鋼橋の補修補強工事に おける設計・施工の留意点

岡 俊蔵 (日本橋梁建設協会 保全第一部会)

鋼橋の 補修補強における 設計・施工の留意点

(社)日本橋梁建設協会 保全委員会 保全技術小委員会 保全第一部会



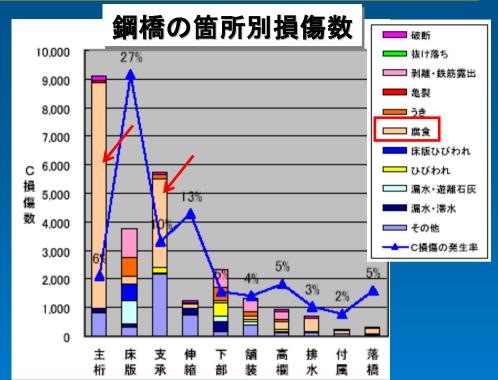
目 次

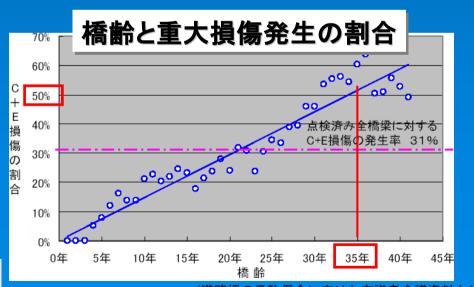
- 1. 橋をよく見よう!
 - ~点検のポイント~
- 2. 現場を知ると留意点が見えてくる!
 - ~補修・補強現場の実態~
- 3. 過去の事例から学ぼう!
 - ~補修・補強事例と留意点~
- 4. 古きを知ろう!
 - ~今は使われていない材料・構造~



1. 橋をよく見よう! ~点検のポイント~





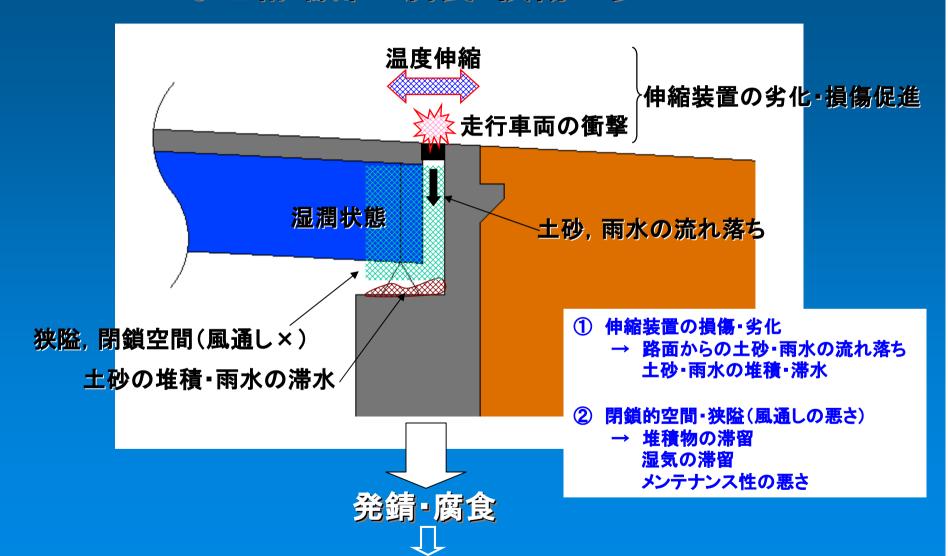


一点検時の着目部一

- 主析(桁端の腐食), 支承, 伸縮装置一桁端部に損傷 が多い。
- ・橋齢と損傷発生率は線形 関係にある。橋歴35年以上 の橋梁の損傷発生率は50% 以上
- ・着目部を設定することで効 率的な点検(維持管理)が 可能。



