

# 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

1

## 目次 (1/2)

- 1 弱点を知って設計・施工に留意しよう！
  - 1-1 最も損傷事例が多いのはここだ！  
劣化損傷の常習犯：桁端部
  - 1-2 昔の橋はこんなところに注意！  
今は使われていない材料・構造
- 2 違いを知って設計・施工に留意しよう！
  - 2-1 そのまま補強しても効果は・・・  
死荷重には効かない補強
  - 2-2 通行止めは簡単にできません・・・  
活荷重作用下での施工
  - 2-3 こんなところにこんなものが！  
図面に載っていない構造物・付属物

2

## 目次 (2/2)

- 3 現場を知って設計・施工に留意しよう！
  - 3-1 思っている以上に狭いかも。。  
狭隘な施工空間
  - 3-2 これって人力で運ぶの？  
重機を使用できない施工箇所
  - 3-3 やって見ないと判らないことも・・・  
アンカーボルトの削孔
- 4 まとめ

3

## 1 弱点を知って 設計・施工に留意しよう

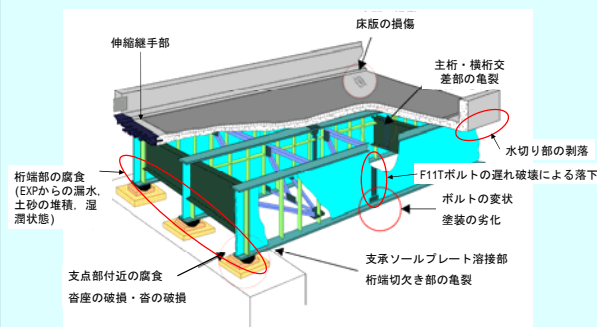
4

### 1-1 最も損傷事例が多いのはここだ！

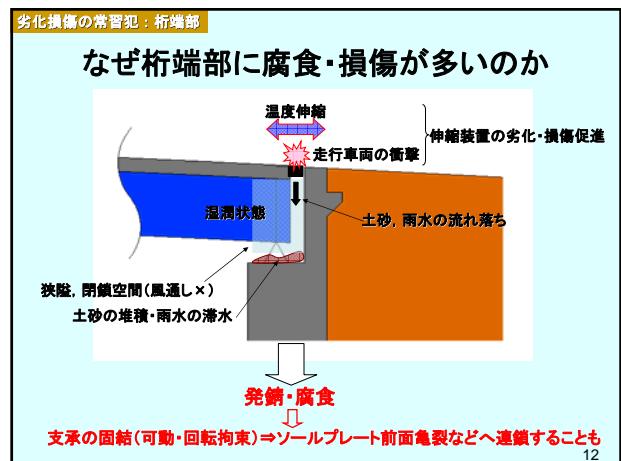
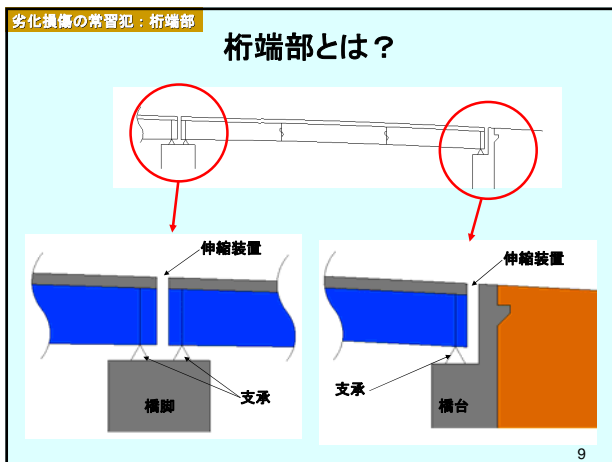
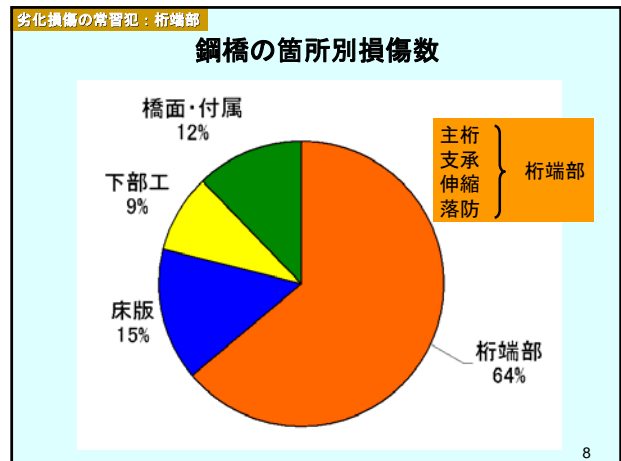
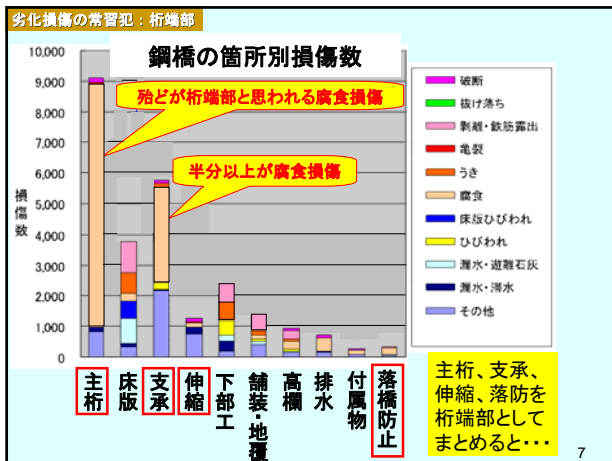
劣化損傷の常習犯：桁端部

