

令和7年度 橋梁技術発表会

「ケン・ブリッチくん」と行く保全工事の世界

～トラス橋ってどんな橋？
特徴を理解して健全に橋を守ろう！～

保全委員会 保全西日本部会
【八代茂，松田明德】

特別広報委員
【ケン・ブリッチくん】



一般
社団法人

日本橋梁建設協会
Japan Bridge Association

1

～はじめに～

いろいろな場所でトラス橋を目にすることがあると思います。トラス橋は古くから建設されており、歴史的に貴重な橋梁も含めてたくさんの橋梁が現役で活躍しています。トラス橋は、部材の軸方向に作用する力に抵抗する軸部材で構成されたスレンダーで大変美しい橋梁形式ですが、その特有な構造を健全に維持するためには、その特徴を踏まえた維持管理（補修・補強）が必要です。

本編ではトラス橋の損傷事例や補修・補強事例、既設橋梁の状態把握に使用する現地計測技術についてご紹介します。ケン・ブリッチくんと共に説明を聴きながら、一緒に楽しく理解を深めていただけると幸いです。

2

「ケン・ブリッチくん」の紹介

プロフィール

身長 : 184cm
体重 : 84kg
誕生日 : 8月4日
性別 : オス
役職 : 橋建協 特別広報委員
性格 : 人懐っこい
好物 : みかん、ハッ橋、はしまき
嫌い : 橋を傷つける行為
橋に落書きされること

橋建ヘルメット着用！

ボディーカラーは
橋建カラーの水色

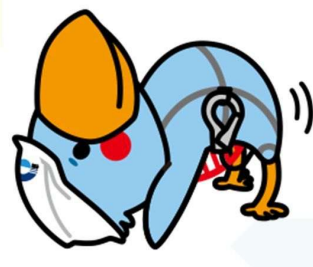
フルハーネス着用！
安全第一！

背中には
アーチ橋を
背負っています！

ハシ ヒロ コウ
橋を広く広報するハシヒロコウ（鳥）



今日はよろしく
お願いします。



3

-今日のお話-

それでは
参りましょう。

①トラス橋ってどんな橋？

- ・トラス橋の基本、メリット、デメリット、基本的な補強

②トラス橋の維持管理について見てみよう！

- ・損傷マップと事例、着目ポイント

③トラス橋の補修・補強時はここに注意！

- ・補修時の留意点と事例
- ・補強時の留意点と事例（支承取替～耐震補強）

④トラス橋の災害事例から学ぼう！

- ・災害事例と復旧方法

⑤トラス橋の現地踏査・現場実測をしよう！

- ・現地踏査、現場実測の必要性とその方法



4

① トラス橋ってどんな橋？

- ・トラス橋の基本
- ・メリット、デメリット、基本的な補強

5

① トラス橋ってどんな橋？

【トラス橋とは？】

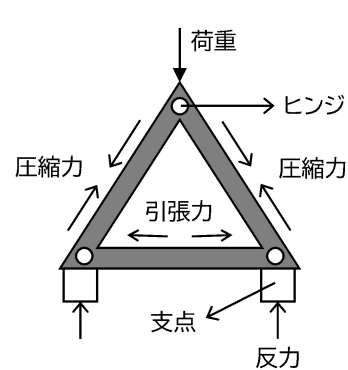
三角形のユニットで構成された橋。
格点に作用する荷重は部材方向に
分解され、**部材には軸方向力のみ
が作用。**

三角形は外力を効率的に分散・吸
収するため、非常に安定した形状。
⇒**軽量で高い強度を持つ構造が可能。**

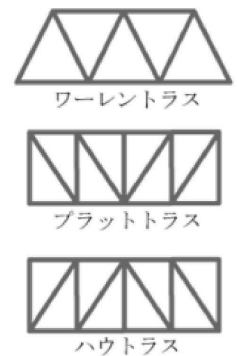
代表的なトラス形式には、ワーレン
トラス、プラットトラス、ハウトラ
スなどがある。

トラス橋の部材名
称は右下図の通り。

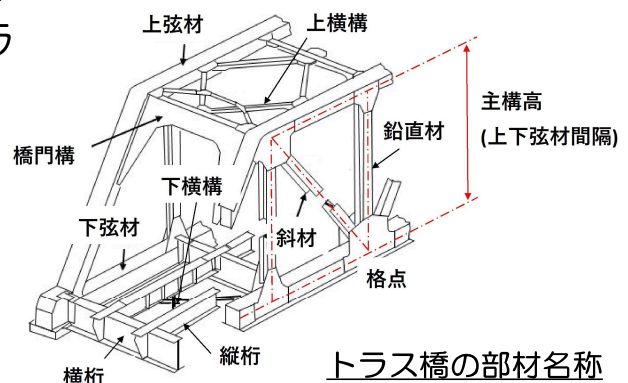
トラス橋は三角形
が重要っ。



トラス橋の原理



トラス橋の構造例



トラス橋の部材名称

① トラス橋ってどんな橋？

【トラス橋のメリット・デメリットは？】

1) トラス橋のメリット

- **材料の効率的利用**
作用力が軸力のみ。鋼材の強度をダイレクトに活用できる。
- **軽量で高強度**
長い支間の橋梁に対応可能。鋼材の使用量を最小限にできる。
- **デザイン性**
様々な三角形を組み合わせることが可能。
曲線を描くこともでき、高い意匠性がある。

トラス橋って
スゴイけど難しい。

2) トラス橋のデメリット

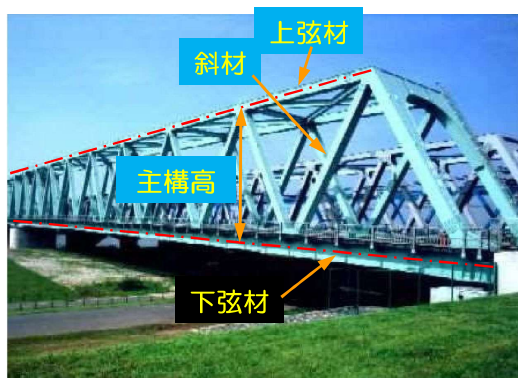
- **施工費が高額**
部材数が多く複雑な構造になる。組立てに時間や労力が必要なので、建設費が高くなる可能性がある。
- **主構の高さ**
部材断面を小さくするためにはある程度の主構高さが必要。
- **メンテナンスの難しさ**
部材数が多く複雑な構造なのでメンテナンスが煩雑。

① トラス橋ってどんな橋？

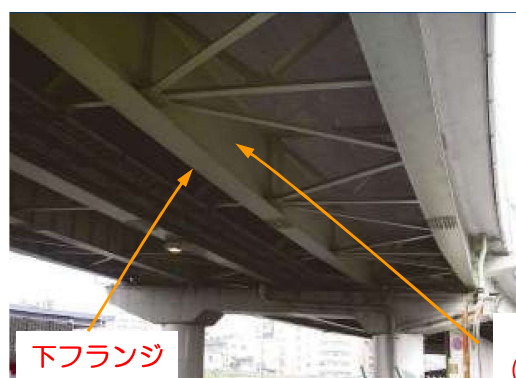
【トラス橋と桁橋の違いは？】

トラス橋	鈑桁橋（I 桁橋）・箱桁橋
軸力部材	曲げ部材
1部材の断面が小さい	1部材の断面が大きい
主構高（桁高）が高い	桁高が低い
複数部材の組み合わせ	少数の部材が連続する
補強部材の設置が複雑	補強部材の設置が比較的容易

