

平成27年度 橋梁技術発表会

震災時における補修・補強事例

～ 応急対応から本復旧まで ～

保全委員会 保全第一部会

[福島道人・田中寛泰・柿沼 努]



一般
社団法人

日本橋梁建設協会

Japan Bridge Association Inc.

発表内容

1. はじめに

2. 事例紹介
事例 1) ~ 事例 5)

3. おわりに

1. はじめに

我が国は世界有数の地震国であり、これまで幾度の試練を乗り越えてきました。

◆ 1995年 兵庫県南部地震／阪神・淡路大震災



土木学会HPより



毎日新聞WEBより

◆ 2004年 新潟県中越地震



国土交通省 H17年白書より

◆ 2007年 新潟県中越沖地震

◆ 2008年 岩手・宮城内陸地震



土木学会HPより



朝日新聞WEBより

◆ 2011年 東北地方太平洋沖地震／東日本大震災



橋建協 調査員による撮影

◆ 2011年 東北地方太平洋沖地震／東日本大震災

県道(観測震度: 震度5弱)



橋脚補強なし

【耐震補強なし】

橋脚が地震動により損傷

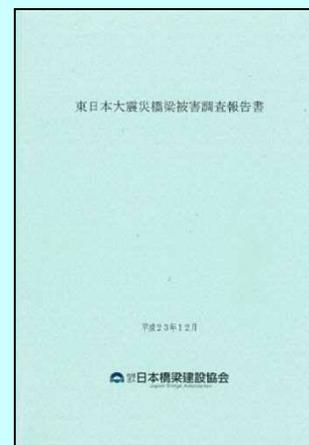
東北道(観測震度: 震度6強)



橋脚補強

【耐震補強済み(RC巻立補強)】

地震動により損傷なし



東日本大震災橋梁
被害調査報告書

調査橋梁数：のべ3,507橋
調査員：のべ2,310名

高速道路のあり方検討有識者委員会：東日本大震災を踏まえた緊急提言 より

過去の経験から、耐震補強も進み、津波被害を除いて、地震動そのものによる被害は、ほとんどが局部的な損傷に留まっていました。

◆ 近い将来、起こり得るとされる大地震

地震名		30年以内の 発生確率 (%)
三連動地震	東海地震	87
	東南海地震	60
	南海地震	50
首都直下地震		70

独立行政法人防災科学技術研究所「地震ハザードステーション」より

幾多の震災経験により、耐震補強、落橋防止対策も進み、今後起こり得る大地震に対しても、落橋などの甚大な被害は最小限に抑えられると予想されます。

しかし、局部的な損傷まで完全に防ぐことは不可能であり、**応急対策、本復旧対応は必至**と考えます。

また、橋梁ストックの増大、高齢化により保全の時代と言われている現在、**震災時以外にも応急対策や本復旧といった対応が必要となるケース（損傷）が発生**することも予想されます。

本発表では、過去の震災での経験を次に活かすため、**応急対応から本復旧までの補修・補強事例**を紹介します。

2. 事例紹介

- 事例 1) 鋼 I 桁の支承取替え
- 事例 2) ゲルバー桁の部分取替え
- 事例 3) トラス部材の部分取替え
- 事例 4) 移動した主桁の戻しと部分取替え
- 事例 5) その他の事例

事例 1) 鋼 I 桁の支承取替え

(1) 橋梁概要

路線名：一般国道

上部工形式：3 径間連続鋼床版箱橋
+ 2 径間連続鋼 I 桁橋

下部工形式：鋼製橋脚 3 基

橋長：278.950 m

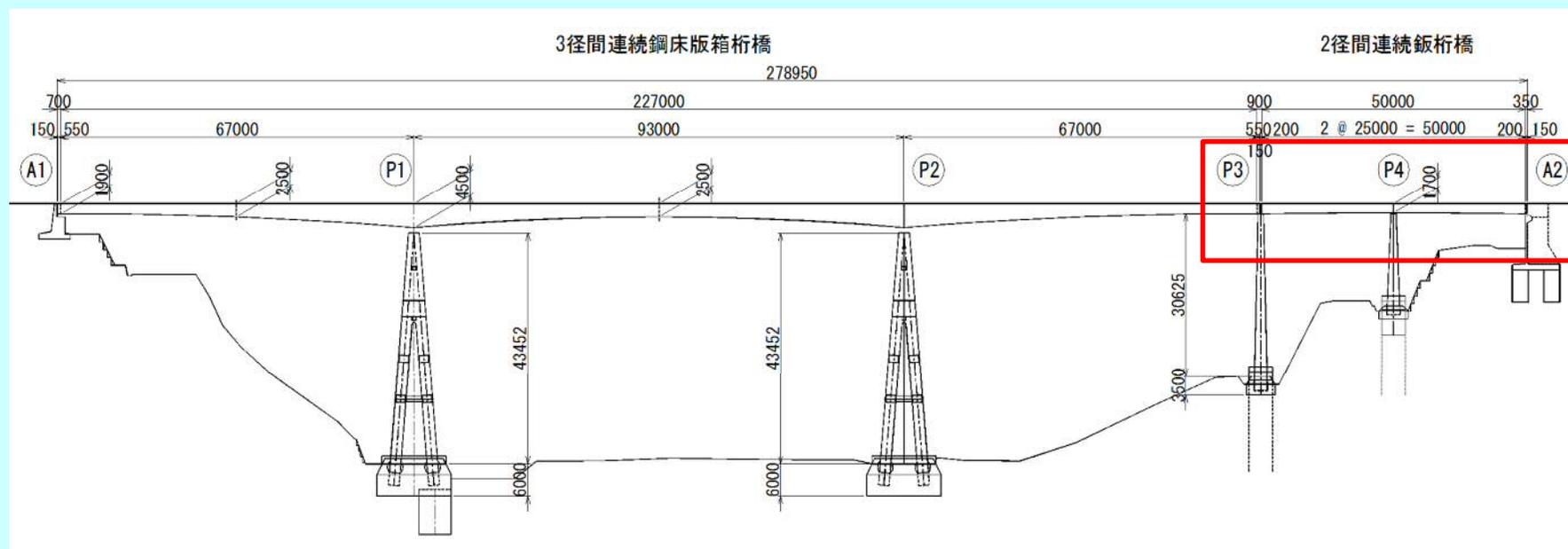
支間長：67m+93m+67m、25m+25m

有効幅員：7.500m、全幅員：8.300m

設計荷重：TL-20

(2) 損傷概要

- ・ 新潟県中越沖地震により被災
- ・ 2径間連続鋼 I 桁橋の全体移動
橋軸方向：最大35mm
橋軸直角方向：最大20mm



・ 伸縮装置 橋台側地覆コンクリートの損傷



橋面上の損傷状況（伸縮装置部の地覆コンクリート損傷）

・ 支承の破損



BP・A支承の破損状況（P3橋脚部）

- ・ サイドブロックが破断
- ・ 上沓が完全に脱落し、桁が鋼製台座に落下状態

(3) 損傷原因

- 震源地に近い強震性地震であり、**設計基準を上回る地震力**を受けて支承部が損傷し、I 桁橋範囲全体が移動した。
- 耐震補強工事中に地震が発生したが、鋼床版箱桁橋および鋼製橋脚の工事は完了していたため、橋全体の大規模な損傷は免れた。

(4) 応急対応

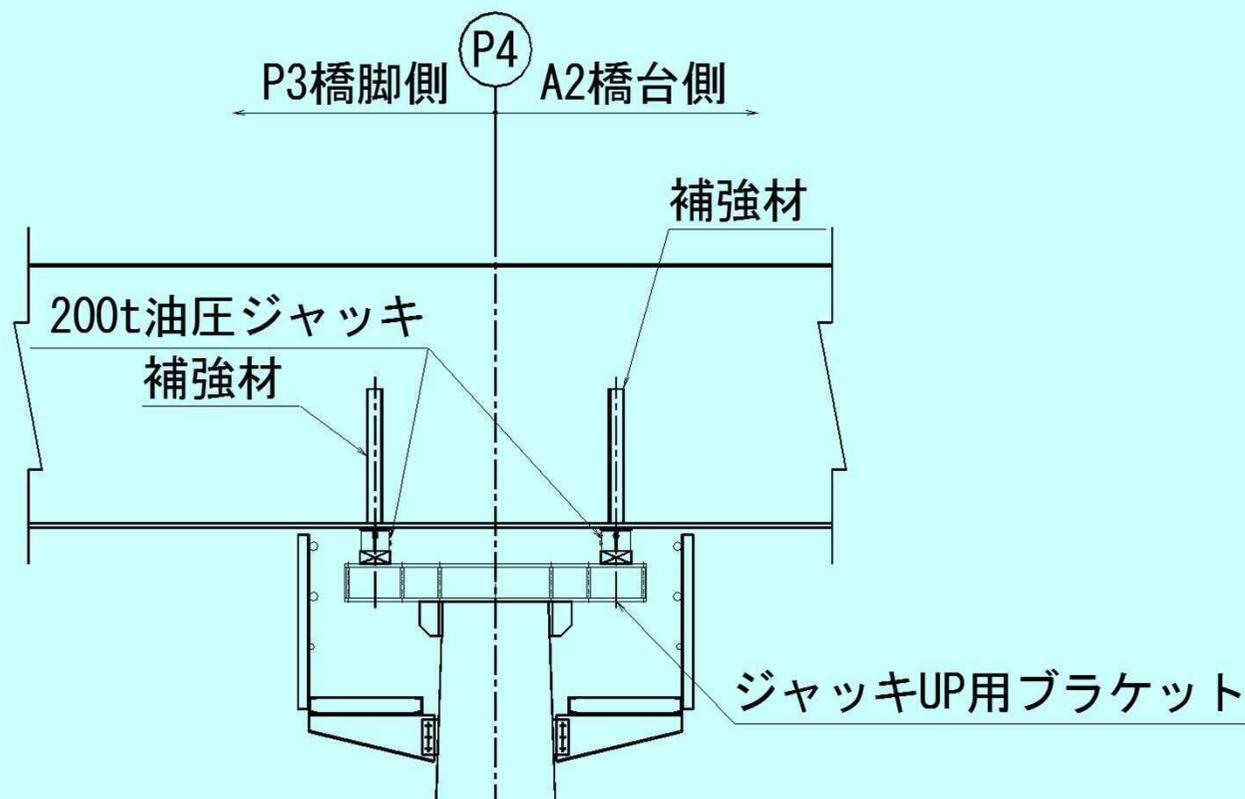


応急対応後の状況

- 下沓とソールPLとの間に**ライナーPL**を設置し、段差を防止。
- 余震への対策として、鋼製台座上に橋軸直角方向の**変位防止ストッパー**を設置。

(5) 本復旧

中間橋脚部は狭隘だったため、ジャッキアップ用ブラケットを設置し、**支承取替え**を実施。



ジャッキアップ用ブラケット、補強材の設置例 (P4橋脚部)

(5) 本復旧



ジャッキアップの状況 (P4橋脚部)

(5) 本復旧



支承取替え完了 (P4橋脚部)