一なぜ桁端部に腐食・損傷が多いのか一







一伸縮装置の損傷一











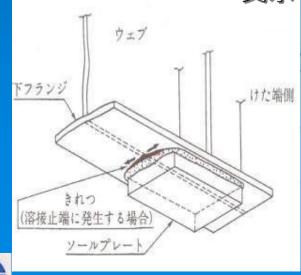


伸縮装置からの土砂が堆積、支承も埋まっている

一桁端部の損傷へ一



支承のソールプレート前面の疲労亀裂





・支承機能の消失(可動・回転拘束)が大きな原因





一重大損傷の予兆を見逃さない一

路面(伸縮装置,地覆部など)の段差









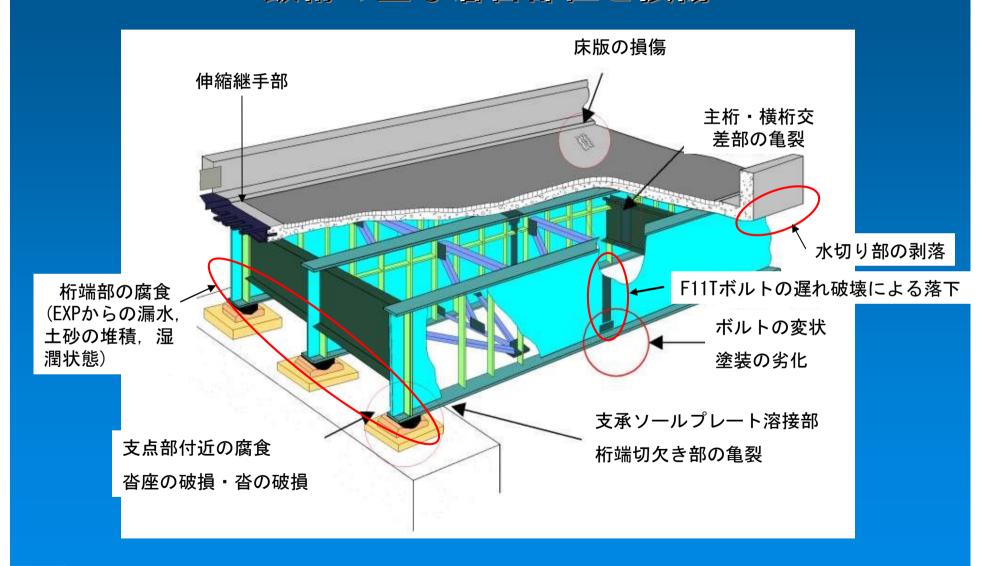
舗装の局部的な損傷





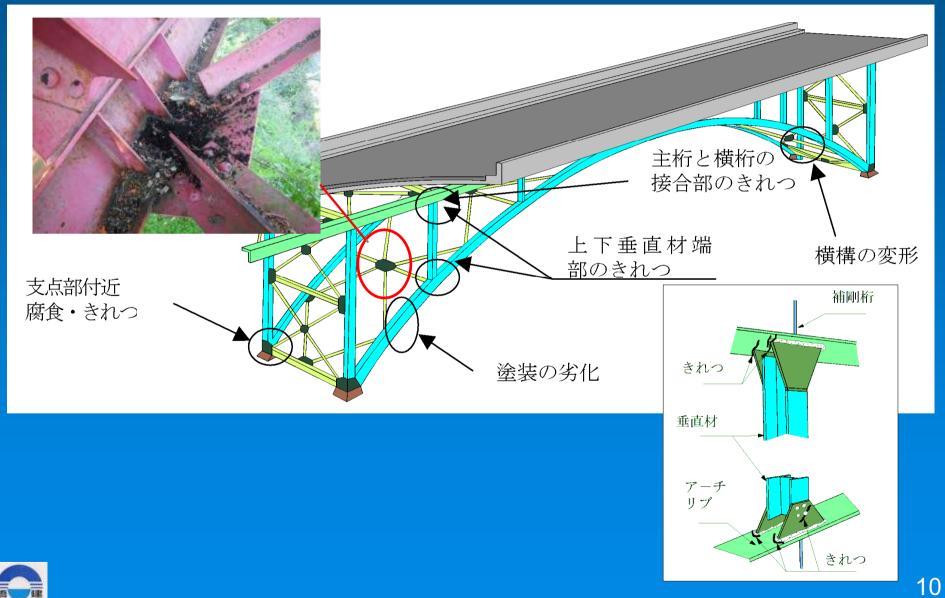


一鈑桁の主な着目部位と損傷一



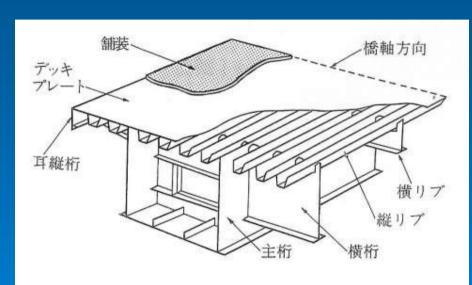


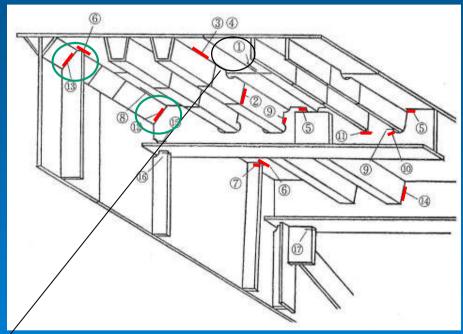
一アーチ橋の主な着目部位と損傷一

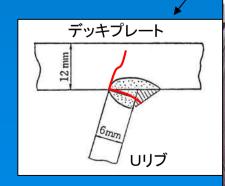




一鋼床版橋の主な着目部位と損傷一



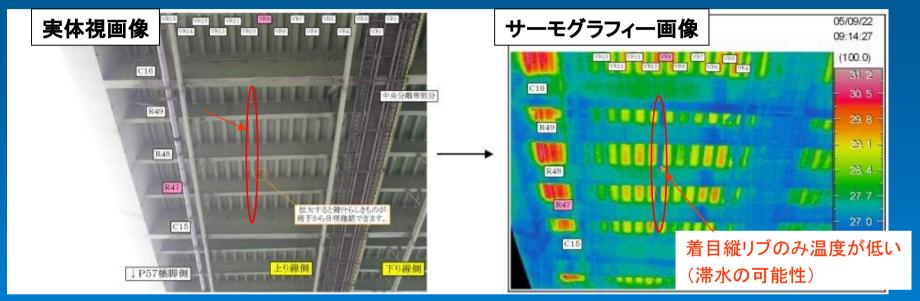








一鋼床版橋のサーモグラフィーによる調査例一





サーモグラフィー



一発見しにくい損傷例①一

塗装内での腐食の進行



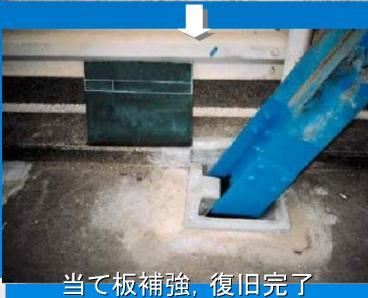


超厚膜形塗料



一発見しにくい損傷例②一コンクリート埋め込み部の腐食











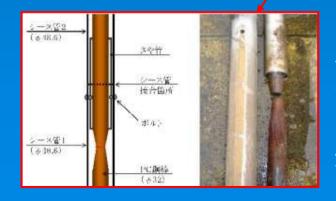
一発見しにくい損傷例③一

防護管内の腐食





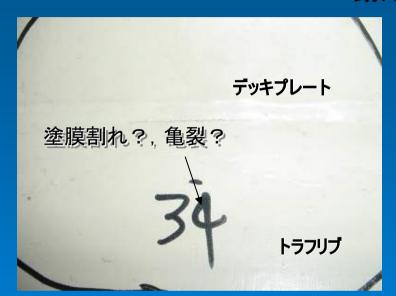
写真:日経コンストラクションホームページより



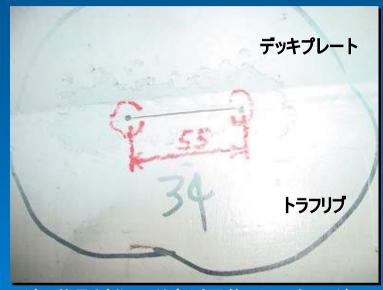
ステンレス管により内部 が見られなかったうえ, 「異種金属接触腐食(鋼 とステンレス)」が生じ, 鋼棒断面が欠損・破断



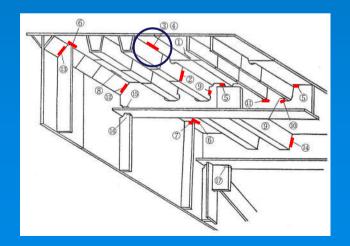
一発見しにくい損傷例④ 錆汁のない亀裂







塗膜剥離,磁粉探傷(黒色)後





2. 現場を知ると留意点 が見えてくる!

~補修□補強現場の実態~



補修・補強現場の実態一想像以上に狭い一

想像以上に狭い







