

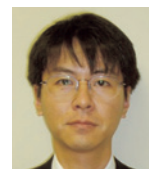
# 東日本大震災により損傷した鋼橋（石巻大橋）の応急復旧 Emergency Restoration of a Steel Bridge (Ishinomaki-Ohashi Bridge) Damaged by the Great East Japan Earthquake



阿部 幸夫\*<sup>1</sup>  
Yukio ABE



原口 文彰\*<sup>2</sup>  
Fumiaki HARAGUCHI



林 光博\*<sup>3</sup>  
Mitsuhiro HAYASHI

## 要旨

本稿は平成23年3月11日に発生した東日本大震災により、被災した石巻大橋の補修工事の概要報告である。石巻市民の重要生活路線である当橋梁の施工工種の内、主桁補修工・伸縮装置補修工・橋脚補修工について、現場施工時の問題点と対策の報告を行う。

キーワード：東日本大震災，応急復旧工事

## 1. はじめに

宮城県石巻市を流れる一級河川旧北上川の下流部に位置する石巻大橋（図-1）は、日和大橋や内海橋と並ぶ石巻市民の生活に欠かせない主要な路線であったが、東日本大震災により甚大な被害を受けた。その結果、日和大橋には災害復旧の資材運搬用トラック等が多く通行し、内海橋では、損傷による通行制限がなされたことから、本橋は、より多くの市民が必要とする重要生活路線となっていた。

本橋の主な損傷は、津波により流された船舶等の衝突による主桁およびRC床版の損傷（写真-1、2）や地盤変位に伴う桁掛け違い部での段差等（写真-3）であり、市民の生活道路としての復旧が至上命令であった。

主桁損傷状況については、津波漂流物の衝突による河口側（G1側）の主桁ウェブの座屈、下フランジの亀裂・折れ曲がりなどが生じていたことから、本工事では、損傷した主桁を部分的撤去し、新設の主桁を設置した。

また、工事着手前での損傷状況調査において、P6橋脚パラペット（主桁掛け違い部）に全周亀裂（写真-4）が発見された為、P6橋脚部パラペット部を車両通行供用下にて打替えを行った後、伸縮装置の取替を行った。



図-1 位置図



写真-1 主桁損傷状況（主桁ウェブ座屈：P3～P4）

\*<sup>1</sup> 橋梁事業本部 橋梁工事本部橋梁工事部 担当部長

\*<sup>2</sup> 橋梁事業本部 橋梁工事本部橋梁工事部業務管理グループ 係長

\*<sup>3</sup> 橋梁事業本部 保全事業部保全技術部保全技術グループ サブリーダー



写真一2 床版損傷状況 (床版張出部下面：P4～P5)



写真一3 桁掛け違い部段差状況 (P6伸縮装置部)



写真一4 P6橋脚パラペット全周ひび割れ状況

## 2. 工事概要

- (1) 工事名：石巻大橋災害応急復旧工事
- (2) 発注者：石巻市役所
- (3) 工事場所：宮城県石巻市大橋二丁目ほか2字地内
- (4) 工期：平成23年 9月15日～  
平成24年11月30日
- (5) 橋梁形式：鋼単純箱桁、鋼単純H鋼桁
- (6) 橋長：306.540m
- (7) 支間長：54.720m (箱桁)、14.0m (H桁)
- (8) 主要工種：主桁補修工、  
床版補修工、  
伸縮装置補修工  
橋脚補修工、  
支承補修工(支承交換、支承の若返り)
- (9) 架設工法：トラッククレーン架設 (主桁補修)