(5) 本復旧

A2橋台部は支承の破損の他、主桁下フランジの腐食による損傷も発生していたため、**支承取替え**に加えて**主桁下フランジの部材取替え**も実施。



支承の破損、主桁下フランジ
腐食の状況

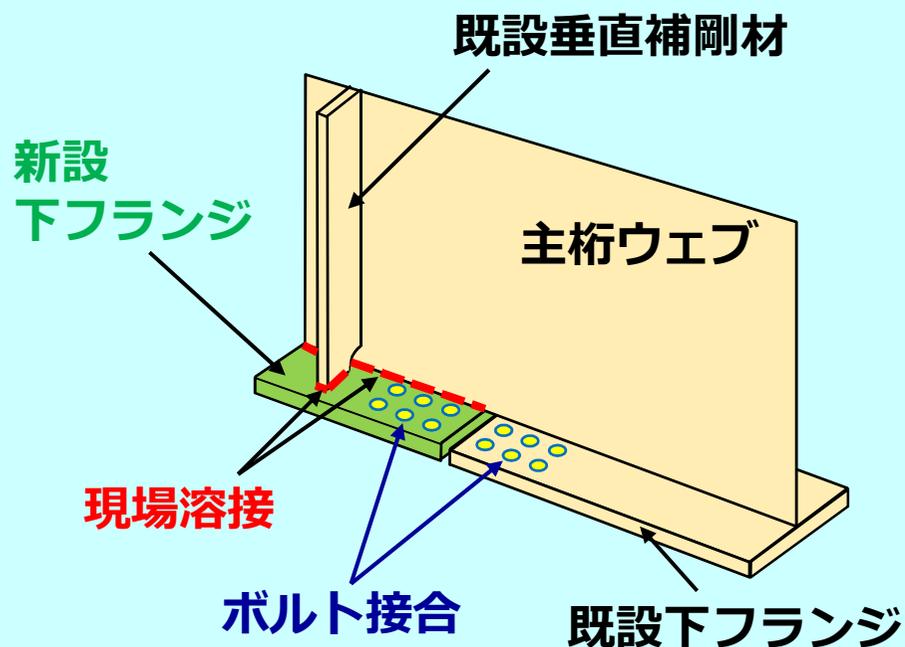


ベント設置の状況

(5) 本復旧

◆取替え部材の構造

- ・狭隘な部位のため、高力ボルトと現場溶接の併用継手を適用。
- ・主桁ウェブとの接合は現場溶接。下フランジ同士はボルト接合。



支承の設置状況

(5) 本復旧

◆現場溶接に際して

- 鋼材調査の実施（鋼材成分分析、Z方向引張試験）
- 溶接材料、方法、順序、開先形状、入熱量等の検討と管理



現場溶接の状況（夜間交通規制）

事例 2) ゲルバー桁の部分取替え

(1) 橋梁概要

路線名：高速道路

上部工形式：3径間連続RC床版箱桁橋

橋長：167.924m

有効幅員：8.700m

全幅員：9.900m



・伸縮装置、壁高欄の損傷



伸縮装置の損傷、路面の段差



壁高欄の損傷

(3) 損傷原因

- 地震動により変位制限装置、支承サイドブロックの破損、**上沓の脱落によりゲルバー部の落下が生じた。**
- ゲルバー部の落下により、**橋面の伸縮装置、壁高欄・RC床版も損傷を受けた。**