図面で想像するより、 実際はもっと狭いこと が多いかも・・・



施工スペースを考慮した補強構造および計画が重要

(例)

部材搬入・・・マンホールと部材の関係

アンカー削孔・・・コアドリルの高さ

高力ボルト・・・締付け機の大きさ

等の事前チェック



補修・補強現場の実態一重量物の人力施工一

重量物も人力で施工







重機が使えないことがほとんど。

重量物も人力で運搬しなければならない。



部材の分割・小型化

- ・重機を使えない場合がほとんどである.
- ・小型のウィンチ、チェーンブロック等で 少しずつ地道に持ち上げるしかない。
- ・場所によっては人力による運搬なる.



部材の分割・小型化は必須



竣功図だけでの判断は危険







既設橋梁には図面と違う 箇所が多い。

- ・寸法的な違い
- -添加物の有無, その他 ↓

まずは現場を見る



図面だけで判断,設計・計画を進めるのは危険!

まずは現場を見よう!

意識していない箇所は 1度見ても覚えていないことが多い.

デジタル写真, ビデオ撮影でいろいろな 箇所を記録しておく事は非常の有効。



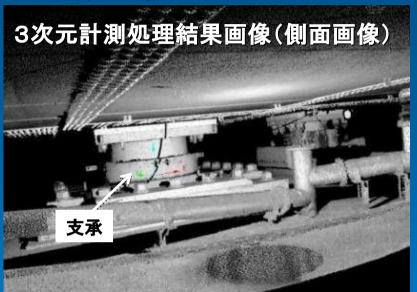
現場に合わせた柔軟な設計・計画を!



一現場実測(3次元計測)の例一



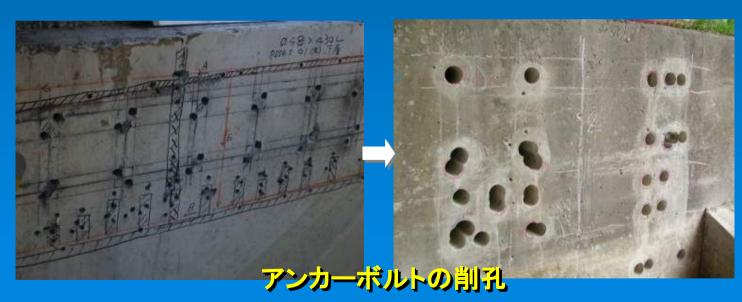
現場実測では、その実測方法の計測精度、誤差を理解しておくことが重要











やってみないと判らないこともあるのが事実。



一アンカーボルト削孔の事例一



探査可能深さは20cm程度 ↓
2段目以降の鉄筋は探査できない



一アンカーボルト削孔の事例一



2段目以降の鉄筋を探るため、鉄筋は切れない 小径ドリルによる確認の繰り返し



一アンカーボルト削孔の事例一



鉄筋センサー付コードリールなども併用



一アンカーボルト削孔の事例一



アンカー位置変更による再計算 不要孔の孔埋め作業も発生



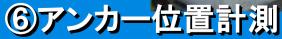
一アンカーボルト削孔の事例一







製作反映





やってみないと解らない事があるからこそ 設計時の配慮,計画時の工夫が重要

- ーアンカーボルトの場合ー
- ・アンカー位置の移動に対応出来るようリブ間隔を広めに設定.
- ・補強部材のベースを若干大きめにしておく.
- ・アンカー孔は出来るだけ細径, 少本数に.