トラス橋って桁橋と
だいぶ違いますね。



トラス橋



鈑桁橋（I 桁橋）

① トラス橋ってどんな橋？

昔から大切に使われているんだなあ。



【トラス橋が過去に多く作られた理由は？】

- 昔の橋梁事情
現在と比べて低強度の鋼材が多い
溶接技術の未発達
架設機材の不足（大型クレーン等）
- 大きな断面の箱桁や鈑桁の製作/架設が困難
- トラス橋の特徴
単体の部材寸法が鈑桁/箱桁に比べて小さい。
- 支間の長い橋梁にはトラス橋が多く採用

※100年以上経過しても修復/再利用されて多くのトラス橋が活躍している。



歴史的資産として修復



鉄道橋から公園内に移設
明治時代に建設されたトラス橋

① トラス橋ってどんな橋？

構造をよく理解することが重要だね。



【トラス橋の断面補強方法は？】

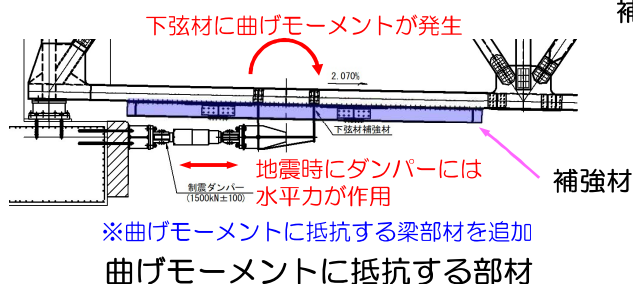
トラス橋は断面が小さく構造が複雑なので補強も煩雑。

- 軸力が超過する場合
軸力部材なので超過する応力度に相当する断面積を当て板補強で補う。
- 曲げモーメントが作用する場合
下弦材の中間部にダンパーや落橋防止構造を設置すると軸力部材に曲げモーメントが発生するので、曲げモーメントに抵抗する部材あるいは曲げモーメントを軸力に置き換えるための部材を設置する。