(4) 応急対策

- ・応急復旧としては、**ベントによる主桁の仮受け**を実施。
- ・**ベント基礎工**：鋼矢板の設置、コンクリート打設を4.5日で実施。



ベント基礎の設置状況

(4) 応急対応

- 上部工反力が600 tonと大きいため、既設橋脚のフーチング上に反力を直接載荷する方法を採用した。
- 昇降設備、ベント組立を4.5日で実施。



ベント設置状況

(4) 応急対応

ベント上に設置した油圧ジャッキにて損傷桁のジャッキアップを行い、プレートを溶接して製作した**仮上沓**を設置した。



ジャッキアップの状況

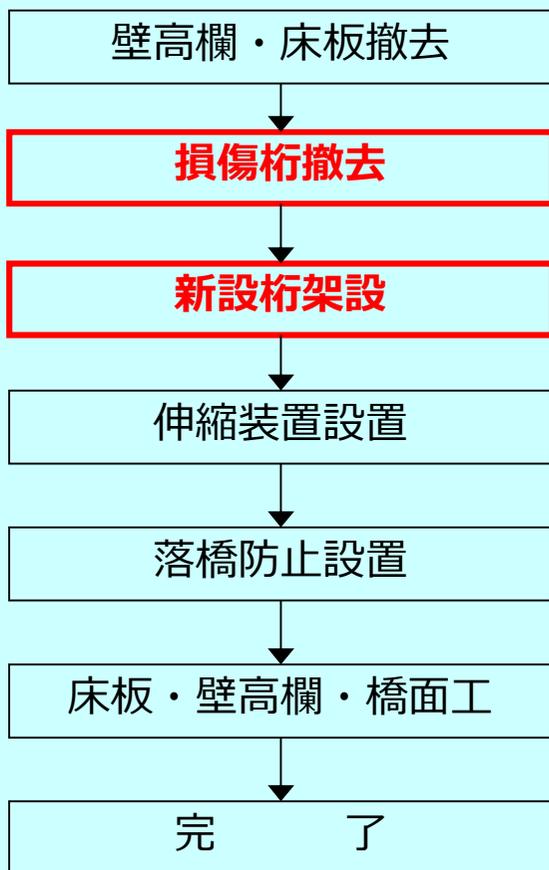
(4) 応急対応

本復旧までは仮支承と補修用ジャッキに反力を半分ずつ振り分けて支持した。



仮上沓の設置状況

(5) 本復旧



本復旧施工フロー

- 主桁の損傷した範囲を撤去し、再製作した新設桁に部分取替えを行った。



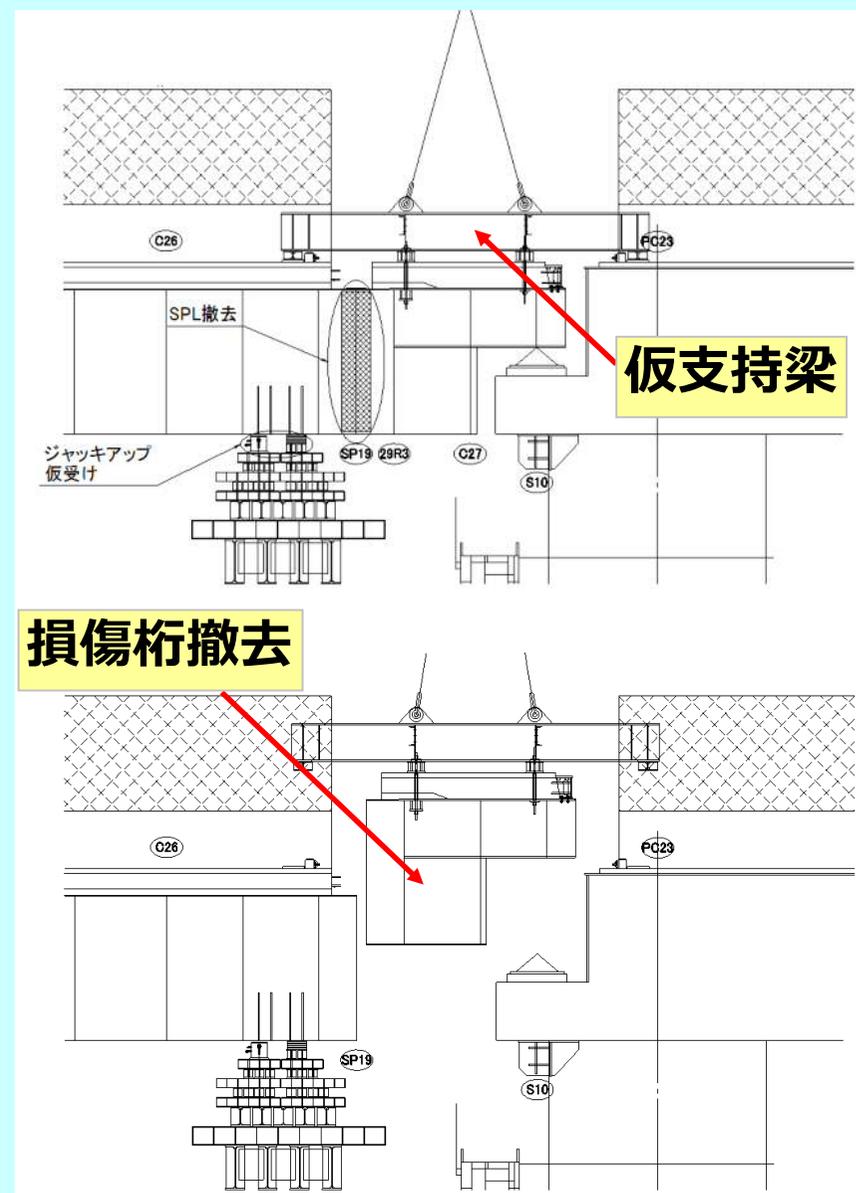
壁高欄撤去の状況

壁高欄・RC床版はワイヤーソーで切断し、ブロック撤去した。

(5) 本復旧

◆ 損傷桁の撤去

床版上に仮支持梁を設置し、撤去桁の荷重を仮支持梁に預けて既設桁との縁切りをした後、550tonオールテレーンクレーンにより撤去した。



施工要領図

(5) 本復旧

◆ 損傷桁の撤去



仮支持梁の設置状況

(5) 本復旧

◆ 損傷桁の撤去



損傷桁撤去の状況

(5) 本復旧

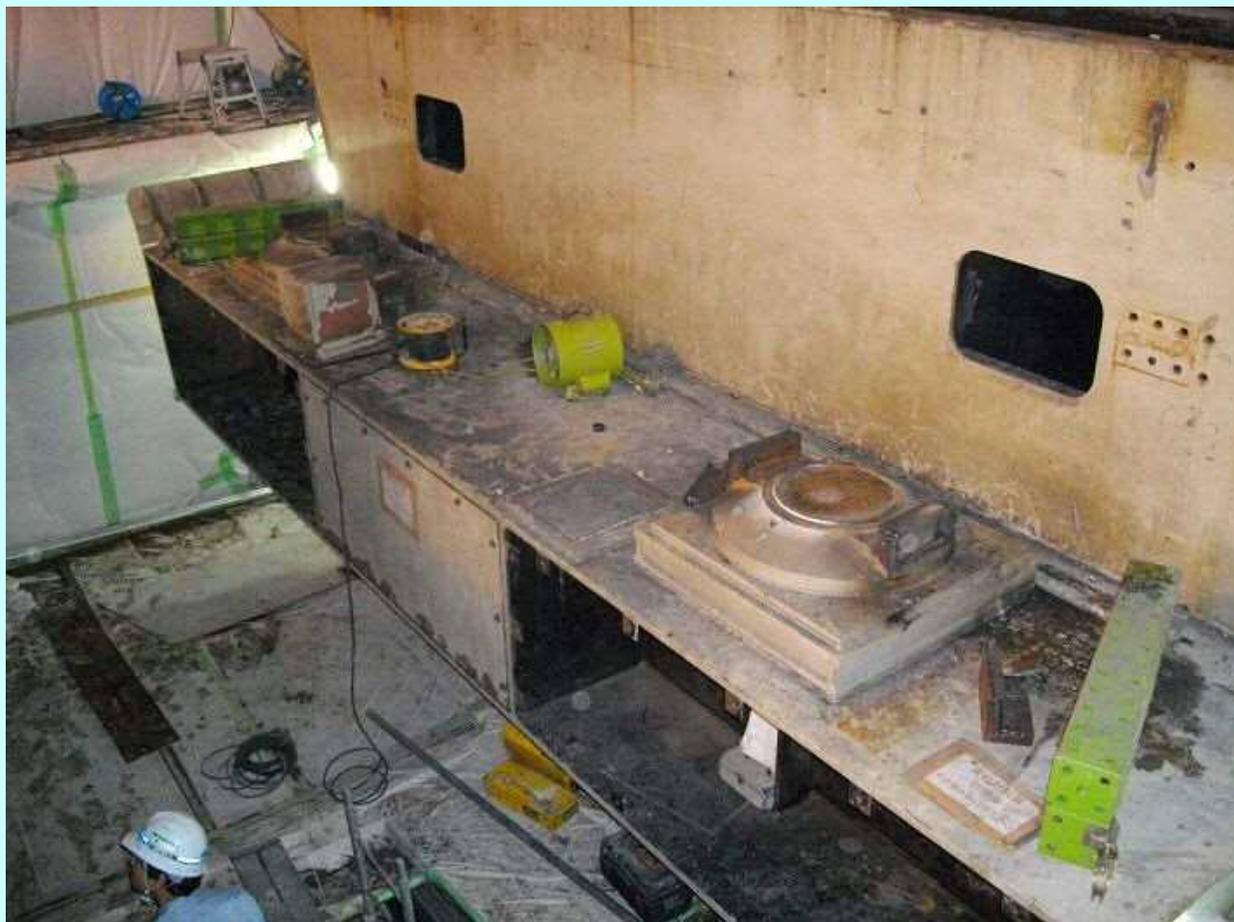
◆ 損傷桁の撤去



撤去した損傷桁の状況

(5) 本復旧

◆ 損傷桁の撤去

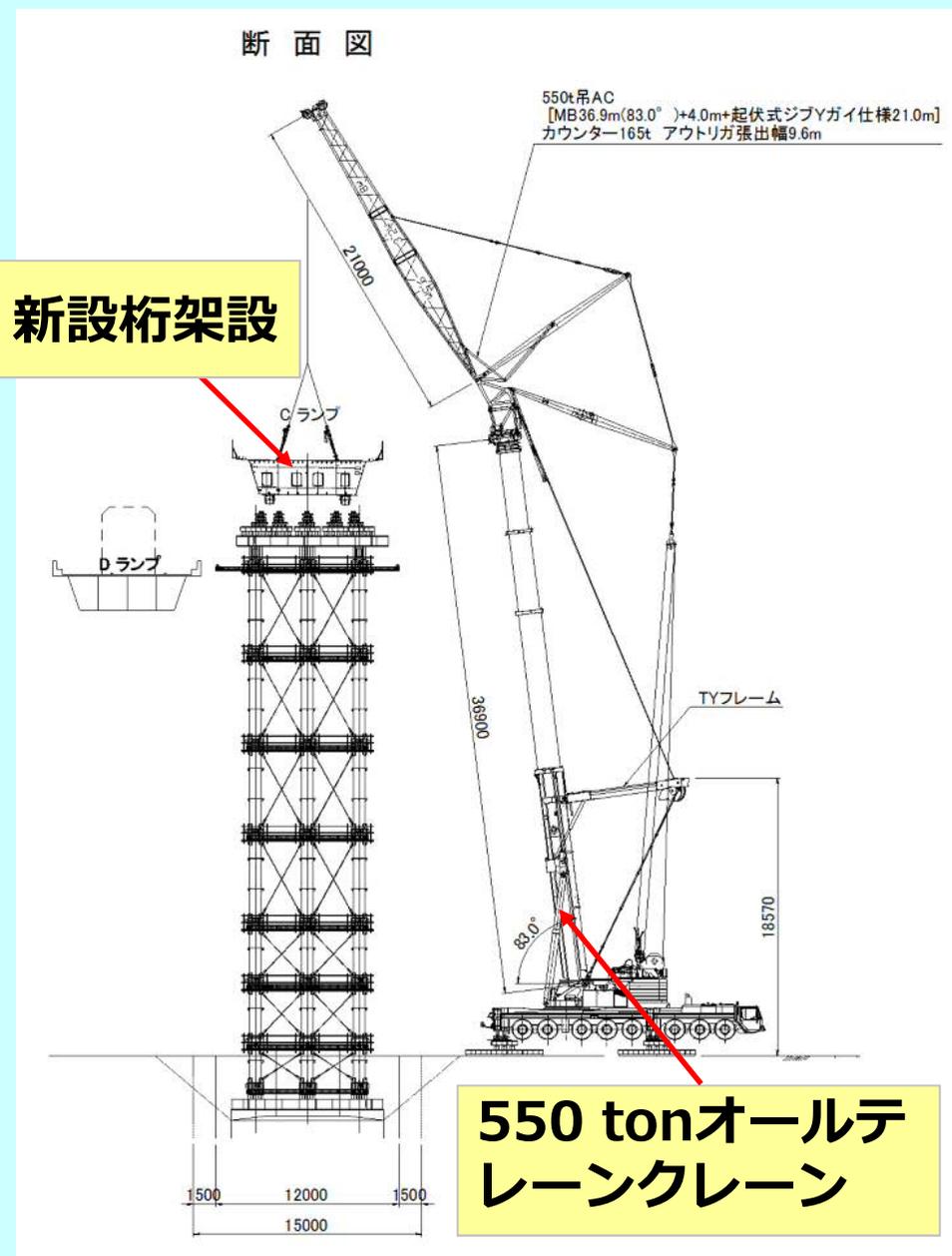


損傷桁撤去後の既設橋の状況

(5) 本復旧

◆新設桁の架設

新設桁の架設は、損傷桁を撤去する際に使用した**550tonオールテレーンクレーン**を用いた。



架設計画図

(5) 本復旧

◆新設桁の架設



新設桁架設の状況

(5) 本復旧

◆新設桁の架設



伸縮装置取付の状況

(5) 本復旧

- 今回の鋼桁部分取替えに伴い、新たにゴム支承、落橋防止装置（PCケーブルルタイプ）も設置した。
- 支承のサイドブロックには，落下防止チェーンを取り付けた。

