

目 次

I. 技 術 論 文

施工計画

| | | |
|----|---------------------------------------|----|
| 1 | 中路式ブレースドリブアーチ橋の耐震補強に伴う横梁の増設 | 2 |
| 2 | 既設桁上における鋼床版1主箱桁橋の曲線状送出しについて | 6 |
| 3 | 阪急線・JR線上におけるトラス橋の一括縦送り架設 | 10 |
| 4 | 河川を斜めに横断する鋼橋架設の工夫 | 14 |
| 5 | 鉄道近接施工下における東京モノレール羽田空港線T型鋼製支柱の横梁取替え | 18 |
| 6 | 供用道路に近接する鋼橋架設工事の施工 | 22 |
| 7 | 国内最大級の多軸式特殊台車による一括架設 | 26 |
| 8 | 2主箱桁橋の架設と床版打設計画 | 30 |
| 9 | 被災石橋修復における輪石解体・復元について | 34 |
| 10 | CIMを用いた架設計画の検証と供用中の道路の安全確保 | 38 |
| 11 | 飯田線横川橋梁復旧工事の取組み | 42 |
| 12 | 狭隘な作業空間における耐震補強工事の施工上の工夫 | 46 |
| 13 | 新川橋旧橋トラス桁および合成鈹桁の解体について | 50 |
| 14 | 多軸式特殊台車による一括架設工法 | 54 |
| 15 | 特殊部構造物掘削と削孔位置の現場計測について | 58 |
| 16 | 鉄道営業線上における中国自動車道路橋の更新工事 | 62 |
| 17 | 厳冬期での河川改修工事における仮締切の工夫とその効果・影響について | 66 |
| 18 | 主桁本数が変わる拡幅桁の送出し架設 | 70 |
| 19 | 損傷した歩道橋の応急復旧と新設桁架設 | 74 |
| 20 | 鋼桁上を作業ヤードとした平面曲率や縦断勾配を有する細幅箱桁の送出しについて | 78 |

品質管理

| | | |
|----|--|----|
| 21 | 格安な荷括りストレッチフィルムを使用したコンクリート養生の工夫と効果について | 82 |
| 22 | 橋梁下部工構造物の品質向上と3Dスキャナーによる出来栄評価について | 86 |
| 23 | 道路橋新設工事における床版の耐久性向上のための取組みについて | 90 |

安全管理

| | | |
|----|--------------------------------|----|
| 24 | ダンプトラックでの土砂運搬に関する安全管理とICT技術の活用 | 94 |
| 25 | 日本三大秘境宮崎県椎葉村で未来型無人化施工への挑戦 | 98 |

環境管理

| | | |
|----|------------------------------|-----|
| 26 | 国立公園内における環境負荷低減に繋がる法面補修工法の提案 | 102 |
|----|------------------------------|-----|

その他

| | | |
|----|--------------------------------------|-----|
| 27 | 工事用道路開設における従来施工と ICT・CIM 活用施工の比較 | 106 |
| 28 | ICT 法枠工 三次元モデルの活用 | 110 |
| 29 | 最大支間長 143m を有する曲線トラス橋の支承取替について | 114 |
| 30 | 小規模現場で効果大！シンプルな DX 推進 | 118 |
| 31 | 鋼橋上部工の ICT 技術を用いた検査路干渉チェック省力化技術の開発 | 122 |
| 32 | エアレスガン用刷毛による現場塗装作業での作業効率および塗装品質の効果検証 | 126 |
| 33 | オブリークカメラによる写真測量の活用事例 | 130 |
| 34 | ジャンクション部等の上空制限下における床版取替工事 | 134 |
| 35 | 孔明き鋼板を有する継手構造の輪荷重走行試験 | 138 |

Ⅱ. 技術報告

施工計画

| | | |
|----|--|-----|
| 1 | 軟弱地盤における建込簡易土留(大口径長尺管埋設用簡易土留)による台付管の据付 | 144 |
| 2 | 灯台復旧工事における吊り込み設置について | 146 |
| 3 | 橋台施工におけるひび割れ抑制対策 | 148 |
| 4 | 隣接工事における業者間の協力 | 150 |
| 5 | 3次元モデルを用いた現場施工計画 | 152 |
| 6 | 袋詰玉石の設計位置での製作による生産性向上 | 154 |
| 7 | 河川内に栈橋が設けられない橋梁の施工 | 156 |
| 8 | 3次元データ作成時の曲線部擦付けにおける留意点について | 158 |
| 9 | グラウンドアンカーの水中施工 | 160 |
| 10 | 狭隘部における支承取替工の沓座部はつり | 162 |
| 11 | V字谷形状の河川上に架かる複雑な平面線形を有する鋼桁の架設 | 164 |
| 12 | 橋梁補修工事における点群計測と MR 技術の活用事例 | 166 |
| 13 | ケーブルが腐食損傷したニールセンローゼ橋の応急復旧工事 | 168 |
| 14 | 鋼床版箱桁橋の供用高速道路上での1夜間桁連結・横取り架設 | 170 |
| 15 | ドローンを用いた既設構造物の現地計測について | 172 |
| 16 | 国道を跨ぐ鋼橋架設における架設方法変更と規制日数削減 | 174 |
| 17 | 砂原漁港取水管床堀時の浸食対策 | 176 |
| 18 | 段差が発生した個所への防舷材取り付けにおける工夫 | 178 |
| 19 | 法面上部崩壊による湧水処理対策 | 180 |
| 20 | 狭隘な作業ヤードにおける歩行者デッキの架設について | 182 |
| 21 | 大型・重量部材を用いる鋼橋耐震補強工事の施工に関する工夫 | 184 |
| 22 | リニューアル工事における新橋の架設 | 186 |
| 23 | 長大トラス橋における鋼部材の断面補修および塗替塗装における工夫 | 188 |
| 24 | JR 線上の送出し架設について | 190 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| 25 | 架設ヤード及び周辺環境に対応した架設工法の検討事例 | 192 |
| 26 | 長大橋吊り橋における支承取替の設計及び施工 | 194 |
| 27 | 低空頭かつ狭隘な現場における立坑の築造 | 196 |
| 28 | ポンプ浚渫作業における陸上作業の施工計画について | 198 |
| 工程管理 | | |
| 29 | 土留工設計変更による工程短縮について | 200 |
| 30 | 地盤改良工事の ICT 導入における工程短縮について | 202 |
| 31 | 護岸工における工期短縮の工夫 | 204 |
| 32 | 防波堤海上施工時の作業台船による作業効率化について | 206 |
| 33 | 短工期における支間長 120m 超を有する 2 径間連続鋼床版箱桁の送出し架設 | 208 |
| 34 | 中口径シールド工法における二次覆工時の工程短縮について | 210 |
| 35 | 歩道橋を丸ごと再利用 | 212 |
| 品質管理 | | |
| 36 | 現場打コンクリート緻密化促進 | 214 |
| 37 | ガット船石材検収アプリの検証 | 216 |
| 38 | 急速施工となった盛土の品質確保について | 218 |
| 39 | プレキャスト擁壁の効果検証について | 220 |
| 40 | 塗膜剥離における気象条件への対応 | 222 |
| 41 | 出来栄え・品質の良いコンクリート構造物の構築における工夫について | 224 |
| 42 | 盛土補強土工におけるグラウト材逸走対策 | 226 |
| 43 | BIM/CIM の概念を取り入れた 3 次元モデルによる推進管理 | 228 |
| 安全管理 | | |
| 44 | 交通渋滞を未然に防ぐために | 230 |
| 45 | クレーンアウトリガー支持地盤の安全対策 | 232 |
| 46 | 河川を跨ぐ曲線 4 主桁の送出し架設 | 234 |
| 47 | 佐世保高架橋工事中の広域交通規制一元管理システム | 236 |
| 48 | 法面下の現場環境に合わせた安全対策 | 238 |
| 49 | VR を用いた作業手順教育について | 240 |
| 50 | 短期集中管内工事のリスクの洗い出しと安全対策 | 242 |
| 51 | 定点設置カメラ利用による交通リスク洗い出し及び視認性向上対策 | 244 |
| 環境管理 | | |
| 52 | 漁業施設に配慮した施工の工夫について | 246 |
| 53 | 河川横断推進工事における地山崩壊防止対策 | 248 |
| その他 | | |
| 54 | 国道 106 号線付近での主桁架設工事 | 250 |
| 55 | 国道 113 号線改良工事 | 252 |
| 56 | 道路上の鋼橋工事に従事して | 254 |
| 57 | 鋼橋上部工 工程短縮と安全管理 | 256 |
| 58 | 建設後 90 年以上が経過した鋼トラス橋の耐震補強工事 | 258 |

| | | |
|----|---------------------------------------|-----|
| 59 | ラーメン橋剛結ブロックの製作・架設における CIM の活用事例 | 260 |
| 60 | 河川内架設における出来形管理および工程短縮事例 | 262 |
| 61 | 砂防堰堤工事における 3 次元データの有効利用 | 264 |
| 62 | 狭隘な作業空間におけるクレーン配置計画(CIM 活用事例) | 266 |
| 63 | ICT 機器を活用したハイブリッドケーソンの出来形管理 | 268 |
| 64 | 築堤工事の ICT 建機の活用 | 270 |
| 65 | 近赤外光三次元計測機を用いた鋼橋保全工事の実測作業 | 272 |
| 66 | 延長床版の設計、施工上の留意事項 | 274 |
| 67 | ピン結合による大ブロック一括架設時の留意事項 | 276 |
| 68 | 360° バーチャルツアーによる完成検査の DX 化 | 278 |

I. 技術論文

1 施工計画

中路式ブレースドリブアーチ橋の 耐震補強に伴う横梁の増設

日本橋梁建設土木施工管理技士会、宮崎県土木施工管理技士会

横河 NS・清本特定建設工事共同企業体

現場代理人

主任技術者

監理技術者

川口 浩平[○]

横山 誠市

高橋 啓輔

1. はじめに

本工事にて耐震補強を実施する干支大橋は、宮崎県延岡市から熊本県へつづく国道218号の延岡市西部の北方町に位置し、1994年に竣工した頃はアーチ支間長275mの国内最大級で、中路式ブレースドリブアーチが採用されている。

竣工より30年近くが経過し、時代とともに増す交通量や大型車両による荷重と、昨今も頻発する地震に対する基準の改定に対応すべく、産官学の協働により、検討や計画設計を進めたもので、補剛桁支持構造の改良を含む大規模な耐震補強工事を行うものである。

効率的・効果的な補強方法が検討され、剛結構造のアーチと床組上部工を縁切りして可動式とし、他の補強部材を簡易にできるという画期的な方法が検討委員会で考えだされ、支承、ダンパー、

座屈拘束ブレースなどは必要なところだけ取り換える方法が採用された。

本稿では剛結構造を可動式とするために増設した横梁の施工について記す。

工事概要

- (1) 工事名：干支大橋耐震補強工事 その1
- (2) 発注者：宮崎県
- (3) 工事場所：宮崎県延岡市北方町早日渡
- (4) 工期：令和2年3月13日～
令和5年3月25日
- (5) 橋梁形式：中路式ブレースドリブアーチ橋
- (6) 橋梁諸元：橋長385.0m、幅員10.5m
- (7) 施工内容

| | |
|----------|--------|
| ブレイトラス改修 | : N=1式 |
| 粘性ダンパー設置 | : N=8本 |
| 支承取替 | : N=5基 |
| 横梁補強 | : N=1式 |

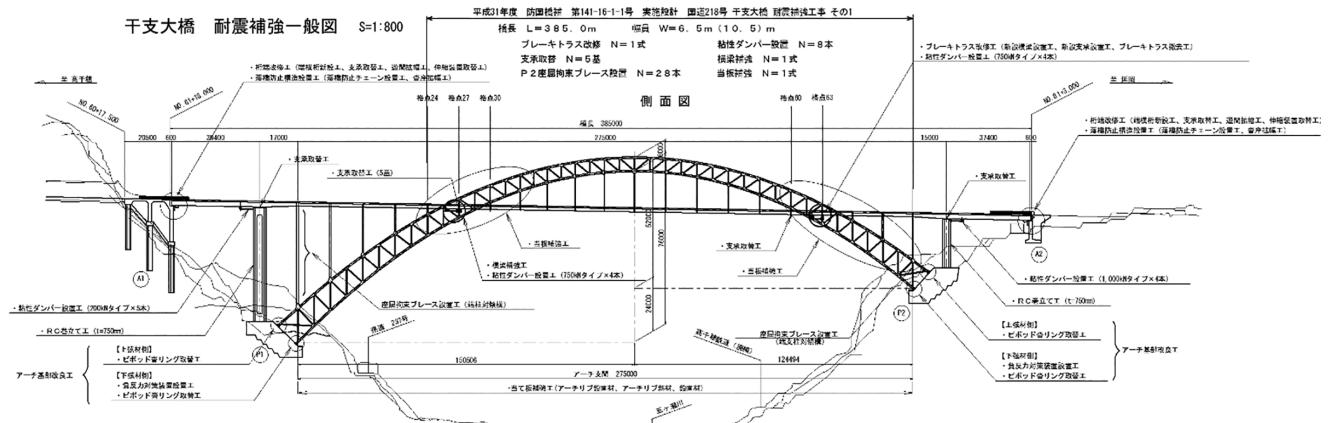


図-1 耐震補強一般図

座屈拘束ブレース設置 : N=28本
当て板補強 : N=1式

2. 現場における問題点

今回の耐震補強工事では橋梁全体の減衰性能を向上させるため、ブレイキトラスと呼ばれる横梁やトラス梁等を用いてアーチリブと床組が剛結された構造部を撤去し、橋軸方向に可動な条件とし、当該部へ粘性ダンパーの設置を行う。

ブレイキトラスの撤去に伴い、既設横桁をアーチ鉛直材から切り離し、新しく設置した増設横梁に支承を新設して支える構造とする必要がある。

現場の課題としては、国道218号は宮崎～熊本に抜ける唯一のルートであり、その重要性和交通量を考慮して片側交互通行規制で、車両の通行を確保した状態で既設橋梁下面へ増設横梁（最大ブロック：約4.2t）を設置することであった。

さらに、片側交互通行にて車両の通行を確保するためには、旋回時のクレーン後方部の突出を考慮するとクレーンは16t吊りラフタークレーン以下でないと配置が困難であった。

また、建設後約30年経過した橋梁であるため、既設構造物の形状を計測し、現状把握が必要と考えた。

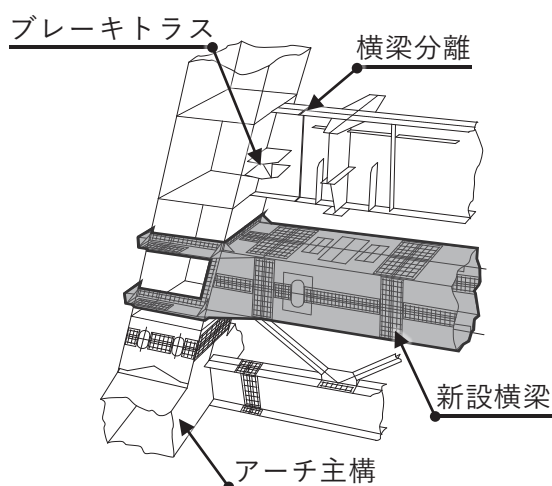


図-2 構造系変更部一般図

3. 形状の確認

既設構造物の形状を、スチールテープなどを用いて行う作業は非効率であり精度も確保されない。

効率的かつ正確なデータを作成するため、既設構造物の形状を点群データとして3次元計測を行い、3次元モデルでの照査を行うこととした。

4. 施工計画

(1) 新設横梁の取込み設備の検討

約4.2tの重量部材の取込みとなるため、チェーンブロックやワイヤー等で吊り替えを行いながらの施工は困難であると考え、安全性を確保した確実な施工方法を模索し、以下の施工要領を立案し施工可否の検討を行った。

案1：作業構台の構築

橋梁下面にブラケット、H形鋼、覆工板を用いて作業構台を構築し、橋面上より作業構台上にて部材を取込み運搬する。

(検討結果：否) アーチ橋であるため、作業構台を構築するためのブラケット等の設備の配置が困難である。

また、H形鋼や覆工板を床版下面に取り込むための設備が必要となる。

案2：重量足場の組立

重量物を運搬する際に設ける重量足場を組立、足場上で取込み運搬する。

(検討結果：否) 部材重量が約4.2tあることから重量足場を構築しても足場積載重量を超過することになる。

案3：トロリ設備の組立

既設桁にレール設備を配置して、トロリにて部材を吊り下げて取込み、運搬を行う。

(検討結果：良) 既設桁下フランジに人力で運搬可能な小型H形鋼を配置しトロリを用いて取込み運搬を行う事とした。

(2) 施工要領の検討

① 検討条件

部材の取込み方法を以下の条件にて検討を行った。

- ・部材重量は最大で約4.2tのため、部材取込みは橋面上より16t吊りラフタークレーンにて床版下面まで荷卸し可能である。
- ・アーチ支柱と横梁設置位置は同一線上であるため設置位置への直接取込みは困難であるが、アーチリブには建設当時の架設用吊り金具が存置されているため活用は可能である。
- ・補剛桁には垂直補剛材がありフランジ下面への部材の取付けは可能である。
- ・足場用吊り金具は耐力が不足するため使用不可。

② 治具取付け、施工要領（検討結果）

- ・補剛材下フランジにリキマンにてH形鋼取付け用治具を設置しレール設備を構築する（図-3）。
- ・アーチリブを交わした位置に取込設備を構築し、橋軸直角方向へ移動、補剛桁部の桁下で盛替えて橋軸方向へ移動し、再び橋軸直角方向に盛替えて移動を行う。
- ・アーチリブより張出した部分での増設横梁部材の取込みは、アーチリブ架設用吊り金具を用いて取込み梁を吊り下げ部材取込設備を設置する。上記の検討結果により施工要領を確立した。

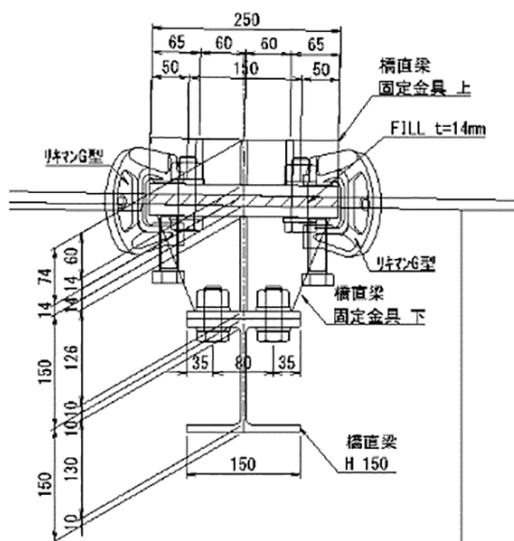


図-3 レール設備要領図

5. 施工

(1) 仕口ブロックの取付け

仕口ブロックは4分割にて製作されていることに加え、既設部材（支柱）の変形及び変位を調整するためFILL PLを挟み込む必要がある。

通常であればボルトにて柱と固定し微調整を行うが、支柱内には入ることができないため、ワンサイドボルトにて固定する設計となっている。

そこで、仕口ブロック仮組立時にPC鋼棒を貫通させた基準孔を設定し、現地でもその基準孔に合わせた孔の先行削孔を行い、基準孔にPC鋼棒を貫通させて仕口ブロックの取り付けを行い、仮組み立て形状を確保することとした（図-4）。

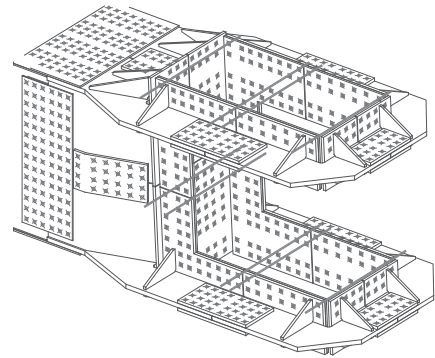


図-4 横梁仕口図

(2) 横梁ブロックの取付け

横梁ブロックは橋面上より16tラフタークレーンにて取込設備へと荷卸しを行い、取込み用トロリに盛替えを行う（図-5）。

最大部材重量が約4.2tであったため、トロリは2.0t仕様ギヤードトロリを4台使用した。

取込み後に橋軸方向への移動、橋軸直角方向への移動と2回の盛替えが必要であるため、吊り位置を各ステップにて変更し、吊り具と部材が干渉し盛替えが困難とならないように吊り金具の位置を設定した。

仕口ブロックとの接合、横梁ブロック毎の接合時には、チェーンブロックを用いて高さ調整を行い、接合完了後に桁受梁の高さを調整して受替作業を行った。最終ブロック挿入時には、落とし

込み架設のように仕口部を上に向け開くなどの処置が困難であるため、部材設置毎に間隔を計測し施工を進めた。

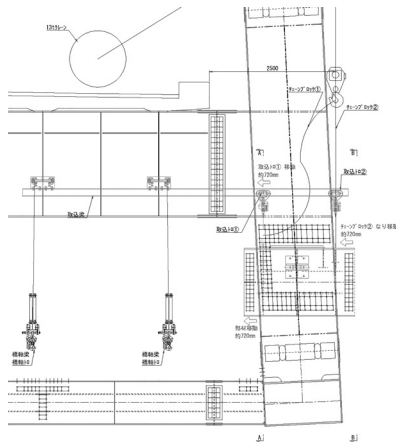


図-5 取込み要領図



図-6 部材取込み状況

6. 今後の改善点

今回実施したトロリを用いた取込み設備の構築、支柱部の貫通孔での仮固定などは最良案であったと考える。

改善する施工要領としては、貫通孔での仮固定をした状態で後孔削孔を行うと切削屑が部材間に入り清掃に手間を要することとなったため、ワンサイドボルトにて部分的に本締めを行い、部材を密着させて施工を行う要領を提案する。

また、3次元計測にて作成した3次元モデルデータを設計・製作に反映したが、現場施工にて活用することが難しい状況であった。

3次元モデルデータを活用するには、高性能

PCなどのハード面の整備とデータを扱う技術が必要であると考えている。

7. おわりに

本橋梁（干支大橋）は、赤いアーチ橋で川面や山の緑と青空に映え、四季折々に地域のランドマークとしても親しまれている。

今回、宮崎県北地域の重要な幹線道路で、災害時の緊急輸送道路の一翼を担う干支大橋を、これからも地域の方に愛され、安全・安心に使用していただくために、重要性や責任の重さを感じ、品質と安全を確保し施工を行った。

今回の耐震補強工事は国内初の試みでの構造変更であった。この経験・実績が今後の鋼橋の長寿命化対策事業に役立て活躍することができれば良いと考えている。



図-7 横梁部施工完了



図-8 全景写真

2 施工計画

既設桁上における鋼床版1主箱桁橋の 曲線状送出しについて

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日立造船株式会社

現場代理人

柴田 啓吾

1. はじめに

本工事は、熊本都市圏と天草地域を90分で結ぶための熊本天草幹線道路のうち、天草の上島と下島を結ぶ位置に架かる橋梁工事である。海上での施工であり、中央径間部は航路上に位置することから、航路外となる側径間では海上ベントによるクレーンベント架設、航路上となる中央径間では既設桁上での送出し架設が採用されることとなった。

- (1) 工事名：国道324号地域連携推進改築
(G4上部工) 工事
- (2) 発注者：熊本県
- (3) 工事場所：天草市東町～瀬戸町
- (4) 工期：自) 令和2年10月9日
至) 令和4年8月31日
- (5) 諸元：鋼3径間連続鋼床版箱桁橋
橋長236m、鋼重1159.6t
支間長59.2m+100.0m+75.2m
平面曲線R550m～R1450m



図-1 橋梁全景写真

2. 現場における問題点

本工事は送出し架設における問題点として、下記の項目を検討する必要があった。

(1) 平面曲線に対応した軌条設備の設置方法

本工事は既設桁上での送出しとなっており、軌条枕梁の配置箇所が補強リブのある箇所に限定される。また、本工事区間の平面曲線がR=550mと小さいため、軌条梁を直線上に敷設することができない。

(2) 1主箱桁と2主箱桁式手延機の接続方法

中央支間長が100mと長いために、2主箱桁式の手延機が必要となったが、本橋の主桁形式は逆台形断面の1主箱桁構造であることから、手延機へから主桁へのスムーズな応力伝達機能を確保するために、連結部の構造を工夫する必要があった。

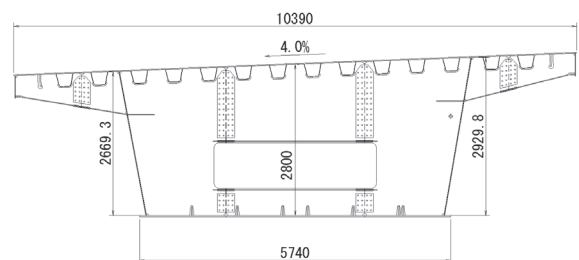


図-2 桁一般断面図

(3) 上り勾配における推進力の確保および平面曲線に対する内輪差の解消

送出し桁の鋼重が480tonと大きく、また2.27%の上り勾配であることから当社の保有の電動式自走台車の推進力では能力が不足する。また、平面曲

線に合わせて送出しを行うため、軌条での内輪差が発生する。これらの問題を解決した上で推進力を確保する必要があった。

(4) 左右送出し受け点間の大きな反力差への対応

本橋は曲線桁であるため、曲線の外側に反力が集中する。送出し最終段階においては各支点上の反力がL側：700kN、R側：1700kNとバランスが悪く、送出し中においては最大でL側：4700kN、R側：1600kNと約3倍の差異が発生する。この反力差により、送出しステップの精緻な検討、適切な送出し設備の構築を行う必要があった。

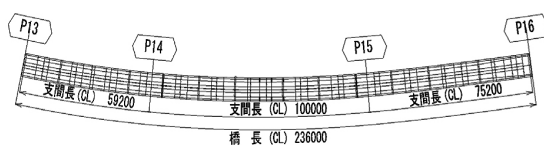


図-3 桁平面図

(5) 既設桁たわみを考慮した送出し計画

既設桁上で送出しを行う場合、既設桁をベント設備で支持し、既設桁のたわみを発生させないように施工することが一般的だが、本工事の既設桁は送出し時にベント設備で支持することが想定されておらず、受け点補強がなされていなかった。そのため、既設桁をベント設備で支持できず、送出し中に既設桁のたわみの発生が予想された。これにより、送出し中の台車設備反力が変化し、送出し設備の許容耐力を超過する恐れがあった。

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 工夫・改善点

(1) 平面曲線に対応した軌条設備の設置方法

一般的にはH300やH400のH形鋼を使用して、一定間隔および梁の両端部に枕梁を設置して軌条梁を設置するが、本工事では既設桁の補強位置が事前に決まっていたため、軌条梁の構造に合わせて枕梁を設置することができない。また、平面曲線状に送出しを行うことから、曲率を考慮して軌条設備を敷設する必要があった。これらの問題を解決するため、軌条梁にはH700を使用し、曲率を考慮してボルト孔に加工を施し添接版にて接続

することで、曲線状の送出しに対応できるようにした。

軌条梁は曲線に合わせて接続部で折り曲げることで対応し、レール自体は軌条梁上に罫書いた送出し曲線に合わせてカーブさせた状態で固定金具にて押さえ込んで設置した。

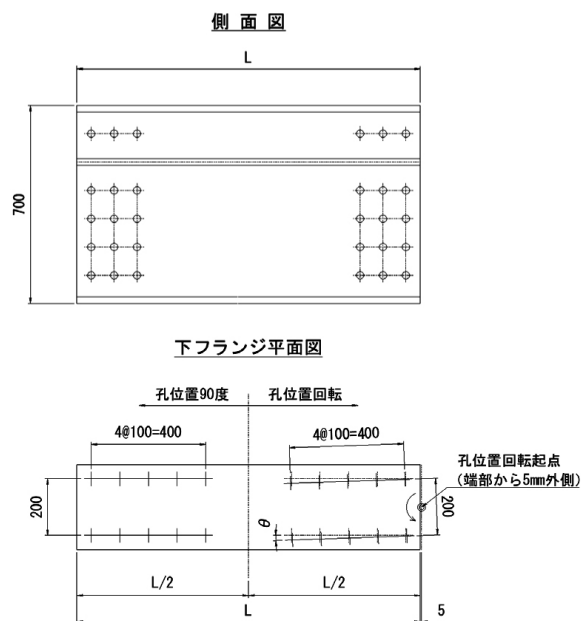


図-4 H700接続部材

(2) 1主箱桁と2主箱桁式手延機の接続方法

本橋の桁断面は逆台形の1主箱桁である。従来箱桁であれば1主桁に対して手延機1本を接続する構造とするところ、本橋のウェブ間隔は下フランジ側で5.5m、鋼床版側で6.5mと広く送出し支間長も90mと長いことから、2主箱桁構造で合計69mの手延機を使用することとした。

しかし一般的に流通する手延機は従来箱桁形状であり、逆台形のウェブに対応していないため、連結側での工夫が必要となった。主桁断面と同構造の連結部をベースとし、手延機と同形状のウェブを内側に配置することで応力の流れをスムーズにする構造とした。また、3Dモデルを活用して詳細構造を検討し、3次元FEM解析によって応力伝達の妥当性を検証した。

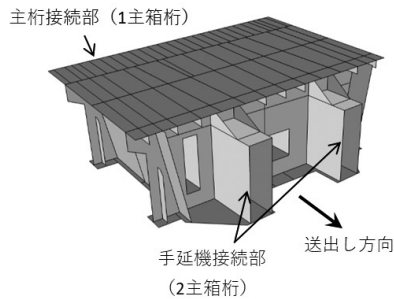


図-5 連結構 簡易モデル

(3) 上り勾配における推進力の確保および平面曲線に対する内輪差の解消

本橋の縦断勾配は起点側から中央に向かって上り勾配、中央から終点側に向かって下り勾配となっている。本工事では起点側から送出しを行うため、上り勾配にて送出しを行う必要があった。前述した通り送出し桁の鋼重は480tであり、手延機や連結構を含めると714tとなるため、上り勾配と鋼重の影響から抵抗が大きく自走台車では推進力が不足する結果となった。そこで今回は、推進設備となる後方台車の前後に500kN押し引きジャッキを4基設置し、送出しを行うこととした。なお、既設桁の構造や、台車反力の影響により軌条は4条、台車設備は2台1組として4組使用した。

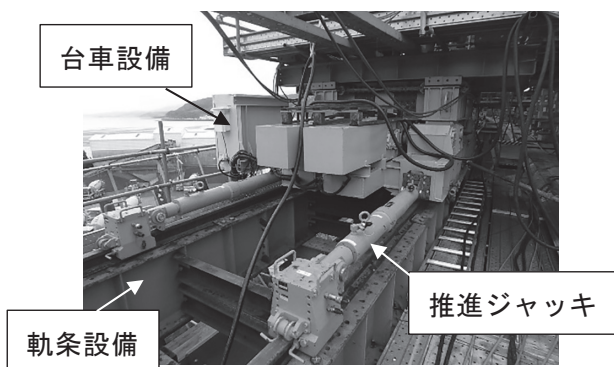


図-6 台車設備推進ジャッキ

しかし、本工事では平面曲率 $R=550m$ に合わせて送出すことから、送出しラインの内側と外側で内輪差が発生する。そのため、CAD上で台車の車輪構造、レール幅およびレール間隔を考慮した上で押し引きジャッキ毎のストローク長を内外で異なる長さに設定した。

また、台車設備開放後は送出し設備の盛替えを行い、スライドベースによる送出しを行うこととした。

(4) 左右送出し受け点間の大きな反力差への対応

送出し反力が大きくなると、送出し設備や台車設備、既設桁の受け点補強などの耐力に大きく影響する。過大設備によるコストアップを抑えるべく、送出しステップを1～2m間隔で格子解析を行い、既設桁のたわみや、手延機張り出し量の変化による受け点反力の変動を考慮した上でステップ毎の受け点反力を算出した。

(5) 既設桁たわみを考慮した送出し計画

送出しステップのうち、既設桁の支間中央に台車反力が載荷するタイミングや、支点上に台車反力が載荷するタイミングでの既設桁のたわみ量を格子解析により算出し、算出したたわみ量に応じた台車位置の支点沈下量を送出しステップ解析に考慮することで各台車反力の変化量を確認した。

3-2 適用結果

(1) 平面曲線に対応した軌条設備の設置方法

軌条梁をH700とし、接続部材を製作することで軌条梁を補強リブ間隔で支持することが可能となった。また、レールを一定な曲線状に設置できたことにより、スムーズな送出しが可能となった。

H300等の山留め材には一般的にエンドプレートが取り付けられており、添接板を使用した接続ができない。H700を採用したことにより接続部材が使用でき、これによる擬似的な曲線対応ができたと考える。また、枕梁も補強のある一定間隔に設置したため、枕梁の数量が最低限となり、高さ調整の時間短縮とライナープレートの節約ができた。

しかし、送出し曲率、H700部材長により曲げ角度が異なるため、他現場への接続部材の転用もできない。加えて軌条延長が160mと長く軌条も4条あったため、接続部材の製作数量が多くなり、コスト的には厳しいものとなった。

(2) 1主箱桁と2主箱桁式手延機の接続方法

1断面の主桁と2主箱桁の手延機を接続するた

めの連結構を応力伝達可能な構造としたことで、送出し中も問題なく施工完了することができた。

連結構が送出し支間中央に来た時が曲げモーメント最大になり、見た目的にも大きく桁が反りあがったが、計画時に想定していたたわみ量に近い挙動を示すことが確認されたため、桁の変形や連結構の座屈等もなく、応力伝達が問題なく行われたことが確認できた。

構造上、一般的な連結構の重量より大きな設備となったため製作コストが大きくなり、構造が複雑なため連結構の設備設計に多くの時間を要した。今後の課題としては、構造の簡略化による重量減と、特殊構造の連結構における設計手法の確立が挙げられる。

(3) 上り勾配における推進力の確保および平面曲線に対する内輪差の解消

推進ジャッキを4基使用したことで、安定した送出しを行うことができた。また、台車解放後、送出し設備上に設置したスライドベースによる送出しに切り替えたあとも、曲線に対する平面位置調整を行いながら問題なく送出しを完了することができた。

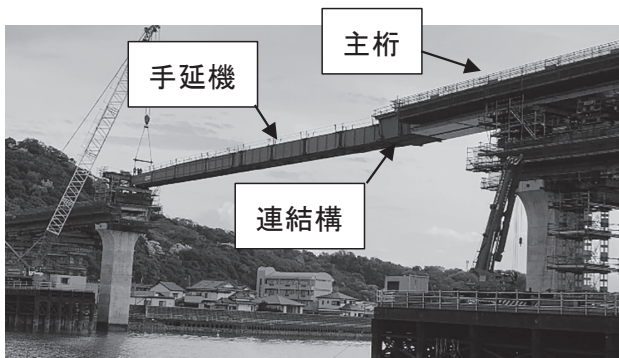


図-7 手延機到達

内輪差についても、台車の左右で3mm、隣り合う台車設備で12mmのストローク差を設けることで、レールから脱輪することなく曲線送出しを行うことができた。

(4) 左右送出し受け点間の大きな反力差への対応

事前に詳細なステップでの反力確認を行ったことで、送出し中もステップ毎の反力を検証しながら施工することができた。本工事では送出しの進

捗に合わせて進捗量、設計反力、実反力をモニター上で一元管理できるモニタリングシステムを構築した。これにより、設計反力を超えず、想定通りの反力で送出しを行えていることを定量的かつ速やか確認できた。反力が設計値を超えそうな場合は各設備の高さ調整を行うことで反力バランスを調整できた。

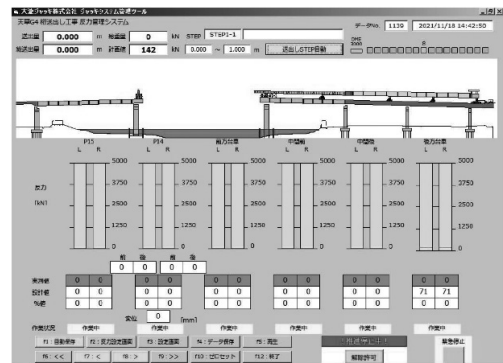


図-8 モニタリングシステム

(5) 既設桁たわみを考慮した送出し計画

支点上および支間中央に台車設備を載荷した際の既設桁のたわみによる反力の影響度を確認したところ、各設備への反力影響は±10%以下であった。そのため、各設備の設計時に見込んだ不均等荷重や、架設時における許容応力度の割増を考慮することで、追加補強は不要であると判断した。事前に影響が少ないことが確認できたことで、安心して施工することができた。

4. おわりに

ベント支持なしでの桁上送出し架設であり、平面曲線R=550mの曲線送出しという施工条件の厳しい工事であったが、社内外の関係者で知恵を出し合い、何度も施工方法に関する話し合いを行った結果、無事故無災害で工事を完遂することができ、工事評価点87点を取得できた。

本稿が桁上送出し工事の一例として、施工方法の参考となれば幸いである。また、本橋のようなシンボリックな橋の建設に携われたことを誇りに思う。

最後に本工事の施工にあたりご協力頂いた熊本県天草広域本部の皆様、ならびに工事に関係したすべての皆様に深く感謝の意を表します。

- ② 夜間停電作業の短時間で確実に架設を完了し、安全な状態で阪急・JR線の上空を開放する。
- ③ トラスは完成系にて設計完了済みであり架設系の追加断面力による大幅な補強はできない。

以上の条件から、桁下空間が使用不可な場所で採用される送出し架設工法には下記の課題があった。①トラスに負曲げ時の追加断面補強が必要となる。②時間内にトラスを完全に架設完了するには橋脚が狭く設備配置が困難である。③たわみ処理に作業時間を要する。

そこで架設計画は、仮設の軌条桁を先行して送出し架設し、その軌条桁上の台車にトラスを搭載して縦送りするトラス一括縦送り工法を採用した。

トラス一括縦送り工法の架設ステップ図(図-3)と概要を以下に示す。

【ステップ①】送出し設備設置・軌条桁組立

橋脚上に送出しローラを設置、その上に手延機と軌条桁を組み立てる。

【ステップ②】軌条桁送出し

軌条桁は昼間組立と夜間線路上の送出しを3回繰り返して全長182mを設置する。

【ステップ③】トラス組立

軌条桁上にトラス全量を組み立てる。

【ステップ④】トラス縦送り

トラス縦送りに干渉しない範囲のRc136とRc137橋脚の降下設備を先行して組み立てる。

トラス下弦材に台車を配置し、トラス全体をダブルツイングジャッキで牽引して夜間一括縦送り架設を行う。

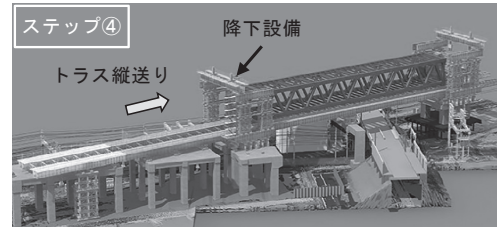
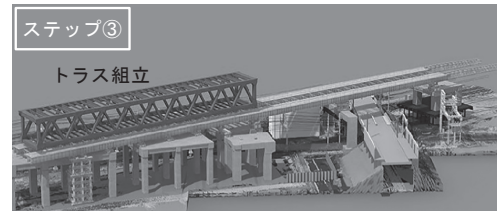


図-3 トラス一括縦送り工法ステップ図

トラス一括縦送り工法を採用するには、以下の施工上の問題があった。

(1) 軌条桁のたわみによる台車反力変化

トラスへの補強を行わないために、トラス下弦材の全格点のL側とR側に計16台の台車を配置して、トラス縦送りを実施することとした。しかし図-4に示すように、台車がトラスを多点支持した状態で軌条桁上を走行した場合、軌条桁のたわみによって台車反力が逐次変化する。また、阪急線とJR線が交差するヤード条件から、送出し区間途中にある中間ベントは橋軸方向に対し斜角に軌条桁を支持しているため、トラス縦送り時に軌条桁のL側とR側でたわみ差が生じる。そのため台車反力バランスが崩れる懸念があり、軌条桁のたわみ性状と台車反力の関係を事前に確認する必要があった。

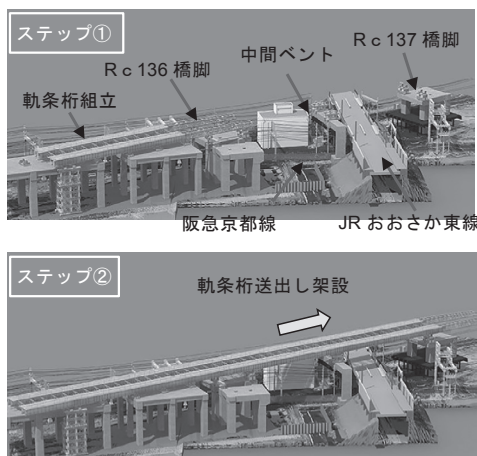


図-4 台車設備 (L側)

(2) 台車反力の調整

トラス縦送り時にトラス桁への付加応力を発生させずに、一定の反力で支持するために1台車あたり2台の油圧ジャッキでトラス桁を支持した状態でトラス縦送りを行うことにした。この時、軌条桁のたわみ変化に応じて全32台のジャッキがストロークを逐次調整し、台車反力を制御する作業が発生する。しかし夜間停電作業の短時間内にトラス縦送りを完了するためには、台車反力の管理を自動化させる必要があった。

(3) 縦送り作業の時間制約

トラス縦送りの夜間停電作業時間は135分である。その内、トラス縦送り（76m）に与えられた時間はトラス桁および台車の固定設備解除とその復旧時間を除いて100分であった。100分以内にトラス縦送りを完了させるため、牽引設備としてダブルツインジャッキを採用した。そこでダブルツインジャッキによる牽引速度とジャッキの反力管理作業の検証が必要であった。

3. 工夫・改善点と適用結果

(1) 軌条桁のたわみによる反力変化

軌条桁のたわみを把握するために、トラス・軌条桁の剛性と重量を考慮した3次元解析（汎用有限要素解析プログラム）にて確認した。縦送りステップ図とステップ毎の台車反力結果を図-5に示す。STEP 1での縦送り開始時の均等な台車反力は縦送りを進めると軌条桁のたわみによってほとんどの台車反力が縦送り前と比較して±20%を超え、反力がゼロとなる台車もあった。また中間ベントによるL側とR側の軌条桁たわみ差はSTEP64で最大30mmとなった。この結果から、反力を一定にしないと軌条桁と台車の耐力不足、トラスにねじれが発生する問題を数値的に確認した。そのため台車反力を一定に保つことが必要となった。

(2) トラス支持反力の調整

台車反力を一定に保つため、各台車のジャッキ

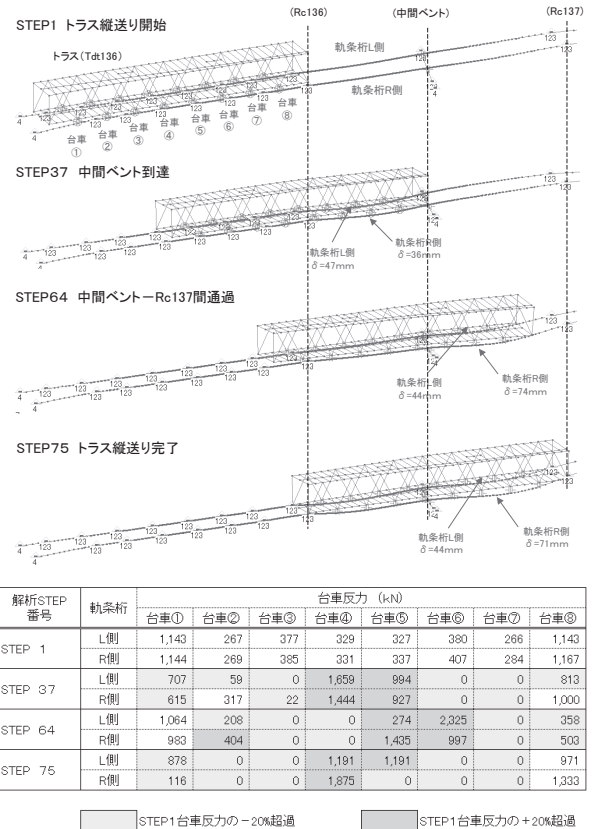


図-5 トラス縦送り3次元解析結果

ストロークの伸縮でSTEP 1の設計台車反力の±20%状態を自動調整する、ジャッキ反力自動制御管理システムを構築した。

システム画面を図-6に示す。画面表示には、各台車に設置したジャッキの反力とストローク量、トラス縦送り距離を確認できるものとした。

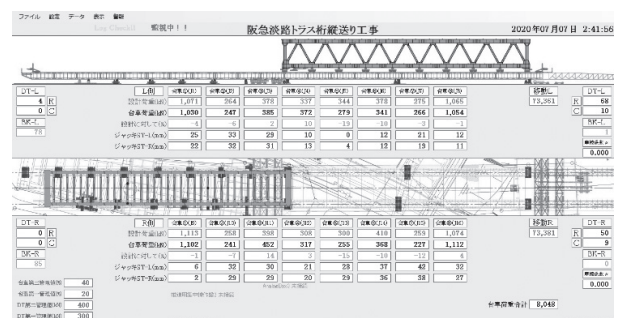


図-6 ジャッキ反力自動制御管理システム画面

(3) 縦送り作業の時間制約

工事着手前に、大阪港の夢洲にて架設時と同一の軌条桁と支持条件を再現した実証実験を行った(図-7)。なおトラスの代替として、仮設の桁に設計重量相当のウエイトを搭載(模擬トラス)し、実使用する台車で支持した。

実証実験では、縦送り時の軌条桁のたわみ変化にジャッキ反力自動制御管理システムが正常に作動することの確認、およびその時のダブルツインジャッキの限界牽引速度の確認を行った。



図-7 トラス縦送り実証実験

実験結果からダブルツインジャッキ限界牽引速度は1.2m/分であった。この結果より、トラス縦送りに要する時間は約60分であると実証できた。また、模擬トラスを1m毎移動して静的載荷で確認した軌条桁のたわみ値は解析値とほぼ同一であることを確認した。以上の結果を踏まえて、トラス縦送り計画と設備の検証を行い問題ないと判断して実施施工を行った。

(4) 適用結果

実施施工では、ダブルツインジャッキ牽引速度1.2m/分にて移動を行った。ジャッキ反力自動制御管理システムは一度もトラブルなく作動し、仮設備に過大な応力、変位を与えることなくトラス縦送りを停電時間内に完了した(図-8・9)。

また、画面システムの構築により、トラス桁の縦送りに伴い上記の項目がリアルタイムで表示されるため、状況把握や情報の共有を円滑に行うことが出来た。

トラス縦送り完了後の計測結果を図-10に示す。軌条桁たわみ値の解析値 $\delta 1$ と計測値 $\delta 2$ 、各台車のジャッキストローク長の計測値 $\delta 3$ の結果である。軌条桁たわみの解析値 $\delta 1$ と計測値 $\delta 2$ の比較では、たわみ値がほぼ同程度であった。また、たわみ計測値 $\delta 2$ とジャッキストローク長 $\delta 3$ の比較では、各々の絶対値がほぼ同一であったことから、軌条桁のたわみに追従して

ジャッキストロークが伸縮して台車反力を自動調整できていたことが確認できた。



図-8 夜間トラス縦送り状況



図-9 トラス縦送り完了

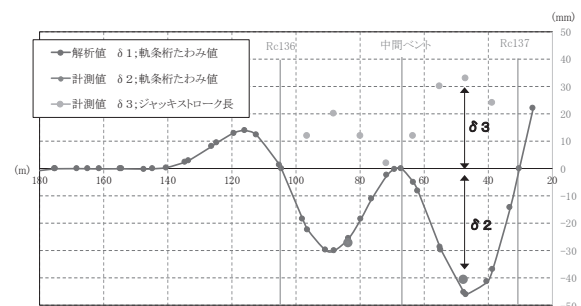


図-10 トラス縦送り解析値と計測値の比較

4. おわりに

本工事は、狭隘な市街地での鉄道立体化交差事業において、施工実績の少ない軌条桁を使用したトラス一括縦送り工法を採用したものであった。本架設工法については、計画上の課題点、架設位置の立地条件上から計画・現場の段階で様々な要求事項があったが、これら全てに対応できたことから安全性の確認はできたと考える。

最後に、本橋梁の架設が無事完成できたのは阪急電鉄、鹿島・戸田JV職員皆様の日々のご指導のおかげであり、協力会社の綿密な作業手順の検討の成果であります。ここに深く感謝申し上げます。

4 施工計画

河川を斜めに横断する鋼橋架設の工夫

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本ファブテック株式会社

監理技術者

現場代理人

計画担当者

升本 和喜〇

内村 将吾

上遠野 直人

1. はじめに

河川を渡河する橋梁の施工では、河川構造物への影響や河川流水の阻害率を大きくしないこと、地盤が軟弱であることが多く、これらの点に留意しながら施工することが必要である。

本工事は分離構造の上下線が分割発注され、私は上り線を担当した。西谷田川を渡河する斜角と曲線を有する単純箱桁の橋梁であった。

工事概要

- (1) 工事名：02国補街整 第02-33-410-0-005号
橋梁上部工事（仮称 下萱丸橋）
（その2）
- (2) 発注者：茨城県
- (3) 工事場所：茨城県つくば市下萱丸地内
- (4) 工期：令和2年10月21日～
令和4年5月31日
- (5) 橋長：62.5m
- (6) 橋梁形式：鋼単純合成2主箱桁橋

本橋の構造一般図を図-1、着工前写真を図-2に示す。

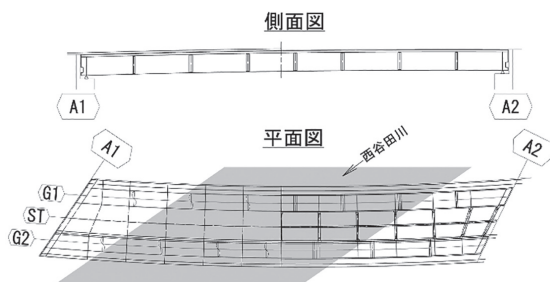


図-1 構造一般図

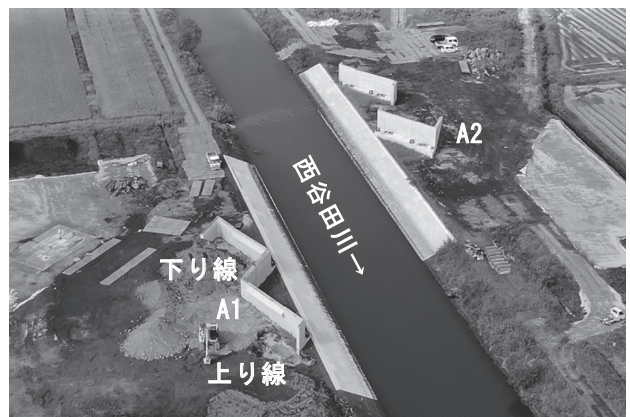


図-2 着工前（下流側-上り線）

2. 現場における問題点

本橋の架設は、350t吊りクローラクレーンを使用するクレーンベント工法で、施工を行う際に以下に示す問題点があった。

(1) ヤード条件における問題点

施工ヤードは、河川沿いの田畑跡地であり、関東ローム層特有の軟弱なシルト、粘性土地盤であるため、架設用クレーン据付け位置・鋼桁地組みヤードその他施工ヤードの河川堤内地側地盤における支持地盤養生対策を講じた安全な施工をする必要があった。

合わせて、架設用の350t吊りクローラクレーン据付け位置は架設作業における楊重条件から河川堤防の近傍になり、堤防の安定照査（円弧滑り）の検討も必要であった。

(2) 交差条件における問題点

架設に際し、河川内にH鋼杭基礎（4本/基）のベント設備を設ける計画としていた。河川は、橋梁に対し斜めの流水方向であり河川阻害率の関係からベント設備は1主桁ずつ独立した設備とする必要があった。また、先行別途工事の堤防護岸構造物との干渉や架設桁との杭引抜き時における干渉など限られた範囲内での杭の配置検討を実施する必要があった。

(3) 本体構造物における問題点

本橋の構造は、河川条件により斜角（ $\theta = 60^\circ$ ）を有し、2主単純箱型の曲線桁（ $R = 450\text{m}$ ）であることから架設中の1本主桁の状態では桁に曲率によるねじりモーメントが作用するため、架設時における主桁の転倒防止対策について検討する必要があった。

3. 工夫・改善点と適用結果

上記の課題に対する検討結果を以下に述べる。

(1) 軟弱地盤ヤードに関する地盤支持力の検討

地盤養生の検討は、敷鉄板（22mm）2枚重ね敷きの条件で行ったが、即時沈下量が18cmと大きく敷鉄板のみの対応では不可となり、地盤改良の追加検討が必要となった。

また、現地盤の検討はクレーン作業時における堤防の安定照査と支持地盤検討として、粘着力Cと改良深さについて実施した。条件は、現地採取の供試体による土の一軸圧縮試験結果に基づき、クローラシューによる地盤の乱れを解消するための改良に加え敷鉄板の2枚重ね敷きを前提とした。地盤改良検討結果を表に示す。

表 地盤改良検討結果一覧表

| 条件 | 堤防円弧すべり検討 | | クレーン作業時検討 | |
|------|----------------------|------|----------------------|------|
| | 粘着力C | 改良深さ | 粘着力C | 改良深さ |
| 検討結果 | 241kN/m ² | 2.1m | 140kN/m ² | 1.0m |

堤防の安定照査における円弧すべりの検討結果が最大値となったため、改良深さ2.1mの中層混合処理を適用することとした。改良後は、再度土の一軸圧縮試験により改良地盤の健全性を確認し堤防とクレーンの安定性を確保して施工した。なお、クレーン据付け箇所は、地盤改良範囲を測量のマーキングにより可視化した上で敷鉄板の敷設を行い、2枚重ね敷き範囲を設けることでクレーンが改良範囲外に逸脱しないよう管理した。さらに、杭打ち施工は堤防護岸に対してXYZの3方向の振動レベルが同時測定可能な振動計により常時測定を実施して河川構造物に影響の無い75dB以下であることを確認しながら施工を行った。その他の施工ヤードについては、必要地耐力に応じ砕石置き換えと敷鉄板養生を行った。

地盤改良範囲の写真を図-3に、堤防振動測定状況の写真を図-4に示す。

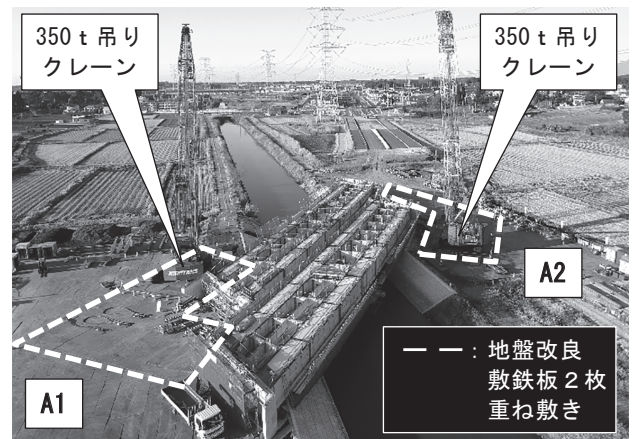


図-3 地盤改良範囲の写真



図-4 堤防振動測定状況の写真

(2) 交差条件に対する施工検討

① 堤防護岸構造物との近接

H鋼杭ベント設備は、河川条件や鋼桁受け点の関係性から流水に対して斜めで、かつ河川幅に対して中央位置ではなくA2橋台側に寄せる必要があり、堤防護岸との離隔も設ける必要があった。

本工事着手直前に完成した堤防護岸工事の最終成果より、当初計画の配置では杭と護岸下端の基礎コンクリートとの干渉が判明したため、護岸との最低離隔距離を杭中心位置で1mに設定して杭の再配置を行った。鋼桁側は計画していたベント受け点位置に反力補強が必要で、工場製作も完了していたことから、ベント頂部梁の受け点位置を調整することで、架設中の桁の安定性を確保した。

また、連続施工のできない独立したベント設備に対しては、トンボ杭を基準にフレーム化した定規材を用意し、ベント1基分に対する杭等の位置決めが容易となる工夫を施した。

本工事における杭打込みの施工は、現場着手の滑り出しで、桁架設も即時控えており工程遅延が工事全体に与える影響が大きいと考えていたが、フレーム化した定規材を準備したことで効率よく施工を進めることができ工程短縮にも繋がった。

ベント全体配置写真を図-5に、フレーム化した定規材の写真を図-6に示す。

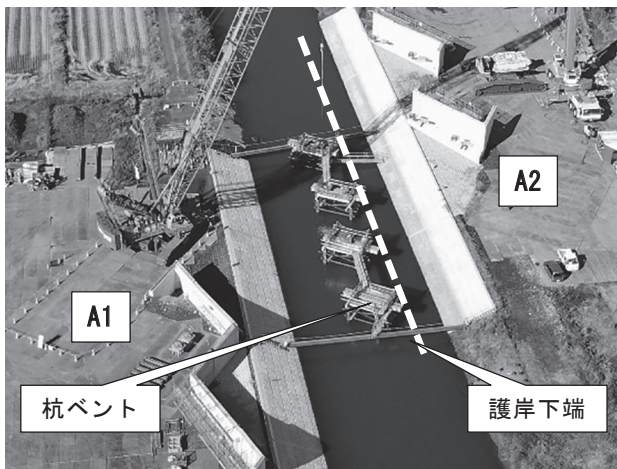


図-5 H鋼杭ベント配置

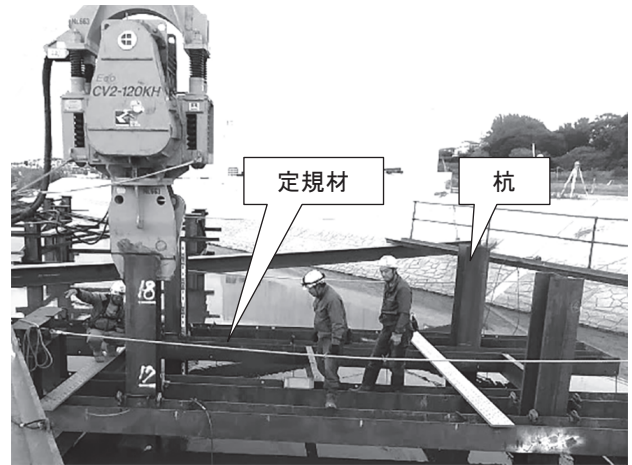


図-6 フレーム化した定規材

② 上部本体構造物との近接

H鋼杭ベント設備は、前項で説明したとおり既設構造物干渉からは回避したが、配置制約のある河川条件により本体構造物との干渉にも注意が必要であった。車道と歩道の一体化された橋梁で幅員が広いため2主箱桁の中間部に縦桁を配した構造であった。ベント基礎杭の引抜き時にはクレーンで吊り下げたバイプロハンマが本体構造物に干渉・近接する位置となる杭配置とせざるを得なかった。

そこで、本体と使用機械との干渉回避のために、ベント設備近傍の横桁と縦桁は杭の引抜き後にあと施工による架設として検討した。あと施工の対応として架設・添接時の主桁断面力や主桁たわみの変化を算出し、施工の妥当性を検討した。あと施工の対象部材は、横桁3部材(C5～C7)と付随する縦桁3部材として面外格子解析(微小変形法)を行い、荷重は鋼重のみで検討した。結果、横桁・縦桁有無によるモデル比較では桁のたわみや曲げモーメントに大きな変化は無く、細長比増大に対する桁の安定性の低下にも問題がなかった。実施工時は横桁未設置による主桁のねじれの影響により、横桁設置が手間を要することを考慮して横桁は先行設置し、縦桁のみあと施工とした。本体とベント設備との相関図を図-7に、杭引抜き状況写真を図-8に示す。

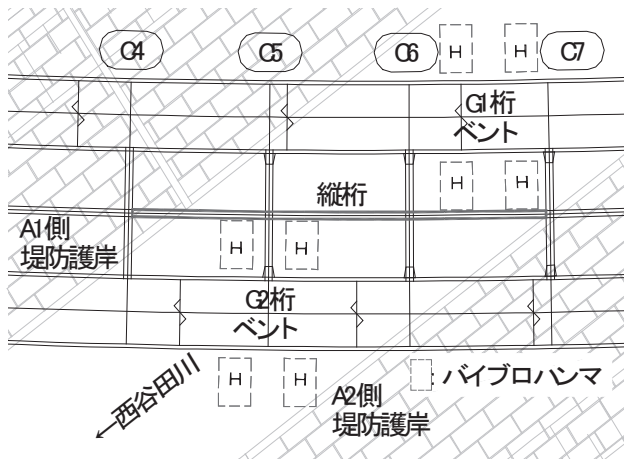


図-7 本体とベント設備との相関図

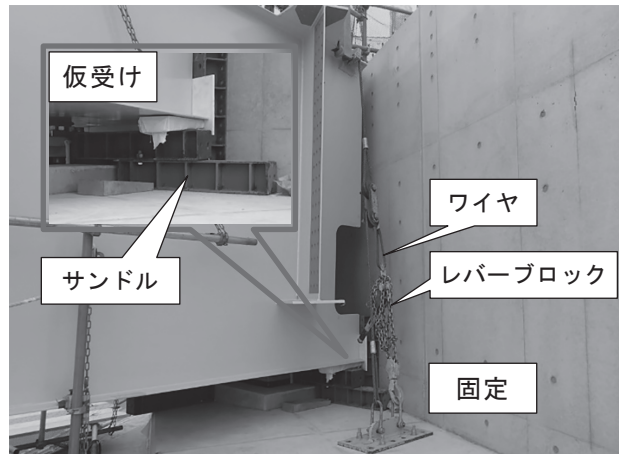


図-9 転倒防止対策写真

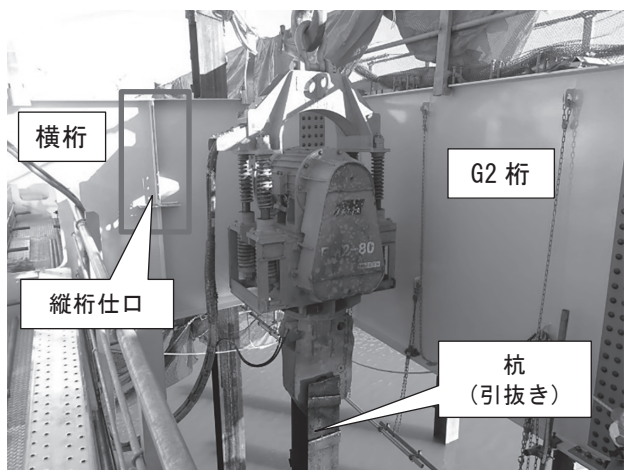


図-8 杭引抜き状況写真

(3) 本体構造物に対する施工検討

本橋は、斜角で曲線を有する2主の箱桁であり、1主桁あたり8ブロックのうち4ブロックの地組立を行い全体で4回の架設を予定していた。架設の主桁単体時に横桁がない状態では橋台およびベント上での仮据付け時にねじりモーメントが発生するため、主桁の転倒について検討した。対応策は、1本目の主桁架設時点でレバーブロックとワイヤを用いて桁を受け点に固定し、かつ橋台上では支承付近の主桁ウェブ直下にフェールセーフとしてサンドル等を使用した仮受け支持を行った。仮受け支持については、外R側に対するねじれを想定していたが架設時におけるベント側の兼ね合いで逆ねじりの発生が想定されたためL側・R側の主桁両ウェブ直下に仮受け点を設置して転倒を防止した。転倒防止対策写真を図-9に示す。

4. おわりに

本工事は、河川を斜めに横断する鋼橋架設に関するプロセスで直面したヤード条件・交差条件・構造物条件への対策について紹介した。斜角であり曲線を有した合成桁では複雑な桁の挙動があり、鋼桁に対して斜めの流水方向も相まって細かな工夫が必要な現場であった。また、別途発注された隣接工区の下り線も同タイミングで施工していたために発注者も交えて3者共有の綿密な工程調整などを実施して工事を工期内に完遂することができた。

本工事の施工にあたり、ご協力頂いた関係者の方々、ならびに協力業者の皆様へ感謝致します。



図-10 完成写真

5 施工計画

鉄道近接施工下における東京モノレール羽田空港線 T型鋼製支柱の横梁取替え

日本橋梁建設土木施工管理技士会

株式会社横河ブリッジ

設計担当

長倉 康裕〇

施工計画担当

稲盛 貴光

現場代理人

池田 大介

1. はじめに

本工事は鉄道と近接して並行する東京モノレール羽田空港線のT型鋼製支柱横梁部を一夜間で取替えるものである(図-1)。

令和元年6月にJR並行部No.6支柱の横梁隅角部に疲労き裂が発見され、当て板による応急対策が実施されたが、既設耐力を修復し安全性を確保するための恒久対策が急務となっていた(図-2)。当て板や頬杖等による補強構造ではき裂進行を防ぎ、構造物としての耐力を回復させることが困難と判断され、横梁部分の新規部材への取替えが妥当との結論に至った。その後、横梁部取替えの施工計画を立て、令和4年2月にモノレール運行への影響を最小限とした一夜での施工を実施した。

本稿は鉄道近接等の厳しい条件下における施工計画・施工上の課題、それに対する工夫・改善点を述べるものである。

工事概要

- (1) 工事名：JR並行部No.6支柱恒久対策工事
- (2) 発注者：東京モノレール株式会社
- (3) 工事場所：東京都港区芝浦1丁目地先
- (4) 工期：令和3年3月16日～
令和4年7月31日
- (5) 諸元：上部工 3径間連続鋼箱桁橋
下部工 T型鋼製橋脚



図-1 位置図

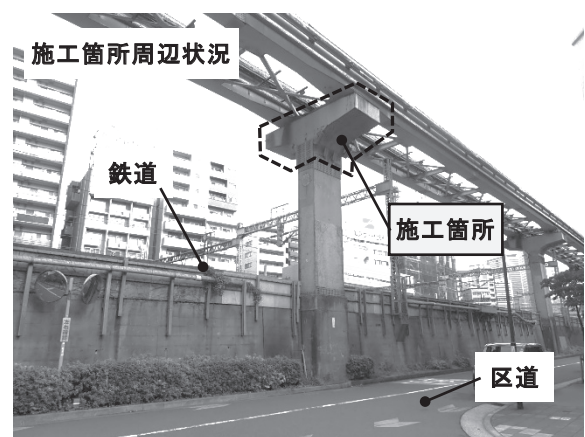


図-2 施工箇所周辺および応急復旧状況

2. 現場における問題点

本工事は厳しい立地条件や時間的制約があった。そのため、施工計画および取替え設備の設計、実施工に際し以下の課題があった。

2-1 取替え方法における問題点

支柱横梁部を取り替える際には軌道桁を仮受ける必要がある。今回のように橋脚天端で仮受けが出来ない場合、まずベント工による施工方法が検討されることになる。しかし、当該箇所はすぐ脇を東海道新幹線が並行し、反対側は区道となっているため（図-2）、ベントの設置は不可能と判断した。このような条件の中、安全かつ効率的に支柱横梁部を取り替える方法が求められた。

2-2 立地条件による問題点

現地は前述の通り片側に新幹線が近接しており、施工スペースが厳しいことから、もう一方の区道側からのアクセスで横梁取替えを行う必要があった。しかし、区道は道幅が狭いうえ、区道脇には建築物や照明柱などがあり非常に施工スペースが限られていた。このような立地条件の中、2次元CAD上では施工可能であることを確認していたが、一夜間での施工をより確実とするため、さらに詳細な事前確認が必要であった。

2-3 時間的制約による問題点

支柱横梁部取替えに際し、具体的な時間的制約を下記に示す。

- ・最終列車を繰り上げて線路閉鎖時間を通常0:20～4:25を23:00～4:00とし、線路閉鎖時間内に試験列車も含め作業を完了しなければならなかった。
- ・支柱横梁部取替え（既設撤去・新設架設）に伴う揚重機（80t吊ラフテレーンクレーン）の作業時間は、近接する新幹線の運行間合い（部外近接作業：0:00～5:30）で行わなければならなかった。

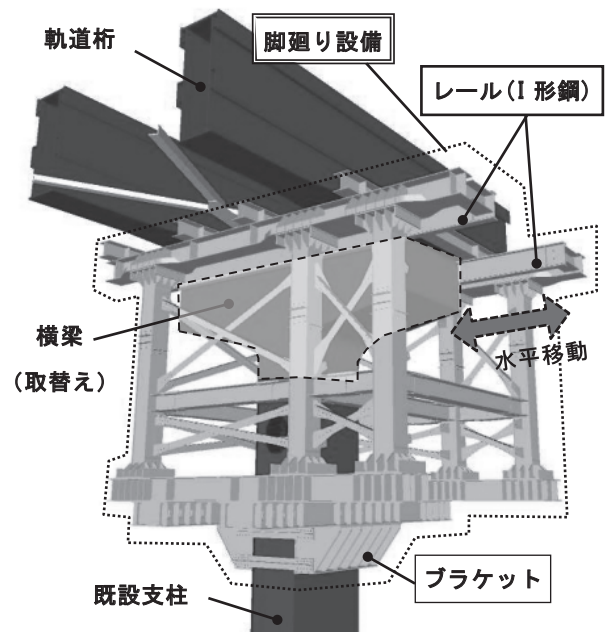


図-3 脚廻り設備

- ・支柱横梁部取替え（既設撤去・新設架設）に伴い、区道の全面通行止め規制を行わなければならなかった。全面通行止めは、路線バスの最終便（21:06）運行後の開始を求められた（道路使用時間20:00～5:30）。

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 脚廻り設備による横梁部の取替え

軌道桁の仮受け方法としては、橋脚柱部分にブラケットを設置し、そこから脚廻りに梁部材・柱部材を組み上げる設備を構築することとした。これにより厳しい立地条件の影響を受けにくくなる。その一方で、横梁取替え空間の確保と仮受設備としての機能を両立させるための構造詳細、その構造成立性を詳細に検討する必要がある。

図-3に脚廻り設備の3Dモデルを示す。既設橋脚柱部に設置したブラケット上には梁材を井桁に組み、その上には背の高い支柱を立ち上げることで軌道桁仮受けを可能にしつつ、横梁取替え時の空間を確保した。設備上方には軌道桁直角方向にレール（I形鋼）を設置し、そこにプレントローリを吊下げて横梁の横取り設備とした。また、立体格子解析により構造成立性を詳細に検討し

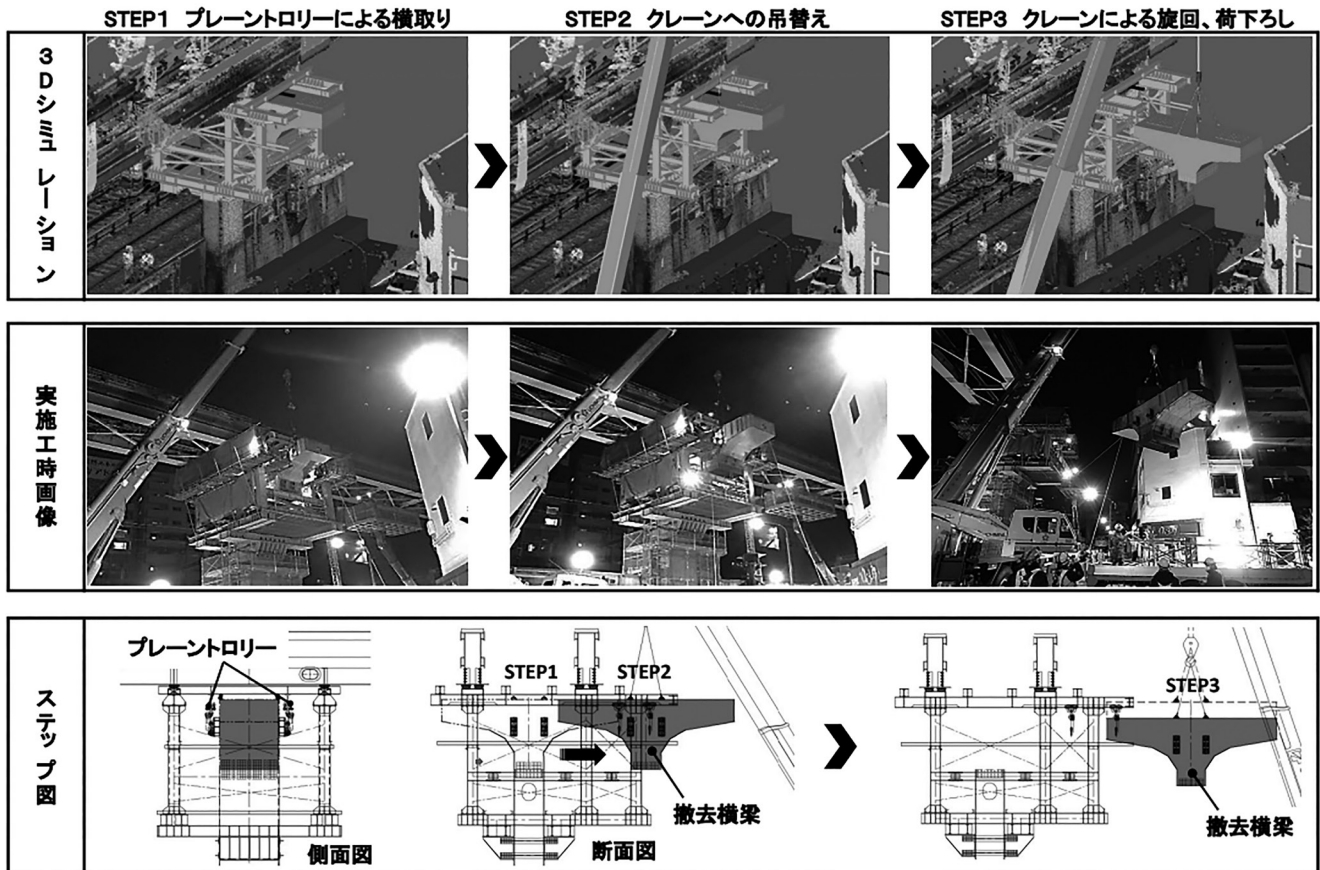


図-4 3Dシミュレーション（横梁撤去時）

た。当初、軌道桁仮受け時に時間的制約を出来るだけ受けたくないよう、脚廻り設備の設計計算にはモノレール列車荷重を見込むことが求められたが、過大な断面が必要となり構造成立性を欠くと判断した。そのため軌道桁死荷重および地震荷重のみに耐えうる構造とし、軌道桁仮受けは線路閉鎖時のみとした。

軌道桁のジャッキアップ量としては、既設支承のせん断キー高さを考慮して25mmとした。その際、ジャッキアップ反力には軌道桁の不均等荷重を考慮した。また、脚廻り設備自身のたわみ量を確認し、横梁取替え施工への影響を検討した。自重の大きい新規横梁の横取り時、レール先端のたわみは6mm程度であり問題無いと判断した。

3-2 3Dシミュレーションおよび試験施工

(1) 3Dシミュレーション

3Dレーザースキャナーで取得した点群データを用いて作成した現地の立体モデルと横梁や脚廻

り設備、ラフテレーンクレーンなどのモデルを重ね合わせ、一連の施工を再現した3Dシミュレーション動画を作成した。図-4に既設横梁撤去時の施工ステップ毎の3Dシミュレーション画像を実施工時の写真およびステップ図と併せて示す。なお、新規横梁設置時はこれと逆の手順を踏む。3Dシミュレーションを用いることにより、現地スペース内で施工が可能であることを確認するとともに、取替作業時の周囲の干渉物との遊間量を確認することができた。

(2) 試験施工

実際の取替設備と仮設H鋼などにより再現した模擬横梁を使用して、現地状況を再現しての横梁取替試験施工を実施した（図-5）。この際、実施工時に配置予定のクレーン、オペレーターおよび作業員により実施した。施工可否の最終確認ができたことはもとより、実際の取替設備の組立要領、適切なクレーン配置や旋回範囲等を確認し、作業員も実施工のイメージを持つことが出来た。

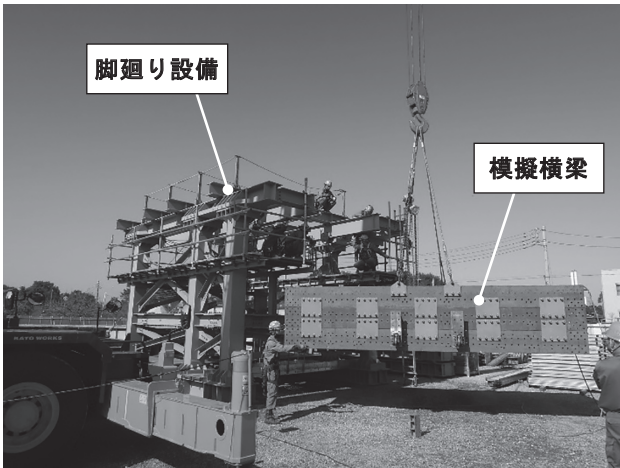


図-5 試験施工状況

3Dシミュレーションおよび試験施工により、作業員をはじめとする関係者が施工手順への理解を深め、より実効性のある危険予知を行えたことにより、施工時間短縮および安全施工に寄与したと考える。

3-3 綿密な時間工程管理とリスクの洗い出し

厳しい時間的制約に対し支柱横梁部取替え当夜の綿密なタイムスケジュールの作成およびリスクの洗い出しを行い、考えうる事前準備、対策を徹底して実施した。その一例を述べる。

(1) タイムスケジュールの作成

支柱横梁取替え作業を細分化したタイムスケジュールを作成した。作成に際しての工夫点は、予定通り施工する場合のプランに加え、不測の事態も考慮した数パターンのタイムスケジュールを用意し、その場合の対策を講じた点である。

不測の事態が起り、当夜での横梁取替え施工を中断する場合に備えて、既設支柱横梁を元に戻すための添接部高力ボルトを取替え用とは別に準備しておいた。更に、撤去した横梁部は新規横梁の添接部高力ボルト孔が合う事が確認されるまで搬出をしない計画とした。なお、実施工はほぼ予定通りに実施することができた。

(2) 高力ボルト締付時間の短縮

前述のタイムスケジュール検討時に各工程の洗い出しを行った結果、高力ボルト締付作業が最も

時間が掛かり、遅延リスクが潜在している工程であると考えた。そこで当作業に着目して効率化が図れないか検討した。具体的な工夫・改善点を以下に示す。

- ・既設高力ボルトは経年劣化による固着等で撤去作業に時間が掛かることが想定された。そこで事前作業にて新規高力ボルトに取り替えておき、当夜の高力ボルト撤去作業の時間短縮を図った。
- ・狭い足場内でのハンドリングを考慮して、新規添接板を分割して1枚当たりの重量、大きさの低減を図った。
- ・疲労き裂の応急対策のために設置されていた補強部材の内、横梁撤去時に干渉するものについて、事前撤去を行った。

これらにより実施工時には想定より短い時間で高力ボルト締付作業を行うことができた。

4. おわりに

本工事はモノレール軌道桁を仮受した状態で、T型鋼製支柱横梁部を一夜にして取り替えるという前例の無い工事であった。厳しい立地条件や時間的制約があった中で、軌道桁仮受のための脚廻り設備の構造的工夫、3Dシミュレーションおよび試験施工による入念な事前検討、綿密なタイムスケジュールとリスクの洗い出しによる様々な対策を講じることにより、計画通りトラブル無く時間内で施工完了することができた。

最後に、ご指導頂いた東京モノレール株式会社およびモノレールエンジニアリング株式会社の技術部の方々、並びにご協力頂いた工事関係者にはこの場を借りて深く御礼申し上げます。

6 施工計画

供用道路に近接する鋼橋架設工事の施工

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本ファブテック株式会社

現場代理人

鈴木 孝洋〇 大 淵 隆 司

1. はじめに

本工事は、茨城県結城市小田林から筑西市布川に至る国道50号結城バイパスのうち、昭和59年度に暫定2車線で供用が開始された一級河川鬼怒川を渡河する新川島橋の4車線化に伴う製作・架設工事である。構造一般図と全景写真を図-1、図-2に示す。

工事概要

- (1) 工 事 名：R2国道50号新川島橋上部その1工事
- (2) 発 注 者：国土交通省 関東地方整備局
- (3) 工事場所：茨城県筑西市下川島～筑西市女方
- (4) 工 期：自) 2020年9月4日
至) 2022年6月30日
- (5) 支 間 長：3×54.750+54.946+30.704m
- (6) 橋 長：250.9m

(7) 形 式：鋼5径間連続非合成钣桁橋

(8) 架設工法：送出し架設工法 (P14橋脚-J25)
トラッククレーンベント (TCB)
工法 (J25-P19橋脚)

2. 現場における問題点

本工事の施工において、以下の問題点があった。



図-1 全景 (施工前)

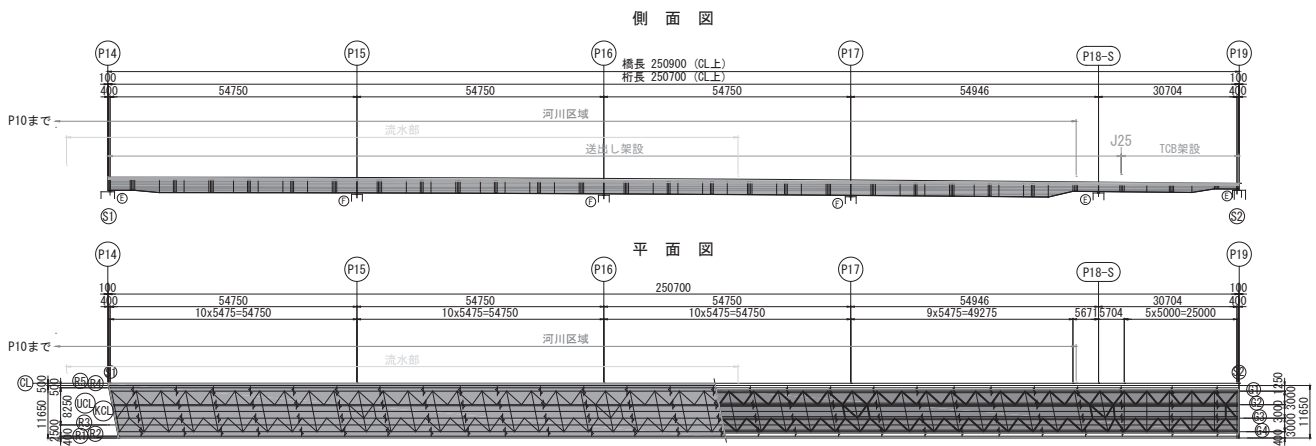


図-2 構造一般図 (側面図・平面図)

(1) 設計基準が異なる橋脚の沓座改修

施工範囲中のP14橋脚～P17橋脚は河川区域内にあり、下部工形式は既設橋梁を含む4車線を1つの橋脚で支える張出式橋脚である。下部工天端には沓座および台座コンクリートが設けられていたが、下部工建設時（昭和58年）の設計基準で設けられており、現行の設計基準で見直すと、P15橋脚～P17橋脚で支承アンカー本数が不足する。そのため、既存の沓座を改修する必要があった。

(2) P15橋脚における支承設置

河川区域内の橋脚のうち、P14橋脚～P16橋脚は鬼怒川流水部に位置している。P14橋脚とP16橋脚の支承はTCB架設に使用した160t吊オールテレーンクレーンを使用し、河川内高水敷から仮据付け作業を行った。流水部のほぼ中央に位置するP15橋脚は、同クレーンでは施工ができなかったため、隣接する国道50号を夜間片側交互通行規制して施工を行ったが、クレーンの旋回半径を考慮すると規制帯内で使用できる最大のクレーンは13t吊ラフタークレーンであり、能力不足が懸念された。

(3) 供用道路に対する安全対策

現場は、現行2車線を供用しながらの施工となるため、現道に対する近接作業となる場面が多い。特に地組立や送出し作業時の主桁の計画高さは、現道の壁高欄よりも高い位置となるため、施工時の安全対策が求められた。

3. 工夫・改善点と適用結果

(1) 沓座改修

支承を設置するために新規アンカーホールの削孔が必要であったが、アンカーホールの削孔には下部工鉄筋切断のリスクが伴う。そのため、削孔作業は、橋脚天端から100mm程度のコンクリートをはつり、下部工の鉄筋を露出させ、鉄筋位置を確認してから行った。下部工鉄筋の実配置に支承アンカーボルトの位置を重ね合わせると、鉄筋とアンカーボルトの干渉が確認された。アンカーホールを施工できる位置は限られていたため、支

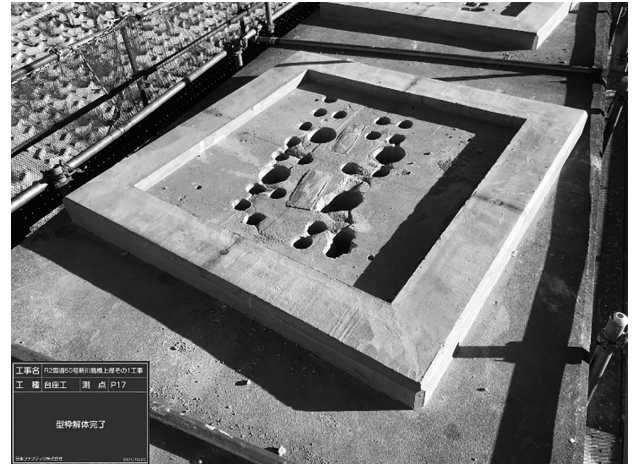


図-3 沓座改修完了



図-4 支承アンカーボルト (D41-30本)



図-5 台座コンクリート型枠

承のアンカーボルト位置を変更する必要があった。支承アンカーボルト配置の再検討時には、削孔径を小さくするためにアンカーボルト径を小さくし、削孔長を短くするためにアンカーボルト本数を増やすことを基本方針とし、施工時には鉄筋センサー付きコアドリルを使用することで、削

孔時における下部工鉄筋の損傷を防止した。また、削孔後にはアンカーホール位置を計測し、施工誤差を考慮して支承の照査を行った。結果、支承アンカーボルト本数は、最も多いところで1支承あたり30本（D41）、削孔長は700mm（平均）であったが、下部工鉄筋を損傷することなく、新規アンカーホールを施工することができた（図-3・4）。

アンカーホール削孔後には、台座コンクリートを施工した。台座コンクリートの高さは最も高い箇所約400mmであったが、台座コンクリート型枠内に新規に削孔したアンカーホールを延長する必要がある。アンカーホール延長は、平面位置と鉛直度に精度が要求されるため、沓座箱抜きはテンプレート機能を有する型枠を製作して使用し、亜鉛鉄板で円筒を作り、アンカーホールを延長した（図-5）。また、コンクリートで施工した場合、コンクリート打設の過程において円筒の変形やずれおよび沓座直下の充填不足が懸念されたため、材料は充填性の高い無収縮モルタルを使用して施工を行った。

以上より、支承アンカーボルトとアンカーホールが干渉することなく、支承を設置することができた。

(2) 横取りと降下作業による支承設置

P15橋脚には鋼製支承を4基設置するが、使用するクレーンが13t吊ラフタークレーンであるため、その作業能力は限定される。アンカーボルト

までが一体となった支承では揚重することができなかったため、下沓とベースプレートの接合を現場溶接とし、上部と下部に分割し、吊荷重を低減した。支承を分割しても、クレーンで直接据付が可能な支承は最も現道に近いG1のみであったため、G2～G4の支承は横取り設備を設置し、横取りと降下作業による仮据付けを行った（図-6）。

(3) 供用道路に対する施工時の安全対策

① 作業ヤードの対策

送出しヤードの現道側には、ヤードの全延長にメッシュシートで飛散防止柵を設置し、ヤード内から現道への飛散を防止した。また、地組桁のジョイント作業を実施する箇所には、桁高以上となるネットフェンスを設置したが、荒天時には撤去する必要があるため、スライド式とすることで、施工の省力化を図った。

② クレーン作業時

送出し桁の地組立と手延べ機解体におけるクレーン作業は現道近接作業となる。

送出し架設は、先行してクレーン架設した鋼桁とP19橋脚からA2橋台までの既設PC桁を地組ヤードとして施工した。送出し桁の地組立は、A2橋台背面にクレーンを設置し、軌条設備上の台車を使用して、2ブロックごとの組立と縦送りを繰り返して行った（図-7）。また、送出し架設の最終ステップでは、手延べ機を解体しながらの送出し作業となる。そのため、施工計画時にはCIMモデルによる三次元架設シミュレーションを活用して吊



図-6 支承横取り状況

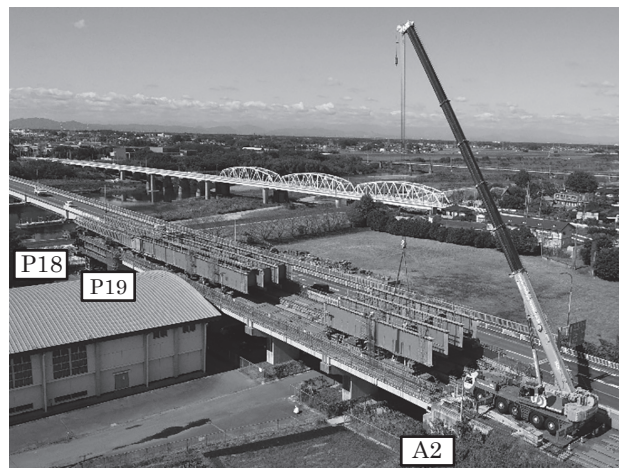


図-7 送出し桁の地組立状況

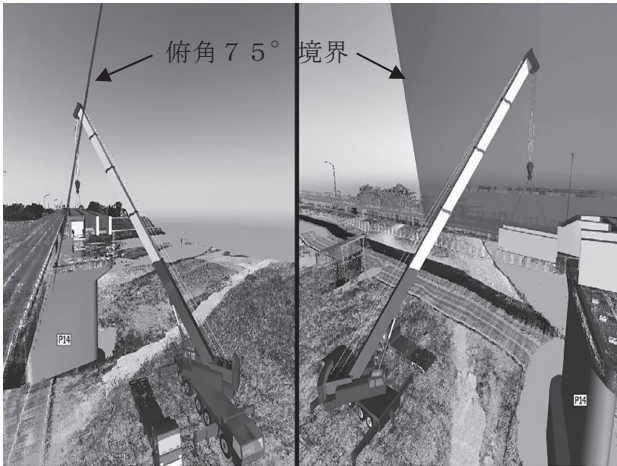


図-8 CIMモデル (手延べ機解体時)

部材が現道の俯角75°を侵さないことを事前に確認し、確認結果を基にクレーンの作業半径制限と旋回制限を検討し、現地施工に反映することで安全性の向上を図った。また、現地施工時には、元請職員による監視員の配置に加えて、レーザーバリアを設置し、俯角75°の境界を管理した(図-8)。

③ 送出し架設時の安全対策

本橋の平面線形は直線であるが、主桁の不均等荷重や斜角の影響により、送出し作業を進める中で横方向変位が発生する。送出し架設時には、鉛直反力、送出し重量、送出し量などを集中管理室で一元管理して施工管理を行ったが、横方向変位についても各橋脚に超音波センサーを設置してリアルタイムに表示して管理した。送出し中の横方向変位の管理値は±30mmとし、横方向変位を修正しながら送出し作業を実施した。また、送出し架設する主桁は断面変化しており、桁高が5.5mの間で500mm変化しているため、下フランジは9%の勾配を有している部分があった。桁高変化部を含む桁高が低い側の主桁下側には桁高が一定となるように桁高調整架台を設置することで、送出し時の施工性と共に安全性を向上させた。