などの設計時の配慮でかなり助かる.



一まとめー

- ・補強材の寸法・形状だけでなく,施工を行うためのスペースを考慮して設計・計画を行うことが重要.
- ・クレーンなどの重機等は, 使えないことが多い.人力での運搬が生じることを考慮しよう。→部材の分割・小型化.
- ・竣工図面だけの判断は危険、必ず現場を見よう。



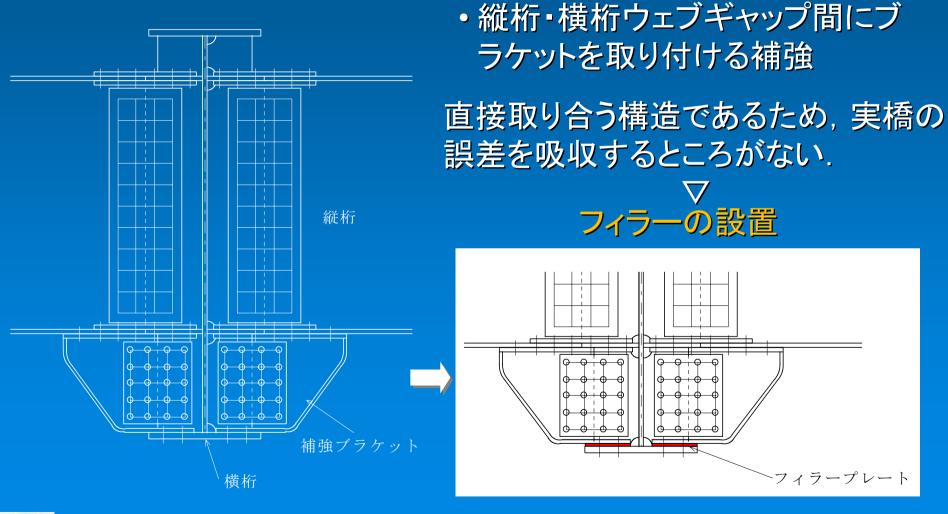
3. 過去の事例から学ぼう!

~補修・補強事例と留意点~



補修・補強事例と留意点一誤差吸収一

誤差吸収箇所の設定例①





補修・補強事例と留意点一誤差吸収一

誤差吸収箇所の設定例①



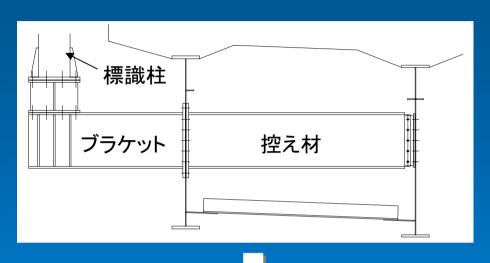




完了



誤差吸収箇所の設定例②



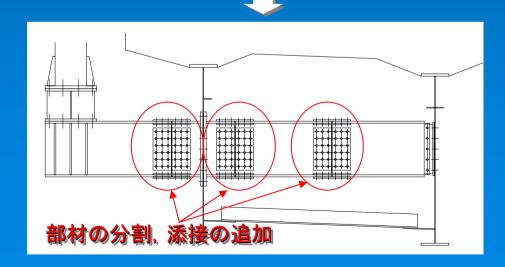
ブラケット, 控え材を設け, 標 識柱を設置する工事.



- *部材重量增
- ・主桁間隔の誤差吸収が困難



部材の分割(軽量化) 添接部による誤差吸収





補修・補強事例と留意点一誤差吸収一

誤差吸収箇所の設定例②



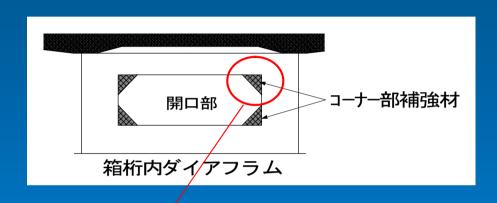
施工前の全景

- ・実橋はRが付いており、実際 に1本ものでは施工困難.
- ・分割することで、下横構も撤去することなく施工可能.



補修・補強事例と留意点一誤差吸収一

誤差吸収箇所の設定例③



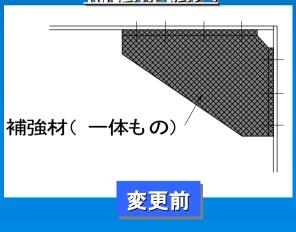
・箱桁内ダイアフラムのコーナー部 に補強材を取付ける補強.

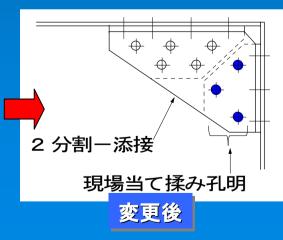
補強材が一体もののため角度調整が出来ない。

 ∇

部材の分割, 現場孔の設定

補強部拡大









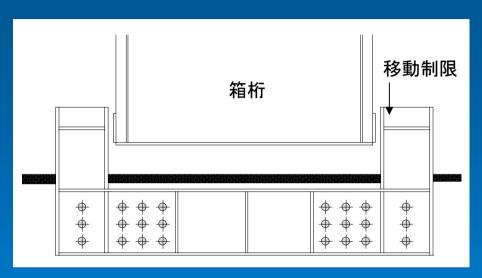
誤差吸収

既設橋および製作材には必ず誤差がある!

