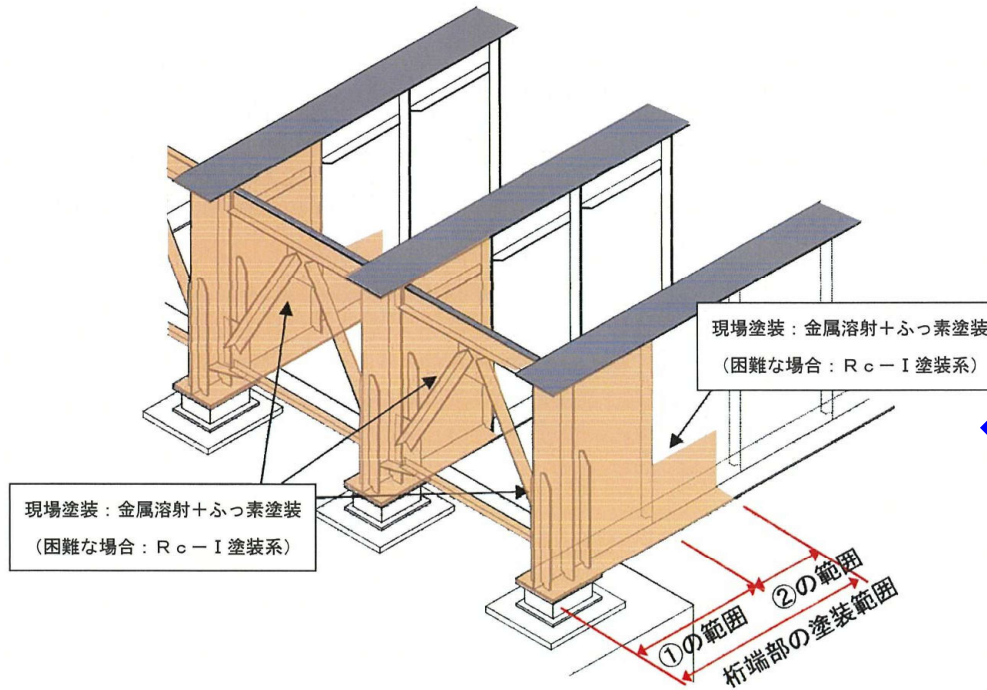
耐候性鋼材：鋼材表面に安定さび（保護性さび）を形成させ、鋼材表面を保護することで、それ以降のさびの進展を抑制する防食法