④ 主桁降下時の安全対策

主桁降下は、各橋脚上の送出し設備を組み替えて、サンドル材を使用して行った。降下量は約5.0mであったが、降下作業時においても桁降下量と降下用ジャッキの反力を一元管理し、1支承線

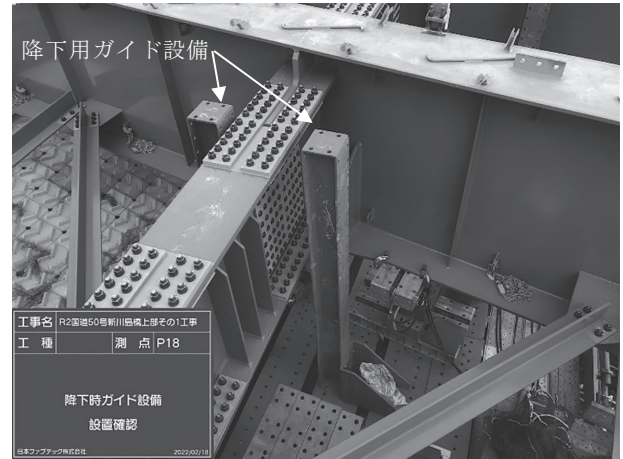


図-9 降下時ガイド設備

当たりの主桁を水平に降下させることに努めた。また、各橋脚上に降下用ガイド設備を設置し、降下時の縦ずれおよび横ずれを防止した(図-9)。

これらの対策により、施工中、現道の通行に影響を与えることなく、安全に作業を進めることができた。

4. おわりに

本工事は、現道に近接している中で行う架設であったが、施工中は防護設備を設置して飛来落下、飛散防止に努め、第三者に影響を与えることなく工事を完了することができた(図-10)。

最後に、本工事の施工にあたり多大なご指導を頂いた、国土交通省宇都宮国道事務所の関係各位をはじめ、工事に関係された職員ならびに協力業者の方々には心より感謝の意を表します。



図-10 完成写真

7 施工計画

国内最大級の多軸式特殊台車による一括架設

日本橋梁建設土木施工管理技士会

川田工業株式会社

工事長

福嶋 貴生[○]

工事長

杉田 俊介

主任

興津 光

1. はじめに

本工事は、名護市内の交通混雑の緩和および交通安全性の向上を図るとともに北部地域の利便性向上や地域活性化を目的とし、名護市字伊佐川～字数久田を結ぶ全長6.8kmの地域高規格道路として計画された名護東道路のうち国道58号と直結する鋼橋上下部工を整備するものである（図-1）。

工事概要

- (1) 工事名：平成31年度字数久田IC
オンランプ橋鋼上下部工事
- (2) 発注者：内閣府 沖縄総合事務局
北部国道事務所
- (3) 工事場所：沖縄県名護市字数久田地内
- (4) 工期：令和元年7月10日～
令和3年7月30日

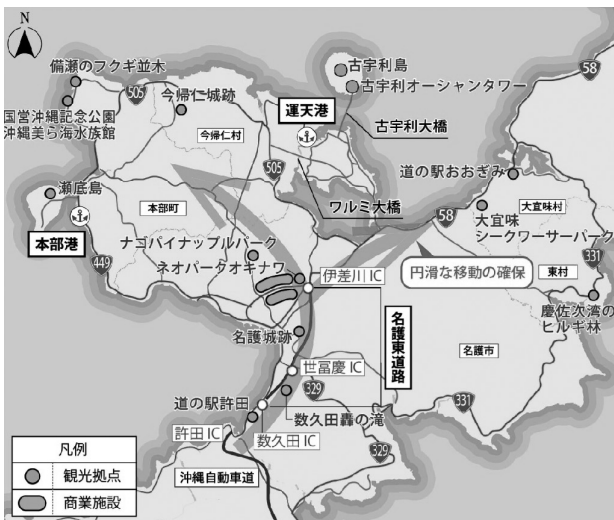


図-1 架橋位置図

(5) 橋梁形式：鋼・コンクリート合成床版橋

(6) 橋長：42.100m

2. 現場における問題点

本橋の架橋地は、頻繁に交通混雑が生じる国道58号と交差条件を有し、海と山に挟まれた立地のため、用地使用および作業時間に制約があった。そのため、架設工法には多軸式特殊台車による一括架設が選定された。本工事は施工にあたっては以下の課題が想定された（図-2）。



図-2 国道58号交通混雑状況（現場付近）

2-1 通行止めによる迂回路の問題点

本橋架設にあたり、沖縄本島西海岸に位置する国道58号を4.4kmに渡り通行止めとする必要があったが、迂回路は本島東海岸を通行するルートしかなく、島民や観光客への周知、規制看板等に工夫が必要であった。

2-2 多軸式特殊台車による運搬路の問題点

桁地組地点から架設地点までは約700m離れており、多軸式特殊台車による桁運搬にあたり、国道58号上の埋設物調査、架空線および標識類の撤去・移設以外にも、運搬路の段差や勾配の綿密な事前調査を実施し、運搬の支障となる要素を事前に排除する必要があった。

更に、運搬中の橋桁は、本工事施工の鋼製橋脚および移設後の架空線に近接することが想定されたため、桁運搬動線の計画にあたっては、綿密なシミュレーションが求められた。

2-3 桁架設に関する技術的な問題点

(1) 大ブロック桁の確実な添接

最大桁長110m、重量約600tの橋桁3ブロックを3回の夜間通行止めで架設する必要があった。架設済みの桁と架設する桁はモーメント連結する必要があり、通行止めは週末の夜間に限定されたため、1回でも架設作業に失敗してしまうと、次回以降の日程調整への影響が大きく、工期、開通時期の遅延等が懸念された。よって、大ブロック架設作業において、確実に桁の仕口を合わせて橋桁を添接することは必須課題であった。

(2) 大ブロック桁運搬中の転倒対策

本橋は耐塩害性・耐風安定性に配慮した閉断面箱桁で特徴的な断面形状を有するため、運搬中にバランスを崩し転倒しない対策が必要であった。

2-4 桁架設に関する時間的な制約

全面通行止め規制時間内に地組桁の運搬（約700m）、架設（添接）作業、多軸式特殊台車の回送（地組立地点まで）、中央分離帯のウォータール（約700m）の復旧、交通開放までのそれぞれの作業について所要時間を算出すると、架設（添接）作業には2時間しか割り当てることができなかった。

モーメント連結を実現するための仕口合わせと、高力ボルト締付作業を2時間で完了できないことが懸念されたため、交通開放に影響しないよ

うに同作業を実施できる方法を検討しなければならなかった。

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 特大規制看板による工夫

那覇市等本島南部地域と名護市等本島北部地域を結ぶ唯一の大動脈である国道58号を4.4kmに渡り通行止めすることは前例を見ない大規模規制であった。

規制予告の広報活動において、公共交通機関、警察、消防、地元住民へのチラシ、ポスターの配布、新聞広告、ラジオCM、規制予告看板、横断幕の設置等の一般的な広報に加え、道路利用者への視認性の向上を目的とした特大規制予告看板（3.5m×3.5m）を1ヶ月以上前から各要所へ複数設置しドライバーへの周知を図った。更に規制当日は、規制看板として迂回路を周知できるように高輝度シートへの貼替えを行う等の工夫をした。その結果、規制帯への誤進入車両削減、迂回路への円滑な交通誘導が可能となり、交通事故防止にも効果があったものと考えられる（図-3）。

3-2 多軸式特殊台車運搬シミュレーション

多軸式特殊台車による桁運搬路計画にあたり、国道58号の支障物、路面状態を細部に至るまで調査する必要があったが、調査のための通行止めは不可能であった。

本現場ではレーザースキャナーを搭載した計測車を運搬経路の全長に亘り走行させ、路面状態及



図-3 特大規制看板によるドライバーへの周知

び近接構造物の3次元データを取得し、そのデータに鋼製橋脚や運搬時荷姿を反映、走行位置や方向転換位置等の動線を3次シミュレーションにより決定した。

また、走行時は桁の両端に設置したGPSにより、走行位置が計画動線と相違ないことを常時確認するとともに近接検知センサーによる対物監視も行うことで安全性を確保した。

以上の対策により、限られた時間内に安全に桁を運搬することが可能となった(図-4)。

3-3 桁架設に関する技術的な工夫

(1) 確実な添接のための構造変更

本橋は断面が3分割され、全長に縦シームを有するブロック割で計画されていた。また、大ブロック架設のボルト継手以外は全断面現場溶接継手であったため、溶収縮により既設桁と架設桁の断面形状に差異が生じ、添接作業ができなくなるリスクがあった。

そこで、リスク排除のために大ブロック添接部の両側に縦シームがない輪切りブロックを設け、溶収縮による出来形の影響を受けない構造へと変更した。その結果、母材と連結板のボルト孔を滞りなく合わせることができた(図-5)。

(2) 桁補強による桁運搬中の転倒対策

桁運搬に際して、全幅に対し下フランジの接地面が狭い断面形状であるため、当初は中央のウェブと左右の斜めフランジの3点支持による運搬を予定していた。しかし、時間的制約がある中で運搬途中に橋脚等干渉物との衝突を回避しなければならないため、ターンテーブルの使用を選択した。

ただし、ターンテーブル幅が3.0mにつき、張出部で荷重を受けることによる転倒を回避すべく、桁重心の偏心を極力抑えつつ、安定的に運搬を行うために下フランジの両端にダイヤフラムを補強した仮受点を設け、2点で桁を支持する運搬方法へ変更したことで反力バランスの管理が容易となり、安定性が向上した(図-6・7)。

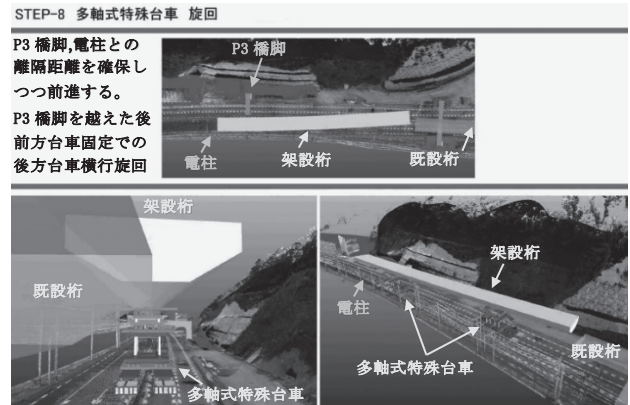


図-4 3次元シミュレーションによる動線計画

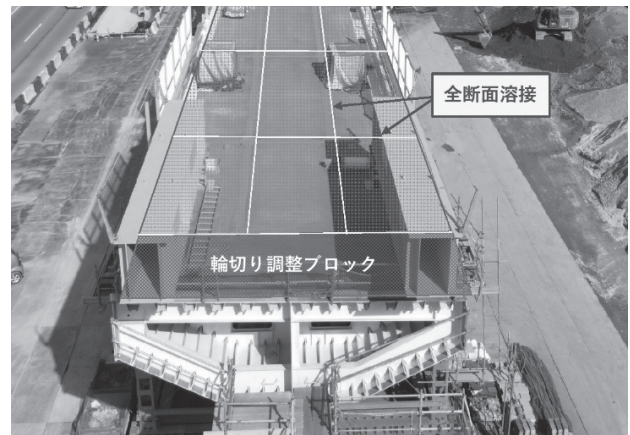


図-5 輪切りブロックへの構造変更

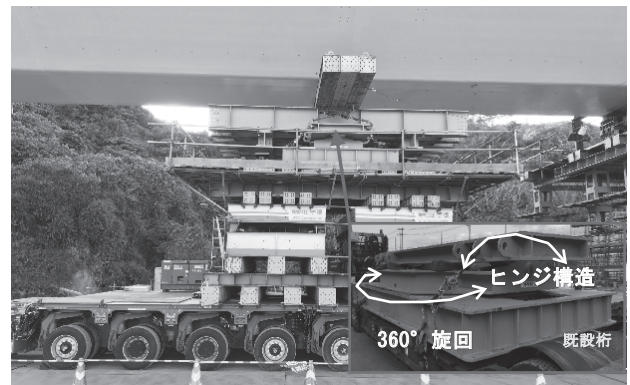


図-6 ターンテーブルの使用
断面図

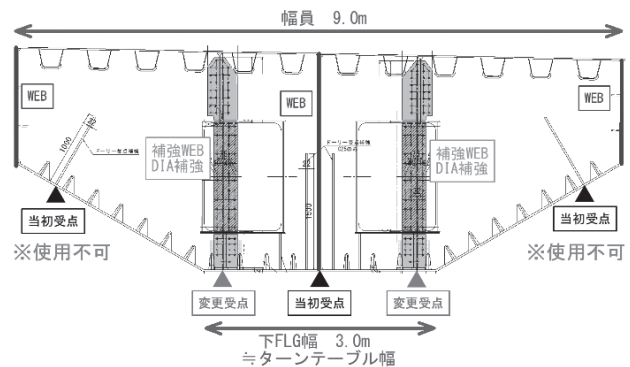


図-7 受点補強の設置

他にも、台車同士の集中運転制御による移動速度の同調、モニタリングシステムによる位置関係の逐次確認、そして、照査水平荷重に耐え得る仕様のワイヤーを用いた桁固定により運搬中の桁転落を回避する工夫を採用した。

3-4 桁架設の時間制約下での工夫

(1) 架設時間短縮の工夫

大ブロック架設部のボルト添接作業において、多軸式特殊台車の前後移動、横行のみで全幅員9.0mおよび高さ3.0mの仕口同士をボルト孔（拡大孔）の余裕しる4mm以内の誤差に位置調整することはタイヤの摩擦抵抗などを考慮すると非常に困難である。実際に架設直前の動作試験でも10mm程度の誤差は生じていた。

事前対策として、台車設備上に鉛直方向+水平方向（X-Y方向）に調整可能な3次元ジャッキを各台車へ4台ずつ配備し、桁本体を持ち上げて平面位置の微調整を行うことで、桁仕口の出入り差修正や高さ方向のねじれ解消なども容易に管理可能となり、大幅な時間短縮効果を得ることができた（図-8）。

(2) 作業時間遅延による規制開放遅延対策

仮受桁であるセッティングビームをあらかじめ架設桁へ設置して架設作業を行うことで、多軸式特殊台車による運搬や平面位置調整およびHTB締付作業に遅延が生じた場合でもセッティングビームで桁を支持できるため、多軸式特殊台車を地組ヤードまで回送することが可能となり、規制開放遅延のリスクを排除することができた。

また、台車を回送してしまうと桁の平面調整機構が無くなるため、セッティングビーム受点部にも3次元ジャッキを配置して微調整を行った。

更に、多軸式特殊台車を開放した場合に桁の支持点が台車から橋脚へ移行して、たわみ量に変化が生じ仕口角度が合わなくなる可能性があるため、架設桁を預ける橋脚上にサンドル設備を設置して上げ越すことで仕口角度の調整機能を確保した。

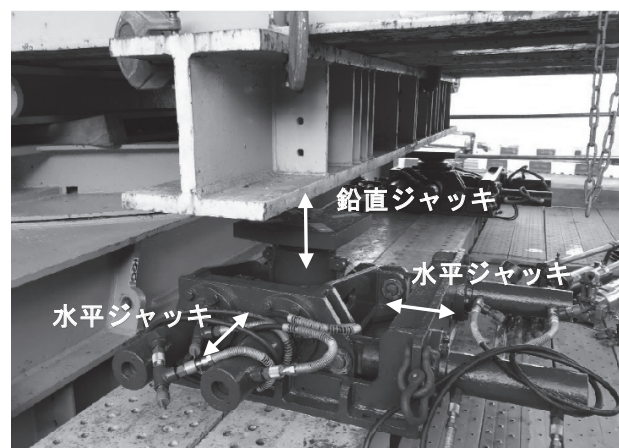


図-8 3次元ジャッキによる微調整



図-9 完成写真

上記対策が功を奏し、時間内に作業を完了できた（図-9）。

4. おわりに

鋼製橋脚3基の施工に加え、橋長350m（鋼重：約1,600t）に及ぶ4径間の上部工架設までを10ヵ月間という短い期間で完成させるために、上部工の地組立、現場溶接、塗装を複数ヤードで同時に行いながら鋼製橋脚の施工を行うなど工程面でもあらゆる工夫を施し、工期内に無事完工することができた。

今後、狭隘な施工スペース、大規模な交通規制を伴う高難易度の多軸式特殊台車による上部工架設工事の参考になれば幸いである。

最後にご指導を頂いた内閣府沖縄総合事務局北部国道事務所の方々、並びにご協力頂いた工事関係者にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

8 施工計画

2 主箱桁橋の架設と床版打設計画

日本橋梁建設土木施工管理技士会

株式会社駒井ハルテック

工事主任

河野 小春[○]

工事主任

高柳 美里

現場代理人

真嶋 敬太

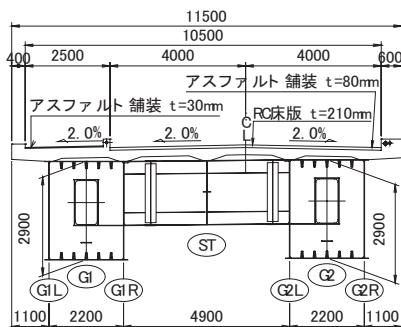
1. はじめに

手取川橋は、主要地方道金沢美川小松線の一部として、1級河川「手取川」に架かる橋梁である。本道路の開通により、ものづくり企業が集まる加賀地域と金沢港を結ぶ加賀海浜産業道路のアクセスが向上し、物流の効率化による沿線立地企業の利便性向上や、慢性的な交通渋滞の緩和が期待されている。本工事は、橋梁規模が大きく、1度の非出水期では架設が完了しないため、2度の瀬替え工事を行った。図-1・2に位置図と構造一般図を示す。

本稿では、施工条件を踏まえた架設と床版打設計画について報告する。

工事概要

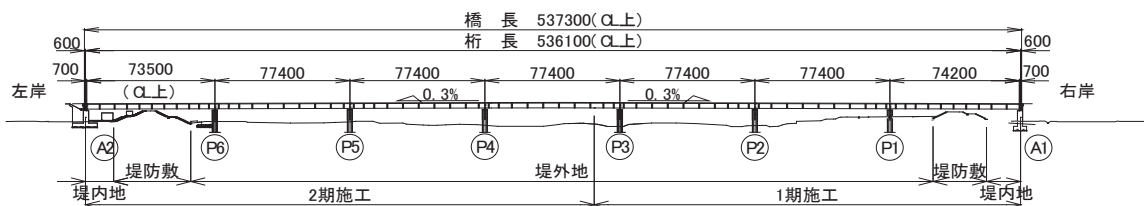
- (1) 工事名：主要地方道 金沢美川小松線
地方道改築4類工事（手取川橋梁 A1-P3上部工）（1期施工）
主要地方道 金沢美川小松線
地方道改築5類工事（手取川橋梁 P3-A2上部工）（2期施工）
- (2) 発注者：石川県 南加賀土木事務所
- (3) 工事場所：能美郡川北町字朝日地内
- (4) 工期：R元年12月24日～R3年7月30日
R2年12月19日～R4年12月23日
- (5) 橋梁形式：鋼7径間連続非合成箱桁橋
- (6) 橋長：537.3m
- (7) 支間長：73.5m+5@77.4m+74.2m



a) 断面図



図-1 位置図



b) 側面図

図-2 構造一般図

2. 現場における問題点

本工事の施工においては、以下の問題点があった。

課題1. 架設工法の変更

本工事の当初計画では、350t吊クローラクレーン（以下、350tCCという）を用いたクレーンベント工法であったが、橋台付近において以下の理由から架設工法を変更する必要があった。

- (1) A1側において、当初の計画では堤内地に位置する橋台付近の架設と堤外地の架設で350tCCを移動する必要があった。しかし、地元住民との協議で、350tCC運搬車両の農道走行が認められなかった。（1期施工）
- (2) A2側において、取付け道路盛土工事の遅延により、橋台付近でのクレーン設置が不可能となった。（2期施工）

課題2. 出水期をまたぐ架設

1期施工でA1～P3先のJ38までを架設し、約8か月後に2期施工でP3～A2間の架設を行った。1期施工では、P3～J38の2ブロックが張り出した状態となるため、適切なキャンバー管理をしなければならなかった。また、1期施工と2期施工との併合時期は冬季で、1期施工の桁はP1～P2間を中心としてA1側へ約9mm収縮しており、温度収縮の不動点を調整する必要があった。

課題3. 床版打込み計画

打込みブロックは死荷重モーメントの交番部を基準に支間部と支点上で13ブロックに分割される

が、橋梁の開通時期が決まっているため、13回の打込みは工程上許容できず、打込み計画の検討が必要となった。

3. 工夫・改善点と適用結果

工夫1. 架設工法の変更

図-3に架設順序を示す。A1側においては橋台付近にクレーンを据え付けられないため、右岸堤外地から350tCCを使用して架設する計画を立案したが、性能的にA1付近の桁を架設することができなかつたため、検討の結果縦取り工法を採用した。堤防管理道路上の架設時は誘導員を配置して5分間の一時頭止めを実施し、架設中は車両や歩行者の通行禁止処置を行ったが、さらなる安全対策として道路上に防護工を設置した。これにより視覚的にも安心感が生まれ、道路上の架設を安全に実施することができた。A2側においても同様に縦取り工法を採用した。当初計画ではP4からJ38に向かって架設した後、P4からA2に向かって架設する計画であったが、工程短縮のため、瀬替え工事と平行してP6付近に増設した架設ヤードに350tCCを据え付けてA2付近の縦取り架設を先行して行った。

縦取り架設の手順は以下のとおりとした。

- (1) P6下流側に増設した施工ヤードに350tCCを据付け、図-4に示すH形鋼等で構成された架台の上に主桁を架設する。
- (2) 横桁・縦桁を架設する。
- (3) チルホールを用いて桁を縦送りする。

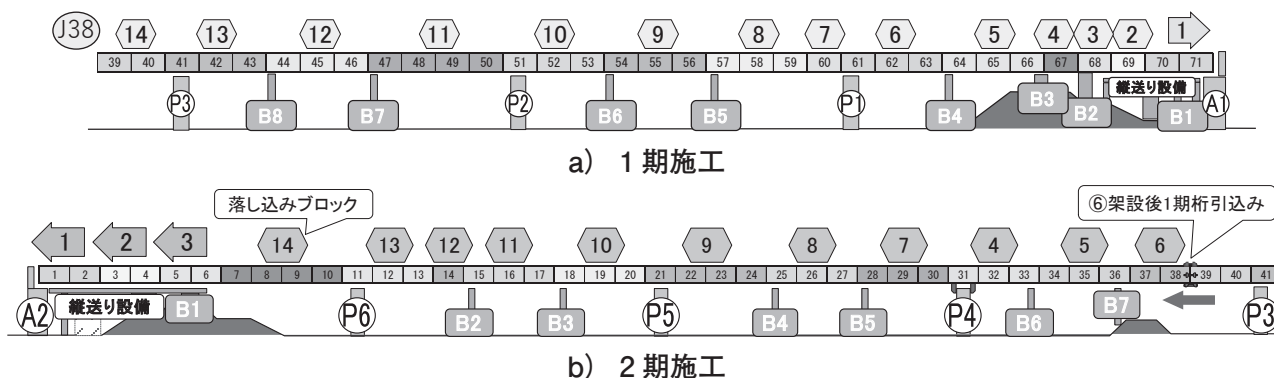


図-3 架設順序図

縦送り架設時の状況を図-5に示す。

以上の工夫により、約2週間工程を前倒ししてA2付近の架設を完了することができた。



図-4 縦送り架台 図-5 縦送り状況

なお、架設順序が変更になったことで、最後の架設は落とし込み架設となった。そのため、施工においては現地でセッティングビームを設計・製作した。

落とし込み架設の手順としては、図-6に示すようにP6側のJ10を先行して空中で連結し、A2側のJ6はセッティングビームで仮支持しながらセットバックしておいたA2橋台側の桁を油圧ジャッキで橋軸方向に押しして連結した。図-7に落とし込み架設の状況を示す。このとき、A2橋台側の桁は、横桁・縦桁まで架設済みではあったが、本締めをせずピン結合としておくことで1主桁ずつ落とし込み架設を行うことができた。

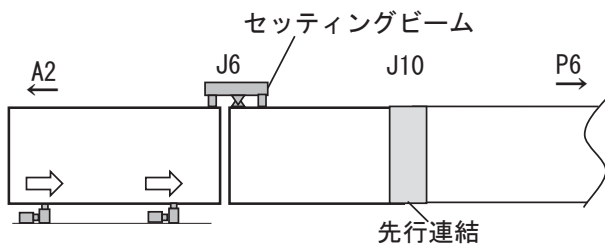


図-6 落とし込み架設概略図



図-7 落とし込み架設状況

工夫2. 出水期をまたぐ架設

図-8に示すように、1期施工ではP3～J38は張り出しとなったため、カンバー設計値は完成系の値ではなく、1期完成時の値を用いて施工管理を行う必要があった。そこで、1期施工では平面骨組解析により、1期完成時の構造系におけるたわみ量を算出し、出来形管理を行った。表に1期完成時の支点支持及び完成系の支点支持カンバー計画値を示す。1期完成時の支点支持のカンバーは、完成系の支点支持よりも最大67mm大きく、最小51mm小さくなることが分かった。この結果を元にカンバー管理を行うことで2期施工の併合時に問題無くモーメント連結ができ、完成系の全体のカンバーは規格値（管理目標値は規格値の±70%以内）の40%以内に管理することができた。

表 カンバー設計値

| | C38 | C37 | P3 | C32 | C26 | P2 | C23 | C18 | P1 | C11 | C6 | S1 | |
|-------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1期完成時 | | | | | | | | | | | | | |
| GIL | 綱量カンバー | -40 | -20 | 0 | 84 | 25 | 0 | -5 | 10 | 0 | 18 | 63 | 0 |
| | 支点支持時の桁高 | 16.233 | 16.181 | 16.139 | 16.076 | 15.951 | 15.906 | 15.895 | 15.851 | 15.674 | 15.685 | 15.452 | |
| 完成系 | | | | | | | | | | | | | |
| GIL | 綱量カンバー | 7 | 1 | 0 | 33 | 10 | 0 | 5 | 24 | 0 | 14 | 59 | 0 |
| | 支点支持時の桁高 | 16.186 | 16.160 | 16.139 | 16.127 | 15.966 | 15.906 | 15.885 | 15.837 | 15.674 | 15.675 | 15.689 | 15.452 |
| | 差 | 47 | 21 | 0 | -51 | -15 | 0 | 10 | 14 | 0 | -4 | 0 | |

単位：mm



図-8 1期施工完了時

J38の連結については完成系の桁中心方向に1期施工の桁を引き込む必要があり、J36～J38地組ブロックの落とし込み架設ではJ36を先行して連結し、J38には引き込み装置を設置した。引き込み装置は図-9に示すように、主桁フランジ連結部のボルト孔を流用する構造とし、箱桁の上下フランジにそれぞれセンターホールジャッキ2台を配置した。桁を引き込みながら連結させるため、フランジの連結板を3分割し、引き込み装置と干渉しないフランジ中央部を先に連結し

た。また、1期施工の桁をA2側に引き込む際は、**図-10**に示すように、P4橋脚に鋼製の仮固定装置を設置して桁と橋脚を一体化させた。仮固定装置は、H形鋼と水平材を組み合わせて製作し、主桁の下面に取り付けた。仮固定装置には引き込み用ジャッキを使用した。橋脚の断面が小判型のため、外側腹板部は曲面での支圧となり、ライナー材には工夫が必要であった。

以上の工夫により、1期と2期の桁を計画通り連結することができた。

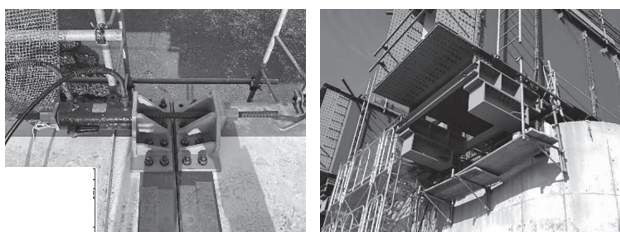


図-9 引込装置(桁上) **図-10** 仮固定装置

工夫3. 床版打込み計画

床版打込み時期は、8～9月の夏季となるため、暑中コンクリートとし、工程短縮のためポンプ車1台で2ブロックずつ打ち込む計画とした。打込み順序は平面骨組解析で検討し、1日の最大打込み量は、287m³(生コン車72台)となった。打込み順序を**図-11**に示す。計画当初は、橋台の上にポンプ車を据え付け、橋面の配管を使用して

打ち込む計画であったが、配管盛り替えの時間省略と、長距離圧送による品質低下を防ぐため、河川協議を行い河川内のポンプ車据え付けを認めてもらった。河川内2ブロックの打込みは短時間でのポンプ車移動が可能で、堤防をまたぐ盛り替えには時間がかかるため、ポンプ車を2台使用した。

以上より、予定通りの期間内に品質を落とすことなく打込みを完了することができた。

4. おわりに

桁架設完了写真を**図-12**に示す。

石川県の冬は非常に風が強く、11～2月の架設であったため、最大瞬間風速20m/s超えを記録するほど気象条件に恵まれていなかった。そのため、クレーンの使用を中止することもあったが、こまめに風速を確認して作業内容を調整し、工程内に架設を完了することができた。天候、工期共に厳しい条件ではあったが皆様の頑張りでも無事に架設を終えることができた。

この原稿を書いている10月現在、床版打設が無事完了し、足場解体が始まった。残り2か月引き続き安全第一で工期内完工を目指す。最後に、ご指導いただきました石川県 南加賀土木事務所の方々、および関係者各位に深く感謝申し上げます。

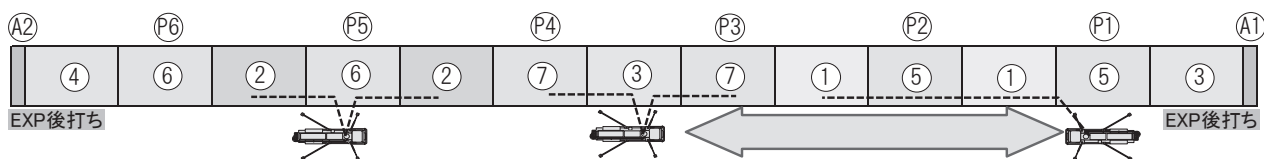


図-11 床版打込み順序図



図-12 架設完了状況

9 施工計画

被災石橋修復における輪石解体・復元について

熊本県土木施工管理技士会

株式会社尾上建設

現場代理人・主任技術者

荒木 大人[○] 熊本 乃 親

1. はじめに

近年の気候変動に伴い、地震、大雨等により橋梁が被災することが増えている。石橋が被災した場合、修復技術が確立されていないため、修復が困難となる場合が多い。また、江戸時代に架橋された橋もあり、文化財指定されていることも多い。文化財指定されている場合、修復方法に制約があり、工事を更に困難なものとしてしまう。

本稿では平成28年熊本地震により被災した市指定文化財鴨籠橋（かもこぼし）の災害復旧工事を例に、石橋修復で特に難しい輪石解体・復元について報告する。

工事概要

- (1) 工事名：鴨籠橋災害復旧工事
- (2) 発注者：熊本県宇城市 宇城市教育委員会
- (3) 工事場所：宇城市不知火町長崎地内

- (4) 工期：令和2年7月28日～
令和3年5月28日

本工事は、平成28年熊本地震により市道4号鴨籠線において、輪石のはらみ出し、隣接石積護岸の崩落等の損傷が発生したため、輪石・壁石を積直し、中詰材、路面等を従前の形に復元する災害復旧工事である。

石橋について馴染みのない読者も多いと思われるため、今回対象となるアーチ型石橋の各部の名称と基本構造について図-1を用いて説明する。

「輪石」はアーチを構成する石材、「要石」は輪石の中央に設置される石材、「壁石」は輪石の上に設置され、壁を構成する石材、「中詰材」は石橋の内部に設置される石材等である。また、ここでいう「支保工」は施工時に輪石を保持するための仮設材で、今回は木材で作成した。

基本構造は、輪石によりアーチを構築し、その



図-1 アーチ型石橋の各部の名称と基本構造

上に壁石を垂直に積み、内部に中詰材を詰めることで、構成される。これらの石積を接着剤なしに、崩落しない構造で構築する必要がある。

2. 現場における問題点

本工事で修復する石橋は明治期に架橋されたものを昭和期に石橋により拡幅されており、二つの石橋が隣接して一つの石橋を構成している珍しい構造を持っている。

設計の段階では、輪石変形が確認されていたため、支保工により輪石を浮揚させ、変形部分を整形することで、従前の形に復元する輪石浮揚・積均しの計画となっていた。これは、輪石を完全に解体して、復元する方法より、少ない工数で施工できるメリットがある。

しかし、施工開始時に、石橋の現況測量を行った結果、明治期の輪石は上・中・下流部とも大きな変位が見られ、特に右岸中央部の落ち込みは著しかった。CADにより輪石浮揚をシミュレーションしたが、支保工が左右岸均等に当たらないため無理に浮揚を行うと、動いてはいけない輪石基礎（輪石最下段）まで浮揚してしまう可能性が極めて高い。輪石基礎部は石橋の要であり、位置移動等により安定性（安全性）を欠く恐れが大きいため、輪石浮揚による矯正は困難と考えられ、支保工半径、構造、寸法の見直し、および解体・復元を考慮した計画が必要となった。

3. 工夫・改善点と適用結果

(1) 支保工半径の検討

輪石の横断測量図（アーチ形状CADデータ）に可変の正円を重ね、上・中・下流部の輪石基礎に影響しない最適な支保工半径の検討を行った。設計支保工半径は $R=3939\text{mm}$ であったが、 $R=3600\text{mm}$ で作成する事により輪石基礎に干渉せず、かつ輪石の大部分を支保できる事をシミュレーションにより確認した。シミュレーション結果を図-2に示す。

解体・復元を想定した場合、支保工断面が小さくなる事により、支保工と輪石の隙間が大きくなり、均一なジャッキアップが出来ない事が予測されたが、調整用の木材を適切に配置する事により対処できると判断されたため、監督員と協議を行い、支保工構造を変更した。結果、輪石解体・復元を行うこととなったが、輪石基礎部へ影響する事なく復元する事ができた。

(2) 輪石解体・復元の実施

輪石より上部の解体を行い、輪石洗浄を行った結果、石材の損傷が多数あり、またアーチ変形も著しかった。特に輪石中央部は、流用材と考えられるホゾ・ホゾ穴がある断面の小さな輪石が連続して組まれており、割れ等が集中していた。

有識者を含めた関係者による協議を行った結果、設計段階では輪石浮揚・積均しが計画されて

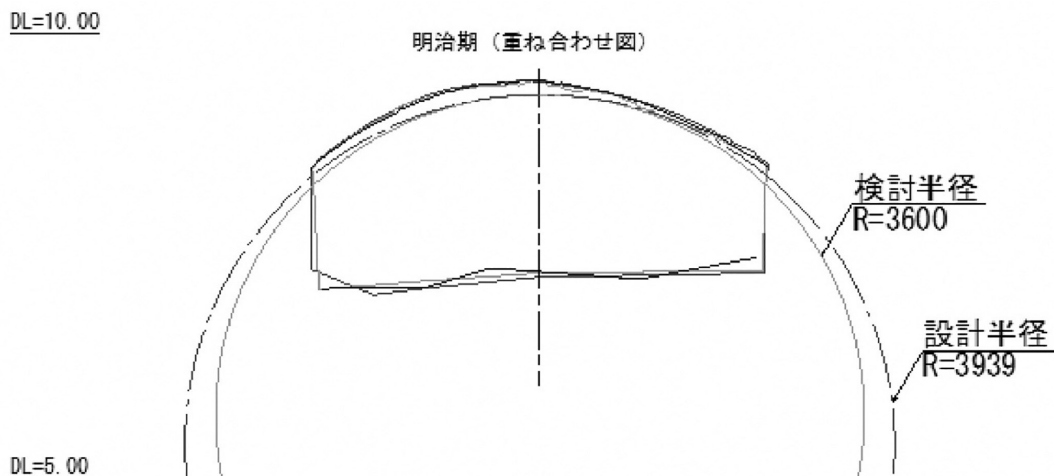


図-2 支保工半径の検討

いたが、輪石解体・石材補強・復元が必要と判断されたため、当初設計にはない輪石解体・復元を実施することとなった。

石橋の輪石解体・復元には高度な伝統技術の習得が必要であり、石橋毎に細部の構築方法が異なるため、施工方法が確立されていない。弊社は江戸時代から続く石橋架橋の伝統技術を継承していることと、これまでの文化財石橋の修復・復元工事の施工経験から経験豊富な技術者を配置することで、本石橋の輪石解体・復元を実施することとした。

輪石のアーチ変形は著しいものの、復元にあたっては現況の形状から復元形状を予測する必要があるため、輪石背面の横断測量を行った。計測箇所は輪石下面と同様の測点とし、アーチ形状を詳細に把握する事とした。また、輪石背面の墨出しにあたっては、これまで経験した解体・復元と比較しても凹凸が著しいため時間を要したが、丁寧な作業を心掛けた。

測量データを図面化し、机上によるシミュレーションから、左岸側の1から9列を数ミリ程度下面方向に位置移動し、全体的に右岸側へ矯正する方針を定めた。

輪石補強完了後、支保工に偏圧が生じないように左右岸均等に1回目の輪石組みを行った。図-3に示すように、1回目の輪石組みでは、要石寸法より20mm程度空き寸法が小さく要石が入らなかった。また左右岸1列目の段差が5cmほど生じたが、測量の結果アーチ形状は正円に近づいたため、矯正方針は妥当と判断し微調整を繰り返す事とした。2回目の輪石組みを図-4に示す。しかし、輪石組み4回目に矯正困難な課題が発見された。

創建時もしくは経年変化、あるいは地震時なのか特定は困難であるが、合端面に隙間があって輪石が折れた事により、上下の合端が程よく馴染んでいた。それらの輪石を補強した事により直線的になって馴染まず、上部の輪石にズレが伝播したと推測された。



図-3 輪石組み1回目（下流側）



図-4 輪石組み2回目（下流側）

既存輪石を削って調整する事は原則禁止である。他の既存輪石に伝播し、全ての輪石が噛合わなくなる。仮に1箇所でも削って調整した場合、全てを調整する事になり、違ったアーチ形状となる可能性さえある。さらに壁石との噛合わせまで食い違い、文化財としての価値を失う危険に発展する。しかし、これまでの経験により予測されていた事であり、予め対策について協議を行っていた事から、輪石合端面の微加工（数ミリ）を行った。ただし、これは、十分な仮組み・調査測量を行った結果からの判断であり、また経験および確かな技術に基づいたものであり、慎重に実施するべきものである。

結果、右岸側中央部の落ち込みは最大13cm程矯正され、アーチ形状を正円に近づけさせる事ができた。図-5に復元前の輪石形状を、図-6に復元後の輪石形状を示す。また、復元後の明治期の輪石を図-7に示す。

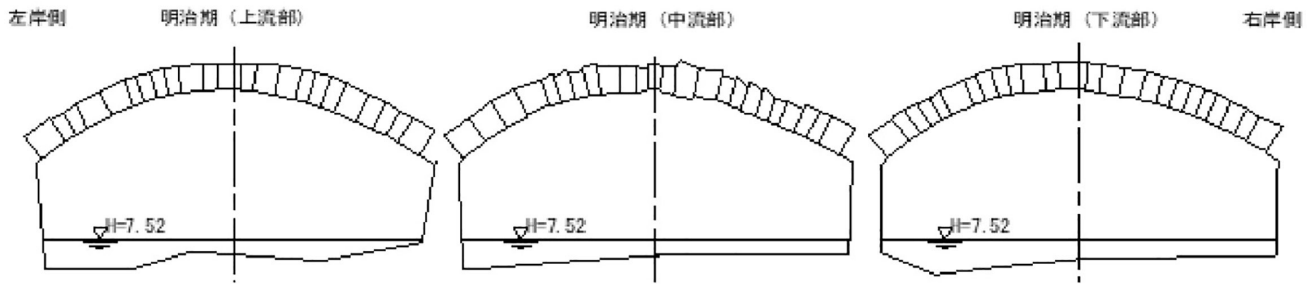


図-5 復元前の輪石形状

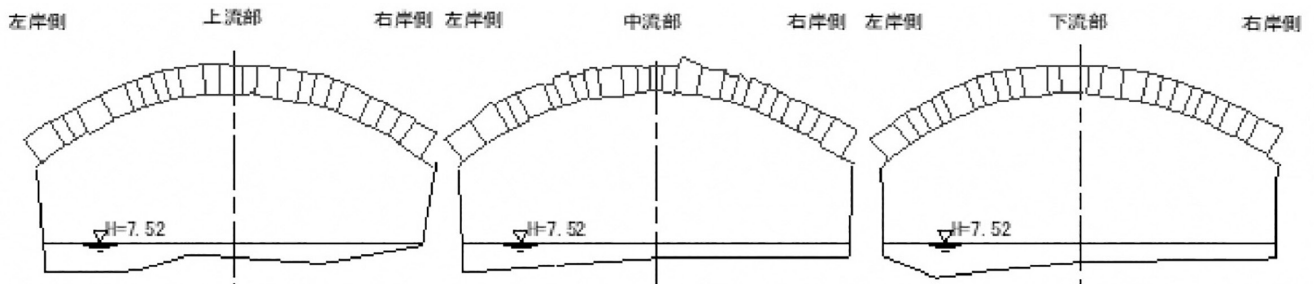


図-6 復元後の輪石形状



図-7 復元後の明治期の輪石

4. おわりに

復旧工事完了後、載荷試験が実施された。20トン車両の後輪荷重が静的に作用して鉛直変位は最大0.1mm程度、動的に作用しても鉛直変位は最大0.36mmであり、ほぼ通常の普通車両が利用する場合であれば構造的及び耐荷力的にも全く問題がないとの結果が得られ、現在市道として供用されている。

本工事は文化財石橋の修復工事であり、全国的

にも事例の少ない、輪石解体・復元による修復工事である。輪石形状の大きな変形の修復には輪石解体・復元が必須であるが、その難易度から修復を断念してしまうことも多い。本報告が参考になり、より多くの石橋が修復され、地域の宝である文化財が保護されることにつながることを願う。

最後に、本工事の施工に当たりご協力をいただいた関係者の皆様に感謝し、ここに御礼を申し上げます。

10 施工計画

CIM を用いた架設計画の検証と 供用中の道路の安全確保

日本橋梁建設土木施工管理技士会

エム・エムブリッジ株式会社

主事

村田 昭好[○]

主管

安増 豊紀

計画グループ長

松元 丈臣

1. はじめに

広島県の東広島市～広島市間の国道2号では、慢性的な交通渋滞が発生し、日常生活や経済活動の支障になっている。本工事は、この渋滞解消のために計画された東広島市八本松～安芸郡海田町に至る延長17.3kmの東広島・安芸バイパスの終点付近に位置する橋長146.6mの橋梁である。

架設地点は、交通量約15,000台/日の県道276号矢野海田線上に位置する3径間連続鋼桁橋であり、中央径間となるP43-P44間は日ノ出町交差点を跨ぐ形で位置する(図-1)。本稿は、交通規制を伴う道路上への鋼桁架設時の安全対策へのCIMモデル活用事例について述べるものである。

工事概要

- (1) 工事名：東広島バイパス海田高架橋6号橋鋼上部工事
- (2) 発注者：国土交通省広島国道事務所
- (3) 工事場所：広島県安芸郡海田町
- (4) 工期：令和2年8月8日～令和4年3月31日

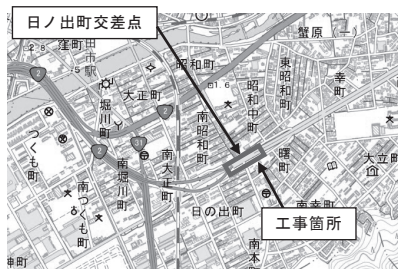


図-1 現場位置図

2. 現場における問題点

(1) 交差点上の架空線とクレーンブームの干渉

架設地点となる日ノ出町交差点には、橋梁と交差する約30本の架空線が敷設されており、関係先協議の結果、架空線は移設することができないとの結論に至った。そのため桁架設時にはクレーンブームと、桁架設後には桁や足場との近接・干渉が懸念された(図-2)。



図-2 架空線状況

(2) 架設時の俯角影響範囲の検証

供用中の道路上での架設となることから、桁架設時は夜間全面通行止め規制を行う必要があるが、現場周辺地区は道路幅が狭く、迂回路が確保できなかったため、交差点間を使用した夜間片側交互通行規制で作業を行うこととした。そのため、作業区域の俯角影響範囲と供用中の道路の位置関係を整理する必要があった(図-3)。

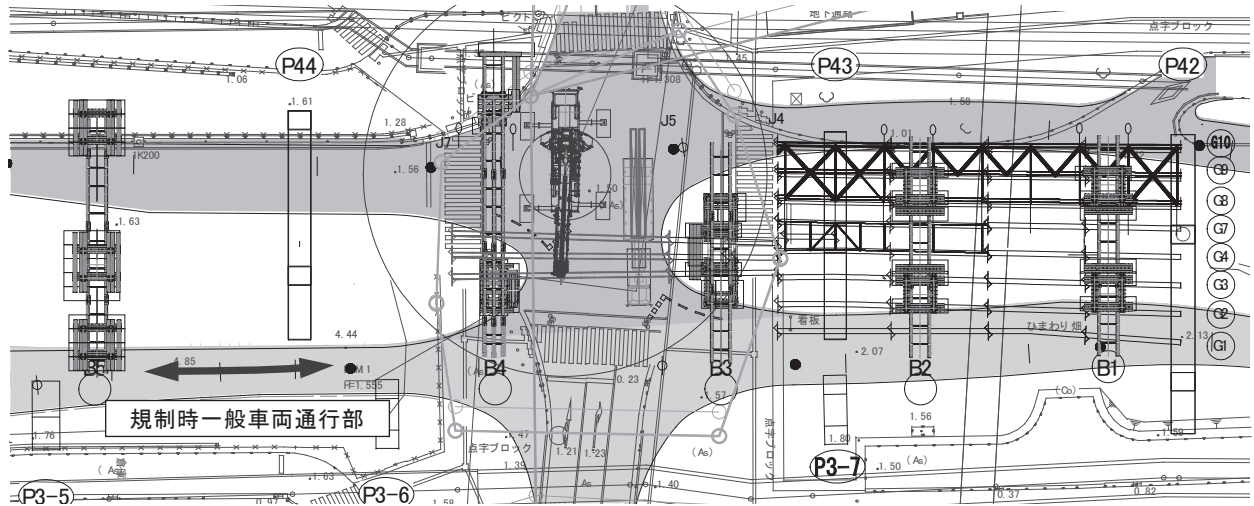


図-3 架設計画図（交差点上架設時）

(3) 一般通行車両からの視認性の確認

夜間片側交互通行規制により、一般通行車両は対向車線を逆走する場面が生じる。そのため、逆走する一般車両からの規制区域の視認性を確認し、走行時の安全性を確保する必要がある。

3. 工夫・改善点と適用結果

(1) 3Dスキャナによる現場地形・架空線測量

架設地点の地形、架空線位置を正確に把握する

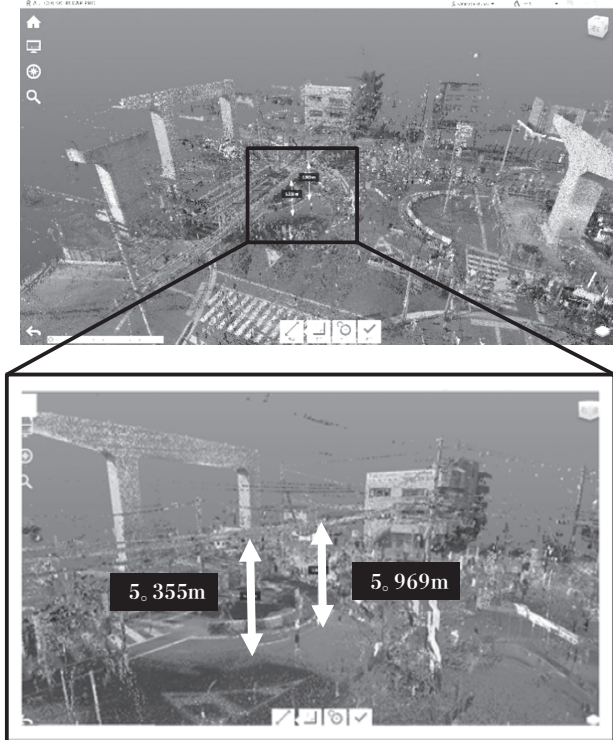


図-4 3Dスキャナによる点群データ

ため、3Dスキャナを用いて点群データを取得した。取得した点群データを図面化し、架設計画における基本図として活用した（図-4）。現地地形測量で取得した点群データと橋梁のCIMモデルを合成し、下記の項目について検証を行った。

① 架空線とクレーンブームの干渉

P43-P44の日ノ出町交差点は4辺が信号機の架線に囲まれており、尚且つ橋梁と交差する架空線が存在する（図-5）。この状態で、架設用クレーンを設置し、桁搬入・地組・架設を行う必要があった。

そのため、桁架設時のクレーンブームと架空線との干渉回避の検証が必要であった。この干渉確認として3DCAD上にてクレーンブームと点群データによる架空線との干渉確認を行った。

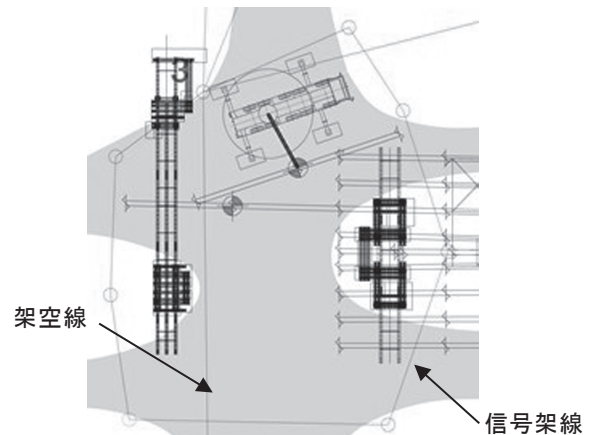


図-5 交差点上架設図

3次元データで検証した結果、十分な離隔を確保されていることがわかり、架設時の安全性に問題ないことが確認できた。

② 架空線と吊足場の干渉

現地測量で取得した点群データと別途作成したCIMモデルを合成することで、架空線と吊足場等の仮設備を含む橋体との空間的な位置関係を明確にした。その結果、吊足場との離隔を正確に把握することができ、通常は桁下約800mmの吊足場を桁下650mmと変更することで、吊足場と架空線との離隔を十分に確保でき、架空線に対する安全性を確保することができた(図-6)。

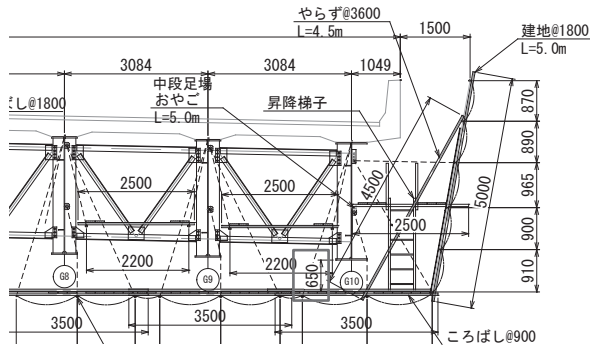


図-6 吊足場計画図

③ 架設時の俯角影響範囲の検証

俯角影響範囲の検証として、CIMモデルを活用し、架設ステップ毎に架設シミュレーションを行った。架設シミュレーションにより、実際には見えない架設作業時の俯角影響ラインを視覚的に把握することが可能となった。架設シミュレーションを行う前は、通行車両と架設地点が近接するため、通行車両が架設時の俯角影響範囲に入ってしまうことを懸念していたが、架設シミュレーションにより通行車両は俯角影響範囲に対し十分な離隔が確保していることが確認でき、架設時の俯角影響範囲に対する安全性を検証することが出来た(図-7)。

(2) 供用中の道路の安全確保

交差点を含んだ交通規制は、右左折が絡み複雑な規制形態となる。さらに本現場は交差点間での片側交互通行となり、通常の走行ルートから対向

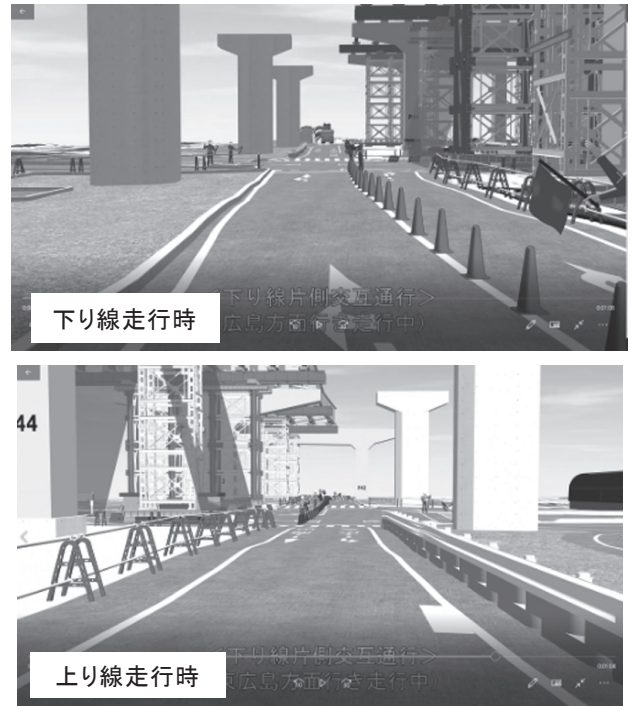


図-7 CIMモデルによる俯角影響確認

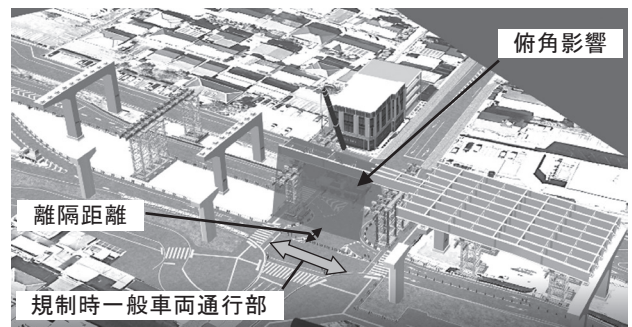


図-8 CIMモデルによる走行シミュレーション

車線へ入り逆走する走行ルートとなるため、通行するドライバーを混乱させる恐れがあった。そのため、架設シミュレーションで作成した3次元データを活用し、片側交互規制時の走行シミュレーションを行った(図-8)。この走行シミュレーションにより、ドライバーの目線を体験することができ、ドライバーが混乱しそうな箇所や道路形状を複雑に感じる箇所を事前に抽出することが出来た。走行シミュレーションにより抽出された箇所には分かりやすい看板や交通誘導員を追加で配置することで規制内を通行するドライバーの事故や混乱を未然に防ぐことが出来た。

また、走行シミュレーションで桁架設地点の真横を走行するドライバーの目線を体験することに

より、通常の2次元での規制図では把握することが難しい「走行時に不安や危険を感じないか」、「咄嗟にブレーキを踏み大事故を誘発する要因とならないか」といった人の感覚に起因する不安要素を事前に確認することが出来た。

また、雨天時の視界不良時を想定した走行シミュレーションも行い、晴天時では認識可能だが、視界不良時には危険となるポイントには規制材や誘導員を追加で配置し、照明器具の増設等により事前に対策を行うことができた。

(3) CIMモデルを活用した作業手順会議

夜間の作業内容には規制設置、架設クレーン進入、主桁搬入、主桁架設、クレーン離脱、規制撤去といった多くの作業がある。いずれの作業も規制解除の遅れに直結する重要項目である。そのため、夜間作業に従事する職員、作業員、ガードマンを含めた全員にCIMモデルを活用したシミュレーション結果を共有する事前教育を行った(図-9)。

規制パターンは大きく分けて、上り線・下り線の2パターン、ヤードとしては起点側ヤード・交差点部・終点側ヤードの3箇所あったため、規制パターンとしては6種類であった。

それらの多岐にわたる規制パターンをCIMモデルによる規制シミュレーションを用いた事前教育を行い、作業前に全員が規制全体のイメージを共有することで作業内容を明確に理解することが出来た。

また、桁や仮設物等の夜間搬入トラックやトレーラーにおいても、規制形態を把握せず現場に到着した場合、搬入ルートや搬入ゲートに戸惑い、後続の一般車両に影響を与える恐れがある。そのため、関係する輸送会社にはシミュレーションデータを配布し、運転するドライバーへの事前教育を行い、現場の規制形態・搬入ルート・搬入ヤードを理解できるようにした。

その結果、工事全体を通して規制トラブルに起因する交通開放の遅れはなく、第三者への交通影響を与えずに工事を完了させることが出来た。



図-9 CIMモデルによる教育実施状況

4. おわりに

本工事では、供用中の道路を夜間片側交互通行規制した条件下で桁架設作業を行った。さらに、架設条件として作業ヤード上空に30本以上の架空線が密集し、それらの移設が出来ない非常に厳しい条件下での桁架設作業であった。

しかし、CIMモデルと点群データを組み合わせた3次元データを用いて、供用道路への近接検証・架空線との干渉検証、架設シミュレーション、走行シミュレーションを行いあらゆる面から検討した結果、架空線との接触や通行車両との接触などの第三者事故を起こすことなく工事を完了することが出来た。また、これらのデータを用いて事前に関係者間での調整を入念に行うことで、周辺住民や供用道路を使用するドライバーからの苦情をもらうことも無かった。

本報告が同種工事の一助となれば幸いである。最後に本工事を施工するにあたり、ご指導・ご協力頂きました皆様に厚く御礼申し上げます。

11 施工計画

飯田線横川橋梁復旧工事の取組み

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本車輛製造株式会社

主任技術者

吉野 佑紀[○]

設計担当者

荒川 慎平

現場担当者

川瀬 翔太

1. はじめに

令和3年8月14日に長野県上伊那郡辰野町で24時間雨量278mmと観測開始以降過去2番目に多い大雨が降り、飯田線宮木駅から辰野駅間にある横川橋梁の中間橋脚（3P橋脚）が洗堀され橋脚が傾き、線路設備が損傷するという事象が発生した（図-1）。



図-1 被災状況

3P橋脚の基礎が洗堀され傾いたことにより、橋桁は水平方向に約620mm移動し、鉛直方向に約580mm沈下した。また、橋桁のねじれが左右の差で約300mm発生し、さらに軌道が「く」の字に曲がっていた（図-2）。

この損傷により、飯田線の伊那新町駅から辰野駅間で列車が不通となり、当該区間においてはバスによる代替輸送が行われ地域住民の生活に重大な影響が生じた。

被災直後、JR東海が現地調査を行い、災害復旧に向けて動き出した中で、中央本線南木曾や紀勢本線井戸川などの災害復旧や新幹線橋梁の大規

模改修の施工実績が認められて、復旧工事に取り組むこととなった。



図-2 設備損傷状況

工事概要

- (1) 工事名：飯田線 宮木・辰野間 横川橋りょう災害復旧工事
- (2) 発注者：名工建設株式会社
- (3) 工事場所：長野県辰野町伊那富地先
- (4) 工期：令和3年9月13日～令和4年3月31日

2. 現場における問題点

JR飯田線の一部運休により地域住民の生活に重大な影響が発生していたため、列車の早期運転再開が求められた。当初JR東海は令和3年12月末までに徐行運転での運転再開を実現させることを発表した。が、地元からの強い要望があり、協議を重ねた結果1.5か月前倒しの11月中旬に列車の運転を再開することが決定した（表）。

また、JR東海の現地調査の結果、橋桁のねじれは弾性域にとどまっており、大きな損傷もない

ことからそのまま使用することとなった。橋桁はJR東海の財産であるため、復旧工事により損傷させないように慎重に作業を行う必要があった。以上の事から、今回の工事では以下の2点が課題となった。

- (1) 鉄道利用者のためにさらなる工程短縮（仮開通の早期実現）
- (2) 橋桁の移動作業による損傷防止および安全対策の確保

表 目標工程

| | 2021.8 | 2021.9 | 2021.10 | 2021.11 | 2021.12 | 2022.1 | 2022.2 | 2022.3 |
|------|------------------|--------|-----------------|-------------------|------------------|-----------|--------|--------|
| | 豪雨発生 | | | 徐行運転再開 | | | 通常運転再開 | |
| 名工建設 | 調査・方針打合せ | | | 被災した橋脚の撤去及び新橋脚の設置 | | | | |
| | ヤード整備、河川清整、仮橋脚基礎 | | | | | | | |
| 日本車両 | 調査・方針打合せ | | | 橋桁のねじれ整正 | 仮橋脚設置・荷重装替、橋桁の整正 | 新橋脚への荷重移行 | 仮橋脚撤去 | |
| | | | 仮橋脚の設計及び施工計画の策定 | | | | | |

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 橋桁のねじれ整正

3-1-1 ねじれ整正の概要

工期が短く、早急に仮橋脚設置工事に取りかかっていたが、仮橋脚設置工事は河川内での工事となり、渇水期の9月末から5月の間しか作業が行えず、すぐに作業を開始することができない状況であった。また、再度豪雨、洗堀が発生した場合、橋桁自体の再利用ができなくなる恐れもあったため、まずは河川内に干渉しない範囲の作業として橋桁のねじれ解消を行い、損傷が大きくなるような対応を行った。橋桁の左右で高さ300mm程度の高低差が生じていたため、片側をジャッキアップし、すき間に架台を設置することにより橋桁を水平に戻す作業を行った（図-3）。



図-3 ねじれ整正状況

3-1-2 橋桁の損傷防止対策について

本復旧工事では、橋脚と橋桁が傾いている不安定な状態で施工をしなくてはならない。そのため安全性の検討を十分にを行い、対策を3つ立案した。

(1) 橋脚の強度推定

被災した3P橋脚は今から113年前の1909年に建設されたものであり、橋脚のコンクリートがズレ止めアンカー等の設置に耐えられるか事前に確認しておく必要があり、測定機械を用いて強度を推定調査した。結果として満足な値が得られることが判明した。

(2) 落橋防止設備の設置

コンクリート強度確認後、橋脚天端にアンカーを設置して落橋防止設備を固定した。ジャッキアップして橋桁を動かす作業において万が一橋桁が横滑りしても、落橋防止設備がストッパーとしての役割を果たすフェールセーフとした（図-4）。



図-4 落橋防止設備設置状況

(3) 橋脚沈下の動向確認

ジャッキアップ時に橋脚の沈下が進行することが懸念されたため、ねじれ整正を行うための事前作業として5mm程度地切りして橋脚の安定性を確認した。荷重を与えて戻すという行為を繰り返し、約半日間橋脚の沈下や傾きの計測を行った。沈下や傾きが発生していないことを確認して本作業に取りかかった。

3-1-3 橋桁整正作業について

上に記した3つの安全対策を行い、本作業のジャッキアップを行った。橋桁を持ち上げて架台を設置し、ねじれを解消した（図-5）。この作

業は橋桁を損傷させないことが重要な課題となっていたため、特に慎重に作業を行った。

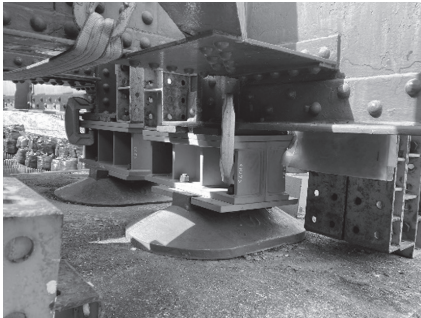


図-5 架台設置状況

3-2 仮橋脚の設計と施工計画の策定、現地施工

3-2-1 仮橋脚の設計について

傾いた橋脚を取り壊し、新しい橋脚を設置するまでの間、橋桁を支える仮橋脚の設置が必要であった。仮橋脚の設計の課題は、安全運行のために橋桁と仮橋脚のたわみを4mm以内に抑えることであった。通常の新橋架設で用いる門型仮橋脚ではたわみを抑えることが困難であったので、過去の災害復旧の経験を踏まえて自社機材を用いてH鋼を組み合わせ、たわみが発生しにくい独立構造の仮橋脚を提案し採用された(図-6)。

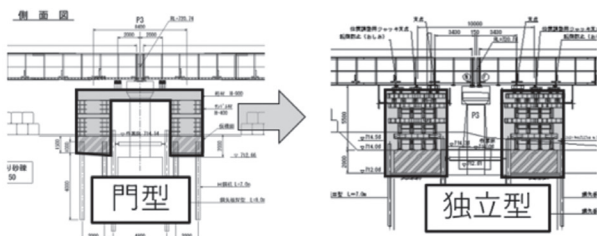


図-6 仮橋脚の設計

3-2-2 施工計画の策定から現地施工について

施工計画に関しては、工程短縮が求められていたため、人員を増やして2班体制とし、クレーンも2台使用することで効率よく作業を行えるように立案した。この工事では、既設の橋桁直下に仮橋脚を設置する必要があり、クレーン作業時は橋桁が障害物になり作業が困難であった。対策として長尺かつ重量が重い鋼材の設置作業についてはカウンターウェイトとして別の鋼材を取付けた。重心をずらして設置をすることにより、鋼材と橋桁の接触を防止すると共にクレーン1台で設置を

行うことが可能となり、クレーン2台をフル稼働して作業することができ工程短縮につながった。もう一つの工程短縮の工夫として、人力でH鋼を運搬できる工具を利用して作業を行った。これによって、クレーン作業の時間を削減し、クレーンを効率的に運用することができた。

また、現地調査で工事車両出入りが狭く、急こう配であったため、大型トレーラーでの機材搬入が困難であった。そこで、クレーンをもう1台手配し、坂の上から大型トレーラーの荷を荷卸しすることで、機材の搬入を可能にした。機材の搬入計画を綿密に練って作業に支障が出ないようにした。

3-2-3 平面位置調整及び荷重移行

仮橋脚を設置した後、送り装置を用いて橋桁をジャッキアップし桁の平面位置を調整した(図-7)。

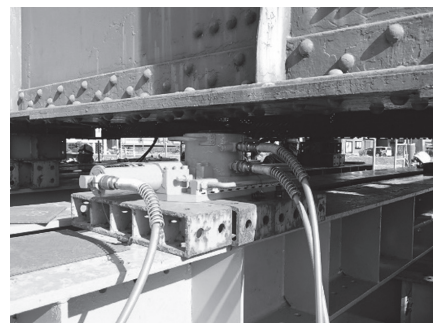


図-7 送り装置設置状況

この時に橋桁が横滑りし、損傷させることが考えられたため、落橋防止設備を設置し特に慎重に作業を行った。また、高さについても調整した。この時、線路上で高さや位置の計測を同時に行い、列車の運行に支障が出ないように1mm単位で精度を管理した(図-8)。その後ジャッキから仮橋脚に荷重を移行し、3P橋脚の解放を完了。列車を運行させる前にJR東海の保守用車で荷重試験を行い、線路や橋脚に異常がないかを確認した。このように慎重かつ確実に復旧工事を進め、令和3年11月15日の始発列車より、仮開通となった。しかし仮橋脚で荷重を受けることとなるため、通常よりスピードを抑えた徐行運転での再開となった。



図-8 線路設備復旧

3-3 新設橋脚設置後の作業について

3-3-1 仮橋脚から新設橋脚への荷重移行

仮橋脚の設置から荷重移行までが完了したあと、元請業者により新設橋脚が設置された。この新設橋脚に仮橋脚から荷重を再度移し替えることにより、今回の復旧が完了となる。

この荷重移行工事は、列車の運行に支障がないよう令和4年2月23日夜間に、線路閉鎖作業で実施することになった。同工事の懸念事項として、冬季の夜間作業のため鉄板やH鋼が凍結して撤去できないことが挙げられた。夜間作業は線路閉鎖で行うため、一つのミスで作業を中止せざるを得ない可能性がある。そのため作業手順とタイムスケジュールを綿密に立案した。

凍結対策として薬剤散布やガスバーナーの配備を行う等、事前打合せを滞りなく実施した結果、予定より早い時間で作業を完了することができた。荷重移行後も仮開通時と同様に荷重試験を行い、朝一番の初列車の通過で異常がないことを確認した後、徐行運転を解除し、令和4年2月24日より通常速度での本開通とすることができた。

3-3-2 仮橋脚解体

本開通後、役目を終えた仮橋脚の撤去作業をおこなった。撤去作業は組立時と違い、架空線があるため作業性が悪い。組立時は鋼材を1本ずつ設置したが、解体時は複数本をブロックとして解体する計画を立案した。

鋼材単体は専用のH鋼運搬工具を用いて桁下からクレーン旋回範囲に移動させて撤去を行った。ブロックで撤去する鋼材は、あらかじめ地上に設置した軌条設備にクレーン2台の相吊りで乗せ、

横移動させた後、単体に解体した(図-9)。

解体した機材は、衣浦製作所(機材センター)に返却する鋼材とスクラップとして売却する鋼材があった。大型トレーラーとトラックで20台近くの数量があったので、関係各所と綿密に搬出計画を練った。

仮橋脚解体後には次工程の他業者が控えていた厳しい工程であったが、スムーズに引き渡すことができた。



図-9 相吊り状況

4. おわりに

本工事の最重要課題であった工程短縮について、1.5か月の短縮を図り、無事に列車を運行させることができた(図-10)。

この地域では地元の学生や通勤に列車を利用している方が運転再開を待ち望んでいたという声もあり、早期復旧という要望に大きく貢献することができたと考えている。



図-10 復旧後全景

最後に、本工事を施工するにあたり、ご指導並びにご協力頂いた関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

12 施工計画

狭隘な作業空間における 耐震補強工事の施工上の工夫

日本橋梁建設土木施工管理技士会

エム・エムブリッジ株式会社

計画担当

岡村 真由[○]

工事担当

茂木 秀介

設計担当

新地 洋明

1. はじめに

本工事は、緊急輸送道路に指定されている国道296号を跨ぐユーカリが丘線における鋼橋部（B-3橋）の耐震補強工事である（図-1）。本工事では、既設橋脚の耐震性向上を目的とした柱部の鋼板巻き立てと粘性ダンパーの設置及び落橋防止システムの追加として落橋防止装置・移動制限

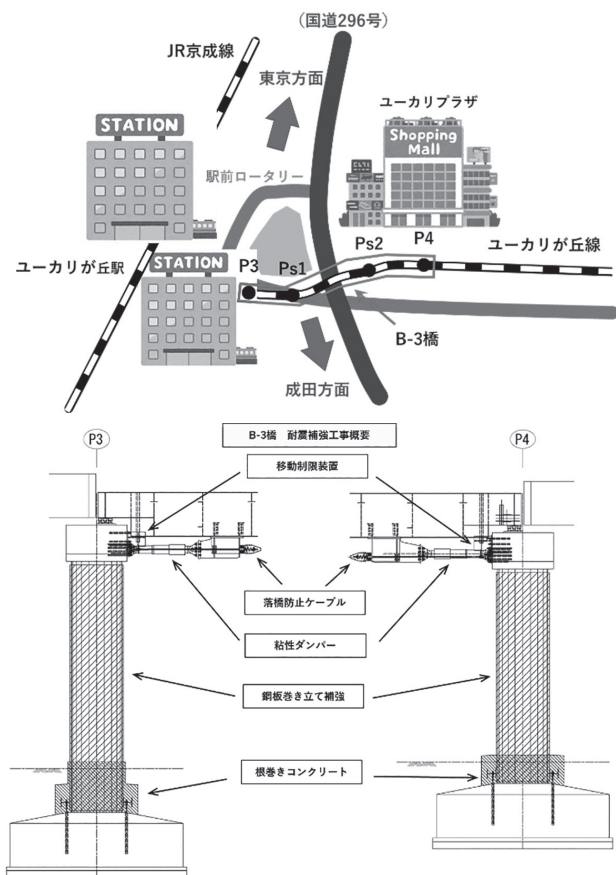


図-1 位置図と耐震補強工事の概要

装置の設置を行った。本稿では、狭隘な施工条件下における耐震補強工事の施工上の工夫について示す。

工事概要

- (1) 工事名：ユーカリが丘線 耐震補強工事 (P3・P4)
- (2) 発注者：光陽株式会社／山万株式会社
- (3) 工事場所：千葉県佐倉市ユーカリが丘4丁目
- (4) 工期：令和3年4月22日～10月31日

2. 施工における問題点

B-3橋は写真（図-2）の通りユーカリが丘線と京成線ユーカリが丘駅前のロータリーに位置しており、人通りが多く、耐震補強を行うP3橋脚は、ユーカリが丘駅高架下で供用されている既設店舗内の入口付近にあり、既設店舗内での施工については以下の問題点があった。



図-2 現場写真

- (1) 既設店舗による施工条件の制限

耐震補強部材および落橋防止装置を取り付けるP3橋脚とB-3橋の端支点部は、既設店舗内に位

置しており、駅舎地盤側では既設店舗の地中梁がP3橋脚に近接していた。駅舎上方では既設店舗の屋根より上に落橋防止装置、粘性ダンパー、及び変位制限装置を取り付ける必要があった。図-3のようにそれぞれの施工スペースの制約として、駅舎地盤側ではP3橋脚の柱と既設店舗の地中梁の離隔が最小160mmと近接しており、下部工の耐震補強部材の搬入および設置に工夫が必要であった。また駅舎上方では既設桁下端から屋根までの高さ方向の作業スペースが平均1m（最小862mm）に対して、上部工付のブラケット（以下、ブラケットと称す）の高さは650mmとなっており、ブラケットを取付けるための余裕代は350mmしかなく、ブラケットやダンパーなどの

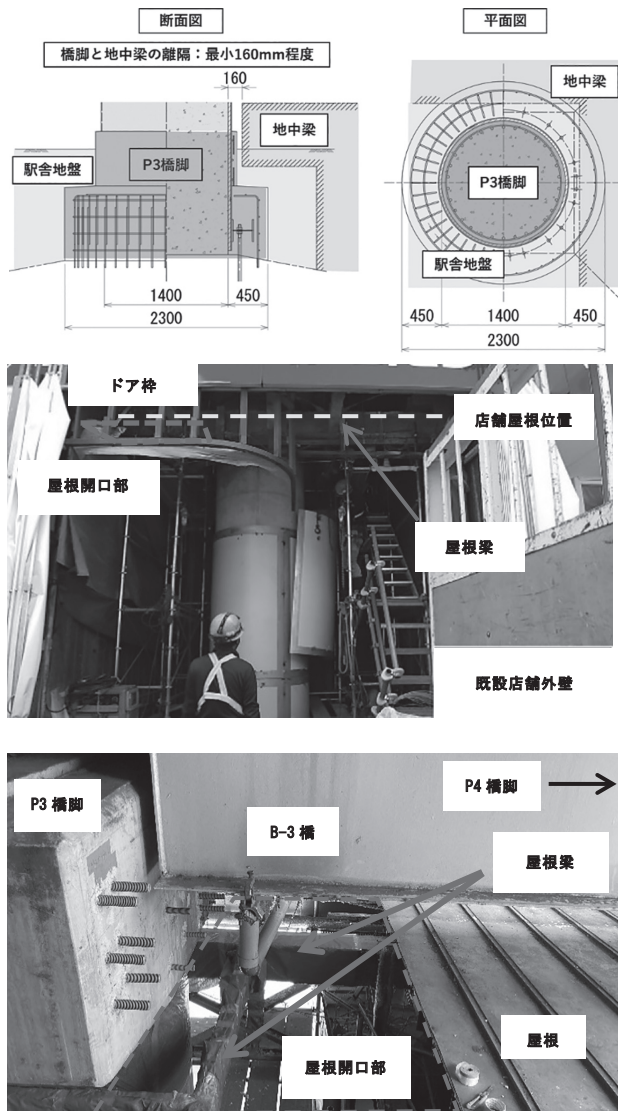


図-3 施工位置の状況

部材搬入、および部材設置に課題があった。

また、既設店舗入口の自動ドアに使用されている特殊ガラスを再利用する計画であったことから、耐震補強後の復旧に配慮して店舗内の橋脚付近の屋根梁や地中梁および店舗外壁は可能な限り切断撤去しない必要最小ヤードでの施工が求められた。

(2) 既設部材に対する強度上の制限

ユーカリが丘駅は1982年（昭和57年）に開業しているが、当時の店舗の図面等の設計図書がなく、施工計画時に屋根の耐荷重の確認ができなかった。そのため、安全性に配慮して屋根にブラケットを直置きしない計画にする必要があった。

3. 工夫・改善点と適用結果

(1) 鋼板巻き立てのブロック分割と施工要領

既設橋脚の耐震補強として設置する柱部の鋼板巻き立て部材のブロック分割を図-4に示す。店舗内作業を考慮して鋼板巻き立て部材は半割れ構造とし、ブロック長は、基部を575mm、その他を2060mmの計8分割の小割構造とした。鉛直方向のシーム位置については、地中梁や足場が近接する部位があるため、どちらの溶接線も現場溶接の施工が可能なように配置（向き）を決定した。

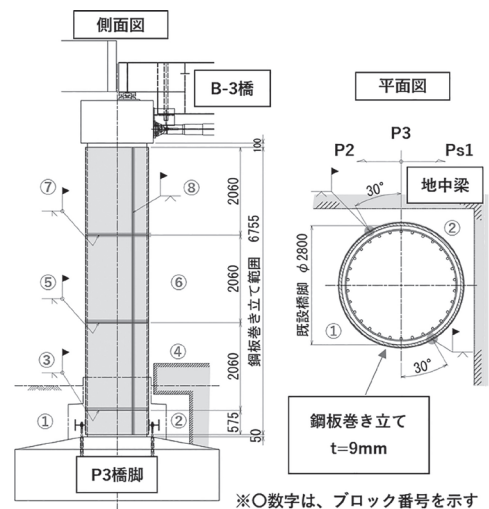


図-4 鋼板巻き立てブロック割

施工要領を図-5に、架設状況を図-6に示す。

鋼板巻き立て部材の搬入は4tユニックを使用し、店舗入り口の屋根梁に干渉しない高さで店舗

内へ取り込み、ブーム延伸にて脚位置まで移動させた。基部のブロックについては、橋脚周りの掘削開口部内に部材を降ろし、旋回させ所定の位置に引き込み設置した。その他のブロックについては、別途橋脚の梁部に設けた吊設備（アイボルトとチェーンブロック）に盛替えた後、ウィンチで所定の位置まで吊上げ設置した。鋼板巻き立て部材の仮固定は、鋼板巻き立て部材の架設前に既設コンクリート柱へ雌ネジタイプのコンクリートアンカーを施工しておき、パネル継手部の目違いやルトギャップを調整しながらパネル四隅を全ネジボルトで固定した。既設コンクリート柱と鋼板巻き立て部材の隙間30mmの間に無収縮モルタルを注入することで定着を図るため、隙間確保のため仮固定にあたってはパネルの裏側にスペーサーを配置し、離隔を確保できるように工夫した。

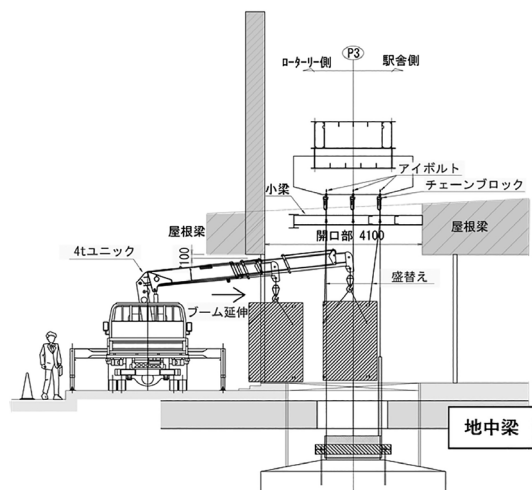


図-5 鋼板巻き立て施工要領



図-6 鋼板巻き立て架設状況

(2) 柱基部の根巻きコンクリート

柱基部まで鋼板巻き立ての補強部材が配置され、土中に埋設される区間があるため、巻き立て鋼板の防錆に配慮して駅舎地盤より上方200mmまで根巻きコンクリートを施工する必要があったが、橋脚の柱部が地中梁に近接する区間があり、根巻きコンクリートを施工するのに十分な空間が確保できない箇所があった。

そのため、根巻きコンクリートが施工できない区間について、コンクリート断面修復材にて巻き立て保護する計画とした。柱基部の根巻きコンクリート構造を図-7に示す。

コンクリート断面修復材施工部は、巻き立て鋼板側にズレ止め鉄筋を溶接で取付け、断面修復材の厚みが61mmと薄くなるためひび割れ防止を目的としたハイパーネットを敷設した。また狭隘部の施工のため、コテ仕上げにてコンクリート断面修復材を施工した。

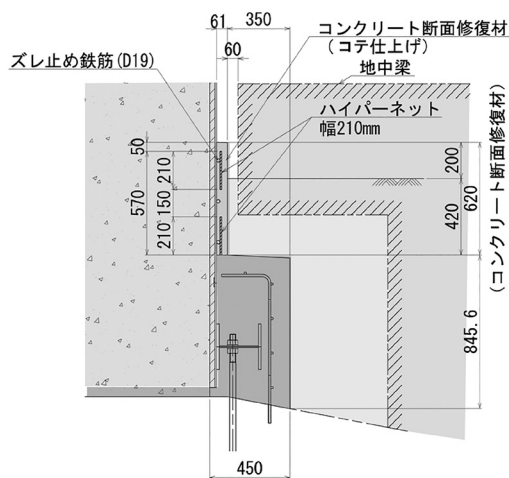


図-7 柱基部根巻きコンクリート構造

(3) プレントロリ運搬設備による部材設置

粘性ダンパー（365kg）と粘性ダンパー用ブラケット（674kg）はユニック車で既設店舗内に吊り込み、図-8のように、既設桁に設置したプレントロリ（吊能力1.0t）で、屋根梁で区切られた屋根開口部から屋根上の既設桁底面まで吊り上げる計画とした。プレントロリは4台配置し、屋根上の作業スペース内に粘性ダンパー用ブラケットと粘性ダンパーを同時に吊り上げ可能な構造とした。

部材設置要領としては、粘性ダンパー用ブラケットを先行して吊り上げ、作業スペース内に取り込み、橋脚から離れた場所へ退避させた後、同様の方法で粘性ダンパーを吊り上げ、粘性ダンパー用ブラケットとともにプレントロリで所定の取付位置まで橋軸方向に再度移動させ、微調整しながら同時に橋脚への設置を行った。

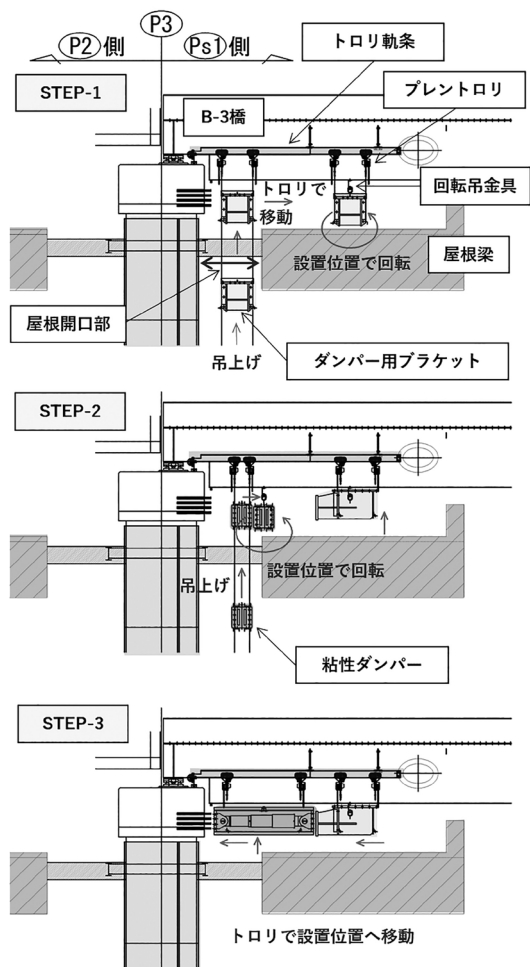


図-8 粘性ダンパー設置計画図

(4) 既設屋根への部材載荷回避対策

既設屋根の開口部形状を拡げることができず、尚且つ既設屋根への部材仮置きができない施工条件であったため、部材を屋根上へ吊り上げた状態で、90度回転させ所定の向きにする必要があった。このため、部材回転機構としてB-3橋の橋桁底面に仮設材を介して自在型アイボルトを取付け、回転架台を設置した(図-9)。更に回転架台を用いて橋軸方向にプレントロリで移動できる構造となる様に工夫した。これにより部材を吊架台から

回転架台へ盛替えることで、吊架台を部材から取り外し、部材の橋軸方向の移動を可能とした。



図-9 部材回転機構

(5) 適用結果

既設店舗内の施工という特異な制約条件の中、鋼板巻き立てによる耐震補強については、前述のブロック割の工夫と部材搬入、吊設備の工夫により、既設店舗の限られた施工スペースを拡大することなく、施工完了することができた。なお狭隘部における巻き立てコンクリートの施工については、コンクリート断面修復材の採用により土中部における巻き立て鋼板の防錆性能としての品質を確保できた。

また既設店舗屋根の強度上の制限については、部材運搬設備や部材回転機構を備えた設備を追加する工夫で既設部材への負担を最小限に落橋防止システムの追加施工を完了することができた。

これらの対策と工夫により、狭隘な施工空間の中でユーカリが丘線の運行や歩行者に対して影響を与えることなく、B-3橋、およびP3・P4橋脚の耐震補強工事を完遂できた。

4. おわりに

本工事は、狭隘な空間で様々な制約条件を満たすように設計上および施工上の検討を重ね、緻密に計画を行った結果、契約工期内に無事故で施工を終えることができた。

最後に本工事の施工にあたり、ご指導いただいたユーカリが丘線と高架下店舗運営の山万株式会社、光陽株式会社および関係各位に深く感謝いたします。

13 施工計画

新川橋旧橋トラス桁および合成鈹桁の解体について

日本橋梁建設土木施工管理技士会

宮地エンジニアリング株式会社

現場代理人

監理技術者

平野

嘉一〇

南

智博

1. はじめに

新川橋は、秋田県を流れる旧雄物川に架かる市道川尻新屋線で1963年（昭和38年）に建設された橋長97.85mの鋼単純曲弦ワーレントラス桁（下路式）（L=64.36m）と鋼単純合成鈹桁橋（L=32.00m）の2径間からなる道路橋である（図-1・2）。

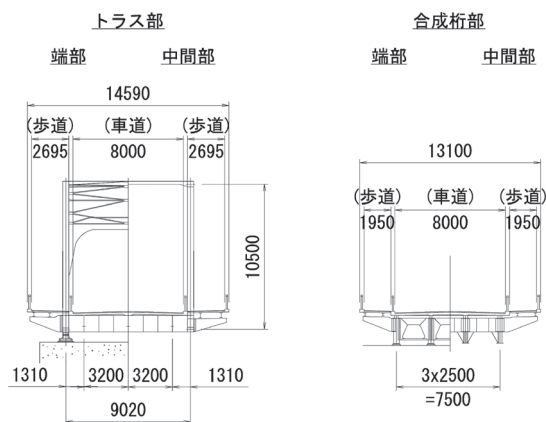


図-1 旧新川橋復元断面図

本工事は、新川橋の新橋開通に伴う旧橋上部工の撤去工事であり、本稿は老朽化に伴う損傷や既存資料の不足を考慮した上で、橋梁を安全に撤去するための課題とその対策について述べるものである。

工事概要

- (1) 工事名：令和3年度市道川尻新屋線新川橋旧橋撤去工事（上部工）
- (2) 発注者：秋田市
- (3) 工事場所：秋田県秋田市川尻若葉町地内
- (4) 工期：自) 2021年6月29日
至) 2022年11月20日

2. 施工方法

トラス桁の解体は、部材の一部を撤去することにより構造の不安定化を招くことから解体順序や応力状態を事前に検討する必要がある。

旧橋の撤去方法としては架橋地点から大型ク



図-2 旧新川橋撤去前

レーン等により一括で吊り上げ、ヤード内で分割解体作業を行う工法が最も効率的であるが、本橋のトラス桁重量は約125tあり、旧橋に隣接して既に新橋が供用していることから撤去用の大型クレーンや一括で撤去した桁を仮置くヤードの確保が困難であった。よって、本工事では「架設桁吊り込み工法」を採用した。

架設桁吊り込み工法は、トラス橋の主構間に下部工で支持した架設桁を設置しトラス桁を吊り込むことで、トラス桁を無応力状態として小解体していく工法である（図-3）。



図-3 架設桁設置状況

また、トラス桁の解体には架設桁上にトラベラクレーンを搭載した台車設備および解体した部材をヤードへ運ぶ運搬台車設備を用いて行った（図-4）。



図-4 クレーン台車設置状況

トラス桁の解体完了後、鋳桁部の解体を行った。鋳桁は本来、床版コンクリート撤去時のジベル撤去が難しいことに加えて、本橋は合成桁であることから床版撤去により桁の有効断面が減少し、1主桁ずつ撤去する場合、吊り上げ時に横倒れ座屈等が懸念される。よって、2主桁同時で横桁を取付けたまま箱桁形状にした状態での450t吊

油圧クレーンを用いた一括撤去を行う工法を採用した（図-5）。



図-5 鋳桁部撤去要領図

3. トラス桁撤去における問題点と対応策

(1) 下部工耐力の設定

トラス桁撤去に先立ち、桁を吊り込む架設桁の構造を決定するにあたりトラス桁の死荷重を架設桁へ移行した際、既設下部工が支点となることから荷重反力が下部工耐力を超過しないことを確認する必要がある。しかし、本橋の当初設計における下部工耐力が不明瞭であり、老朽化により支承部や鋼管杭の損傷・腐食等による支持力の低下が懸念された（図-6）。



図-6 P1橋脚現況

そこで、安全対策として活荷重は考慮せず、現況で下部工に荷重されている上部工死荷重を各下部工の耐力に設定した。さらに、トラス桁撤去に先行してトラス桁部の歩道ブラケット・アスファルト舗装・床版コンクリートを可能な限り撤去とした。

また、架設桁吊り込み時の残死荷重を極力減らすため下部工を共有する合成鋳桁部の歩道ブラケット・アスファルト舗装・床版コンクリートについても先行して撤去とした。

検討の結果、表のとおり各下部工に荷重することが可能な反力を設定した。

表 下部工耐力照査 (t)

| | A1 | P1 | | A2 |
|--------|-----|------|------|------|
| | | トラス側 | 鈑桁側 | |
| 上部工死荷重 | 267 | 267 | 135 | 135 |
| 残死荷重※1 | 0※2 | 0※2 | 45※3 | 45※3 |
| 荷重可能反力 | 267 | 267 | 89 | 89 |

- ※1. 歩道ブラケット、アスファルト舗装、床版コンクリート撤去。
- ※2. A1-P1径間の鋼桁は架設桁に移行するため考慮しない。
- ※3. P1-A2径間はフランジ上の床版コンクリートのみ残置する。

