

損傷著しい大規模橋梁【妙高大橋】の上部工撤去工事の取り組みについて

月田 孝¹・山崎 浩気¹・新江 昭太¹

¹高田河川国道事務所 工務第二課 (〒943-0847 住所 新潟県上越市南新町3番56号)

約50年間の役目を終えた旧妙高大橋の上部工撤去は、地上47メートルの地点で安全に橋梁上部を撤去するという前例の無い工事であるため、ECI方式を適用し施工を行った。本稿では施工者からの技術提案を受けて専門的な知識や工法等の技術協力を得ながら施工計画を作成し上部工撤去工事を行っている取り組みの途中経過を報告する。

キーワード 妙高大橋、架設桁、橋梁撤去、健全度調査

1. はじめに

(1) 旧妙高大橋

旧妙高大橋は、1972年に架けられたPC4径間連続箱桁橋で、上部工は当時最新のプレキャストセグメント工法で施工された。渡架箇所は国道18号新潟県妙高市坂口新田地先で、(図-1)全国でも有数の豪雪地帯である。

建設から約50年が経過している旧妙高大橋は、2009年に実施した橋梁補修工事において、橋梁の上面から侵入した水が原因で桁内に配置してあるPCケーブルが腐食・破断していることが発見された。その後保全検討委員会が立ち上げられ、様々な応急対策や監視体制の強化等を行ってきたが、将来への恒久的な安全性を確保するために、新橋の架替を行うこととなった。

新橋の供用開始に伴いECI方式を適用された旧妙高大橋上部工撤去工事を2022年9月から開始し、現在(2024年8月時点)P1張出部撤去まで施工済み。(写真-1)本稿では損傷箇所を確認しながらどのような施工がなされたか報告する。



図-1 位置図



写真-1 2024年6月撤去の様子

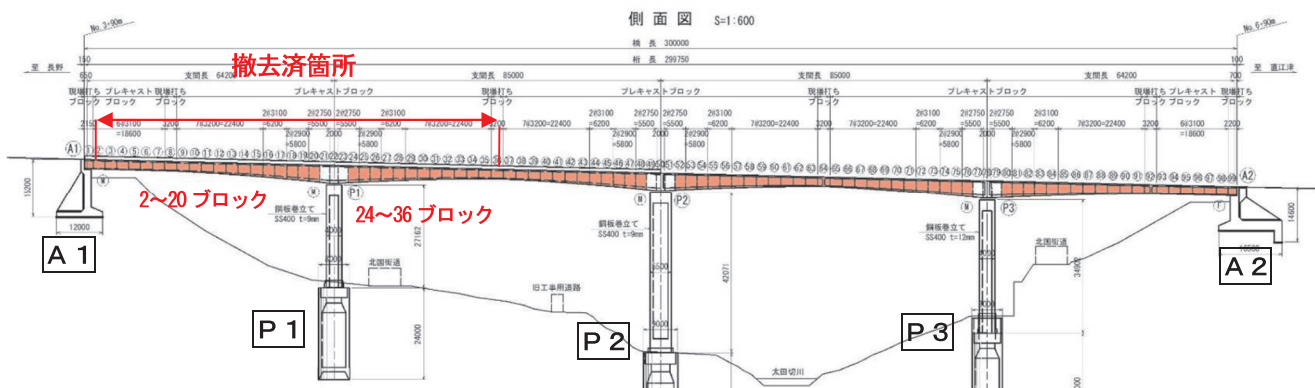


図-2 橋梁一般図(P1張出部まで施工済)

(2) 架替え経緯

2009年度実施した橋梁補修工事において桁内の排水装置が破損しており凍結防止剤などが含まれた路面排水がグラウトの充填が不十分な箇所へ浸水することによってPC鋼材が劣化し下床板にあるA1～P1側径間の22本が破断していることが判明した。(図-2)(図-3)(写真-2)