保護性さびの条件

- ・ 適度な乾湿の繰り返し
- ・ 大気中の塩分が少ない



安定さびが形成されにくい環境（例）

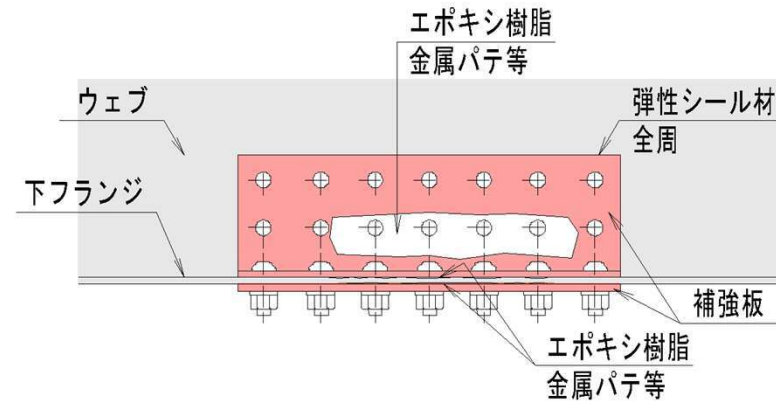


桁の端部塗装範囲及び塗装仕様

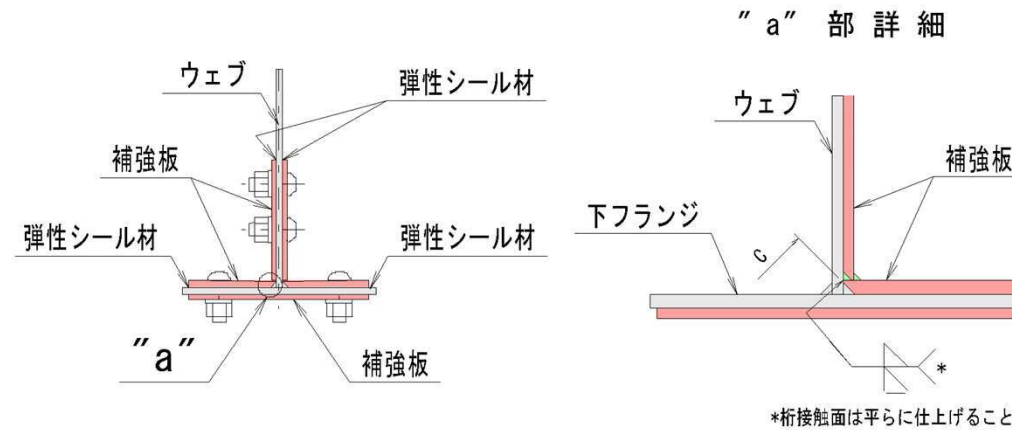
損傷の有無にかかわらず桁の端部が無塗装の耐候性鋼材の場合は塗装を行う

② 鋼材の当て板補強例

鋼材部の欠損・減厚を補修する工法



解説 図 3.1.12 不陸整正のイメージ

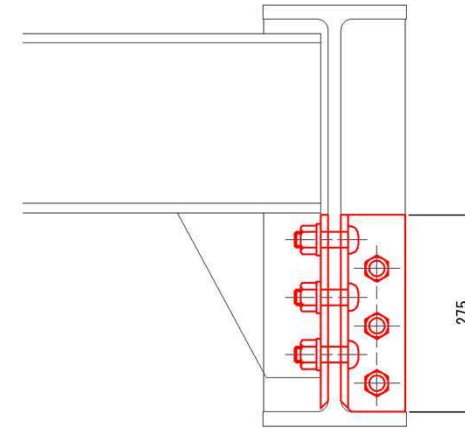


解説 図 3.1.13 当て板補修の例²⁾

補修前（欠損・減厚）



補修参考図（例）



当て板補強後



再塗装後



③ 鋼材の部材交換例

当て板では性能回復が困難な場合に部材そのものを交換する



支点部付近の腐食・欠損



補強材の設置状況

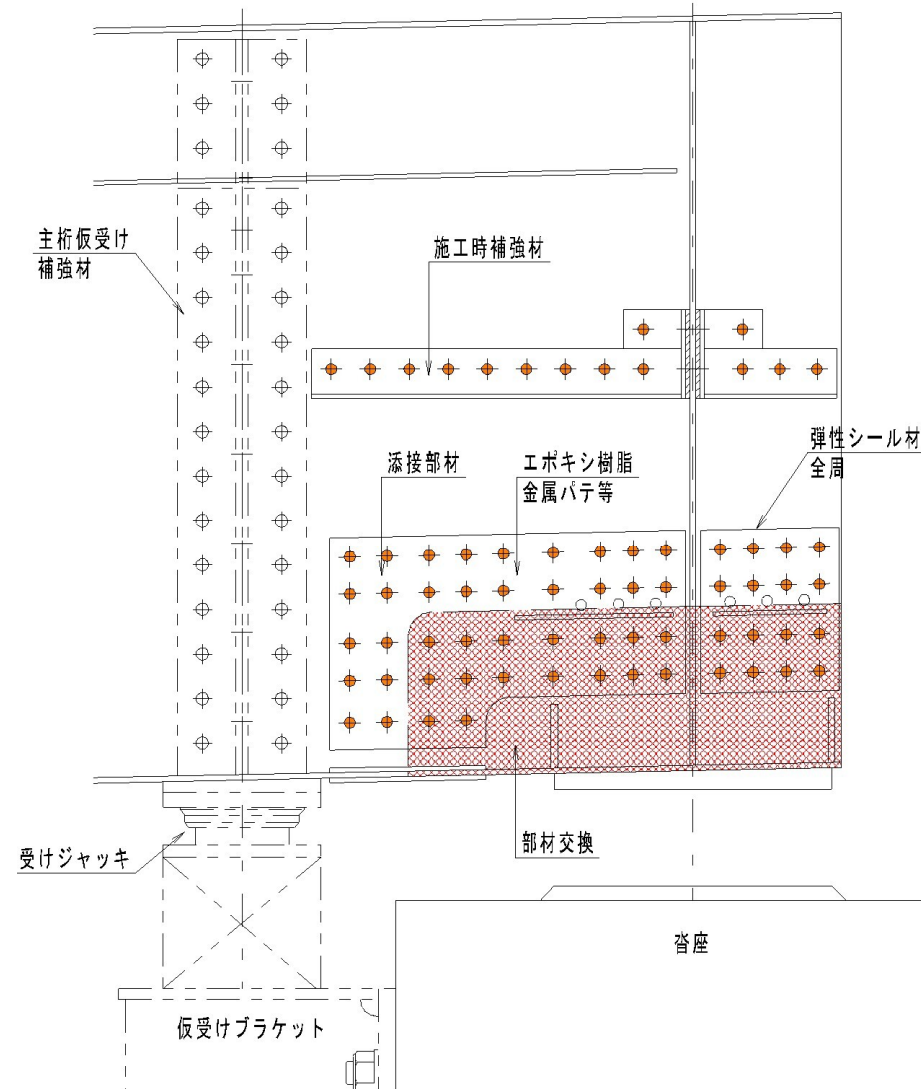