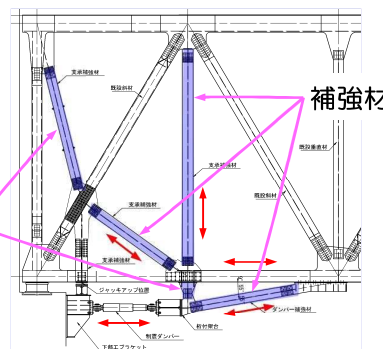


当て板

当て板補強



補強材



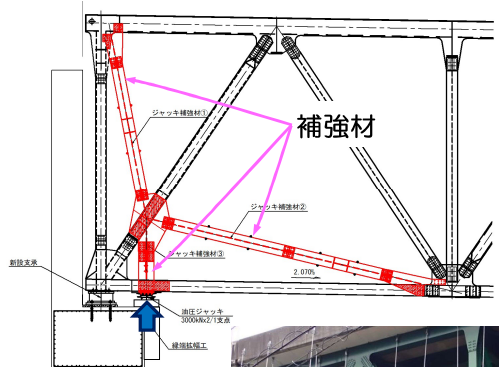
① トラス橋ってどんな橋？

【トラス橋と桁橋の補強方法の違いは？】

ジャッキアップ補強を例にトラス橋と鈑桁橋を比較する。

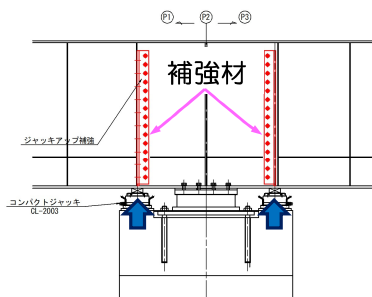
・トラス橋の場合

部材間を細長い部材でつなぐ。
軸力部材に曲げが作用しない
ように三角形で構成する。



・鈑桁橋の場合

ウェブ面に補強部材を設置。
構造が単純で設置も容易。



↑：ジャッキアップ位置

トラス橋の三角形を構成する補強は現地計測がすごく重要になるね。

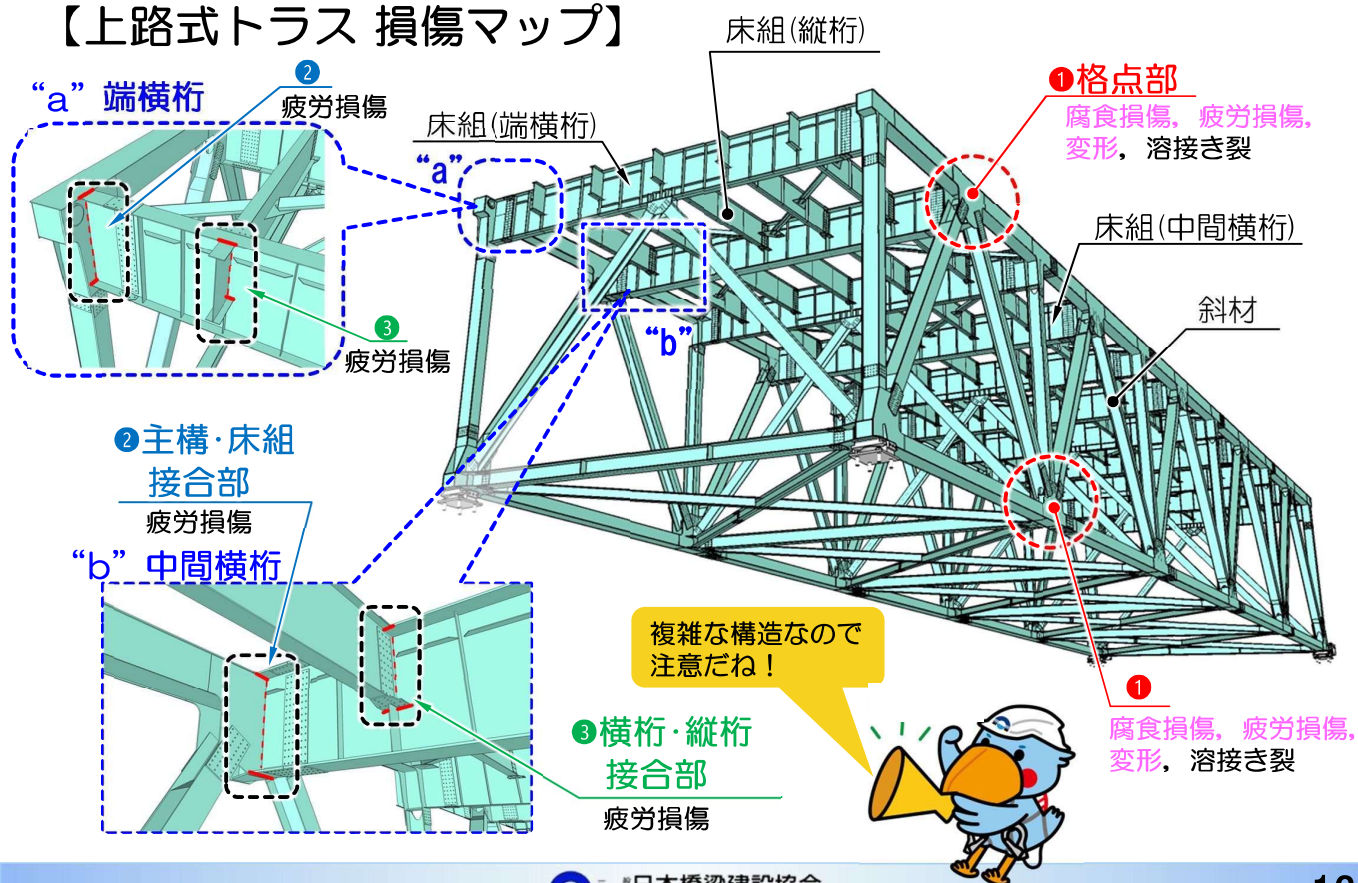


② トラス橋の維持管理について 見てみよう！

・ 損傷マップと事例、着目ポイント

② トラス橋の維持管理について見てみよう！

【上路式トラス 損傷マップ】

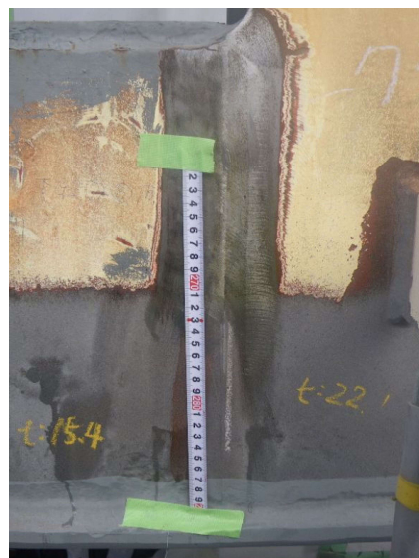


② トラス橋の維持管理について見てみよう！

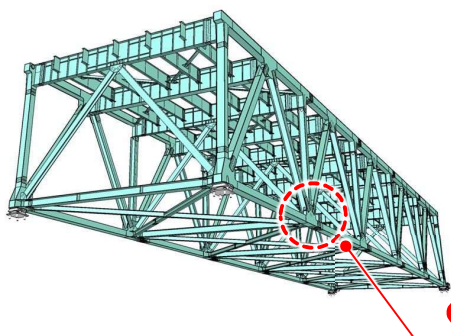
【上路式トラス 損傷事例】



腐食損傷 (①格点部)



疲労損傷 (①格点部)



腐食損傷, 疲労損傷, 変形, 溶接き裂

② トラス橋の維持管理について見てみよう！

【着目ポイント】

橋梁の形式	腐食損傷		疲労損傷		変形ほか	
	部位		部位		部位	
上路式トラス橋	① 格点部	水分・塵埃が滞留しやすい ⇒腐食に着目	① 格点部	橋全体の荷重を受ける ⇒応力集中による疲労き裂に着目	① 格点部	橋全体の荷重を受ける ⇒応力集中による変形に着目
			② 主構・床組接合部	応力が複合作用する部位 ⇒接合部の疲労き裂に着目（端横桁に多い）		溶接継手が集中し、 応力が複雑に作用 ⇒溶接き裂に着目
			③ 横桁・縦桁接合部	床組の応力が複合作用する部位 ⇒接合部の疲労き裂に着目（端横桁に多い）		