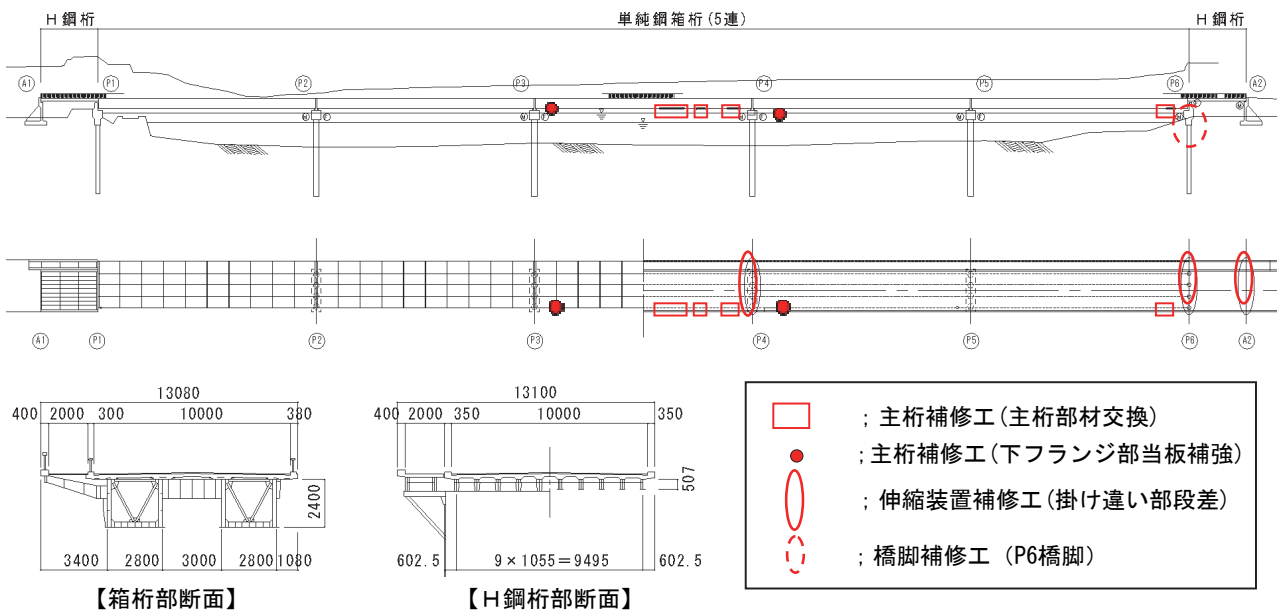
本橋梁上における車両通行量が多く (約128百台/日：平成17年度データ)、朝夕における橋梁上での渋滞が常時発生すること及び石巻市街への資材運搬道路としての役割が大きいことから、工事施工時には以下に示す最小限の交通規制・作業時間にて作業を行い、一般車両の通行を確保した。

- ・昼間 路肩規制 (主桁G1側)  
作業時間9：00～16：00
- ・夜間 片側交互通行規制  
作業時間21：00～5：00

伸縮装置補修及び橋梁足場盛り替え作業を除き、昼間で施工を行った。

本稿では、上記工事の内、主に主桁補修工・伸縮装置補修工・橋脚補修工の概要について報告する。

主桁補修工・伸縮装置補修工・橋脚補修工施工箇所を図一2に示す。



図一2 石巻大橋補修位置図



写真一5 石巻大橋全景 (A1側より)



写真一6 石巻大橋全景 (A2側より)

## 2. 本工事の課題と対応

主要な生活路線である本橋の応急復旧工事に際して、以下の課題に対して対応した。

### (1) 桁掛け違い部に発生した段差による通行障害

震災直後、本橋の桁掛け違い部（伸縮装置部）の数カ所において、地盤変位による橋梁相互の段差（写真-3）が発生しており、一般交通の通行を可能とするための緊急仮復旧の対応が必要であった。

これに対して鉄板の敷設および仮舗装による交通確保により対応した。その内容について以下に示す。

本橋の桁掛け違い部（伸縮装置部）に発生した橋梁相互の段差は、厚さ22mmの仮設鉄板をクレーンで敷設するとともに、その上面に仮設アスファルト舗装を施工し、仮復旧した。仮舗装の施工長は橋軸方向に約10mとし、滑らかな縦断勾配となるようにすりつけることで、一般車両の通行性と車両通過時の損傷橋体への衝撃の低減に配慮した。

箱桁損傷部の補修作業完了後、一般交通の片側交互通行規制下において、仮舗装と仮設鉄板をカッターとクレーンで撤去し、既設伸縮装置の撤去および新設伸縮装置の据付けを実施した（写真-7）。



写真-7 伸縮装置設置完了 (P6)