腐食部切断状況



部材交換実施後

部材交換図の例



2-2 亀裂及び破断

亀裂に対する判定区分（例）

判定区分Ⅱ



進展しても主部材が直ちに破断する可能性は少ないものの、今後も進展する可能性が高いと見込まれる場合

判定区分Ⅲ



明らかな亀裂が鋼床版のデッキプレートに伸びており、さらには進展すると路面陥没や舗装の損傷につながるが見込まれる場合

判定区分Ⅳ



主げたのフランジからウェブに進展した明確な亀裂がある場合

補修方法（案）



ストップホール
溶接補修

当て板補強

構造詳細
の改良

破断に対する判定区分（例）

補修方法（案）



部材交換

構造詳細の改良

架替え

判定区分Ⅲ



耐荷力に影響が少ない部材に破断が生じている。地震などの大きな外力に対しては構造安全性が損なわれる可能性がある場合

判定区分Ⅳ



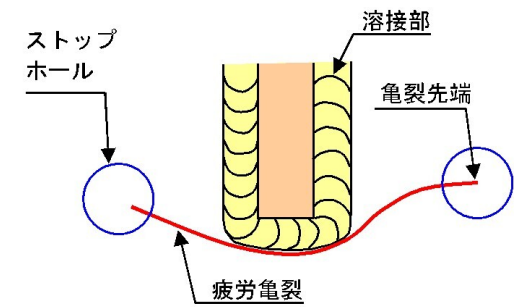
応力集中点にある垂直補剛材に破断が見られ、主桁の座屈等、重大事故につながる恐れがある場合