5

## 鋼桁の損傷マップ



6



### 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
- 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

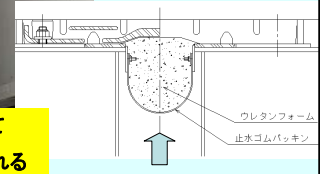
### ①伸縮装置の損傷・劣化（土砂・雨水の流れ落ち）

#### 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



写真方向

### 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



伸縮装置からの土砂が堆積、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

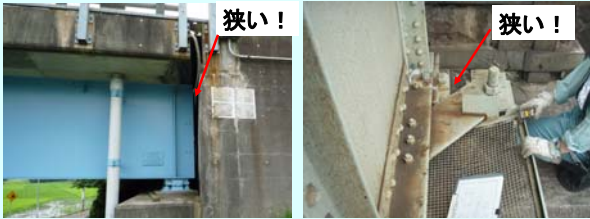
- 点検の都度、足場を設置しなくても良いように、検査路・梯子等を設置し、伸縮装置下側にアクセスできるようにしておく

##### 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



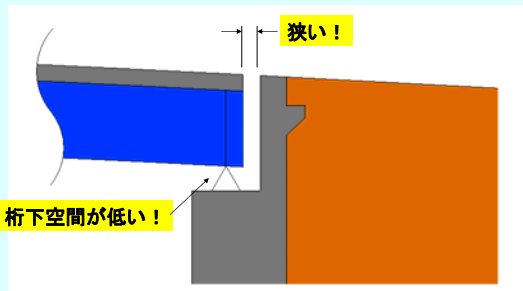
②閉鎖的空間・狭隘(風通しの悪さ)

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)

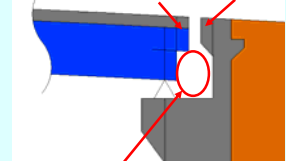
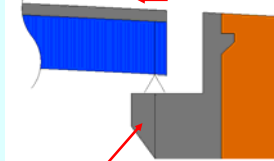
桁端部の空間確保—新設橋梁設計時の配慮