(2) 下部工耐力超過の防止対策

本施工において、下部工に大きな反力が載荷するタイミングは大きく分けて2回予想された(図-7)。

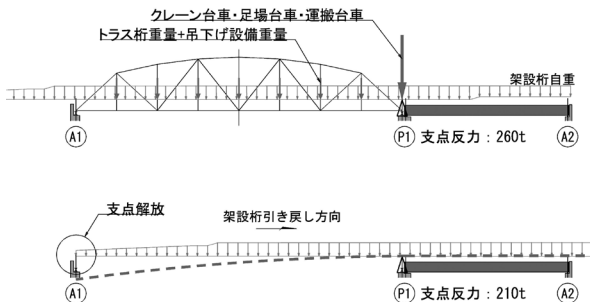


図-7 P1橋脚支点反力検討図

1回目は、トラス桁吊り込み後、台車設備一式が架設桁上に載った状態である。トラス桁の解体はヤードの関係上A2橋台からA1橋台に向かって行う必要があり、図-7のとおりトラス桁撤去開始時はP1橋脚支点上に台車設備が載荷する状態となる。検討時の作用反力は260tとなった。

2回目は、トラス桁の撤去完了後、架設桁を解体するためA1橋台からA2橋台に向かって引き戻す際、架設桁がA1橋台から支点解放となるタイミングである。架設桁がP1橋脚を支点とした張り出し状態となる時で検討時の作用反力は210tとなった。

表のとおりP1橋脚の鈑桁側の床版コンクリートは先行撤去したものの主桁は残置しているため荷重可能な反力が89tしかなく、なるべくトラス桁側で荷重を受ける構造とする必要があった。

下部工耐力超過防止対策として、P1橋脚に設置する油圧ジャッキをトラス桁側と鈑桁側の2箇所に分け、油圧ジャッキ1箇所あたりが受け持つ荷重を減らす構造とした。また、トラス桁側の油圧ジャッキには100t仕様を、鈑桁側のジャッキには50t仕様を設置し同圧管理を行うことで、規格値以上の油圧(反力)が入らない構造とした。

また、架設桁の引き戻し作業には各下部工に設置したスライドベースおよびトラニオンジャッキを用いて行った。スライドベースとトラニオンジャッキを用いた送り装置は本来1m毎の引き戻しが可能な構造である。本工事では引き戻し時にスライドベースがトラス側から鈑桁側に荷重が移動する。このため1mの引き戻しを行うと、引き戻し反力のほとんどが鈑桁側に載荷されてしまうタイミングが発生し設定した下部工荷重可能反力を超過することとなる。

よって、架設桁引き戻し時にP1橋脚に載荷する支点反力が120t未満の場合は750mm毎の引き戻しを行うが、120tを超える場合は引き戻し量を250mmに制限することで、引き戻し時の反力がほとんどトラス桁側に載荷する状態で行うようにした(図-8・9)。

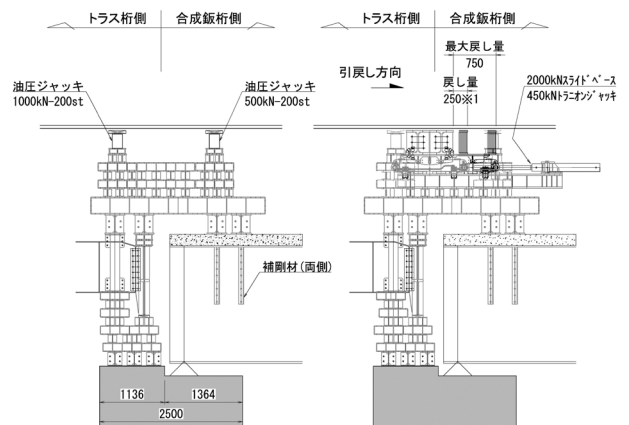


図-8 P1橋脚上設備図

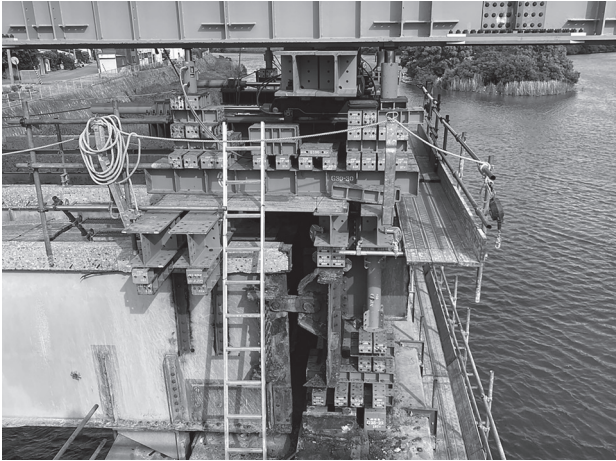


図-9 P1橋脚上設備組立状況

(3) 架設桁吊り込み時のたわみ対策

トラス桁を吊り込み、架設桁へ荷重を移行した際、架設桁にたわみが発生することでねじれ等による予期せぬ断面応力が発生することが懸念された。このため、架設桁の構造検討にはトラス桁吊り下げ時のたわみ量も考慮し抑える必要があり、本工事では過去の工事実績から支間長に対して1/300以内のたわみ量となるよう設定した。

架設桁のたわみ量を軽減するには架設桁の断面剛性を上げることや主桁数を増やすことが一般的に挙げられるが、その分架設桁の自重が増加する。本工事では下部工反力を載荷可能反力内に抑え、なおかつ、たわみ量を軽減する架設桁構造を選定する必要があった。

検討の結果、架設桁の主桁数を2主桁とし架設桁の両端を約30mずつ延長した。これにより延長部の架設桁自重がカウンターウエイトの役割を果

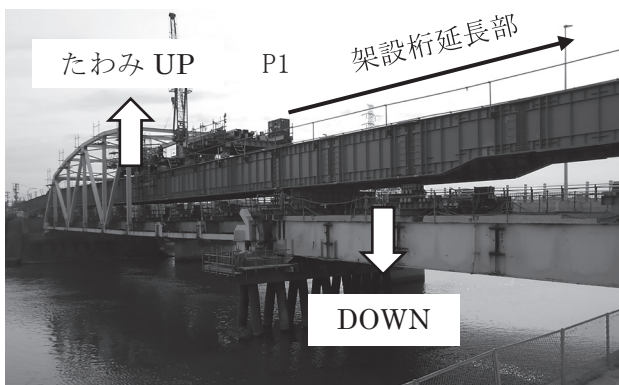


図-10 トラス桁撤去状況

たすためトラス桁吊り込み部が持ち上がりたわみが軽減される構造とした(図-10)。

また、作業ヤード範囲により延長が可能な架設桁の長さには制限があったことから架設桁の両端部延長だけではたわみ量を支間長に対して1/300以内に収めることが出来なかった。よって、架設桁の先端に更なるカウンターウエイトとして敷き鉄板を設置した。

4. 合成鉄桁撤去における問題点と対応策

(1) 床版撤去におけるジベル切断

前述のとおり鉄桁の床版撤去ではジベルの撤去が難しく、本桁では設計当初の資料により上フランジ面に馬蹄形のスタッドが240mm間隔で設置されており、床版コンクリート撤去時にこのスタッドを切断するのは非常に難しく時間を有してしまふことが予想された。よって本工事では、上フランジ面のコンクリートは残置することでスタッドの切断を回避し、なおかつ床版撤去による桁断面剛性の低下を抑え合成を確保する計画とした(図-11)。



図-11 合成鉄桁床版撤去完了状況

5. おわりに

本工事は無事に上部工の撤去を完了することができた。今後橋梁の更新工事が増加することが予想される中、本工事が参考になれば幸いである。

最後に、本工事の施工にあたりご協力頂いた工事関係者の皆様に深く感謝し、誌面をお借りしてお礼を申し上げます。

14 施工計画

多軸式特殊台車による一括架設工法

日本橋梁建設土木施工管理技士会

株式会社駒井ハルテック

工事担当

渡邊 恵子[○]

工事担当

伊藤 将仁

監理技術者

藤長 康弘

1. はじめに

本工事は、三重県内の主要幹線道路である国道23号の渋滞解消を目的に計画された中勢バイパスのうち、起点部の国道現場状況23号から県道および市道を跨ぐ高架橋の製作・架設工事である。

本橋は、交通量の非常に多い国道23号の中央分離帯および交差点上での架設作業となることから、一般交通への影響を最小限に抑える桁架設工法とする必要があった。P2-P3間およびP4-P5間は、**図-1**に示すように国道23号の交差点上に位置するため、多軸式特殊台車（以下、「多軸台車」いう）による一括架設工法を採用した。

本稿では、多軸台車を用いた一括架設工法における、一般交通への影響を最小限に抑えるための課題と対策、また、各径間を分断して架設することによる出来形精度の確保について述べる。

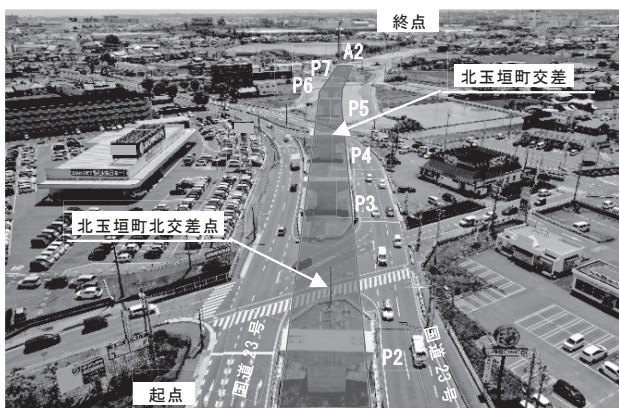


図-1 現場状況

工事概要

- (1) 工事名：令和元年度
23号北玉垣高架橋鋼上部工事
- (2) 発注者：国土交通省 中部地方整備局
三重河川国道事務所
- (3) 工事場所：三重県鈴鹿市北玉垣町地内
- (4) 工期：(自) 令和2年1月25日
(至) 令和4年1月25日
- (5) 橋梁形式：鋼8径間連続非合成箱桁橋

2. 現場における課題・問題点

2-1 P2-P3間の一括架設における課題

当初、P2-P3間の鋼桁は、P5-A2間の施工ヤード内で組立てを行った後に多軸台車に搭載し、架橋位置まで運搬する計画であったが、運搬経路上に信号機等道路付属物が多数あり、撤去および復旧には長期の交通規制が必要となる。そのため、交通規制日数の短縮が課題であった。

2-2 P4-P5間の一括架設における課題

施工ヤード内で地組立てしたブロック長75m、重量500tの鋼桁を、最大積載重量750tの多軸台車に搭載し、交差点上まで運搬したのち、先行桁に連結を行う。本径間の一括架設では先行桁への連結完了が交通規制解除の条件であるため、所定の時間までに連結作業を開始することが課題であった。

2-3 出来形精度の確保における課題

本橋梁は連続桁だが、各径間を分断して架設する上での架設ステップに応じた製作キャンバーは

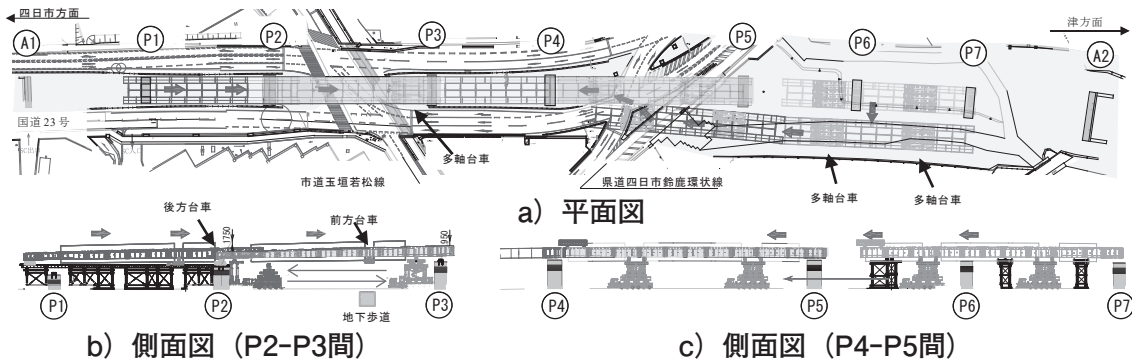


図-2 架設計画図

考慮されておらず、鋼桁のたわみ量は完成系で設計されていた。そのため、一括架設桁のたわみ調整による出来形精度の確保が必要であった。

3. 対策と適用結果

3-1 P2-P3間の一括架設における対策

A1-P2間の中央分離帯に縦送り構台を設置し、その上に鋼桁を地組立て、多軸台車で縦送る工法を採用した。地組した鋼桁は、多軸台車で受け替えができる位置まで油圧ジャッキを用いて送り出し、P2橋脚から張出した鋼桁の下にP3橋脚手前で待機している多軸台車をP2橋脚側へ移動させて鋼桁を受替え、交差点内を走行して鋼桁の縦送りを行う計画とした。運搬経路を変更したことで、長期間必要であった通行規制を1夜間に短縮することが可能となった。また、上記と併せて縦送りおよび桁降下を円滑に行うため、以下を実施した。

(1) ボックスカルバート（地下歩道）の補強

図-2に示すように多軸台車が、交差点に埋設されているボックスカルバート（地下歩道）上を走行するため、地下歩道の照査・補強の検討を行った。地下歩道に対して多軸台車の載荷位置が変化することから、図-3に示す3つの載荷パターンで解析を行った。この結果、載荷パターン2の応力超過が著しいため、この載荷条件での支保工に作用する軸力を必要支持力とし、これを満足する支保工を配置する補強を行った。これにより、地下歩道の耐力を十分に確保でき、多軸台車が安全に走行できた。補強状況を図-4に示す。

(2) マルチユニットリフトによる桁降下

縦送り構台は、逸走リスク低減のためレベル構造とし、鋼桁は両支点の高低差1.4mをなるべくレベルに近づけるため後方側を1m下げて地組した。このため、縦送り完了時の桁降下量がP2:1,750mm、P3:950mmとP2側が800mm高く、P3橋脚側と同じ降下量まで降下するには、高降下量の桁降下が必要となる。そこで、P2橋脚側の桁降下設備に最大揚重能力200t、ジャッキストローク最大5.4mのマルチユニットリフト4台（図-5a）を採用し、連続降下を可能とした。さらに、P3橋脚側の多軸台車上のユニットジャッキ（図-5b）と併用して交互に降下することで、桁降下の円滑作業が可能となった。

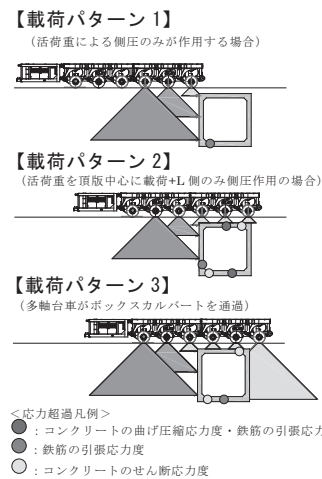


図-3 地下歩道への載荷図 図-4 地下歩道補強



a) 補強状況

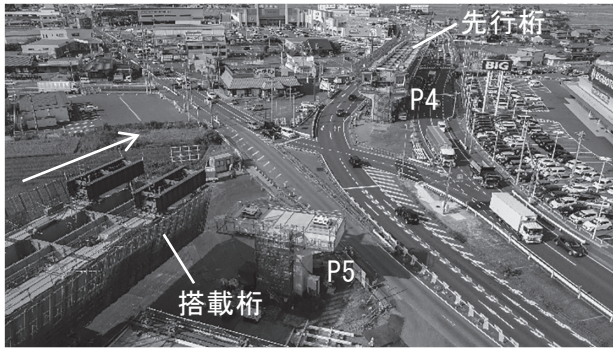


b) 補強組立状況

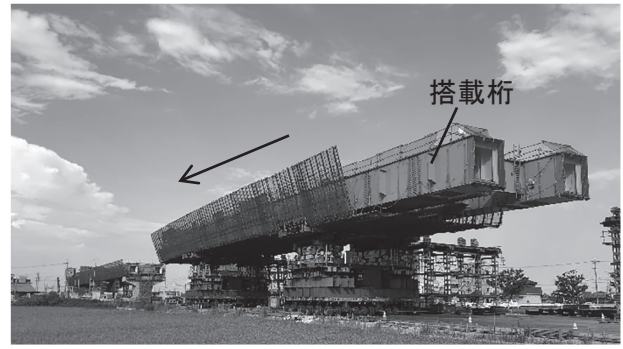


a) マルチユニットリフト b) ユニットジャッキ

図-5 桁降下設備



a) 架橋位置 (交差点部)



b) 多軸式特殊台車搭載状況

図-6 現地状況 (P4-P5間一括架設前)

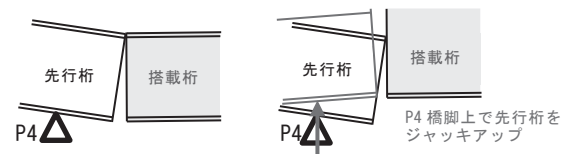
3-2 P4-P5間の一括架設における対策

一括架設時の連結作業では仕口合わせに時間を要するため、リターンポイント（仕口合わせが完了しなかった場合に搭載桁をヤードに戻す時間）までに連結作業を開始することが重要である。そのため、多軸台車の走行から連結作業までを円滑に行うための対策として以下を行った。

(1) 主桁仕口の事前計測と調整

主桁2本を同時に連結するため、桁仕口の角度・形状がずれると、仕口の調整（形状を合わせる作業）が必要となる。本施工では、図-6のように各多軸台車に最大揚重能力270tのユニットジャッキをそれぞれ2台ずつ搭載し、鋼桁をジャッキアップした状態で走行する計画としたが、走行時は前後台車の反力バランスを管理しながら平衡をとる必要がある。ただ、縦断方向の仕口角度をユニットジャッキの伸縮量で調整することは困難であることから、一括架設時の仕口合わせに要する時間の短縮対策として、先行桁および搭載側の仕口形状を事前に計測し、先行桁を搭載側の桁仕口形状に合わせて調整を行った。

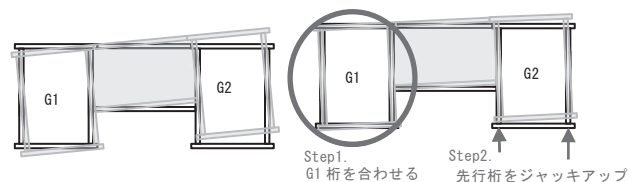
多軸台車2台に搭載した主桁は、台車が支点となり単純梁として発生したたわみにより、先端張り出しによるたわみが相殺され、仕口は鉛直となった。そこで、図-7に示すように先行側をP4橋脚上でジャッキアップし、桁仕口角度が上向きとなるよう調整した。また、搭載桁の仕口が横断方向に倒れていたが、先行桁側だけでは調整できないため、図-8に示すように架設時に多軸台車のサスペンションで横断方向の高さ調整を行いな



a) 計測結果

b) 調整方法

図-7 橋軸方向の仕口調整



a) 計測結果

b) 調整方法

図-8 橋軸直角方向の仕口調整

ら、G1桁のウェブを合わせ、G2桁の高低差をP4橋脚上のジャッキで先行桁を上げて調整した。

これらの対策により、仕口合わせに要する時間を最小限に抑えられ、主桁連結作業を予定通り開始できた。

(2) 事前の干渉確認と走行軌道管理

多軸台車が走行する交差点内は支障物が多く、それらの撤去を必要最小限に抑えるため、最適なルート選定が必要であった。また、撤去の必要性は無いが足場等が近接する道路付属物があるため、走行軌道の管理が不可避の課題であった。そこで以下2つの対策を行った。

- ① 3Dモデルを活用した走行時の干渉確認
- ② 軌道の座標管理と走行基準点の設置

図-9に示す3Dモデルに時間を付与したタイムライナーを用い、計画軌道における道路付属物との干渉および近接具合を可視化し、最適ルートを設定した。次に、計画ルートを安全に走行するには多軸台車の軌道管理が重要であるため、事前に

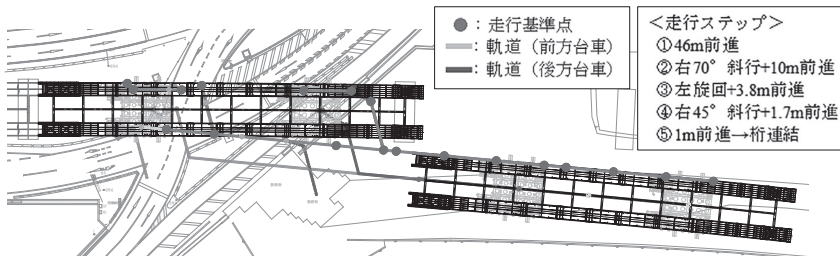


図-10 多軸式特殊台車の走行軌道と基準点



図-11 走行軌道管理状況

軌道の可視化を行った。多軸台車の軌道は、直線ではなく、図-10に示すような複雑なステップになっている。そのため、軌道管理に必要なラインを複数線設ける必要がある。しかし、交差点上に事前にラインを設けることはできないため、軌道の基準点を先行で設置し、通行止め完了と同時に交差点上にラインを罫書いた。また、基準点は交差点内かつ複数の点在了る位置に設けるため、自動追尾型TSを用いて座標管理によって設置を行った。図-11に示すように多軸台車走行時は多軸台車から吊下げた下げ振りが、罫書いたライン上を移動しているか確認することで、軌道の管理を行った。

これにより、多軸台車は計画通りのルートを行き、道路付属物との干渉無く、安全に走行することができた。

3-3 出来形精度の確保における対策

一括架設により部分的に1径間を支点支持とする場合、連続梁でなく単純梁としてのたわみが顕著に現れる。そこで、側径間の架設においてモーメント架設することでたわみの調整を行った。P4-P5間を例にすると、図-12に示す手順でP4-P5桁のJ40仕口角度に合わせP6橋脚まで連結し、P6橋脚上の上げ越し分を一度に降下させることで、P4-P5間に上向きの変位を発生させて下がり過ぎた鋼重たわみを完成系状態に戻す計画とした。P6上の上げ越し量はJ40の仕口角度（実測結果）とステップ解析結果を考慮して決定した。この結果、P4-P5間のたわみは支間中央部で30mm程度戻り、規格値の70%から20%程度まで出来形精度が向上した。また、全ての測点で出来形を規格値の50%以内に収めることができた。

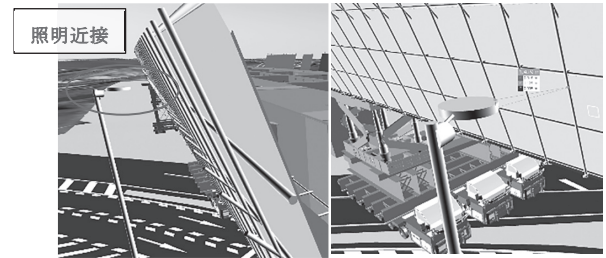


図-9 3Dモデルによる走行時干渉確認

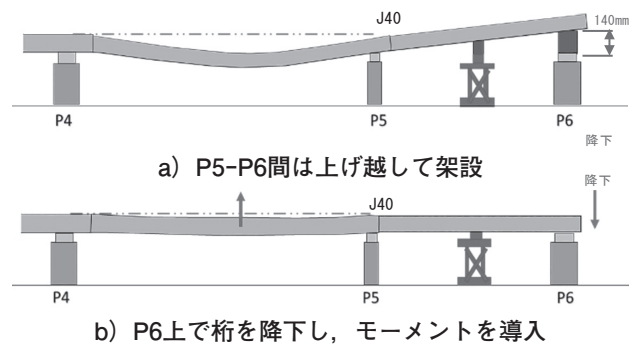


図-12 モーメント連結の概念図

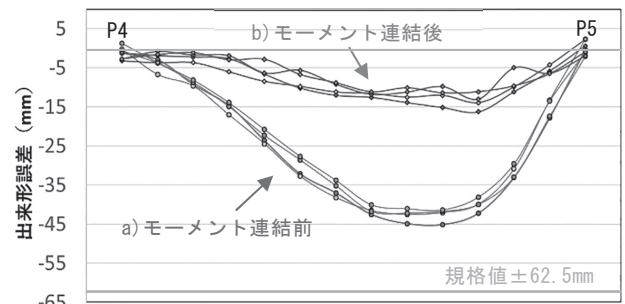


図-13 モーメント連結による出来形の比較

4. おわりに

本工事は、非常に交通量の多い幹線道路上での鋼桁架設作業であったが、架設工法の事前検討および円滑な一括架設に向けた対策により計画通り施工を完了し、交通への影響を最小限に抑えることができた。

最後に、本橋の架設に伴い、ご指導とご協力をいただきました国土交通省中部地方整備局三重河川国道事務所並びに関係各所の皆様に深く感謝申し上げます。

15 施工計画

特殊部構造物掘削と削孔位置の現場計測について

岡山県土木施工管理技士会
蜂谷工業株式会社
甲 田 収

1. はじめに

本工事は、山陽自動車道福山西IC～尾道IC間にある第二西藤橋と第一西藤橋の耐震補強工事を行うものである。本稿は第二西藤橋上り線P1橋脚と下り線P1、P3橋脚の耐震補強工事を施工するために必要な構造物掘削（特殊部）と既設橋台及び橋脚において支承取替工を行う際の削孔後の孔位置計測について述べる。

工事概要

- (1) 工事名：山陽自動車道
第二西藤橋他1橋耐震補強工事
- (2) 発注者：西日本高速道路株式会社
中国支社 福山高速道路事務所
- (3) 工事場所：自) 広島県福山市東村町
至) 広島県尾道市美ノ郷町本郷
- (4) 工事数量：鋼桁補強工…4橋
支承取替工…64基
段差防止構造…32基
縁端拡幅工…11箇所
橋座部補強工…4箇所
炭素繊維巻き立て工…8基
- (5) 工期：自) 令和3年3月20日
至) 令和6年3月3日

2. 現場における問題点

構造物掘削（特殊部）は既設橋脚の外周を直径10m（図-1）の広さで掘削し、地表面にガイド

ウォールコンクリートを打設する。その後ライナープレートと補強リング（図-2）を取付け、掘削面との間にグラウト注入し、所定の深さまで掘り下げていく工法である。この構造物掘削の計画段階において、3つの課題（下記①②③）が明確になった。また支承取替工を施工するために既設橋台及び橋脚の削孔後の計測を行う上での課題（下記④）が明確になった。

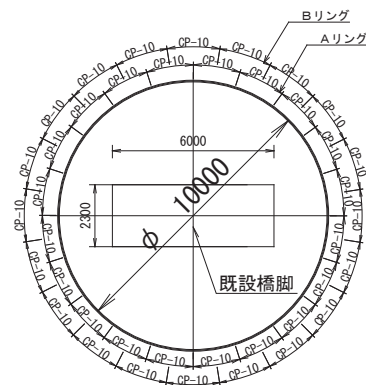


図-1 ライナープレート平面図

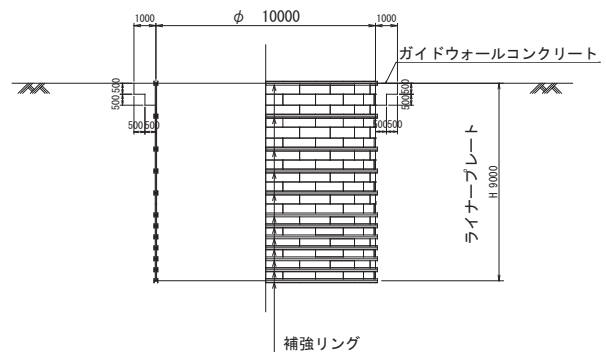


図-2 ライナープレート断面図

① 構造物掘削（特殊部）（図-3）は直径10mの狭い箇所にて施工を行うため、施工が進むにつれ

深度が深くなりライナープレート内は暗くなる。よって、作業員が重機に挟まれる恐れやテレスココラムで掘削する際にバケットからこぼれた土砂の下敷きになる等の事故が発生することが予測されるため、照度の確保が重要であった。

そのため施工に必要な安全設備、作業内容、作業手順、施工上の注意事項などを元請職員、協力会社で情報を共有し施工を行う必要があった。

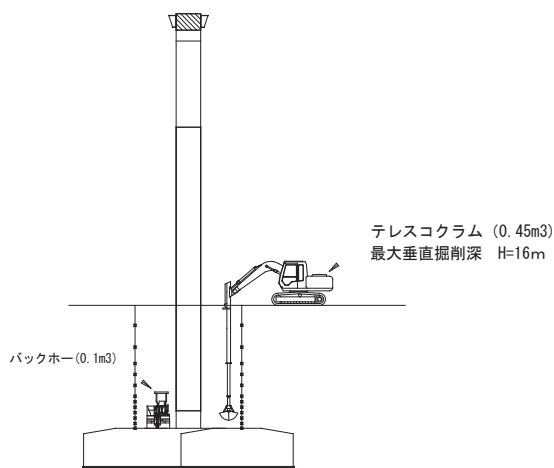


図-3 ライナー掘削状況

② ライナープレートの裏込め注入を行う際はライナープレートにグラウト注入用の孔をあけ、グラウトホースを差し込み注入していく。グラウト注入作業は掘削面からライナープレートに、梯子を立掛ける。この時高さ約2.5m付近での作業となるため作業員が落下する恐れがある。

またグラウト注入用の孔が約10cm程度の大きさになるためグラウト注入をしていくと約10cmの隙間(図-4)が常に発生するため雨水や湧水により地山が崩れる恐れがあった(図-5)。

※図-5 構造物掘削(特殊部)を施工するにあたって発注者からの提供情報

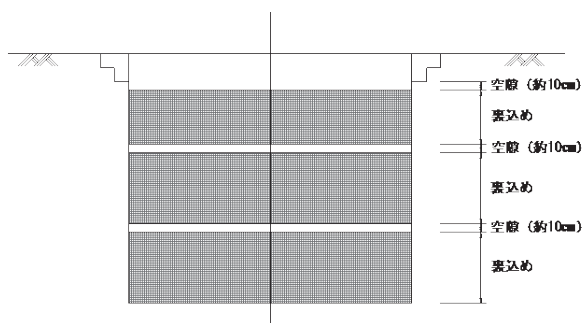


図-4 グラウト注入後の空隙予想図

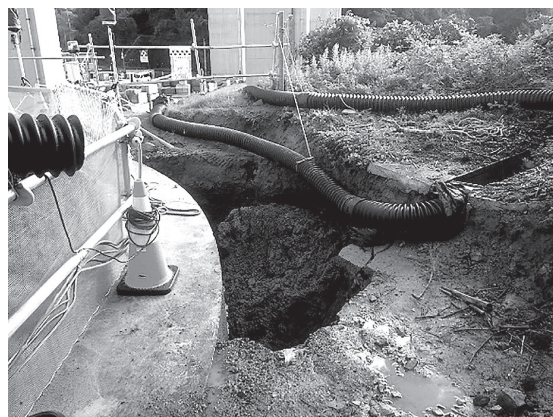


図-5 雨水等による崩壊状況

③ 構造物掘削は1日の作業内容で掘削面を露出させたまま作業が終了できないため、ライナープレートを取付け完了するまで作業を行う必要がある。

しかし、17時以降は近隣が物静かになるため電動インパクトの音が反響し近隣住民に迷惑をかける恐れがあった。

④ 橋台・橋脚合わせて16基の支取替に伴う孔位置計測数は約4500孔あるため、計測と成果のまとめには膨大な時間が必要になる。また支取替工に使用する鋼材は製作に約2ヶ月の期間を必要とするため、間違った孔位置計測結果を基に鋼材製作を行うと、工程の遅延や鋼材の再製作等甚大な損失を被る恐れがあるため計測間違いを防止する必要がある。

従来の計測は削孔箇所縦方向と横方向の基準墨(図-6)を設置し定規を使用して孔を1つ1つ計測していく必要がある。また計測には計測者と記入者で2人1組となり計測を行う(図-7)。計測後は施工図面に調書のデータを1つ1つ入力し孔位置を書き記し作図していく。作図完了後、孔位置に間違いがないか再度現地確認を行う。確認完了後計測データを元に修正設計を行う。修正設計完了後、再度現地確認を行い工場製作を行う。また計測作業では計測数も多いことから計測間違いや記入間違い、読み間違いや聞き間違いなどヒューマンエラーの恐れもある。

以上の作業を繰り返す従来の計測では膨大な時間と労力が必要になる事と、ヒューマンエラー発生の可能性が明確になった。

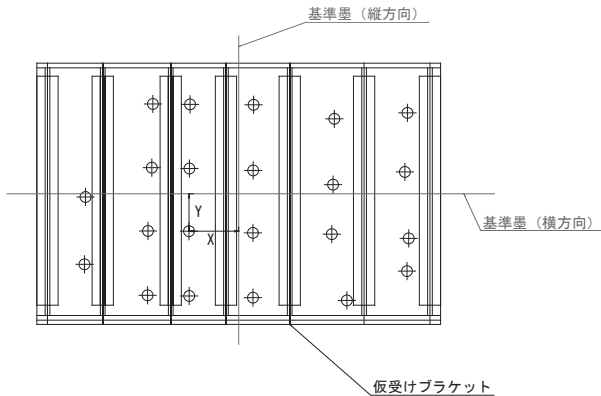


図-6 孔位置計測図



図-7 従来の計測方法 (2人1組)

3. 工夫・改善点と適用結果

① テレスコクラムによる掘削作業時は無線連絡と回転灯による合図でバックホウと作業員の退避確認後掘削作業を行った。

照度の確保は投光器を設置した場合、障害物により死角が発生し照度を確保することが困難であるためテープライトをライナープレートの外周に取付け (図-8) 施工箇所全体の照度を確保し安全に施工できた。また掘削作業に伴う土質の変化や湧水等の情報は、協力会社の職長が昼夕の打ち合わせ時と随時元請会社に報告を行い、元請・協力会社で現地確認と対策の検討を行った。施工中は作業開始前に酸素濃度の確認、ライナープレートの昇降口付近に酸素濃度確認結果を明示、内部に誰が入坑しているのか目視確認できるように入坑札の設置を行った。作業中に湧水が発見された場合は施工箇所をドライな状態に保つ必要がある

ため水中ポンプ等の対策が必要である。構造物掘削 (特殊部) で使用する水中ポンプは高揚程とサクションホースを設置して行った。以上の対策により事故無く安全に施工を行うことができた。



図-8 テープライト取付け状況

② グラウト注入箇所の空隙を充填するためにガイドウォールコンクリート施工時、鉄筋にボイドφ100 (図-9) を設置し、注入孔を設けた。

1回目のグラウト注入作業は注入孔にグラウトホースを差し込み行った。2回目以降のグラウト注入作業を行うために1回目のグラウト施工時に注入孔へパイプ (図-10) を挿入しておき、そのパイプからグラウト注入を行った。またグラウト注入作業は注入孔を利用することにより、ガイドウォールコンクリート天端より作業を行えるため、作業員の転落防止とグラウト注入箇所の空隙も充填できたので、雨水や湧水による崩落もなく安全に施工を行うことができた。



図-9 ガイドウォールコンクリート注入孔確保

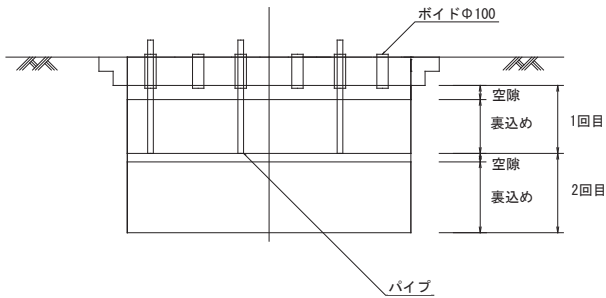


図-10 注入孔へパイプ設置

③ 地元町内会会合に出席し構造物掘削（特殊部）について説明会を行った。その結果18時30分まで電動インパクトを使用する許可をいただき、18時30分以降は人力による作業を行ない近隣に配慮した施工を行った。

④ 従来の計測方法に問題点があるため、孔位置計測に(株)キーエンスのワイドエリア三次元測定機（図-11）を使用して計測を行った。この測定器は従来のトータルステーションのように位置測定を行うのではなく、孔の外周を3点計測することで孔位置（孔芯）を自動計算し記録していくことのできる機械である。この機械を使用し計測していくことで測定に必要な人員と時間を削減することができた。また測定後の孔位置を図面に書き記す作業は測定器から計測データをエクセルで出力しCAD図に読み込み自動で作図することができたため作図作業の時間も削減することができた。作図後現地での再確認はトレーシングペーパーを使用し縮尺1/1で図面の作成（図-6）を行う。作成後現地にトレーシングペーパー（図-12）を貼り付けることで、現地確認が目視により一度で行うことができるので、確認時間も削減することができた。またワイドエリア三次元測定機で計測を行うことで従来の方法とは違い誰が計測を行っても孔位置計測を間違えることがなかった。以上の孔位置計測と計測後の孔位置確認を行うことで、ヒューマンエラーの防止につながり、手戻りなく確実な施工を行うことができた。

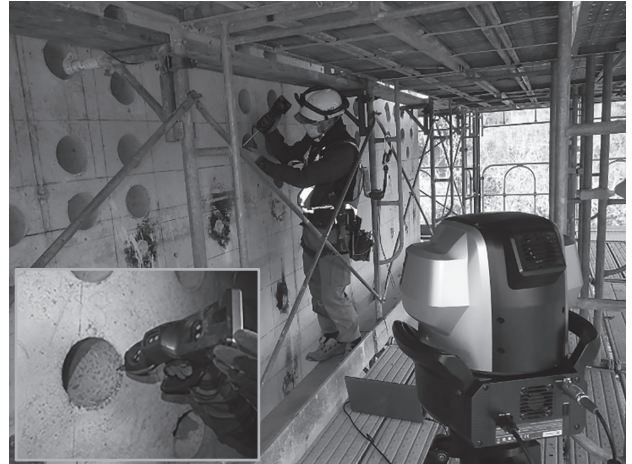


図-11 ワイドエリア三次元測定機による計測

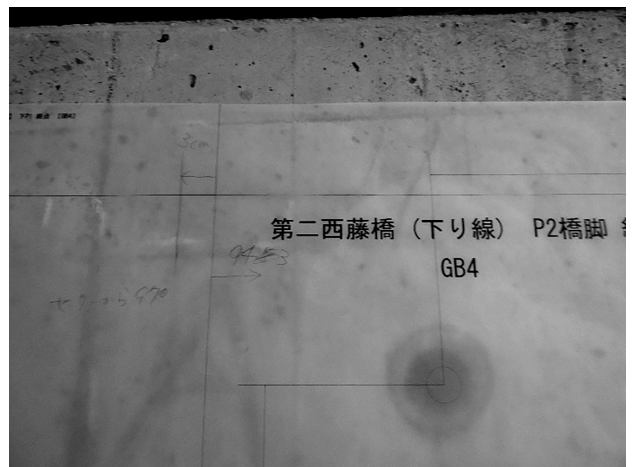


図-12 トレーシングペーパー使用

4. おわりに

今回の構造物掘削（特殊部）を経験し、協力会社と一体となって創意工夫に取り組み安全に施工できた。しかし施工の影響で現場と隣接している一般道の幅員減少や作業中の騒音などもあったが、近隣住民の方のご理解とご協力で無事施工を行うことができた。

今後、構造物掘削（特殊部）を行う際の施工管理について酸素濃度の確認、入坑者の管理、施工中の注意事項など元請・協力会社と情報共有と創意工夫により安全第一で施工を行いたい。

耐震補強工事が多くなり今回のような測量作業も多くなっていく。日々新しい技術ができていくため、従来の方法にとらわれず様々なことに挑戦して生産性向上を目指し、且つ1つ1つの作業を間違いなく行いたい。

16 施工計画

鉄道営業線上における中国自動車道路橋の更新工事

日本橋梁建設土木施工管理技士会

宮地エンジニアリング株式会社

計画担当

現場担当

製作担当

濱井

功〇

小林

智則

矢部

泰彦

1. はじめに

本工事は、中国自動車道における吹田JCTから中国池田IC間にある石橋跨線橋の架替工事の内、阪急電鉄営業線上に位置するP49～P1間の鋼桁の架替工事を行うものである。

工事概要

(1) 工事名：中国自動車道（特定更新等）

吹田JCT～中国池田IC間橋梁更新工事

(2) 発注者：西日本高速道路株式会社

(3) 工事場所：大阪府池田市石橋4丁目付近

(4) 工期：令和2年8月26日～令和6年6月25日

既設の石橋跨線橋は、P46～P5間の8径間連続のコンクリート床板合成鉄桁だが、架替を行う新設桁は、高耐久の鋼床版鉄桁となる。石橋跨線橋は、ほぼ同構造の上下線を有し、それぞれの外側には、大阪府道環状1号線が平行に供用している。



図-1 石橋跨線橋位置図

この内、P49～P1間は、阪急電鉄宝塚線 蛭池～石橋阪大前間を跨ぐ跨線橋である。

本稿では、既に架替を行った上り線について後述しており、中国自動車道を53日間通行止めにした集中規制工事期間中に既設桁の撤去から、新設桁の架設までの架替を行う必要があった。

因みに、側径間となるP46～P49間およびP1～P5間の架替作業は、先行して、別の集中規制工

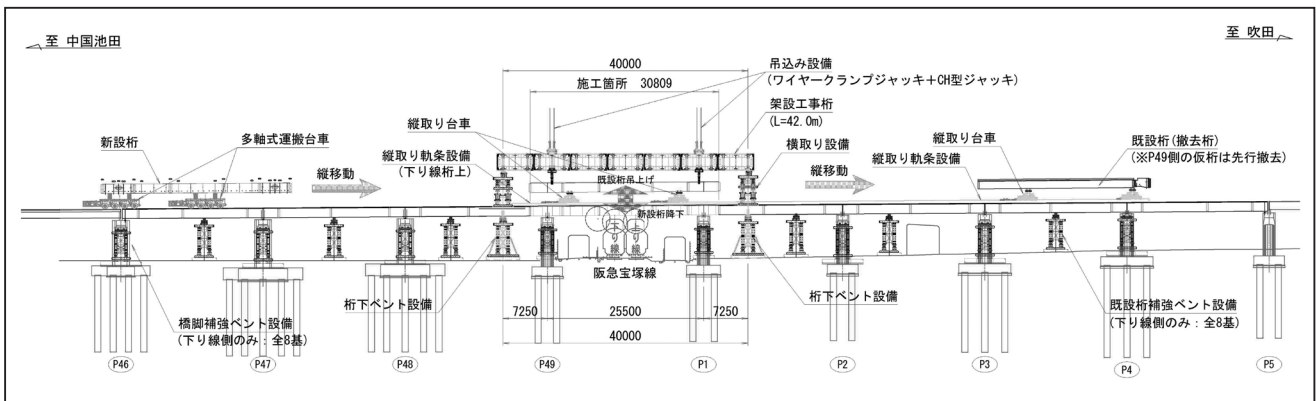


図-2 石橋跨線橋架替計画一般図

事期間中に施工していた。

架設工法としては、架設桁を用いた横取りおよび縦取り撤去・架設を行うもので、P49およびP1橋脚それぞれの背面に横取りベント設備を組み立て、その上に対象橋梁を跨ぐ工事桁を架設桁として架設した。架設桁上には吊り込み設備を組み立て、既設桁および新設桁の吊り込みを行うワイヤークランプジャッキを設置した。既設桁の吊り込み後、架設桁ごと横取りを行い、下り線上に組み立てた縦取り軌条設備上の台車設備上に撤去桁を搭載する。その後、横取り設備の外側にも設置した縦取り台車と盛替を行いながら、横取り設備を跨ぎ、撤去桁の縦取りを実施した。

新設桁は、P46～P47間下り線上で地組立を行い、多軸式台車を用いて、P49までの縦移動を行った。P49～P1間は、撤去時に用いた縦取り設備を兼用して、多軸式台車と台車設備の受替を行いながら、所定の位置まで縦取りを行った。縦取り完了後、架設桁を用いて、新設桁の吊り込みを行い、既設桁撤去時の逆の手順で、横取りを行ってから、吊り込み設備を用いて桁降下を行った。

2. 現場における問題点

本工事は、線路上かつ両脇を交通量の多い大阪府道に挟まれた狭隘な施工ヤードで、架設桁や横取り・縦取り設備といった特殊な架設機材を使用しながら、中国自動車道の集中規制工事期間内に、鉄道営業線近接および夜間線路閉鎖間合での作業を強いられる非常に難しい工事であった。その中で、跨線橋の架替作業を円滑に、かつ安全に施工を進めるために、特に留意した課題を以下に挙げる。

- ・線路上での架替作業における安全の確保。
- ・狭隘なヤードでの施工。
- ・既設桁上で縦取り作業を行う際の既設構造物の健全性の担保。

これらの課題に対して、本工事で行った対策を、次項に示す。

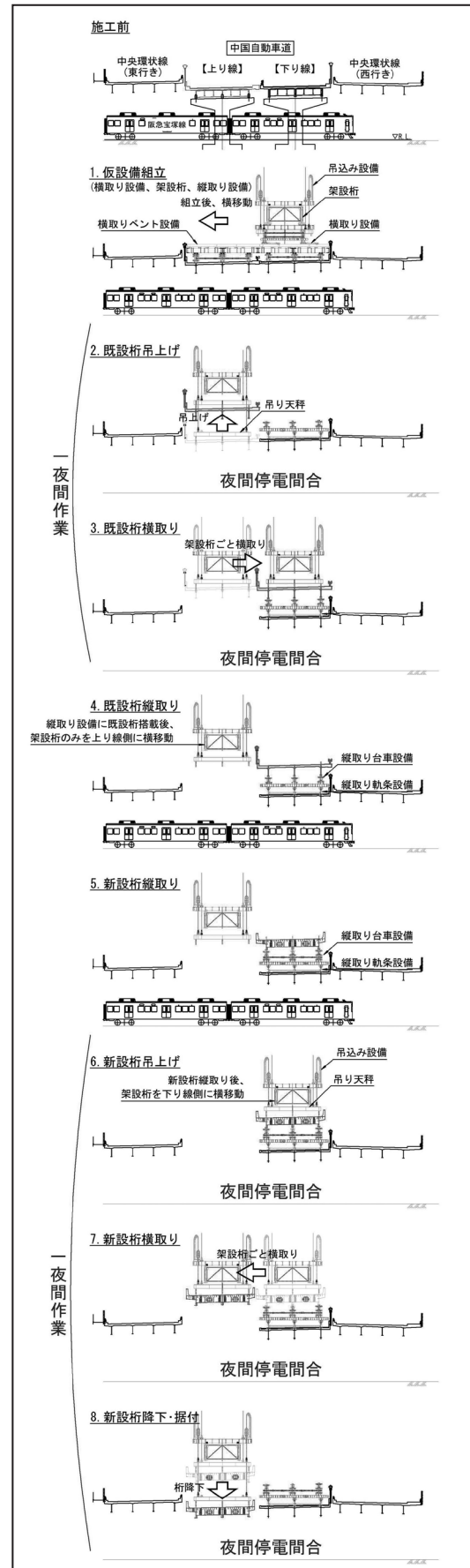


図-3 跨線橋架替ステップ図

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 線路上での架替作業における安全の確保

跨線橋である本橋の架替を行うにあたって、クレーンを使用した仮設備の組立解体作業時は、クレーンが転倒した場合に列車の運転に支障をきたす、いわゆる営業線近接工事として、列車通過時にはクレーン作業を一時的に停止する必要がある。また、既設桁の撤去や新設桁の架設を行う架替作業だけでなく、営業線上での桁の補強や既設遮音壁の撤去・新設遮音壁の取付といった作業は、最終列車が通過してから始発列車が運行するまでの夜間線路閉鎖作業で施工した。

さらに、現地施工は、集中規制工事期間内という限られた工程内で作業を進めるため、多様な作業工種が輻輳しつつ、昼夜連続での作業を余儀なくされた。

夜間線路閉鎖作業は、阪急電鉄株式会社への事前の申請が必要で、作業進捗に伴った急な変更はできない。昼間作業の遅れは、人工の増員や機械の投資により取り戻すことができるが、夜間線路閉鎖作業は約3時間の限られた時間内での作業で、遅延した場合には少なくとも翌日の夜間以降に順延し、日当たり施工量も少ないことから、なかなか回復することができない。

そこで、阪急宝塚線の安全を確保しながら、作業員の労災によるリスクを考慮して、綿密な架設計画を行って作業工種の洗い出しを行い、線路直上作業での夜間作業日数の低減を図った。

例えば、架替に先んじて、既設桁の床版コンクリートの一部を撤去したが、線路直上で床版コンクリートを撤去する場合には、撤去時の吊り荷の落下だけでなく、鉄筋コンクリート切断時のノロの落下等の恐れがあるため、夜間線路閉鎖作業となる。そこで、墜落防止とノロ養生を考慮して、シート張りを施した足場を構築することで、部分撤去作業を昼間作業で施工した。もちろん、足場の設置撤去作業は、夜間線路閉鎖作業で行ったが、足場を設置しない場合のリスクと効果を比較

し、安全で堅実な工程を選択した。

また、既設桁を撤去した後、数日間ではあるが、下り線と大阪府道間に大きな隙間ができた。隙間養生を行うには、夜間線路閉鎖を伴う多くの日数が必要であったが、墜落・落下防止措置を講じた手摺を下り線側に設置することにより、下り線上での作業を昼間作業で行った。



図-4 防護足場・下り線手摺防護

3-2 狭隘なヤードでの施工

前述した通り、本橋は両脇を大阪府道環状1号線に挟まれており、中国自動車道の規制期間内であっても一般道としての役目を果たす大阪府道は常時供用している。そのため、仮設備だけでなく、架設重機の据付場所も、中国自動車道本線上に限られる。集中規制工事期間内は、石橋跨線橋工区だけでなく、JV他工区も本線上を工事用車両の通行路として使用するため、石橋跨線橋架替工事における横取りベント設備が上下線を跨いで設置する期間を極力短くすることが、工事全体の円滑な施工に寄与した。

そこで、上下線を同時に塞ぐ日数を短期間にするために、主要な仮設備の組立を行うのは下り線上を先行し、上り線上の工事用車両の通行を可能にした。横取り設備は、上下線の中央で分割できる構造とし、架設桁の組立までを下り線上で行った。また、架替後の仮設備解体時は、上り線上の横取り設備の解体を先行し、架設桁の解体を下り線上で行うことで、上り線側の車両通行を確保した。



図-5 架設桁組立状況

3-3 既設構造物の健全性の担保

狭隘な施工ヤードで桁の架替作業を行う上で、既設桁の縦取りと新設桁の縦取り作業は、本線下り線上に縦取り設備を設置する必要があった。本線上で縦取りを行うことで、仮設備重量や縦移動させる既設桁および新設桁の荷重を、既設構造物に載荷することになる。

新設桁は、FRP製の常設足場等の付属物を含めて200t程度であったが、既設桁は舗装やコンクリート床版を含めると300tを超えていた。これら施工時の荷重は、活荷重を含めた本体構造物の設計荷重を超過することが懸念されたため、荷重を低減することと、荷重を載荷する箇所を管理・制御することが必要だった。それらの対処方法を以下に示す。

3-3-1 既設桁の荷重低減

既設桁の死荷重を低減するために、コンクリート床版を部分的に先行撤去した。ただし、コンクリート床版は桁全面に及んでいたため、線路直上まで撤去するには、多くの工程と夜間線路閉鎖作業という不確定要素があった。そこで、既設桁縦取り時に張出し状態となる箇所を部分的に（約5m）先行撤去することで、クリティカルな作業に影響せずに、荷重を低減するという効果的な方法を選択した。

3-3-2 新設桁の荷重制御

新設桁は、既設桁に比べて軽かったが、縦取り

時に多軸式台車から軌条設備上の台車設備に受け替える際に、既設桁縦取り時よりも反力が増加するシチュエーションが生じることが懸念された。特に、P49～P1間の線路上で、桁下に補強も出来ないことから、縦取り時の荷重を制御する計画とした。それは、既設桁縦取り時には、2台の台車を盛り替えながら、常に2支点で縦移動させていたものを、新設桁縦取り時には、反力が増加するステップで、多軸台車1台と台車2台の3支点で縦移動を施工した。構造物を2支点で支持する場合には、反力の変動は殆ど無いが、3支点で支持した場合には、受け点の高さの変動により、反力も変化する。そこで、縦移動台車には、油圧ジャッキを設置し、縦移動時の反力の確認を行った。

3-3-3 既設構造物の補剛

既設桁上で多軸式台車により縦移動および台車設備により縦取りを行う上で、線路上以外の径間には桁下にベント設備を設置した。

また、既設桁を支持するRC橋脚は全てT型で、梁部分のひび割れや損傷が懸念されたため、梁構造の張出し部分を仮支持するベント設備も併せて設置した。

いずれも、縦取り時の鉛直荷重を直接支持することで、既設桁および既設橋脚の応力の増加を低減し、円滑な作業を行うことができた。

4. おわりに

本工事は、厳しい施工条件下において、53日間に及ぶ昼夜連続作業の中、鉄道営業線の安全と作業員の安全を確保しながら、上り線の架替作業を無事に完遂することができた。また、残る下り線の架替作業も、同様の工法で計画しており、同様に安全施工に努めたい。

最後に、本工事を施工・計画するにあたり、ご指導いただいた全ての関係者の方々に厚くお礼申し上げます。

17 施工計画

厳冬期での河川改修工事における 仮締切の工夫とその効果・影響について

(一社)北海道土木施工管理技士会

勇建設株式会社

監理技術者兼現場代理人

山田 悟[○]

現場技術員

渡 会

現場技術員

賦

現場技術員

地家 浩 統

1. はじめに

本工事は、北海道空知地方の岩見沢市中心部に位置しており、北海道でも有数な豪雪地域を流れる利根別川流域において、平成24年9月の大雨により多大な浸水被害が発生したことを受け、洪水を安全に流すため、川幅を広げるとともに、河岸を保護するための護岸を施工する河川改修工事である。

本工事では、狭隘な施工箇所での作業における工程管理、市街地での作業における運搬計画、河川における濁水対策、厳寒期における施工計画等についての課題が懸念されていた。以下に本工事で講じた対策および効果について述べる。

工事概要

- (1) 工 事 名：利根別川広域河川改修工事
(東利根別地区) (補正・明許) 外
- (2) 発 注 者：北海道札幌建設管理部
- (3) 工事場所：北海道岩見沢市
美園1条1丁目他
- (4) 工 期：令和3年8月17日～
令和4年3月22日
- (5) 工事延長：462m
- (6) 護岸面積：936m²

本施工箇所は、**図-1**に示すように国道12号と現場に隣接する高校の敷地との間に位置しており、河川用地および施工箇所は非常に狭隘となっている。また、工事用車両出入口は一般車両の交

通だけでなく生徒等の歩行者も多い地域である。本工事は、工事延長が462mと長いことより、施工箇所を4スパンに分けて仮締切による瀬替えを行う必要があるため、作業ヤードの確保や工程の調整および大型土のうによる仮締切からの漏水対策が重要であった。また、厳寒かつ豪雪地域での施工であるため、降雪や凍結の影響による工程の遅延も懸念されていた。



図-1 工事全体図

2. 現場における問題点

(1) 瀬替え方法の選定

当初設計では、護岸ブロックを施工するにあたり、既設河床幅が2.5m程度と狭隘な中で大型土のうでの仮締切による瀬替えを行う仮設計画であったが、河川流量断面を確保しつつ河床全体を掘削して新たな護岸を構築するには、**図-2**の当初仮設計画に示すように1スパン内で2回の大型土のうの設置替えを必要とした。しかし天候の影響に左右される厳寒期での施工になることより、

工期内での完了が困難となる懸念があるため、工程を短縮することが可能な瀬替え方法について検討する必要がある。

(2) 資材の運搬計画

当初設計では、瀬替えのための仮締切に使用する大型土のうは563袋と数が多く、さらに製作に使用する中詰め土が現場内では採取できないことから、現場からおおよそ8 km離れた土砂仮置ヤードで大型土のうを製作した後、交通量が多い国道12号より運搬して現場へ搬入し、護岸ブロック施工完了後は撤去した大型土のうを再度土砂仮置ヤードへ搬出して解体するという施工サイクルになる。そのため、運搬において交通量の多い国道での交通障害や交通災害のリスク低減について検討する必要がある。

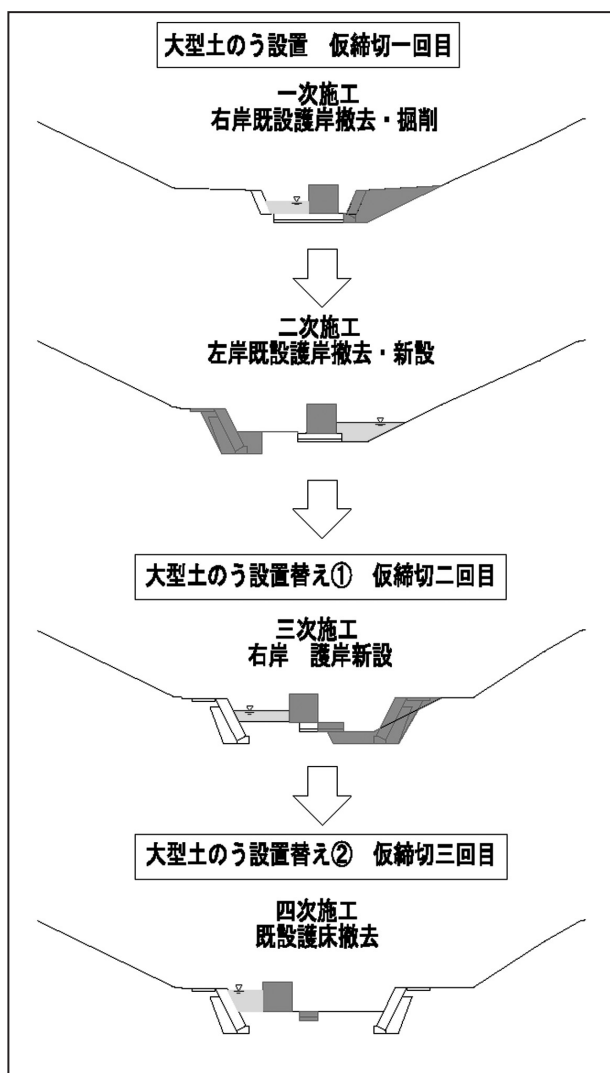


図-2 当初仮設計画

(3) 仮締切からの漏水による施工性の低下と濁水発生

大型土のうによる仮締切は、増水時等での流圧の影響による変位や、流木等の流下物により損傷を受け、補修もしくは再設置する場合には工程遅延が発生する。また、変位や損傷により漏水が生じて施工箇所が冠水し、さらに濁水等の流出による河川の水質汚濁が懸念されるため、これらの対策について検討する必要がある。

(4) 厳寒期における大型土のうの施工性

本施工場所である岩見沢市は、北海道空知地方に位置し、厳寒期には1日の最高気温が0℃を超えない真冬日が大半を占めるという厳しい気象環境の地域であるため、大型土のうの設置・移設作業時には中詰め土が凍結・硬化して、撤去および再設置時には施工性が低下し工程遅延が懸念された。また、中詰め土の凍結・硬化により大型土のうの止水性が低下することも懸念された。

3. 工夫・改善点と適用結果

(1) ジャスト・イン組立式水路システムの採用

河川構造物の出来形・品質確保のためには、施工箇所を如何にドライな状態を確保しつつ施工することが重要なポイントとなる。そこで、これらの問題点を解決するために、水密性が高く、増水時においても漏水することなく施工面をドライに保つことができ、さらに河川流量断面を確保しながら1スパン内での設置回数を減らすことが可能な仮締切方法として、鋼製組立式水路であるジャスト・イン組立式水路システム（幅1,370mm×高さ1,250mm×長さ3,000mm×重量250kg/本）（以下組立式水路）（図-3）を採用した。

この組立式水路を採用することにより、最初に河川中心に仮水路を設置することで、図-4の設置計画に示すように左右岸の施工を一度に行うことを可能にした。一次施工終了後、組立式水路を右岸側に設置替えを行い、その後二次施工の河川中心部護床を撤去して完了となる。大型土のうによる仮締切と比較して1スパン内での設置替え回

数を2回から1回に削減できることより、工程短縮を可能にした。

仮締切1スパン当たりの施工日数は、大型土のうを用いた場合は16日必要であったが、組立式水路の場合は9日に短縮することができ、4スパンで合計28日間短縮することができた。

(2) 資材の軽量化による運搬台数の削減

563袋の大型土のうを運搬するためには、10t車で往復226台が必要となる。また、施工箇所である岩見沢市は、北海道内でも有数の豪雪地帯であり、降雪期には積雪により道路幅員および車線数が減少し交通網が脆弱になるという特性があるため、多量の運搬作業は交通障害を起こす要因となるとともに、工程に遅延が生じることが懸念された。組立式水路の場合は、部材を折りたたむことでコンパクトにできるため、積み重ねて運搬することが可能である。また、1組3m当たりの重量



図-3 ジャスト・イン組立式水路システム

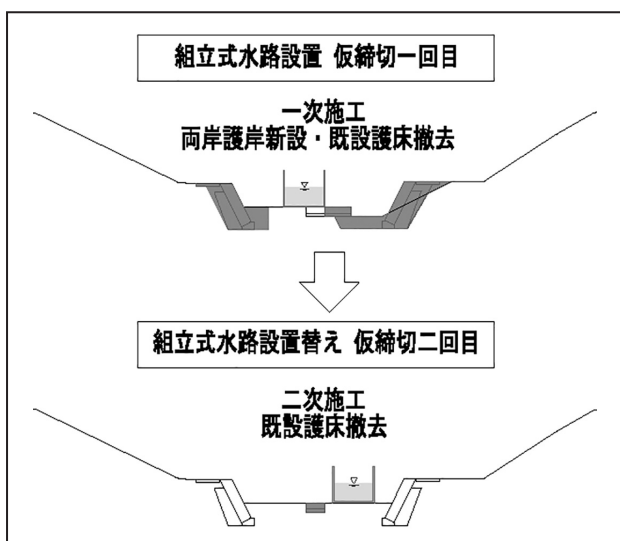


図-4 組立式水路設置計画

が250kgと軽量であることより、現場での必要本数123本を運搬するために必要な10t車は往復8台となり大幅な運搬台数の削減を可能にした。

これより、本工事において国道での交通障害や交通災害を発生させることなく運搬作業を完了することができた。図-5に組立式水路の運搬状況を示す。10t車1台でおよそ99m分の仮水路を運搬することができる。



図-5 組立式水路運搬状況

(3) 仮締切からの漏水防止対策

大型土のうによる仮締切の場合、特に当工事の当初仮設計画のような1段1列での仮締切の場合は、大型土のう間の隙間による漏水や、大型土のう自体の止水の不完全性等により、仮締切内の施工箇所に釜場を設け、小型水中ポンプによる水替え排水作業が必要になる。その場合、施工箇所からの排水時には、濁水が発生することになる。

これに対し組立式水路の連結接合部は、止水用ゴムパッキンを挟み、ボルト・ナットにより締め付けを行うことにより水密性が高く漏水を生じない構造のため、図-6に示すように組立式水路床面より2m程度低い断面での掘削作業においてもドライ状態を保ちながらの施工を可能にした。また、組立式水路と河床面を金具により固定することで、増水時等の流圧の影響による変位の発生を防止することができる。

これらにより、漏水や損傷の影響をほとんど受けないため、水中ポンプによる水替えを不要にして濁水の流出を防止して自然環境への負荷を低減させ、図-7に示すように作業時にドライ状態を

保つことより施工性を向上させ、環境への配慮および工程管理を大幅に改善することができた。



図-6 掘削作業状況



図-7 河川内作業状況

(4) 重機作業・運搬車両の削減によるゼロカーボンへの貢献

組立式水路は、軽量かつ折り畳み式によるコンパクトな構造であるため、図-8に示すように組立作業は設置・撤去時のクレーン作業を除き、すべて人力作業で行える。前述のように、輸送にかかる運搬台数も抑えることができるため、大型土のうによる仮締切と比較して大幅に排気ガス発生を抑制することができる。ここで、当初計画での大型土のうによる仮締切での施工と、組立式水路による仮水路での施工において、予想される軽油の使用量について試算を行った。比較した結果を表に示す。

表より、組立式水路は大型土のうと比較して軽油の使用量が半分程度に収まっており、排気ガス発生を大幅に抑制し、ゼロカーボンに大きく貢献する施工方法であることがわかる。



図-8 組立式水路組立状況

表 軽油使用量の比較

| | 施工による 軽油使用量 (L) | 運搬等による 軽油使用量 (L) | 合計 軽油使用量 (L) |
|---------------|-----------------------|------------------------|--------------------|
| 大型土のう での施工 | 2,968 | 980 | 3,948 |
| 組立式水路 での施工 | 1,836 | 278 | 2,114 |

(5) 産業廃棄物発生抑制

大型土のうによる仮締切の場合、作業終了後には大型土のう袋はすべて廃棄物処理になるため、大量の産業廃棄物が発生する。組立式水路の場合は、止水ゴムパッキンのみ廃棄物処理を必要とするが、数量はごくわずかであり、廃棄物の発生を大幅に抑えることができる。これは前述(4)の改善点とあわせて、地球温暖化対策におけるカーボン・オフセットとしての取り組みにもつながる。

4. おわりに

本工事のような河川改修工事は、仮設による水替えが工事の生命線であり、水と如何に上手に付き合うかが大変重要である。現場条件を鑑みてよく理解し、適切な施工方法を採用することが、工事を円滑に進めるための要点であり、さらに工程・原価・安全・品質管理および環境への配慮の向上に繋げることができると思う。

今後も、一つの考えにとらわれることなく、日々向上心を持ち現場管理に臨む所存である。

18 施工計画

主桁本数が変わる拡幅桁の送出し架設

日本橋梁建設土木施工管理技士会

瀧上工業株式会社

工事担当

現場代理人

監理技術者

崎野 雄仁[○]

河本 康憲

石原 克己

1. はじめに

本工事は、三遠南信自動車道における本線と東栄ICを繋ぐ鋼3径間連続箱桁橋の製作・架設工事である。本稿では架設に関する取組について報告する。

工事概要

- (1) 工事名：令和2年度 三遠道路1号橋
鋼上部工事
- (2) 発注者：中部地方整備局
浜松河川国道事務所
- (3) 工事場所：愛知県北設楽郡東栄町
- (4) 工期：令和2年8月4日～
令和4年10月31日

2. 現場における課題・問題点

図-1に架設計画図・平面図を示す。本橋梁は国道151号および奈根川を跨ぐため、ヤードの使用条件に制約があった。そのため、クレーンベント工法と送出し工法を併用した架設計画が採用された。A1-2間は奈根川、国道151号が横断しているため送出し工法、P2-P3間は工事用搬入路が支障となるが、奈根川が蛇行しており、ベントを配置するスペースがあるため、クレーンベント工法とした。クレーンベントで架設したP2-P3の桁を軌条桁とし、この上でA1-P2の送出し桁を架設する計画として検討を行った。現地確認および架設検討を進める中で、以下の課題が明らかとなった。

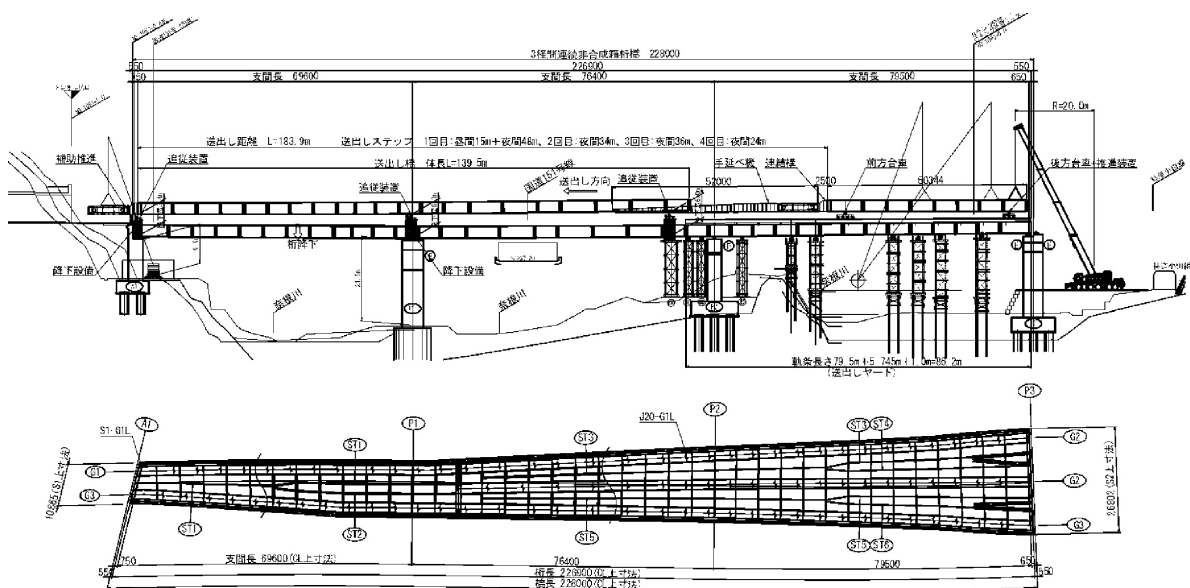


図-1 架設計画図・平面図

2-1 ヤード条件

P2-P3間はクレーンベント工法として架設計画を立案したが、前述のとおり奈根川が蛇行しており、工事中用搬入路が計画されていたため、ベントの設置箇所が制限されていた。加えて、奈根川の左岸は切り立った崖となっているため、ベントの施工方法に留意する必要がある。

2-2 軌条桁・送出し桁の線形

本橋梁の平面線形は、主桁腹板の外縁距離が8.587～24.598mと拡幅しており、起点側は2主桁、終点側は3主桁と主桁本数が変化する構造であった。また、縦断勾配は谷勾配(1.375～-1.057%)、横断勾配は橋梁区間内に変曲点があるため、起点側、終点側で逆勾配(2.0～3.0%)であった。そのため、送出し工法の計画を立案する上で、軌条設備・送出し設備の選定、配置計画が重要な課題となった。

2-3 キャンバー精算

本工事では、送出し工法で架設するための桁補強重量が30tに及んだ。また、発注時の製作キャンバー値は仮定鋼重により算出されており、全長で一様であるが、実鋼重はブロックにより差異があるため、実際の鋼重の荷重分布と異なる。仮定鋼重から算出したキャンバー値の場合、設計値と実際の桁のそりの誤差が大きくなる懸念があったため、設計時に桁補強を含む実鋼重と仮定鋼重の差を精査し、工場製作に反映する必要がある。

2-4 供用道路上での送出し架設

本工事では供用中の道路上を送出し工法で架設するため、夜間通行止めを伴う架設計画とされていた。夜間通行止め規制の解放条件は、主桁(手延べ機を含む)が下部工に到達し、強固に固縛することであったため、規制時間内に確実に到達できる送出し速度を確保する必要がある。一方、送出し作業に必要な推進力は送出しが進むにつれて大きくなるため、変化する推進力を考慮する必要がある。加えて、供用中の道路上における施工であるため、第三者への安全確保に細心の注意を払う必要がある。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

3-1 現地地形を考慮したベント計画

奈根川、工事中用道路を避けた場所にベントを配置することを基本とし、**図-2**に示すベント配置を決定した。ベントは河川の流水部は避けたものの河川内に設置する箇所や、切り立った崖に配置する箇所があったため、ベント基礎は直接基礎と杭基礎を地盤条件に合わせて選定した。

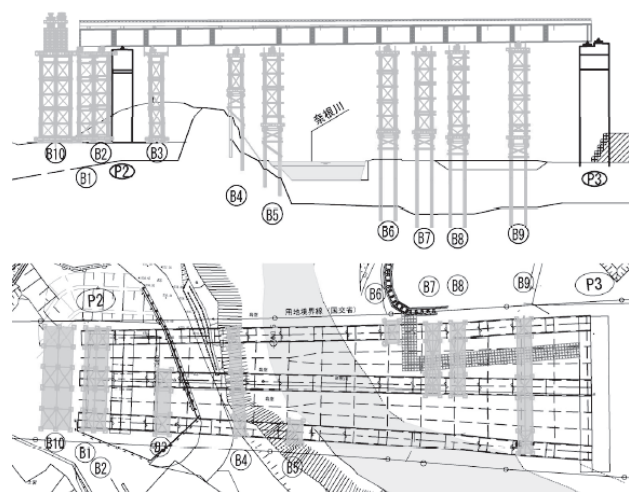


図-2 ベント配置図

前述のとおり、ベントを配置できる箇所に制限があるため、ベントで桁を受ける位置が主桁毎で異なっていた。そのため、ベントに作用する鉛直力は、軌条桁を格子モデルとして再現し、送出し桁のステップ解析で算出した反力を入力することで求めた。解析結果および現地条件より、B4ベントが最も厳しい設計条件となった。具体的には、反力が大きいうえに、地盤が急な斜面であったため、杭基礎突出部の固定方法が課題となった。実施工では、突出部の横つなぎ材を配置できるように、斜面を成形することで対応した。また、B10ベントは工事中用搬入路を塞ぐ箇所に配置せざるを得ない計画であったため、工事中用道路を確保すべく、一部、門型ベント構造を採用した。

3-2 送出し設備の配置計画

(1) 軌条設備の配置計画

軌条桁を完成形の桁を兼用としたため、縦横断勾配が完成形と同様で複雑な線形であった。軌条

設備を水平に設置すると、高さの調整量が大きくなることが予想されたため、調整量を可能な限り小さくする検討を行った。その結果、軌条設備の縦断勾配を1.2%、横断勾配を水平としたことで、高さの調整量を1m程度に低減することができた。軌条設備には送出し架設による水平力が作用するため、高さ調整には専用の調整架台を製作し、軌条桁とボルト接合（一部挟締金具で固定）できる構造とした。

軌条設備の平面配置は、送出し桁のS1-G1LとJ20-G1Lを結んだラインを基準線とし、それと平行となるように6条の配置とした。軌条設備は軌条桁の格点で受けることを基本としたが、軌条設備と軌条桁の線形に差異があるため、軌条桁の主桁上や横桁上と軌条設備の受点が変化する。場所によっては横桁の連結部が受点となる箇所もあったが、高力ボルトとの干渉を避けるため、孔明調整プレートを製作して対応した。

(2) 送出し設備の選定

送出し装置は、主の推進装置として後方台車にクレビスジャッキを配置、追従装置としてP1橋脚、P2橋脚、B10ベント上にシンクロジャッキを配置した。送出し桁は2主桁から3主桁へ拡幅する形状であるため、シンクロジャッキは主桁位置に合わせて橋軸直角方向に移動、追加が必要となる。本工事ではシンクロジャッキを橋軸直角方向に移動するため、**図-3**に示す「ジャスコロ」と呼ばれる拡幅装置を採用した。ジャスコロは、低摩擦のスライド機構（ローラーを内蔵したベースプレート）であり、桁の動きに合わせてシンクロジャッキが橋軸直角方向に移動する装置である。ジャスコロを採用することで、シンクロジャッキの位置調整に伴う送出し作業の中断が不要となり、効率的に作業を行うことが可能となった。

送出し架設終盤では、後方台車の反力が低下するため後方台車に設けた主の推進装置だけでは推進力が不足する。そのため、A1橋台上に補助推進装置としてトラニオンジャッキ+スライドジャッキを配置した。これにより、送出し作業全般において十

分な推進力を確保することができた。

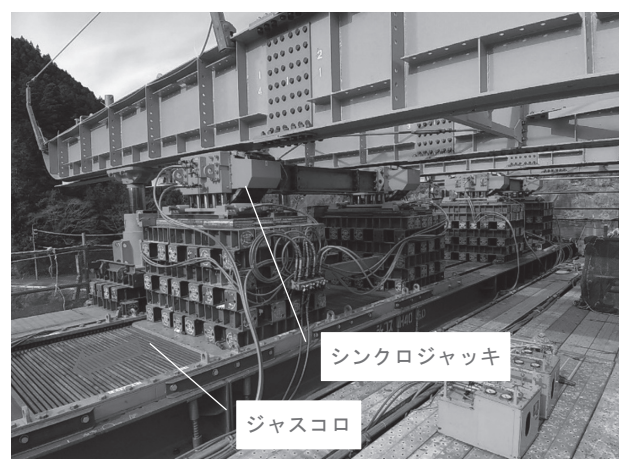


図-3 ジャスコロ

(3) 送出し桁の送出し勾配

送出し桁の縦断勾配が谷形状となっており、製作キャンバーは最大で200mm程度となっていた。本工事では、製作キャンバーが大きかったため、製作キャンバーを考慮した送出し補強計画を行わず、製作キャンバーや縦断勾配に合わせてシンクロジャッキの高さを調整する方法とした。そのため、高さ調整量が最小となるよう、送出し桁の勾配を検討した。具体的には、送出し桁の製作キャンバーを含めた縦断勾配の近似直線を最小二乗法により算出した。近似直線の勾配に合わせて桁の送出し作業を行うことで、シンクロジャッキの高さ調整量を最小とすることができた。

3-3 キャンバー精算

構造計算に用いられていた仮定鋼重は平均で27.4kN/mであった。一方、実際の断面構成ではP2-P3間の断面が大きく、フランジ厚が50mmを超える箇所もあり、最大で36.7kN/mと仮定鋼重に比べ30%以上も重くなる箇所があった。そのため、実鋼重によりキャンバー値を算出した結果、仮定鋼重によるキャンバー値と比べ、**図-4**に示すとおり最大で=40mmの乖離があることがわかった。

この結果を踏まえ、製作キャンバーは実鋼重により算出したキャンバー値を採用することとした。

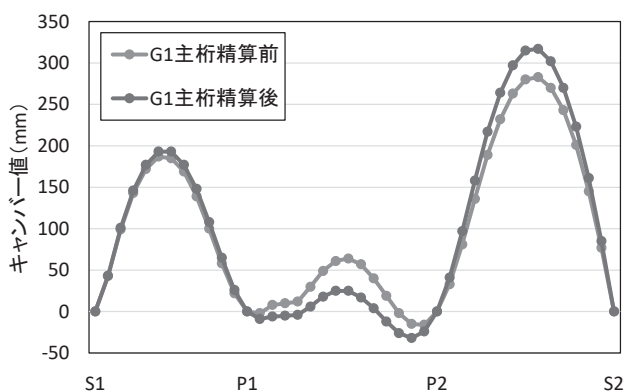


図-4 キャンバー精算結果

3-4 供用道路上の送出し架設

(1) 推進速度と推進力

本工事における送出し架設は、供用中の道路上での作業となるため、通行止め規制の解除条件が決められており、手延べ機を含む送出し桁と、下部工との固定が条件であった。初回の送出し作業が、供用道路上であったため、規制時間内にP1橋脚に到達する必要があった（送出し距離=48m）。通行止め規制は22時より翌6時の8時間であったが、実作業時間は7時間程度である。規制時間内に確実にP1橋脚に到達するため、推進装置としてクレビスジャッキ（150kN-1500st）を後方台車の前後に配置した。クレビスジャッキを採用した理由は、汎用性のある機材であり、信頼性が高いためである。

送出し作業は、全4回の計画であったが、第3回以降は前述のジャッキでは推進力を満足することができなかった。第3回以降の送出し作業は手延べ機を解体しながら送出し作業を行うため、推進速度を遅くしても問題とならない。以上より、500kN-1050stのクレビスジャッキに変更することで、規制時間内に計画通りの安定した送出し作業を行うことができた。

(2) 第三者災害に対する安全確保

国道151号上の施工にあたり、道路管理者と施工協議する上で、国道に近接するP1橋脚、B10ベント上の送出し設備の変位の常時計測を行い、設備に異変が生じた場合、即座に検知できる対策を講ずることとした。具体的には、変位計測に3次

元変位自動計測システム「ダムシス」を採用した。ダムシスはクラウドサービスを通じ、異常値を検知した際にメールを自動配信する機能も有している。そのため、道路管理者とタイムリーに情報を共有することができ、有事の際には迅速に対応できる体制を構築することが可能であった。なお、送出し架設における様々な安全対策を徹底したことにより、上記システムは作動することなく、図-5に示すとおり、無事作業を終えることができた。

4. おわりに

本工事における送出し作業および桁降下作業において、国道151号の夜間通行止め規制による影響が非常に大きいことが予想されたが、各関係機関との調整や地域との情報共有を通じた地域住民の皆様のご理解とご協力により、無事作業を終えることができた。

最後に、本工事において多くのご指導を賜りました国土交通省中部地方整備局浜松河川国道事務所の皆様に厚く御礼申し上げます。



図-5 完成写真

19 施工計画

損傷した歩道橋の応急復旧と新設桁架設

日本橋梁建設土木施工管理技士会

瀧上工業株式会社

現場代理人

小野寺 秀夫[○]

工事担当

伊 豫 田 葵

工事担当

小 林 智 治

1. はじめに

本工事は、愛知県道46号西尾知多線にかかる美里横断歩道橋の復旧工事である。建設機械を搭載したトレーラーが本橋の下を通過した際、桁と接触したことで桁が損傷し、復旧工事が必要となった。図-1の側面図に、損傷箇所を示す。損傷部位は図-2・3からわかるように、外部からの衝撃で主桁腹板と鋼床版に孔が開いた状態であった。橋の利用者が多いことから、社会的影響を最小限にするため、応急復旧により一時的な早期解放を行い、その後新設ブロックの製作と取り換えによる完全復旧を行った。本稿では、この短期的な応急復旧と長期的な完全復旧に分けた設計計画時の対策と現場施工時の工夫について述べる。

工事概要

- (1) 工 事 名：美里横断歩道橋復旧工事
- (2) 発 注 者：愛知県 知多建設事務所
- (3) 工事場所：愛知県知多市岡田美里地先
- (4) 工 期：2021年12月1日～2022年10月31日



図-2 腹板損傷部



図-3 床版損傷部

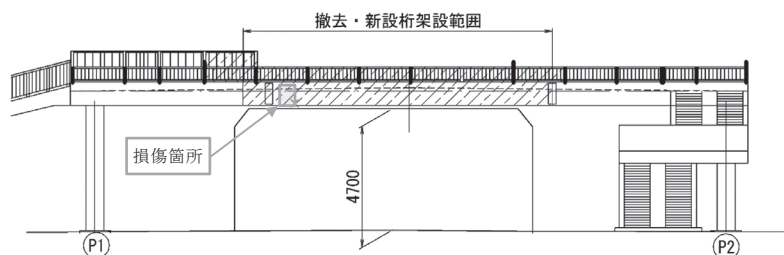


図-1 構造一般図

2. 現場における問題点

2-1 応急復旧時の桁の補強方法

図-1のとおり、損傷部位が道路上であり、主桁と建築限界とのクリアランスが少ないため、いかに建築限界の制約を受けずに補強するかが課題であった。

2-2 補強材の取付け

図-4に示すように歩道橋の下フランジの変形量が大きく、加熱矯正では大量の冷却水が必要であり、その給水環境の確保が課題であった。また、加熱矯正後に補強材を設置するが、補強材との密着性を確保するために、いかに矯正後の平坦度を確保するかが課題であった。

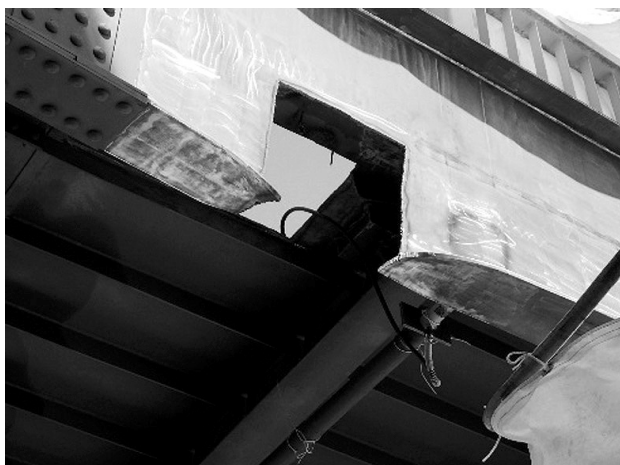


図-4 塗膜はく離、損傷部位撤去状況

2-3 既設桁の塗装系

応急復旧時の歩道橋損傷部位の切断および矯正作業はガスバーナーを使用するため、塗膜をはく離する必要があった。事前調査にて、既設桁にはA-1塗装系の鉛系さび止め塗料が使用されていることが分かったため、飛散させないはく離方法の選定が課題であった。また、応急復旧時の補強材と完全復旧時の新設桁はC-5塗装系であり、鋼材の連結部、および鋼床版や高欄手摺の新旧部材の現場溶接部はA-1塗装系の上面にC-5塗装系が塗り重なる箇所が発生する。新設塗装系が既設塗膜に及ぼす影響がないか懸念された。そこで、塗り重ねることにより既存塗膜のはく離な

ど、悪影響を与える恐れがあることから、これを回避する新設塗料の選択が課題であった。

2-4 完全復旧時の桁の架け替え方法

現道は、西知多産業道路と知多半島道路阿久比ICを結ぶ、交通量が多い道路である。本橋の近くには小学校や住宅地があり、橋の利用者も多い。工場製作工程、現場施工期間として15ヶ月を要すること、歩道橋が小学生の通学路となっていること等を考慮し、小学校の夏休み期間中となる令和4年7月21日から8月31日に架け替え工事を行う必要があった。また、既設桁の撤去及び新設桁の架設作業はラフタークレーンの定格総荷重を考慮した架設計画により、現道の通行止め規制を伴う作業となるため、それまでの施工工程やタイムスケジュールの確実な履行が課題であった。

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 補強材の設計

建築限界の制約を受けないように補強材は下フランジより上方で構成する計画とした。そして各補強材は発生する応力に抵抗できる断面にする必要があり、以下のとおり計画した。主桁腹板の補強材は母材と同板厚とし、せん断力を伝える構造とした。また、主桁下フランジの補強材は、補強後の主桁が損傷前の断面性能と同等以上となるよう板厚を決定し、垂直応力を伝える構造とした。

3-2 補強材の取付け

ひずみ取りでは想定以上の加熱矯正が必要になったため、急遽近隣マンションの維持管理用水道を借りて迅速に対応を行った。補強材取り付け用の高力ボルト孔は、社内で作成した罫書用フィルムを使用して4隅のガイドホール位置を確認しながら先行して孔明作業を行った。残りのボルト孔は、補強材の孔をガイドホールとして利用し、磁器固定型孔明機にて孔明け作業を行った。補強材は仮ボルトにて固定し、補強材と変形部位をさらに加熱矯正することで、平坦度を確保し密着させた。図-5に補強材取付け状況を示す。



図-5 補強材取付け状況

3-3 A-1 塗装系に対する計画

(1) 塗膜除去工

ガス切断部や加熱矯正を行う箇所は、鉛等の有害な成分を含む既存塗膜が燃焼し周囲に飛散する恐れがあったため、既存塗膜を適切に除去する必要がある。ここで電動工具処理（素地調整程度2種）を行う場合は、有害物質が飛散しやすく、さらに作業時の騒音発生や作業効率が低いことから採用を避けた。有害な成分を含む塗料のはく離やかき落とし作業を行う場合、「鉛中毒障害予防規則等関係法令」に従い、塗膜を湿潤化させて除去作業を行う必要がある。このため、ベンジルアルコールを主成分とした鋼構造物用水系塗膜のはく離剤2）を使用して塗膜除去を行った。図-6に塗膜のはく離剤塗布状況を、図-7に塗膜のはく離完了状態を示す。



図-6 塗膜のはく離剤塗布状況



図-7 塗膜のはく離完了状態

(2) 塗り重ね部塗料の選定

新設塗装系が既存塗膜に及ぼす影響の有無を確認するため、想定される現場塗装仕様にて塗装の塗り重ね試験を行うこととした。採用する塗装仕様の候補は、新設桁塗装仕様であるF-13、塗替え塗装仕様Rc-I（強溶剤ジンクリッチペイント）、Rc-I（弱溶剤ジンクリッチペイント）、Rc-Ⅲの4種類である。

既存塗膜との相性確認は、新設工事にて撤去する現橋の部材にクロスカット試験を行うこととした。試験結果からF-13およびRc-I（強溶剤ジンクリッチペイント）で良好な結果が得られたため、本工事ではF-13を採用した。代表として、F-13のテープ引き剥がし後の表面を図-8に示す。なお、Rc-I（弱溶剤ジンクリッチペイント）とRc-Ⅲについては、テープをはがした際に、図-9のとおり塗膜のはく離を確認した。特にはく離が顕著だったのはRc-I（弱溶剤ジンクリッチペイント）である。塗膜のはく離は既存塗膜と新設塗膜の境界面で発生していた。

良好な結果の塗装仕様が2つある中でF-13を選択した理由は、F-13がC-5塗装系の新設部材の塗装に用いられる仕様に対し、Rc-I（強溶剤ジンクリッチペイント）は維持管理用の塗装仕様で、下塗り～上塗りまでが弱溶剤のためである。耐食性を考えると、あえて下塗り～上塗りが弱溶剤である必要ないと判断し、F-13を選択するに至った。



図-8 F-13格子面

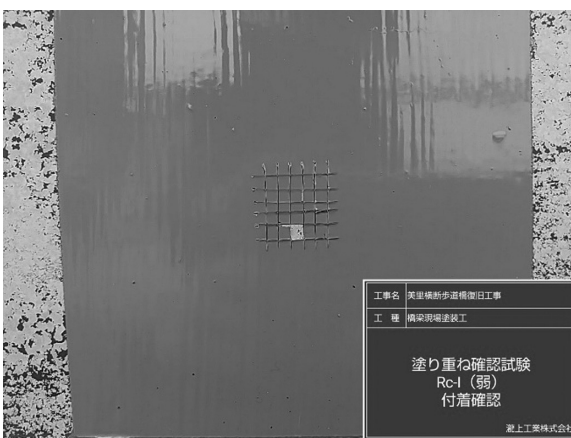


図-9 Rc-I (弱溶剤) 格子面

3-4 架設工程および現場作業の計画

(1) 架設工程

架設は現道の通行止め規制が必要で、交通量が少なくなることが予想される土曜日の夜間に施工することとした。図-10に現場施工の実施工程を、図-11に架設計画図を示す。

現道の夜間通行止め規制については、住宅地での施工が影響し迂回路の設定に苦慮したが、広報活動を重点的に行った結果、苦情等によるトラブルもなく終わることができた。広報活動は、施工箇所周辺に通行止め規制日の2週間前から予告看板を14箇所設置するとともに、通行止め規制中はカーナビゲーションシステムに規制表示されるよう県警交通規制課交通管制センターに依頼した。

(2) 現場作業計画

既設のトルシア形高力ボルトは、高力ボルトねじ部に塵埃や塗膜がかみ込み、ボルト取り外しに時間を要する恐れがあった。そこで、桁撤去前に

既設ボルトはあらかじめ摩擦接合用高力六角ボルトに差し替え、桁撤去時には本ボルトを取り外す計画とした。また、通常は余長を設けた桁を製作し、撤去後の測量結果を反映して切断、塗装を施すが設計値で製作を行った。そして現場では、桁の出来高寸法を現橋に罫書き、対角寸法等の確認を行ってから、切断と整形を行った。

実 施 工 程 表

| 名 称 | 7月 | | | 8月 | | | 9月 | | |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 10 | 20 | 31 | 10 | 20 | 31 | 10 | 20 | 31 |
| 基礎工 | | | | | | | | | |
| ペント組立工 | | | | | | | | | |
| 塗膜除去工 | | | | | | | | | |
| 既設桁撤去工 | | | | | | | | | |
| 既設桁撤去工(二次) | | | | | | | | | |
| 新設桁架設工 | | | | | | | | | |
| 現場養生工 | | | | | | | | | |
| 現場養生工 | | | | | | | | | |
| 架設養生工 | | | | | | | | | |
| 架設養生工 | | | | | | | | | |
| ペント解体工 | | | | | | | | | |
| 後片付け | | | | | | | | | |