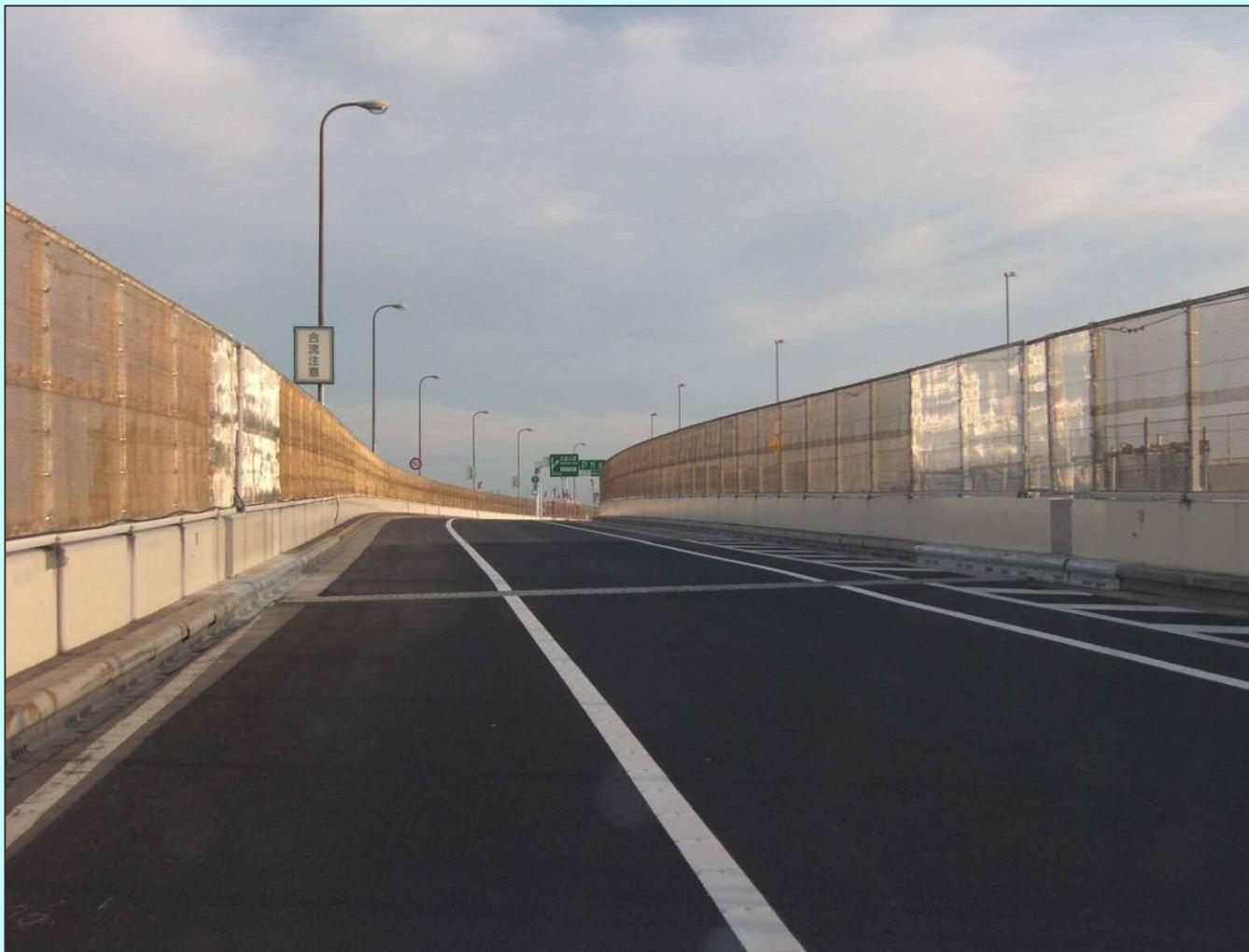


ゴム支承設置完了



落橋防止装置設置完了

(5) 本復旧



本復旧完了

事例3) トラス部材の部分取替

(1) 橋梁概要

路線名：一般国道

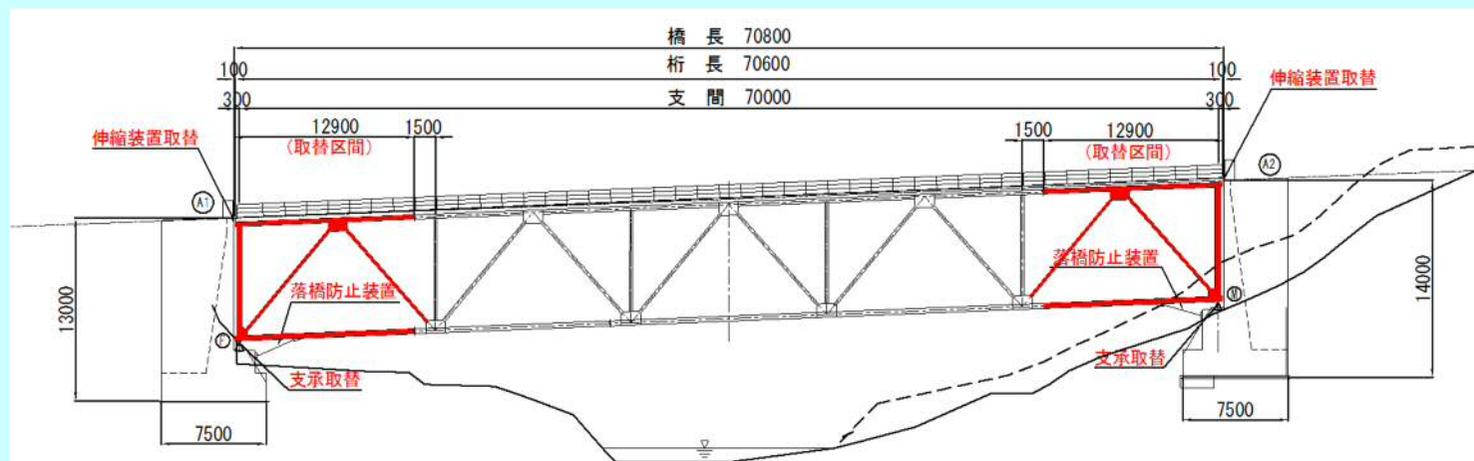
上部工形式：鋼単純トラス橋

橋長：70.800m

支間長：70.000m

有効幅員：5.000m

設計荷重：TL-14 (二等橋)



(2) 損傷概要

- 岩手・宮城内陸地震により被災
- 桁遊間の異常（伸縮装置、支承、上下弦材端部）
- 支承の浮き上がり、傾斜（移動支承は許容移動量を超過）



支承の損傷状況

下弦材支点付近の座屈による変形およびき裂開口



下弦材の損傷状況

(3) 損傷原因

震源地に近い強震性地震であり、橋台背面部に設計基準を上回る大きさの地震時土圧が作用したことにより、上下左右に大きく揺れ、両橋台が支間方向に押し出されたものと推定。

これにより、パラペットがトラスの上弦材と下弦材に衝突し、下弦材が座屈したと考えられる。

(4) 応急対策

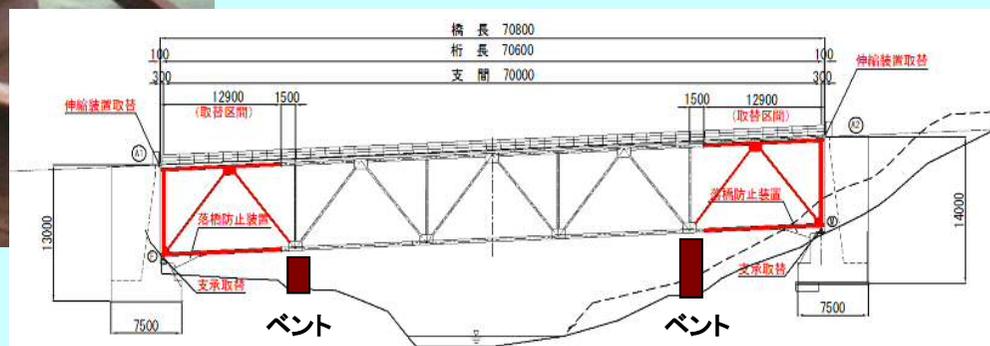
支点部は座屈変形が生じていたため、応急的に**主構と支承を鉄筋コンクリートで巻き立て**対応された。



支点部の応急対策の状況

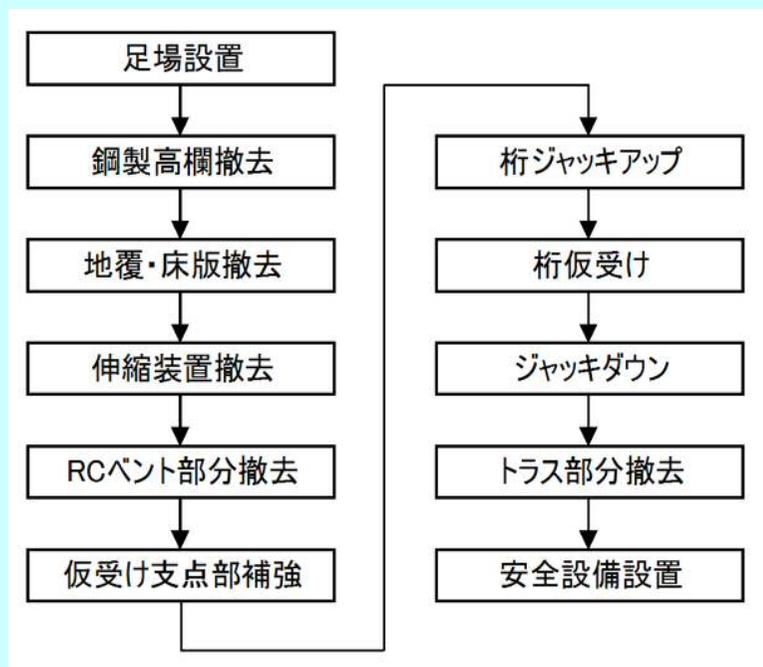
(4) 応急対応

格点部は、ライナープレートを利用したコンクリート製**ベント**で**段差防止対策**が講じられた。

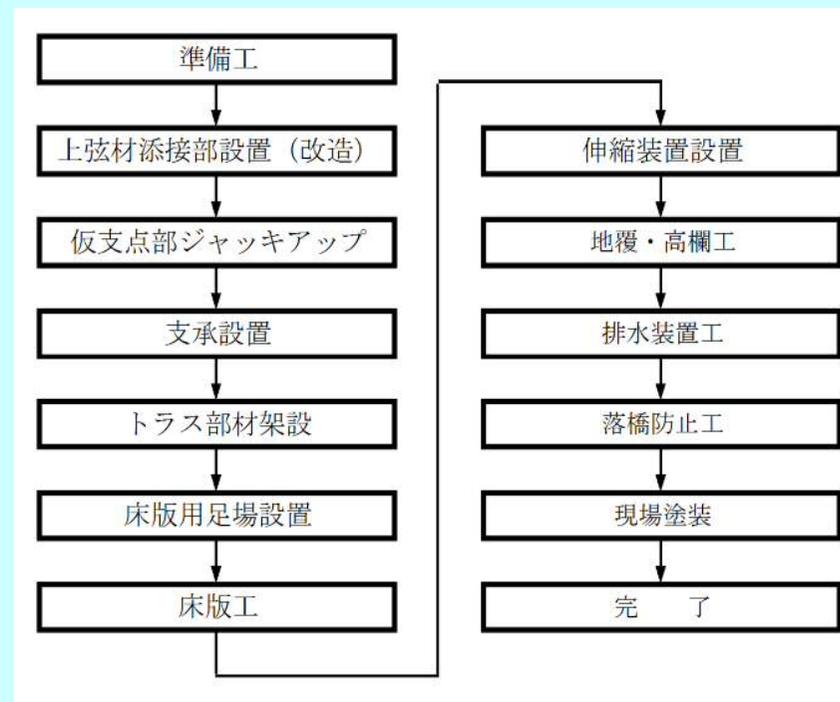


格点部のベント天端の状況

(5) 本復旧



損傷部の撤去フロー



本復旧施工フロー

- 格点部で仮受けを行い、損傷した範囲を再製作した新設部材に**部分取替え**を行った。
- 橋台パラペットは打替えを行った。

(5) 本復旧

◆コンクリートベントの部分撤去



ミニワイヤーソーによる切断

(5) 本復旧

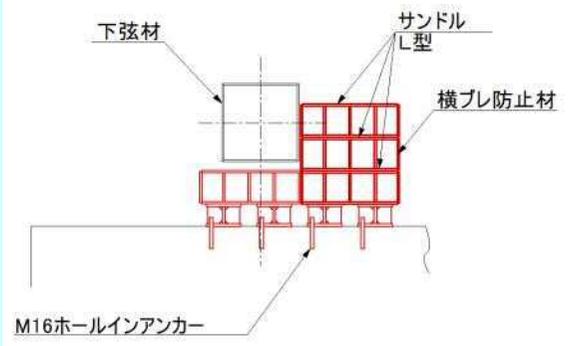
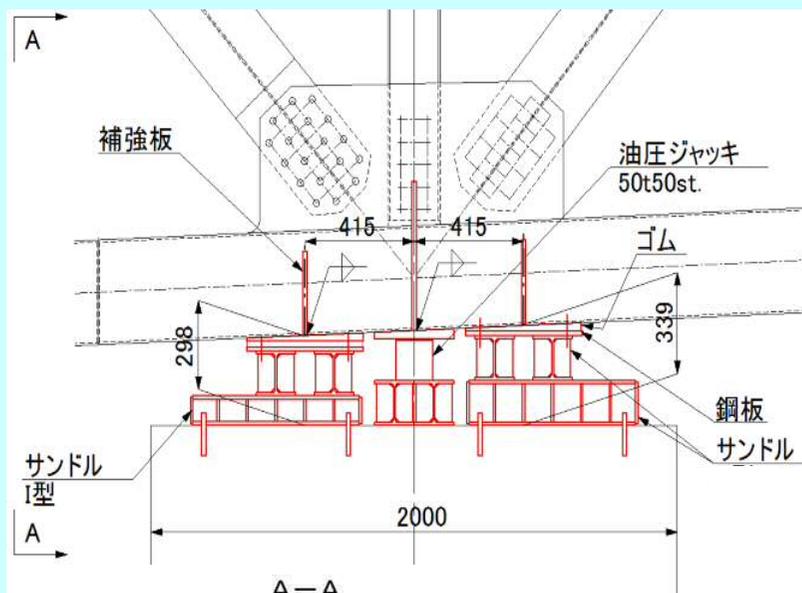
◆コンクリートベントの部分撤去