—Step1—

—Step2—

② 支点を支間中央側に移動する

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



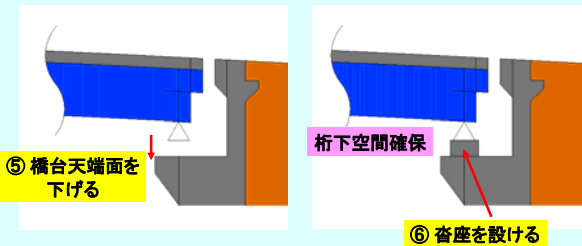
桁端部の損傷・劣化を防ぐには・・・

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

—Step3—

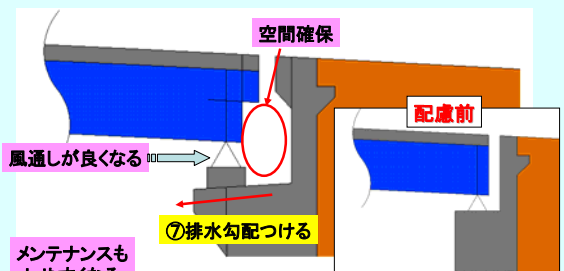
—Step4—



桁端部の損傷・劣化を防ぐには・・・

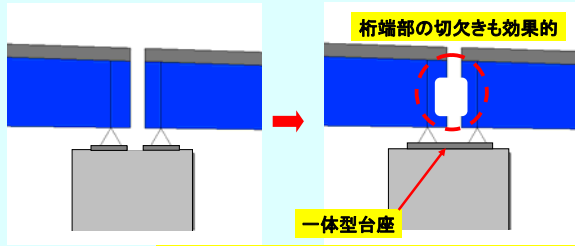
②閉鎖的空間・狭隘(風通しの悪さ)

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・狹隘(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、維持管理に配慮！

### 桁端部の損傷・劣化を防ぐには・・・

- ②閉鎖的空間・狹隘(風通しの悪さ)
- 桁端部の空間確保—**既設橋梁の場合**



## 1-2 昔の橋はこんなところに注意！

今は使われていない材料・構造

- ① リベット
- ② 高力ボルト F11T
- ③ 古材(硫黄含有量の多い鋼材)
- ④ 桁高変化部 フランジ曲げ構造

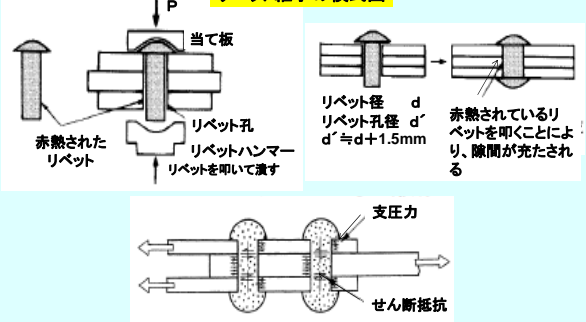
### ① リベット

- ・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



### ① リベット

リベット継手の模式図



### リベットの留意点

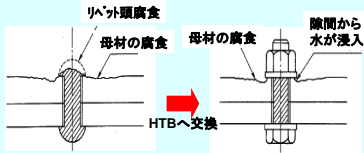
#### (1) 腐食リベットの取替え

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



リベット頭の欠食



腐食リベットの取替えによる水の浸入

### 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

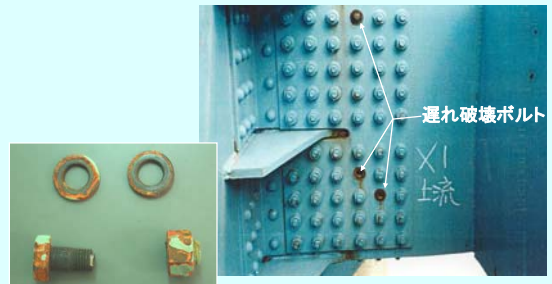
### ② 高力ボルト F11T

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

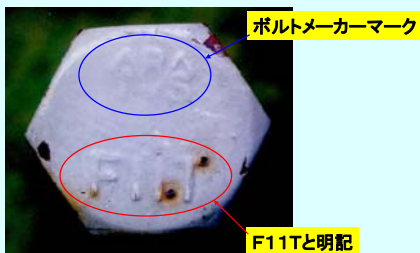
しかし ある時間が経過したのち  
突然 脆性的に破壊！！



高張力鋼特有の「遅れ破壊」

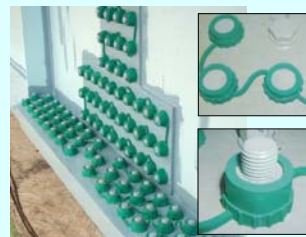
### F11Tの確認

- (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三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例