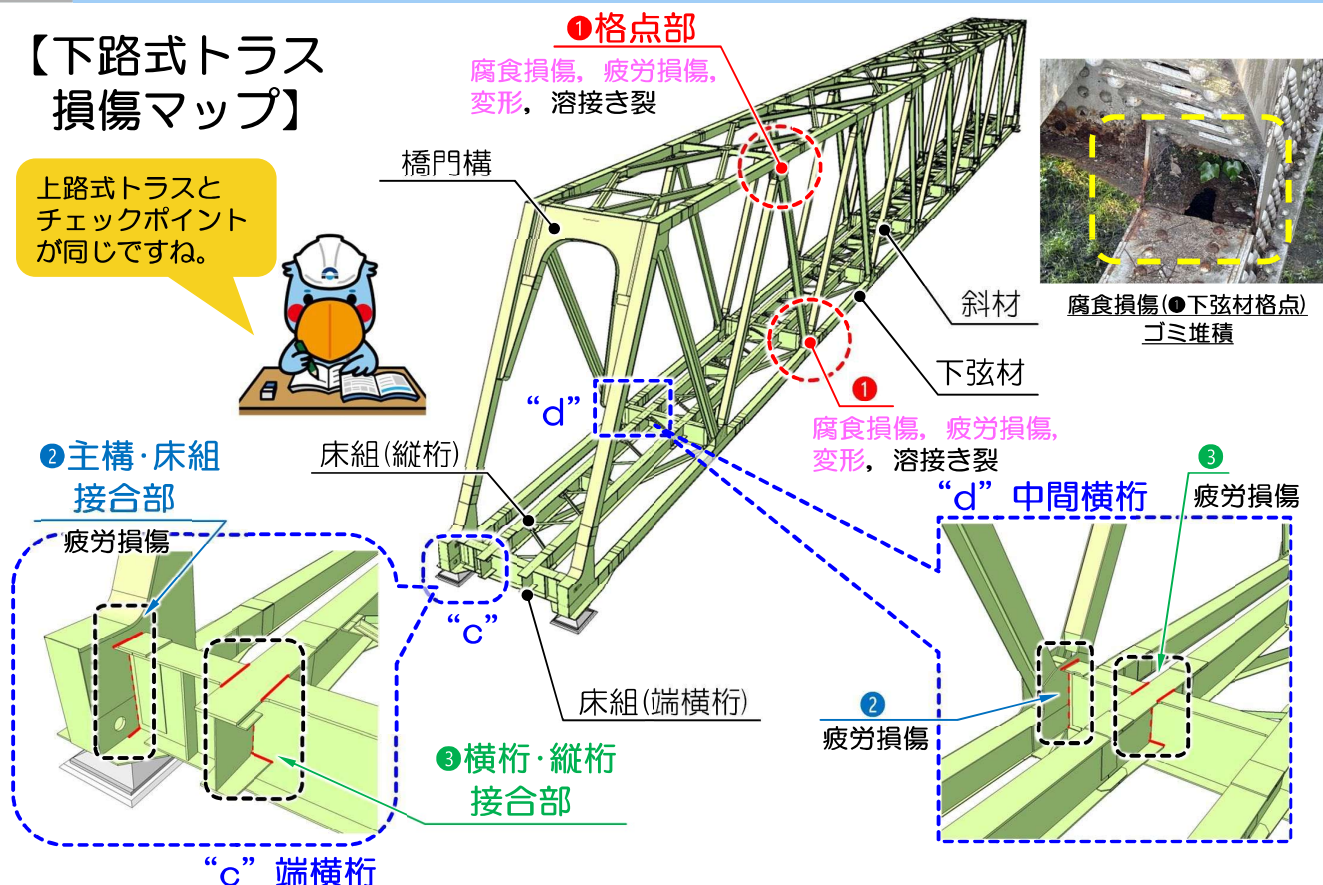
損傷しやすい場所って決まっているんだね。



② トラス橋の維持管理について見てみよう！

【下路式トラス 損傷マップ】

上路式トラスとチェックポイントが同じですね。



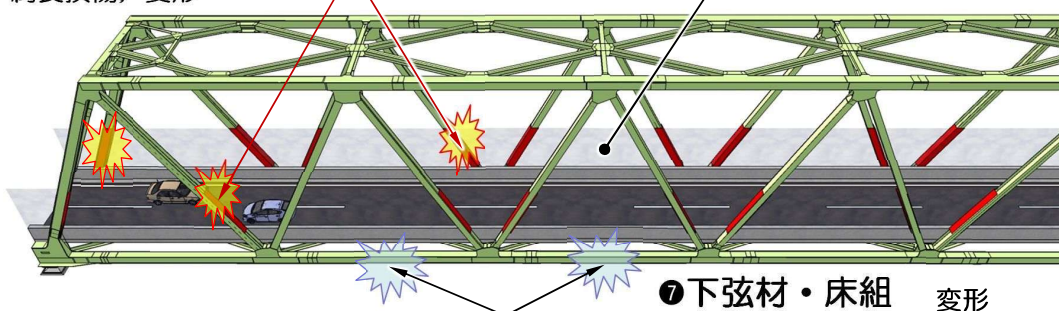
② トラス橋の維持管理について見てみよう！

【下路式トラス特有の損傷マップ】

⑤ 橋面側部の主構支持材・端部斜材

腐食損傷，変形

スプラッシュゾーン（飛沫帯）



⑦ 下弦材・床組 変形



大型車両の衝突による変形（⑤端部斜材）



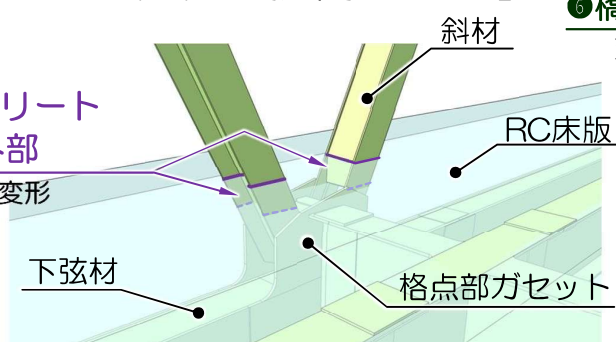
流木の衝突による変形（⑦下弦材）

② トラス橋の維持管理について見てみよう！

【下路式トラス特有の損傷マップ】

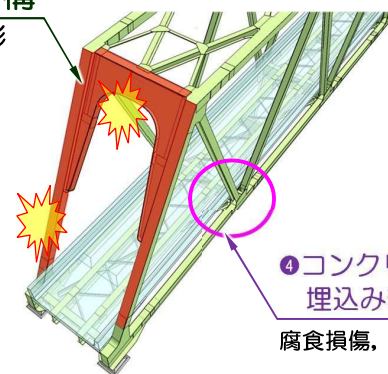
④ コンクリート埋込み部

腐食損傷，変形



⑥ 橋門構

変形



腐食損傷，変形



腐食損傷（④コンクリート埋め込み部）



車両衝突による変形（⑥橋門構）

② トラス橋の維持管理について見てみよう！

【着目ポイント】

着目ポイント	腐食損傷		疲労損傷		変形ほか	
	部位		部位		部位	
下路式トラス橋	① 格点部	水分・塵埃が滞留しやすい ⇒腐食に着目	① 格点部	橋全体の荷重を受ける ⇒応力集中による疲労き裂に着目	① 格点部	橋全体の荷重を受ける ⇒応力集中による変形に着目
			② 主構・床組接合部	応力が複合作用する部位 ⇒接合部の疲労き裂に着目（端横桁に多い）		溶接継手が集中し、応力が複雑に作用 ⇒溶接き裂に着目
	④ コンクリート埋込み部	土砂や水分が滞留しやすい ⇒局部腐食に着目	③ 横桁・縦桁接合部	床組の応力が複合作用する部位 ⇒接合部の疲労き裂に着目（端横桁に多い）	④ コンクリート埋込み部	土砂や水分が滞留しやすい ⇒局部腐食に着目
	⑤ 橋面側部の主構支持材	走行車両の飛沫帯となる ⇒斜材等腐食に着目 凍結防止剤の影響で、腐食しやすい			⑤ 橋面側部の主構支持材	車両衝突事故による変形などに着目
					⑥ 橋門構	車両積荷物の接触による変形などに着目
					⑦ 下弦材・床組	流木などの衝突による変形などに着目

橋体が路面より上にあることで着目ポイントが増えるんだね。



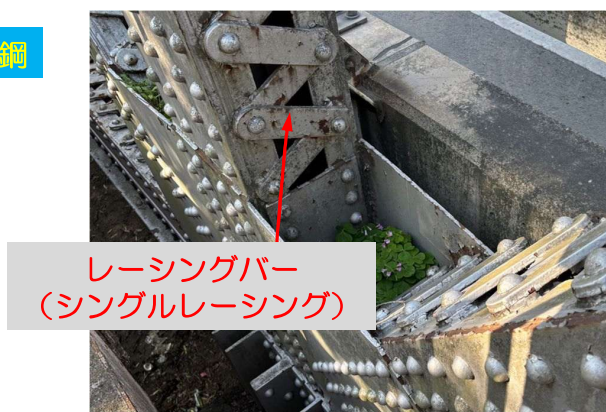
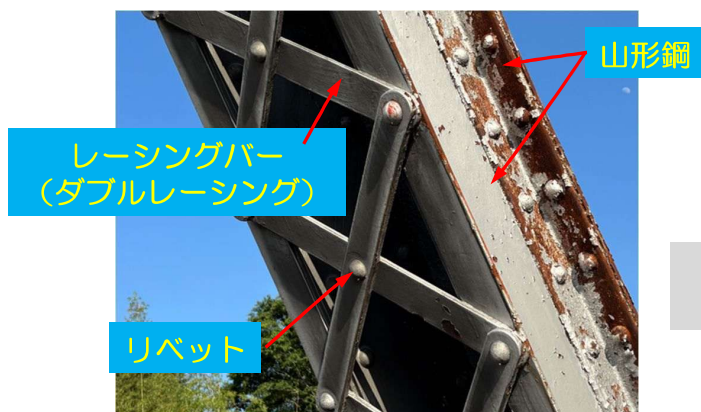
② トラス橋の維持管理について見てみよう！

-古くからあるトラス橋の着目点-

【リベット接合】

古いトラス橋は形鋼とレーシングバーをリベットで接合した部材で構成されていることが多い。リベットは軸部で力を伝達するため、**リベット頭部が腐食していても軸部の弛みが無ければ接合能力は維持される。**頭の欠食したリベットは弛みがなければ高力ボルトに置き換えるよりも、腐食を進行させないための対策を取るのが望ましい。

溶接技術が進歩するまではリベットだったんだね。



③トラス橋の補修・補強時はここに注意！

- ・補修時の留意点と事例
- ・補強時の留意点と事例（支承取替～耐震補強）

③ トラス橋の補修・補強時はここに注意！

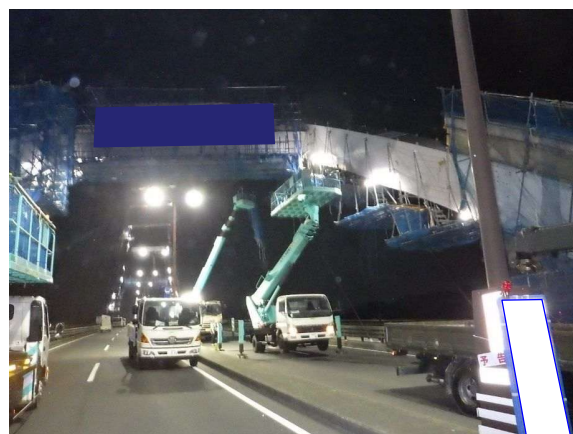
・補修時の留意点
と事例

【補修時留意点1：交通規制】

橋梁の補修は供用しながら行うことが多い。現場条件として、橋面上を使用して施工を行わなければならない場合には、**片側交通規制あるいは全面通行止めが必要**となるケースもある。特に下路橋の場合には、大部分の部材が路面より上に存在するため、その部材を補修する際には交通規制が必須となる。