図-10 実施工程表

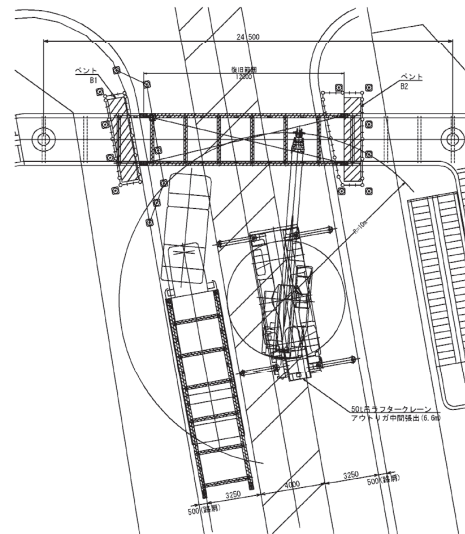


図-11 架設計画図

4. おわりに

応急復旧工事および新設工事では、片側交通規制および夜間通行止めを行いながらの工事となったが、工期内に製作、架設を行うことができた。

最後に本工事においてご指導賜りました愛知県知多建設事務所の関係者の方々に御礼を申し上げます。また、円滑に施工ができるようご協力頂いた、地元の皆様に深く感謝するとともにお礼を申し上げます。

20 施工計画

鋼桁上を作業ヤードとした平面曲率や縦断勾配を有する細幅箱桁の送出しについて

日本橋梁建設土木施工管理技士会
日立造船株式会社
現場代理人
岐部 正佳

1. はじめに

本工事は、熊本都市圏と天草地域を90分で結ぶことを目的とした熊本天草幹線道路のうち、天草市港町から東町に架かる橋梁工事である。

4径間中3径間が海上での施工であり、さらに航路上に位置する径間も存在したことから、航路外の径間はクレーンベント架設、航路上の径間は架設済みの鋼桁（以下、受け桁）上を使用した送出し架設が採用された。

工事概要

- (1) 工事名：国道324号地域連携推進改築（G2上部工）工事
- (2) 発注者：熊本県
- (3) 工事場所：天草市港町～東町
- (4) 工期：令和2年10月9日～令和4年7月29日
- (5) 橋梁諸元：鋼4径間連続細幅箱桁橋
橋長200.0m

支間長 33.8m+65.7m+49.3m+49.6m
鋼重 573.9t
平面曲線 A=210～R=550m～A=210



図-1 しゅん工時全景

2. 現場における問題点

本工事の送出し架設における問題点を下記に示す。

2-1 平面曲率への対応

本工事の平面曲率は、送出し桁がR=550mの一定曲線に対し、受け桁はR=550m～A=210とクロソイド曲線のため、送出し桁と受け桁で平面線形が異なる。

送出し基準線を一定曲線で設定した場合、送出

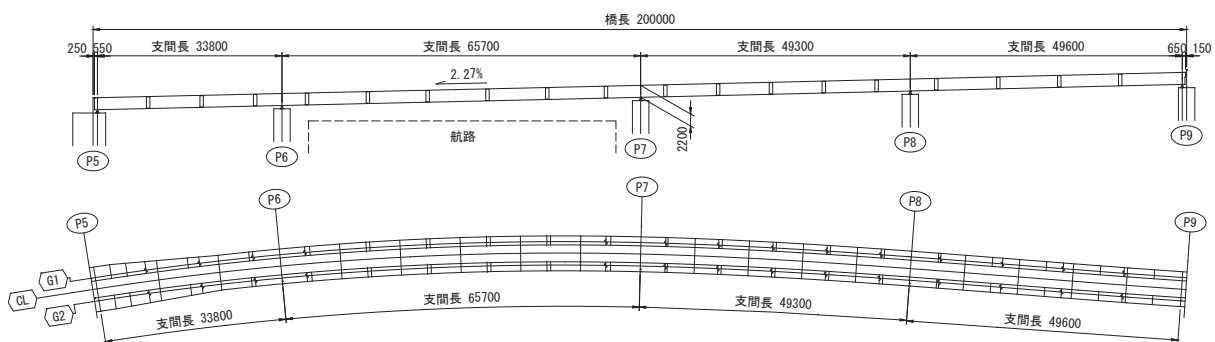


図-2 上部工一般図

し基準線に合わせて配置する軌条梁が受け桁から外れ敷設できないため、施工可能な基準線を検討する必要があった。

2-2 下り勾配に対する安全対策

縦断勾配を水平にして送り出した場合、送出し後の桁降下量が増大するため、本橋の縦断勾配に合わせて送り出すこととした。

本橋は終点側から起点側に向かって2.27%の一定下り勾配であった。架設済みの鋼桁上を送出しヤードとして利用し終点側から起点側に向かって下り勾配で送出すため、特別な逸走防止を施す必要があった。

2-3 送出し反力の管理方法

曲線箱桁の送出し架設であるため、曲率により内外で反力差が大きくバランスが悪い。そのため、送出しステップ毎に変化する支持点の反力を正確に管理することが課題であった。

2-4 航路上での桁降下への対応

発注時の桁降下量は3.8mで設定されていたが、詳細検討の結果、桁降下量は6.3mとなった。加えて、桁降下による航路通行規制を最小日数に抑える必要があった。

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 平面曲率への対応

本工事では送出し基準線を曲線と直線を組み合わせて設定した(図-3)。詳細な送出し基準線の設定方法は以下のとおりである。

STEP-1 : P6・P7・P8橋脚中心の3点を結ぶ円弧を基準線①と設定 (R=654.246m)

STEP-2 : P9橋脚中心から基準線①へ引いた接線を基準線②と設定 (L=59.781m)

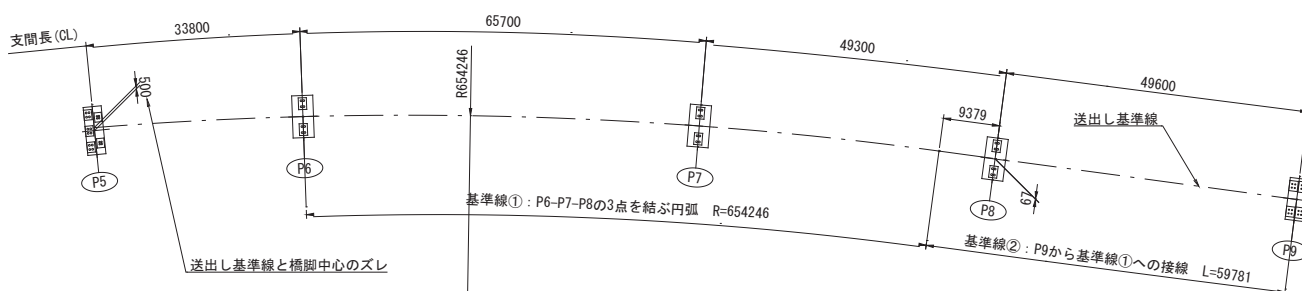


図-3 送出し基準線

STEP-3 : 上記2本の線を組み合わせたものを送出し基準線と設定

本工事では台車設備は2台を1組として2組使用(前方台車・後方台車)した。送出し基準線を曲線+直線で設定したため、送出し開始～約50m地点までは、前方台車は曲線、後方台車は直線に送り出すこととなる。前方台車と後方台車の挙動が異なるため、後方台車が平面内で回転し車輪とレールが接触してしまい送出しに支障をきたす恐れがあった。そこで、後方台車で支持する鋼桁を定期的にジャッキアップ・ダウンし、回転による後方台車の偏心を解消することとした。事前の検討で4m送出す毎に後方台車は0.1°回転(3mm偏心)することが分かった。一方、台車車輪のガイドローラとレールの遊間は7mm(片側3.5mm)である。車輪とレールの接触を避けるため、4mに1回ジャッキアップすることとした。

送出し基準線を曲線+直線で設定することで、軌条梁を受け桁の範囲におさめることができた。また、各台車の挙動の違いによる車輪とレールの接触については、送出し中に架設誤差の影響で時折車輪とレールが擦れる音が生じたものの、ジャッキアップ・ダウンを計画通りに行うことで解消し、スケジュール通り送出し作業を実施できた。

3-2 下り勾配に対する安全対策

逸走防止として、軌条設備後方にワイヤー(φ35.5)とワイヤークランプ装置(cap.500kN)、センターホールジャッキ(cap.500kN)で構成したおしめ設備を設置した(図-4)。このおしめ設備のセンターホールジャッキは1000mmのストロークであり、1回あたりの送出し長も1000mmであるため、センターホールジャッキでワイヤー

を固定し、送出しに合わせてワイヤーを押し出した。そして緊急時には固定した摩擦力により逸走防止力を作用させる構造とした。



図-4 おしめ設備

また、本工事では各台車設備の前方に押し引きジャッキ (cap.360kN) を推進力として2台設置して送出しを行った。ジャッキ盛替えの際、台車設備が逸走するのを防ぐため、台車設備の後方にレールクランプ装置 (図-5) を設置し台車を固定した状態で盛替え作業を行うこととした。

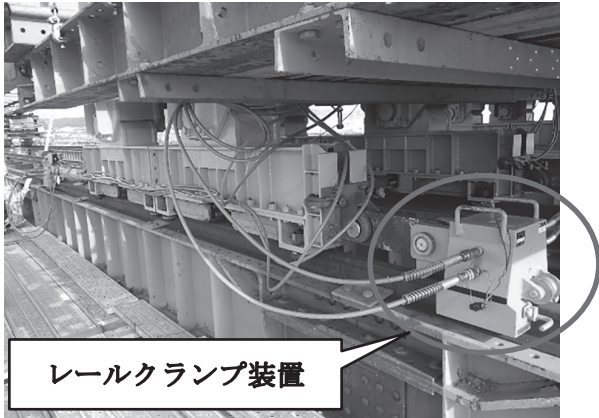


図-5 レールクランプ装置

これらの対策を施したことで、送出し桁および台車設備の逸走が起こることなく、無事送出しを完了することができた。ただし、おしめ設備のワイヤーは送出し桁が前進していくと曲線桁に対して直線的に引っ張るため、本工事の場合は内R方向に張力が生じた。おしめワイヤーを張りすぎると送出しの障害となってしまう、一方で、緩めすぎると逸走防止対策としての機能を果たさないため、送出し中はワイヤー監視者を配置して作業を行った。

3-3 送出し反力の管理方法

本工事では送出しの進捗に合わせて各受け点の設計反力と実反力をリアルタイムかつ一元管理ができる「送出し反力管理・自動制御システム」を用いて反力管理を行った。各受け点の設計反力は送出しステップ毎に格子解析により算出した。

本システムは反力だけでなく、レーザー式距離計を使用して送出し量や送出し桁の横ずれ量も監視可能であったため、送出し作業のトータル管理を実施した。

送出し中の設計値と実測値の差を現場責任者がリアルタイムに把握できるため、管理値の上限に達する前に適切な処置判断とタイムリーな作業指示が可能となった。

加えて、反力などの送出し時の施工情報は、司令本部だけでなく前後方台車など各所に配置された担当者もタブレット端末 (図-6) で把握できたため、複数の離れた箇所での作業管理に効果的であった。



図-6 タブレット端末

3-4 航路上での桁降下への対応

サンドルとジャッキの組み合わせによるサンドル降下は、適切にサンドルを組める条件であっても安定して積み上げられる高さは4m程度である。本工事の降下量は6.3m、さらに航路上という時間的制約があるため、本工事ではサンドル降下以外の手段を検討した。

計画変更に伴い桁降下量が6.3m、時間的制約、サンドル降下では不安定な状態が長期間続くこと

から、1日で完了できるワイヤークランプジャッキ（図-7）を用いた吊下げ降下を採用した。これにより、桁降下の施工性向上が図れた。

ワイヤークランプジャッキ（cap.1000kN）は起点側4基、終点側4基の計8基を配置した。

桁側に取り付ける吊り天秤は、ワイヤソケット部と桁付き金具部をそれぞれピン構造とすることで、ワイヤソケット部で橋軸直角方向の回転、桁付き金具部で橋軸方向の回転を許容できる構造とした。



図-7 降下装置（ワイヤークランプジャッキ）

また、降下設備の背面にセンターホールジャッキ（cap.500kN）とPC鋼棒を使用したアンカー設備（負反力設備）を設置して、降下設備の転倒対策を行った。なお、アンカー設備には降下時に生じる負反力の設計値350kNに対して、385kN（設計値の10%割増し）のプレテンションを導入した。

安全性向上を図るため、桁降下も送出しと同様

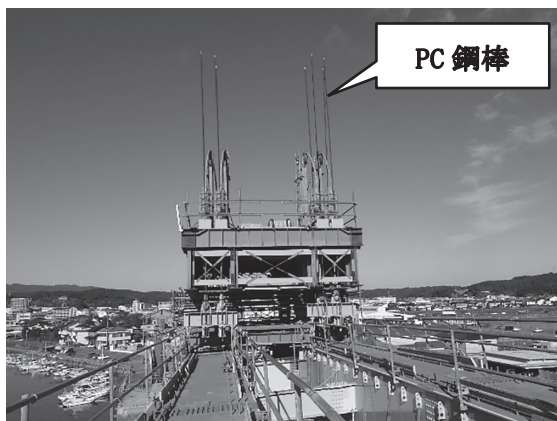


図-8 PC鋼棒による安全設備

に降下進捗量及び反力を一元管理しながら作業を実施した。また、ワイヤークランプジャッキでの桁降下の際は、人為的ミスや設備のトラブルが起こった場合にも落橋などの重大事故を防ぐため、PC鋼棒による安全設備を設け、2重の安全対策を講じた（図-8）。

ワイヤークランプジャッキを用いた吊下げ降下の際も進捗量や反力一元管理することで、設計値と実測値の差をリアルタイムに把握・調整しながら桁降下を行えた。また、ワイヤークランプジャッキを使用したことで、当初の目標であった1日での桁降下完了を達成することができた。

4. おわりに

本工事は送出し桁と平面線形が異なる鋼桁上かつ下り勾配2.27%での送出しであった。また、送出し架設区間は航路上であったため、第三者災害を起こさないように安全面にも十分配慮する必要があるが。

このような厳しい施工条件であったが、計画段階から社内関係者や協力業者と綿密に打ち合わせを行い、事前に多くの施工に関する懸念事項を排除できたことによって、本工事は無事故・無災害でしゅん工を迎えることができた。

本稿が今後の同種の橋梁工事において参考になれば幸いである。

最後に、本工事の施工にあたり、熊本県天草広域本部の皆様をはじめ、ご協力いただいた工事関係者の皆様に深く感謝申し上げます。



図-9 送出し架設完了時（全景）

21 品質管理

格安な荷括りストレッチフィルムを使用したコンクリート養生の工夫と効果について

株式会社大歳組
現場代理人兼監理技術者
岸 源 己

1. はじめに

本工事は、広島県三次市～庄原市の主要幹線道路国道183号の重要構造物である貝石谷橋の橋梁補修・補強工事における、橋脚コンクリート巻立て工法で実施した、コンクリート養生の工夫とその結果について紹介する。

工事概要

- (1) 工事名：一般国道183号道路災害防除工事
(貝石谷橋・交付金)
- (2) 発注者：広島県北部建設事務所庄原支所
- (3) 工事場所：広島県庄原市宮内町地内
- (4) 工期：令和3年1月7日～
令和3年12月28日
- (5) 工事内容：橋脚巻立て工 $V = 70\text{m}^3$ (2基)

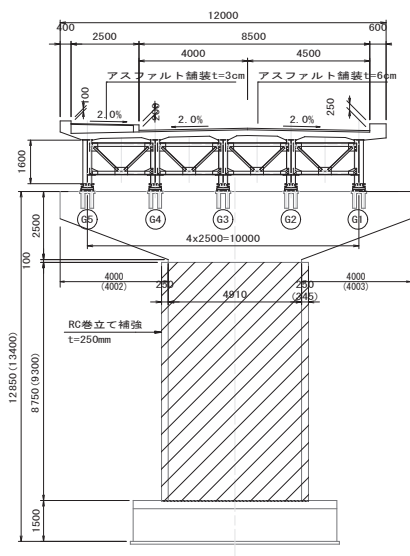


図-1 橋脚正面図

2. 現場における問題点

コンクリート養生の目的は、セメントの水和反応を促すことが目的である。①水和反応に必要な水分を与える行為、②水分の逸散を防ぐ行為、③水和反応が適切に継続する温度を制御する行為、④外部からの圧力に抵抗できるまでコンクリートを保護する行為。4行為の総称を「養生」という。

本工事のコンクリート打設時期は、8月から9月の夏期の施工であった。コンクリートの巻立て厚さは、25cmと比較的薄層であるため、水和熱による温度ひび割れよりも、水分逸散による初期乾燥ひび割れの恐れがあるため、十分な湿潤養生を行う、散水・保湿方法の検討を行った。

(型枠の存知期間)

コンクリート工事において、品質を確保するうえで、初期の湿潤養生が重要である。しかし、工程管理上、セメントの水和反応が活発な若材齢でも、縦壁部では、 $5.0\text{N}/\text{mm}^2$ 以上の圧縮強度発現を確認できれば、解体することが一般的であった。型枠を解体すれば、コンクリートの表面より乾燥するため、表層部では、水和に必要な水分の不足が懸念される。このため、当現場では、湿潤状態を保持し、型枠転用回数を限りなく少なくし、可能な限り型枠を存知することを検討した。

(型枠解体後の養生)

従来は、脱型後、垂直面を湿潤状態に保つには、常に散水するスプリンクラー等の散水設備を

設けるか、高価な専用の湿潤シートを敷設する方法で、湿潤状態を所定の期間実施していたが、これらの方法では、高価な設備や、資材が必要となり、コストが掛かるうえ、散水動力であるポンプの電源確保や、シートの風養生等に、多くの労力が必要とされていた。これらのコンクリート養生に必要なトータルコストを抑制する方法を検討した。

3. 工夫・改善点と適用結果

(型枠の存知期間)

種々の文献を精査すると、圧縮強度が $10\text{N}/\text{mm}^2$ 以上であれば、コンクリート表面からの乾燥の影響は、表層 1cm 程度であり、深さ 3cm 以深への影響は少ないとされ、また、 $10\text{N}/\text{mm}^2$ の強度まで十分な湿潤状態を保持できれば、コンクリート表面には、緻密な水和性化合物(ケイ酸カルシウムを主成分とするガラス質)が形成され、脱型後は、水や二酸化炭素等の有害分子のコンクリート内部への浸入を防ぎ、中性化についても影響は小さくなるとされている。これに基づいて、橋脚巻立て工における型枠脱型強度は、コンクリート標準示方書に示された、脱型強度 $14\text{N}/\text{mm}^2$ 以上を目標とし、コンクリート打設の翌日から型枠解体までの期間中は、露出した天端部に湿潤シートとストレッチフィルムを2重に敷設し、適宜散水

し、湿潤状態を保持した(図-2・4)。



図-2 天端部の2重シート養生

脱枠時期は、打設リフト毎に脱枠強度確認用の圧縮強度供試体を現空養生し、期間中は朝夕の外気温を毎日記録し、積算温度から脱枠強度が $14\text{N}/\text{mm}^2$ 以上となる材齢を推定し、脱枠日の朝、この供試体の圧縮強度試験により、目標の脱枠強度 $14\text{N}/\text{mm}^2$ 以上を確認した(図-3)。

各リフトの型枠解体は、1リフト目が、8月11日に打設し、8月18日(材齢 $\sigma 7$)の脱枠圧縮強度は $22.9\text{N}/\text{mm}^2$ であった。2リフト目は、8月25日に打設し、9月6日(材齢 $\sigma 11$)で脱枠し、圧縮強度は $29.5\text{N}/\text{mm}^2$ であった。また工程管理上、最も若齢で脱枠した3リフト目は、9月2日に打設し、9月6日(材齢 $\sigma 4$)で脱枠し、圧縮強度は、 $19.0\text{N}/\text{mm}^2$ であった。

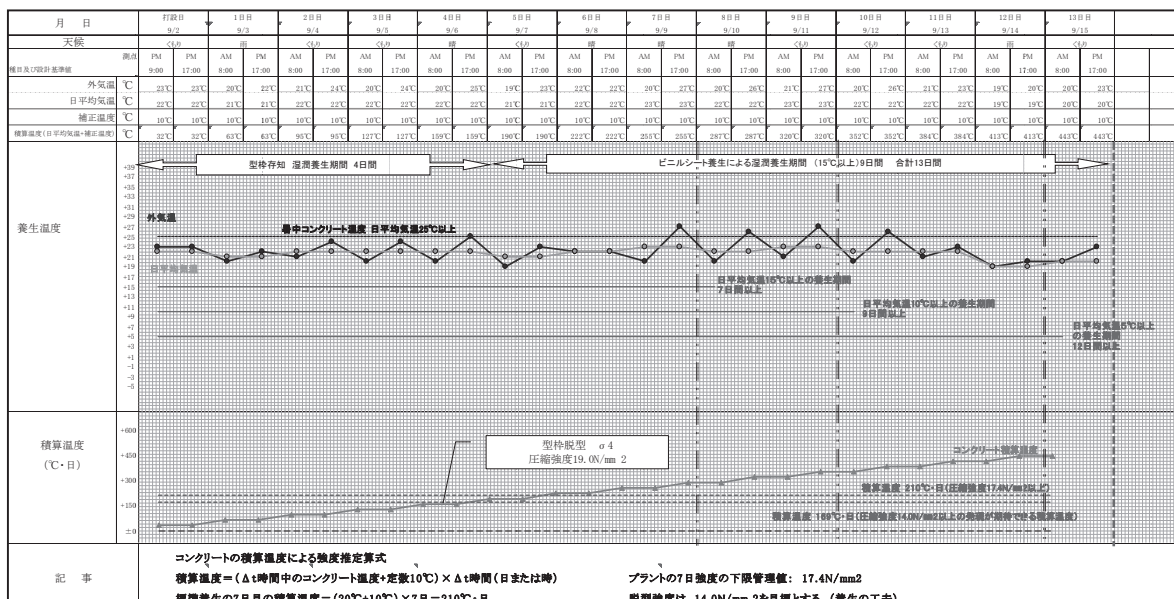


図-3 コンクリート養生管理記録(3リフト目)

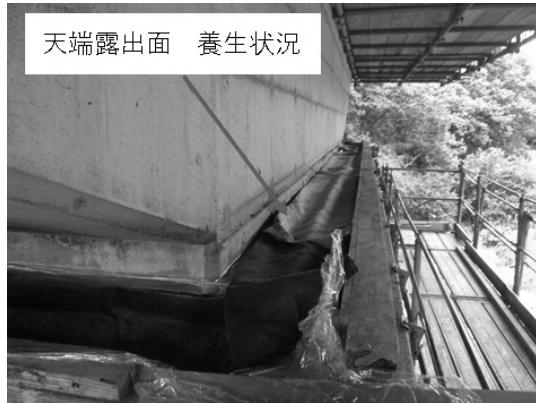


図-4 コンクリート天端部の湿潤養生

脱型直後には光沢のあるガラス質の水和化合物が形成されていた。この水和化合物はケイ酸カルシウムを主成分とする水和結晶の硬化組織である。また、このガラス質は、コンクリート表面に十分なセメントペーストが集合し、水和反応が促進され緻密であることの証である (図-5)。



図-5 脱型直後のコンクリート表面

(型枠解体後の養生)

当現場は、周辺の既存構造物により、脱型後のコンクリートに常時、直射日光は当たらないため、温度抑制行為よりも、脱型後の湿潤養生方法に重点を置いて、下記の養生方法を実施した。

- ① 型枠解体後、露出したコンクリート表面は、直ちに散水を行い、コンクリート表面を湿潤状態にした後に、速やかにストレッチフィルムを巻付ける (図-6・7)。
- ② ストレッチフィルムは、隙間なく上から下に刷毛等で押さえて、空気を抜きながら、コンクリート表面に密着させて巻き付ける (図-8)。
- ③ ストレッチフィルム巻き付け後、上部から注水し、コンクリート表面全体を湿潤状態とする。

- ④ 毎日、ストレッチフィルム内側のコンクリート表面を確認し、適宜散水を行う。



図-6 脱型後の散水状況



図-7 ストレッチフィルム巻付け状況



図-8 ストレッチフィルム巻き付け完了

脱型後に、湿潤状態のコンクリート表面全体に密着してストレッチフィルムを貼り付けたことにより、気中への水分の逸散を抑制し、1回の散水後、3日から5日間はコンクリート表面を十分な湿潤状態に保持することができた。

本工事では、3リフトに分けてコンクリートを打設し、1リフト当たり13日間の湿潤養生を実施した。ストレッチフィルムの効果で、コンクリート表面の湿潤状態は保持され、養生期間中の各リ

フトの散水回数は、3回～5回程度であった。

従来の湿潤養生作業では、朝夕2回の散水を毎日行っていた工数を比較すると、散水頻度を70～80%削減し、作業員の負担を大幅に軽減することができた。また、市販の物販輸送用荷括りストレッチフィルム（幅50cm×厚さ14μm×長さ300m/巻）を使用したことにより、資材コストは押さえられ、経済的にも優れた養生方法である（図-9）。



図-9 ストレッチフィルムの通常の使用例

養生打ち切り後には、各打設日毎にコンクリートシュミットハンマーによる強度推定試験を実施し、最も若齢の3リフト目の材齢14日目でも材齢補正なしで、所定の設計強度 $24\text{N}/\text{mm}^2$ 以上の強度発現を確認することができた（表）。

また、養生を打ち切った令和3年9月15日から

表 強度推定試験結果一覧表

| 橋脚巻立て工 コンクリート打設実績及びテストハンマーによる強度推定調査実施日 | | | | | |
|--|-----------|------|---------|------------------------------|----|
| 1回目テストハンマー試験日 令和3年9月9日(木) | | | | | |
| ロット番号 | コンクリート打設日 | 材齢 | 材齢による補正 | 推定強度 | |
| P1橋脚 1リフト | 令和3年8月11日 | σ 29 | 補正なし | 27.95 N/mm^2 | 合格 |
| P2橋脚 1リフト | 令和3年8月11日 | σ 29 | 補正なし | 26.21 N/mm^2 | 合格 |
| 2回目テストハンマー試験日 令和3年9月17日(金) | | | | | |
| ロット番号 | コンクリート打設日 | 材齢 | 材齢による補正 | 推定強度 | |
| P1橋脚 2リフト | 令和3年8月25日 | σ 22 | 補正なし | 28.66 N/mm^2 | 合格 |
| P2橋脚 2リフト | 令和3年8月25日 | σ 22 | 補正なし | 27.11 N/mm^2 | 合格 |
| P1橋脚 3リフト | 令和3年9月2日 | σ 14 | 補正なし | 25.39 N/mm^2 | 合格 |
| P2橋脚 3リフト | 令和3年9月2日 | σ 14 | 補正なし | 26.56 N/mm^2 | 合格 |

若材齢であっても、設計強度以上の推定強度が確認できたため、材齢補正は行わない。



図-10 令和3年9月24日の構造物表面

159日後の令和4年2月21日に、構造物表面を確認したところ、光沢のあるガラス質を、竣工時と変わらず確認することができた（図-10・11）。これらの養生を実施したため、夏期の施工であっても、初期乾燥を防止し、十分な湿潤養生を実施したことにより、良品質な硬化組織を形成することができ、耐久性の高いコンクリート構造物を構築することができた。



図-11 令和4年2月21日の構造物表面

4. おわりに

今回実施した、コンクリート養生の工夫では、安価なストレッチフィルムを使用したため、市販のコンクリート養生シートに比べ、資材コストを大幅に削減することができた。また、ストレッチフィルムの巻き付け作業が必要となるが、その後の散水頻度が大幅に減少できたため、結果的には、養生に要する労務費は減少した。さらに、湿潤状態の保持機能が3日～5日確保でき、現場が無となる夜間・休日でも乾燥状態となる状況がなくなり、養生期間中は、十分な湿潤状態を保持し、良品質な硬化組織を形成することで、基準強度も満足し、耐久性の高いコンクリート構造物を構築することができた。今回は夏期の施工であったが、給熱養生が必要となる冬期の施工でも、同様の結果が得られるように、学び続け、知恵を絞り、バリューエンジニアリングを追求し、今後も土木工事の施工にあたりたい。

最後に、初めての試みにも関わらず今回の養生作業に協力していただいた工事関係事業者の作業員の方々に心から感謝し、厚くお礼申し上げます。

22 品質管理

橋梁下部工構造物の品質向上と 3D スキャナーによる出来栄え評価について

愛知県土木施工管理技士会

株式会社新井組 土木工事部

森谷 光希[○] 高島 大

1. はじめに

本工事で施工する大阪湾岸道路西伸部（六甲アイランド北～駒栄）は、大阪湾岸道路の一部を構成する、神戸市東灘区から長田区に至る延長14.5kmの道路である。完成すると大阪湾沿岸地域の既存幹線道路の交通負荷を軽減し、都市環境の改善を図るとともに、大阪湾沿岸諸都市を有機的に連絡して、都市の活力を向上させる効果が期待される。なお、本工事は一般国道2号大阪湾岸道路西伸部（六甲アイランド北～駒栄）のうち、六甲アイランド地区に計画される六甲アイランド第四高架橋下部1基の工事である。

工事概要

- (1) 工事名：大阪湾岸道路西伸部六甲アイランド第四高架橋PE11下部工事
- (2) 発注者：近畿地方整備局浪速国道事務所
- (3) 工事場所：神戸市東灘区向洋町地先
- (4) 工期：自) 令和3年3月31日～
至) 令和4年3月31日



図-1 工事全景

2. 現場における問題点

- (1) 塩害地域での施工に伴う耐久性の低下

本橋計画地は塩害地域Cに区分され、湾岸沿いの連続高架橋であることや、海岸線から概ね200mであることから、塩害対策はⅢ（影響を受ける）に区分となる。このことから橋脚躯体工の耐久性を向上させるうえでコンクリートのひび割れ抑制対策が重要となる。

表-1 塩害の影響

①塩害の影響：C地域 対策区分：影響は無い(海岸線からの距離200m以上)

| 地域区分 | 地域 | 海岸線からの距離 | 塩害の影響度合いと対策区分 | |
|------|-----------------------------|------------------|---------------|--------|
| | | | 対策区分 | 影響度合い |
| A | 沖繩県 | 海上部及び海岸線から100mまで | S | 影響が激しい |
| | | 100mを超えて300mまで | I | 影響を受ける |
| | | 上記以外の範囲 | II | |
| B | 図-6.2.1 表-6.2.4 に示す地域 | 海上部及び海岸線から100mまで | S | 影響が激しい |
| | | 100mを超えて300mまで | I | 影響を受ける |
| | | 300mを超えて500mまで | II | |
| | | 500mを超えて700mまで | III | |
| C | 上記以外の地域 | 海上部及び海岸線から20mまで | S | 影響が激しい |
| | | 20mを超えて50mまで | I | 影響を受ける |
| | | 50mを超えて100mまで | II | |
| | | 100mを超えて200mまで | III | |

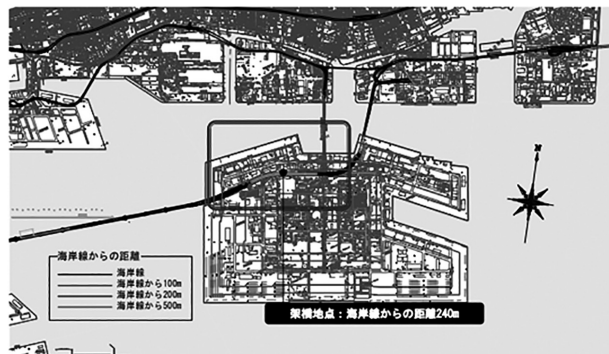


図-2 海岸線からの距離

- (2) 温度応力によるフーチング部のひび割れ

本工事で構築される橋脚の躯体コンクリート

(フーチング)は、底版厚4.0m、柱寸法2.5m×4.0mであることから、マスコンクリート(スラブ厚80～100cm以上、壁厚50cm以上)に該当するため、温度ひび割れの発生が懸念された。よって、施工に先立ち温度応力解析により、問題点を抽出することとした。また、打設リフトはフーチング、柱の順番とした。コンクリート標準示方書に基づき、目標ひび割れ指数を1.0以上(ひび割れ発生確率を50%以下)とし、許容ひび割れ幅を0.20mm以下とした。解析の結果、フーチング及び柱の内部の最小ひび割れ指数は、照査水準である1.0以上の値となり表面の最小ひび割れ指数は1.0より小さい値となった。したがって内部拘束による表面ひび割れの発生する可能性が高いことが分かった。

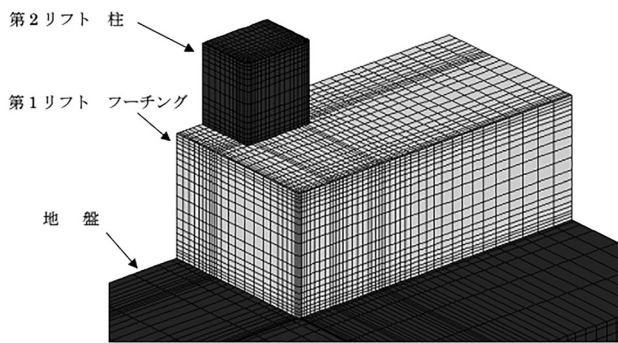


図-3 解析モデル

表-2 ひび割れ指数の照査結果

| | 第1リフト フーチング (表面) | 第1リフト フーチング (内部) | 第2リフト 柱 (表面) | 第2リフト 柱 (内部) |
|-----------|------------------------|------------------------|--------------------|--------------------|
| 着目点 | 20137 | 22511 | 36997 | 37301 |
| 材齢(日) | 6 | 215 | 2 | 59 |
| 予想されるひび割れ | 内部拘束 | 外部拘束 | 内部拘束 | 外部拘束 |
| ひび割れ指数 | 0.72 | 1.41 | 0.99 | 1.19 |
| 照査水準 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 照査結果 | NG | OK | NG | OK |

(3) 建設分野における生産性の向上

まず初めに、国土交通省においては、建設現場における生産性を向上させ、魅力ある建設現場を目指す新しい取り組みであるi-Constructionの活用を推奨している。当現場においても、生産性向上を目指し、限りある時間を有効的に活用し施工を進めていくことが必要不可欠である。

3. 工夫・改善点と適用結果

(1) ひび割れ誘発目地材の活用

当初設計では、フーチングコンクリート天端に収縮目地(Vカット)を施工する設計であったが、Vカットの施工は、コンクリート打設前にVカット寸法に合わせた面木等を設置する方法や、コンクリート打設後天端にカッターを入れ、V字形状に研る方法がある。

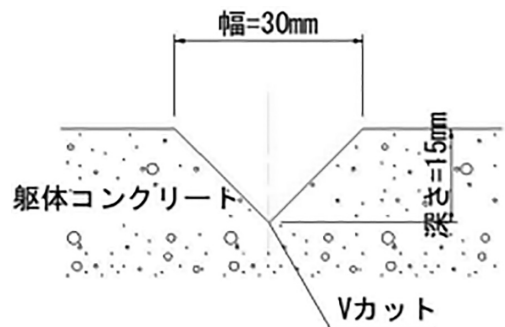
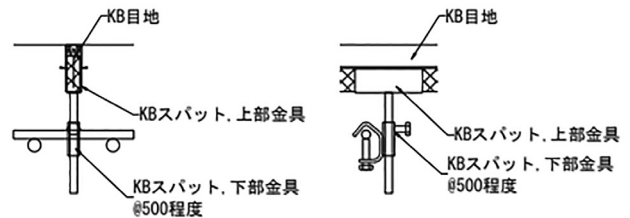


図-4 収縮目地詳細図

本工事では、上記の方法よりも施工性が向上する誘発目地材(KB目地)を採用した。



【目地部断面】

【目地部側面】

図-5 収縮目地(KB目地)詳細図

誘発目地材は、Vカット目地に比べ、ひび割れ誘導性能が優れ、特殊ブチルゴムにより止水性能が高いことから、所定の位置に発生させたひび割れからの鉄筋腐食防止を確実に実施できた。よって、誘発目地の効果により、フーチングコンクリート天端面にひび割れのない綺麗なコンクリートを構築できた。

(2) フーチング柱コンクリートのひび割れ対策

ひび割れ抑制対策の基本的な考えは以下の3点である。①温度上昇を小さくする。②温度応力を小さくする。③温度応力に対して抵抗力をつける。本検討において考えられる具体的な対策と、

材料の調達・コスト等を考慮した実現の可否について表-3に示す。

表-3 ひび割れ制御対策

| ① 温度上昇を小さくする。 | | 適否 |
|--------------------|---|----|
| 低熱型セメントを使用する。 | 強度発現が遅いため養生期間を長く取る必要があり工程に影響する 対応できる生コンプラントが限定される。 | × |
| ブレイクリングを実施する。 | 液化窒素投入設備に係るコストが高価である。 | × |
| パイプクーリングを実施する。 | パイプ配管、水温・水量管理、打設後配管の後処理等の施工手 間による工程への影響や、冷却装置水槽等設備のコストの影 響が大きい。 | × |
| ② 温度応力を小さくする。 | | |
| ひび割れ誘発目地を設置する。 | 主に壁状構造物（擁壁・橋台・ボックスアバウト）に使用される。 | × |
| 保温養生を行う。 | コンクリート内部と外部の温度差を低減することで拘束応力 の低減が期待できる。 施工計画による養生方法を解析条件に設定済み。 | — |
| 普通ポルトランドセメントを使用する。 | 高炉セメントに比べて自己収縮、熱膨張率が小さい。 | ○ |
| ③ 温度応力に対して抵抗力をつける。 | | |
| 膨張材を使用する。 | 膨張効果により収縮ひずみから生じる引張応力を低減させる ことができる。 施工条件により効果が明確でない。 試験検証が必要である。 | × |
| 補強鉄筋を配置する。 | 引張応力を負担させることでひび割れの発生を分散するこ とができる。 過密配筋になる場合が多い。 FEM解析時は鉄筋を考慮しないので効果をひび割れ指数で示 すことができない。 | × |
| ガラス繊維補強を行う。 | 引張応力を負担させることでひび割れの発生を低減するこ とができる。 設置および打設方法がその効果に大きく影響する。 FEM解析時は考慮しないので効果をひび割れ指数で示すこ とができない。 | × |

内部拘束による表面ひび割れがコンクリートの耐久性に与える影響は小さく、外部拘束による貫通ひび割れがコンクリートの耐久性に与える影響は大きい。解析結果では、フーチング及び柱で貫通ひび割れが発生する可能性は低いが、ひび割れの少ないより良い構造物を構築するため、上表の適否を踏まえ、対策案として、普通ポルトランドセメントの使用を検討する。

普通ポルトランドセメントを使用した場合におけるコンクリート温度応力解析の照査結果について、ひび割れ指数の最小値は、内部・表面ともに照査水準である1.0以上となった。したがって、対策案を採用することにより、有害な温度ひび割れの発生を低減できることが分かった。

表-4 ひび割れ指数の照査結果

| | 第1リフト フーチング (表面) | 第1リフト フーチング (内部) | 第2リフト 柱 (表面) | 第2リフト 柱 (内部) |
|-----------|------------------------|------------------------|--------------------|--------------------|
| 着目点 | 20137 | 22511 | 36997 | 37301 |
| 材齢(日) | 4 | 215 | 2 | 59 |
| 予想されるひび割れ | 内部拘束 | 外部拘束 | 内部拘束 | 外部拘束 |
| ひび割れ指数 | 1.11 | 1.84 | 1.10 | 1.27 |
| 照査水準 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 照査結果 | OK | OK | OK | OK |

施工完了後にクラック調査を行ったが、クラックの発生は無く密実なより良いコンクリート構造物が構築でき、発注者から高評価をいただいた。

表-5 ひび割れ指数の比較

| | 第1リフト フーチング | | 第2リフト 柱 | |
|-----------------------|----------------|-------|------------|-------|
| | 表面 | 内部 | 表面 | 内部 |
| 標準案 (高炉セメントB種) | 0.72 | 1.41 | 0.99 | 1.19 |
| 対策案 (普通ポルトランドセメント) | 1.11 | 1.84 | 1.10 | 1.27 |
| 改善 | +0.39 | +0.43 | +0.11 | +0.08 |

(3) 3Dスキャナーの活用による生産性の向上

コンクリート構造物の出来形計測について、生産性を向上すべく3Dスキャナーを使用し、フーチング、柱コンクリートの出来栄評価を行った。なお、今回は従来の出来形管理の補助として行うものとし、3Dでの出来形計測値と従来の出来形計測値を比較する。計測機種はi-constructionの点群計測に最適であり、かつ高密度3D点群データによる面管理が可能な機種を活用した。

【活用機種：TOPCON GLS-2000 (タイプミドル)
レーザークラス：クラス3R測定範囲：距離0.3m～350m水平360°鉛直270°】

出来形管理規格が20mmであることから、3Dレーザーの測定精度規格は±7mm以内の性能を有する機器を用いた。

表-6 計測規格

| 計測 | 測定精度 | 計測密度 |
|---|--|-------------------------------|
| 起工測量 (多点計測技術) -空中写真測量(UAV) -地上型レーザースキャナー -無人航空機搭載レーザースキャナー | 【鉛直方向・平面方向】 ±100mm 以内 | 1点以上/0.25㎡(0.5m×0.5mメッシュ) |
| 出来形計測 (多点計測技術) -空中写真測量(UAV) -地上型レーザースキャナー -無人航空機搭載型レーザースキャナー | 【鉛直方向・平面方向】 規格値 50mm の場合: ±16mm 以内 30mm の場合: ±10mm 以内 20mm の場合: ±7mm 以内 10mm の場合: ±3mm 以内 | 1点以上/0.0025㎡(0.05m×0.05mメッシュ) |

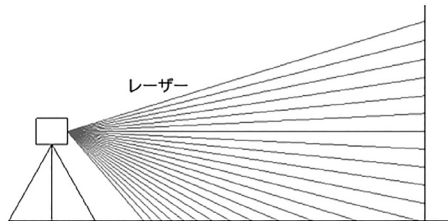
※TS等光波方式を利用する場合は、TS等光波方式を用いた出来形管理の施工管理要領(土工編)(案)「(国土交通省)の出来形計測で規定する計測性能および測定精度、精度管理を満足する技術を利用することができる。

TLS(地上レーザースキャナー)による計測作業時は、周囲に標定用ターゲットを設置した。標定用ターゲットは、各スキャンを合成する際に必要となるもので、TLSを既知点上に設置する場合は、後視点となる既知点上、TLSを後方交会法にて設置する場合は、後視点・視準点をなる既知点2点以上に標定用ターゲットを設置した。また、標定用ターゲットを新たに設置する場合は、TS

で観測を行った。また、下図のようにTLSを移動させ計測を行った。(TLS計測回数：6回)



図-6 標定用ターゲット



レーザーによる計測後
60° ずつ360° 計6枚の写真を撮影します。

図-7 TSL計測イメージ

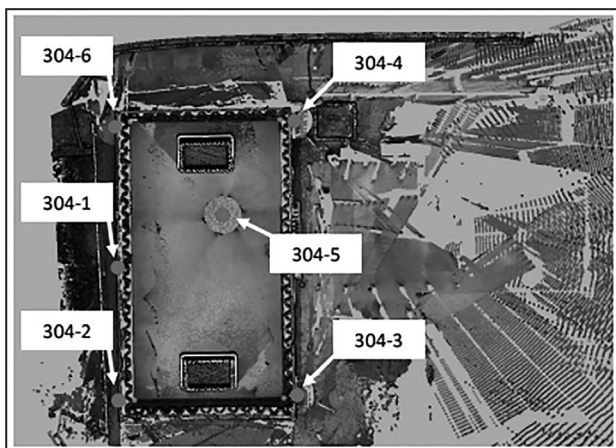


図-8 計測実施位置

解析、座標値化ソフトは、TOPCO製MAGEET-Collageを使用した。複数点のスキャンデータを使用してカラーマッピングを行い、基準点の座標を用いて、計測点群データの座標値化を行った。観測したデータより、計測対象箇所の点群数は約2245万点である。なお、点群の間隔は1～10mmとした。(3Dスキャナーは不要な点群等は消去し取り除けるため、編集等の作業も可能である) 点群データより出来形計測の結果と、従来測定との差は、最大28mm、最小0mmという結果になった。今回最大値がこのような結果となった要因は、施工箇所の両側にガス管と水道管が近接し、鋼矢板と構造物の離隔が狭くなるため、埋設型枠に変更となった。躯体隅部の測定位置が3D

スキャナーの点群位置と異なっており、このような結果になったと想定される。今後の課題としては、施工する内容に応じて最適な技術を見極め活用する必要があると感じた。また、観測が容易な場所では誤差の平均値が±5mmであるため、十分に活用できる技術である。



図-9 解析後データ(点群による出来形計測)

3Dスキャナーの施工金額は、測量からデータ作成1式で約60万円であった。人力で計測するよりはるかに高い金額ではあるが、3Dスキャナードローン等を活用することにより、橋脚の柱や沓座等の出来形計測では足場が不要となり、工期短縮や高所における測量業務の低減による安全性の向上などのメリットがある。

4. おわりに

コンクリートの品質向上について、塩害を受ける地域であり、ひび割れの少ないコンクリート構造物を構築することが課題であったが、ひび割れに有効的な誘発目地材を使用することや、事前に温度応力解析を実施し、ひび割れ抑制に対して効果的な対策を実施できたことで、課題であるひび割れ抑制に対応できた。さらに今後私が施工管理を行う中で新たな知恵、知識となった。また、完成した構造物に対して発注者からお褒めの言葉をいただいたのは、大きな達成感があり、建設業におけるの仕事に対するやりがいを感じた。

生産性の向上については、3Dスキャナーによる構造物の出来形計測を行い、計測作業に対する生産性は大いに向上した。精度については、これから進化が進む技術に期待し、ICT技術は色々な面で活躍できるものと思われる。よって、これからの業務に意欲的に活用し、最先端の技術を取り入れ、生産性の向上に繋げて行きたい。

23 品質管理

道路橋新設工事における床版の 耐久性向上のための取組みについて

(一社)北海道土木施工管理技士会
北土建設株式会社
監理技術者
初田 雄介

1. はじめに

本工事は、道央都市圏の都市交通マスタープランに基づく道路新設事業の内、札幌市の中心を流れる石狩川水系伏籠川支流の一級河川『創成川』に架かる道路橋新設工事で、設計条件は、橋長：34.400m、総幅員：33.000m（車道11.250m+8.250m、歩道5.600m×2）、基礎工形式：鋼管杭中掘工法（φ600、L=33.0m・100本、L=32.0m・125本）、下部工形式：逆T式橋台、上部工形式：単純中空合成床版橋である。

本工事では、過年度発注の下部工事完了後に、架設から橋面のアスファルト舗装工事までを施工するものであった。

道路橋床版の劣化・損傷は、主に自動車荷重の繰り返し載荷による疲労現象とされている。

RC床版では、移動する輪荷重の繰り返し載荷により、ひび割れが徐々に増加・進展して耐荷力が低下し、路面からの雨水等が床版上面に流入した場合、その劣化が著しく促進される。

さらに、本橋梁が位置する北海道札幌市では凍結防止剤による塩化物イオンの浸透も、内部の鋼材腐食を促進する悪影響を及ぼす要因となる。

ここでは、床版の耐久性向上や供用後のライフサイクルコスト低減のため、私が現場で実施した取組みを紹介する。

工事概要

- (1) 工事名：防災・安全交付金事業
3・2・616屯田・茨戸通
仮称創成川橋（上部工）新設工事
- (2) 発注者：札幌市建設局
- (3) 工事場所：札幌市北区西茨戸6条1丁目ほか
- (4) 工期：令和4年3月29日～
令和5年3月13日

2. 現場における課題・問題点

(1) 課題

道路橋の床版は、通常、舗装を介して直接交通荷重が載荷される厳しい条件にさらされる部材であり、損傷を生じやすい傾向にある。

また、損傷が進行した床版は、床版上面からの補修補強や、床版そのものの打換えが必要な事態となると、直接的な工事費用が大きくなるだけでなく、工事のための通行止めとそれに伴う迂回措置や通行制限が必要となるなど、社会的な影響も大きなものとなる。

ライフサイクルコスト低減の観点からも床版の耐荷力や耐久性に関して、設計で期待する性能を発揮させるためには、床版への雨水の流入や、塩化物イオンの浸透を防止することができる床版防水を適切に行うことが重要な課題である。

(2) 問題点

当初設計では、歩道部中埋めコンクリート施工後に床版防水を行い、縁石を設置する仕様となっ

ており、床版防水層の分類は、歩道部：塗膜系、車道部：シート系であった（図-1）。

本橋梁では中央分離帯を設置するため、防水層の施工完了からアスファルト混合物の舗設までの期間を1週間程度以内とすることが困難であり、床版防水層の性能低下が懸念された。また、歩道舗装厚が30mmと薄いため、舗装のプリスタリング発生危険性が高まり、床版防水層は連続しているが、歩道部の床版防水層が塗膜系であるため、シート系に比べると若干、信頼性が劣ることが問題点として挙げられる。

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 床版劣化事例の検証

まず施工計画時において、施工段階の問題点を抽出し、その検証を行った。

札幌市では、現在約1,300橋の橋梁を管理している。この中で約6割は建設後50年を経過しており、現在『札幌市橋梁長寿命化修繕計画』に基づき、5年に1回の点検とその結果に基づく橋梁補修工事に順次着手している。私が所属する建設会社においても、複数の橋梁補修工事を実施しているが、その実績から床版防水層の滞水部分、特に縁石下や歩道下の水平部分の床版コンクリートが土砂化している事例が顕著であるため、適切な排

水勾配を確保し床版上面の水を滞留させることなく、すみやかに排出させる防水計画を提案・実施した（図-3）。



図-3 床版劣化事例

3-2 具体的な防水計画の提案（図-2）

(1) 歩道防水層位置の変更

当初計画では、歩道部中埋めコンクリート施工後、舗装下に防水を行う仕様であったが、床版コンクリートが水平であり、床版コンクリートと中埋めコンクリート間が打継ぎとなるため、経年劣化による滞水が懸念された。そのため、本橋梁では歩道部の床版コンクリートに2%の排水勾配を設け、中埋めコンクリートの下部に防水を施工することとした。

(2) 歩道防水層の分類変更

舗装厚の薄い歩道では、プリスタリングの発生

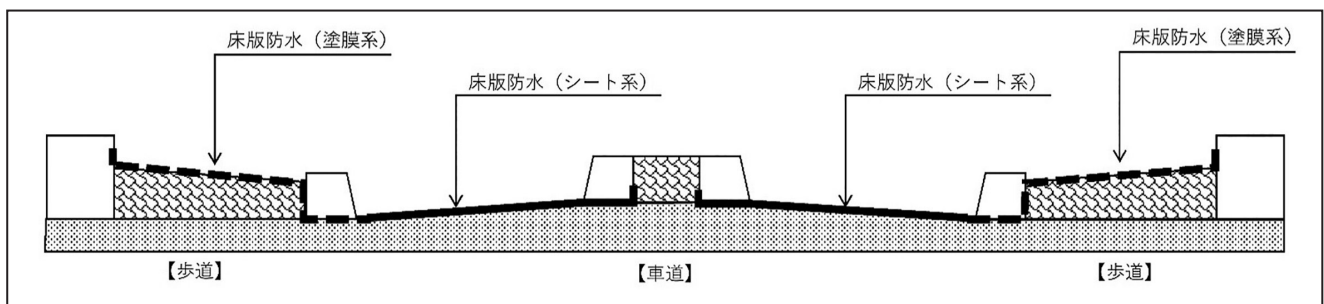


図-1 防水施工図 (当初設計)

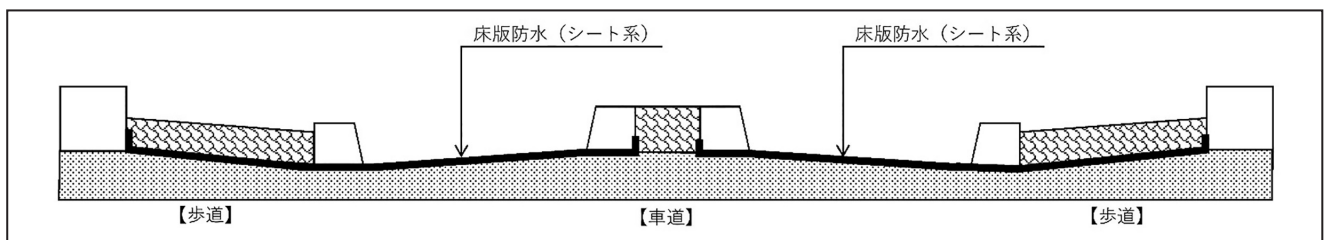


図-2 防水施工図 (変更)

確率が高いため、アスファルト加熱型の塗膜系防水が計画されていた。

塗膜系防水では、シート系に比べると若干、信頼性が劣ることや、防水位置を中埋めコンクリートの下部に変更したことを考慮し、防水の確実性や床版のひび割れに対する追従性などに優れたシート系防水（常温粘着型）を採用することとした。

(3) 床版水抜き孔の追加設置

本橋梁の縦断方向の床版水抜き孔（床版を貫通する鉛直方向の排水設備）は、橋長：34.400mに対し、橋梁の両端部のみでの計画で設置間隔が長かったため、中間部の排水性能向上を目的に、片側3箇所（両車線合計6箇所）にステンレス製の水抜き孔の追加設置を提案し設置を行った（図-4・5）。

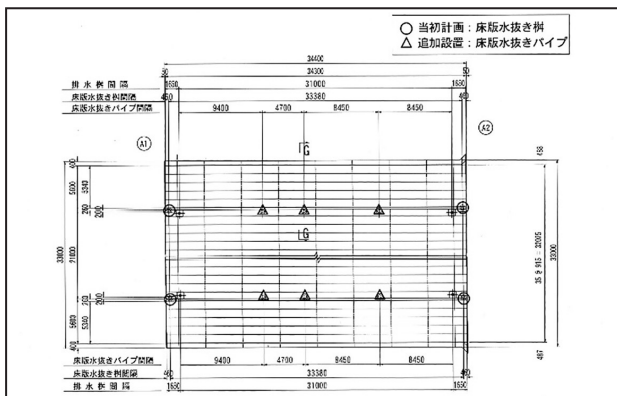


図-4 床版水抜き孔設置図

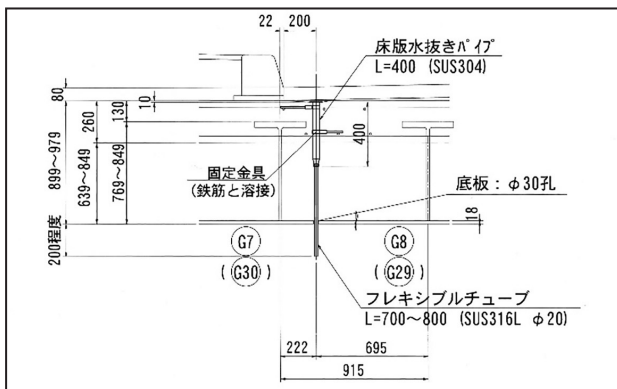


図-5 床版水抜きパイプ

3-3 施工

本橋梁では、床版防水層施工後からアスファルト混合物の舗設までの放置期間を短縮するため、

防水層の施工を2回に分けて実施した。

1回目の施工は、歩道部及び中央分離帯縁石下のみとし（図-6）、縁石設置、歩道中埋めコンクリートの打設を行い、2回目の施工は車道部のアスファルト舗装と連続して行った（図-7）。



図-6 防水層の施工（1回目）



図-7 防水層の施工（2回目）

3-4 適用結果

これらの対応策を実施した後、床版打設完了とアスファルト混合物の舗設までの期間における降雨時及び降雨後の排水状況を監視した結果から、図-8のように床版コンクリート上面に滞水がなく、図-9のように速やかに排出されていることを確認することができたため、道路供用後においても安全・安心で良好な道路サービスを次世代につなげることが可能であると考えられる。



図-8 降雨時の床版面



図-9 降雨後の床版面

また、これらの対応策は床版の損傷の発生を極力防止し、歩道部分においては中埋めコンクリートの下に防水層を設けることで、舗装打換え時に防水層のやり替えが不要となるため、ライフサイクルコストの縮減による効果的な維持管理が実現可能となる。

今回の適用結果及びその効果は、完成直後に評価できる項目が限られるため、定期的に漏水や遊離石灰の有無、路面のアスファルトの状態や床版水抜きパイプの排水状態などの異常について注意深く監視し、将来的な維持管理にフィードバックすることが重要であり、新たに発生する問題やリスクに対しては、土木に携わる技術者としての立場で多面的な観点から課題を抽出し分析することが重要であると考えます。

さらに、今回の工事では工種毎に動画による記録を実施した。これらの動画を取りまめ、活用することで近年減少している新設橋梁建設工事の過程が解りやすく説明され、次世代を担う若手社員への技術継承やスキルアップが図られると考える。

4. おわりに

経済・社会のIT化やグローバル化、生活環境・地球環境やユニバーサルデザインへの関心の高まり等を背景に、道路の機能や道路空間に対する国民のニーズは多様化し、道路の質の向上についても確な対応が求められている。特に道路橋においては、架替えや大規模な補修・補強に要する費用が多額であることに加え、これらの工事が社会生活に与える影響も大きなものとなる場合が多いことから、新設時における耐久性の向上が極めて重要である。

土木工事に携わる技術者は、様々な現場条件や環境、発注者からの要求事項、人材確保や工期遵守に苦心していると推察され、本工事における工夫や対応策が参考になれば幸いである。

最後に、本工事を完成させるにあたり、ご指導いただいた札幌市建設局の方々をはじめ、協力業者の皆さまに深く感謝申し上げます。



図-10 完成写真

24 安全管理

ダンプトラックでの土砂運搬に関する 安全管理と ICT 技術の活用

東京土木施工管理技士会
株式会社新井組
現場代理人
赤松 里穂

1. はじめに

東京外かく環状道路（以下、外環道路）は、都心から約15km圏を環状方向に結ぶ延長約85kmの高速道路自動車国道である。放射方向の広域幹線道路を相互に連絡し、都心に集中する交通や通過する交通を分散・バイパスさせる役割を果たす環状道路である（図-1）。

本工事は、外環道路の建設のため、中央ジャンクション及び大泉ジャンクションにて使用する埋め戻し用の土砂を運搬するものである。

工事概要

- (1) 工事名：R2東京外環中央JCT北側
発生土（その1）工事
- (2) 発注者：国土交通省関東地方整備局
東京外かく環状国道事務所
- (3) 工事場所：東京都三鷹市北野1丁目地先
- (4) 工期：令和3年3月31日～
令和4年3月17日



図-1 東京外かく環状道路

2. 現場における問題点

土砂運搬の搬出箇所は、埼玉県三郷市・東京都大田区・神奈川県川崎市・神奈川県秦野市の4箇所（図-2）である。運搬距離は、搬入場所となる中央ジャンクション（東京都三鷹市）及び大泉ジャンクション（東京都練馬区）まで、約40km～100kmと中長距離になる。運搬土量は全体で30,300m³であり、一日あたり300～400m³程度運搬するため、ダンプは少なくとも60台は必要であった。中央ジャンクションへの搬入は、中央高速自動車道の工事関係車両専用出入口を使用するルートのため、高速道路の利用が必要となった。

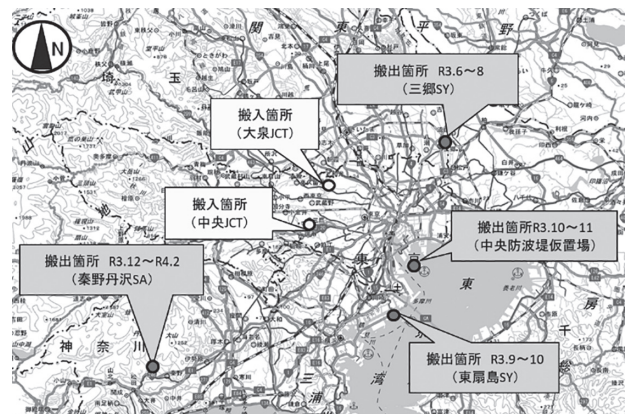


図-2 施工箇所

本工事では、「①高速道路上での交通事故災害」と「②過積載」が懸念された。さらに都市部の高速道路では渋滞や通行止め等の緊急事態が予測されるので、時間内に予定数量を運搬するため

「③土砂運搬の効率化」も課題となった。この3項目について「見える化」に着目して次のような管理を行った。

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 高速道路上での交通事故災害防止対策

(1) 危険の見える化

前述したとおり本工事は4箇所からそれぞれ高速道路を利用して土砂を運搬する。そこで土砂搬出場所が変わるたびに運搬ルートを実際に走行し、ダンプ運転手の視点から危険箇所や事故多発箇所を事前に調査した。そして搬出箇所ごとの「KY（危険予知）マップ」（図-3）を作成した。



図-3 KYマップ（危険予知）一例

作成した「KYマップ（危険予知）」は新規入場者教育時に活用し（図-4）、運転手全員に運搬ルートとともに危険箇所を周知した。また緊急事態発生時の代替運搬ルート図もあわせて作成し周知した。これらの「KYマップ（危険予知）」は、作業中に必ず携帯するように指導し、緊急事態発生時に対応できるようにした。新規入場者教育時だけでなく安全教育訓練でも活用し、運転手の安全意識高揚を図り、高速道路上での交通事故防止に努めた。

上記を行った結果として、大きな交通事故を発生させることなく安全に運搬することができた。

中央ジャンクションでは、雷発生時、交通誘導員を退避させ、急遽車両の受け入れを中断する場合もあった。しかし事前に教育していたため、運転手は慌てることなく代替のルートに切り替え、

土砂運搬を続行することができた。



図-4 KYマップを活用した新規入場者教育状況

工事中、ダンプが起因となる交通事故はなかったものの、後続車から追突される事故が発生してしまったため、追突されないための安全運転についての教育も必要であると感じた。

3-2 ICT技術の活用

(1) 過積載防止の見える化

過積載防止対策として「ペイロードメータ付バックホウ（図-5）」を積込重機として導入した。「ペイロードメータ付バックホウ」は油圧によりバケットにすくった土砂の重量を計測できるシステムである。



図-5 ペイロードメータ付バックホウ

事前にクラウド上にて各ダンプの車番、最大積載重量、車両重量を登録すると、キャビン内に設

置されたタブレット端末に登録した各ダンプが一覧で表示される。オペレータがこれから積込むダンプを選択すると最大積載量に対しての積込重量(以下、積載率)がパーセンテージとなって表示される。(図-6)これが過積載防止の「見える化」である。



図-6 キャビン内タブレット端末(積載量表示状況)

オペレータはタブレット端末を確認しながら、過積載なく積込作業を行うことができ、この機能により、技術や経験がなくても最大積載量までロスなく積込むことが可能となる。

「ペイロードメータ」を利用して積込作業を行った結果、積込ながら重量を計測するため、トラックスケールでの計測が不要となり作業時間短縮になった。

また、積載率が表示されることにより積込ロスの防止につながった。全運搬車両の積載率の平均値は95.7%であった。過去の実績より、標準的な積載率は92%であったため、3.7%の効率化に成功した。総搬出土量30,300m³に対し、113m³(約23台分)のロスを低減できた。

積込結果(図-7)はクラウドに保存されるので常時確認でき、データはCSVにて出力も可能なため、日々の運搬重量の集計作業も容易になり、積込管理の効率化にも効果があった。

| 積込ID | 積込日時 | 積込車種 | 積込重量 | 積込率 | 積込状況 |
|------------|----------|---------|----------|--------|------|
| 2024012401 | 11:00:00 | ダンプトラック | 8,500 kg | 94.4% | 完了 |
| 2024012402 | 11:05:00 | ダンプトラック | 8,600 kg | 95.6% | 完了 |
| 2024012403 | 11:10:00 | ダンプトラック | 8,700 kg | 96.7% | 完了 |
| 2024012404 | 11:15:00 | ダンプトラック | 8,800 kg | 97.8% | 完了 |
| 2024012405 | 11:20:00 | ダンプトラック | 8,900 kg | 98.9% | 完了 |
| 2024012406 | 11:25:00 | ダンプトラック | 9,000 kg | 100.0% | 完了 |
| 2024012407 | 11:30:00 | ダンプトラック | 9,100 kg | 101.1% | 完了 |
| 2024012408 | 11:35:00 | ダンプトラック | 9,200 kg | 102.2% | 完了 |
| 2024012409 | 11:40:00 | ダンプトラック | 9,300 kg | 103.3% | 完了 |
| 2024012410 | 11:45:00 | ダンプトラック | 9,400 kg | 104.4% | 完了 |
| 2024012411 | 11:50:00 | ダンプトラック | 9,500 kg | 105.6% | 完了 |
| 2024012412 | 11:55:00 | ダンプトラック | 9,600 kg | 106.7% | 完了 |
| 2024012413 | 12:00:00 | ダンプトラック | 9,700 kg | 107.8% | 完了 |
| 2024012414 | 12:05:00 | ダンプトラック | 9,800 kg | 108.9% | 完了 |
| 2024012415 | 12:10:00 | ダンプトラック | 9,900 kg | 110.0% | 完了 |

図-7 クラウド上での積込結果一覧表

(2) ダンプ運行管理の見える化

ダンプ運行管理として、位置情報をリアルタイムで把握できる「位置情報管理システムトランシーカー(以下、「トランシーカー」)(図-8)」を導入した。



図-8 位置情報管理システムトランシーカー

「トランシーカー」は、GPSにより車両の位置情報や走行履歴を取得し、クラウド上で確認できるシステムである(図-9・10)。

ダンプ1台につき「トランシーカー」を1台搭載する。車両情報はクラウド上にて管理し、車番・運転手名・携帯電話番号の登録を行った。この際、携帯電話番号を登録したのは、非常事態発生時に直接運転手と連絡が取れるようにするためである。車両情報の登録は、CSVファイルの読み込みが可能のため、手間をかけずに準備することができる。

また、「トランシーカー」はポケットに入るサ

イズ（長さ約15cm）で小さく、ダンプ内のシガーソケットに接続だけで使用可能という簡単な作りとなっている。

施工管理側・使用者側それぞれへの負担を軽減して使用することが可能である。

このようにして、土砂運搬作業中のダンプの運行状況を「見える化」し、運行管理できる体制を整えた。

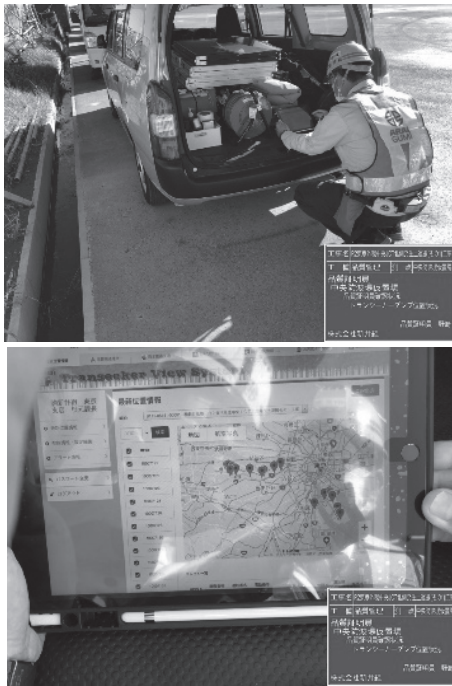


図-9 現場での位置情報確認状況

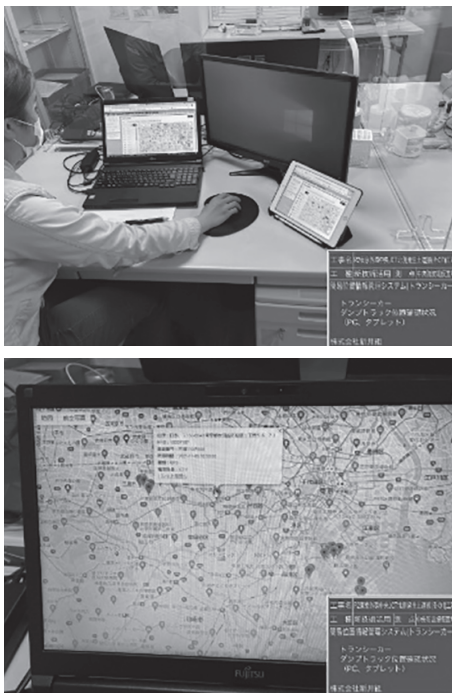


図-10 事務所での位置情報確認状況

「トランシーカー」を使用した結果、土砂運搬作業中の全台数のダンプと連携し、運行管理を行うことができた。位置情報をリアルタイムで把握することで、交通トラブル発生時にも迅速な対応が可能となり、土砂運搬を中断することなく行うことができた。また、運搬ルートを外れている運転手がいた際にも、速やかに連絡・指示することでき、時間内に予定数量を運搬できた。

高速道路上でのトラブル対応だけでなく、搬出場所のバックホウオペレータに対しても作業効率の向上に効果があった。ダンプの位置情報をリアルタイムで把握できるため、搬出場所へ戻ってくるまでの時間に積込準備や別作業を行うことができ、作業効率が向上した。

土砂運搬車両の位置情報の「見える化」により、新しい形でのダンプの運行管理が実施でき、効率よく土砂運搬を行うことができた。

4. おわりに

本工事として挙げた「①高速道路上での交通事故災害」「②過積載」「③土砂搬出の効率化」の3つの課題について、「見える化」により解決できた。中長距離運搬という条件下ではICT技術の活用が非常に有効であった。ICT技術は生産性の向上だけでなく、作業効率化が期待できるため、働き方改革にも寄与していると考えられる。さらに積込ロスの低減により、運搬回数を減らすことで現場としてSDGs達成へ貢献できたと感じた。

本工事では対象とならなかったが、外環道管内では、工事車両のマネジメントシステムの導入をしている。工事車両の運行状況の把握や、渋滞の緩和、発生土のトレーサビリティの確保を目的として一括で管理できるとのことだ。このように国交省発注の工事ではICT技術の活用が積極的であることがわかる。

現在の技術に満足せず、積極的にICT技術の活用を検討したい。

25 安全管理

日本三大秘境宮崎県椎葉村で 未来型無人化施工への挑戦

宮崎県土木施工管理技士会
旭建設株式会社
土木部長
河野 義博

1. はじめに

工事概要

- (1) 工事名：令和2年度災関砂防第1-3号
鹿野遊谷川砂防堰堤工事
- (2) 発注者：宮崎県日向土木事務所椎葉駐在所
- (3) 工事場所：宮崎県東臼杵郡椎葉村下福良
- (4) 工期：令和3年6月22日～
令和4年12月20日
- (5) 主要工種
軟岩掘削（無人化） $V=2,600\text{m}^3$
上部法面掘削工（ICT） $V=900\text{m}^3$
モルタル吹付工 $A=670\text{m}^2$
砂防堰堤コンクリート $V=1,100\text{m}^3$



図-1 工事現場全景

2. 現場における問題点と課題

この工事は、2020年9月の台風10号の影響により、宮崎県椎葉村にて斜面が崩壊し地元建設会社が被災した現場である。

この被災現場に砂防堰堤工が計画されており、背面には当時崩壊したままの状態の斜面最下部（直高200m、斜長250m、平均勾配1：1.5）に砂防堰堤を施工する工事である。

このため、当初設計段階で無人化バックホウを使用した掘削工が計画されている。

また、砂防堰堤背面掘削開始点より10m程度上方の法面上に、別途工事で落石防止網工が設置されている。当初設計により前述の施工条件となっているが、土石流危険区域内での工事であることから、事前の安全対策を十分行うようにと設計図書に以下の記載があった。

本工事は、労働安全衛生規則に定める土石流の発生するおそれのある現場であるため、工事の施工にあたり、同規則に基づき十分な資料収集を行い、工事内容を踏まえた安全対策を実施すること。

弊社の基本方針『安全はすべてに優先する』を遵守した施工計画の立案が最大の課題であった。

3. 工夫・改善点と適用結果

手始めに工事全体の危険リスクを見積もるため、弊社独自のリスク低減手法としてライオンのリスク低減策を用い安全対策を検討することとした。

鹿野遊砂防におけるリスク低減策

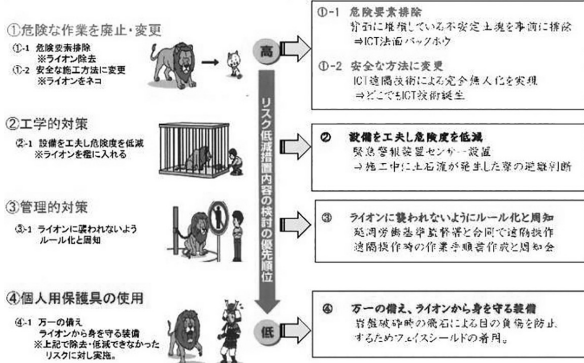


図-2 リスク低減策

上からリスク低減措置内容の検討の優先順位が高い項目である。1項目ずつ解説していく。

①-1 危険要素を排除

ライオンがそこに居るから危険なのである。

それならば排除する方法を考えてみる。

法面上に土石流の危険性を含んだ不安定土塊(ライオン)が残ったままだから危険なのである。事前に除去すれば良い。

ワイヤーロープを命綱にして急斜面を自在に移動し掘削が可能なクライミングバックホウを使用して不安定土塊の撤去を行った。更に急斜面での丁張設置作業を無くすためにICTマシンガイダンス技術をミックスし掘削を行った。

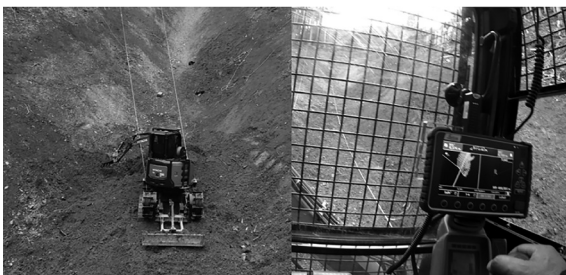


図-3 斜面ICT施工状況

①-2 安全な方法に変更

そこに居るのがライオンではなくネコであったなら危険ではなくなる。繰り返しになるが、この工事は無人化バックホウを使った掘削工事が当初設計段階で計画された工事である。

無人化バックホウを遠隔操作すれば人が介在しないので安全と単純に考えられるが、構造物を造る建設工事では掘削に丁張が必要である。

ここに作業員が介在する要素が存在する。

下の図は遠隔操作で丁張を確認しながらオペレータ自身が掘削している様子を3Dモデルで分かりやすく説明したものである。

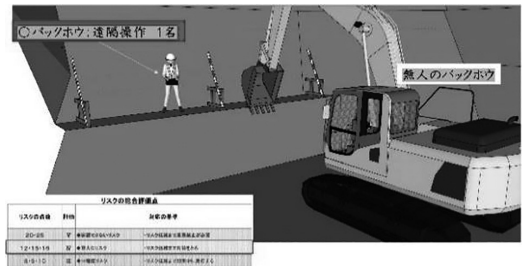


図-4 無人遠隔操作3Dモデル

そこで、i-constructionの施策に従いICTを活用すれば、安全施工が可能ではと考えたが、現在の市販技術では遠隔で使用可能なマシンガイダンスシステムは存在せず、ICTモニターが車載式のため、作業員が搭乗することが必須となり、無人化バックホウとトレードオフの関係が成立する。

【リスク3】 バックホウに搭乗ICTで施工 危険区域に常時1名 ※ICT技術と無人化技術がトレードオフの関係

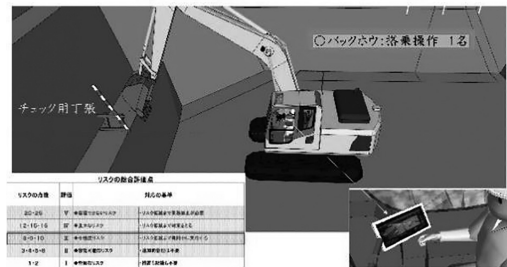


図-5 ICT施工は搭乗必須

何とかしてバックホウの外でICT技術が使えないか試行錯誤を開始。室内のICTモニターを外部のタブレット等で見る事ができれば、遠隔ICT施工が可能ではないかと考え、室内にカメラを設置。

ICTモニターに照準をあわせインターネット回線を使用してiPadで見れるようにしたが以下の問題点が確認された。

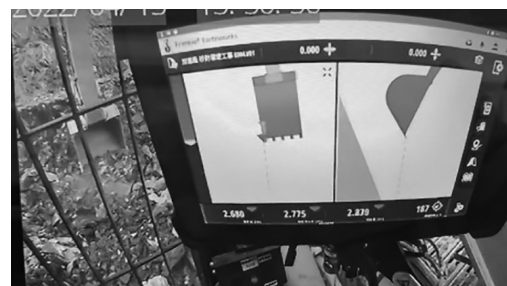


図-6 試行錯誤の遠隔ICT

【問題点1】

山間部のためインターネット環境が悪く数秒～数分単位で映像遅延が発生。最悪フリーズする場合もあった。

【問題点2】

バックホウの振動によりカメラが傾きモニターを30分以上捉えられない。

カメラ調整のため現場内に立ち入る機会が多く完全無人化施工に向けた課題解決は難しいのではないかと思われた。

試行錯誤を繰り返しながら、同時進行で弊社とタグを組んで無人化施工に協力してくれていた建設機械リース会社に技術開発要請をしており、一緒に検討を重ねていたが、ついに外部タブレットにICTモニターを映し出すことに成功した。

映像遅延もほぼなく、画面もクリアに見えるため、三脚にタブレットをセットしオペレータの任意の立ち位置でICT施工が可能となった。

この現場で生まれたこの技術を『どこでもICT』と名付けさせていただいた。

【リスク1】危険区域内の完全無人化を達成！
現場での試行錯誤の末、ICTと遠隔操作技術の両立に成功

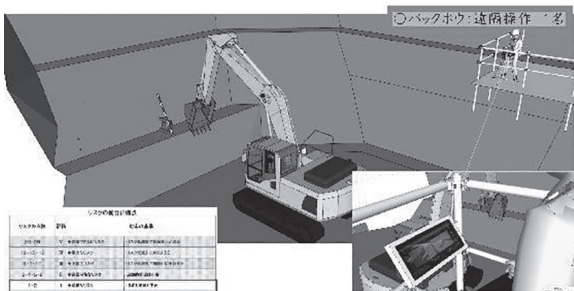


図-7 どこでもICT3Dイメージ



図-8 どこでもICT（右岸側）



図-9 どこでもICT（左岸側）

以上により、本当の意味での無人化施工が実現した。どこでもICT技術の誕生であった。

② 工学的対策

設備を工夫し危険度を低減

ライオン排除やネコに変更ができない場合は、ライオンを檻に入れるなどの設備での対策で危険度を低減させようという考え。

今回は、施工中の突然の土石流や落石が発生した際に作業中の作業員が避難できるように緊急警報装置センサーを設置した。



図-10 土石流センサー設置状況

設置位置は、砂防堰堤上部の落石防止網工より更に10mほど上部に設置し、落石等によってセンサーネットが突き破られた場合は、緊急警報と赤色回転灯で危険を知らせる仕組みになっている。令和4年9月18日の台風14号含め、施工中に4回ほど土石流が発生したが、そもそも作業中の危険回避が目的であった事から現場閉所時や夜間は電源を切っていたため警報の発動は無かった。



図-11 台風14号接近時の様子

③ 管理的対策

ライオンを除去、ネコに変更、設備対策等に加えライオンに襲われないようにルール化し、決めたルールの周知をする必要がある。

遠隔操作バックホウを使った作業は、初めての経験になるため、作業標準書・作業手順書が無い。このため新たに作業手順書を作成する必要があった。ここでは、安全のプロである延岡労働基準監督署の監督官を現場に招き、本社の労働安全衛生部長も入れて合同で遠隔操作バックホウ使用時の作業手順検討会を実施した。

その検討会結果を基に作業手順書を作成し現場内で周知会を行ったのち工事に着手した。



図-12 作業手順検討会

検討会で決まった事項の一例を記載する。

- 遠隔操作時にオペレータが現場全体を俯瞰して見れる安全な位置にステージを設けた。



図-13 遠隔操作ステージ

4. おわりに

今回の無人化バックホウを使った掘削床掘作業は、どこでもICTという技術により完全無人化が実現でき、まさに人を介在しない【無人】で施工を進めることができた。人がいない=安全となるが、土木工事でよく使われる【安全第一】という言葉。これには続きがある。

品質第二（品確法）、生産第三（ICT）と続く。

人命は尊く安全第一は当然の事である。ただし、このことで工事目的物の品質低下や経済性の悪いやり方では早期のインフラの整備による地域の安全性向上という本来の目的から大きく外れてしまう。

今回、遠隔操縦室を設け室内での遠隔操作による施工にも挑戦したが、生産性は搭乗式と比較して半分以下と大きく損なわれる状況であった。カメラの数や設置位置に課題が見受けられた。

また、映像遅延も2秒ほど発生していたため現段階においては、施工に不安を感じる状況であったことは事実である。

しかし、近い将来ICT技術の進歩により課題が解決され、室内でのICT施工に不安無く取り組める時が訪れると実感できた。なにより未来型の土木工事に挑戦できたことは大きな財産になった。

最後に、初めて取り組んだ無人化施工であったが、鹿野遊地区住民の工事への理解、日向土木事務所はじめ発注者の方々、協力会社の方々などの協力があったからこそ新しい事に挑戦できた。

この経験を未来の土木工事に活かせるよう更なる自己研鑽を積み重ねていきたい。

遠隔操縦室状況



図-14 遠隔操作室での施工状況

国立公園内における 環境負荷低減に繋がる法面補修工法の提案

長野県土木施工管理技士会

北陽建設株式会社

工事部 課長

小林 信敬[○]

技術管理室 課長

杉木 雅

工事部 係長

酒井 亨

1. はじめに

本工事は、長野県松本市安曇に位置する中部山岳国立公園内を通る県道84号乗鞍岳線（通称 乗鞍エコライン）沿いの既設法面工の補修工事である。施工箇所は2工区に分かれ、35号カーブ工区では、老朽化吹付法面の取り壊しと再度吹付工による復旧、位ヶ原2号工区では同様の既設吹付法面の復旧とポケット式ロックネット工の改修が計画されていた。両工区ともに高い標高に伴う豪雪と寒暖差の影響により、吹付法面およびロックネット工には激しい損傷が確認された（図-1）。

当該道路は、マイカー規制区間であるものの、観光道路として周遊バスや自転車、登山利用者の往来が多く、安全性を確保する法面对策工の補修は、観光事業の観点からも非常に重要であった。

老朽化吹付法面の取り壊しで発生するコンクリート殻の飛散対策と集積を目的として、両工区共に道路上に大型土のう積の施工が計画されていた。現地確認において、35号カーブ工区は、当初の仮設計画に近い形で施工可能と判断された。一方、位ヶ原2号工区では、施工箇所がカーブに位置するため、道路上に大型土のうを設置した場合、大型バスの走行への支障が懸念された（図-2）。

仮設計画の変更案を検討する中で、国立公園内での施工となるため、老朽化吹付面の取り壊し作業に伴う産業廃棄物の減少や騒音発生抑制が必要ではないかと考え、環境負荷低減が可能となる

法面補修工法の提案を併せて行うこととした。

工事概要

- (1) 工事名：令和2年度 防災・安全交付金
災害防除（緊急対策事業）工事
- (2) 発注者：長野県 松本建設 事務所 長
- (3) 工事場所：（主）乗鞍岳線 松本市乗鞍ほか
- (4) 工期：令和2年10月1日～
令和3年11月30日



図-1 位ヶ原2号工区 ロックネット工損傷



図-2 位ヶ原2号工区 バス走行
(点線内施工範囲)

2. 現場における問題点

① 道路利用者の通行帯確保

本工事では損傷している既設吹付法面の取り壊し後に、再度吹付による補修を行う計画であった。35号カーブ工区は、道路上に大型土のうを設置して、片側交互通行にて一般車両の通行帯を確保した状態での取り壊し作業が可能であった。(図-3)

一方、位ヶ原2工区では、前述の通り、道路上に大型土のうを設置した場合、周遊バスの走行に支障があり、道路通行に支障がない工法検討が必要であった。



図-3 35号カーブ工区 吹付面 重機取り壊し

② 人法力面取り壊し作業の効率化

老朽化吹付面の取り壊し作業では、重機作業半径の関係から、アームの届かない斜面上部は、人力による取壊し作業が必要となる(図-4)。

法面上での取り壊し作業は、平坦部と異なり、安全面での配慮や作業負荷が高いことから、取り壊し作業での効率化が必要であると考えていた。



図-4 既設吹付法面 人力取り壊し

3. 工夫・改善点と適用結果

① 工法変更による道路通行帯の確保

道路上の大型土のう積設置に伴う周遊バスの通行の支障対策として、取り壊し作業量が低減可能な法面補修工法の検討を行うことにした。

位ヶ原2工区の現地踏査において、既設吹付表面には、クラックや剥離が見られたものの、老朽化吹付面の全面的な剥ぎ取り作業による改修の必要性は低いのではないかと考えられた(図-5)。

そこで、対象となる老朽化吹付法面の表面や背面状態を調査し、既設吹付面を活かして施工可能な吹付法面補修工法(クロスカバーネット工法)を提案し、変更採用された(図-6)。



図-5 位ヶ原2工区 既設吹付法面 補修前

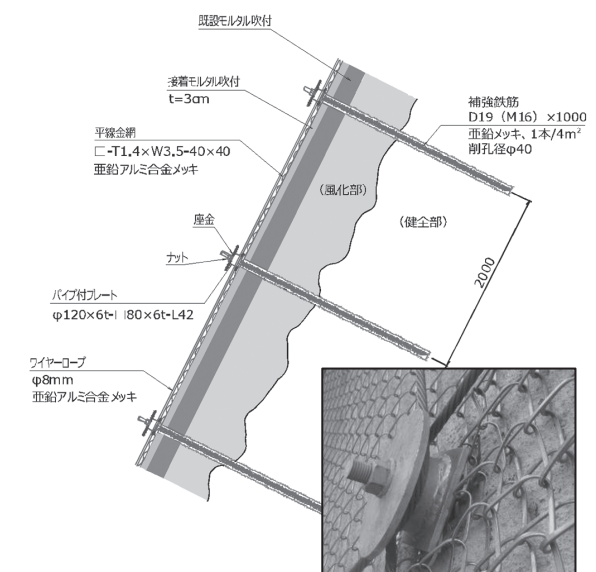


図-6 クロスカバーネット工法 構造図

イ) 老朽化吹付法面補修工法の特徴

本工事で採用された老朽化吹付法面補修工法(クロスカバーネット工法)は、既設吹付法面を活かした補修工法である。工法の特徴として、
i) 安全性の向上、ii) 施工性の向上、iii) 産業廃棄物の低減の3点の利点が挙げられる。

まず、i) 安全性の向上として、吹付面の剥ぎ取り作業が低減するため、作業中の予期せぬ崩壊に対する作業従事者への危険性が低減する。

次に、ii) 施工性の向上として、法面補修に使用する部材は、平線金網とワイヤーロープといった軽量かつ可撓性に富む部材構成となっているため、斜面上での作業性が高い。

そして、iii) 産業廃棄物の低減としては、補修時の吹付に使用する特殊混和材(液状マイクロカーボン繊維)の接着効果により、吹付作業中のリバウンド発生が抑制される。また、既設吹付面の剥ぎ取り量が大幅に削減されるため、産業廃棄物発生の抑制につながる、以上の3点が挙げられる。

ロ) 当初設計と変更案との経済性比較

当初設計と変更案である老朽化吹付法面補修工法の経済性比較をすると以下の様になる(表)。

表 当初設計と変更案との経済性比較

| 当初 | 既設吹付面取壊し + 吹付工 | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|-----------------|-------|----|--------|-------------|
| | 工種 | 規格 | 数量 | 単位 | 単価 | 工費 |
| 経済性 (概算工事費) 補修対象 1120m2当 | 吹付面取り壊し | 人力施工 | 650.0 | m2 | ¥2,480 | ¥1,612,000 |
| | 吹付面取り壊し | 機械施工 | 470.0 | m2 | ¥598 | ¥281,060 |
| | 搬運搬処理 | V=164m3 ,w=353t | 1.0 | 式 | | ¥2,675,528 |
| | 吹付工 | t=15cm 配筋有り | 1120 | m2 | ¥9,157 | ¥10,255,840 |
| | 仮設工 | 大型土のう積 | 160 | 袋 | ¥4,874 | ¥779,840 |
| | 合計 | | | | | ¥15,604,268 |
| | 1m2あたり | | | | | ¥13,932 |

| 変更案 | 老朽化吹付法面補修工法 | | | | | |
|-----------------------------------|-------------|--------------|--------|----|---------|-------------|
| | 工種 | 規格 | 数量 | 単位 | 単価 | 工費 |
| 経済性 (概算工事費) 補修対象 1120m2当 | 吹付面取り壊し | 人力施工 | 60.0 | m2 | ¥2,480 | ¥148,800 |
| | 吹付面取り壊し | 機械施工 | 0.0 | m2 | ¥598 | ¥0 |
| | 搬運搬処理 | V=9m3 ,w=19t | 1.0 | 式 | | ¥144,968 |
| | クロスカバーネット工法 | | 1120.0 | m2 | ¥13,144 | ¥14,721,280 |
| | 仮設工 | 大型土のう積 | 0 | 袋 | ¥4,874 | ¥0 |
| | 合計 | | | | | ¥15,015,048 |
| | 1m2あたり | | | | | ¥13,406 |

※作業期間中は、2案ともに交通誘導員を配置
上記の経済性比較により、単位施工面積あたり

の概算工事費において、変更案は当初設計と比較して経済性が高いことが分かる。変更案は大型土のう積による仮設を必要とせず、また、取り壊しによる産廃排出量も、V=164m³からV=9m³に削減され約95%削減することが可能となる。

ハ) 適用結果

老朽化吹付法面補修工法の変更提案により、既設吹付法面の取り壊し作業が大幅に削減された。その結果、道路上の大型土のう積が不要となり、取り壊し作業期間中は交通誘導員の配置のみで、一般車両の道路走行に支障なく施工が完了した。

また、経済性の比較において、変更案では施工単価が高いものの、仮設工の設置撤去や取壊し作業での施工日数短縮や大幅な産業廃棄物抑制といった利点も挙げられ、変更案は経済性や実施工程、環境負荷低減の面における優位性が確認された。

② 老朽化法面取り壊し範囲の調査の効率化

イ) 赤外線映像調査の実施

老朽化法面の補修にあたり、取り壊しや撤去対象となる吹付背面の空洞箇所や背面地山の風化部(土砂化)等の不良箇所を特定する必要があった。通常、上記の不良箇所の調査では、当該法面の全範囲を対象に打音調査にて確認しているが、対象法面が広範囲であるため、効率的に調査を進めることが重要となる。そこで、赤外線映像を用いた背面空洞部や剥離箇所の抽出を行った(図-7)。

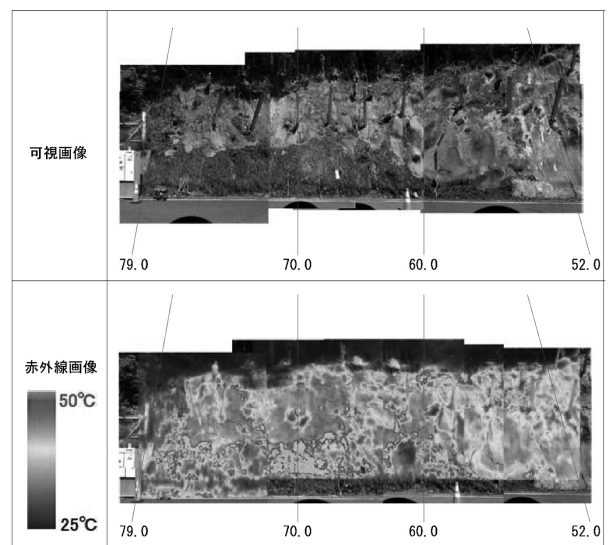


図-7 赤外線画像を用いた空洞部の抽出

ロ) 赤外線映像調査を踏まえた現地調査

赤外線映像調査では、剥離箇所や空洞部などの不良箇所において、温度変化が大きくなる傾向にある。そこで、温度変化の大きい箇所を対象に、打音調査およびコア抜き調査を実施した(図-8)。