### (2) 吊足場用吊金具（既設）の広い設置間隔

本橋の主桁付きの維持管理用吊金具は、一般的な設置間隔（2m以内）とは異なり、横桁位置となる約6m（写真-8）という広い間隔で設置されており、その位置での吊チェーンによる吊足場の支持は、耐力上、非常に難しいものであったことから、この広い支持間隔に適用した吊足場構造を検討する必要があった。加えて、後述する箱桁損傷部の部分撤去と取替部材設置時の作業スペースを確保するための吊設備の吊点位置を反映する必要もあった。



写真-8 主桁上の横桁間隔

これに対して、H形鋼および吊り機械による吊足場の採用を行い対応している。

吊足場の吊チェーン間隔を一般的な吊足場と同等の2m以内にするため、約6m間隔の既設維持管理用吊金具に加えて、新設金具を追加設置する案も考えられたが、損傷した箱桁部材に極力、手を入れないことと、工程短縮が至上命令であったことを踏まえ、本工事では、箱桁ウェブ外側の将来施工用ブラケット仕口部にH形鋼（H300）を高力ボルトで固定し、そこから吊チェーンに代えてチェーンブロックを用いて足場支持梁（H300）を吊足場のおやごととして支持した（図-3、写真-9、10）。これにより、安全性の高い吊足場の構築が可能になるとともに、後述する任意位置にある主桁損傷部の部分撤去と取替部材設置時の作業スペースを確保することが可能となった（H形鋼を利用した任意位置での吊設備の設置が可能となった）。

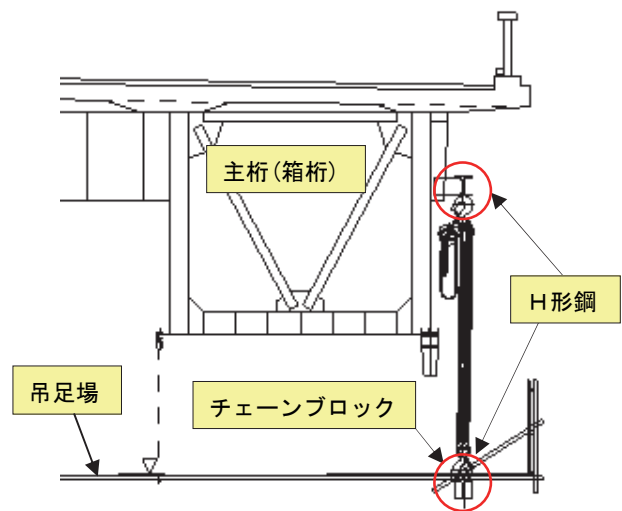


図-3 H形鋼を利用した吊足場構造



写真-9 ブラケット仕口部へのH形鋼の取付



写真-10 H形鋼を利用した吊足場設置状況

### (3) 主桁部分取替え時の主桁断面剛性の確保

箱桁（主桁）損傷部の部分撤去作業では、その部分を新設の補強部材に置き換えるまでの期間において部材剛性が著しく低減し、有害な変位や場合により橋桁の崩壊等の発生する危険性があった。また、部材欠損に伴い箱桁断面の形状保持が崩れる懸念もあり、何らかの対策を講じる必要があった。

これに対しては、バイパス桁や箱桁内形状保持による剛性確保により対応した。その詳細を以下に示す。

箱桁（主桁）損傷部の部分撤去作業において、その部分を補強部材に置き換えるまでの間の主桁部材剛性を確保するため、部分取替範囲の箱桁下フランジ下面に鋼製のバイパス桁を主桁撤去作業に先立ち、橋面上の常設路肩規制帯内に据え付けた4tユニック車により分割架設した（図-4、写真-11、12、13）。

バイパス桁は高力ボルトを用いて既設桁に固定した。

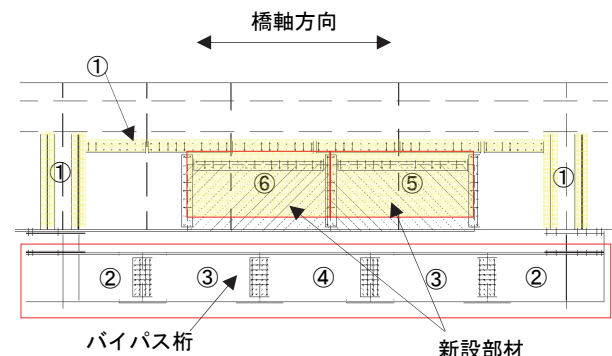
バイパス桁設計の際、損傷部切断による断面欠損を考慮した主桁断面とバイパス材断面を考慮した骨組解析に