片側交通規制（部材取り込み状況）



全面交通止め（足場架設状況）

③ トラス橋の補修・補強時はここに注意！ ・補修時の留意点と事例

【補修時留意点2：仮支持】

部材が大きく損傷している場合には橋梁の荷重支持性能が低下しているため、早急に仮支持を行って部材に作用している力を低減させなくてはならない。

一般的にはベントで仮支持を行うことが多いが、ベントの設置ができない場合は、架設桁を用いて仮支持を行った事例もある。

架設桁を使った発想が良いでしょ。



ベントによる仮支持



損傷状況



架設桁

損傷箇所

架設桁による仮支持

③ トラス橋の補修・補強時はここに注意！ ・補修時の留意点と事例

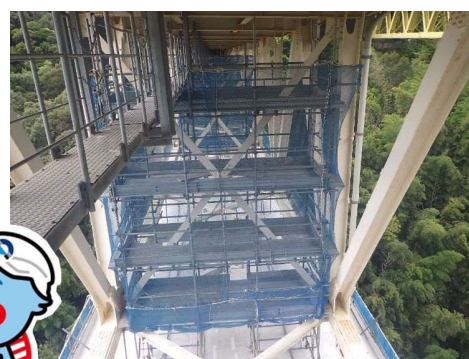
【補修時留意点3：足場】

トラス橋は主構が高く部材数も多い。

補修する部材の場所にもるが、各部材にアクセスするための足場は大がかりになることが多い。



足場の設置はなかなか大変そうですね。



足場状況(中間対傾構)



足場状況(主構)



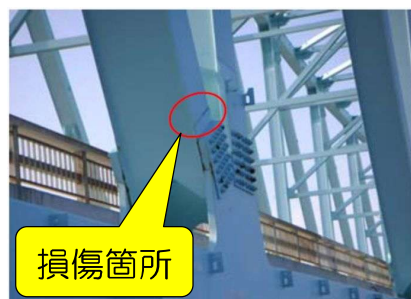
足場状況(下弦材・下横構)

③ トラス橋の補修・補強時はここに注意！

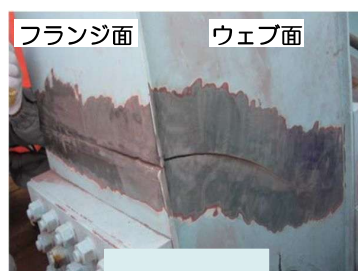
・補修時の留意点と事例

【補修事例1：疲労き裂】

疲労き裂が生じた斜材を部分的に切取って新設部材に取替えた事例。
PC鋼棒＋センターホールジャッキで作用軸力を移行。新設部材は2分割にして既設部材の形状保持と施工誤差に対応。



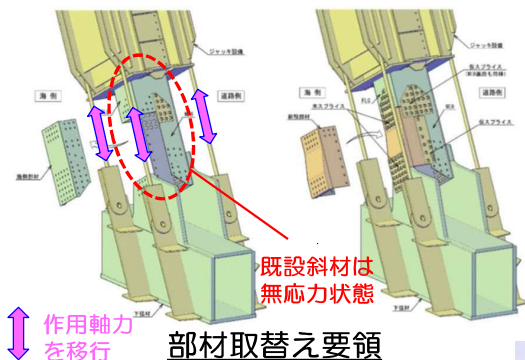
損傷箇所



フランジ面

ウェブ面

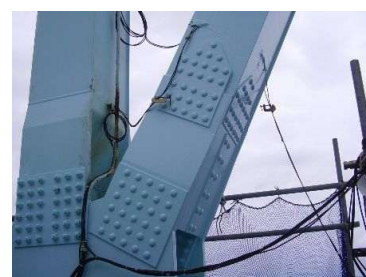
疲労き裂状況



なるほど。
 こんな方法もあるんですね。



バイパス材



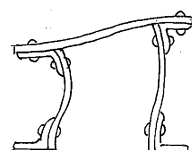
補修完了

③ トラス橋の補修・補強時はここに注意！

・補修時の留意点と事例

【補修事例2：変形】

端部斜材に大型トラックが接触して大きく変形。
応急復旧：上フランジ部にリブ付きの当て板補強。



損傷断面



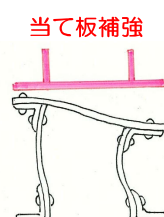
損傷状況



応急復旧状況

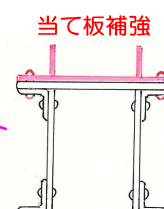


斜材がこんなに変形して
 しまつて大変だあ！



当て板補強

補強断面
 (損傷部)



当て板補強

補強断面
 (添接部)

③ トラス橋の補修・補強時はここに注意！

・補修時の留意点と事例

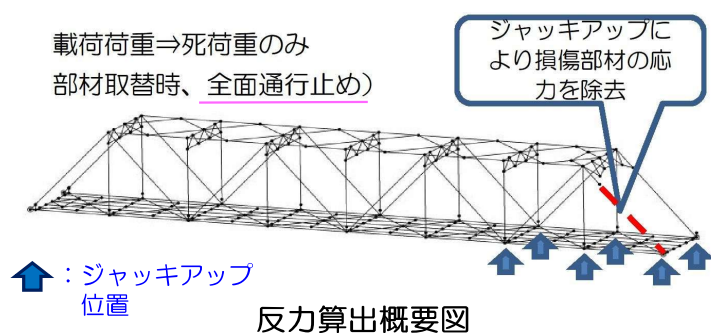
【補修事例2：変形】

恒久復旧：損傷が激しいため端部斜材（長さ約8m）を取替え。

端部斜材の取替時は全面通行止めにして荷重を死荷重のみに設定。

損傷した端部斜材を無応力にする方法として近接格点のジャッキアップを採用。

無応力になるジャッキアップ反力の組み合わせを解析により算出。ジャッキアップ時に基礎が沈下する可能性があったため、トラス橋の鉛直変位を計測しながらジャッキ反力を自動制御するシステムを用いて常時監視。



ジャッキアップ設備

③ トラス橋の補修・補強時はここに注意！

・補強時の留意点と事例

【補強時留意点1：支承取替(ジャッキアップ補強)】

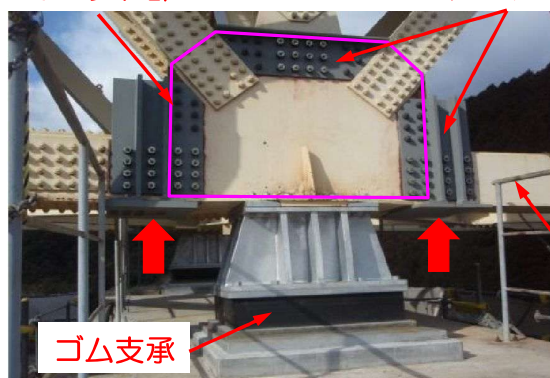
支承取替えにはトラス桁をジャッキアップして支承に作用している反力を解放する必要がある。

支承はトラス桁の格点に設置されているため、格点から少しずれた位置でジャッキアップをしなければならない。

トラス部材は格点以外に直接、大きな力を作用させると部材が座屈するため、座屈を防ぐための補強が必要になる。

ガセット部

ジャッキアップ補強



供用しながら支承撤去を行う場合、支承の反力切りに必要なジャッキアップ量は最大3mmで管理。

トラスは座屈を防ぐ対策が重要なんだね。



ガセット範囲内の当て板補強（中間支点）

↑：ジャッキアップ位置

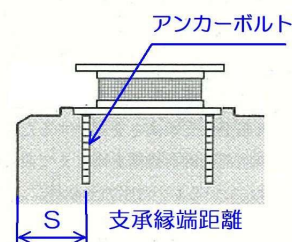
③ トラス橋の補修・補強時はここに注意！

・補強時の留意点と事例

【補強時留意点2：支承取替(新設ゴム支承の設置)】

耐震補強では既設鋼製支承から耐震性を向上させたゴム支承に取替えることが多い。ゴム支承のサイズは鋼製支承に比べてコンパクトになることから、支承高さの差分に鋼製台座などを設置して高さ調整を行う。