詳細調査として、温度変化が大きい箇所で実施した打音調査では、全箇所で濁音が確認され、吹付背面の空洞存在を確認した。この結果に基づいたコア抜き調査では、吹付背面の風化による空洞化や既設吹付面の層間剥離の存在が確認された。また、背面空洞部の風化土砂厚さ確認のために、貫入式土壌硬度計の累計貫入量により測定をした。



図-8 既設吹付面 コア抜き調査

ハ) 適用結果

既設吹付法面調査において、赤外線画像を用いて広範囲な法面での不良箇所を推定することで、人力法面取り壊し作業を最小限に抑え、取り壊し作業の効率化と作業負荷の低減が図られた。また、詳細調査結果による背面部の空洞処理では、注入材の充填が確認され、補修工法の品質確保においても有効であったと考えられる(図-9)。

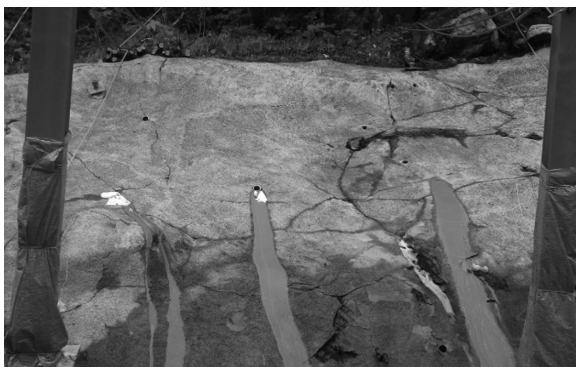


図-9 背面空洞部 セメントミルク充填確認

4. おわりに

本工事では、観光道路の交通影響を最小限に抑えるため、老朽化吹付法面補修工法の変更提案を採用頂いた。変更提案により、施工中の安全と法面補修工法として必要な品質や機能を確保しつつ、当初設計案より高い経済性の確保が可能となった。また、老朽化法面調査方法の工夫により、作業従事者の作業負荷低減にも繋がった。そして、国立公園内での施工において、取り壊し作業に伴う騒音発生の抑制、および産業廃棄物排出量の大幅削減に加え、場外搬出時の大型車両走行に伴う二酸化炭素排出量の低減にもつながり、観光面の影響や環境負荷低減の観点からも有効であった。

現在、全国的に建設資材として重要な骨材類の安定供給や品質の確保が難しいと言われている。しかし、国土強靱化として防災施設の補修や機能強化を進める中で、既存施設の取り壊しによる新規更新が必要なケースは少なくないと思われる。環境負荷低減が求められている昨今において、今回施工した老朽化吹付法面補修工法は、産業廃棄物の抑制に加え、取壊しや新材調達に伴う重機稼働で消費される化石燃料使用量の低減に貢献し、SDGsの観点からも優れた工法であると感じた。

結びとなりますが、本工事の施工にあたり、ご指導ご協力いただいた発注者および工事関係者、そして、工事期間中に観光を楽しまれた多くの皆様の御理解の元に、無事故での工事完成に深く感謝申し上げます。



図-10 現場完成

27 その他

工事中道路開設における 従来施工と ICT・CIM 活用施工の比較

長野県土木施工管理技士会

株式会社相模組

監理技術者

西山 義則[○]

現場代理人

倉科 信人

1. はじめに

日本三大雪渓の一つ、白馬岳の白馬大雪渓から2 kmほど下流、猿倉登山口に位置する北股第1号砂防堰堤は昭和40年に完成後、50数年を経過し摩耗損傷と底部洗堀が進行していることから、補修・補強を行う工事である。

当該堰堤の建設工事は溪谷間にケーブルクレーンを設置して施工され、車両が通行できる進入路が設けられていなかった。そこで、堰堤の補修・補強工事を行うに先立ち溪谷内に車両が通行できる工事中道路（W=4.0m）を整備することから始める補修・補強事業である。

平成30年から令和元年に北股第1号砂防堰堤改築工事にて、堰堤下流工事中道路（L=540m）を開設し、本工事で堰堤上流工事中道路（L=515m）の開設を行った。平成30年の堰堤下流工事中道路開設も私が担当し従来工法にて施工したが、今回の上流工事中道路開設は、3次元データを活用しCIMとICT技術を用いて施工を行ったので、施工性や安全性等の結果比較について述べる。

工事概要

- (1) 工事名：北股第1号砂防堰堤改築その2工事
- (2) 発注者：国土交通省 北陸地方整備局
松本砂防事務所
- (3) 工事場所：長野県北安曇郡白馬村北城地先
- (4) 工期：令和3年5月10日～
令和3年12月28日



図-1 補修・補強対象の北股第1号砂防堰堤

2. 現場における問題点

施工箇所となる北股入沢は勾配20%を超える滝のような川で、氷河により運ばれた直径5 m～10mを裕に超える巨大転石がゴロゴロしている。

発注図面は、LP測量を基にした概略発注であり、工事の中で現地地形に合わせ変更設計する必要があった。

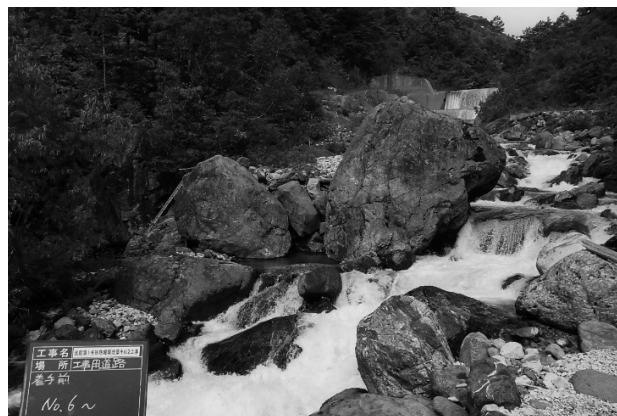


図-2 北股入沢の巨大転石

発注図面を基に中心線測量を行ったところ各測点では経済的で一般的な切土・盛土が計画されていたが、測点同士を結んでみると巨大転石が支障となり、取り壊さなければ道路にならない。下流工事用道路や流域での堰堤工事の経験から、この地域の転石は、靱性^{じんせい}が高く大型ブレイカーで破碎を試みても、あっという間にブレイカーのノミ(チゼル)が減ってしまったり、ノミが折れてしまったりと非常に苦勞したことから、できるだけ転石破碎は避けたいところである。

(靱性^{じんせい}: 個体が持つ性質のひとつで、粘り強さや外から加わる力に対しての破壊されにくさ)

表-1 測量・設計の方法

| | 測量・設計の方法 |
|---------|-------------------|
| 下流工事用道路 | 従来手法による測量設計 |
| 上流工事用道路 | 3次元点群測量とCIMを用いた設計 |

【下流工事用道路】測量設計コンサルタントに依頼し従来手法で基準点測量から工事用道路の測量・設計を実施し、発注者と設計変更協議をした結果、約4か月を費やしてしまった。当該地域は11月後半には降雪が見込まれるため、工事用道路の施工期間がわずか2か月しかなくなってしまい、約半分の施工で打ち切りとし、翌年続きを施工することとなった。

《問題点・課題》

測量に際し、下草や枝葉が密生して見通しが利かず、草刈り・枝払いに多くの時間を要した。また、急峻で転石だらけの道なき道を、毎日測量機器を担いで往復しなければならず、体力の消耗が激しく熱中症のリスクや、転倒・滑落のリスクが非常に高かった。

【上流工事用道路】下流工事用道路工事で測量・設計に時間を費やしたことから、今回は自ら変更設計を行うこととした。当初よりICT土工を用いて工事用道路の施工を予定していたため、3次元点群測量を当初設計道路範囲の2～3倍程度

広い範囲で実施した。取得した点群データをもとに、自ら工事用道路の3次元CIMモデルを作成し、カーブ半径の変更や直線の延伸・短縮や道路勾配の変更等、転石と転石の間をすれすれでかわし、転石を破碎しないで回避する線形計画と縦断計画を立てた。また、下流工事用道路施工における切土法面崩壊の経験から、設計段階で切土法面をできるだけ減らして法面崩壊のリスクを低減させ、かつ、新たな転石出現を回避するため工事用道路の大部分を盛土区間にして、事前に発生が見込まれるトラブルを回避して工程短縮に期待した。

これらの結果、基準点測量から3次元点群測量に約1か月、変更設計を約2週間で終えて、従来手法に比べ早期に施工に着手することができ、全体工期への影響を小さくすることができた。



図-3 TLS点群測量状況

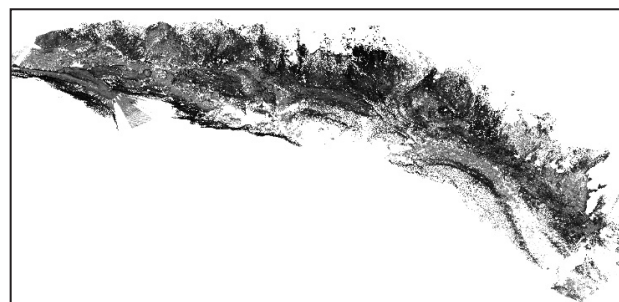


図-4 点群測量成果

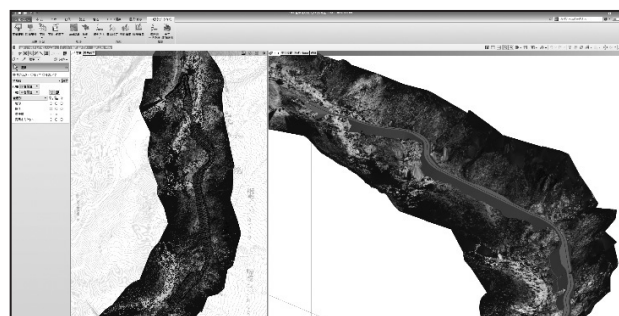


図-5 CIMによる設計

《問題点・課題》

TLS測量により取得した3次元点群データの立木や下草等の不要点処理において専用ソフトで自動フィルタリングを行ったところ、肝心の巨大転石まで除去対象にされてしまったため、やむを得ず手作業で少しずつ立木等の不要点を消去処理する作業に非常に時間がかかり苦勞した。処理ソフトに転石を認識できる機能を設定してほしいものである。

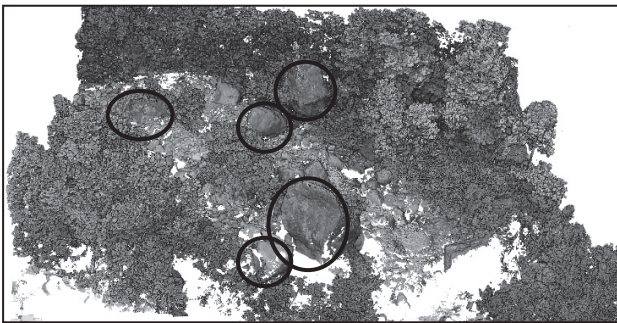


図-6 3次元点群の生データ
(立木や下草などの不要点を除去したい)
(○印が巨大転石)

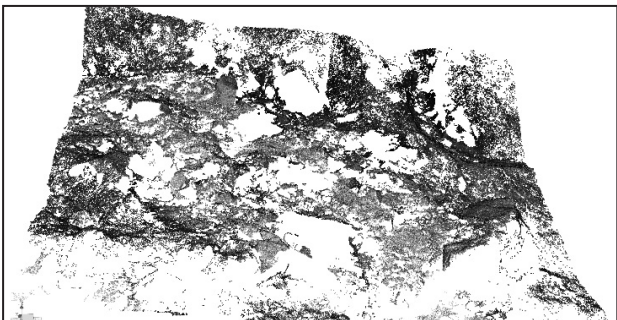


図-7 自動フィルタリング後のデータ

表-2 丁張の設置と施工の方法

| | 丁張設置・施工の方法 |
|-------------|--|
| 下流 工事用道路 | 従来工法による施工 ・切土及び盛土丁張の設置 ・通常バックホウによる切土盛土 |
| 上流 工事用道路 | ICTバックホウによる施工 ・丁張設置不要 ・MC/MGバックホウによる切土盛土 |

【下流工事用道路】管理測点や変化点に従来通りの丁張を設置し、熟練オペレーターによる施工。

《問題点・課題》

丁張材料や測量機器を急峻で滑りやすい斜面を歩いて運搬し、踏ん張りの利かない斜面で杭を打ち丁張を設置する必要がある。親綱設置も丁張設置以上に危険で苦勞した。



図-8 従来施工(切土丁張設置)

【上流工事用道路】ICT仕様のバックホウを使用したため丁張設置の必要がなく、急峻な斜面や転石のゴロゴロした河床を歩く必要がなくなった。



図-9 ICT法面整形

《問題点・課題》

従来施工に慣れている私にとっては、切土及び盛土丁張がないと、工事用道路がどこにできて、どのような高さや勾配になるのかを現地でイメージしにくく、ICTバックホウのモニターのみが頼りとなった。近い将来には、AR(拡張現実)等の技術が進み、スマホをかざせば現地映像に完成形を付加した映像が見られる日が来るのだろう。

また、ICTバックホウは、当初GNSS仕様で施工したが、山間狭隘地形と周辺の立木で衛星受信状況が安定せず精度が出なかったことから、自動追尾トータルステーションによる施工に変更したところ、精度のある安定した施工が行えた。

ここで、本工事を担当したバックホウ運転手を紹介すると、25歳で現場経験5年、ICTバックホウを使用した施工は初めてであったが、作業を始めると、すぐに慣れて自分の手足のように操縦していたことから、熟練オペレーターでなくとも問題は生じなかった。むしろ、ICTモニターの操作などはすぐに覚え、作業内容によって表示内容を変更するなど応用できていた。

表-3 出来形管理の方法

| | 出来形管理の方法 |
|-------------|----------------------------|
| 下流 工事用道路 | 従来手法による管理 ・ 巻尺、レベルによる検測 |
| 上流 工事用道路 | TS出来形による管理 ・ TSによる検測 |

【下流工事用道路】 管理測点を従来通り巻尺とレベルで測定し写真撮影。

【上流工事用道路】 点群データを用いた面管理を検討したが、地形と道路線形が複雑でTLS据付回数が非常に多くなること、落ち葉を観測してしまうこと、無人航空機の使用は谷が狭隘で立木が支障となること、衛星受信状況が不安定なことから断念し、TS出来形管理とした。ICTバックホウ用に作成した3次元設計データを用いることで、測定用に改めて何かを作成する必要がなく、また、施工が完了した断面から順次出来形測定することでスムーズな管理ができた。

3. おわりに

工事用道路の設計と施工を、従来工法と新工法を用いて施工してみると、条件が異なり簡単に比較できないが、いずれにおいても新工法が優れており、設計・測量は手法の進化と自ら行ったこと

で大幅な工程短縮ができた。施工は、従来施工の下流工事用道路が約4か月、ICTバックホウを用いた上流工事用道路が約3か月と、約1か月の短縮となった。ICTバックホウを用いて丁張設置を不要としたことで安全性が向上し、肉体的負担が軽減されたことで技術の進化を感じることができ、建設業における3K（きつい、危険、汚い）は大幅に改善されたと実感した。

私が実際の施工で3次元設計データを使用したのは、この現場が初めてであったが、3次元点群データとCIMによって、あたかも現地に構築したかのような3次元画像が確認でき、2次元図面では表現しきれない（気づかない）細部の取り合いの確認ができ、事前検討することで、現場施工を待たせることなくスムーズな施工につながり、工事の生産性向上と安全性向上が図れた。

最後に、本工事も無事故無災害で完成することができました。ご指導を賜りました発注者をはじめ、ご協力いただいた業者及び作業員の皆さまに感謝を申し上げます。



図-10 上流工事用道路全景



図-11 工事用道路（下流より上流を望む）

28 その他

ICT 法枠工 三次元モデルの活用

新潟県土木施工管理技士会
株式会社興和
栗原 章

1. はじめに

i-Constructionにおける工種拡大は、平成28年のICT土工を皮切りに、令和元年ICT法面工（吹付工）、令和2年ICT法面工（法枠工）が対象工種となった。

法面工は、人工的に作った切土斜面と自然斜面とに分類される。特に凹凸の激しい自然斜面での施工は、現況にあわせて斜面を平滑に整形し工事を進めていくことから、施工中に地形が改変され、当初計画と異なる場合もある。従って、斜面整形後に3Dモデルを作成し、施工を行うことの有効性は非常に高い。

工事概要

本工事は国土強靱化を目的とした法面工事であり、土砂崩壊の発生した崩落面に対して法枠工と鉄筋挿入工で補強し、斜面の安定化を図るものである。

発注者は北陸地方整備局新潟国道事務所、工事場所は新潟県東蒲原郡阿賀町に位置する。



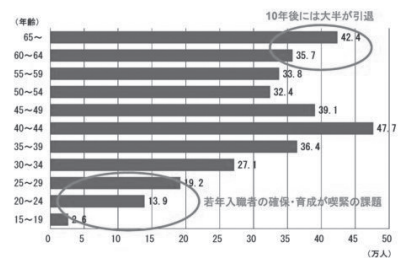
図-1 現場概況

2. 法面工事の現状と問題点

自然斜面における法面工事では、斜面の凹凸や勾配、樹木の存在など現場条件が多様なため、設計図どおりに施工を行うことが難しいといった特徴がある。また、斜面上に不安定な岩塊等が分布する場合、施工中に斜面を切り崩して作業の安全を図りながら進めていくことが多いため、出来高数量も施工が終わる段階にならないと確定することができない。機械化が日進月歩で進む一方、法面工は未だ柔軟な対応が可能なハンドメイド型の施工法（人力施工）が主流となっている現状にある。

法面作業は、ロープにぶら下がって行うことから、平坦地で施工する工種に比べて危険リスクが高く、かつ重労働を強いられる。そのため、法面工を希望する若手の新規参入者は年々少なくなっており（図-2参照）、作業員の高齢化・生産性の低下が大きな問題となっている。マンパワーが不足する今こそ、生産性を向上させる施策が求められている。

高齢者の大量離職の見通し(中長期的な担い手確保の必要性) 国土交通省



出所: 総務省「労働力調査」を元に国土交通省で算出 12

図-2 建設業における年齢別割合

3. 三次元地形モデル図の活用術

三次元地形データを基に作成したモデル図は、視覚的に現実空間を体感できることから、様々な場面での活用効果が期待される。当現場では、以下の項目について活用した。

- ① 完成イメージの共有
- ② 設計図書の三次元照査
- ③ MR技術を使った法枠の配置

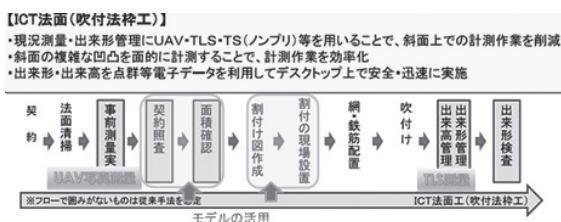


図-3 法枠フローとモデル活用

3-1 完成イメージの共有

完成イメージの共有は、国土地理院地図やグーグルマップ等の三次元地形データに法枠モデルを張り付けることにより、施工後の全体像や周辺環境との調和性が確認できるため、イメージが想像しやすいといった効果がある(図-4)。

これまで平面図や横断等の2Dデータを使って共通の理解を得ることが難しかった地域住民との説明会では、完成イメージを提示することで合意形成を図りやすくなるといった報告も上がっている。

また、概算数量の算出に関してもCAD上で自動化されており、数量算出の省力化が図られるだけでなく、凹凸斜面に構造物が配置されるため、実際施工する際の数量との誤差が小さくなること分かっている。

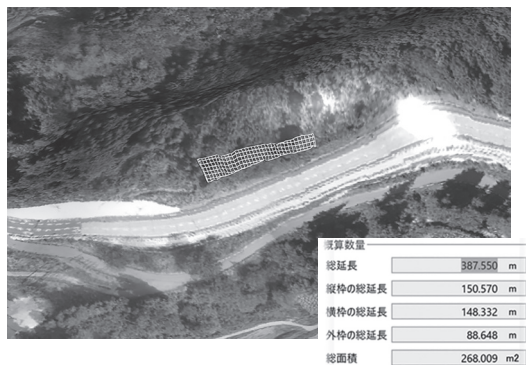


図-4 完成イメージと概算数量

このように完成イメージの共有は、合意形成の面においても、予算管理の面においても今までになかったメリットがある。

3-2 設計図書の三次元照査

当現場の当初計画は、法枠工300+鉄筋挿入工D19-3000である。法枠の交点に鉄筋挿入工を打設するため、法枠配置により数量の増減が変動し、事業費に影響を及ぼすことが懸念されていた。

そこで、二次元の図面をもとに現地踏査を実施したところ、斜面の表層部が浸食・小崩壊により設計時より風化が進行し斜面形状も大きく変化していた。そのため、三次元地形データ、法枠モデル、現況写真を提示し、施工エリアの再検討を行った。設計者も含めて協議を行い、計画の変更を行った。

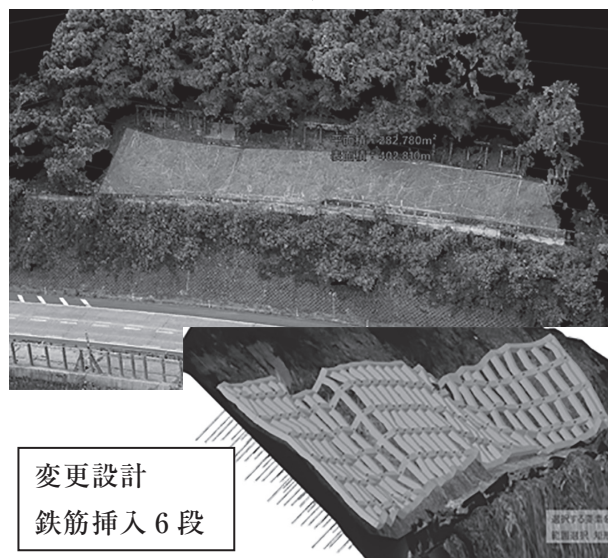
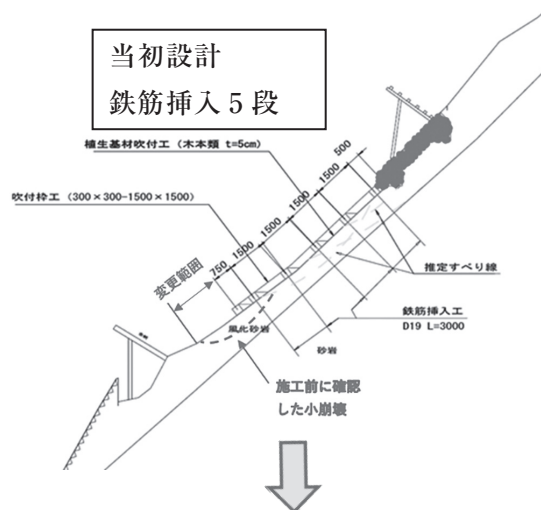


図-5 設計図書の照査

調査・設計が完了してから施工が開始されるまで、数年の期間が空くことによって斜面の形状が変化することはよくあることだが、草や雑木で斜面が隠れている場合も多いので、施工前照査として三次元計測により斜面の形状を確認しておくことは、手戻り作業の防止につながるなど非常に有効性が高いと考える。また、コロナ禍において、現地確認を的確に行うために3次元データでリモート協議を行うことは、省力化・時間短縮につながり効果的である。

3-3 MR技術を使った法枠の配置

従来は、現場代理人と作業員が法面にぶら下がってフレーム材を組み立てる法線をPPロープによって方向だし(図-6)を行っていた。切土斜面のような平滑な面では計画どおりに配置することは容易であるが、凹凸のある形状や曲線状の斜面では、格子の形状を極力計画通りに広く施工したいため、擦り付け部に三角形や台形状に変形する箇所が存在する。いわゆる調整梁(図-7)といわれるものである。



図-6 PPロープによる芯だし作業

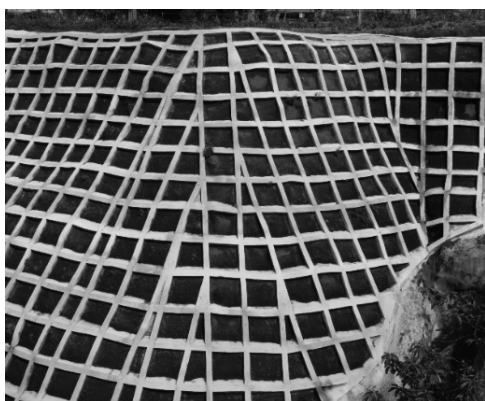


図-7 湾曲する斜面での調整梁

割付け作業は、出来ばえを向上する目的で、何度も視認位置を変えて確認作業を行ってきた。全体像をとらえるため、最近ではドローンによる撮影も行われているが、現場でPPロープを張りなおす手戻り作業は、どの現場においても発生している。

今回、こうした手戻り作業をなくす目的で、MR技術の活用を現場で行った。モデルを透視する機材は、TrimbleのSiteVisionを使用した。

【MR技術の活用】

MRとは「Mixed Reality」の略で、複合現実と呼ばれるものである。VR空間と現実空間を融合するという概念であり、「仮想現実と現実空間を密接に混ざり合わせる技術」のことを言う。

MR技術を導入したきっかけとして、

- ① 効率のかつ簡易に法枠配置を実施する
- ② 事前に配置を検討することで現場での手戻り作業をなくす
- ③ 経験の浅い若手技術者でも熟練作業員に対して明確な指示を出せるのか検証する(技術の継承促進)

などがあげられる。



図-8 MR技術活用による芯出し作業

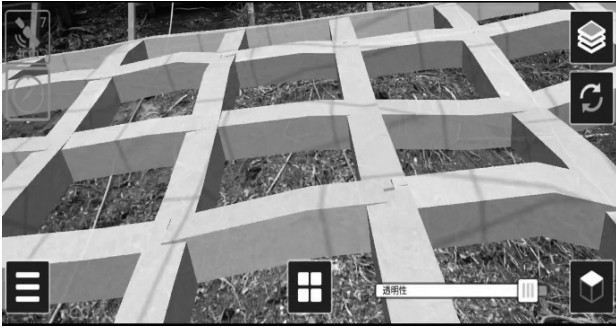


図-9 法枠モデル画像

法枠画像は、衛星の電波状況が良好な場合、高い精度で現地に投影することができる（図-8）。従って、画像を見ながら作業員にPPロープの設置位置を指示できることから、経験の少ない技術者でも対応できる結果となった。しかし、移動するたびに法枠モデルが不規則に動くため、移動中に指示を出すことはできず、必ず止まって画像が安定した状態になってからPPロープを設置する必要がある。

【MR技術の課題】

MR技術の課題として、位置情報を取得する衛星の数が少ないと作成した法枠モデルが数m単位でずれてしまうといった問題が発生する。

要因として、施工空間が180度しか開けていない（斜面で180度遮られる）ことがあげられる。施工空間が360度広がっている平坦地では、このような問題は発生しにくく、如何に多くの衛星から位置情報（X,Y,Z）を正確に取得し補正するかが重要になってくる。今後は、このような周辺環



図-10 GNSS捕捉数が少ない時のモデルのずれ

境においても精度を高くする固定局の設置が必要と考えられる。

「三次元モデルの活用効果」

- ① 法枠モデルを活用することでイメージの共有が図られやすく合意形成につながる
- ② モデルを作成した段階で概算数量を把握することが可能となり、予算編成がしやすくなる
- ③ 設計図書の照査において、差異が生じた場合、共通の理解が得られやすい
- ④ 経験の浅い技術者でも法枠モデルを現場に再現できるため、技術者不足の解消につながる
- ⑤ GNSS（Global Navigation Satellite System：人工衛星（測位衛星）を利用した全世界測位システム）の電波が強い時間帯を事前に確認しておくことで、精度の高いcm級の測位が可能である。

4. おわりに

ICT活用の最大の目的は、「生産性の向上」、「省人化」である。法面工において、3Dモデルの活用は、これまで成し得なかったフロントローディングの実現が可能となったことで、事業の進め方も大きく変わってくる。

施工側においては、工期の短縮、安全性の向上、若手技術者の育成等の費用対効果が期待でき、発注側においては予算管理、住民説明、事業全体の計画実効性が向上する。

ただし、法面工におけるICT化の施行拡大は、計測機が高価で購入まで至らないこと、BIM/CIMに精通した技術者を配置しなければいけないこと、外注した場合高額な請求が発生することなどを理由に進んでいない傾向にある。従って、今後はICT施工実績をコリンス等で記載し、実施メリットをクローズアップしていく動きが必要と考える。

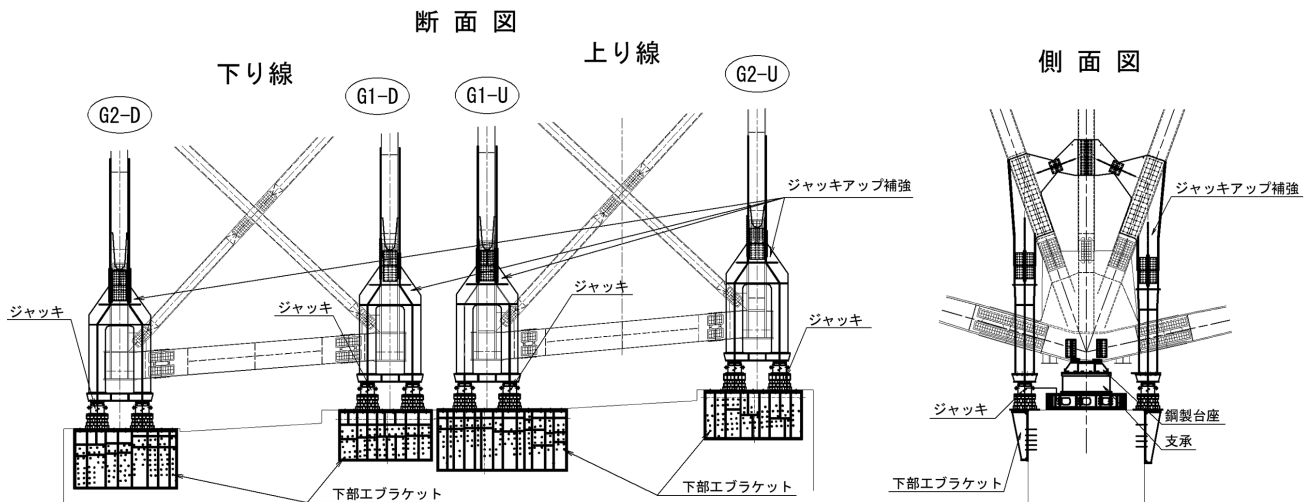


図-3 支承取替要領図

2. 現場における問題点

2-1 支承取替の部材取付けについて

支承取替の要領図を図-3に示す。支承取替にあたり、橋体の荷重をジャッキに受け替えるために、ジャッキ設置位置の上部工側にはジャッキアップ補強部材、下部工側には下部エブラケットを設置し、既設部材の補強・改良を行った。また、支承部においては、図-4の概要図に示すように、主構から免震支承への反力伝達を確実にを行うために、主構と支承の間に鋼製台座を設置した。ただし、これらの部材取付けについて、下記の課題があった。

(1) ジャッキアップ補強

既設トラス橋は、主構高が11mと大きく、特にP1、P2支点部は変断面のため主構高さが橋軸方向に変化する構造であった。また、曲線トラスのため、弦材は平面的に格点で折れ曲がった複雑な構造となっていた。そのため、如何に既設トラス橋の形状を正確に実測し、それを補強部材の製作に精度良く反映させるかが課題となった。

(2) 鋼製台座

図-4の概要図に示すように、幅970mmの下弦材から幅2,670mmの免震支承に、高さ350mm程度の鋼製台座で20,000kNの反力を円滑に伝達させる必要があった。鋼製台座と下弦材下面の支圧

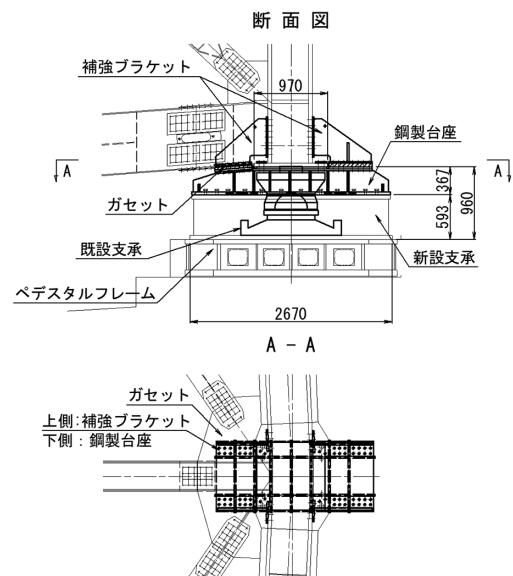


図-4 支承部概要図

のみでは反力伝達が不十分であったことから、下弦材ウェブに設けた補強ブラケットのせん断力により、鋼製台座に反力を伝達できる構造に改良した。ここで、鋼製台座との接触面となる下弦材下面とガセットには、曲線トラスのため図面に表記のない縦横断勾配や折れ線により、3次元的なねじれが生じていたことから、如何にその形状を把握し、鋼製台座を精度よく密着させるかが課題となった。

2-2 部材取込み設備について

支承や補強部材の取込みおよび撤去した既設支

承の搬出は、地上からは困難であるため、供用中の橋面上から実施する計画とした。部材取込みを供用中に行うことから車線規制を行ったが、その際、車線規制は一般車両の事故を防止するため、車両進行方向が上り勾配となる上り線側で行うよう発注者側から要望があった。そのため、上り線側の橋面から部材を橋脚上に取り込み、下り線側へ部材を横移動させる方法を検討することとなった。ここで、支承の重量が最大で10tを超えることから、通常の吊り替えによる部材移動が困難であり、それ以外の対策を検討する必要がある。

2-3 支承取替中の安全性について

支承取替中の安全性を確保するにあたり、下記の課題があった。

(1) 上部工の安定性の確保

新設支承はペダスタルフレームに現場溶接とするため、ジャッキアップ中は水平力に抵抗できない状況となる。また、上部工は、A1・A2橋台の固定支承以外はフレキシブルなハイピアに支持された構造である。そのため、ジャッキアップ中は上部工と橋脚の相対変位が生じやすく、支承の取替順序によっては、上部工が橋軸方向に固定されていない不安定な状態となるリスクがあった。

(2) 1 支承線内での水平力の確保

1 支承線あたり（計4 支承）の支承取替は、概ね2カ月の期間を有することから、その期間中に作用すると考えられる水平力に対して、安全性を確保する必要がある。ここで、支承取替中に確保する水平力としては、「鋼道路橋施工便覧（道路協会）」や「鋼構造架設設計施工指針（土木学会）」および同種工事の実績を参考に、L1地震動の1/2とした。

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 3次元レーザースキャナーの活用

支承取替の部材取付けを精度よく行うため、3次元レーザースキャナー（以下3DLSと略す）により、既設桁の形状を計測した。

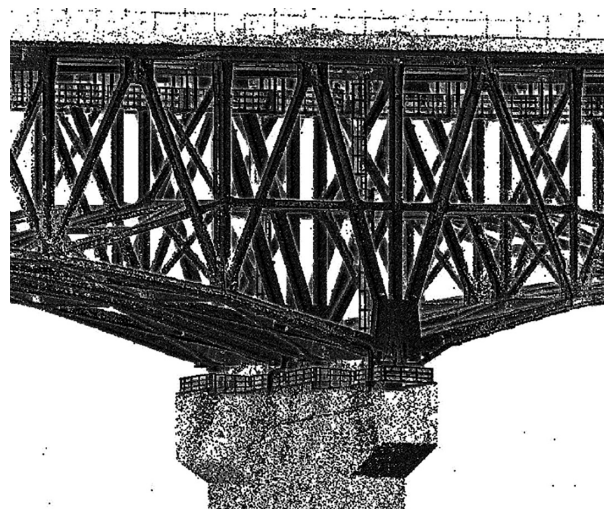


図-5 3DLSによる点群データ

3DLSにより得られた支点部の点群データを図-5に示す。ジャッキアップ補強については、全支点にて点群データを得た後、設計図との誤差量を確認したうえで、部材の製作、施工に反映した。

鋼製台座との接触面となる下弦材下面とガセットについても同様に、3DLSによる計測を行い、ねじれを含めた平面形状を把握した。ただし、接触面のねじれ形状を鋼製台座の製作に完全に反映させるのは困難であるため、密着性が期待できる補強ブラケットのみで反力を伝達できるように鋼製台座の形状を決定した。さらに、図-6に示すように、鋼製台座の3次元モデルと既設桁3次元モデルを重ね合わせ、部材どうしの密着性をモデル上で確認したうえで製作、施工を行った。

その結果、ジャッキアップ補強、鋼製台座ともに、現場で精度よく取り合うことができた。

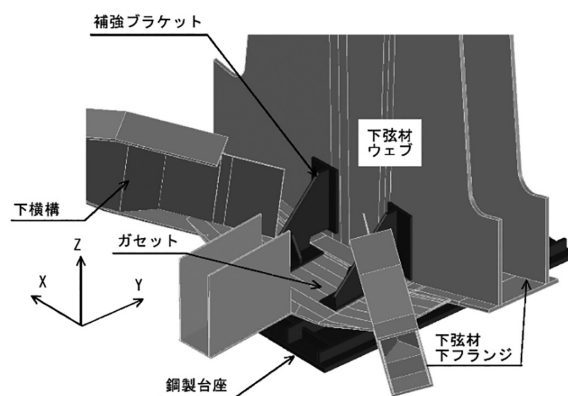


図-6 3次元モデルによる取り合い確認

3-2 軌条台車設備の設置

部材取込み設備として、橋脚前面に設置した支持ブラケット上の軌条設備により、上り線側より取込んだ部材を下り線側の所定の位置まで台車で横移動させた。部材取込み設備の概要図を図-7に示す。軌条設備を使用することで、重量物の部材を安全かつ効率よく移動させることができた。

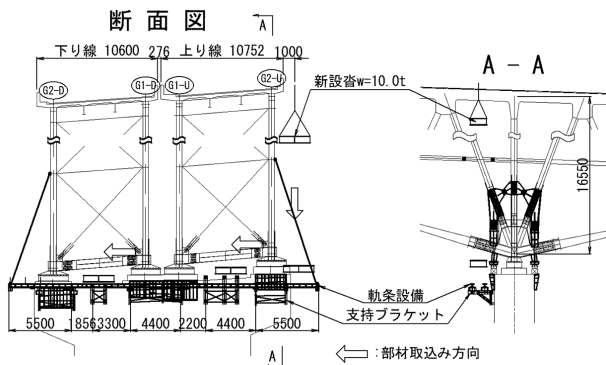


図-7 部材取込み設備図

3-3 安全性に配慮した支承受替順序の決定

(1) 橋梁単位での施工手順

上部工の安全性を確保するため、橋梁単位での支承受替順序は下記のとおりとした。

(A1-P3橋梁) P2→P3^{*}→P1→A1

(P3-A2橋梁) P3^{*}→P5→P4→P6→A2

※P3支点部では2橋梁同時施工とした。

まず、ジャッキアップ時に上部工に作用する水平力をなるべく均等に橋脚に負担させるため、隣り合う橋脚どうしがジャッキアップ状態とならないような取替順序とした。また、1橋梁単位で支承受替順序を考えた際に、必ずどこかの支点で上部工が橋軸方向に固定されている状態とするため、A1-P3橋梁およびP3-A2橋梁ともにA1・A2橋台部（固定支承）の支承受替を最後に行うこととした。さらに、2橋梁の掛け違い部となるP3支点部については、2橋梁同時施工として供用中である橋面の段差が生じないように配慮した。

(2) 1支承受替線単位での施工手順

1支承受替線単位の施工ステップを図-8に示す。各施工ステップで安全性に配慮した事項は下記のとおりである。

【ステップ1(7)】ジャッキアップ（ダウン）は両主構を同時に行い、橋体のねじれなどの影響を最小限に抑えた。

【ステップ2～6】既設支承の撤去や新設支承の設置は片主構ずつ行い、取替対象と反対側の支承で支承受替中に考慮する水平力（L1地震動の1/2）を確保した。先行して取替を行う新設支承は、上記水平力を考慮した仮固定（溶接）を行ってから、反対側の既設支承を撤去した。

上記のような施工ステップとすることで、支承受替中の水平力に対する安全性を確保した。

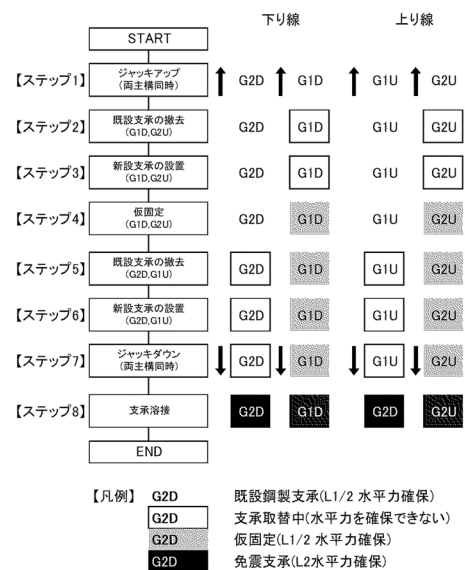


図-8 支承受替 施工ステップ

4. おわりに

本工事は、支承受替36基を含む難易度の高い耐震補強工事であったが、3DLSの活用した3次元モデルによる取合い確認や、橋梁の諸条件に即した施工計画を入念にシミュレーションして、品質・施工性・安全性に配慮したことにより、無事故無災害で工事を終えることができた。本稿が今後、本工事と類似する耐震補強工事の一助となれば幸いである。

最後に、本工事の施工にあたり多大なるご指導を頂きました、西日本高速道路株式会社の皆様方に厚くお礼申し上げます。

30 その他

小規模現場で効果大！シンプルなDX推進

長崎県土木施工管理技士会
株式会社吉川組
監理技術者
満尾 裕也

1. はじめに

本工事は地域広域ネットワークの形成、交通安全性の向上・交通混雑の緩和等を目的とした一般国道57号森山拡幅事業の一部工事である。

主に本線横の側道部を構築する工事内容で比較的小規模な施工現場であるが複数工区あり、工期内に収めるには人材に限られる中、各工区を平行して効率よく進める必要がある。

工事概要

- (1) 工事名：長崎57号下井牟田地区改良外工事
- (2) 発注者：国土交通省 九州地方整備局
長崎河川国道事務所
- (3) 工事場所：長崎県諫早市森山町
- (4) 工期：令和3年11月25日より
令和4年9月30日まで
- (5) 主要工種：詳細工種・数量は項目が多く省略するが、横断面図(図-1)を参照願う。

施工延長は、工区併せて約900mである。

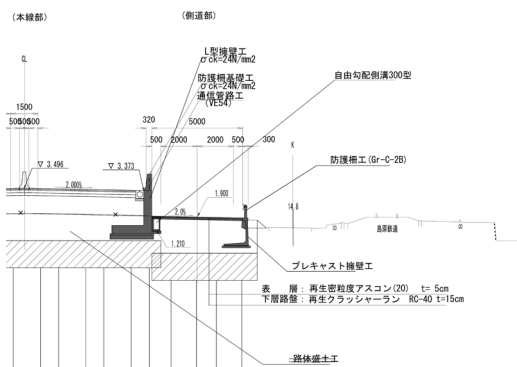


図-1 標準横断面図 (施工範囲拡大)

2. 現場における問題点

ここでは生産性に大きな影響を与える要因について述べる。

(1) 工程クリティカルと現場条件

工程上のクリティカルは、プレキャスト製品の制作日数に120日を要すること。水田の取水時期による作業の影響及び擁壁工の構造変更による設計の一部見直しである。

現場条件は、鉄道および鉄道施設と近接するため協議上の施工条件に列車通過時の重機作業一時停止などの制約がある。また施工効率化を目的に施工者希望でICT施工を行うが、過年度で行っている本線構造物が支障となりGNSSの受信環境が悪い(図-2)。従来型TS方式を用いてICT施工を行うと自動追尾TSの通信が重機施工の旋回やダンプ車両の通過で位置(プリズム)をロストし易い傾向にあり安定した施工を行うには課題がある。



図-2 着工前状況

(2) 安全衛生関係等

生産性を向上させる上で、安全対策は必要不可欠である。現場従事者が不足するなか、労働災害が発生すると工事進捗に大きく影響を及ぼすためである。留意事項を以下に示す。

本工事で行う側道部の幅員は5mあるが、プレキャストL型擁壁施工時は、2.5m～3.0mと狭隘であり他作業との作業分離措置等の対策が難しく、同時並行では事故のリスクが伴う。

他に熱中症やコロナ等感染症防止対策に加え、高齢の従事者が多く、体力の衰えから労働災害等が発生すると重篤化するリスクが高い。

(3) DXの浸透

デジタル技術が建設現場に浸透しきっていない現状では、デジタル技術を導入しても工期が厳しい状況ほど慣れている従来通りのアナログ的な方法で行動する傾向が強く、効率化による生産性は現状維持どころかマイナスになってしまう。施工現場でそうならないよう行動改善に結び付ける必要もある。

3. 工夫・改善点と適用結果

前述問題点に加え、本工事では施工管理側の体制も人材が不足し十分とは言えない。そこで、一人一人に掛かっている負担を軽減し、施工能力を向上させる目的で以下の技術を適用した。

3-1 杭ナビ活用とロングアルミ三脚

GNSSの受信環境が悪いためTS方式にてICT施工を行う。同性能の自動追尾型TSと杭ナビとの比較で視準を外れた場合の復旧が早く感じられること、費用対効果が高いことで杭ナビを採用している。またTSを用いた盛土の締固め管理システム（図-3）を杭ナビで活用できるよう、建機レンタル会社（株式会社ショージ様）の開発部に協力を仰ぎ導入している。ICT建機は様々あり導入効果は高い。しかし異なるシステムや機材を複数導入すると覚えるべき事項が増え、それだけ負担も掛かる。杭ナビの導入は機材統一化を図り、使用者の負担を軽減し生産性を向上させるのが一番の目的である。

杭ナビ活用でもっと手軽にICT施工を導入！生産性向上！



図-3 杭ナビ転圧管理システム



図-4 ロングアルミ三脚の利用

TS方式でICT施工を行う場合の弱点でもある重機の旋回やダンプ車両通過時等による位置情報ロストへの対応は、ロング三脚を用いて高い場所へ杭ナビを設置することで通信ロストを軽減し、ICT施工のメリットである生産性を損なわないように行っている（図-4）。

3-2 AIを用いた狭小箇所の安全対策

施工現場で作業分離措置等の安全対策を行っているが、施工ヤードが狭く安全通路の確保は難しい。稼働重機の死角に誤侵入し壁面と挟まれた場合、重篤災害につながる。そのような労働災害を防止するため、図-5の対策を行っている。



図-5 AIによる検知システム

重機の死角方向から5 m以内に「人」が接近すると当該システムにより重機操作室内モニタを通し警告音でオペレータに気付きを与え、さらに緊急停止ユニットを組込むことで重機が緊急停止するためより安全性を向上させている。

3-3 列車通過時の対応

本工事箇所は鉄道に近接しているため列車通過時は作業を一時停止させる制約がある。列車見張り員を配置し合図を行うが、重機作業時は合図等に遅れて気付く場合があり重大事故に繋がりがかねない。そこで重機オペレータに確実に知らせるため列車通過時刻を業務用放送システム（デジタルプログラムチャイム）に入力し、重機内部に設置した警報機と無線通信させることで合図を確実にものにした。なお、当初は前述した非常停止ユニットを本システムにも組込んで、列車通過時に停止させていたが、線路側へ旋回し停止した場合のリスクがかえって高くなるので取りやめている。

3-4 総合気象システムと熱中症対策等

現場の気象情報（風速や雨量、WBGT値など）は吹流しや温度計等を設置する機会が多いが、それらは吹流しの見た目や温度計の設置場所が現場から見えないなど管理が曖昧になることが多い。そのような曖昧さをなくすため、総合気象システム（図-6）を用い、直接LED電光板にて見せる化している。また気象情報が設定した基準値を超えた場合は、現場内の警報機ならびに現場責任者、職長等にSMS通知が行く仕組みになっており適切な対応を可能にしている。



図-6 気象情報の見せる化



図-7 スマートウォッチ

次にスマートウォッチ（図-7）について述べるが基本機能は省略する。導入目的は、熱中症に限らず作業中に体調が悪くなっても、雰囲気や我慢から「言えない」方もいるため、そういった方のバイタルサインを見逃さないようにすること、また高齢の従事者も多いため作業負荷が掛かりすぎないように調整する必要があること、作業位置を把握し有事の際の対応を迅速にすることである。

3-5 他ICT/IoT技術等

前述以外にも汎用機外のICTやIoT等を活用している。活用効果が高いものを以下に示す。

3-5-1 舗装工Asフィニッシャー（MC・ICT）

表層工はICT汎用機がない事もあり精度確認を行いながら（図-8）になるが、設計面に対しての出来形評価は平均値+3.6mmで良好である。特に平坦性や出来栄はICT（MC）により均一化されるため施工性・品質は向上する。なお舗装転圧時は転圧機械に温度センサーを取付け、転圧時の適正温度を可視化し、作業効率を向上させている。

3-5-2 バケツスケールの活用

土砂等の積込み運搬の効率化を目的にバケツスケール（ローデックス）を用い、重量を確認しながら積込みを行っている。従来はダンプの容積と土砂等の比重を元に積載高さ等を求めて、比重は土質や含水状態で左右されるため最大積載量の90%を目途に決定していた。本システムにより重量が可視化され、適正重量まで積込みが可能になり作業効率は向上する。ただしシステムの計量誤差が±3%程度あるため留意が必要である。



図-8 ICT舗装（表層）

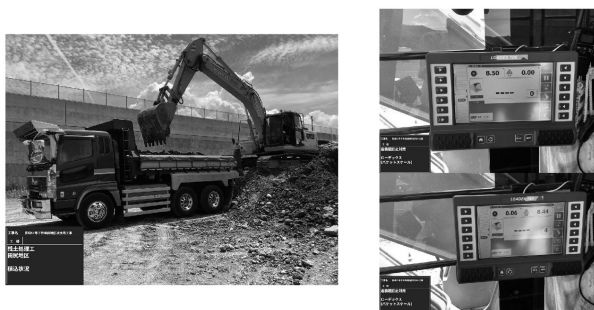


図-9 積込作業の効率化

3-5-3 LiDAR（スマホで点群計測）の活用

利用目的は主に2つ、構造物の鉛直度等や不可視部分の点群データ化が目的と最新技術を積極的に若手技術者に触れさせること（OJT）である。LiDARの性能が約5mであるためスキャン範囲が大きくなるほど効率性は下がるが、完成形で不可視となる部分を3次元で残しておくことで写真情報より有利な情報となるのでデータの汎用性は高い。



図-10 LiDARによる簡易測量

4. おわりに

当現場で様々デジタル化を行っており、一見システム操作など煩雑化しているように思えるかもしれないが、記載したデジタル技術は、初期設定を除けば特別な操作は不要であり、記録もデータとして残るので、それだけでも取りまとめ等の作業が不要になり現場員の負担は軽減される。

本文中にも触れたが、システム等が煩雑化すると「使わなくなる」傾向に向かうので、利用頻度が低いオプションなど余計なものは付加せず意図的に単純なシステムを導入し活用している。

現場の管理や監視が不要になるわけではないが、説明したようなデジタル技術を活用し、監視や確認業務に掛かる作業負担を軽減することで、当現場では日当たり1人分は確実に省力化できている。

単純計算であるが、本工事で使用したシステムの費用対効果について記載する。詳細は割愛する。

ICT建機以外のシステム利用料1式

¥2,408,000（5.5か月）

省力化出来た人工数 128人（普通作業員）

¥2,432,000（¥19,000/人・日）

省力化出来た人工数≒システム利用料

となる（普通作業員の単価は全国平均値まるめ）。金額ではほぼ等しいが省力化できた分、別の作業を落ち着いて行うことができる。単純作業におけるヒューマンエラーやフォローする手間も抑えることもでき、より生産性は向上する。効率化した分の出来高も加算されるので費用対効果は高いといえる。もし、通常施工で行っていた場合はデジタル技術等の恩恵を受けることができず、個々の負担が増し、より逼迫していたのは間違いない。

DX推進を行う上で必ずしも高度技術や高額なシステムを利用する必要はないと考えている。無理に新技術を作り出すのではなく、既存技術で優れているものは多くあるため、そういったものを上手く現場にマッチさせることもDX推進に欠かせないことであると考えている。一度デジタル化し効果を実感すると後戻りできない。そう思える技術を今後も取り入れてより生産性を向上させたい。

31 その他

鋼橋上部工の ICT 技術を用いた 検査路干渉チェック省力化技術の開発

日本橋梁建設土木施工管理技士会

宮地エンジニアリング株式会社

監理技術者

設計担当

製作担当

田 村

茂[○]

飯 野

元

矢 部

泰 彦

1. はじめに

本橋は、明豊道路の一部として計画される蒲郡バイパス範囲に位置する鋼7径間連続非合成少数鉸桁橋である。本橋の点検導線として、上部工検査路は上下線各1本ずつ桁間に配置され、下部工検査路は橋脚高さが5m以上であることから橋脚毎に下部工検査路が配置されており、掛け違い橋脚となるP12橋脚とP19橋脚は調整池内となるため、橋面上から下部工検査路への昇降梯子が計画されている(図-1)。近年、維持管理の観点から検査導線に配慮した検査路配置を行うなど計画段階から配慮されてきているが、その反面、主橋体との取合いや付属物同士の取合い構造が複雑になってくる傾向にある。本工事では鋼橋上部と検査路との取合いについて、設計段階で不具合を防ぐことを目的とし3Dモデルでの設計照査を実施した。

本稿では、そのモデル作成から干渉チェックま

でのシステムを画像処理(AI)等の技術を用いて省力化する手法について検証を行った内容を報告する。

工事概要

- (1) 工 事 名：令和2年度23号蒲郡BP為当
第1橋鋼上部工事
- (2) 発 注 者：国土交通省 中部地方整備局
- (3) 工事場所：愛知県豊川市為当町
- (4) 工 期：令和2年9月30日～
令和5年2月24日

2. 現場における問題点

鋼橋上部工では、検査路等の付属物の製作・設置にあたっては、鋼橋本体とは別の設計図面・モデルを用いて、かつベテラン技術者の経験値に頼って、構造全体の取り合い確保・調整(橋梁本体と付属物の干渉チェック等の作業)を行っており、更なる省人化・省力化が求められている。このような現状に対して、画像解析、モデリングな

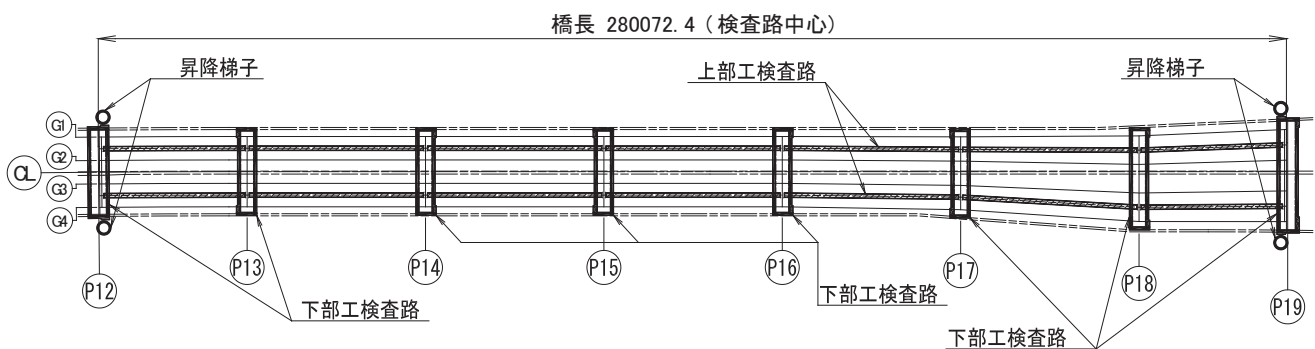


図-1 検査路配置図

どICT等の情報処理技術を用いることにより効率化することで作業が省略されることを目的としてシステムを構築し、従来方法との比較を行うことでその実用性を検証することとし、**図-2**に示す手順により作業を行った。

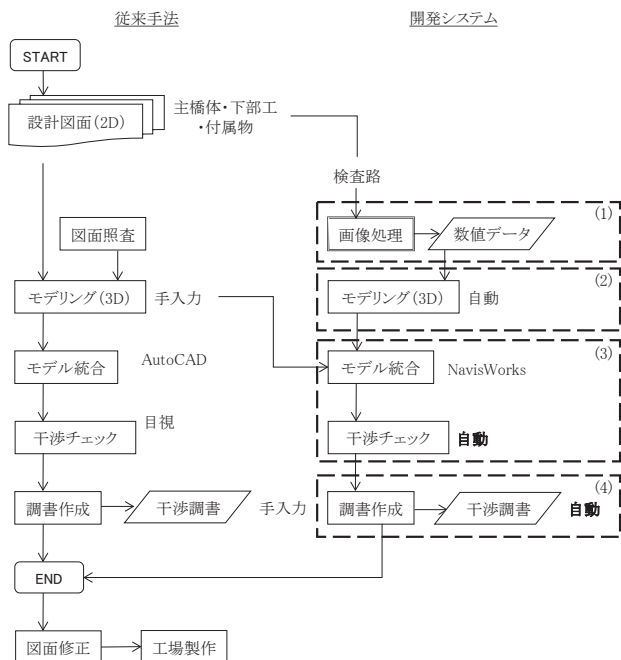


図-2 実施内容フローチャート

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 画像解析

通常、検査路3Dデータを作成するための入力作業は人間が必要な数値を読み取って行っているが、今回は新たな技術として人工知能 (AI) 技術を用いた画像処理によって、検査路の2次元PDF図面を自動で読み取り、文字認識によって必要な部材寸法を数値データとして取得し、3次元設計モデル作成のためのファイル (中間ファイル) として出力する (**図-3**)。

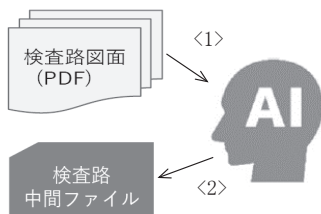


図-3 画像解析 (AI)

AIが必要な情報を得るための学習として、図内の必要情報を指定して教示させる。分析精度を向上させるため、今回は本橋の上・下部工検査路に加えて、同発注者にて近隣で施工された工事の検査路図面を用いて2橋分の検査路図面を学習させた。AI分析の図面例を**図-4**に示す。検査路の各図面から入力に必要な情報を分析し、必要に応じて情報取得要領を図示する。その内容をエクセルに整理することでAI学習を行った。

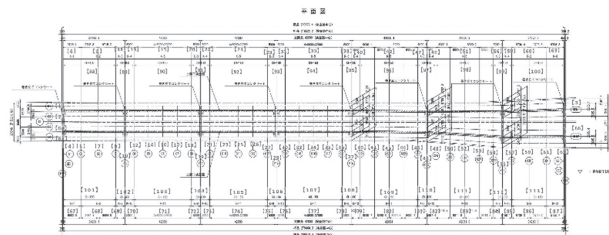


図-4 図面分析例

3-2 モデリング

AIによる画像解析により得られた検査路中間ファイルから、検査路の3次元設計モデルを作成する (**図-5**)。3次元設計モデルの作成は、オフィスケイワン株式会社の橋梁CIMシステム (CIM-GIRDER) および自社開発の自動作成システムを使用した。

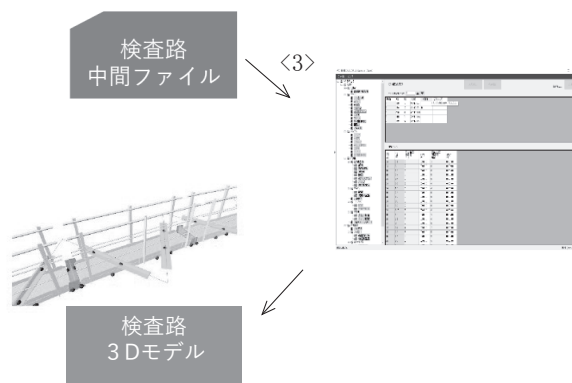


図-5 モデリング

3-3 干渉チェック

別途作成した鋼橋上部工本体・付属物 (排水装置等) および下部工躯体の3次元設計モデルと、自動作成した検査路の3次元設計モデルをAutodesk社のNavisWorks上で統合・可視化し、部材の干渉チェックを行う (**図-6**)。干渉

チェックはNavisWorksの基本機能であるClash Detective機能を用いて干渉および近接チェックを行った。

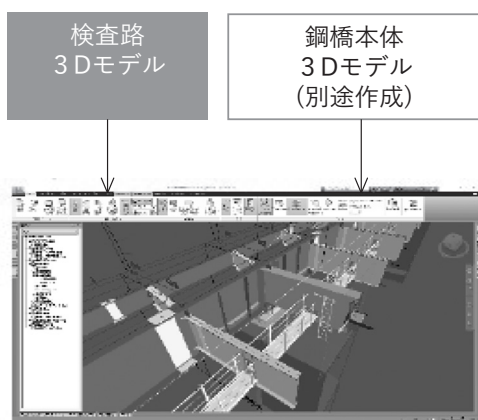


図-6 干渉チェック

干渉チェックの結果得られた干渉箇所の例を図-7に示す。下部工排水装置と下部工検査路が干渉していたため、検査路側の排水装置の切り欠き位置を排水中心位置にずらすことで事前に不具合を解消することができた。このように本来別の図面に作図されている付属物同士の干渉を比較的容易に確認することができる。

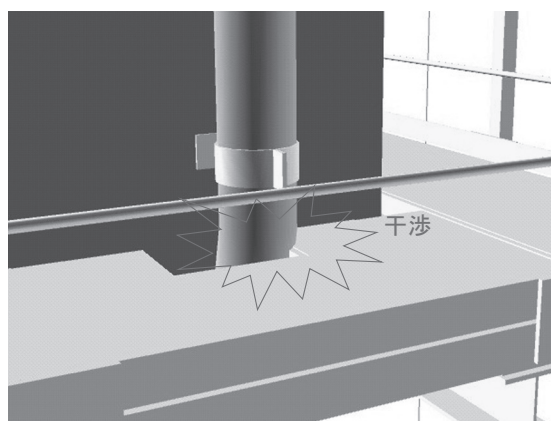
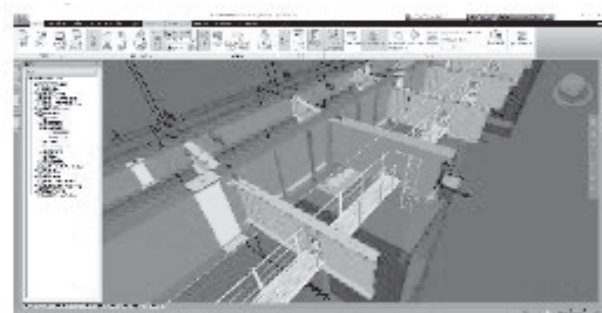


図-7 干渉事例

3-4 調書作成

干渉チェック機能を用いて検出した干渉箇所を特定・抽出し、NavisWorksの機能を用いて調書を自動作成する(図-8)。これにより、従来技術者が手作業で行っている干渉箇所の調書作成の時間を大幅に短縮することができる。



クラッシュレポート

Report バッチ

| | |
|------------|-----------------------------|
| 名前 | クラッシュ1 |
| 距離 | -0.000m |
| 距離 | 1m |
| ステータス | 新規 |
| クラッシュ ポイント | 50.8017m, 8.1811m, 18.9920m |
| 作成日 | 2020/1/4 01:56 |
| 項目 1 | |
| エンティティハンドル | 12FF |
| 図層 | 64_111_主材_梁橋桁 |
| 項目名前 | 64_111_主材_梁橋桁 |
| 項目タイプ | 3D ソリッド |
| 項目 2 | |
| エンティティハンドル | 8284 |
| 図層 | 上部工排水装置_支持会員_本体付 |
| 項目名前 | 上部工排水装置_支持会員_本体付 |
| 項目タイプ | 3D ソリッド |

干渉_主桁SPx上部工排水会員_クラッシュ

図-8 調書作成

3-5 適用結果

(1) AIによる図面情報の見落とし、誤認識の処理数について

従来方法であるベテラン技術者が図面を正確に読み取り3次元モデルによる干渉チェックを行ったケースを正解とした場合、提案方法での図面情報の見落とし件数と誤認識件数は上・下検査路合計で、見落とし36件、誤認識78件、計114/9079(正答率99%)であった。今回は類似する2工事の図面であることから高い正答率で図面情報を読み取ることができたものの、件数では特殊部(巻き立てコンクリート付近)における寸法値の見落としや文字や縦断勾配の方向の誤認識などがあった。

(2) 提案方法の課題

図面情報を読み取りにおける見落としや誤認識する要因として以下のことが考えられる。

① AIの教示データ数の不足

今回使用したAIエンジンは、建築分野の図面分析としては実績豊富だが、橋梁の検査路図面の分析は初めて試みであり、見落としや誤認識の件数を減じるためには教示データ数が不足している。

② 図面表現の違いが影響

特に数の多い誤認識の主な要因として、検査路勾配が逆向きとなっていることが挙げられる。この原因は勾配を示す図面表現にある。つまり勾配の度合いを示す値は絶対値で表現、方向は図（矢視の方向で右下がり、右上がり）を表現）されており、AIは絶対値である値だけを読み取っているため、勾配が異なる検査路であっても全て同じ方向に傾いたものになることが判明した。

③ 図面PDFの画質や書体の影響を受ける

誤認識のうち、数値の読み違い（例えば、1と7の読み間違い）が判明した。この原因は図面PDFの画質あるいはAIが得意とする書体か否かであると考えられる。

(3) 今後の改善点

① AIの教示データ数を増やす

AIによる分析精度を向上させるためには、教示データの量と質（偏らないデータ）が必要なことが知られているため、今後は様々な橋の検査路図面での活用と検証が必要である。

② 図面表現をルール化する

勾配を示す図面表現（数値と矢視の方向セットで勾配を表現）などによる誤認識については、図面段階でルール化しておくか、AI教示ルールを新たに作成する。

③ CAD図を活用する

図面PDFの画像精度の影響による誤認識を解消するため、文字や数値をデータとして使えるCAD図面を活用する。

(4) 施工段階での後戻りの軽減などの生産性向上への貢献度

今回は、結果的に干渉箇所は1件（為当第一橋の下部工検査路）であり、後戻りの軽減に伴う生産性向上はわずかであった。しかしながら、作業工数の削減率は従来方法に対して約25%になっており、少子高齢化の時代、提案方法によりベテラン技術者に限らず、3次元モデルを用いた自動干渉チェックを実施することができれば、施工前の早い段階で若手技術者による干渉チェックを行う

ことができ、今後、技術者の技量に頼らない生産性向上への貢献度が高くなることが期待できる。

4. おわりに

今回、設計照査の一環としての検査路干渉チェックに用いるモデル作成において画像解析・モデリングなど情報処理技術を用いて作業を効率化するシステムを構築し、システムの有用性を現地工事にて検証した。新規システムを使用して干渉チェックを行った上・下部工検査路は大きな問題無く現地にて設置を行うことができた（図-9）。AIを用いた画像処理技術については一定の有用性を見いだせたが課題も見つかった。今後、データを積み重ねることで改善していける内容であるため、開発・検証を進めていき、作業の効率化を図っていく。

最後に、本工事を施工するにあたり、ご指導とご協力頂きました関係者の方々に厚く御礼申し上げます。



図-9 現地の設置状況

32 その他

エアレスガン用刷毛による現場塗装作業での作業効率および塗装品質の効果検証

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日立造船株式会社

鈴木 達也

1. はじめに

国土交通省北海道開発局より発注された鋼3径間連続細幅箱桁形式の鋼橋上部工事は、一般国道5号倶知安余市道路事業のうち余市郡余市町が施工現場である。鋼橋上部工事の現場塗装工は雨天等による作業中断によって工程遅延しやすい工種であるため、作業効率を改善できる取り組みが必要であった。そこで、現場塗装の作業効率を改善しつつ塗装品質を確保するために、塗装手法に着目した新規塗装器具の導入を目的として実橋での効果検証を実施した。

工事概要

- (1) 工事名：一般国道5号 余市町 登川大橋
(A橋) 上部工事
- (2) 発注者：北海道開発局小樽開発建設部
- (3) 工事場所：北海道余市郡余市町
- (4) 工期：平成30年10月18日～
令和02年12月22日

2. 現場における問題点

現場塗装は屋外で作業するので、降雨や強風等の悪天候の場合には作業中止となり工程遅延リスクがあることから、天候によって作業進捗が大きく左右される作業である。また、現場塗装時の標準手法である刷毛塗りは工場塗装手法のスプレー塗装に比べて一度に塗れる面積が小さいので作業効率が低く施工時間を多く要する。そのため、工

程検討時には、余裕をもって刷毛塗りの工程を確保しておく必要がある。また、近年の長雨や豪雨等の自然災害が現場塗装時期に発生すると作業中止期間が長期化し、計画通りの進捗が得られず工程遵守が困難となり、工期遅延のリスクが顕在化する。工程遵守が困難となると作業速度を上げざるを得なくなるので塗膜厚不足や塗装ムラ等の塗装品質の低下に繋がるのが懸念される。特に現場継手部は、添接板角部、座金/ナット/ねじ部のすき間に塗料が行きわたりにくく、またねじ部の凹凸等は塗料が付着しにくいいため塗膜厚確保が難しく塗装品質が低下しやすい。さらに、塗装品質の低下によって継手部が早期に腐食して点検・補修といった維持管理費が嵩み経済性に影響を与えるため、塗装品質の確保は非常に重要である。

以上より、作業効率の低い塗装手法による工程遅延リスクと工程遵守のための作業速度増加に伴う塗装品質低下リスクを最小限に抑制するためには相反する作業効率の改善と塗装品質の確保を両立できる新規塗装器具の活用が有効と考えられる。

3. 工夫・改善点と適用結果

(1) 新規塗装器具の概要

作業効率の改善および塗装品質の確保を両立できる新規塗装器具を市場調査し「エアレスガン用刷毛」(好川産業(株)製)を選定した。図-1にエアレスガン用刷毛の概要を示す。エアレスガン用刷毛はエアレス塗装機のスプレーガン先端に装着

できる専用刷毛で、塗料を塗料タンクから圧送供給しながら塗装できるので、塗料補充による作業中断が無くなり連続して塗装できる。また、**図-1b)**に示すように噴出口の周囲に配置された刷毛が塗料の飛散を防ぎ現場周囲への飛散リスクを最小限に抑えて塗装できることから、現場塗装の作業効率と塗装品質の効果検証にエアレスガン用刷毛を採用した。

(2) エアレスガン用刷毛の効果検証方法

効果検証方法は以下の通りとした。

対象部位：箱桁外面の現場継手部 (F-11塗装部)

対象箇所：G1・G2桁の各3継手(同一Joint番号)

塗装手法：G1桁_標準刷毛で塗装

G2桁_エアレスガン用刷毛で塗装

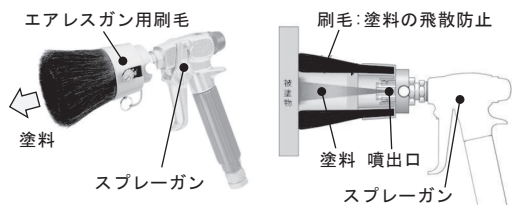
塗装工程：下塗塗装1層目(目標膜厚150 μ m)

検証方法：上記塗装手法にて現場塗装し、施工時間による作業効率、塗膜外観と塗膜厚による塗装品質を評価した。塗膜厚の計測位置は添接板の表面・板厚面、高力ボルトのナット部側面とし、添接板の板厚面は計測可能なフランジのみ計測対象とした。なお、腹板添接板は板厚が小さいこと、高力ボルト頭部は曲面形状であること、ピンテール破断面には細かい凹凸があることから、電磁膜厚計の測定端子を正確に接触させられず正確な測定ができないため対象から除外した。

(3) エアレスガン用刷毛の検証結果

① 作業効率に対する効果

図-2に各塗装器具による塗装状況を示す。**図-2a)**は標準刷毛を使用した標準手法である。塗装時には下げ缶を携帯しながら塗装するため、下げ缶の塗料が無くなる度に補充が必要となるので一時的な作業中断を伴う施工となった。一方、



a) 刷毛装着状況 b) 刷毛構造詳細

図-1 エアレスガン用刷毛の概要 (好川産業(株)HPより引用)

図-2b)に示すエアレスガン用刷毛を用いた塗装手法では、常にエアレス塗装機から塗料を供給できるので塗料補充作業が不要となり、作業を中断することなく効率的に塗装できた。

表-1に塗装器具別の施工時間を示す。平均塗装時間は標準刷毛が5分58秒/m²に対してエアレスガン用刷毛では4分41秒/m²となり、エアレスガン用刷毛の作業効率が標準刷毛の約1.3倍となった。これはスプレー塗装のように塗料を常に供給しながらの連続塗装ができたこと、塗料補充に伴う作業中断を排除できたことから、施工時間を短縮できたと考えられる。

② 塗膜外観の評価

図-3に各塗装器具で塗装した現場継手部の塗膜外観を示す。塗膜外観として、いずれの塗装器具においても刷毛目は確認されたが、塗装部位によらず目立った塗りムラやタレ等は確認されず、塗膜外観に大きな差異は確認されなかった。エアレスガン用刷毛が標準刷毛と同様の塗膜外観を得られた理由は、エアレスガン用刷毛が塗料を常に

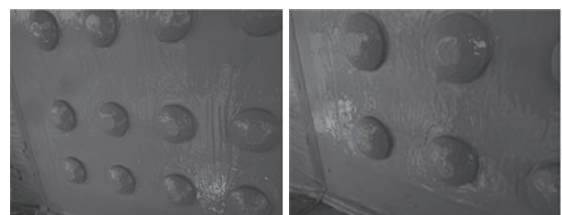


a) 標準刷毛 b) エアレスガン用刷毛

図-2 塗装状況

表-1 各塗装器具による現場塗装の施工時間

| 継手部 | 塗装面積 (m ²) | | 施工完了時間 | | 1m ² 当たりの塗装時間 | |
|--------|------------------------|------|--------|-----------|--------------------------|-----------|
| | G1 | G2 | 標準刷毛 | エアレスガン用刷毛 | 標準刷毛 | エアレスガン用刷毛 |
| J15 | 5.25 | 5.25 | 28'30" | 24'12" | 5'56" | 4'37" |
| J16 | 6.53 | 7.32 | 37'47" | 30'52" | 5'47" | 4'13" |
| J17 | 9.62 | 9.62 | 59'34" | 50'13" | 6'11" | 5'13" |
| 塗装平均時間 | | | | | 5'58" | 4'41" |



a) 標準刷毛 b) エアレスガン用刷毛

図-3 塗膜外観 (例：腹板添接板)

供給できる点が標準刷毛と異なるのみで、刷毛で塗装する行為は標準刷毛と変わりはないことから同等の塗膜外観が得られたと考えられる。

③ 塗膜厚の評価

③-1：鋼道路橋防食便覧で規定される最小塗膜厚と平均塗膜厚

表-2に各塗装器具で得られた最小塗膜厚と平均塗膜厚の結果を示す。表-2より、エアレスガン用刷毛で得られた塗膜厚は塗装部位によらず最小塗膜厚および平均塗膜厚以上となった。これにより、エアレスガン用刷毛を用いた塗装においても規格値以上の塗膜厚を確保できるため、実施工事に採用しても問題ないことを確認できた。

③-2：塗装部位における塗膜厚分布の傾向

図-4に各塗装器具で得られた塗装部位別（添接板表面・板厚面、高力ボルトのナット部側面）の塗膜厚分布を示す。図-4より、エアレスガン用刷毛の塗膜厚分布は塗装部位によらず標準刷毛の塗膜厚分布と概ね重なり、同様の傾向が確認された。よって、エアレスガン用刷毛は塗装部位によらず標準刷毛と同等の塗膜厚が得られると考えられる。なお、図-4b)について、エアレスガン用刷毛では測定可能箇所が少なかったためデータの度数に差が確認された。しかし、その他の塗装部位で大きな差が確認されなかったことから当該部でも同様な傾向を示すと考えられる。

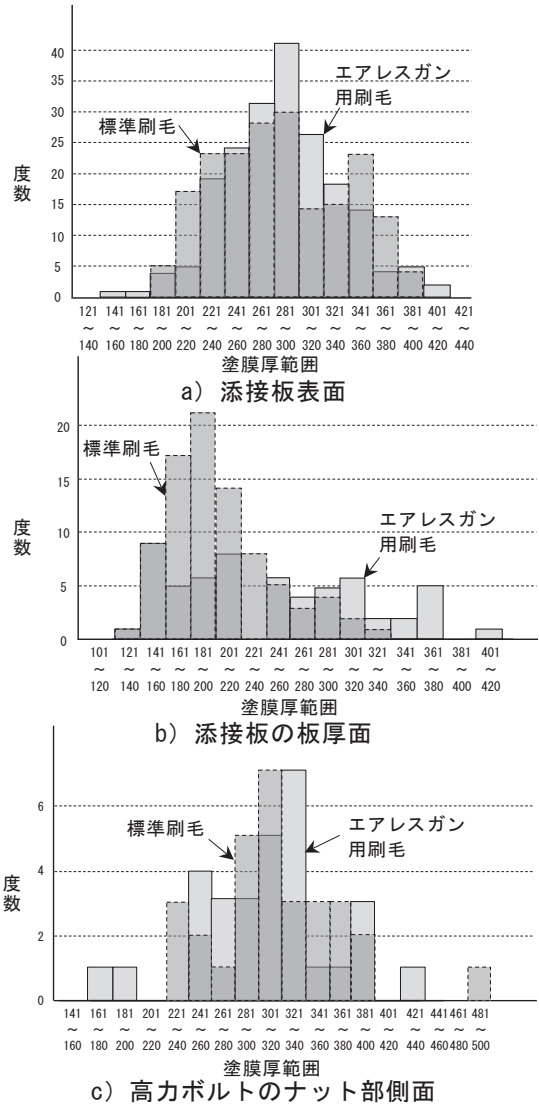


図-4 塗装部位別における塗膜厚分布

③-3：塗装姿勢における塗膜厚分布の傾向

図-5に塗装姿勢別（上・横・下向き）における塗膜厚分布を示す。図-5b) c) では、エアレ

表-2 各塗装器具による塗膜厚計測結果

| 塗装器具/対象箇所 【塗膜厚規格値】 最小塗膜厚 ≥ 目標塗膜厚 (150 μm) × 70% = 105 μm 平均塗膜厚 ≥ 目標塗膜厚 (150 μm) × 90% = 135 μm | | 標準刷毛 | | | | | | エアレスガン用刷毛 | | | | | | | |
|---|-------------|----------|-----|----------|-----|----------|-----|-----------|-----|----------|-----|----------|-----|-----|----|
| | | G1桁-J15 | | G1桁-J16 | | G1桁-J17 | | G2桁-J15 | | G2桁-J16 | | G2桁-J17 | | | |
| | | 塗膜厚 (μm) | 判定 | 塗膜厚 (μm) | 判定 | 塗膜厚 (μm) | 判定 | 塗膜厚 (μm) | 判定 | 塗膜厚 (μm) | 判定 | 塗膜厚 (μm) | 判定 | | |
| 最小塗膜厚 (規格値: 105 μm) | 添接板表面 | 180 | OK | 170 | OK | 220 | OK | 200 | OK | 160 | OK | 240 | OK | | |
| | 添接板板厚面 | 150 | OK | 130 | OK | 120 | OK | - | - | 120 | OK | 130 | OK | | |
| 平均塗膜厚 (規格値: 135 μm) | 高力ボルトのナット側面 | | 240 | OK | 250 | OK | 240 | OK | 250 | OK | 200 | OK | 180 | OK | |
| | 添接板表面 | 上フランジ下面 | L側 | 230 | OK | 272 | OK | 284 | OK | 268 | OK | 292 | OK | 326 | OK |
| | | | R側 | 212 | OK | 268 | OK | 262 | OK | 274 | OK | 324 | OK | 304 | OK |
| | | 腹板 | L側 | 247 | OK | 226 | OK | 329 | OK | 290 | OK | 341 | OK | 347 | OK |
| | | | R側 | 258 | OK | 267 | OK | 328 | OK | 258 | OK | 237 | OK | 298 | OK |
| | | 下フランジ上面 | L側 | 199 | OK | 236 | OK | 354 | OK | 326 | OK | 308 | OK | 370 | OK |
| | | | R側 | 278 | OK | 316 | OK | 344 | OK | 302 | OK | 332 | OK | 320 | OK |
| | 下フランジ下面 | | 202 | OK | 256 | OK | 322 | OK | 256 | OK | 269 | OK | 274 | OK | |
| | 添接板板厚面 | 上フランジ下面 | L側 | - | - | 156 | OK | 174 | OK | - | - | 146 | OK | 252 | OK |
| | | | R側 | - | - | 184 | OK | 208 | OK | - | - | 300 | OK | 210 | OK |
| | | 下フランジ上面 | L側 | - | - | 204 | OK | 226 | OK | - | - | 342 | OK | 256 | OK |
| | | R側 | - | - | 274 | OK | 256 | OK | - | - | 148 | OK | 232 | OK | |
| 下フランジ下面 | | 172 | OK | 166 | OK | 172 | OK | - | OK | 340 | OK | 177 | OK | | |
| 高力ボルトのナット側面 | L側 | 290 | OK | 318 | OK | 398 | OK | 318 | OK | 342 | OK | 276 | OK | | |
| | R側 | 292 | OK | 346 | OK | 308 | OK | 346 | OK | 294 | OK | 316 | OK | | |

※「-」は測定データなしを示す。

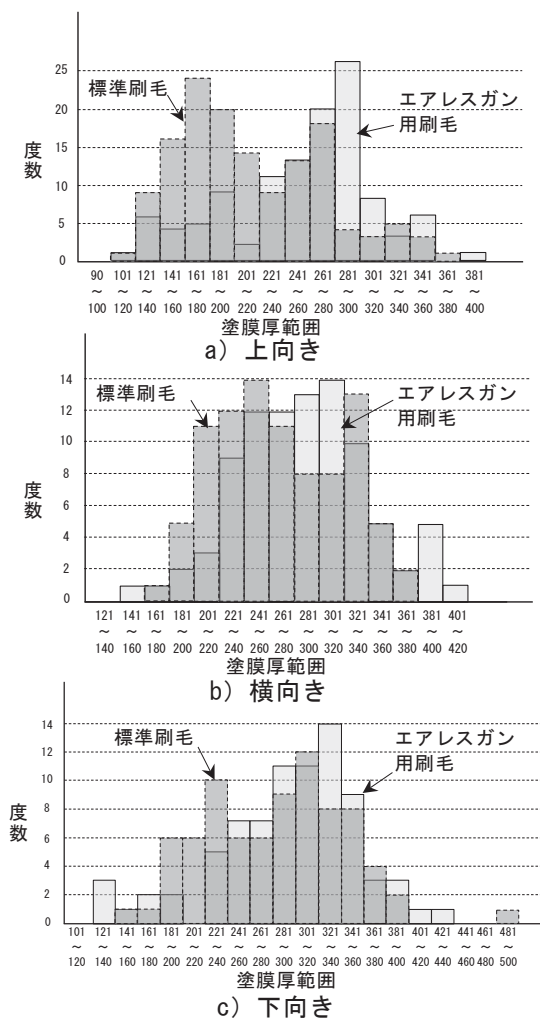


図-5 塗装姿勢別における塗膜厚分布

エアレスガン用刷毛の塗膜厚分布が塗装姿勢によらず標準刷毛の塗膜厚分布と概ね重なり大きな差異は確認されなかったことから、標準刷毛と同等の塗膜厚が得られることを確認できた。一方で、図-5a) では塗膜厚分布のピーク値を示す塗膜厚範囲が標準刷毛よりエアレスガン用刷毛が大きくなったことから、上向きの塗装姿勢ではエアレスガン用刷毛の方が厚い塗膜厚が得られる傾向にあることを確認できた。これは塗膜厚を確保しにくい上向き塗装において標準刷毛よりも優位な特徴であると言える。

以上の検証結果より、エアレスガン用刷毛を用いた塗装において、鋼道路橋防食便覧の規格値を満足したうえで塗装部位・姿勢によらず標準刷毛と同等の塗装品質が得られることを確認できた。

(4) 塗装時における安全性に関する効果

- ・エアレスガン用刷毛を使用することで下げ缶が不要となり片手で塗装できるため、もう一方の片手が自由となる。塗装中に不安定となった場合にはバランスを即座に確保できるので標準刷毛に比べて安全性が向上する。
- ・標準刷毛では下げ缶の塗料補充のために高所かつ資機材が多く配置される足場上の移動が必要となる。しかし、エアレスガン用刷毛は塗料補充時における足場上での移動が不要となるので転倒や墜落リスクを低減できる。
- ・塗装時には近接部材や現場周囲に塗料を飛散させることなく塗装できたことから、現場周囲の走行車両や歩行者などの第三者への被害リスクを最小限に抑制できる。

(5) 今後の課題

本検証では外面塗装を対象として検証したが、箱桁内部の内面塗装では未検証である。内面塗装では、塗装機材の配置方法、縦リブ・ダイヤフラム等による桁内移動や施工スペースの制約等の条件が外面塗装と異なるため検証が必要と考えている。今後はこれらの条件を踏まえた内面塗装における作業効率と塗装品質の検証が課題である。

4. おわりに

現場塗装の作業効率改善および塗装品質確保できる新規塗装器具を調査・検証した。新規塗装器具としてエアレスガン用刷毛を使用したことで従来手法に比べて作業効率が改善されたとともに塗膜厚・塗膜外観といった塗装品質を確保できた。さらに、塗装時における作業員の安全性が向上し、また現場周囲の第三者被害リスクを最小限に抑制できた。この検証結果より、エアレスガン用刷毛の採用により自然災害等に伴う工程遅延リスクを最小限にして現場塗装できると考えられる。

最後に、本塗装器具に関してご支援して頂いた好川産業(株)の皆様、ご協力頂いた工事関係者の皆様はこの場をお借りして厚くお礼を申し上げます。

33 その他

オブリークカメラによる写真測量の活用事例

(一社) 北海道土木施工管理技士会

株式会社玉川組

技術課工事長

建設部工事長

谷口 武俊[○]

中村 広介

1. はじめに

本工事は、豊平川河川整備計画に基づき、厚別川の河道を掘削するものである。また、豊平峡ダムの関連施設の補修工事を行うものである。

このうちダム耐震補強とダム管理用通路のキャットウォーク補修について表題の技術を活用した施工管理方法について報告する。

工事概要

- (1) 工事名：石狩川改修工事の内 厚別川河道掘削外工事
- (2) 発注者：国土交通省 北海道開発局 札幌建設管理部 札幌河川事務所、豊平峡ダム統管理事務所
- (3) 工事場所：札幌市
- (4) 工期：令和3年9月10日～
令和4年3月22日

2. 現場における問題点

札幌市定山溪7区の石狩川水系豊平川に位置する豊平峡ダムは昭和47年に完成したアーチ式コンクリートダムである。

堤高は102.5m、堤頂長は305.0m、堤体上流面の鉛直度はほぼ垂直面で、下流面はやや傾斜があり、アーチ形状により鉛直度は変化している。

今回は豊平峡ダム堤体における耐震補強する目的で補強鋼材（φ140mm丸鋼）をダム堤頂から斜め方向にダム壁面と平行に堤体コンクリートをコアカッターにより削孔を行い、補強鋼材を挿入

した後にセメントミルクを充填し、ダム本体と一体化させることで堤体上部の耐震性能を向上させるものである。コンクリート削孔部の位置・角度の設定を誤ると多目的ダムの機能を損なう可能性がある。

このため堤体断面の形状を補強する断面毎に把握しなければならない。

また、ダム下流側キャットウォークの補修では、アーチ形状によるカーブ補正が補修箇所に影響するか検証し、補修作業実施時はダム堤頂から移動式レーンにて揚重作業を行うため、入念なレーン配置計画と作業可能範囲を判断するため、ダムの構造物形状を把握する必要があった。

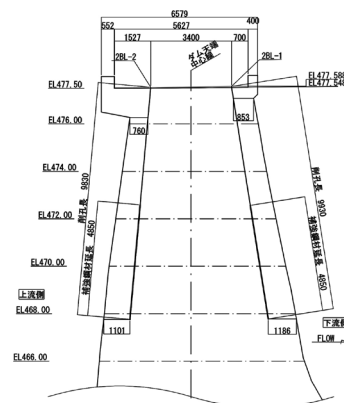


図-1 ダム耐震補強断面図

3. 工夫・改善点と適用結果

豊平峡ダム断面形状測量において、断面測量は形状的に測量作業員が直接測定することは不可能である。

UAVにより点群データを取得する方法で測量

を行い、その点群から必要な情報を取得することとした。そこで「UAV測量」、「オブリークカメラ搭載のドローンによるUAV測量」、「TLSによる測量」の3種類を検討した。なお「UAVレーザー測量」はコストの面で検討から除外した。

「UAV測量」では上空から地上を見下ろす位置にカメラが設置されているため、ほぼ鉛直面のダム壁面の情報取得が難しい。「TLSによる測量」では死角が発生し、一部データを取得できない、最適なTLS設置箇所が地形の制約により設置が難しいことが想定された。従来技術によるアーチ式ダムの三次元データ取得には「UAV測量」と「TLSによる測量」の併用を行う必要があり、この場合は工数が多く掛かる。そこで垂直写真に加え、前後左右斜めの5方向を同時に撮影する特殊なカメラ(図-3)で行う「オブリークカメラ搭載のドローンによるUAV測量」により点群を取得することで高所・水上での測量を回避し鉛直面のモデル化と安全性の向上と作業工程を短縮し、ダム形状を把握することで施工管理に活用させた。



図-2 UAV飛行状況

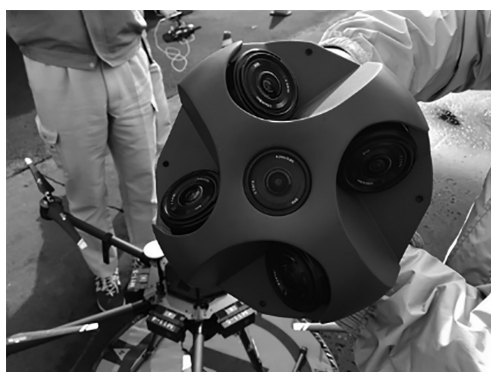


図-3 オブリークカメラ近影

(1) 外注と自社施工の区分け

オブリークカメラ搭載のドローンによるUAV

測量は自社で機材を保有していないため、測量機関へUAV写真測量から点群処理までを外注し、点群の解析は自社で行うこととした。解析を自社で行う方が即座に結果を出し、施工に反映させることができるためである。

(2) 測量の工程

ダム補強工の施工開始日は21日間の準備期間を経てから10月11日を目標としていた。UAV測量から点群データの取得には基準点測量を含め4日を要し、その後ノイズ処理したデータを取得するまで14日間を要するため、ノイズ処理を行わないままデータを解析することとした。