より断面力を算出した。

バイパス桁と主桁とのボルト接合については、主桁とバイパス桁との取り付け部における曲げモーメント対しては引張接合とし、せん断力については摩擦接合として設計を行っている（図-5）。

撤去範囲の広い損傷箇所については、バイパス桁を先行設置するとはいえ、一度にすべての範囲を一括撤去することは、既設桁に大きなダメージを与え、机上の計算では予見できない箱桁の新たな損傷を招くことが懸念されたため、既設部材の部分撤去と新設部材の設置を交互に繰り返すサイクル施工を実施した（図-4）。

また、部材撤去時の箱桁断面の形状保持を目的に、箱桁内に形状保持材を設置した（写真-14）。形状保持材設置の際、桁内に水道管・NTTケーブル等の既設設置物があり、狭隘部での作業となった。又、取付前に既設設置物管理者との打合せ・現場立会を実施の上、養生を徹底し、取付を行った。



- (1) 垂直・水平補剛材(部材①)の設置
- (2) バイパス桁(部材②、③、④)の設置
- (3) 損傷部の撤去および新設部材設置(部材⑤)
- (4) 損傷部の撤去および新設部材設置(部材⑥)
- (5) バイパス桁の撤去(部材②、③、④)

図-4 損傷部施工とバイパス桁の施工手順

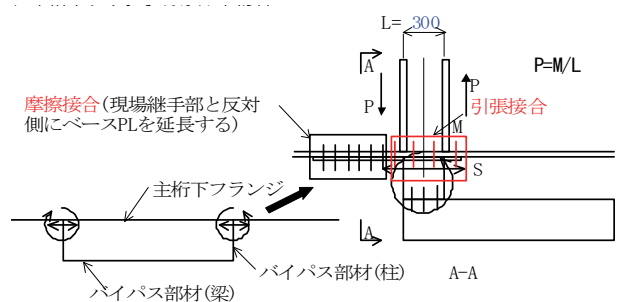


図-5 既設主桁-バイパス桁ボルト接合部の設計概要

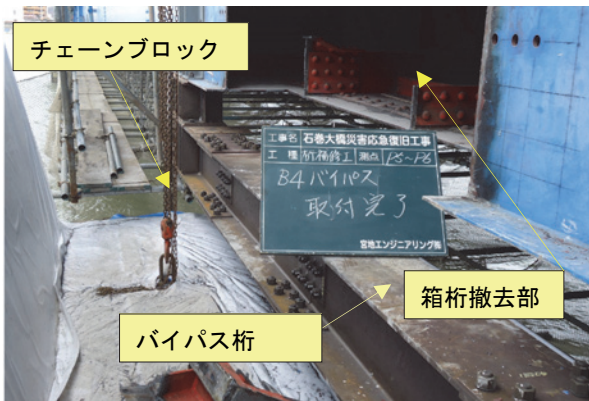


写真-11 バイパス桁設置と損傷部撤去状況



写真-12 バイパス桁撤去状況①

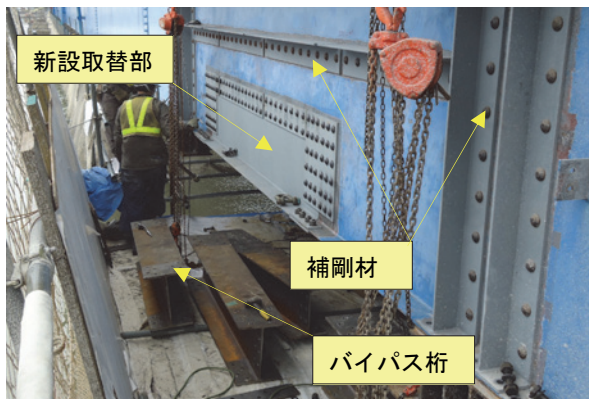


写真-13 バイパス桁撤去状況②



写真-14 形状保持材設置状況

#### (4) 主桁補修時の施工精度の確保

施工前に主桁損傷部ウェブの平面度を測定した結果(写真-15)、ウェブの凹みが最大約200mmであったことから、当初発注仕様である当板補強では、ボルト添接部に肌隙が懸念されたため、主桁損傷部を部分的に撤去し、新設の主桁部材を高力ボルト継手にて設置する工法に変更した。その結果、既設主桁撤去位置における切断形状およびボルト孔位置をいかに新設部材の製作へ反映し、かつ両者の取合精度を確保するかが課題となった。

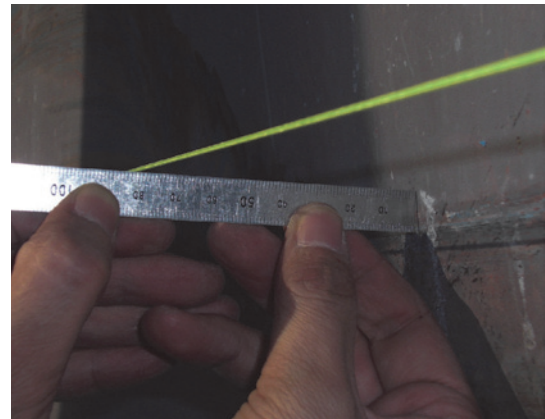


写真-15 主桁ウェブの平面度測定

これに対して、切断精度の確保と現場当てモミ孔明けにより対応した。その内容を以下に示す。

設計段階において、箱桁損傷部の現場実測結果を反映した撤去範囲の決定と既設部材への孔明け位置を含めた新設部材の構造寸法を検討し、設計図を作成した。

主桁損傷部切断の際、切断線始末端部での母材ノッチ発生を考慮して、主桁ウェブ及び下フランジの切断前、切断線始末端部に孔径20mmの開孔処理（ピアッシング処理）を行い、ガス切断後にグラインダーにて5mmの切削を行った(図-6, 写真-16)。

切断部の精度管理については、ボルト継手の隙間設計値10mmに対し、±5mmにて管理を行った。

製作工場では、設計図を基に原寸作業で作成した既設部材孔明けデータと新設部材構造寸法データを反映した部材原寸シートを作成し、これを現場へ送付し、これを既設部材に当て、切断線や孔明け位置の罫書きを実施した。加えて、既設箱桁部材へのボルト孔明け作業では、規定サイズより小さい孔で先行孔明けを行い、その後、新設添接板を既設箱桁に当て、これを定規とした現場当てモミによる孔明け施工を行うことで、既設箱桁と新設補強部材との取り合い精度を確保した(写真-17, 18)。

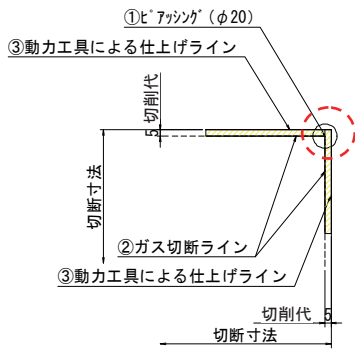


図-6 主桁切断要領

### (5) P6橋脚パラペット打替時の施工方法

損傷したP6橋脚パラペットの打替を行った。その際、既設鉄桁 (P6～A2) を仮受けするベント設置するが、損傷したP6橋脚に水道管が埋設された構造であったため、水道管と干渉することなくベントを設置する必要がある。又桁下高さが3.5mであり、作業高さにも留意してベント設置する必要がある (写真-19)。