誤差吸収方法に対して設計、施工 の両面から留意しておくことが重要



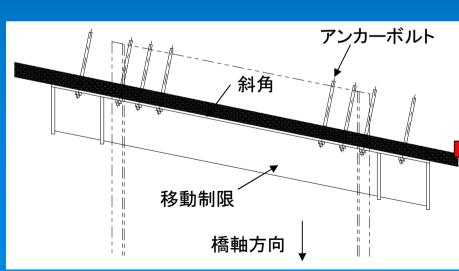
品質・安全への考慮①

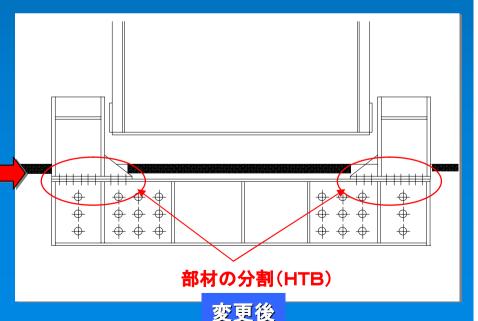


• 橋軸直角方向移動制限のアン カーボルトによる取付け

斜角により部材取付け方向とアン カー方向が違う一設置困難

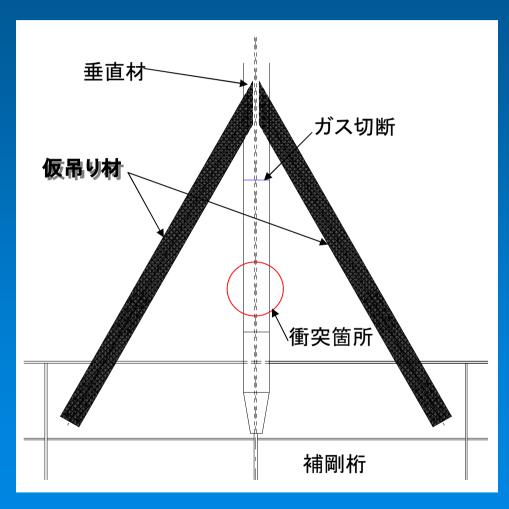
部材の分割, HTB接合構造







品質・安全への考慮②



・下路アーチ橋の垂直材ー車 両衝突により損傷ー損傷部 の取替え工事.

当初設計 斜材取付けで仮吊り,損 傷部撤去

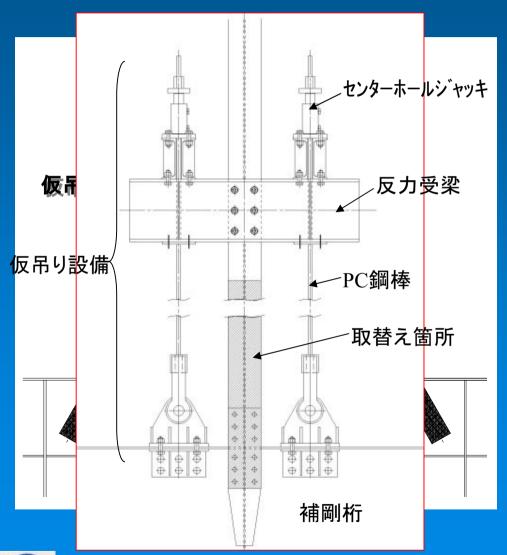
撤去部材が無応力となってい ない一撤去困難







品質・安全への考慮②



・下路アーチ橋の垂直材一車 両衝突により損傷一損傷部 の取替え工事.