部分撤去後の状況

(5) 本復旧

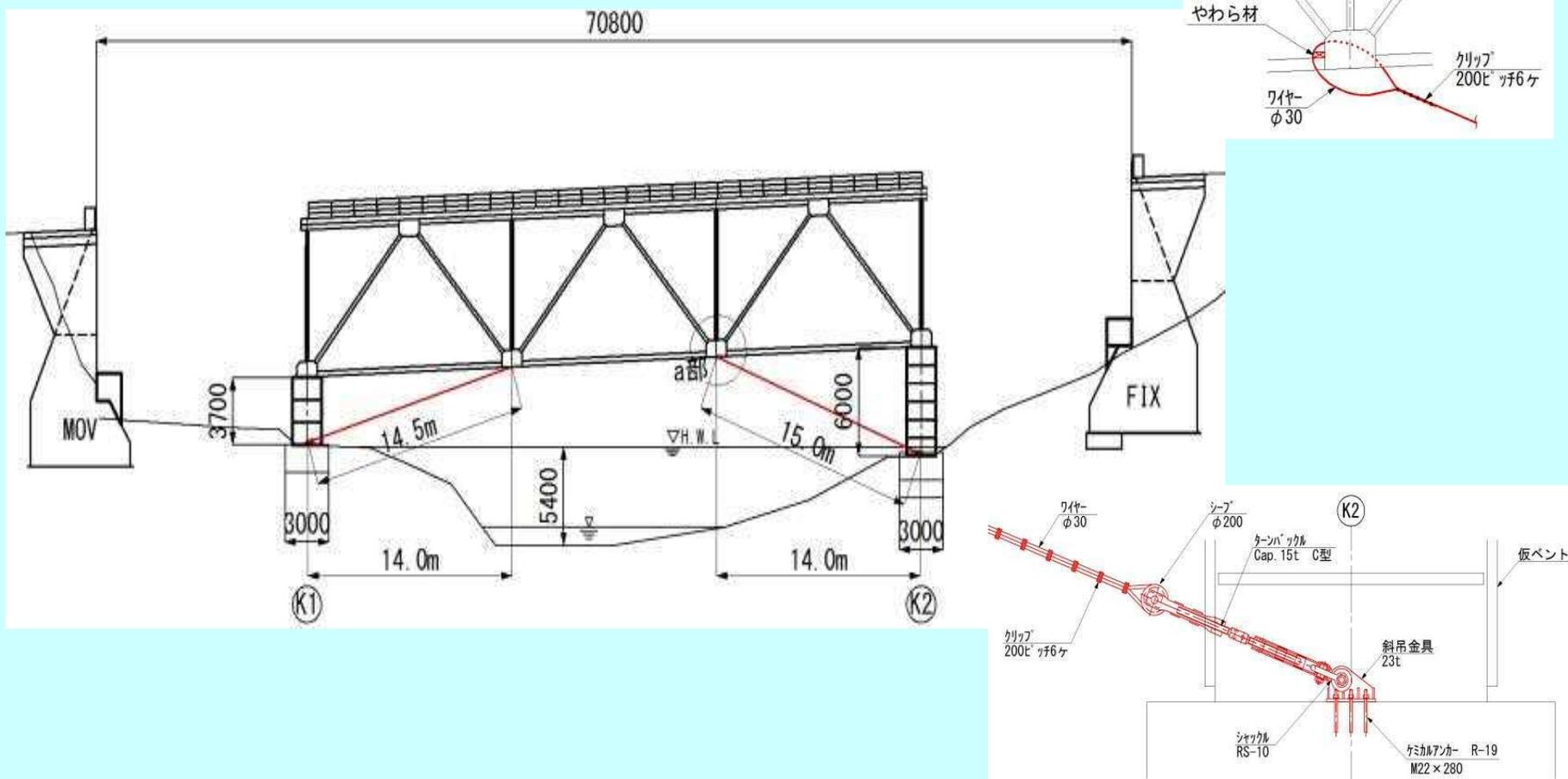
◆仮支点部の構造



仮支点部構造

(5) 本復旧

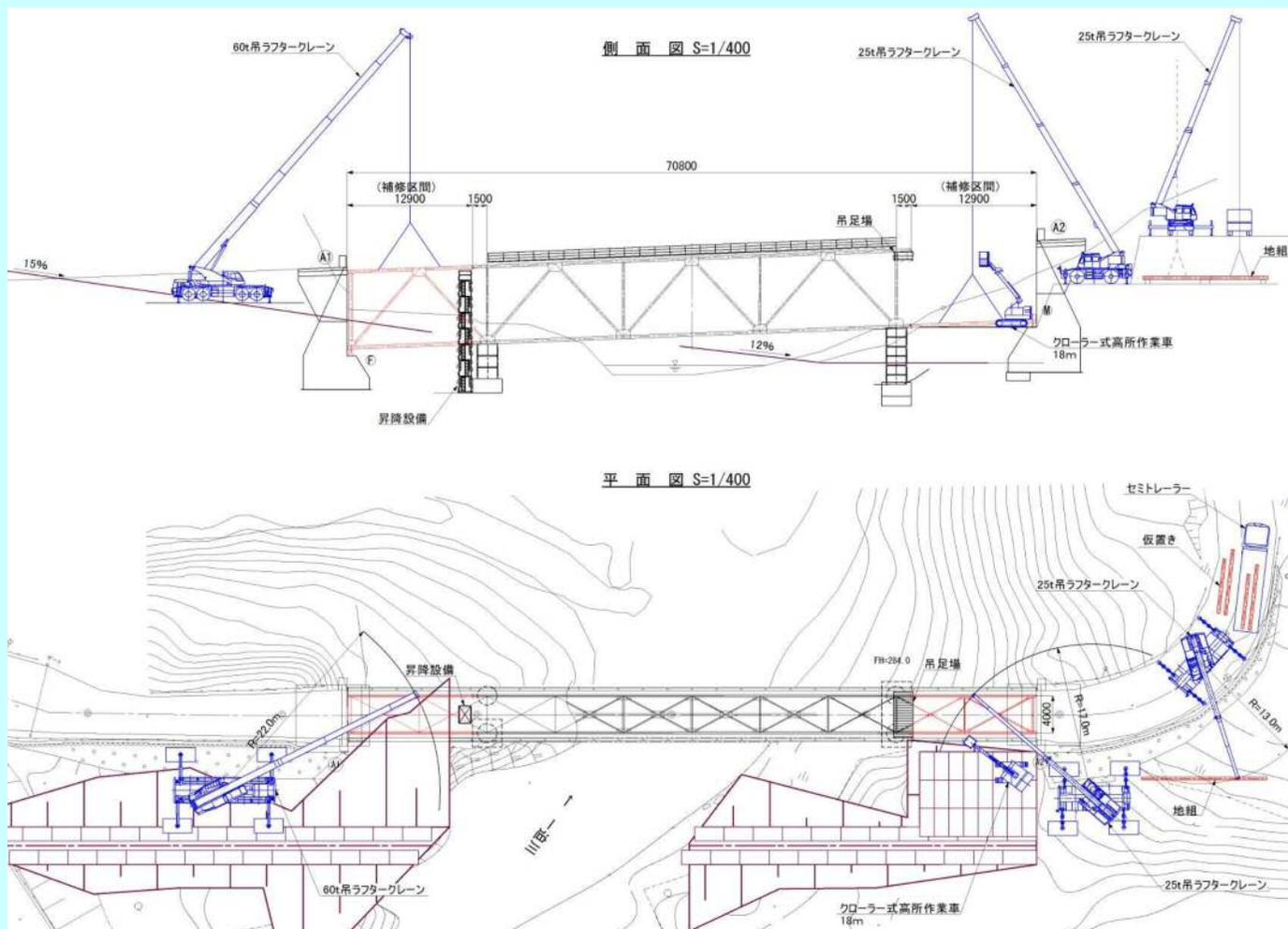
◆転倒防止対策



転落防止設備図

(5) 本復旧

◆トラス部材架設の状況



架設計画図

(5) 本復旧

◆トラス部材架設の状況



トラス部材架設の状況

(5) 本復旧



本復旧完了



ゴム支承への取替え

- 支承はピン支承からゴム支承への取替えを行った。
- 本復旧後に東日本大震災が発生したが、被害は無かった。

事例 4) 移動した主桁の戻しと部分取替え

(1) 橋梁概要

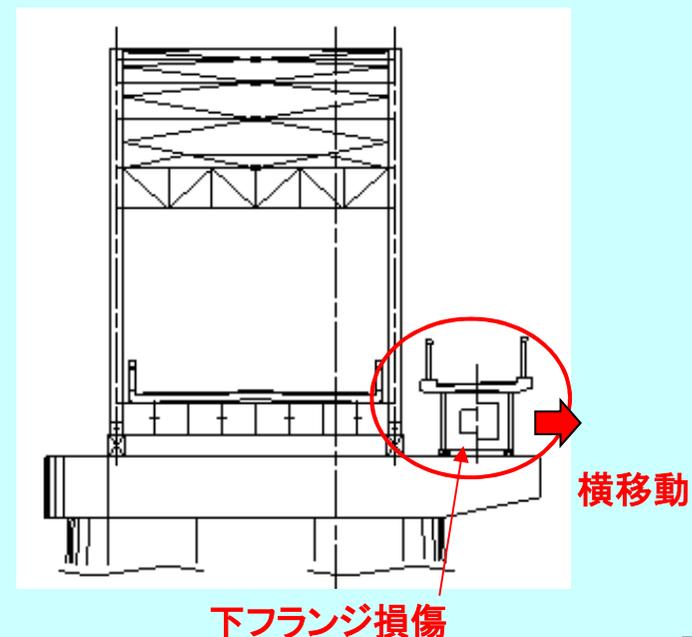
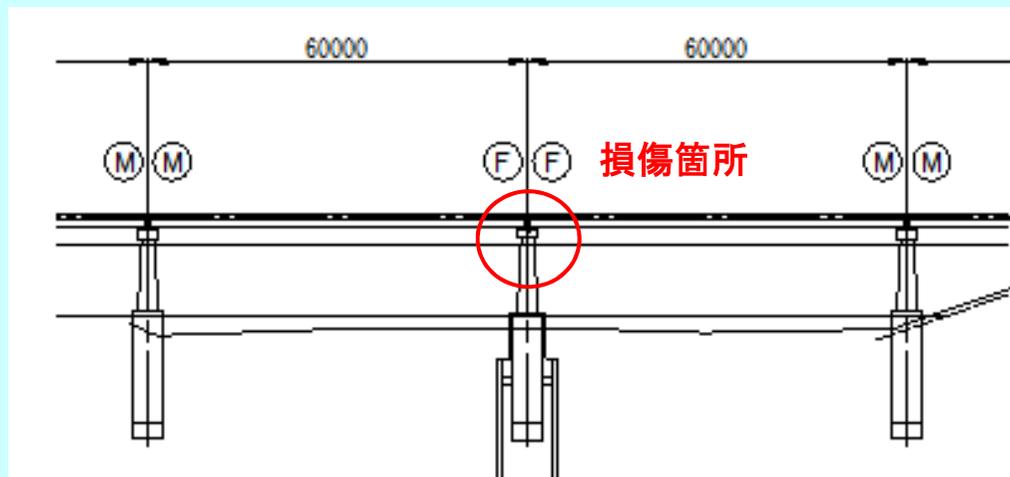
路線名：県道

上部工形式：単純合成鋼箱桁歩道橋

(単純トラスの本橋と隣接)