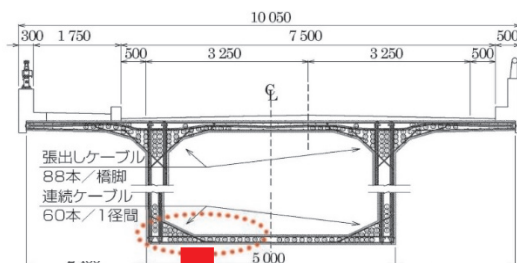


図-3 A1～P1断面図



写真-2 A1～P1 側径間の破断状況

2010年度には、ブロック目地や排水設備付近などの桁内への漏水箇所1200箇所を重点的に削孔内視鏡調査を実施した。全PC鋼材504本の内215本の目視確認を行い、そのうちの26本の破断、119本の腐食が確認された。破断・腐食が確認された箇所について、補強ケーブルなどの応急措置を行ってきたが、安全性確保のため2012年に旧妙高大橋の架替えが事業化され、2021年に新橋へ交通切り替えが行われるのに伴い撤去工事を開始した。

2. ECI方式

(1) ECI概要

ECI方式(技術協力・施工タイプ)は、現場条件等が特殊で仕様の確定が困難である工事に対し、技術提案を公募して、その審査及び価格等の交渉の過程で仕様を確定して契約する方式である。この技術提案に基づいて競争を行い、選定された施工者(優先交渉権者)と工事契約を前提に技術協力業務の契約を締結し、別途契約の設計業務に技術提案の内容を反映させながら設計を進め、設計後に価格交渉を行った上で合意に至れば工事契約と

なる。施工者独自の高度で専門的なノウハウや工法等を活用するなど、設計段階から施工者の技術協力を得ながら設計を行えるため、工事着手後円滑に施工できるメリットがある。(図-4)

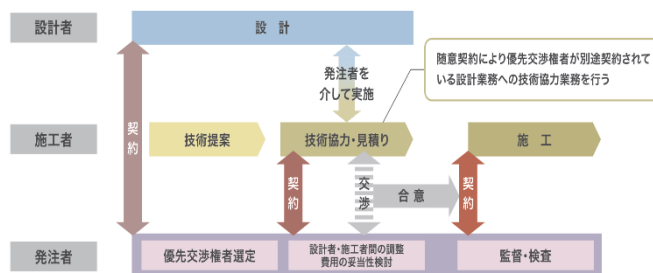


図-4 ECI(技術協力・施工タイプ)

(2) 技術提案審査

旧妙高大橋上部工撤去工事では、PCケーブル及びグラウト等不可視部の損傷状態が不明であり施工時に必要な保有耐力把握のための調査が必要であったため技術提案審査については、以下の3項目で提案を求め、提案に対しヒアリングを実施し技術提案内容の確認を行った上で審査を行い、技術協力業務及び価格交渉等を行う優先交渉権者を選定した。

- 1) 技術協力業務の実施内容
- 2) 上部工事撤去における不確定要素への対応・提案能力
- 3) 損傷状況に関する所見及び追加調査等の提案

3. 橋脚撤去の手順

(1) 上部工撤去概要

旧妙高大橋の上部工架設時はカンチレバー工法が採用されており、中央橋脚の柱頭部から両側へ向かってプレキャストブロックを1ブロックずつ順次先端に張出し施工された。撤去工事は中央橋脚の両端からプレキャストブロックを切り出し、運搬する方法である。撤去中の橋梁はアンバランスな状態になる為、落橋防止としてブロック継目に引張応力を発生させないための張出補強ケーブルによる補強①、橋が傾かないように上部工と柱頭部を固定する補強②を行った。

以下、大まかな流れの図を示す。(図-5)(図-6)