支承取替では橋座部にて、**支承縁端距離の確保が厳しくなることが多い**。そのため、アンカーボルトの配置検討は重要である。



ピン支承損傷事例
(地震時)



既設鋼製支承(施工前)



新設ゴム支承(施工後)

③ トラス橋の補修・補強時はここに注意！

・補強時の留意点と事例

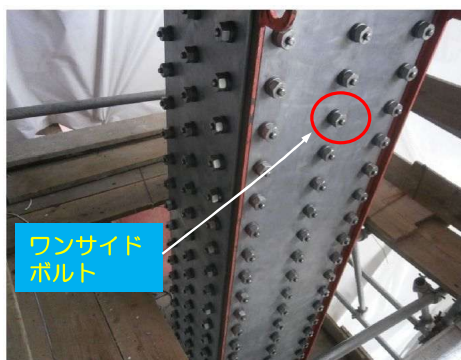
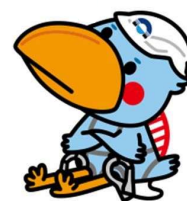
【補強時留意点3：当て板補強(鋼板)】

部材耐力が不足する場合に当て板にて断面を補強する。

トラス部材(箱断面)の4辺を鋼板で補強した例。箱断面が狭小であるためボルトにはワンサイドボルトを使用。

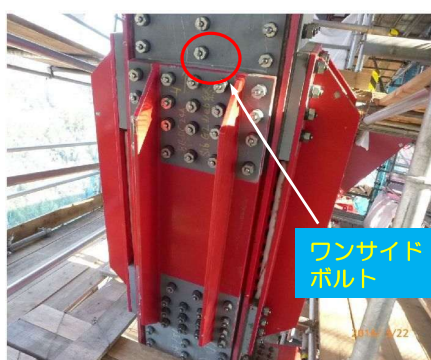
継手部は添接部材を避けたバイパス構造を追加。

狭小な箱断面の補強は大変なんだなあ。



ワンサイドボルト

一般部



ワンサイドボルト

継手部



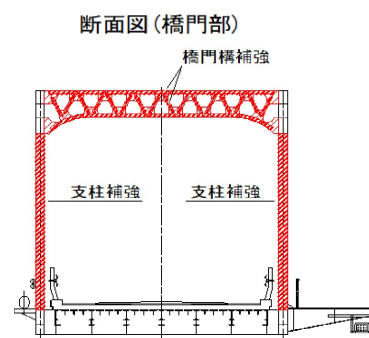
ワンサイドボルト

③ トラス橋の補修・補強時はここに注意！

・補強時の留意点
と事例

【補強時留意点4：部材取替(橋門構)】

構造安定性を維持するために、耐震補強では既設部材に新設部材を追加して補強することが多いが、**損傷が激しい部材や構造が複雑な場合、作用力が比較的小さくて取替えが容易な2次部材については、新設部材に取替える場合がある。**また、歴史的価値を継承するために既設部材の意匠性を再現しながら部材を取替える場合もある。



既設橋門構の撤去状況



新設橋門構設置完了(意匠性を再現)

③ トラス橋の補修・補強時はここに注意！

・補強時の留意点
と事例

【補強時留意点5：ダンパー系部材による耐震補強】

《ダンパーの種類》

＜種類＞

1. 粘性ダンパー

摩擦履歴型，粘性履歴型

2. 鋼材ダンパー

軸力降伏型，せん断降伏型

3. 摩擦ダンパー

＜設置箇所＞

- ・上部工同士を接続
- ・上部工と下部工を接続
- ・斜材に組み込む

＜効果＞

- ・地震による橋梁の揺れを軽減できる。
→主要部材の負担を低減
→変位量を制限
- ・比較的簡易に耐震性能が向上する。

勉強になるなあ。



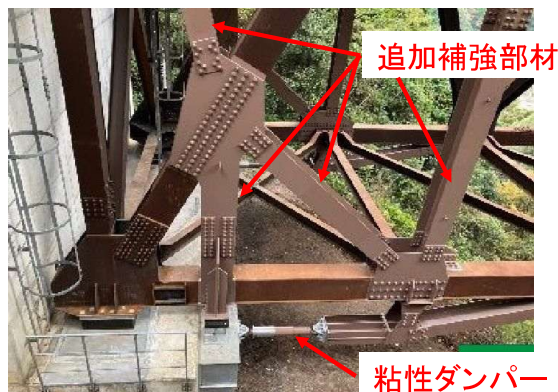
③ トラス橋の補修・補強時はここに注意！

・補強時の留意点と事例

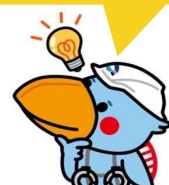
【補強事例1：ダンパー系部材による耐震補強（粘性ダンパー）】

シリンダー内の充填材やオイルの粘性抵抗を利用してエネルギーを吸収。

下弦材に粘性ダンパーを設置すると、粘性ダンパーに作用した軸力により下弦材に曲げモーメントが発生する。粘性ダンパー周辺には曲げモーメントに抵抗できるように、補強部材では三角形を形成するトラス構造を構築する。



ジャッキアップと粘性ダンパーでは作用する力の向きが違っても、トラス構造の補強イメージは同じだね。



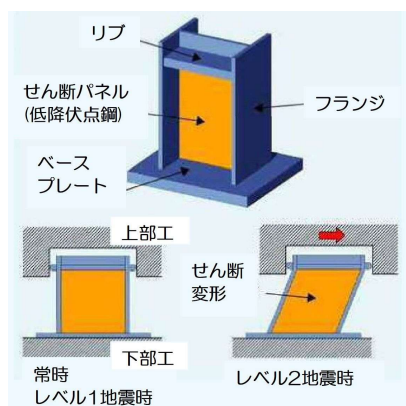
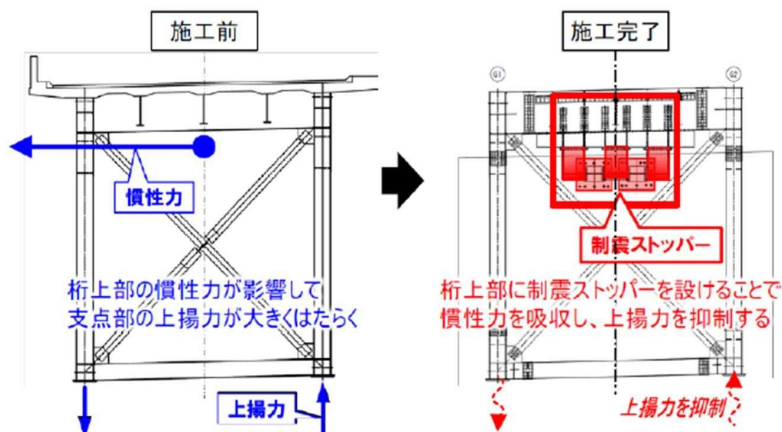
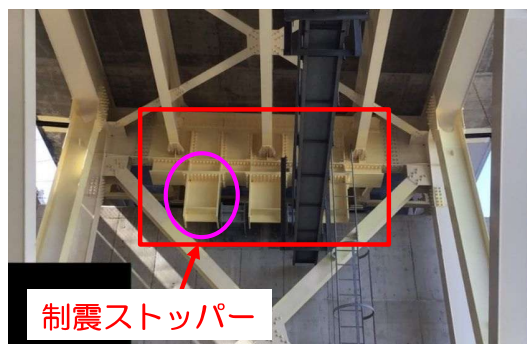
③ トラス橋の補修・補強時はここに注意！