当初設計 斜材取付けで仮吊り,損 傷部撤去

撤去部材が無応力となってい ない一撤去困難



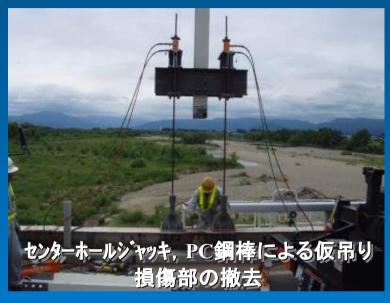
センターホールシャッキ、PC鋼棒により緊張一撤去部材無応力



品質・安全への考慮②



損傷状況







品質・安全への考慮③

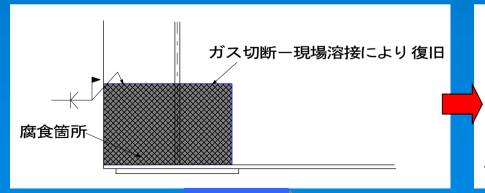


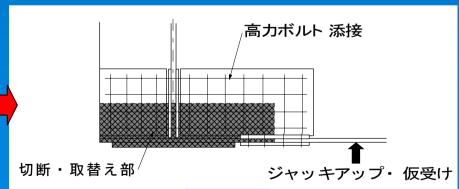
- •桁端部の腐食部補修工事
- ・腐食部の切断→溶接復旧

腐食部の溶接一品質確保および 疲労的にも問題あり



仮受け, 腐食部撤去 新規部材一高カポルト添接





当初設計

変更後

品質・安全への考慮③







ケレン・罫書き



現場孔明



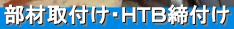
ガス切断



品質・安全への考慮③









補強完了



補強完了



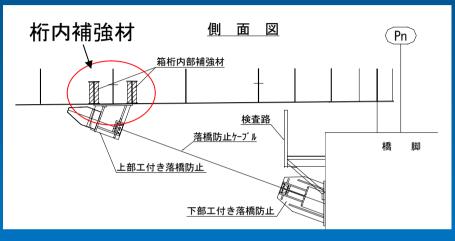
品質・安全への考慮

施工品質・安全が確保できない方法は×

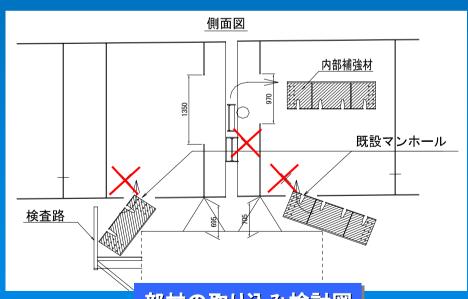
3次元的なチェック, 既設橋梁には既に応力が作用していること, 損傷に対して不適な補修方法になっていないか等に留意が必要.



施エスペースの確認①



・落橋防止工事における桁内 補強の事例



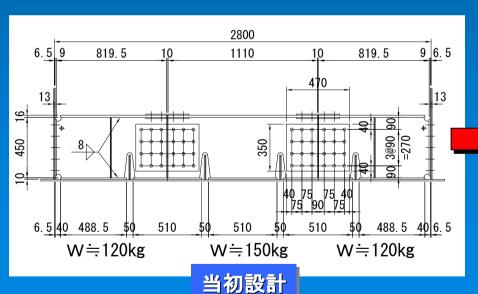
●新規マンホールの設置は 考慮されておらず、当初設計 の部材では、桁内への搬入 が不可能.

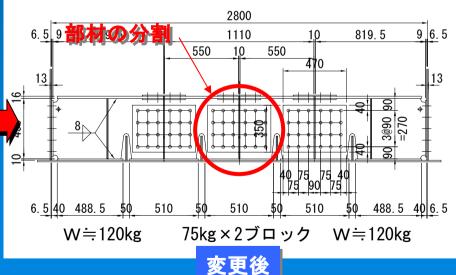


施エスペースの確認①

7

設計・構造上可能な限り部材を分割 それでも搬入できない部材は、反対の桁端から(桁内運搬65m)







施エスペースの確認①







取り付け完了



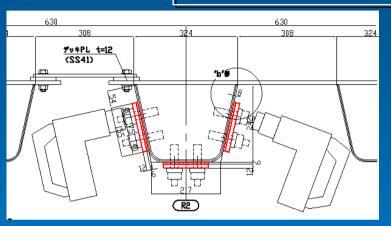
施エスペースの確認②

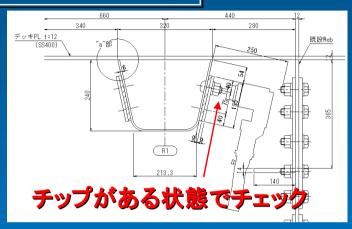


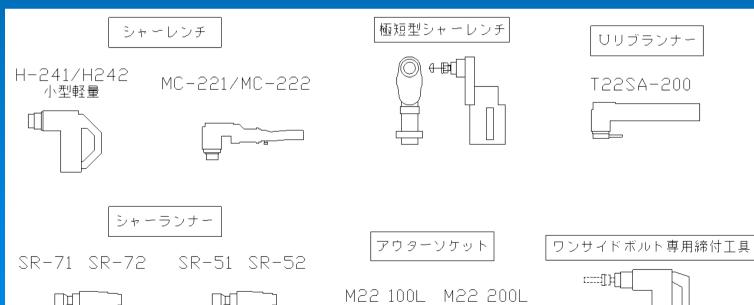




施エスペースの確認②









施エスペースの確認

補修・補強現場は狭隘な場合が多い。

部材の大きさ(搬入・取付けが可能か),ボルト配置(締付けが可能か)等に留意しておくことが必要。



一まとめー

- ・補修・補強現場は、多くが狭隘で、重機なども使用できない(人力)場合が多く、施工条件的にはかなり厳しい、
- ・所定の施工品質を保ち、かつ求められた設計性能を完全に満足させることが困難な場合もある.
- ・現地条件を考慮に入れ、要求性能と確保すべき品質の バランスの取れた設計が望ましい。
- ・設計一施工から,施工一設計という考え方による補修設計も必要.
 - →新設の設計とは、異なるアプローチ
 - →品質確保可能な施工ができる設計



4. 古きを知ろう!