支間長：59.000m

有効幅員：2.000m



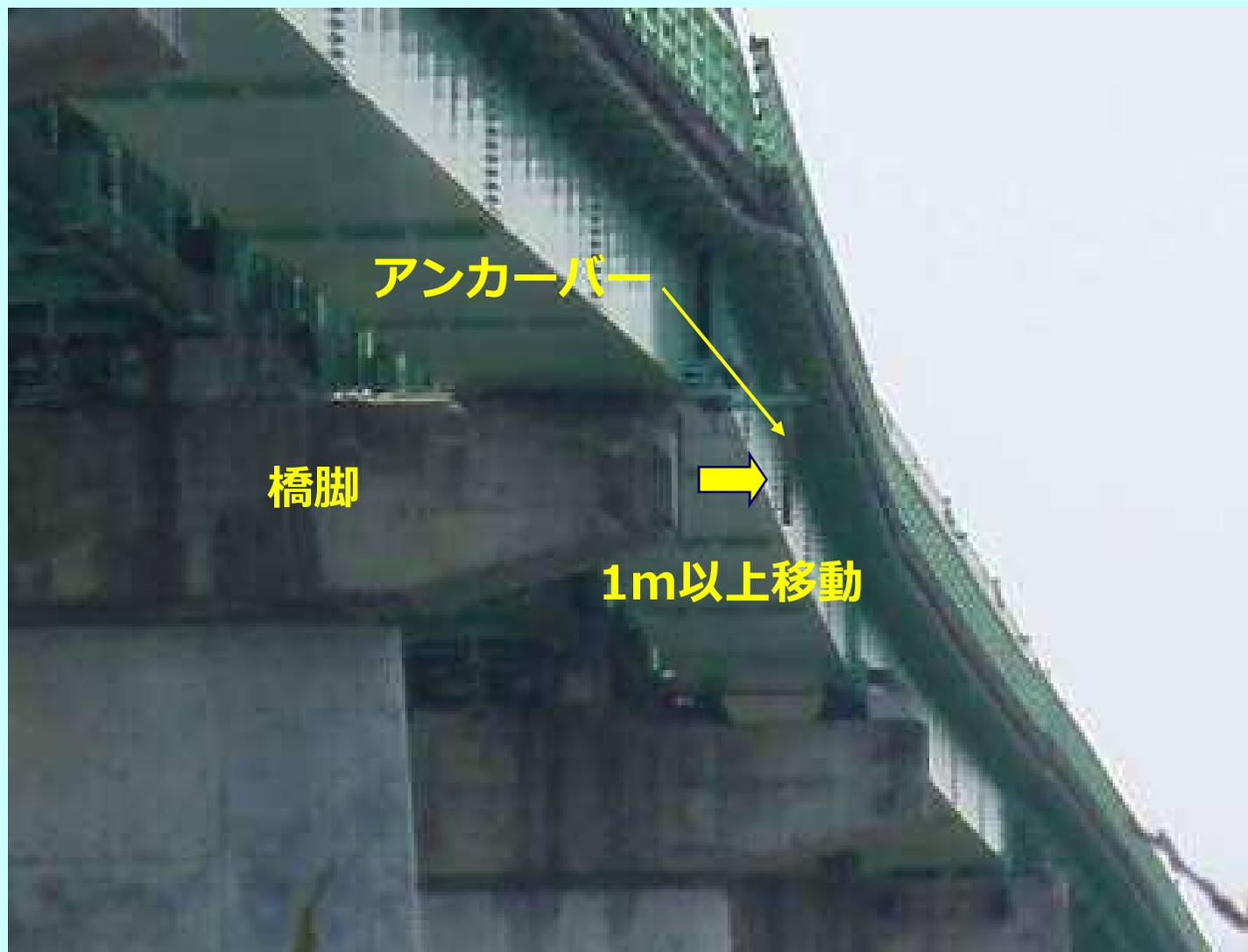
(2) 損傷概要

- 東日本大震災により被災
- 地震動により支承（線支承）およびアンカーバータイプの変位制限構造が破損



橋脚上の損傷状況

主桁が大きく横移動（1m以上）～落橋寸前～



主桁横移動の状況

主桁が大きく横移動（1m以上）～落橋寸前～



アンカーバー埋込部の破壊状況

(2) 損傷概要

・主桁下フランジ部の変形損傷



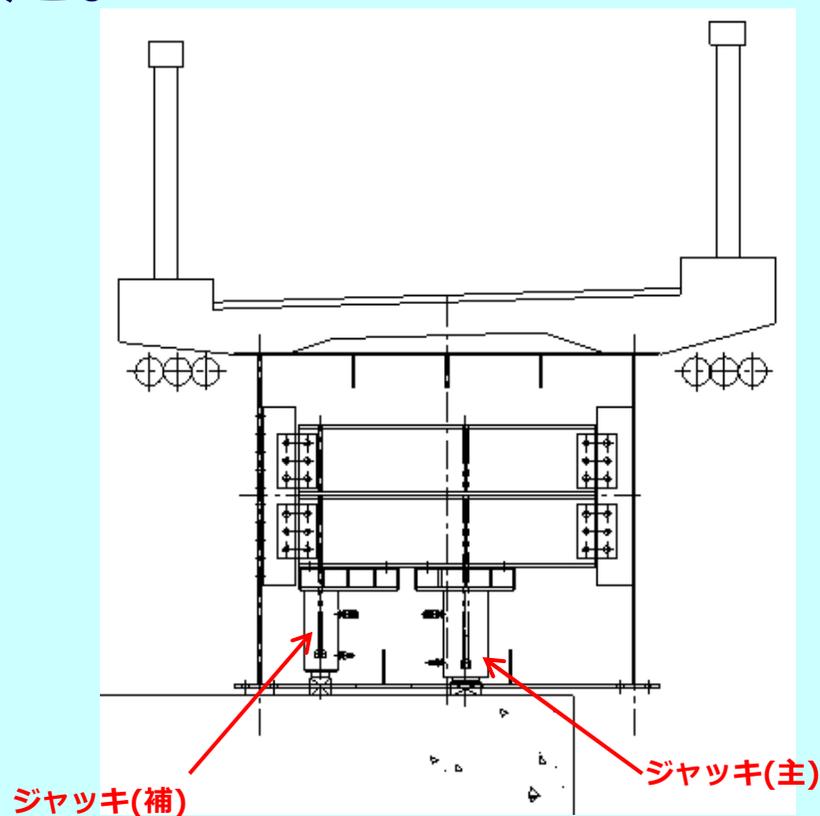
下フランジの変形損傷 (箱内端部)

(3) 損傷原因

- 本震時に設計値以上の水平力が作用し、**支承とアンカーバータイプの変位制限構造が破損し、その後の最大余震により、橋梁が大きく横移動した（桁連結タイプの落橋防止装置により落橋には至らず）。**
- 桁の移動により破損した既設支承やアンカーバー上に主桁が乗上げ、**下フランジに大きな変形や損傷が生じた。**