・補強時の留意点と事例

【補強事例2：ダンパー系部材による耐震補強（制震ストッパー）】

鋼製ブラケットの腹板をせん断降伏させ地震エネルギーを吸収。

トラス橋は主構高が高いので慣性力にて、支点部に大きな上揚力が発生。制震ストッパーで慣性力を制御すると上揚力が抑制される。（アップリフト対策）



制震ストッパーの構造と機能

④ トラス橋の災害事例から学ぼう！

- ・ 災害事例と復旧方法

35

④ トラス橋の災害事例から学ぼう！ ・ 災害事例と復旧方法

【自然災害による損傷】

橋梁にダメージを与える自然災害には「地震、河川増水、津波」があげられる。



地震：支承損傷



自然災害による被害は
こんなに大きいの？！



河川増水：落橋



津波：流出

④ トラス橋の災害事例から学ぼう！ ・災害事例と復旧方法

【衝突物による損傷】

衝突物には色々なものがあると思いますが、例として「流木の衝突、車両の衝突」をご紹介します。



衝突でもこんなに壊れるの？！



流木の衝突



車両の衝突

④ トラス橋の災害事例から学ぼう！ ・災害事例と復旧方法

【落橋したトラス橋の復旧事例】 自然災害による損傷

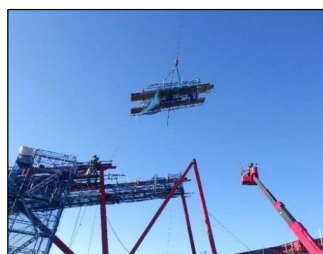
河川増水で下部工が流出したことにより落橋したトラス橋。

復旧方針としては被災前と同程度の構造に戻す。

解体した既存部材の調査を行った結果、約7割が再利用可能と判定され、部分的な部材取替えに決定。



河川の増水による落橋



トラス橋の解体



既設部材の変形状況

ある程度の変形ならば加熱矯正で戻せるんだね。



加熱矯正機

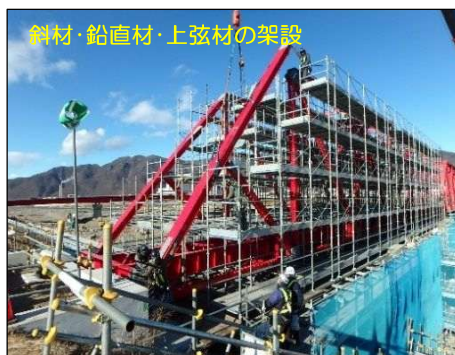
既設変形部材の加熱矯正

④ トラス橋の災害事例から学ぼう！ ・災害事例と復旧方法



下弦材と床組架設

復旧架設状況（１）



斜材・鉛直材・上弦材の架設

復旧架設状況（２）



上横構と橋門構の架設

復旧架設状況（３）



復旧完了



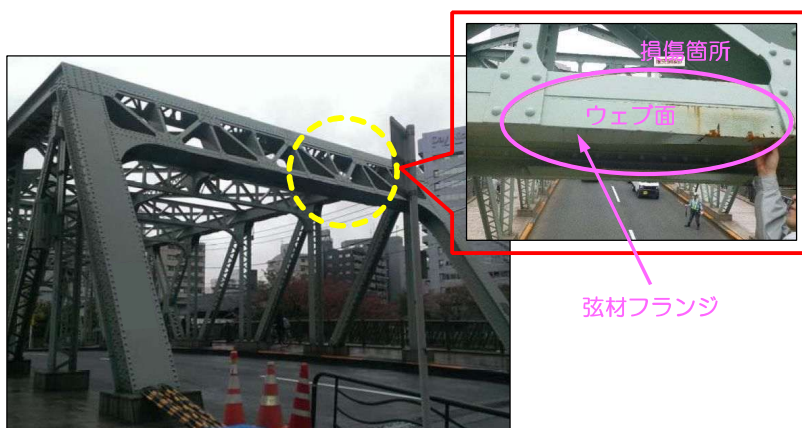
④ トラス橋の災害事例から学ぼう！ ・災害事例と復旧方法

【車両衝突による部材変形の復旧事例】衝突物による損傷

トラス橋の橋門構に車両が衝突して変形および部材裂傷が発生。都市景観重要構造物に指定されている橋梁であるため、リベット継手部も含めた意匠性を維持した補修が求められた。

<補修方針>

リベット継手部を保持しながら部材取替えを最小限にする。
できる限り変形部材は矯正で補修する。



橋門構の変形

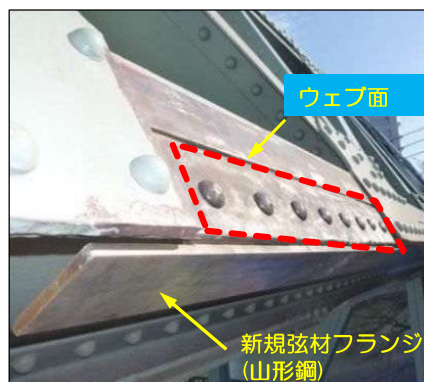


損傷部材状況

④ トラス橋の災害事例から学ぼう！ ・災害事例と復旧方法



山形鋼の取付け



高力ボルト連結状況

すごくいい感じに
仕上がりましたね。



FRPシート設置



補修完了

⑤ トラス橋の現地踏査・現場実測 をしよう！

・現地踏査、現場実測の必要性とその方法

⑤ トラス橋の現地踏査・現場実測をしよう！

【現地踏査や現場実測の必要性】

☆現地踏査は施工方法や既設橋梁の現状確認のために必要

- ・補強部材の輸送や搬入経路、施工箇所の状況確認
- ・完成図面には無い添架物や補修補強部材の確認



保全工事ではなぜ、現地踏査や現場実測を行うのですか？
竣工図書があるから、僕は必要ないと思うけど。。

☆現場実測は設計図面と現物の寸法の整合確認や設置する補強部材との干渉確認のために必要

- ・断面変化位置、構成部材の板幅や板厚、添接部のボルト本数やボルト配置、補剛材やダイヤフラムの間隔、既設部材との干渉確認など

⑤ トラス橋の現地踏査・現場実測をしよう！

【現地踏査の必要性】

なるほど！
足場設置前の現地踏査で確認することはたくさんあるんだな。
やっぱり、現地踏査は必要だ!!