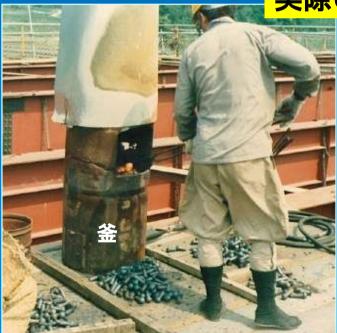
~今は使われていない材料・構造~



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





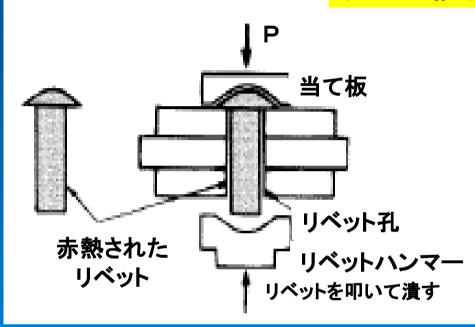


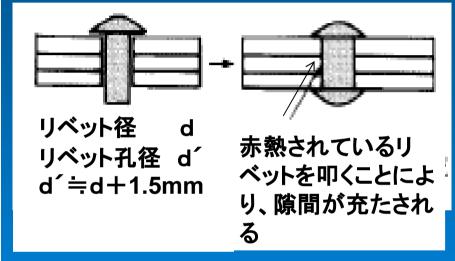


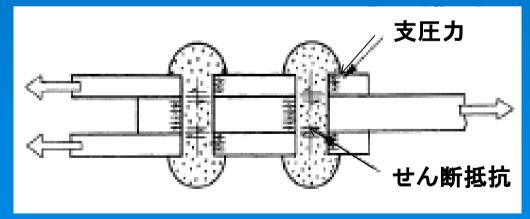


今は使われていない材料・構造ーリベットー

リベット継手の模式図







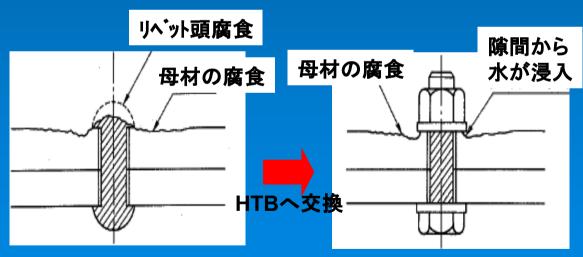


(1)腐食リベットの取替え

リベット頭が腐食しているのみで緩んでいない場合・・・ 取替えにより、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浸入



(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
- □高力ポルトのサイズアップ
- *打込式高力ポルトの使用 等の検討が必要な場合がある



打込式高力ボルト(ナーリングボルト)



②高カボルト F11T

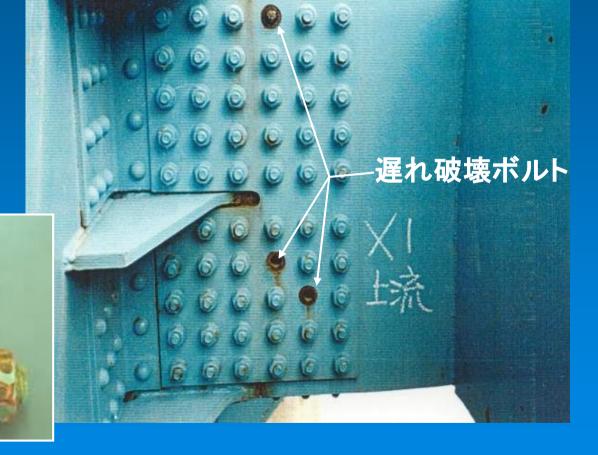
昭和40年代後半~50年代初頭 高力ボルト F11T が使用された

通常の F10T 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

F13Tというのも一部で使われた



しかし ある時間が経過したのち 突然 脆性的に破壊!!



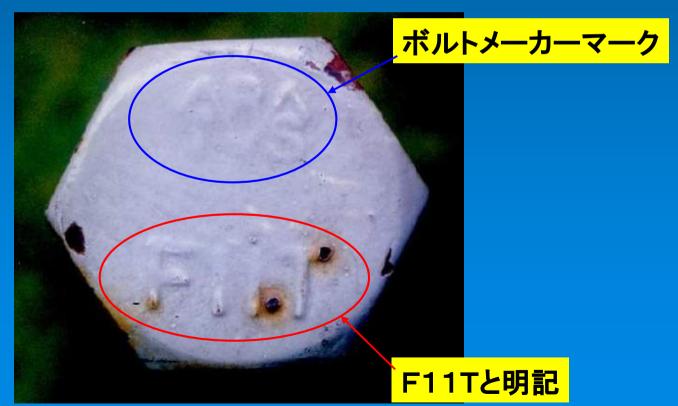




F11Tの確認

(1)図面での確認:3種という表現の場合もあり

(2)現地での確認:ボルトヘッドマークで確認





F11Tを見つけたら、どうする?

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







落下防止ネットの取付例



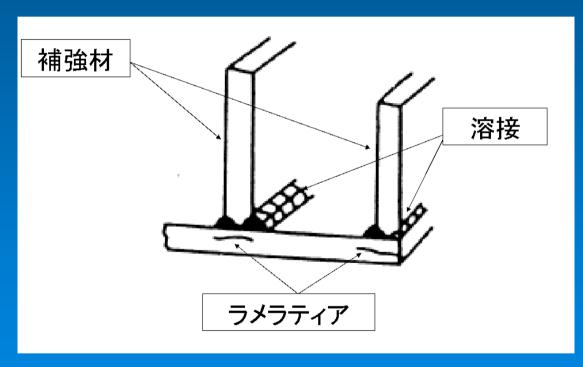
抜本対策はボルトの取替え

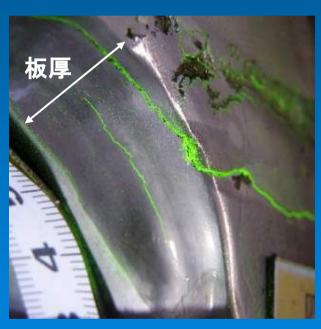
- ・但し、F10Tに替えると継手強度が下がってしまう(要応力照査)
- ・照査結果によっては、ボルト径を上げるなどの 処置が必要な場合もある M22 F11T → M24 F10T



③古材(硫黄含有量の多い鋼材)

ラメラティアに注意!