豊平峡ダムは日中に観光放流を実施しており、該当箇所の測量できる実稼働時間は3時間/日程度である。オブリークカメラによるUAV測量によりダム本体を含め周辺施設と地形測量には、大規模な特殊形状にも拘わらず点群データを1日で取得することができた。

表-1 UAV測量工程

| 測量実施日 | 点群データ作成処理 | 点群ノイズ処理 |
|-------|-----------|---------|
| 10月1日 | 10月5日 | 10月15日 |
| 1日 | 4日 | 14日 |

(3) 測定結果

点群数は6700万ほどであり、測定精度は以下となった。

表-2 測定精度

| X: | Y: | Z: |
|-------|-------|-------|
| 42 mm | 83 mm | 43 mm |

① ダム断面形状を取得

ダム断面はダム法線の各位置によりアーチ形状が異なるのでジョイントごとに断面を取得した。

2次元図面取得後、ダム管理用通路断面を現地測定した結果と比較し差異が許容範囲内と判断できた。今回必要とする上下流鉛直面も許容範囲内であると判断した。また、図-4に示すとおり浮遊ノイズにより線がばらついているが、線形により下側の点群を鉛直面とした。このデータを用いて補強鋼材挿入用削孔の施工に反映させた。

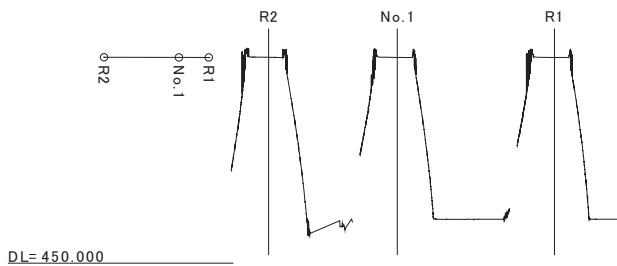


図-4 断面2次元図面

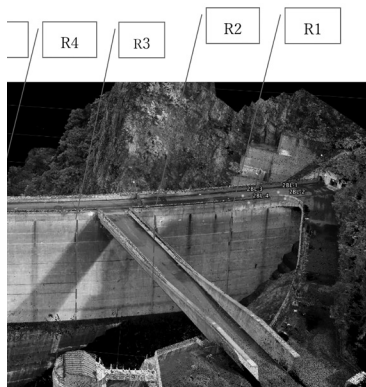


図-5 ジョイント位置図(点群)

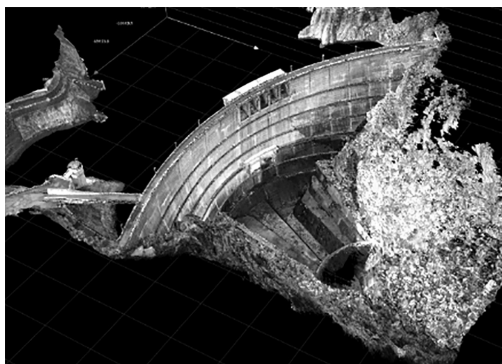


図-6 点群鳥瞰図

② ダムアーチ形状の把握と活用

ダム下流側アーチ内のキャットウォーク補修に伴う鋼製手摺の工場製作があった。この手摺縁切り部の遊間を決定し、曲線形状で干渉しないかを検討した。

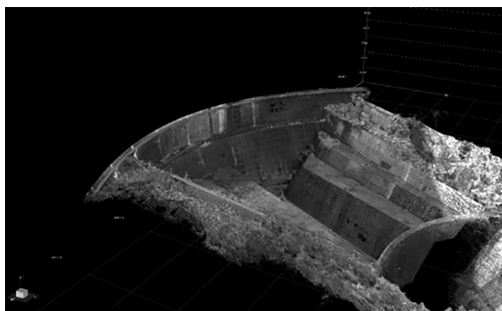


図-7 キャットウォーク部断面取得(点群)

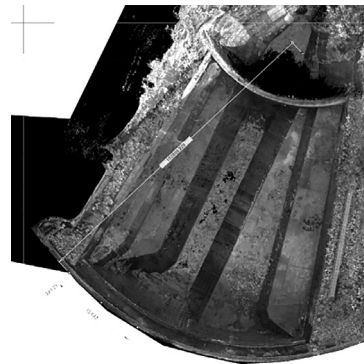


図-8 キャットウォーク部曲率半径取得

該当箇所でのアーチは $R=102.90\text{m}$ であった。

この結果に基づき原寸でキャットウォーク鋼製手摺の製作図を作成した。

1スパン約 2.35m (基本)に取付けた場合、手摺遊間部で手前と奥でカーブ補正 2mm 差が生じることが判明した。施工誤差を考慮しても遊間 20mm あれば施工上支障ないと判断できた。

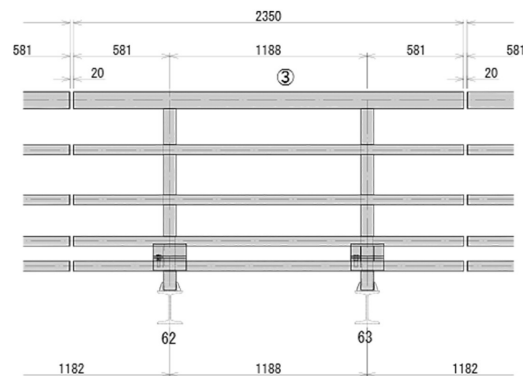


図-9 キャットウォーク鋼製手摺正面図

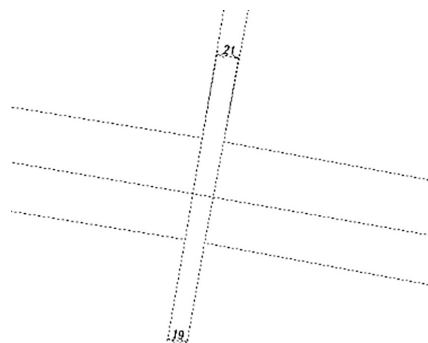


図-10 製手摺遊間平面図

③ クレーン作業計画への応用

キャットウォーク補修の施工に伴い、資機材と既設撤去鋼材の揚重作業が必要となる。

ダム堤頂の実用幅は $W=5.5\text{m}$ であり、揚重作業

に使用するクレーンは、アウトリガーの完全張出しができる小型の13t吊ラフテレーンクレーンを配置とし、3次元配点群モデルにより設置位置と作業半径、吊荷までの高低差、吊り荷重量を検討し作業計画を立案した。

作業半径と高低差は以下の結果となる。

- 破損キャットウォーク撤去箇所

水平距離：18.92m ≒ 20m

高低差：85.40m ≒ 90m

- 仮設材仮置き箇所

水平距離：15.55m ≒ 20m

高低差：73.29m ≒ 75m

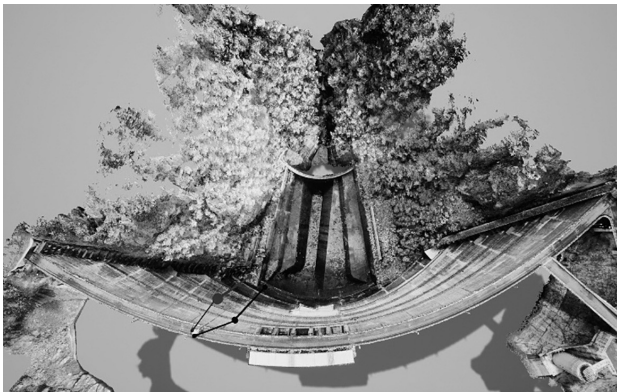


図-11 水平位置取得（点群）



図-12 高さ、水平位置（点群）

当該箇所への揚重作業に必要な作業半径の正確算出は、構造物の特性上通常は困難であるが、3次元データの取得により、クレーン作業計画の立案を容易に行うことが可能となった。

以上①～③の活用は一度点群データを取得することにより、使用したい場面で有効に活用できることがよくわかる事例である。

今まで困難と思われた大型構造物の測量が新し

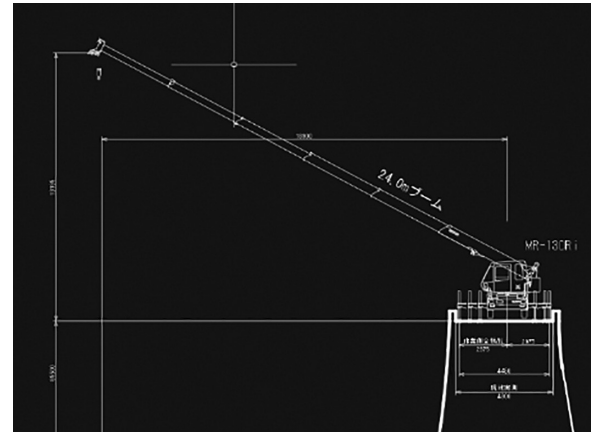


図-13 クレーン作業断面図

い技術で短期間に情報を取得し、有効活用ができることが分かった。今回ダムでの測量なので比較するのがはばかれるが、工程では、TS、TLSと比較し50%、経済性で20%程度以上向上すると推定される。また、急傾斜地での機材運搬作業に伴う安全性は大幅に向上すると思われる。

4. おわりに

ダム現況測量には目的により種々の方法があるが、今回採用したオプリークカメラを用いたUAV写真測量はTS、TLS、UAV測量の弱点をカバーし、特に安全性と経済性の向上が図られた測量技術であり、大型構造物の現況を取得するには有効な手段であると実感した。3次元情報取得と色情報を取得することによるメリットは維持管理の上でも有効であり、この情報があれば経年劣化しても後日この部分の情報を取得し活用が可能である。

現地施工に当り、ご理解と数々の助言を頂いた北海道開発局札幌開発建設部豊平峡ダム統合管理事務所の皆様、並びに、ご協力頂いた工事関係者の方々にこの場を借りてご厚意に心から謝意を表します。

34 その他

ジャンクション部等の上空制限下における 床版取替工事

日本橋梁建設土木施工管理技士会
株式会社 IHI インフラシステム

石川 孝〇 鈴木 統

1. はじめに

全国の高速道路の約4割が供用から30年を経過する中、鋼橋の床版はその劣化が顕在化し、大規模更新・修繕工事が進められている。更新工事における床版取替工事の多くは、対象が非合成桁であったり、上空制限が無いなど施工条件が良好な橋梁を中心に施工が進められ、取替には、市場性のある移動式クレーンが用いられてきた。しかし、標識など空頭が低い構造物や高圧電線が横過する箇所、ジャンクション部など上空制限下では、移動式クレーンの採用は困難である。さらに、移動式クレーンは機体重量が大きく既設桁の施工荷重に対する鋼桁補強が必要で、特に経済断面を有する合成桁には不利となる。この課題に対し、軽量で機高が低く、高速施工が可能な多機能床版取替機「Sphinx：スフィンクス」(以下、Sphinx)を開発した。本稿では装置の特徴と施工結果につき報告する。



図-1 位置図

2. 工事概要

本工事の位置を図-1に、Sphinxの施工範囲を図-2に示す。

工事諸元を以下に示す。

- (1) 工事名：西湘バイパス (特定更新等)
萬丈橋床版取替工事
- (2) 発注者：中日本高速道路株式会社
- (3) 施工箇所：萬丈橋 (下り線) P19-21
- (4) 橋梁形式：鋼3径間連続非合成箱桁橋
- (5) 床版：RC床版→プレキャストPC床版
- (6) 橋長：42m (P19-21)

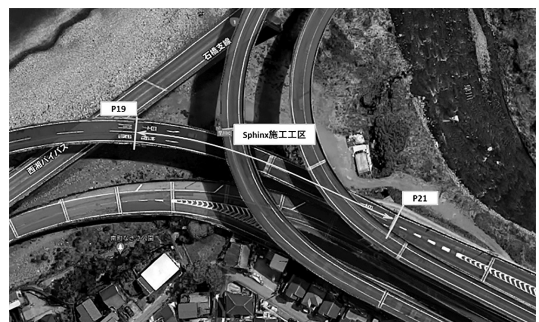


図-2 施工範囲

3. 施工における課題

本工事における床版取替の施工範囲には、高さ制限のある立体交差部下が含まれる。そのため移動式クレーンを用いることが不可能なため、上空制限下でも施工可能とする必要があった。また、狭い施工領域の中、床版の撤去と架設を効率的に行える機能も求められた。

4. 装置の概要と適用結果

4-1 装置の概要

(1) 装置の諸元

Sphinxの諸元を以下に示す(図-3)。装置は軌条走行型で、図-4に示す前後に張り出す主構と支柱および脚部で構成する。構造幅は、既設橋の主桁間隔に応じて調整可能である。アップリフトを低減するために前後に突き出す形状とした脚部には、図-5に示すヒンジ部とジャッキで構成する関節構造で、ジャッキ伸縮により関節が屈折し、高さ調整を行う事で機体全体の水平姿勢を保持する。

- a) 全長：20.5 m
- b) 高さ：4.3 m
- c) 適用レール幅：6.5 m
(他、4.6 m, 7.5 m幅に変更可能)
- d) 装置重量：47 t
- e) 最大吊り重量：20 t (吊り天秤を含む)
- f) 軌条形式：22 kgレール (JIS E1103)
- g) 走行速度：9.0 m/min (低, 中速に調整可能)

(2) 装置の適用条件

- a) 取替床版
 - ・最大寸法：2 × 14 m
 - ・床版最大重量：17.5 t
- b) 現場条件
 - ・縦断勾配：- 5 % ~ + 5 %

・横断勾配：- 5 % ~ + 5 %

・曲率：R=200m以上

(3) 装置の特徴

Sphinxには、各作業の施工性向上を目的とした各種機能があるが、特徴的なものを以下に示す。

a) 多機能装置

作業の効率性を向上するために、既設床版の引き剥しから、撤去、積み込み、新設床版の荷取り、水平旋回、架設の一連作業を1台で対応できる。

b) 姿勢自動制御

姿勢制御は、図-5に示す脚部に内蔵する伸縮ジャッキによって、水平保持する機能とした。水平姿勢の保持機能は、縦横断勾配を検知する傾斜センサーと前後4箇所伸縮ジャッキを連動駆動させるプログラムによって、走行時と施工時のそれぞれに適した姿勢に自動制御するものである。姿勢は、走行モードとクレーンモード(床版吊上げ時)の2種類を設定し、装置内の制御盤で切り替えを行う。装置の姿勢は、作業に応じた勾配および水平保持姿勢に全自動で可変する。

図-6に、各モードの特徴を示す。走行モードでは、走行箇所の横断勾配を検知し、横断方向の水平を保持しながら、縦断方向は勾配なりの姿勢を保持する。クレーンモードでは、縦横断両方の勾配も検知し、縦横断方向に水平を保持する。本機能により、- 5 %から+ 5 %まで縦横断勾配が

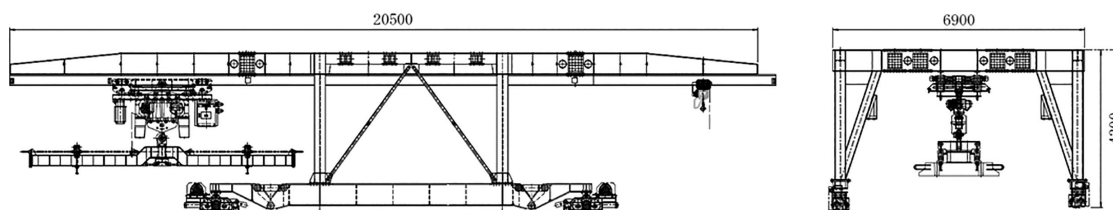


図3 Sphinxの概要

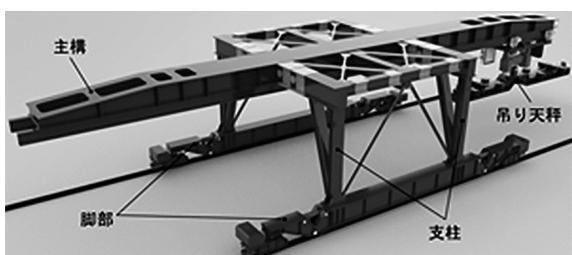


図-4 Sphinx構造



図-5 脚部ジャッキ伸縮動作

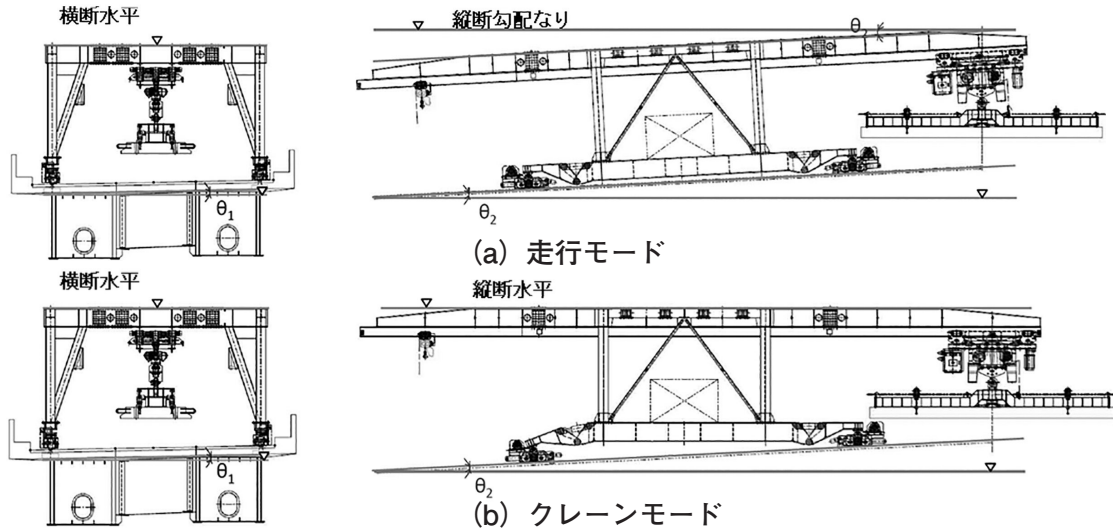


図-6 各モードにおける装置姿勢

変化する橋梁上でも、機体姿勢の調整作業の手間を省き、安全な走行ができるとともに、施工および装置の低姿勢を保持することが可能である。

c) 低い装置高さ

一般的に標識などの上空構造物や立体交差部の桁下制限高さは、道路構造令により4.5m以下と定められている。Sphinxは、装置高さを4.3mとすることで、立体交差部などが交差する上空制限下でも床版取替を支障なく行うことを可能にしている。

d) 装置の軽量化

装置重量は約47tで、移動式クレーンなどの他機種と比較すると、床版取替時の既設桁への負担を軽減し、鋼桁の補強量を減らすことが可能となり、特に合成桁における床版取替に有利である。

e) 操作の無線化

無線、有線の何れの操作も可能であり、現場状況に応じて安全に操作を行うことができる。

f) 吊り天秤

吊り天秤は、図-7に示す新設床版の架設時を基本構造とするが、旧床版の撤去時は、アタッチメントを介して、床版引き剥がしジャッキを追加装備できる構造(図-8)に可変できる。また、新設床版の荷取り時や架設時は、床版の水平な吊り形状を保持調整する手間が発生する。そこで、に示す吊り天秤中央部に、吊りピースと連結した

ジャッキを内蔵し、吊り点をシフトさせることにより重心位置の調整を行う(図-9)。ジャッキはリモート操作により円滑な保持作業が可能である。



図-7 新設床版架設時の天秤構造



図-8 旧床版撤去時の天秤構造



図9 吊りピースと連結した調整ジャッキ

4-2 適用結果

Sphinxを採用（以下Sphinx工法）する本工事では、従来工法で12日ほど見込まれるところ、撤去5日、架設4日の計画とし、遅延の無く施工を行った。Sphinx施工工区の隣接工区では、上空制限が無い場合、移動式クレーンにて床版取替が施工されていて、上空制限以外の条件は同等であることから、Sphinx工法と移送式クレーン工法（以下従来クレーン工法）との施工歩掛が比較できた。

(1) 旧床版の撤去（図-10）

Sphinx工法は移動時間を含み60分/枚、従来クレーン工法は65分/枚の撤去時間（クレーン盛替等の換算含む）であった。作業に要する人員は、Sphinx工法では撤去の多工種な領域が分散して対応する従来クレーン工法に比べて、1パーティあたり5人少なく対応でき、全工程において省力化が可能である。これにより、従来クレーン工法に比べ効率性や省力化に対する効果を確認できた。



図-10 旧床版撤去作業

(2) 新設床版の架設（図-11）

架設時間は、Sphinx工法は移動時間含み40分/枚、従来クレーン工法は50分/枚（クレーン盛替等の換算含む）を要し、このことから、施工効率は、従来クレーン工法に比べ若干早く、計画時に目標とした施工効率を確認できた。今回、比較対象の従来クレーン工法の対応人員は、撤去と同人数が対応していたが、少なく見積もってもSphinx工法と同等か、それ以上を要している。なお、床版取替機による工法は特有の作業工程があり、従来工法とは異なる作業ステップもあるた

め、単純な比較は難しいが、架設1サイクルに要した時間は、従来より早く、対応人員数から見てもSphinx工法の施工効率は、従来クレーン工法に比べ優位と言える。



図-11 新設床版架設作業

(3) 今後の課題

今回、撤去した床版は施工位置から離隔した固定位置まで搬出し、新設床版も同様に離隔した箇所から台車搬入する手段としたため、搬送に要する時間的なロスが生じている。床版の搬出・供給手段について、Sphinx工法に特化した作業要領を検討し、整備することにより更なる効率化が可能と考える。

5. おわりに

本工事では、Sphinx工法は上空制限下や縦横断勾配変化のある難易度の高い条件下でも施工可能であることを確認できた。また、リモート操作や自動調整などの機能を駆使することで、施工効率の面からも、従来クレーン工法より優位な結果となった。今後は、施工困難な条件下でかつ、短工期な施工の要求が高まることが想定されるが、それらに対応すべく、更なるSphinx工法の検討を進め、需要の高まるインフラ更新事業への一助となるべく期待するところである。

今後は、より難易度の高い幅員分割施工への対応や、要素作業の完全自動化による省人化に向けた課題に対応すべく、更なる改良を重ねる予定である。

35 その他

孔明き鋼板を有する継手構造の輪荷重走行試験

日本橋梁建設土木施工管理技士会
株式会社 IHI インフラシステム
課長
北村 耕一

1. はじめに

床版取替工事では、工事完了までに長期間の交通規制を伴う場合が多く、それによる経済損失が大きい。そのため、床版取替作業の時間短縮が求められており、それを実現する床版取替工法、各工種の機器、床版構造の改良・開発が進められている。その中でプレキャストPC床版の継手構造は、従来標準的に用いられてきたループ継手と比較して、床版厚や継手長を小さくして現場コンクリートの打設量を少なくすることや、施工を簡素化することで作業時間の短縮が可能な継手構造が提案されている。

本研究では、ループ継手に替わる新たな継手構造として、図-1に示す上下段の配力鉄筋先端に孔明き鋼板を連結した継手構造（以下、孔明き鋼板継手）を提案するものであり、NEXCOが規定するプレキャストPC床版接合部の疲労耐久性試験方法（以下、試験方法442）¹⁾に準ずる試験を行った結果を示す。



図-1 孔明き鋼板継手

2. 孔明き鋼板継手の概要

孔明き鋼板継手は、プレキャストPC床版の橋軸方向継手に適用するものであり、図-2に示すように上下段の鉄筋先端に孔明き鋼板を連結した構造を有する。上下段の鉄筋の付着と、鋼板孔部と板厚面の支圧により、間詰コンクリートを介して継手部に作用する荷重を伝達する構造である。プレキャストPC床版の継手で標準的に使用されているループ継手と比較した場合、継手のラップ長を鉄筋径の11倍まで短くできることにより間詰部の現場コンクリート打設量を少なくすることや、鉄筋の曲げ半径による高さの制約を受けないため床版厚を薄くできることにより、床版重量を軽くして既設構造に作用する荷重を小さくすることがメリットとして挙げられる。図-3に床版厚

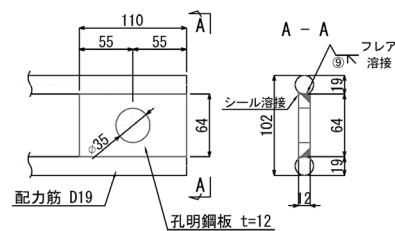


図-2 孔明き鋼板継手詳細図

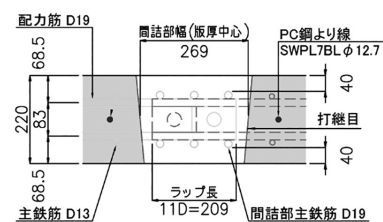


図-3 間詰部詳細図

220mmの場合の間詰部詳細図を示す。打継目は逆ハの字のテーパーを設け、間詰コンクリートとの接着性をよくするため、洗い出し処理と接着剤の塗布を行うものとする。

ループ継手ではパネル設置後にループ内に橋軸直角方向の鉄筋を差し込み、鉄筋が密に配置された状態で鉄筋を結束することが、現地施工において時間がかかる作業の1つとなっている。孔明き鋼板継手では図-4に示すように、橋軸直角方向の主鉄筋を床版厚さ方向の外側に、橋軸方向の配力筋を内側に配置しており、あらかじめ橋軸直角方向の鉄筋を結束しておくことで、設置済みパネルの上から新規パネルを落とし込むだけで間詰部の配筋まで完了でき、施工時間の短縮が期待できる。

3. 試験条件

孔明き鋼板継手の疲労耐久性検証のために実施した輪荷重走行試験の各種条件を以下に示す。

3-1 輪荷重走行試験機

試験には株式会社IHIインフラシステムが保有する輪荷重走行試験機を用いた。試験機概要図を図-5、試験機的主要仕様を表-1に示す。輪荷重試験機は、供試体の上を移動する走行体が油圧ジャッキによって供試体と上部のフレーム間で突っ張って供試体に荷重を与えた状態で、図-5

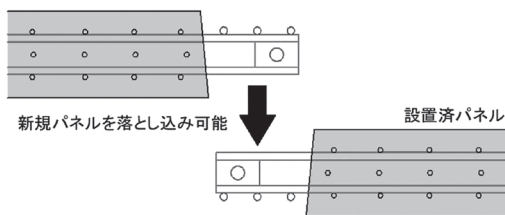


図-4 継手部の落とし込み架設

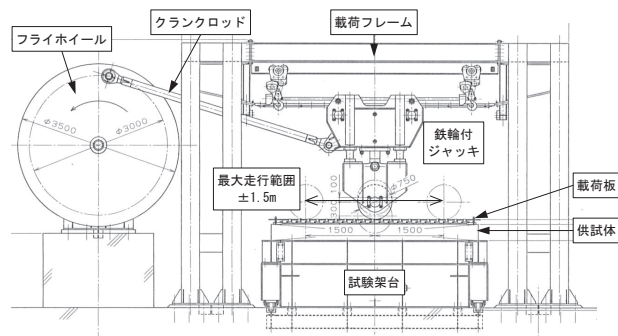


図-5 輪荷重走行試験機概要図

左側にあるフライホイールをモーターで回転させ、フライホイールからクランクロッドを介して走行体を左右に繰り返し走行させる機構である。荷重は幅320mmの鉄輪から、幅500mmの載荷板を介して供試体に載荷される。

3-2 供試体

供試体の平面寸法は上述の輪荷重試験機における標準サイズのプレキャストPC床版、すなわち図-6に示すとおり、幅2800mm、長さ4500mmとし、床版厚は220mmとした。橋軸直角方向の主鉄筋はD16で上下段とも125mm間隔で配置、橋軸方向の配力筋はD19で上下段とも150mm間隔で配置した。橋軸直角方向にプレテンション方式のプレストレスを与えるため、PC鋼より線(SWPC7BL φ12.7)を130mm間隔で配置した。

供試体幅2800mmに対して、プレストレスの付着伝達区間が供試体端部から825.5mm(PC鋼より線径の65倍)となり、輪荷重試験で想定される押し抜きせん断破壊面(幅500mmの載荷板端部から45°の面)が付着伝達区間に重なることで、

表-1 輪荷重走行試験機の仕様

| 項目 | 仕様 | |
|-------|--------|-----------------------------------|
| 形状・寸法 | 試験装置寸法 | フレーム：H5.8m, L約8m フライホイール：R3.5m |
| | 車輪の種類 | 鉄輪：R750mm, B320mm |
| 供試体 | 標準寸法 | B2.8m, L4.5m, D0.16~0.35m |
| | 支持条件 | 長辺：単純支持, 短辺：弾性支持 |
| 駆動装置 | 電動機 | 90kW×6P×AC400V×f3×50Hz |
| | 走行範囲 | Max ±1.5m |
| | 走行速度 | Max 60回/min |
| 載荷装置 | 載荷荷重 | 117.6kN~490kN |
| | ストローク | 400mm |

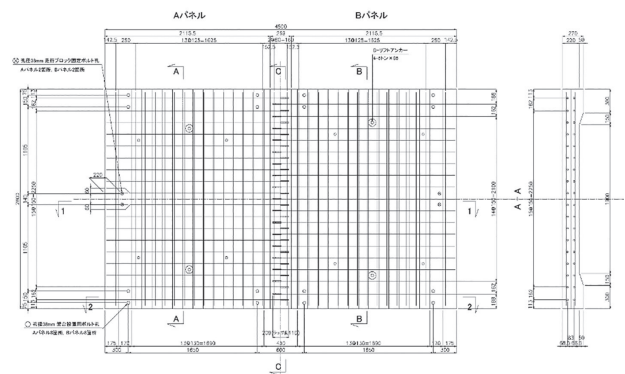


図-6 供試体概要図

供試体の破壊状態に影響をおよぼすことが懸念されたため、PC鋼より線をあらかじめ供試体端部から150mm程度突出させておき、突出部に治具を取り付けて再緊張して端部のプレストレスを確保した。また、供試体中央に図-3と同様の橋軸方向の継手を配置した。

供試体の使用材料および材料試験結果を表-2・3に示す。一般部には呼び強度50N/mm²の普通コンクリートを使用し、試験開始時の圧縮強度が50N/mm²以上になるようにした。また、間詰部には呼び強度45N/mm²の早強コンクリートを使用し、一般部より強度が低くなるようにした。

3-3 支持条件

供試体は図-7に示すとおり、長辺を支間長2500mmで丸鋼を介して試験架台に単純支持した。短辺は試験架台の両端に配置した横桁で弾性支持とした。また、供試体搭載時に供試体下面と試験架台との支持辺4辺にモルタルを敷き、不陸調整を行った。

表-2 コンクリート材料の材料試験結果

| | 配合 | 圧縮強度 N/mm ² | 静弾性係数 kN/mm ² | 引張強度 N/mm ² | せん断強度 N/mm ² |
|-----|-----------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 一般部 | 50-12-20H | 66.6 | 41.8 | 3.3 | 8.6 |
| 間詰部 | 45-15-20H | 54.7 | 34.5 | 3.0 | - |

表-3 鋼材の材料試験結果

| 種類 | 材質 | 板厚 mm | 鉄筋径 mm | 上降伏点 N/mm ² | 引張強度 N/mm ² | 静弾性係数 kN/mm ² |
|--------|---------|----------|-----------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 鋼板 | SM490Y | 12 | - | 390.7 | 551.0 | - |
| 鉄筋 | SD345 | - | D13 | 376.2 | 526.5 | 192.4 |
| | | - | D19 | 379.3 | 569.1 | 194.8 |
| PC鋼より線 | SWPR7BL | - | φ12.7 | 202.0 | 185.0 | 193.8 |

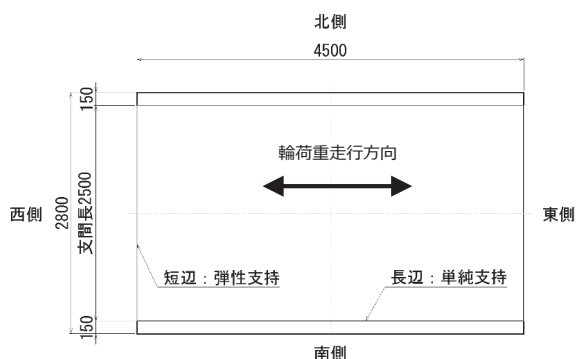


図-7 供試体の支持条件

3-4 荷重パターン

荷重パターン(走行回数と荷重の関係)を図-8に示す。試験方法442の規定どおり、試験開始時から走行回数10万回まで荷重250kNとし、その時点で継手部上面の2m×1m範囲に水深5mm程度の水を貯めて6時間経過後に床版下面からの漏水の有無を確認した。輪荷重の走行範囲は供試体中央から橋軸方向に±1500mmとした。荷重250kNで10万回走行させることは、東名高速道路日本平における1年間の軸重計の計測データから換算して、その100年分の交通荷重に相当するとされている²⁾。試験方法442の規定ではここで試験終了となるが、終局時の破壊状態で、床版上面に大きな段差が発生することによる緊急輸送路としての使用性への影響や、下面コンクリートの剥落による橋梁下面の安全面への影響を確認するために、さらに荷重350kNで10万回、荷重450kNで10万回荷重を与え、それでも壊れない場合は荷重500kNで供試体が破壊に至るまで走行する荷重パターンで試験を継続した。

4. 試験結果

4-1 走行回数と変位の関係

輪荷重の走行回数と変位の関係を図-9に示す。変位は供試体中央に所定の荷重を静的载荷した状態で、床版下面に設置した変位計で計測した。

図-9には走行荷重载荷時、本試験における基準荷重とした250kN载荷時、除荷時、活荷重変位(250kN载荷時と除荷時の差)を示す。走行回数

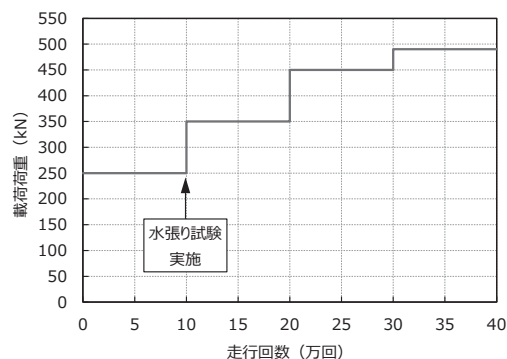


図-8 荷重パターン

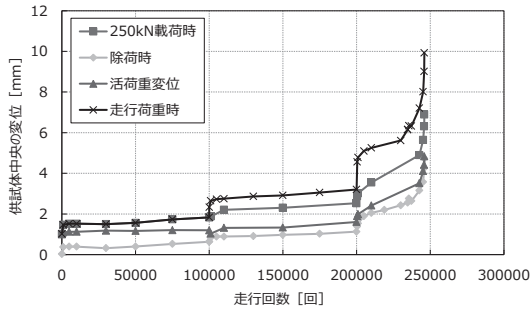


図-9 走行回数と変位の関係



図-10 水張試験実施状況

10万回までは載荷時の鉛直変位が2 mm以下であり、走行回数20万回までは荷重増加時に段階的に変位が増加するものの、同一荷重載荷時の変位の増加勾配は小さかった。走行回数20万回以降（載荷荷重450kN）は変位の増加勾配が大きくなり、走行回数23万回以降、急激に変位が増加して走行回数24.6万回で走行荷重時の変位が10mmに到達し、押し抜きせん断破壊が発生して試験を終了した。

4-2 走行回数10万回時の状態

走行回数10万回時点で図-10に示すように水張試験を実施した結果、供試体下面への漏水はなかった。また、左右の打継目に沿って供試体中央から450mm間隔で計10箇所を設置したクリップ型変位計で、除荷時の残留ひび割れ幅を計測した。計測結果は最大で0.06mmであり、試験方法442の要求性能（0.1mm以下）を満足した。

4-3 試験終了時の状態

試験終了時の供試体下面のひび割れ図を図-11に示す。ひび割れは格子状に発生しており、図-11の右側の一般部で押し抜きせん断破壊が発生した。押し抜きせん断破壊面ではわずかに段差とコンクリート片の剥落が発生したが、供試体上面に大きな段差はなく、打継目を含む継手部では

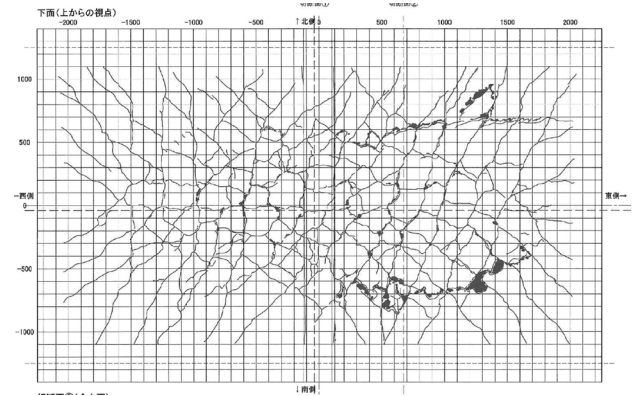


図-11 供試体下面のひび割れ状況

コンクリートの剥落も発生しなかったことから、終局時における橋梁の使用性、橋梁下面への安全性に大きな影響がないことが確認できた。

5. まとめ

本研究では孔明き鋼板継手の疲労耐久性を検証するため、NEXCOの試験方法442に準じて輪荷重走行試験を実施した。以下にその結果を示す。

- ・ 試験方法442が規定する荷重250kNで10万回走行した時点では供試体の破壊には至らず、水張試験による供試体下面への漏水は発生しなかった。また、供試体下面の打継目の残留ひび割れ幅も0.1mm以下であり、試験の要求性能を満足する結果であり、孔明き鋼板継手が十分な疲労耐久性を有することが確認できた。
- ・ 供試体は累計走行回数24.6万回（走行荷重450kN）で押し抜きせん断破壊に至り、試験を終了した。試験終了時に、供試体上面の段差や継手部のコンクリートの剥落はなく、終局時の破壊状態においても橋梁の使用性、橋梁下面への安全性に大きな問題がないことが確認できた。

【参考文献】

- 1) 東日本高速道路株式会社ほか、NEXCO試験方法 第4編 構造関係試験方法、2020.7
- 2) 後藤ほか、PC床版の疲労耐久性評価方法の提案、構造工学論文集Vol.66A、pp.762-773、2020.3

II. 技術報告

1 施工計画

軟弱地盤における建込簡易土留 (大口径長尺管埋設用簡易土留) による台付管の据付

岐阜県土木施工管理技士会
青協建設株式会社 土木部
宇留野 雅之

1. はじめに

本工事は、一般国道156号岐阜東バイパスの終点でもある岐阜県関市での現道拡幅工事である。

今回、課題に取り上げたのは、軟弱地盤における水路の基礎検討と施工方法について計画・実施について取りまとめたものである。

工事概要

- (1) 工事名：平成30年度 156号岐阜東BP
道路建設工事
- (2) 発注者：国土交通省中部地方整備局
岐阜国道事務所
- (3) 工事場所：岐阜県関市山田地内
- (4) 工期：平成31年3月26日～
令和3年3月26日

2. 現場における問題点

当初設計では、H鋼杭と横矢板での土留で計上されていたが、現道での拡幅工事及び沿線には店舗等が点在していて50t級のラフタークレーンでの施工が困難と考え、バックホウで施工が可能な軽量鋼矢板による土留を検討した。しかし、同じ工事で擁壁工が有りボーリング調査を行った結果、計画高より2.0m～3.5m下にシルト層がありN値3～4の結果となった。

課題として1. 軟弱地盤における水路の基礎検討、2. 台付管Φ1000、L=2.6mの据付が容易にできる土留方法の検討を行う。

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 軟弱地盤における水路の基礎検討

水路計画箇所の付近での地質調査資料がなかったため、約40m間隔でスウェーデン式サウンディング試験により現状地盤の状況を確認した。その結果は、換算N値が3以下となる軟弱地盤が確認されたため、基礎の検討を行った。水路の不同沈下防止のため、カルバート工指針を参考に台付管の基礎厚を10cmから30cmへ変更した。

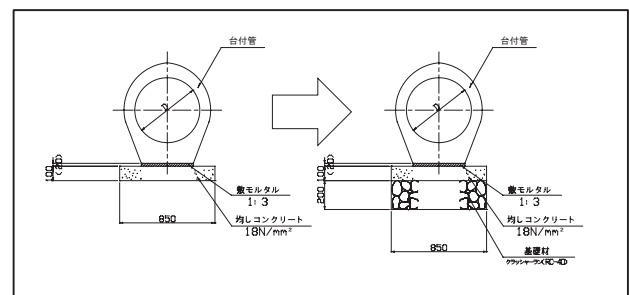


図-1 台付管の基礎厚変更

3-2 土留方法の検討

基礎厚が20cm増加したことにより、掘削深さが3.0mを超えることとなった。

建込簡易土留の工法比較

- ① 軽量鋼矢板による土留
- ② ボックス方式簡易土留
- ③ 大口径長尺管埋設用簡易土留

表 設計条件

| 設計条件 | 値 |
|--------|----------------------------|
| 土質 | 砂質土 |
| 単位体積重量 | $\gamma = 19\text{kN/m}^3$ |
| 平均N値 | N=3 |
| 内部摩擦角 | 21.7° |
| 載荷重 | $q = 10\text{kN/m}^2$ |
| 掘削深 | 3.03m |
| 切梁管間隔 | 2.6m 以上 |

強度計算と比較検討

- ① 軽量鋼矢板による土留
腹起し、切梁の強度が不足するため不適。
- ② ボックス方式簡易土留
強度が満足するが、4段切梁が必要なため、台付管が据付できないため不適。
- ③ 大口径長尺管埋設用簡易土留
強度は満足する。土留設置時は切梁3段必要だが土留完了時には下段の切梁を撤去できる（強度は満足する）。

上記の比較検討の結果、台付管が容易に据付ける空間が確保できる、大口径長尺管埋設用簡易土留を採用することとした。

(1) 土留の施工

土留材は、下部と上部に分けて施工するため最初に一次掘削でH=1m程度掘削したのちに下部の土留材（H=2m）を設置し、掘削しながらバックホウのバケットで押え土留材を下げていく。

次に上部の土留材（H=1.5m）を設置し所定の高さまで掘削しながらバケットで押さえ土留材を下げていく。掘削完了後、台付管据付時の空間確保のため、3段目の切梁を撤去する。比較検討でも記載した通り強度は満足するため問題ない。



図-2 土留材設置

(2) 台付管Φ1000の施工

基礎工（t=30cm）の施工

所定の高さに床付けを行い、基礎工として水路の不同沈下防止のため基礎材t=20cm及び均しコンクリートt=10cmの施工を行う。

(3) 台付管Φ1000の据付

切梁間が3.6mで3段目の切梁を撤去したことで台付管を卸す空間が確保できたため、容易に台付管を卸すことができる。また、切梁が支障となる場合は隣の切梁間より台付管を卸し移動しながら据付作業ができる。その結果、安全に所定の高さに据付けることができた。



図-3 基礎工



図-4 台付管の据付

4. おわりに

今回、課題であった軟弱地盤における水路の基礎検討では、地質調査を細かくすることで縦断的に軟弱土の位置が確認できたことから、基礎の検討に時間が取れたことより、施工中に現場が止まる事が無かった事から、調査の大切さを実感した。

また、土留方法の検討では、現道際での施工や軟弱地盤であるがため台付管を据え付ける空間を確保できる土留方法の検討も十分できたことから現場も止まること無く施工ができた。

大口径長尺管埋設用簡易土留ですが、パネルの厚みもあり通常の軽量鋼矢板による土留に比べて土留内で作業していても安全性が確保できた土留に感じた。

2 施工計画

灯台復旧工事における吊り込み設置について

(一社) 北海道土木施工管理技士会
堀松建設工業株式会社
現場代理人
山崎 正宏

1. はじめに

本工事は、平成29年12月に発達した低気圧による高波で倒壊した留萌港西防波堤南灯台の復旧工事であり、留萌港内で製作した新灯台を起重機船により海上運搬し、旧灯台位置に新設した嵩上げコンクリートに設置するものである。

工事概要

- (1) 工事名：留萌港西防波堤南灯台復旧工事
- (2) 発注者：第一管区海上保安本部
- (3) 工事場所：北海道留萌港（西防波堤南端）
- (4) 工期：令和3年5月10日～
令和3年11月26日

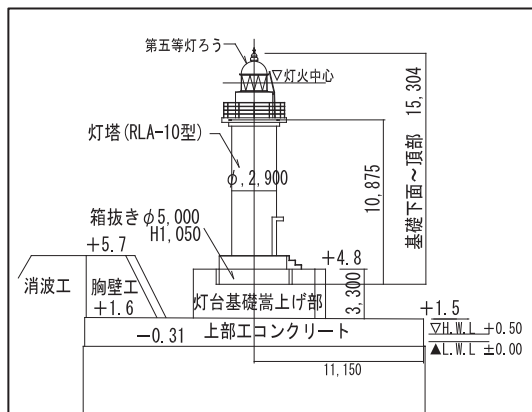


図-1 標準断面図

新灯台は高さ15.3m、本体直径2.9mのコンクリート製で製作重量130.5t（完成重量145t）、使用起重機船は400t吊り、防波堤外側の水深は概ね20mでスパット使用不可であり、船体はアンカー固定となった。

2. 現場における問題点

課題①：工期と海象

灯台の製作に5ヶ月を要するため、灯台設置は最短で9月中旬以降の計画工程となった。留萌沿岸の過去の気象記録では、9月になると強い西風の季節風が吹く日が続き、静穏は約2割まで減少し10月以降は1ヶ月間のうち約半分が暴風となる。有義波高0.5m以下の静穏状態が求められる400t吊り起重機船による灯台設置工程の遅れが懸念された。

課題②：設置作業の精度および安全性の確保

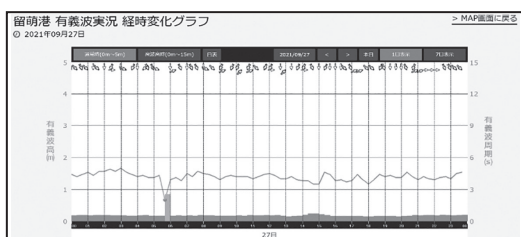
直径4.6mの灯台基礎部を防波堤上部工の嵩上げコンクリートの箱抜き内（直径5.0m、深さ1.0m）に設置するとともに、太陽光パネルが真南を向くよう高い設置精度が求められた。また灯台を吊り込むための吊筋（ $\phi=70\text{mm}$ 4箇所）箇所は、灯台本体の重心より下にあるため、吊り上げた際には、常にトップヘビーの不安定な状態となることで、吊り上げ中の起重機船が波やうねりを受けた際に動揺による転倒が懸念された。

3. 工夫・改善点と適用結果

対策①：気象・海象総合ポータルサイトの活用

本工事では、一般的な作業船施工の場合よりもピンポイントでの高精度な気象及び海象予測が求められるため、「気象・海象総合ポータルサイト」を活用することとした。座標登録した留萌港西防

波堤南端の海象予測情報（波高・波向・波の周期・風速・風向）は長期（10日）と短期（3日）の2ケースの情報が得られる。起重機船の回航日決定は長期情報を参考にした。灯塔設置日は、短期情報と留萌港沖合のナウファス情報（有義波実況と経時変化グラフ（図-2）を照らし合わせて、設置作業に最適な施工条件（有義波高0.5m以下、波の周期5s以下、瞬間風速5m/s以下）が2日連続する日を設置日として設定した。以上の工程管理の結果、計画工程通り9月27日に設置を完了することができた。



出典：(国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網HPより)

図-2 留萌港沖合のナウファス情報

対策②：専用吊り込み架台・ワイヤー

灯台吊り込み時の傾きによる転倒防止対策として専用の吊り天秤（200H鋼200×200 L・B=3.5m）を製作した（図-3）。吊り上げ製作重量130.5tに対して偏荷重を鑑み、3点吊りで1点吊りピース当り43.5t掛かるとし、さらに衝撃も考慮して設計した。吊り込みワイヤー（φ=53mm長さ=15.0m）には灯台踊場側面タイルとの接触防止としてポリエチレン製の保護カバー（内径50mm）を基部から高さ12mまでの部分に取付けた（図-4）。またスリングベルトとシャックルで灯台踊場に埋め込まれた補助環（φ=19mm）と吊り込みワイヤーを結び付けて揺れを抑えた。

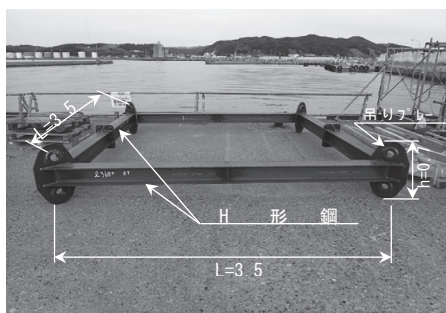


図-3 吊り込み架台

以上の工夫の結果、好条件（有義波高0.3m、陸から沖に吹く風速3～4m/s）での設置作業を行えたことで、真南に対する方向誤差を5mm、灯塔の最大傾斜が20mm以内で管理することができた。

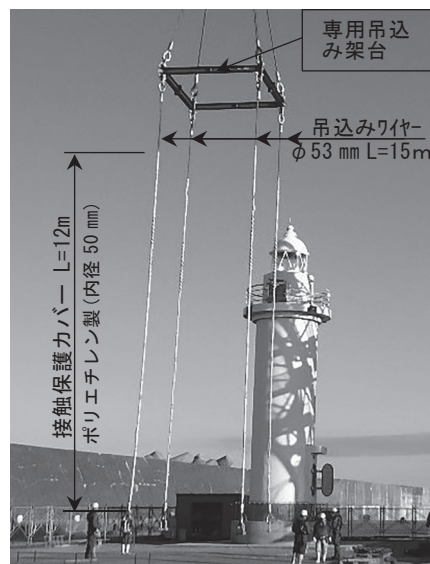


図-4 作業ヤード吊り込み前状況



図-5 灯台設置状況

4. おわりに

防波堤灯台の寿命は、50年から100年と言われることから過去の施工事例が少なく、15m以上の大型灯台を陸上製作し大型起重機船で吊上げて設置した施工事例は数少ないと思うことから、この技術報告の内容が今後の類似工事の施工の一助となれば幸いである。

最後に、本工事の施工にあたり、ご指導・ご協力頂いた関係者の皆様に厚くお礼申し上げます。

3 施工計画

橋台施工におけるひび割れ抑制対策

山口県土木施工管理技士会
勝井建設株式会社
塚 穴 雅 彦

1. はじめに

本工事は、岩国港臨港道路新港室の木線の橋台工、擁壁工、排水構造物工、仮設工、構造物撤去工、ブロック製作工、舗装工及び雑工を施工するものである。

工事概要

- (1) 工 事 名：岩国港臨港道路新港室の線橋台等工事
- (2) 発 注 者：国土交通省宇部港湾・空港事務所
- (3) 工事場所：山口県岩国市新港町地内
- (4) 工 期：令和3年8月6日～令和4年6月30日

2. 現場における問題点

本工事で施工する橋台は、海岸沿いに位置し、潮の干満の繰り返し及び波浪や波しぶきにより、乾湿を繰り返す飛沫帯である。

有害なひび割れが発生すると、この部分から海水が侵入して、コンクリートを劣化させるので、ひび割れ発生を抑制するように特に配慮する必要がある。

3. 工夫・改善点と適用結果

対策①コンクリート配合の変更、試験練りを行い、ワーカビリティを確認

- ・高性能AE減水剤を用い、底版部及び堅壁・パラペット部の単位水量・単位セメント量を

減じた配合とした(表)。

- ・ひび割れ抑制のため、乾燥収縮・自己収縮の小さい石灰石砕砂の配合比率を大きくした配合とした(表)。
- ・練り混ぜ水に井戸水使用(有害な物質が含まれていない事を確認)。

回収水は既定の品質を満足すれば使用は可能であるが、より高品質な井戸水を使用。

- ・試験練り時に経時変化によるスランプロス試験(直後、30分後、60分後)を行い、ワーカビリティが確保できるか確認した。

表 提案配合比較表(①標準配合②提案配合)

| 区分 配合No | セメント | 水 | 細骨材 | | | 粗骨材 | | 混和剤 | | | 細骨材 配合比 | 水セメ ント比 |
|---|------|-----|-----------|----------|--------|---------------|---------------|-----------|--------------|------------|------------|------------|
| | | | ① 硬質砂岩 | ② 石灰石 | ③ 砂 | ① D4.1/55A | ② D4.2/10A | AE減 水剤 | 高性能AE 減水剤 | 細骨材 配合率 | | |
| フーチング、逆T擁壁 ①(27N/mm ²) | 311 | 168 | 363 | 272 | 272 | 370 | 555 | 2.49 | — | 50.4 | 4:3:3 | 54 |
| フーチング、逆T擁壁 ②(27N/mm ²) | 298 | 164 | 185 | 464 | 278 | 369 | 553 | — | 1.19 | 51.1 | 2:5:3 | 55 |
| パラペット、堅壁、クイグ ①(30N/mm ²) | 338 | 169 | 347 | 260 | 261 | 375 | 563 | 3.38 | — | 48.9 | 4:3:3 | 50 |
| パラペット、堅壁、クイグ ②(30N/mm ²) | 315 | 164 | 180 | 450 | 271 | 373 | 560 | — | 1.26 | 50.1 | 2:5:3 | 52 |

上記表より、底版部の単位セメント量を13kg、単位水量4kg、堅壁・パラペット部の単位セメント量23kg、単位水量5kgそれぞれ標準配合に比べ減じることができ、細骨材の配合比率を①硬質砂岩②石灰石③砂の比率を標準4:3:3を2:5:3とし、石灰石の比率比を変更した。

対策②誘発目地の設置

橋台躯体延長が11.2mと10mを超えるため、ひび割れ発生が予想された。

この対策として、誘発目地(スパンシール)の設置を検討。検討結果2箇所設置がベストである

が、支承部と重なる為、躯体中央部1箇所とし設置した（断面欠損率52%確保）（図-1）。

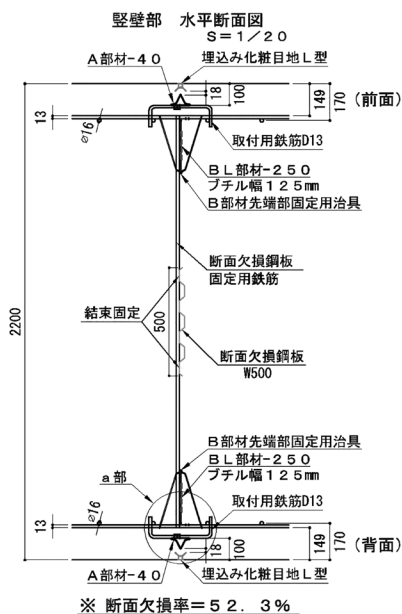
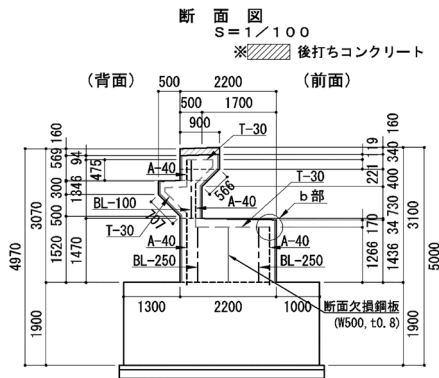


図-1 誘発目地設置計画図

対策③耐アルカリ性ガラス繊維ネット設置

縦壁部の施工において、先に施工された底版部に収縮又は膨張を拘束され、引っ張り応力・膨張応力が生じ、この影響によりひび割れを生じやすい。

この対策として、コンクリートひび割れ低減を目的として、耐アルカリ性ガラス繊維ネット（ハイパーネット60 @500）を、縦壁部、パラペット部、ウイング部、支承部に配置した（図-2）。

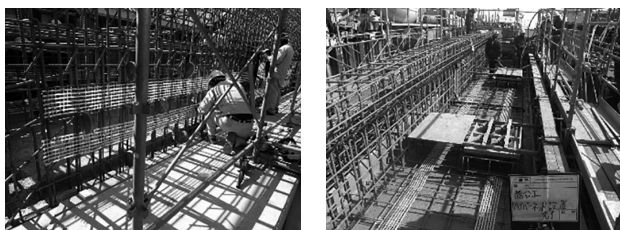


図-2 ハイパーネット設置状況

対策④湛水養生の実施

コンクリート打設後、型枠解体までの期間（約9日間）、縦壁・パラペットにおいて、型枠天端を15cm程度嵩上げし、水を張り（適時散水車により給水）湛水養生を行った。



図-3 湛水養生状況

対策⑤長期間の型枠存置及び脱型後躯体周囲をビニールラッピングにより養生

海水等の有害な作用および、マスコンクリートであり、コンクリート内部と外部の温度差による、温度応力ひび割れが懸念される。この対策として、一定の期間型枠を存置し（日平均気温10℃以上9日間）、型枠脱型直後より、コンクリート表面からの水分の蒸発抑制として、躯体周囲をビニールシートでラッピングし、長期間（3週間以上）の湿潤養生を行った。

初期のコンクリート内部・外部の温度差の抑制と、材令とともにコンクリート強度が上昇し、引っ張り応力に抵抗できる強度が得られる。よって、乾燥収縮によるひび割れの発生を抑制できる（図-3）。

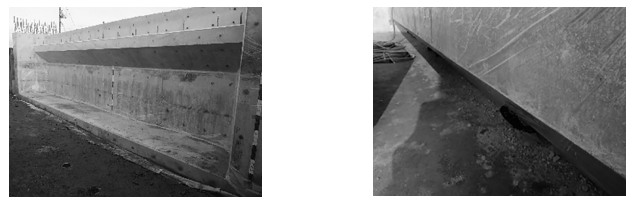


図-4 ビニールラッピング状況

4. おわりに

本工事において、橋台施工におけるひび割れ抑制対策について、その他様々な対策（コンクリート打設周知会、受け入れ検査等）を施した結果、各段階（底版・縦壁・パラペット）における、ひび割れ調査時及び、橋台施工完了後約3ヶ月経過した現在においてひび割れは発生していない。

4 施工計画

隣接工事における業者間の協力

宮崎県土木施工管理技士会
日新興業株式会社 土木部
佐藤 宗近

1. はじめに

本工事は、祝子川左岸の宇和田地区で漏水対策工事として、止水鋼矢板を打ち込み、基礎コンクリート施工後に埋め戻す作業であった。

工事概要

- (1) 工事名：令和2年度 祝子川 宇和田地区
堤防漏水対策工事その5
- (2) 発注者：宮崎県延岡土木事務所
- (3) 工事場所：宮崎県延岡市祝子町
- (4) 工期：2020年10月9日
当初2021年3月31日
変更2021年5月6日



図-1 現場位置図

2. 現場における問題点

- (1) 隣接工事との兼ね合い
止水矢板工事が主体の為、1工区～6工区が横並びの施工であった。
- (2) 進入路
現場への進入路は下流側の祝子清流橋北詰めから一部舗装された幅約4mの堤防道路しかなく、上流側は未舗装で草木が生茂り、最近車の通行はされていない状況であった。

(3) 工期

当初は各工区が10月上旬から3月31日までと出水期を避けた工期であった。

(4) 河川の増水

上流にダムがあり降雨があると度々貯水量調節の為、放水があれば短時間で水位が上昇して施工箇所の水没が予想された。

3. 工夫・改善点と適用結果

(1) 隣接工区との兼ね合い

- ① まず6社で安全協議会を作って、週間工程表をメール送信して資材の搬入等の情報を共有した。また毎月1回から2回発注者を交えて安全協議会を開催して工程等の調整を行い、各社の協力体制を築いた。
- ② 施工箇所に繁茂している竹等の伐採を行い、伐採材は堤防法面にそれぞれ集積した。積込・運搬は安全協議会で同じ協力会社をお願いし2班体制で1工区から上流側に、6工区から下流側へと2方向から搬出を行い工期の短縮に努めた。
- ③ 伐採材搬出完了後、6工区上流の既設堤防道路の敷砂利を行い、仮設盛土の施工は1、6工区を優先する事で、工事車両の離合が可能となった。止水矢板の施工は3、4工区を優先した事で上下流の2方向から、連続性を損なう事なく施工ができた。
- ④ 止水鋼矢板はL=15mあり、上流側の市道

は狭くトレーラーの通行は困難な為、安全協議会で鋼矢板の搬入を優先する事とした。下流工区では、トレーラーが出るまで手待ちがあったがトラブルはなかった。

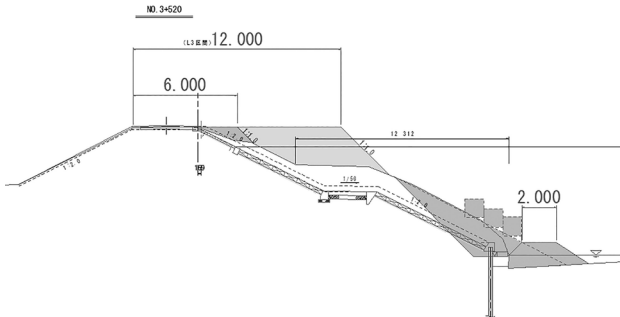


図-2 横断面

(2) 進入路の確保

- ① 発注者及び地元区長と協議して、上流側からの工事車両通行の承諾を得て、伐採及び敷砂利 $W=3.5m$ 、 $t=20cm$ を行い堤防道路の上下流2方向からの通行を可能にした。
- ② 堤防道路は大型工事車両の通行時は離合出来る箇所が無い為、1工区の下流側高水敷を整地して迂回路とした事で現場への出入りがスムーズになった。
- ③ ブロック基礎完了後、仮設盛土を流用して埋戻し、小段を整地して堤防道路を原形復旧する設計であったが、トレーラー等の通行を考慮して一部盛土を残置き6mとした事で、車両の通行が安全に出来た。



図-3 鋼矢板施工完了

(3) 工期

- ① 各工区の計画工程を基に安全協議会で調整し、再度組み直した工程で発注者と協議して工期の延伸を行った。
- ② 各工区の週間工程をメール送信して共有する事で進捗状況が把握され、人員の確保及び資材等の手配が早目にされ手待ちがなかった。
- ③ 毎月の完全協議会で進捗状況を確認しつつ、優先順位を共有できた事で全工区とも予定通りの工程管理が出来た。

(4) 河川の増水対策

- ① 作業時の増水対策として安全協議会で回避判断基準を統一し、合同安全訓練を実施して避難場所の確認を行った。
- ② 発注者と協議して、全工区仮設盛土による仮締切りを行ったが、ダムの放水による増水で作業休止が2日あった。

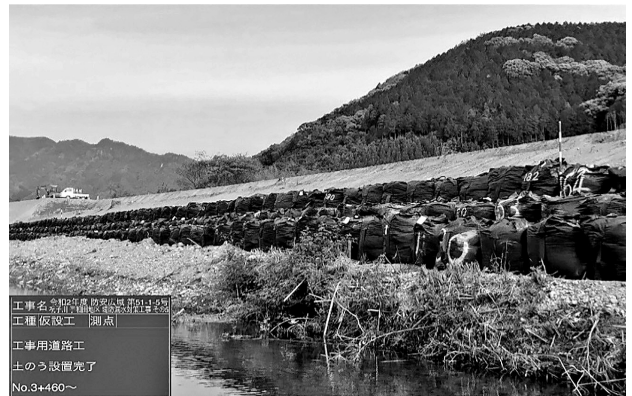


図-4 完成

4. おわりに

現場は進入路が1箇所しかなく、横並びで作業ヤードも限られており業者間の協力が一番の課題であった。また漁協より鮎の遡上及び稚鮎の放流時期には汚濁防止対策を徹底する様、要望もあり工期と併せて時期的な制約も受けた。まず各業者との調整は安全協議会で行い、優先順位を共有してトラブルなく施工する事が出来た。汚濁防止対策は発注者と協議して仮締切り盛土を残置する事として濁りを出さずに完成させる事が出来た。

5 施工計画

3次元モデルを用いた現場施工計画

日本橋梁建設土木施工管理技士会

株式会社横河ブリッジ

CIM 担当

久保田 千紗代[○]

計画担当

松尾 隆弘

監理技術者

関村 文也

1. はじめに

本工事は国道33号の事前通行規制区間の防災対策および線形改良を目的に、国道33号越知道路の一部として仁淀川上を横断する橋梁を新設する工事である。鋼桁の架設は非出水期に河川敷部をトラッククレーンベント工法で施工し、残りの渡河部はトラベラクレーンベント工法で施工する計画とした。

工事概要

- (1) 工事名：越知道路新横倉橋上部工事
- (2) 発注者：国土交通省 四国地方整備局
- (3) 工事場所：高知県高岡郡越知町越知丙地先
- (4) 工期：令和元年12月17日～
令和4年2月28日

2. 現場における問題点

河川内および河川区域内作業を行うため、非出水期・出水期に準じて最適な条件で架設計画を行う必要があった。

2-1 河川の水位上昇に伴う退避計画

仁淀川が増水した場合に備えて、作業員や重機等を低水敷から退避させる計画を立てる必要があるが、低水敷は当初図面から比べると増水の影響による地形変化があったため目視や写真だけでは詳細なヤード内の地形を把握できず、水位上昇の予測を立てにくい状況であった。

2-2 クレーンの干渉回避

河川敷の狭隘で高低差のある作業ヤード内での架設となるため、クレーンが仮設備や足場、鋼桁に干渉しない最適な配置を検討する必要があった。

3. 工夫・改善点と適用結果

本工事では、作業ヤード内の高低差や流域などの地形情報を広範囲で正確に収集するために、従来の三脚による3Dスキャナではなく、ドローン空撮を用いて現地測量を行った。

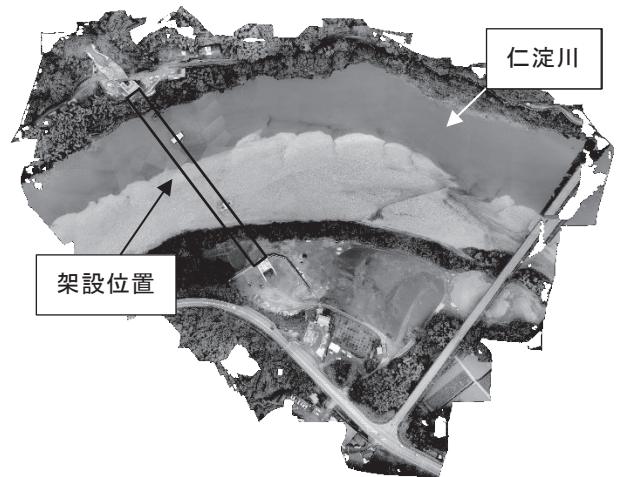


図-1 ドローン空撮による点群データ

ドローン空撮で収集した写真測量データから点群データを取得し、3次元での最適な架設計画を行うため以下2項目に活用した。

3-1 水位予測シミュレーション

鋼桁およびクレーンの3次元モデルと点群デー

タを統合したモデルに仁淀川の水面を再現し、0.5m毎に水面が上昇するシミュレーション動画を作成することで、増水時のヤード内の浸水範囲や状況変化を確認した（図-2・3）。

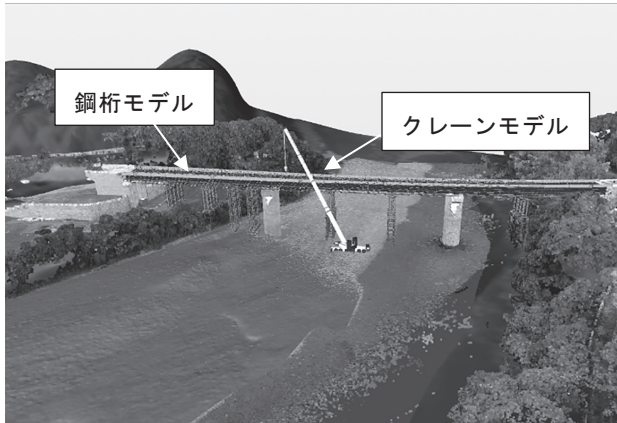


図-2 平常水位のヤード

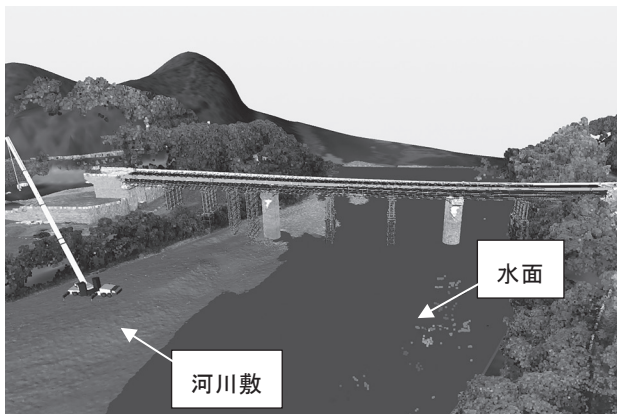


図-3 平常時から2.5m水位上昇したヤード

これにより、増水時の高水敷部への退避範囲計画をより明確にすることができ、現場作業員への安全教育にも役立てることができた。

実際の増水時の浸水範囲はシミュレーションとほぼ同じ結果となり、退避は計画通り行うことができた。写真測量の精度が高く、シミュレーションを活用した退避範囲計画は有効であったと言える。

3-2 架設計画の3次元化

従来の2次元計画に加え、架設ステップ毎の鋼桁および足場、クレーン、点群データを統合した3次元モデルを作成し、クレーンの最適配置計画を行った。モデルは鋼桁架設時のクレーン作業とベント設備解体時およびベント杭基礎撤去時のクレーン作業を再現した。

まず、鋼桁架設時のモデルでは桁の側面に取り

付けた足場とクレーンのブームとの離隔を確認でき、近接する箇所については現場にて足場を一時的に撤去し離隔を確保することが必要であることを事前に確認することができた（図-4）。

次に、ベント設備解体時およびベント杭基礎撤去時のモデルでは、クレーンのブームが鋼桁および鋼桁下面の吊足場と干渉しないことを確認できた。



図-4 3次元モデルと実際の架設状況

3次元モデルを用いることで、2次元図面では把握しきれないヤードの高低差を確認できるため、クレーンの据付位置やヤードの整地範囲を正確かつ高精度に位置出しすることができ、現場作業の省力化・効率化に繋がった。さらに現場では作業手順の確認時に3次元モデルを用いることで作業員への工事特性や施工時の注意点等を視覚的に説明でき、理解度の向上にも役立った。

4. おわりに

3次元モデルを活用した施工計画等の取り組みを行った成果の報告として四国地方整備局職員を対象にリモート現場見学会を開催した。四国地方整備局の各所と架設現場、現場事務所、店社の多地点をリモート接続し、水位予測シミュレーションや架設ステップ動画の紹介のほかに、現場からのライブ中継なども行い、非常に盛況であった。

最後に、本工事の施工にあたりご指導いただいた四国地方整備局土佐国道事務所の方々、並びに、ご協力頂いた工事関係者にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

6 施工計画

袋詰玉石の設計位置での製作による生産性向上

島根県土木施工管理技士会
カナツ技建工業株式会社
現場代理人

監理技術者

岩崎 佳介[○]

伊藤 和徳

竹下

誠

1. はじめに

本工事は大橋川改修事業に伴う、施工延長292mの築堤・護岸工事である。ここでは“生産性向上チャレンジの試行対象工事”として行った根固め工－袋詰玉石の施工に関する取り組みについて報告する。

工事概要

- (1) 工事名：令和3年度大橋川福富地区護岸整備外工事
- (2) 発注者：中国地方整備局 出雲河川事務所
- (3) 工事場所：島根県松江市福富町地先
- (4) 工期：令和3年4月17日～
令和4年3月31日

2. 現場における問題点

本工事は大橋川と田畑に挟まれた東西に長い施工範囲であり、床掘後の護岸背面ヤード幅が約6～8m程度と狭長な現場であった。事業用地の都合上、大型車両方転場を現場出入口から500m上流に設けることとなり、現場内に大型車両通路を確保しながら施工を進める必要が生じた。そのため袋詰玉石（マット型3tタイプ〔2000×2000×500〕、設計幅4m、延長292m、中詰材寸法150-200mm）の施工に際し、いかにして施工と資材搬入を円滑に行うかが課題となった。

3. 取り組み内容と利点

今回の取り組みでは上述の袋詰玉石の施工において、標準的な手法である“陸上で製作した袋詰玉石を設計位置に据え付ける”という施工手順でなく、“設計位置にて製作する”こととした。

具体的な手順としては2.9t吊りクレーン仕様バックホウを使用して製作枠を設計位置に置き、枠内に袋体を広げ、バックホウによる中詰め材投入と人力での間詰を繰り返す。中詰め材を製作枠天端まで充填した後、袋体上部を閉じて口絞りをを行い、製作枠を吊り上げ隣接する次の設計位置に配置する。なお、今回の袋詰玉石に用いる袋体には既製品の製作枠がないため、所定のサイズとなるよう16mm厚の鋼板を加工して上下面のない枠を4つ作成した。枠の四隅には吊り金具を取り付け、ワイヤーを用いた4点吊り構造とした。今回の取り組み状況写真を図-1・2に示す。

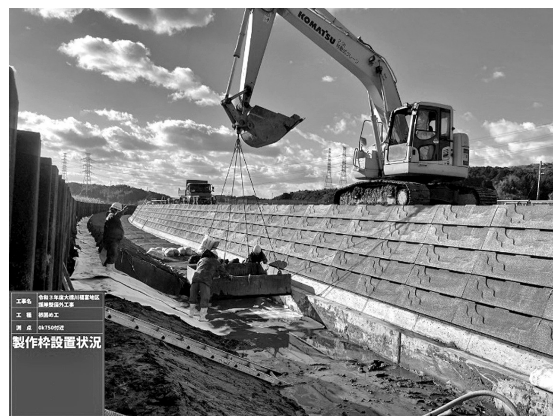


図-1 袋詰玉石製作状況：製作枠据付

この方法では一般的な2.9t吊りクレーン仕様バックホウ1台で施工を行うことができ、設計で見込まれるラフテレーンクレーンを使用せず、広い作業スペースを必要としない点が現場条件に合った利点といえる。それにより工事用道路が常時通行でき、他工種を停滞させることなく、円滑な資材搬入が可能となった。また袋詰玉石（3.2t程度）の仮置き、運搬、据付といった作業が不要のため、従来手法と比べて作業量低減や安全性向上が見込まれ、副次的に経済性も向上する。



図-2 袋詰玉石製作状況：中詰材間詰

4. 取り組みの結果

袋詰玉石の施工順序は上流から下流へ、横断方向には陸側から川側の順に製作した。施工に際して縦断方向の製作枠同士を密着させると、枠撤去後に袋詰玉石が広がり隣接枠に不規則なずれが生じるため、あらかじめ枠同士を13cm程度離して配置することとした。これにより等間隔かつ密な配置ができ、図-3に示すように従来手法よりも整った出来栄えに仕上がっている。

このような方法にて2.9t吊りクレーン仕様バックホウ1台、オペレータ1名、手元作業員2～3名から構成される作業班を基本として、1～2班集体で19日間作業を行い（半日作業を含む）、合計274袋製作した。その結果、1班あたりの日平均製作数は11.2袋、従来手法と比較して11.5日の日数減、46人の省人化となった。従来手法との

比較結果を表に示す。なお比較に影響がないことから袋詰玉石底部の吸出し防止材敷設作業は作業日数に含んでおらず、作業工数は3.75〔人日〕であった。また従来手法は設計位置から近い場所での製作と仮定し、袋詰玉石の運搬作業を含まない条件の下算出した。



図-3 完成時袋詰玉石状況

表 従来工法との作業工数比較

| 施工方法 | | 労務〔人〕 (作業員,オペ) | バックホウ 日 | ラフテレーン クレーン〔日〕 | 日数 |
|------------|----|-------------------|------------|-------------------|------|
| 従来 (見込) | 製作 | 80.5 | 24.5 | — | 36 |
| | 据付 | 46 | — | 11.5 | |
| 今回 (実績) | 製作 | 80.5 | 24.5 | — | 24.5 |
| | 据付 | — | — | — | |

5. まとめ

袋詰玉石を設計位置で製作することで、狭長な本現場において施工と資材搬入を円滑に進めることができ、従来手法と比較して生産性の向上に繋がった。また重量物の吊り作業が無くなり安全性も向上した。本現場のように袋詰玉石の積み上げがない、あるいは少なくヤードから近距離の施工では特に有効な手法だと考えられる。

最後に今回の取り組みと本書執筆において、中国地方整備局 出雲河川事務所 大橋川出張所の江島悟所長には貴重な御助言を賜りました。ここに感謝の意を表します。

7 施工計画

河川内に栈橋が設けられない橋梁の施工

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本ファブテック株式会社

現場代理人

高 橋 勉

1. はじめに

本工事は、国道33号の地すべりや落石の危険がある箇所を回避する越知道路（2工区）の一環として、高知県高岡郡越知町一級河川仁淀川に架かる2径間連続箱桁橋、「立花大橋」を架設する工事である。施工方法は、河川内に工事用道路となる栈橋の設置が出来ない河川条件のため、架設する桁上に覆工設備を配置し橋上にクレーンを搭載して、ベント設備、桁架設、覆工設備設置を繰り返す橋上クレーンベント張出架設工法であった。

工事概要

- (1) 工 事 名：立花大橋上部工事
- (2) 発 注 者：国土交通省四国地方整備局
- (3) 工事場所：高知県高岡郡越知町越知
- (4) 工 期：平成29年11月3日～
令和2年3月31日

2. 現場における問題点

橋梁架設に使用するベント杭は、鋼桁、覆工設備、クレーンおよび吊り荷重の全てを支持するため、700Φの円形コラム杭を選定した。ベント杭の施工方法は、当初計画ではウォータージェット併用電動バイプロハンマー工法とされており、柱状図から読み取る地質条件では当該工法で施工可能と思われた。しかし、施工前に現地調査した結果、施工位置に多くの転石が見られ当初計画の施工方法ではベント杭の打ち込みは困難と判断し別

の工法を考える必要があった。

また、ベント設備の解体において、一般的には2径間全ての桁架設が完了した後、ボルト本締めが完了してからベント解体を行う。しかし、河川協議において、河川流水部の断面確保のため2径間のうちどちらかの径間のベントを解放しなければならない条件が付された。

3. 工夫・改善点と適用結果

ベント杭の施工は油圧バイプロハンマーでの施工を提案・協議した。現場作業を開始すると予定支持層到達前に打ち止めとなることが多く、根入れ長から推定しても転石による阻害の可能性が高いと判断し、一旦ダウンザホールで掘削し、再度、油圧バイプロハンマーで杭の打ち込みを行うなど臨機対応を図った。その際、掘削作業に想定以上の時間を要したことや、転石によるものなのか岩盤が柱状図よりも浅い位置にあるのかへの判断が難しいため、発注者と協議の上、次のような打ち止め判断基準を設けた。

- (1) 支持層への打ち込み到達を原則とする。
- (2) 想定支持層へ到達しない場合、杭打ち止め時の油圧力から算出される動的支持力が設計支持力以上となれば打ち止めとする。
- (3) 水中でダウンザホール掘削が困難で動的支持力が確保できない場合は、ダウンザホール掘削と杭打ち込みを同時に施工できるノバルメックス工法を採用して施工する。

上記3項目を定めた結果、各ベント杭の施工方法、判定結果は表に示す通りとなった。B0.B1ベント杭で行ったノバルメックス工法の概要を図-1、施工状況を図-2に示す。

表 ベント杭の施工方法と判定結果

| 杭番号 | 施工方法 | 確認方法 | 動的支持力 | | 結果 | 設計 | | 実施 | |
|-----|---------|-------------------|-------|------|----|----------|------|----------|------|
| | | | 測定値 | 設計値 | | 進入1/2後平均 | 杭長平均 | 進入1/2後平均 | 杭長平均 |
| | | | kN | kN | | m | m | m | m |
| B0 | ノバルメックス | 打込み長確認及びスライム状況の確認 | — | — | OK | 2.7 | 14.0 | 4.2 | 13.9 |
| B1 | ノバルメックス | 打込み長確認及びスライム状況の確認 | — | — | OK | 8.2 | 23.0 | 8.0 | 23.1 |
| B2 | パイロハンマー | 側管杭動的許容支持力計算書による | 1575 | 1535 | OK | 11.4 | 29.0 | 6.1 | 26.1 |
| B3 | パイロハンマー | 側管杭動的許容支持力計算書による | 2656 | 2604 | OK | 13.2 | 27.0 | 11.9 | 28.9 |
| B4 | パイロハンマー | 側管杭動的許容支持力計算書による | 1838 | 1822 | OK | 11.1 | 24.0 | 12.0 | 26.0 |
| B5 | パイロハンマー | 側管杭動的許容支持力計算書による | 2425 | 2240 | OK | 15.1 | 20.0 | 14.2 | 19.8 |

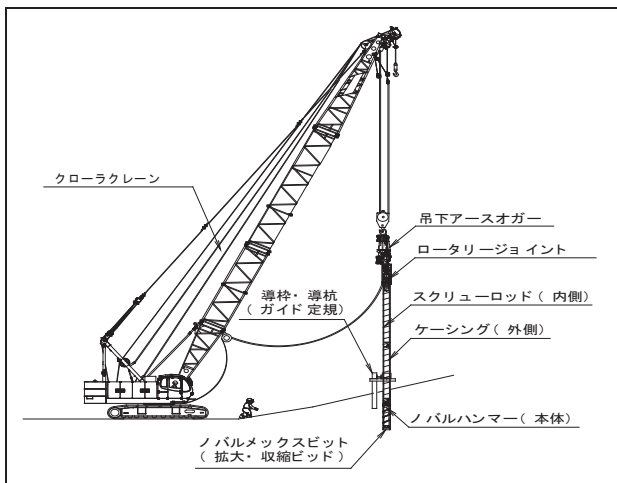


図-1 ノバルメックス工法の概要図



図-2 ノバルメックス工法の施工状況

また、工事施工の安全性を確認するためベント設備設置後には定期的に杭の沈下量計測・監視を行った。施工期間中に沈下が確認されたベント杭はなかった。なお、ベント杭の設置と撤去には、河川環境保全を目的にオイルフェンスを設置し、水質汚染防止に配慮した。

ベント設備の解体は、桁架設をB2ベント上ま

で終えたタイミングで撤去するため、構造物の架設系に対する問題が無いか施工ステップ毎に解析を行い、主桁に作用する応力や出来形に対して影響の少ないベント解体順序を計画した。その結果、撤去区間はA2-P1間とした。ただし、ベント撤去直後のP1～A2間は単純桁にクレーンが搭載された状態であり、B2ベント上では負反力が生じ、完成系とは異なる断面力により構造物に影響を与える結果となった。そこで、200t吊りクローラークレーンをB2ベント上にカウンターウェイトとして配置し、別途100t吊りクローラークレーンを使用してB3→B4→B5ベントの順で撤去を行った。A2-P1間の解体状況を図-3に示す。

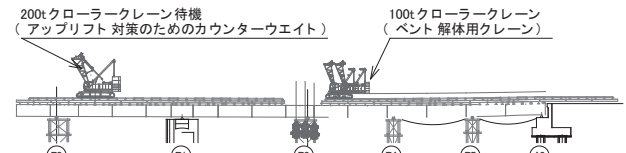


図-3 架設途中のベント解体施工ステップ

本工事では、主桁のそり・通りなどの出来形確保に向け、ベント設備間でキャンバー管理した後、ボルト本締めを行い順次架設を進めていく方法を採用し、覆工設備解体後の最終出来形は出来形規格値の80%以内(±47mm以内)を確保する事ができた。

4. おわりに

本稿では、ベント杭の施工や、ベント設備解体手順について報告した。本稿で報告した施工方法と課題への対応により無事竣工を迎えることができ、ご協力いただいた関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

今回の経験を活かして高品質な製品を収めています。

8 施工計画

3次元データ作成時の曲線部擦付けにおける留意点について

岡山県土木施工管理技士会
株式会社荒木組
主任
齋 藤 衛

1. はじめに

本工事は、小田川合流点付替え事業の一環として、付替えを行う小田川の新築堤工事であった。主たる工事内容は、築堤盛土工（ICT） $V=119,800\text{m}^3$ 、法面整形工（盛土部ICT） $A=15,170\text{m}^2$ 、ブロックマット $A=5,413\text{m}^2$ 、工事延長 $L=400\text{m}$ である。また、盛土工を対象にしたICT対応工事であり、3次元データ作成時に生じた問題点について記述する。

工事概要

- (1) 工事名：令和3年度小田川付替柳井原地区第1築堤工事
- (2) 発注者：中国地方整備局 高梁川・小田川緊急治水対策事務所
- (3) 工事場所：岡山県倉敷市船穂町柳井原地先
- (4) 工期：令和3年4月22日～令和4年3月31日

2. 現場における問題点

本工事の新堤防に用いる3次元設計データは、従来通りの中心線形、縦断面図、横断面図から作成したが、施工中に天端へ工事用車両が運行するための坂路を、堤防端部へ施工する必要があった。また、堤防高が基盤から約10mあり、工事用車両が運行できる勾配である10%を確保するためには $L=100\text{m}$ の坂路を施工する必要があったが、隣接工事により縦断面方向へ設置することが不可能であった。そこで、坂路を図-1のように運行でき

るように計画したが、3次元設計データ作成の際に2つの問題が発生した。

〔問題1〕坂路のような新堤防の線形に沿わない箇所については、データの作成が困難となることが問題となった。ICT施工における3次元データの作成は、従来は中心線形、縦断面図、横断面図から作成を行うが、図-1のような新堤防の線形と異なる箇所では、横断面図を多く追加しなくてはならず、作成が困難である。

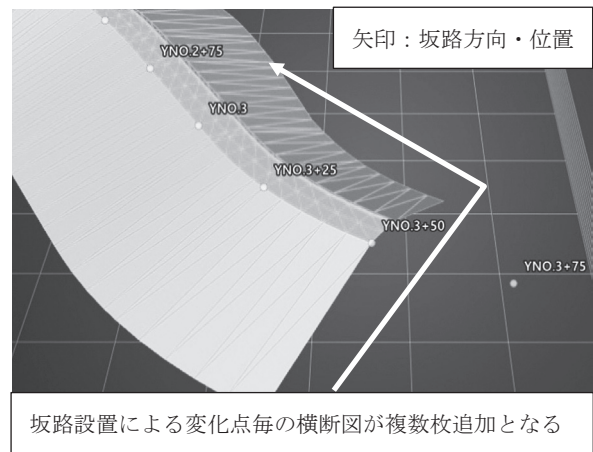


図-1 横断面方向から縦断面方向への擦付け

〔問題2〕坂路における擦付けを従来通りに作成すると、施工が難しい形状となったことが問題となった。坂路設置個所の線形が、曲線となっているため、従来通りの中心線形を使用して作成すると、図-2のように擦付け箇所も曲線となってしまう。曲線の擦付けは、バックホウでの整形が難しく、かつ、将来工事で段切りを行うため、必ずしも曲線にする必要がないことから、別

の作成方法が必要となる。

上記の問題点より、作成・施工が困難となる箇所
の3次元設計データを従来の設計方法とは別で
作成する必要があった。

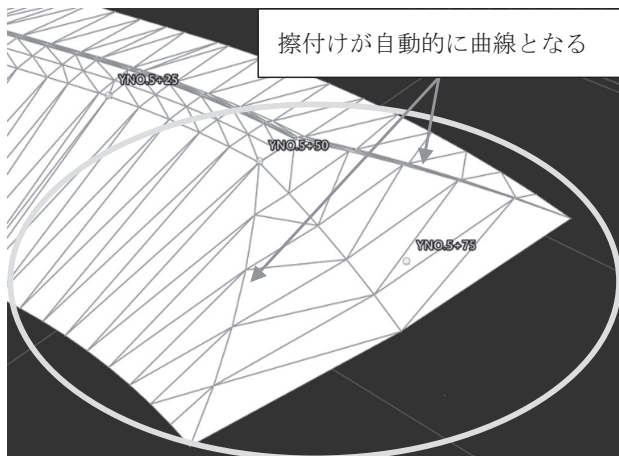


図-2 従来通りの3次元設計データにより
作成された曲線部の擦付け

3. 工夫・改善点と適応結果

前項で記した問題点において、次の方法にて3
次元設計データを作成した。

平面図の各線分・曲線に高さを持たせると、3D
のデータ（以下3Dデータとする）が作成出来る手
法を採用し、擦付け部分において、平面図に坂路
の設計を作成し、そのデータに高さを持たせ、3D
データを作成する。新しく作成した擦付け部の3D
データと、従来通り作成した3次元設計データを
組み合わせて、1つの3次元設計データを作成す
る。この方法にて擦付け部等の作成が困難な箇所
においても、線形、縦断図、横断図を使用するこ
となく、または曲線部の擦付け等、設計が難しい箇
所でも、組み合わせた3次元設計データを作成す
ることで、施工が行うことが出来た（図-3・4）。

結果として、作成した3次元設計データをICT
建機の施工データや数量算出にもそのまま使用が
出来るため、扱いやすく、作成における負担も
減った。また、このような複雑な擦付け部は従来
手法では作成が困難であり、実際には現場の丁張
等にて確認を行わなくてはならなかったが、3D
データで可視化が出来たため、元請業者、施工業

者にとってもイメージが付きやすく、スムーズに
施工を行うことが出来た。

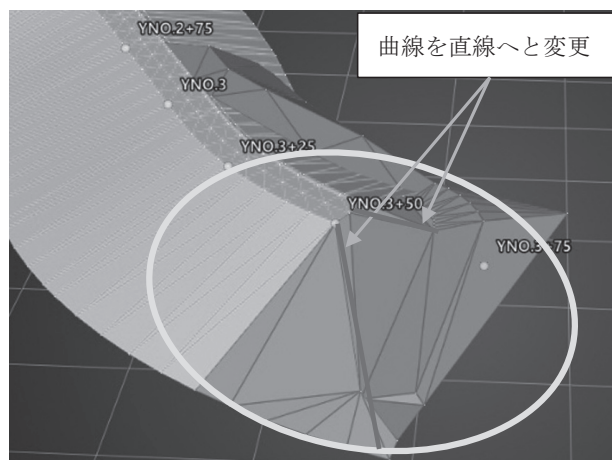


図-3 3Dデータを用いて作成した
擦付け部3次元設計データ

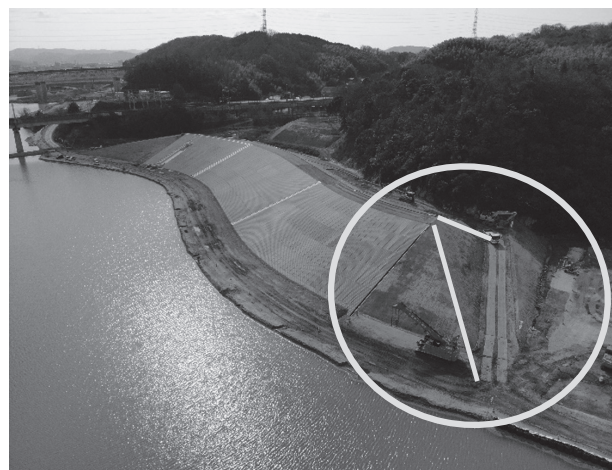


図-4 擦付け部 実施工写真

4. おわりに

3次元設計データの作成において、堤防に坂路
が取り付いている場合などは、坂路の変化点毎
（平面的に見て角や折れ点）に横断を作成しなけ
ればならず、横断図が極端に増えたといったこと
もあった。この横断図を作成する作業が労力とな
り、3次元設計データ作成に時間がかかるため、
今回の作成方法にて3Dデータの坂路のみを作り、
3次元設計データに取り付けることが出来れば、
大幅に手間が省けることができ、業務の効率化へ
の期待が持てる。