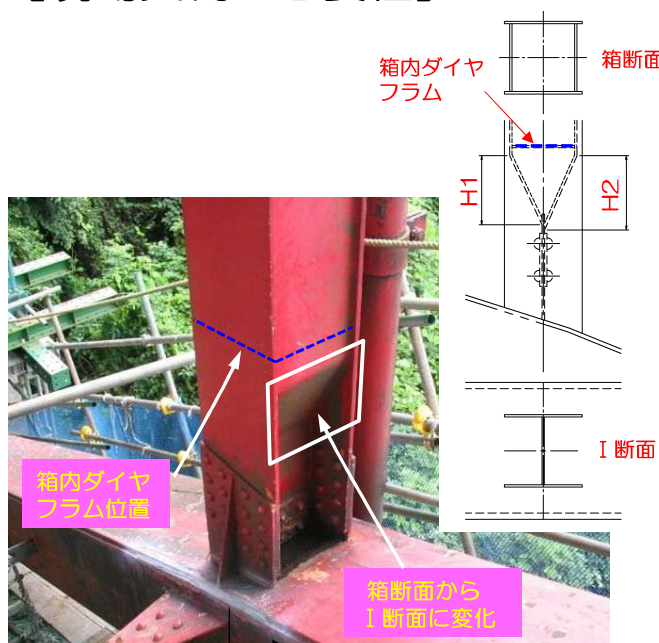
部材の輸送や搬入経路確認
施工箇所の状況確認(建築限界注意)



施工箇所の状況確認〔橋梁全景〕
(下弦材直下に電線あり注意)

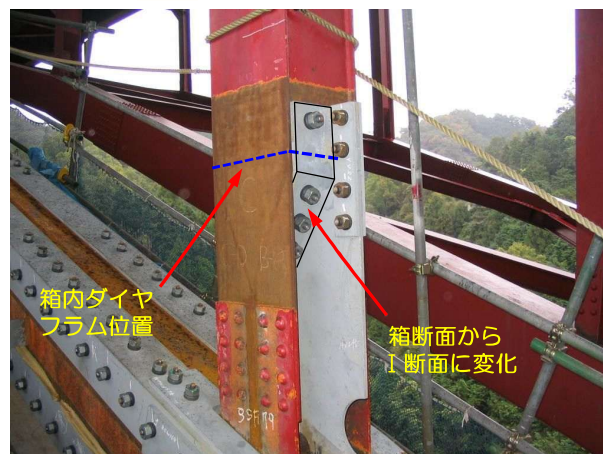
⑤ トラス橋の現地踏査・現場実測をしよう！

【現場実測の必要性】



鉛直材箱内のダイヤフラム位置
箱断面から I 断面に変化する形状
の確認

なるほど！
既設部材との干渉確認や
既設部材の形状確認は
しっかりやらないといけ
ないんだな。
やっぱり、現場実測は
必要だ!!



現場実測の反映
(ボルト配置と補強形状の見直し)

⑤ トラス橋の現地踏査・現場実測をしよう！

【現場実測の方法】

☆従来の現場実測

- 手計測による実測
→ 足場上(脚上)から
対象構造物を直接、手計測し図面化する。

☆計測機器を活用した現場実測

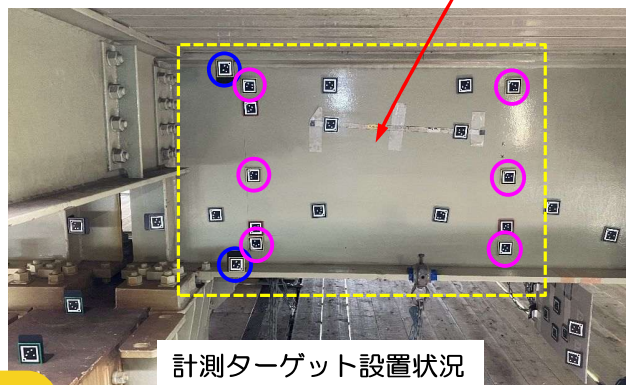
- **カメラ計測**
→ 対象構造物に計測ターゲットを貼り、**足場上(脚上)**から**カメラ撮影**を行い、**ターゲットの3次元座標**を用いて対象構造物を復元し**図面化**する。
- **3Dレーザースキャナー計測**
→ **計測機器を設置し(足場が無くても計測可能)**、計測した**3次元点群座標データ**を用いて、対象構造物を復元し**図面化**する。



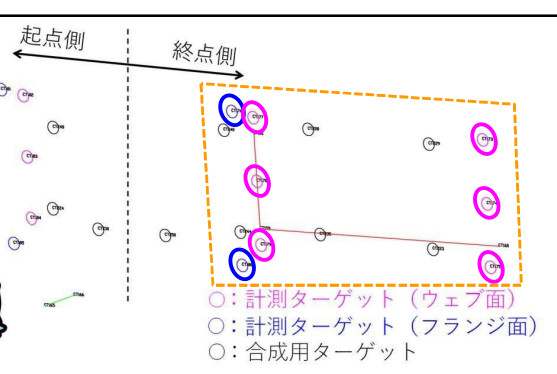
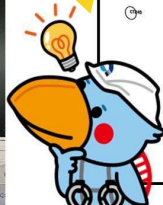
トラス橋のような大きな橋は
どのように現場実測を行って
いるのだろうか？

⑤ トラス橋の現地踏査・現場実測をしよう！

【カメラ計測】トラス橋縦桁部（縦桁連続化）

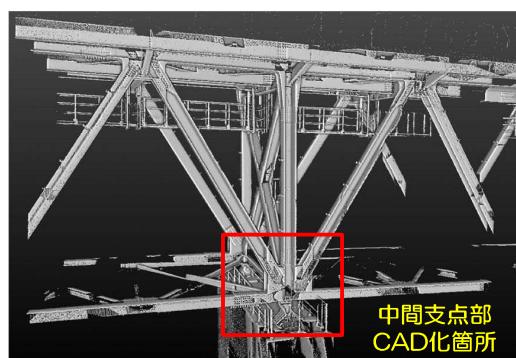
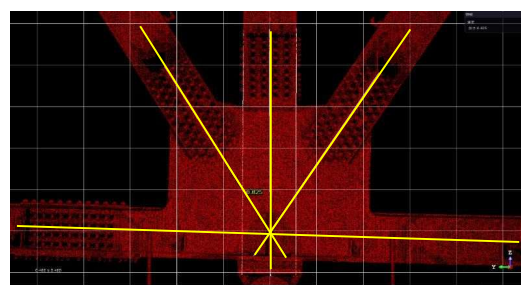


縦桁連続化のため
左右の縦桁の通り
や桁の倒れをカメ
ラ計測で対応。
手計測だと大変だ!!

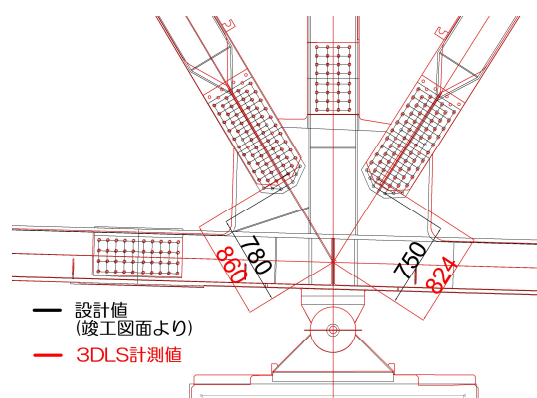


⑤ トラス橋の現地踏査・現場実測をしよう！

【3Dレーザースキャナー(3DLS)計測】トラス橋中間支点部



3次元点群データ(合成後)



-おわりに-

今回はトラス橋に着目して維持管理
(補修・補強)のポイントについて
「ケン・ブリッチくん」と一緒に
ご紹介しました。
トラス橋を含め、これからも「鋼橋」
をみんなで大切に守っていきましょう。



大変勉強になりました！
これからも勉強続けます。

・・・鋼橋っていいですね。

49

「ケン・ブリッチくん」と行く保全工事の世界
～トラス橋ってどんな橋？
特徴を理解して健全に橋を守ろう！～

【終】

ご清聴ありがとうございました



一般社団法人 日本橋梁建設協会
Japan Bridge Association



50