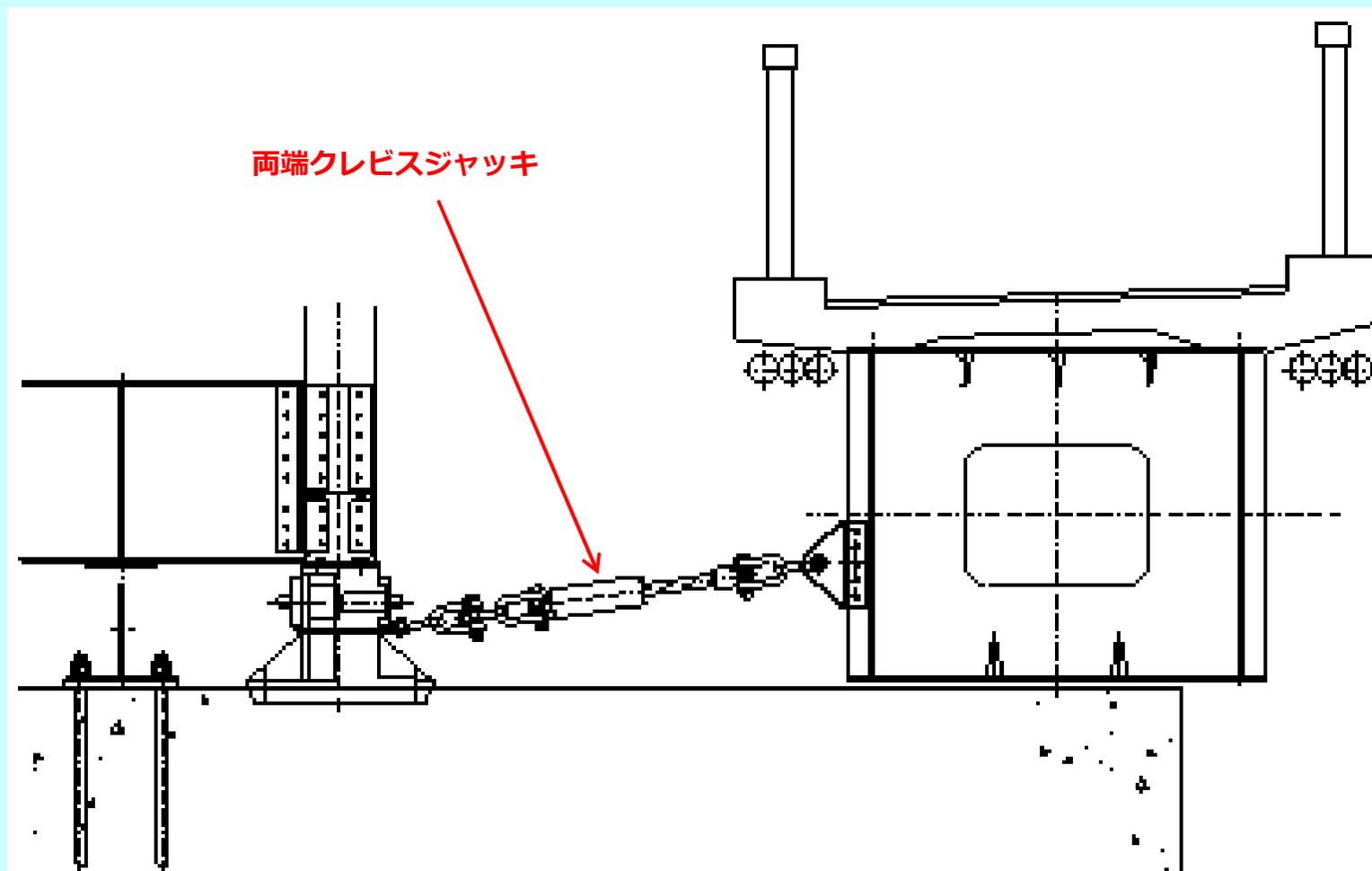
(4) 応急対応

歩行者への開放のため、移動した主桁を**水平ジャッキ**を用いて元の位置に戻し、支点部をH形鋼で仮受け・仮止めした。



ジャッキアップの要領

(4) 応急対応



移動時惜しみ設備

(4) 応急対応



ジャッキアップの状況

(4) 応急対応



テンションジャッキ

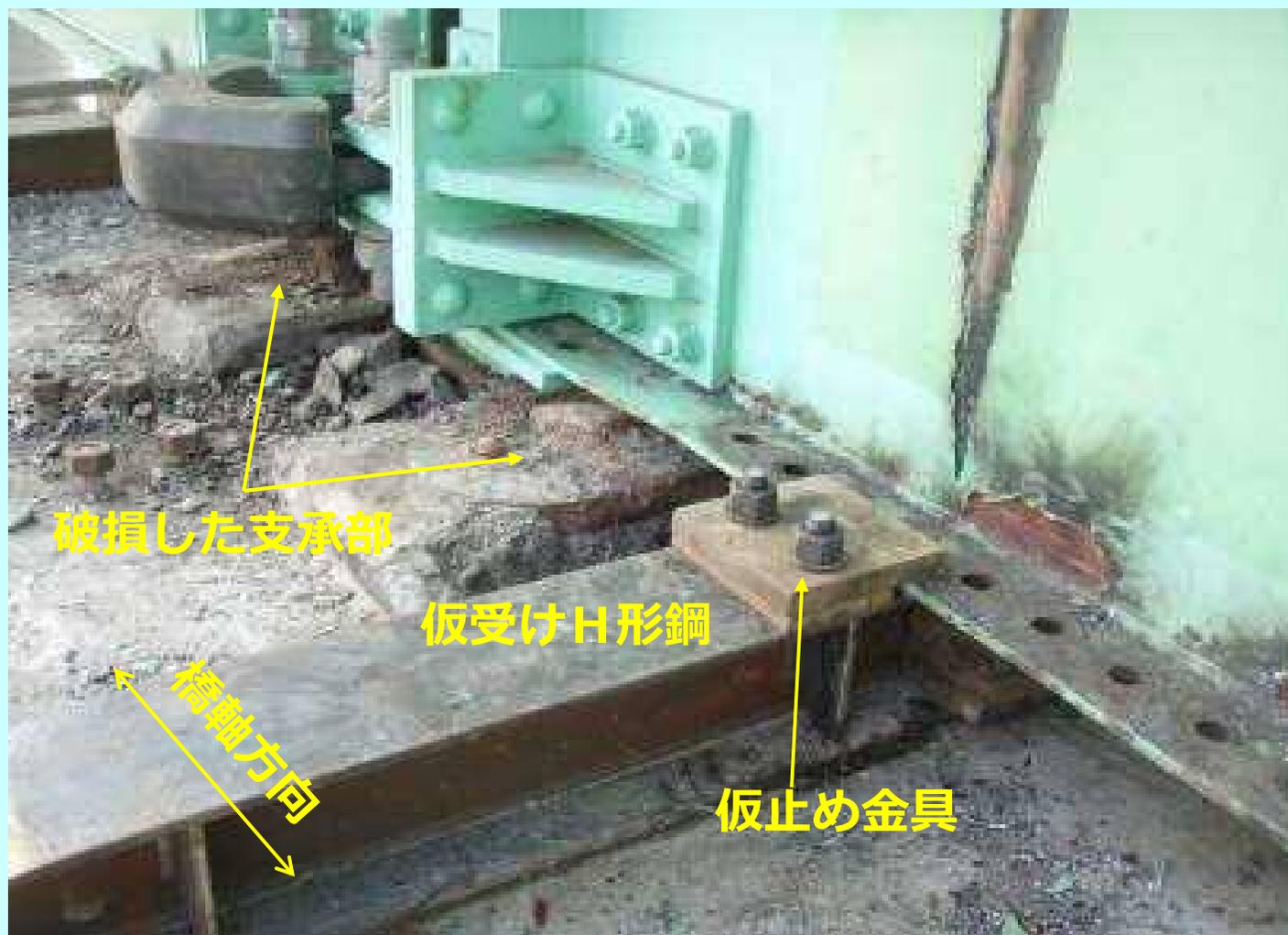
惜しみ設備

(4) 応急対応



水平ジャッキによる横移動状況

(4) 応急対応

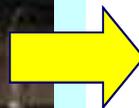


横移動後の仮受け状況

(4) 応急対応



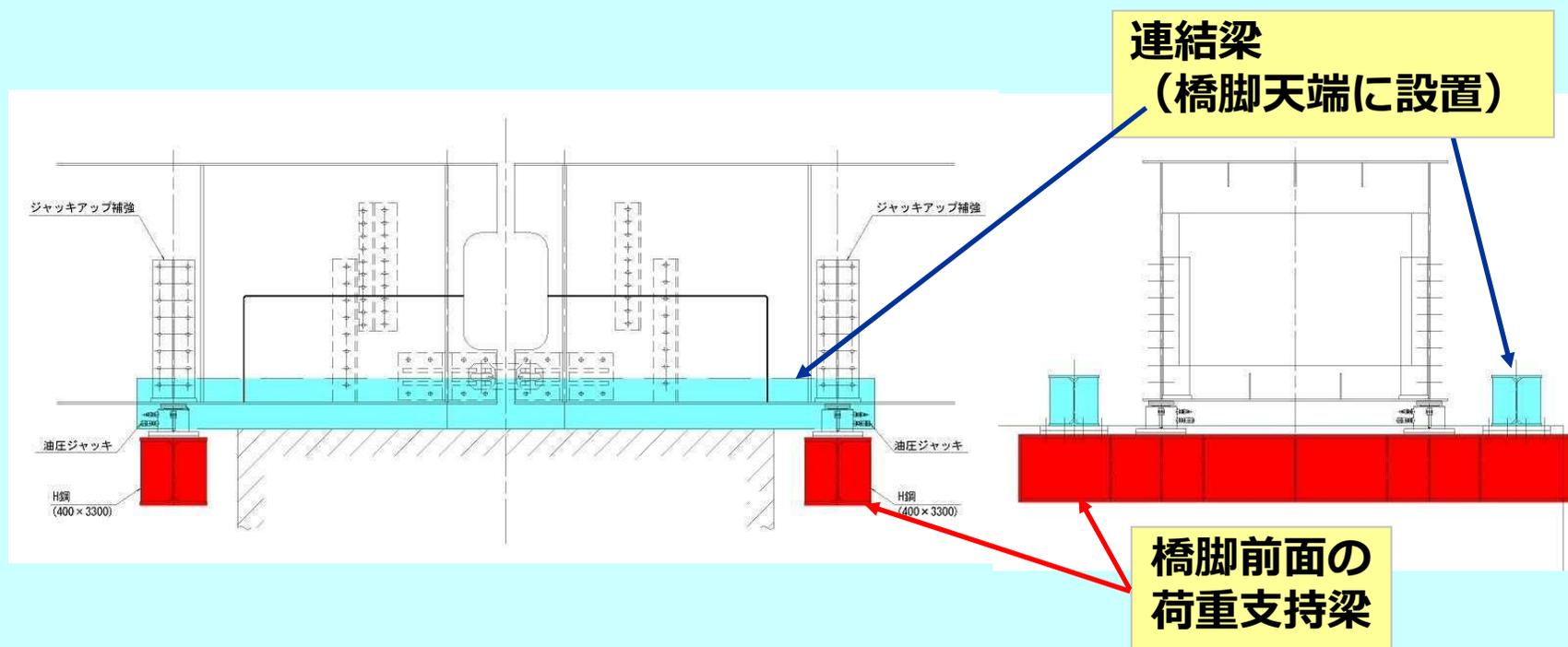
横戻し前



横戻し後 (交通開放)

(5) 本復旧

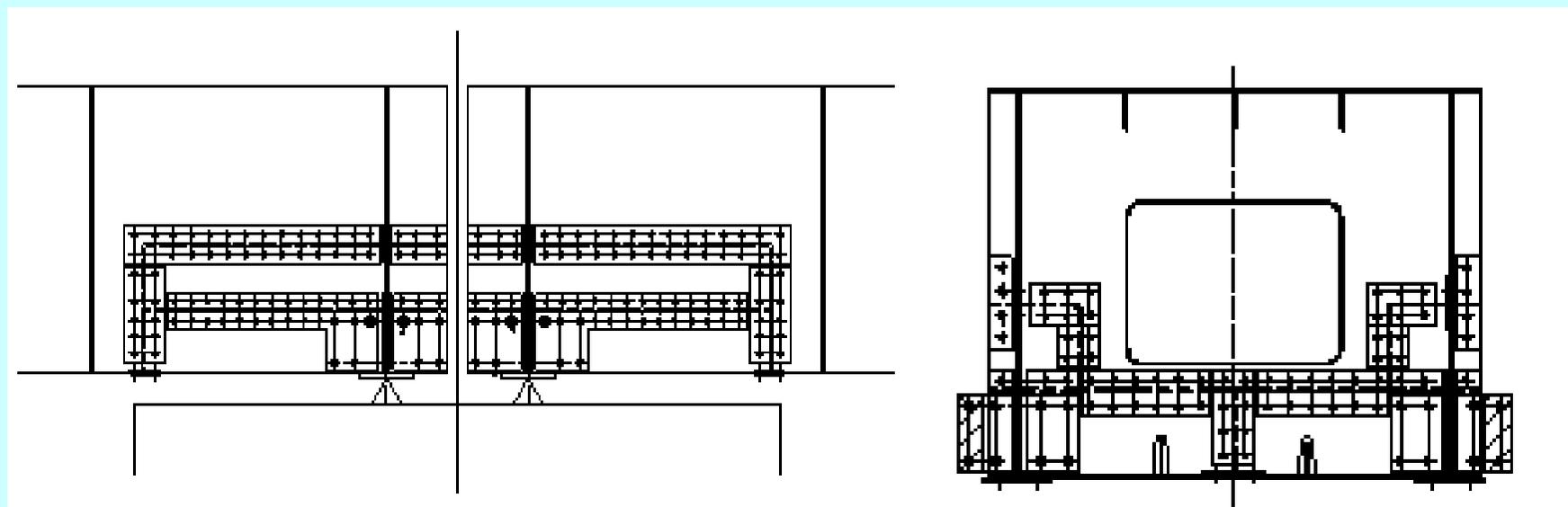
- 橋脚はPC横締により補強されていたため、橋脚前面にジャッキアップブラケットの設置が不可能だった。
- そのため、**鞍掛け方式により仮受け**を行った。