最後に、本工事を施工するにあたり、ご指導・
ご協力頂きました皆様方に厚く御礼申し上げます。

9 施工計画

グラウンドアンカーの水中施工

日本橋梁建設土木施工管理技士会

川田工業株式会社

係長

笠 太 一〇

工事長

井上 康太朗

主任

中川 翔太

1. はじめに

本工事は168号の整備事業として計画された、奈良県五條市大塔町阪本の熊野川（猿谷ダム）上に架かる橋梁の架設工事である。橋梁形式は鋼下路式ローゼ桁橋で、ケーブルエレクション斜吊り工法が採用された。本文はケーブルエレクション設備におけるグラウンドアンカーの施工について報告するものである。

工事概要

- (1) 工事名：一般国道168号阪本工区（仮称）
新阪本橋上部工事（地域連携道路事業（南部・東部））
- (2) 発注者：奈良県
- (3) 工事場所：奈良県五條市大塔町阪本
- (4) 工期：平成30年12月14日～
令和3年2月26日

2. 現場における問題点

ケーブルエレクション設備のアンカーは、A1側A2側ともにグラウンドアンカーを構築したが、A2下流側のアンカーは猿谷ダム内に配置するため、出水期にアンカー定着金物が水深10mほど水没する問題があった。アンカー定着金物が水没すると、それに接続するケーブルエレクション設備の後方索及び控索の尻手にくるワイヤグリップや調整装置も水没してしまい、ワイヤグリップの目視点検や増し締め作業・調整装置による調整作業

ができないため、架設中のケーブルエレクション設備の安全性が確保できない。そのため、アンカー定着金物を水没させない施工方法の確立が、本工事の大きな課題であった。さらに、木々に囲われた猿谷ダムは流木が多く、ダム放流時や台風時に流木が後方索や控索・調整装置に衝突する可能性があり、どのように作用荷重を想定するのも課題であった。

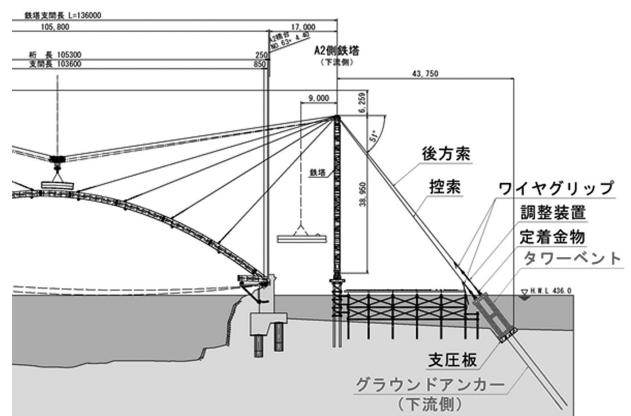


図-1 架設計画図

3. 工夫・改善点と適用結果

グラウンドアンカーの施工箇所となる猿谷ダムの渇水期は4ヶ月間しかなく、この期間内でグラウンドアンカー構築からケーブルエレクション設備組立、架設、設備解体までの作業を終えることは不可能なため、出水期においてもアンカー定着金物を水没させない構造とする必要があった。そのため、解決策として定着金物と支圧板コンクリートの間にベントを挟んでアンカーを緊張・定

着させる構造（以降、タワーベント構造）を立案し、施工することとした（図-1）。タワーベント構造であれば、定着金物を水上部に上げることができるためワイヤグリップの目視点検や増し締め作業、調整装置を用いた調整作業を行うことが可能となる。また、流木の衝突に対する検討は、流木量と流速（ダム放流時）から水平荷重を想定し、ベントに水平荷重を常時荷重として与えることで設備の安全性を確保することとした。

(1) アンカー張力の算出方法

通常、グラウンドアンカーの張力はケーブルエレクション設備の鉄塔に作用する水平力から算出し決定されるが、タワーベント構造の場合、さらにタワーベントに作用する水平力による偶力を付加させて決定する必要がある。本工事では、タワーベント自重による水平分力、流木の衝突による荷重、流水圧、定着金物に作用する後方索及び控索による水平分力（誤差5°考慮）を水平荷重として付加することによって、アンカーの規格を決定した（図-2）。

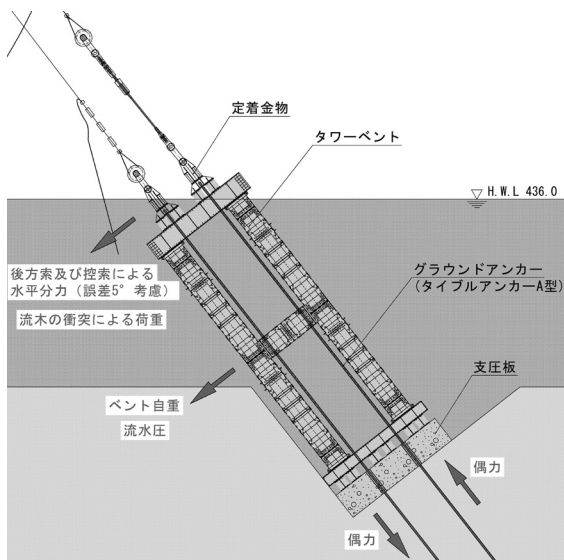


図-2 タワーベントに作用する荷重

(2) アンカーの緊張方法

本工事のアンカーは繰返し荷重に対して安定する圧縮型アンカーでありかつ、ダム湖内に長期間浸かることに対する防食性の観点から「タイプルアンカー A 型」を採用した。タイプルアンカーの定着方式はナット式であるが、タワーベント構造によりアンカー自由長が

通常の2倍ほどの長さになり、緊張時のアンカー伸びも大きくなるため、マンション部の長さが伸びに対応できない懸念があった。そこで、本工事ではアンカーを二分割し、支圧板の位置で1回目の緊張を行い、連結後に定着金物位置で2回目の緊張を行うこととした（図-3・4）。

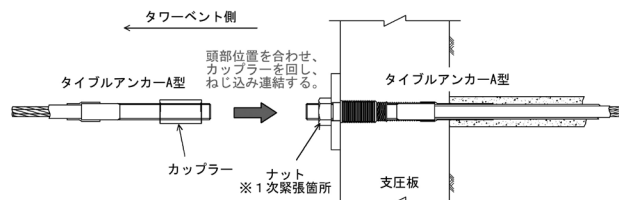


図-3 タイブルアンカー連結要領

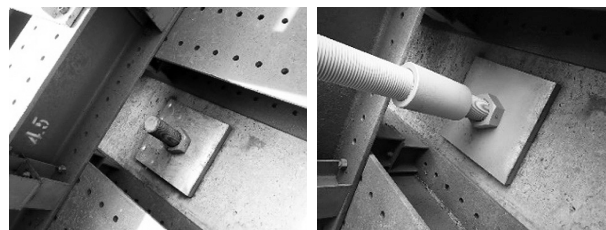


図-4 タイブルアンカーの連結

(3) 安全性の評価

施工期間中、アンカー定着金物とナットの間ロードセルを設置し、アンカー張力を常時計測した。その結果、架設期間中の張力変動は確認されなかったことから、タワーベント構造は計画通りの安全性を確保できたと考えられる（図-5）。



図-5 出水期におけるタワーベント

4. おわりに

ケーブルエレクション設備のグラウンドアンカーにタワーベント構造を用いた例はなく、難易度の高い施工であったが、無事工事を完了することができたのは、奈良県五條事務所の皆様をはじめ、関係者の皆様のおかげであり、深く感謝の意を表します。

10 施工計画

狭隘部における支承取替工の沓座部はつり

日本橋梁建設土木施工管理技士会
株式会社 IHI インフラ建設
現場代理人
加 藤 誠

1. はじめに

本工事は、主要地方道東京市川線（第50号）新大橋通りに架かる「入船橋」の長寿寿命化工事である。主な工事内容は支承取替工であり、レベル2地震動未対応である上、経年劣化している支承をレベル2地震動に対応した支承に取替えるものであった。

工事概要

- (1) 工 事 名：入船橋長寿命化工事（その1）
- (2) 発 注 者：東京都
- (3) 工事場所：東京都中央区築地二丁目地内から
同区新富二丁目地内まで
- (4) 工 期：2020年10月19日～2022年2月28日



図-1 入船橋全景

2. 現場における問題点

支承取替工における沓座部はつりについて、端横桁より背面側へのアクセスができない構造である上、添架管や落橋防止装置などもあり、作業スペースが非常に狭隘（図-2）であった。

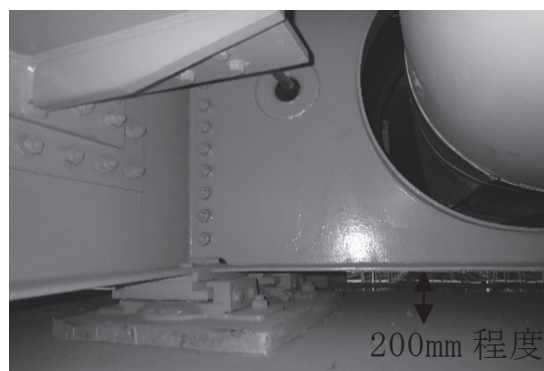


図-2 端横桁前面から見た作業スペース

そのため、ブレイカーなどによるはつりでは打撃方向が限定され、必要なはつり深さよりもかなり深い余掘りとなり、縁端拡幅部でジャッキアップするためのせん断補強アンカーや既設橋脚の鉄筋などを損傷させてしまう懸念（図-3）があった。

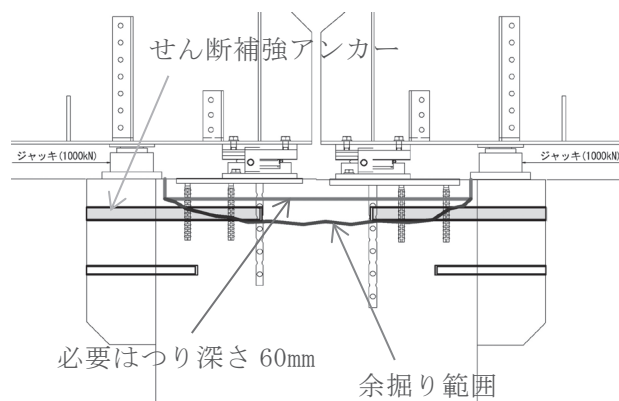


図-3 ブレイカーなどによるはつり想定図

本橋が架かる新大橋通りは通行量が多く、銀座や築地も近い重要路線であることから、交通を確保した状態の共用下で支承取替工を行うことを前提とした対策案を検討した。

対策案の1つとして、ベントによるジャッキアップ（図-4）を提案した。縁端拡幅部でのジャッキアップではなく、ベントを仮設しジャッキアップを行うことにより、干渉が懸念されたせん断補強アンカーを不要にし、深く余掘りできるようにした。また、ブレイカーなどによるはつり時の作業スペースが広がる対策を検討した。しかし、ジャッキアップ位置が既設支承から桁中央側に大きく離れることから、既設支承撤去後の主桁の片持ち範囲が長くなり、共用下の活荷重により桁端が大きいたわみ、新設支承の設置が難しくなることが予想された。



図-4 ベントによるジャッキアップ案

その上、既設端横桁を一時撤去して作業スペースを確保する対策を講じた場合、既設端横桁はスラブアンカーを有し、RC床版に固定された状態であるため、撤去するには既設床版を取り壊すか端横桁を切断する必要があった。共用下で既設端横桁を撤去するためには補強などが必要になるが、狭隘なスペースで更に補強などを行うことは難しいと判断した。

3. 工夫・改善点と適用結果

前述以外の対策案も含めて比較検討した結果、本工事では狭隘部でもはつりができるウォータージェット工法により、既設構造物の隙間から杓座部はつりを行うことにした。

ウォータージェット工法の特徴として、せん断補強アンカーや既設橋脚の鉄筋などの鋼材を損傷させることなく、コンクリートのみをはつることができる。本工事は既設支承のアンカーボルトを新設支承でも再利用する計画であり、この既設ア

ンカーボルトやはつり時に露出した既設橋脚の鉄筋も損傷させることなく施工することができた。また、マイクロクラックがほとんど発生しない工法でもあり、既設コンクリートへの影響も少なかった（図-5）。



図-5 はつり完了

ブレイカーなどによるはつりをした場合は、騒音・振動・粉塵が発生するため周辺環境への影響を懸念したが、ウォータージェット工法を選定したことにより、粉塵は発生せず振動も小さく施工することができた。また、施工時に音は発生するが、ブレイカーなどによるはつり時に生じる甲高い打撃音に比べ、周辺に響き渡るような種類の音はなく、苦情などは1件もなかった。

ただ、デメリットとして、ウォータージェットはつりを行うためには、超高圧水発生装置や強力吸引車などの特殊な機械が必要になることや、相当量の上水道水を使用することになる。その上、使用後は回収した水を適正に処理するためのノッチタンクなどの設備も必要になることから、施工費が高くなる。その他、これらの機械・設備を配置する場所も必要となる。

4. おわりに

本工事は当初計画工程通りに工事を進めることができたが、ウォータージェットはつりを選定したことがその大きな要因であると考えられる。

最後に、本工事の施工にあたり、多大なご指導とご支援をいただいた関係者の方々には深く感謝いたします。

11 施工計画

V字谷形状の河川上に架かる 複雑な平面線形を有する鋼桁の架設

日本橋梁建設土木施工管理技士会

株式会社駒井ハルテック

監理技術者

現場代理人

安達 昭宏〇 杉山 貞俊

1. はじめに

国道169号は、奈良県奈良市から和歌山県新宮市を結ぶ重要な路線であるが、中央部に位置する新伯母峯トンネルは、老朽化の進行に加え、道路幅員が狭いことより、大型車同士のすれ違いが困難で安全性・利便性の面で問題を抱えている。伯母峯峠道路は、新伯母峯トンネルに替わる新たなルートとして、災害時の搬送ルートの確保ならびに地域経済の活性化を目的として、平成28年度に国による権限代行事業として新規事業化された。

本工事は、伯母峯峠道路の終点付近にある和佐又谷川を跨ぐ2号橋の建設を行うものである。

本稿では、現場施工条件を踏まえた課題と対応策について報告する。

工事概要

- (1) 工事名：伯母峯峠道路2号橋橋梁上部工事
- (2) 発注者：国土交通省 近畿地方整備局
奈良国道事務所
- (3) 工事場所：奈良県吉野郡上北山村西原地先
- (4) 工期：令和3年3月20日～
令和4年3月25日

2. 現場における問題点

本橋の架設は、V字谷形状の和佐又谷川上であり、下部工施工時に使用された仮栈橋が存置となっていたことから、その仮栈橋上を架設ヤードとするクローラクレーンベント工法による架設検

討を行った。立案した架設計画を図-1に示す。

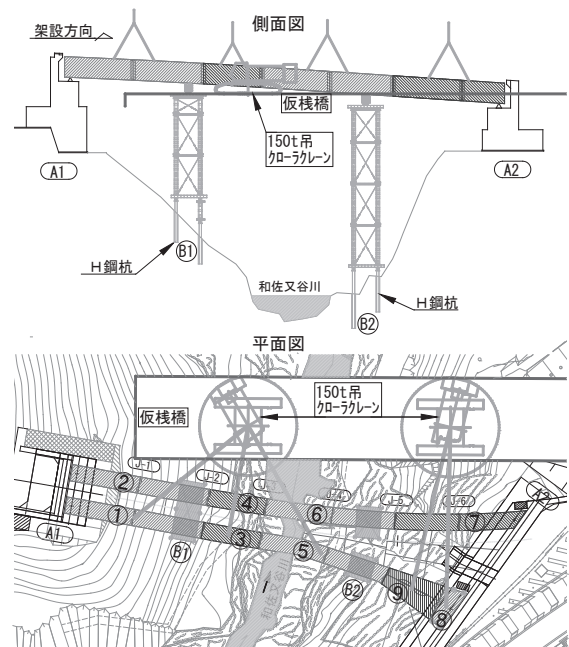


図-1 架設計画図

計画の際、課題として下記3点が挙げられた。

(1) 施工に関する課題

ベント基礎のH鋼杭は、急崖な岩盤斜面への設置であり、ダウンザホールハンマ工法にて施工する計画としたが、急斜面での施工であるため、ハンマが谷川に滑り、施工に多くの時間を費やす可能性があった。

(2) 品質に関する課題

本橋は、平面線形が複雑で曲線桁・折れ桁・斜角の構造を有していたため、架設の出来形精度が低くなると予想された。

(3) 生産性向上に関する課題

急斜面に設置したベントは、転倒の危険性が高いため、日々の変状管理を行う必要があったが、従来の下げ振りやトランシットによる計測方法では、足元の悪い斜面を降りての作業となり非常に時間を費やすことは明らかであった。

3. 工夫・改善点と適用結果

(1) 施工に関する工夫

ダウンザホールハンマの滑り対策として、谷側に定規材を設置し、施工済みの杭に強固に固定することで、ハンマが斜面をすべることなく施工することができた。削孔に手間取り工程が遅延する恐れがあったが、工程通りに杭の施工を終えることができた。施工状況と施工完了を図-2・3に示す。

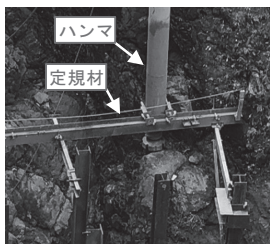


図-2 杭施工状況



図-3 杭施工完了

(2) 品質に関する工夫

桁の架設順序は、一般的には、縦断勾配の低い側から高い側へ向かっての架設が基本となるが、本橋は、平面線形が複雑で曲線桁・折れ桁・斜角の構造を有していたため、架設ブロックの位置決めが比較的容易なA1側の直線ブロックから架設を行った。また、架設時の管理は、ベントや桁上にて短時間で容易に測定が可能となるように自動追尾トータルステーションを使用し、下記の手順で行った。

- ① ベント・継手位置の座標 (X、Y、Z) を算出し、入力する。
- ② ベント上にて座標位置を計測し、下フランジ縁端の逃げ墨を罫書く。
- ③ 下フランジ縁端の逃げ墨に合わせて桁を架設する。
- ④ 架設したブロック先端の継手位置を計測する。
- ⑤ 架設完了後、格点位置を計測する。

その結果、すべての管理項目において規格値の50%以内を達成し、非常に高精度な架設出来形を確保した。架設が完了した橋体を図-4に示す。



図-4 架設完了

(3) 生産性向上に関する工夫

従来の計測方法に替えて、無線式傾斜監視システムチルフォーメーション (NETIS:KTK-170010-A) を導入して、リアルタイムで変状を管理することで、作業の効率化を図った。パソコンでの監視状況の一例を図-5に示す。

従来の計測方法に比べて、下記に示すように75時間 (約9日) の作業時間の削減が図れた。

従来方法による作業時間：

$$2 \text{ 人} \times 1 \text{ h/日} \times 40 \text{ 日 (ベント設置期間)} = 80 \text{ h}$$

傾斜計による作業時間：

$$1 \text{ 人} \times (4 \text{ h (設置)} + 1 \text{ h (撤去)}) = 5 \text{ h}$$



図-5 傾斜監視システム

4. おわりに

本工事は、架設時期が冬期のうえに、例年より寒冬となったため降雪・積雪に悩まされたが、凍結防止剤の散布や雪かき等、たくさんの方々のご協力により、工程遅延することなく無事に施工を終えることができた。

最後に、本工事の施工にあたり、ご指導とご協力をいただいた奈良国道事務所の皆様ならびに工事関係者に深く感謝の意を表します。

12 施工計画

橋梁補修工事における 点群計測と MR 技術の活用事例

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本車輛製造株式会社

監理技術者

現場代理人

工事担当

伊藤 昌記[○]

竹内 彰

杉田 謙一

1. はじめに

本工事は、一般国道23号に架かる渡津橋の老朽化に伴う支承取替工事であり、橋梁形式は鋼3径間連続非合成箱桁橋+鋼単純合成箱桁橋で、橋長は290mであった。

本橋は1960年台前半に使用が開始され、現在に至るまで約60年間に渡り供用されている。本工事において支承取替、主桁補強部材の取付品質を確保するには、現橋を正確に把握し、部材製作に反映する必要がある。また、支承・補強部材を狭隘な空間に搬入する際の導線を確保する必要があり、既設構造物との干渉や、取付箇所までの部材搬入性についての確認も重要であった。

工事概要

- (1) 工事名：橋梁補修事業一般国道23号渡津橋 支承取替工事（誰もが働きやすい現場環境整備工事）
- (2) 発注者：愛知県知事
- (3) 工事場所：愛知県豊橋市清須町地内（図-1）
- (4) 工期：2020年11月25日～2022年3月18日



図-1 現場位置

2. 現場における問題点

(1) 取付補強部材の製作精度

前述した通り本橋は築年数が古く、何度も補修工事が行われているが、最新図に反映されておらず、桁内部の構造や現況が詳しく分からない状態であった。桁内部の状況により、取付ける部材と既設部材が干渉する可能性があった。よって、本橋の全体像（橋台や橋脚と桁の位置関係等、桁の内部状況）を把握し、取得した情報を基に部材製作に反映させることが課題となった。

(2) 施工可能な部材搬入路の確保

本橋の桁下空間は約70cmと非常に狭く、その狭隘な空間に支承、補強部材を搬入し施工しなければならなかった。従来、その判断は経験によるものが大きく、既設構造物や複雑な足場との干渉を見落とす可能性もあり、現地施工が困難になる恐れがあった。そのような懸念事項を無くす為、確実な搬入経路の検討が必要であった。



図-2 施工前状況

3. 工夫・改善点と適用結果

- (1) レーザースキャナーを用いた3D点群計測により本橋全体を計測した。3D点群を取得することで橋梁全体形状や内部の構造を把握することができた(図-3)。計測は1箇所につき数分を要し、盛替えを繰り返し行い、1日をかけて必要なデータを取得した。取得した点群データは手元の端末にて都度確認することができ、その場で各場所の点群データの合成作業を行うことも可能である。3D点群計測により、手書き図面には無い部材の位置を把握することができ、部材製作前に干渉の有無を確認することができた。また、事前に干渉する部材を撤去することで、現場工程は計画通り進み、コスト低減にも貢献することができた。



図-3 3D点群モデル

- (2) 施工可能な部材の搬入路の確認の為に、MR技術を活用した。MRとは専用のゴーグルを装着してCGを現実世界に映し出すことができる技術であり、本工事では取付ける支承やブラケット、補強部材の3D-CADモデルを原寸大で現場に投影し、施工ステップ毎の確認を行った(図-4)。

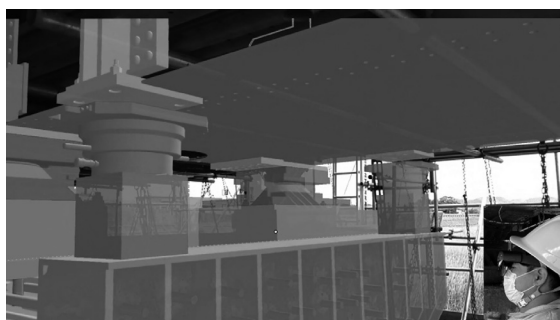


図-4 MRによる支承部仮受設備

MR技術で現場を確認することで、実際に取付ける部材の搬入性を視覚的に把握することができた。事前に想定した取付部材の搬入経路をMR技術を通して現場で見ることで、当初計画していた順序では既設部材や足場に干渉し部材を搬入できない事を発見し計画を変更することができた。さらに、この技術を作業員への作業手順周知の際に活用することで、作業員全員に部材の搬入方法、手順を把握してもらうことができ、安全で確実な施工を行うことができた。また、MR技術で事前に搬入路を確認することで、製品を傷つけることなく搬入することができた為、取付部材の品質の保持にも貢献することができた。

4. おわりに

本工事において3D点群計測やMR技術を活用したことにより、現地施工前に生じた懸念事項を事前の計画変更で無くすことができ、無事に工事を終えることができた。工事に携わった全ての関係者の方に厚く御礼申し上げます。

最後に、本工事のような補修工事がこれからも増えていくと考えられるが、本工事で活用した技術の実績が今後の工事の施工に繋がることを切に願います。



図-5 施工完了写真

13 施工計画

ケーブルが腐食損傷した ニールセンローゼ橋の応急復旧工事

日本橋梁建設土木施工管理技士会

JFE エンジニアリング株式会社

設計担当

現場代理人・監理技術者 設計・現場担当

岩川 貴志[○]

能登 晋也

藤田 翔吾

1. はじめに

本工事は、1973年に建設されたニールセンローゼ橋（図-1）のケーブル腐食損傷に対して補強を行ったものである。本稿では、残存耐荷力が不明な橋梁に対する応急復旧工事の課題と対応について報告する。

工事概要

- (1) 工事名：中津川橋橋梁補修工事
- (2) 発注者：山形県 置賜総合支庁
- (3) 工事場所：山形県西置賜郡飯豊町
- (4) 工期：令和2年9月16日～
令和3年3月19日



図-1 中津川橋全景（補修前）

損傷状況としては、下弦材内部のケーブル定着部付近に浸透した雨水の影響で、素線の一部が腐食し欠損していた。腐食箇所は、程度の差はあるものの、ほぼ全箇所にあんでいた。完全に破断しているケーブルは見受けられなかったが、ケーブル定着梁の内側は目視確認できないこともあり、残存しているケーブル断面積は正確には把握できない状況であった（図-2）。



図-2 ケーブル腐食状況（下弦材内部）

また、現場周辺は最深3m程度の積雪となる豪雪地帯であり、冬期には一部の道路は閉鎖となることから、本橋は地域住民にとって、唯一のライフラインと言える路線であった。

2. 復旧にあたっての課題

(1) 工程上の課題

冬期、本橋が通行止めとなると狭隘で危険な峠道を迂回することとなり、特にスクールバスの通行には地域住民から不安の声があった。また、除雪ができず、積雪の重さにより落橋する可能性があることから、降雪までの約3ヶ月で早急に復旧し、車両が通れる状態にする必要があった。

(2) 安全面の課題

本橋の残存耐荷力は定量的に算定できる状態でなかったことから、直ちに落橋する可能性も否定できず、施工においては、極力、既設の橋体に負荷をかけず、応力状態を保持できる施工方法を採用する必要があった。

3. 課題に対する対応策と効果

工程と安全の双方を両立する復旧方法、施工方法を検討し、以下のような方策をとった。

(1) 暫定復旧方法

損傷した既設ケーブルと同等の平行線ケーブルにより取替を行う場合、工程（材料納期）面の問題と、一時的に既設ケーブルを外すことになるため安全面の問題があった。そのため、**図-3**のように既設ケーブルを残したまま2本の仮ケーブル（バイパス材）で挟み込むような形で補強することにより施工時の安全性を確保すると共にバイパス材に汎用性のあるPC鋼棒を選定することで材料納期の問題を解決した。バイパス材は損傷した既設ケーブルの代替として機能し、暫定供用を可能とした。そして、越冬後に改めて損傷したケーブルを新たなケーブルに取り替える方針とした。

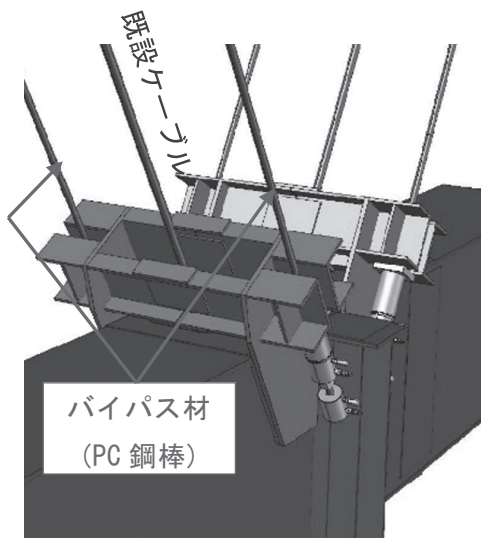


図-3 復旧方法

(2) 施工方法

既設の橋体への負担を抑えるためには、一般的にはベントにより支持することが考えられるが、橋梁の下はダム湖であり、ベントの施工は工程上不可であると判断した。また、橋体上に配置するクレーンを補強済範囲に限定しながら桁端側から徐々に補強を進めていく方法を検討したが、未補強のケーブルに荷重を負荷する場面が不可避であったことから、安全を担保できないと判断した。そこで、ケーブルエレクション工法とロープアクセス工法を組み合わせることで、橋体へ負荷をかけず、かつ早期に施工が可能な工法を開発した。

本工法の特長は、**図-4**のように設備としては高さ37mの自立式の鉄塔を橋台背面の土工部に構築

し、タワー間には $\Phi 32$ のケーブルを4本配置した。これらの設備を用い、メインケーブルを使ったロープアクセスで部材の取り付け作業を行い（**図-5**）、メインケーブルに吊り下げる小型ウインチ（ホイスト）により部材の楊重を行うことで、高所作業車やクレーンを橋体に載荷することなく施工することが可能となり、橋体の安全を確保した。

更に、通常であればアーチリブに総足場を組む必要があるが、本工法はロープアクセスの作業となるため足場の設置・撤去作業を簡略化できることから工程的にも優位かつ作業の安全性も高めた。

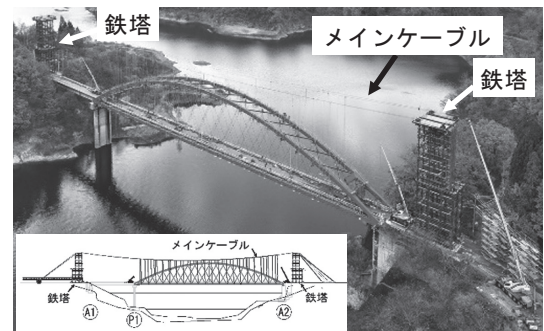


図-4 仮設備全体図

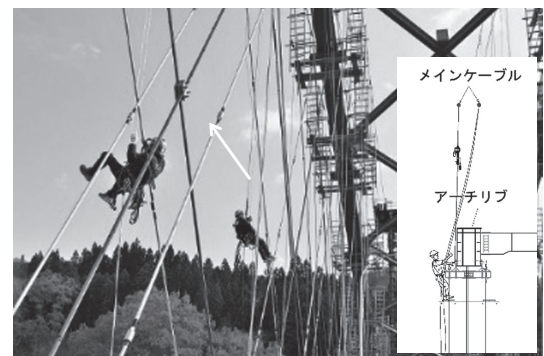


図-5 ロープアクセス作業

以上の方策により「設計・計画」「仮設備組立・部材製作」「バイパス材設置・仮設備解体」それぞれ1ヶ月ずつ、計約3ヶ月で暫定供用を実現した。

4. おわりに

暫定供用開始の翌週、本格的な積雪が始まり、町は例年通りの冬を迎えることができた。本工事を進めるにあたり、ご指導頂いた国総研、土研、東北地整、山形県の関係者の皆様には深く御礼申し上げます。

14 施工計画

鋼床版箱桁橋の供用高速道路上での 1 夜間桁連結・横取り架設

日本橋梁建設土木施工管理技士会

エム・エムブリッジ株式会社

工事主任

主席

主席

立石 篤志[○]

天羽 一貴

川村 誠司

1. はじめに

本工事は、佐世保市街地中心部の佐世保駅裏の約2km区間の西九州道佐世保道路の高架橋を鋼桁・PC桁含めて12橋を四車線化へ拡幅する工事である。本稿では、佐世保川を渡河するP46～P47鋼床版箱桁部は桁下が県道11号橋梁箇所となっており、大型クレーンで架設する際に既設桁の耐力が不足している。既設桁への影響を回避し、交通規制の最小化も図る工法として採用した、1夜間における供用中の高速道路上での桁連結・横取り架設について報告する。



図-1 横取り架設完了状況

工事概要

- (1) 工事名：令和2年度佐世保道路
佐世保高架橋（拡幅）工事
- (2) 発注者：西日本高速道路(株)
九州支社佐世保工事事務所
- (3) 工事場所：長崎県佐世保市
- (4) 工期：令和3年7月～令和8年9月
- (5) 橋梁形式：単径間鋼床版箱桁橋93.6m
2主桁→4主桁拡幅

2. 施工上の課題・問題点

1夜間における桁連結・横取り架設は、西九州道上を多軸台車で運搬した際の本線桁耐力より、橋軸方向に4分割し、西九州道上で一体化・横取りする工法を採用した。

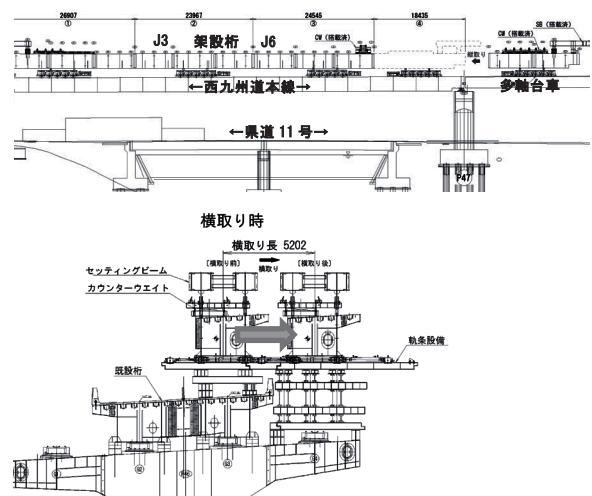


図-2 縦取り・横取り架設図

各段階の個別工種に関しては実績があり技術的に十分可能であるが、20:00～翌6:00の通行止め時間内で横取り完了し交通開放する時間工程管理とそれを実現するための施策検討が求められた。

翌6:00の交通開放が絶対条件であるが、作業途中の時間工程管理ポイントは以下である。

- (1) 21:30迄に交通規制を完了し工事車両進入
- (2) 翌0:40迄に仕口調整を完了し連結作業開始
上記の時間制限を作業途中にクリア出来なければ時間内での交通開放が不可能と判断し作業を中断し撤収をする必要がある。

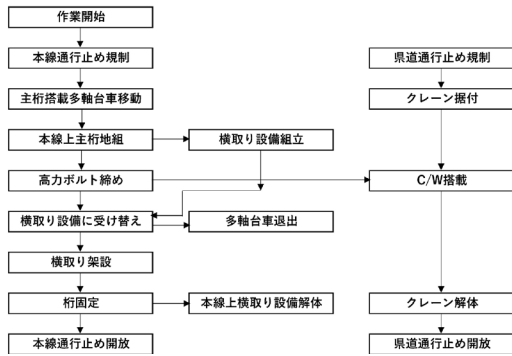


図-3 概略施工フロー

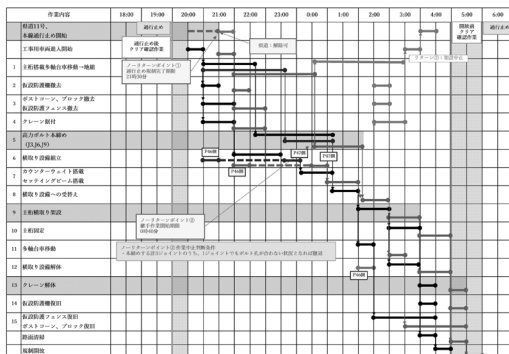


図-4 当日のタイムスケジュール (G1桁)

3. 工夫・改善点と適用効果

継手調整完了以降の作業（ボルト締め、多軸台車移動、横取り架設、交通開放）は想定時間から大幅に狂う可能性少ないため、特に継手仕口調整を0:40迄に終了させることが管理上の重要ポイントであった。

(1) 本線桁・架設桁の挙動把握

架設時の既設桁のたわみ、多軸台車支持状態での架設桁のたわみ・回転角、多軸台車離脱可能な架台高さ、多軸台車ストローク調整可能な限界高さ、横取り設備受替え時の架台・ジャッキ高さ等の各数値を事前検証し架設作業が実施可能な最適架台位置を決定した。

(2) ねじれ防止カウンタウエイトの事前搭載

曲線1主桁の架設となるためねじれ防止のために桁上に事前にカウンタウエイトを搭載した。カウンタウエイトは、敷鉄板を使用した。設置・撤去を短縮するために専用のユニット架台を製作した。また、桁架設後に搭載予定のプレキャスト壁高欄をウエイトとして一部使用し資機材と工程の最小化を図った。

(3) 横取り設備のユニット化・試験施工

仮設材・製作材をボルト・ブルマンで固定する構造の設備組立を、試験施工時に一体組立しボルト・溶接で事前にユニット化し、各工程に手待ちが無いようにした。

横取り設備についても架台・設備の試験施工を行い軌条の段差調整・装置確認を実施した。

(4) 架設桁の本線上事前待機

架設ブロックを架設当日にヤードから本線上に上架する当初計画であったが、発注者からの提案で事前に本線上のゼブラ帯へ搭載待機することにより多軸台車への架設桁事前搭載、待機が可能となり大幅な時間短縮が図れた。



図-5 高速道路上の事前搭載待機状況

(5) 仕口調整の試験施工

発注者からの提案があり、仕口調整の試験施工を事前に実施した。実際の架設地点へ桁移動を行い多軸台車の進入・停止要領、架台高さの決定、仕口ギャップの調整要領を事前に確認することが出来た。

4. おわりに

前述の施策により、海側G1桁の架設時には0:40の連結開始タイムリミットに対して22:53分の連結開始、横取り完了リミット4:00に対して2:17完了、と余裕を持って作業を進め無事に架設完了することが出来た。

受注当初から発注者は5ケ年の中でも最難関技術課題と捉えており、一晚10時間で施工完了するために、発注者、受注者の間で議論を重ねてきた。発注者よりご提案いただいた時短策は制限時間内での施工完了には欠くことのできないものであった。様々なご提案をいただいた発注者の皆様、事前検討や施工においてご協力いただいた協力会社の皆様に感謝申し上げます。

15 施工計画

ドローンを用いた既設構造物の現地計測について

日本橋梁建設土木施工管理技士会
株式会社 IHI インフラ建設
木下 繁伸

1. はじめに

本工事は、高知県須崎市の国道56号線の新莊川橋A1橋台、P1橋脚、P2橋脚において、落橋防止システムを設置する耐震補強工事である。また、その他、A1橋台～P2橋脚の経年劣化により損傷した橋梁の補修工事を実施した。

工事概要

- (1) 工事名：令和3年度 国道56号
新莊川橋耐震補強工事
- (2) 発注者：国土交通省 四国地方整備局
土佐国道事務所
- (3) 工事場所：高知県須崎市下分字馬越
- (4) 工期：2021年8月21日～2022年3月31日
- (5) 構造形式
【形式】ポストテンションPC単純桁6連
【橋長】157.2m
【架設年月日】1978年10月30日
- (6) 工事内容
 - ・伸縮継手工 109.2m
 - ・落橋防止システム（緩衝チェーン）12組
 - ・落橋防止システム（支承固定構造）12組
 - ・構造物撤去工 16.1m³
 - ・橋脚巻き立て工 1脚
 - ・ひび割れ補修工 2.3m
 - ・断面修復工 0.083m³
 - ・コンクリート橋足場等設置工 660m²



図-1 新莊川橋全景

2. 現場における問題点

落橋防止構造と水平力分担構造のアンカーボルトは前回工事で削孔まで完了しており、本工事はその孔を利用してアンカー定着工から施工する必要があった。また、新莊川は2級河川であり、渇水期は11月～2月という短い期間で厳しい環境下であった。足場設置可能期間は、H.W.L.の関係で11月～2月と定められ、その期間に足場組立⇒孔位置測量⇒図面作成⇒部材製作⇒部材取付⇒足場解体を行う必要があった。上記の条件で一番苦慮した点は、足場を仮設してから調査を開始するのでは、契約工期内に全作業が完了しないことであった。それに加え、落橋防止構造、水平力分担構造を設置する既設上部工は、PC桁が断面変化している位置であり、上部工の横断勾配や縦断勾配、上部工と下部工の高さおよび斜角などの取合いの計測は既設構造物の形状を正確に把握しなければならず、非常に高い精度で現地計測を行う必要があった。

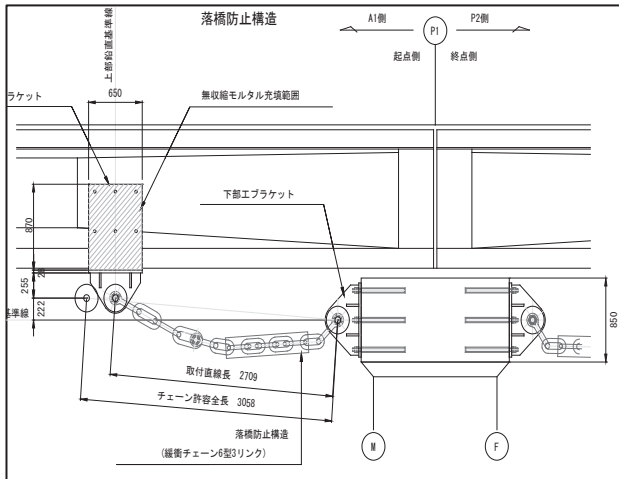


図-2 落橋防止システム一般構造図



図-3 落橋防止システム設置完了写真

3. 工夫・改善点と適用結果

工期を厳守し作業完了とするため、足場がなくても計測可能なドローンによるカメラ計測を採用した。(足場レス計測：(株)IHIインフラ建設+(株)補修技術設計共同提案事項)

計測方法は、後に3次元モデルを作成する際の基準尺となる標点を計測箇所付近に設置し、その後ドローンにて削孔孔と基準尺を含めて動画撮影を行う。取得した動画より、三次元点群データを生成し、計測に必要な箇所の三次元座標を取得、座標から半自動で計測図、取付図を作成した。その結果、計測精度の確保および当初工期内の工事終了を迎えることができた。



図-4 ドローン計測状況

今回、ドローンのカメラ計測を使用して気付いたこと10項目を以下に示す。

～良い点～

- ① 現場の計測作業に従来3～4日かかっていたものが、ドローン計測では2日短縮された。
- ② 現場の計測人員も従来3人程度必要のところ、1～2人で撮影が行えるため効率的である。
- ③ 調査費用は、点検車で全て行う場合(123,000円/基)より、ドローン計測(27,500円/基)の方が安い。
- ④ 計測した点群データ結果もデジタルデータとして使用できるため、CADデータ化することで多くの技術者が利用できるようになる。
- ⑤ 対象範囲を一度計測してしまえば、任意の断面の形状寸法が確認できるようになるため、計測し忘れや計測精度不足などによる再計測の手間がなくなる。
- ⑥ 計測結果が±2mm程度と、高い精度で計測することが可能である。

～改善点～

- ⑦ 点群データの合成に10日程度かかる点を考慮する必要がある。
- ⑧ 計測には専用機器、専用ソフト、専門知識が必要となるため、計測できる技術者が限られる。
- ⑨ 基準尺となる標点を計測箇所付近に設置する必要があるため、一度は橋梁点検車により計測箇所付近に行く必要がある。
- ⑩ ドローンが風の影響を受けやすいため、海上などの常に風が吹いている箇所では、狭い場所での操作が難しいと感じた。

4. おわりに

本工事においてドローンのカメラ計測を用いた既設構造物の現地計測を行った結果、現場での作業負担は大幅に軽減され、非常に効果的であったと考える。

最後に、本工事を施工するにあたり、ご指導・ご協力いただきました皆様方に厚く御礼申し上げます。

16 施工計画

国道を跨ぐ鋼橋架設における 架設方法変更と規制日数削減

日本橋梁建設土木施工管理技士会

高田機工株式会社

現場代理人・監理技術者 工事担当

玉野 法廉[○] 原 弘 太

1. はじめに

本工事は、府道茨木亀岡線、八尾茨木線と国道171号が交差する西河原西交差点において、道路の立体交差化を行う事業で、国際文化公園都市（彩都）東部地区のまちびらき等に伴う交通量の増加が予想される当交差点の交通渋滞の緩和を目的とする鋼上部工新設工事である。

工事概要

- (1) 工事名：主要地方道 茨木亀岡線外
橋梁上部工事
- (2) 発注者：大阪府
- (3) 工事場所：茨木市五日市一丁目
- (4) 工期：令和2年11月20日～
令和4年2月25日

- (5) 橋梁形式：鋼単純合成箱桁橋
- (6) 橋長：49.8m
- (7) 全幅員：8.4m

2. 現場における問題点

当初架設計画では桁地組立後、360tクレーンを2台使い、共吊りにて多軸台車へ搭載、その後架設地点まで多軸台車とクレーンを移動し、再度共吊りにて架設を行う施工計画であった。この計画では、地組立の際にベントを府道に設置するため、規制帯の常設が必要となる。また桁架設時には交差点の完全通行止めとなるが、迂回路の候補となる周辺道路の幅員が狭いため、大型車の通行可能な迂回路が複雑になり、交通に与える影響が大きくなることが予想された。

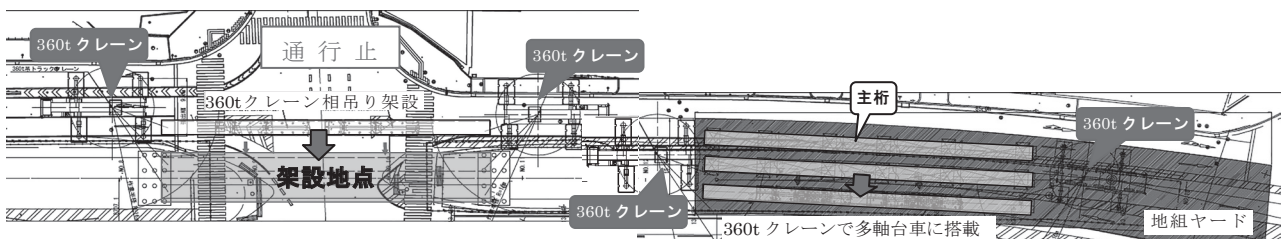


図-1 桁地組立と主桁架設（当初計画）

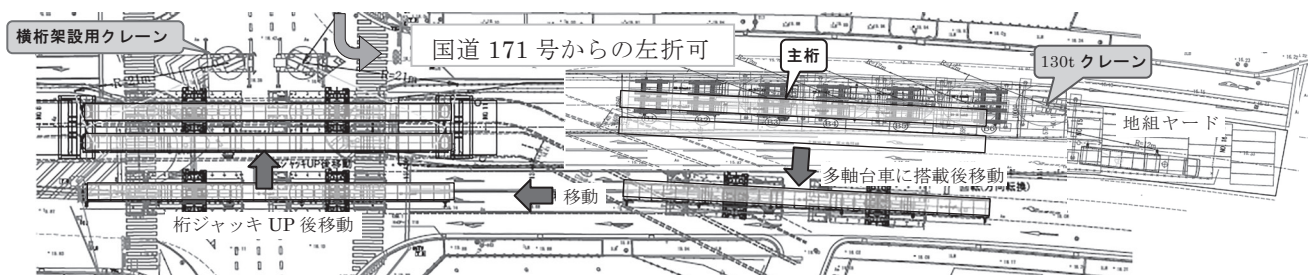


図-2 桁地組立と主桁架設（実施計画）

3. 工夫・改善点と適用結果

主桁架設方法の工夫

(1) 多軸台車とユニットジャッキの併用

架設方法は多軸台車にユニットジャッキを搭載して架設する方法に変更した。多軸台車の積載重量が鋼桁本体以外にユニットジャッキの重量で約30t増えたため、多軸台車の軸数を増やし、荷重を分散して接地圧の低減を図る必要が生じた。

しかし、一括架設時に架設地点での360tクレーン使用が無くなったことで、クレーンの設置スペースが不要になり、国道171号を完全な通行止めではなく一部通行可能にすることで、交通規制による影響を多少でも緩和することができた。また、当初予定のクレーン設置・撤去の作業時間が不要になったため、その時間を足場組立や横桁の設置に使うことができ、規制日数の削減にもつながった。さらに、多軸台車に主桁を搭載する際にもクレーンを用いなく、桁地組立をヤードの中で行うことが可能となり、常設の交通規制帯を設ける必要が無くなった。



図-3 主桁架設時の状況

(2) 合成床版のワンサイド施工

今回は主桁1本を1夜間で架設するため、合成床版パネルの設置は国道171号を部分規制し交差点上で作業を行った。通常、合成床版パネル同士のボルト連結部は、現場でボルトを挿入・締付を行った後に塗装作業を行うが、本工事ではプラスチック製の特殊な仮固定用ナットを使用し、製作工場にてボルト挿入・塗装を完

了した状態で出荷した。現場搬入後は、床版パネル上で連結版を配置し、高力ボルトの締付を行うことができる。そのため、合成床版パネル設置後に通常は必要となる下面からのボルト挿入作業とボルト塗装作業が不要になる。加えて、地組ヤードにて部材連結部の塗装作業を可能な限り終えてから桁架設をすることにより、国道上の足場を大幅に縮減することができ、足場の組立解体に必要な交通規制を削減することができた。

以上の工法を用いたことで、当初見込んでいた交通規制日数33日が実施日数8日となり、約76%の大幅な削減を可能にすることができた。

表 規制日数

| | | 1主桁一括 合吊り架設(当初) | 多軸台車および ユニットジャッキ による 1主桁一括架設(変更) |
|----------|--------|---------------------|---|
| 全面 規制 | 主桁架設 | 2日間(5時間/1夜間) 通行止 | 2日間(6.5時間/1夜間) 通行止 |
| | 吊り足場組立 | 10日間(7.5時間/1夜間) | 3日間(7時間/1夜間) |
| 部分 規制 | 横桁架設 | 2日間(7.5時間/1夜間) | 2日目の主桁架設時 に行うため規制不要 |
| | 合成床版設置 | 12日間(7.5時間/1夜間) | 3日間(7時間/1夜間) |
| | 吊り足場解体 | 7日間(7.5時間/1夜間) | 合成床版架設時 に行うため規制不要 |
| | 小計 | 31日間(7.5時間/1夜間) | 6日間(7時間/1夜間) |

4. おわりに

国道171号は兵庫・大阪・京都をまたぎ、茨木ICに接続する国道でもあり、交通量が非常に多いため、工事の交通に与える影響をできる限り少なくすることが施工の課題の一つであった。本工事で採用した多軸台車とユニットジャッキを用いる架設工法は、橋の形式や線形等の構造的な条件、交差条件やヤードの広さ、地組桁運搬ルートやその地耐力等の現場条件などの適合条件を満たす必要があるが、跨道橋の架設には有効な施工方法であると思う。現地条件により、送り出し工法や大型クレーンによる大ブロック架設等の他の工法と比較し、条件に見合った工法を選定することが重要であると考えます。

最後に、本工事の施工にあたりご指導・ご協力いただきました皆様方に厚く御礼申し上げます。

17 施工計画

砂原漁港取水管床掘時の浸食対策

(一社) 北海道土木施工管理技士会

株式会社富士サルベージ

佐藤 誠 ○ 中島 貴宏

1. はじめに

本工事は漁港内荷捌き施設に沖合から海水を取水利用するため、機械設備建屋を建設すると共に、岸壁の一部(30m)を撤去し、取水管(高密度ポリエチレン管)の水中敷設、建屋内への接続、水中コンクリートでの巻込み、上部工迄の岸壁復旧工事である。

工事概要

- (1) 工事名：砂原漁港
-3.0m岸壁改良その他工事
- (2) 発注者：北海道開発局函館開発建設部
- (3) 工事場所：北海道茅部郡森町
- (4) 工期：令和3年7月2日～
令和4年3月22日

2. 現場における問題点

取水管を引込むため、既設岸壁の上部工、鋼矢板撤去、および取水管設置深さ-5.0mまでの床掘が必要である。当初床掘は、-5.0mから自然勾配で計画されていたが、潮の干満や漁船の航跡波の影響による浸食、重機の足場確保や作業半径が大きくなり大型クレーンの確保等が懸念された。

また、機械設備建屋の建設においては、当初海側の土留め止水対策として鋼矢板を計画されていたが、駒ヶ岳(標高1,400m)の麓に位置している漁港のため、地下水の高さや湧水の影響が懸念された。また、地下水の水質調査を行った結果、

浮遊物質量で基準値を超える結果となったことにより、港内流入によるホタテ養殖への影響も懸念された。試掘の結果これらの対策を必要とした。

3. 工夫・改善点と適用結果

取水管設置の床掘-5.0mを確保するための対策として、裏込に影響を及ぼさない位置に鋼矢板による土留めを行い、土砂の流失等を防止した。

また、クレーン等の重機の作業半径も22m(図-1)から12mと10m(図-2)短くなり、作業効率が高くなると共に、安全面や経済面においても効果を発揮した。

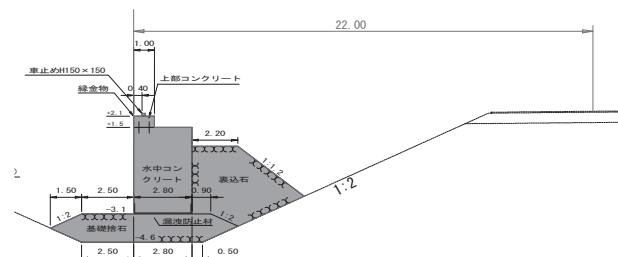


図-1 当初(構造物設置時)断面図

床掘地山勾配1:2でクレーン作業半径が22m程度必要。

裏込石の法尻に鋼矢板を打ち込みクレーン作業半径を12m程度にする。

機械設備建屋の対策としては、全周をIV型鋼矢板自立式で土留め・止水(図-3)することで、地下水や湧水に効果を発揮し、かつクレーンの作業半径も短くなり、作業効率等に貢献することができた。

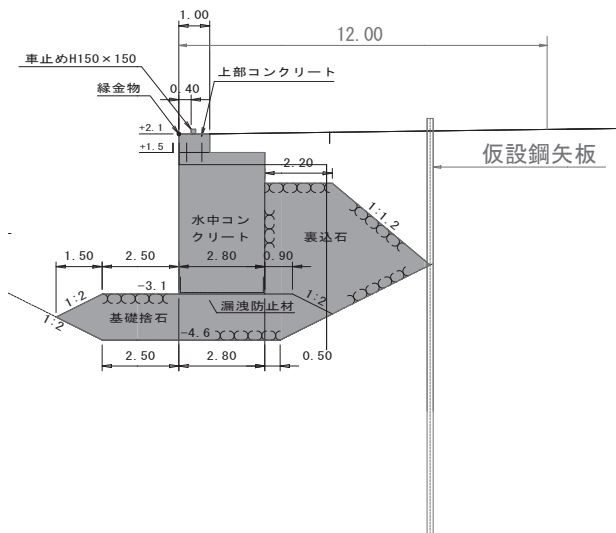


図-2 鋼矢板土留による断面図

また濁水ろ過処理と濁水防止対策に高性能小型濁水処理機を設置し、所定の工期内に竣工することが出来た。今回使用した濁水ろ過システムは環境配慮型水処理システム中でも小型水処理機であり主に道路工事の橋台や橋脚の基礎掘削時の排水、トンネル工事の掘削時の湧水や掘削ズリからの排水、浚渫工事などの厳しい排水基準にも対応している処理システムある。送水された濁水（原水）凝集剤添加から攪拌・沈降・処理水及び汚泥排出までを一貫して行う処理システムとなっており、高い処理効果を発揮し、30～90t/hの濁水を処理することが出来る。

また、環境にも配慮しCO₂を大幅に削減したものとなっている。中性無機系凝集剤（珊瑚、貝殻、海藻類など天然鉱物の化石粉末主原料とする凝集剤）を濁水に添加することにより、汚れを吸着する物質、沈殿を促進する物質など数種類の天然鉱物配合した粉体で、濁水中に浮遊する「汚れ粒子」の間に入り、速やかに凝集・沈降させ清澄水とスラッジに分離することができる。一般排水基準の有害物質の28項目及びその他の項目12項目を試験採取した後、ろ過システムを使用し作業にあたった。水質管理基準に上記システムにてろ過することにより漁業者の養殖施設への対応も問題なく工事を進めることができた。



図-3 鋼矢板土留による止水（機械設備建屋）

4. おわりに

工期は7月2日から3月22日までであり10月中旬より漁期繁忙期と重なるため、漁船の荷揚げや係船に多大な影響を及ぼすことが懸念された。工事場所は漁業組合の出荷施設に隣接しており、大型トラック等の出荷搬出入に支障をきたす恐れもあった。これらの作業等に影響を及ぼさないよう工事を円滑に施工することが重要条件であり、また-10度以下にもなる寒冷地での冬季施工における品質の確保も重要であった。発注者との協議のもと、変更協議も適時進めることができ、漁業関係者には多大なご協力を頂き、無事故で工期内に終えることができた。

最後に、工事に協力いただきました漁業関係者の方々、並びに協力業者の皆様方に誌上をお借りして感謝いたします。

18 施工計画

段差が発生した個所への防舷材取り付けにおける工夫

東京土木施工管理技士会

東亜建設工業株式会社

作業所長

吉 田 慎 〇 本 間 樹

1. はじめに

本工事は、只見川の片門ダムにおいて浚渫工事を行うために、浚渫船の船着場や浚渫土砂置場の造成を行ったものである。工事内容のうち、クレーン台船を接岸させるための物揚場（延長12m、幅15m、厚さ3m）を施工した。

工事概要

- (1) 工 事 名：片門（発）調整池船着場設置工事
- (2) 発 注 者：東北電力(株)会津発電技術センター
- (3) 工事場所：福島県河沼郡会津坂下町片門
- (4) 工 期：2020（令和2年）10月12日～
2022（令和4年）11月25日

2. 現場における問題点

物揚場は、基礎部である方塊ブロック工から施工したが、基礎石を施工するため、重機足場となる箇所を掘削してから行う必要があった。そのため、物揚場背面の重機足場は4.5m程度の幅となり、ラフタークレーンのアウトリガを十分に張り出せないこととなった。このことから、方塊ブロック（11t/個）の据付けは、水平距離で20m以上、段差で7mがある地盤から行う必要があった。また、方塊ブロックの据付場所は水深が2mほどであったことから、作業は220tクレーンと潜水士による合番作業で行った。その結果、方塊ブロックを据え付けた出来形位置に凹凸が生じたため、以降に示す問題を解決しなければならなかった。



図-1 施工で使用した220tクレーン

- ・問題1：方塊ブロックの出入りに合わせて防舷材を取り付けると、クレーン台船接岸時には法線から飛び出している防舷材から負荷を受け、防舷材が破損する懸念がある。
- ・問題2：防舷材を固定する4本のアンカーボルトを図面通りに取り付けた場合、上から2本目のアンカーボルトが方塊ブロックの縁に極めて近い位置となる。そのため、アンカーボルトの取付け作業を行う際に方塊ブロックが破損する可能性がある。
- ・問題3：物揚場の水位は片門ダムの水位調整が優先される。水位調整は高水位189.0mから低水位187.5mの1.5m間で変動するため、低水位時でも足元から1.0mは入水した状態で防舷材の取付けを行うことになる。河川に1.0m以上入水し、足元の見えない中での作業は、低体温症や水中転落の恐れがあり不安全であった。また、橋梁点検車や枠組足場の使用を検討したが、橋梁点検車は

水中に配線が触れると故障の原因になること、枠組足場は水中へ安定ささせるのが困難という問題が発生した。

3. 工夫・改善点と適用結果

全ての防舷材が均等に負荷を受けるためには防舷材を同一の法線上に取り付ける必要がある。このことから、防舷材の取付け基面である上部工は、最も河川側に出ている方塊ブロックの法線に合わせて施工した。最も河川側に出ている方塊ブロックの位置は法線に対して+25mm、最も陸側にある方塊ブロックは-15mmだったため、上部工を+25mm前出しすると40mmの間隙が生じる。

防舷材は7基を取り付けるが、生じた間隙は防舷材の取付け箇所によって異なるため、間隙に応じた厚さ15mm～40mmのゴム板を用意した。これにより、防舷材と方塊ブロックとの間隙を解消し、防舷材の法線を揃えた。また、標準長さのアンカーボルトではゴム板の厚さ分、根入れが浅くなることから、ゴム板厚分の長さを延長したアンカーボルトを使用して、十分な根入れを確保した。

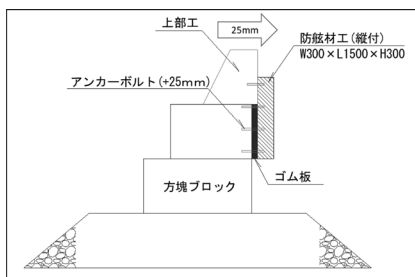


図-2 断面図（上部工前出し時）

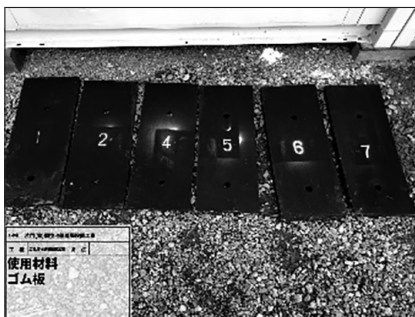


図-3 間隙に使用したゴム板

また、アンカーボルトの削孔時に方塊ブロックを破損させないために、防舷材の取付け高さを変更し、アンカーボルト位置を問題のない位置に移

動することとした。防舷材の高さを変えると、接岸するクレーン台船との位置関係が変わるため、空船時とクレーン搭載時の接岸位置を検討した。その結果、防舷材の取付け位置を250mm上方に移動した場合でも、防舷材とクレーン台船は問題なく接する事が判明した。

以上の改善により、防舷材は方塊ブロックを破損することなく取り付けられた。また、上部工のコンクリート打設前に対策を検討したことにより、アンカーボルトの上方2本は埋め込み型に変更し、あと施工の削孔手間を省略することができた。

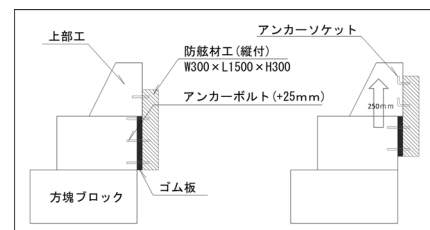


図-4 断面図（防舷材移動前・後）

防舷材の取付けを行う際の入水を減らすため、碎石を用いて作業足場を作成した。これにより、橋梁点検車や枠組足場を使用することなく施工することが可能となり、移動の制約がない作業が可能となった。作業足場の碎石は、そのままですると後々、クレーン台船の接岸時に障害となるため、作業完了後にICTバックホウを使用して基礎捨石面までを撤去した。



図-5 防舷材取付け完了時

4. おわりに

本工事が順調に進められたのは、設計変更などに発注者が快く承諾いただいたこと、協力業者ならびに現場関係者の理解と協力によるところが大きい。この場を借りて深く感謝する次第である。

19 施工計画

法面上部崩壊による湧水処理対策

長野県土木施工管理技士会

株式会社倉品組

技術営業課長

寺嶋 孝雄[○]

土木部長

木村 良紀

係長

山田 和英

1. はじめに

本工事は、スキー場施設を有する豪雪地帯の集落において、山側からの落石及び雪崩を防止するため落石防護網を設置する防災工事である。

工事概要

- (1) 工事名：令和2年度 防災・安全交付金
災害防除（緊急対策事業）工事
- (2) 発注者：長野県大町建設事務所
- (3) 工事場所：（一）青具築場（停）線 大町市
ほか 青具～築場（平工区）
- (4) 工期：令和3年3月26日～
令和3年11月15日

落石防護工（ポケット式ロックネット工）L=181m

カゴ枠工 L=20m H=2.5m

簡易吹付法枠工 A=85m²

2. 現場における問題点

現場の地山は礫混り土の法面で、崩土跡が施工区間内に多数見られ過去に法面崩落があった事がうかがえる（図-1）。

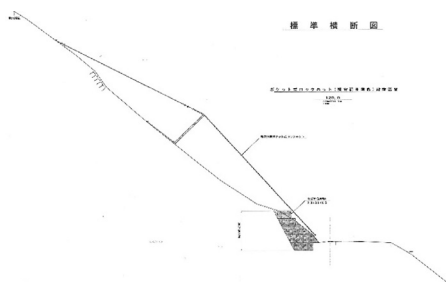


図-1 標準横断面図

法面下の土側溝には晴れた日でも多量の水が流れており、地山全体から湧水が生じている事が予想された。よって施工中の法面崩落対策が最重要課題となった。その他、アンカー打設施工時の金属打撃音が周辺住民に不快感を与えることが懸念されたので騒音防止対策を行う必要があった。

3. 工夫・改善点と適用結果

土留工（カゴ枠工）の施工過程で、地山の状況を確認しながら法面掘削を行っていくと、予想通り切土面から湧水が見られた。当初は溝を切り湧水を集めて処理を行い丸太土留工で対処したが、降雨により法面崩落が繰り返し発生する事態となってしまった。そこで、リーチが長いロングアーム重機（図-2）を使用して法面上部の崩落土の除去作業を行って地山の安定勾配を確保した後、湧水が見られる切土法面表面の浸食防止対策として袋詰め玉石を配置した（図-3）。これは河川の根詰め工として通常使用されることが多い



図-2 ロングアーム使用



図-3 袋詰め玉石

が、法面の被覆効果も高く、表面浸食を防止湧水の排水を促して法面崩落を抑えた。次に湧水の少ない切土法面の浸食防止のため簡易吹付法砕工を施工した。中腹箇所の湧水対策には透水性の良い天然ヤシ繊維を法面に設置し、排水を促し法面の安定を図りながらラス網等を張り、枠内植生基材には植物活性剤を使用して早期に植物の育成を高めて緑化促進を行い、周辺の自然環境の保全調整に配慮した。落石防護網工のアンカー打設作業にはコンプレッサーの杭打機を使用するが金属の打撃音が響くため、アンカー上部に防音マットを被せることで騒音対策を行い現場周辺の環境に配慮した(図-4)。



図-4 アンカー打込み作業時の騒音対策

4. おわりに

施工するにあたり、事前の地元説明会の開催、現場の進捗状況や交通規制情報等を通知するお知らせ文の地元平地区全戸配布などで工事の周知・理解を求め、トラブルが発生しない様に配慮した。また、交通規制中の現場周辺の草刈りや水路の清掃等を行い、現場で発生した伐採木を地元地権者から薪として使いたいとの要望があったので引取に來られた際、重機等を用いて軽トラック等への積込みの手伝いを行った(図-5)。



図-5 地元地権者引取り時の伐採木積み込み

コロナ対策として朝礼時の体温測定やこまめなアルコール消毒、打合せ時のマスク着用とソーシャルディスタンス確保等の対策を徹底し、体調の管理・感染予防を行うことで、現場から感染者は1人も出なかった。発注機関との協議もコロナ禍対応として電話やメール連絡に加えてSNSツール(LINE,ZOOM)を活用した。現場状況の画像送信により施工状況の変化を迅速に双方で共有確認でき、現場での対面機会を可能な限り減らしつつ円滑な連絡協議の積み上げを実施した(図-6)。



図-6 SNSを利用した現場協議

特に湧水による法面崩落時には施工方法について発注者等関係機関と協議・考察を積み重ねた。道路谷側の集落等に2次災害を起こさせない様に仮設計画の見直しや交通規制等で計画変更をせざるを得ない中、地元住民および地権者の理解協力がなければ工事は進められなかった。感謝の気持ちとして、地区内のスキー場内の道路整備や倒木・伐木処理を行って周辺の環境保全に努めた。

最後に、安全な環境で施工を進める上で発注者はじめ関係機関、地元住民地権者の皆様からいただいた数々のご指導ご鞭撻にこの場を借りて感謝申し上げます。

20 施工計画

狭隘な作業ヤードにおける 歩行者デッキの架設について

日本橋梁建設土木施工管理技士会

宇野重工株式会社

監理技術者兼現場代理人 工事1課チーフリーダー 設計課リーダー

高橋 哲也[○] 竹谷 由美 稲村 祐行

1. はじめに

本工事は、名古屋臨海高速鉄道あおなみ線金城ふ頭駅と名古屋市国際展示場新第一展示館を結ぶ歩行者デッキの架設工事である。

完成時には、金城ふ頭駅から駅舎地上部へ降りることなく、名古屋市国際展示場新第一展示館へ直接アクセス可能となり、歩行者の安全性と利便性が向上する設備となる。

工事概要

- (1) 工事名：あおなみ線高架下
歩行者デッキ整備工事
- (2) 発注者：名古屋市住宅都市局
都市整備部名港開発振興課
- (3) 工事場所：愛知県名古屋市
港区金城ふ頭三丁目 地内
- (4) 工期：令和3年6月7日～
令和4年9月16日

【橋梁諸元】

上部工：立体横断歩道橋（ラーメン構造）

下部工：鋼円柱式橋脚（φ1016）

基礎工：回転圧入鋼管杭（φ700）

鋼重：104.4t 橋長：68.3m

支間長：30.0m+10.6m+20.0m

2. 計画立案における課題

当現場は駅舎高架下での作業となるため、既設橋脚に囲まれ、上空制限がある狭隘な作業ヤード

であった。そのため下記に示す課題が3点あった。

- ① 基礎杭施工時における杭打機の配置
- ② 上空制限下でのデッキ桁架設
- ③ 重機資材の搬入路確保（隣接工区に影響）

3. 工夫・改善点と適用結果

- ① 杭打機の配置について

現地調査の結果、当初の計画位置ではP1橋脚施工時に杭打機リーダーが駅舎既設デッキ（2階部分）と干渉することが判明した。このため、点群データから施工空間の把握を行い（図-1）、杭打機の配置を決定した。しかし、決定した位置では杭打機の旋回が、既設橋脚により制限されることから、杭材のセッティングに補助クレーン（4.9t吊テレスコピッククレーン）を併用した（図-2）。



図-1 施工空間の把握 図-2 杭打機配置状況

その結果、駅舎2階既設デッキ部分及び、既設橋脚に接触することなく杭材をセットし、基礎杭施工を完了することができた。

- ② 上空制限下でのデッキ桁架設について

1) 架設工法の選定

デッキ桁の架設においてP1-P2間は、上空制限から架設用クレーンの配置が出来ないため、軌

条設備を設置した送り出し架設を採用した。デッキ桁は、架設用クレーンが配置可能なP2側より軌条設備上に架設し、P1側へ送り出した（図-3）。

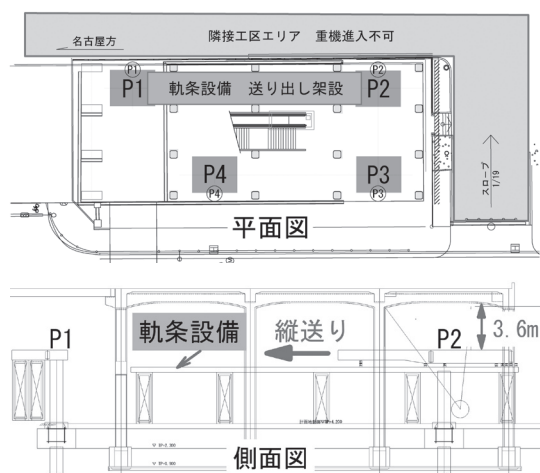


図-3 送り出し架設計画

2) 吊り金具の配置

デッキ桁の架設は、クレーンの巻き代を確保することが重要であった。そのため、前項の点群データにデッキ桁の3Dモデルを加え、桁上空間が3.6mであることを把握した。上記の条件から、吊り金具の間隔を1000mm以下とすることで、吊具の高さを抑え、巻き代を確保した（図-4）。

また、2点吊りとなるデッキ桁については、重心調整用のピースを追加配置し、架設時の微調整が可能となるよう工夫した。

以上により、デッキ桁37ブロック中P1-P2間の8ブロックを軌条設備による送り出し架設、他ブロックについてはベント設備の設置撤去を繰り返してのクレーン架設を完了することができた。



図-4 デッキ桁架設状況

③ 重機資材の搬入路確保について

上記①②の作業を遂行させるために、重機資材の搬入路について隣接工区と調整し、P3橋脚側を乗入れ口とした。外構壁の仕様変更も含め、支障となった万能塀を一部解体することを提案し搬入路を確保した（図-5）。

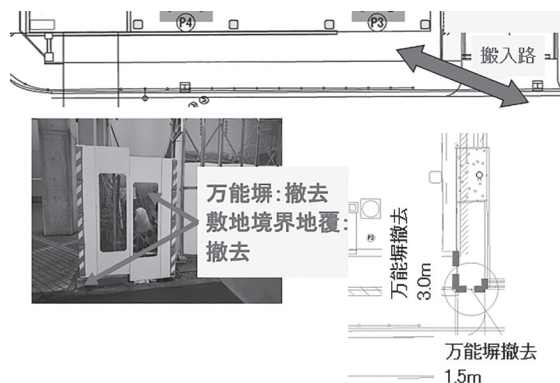


図-5 搬入路の確保

以上の結果により、制限の多い狭隘な作業ヤードであったが、既設構造物への接触なく無事架設を完了した（図-6）。



図-6 完成写真

4. おわりに

今回の工事を通じて、当初計画における現地との整合性確認が大切であることを再認識した。

隣接する工区との事前調整、お互いの工事進捗に応じた臨機の対応は、日頃のコミュニケーションを図っていたからこそ可能だったと考える。

また、工事に携わる関係官庁地元管理者の理解が工事を円滑に進められた大きな要因であった。

本工事の施工にあたり名古屋市住宅都市局、名古屋港管理組合、隣接工区関係者各位への感謝と共に、今回の経験を他工事にも活かしていきたい。

21 施工計画

大型・重量部材を用いる 鋼橋耐震補強工事の施工に関する工夫

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本橋梁株式会社

監理技術者

作業所長

計画担当

三宅 淳一〇

赤澤 清一

西川 岳志

1. はじめに

本工事は、2016年4月に発生した熊本地震における橋梁の被災状況を踏まえ、今後発生が予想されている大規模地震発生時に周辺地域が被災した場合においても、高速道路が緊急輸送路としての機能を失うことがないように橋梁の耐震補強を実施する工事である。耐震補強の実施範囲は、下部構造に関しては橋脚の炭素繊維シートによる巻立て補強を行い、上部構造に関しては主桁断面補強、支承取替、ダンパーの設置、落橋防止構造、段差防止構造の設置などの施工を行う。

工事概要

- (1) 工事名：松山自動車道
長谷川橋耐震補強工事
- (2) 発注者：西日本高速道路株式会社四国支社
- (3) 工期：自 令和3年2月1日
至 令和5年12月17日

(4) 工事場所：愛媛県四国中央市寒川町

(5) 構造形式：側径間) 鋼3径間連続鈹桁橋
中央径間) 鋼単純上路式トラス橋

2. 現場における問題点

上部構造の耐震補強に伴う主桁断面補強部材や取替対象支承部材、支承交換に伴うジャッキアップの土台となる鋼製ブラケット部材などは、大型部材となるため1~3t程度の重量物であった。また、本工事の施工箇所周辺は、道幅が狭く、大型車両の通行および荷役クレーンの設置が困難であるとともに、中央径間の直下には河川があり、作業ヤードが確保できない状況であった。さらに、側径間部も供用路線の直下しかヤードが確保できず、クレーン設置および大型部材取込が出来ない条件となっている。よって、大型かつ重量部材をいかに安全で効率よく搬入・設置するかが、課題となった。

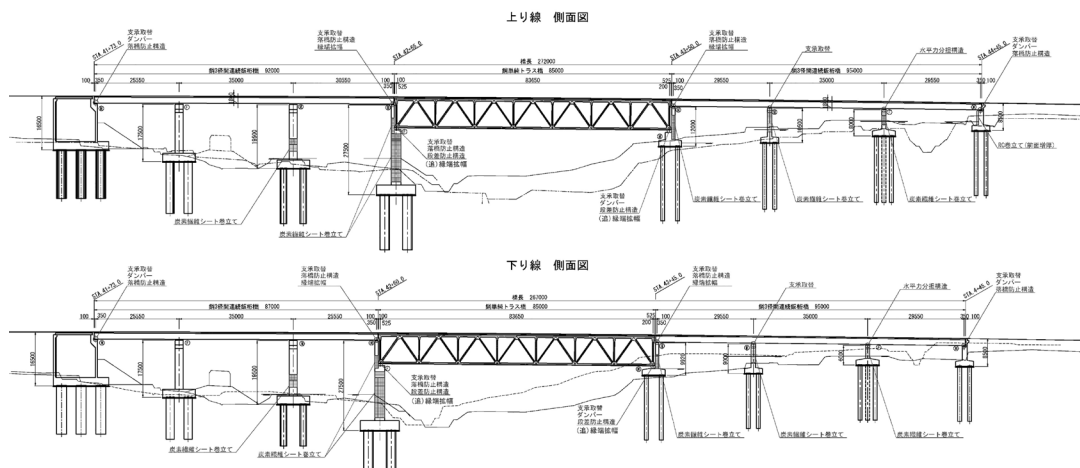


図-1 補強箇所一般図

3. 工夫・改善点と適用結果

補強部材の搬入は、高速道路本線の2車線中1車線を規制し、その規制帯に部材運搬車両及びクレーンを配置して行った。使用するクレーンは、旋回半径を規制範囲内に納めるために13t吊クレーン以下とする必要があった。そのため、設計段階で分割可能な部材は分割構造とし、可能な限り部材の小型軽量化を図った。以下に、橋梁構造毎の部材設置の工夫について記述する。

(1) 鈹桁部の補強部材運搬・設置の工夫

鈹桁部に設置するブラケット部材は重量が最大2.2tであったが、作業足場の構造上、仮置きや載荷を伴う横移動が出来なかった。また、既存主桁と設置位置との空間が狭かったため、吊り装置構造について工夫が必要であった。以下に吊り装置構造に関する留意点を記述する。

- ① 橋面上から降下した部材を桁下に取り込むため、図-2に示す横移動用の梁を設置し、部材搬入作業の効率化を図った。
- ② 主桁間は横断勾配により高低差を有していたため、横移動用の梁部材の設置高さを調整出来る構造とし、梁部材を水平に保つことにより部材の逸走による事故防止に努めた。



図-2 鈹桁部 部材取り込み状況

(2) トラス桁部の補強部材運搬・設置の工夫

トラス桁の補強部材は、最大長さ約9.0m、最大重量約1.5tの長尺・重量部材であった。以下に、部材設置に伴う工夫について記述する。

- ① 補強部材は重量があるため、鈹桁部同様足場上には仮置き出来なかった。よって、部材の搬入および設置は「荷取り用」「部材設置用」など複数の吊り装置（図-3）を備えることで、足場に負荷を加えることなくスムーズに施工を行った。
- ② トラス補強部材は、上下を既設構造に挟まれた箇所に接続することから、既設部材に影響されない吊り構造を有している必要があった。さらに、接続作業時には部材位置および角度を空中で保持できる吊り構造を有している必要性があった。よって、部材に吊り金具を設置し、吊り位置を複数設けることで、制約がある空間内での部材取り回しを可能とした。

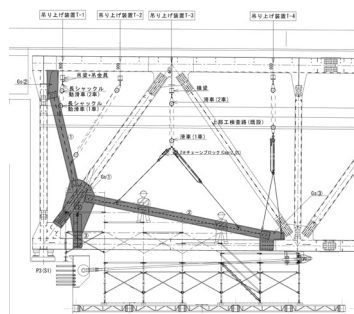


図-3 トラス部 吊り構造図



図-4 トラス部 部材吊り上げ状況

4. おわりに

今後、橋梁の維持修繕工事は増加すると考えられるが、高速道路の交通規制は社会的影響が大きいことから、円滑な施工による規制期間の短縮が求められている。よって、微力ではあるが、本報告書にて施工方法を共有することにより、今後の類似施工の参考になれば幸いである。

最後に本工事の施工にあたりご指導頂きました皆様方に感謝と御礼を申し上げます。

22 施工計画

リニューアル工事における新橋の架設

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本橋梁株式会社

監理技術者

工事主任

工事主任

川 端 一 徳[○]

小 谷 博 紀

田 本 樹 里

1. はじめに

本工事は、名神高速道路リニューアル工事の関連工事であり、将来計画されている本線橋梁（多賀橋梁）（以下多賀橋という）の橋梁架替工事のための迂回路を構築する工事である。

多賀橋の橋梁架替工事では、通行規制が必要となるが、当該計画区間は48,048台/日（H27センサスより）の交通量があり、車線数の減少を伴う通行規制は社会的影響が極めて大きい。したがって、多賀橋の前後区間に本線の迂回路を設置し、橋梁工事中においても現況同様の4車線（上下線各2車線）を確保する方針で工事全体の設計がなされている。

本工事では、この事業中の河川・鉄道・道路に交差する部分の迂回路橋2橋（多賀橋迂回路橋・八日市84橋梁）の施工を行うものである。



図-1 本線橋梁（多賀橋梁）

工事概要

- (1) 工 事 名：名神高速道路（特定更新等）多賀橋
他1橋橋梁補修工事
同多賀橋（鋼上部工）工事
- (2) 発 注 者：NEXCO中日本彦根保全SC
- (3) 工事場所：滋賀県犬山郡多賀町地内
- (4) 工 期：平成29年11月28日～
令和6年8月5日
令和3年2月18日～
令和6年10月29日

2. 現場における問題点

- (1) 近江鉄道委託工事引渡への遅延

多賀橋迂回路橋では、近江鉄道をまたぐ区間は近江鉄道委託工事となり、工事全体のクリティカルパスとなる。近江鉄道委託工事では、本工事で架設するP1～A2の鋼桁上へ架設用架台を設置して、送出し架設工法による工事が予定されている。したがって、本工事に遅れが生じた場合には、工事全体へ影響を与えるため、工程遅延が予想される工種への対策が必要であった。

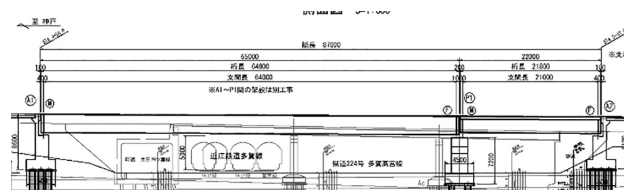


図-2 多賀橋迂回路橋側面図

(2) 輸送桁の建て越し

八日市84橋梁では、桁高が高く特車許可条件では、鋼桁の荷姿を横向にするよう限定されていた。この場合に現地では、鋼桁を安全に建て越しする必要が生ずる。しかし、地形条件より架橋地点では橋梁横の幅員約7.0mの町道を占用して、鋼桁を架設するため、クレーンや搬入車両の配置により建て越し用の補助クレーンを配置することが困難であった。したがって、架設クレーン単独による安全な建て越し要領が必要であった。

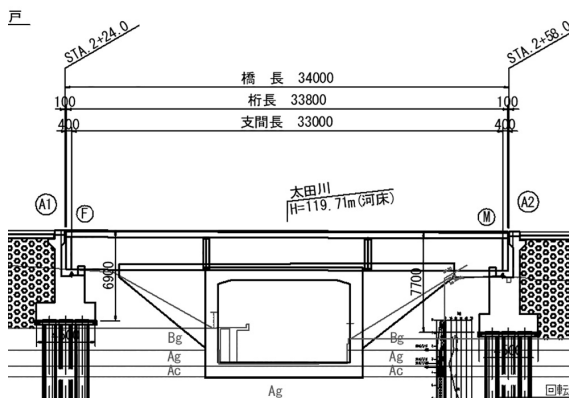


図-3 八日市84橋梁側面図

3. 工夫・改善点と適用結果

(1) 近江鉄道委託工事引渡への遅延回避対策

多賀橋迂回路橋では、下部工のアンカーホール計測から支承アンカーボルト位置を決定した場合、支承出荷までに2ヶ月程度を要するため、近江鉄道委託工事への鋼桁引渡し時期がタイトなスケジュールとなっていた。何らかの要因で工事が遅延した場合には、近江鉄道委託工事への引渡し時期が担保できない可能性が大きかった。



図-4 多賀橋迂回路橋架設完了状況

そこで、下部工工事と詳細な打合せを繰り返すことにより、精度良い支承アンカーホールの施工を実現し、支承アンカーボルト位置を設計図面通りに製作することが可能となった。これにより、近江鉄道委託工事への引渡し時期までに約2ヶ月程度の余裕ができ、全体工程の遅延を回避した。

(2) 治具を用いた桁の建て起し

横積された鋼桁を現地にて、クレーン1台を用いて建て起す場合、下フランジのコバ下面を支点として90°回転させる要領で建て起すことが多い。この場合、回転と同時に重心が刻々と変化するため、クレーン操作が難しく、不慣れなクレーンオペレータが建て越しを行った場合には大きな揺動が起り危険な場合がある。したがって、クレーンオペレータの技量によるところが大きく安全性を担保することが難しい作業となる。

八日市84橋梁では、安定した作業を実現するため、ヒンジを設けた治具を考案し、その治具のヒンジ部を支点として桁を回転させることで揺動をなくし、安全に建て越しすることが可能となった。

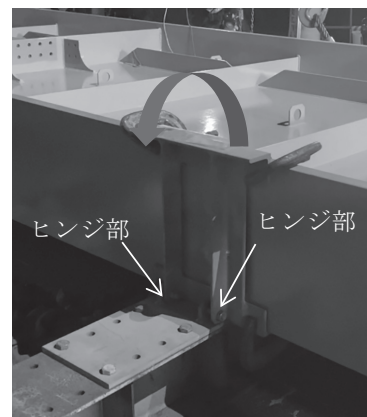


図-5 立起し治具

4. おわりに

本工事は名神高速道路リニューアル工事の一部ではあるが鋼上部工事である。補修工事での発注には、架け替え等の新橋が含まれる場合があり、補修工事とはいえ架設技術の伝承は急務であると感じた現場であった。

最後に、本工事の設計・施工にあたりご指導いただきました皆様方に厚くお礼を申し上げます。

23 施工計画

長大トラス橋における鋼部材の断面補修および塗替塗装における工夫

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本橋梁株式会社

主任技術者

新井 克典[○]

設計担当者

玉木 裕史

設計担当者

川村 弘昌

1. はじめに

本工事は沖縄自動車道の1975年に開通した北部区間に位置する鋼トラス橋の床版取替工事を主とした大規模更新工事である。

工事概要

- (1) 工事名：令和元年度沖縄自動車道（特定更新等）億首川橋（下り線）他1橋床版取替工事
- (2) 発注者：西日本高速道路株式会社九州支社
- (3) 工事場所：沖縄県国頭郡
- (4) 工期：2020年3月～2023年5月
- (5) 施工：オリエンタル白石・日本橋梁特定建設工事共同企業体

本報告では主とする床版取替工のほか、鋼桁に吊足場を設置して行うボルト取替72,000本、鋼桁の全面塗替塗装14,000m²、現況調査で確認された鋼部材腐食部の断面補修について報告する。

2. 現場における問題点

本工事の現場施工における問題点を以下に示す。

- ① 鋼橋上部は金武ダム湖上空を通過しているため、橋梁直下に地上ヤードがない。
- ② トラス構造特有の問題として、腐食が著しい格点部の調査、補修方法の検討が必要になる。
- ③ 既設塗膜に鉛等有害物の含有が確認された。
- ④ 橋長約300mの鋼3径間連続トラス橋の広範囲に全面塗替塗装を実施するための課題がある。

3. 工夫・改善点と適用結果

前述の各課題を解決するための方法として、次の工夫を実施した。

- ① 床版取替作業では既設床版コンクリートの破砕時重量やオープンプラスト時の発生砂の作業時荷重を考慮して「先行床施工式フロア型システム吊足場」を使用した。床版取替、塗替塗装用の鉛直足場としては「くさび緊結式仮設構造物」を使用し、各作業ステップで足場を盛替えながら作業を行った（図-1）。プラスト・塗装時の防護設備として、台風発生から2日後には接近する恐れがあるため、「板張防護」から「防音シート+目張り」に変更し、本工事では足場シートやネットの巻上げを4回行った（図-2）。

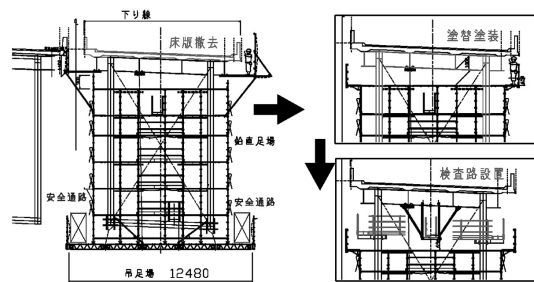


図-1 足場ステップ 床版・塗装・付属物取付



図-2 足場防護シート展張時と台風時巻上げ

② トラス部格点部の下弦材付近、添接板付近は塩分と湿気を帯びた塵埃や砂が堆積しやすく腐食の進行が早いため、事前調査を行い、腐食したさび箇所をエアーチッパーで撤去して緊急対応の必要有無を確認した。腐食の著しいトラス格点部の主部材は溶接を行わず、当て板補強材を高力ボルト締付により設置した。トラス主部材は箱断面であり片側施工のみ可能となるため、部材外側から締め込み可能なワンサイド高力ボルトを使用した(図-3)。ボルト軸部で遅れ破壊の恐れがあるF11Tの高力ボルトからAl-5Mg溶射高力ボルトへのボルト取替工では、溶射被膜が多孔質で柔らかく、弾性範囲でのトルク管理では安定した軸力確保が困難であるため、導入軸力が高いナット回転角法により品質管理を行った。ダム湖上で配線距離が長いいため安定した電力量を確保するためオイルパン付き発電機を追加した。継手照査でボルト取替本数の決定は、添接板のサビや汚れを研磨するため電動工具が使用できる作業スペース「4本を群」とみなして検討した(図-4)。

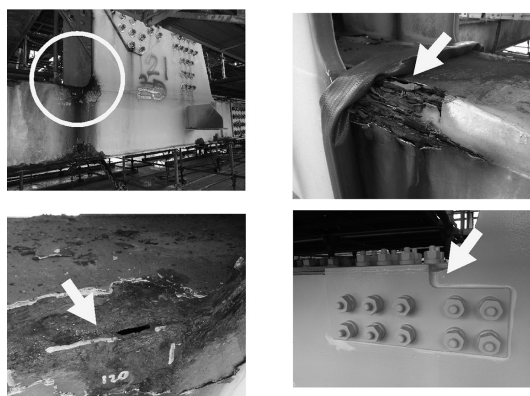


図-3 腐食状況と当て板補強

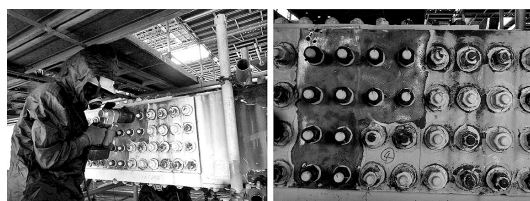


図-4 溶射高力ボルトを4本単位で取替

③ 塗替塗装時の調査として、事前の成分調査を行い、鉛、PCB、六価クロムの有無を確認したところ塗膜除去は鉛該当作業となり、廃塗膜は特別産廃処分とした。本橋は過去4回の塗替工事が行

われており、既設塗膜厚は約1200 μ mと厚く、塗膜剥離剤による事前試験の結果では4回程かかることよりIH式塗膜剥離工法を採用した。ダム湖上で液体漏れができない状況で、粉じんをほぼ出すことなく、剥離塗膜を膜状で剥離することが可能となる他、廃棄物量を大幅に減量することができた。なお、除去作業、ブラスト時にはクリーンルームの設置、エアラインマスク・保護マスクの使用、鉛の環境サンプリング調査を定期的実施した(図-5)。



図-5 塗膜除去状況と剥離塗膜回収

④ 鋼トラス橋でのオープンブラストの際、橋梁端の陸上ヤードから150m以上の範囲については、コンプレッサのホース類が届かず、ブラスト砂や燃料供給もできないため、高速規制帯内に入し車上に搭載したブラスト機、砂、発電機・コンプレッサ、バキューム車を2チーム組んで効率的に作業を実施し、工期の短縮を実現できた(図-6)。