判定区分Ⅳ



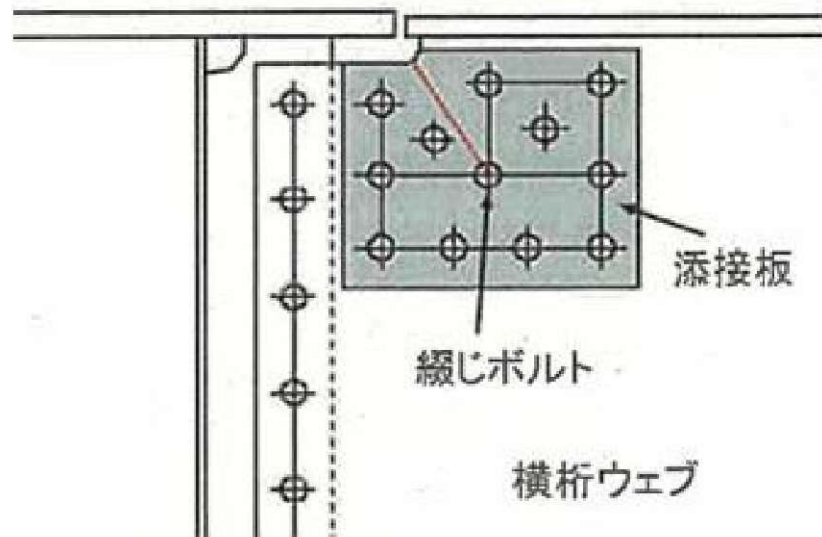
トラス橋の斜材など、主要部材が破断しており、落橋に至る恐れがある場合

① ストップホール補修例

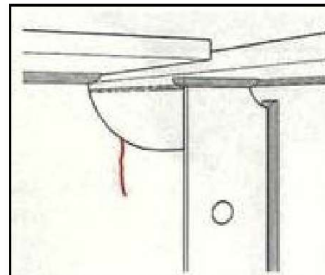


- ・ 亀裂先端での高い応力集中を低減させる方法
- ・ 亀裂先端の一時的停止（応急対策）
- ・ 一般的に恒久対策と併用される

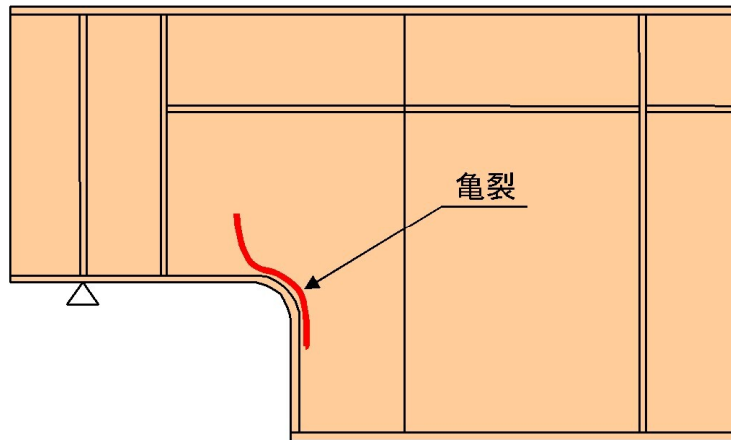
② 当て板補修例



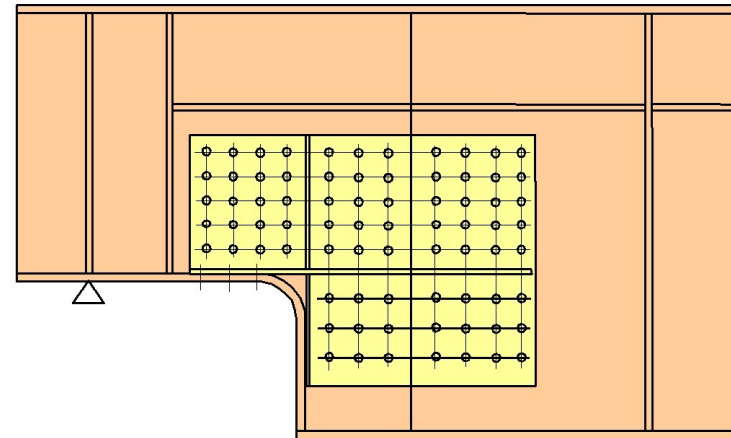
ストップホール+当て板補強 (高力ボルトによる摩擦接合)