また、水道管が橋脚パラペットに埋設されている構造の為、パラペット打替に際し、水道管を仮支持する必要がある。



写真-16 主桁ウェブ切断状況



写真-19 P6橋脚 既設水道管埋設状況



写真-17 新設部材下フランジ現場当てモミ状況



写真-18 新設部材設置完了

これに対して、P6橋脚のベント設置について以下の対応を行った。

新設橋梁架設と異なり、既設橋梁直下でのベント組立となる為、桁下での施工性を考慮して4.9t吊クローラークレーンでベント組立を行った (写真-20)。

ベント組立時、現況水道管の橋脚背面からの突出及び橋脚背面に水道管支持金が設置されていた為、ベント設置位置が制限された (写真-21, 図-7)。

ベント上梁についてG30梁材にて検討を行った結果、作用応力度超過により使用不可能であることから、送出し架設梁材に使用されている2ウェブの梁材を使用し、ジャッキアップ用の横桁を高力ボルトにて取付を行った (写真-22)。ジャッキアップ用の横桁は、仮受時桁端部におけるリフトアップを考慮して、取付位置を主桁端部より1400mmとした。又、桁仮受け時においてベント上梁と既設の水道管の隙間が20mmと狭隘であり、桁仮受け時のベント沈下によるベント上梁が水道管に接触して、損傷する恐れがあることから、主桁端部から2500mmの位置に調整ジャッキ用の横桁を追加施工した (図-7)。