落下防止ネットの取付例

### 抜本対策はボルトの取替え

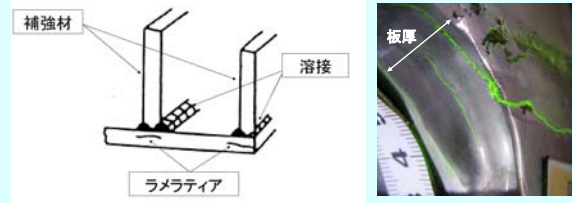
但し、F10Tに替えると継手強度が下がってしまう（要応力照査）

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

M22 F11T → M24 F10T

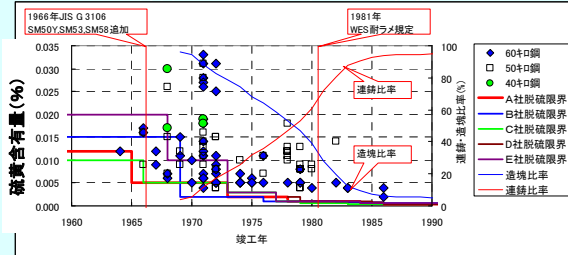
### ③ 古材(硫黄含有量の多い鋼材)

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。

### 鋼材の硫黄含有量の推移

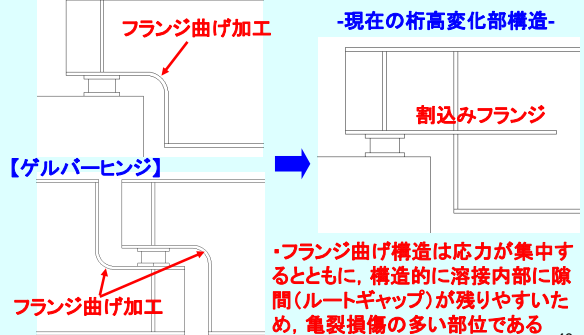


・硫黄含有量は1970年代半ばに急激に減少。溶接性は格段に向上しているものと考えられる。

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

### ④ 桁高変化部(フランジ曲げ構造)

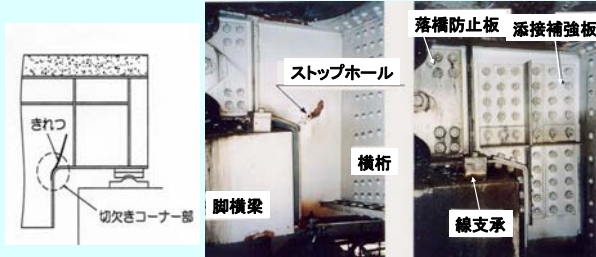
【桁端切欠】



### 桁高変化部の亀裂補修事例①

【桁端切欠部】

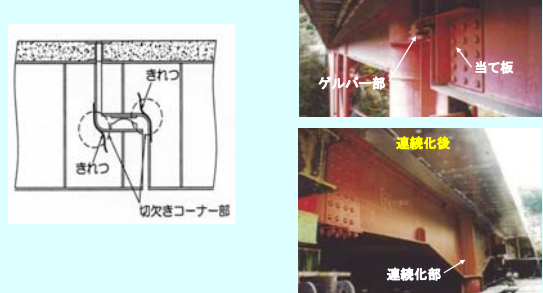
補強板による補強



### 桁高変化部の亀裂補修事例②

【ゲルバーヒンジ部】

補強板⇒桁連続化



## 2 違いを知って 設計・施工に留意しよう

### 補修・補強工事の特徴

43

## 2-1 そのまま補強しても効果は…

### 死荷重には効かない補強

44

### 補修・補強工事の特徴

既設桁＝死荷重載荷状態

補強材を付けたら・・・

活荷重には効く

死荷重には効かない

B活荷重対応が目的なら

それでもOKだが・・・

45

### 補修・補強工事の特徴

死荷重応力も負担させたい場合

Step1 ジャッキアップで

死荷重キャンバーを戻す

Step2 補強材を設置

Step3 ジャッキダウン

というステップが必要

設計時も上記ステップでの解析が必要

46

### 補修・補強工事の特徴

## 2-2 通行止めは簡単にはできません…

### 活荷重作用下での施工

47

### 補修・補強工事の特徴

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

( JSSC 共用下にある鋼構造物の

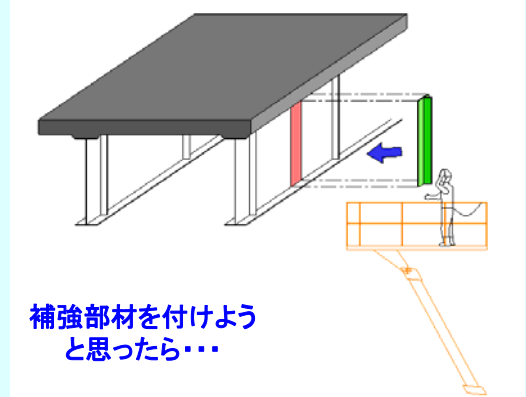
溶接施工指針 参照 )