③ 構造詳細の改良



局所的な応力集中による亀裂



リブ添接板による改良構造例
剛性を増加させ発生応力を低減



既設横桁（垂直補剛材の亀裂）



横桁交換（構造ディテールの改善）

2-3 その他の損傷と補修例



車両衝突による損傷

一部の部材の損傷や異常が、橋全体の崩壊など致命的な状態につながる可能性あり



火災による主桁の変色・劣化

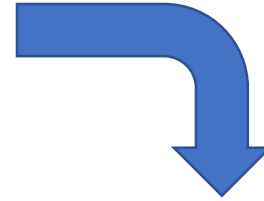
熱影響により鋼材の性質が変化していることがある
強度等の機械的性質が失われる

補修方法例

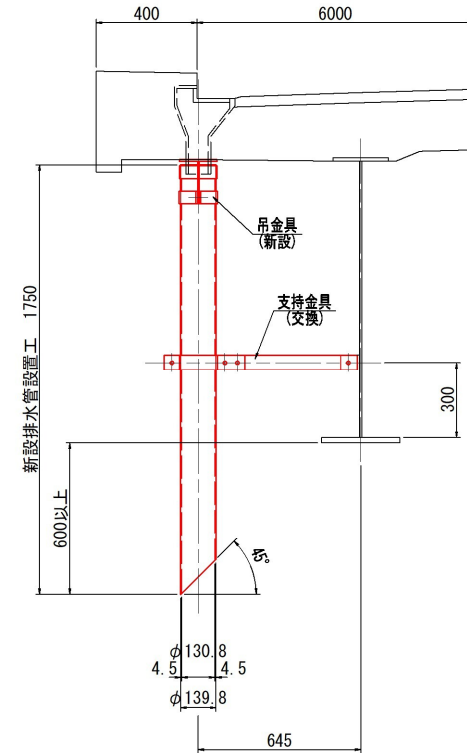
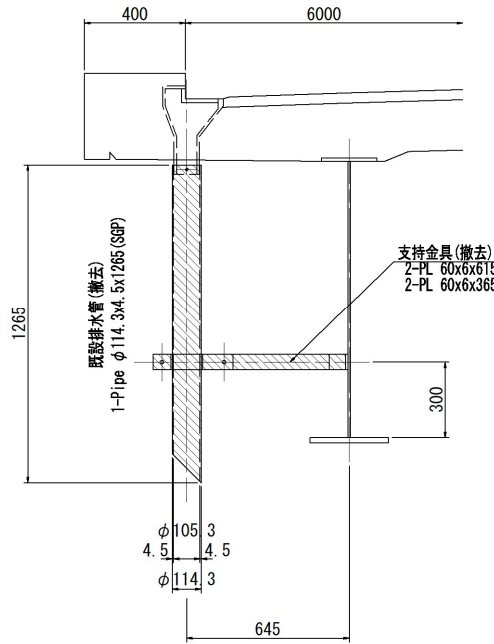
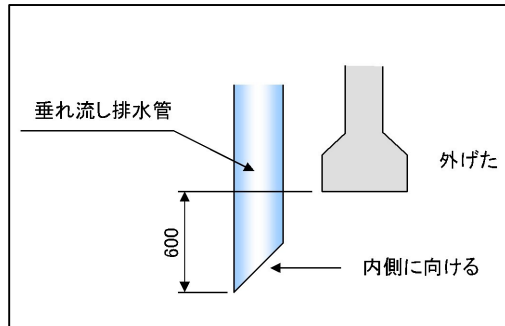
- ・変形部材を元に戻す加熱矯正
- ・溶接補修
- ・部材交換
- ・補強版の添架