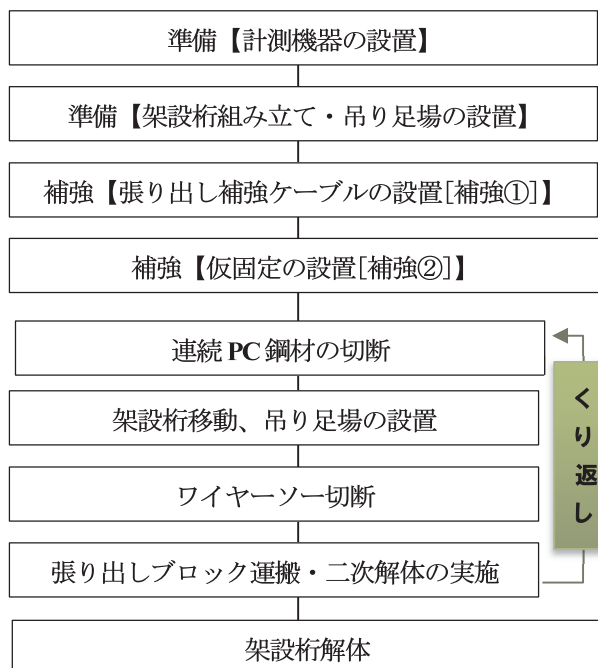


図-5 上部工撤去フロー

(2) 計測機器の設置

旧妙高大橋は2009年に実施した削孔内視鏡調査によりPC鋼材の腐食による破断が確認されているため上部工撤去を安全に施工する必要があるが、すべてのPC鋼材の損傷状態の把握は困難である。特に鉄筋が設置されていないブロック目地に引張応力が発生すると、落橋の危険性があるため撤去作業中のブロック目地に引張応力が発生していないか確認し、ブロック断面の応力状態をひずみゲージ及び亀裂変位計を用いて計測しながら撤去を行うこととした。(写真-3)

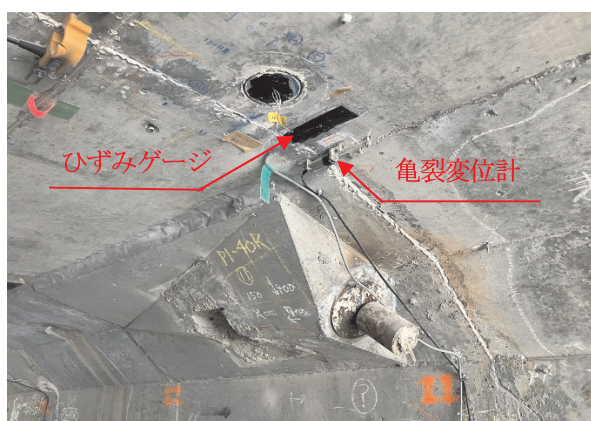


写真-3 ひずみゲージ及び亀裂変位系設置状況

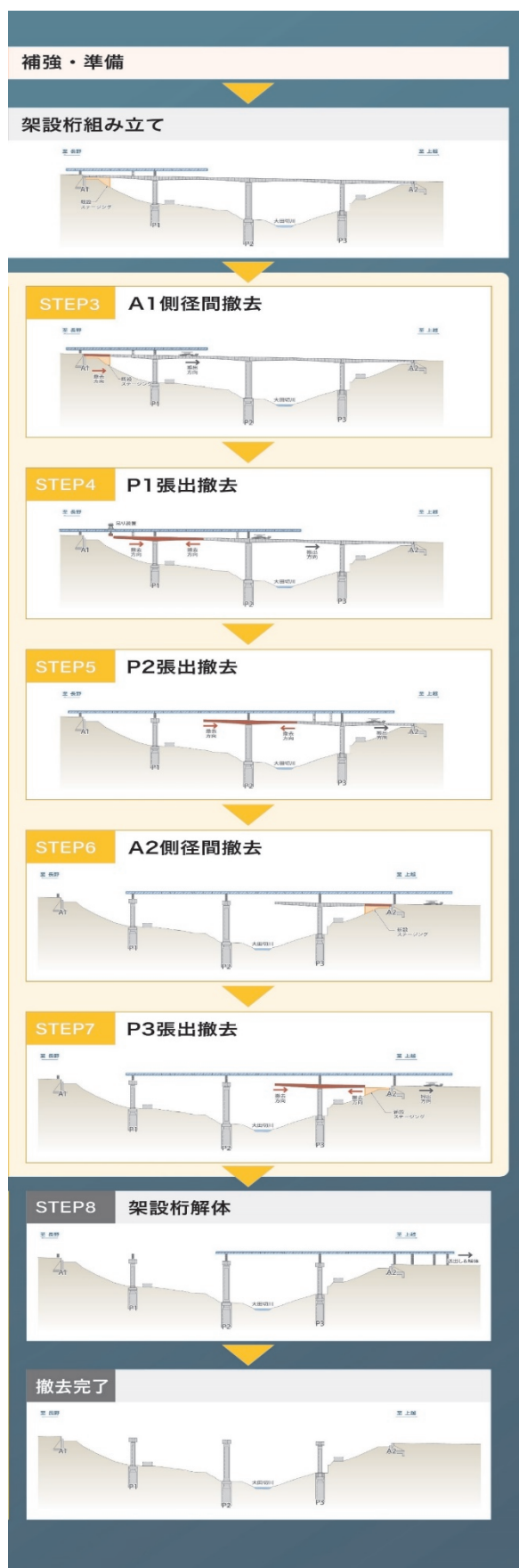


図-6 撤去の流れ

(3) 吊り足場の設置

張出し補強ケーブルのブラケット設置や補強ケーブル緊張作業, 各ブロック目地でワイヤーソー切断を行うため, 桁下全面に吊り足場を設置した。(写真-4)