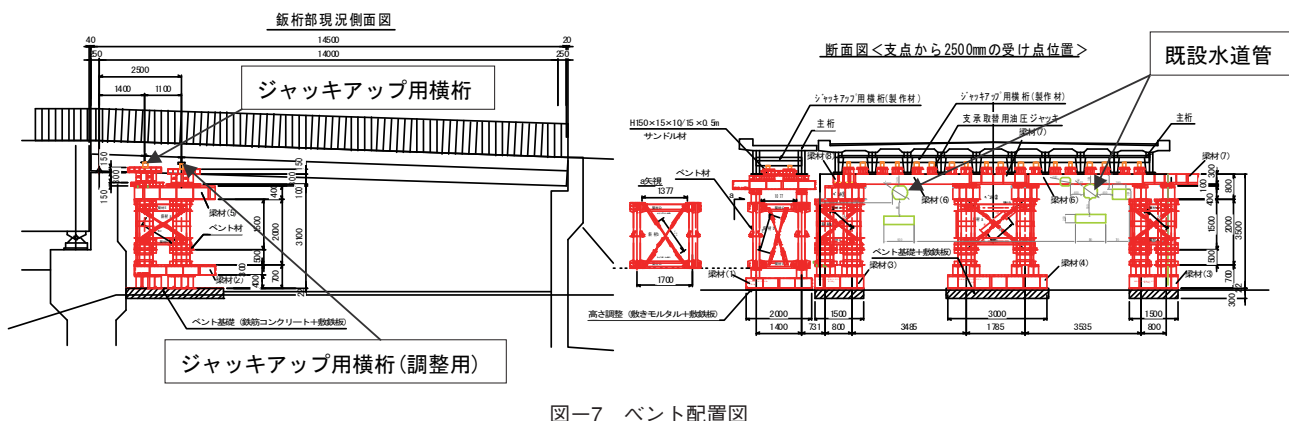


図-7 ベント配置図



写真-20 ベント組立状況

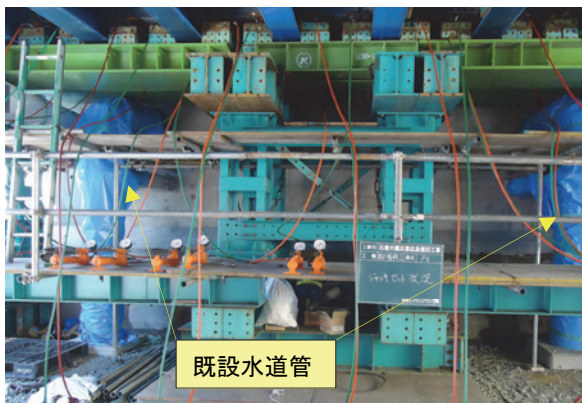


写真-21 ベント設置状況

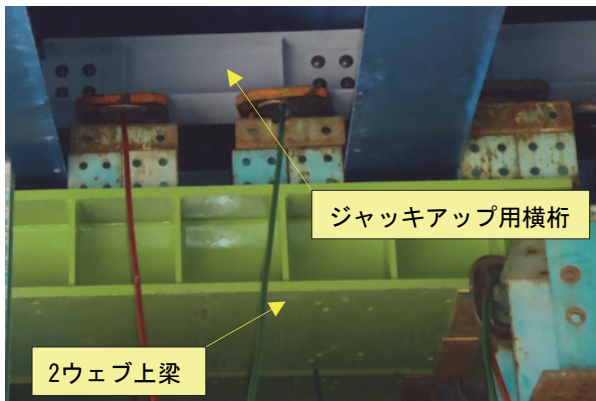


写真-22 ジャッキアップ用横桁取付状況

また、現況の水道管固定用支持金具がパラペット撤去部に固定されている為、パラペット撤去前、水道管を仮支持する必要がある。水道管の仮支持については、仮固定用金具を製作し、橋脚非撤去部に固定後、パラペット部の撤去を行った（写真-23）。

損傷部撤去の施工方法としては、ワイヤーソーを使用して切断を行い、水道管理設部及び鋼桁支承ベースPL周辺についてはブレイカーによる手斫にて既設コンクリートの撤去を行った（図-8、写真-24）。

既設橋脚を削孔後、樹脂材（エポキシ樹脂）により新規主鉄筋を定着後、打ち替え部鉄筋の組立を行った。コンクリート打設は、隣接工区の工程上の理由から、コンクリート打設後、早期でのベント設置ヤード引き渡しをする必要があった為、早強コンクリートを使用した。