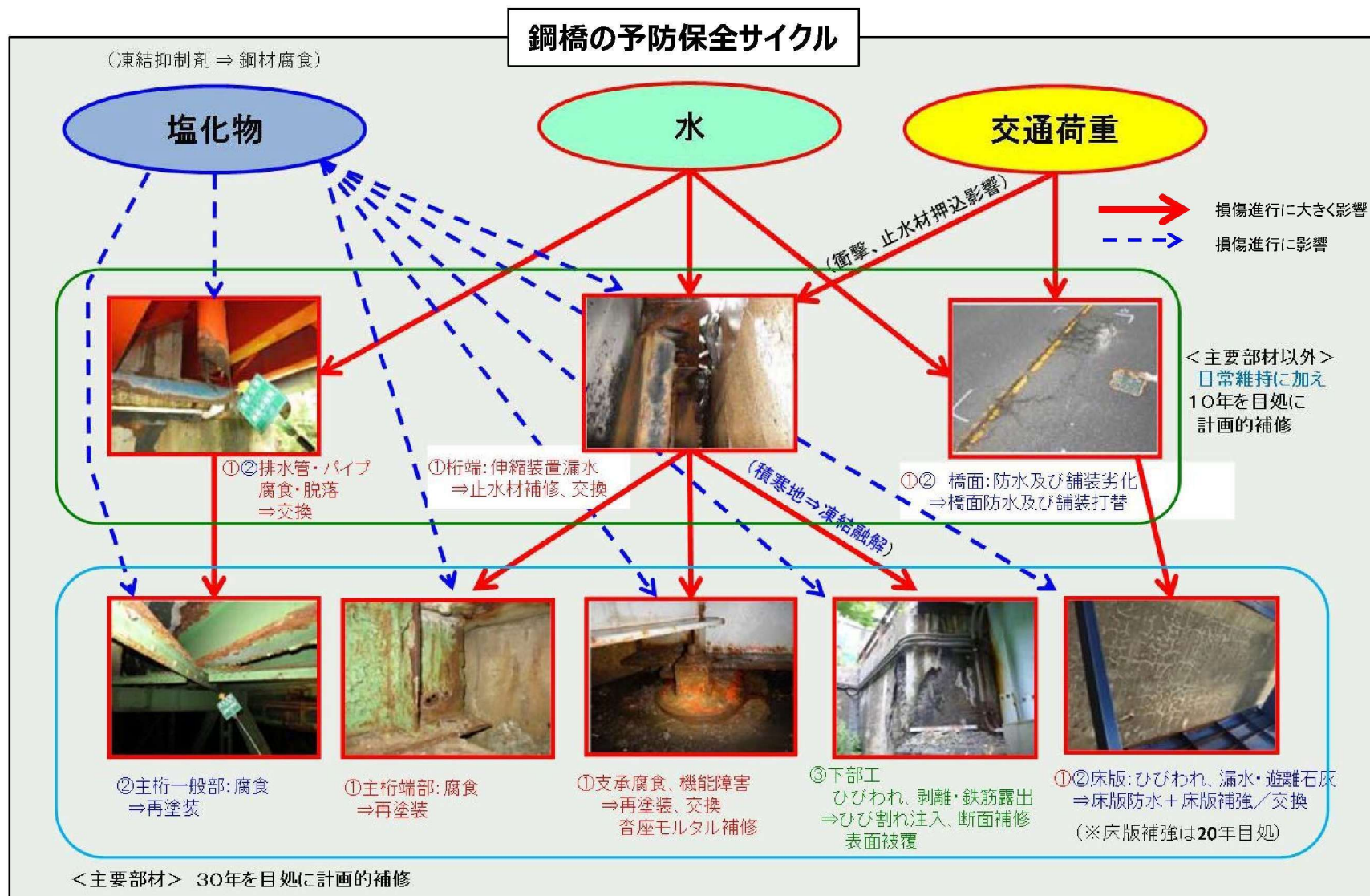
排水管の腐食



排水管の撤去・新設（交換）

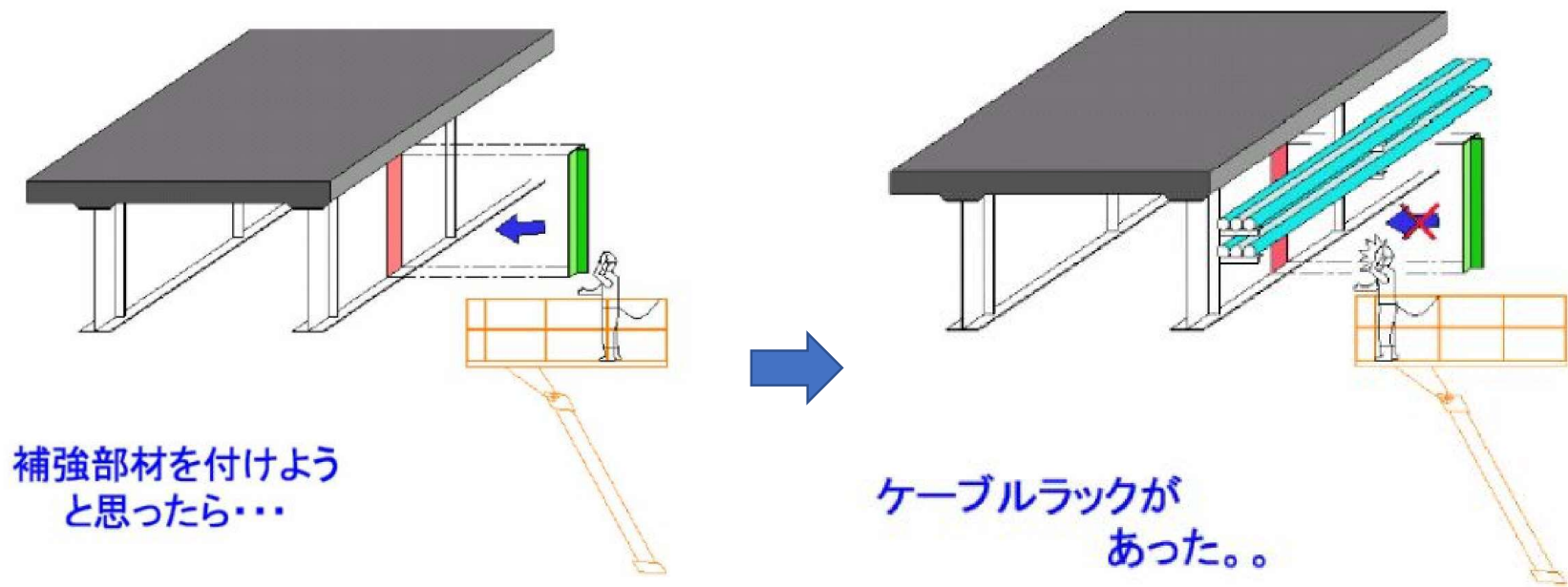


<参考> 鋼橋の予防保全サイクル



3 現場を知って 設計・施工に留意

3-1 図面に乗っていない構造物・付属物



**補強図には載っていない
竣工図にも載っていない
現場確認の徹底が必要**

**特に施設関係は、竣工図に
載っていないことが多い**



竣工図の確認

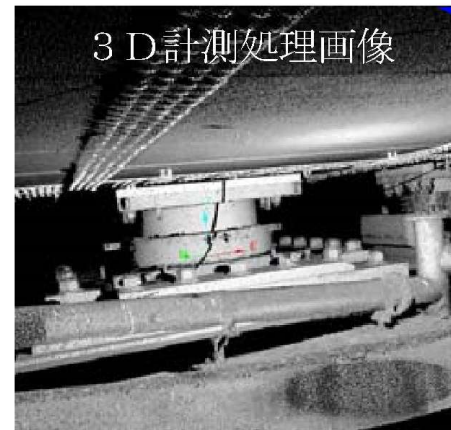


現場の確認

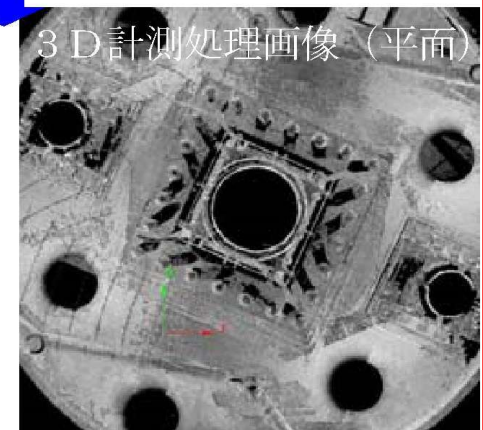


現場を記録

- デジタル写真
- 三次元計測
- ビデオ撮影



3D計測処理画像



3D計測処理画像 (平面)

3-2 狭隘な施工空間



補修現場での作業状況

施工空間は非常に狭い



施工スペースを考慮した構造、チェック

(例)

アンカー削孔---コアドリルの高さ

部材搬入---マンホールと部材の関係

高力ボルト---締付け機の大きさ