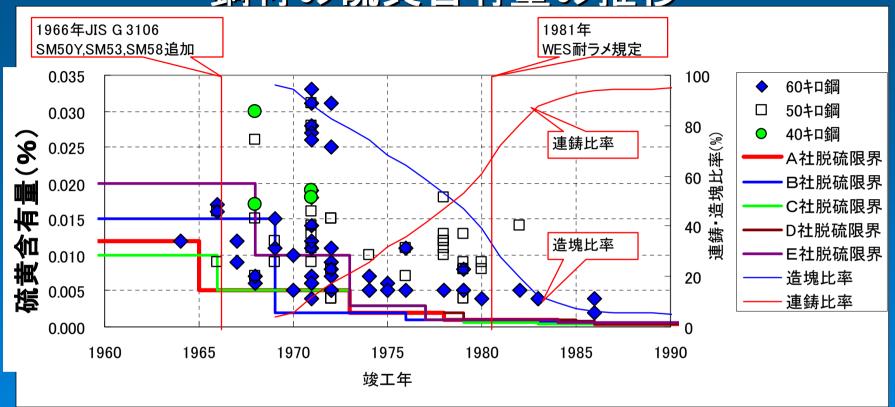


硫黄含有量の多い鋼材に拘束の高い溶接をすると、 ラメラティア(層状の割れ)の発生の可能性が高い。



今は使われていない材料・構造一古材一

鋼材の硫黄含有量の推移



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

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



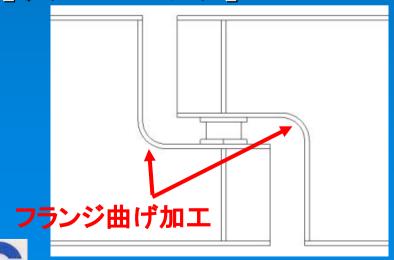
今は使われていない材料・構造ーフランジ曲げ構造ー

④フランジ曲げ構造(桁高変化部)

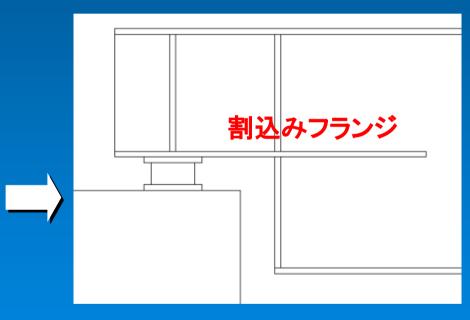
【桁端切欠】



【ゲルバーヒンジ】



-現在の桁高変化部構造-



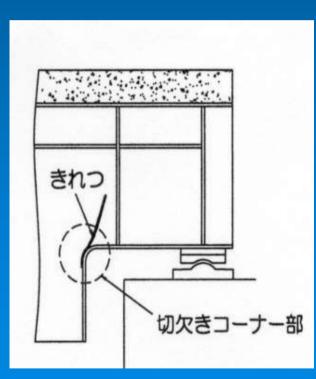
フランジ曲げ構造は応力が集中するとともに、構造的に溶接内部に隙間(ルートギャップ)が残りやすいため、亀裂損傷の多い部位である

今は使われていない材料・構造ーフランジ曲げ構造ー

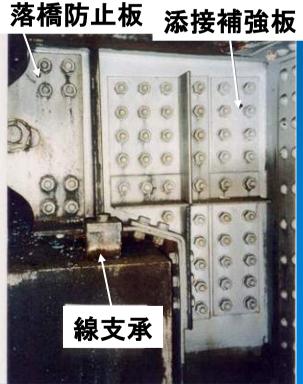
桁高変化部の亀裂補修事例①

【桁端切欠部】

補強板による補強





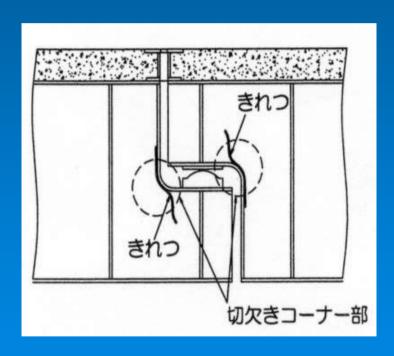




今は使われていない材料・構造ーフランジ曲げ構造ー

析高変化部の亀裂補修事例② 【ゲルバーヒンジ部】

補強板⇒桁連続化









ーおわりにー

維持管理の重要性は従来から言われてきましたが、 新設分野と比べると目に見えにくい作業が多く、 成果的にも非常に地味な分野であります。

今回の東日本大震災の復旧作業も含め、維持管理 および補修・補強分野は、今後ますます重要性が 高まってくるものと考えます。

維持管理に携わる技術者の方々は、誇りを持って 従事していただければと思います。



ご清聴ありがとうございました