写真-4 吊り足場の設置



写真-5 仮固定ブラケットの設置

(4) 張出し補強ケーブルの設置

各張り出し部のPC鋼材の破断調査結果を基にブロック目地に引張応力を発生させないように橋軸方向に補強ケーブルを設置する。上床板に張出し補強ブラケットを固定しそこに張り出し補強ケーブルを固定し緊張した。(補強①)(図-7)

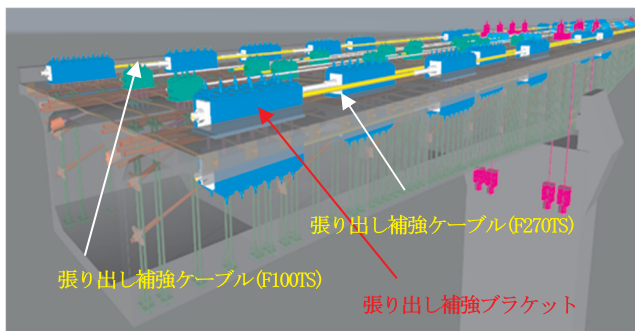


図-7 張出し補強ケーブルの設置状況

(5) 仮固定の設置

張出しブロックの撤去は片持ち状態で切断撤去するにあたり, 一時的にアンバランスモーメントが発生してしまうため柱頭部と橋脚を仮固定ケーブルで鉛直方向に接続して緊張力を与えることで, 仮固定した。(補強②)(写真-5)

(6) 連続PC鋼材の切断

下床板に配置された連続PC鋼材は, グラウトの充填が十分な場合, 桁断面に定着されているため閉合ブロックを切断してもプレストレスが残存する可能性が高い。この影響により桁の上縁に引張応力を発生させる要因となるため, 片持ち状態になる前に各ブロックのコア穿孔により連続PC鋼材の切断を行った。(写真-6)



写真-6 コア穿孔後の様子

の重さになり公道の運搬ができないため、多軸台車を使用して、二次破砕ヤードに運び、張り出しブロックを油圧圧砕機で粉砕しコンクリート殻として運搬処分した。(写真-9)

(7) 架設桁・吊り装置の設置

各柱頭部に架設桁支持架台を設置し架設桁を送り出して据え付け、吊り装置は架設桁に上架され、張出しブロック切断時の仮吊りや切断後の運搬を行った。(写真-7)



写真-7 吊り装置による運搬

(8) ワイヤソー切断

張出しブロックを仮吊りした状態で鉄筋が配置されていないブロック目地にワイヤーソーを配置し切断を行ったが、実際には下床板内のPC鋼材にグラウトの充填が不十分な箇所があるため切断しようとする、空洞があり、ワイヤーソーが噛み込んでしまい作業に多大な時間がかかった。対策として、グラウトの充填が不十分な箇所についてコア削孔によりPCケーブルを事前に切断することで、作業効率の改善を図った。(写真-8)



写真-8 ワイヤソー設置

(9) 張出しブロック運搬

ワイヤーソーで切断した張出しブロックは40～70tも



写真-9 多軸台車での運搬

5. 事前調査及び撤去中の計測方法

(1) 事前調査

旧妙高大橋上部の撤去を安全に実施するにあたり、不確定要素への対応が必要なことから、事前調査としては以下の2点を実施した

① PC鋼材破断調査

桁の応力に直結するPC鋼材の破断の有無について、橋面の舗装や地覆等を撤去後、これまで調査できなかった部位の調査を橋面から行った、鋼材に対するグラウト調査には電磁パルス法を用いて、PC鋼材の破断調査は漏洩磁束法を用いて行った。

② 主桁残存応力度調査

計測管理の目的はブロック目地に引張が起きないようにすることであるが、PC鋼材の損傷が起きた断面の応力状態はプレストレスの変化によって設計と大きく異なっている可能性がある。張り出しブロック主桁撤去の着手前に、全てのブロック目地(箱断面の上下左右四隅)における初期残存応力度調査を実施し、健全時及び劣化想定時の設計値と比較した。