3-3 重機を使用できない施工箇所



部材の箱内への搬入



部材の運搬

部材の人力運搬

重機を使えない場合がほとんど

チェンブロック等で少しずつ持ち上げる

人力の場合が多い



部材の分割・小型化は必須

3-4 車両と供用しながらの作業 (通行止め不可)

活荷重作用下での施工

ボルト孔を明けたら

既設部材の断面が欠損し応力超過

⇒ 孔引状態での応力照査が必要

溶接で部材を付けようとしたら

車両通行時の振動で部材が揺れる

⇒ 振動状態の測定と検討が必要

(供用下にある鋼構造物の

溶接施工指針参照)

4 まとめ

まとめ (1/3)

1 損傷しやすい部位と設計・施工

- ・ 桁端はもっとも損傷事例が多い。
桁端の損傷原因を理解し、桁端構造に留意することでかなりの損傷を防ぐことが出来る。
- ・ 昔の材料・構造を補修・補強する際はその背景・特性をよく理解しておく必要がある。

まとめ (2/3)

2 健全度を知って設計・施工に留意しよう

- 鋼橋の損傷の特徴と原因を理解しよう。
損傷度に応じた補修方法とその効果を理解することでかなりの損傷を防ぐことができる。
- 防食機能の劣化と腐食 及び 亀裂・破断は