鞍掛け方式による仮受け構造

(5) 本復旧

支点部の変形した下フランジを切断・撤去し、**部分取替え**を行った（新設部材は施工スペースを考慮し、6部材に分割）。



部分取替えの構造図

(5) 本復旧



鞍掛け方式による仮受け状況

(5) 本復旧



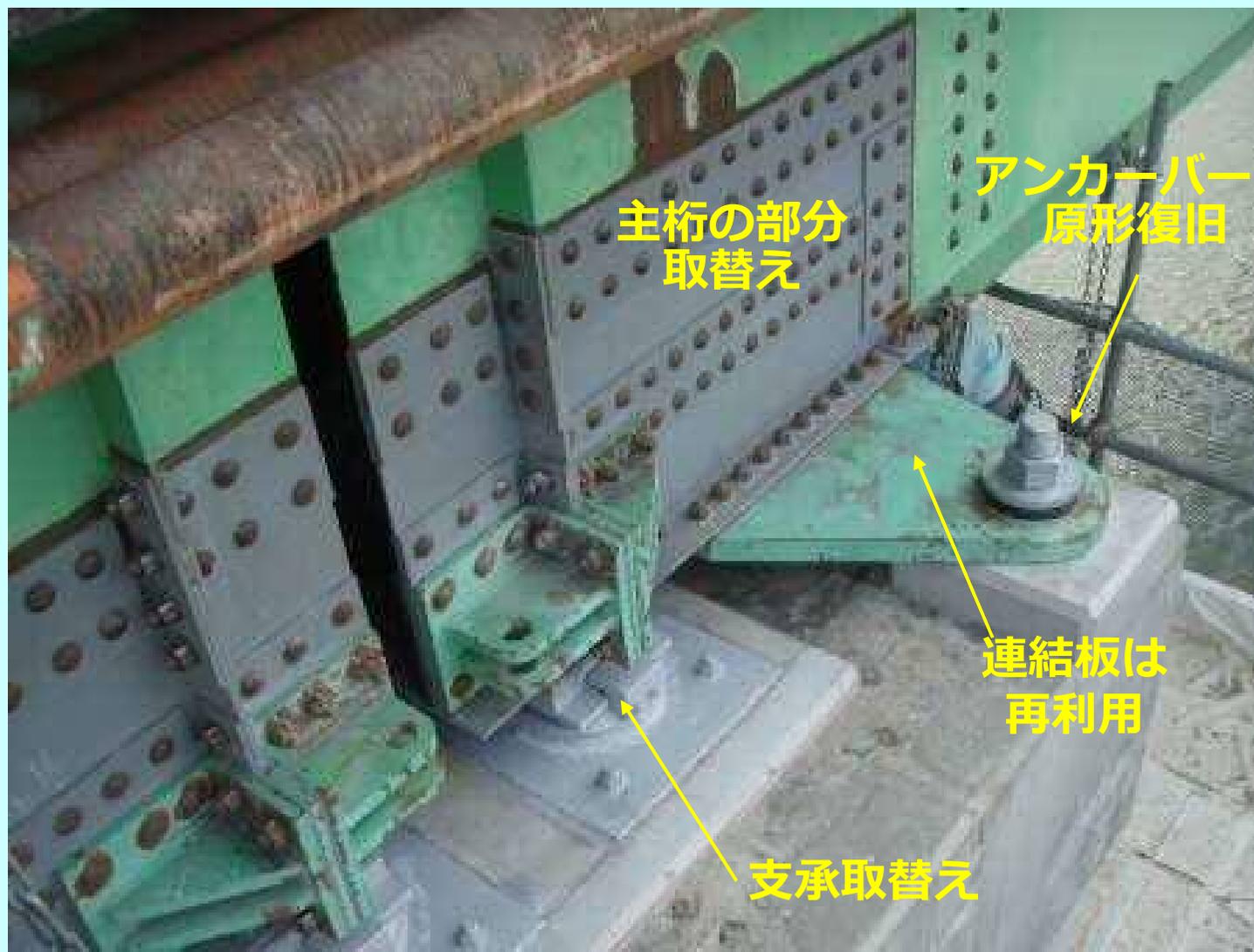
主桁切断状況

(5) 本復旧



新設部材の取込み状況

(5) 本復旧



取替え完了

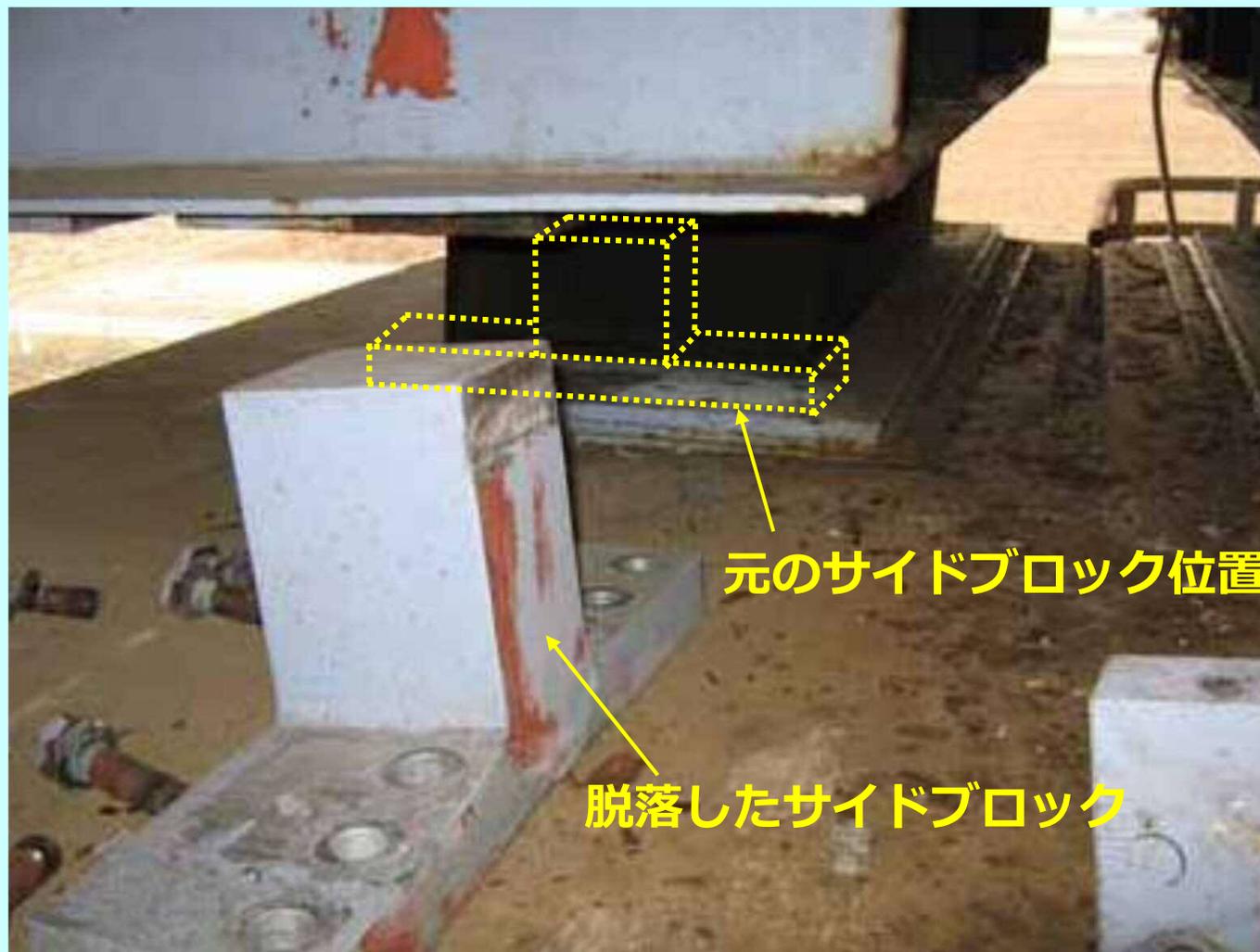
事例5) その他の事例

①ゴム支承のサイドブロック損傷に対する復旧

◆損傷概要

- 東日本大震災により被災
- 地震動によりゴム支承のサイドブロック（ジョイントプロテクター）の**固定ボルトが破断し、サイドブロックが脱落した**
- 破断したボルトの軸が支承ベースプレート内に残存し、桁下空間が低く撤去が困難であった

◆震災直後の状況



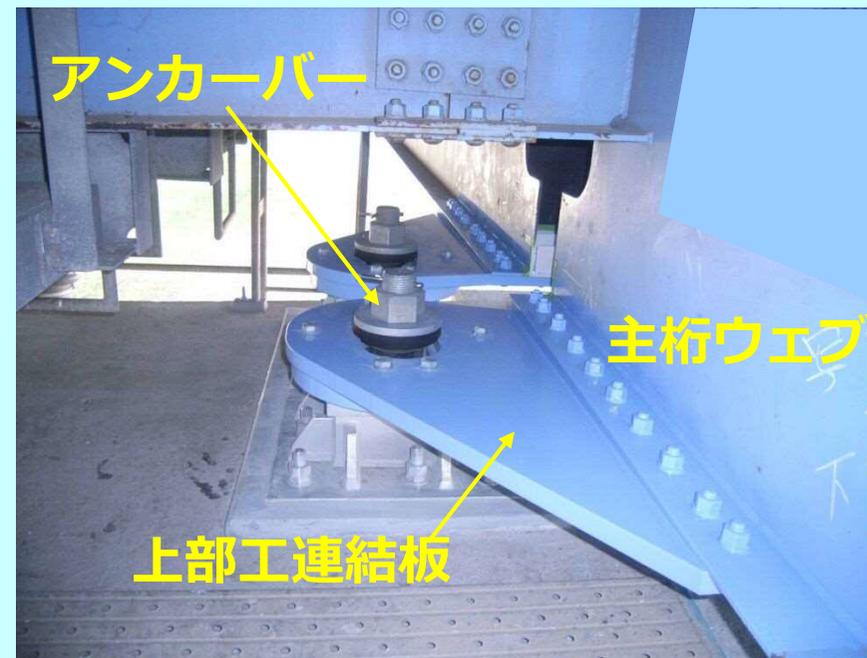
震災直後の状況

◆ 応急対応



現場溶接による仮設置

◆本復旧



変位制限装置（ジョイントプロテクター代替機能）の設置

②伸縮装置の損傷に対する復旧

◆損傷概要

東日本大震災により発生した津波により、流された船舶が主桁に衝突し、その衝撃により、桁掛け違い部で伸縮装置が損傷し、段差が生じた。



震災直後の状況

◆ 応急対応

段差、損傷が生じた伸縮装置上に、土のう等で高さ調整を行った後、その上面に仮設アスファルトを舗設して仮復旧を行った。



高さ調整の状況

◆応急対応



仮設アスファルト舗装による橋面の復旧

◆本復旧



既設伸縮装置の撤去状況



新設伸縮装置の設置状況

③ 支承アンカーボルトの抜け出しに対する復旧

◆ 損傷概要

- 東日本大震災により被災
- 地震動によりピン支承（固定支承）のアンカーボルトの抜け出しが生じた



震災直後の状況

◆応急対応

- ・アンカーボルトのみの打ち替えは困難な状況
- ・支承本体は健全であり、将来的に架替え予定
- ・下沓を鉄筋コンクリートで巻き立てることで対応



差し筋配筋後の状況

◆ 応急対応



施工完了

3. おわりに

震災時における補修・補強事例として、応急復旧から本復旧までの事例を数例紹介させていただきました。

鋼橋の利点として、多様な仮受け方法、補修・補強方法を選定できるとともに、部分的な部材取替や当て板による補強などにより、早期の復旧も可能ということがあげられます。

災害にも損傷にも強い鋼橋をこれからもよろしく願います。

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 Inc.