実際に事前調査の結果として、既往調査等で分かっていたいなかったPC鋼材破断がP1張出し部で見つかったことから、この箇所については追加補強で対応した。(補強①)(図-8)

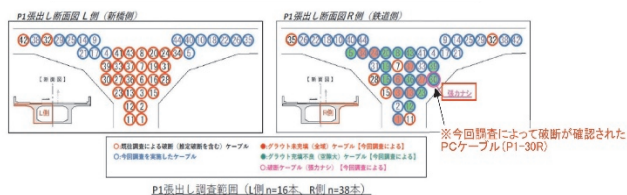


図-8 判明した破断ケーブル位置

(2) 撤去期間中における計測内容

事前調査で分かった破断状況に合わせて、許容管理値を超える場合にはそれらを考慮した構造解析を行い、撤去時の管理値を再解析／設定して実際の撤去を進めた。事前の残存応力度調査の解析結果は誤差があるため、撤去期間中においても、引き続きブロック目地に設置したひずみゲージの計測結果と亀裂変位計をモニタリングして、張出し部の上縁側でフルプレストレス状態が確保できていない場合や予想外の挙動やひび割れ発生が疑われる時は、原因の究明と連続ケーブルの追加切断やアラミド繊維シートによる補設等の対策を検討しながら現在も施工を続けてきている。

(3) 計測管理計画

管理値はセグメント目地に引張応力を生じさせない値とし、これに計測誤差を考慮して設定した。管理レベルは「安全」、「注意」、「警戒」、「危険」の4段階とし、「警戒」レベルとなった段階で作業を一旦中断し、原因調査と対策工を検討することとした。主桁ブロック切断時の撤去作業中の管理値(管理レベルの設定)と各管理レベルにおける管理方法を(表-1)管理レベルを(図-9)に示す。撤去作業中の応力計測値は、現場事務所、現場職員がタブレット端末等で常に確認できるようにし、計測値を確認する監視者と桁の挙動(主に目地部の変状)を監視する監視者をそれぞれ専任した。

表-1 管理レベルと管理方法

管理レベル	応力状態	管理方法
安全	応力計測値が設計圧縮応力の90%以上 応力計測値が1.0N/mm ² 以上、設計圧縮応力の50%以下	応力計測値と桁の挙動をそれぞれの監視者が監視する。 注意レベルとなった目地部周辺の挙動を重点的に監視する。
警戒	応力計測値が2.0N/mm ² 以上、1.0N/mm ² 以下	作業を一時中断し、原因調査と対策工を実施する。作業再開後は撤去中の応力値を常に監視し、次のステップ以降の応力を標準として破壊の可否を検討する。
危険	応力計測値が0.0N/mm ² 以下(引張応力発生)	原因調査をするともに、主桁内牛欄やひび割れ部等の補修および必要応力の調整を実施する。ひび割れ部や応力計測データが圧縮側に偏り、安全な状態で次のステップに移行できることを確認して作業を再開する。撤去中は桁の挙動を常に監視し、次のステップの応力値を標準として破壊の可否を検討する。

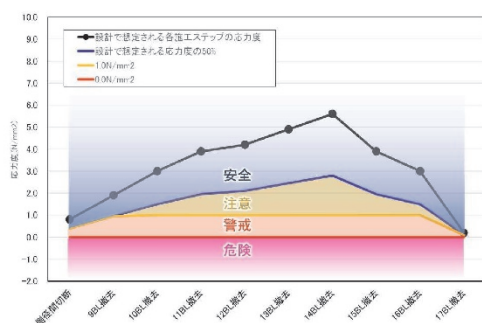


図-9 管理レベルと応力状態のイメージ

6. おわりに

旧妙高大橋は、施工者の持っている技術的な知識やノウハウを発注者、設計者と共有し施工計画を設計に反映するECI方式で進めることで効率的な施工につながっていると考える。旧妙高大橋の事例は劣化が進んだ上部工を地上47メートルの地点で安全に撤去するという技術難易度の高い工事である。施工はまだ続くが、最後まで安全に留意しながら施工を進めていきたい。今後、大規模な橋梁撤去工事の際には本工事が先進事例として活用されることを祈念して本論文のまとめとする。

参考文献

- 1) 旧妙高大橋のPC箱桁撤去計画～架設桁を用いたカンチレバー工法による張出しブロック撤去～：土木施工、2023年8月号、pp.104-107（蓮野武志・黒川篤・藤代勝）