鋼橋の代表的な損傷状態であり、具体的な補修方法を理解しよう。

まとめ (3/3)

3 現場を知って設計・施工に留意しよう

- ・ 図面に載っていない構造物もある。まずは現地確認が重要。
- ・ 施工現場は思っている以上に狭い。施工を考慮した設計が必要。

< 参考文献 >

- 1) 鋼橋の維持管理に配慮した設計・施工の留意点
～過去の補修・補強事例からのフィードバック～
日本橋梁建設協会 保全委員会 保全技術小委員会
- 2) 東北地方における道路橋の維持・補修の手引き (案) 【改訂版】
平成29年8月 国土交通省 東北地方整備局 道路部・東北技術事務所
- 3) 東北地方における道路橋の維持・補修の手引き (案) 【改訂版】【参考資料】
平成29年8月 国土交通省 東北地方整備局 道路部・東北技術事務所
- 4) 国土技術政策総合研究所資料
道路構造物管理実務者研修 (橋梁初級 I) 道路橋の定期点検に関するテキスト
令和7年1月 国土交通省 国土技術政策総合研究所
- 5) 道路橋定期点検要領
令和6年3月 国土交通省 道路局
- 6) 設計施工マニュアル【橋梁編】
令和5年3月 東北地方整備局
- 7) 鋼道路橋防食便覧
平成26年3月 日本道路協会