48

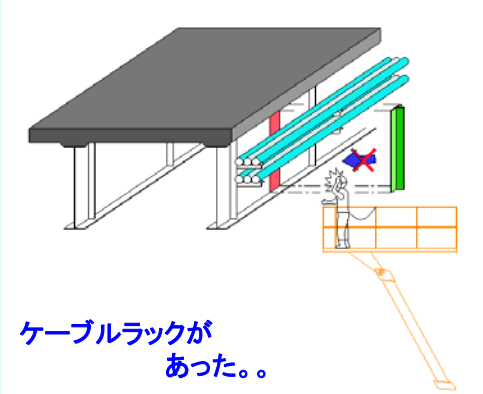


### 2-3 こんなところにこんなものが...

図面に載っていない構造物・付属物



補強部材を付けよう  
と思ったら...



ケーブルラックが  
あった。。

- 現地** 補強図面には載ってないぞ！
- 設計** 土木の竣工図には載って  
いなかったのだから判らなかった。
- 現地** 現場を見ろ、現場を！
- 設計** 1回は行ったんだけどなあ。  
当初はそこに付ける予定じゃ  
なかったから気付かなかったよ。



特に施設関係は、土木の竣工図に  
載っていないことが多い  
意識していない箇所は  
1度見ても覚えていないもの

図面だけで判断, 設計を進めるのは危険



まずは現場を見よう!  
(現場にあわせた柔軟な設計を)

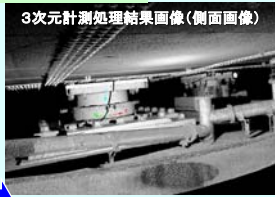


- ・デジタル写真
  - ・三次元計測
  - ・ビデオ撮影
- などで現場を記録しておくとな非常に有効

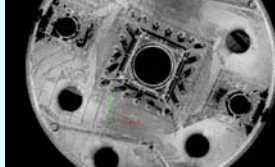
現場実測(3次元計測の例)



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



3次元計測処理結果画像(側面画像)



3次元計測処理結果画像(平面画像)

3 現場を知って  
設計・施工に留意しよう

補修・補強現場の実態

3-1 思っている以上に狭いかも。

狭隘な施工空間



現場孔明・取付け・HTB締付け



部材取付け・HTB締付け



沓塵のはつり

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

3-2 これって人力で運ぶの？

重機を使用できない施工箇所



部材の箱内への搬入

重機が使えないことがほとんど。



部材の運搬

### 部材の分割・小型化

重機を使えない場合がほとんど

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なる



**部材の分割・小型化は必須**

3-3 やって見ないと判らないことも・・・

アンカーボルトの削孔の場合

### 電磁レーダによる鉄筋探査



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

### パイロットホールによる鉄筋確認



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

### ダイヤモンドコアドリルによる削孔



鉄筋センサーによる鉄筋切断の防止

### アンカー削孔跡 (トライ&エラーの跡)



孔埋め作業も発生する

### やってみないと解らないからこそ設計時の配慮を...



製作反映

- アンカーボルトの場合
- ・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  
などの設計時の配慮でかなり助かる

## 4 まとめ

### まとめ (1/3)

#### 1 弱点を知って設計・施工に留意しよう!

- ・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、特性を良く理解しておく必要がある。

### まとめ (2/3)

#### 2 違いを知って設計・施工に留意しよう!

- ・既に作用している荷重と補強の目的を理解して設計することが必要。
- ・供用下での施工となることを考えておくことが必要。
- ・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。

### まとめ (3/3)

#### 3 現場を知って設計・施工に留意しよう!

- ・補修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。
- ・やってみないと解らないことがある。  
だからこそ設計時の工夫、配慮が必要。

**補修って意外とおもしろい!!**

ご清聴 ありがとうございました