打設の際、新規コンクリート打設下部600mmの高さで躯体厚が変化する構造であることから、コンクリート打設時の充填性を考慮して、打設回数を2回とし、テーパ一部コンクリート打設後、打継ぎ目処理を行い、躯体部の型枠を組立、打設を行った。



写真-23 水道管 仮固定金具取付状況



断面図  
(撤去要領)

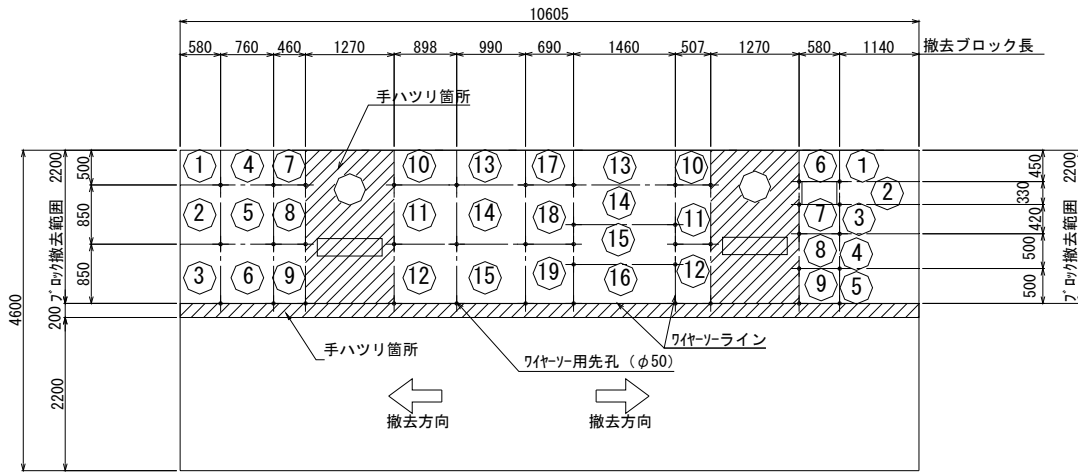


図-8 橋脚切断要領図



写真-24 ワイヤーソーによる橋脚切断状況

### 3. おわりに

近隣住民の生活確保のため、一時たりとも交通の寸断が許されないという至上命令のもと、本橋の応急復旧工事は進められた。そして、様々な課題を抱えながらも、交通を通しながら本橋の補強工事は無事完了した。

箱桁損傷部のバイパス桁を利用した部分撤去および設置やH形構を支持梁として利用した吊足場構造は、今後の補修・補強工事に十分活かせるものと確信する。

本工事では、他の補修・補強工事でも起こりうる様々な不確定要素が渦巻く中、現場に従事した総ての人間が、共通認識の下、知恵を出し、工事を遂行したおかげで事故無く早期開通を迎える事ができた。

最後に本報告が今後の同種工事の参考になれば幸いである。

2013.12.18 受付