図-6 ブラスト施工状況

4. おわりに

現在も工事が進捗中であり、引き続き安定した品質管理やダム湖上で環境に配慮した施工を進めていくよう努める所存である。

本工事においてご指導を賜りました西日本高速道路株式会社、九州支社沖繩高速道路事務所の方々をはじめ関係各署、協力会社、共同企業体の皆様に謝意を申し上げます。

24 施工計画

JR 線上の送出し架設について

日本橋梁建設土木施工管理技士会
宮地エンジニアリング株式会社

設計担当

藤 田

学〇

現場担当

奥 原

正 大

製作担当

横 澤

幸 貴

1. はじめに

本工事は、NEXCO西日本が事業を進める新名神高速道路の内、JR奈良線と立体交差する箇所の上部工架設を手延べ式送出し架設工法にて行う。JR西日本が、NEXCO西日本より工事委託を受け、大鉄工業(株)が受注し、当社にて架設工事を行う。送出し架設の対象区間はP4～P5間となる。また、JR工事委託範囲を除く、A1～P6間の製作架設工事については、当社がNEXCO西日本より直接受注している。

工事概要

- (1) 工 事 名：長池・城陽新名神高速道路
こ線橋新設
- (2) 企 業 者：西日本旅客鉄道株式会社
- (2) 発 注 者：大鉄工業株式会社 土木支店
- (3) 工事場所：京都府城陽市寺田
- (4) 工 期：令和3年4月12日～
令和4年12月31日



図-1 P4～P5間の完成イメージ図

2. 現場における問題点

本工事は現場はJR奈良線の上空を架設するものであり、架設は終電後の線路閉鎖時という限られた時間の中で実施された。JR奈良線の線閉時間は0:30～5:00と非常に短い時間となっており、また平行する国道24号線の通行止めも0:00～6:00に行うことになっていた。これらの地理的かつ時間的制約条件から、架設時に事故等が発生し、JR奈良線、国道24号線の線路閉鎖解除・道路規制解除を遅らせるようなことがあった場合は経済的損失が非常に大きいものとなっており、ミスは許されないものとなっていた。

今回、送出し架設を行ったP4～P5間は支間長85.0m、橋脚高さが25.0m程あり架設地点が非常に高くなっていた。さらに、架設地点が高いため上空を通過する高压電線が近接しており、架設時はクレーン揚程に制限が設けられていた。



図-2 P4～P5間の現場状況 (施工前)

そのため、送出し架設時に使用するベント設備や軌条設備は非常に大掛かりなものとなり、安全上の対策を考えた場合、送出し架設時に係る費用は膨大なものであった。本工事ではこれらの費用を少しでも低減することも課題の一つであった。本橋の施工に際しては送出し架設後にP4～P5間へアクセスし、JR奈良線軌道上空での作業は不可能となっていたため、送出し架設時に主構造に設置される合成床版パネルや常設足場などを先行して設置しておく必要があった。

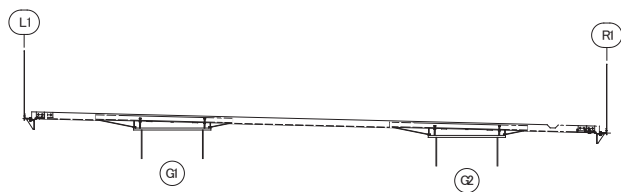


図-3 合成床版断面図

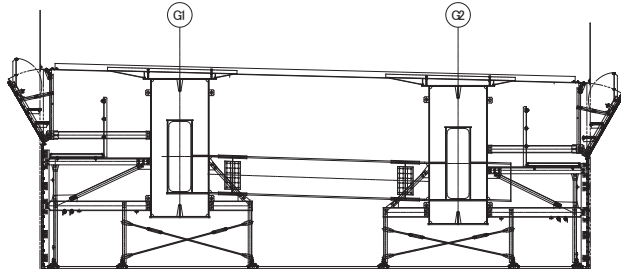


図-4 常設足場断面図

3. 工夫・改善点と適用結果

今回の桁の送出し架設にあたっては、先述した通り合成床版や常設足場を事前に設置した状態で送出しを行った。

初めに合成床版パネルは軌条設備上で主構造の地組立と合わせ設置することとした。次に常設足場であるが、設置する常設足場はアルミ製常設足場となっており、桁下1.0mの範囲まで桁全体を覆う形であった。そのため、送出し時に主構造へ設置してしまうと送出しが不可能となるため、送出しを行いながら常設足場の設置を行っていきけるような設備と工程調整を考える必要があった。

そこで、常設足場の設置についてはP5の前面(P4側)に常設足場取り付け用の架台を設け、その架台を利用し常設足場の設置を実施した。

工程については1回の送出し架設は約6.0m (35

分程) となっており、軌条設備の受替え等を考慮した場合、1日の夜間で可能となる送出し量は最大でも12.0m (送出しは2回/日) であった。仮に常設足場を夜間作業に設置した場合、送出しは1回/日となり架設工程は通常の倍時間を要する。そこで夜間の短い施工時間を有効活用するため夜間作業は主構造の送出し作業のみ専念させ、昼間の間に常設足場の取り付けを行うこととした。このように架設を進めていくことで夜間の送出し架設では一日の送出しを最大限に実施でき、工程の短縮につなげることができた。

上空にある送電線の制約によりクレーンの使用が制限されている区間については、老番側の橋脚P10付近まで架台を設け送電線の影響がない箇所まで地組を実施することで解消した。上空を制約されるのが下り線側となっており、下り線の架設については上り線側で送り出しを実施し、送出し完了後に横取り架設を行うことで上空の制約条件を回避した。

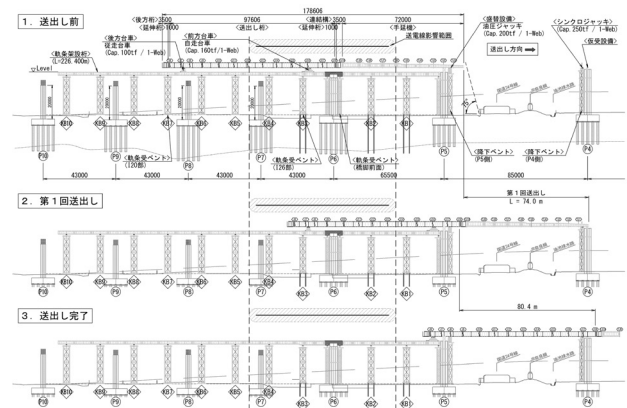


図-5 架設計画図

4. おわりに

本稿では、線閉期間中の限られた時間の中および厳しいヤードの制約条件下で、送出し架設および横取り架設を完了させるため、送出し・横取り時および桁降下において、工夫した点を中心に紹介した。施工は所定の時間内に事故なく架設完了することができた。

最後に、当工事の施工にあたりご協力いただいた関係者の皆様に感謝いたします。

25 施工計画

架設ヤード及び周辺環境に対応した架設工法の検討事例

日本橋梁建設土木施工管理技士会

宮地エンジニアリング株式会社

監理技術者

五十嵐 三雄[○]

設計担当者

近藤 直輝

現場代理人

木村 光宏

1. はじめに

本工事は、主要地方道越谷流山線において計画された千葉県流山市に架かる鋼6径間連続少数I桁橋（以下、A橋）と鋼4径間連続少数I桁橋（以下、B橋）の2連で構成される橋梁の内、A橋のJ29～P6（約1径間）、B橋のP6～J11（約2径間）の製作・架設・床版（ただし、壁高欄及び舗装を除く）工事である。本橋梁（A橋及びB橋）は本工区を含み4工区に分割されているため、工程の調整が重要であった。

本稿では、架設ヤード及び周辺環境の施工条件に対応した架設工法の検討事例について報告する。
工事概要

- (1) 工事名：社会資本整備総合交付金委託
（仮称三郷流山橋取付高架橋上部工その2）
- (2) 発注者：千葉県東葛飾土木事務所
- (3) 工事場所：千葉県流山市三輪野山
- (4) 工期：自）令和2年11月3日
至）令和4年9月5日

2. 現場における問題点

2-1 架設ヤードの問題点

A橋の内、J29～J32の主桁架設用クレーンを据え付ける架設ヤードは、**図-1**の架設平面図で示す通り、既設水路の埋め戻し範囲を一部使用する計画となっていた。

現地状況の確認後、クレーンのアウトリガ位置は**図-2**の写真に示す位置であり、斜路部となっているため、架設時のクレーンの安定性が損なわれることが危惧された。さらに、スクリューウェイト貫入試験を実施した結果、深さ1.5m程度まで地盤耐力が不足していることが判明したため、架設ヤードとして使用することができなくなった。

この問題に対する解決策として、地盤の平滑面の確保及び地盤改良による地盤耐力向上を検討したが、実施した場合、作業工程が追加されることで、他工区への影響が発生し、工期内で工事完了ができないことが懸念された。このため、工程に大きな影響を及ぼさない、代替となる架設工法の検討が求められた。

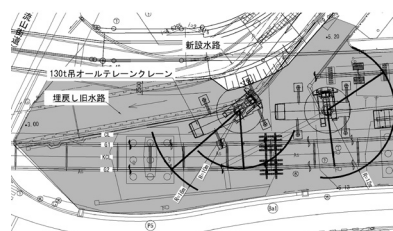


図-1 架設平面図 (A橋)

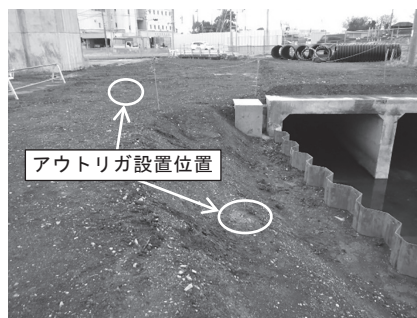


図-2 アウトリガ設置位置写真 (A橋)

2-2 架設周辺環境の問題点

B橋の直上には送電線（154kV）が横断しているが、送電線の移設については、架設完了後に予定されていた。事前に、送電線の高さを測量した結果、送電線と桁の離隔が8.1mであった。

送電線（154kV）の最低離隔距離は5.0mであるため、作業スペースは3.1m程度しか確保することができないことに加え、測量時期は3月末であり、架設時期には気温上昇による送電線の伸びが発生し、離隔距離がより少なくなることが予想された。このため、その直下となる主桁および合成床版パネルの架設については、最低離隔距離を侵さない架設工法の検討が求められた。

3. 現場での対応策

3-1 架設ヤードに対応した架設工法の検討

埋め戻した水路を架設ヤードとして使用せず、その影響範囲外の架設ヤードから実施するクレーンベント架設を検討した。

表 クレーン規格の検討結果（A橋）

①J29～J31ブロック

架設重量 19.0t（主桁16.0t＋フック・足場・吊具等3.0t）
作業半径 28.0m

| | 定格総荷重 | 架設重量 | 判定 |
|---------------------------|-------|------|----|
| 200t吊オールテレーンクレーン（KA-2000） | 18.1 | 19.0 | × |
| 300t吊オールテレーンクレーン（KA-3000） | 22.6 | 19.0 | ○ |

②J32～P6ブロック

架設重量 25.3t（主桁22.3t＋フック・足場・吊具等3.0t）
作業半径 24.0m

| | 定格総荷重 | 架設重量 | 判定 |
|---------------------------|-------|------|----|
| 200t吊オールテレーンクレーン（KA-2000） | 24.3 | 25.3 | × |
| 300t吊オールテレーンクレーン（KA-3000） | 28.8 | 25.3 | ○ |

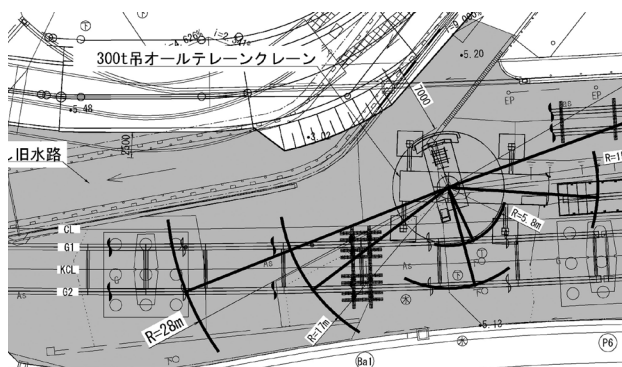


図-3 架設平面図_変更後（A橋）

具体的には、表及び図-3に示す通り、クレーンの規格を当初の130t吊から300t吊のオールテレーンクレーンに変更することにより、架設時の

作業半径を28mまで延長することが可能であることが確認できた。このため、埋め戻した水路上にクレーンを据える必要がなくなり、主桁および合成床版パネルを遅延なく架設することができた。

3-2 架設周辺環境に対応した架設工法の検討

送電線直下の架設工法として、図-4の架設側面図に示す、主桁の桁送り架設を実施した。

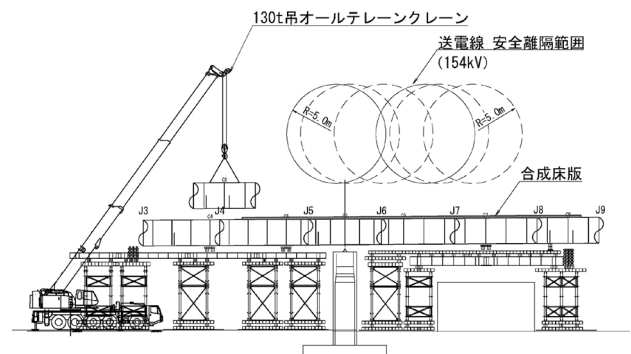


図-4 架設側面図（B橋）

具体的には、送電線下には小型のクレーンにより軌条設備を構築し、主桁については、送電線の影響範囲外の位置で軌条設備に搭載し、1ブロック毎に縦送りを行いながら架設を実施した。なお、合成床版パネルについても主桁と同時に架設し、送電線下での作業を最小限とした。なお、設備高さを押さえるために、レール軌条は使用せず、H型鋼に直接設置できる台車（H=125mm）を使用した。また、駆動力については、油圧式両端クレビスジャッキを使用して万が一の逸走防止を兼ねた設備とした。

4. おわりに

本工事は、下部工工事や水路埋設工事、隣接工区が同時並行で工事を進めており、工程調整や関係機関との協議に対して綿密な調整を必要とする工事であったが、十分に検討と調整を行った結果、無事に施工を終えることができた。

最後に、本工事の施工にあたり、本報告の架設工法変更に対して快くご承諾いただいた千葉県県土整備部東葛飾土木事務所の皆様と、本工事に関わった協力会社の皆様に、この場をお借りして、深く感謝を申し上げます。

26 施工計画

長大橋吊り橋における支承取替の設計及び施工

日本橋梁建設土木施工管理技士会
株式会社 IHI インフラシステム

課長代理

主査

齋藤 良平[○]

志治 謙一

渡邊 裕一

1. はじめに

本工事は山口県下関市と福岡県北九州市を結ぶ、関門自動車道 関門橋において、塗替塗装、支承取替をはじめとした、補修工事を行うものである。

本橋は昭和48年11月14日に開通した3径間2ヒンジ補剛桁吊橋であり、既設支承である線支承からBP-B支承に取り替えた。支承の移動量は将来の床組連続化を想定した移動量としている。現在は床組を連続化していないため、移動量を抑える必要がある。そのため、仮固定治具を設置した。

工事概要

- (1) 工事名：関門橋中央径間下関側北補剛桁補修工事
- (2) 発注者：西日本高速道路株式会社九州支社
- (3) 工事場所：山口県下関市棕野町～福岡県北九州市門司区
- (4) 工期：令和元年6月1日～令和4年4月30日

2. 現場における問題点

(1) 支承設計の煩雑さ

床組支承について、取替後にインターバルを経て連続化を計画しているため、連続化前後に対して安全な支承設計を行う必要があった。また取替支承数も多く、本工事施工範囲

においては168基あることから、支承の製作が煩雑であることや、異なる支承の取り付け間違いに注意する必要があった。

(2) 現場実測精度の信頼性

既設支承の経年の摩耗による支承高の変化が確認され、掛け違い部(図-1)では、門司側と下関側の支承で相対高さが建設時計画値と異なっている箇所も見られた。また、直上の伸縮装置は路面に段差も生じており、現場実測結果による支承高さの調整も必要であった。コンベックスによる現地計測を行うと、既設支承の塗料垂れ、掛け違い部では、車両通行時の振動により、縦桁が振動し、精度よく計測することが困難であった。そのため、計測方法について検討を行った。

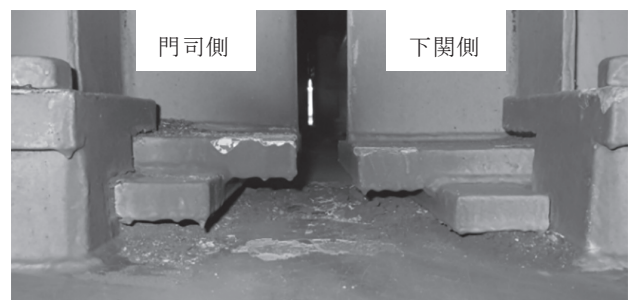


図-1 既設支承 (掛け違い部)

(3) 既設図面との差異

(2)の計測の際に、掛け違い部において、本来であれば、門司側が縦断勾配分高い計測結果が得られるにもかかわらず、計測結果が下関側の方が高くなる(図-2)事象が確認され原因追究と対策検討にも苦慮した。

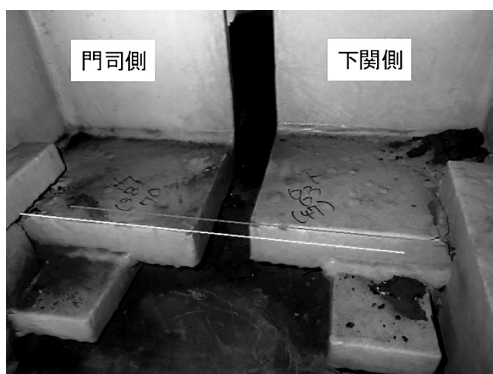


図-2 掛け違い部高低差逆転箇所

(4) 支点上の疲労亀裂

既存支承は線支承であり、橋軸方向のみ水平移動・回転が可能であり、橋軸直角方向については拘束されていた。さらに経年による腐食で固着しており機能喪失していた支承も確認された。これらの支承部の拘束により、支点上のリブプレート周りの疲労亀裂を進展させる原因となっていた。

3. 工夫・改善点と適用結果

(1) 支承反力の抽出とグルーピング

床組連続化前後の移動量及び反力に対応するため、3パターンの解析モデル（『完成系（床組連続化）』、『部分的に床組連続化』、『側径間床組み連続化（現状）』）から各反力において最大の値を抽出し、設計反力とした。また、掛け違い部（下関側）、掛け違い部（門司側）、掛け違い部以外の中間部の3パターン+反力及び固定条件により168基の支承を13パターンにグルーピングした。

(2) 実測精度の向上

全支承において、コンベックスを用いてソールプレート下面から床トラス上面との距離を計測した。計測する際、塗装の垂れをハンマーにより落とし、計測しやすいように工夫した。縦断勾配に合わせて、下沓にテーパ加工するため、マグネット付きデジタル水平器を使用し、縦桁下フランジの水平度を計測し、既設図面との整合性を確認した。

(3) 既設図面との差異の原因究明

(2)コンベックスで計測した掛け違い部では下関側、門司側の高低差が逆転している箇所が存

在した。また、掛け違い部では2(2)で述べた振動が発生する。それによる計測誤差の可能性を踏まえ、より精度良く計測するために、床トラスにレーザー墨出し器を設置し、縦桁ウェブ面に水平基準線を設け、縦桁ウェブ中心から水平基準線の距離を計測、下関側と門司側の支承高さの相対高さを計測した(図-3)。その結果コンベックスで計測した傾向と同じ高低差が分かっていた。そのため、支承設計では門司側の支承を縦断勾配に合わせて、下沓を高くした。



図-3 レーザー墨出し器を用いた計測の様子

(4) 支承構造の変更による疲労対策

疲労対策として、線支承から橋軸及び橋軸直角方向の2方向に対して水平移動・回転を可能としたBP-B支承に取り替えた。

4. おわりに

本工事は、すべての作業が関門海峡上で行われるため、落下防止措置、足場の耐風対策にも十分に気を付ける必要があった。支承の取替においては、現場実測を複数回行うことで正確な実測結果を反映し設計することができた。また、グルーピングを行うことで支承の種類を大幅に減らすことができ、不具合のない施工を行えた。本報告が今後さらに増大していく橋梁の支承取替事業の施工において一助となれば幸いである。

最後に本工事にあたり、ご指導、ご協力をいただいた関係者の皆様に深く感謝の意を表します。

27 施工計画

低空頭かつ狭隘な現場における立坑の築造

(一社) 北海道土木施工管理技士会
萩原建設工業株式会社
土木部 工務担当課長
遠 藤 暢

1. はじめに

本工事は、羅臼町において海洋深層水の安定供給を図るために、新たに取水管を増設する工事の内、既存の取水ポンプ室から外海を取水管接続部迄の陸上部分に、推進工により鋼製さや管を埋設して取水管を敷設する工事である。

工事概要

- (1) 工 事 名：羅臼漁港清浄海水取水施設改良
 その他工事
- (2) 発 注 者：北海道開発局 釧路開発建設部
- (3) 工事場所：北海道目梨郡羅臼町 羅臼漁港
- (4) 工 期：令和3年7月21日～
 令和4年9月30日

2. 現場における問題点

現場は羅臼漁港の全天候埠頭（人工地盤）施設（図-1）の施設内（屋内）で、梁・天井及び照明灯などの添架物がある低空頭下（最大5.4m～最小5.0m）であり、作業帯の幅員が5.0～8.0m程度の狭隘な場所である（図-2）。



図-1 全天候埠頭（人工地盤）施設写真

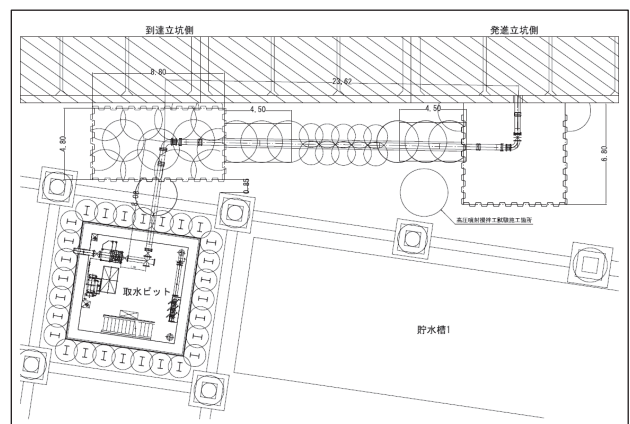


図-2 平面図

立坑築造の施工にあたり、設計図書および現場状況を確認したところ、以下の問題点があった。

- (1) 周辺の地盤は、全天候埠頭施設施工時に事前混合処理土で埋立てされている。追加調査の結果、発進立坑築造箇所の地盤にN値 ≥ 37 のセメント系固化土があり、当初計画である「MOVAX SG（サイドグリップ）工法」での直打ちでは、N値 ≤ 20 程度までしか対応できないため、施工が困難である。
- (2) 到達立坑施工箇所のケーソン目地部の吸出し防止高圧噴射改良体は、設計強度 $qu=3000\text{kN/m}^2$ と硬質なため、鋼矢板圧入に支障となる。単軸アースオーガ併用またはウォータージェット併用での鋼矢板圧入は困難である。
- (3) 施工箇所は、空頭制限下かつ狭隘な場所であるため、クラムシェル型の掘削機械は使用できないことや、掘削機械のサイズ、性能によっては旋回範囲の確保が困難である。

3. 工夫・改善点と摘要結果

(1) アースオーガ先行削孔による鋼矢板圧入

鋼矢板圧入は、低空頭に対応できる「MOVAX SG（サイドグリップ）工法」で直打ちする計画であった。前述の通り、直打ちはN値 ≤ 20 程度までしか対応できないため、補助工法として追加の機械設備が小規模で施工費が比較的安価な、アースオーガにより先行削孔を行って圧入する方法を発注者側に提案し、承諾を受けた。

先行削孔は1本当り2mのオーガスクリーを継ぎ足して所定の深度まで削孔した。先行削孔することで地盤が緩み、鋼矢板が偏心または傾斜することが懸念されたが、圧入中、適宜に精度確認を行うことでトラブルなく施工が出来た（図-3）。



図-3 鋼矢板圧入施工状況

(2) BG工法による支障物の撤去

到達立坑の鋼矢板圧入に支障となるケーソン目地部の高圧噴射改良体の撤去の際は、既設ケーソンを損傷させないため、鉛直精度が重視されることから、二軸同軸式アースオーガ工法が妥当であると考え、超低空頭に対応でき狭隘な場所でも作業が可能なBG工法（リーダー式ケーシング回転掘削工法）を採用することとなった。

BG工法は、ケーシング圧入後にケーシング内部の土砂や改良体をオーガで破碎してグラブバケットで排出するもので、一連の作業を1台で施工することができる。本工事で使用したBG20超低空頭仕様機は国内では希少な存在であり、当然引き合いの多い機械であるため、本機は群馬県に在場していた機体が工事終了するのを待って搬入した。機械搬入迄に日数を要することとなったが、支障物の撤去およびその後の鋼矢板圧入も順調に終わることができた（図-4）。



図-4 BG工法による支障物撤去状況

(3) 空頭制限下・狭隘な場所での掘削作業

立坑の掘削作業は、掘削深さ8mであったが、空頭制限によりクラムシェル型の掘削機械は使用できないので、0.45m³級バックホウのスライドアーム仕様で施工した。使用した機械では旋回して後方ダンプトラックへの積み込みが出来ないので、アームを伸ばして前方のダンプトラックに積み込むこととした。機械の最大掘削可能深さが7.8mであったので最深部の土砂は、人力で掻き出し、4.9t吊クローラクレーン+ワイヤーモッコで積込を行った（図-5）。



図-5 施工写真（掘削土砂積み込み）

以上の対策の結果、鋼矢板セクション及び掘削最深部からの湧水が微量で、ポイリング・ヒービングの現象もなく、無事に立坑の築造を行う事ができた。

4. おわりに

工事は厳しい条件ではあったが、元請、下請各社の知識や意見を持ち寄って課題を解決し、無事完工することができた。

最後に、工期当初よりご指導いただいた監督員諸氏をはじめ、この工事に携わっていただいた関係者の方々に御礼申し上げます。

28 施工計画

ポンプ浚渫作業における 陸上作業の施工計画について

東京土木施工管理技士会

五洋建設株式会社 東北支店

片蓋 憲治[○] 小島 大祐 佐藤 拳太

1. はじめに

本工事は、小名浜港東港地区航路・泊地（-16m）の浚渫工、土捨工および土工を施工するものである。

工事概要

- (1) 工事名：小名浜港東港地区航路・泊地（-16m）浚渫工事
- (2) 発注者：国土交通省東北地方整備局
- (3) 工事場所：福島県いわき市小名浜港港内
- (4) 工期：令和2年6月11日～
令和3年8月31日

2. 現場における問題点

本現場は小名浜港東港地区航路・泊地（-16m）において、約40万 m^3 ポンプ浚渫を行い、土捨場に浚渫土を圧送するものであった。また、圧送した浚渫土砂は、約15万 m^3 を利用し盛土を行い、土捨場を確保することを必要とする工事であった。陸上部の施工量も多く、浚渫作業の進捗に影響を与えず工事を進めるためには、陸上部施工の改善が必須であった。乗り込み時の現地踏査で確認した問題点に対して、以下の四つの課題を抽出した。

課題①：陸上排砂管のルートは土捨場内仮設走路を横断する配置となっていた。仮設道路は継続的にダンプトラック等の車両が走行するため、当初計画の排砂管を土被りのみで保護するのでは、管

の破損による施工中断が懸念されたため、その対策が必要であった。

課題②：土捨場法面養生を行う遮水シートを設置するために大量の土のうを作製する必要がある。通常土のう作製では、作業員が補助として重機の近くで作業する必要があり、重機と作業員との接触リスクの増加も懸念され、安全対策が必要であった。



課題③：浚渫土を圧送する排砂管は、長期間の浚渫作業のため、圧送による管内部の摩耗が懸念された。ポンプ圧送による内部摩擦は、排送側から排出側に向けて徐々に減少することや隅角部により影響が大きいことを考慮し、整備計画を立てる必要があった。

課題④：浚渫土の盛土法面整形は高低差が5mの設定であった。通常バックホウでの施工ではアームが届く高さ3m以内ごとの施工となるため、盛土法面の段階施工を減らし、効率の良い施工進捗とするために、改善方法を実施することとした。

上記の四つの課題について対策工の検討・選定・施工を行った。

3. 工夫・改善点と適用結果

対策①：鋼製架台設置による排砂管の保護

仮設道路横断部の排砂管の保護のために、-1に示す鋼製架台で排砂管保護した後に、盛土を行い、-2の状態とする対策工を採用した。

この対策の効果により、仮設道路を多数のダンプトラックは走行したものの、排砂管は保護され、作業の中断を防止できた。

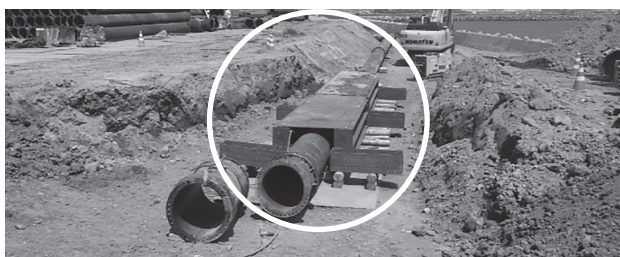


図-1 鋼製架台による排砂管保護状況



図-2 仮設道路設置時状況

対策②：土のう作製枠の使用

土のう作製の安全対策として図-3に示す作製枠を使用することとした。これにより、土のう作製の作業効率を上げるとともに、バックホウが土のう袋に土砂を投入する間は作業員が重機から離れた状態となるため、重機と作業員の接触リスクを低減することができ、安全な作業を行うことができた。



図-3 土のう作製枠使用状況

対策③：排砂管管理時の工夫

排砂管組立時に、肉厚の異なる排砂管を使用することで長期浚渫による排砂管内部摩耗の対策とした。また、着色による明示により、組み立てや

交換時に、取り違えによる手戻り等発生を抑止した(図-4)。



図-4 排砂管組立状況

対策④：ロングブームバックホウによる法面整形

現地高低差に対して、一段階で法面整形作業を行うことができるロングアームバックホウを採用した。浚渫作業に影響しない土捨場の管理ができ、工事施工全体を効率的に進捗できた(図-5)。



図-5 ロングブームバックホウによる法面整形作業状況

4. おわりに

本工事は、ポンプ浚渫船による浚渫工事であり、土捨場における陸上作業で、浚渫土砂の圧送の妨げとなる要因を排除することが、工事完成のために不可欠であった。厳しい作業条件の下、工事に従事する元請職員、現場作業員、協力会社ならびに発注者の協力もあり、今回述べた四つの対策を含めて、様々な対応を適宜行ったことにより、無事故無災害で工事を終えることができ、発注者から高い評価を得ることができた。

この工事に、ご指導・ご協力いただいた全ての関係者に深く感謝の意を表すものである。

29 工程管理

土留工設計変更による工程短縮について

奈良県土木施工管理技士会
村本建設株式会社
木幡 幸司

1. はじめに

当工事はJR桜井線の軌道によって分断されている通称“やすらぎ通り”のアンダーパス工事のうち、U型擁壁工及び舗装工、電気設備、安全施設工事を完成させ、開通まで施工する工事である。

工事概要

- (1) 工事名：六条奈良阪線街路改良工事
- (2) 発注者：奈良市 道路建設課
- (3) 工事場所：奈良県奈良市南京終地内他
- (4) 工期：令和2年9月30日～
令和4年6月30日

2. 現場における問題点

開通を控え、施主及び地元住民より、工期を少しでも短縮するよう強い要望があった。

当初設計では、下記のような手順で仮設計画がなされていたが、躯体を貫くように切ばりが3段あったため、土留工の仮設計画が工程を左右する

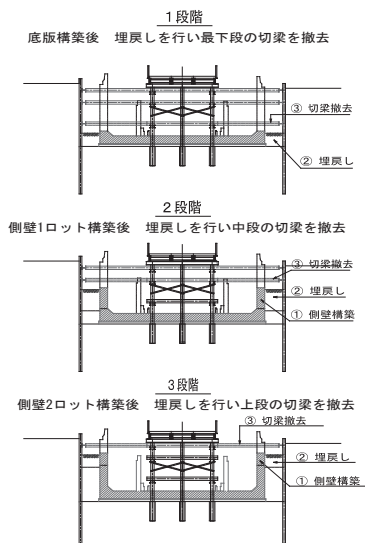


図-1 施工要領図 (当初設計)

大きな要素となっており、検討の余地があると考えた。

3. 工夫・改善点

(1) 仮設材の見直し

土留工の設計計算書を見直し、腹起しの鋼材サイズをH-300からH-500ダブルに変更することによって、切ばりの水平間隔を3.5mから7.0mに拡大することを計画した。

腹起しの重ね合わせ方には“二重腹起し”と“二段腹起し”があるが、当工事では作業空間の余裕を考慮して“二重腹起し”を採用した。

(二重腹起し) (二段腹起し)

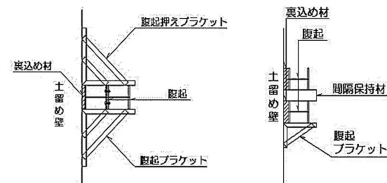


図-2 腹起しの形状

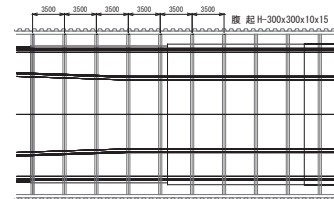


図-3 当初仮設平面図 (@3.5m)

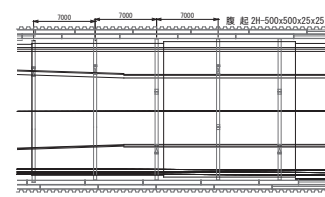


図-4 変更仮設平面図 (@7.0m)

(2) 施工手順の見直し

当初設計の手順では、底版構築後に周囲を埋

め戻し、最下段切ばり（3段目）を解体する計画であった。仮設計算を見直したところ、均しコンクリートを鋼矢板まで20cmの厚さで打設することにより、切ばりとしての効果が期待できると判断した。この考えに基づき、均しコンクリート打設、強度発現後、最下段の切ばりを解体し、当初設計より1ステップ少ない工程での施工が可能となった。

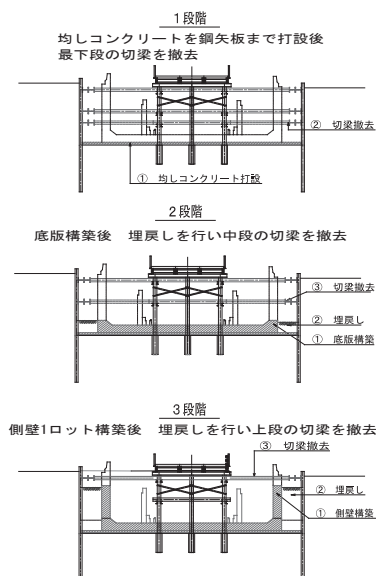


図-5 施工要領図（変更後）



図-6 土留工全景

4. 適用結果

- (1) 鉄筋組立、型枠組立においては、構造物築造位置に存在する切ばりは支障物となるが、解体をそれぞれ1ステップ早めの解体を可能としたため、支障物がより早い段階で除去できるようになり、作業スペースが大きくなり、各工種の施工が容易となり、5スパンある擁壁工のスパン当たりの工程を結果的に短縮することができた。
- (2) 均しコンクリート構築後に、最下段の切ばり（3段目）を撤去することにより、埋戻し工の回数を1ロット分減らすことが可能となり、工程を短縮することができた。

- (3) 腹起しの鋼材サイズを大きくすることで、鋼材重量は20%程度増加したが、仮設材のリース期間が14.6ヶ月から11.0ヶ月に短縮できたことで、鋼材リース代等のコスト削減が可能になった。
- (4) 躯体を貫いている切ばりの箇所については、主鉄筋が干渉するため、切ばりの下部で切断し、ガス圧接による継手を施工する必要があったが、切ばり箇所が半数となったため、その箇所の鉄筋の圧接箇所、型枠の加工の箇所を減らすことが可能となり、経済的に施工することができた。
- (5) 切ばりの水平間隔が広がったことで、バックホウのバケット可動範囲が広くなり、掘削効率が向上した。また、長尺の鉄筋や型枠を安全に吊りこむことが可能となった。切ばりの解体時においても水平間隔が広がったことにより、安全にクレーン作業をすることができた。
- (6) U型擁壁は5スパン施工となっていたので、1スパン当たり、20日以上短縮が可能となり、全体として3.6ヶ月短縮することができた。

5. おわりに

以上の対策を実施することにより、躯体工事については工期を3か月以上の短縮することができた。しかし、現時点からみると切ばり火打ちの使用による切ばり間隔のさらなる拡大や機械式継手による鉄筋組立の効率化を検討してもよかったのではないかと考えている。

仮設工の見直しは、計画段階で最も早く取り組むことができ、最も効果的な対策であると考えられる。どのような工事にも仮設工があると思われるが、最初に改善の余地がないかを考えることから現場を進めることが重要であり、問題の原因に対して上流で対策し、下流に流さないようにすることが大切であると考えられる。

また、仮設工の見直しについては業者任せにしていると、当初設計のチェックのみで終わってしまうおそれがあるので、改善点を探るべく、社内の施工審査会等を開催したり、外部の経験者や有識者の意見も取り入れながら取り組むべきと考えている。

30 工程管理

地盤改良工事の ICT 導入における 工程短縮について

宮崎県土木施工管理技士会
旭建設株式会社
土木部 工事課長
中野 公睦

1. はじめに

本業務は、地震発生時の津波を想定した避難場所として、宮崎県総合運動公園内に盛土高台を施工する箇所が砂質地盤となっており、地震時の液化防止対策として杭径φ1600の2軸で、改良長平均18mを233本の地盤改良工施工を行うものであった。

工事概要

- (1) 工事名：平成31年度 県単公園 第3-11号
宮崎県総合運動公園 盛土高台
地盤改良工事（2工区）
- (2) 発注者：宮崎県知事 河野俊嗣
- (3) 工事場所：宮崎県 大字熊野
- (4) 工期：令和2年6月4日～
令和2年12月30日（210日間）

2. 現場における問題点

当初現場の問題点として、図-1平面図のとおり地盤改良工事が5工区に分けられ同時期に発注されたので、改良機械の手配や近接業者との工程及び施工打合せに時間を取られ工期がひっ迫すること。また、深層混合処理という見えない地中の施工なる為、出来形精度の確認が数値だけでは分かりにくいという点と、5業者が同時期で施工の為、大型機械が稼働した場合の作業者の安全確保であった。

そんな中、県担当職員より次工事との兼ね合い

もあり11月中に当社工区の改良工事を終わらせたいとの連絡を受け、発注者からの要望に沿うべく早急な施工完了を目指し、工程の更なる見直しが必要となった。先ず取り掛かったのは契約後直ぐに安全協議会を発足し、改良杭の請負業者及び5工区全業者が集まり機械手配打合せ及び施工工程について打合せを行った。

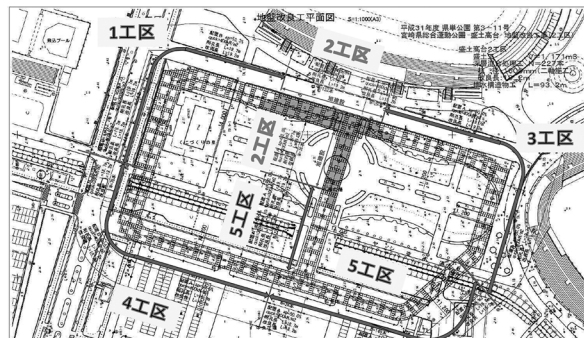


図-1 平面図



図-2 空撮写真

先ず、機械手配については、全国に散らばった機械の施工時期を調整し、ようやく5台の改良機械が揃うこととなった。当初の予定工程では工事

完了が12月上旬見込みとなっていた為、11月中に完了させるには、約2週間の工程短縮が必要となった。

今回の工事の要となるのは、深層混合処理工の中で施工手順を如何に短縮できるかという結果を踏まえ、再度工程内容【1. 起工測量、2. 測量計算、3. 杭位置測量及び改良機械誘導、4. 施工、5. 管理、6. 管理書類】以上の6項目において工期短縮できるような工夫・改善点を施工業者も交え模索した。

3. 工夫・改善点と適用結果

結果として、GNSS位置誘導システム「Visios3D」を使用する事により工程に大きなウェイトを占める、3. の杭位置測量と改良機械誘導において杭位置測量に要する作業人員と手間を削減し、また改良機械の誘導において誘導者も必要なく改良機械のセット時間の短縮に繋がり、安全面においても人が誘導しないので誘導時の事故リスクを0に出来るというものであった。そして、5. 管理においても、タブレットでリアルタイムな情報がアニメーション化され表示されるので、従来の作業後の確認からその場での確認を行う事で、より小さなミスや見落としを防ぎ品質向上にも繋がる事が選定要因となりうると感じた。上記事項を踏まえ、項目ごとに、施工日数及び日当たり人数の対比予測表（図-3）を作成した。

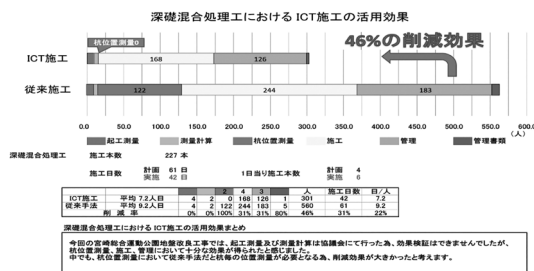


図-3

その結果、3. の杭位置測量及び改良機械誘導では100%、4. 施工では31%、5. 管理では31%、6. 管理書類では80%、全体で46%の削減効果が得られるという予測結果が出た事を踏まえ、工事着手する運びとなった。

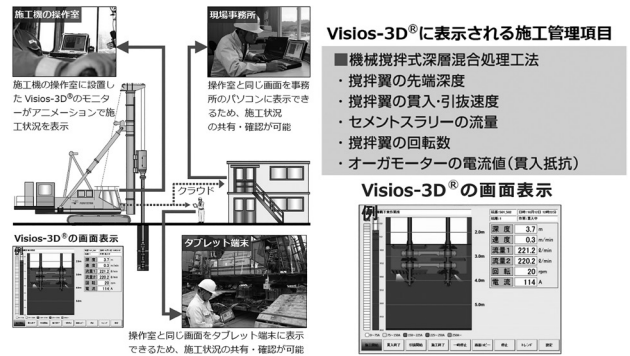


図-4

結果、当初予定工程では12月上旬に機械搬出という工程を組んでおり約60日が地盤改良施工日数となっていたが、今回の「Visios-3D」を導入したことにより46日の施工日数に短縮され、県担当職員よりの要望であった11月中に地盤改良工事を終わらせることが出来た。

また、今回の地盤改良工事では例年にない大型の台風が上陸するという事で、地盤改良機械を解体しなければ倒壊等が懸念された為。解体組立が1回追加となったにもかかわらず、県から要望の11月中完成に遅れることなく順調に終わることが出来たのも、全体的な削減処置を行い工程短縮に努めたことが報われたと感じる。

■ 施工情報を3次元モデル化(CIMに対応)

地盤改良の成果を3次元モデル化できます。オーガモーターの電流値、セメントスラリーの流量、攪拌翼の回転数などの色分け表示が可能であり、作成した3次元モデルを自在に回転することで、あらゆる角度から施工記録を確認できます。

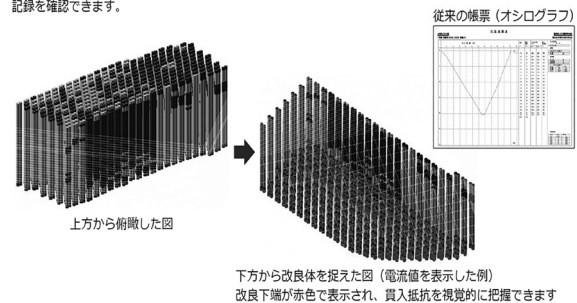


図-5

4. おわりに

今回、現場の担当職員の方々や協力業者の方々の力を得て、工種における削減方法の検討を行い、経済面だけでなく効率的で安全面にも優れている工法で地盤改良工事がスムーズに行え、11月中の完成に繋がった。関係各業者の方達には感謝しかない。

31 工程管理

護岸工における工期短縮の工夫

岡山県土木施工管理技士会

株式会社荒木組

主任

白井 一平

係員

仲達 貴世

1. はじめに

高梁川水系小田川では、平成30年7月豪雨により甚大な被害が発生した。このような背景から迅速な国土強靱化が図られ、本稿は当社が施工した護岸工における工期短縮の工夫を報告するものである。

工事概要

- (1) 工事名：令和2年度高梁川水江護岸工事
- (2) 発注者：中国地方整備局 岡山河川事務所
- (3) 工事場所：岡山県倉敷市船穂町水江地先
- (4) 工期：R3/8/17～R4/3/31
築堤盛土15,000m³ 法面整形 10,500m²
護岸基礎 580m 連結ブロック張 7,800m²
護岸付属物一式 付帯道路工一式 他

2. 現場における問題点

当工事は、堤防内に埋設されている民間企業の送水管の移設が完了しなければ、施工に取り掛かれず、そのため移設が完了した10月下旬から、約5ヶ月で施工を完了しなければならなかった。しかしながら、当該工事の近辺では他にも同様の工事が多数同時に進められており、加えてほぼ全ての工事が同じ供給元から盛土材を運搬するため、ダンプトラックの不足及び交通渋滞による運搬回数の減少と地域住民への配慮が問題となった。

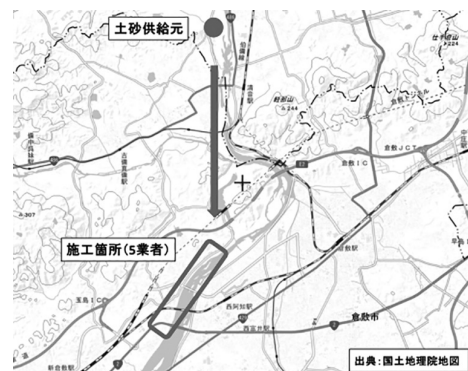


図-1 位置図

次に、現場打コンクリート構造物が複数の工種に含まれており、土工、型枠工等の施工業者の日程調整及びコンクリートの養生期間による工期逼迫も問題となった。

最後に、施工箇所が上流と下流の2箇所に分散しておりその間に土被りの浅い水道管が横断しているため、堤防内で大型建設機械の移動が出来ないことがわかった。しかし工期が短いことから、工事完成には同時に施工を進めることが必須であった。

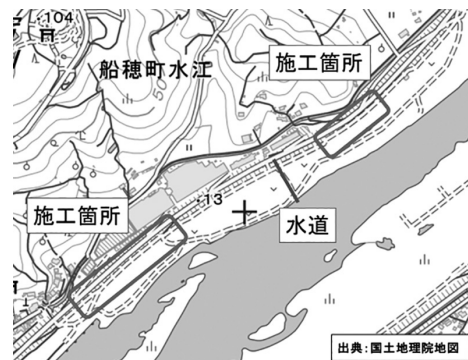


図-2 施工箇所図

3. 工夫・改善点と適用結果

盛土材（土砂）の供給元では土砂の積込を待つダンプトラックが列をなしており、台数によっては朝1番目のダンプトラックの到着時間が1時間程度遅れるため運搬回数が減少する。そのため土砂の運搬は、表-1に示すとおり他社と時期をずらすことで、ダンプトラック台数の確保と供給元及び一般道での交通渋滞の軽減を行った。本来であれば、運搬してきた土砂を直接盛土箇所へ移したいが、その場合運搬時期が他社と重なる。そのため場内に仮置きヤードを設け、そこへ運搬することで運搬時期が他社と重ならないようにした。盛土施工時は仮置きヤードから小運搬が必要になるが、施工の進捗・業者の都合に合わせて対応でき、他工種の合間でも施工が可能のため、手待ちによる工期の遅延も発生しなかった。また、地元要望により運搬ルートは各社ほぼ同じである。朝夕の通勤時間帯にはダンプトラックによる運搬がなくても渋滞が発生していることから、地域住民からの目は厳しく、苦情が出るのが予想され、そういった面でも運搬時期をずらすことは有用だったと考える。

表-1 各社の盛土材運搬時期

| | 10月 | 11月 | 12月 | 1月 | 2月 |
|----|-----|-----|-----|----|----|
| 当社 | | ● | ● | ● | ● |
| 他社 | | ● | ● | ● | ● |
| 他社 | | ● | ● | ● | ● |
| 他社 | | ● | ● | ● | ● |
| 他社 | | ● | ● | ● | ● |
| 他社 | | ● | ● | ● | ● |

現場打コンクリート構造物（基礎コンクリート、小口止コンクリート、地覆コンクリート）は、プレキャスト製品への変更を検討した。プレキャスト製品の設置は、基準となる丁張に合わせてクレーン仕様バックホウ等を使用して行い、施工が容易である。土工と型枠工の日程調整も不要となり、コンクリート養生期間もなく次工程へ移行できる。材料を納入しておけば、他工種の合間でも施工が可能となるため、手待ちが発生しない。検討の結果、表-2に示すとおり工期の短縮を図れることからプレキャスト製品による施工に決定した。プレキャスト製品による施工により、

コンクリート構造物の施工を土工に合わせて行うことで、次工程へスムーズに移ることが出来た。

表-2 施工日数比較

| | 従来施工 | プレキャスト製品による施工 | 結果 |
|-----------|------|---------------|--------|
| 基礎コンクリート | 15日 | 5日 | 10日間短縮 |
| 小口止コンクリート | 12日 | 4日 | 8日間短縮 |
| 地覆コンクリート | 12日 | 4日 | 8日間短縮 |

1業者では分散している2箇所の同時施工を行うことは、大型建設機械の移動が出来ないことに加え、人員不足等の問題により不可能であった。従って、2業者による同時施工を行うこととした。別業者にすることでコストはかかるが、大型建設機械の移動が不要となり、人員不足は解決された。しかしながら、2業者による同時施工を行うことで当社による測量や管理業務の手が回らないことが新たに懸念された。そこでGNSSシステムを用いた測量機器による省人化、ICT建機による法面整形により丁張の削減、GNSSシステムを用いた転圧回数による盛土の締固め管理などICT/IoTの活用を行い、生産性の向上を図ることで同時施工を完遂することができた。



図-3 1人測量状況

4. おわりに

高梁川水系小田川では、平成30年7月豪雨により甚大な被害が発生したことから、インフラ強化を図るため多くの工事が進められており、当工事の事業とは別の事業も周辺で工事を行っている。地域住民の方には多大なご迷惑をおかけしていると思うが、一刻も早い完成に向けて工期短縮の工夫を凝らし今後も携わっていきたいと思う。

32 工程管理

防波堤海上施工時の作業台船による 作業効率化について

新潟県土木施工管理技士会
谷内工業株式会社
脇田 浩一

1. はじめに

本工事は伏木富山港（伏木地区）防波堤（北）（改良）の消波ブロック撤去工（25t～32tテトラ）、消波ブロック据付（40tテトラ）、補修工（ケーソン中詰砂流出箇所コンクリート充填）及び付工（灯浮標）を施工するものである。

工事概要

- (1) 工事名：伏木富山港（伏木地区）防波堤（北）（改良）築造工事
- (2) 発注者：北陸地方整備局伏木富山港湾事務
- (3) 工事場所：富山県高岡市伏木磯町地先
- (4) 工期：令和4年3月24日～
令和4年11月18日

2. 現場における問題点

本工事は海上施工期間は、漁期の関係から6月1日～10月31日までの漁協関係者との取り決めがあり、施工の主たる工種が、消波ブロック撤去、据付であるが、日本海特有の海象として9月以降は消波ブロック据付（40tテトラ）に適した海象の稼働日が少なくなることが予想された。

また、その中で補修工も完成しなければならず補修工の施工区間上部工は、スポッドリーフ構造で防波堤上部工上に作業スペースの確保が困難な状況であった。

さらに、施工箇所付近は、定置網が複数あり海上汚染に細心の注意が必要であった。

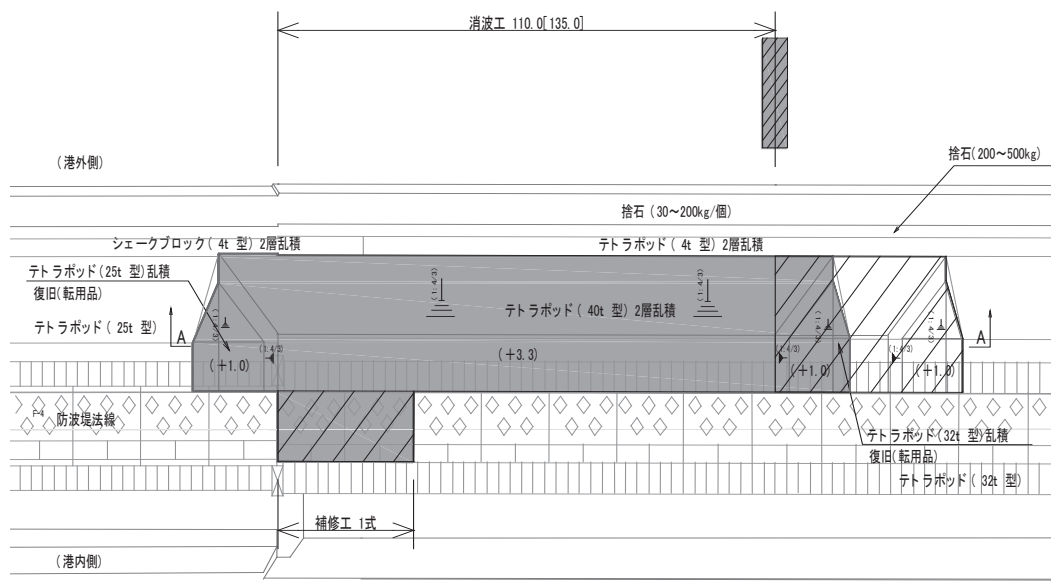


図-1 平面図

3. 工夫・改善点と適用結果

施工に当たり当初計画では、1隻起重機船船団の施工で撤去工、補修工、据付工の順に施工を行い10月中旬の海上施工終了予定であった。

6月1日撤去工を開始すると間もなく補修工のコンクリート打設用の削孔を上部工から行うに際し、起重機船上にコンクリートカッター車を2台積載し上部工上の削孔を1週間で終了した。

カッター車を起重機船に積載することで汚泥の回収もスムーズに行えた。

削孔終了後、図-1左側の補修工施工範囲より消波ブロック撤去を起重機船団にて開始し補修工施工範囲と十分な離隔が確保できた段階で別班潜水士による防波堤ケーソンの破損状況調査、報告を経て鋼製残置型枠を鉄工所に発注し、継続して撤去工を同時進捗させた。

撤去工が終了する頃、鉄工所から型枠納入の報告もあり、当初計画では、ここで、起重機船の据付作業を一旦休止し起重機船にて補修工を1月ほど施工してから据付作業にかかるところであるが、社内船舶状況を確認してみると、1週間程度クレーン付き台船稼働に作業休止期間があり、別班潜水士も特段作業の予定がないタイミングと合致したことから急遽、据付作業を起重機船で進捗させながら補修工の型枠取付作業をクレーン付き台船で進捗することに計画変更した。

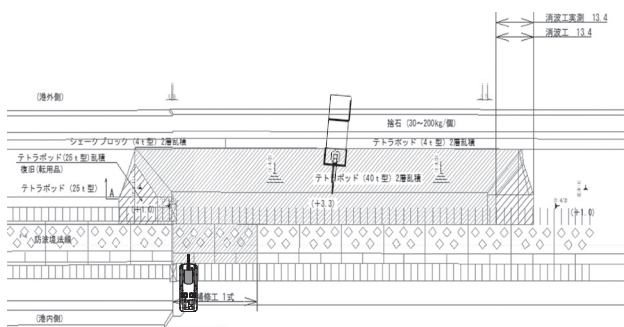


図-2 施工平面図

上記施工期間中に、補修箇所の充填コンクリートの数量把握及び日打設数量を型枠上部付近まで打設することを目安として日々の打設数量の把握を行った。

本工事は、積算上台船バケット打設であるが、暑中の品質確保が難しいと判断し、起重機船にコンクリートポンプ及び生コン車5台を積載し打設箇所へ3往復することで日々のコンクリート作業を行った。コンクリート打設箇所を日々変え型枠上部付近まで打設することでコンクリート打設に伴って発生する濁水を当日打設前に打設箇所の海水を予め水中ポンプ排水することで濁水を極力少なくして生コンクリート充填作業を行った。

上記コンクリート充填作業が、計画工程作成時4週間程度の予定が2週間かからず終了し、引き続き据付作業を進捗した。海象にも恵まれたことから、8月末には、海上作業を終了することができた。

4. おわりに

本工事は、「休日の確保を評価する「休日確保評価型（工期指定）」の試行工事。

漁期などの事情により工期延伸ができない等、発注者が工期を確定する工事においては、工期内において休日を確保するため、工事実施前に「工事品質確保調整会議」において受発注者間で工程計画について協議した上で、現場の技術者・技能労働者の交代制の導入、NETIS登録技術の採用による生産性の向上等の変更を認める」工事であったが、前記施工上の段取り変更などと海象に恵まれたことにより、完全週休2日制で計画工程よりも早期に海上施工終了となった。

また、施工管理者の立会などに遠隔臨場を導入することで段階確認等の船舶運航による予定変更などもなく次施工に掛かれたことも施工時期短縮に有効に働いたと思われる。

33 工程管理

短工期における支間長 120m 超を有する 2 径間連続鋼床版箱桁の送出し架設

日本橋梁建設土木施工管理技士会

JFE エンジニアリング株式会社

現場代理人

監理技術者

工事担当

西 間 友 洸[○]

中 川 洋 一

田 中 敦 海

1. はじめに

本工事は沖縄県の国道329号線および金武町の渋滞緩和を目的とした、工事用道路の橋梁部分の施工を行うものである。橋梁諸元は橋長242.0m、支間長120.15+119.85m、鋼重2026tの2径間連続鋼床版箱桁橋である。主桁の架設は送出し架設工法にて実施した。

工事概要

- (1) 工 事 名：ハンセン（H30）橋梁上部工
（1工区）新設土木工事
- (2) 発 注 者：防衛省沖縄防衛局
- (3) 工事場所：沖縄県金武町キャンプハンセン内
- (4) 工 期：平成31年2月6日～
令和3年11月30日

2. 現場における問題点

本工事は支間長120m超の送出し架設工事であるが以下の問題があった。

2-1 地組ヤードの制限

発注時はキャンプハンセン施設内を送出しヤードの一部として使用し地組して送出す計画であった。しかし、防衛局と米軍との協議の結果施設内をヤードとして使用することができなくなり、使用可能ヤードの長さが約115m（橋長の約半分）となった（図-1）。

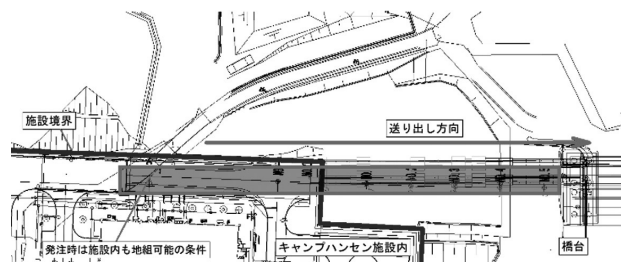


図-1 発注時のヤード条件

2-2 天候不順による工程遅延リスク

工事場所が沖縄県ということもあり、桁製作工場がある三重県津市からの長距離海上輸送を行わなければいけないことから常に天候不順による工程遅延のリスクがあった。

2-3 日米政府の合意による早期開通

本工事は日米政府の合意により早期開通が求められた。しかし下部工の完成遅延により上部工工事の着工が1年遅れとなった。工期が圧迫された結果、地組開始から橋面開通までを約9か月で行わなければいけないという非常に工期が厳しい工程による施工を求められた。

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 ヤードの造成

キャンプハンセンの施設部をヤードとして使用することができなくなったため、桁地組場所およびクレーン据付場所の確保のために地組場所の横に新たにヤード造成しその場所をヤードとすることを立案した。その結果、クレーン据付ヤードを確保できたとともに後ほど述べる3列地組が実施可能となり大きな工期短縮につながった（図-2）。

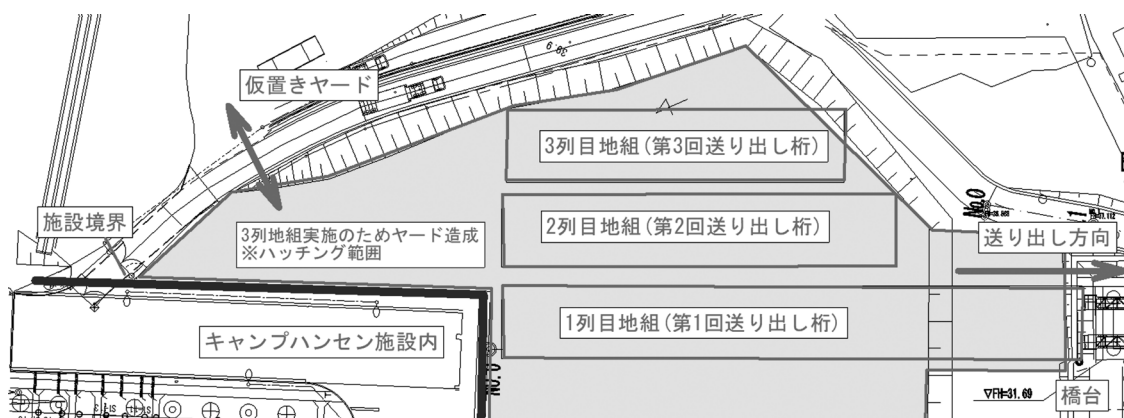


図-2 ヤード造成図

3-2. 桁の早期搬入と場内仮置き

天候不順による桁の海上輸送工程の遅れのリスクを排除するため、製作完了済みの桁を地組・架設に先行して全数現場に搬入を行い、地組ヤードに隣接する場所に仮置きを行った。それにより一度は台風の影響で桁の搬入が遅れたもののそれ以外の遅延はなく工程の遅延を最小限に抑えることができた (図-3)。



図-3 桁の仮置き

3-3. 列地組の実施と工程管理

通常の送出し架設工法では1回の送出しが終了したのちに、その後方に新たに桁をつないで地組を行うが、この方法だと送出しが終了するまで次回以降に送出す桁の地組を行うことができない。地組ができなければその後のボルト締付や鋼床版溶接など全ての後工程がクリティカルパスとなり、送出しと送出しの間に多くの時間を要することとなる。そのため全3回の送り出しの桁を第1回の送出しを待たずに随時並列にて地組を行い、ボルトや溶接などの後工程が並行作業で行えるよ

うにして工程を短縮した。また、並列する地組桁は送出しが終わるごとに大ブロックで横取りおよび送りを実施して送出し桁の後方に接続させた。また、本工事の桁は約120mという比較的大きな支間長を有し1断面あたり9ブロックに分割された桁であったが、協力会社と打合せを行い、1日1断面の地組を行うことノルマとし、厳しい工程管理を行い、工程を遵守した (図-4)。

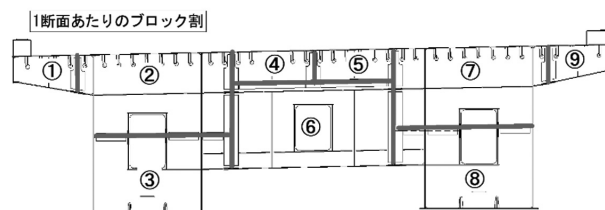


図-4 桁の断面構成

4. おわりに

本工事を施工するにあたり沖縄防衛局の皆様をはじめ、乗り込み前に上記の桁の仮置きや3列地組の計画を立案し、実現可能などころまで詳細計画を実施いただいた店社の皆様、厳しい工程にも関わらず最後までご協力いただいた協力会社の皆様のお力添えのおかげで無事工期限内に完工することができた。

今回の工事を通じて、現場は本当に多くの方のご協力があって成り立っているということを実感いたしました。ご協力いただいた関係者の皆様にはこの場をお借りして心より感謝する次第です。

34 工程管理

中口径シールド工法における 二次覆工時の工程短縮について

株式会社森組
担当技術者
桑 原 陸

1. はじめに

北九州市戸畑区では、平成25年、平成30年の豪雨の際に天籟寺地区周辺で60cm程度の道路冠水や床下浸水被害が発生している。この浸水解消を図るために、下水道管を増設する工事である。

工事概要

- (1) 工 事 名：天籟寺初音町幹線管渠築造工事
- (2) 発 注 者：北九州市上下水道局
- (3) 工事場所：北九州市戸畑区天籟寺二丁目ほか
- (4) 工 期：平成30年10月11日～
令和4年9月30日



図-1 天籟寺初音町幹線管渠築造工事 位置図

2. 現場における問題点

本工事の下水道管は、延長1.5km内径2000mm（外形2750mm）の中口径シールド工法によって施工を行う。一次覆工時に想定外の高強度岩盤に

当たったことにより、5か月間の工程のロスが生じた。無事工期内に竣工させるために二次覆工で工程短縮を図ることを目標とし、下記の2項目に着目し工事短縮を図った。

3. 工夫・改善点と適用結果

- (1) 坑内への生コン打設に用いる自転式アジデータ車を2両編成に変更。

下水管の施工延長が1.5kmにわたるため、生コンを打設箇所に運搬するのに当初の3.5m³積自転式アジデータ車1両編成ではかなりの時間を要した（1.5km÷7km/h=13分×2往復=26分+投下積込時間約6分+打設時間約8分=約40分）。毎日12m分（約32.5m³）の生コンを打設するために、3.5m³積アジデータ車では、10往復する必要がある（40分×10往復=6.6時間）。

それに加えてスライドセントルの引き出し→清掃→セントルのセット→打設の開始までに3時間程度かかることが推測され、合計9.6時間となり既定の就業時間内での打設完了が間に合わないため、アジデータ車を2両編成に変更し打設時間の短縮を試みた。また、2両編成で打設する際には、坑内打設箇所に設置しているコンクリート圧送ポンプに生コンを確実に送り届けるために、アジデータ車からコンクリートポンプまでの区間をベルトコンベアによる移送とし、生コンの分離や飛散を防ぎつつ確実に生コンの供給を行った（図-2）。

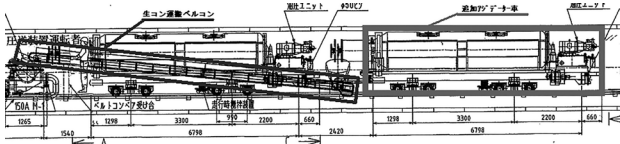


図-2 アジデータ車配置図

アジデータ車を2両編成にしたことで、アジデータ車の往復回数が半分となり、生コン打設が3.3時間で終了することができた。(40分×5往復=3.3時間)

(2) セントルの1回当り打設延長及び曲線部施工の中折れライナーの採用

本工事では、100R・200R・500Rのカーブ区間が点在する。当初設計では、1スパンの打設延長を9mと計画していたが、カーブ区間を打設する際にはその都度カーブに合わせてセントル長を縮小・拡大し、再びセントルを組立直して次スパンへの施工に移るといった施工サイクルであった。

その場合、セントル縮小组立で3日間、合計6日の(組替)作業になる。全体の打設の割付は(表-1)の通りになり、計217日間かけての施工となることが推測された。

表-1 セントル9mで打設した際の打設計画

| | 区間距離 (m) | 打設延長 (m) | 打設回数 (日) | 組替 (日) |
|----------|------------------|----------|----------|----------------|
| 直線部 | 1374.346 | 9 | 153 | 0 |
| R = 100m | 79.9 | 4.5 | 18 | 3×2=6 |
| R = 200m | 86.195 (4 か所) | 6 | 15 | 3×2×4 =24 日 |
| R = 500m | 4.837 | 9 | 1 | 0 |
| 合計 | 1545.278 | - | 187 | 30 |
| 合計実稼働日 | | | | 217 日 |

工期短縮を図るために、一度の打設延長を9mから12mに変更し全体の打設回数を減らした。また、カーブ区間の打設時のセントルの組替によるロスを少なくするために、中折れライナーを採用した。中折れライナーをセントルの中間部に配置することにより自然な曲線の仕上がりとなり、打継目段差の縮小と、組替時にセントル縮小に伴うセントルを

一度坑外に搬出する作業が省略され、二次覆工に要する実働施工日数を141日間に短縮することができた(図-3・表-2)。

平面図

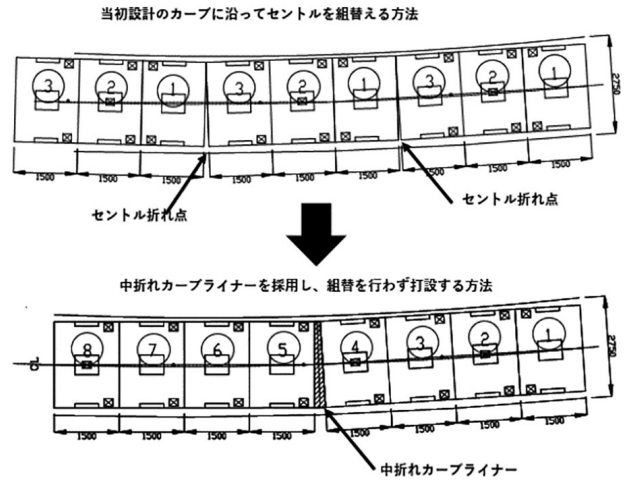


図-3 中折れライナーの設置図

表-2 12mセントル・中折れライナーを用いた際の施工日数

| | 区間距離 (m) | 打設延長 (m) | 打設回数 (日) | 組替 (日) |
|----------|------------------|----------|----------|--------|
| 直線部 | 1374.346 | 12 | 115 | 0 |
| R = 100m | 79.9 | 12 | 7 | 2 |
| R = 200m | 86.195 (4 か所) | 12 | 7 | 8 |
| R = 500m | 4.837 | 12 | 1 | 0 |
| 合計 | 1545.278 | - | 131 | 12 |
| 合計実稼働時間 | | | | 141 日 |

以上の2項目の改善を行い、全体的な作業の省力化を実現し、無事工期限内に竣工することができた。

4. おわりに

打設時間の短縮に成功したことで、品質向上への作業時間を確保することができた。

さらには、作業時間にゆとりができたため、安全作業を進めることができ、約4年間の工期を無事故無災害で竣工することにもつながった。

今後、シールド工事で同様の予期せぬトラブルが発生し、工期短縮が必要になった際には、この工事報告が参考になれば幸いである。

歩道橋を丸ごと再利用

日本橋梁建設土木施工管理技士会

宇野重工株式会社

現場代理人

金 見 勲[○]

計画担当

谷 口 好 信

計画担当

中 田 康 仁

1. はじめに

本工事報告は、国道23号を渡る手段として1972年（昭和47年）に設置された当社施工の『江戸橋横断歩道橋』を国土交通省発注工事で撤去し、四日市市発注工事で『笹川パークブリッジ』として補修・再設置するものである。

【撤去工事】

- (1) 工 事 名：平成30年度江戸橋歩道橋撤去工事
- (2) 発 注 者：国土交通省中部地方整備局
三重河川国道事務所
- (3) 工事場所：三重県津市江戸橋一丁目
- (4) 工 期：平成30年9月1日～
平成30年12月25日

【補修・再設置工事】

- (1) 工 事 名：笹川環状1号線交通安全施設整備工事
- (2) 発 注 者：四日市市役所
- (3) 工事場所：三重県四日市市笹川
- (4) 工 期：令和3年6月18日～
令和4年5月20日

『江戸橋横断歩道橋』撤去工事は、三重県発注の河川改修事業による市道と国道の付替え工事に伴う撤去を国土交通省が発注したものである。撤去工事に先立ち歩道橋のリサイクルやリユースを前提に、県や周辺管内の市に再利用の意向を照会していた。一方、四日市市では笹川団地内にあった小学校二校が統一され、団地内を通る笹川環状

1号線を横断する歩道橋の設置が要望されていた。それらのタイミングが合い『笹川パークブリッジ』補修・再設置工事は誕生した。また、再設置箇所は、笹川環状1号線の東西にある公園と公園を跨ぐ場所で、支間長37mの歩道橋を再利用するには好条件であった。



図-1 江戸橋横断歩道橋

2. 歩道橋を再利用する上での課題

本工事の難しさは、半世紀前に設置した歩道橋の再利用を前提に撤去し、損傷箇所を補修、精度良く復元、再設置をする事が前提で、以下の点が課題であった。

- ① 解体工事での撤去方法
- ② 補修範囲の決定と補修方法
- ③ 歩道橋形状の復元

これらの課題に対する対策を以下に示す。

3. 課題に対する対策

3-1 解体工事での撤去方法

補修・再設置時の施工性を考慮して、以下の工

夫を行った。

- ・添接部は、高力ボルトを緩めて撤去。
- ・切断が必要な箇所は、ガス切断を行わずセーバーソーを使用して切断。
- ・解体前にすべての部材にナンバリング（マーキング）を行い、復元配置図を作成。
- ・解体運搬する保管場所の部材配置図を作成。（保管場所は、四日市市の土地）

その結果、復元性（組立時の精度）を確保でき、図面作成や工場搬入・補修および再設置時の施工性が向上した。

3-2 補修範囲の決定と補修方法

補修範囲の決定に際し、螺旋階段桁の薄層舗装やノンスリップタイルなどの橋面下の踏板の損傷度合は、事前調査では確認できなかったため、当社工場に搬入し橋面の撤去と損傷度合の詳細調査を行った。補修方法は、コストや製作性などの協議を行い、当て板補修や踏板交換で対応した。

損傷が激しく踏板交換の対象となった箇所は、2段ある螺旋階段の下段であり、地面と近く湿気の溜まりやすい環境であったと考えられる。

3-3 歩道橋形状の復元

再設置時の精度確保や誤差吸収のため、計測箇所や施工手順の整理を以下のように行った。

- (1) 高力ボルト孔に拡大孔を採用
設計照査を行い高力ボルト孔径23.5mmから26.5mmへ拡大し、誤差吸収箇所を設定した。
- (2) 通路桁の工場仮組立
補修完了後に工場内で通路桁の仮組立を行い補修完了後の復元寸法と設計寸法の差を比較し誤差吸収範囲であること確認した。
- (3) パイロットホールの設定
工場での通路桁仮組立でドリフトピン挿入位置を工場と現場で共有した。
- (4) アンカーフレーム据付け精度の向上
支柱は門型形状でベースプレートの孔位置が決定しているため、新しいアンカーフレーム設置方向と角度を保持する治具（図-2）を設置し、据え付けを行った。

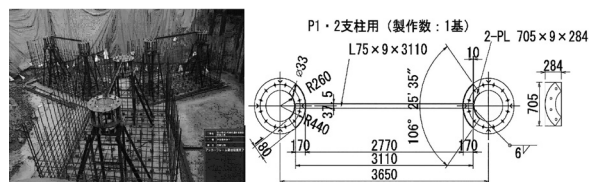


図-2 支柱間隔保持材

(5) 螺旋階段据付け精度の向上

螺旋階段支承部中心の座標管理による橋軸直角方向の支承間隔の管理に合わせ、螺旋階段ジョイントの内・外側端部角の座標管理で橋軸方向の間隔（支間長）の管理を行った。

(6) 螺旋階段桁落とし込みブロックの架設前計測

螺旋階段桁の最上段は、通路桁上に架かるゲルバー形式で、通路桁架設後に落とし込み架設する必要性から、通路桁架設後の計測により確認を行った。

その結果、各工程で自動追尾トータルステーションを含めた計測管理を行い、歩道橋形状の復元が手戻りなく施工できた（図-3）。

4. おわりに

今回、歩道橋を再利用することで二酸化炭素排出量の削減に大きく貢献出来た。また、一般的な歩道橋の新設工事と比較しても、材料手配や工場製作における工程短縮効果もあった。

鋼材は適切に維持管理すれば末永く使用できることを再認識し、螺旋階段という特殊な形状の歩道橋を地域に残す社会貢献を行えたことや、過去に類を見ないリユースにチャレンジできたことに満足している。

最後に本工事を施工するにあたり、ご協力頂いた関係者の方々に厚く御礼申し上げます。



図-3 笹川パークブリッジ

36 品質管理

現場打コンクリート緻密化促進

佐賀県土木施工管理技士会
松尾建設株式会社
作業所長
真海 一昭

1. はじめに

本工事は、九州自動車道に新スマートインターチェンジを開設するにあたり、アクセス道路を佐賀県が整備する工事の一部である。アクセス道路は市道を乗り越えるように横断する構造となっているため、この交差部にボックスカルバートを設置する工事である。

工事概要

- (1) 工事名：IC補助第0120014-004号鳥栖朝倉線（味坂SIC（仮称）工区）道路改良工事（道路改良工）
- (2) 発注者：佐賀県東部土木事務所
- (3) 工事場所：佐賀県鳥栖市酒井東町
- (4) 工期：2020年10月7日～2021年5月24日

2. 現場における問題点

構造物の完成後に発生するひび割れ、中性化により構造物の耐用年数の低下が報告されている。本構造物もアクセス道路併用後に、再構築することが困難である。よって、コンクリートの緻密化を促進しロングライフな構造物の構築が必須である。

3. 工夫・改善点と適用結果

施工手順として、①レディーミクストコンクリート受入検査、②コンクリート打設、③養生の各項目について、工夫・改善を行った。

- ① 受入検査については、通常の性状試験に追加して、単位水量を測定するW-Chekerを用いて管理を行った。単位水量の測定は、アジデーター車の最初から3台目までを連続して測定し、安定していることを確認した後に、10台につき1回の測定を行った。単位水量の基準としては、共通仕様書を使用するが、社内規格値を基準値の80%と定めて管理を行った。構造物としての最初の打設箇所である、底版コンクリートの打設時においては、単位水量の変動が大きく、2台目は上限基準値に迫る値であったため、生コン工場へ連絡し対策を依頼した。依頼した内容としては、

- i) 他ヶ所で荷卸しした生コン車の洗浄の徹底
- ii) 洗浄後のミキサー内残水を徹底して排水
- iii) 細骨材、粗骨材の水分量の再測定

以上の対策を行い、予定していた3台目以降のレディーミクストコンクリートについても単位水量の測定を継続し、8台目以降は連続5台が安定した値を示すようになり、以降の測定は10台につき1回の測定に戻した。打設後に生コンプラントの骨材保管場所を確認したところ、上空には屋根があるが、側方には壁が無いところがある半露天の状態であるため、場所によって骨材の水分量が一定でない可能性がある。特に細骨材については粒径が小さいため、保水する水分量の変動が大きいことが解った。今後の対策として、単位水量が安定するまで、細骨材の水分量の測定を連続して行うこととした。

37 品質管理

ガット船石材検収アプリの検証

東京土木施工管理技士会
東亜建設工業株式会社
堺谷 常廣

1. はじめに

新本牧ふ頭建設工事（その23・外周護岸A基礎工）は新本牧ふ頭建設にあたり、新たに護岸基礎を建設する工事である。本工事では約11万 m^3 に及ぶ石材の海上投入があり、100隻余りのガット船が入域、投入を行う。本報告では、施工のDX化、省力化の一環として、ガット船内の石材を従来的人力での測量による検収、画像による検収、iPhoneに付属したスキャナー（LiDAR）を使った検収を行い、それぞれの石材の検収土量を比較した。検収時間、検収石材量を比較したが、概ね同様の結果となった。

工事概要

- (1) 工事名：新本牧ふ頭建設工事
（その23・外周護岸A基礎工）
- (2) 発注者：横浜市港湾局
- (3) 工事場所：横浜市中区本牧地区（図-1）
- (4) 工期：令和3年6月4日～
令和4年6月30日

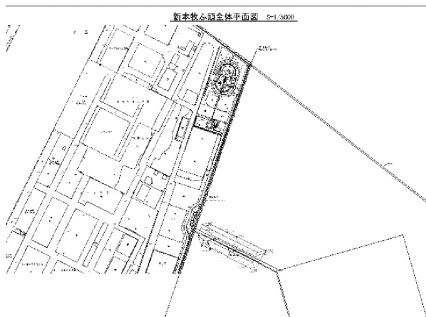


図-1 施工平面位置図

2. 現場における問題点

本工事は、新本牧ふ頭建設工事の中で、A護岸

基礎工を建設する工事である。本工事は、主に石材を投入して図-1に示す基礎工を施工するものである。図-2が完成時の深淺測量結果による基礎工の俯瞰図であるが、基礎工、裏込工で合わせて11万 m^3 の石材を投入する。石材の測量に当たり、船べり（コーミング）の歩行や測量機材の運搬など施工リスクの高い作業である事や測量結果の客観性の検証など必要となっており、DX化、省力化の観点からも創意工夫が求められていた。そのため、写真測量、LiDARによる測量と通常の検収量を比較して精度を確認した。

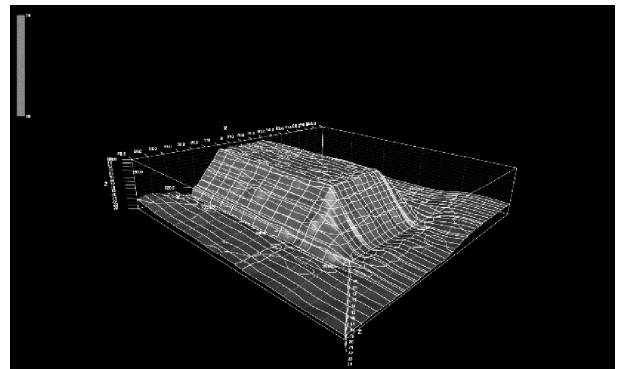


図-2 A護岸 深淺測量俯瞰図

3. 工夫・改善点と適用結果

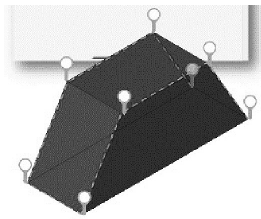
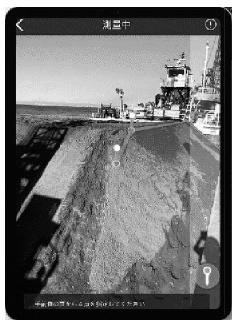
今回、精度確認に使用したソフトは

- ① OPTiM社「GeoScan」+「ScanX」
 - ② エムソフト社 ガット船測りマス
- である。

GeoScanは、LiDAR機能付きのiPhone（iPad）に積荷の点群を取得するため、積荷の形状に対する制約がない。ただし、LiDARの照射距離（5m）と短いため、遠くを測量するためには自撮りなど、

延長器具が必要となる。GeoScanで点群データを取得しScanXでサーフェースを作成し、土量計算を行う。今回の検証では、ScanXの精度検証も含めている。

ガット船測りマスは、画像上で積荷の台形の頂点をクリックして決定し、写真測量の要領でガット船内の石材の体積を決定するソフトである。どちらも、一人でできるため、省力化が図れるソフトである。



詳細計測

図-3 ガット船測りマス写真測量計測

今回対象としたガット船は、そうほう丸で船舶諸元、積荷については図-4のとおりである。この船上で図-5の様に、iPhoneのLiDARを使用したスキャンと写真測量を行った。

船倉の諸元と積荷の状況

| 船倉諸元 | | | |
|-------|--------|--------|-------|
| 船名 | 長さ | 幅 | 高さ |
| そうほう丸 | 21.00m | 10.70m | 6.64m |

| 積荷状況 | |
|------|-----------------|
| 積荷材料 | 捨石 (30kg~200kg) |
| 積荷形状 | 台形 |

そうほう丸の船倉状況

図-4 そうほう丸の諸元



図-5 そうほう丸上での写真測量の状況

図-6は、GeoScanの点群データを図化したものである。石材の形状や船倉内の積荷の状況が忠実に計測されている。この点群データから図-7の様に空の船倉との差をとり、土量検収を行っている。

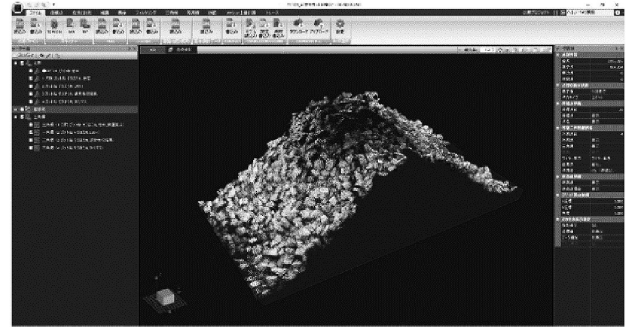


図-6 GeoScanの点群データの図化

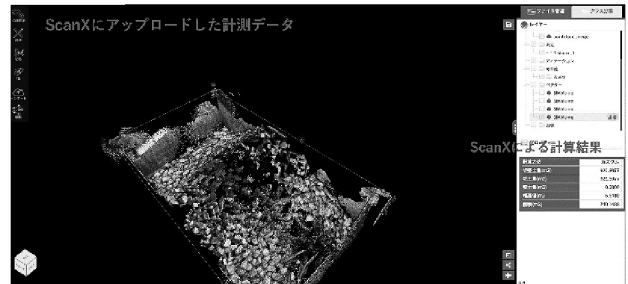


図-7 点群データから土量計算をした結果

図-8はそれぞれの計測結果から、断面図を起こして結果を比較したものである。GeoScanでは、従来の測量結果とほぼ同様の断面図が作成されている。ガット船測りマスでは、偏りが確認されている。土量結果では、従来の検収結果を基にする $\pm 2\%$ の差が生じている。この結果では、概ね許容できるものと考えられる。

| 船名 | 計測の手法 (テープ、スタッフ、表計算) | GeoScan+ScanX | ガット船測りマス |
|-------|-------------------------|-------------------|-------------------|
| そうほう丸 | 939m ³ | 921m ³ | 956m ³ |

図-8 従来の測量との比較

4. おわりに

省力化のために複数のソフトでの土量計算を試行したが、概ね許容できるものであった。短所としては、従来の検収が積荷の肩の位置などお互い確認を取りながら行うことが出来るが、ソフト内では難しい。今後実績を積みかさねる必要がある。

38 品質管理

急速施工となった盛土の品質確保について

株式会社親和テクノ
課長補佐
浦 貴 志

1. はじめに

発注者が整備を進める西九州自動車道は、福岡市を起点として、唐津市、伊万里市、松浦市、佐世保市を經由して武雄市に至る延長約150kmの自動車専用道路である。

このうち松浦佐々道路は、松浦市～佐々町を結ぶ総延長19.1kmの区間である。

この事業のうち当工事の工期前半は、松浦8号橋終点側橋台背面の盛土を行って次工事の作業ヤードを構築したものである。

工事概要

- (1) 工事名：長崎497号板橋栗越地区改良外工事
- (2) 発注者：国土交通省九州地方整備局長崎河川国道事務所
- (3) 工事場所：長崎県松浦市御厨町地先
- (4) 工期：令和3年10月14日～令和4年8月19日

2. 現場における問題点

盛土工の従来の品質管理は、現場密度試験を1,000m³に1回の頻度で行うことであるが、これでは局所的な品質の確認にしかない。

また、路体盛土、路床盛土、補強土壁背面盛土と管理基準の違う盛土の施工が混在したため、施工範囲や管理基準を間違える可能性があった。

3. 工夫・改善点と適用結果

【対策】

従来の施工方法、品質管理方法に換えて、3次元出来形管理技術等の施工管理法である「TS・GNSSによる締固め回数管理技術」で盛土工の施工、品質管理を行うこととした。これにより余裕のない工期における急速施工中の省略行為やヒューマンエラーによる品質不良を系統的に防げるのではないかと考えた。

TS・GNSSによる締固め管理技術のフローは、下記のとおりである

(1) 土質試験

施工に使用しようとする盛土材料について、予め突固め試験、コーン試験及び含水比試験などの室内試験を行って盛土材料としての適性を確認する。

(2) 試験施工

それぞれの盛土材料ごとにまき出し厚や締固め回数等を決定するため、本施工と同様の施工機械を用いて盛土工の試験施工を行う。

試験施工の結果、今回は下表のとおり本施工の仕様を決定した。

表 試験施工結果による本施工の仕様

| 適用(仕上り厚) | 材料名 | 転圧回数 | 巻き出し厚 |
|----------|---------------|------|-------|
| 路体 | 30cm 発生土(改良土) | 5回 | 488mm |
| 路床 | 20cm 発生土(改良土) | 7回 | 306mm |
| 補強土壁 | 25cm RC-40 | 5回 | 269mm |

(3) 盛土範囲の決定

転圧管理システムがインストールされた管理用タブレット端末に盛土の種別ごとに施工範囲や仕上がり厚等の仕様、施工が何層に及ぶか等の情報を整理して入力する。

(4) 本施工

GNSSアンテナを装着した転圧機械（タイヤローラー）に管理用端末を搭載して試験施工と同条件で敷均し、転圧の本施工を行う。試験施工と同条件を確保するために表のほか、施工日ごとに盛土材料の含水比を測定することが必要である。

施工の範囲は管理用タブレット端末に表示され、転圧回数はその範囲を走行すると回数に応じた色に着色されるので必要な回数の転圧が出来ていることが確認出来る。

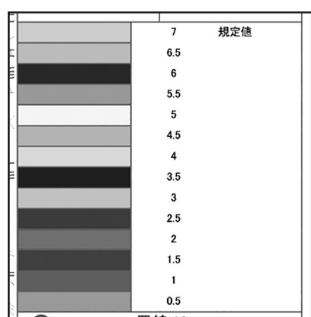
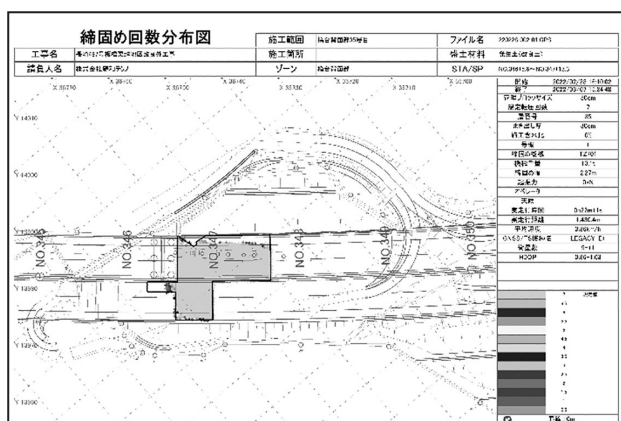


図 締固め分布図、転圧回数色別凡例

(5) 管理結果取りまとめ

図の分布図のほか転圧機械の軌跡図を2枚1組として盛土の種別、層毎にプリントアウトし整理する。

【対策の結果】

従来の局所的な品質管理に変えて、TS・GNSSによる締固め回数管理技術の活用により施工範囲全面を管理することとなったため、ムラのない施工でバラツキのない品質の確保が出来たと思う。

また、種別ごとの範囲や転圧回数も施工機械に搭載した管理用タブレット端末で確認を行いながら施工を進めることが出来るため、間違えることなく施工を完了することが出来た。

4. おわりに

当工事は、隣接工事との工程調整により12月から2月までの3ヶ月間で盛土部の施工（工事全体の出来高として約70%）を完了し次工事に引き渡すことが必要であった。急速施工で陥りがちな省略行為やヒューマンエラーは、最新の技術を活用して施工を進めることで必然的に防ぐことが出来たと思う。さらに三次元設計データの座標値を利用して行う測量技術等も活用することで省力化が実現してスムーズに工事を進捗させることが出来た。

ただし、今回のように工程的に厳しい現場を完了させるためには、省力化をもたらす最新の技術が効果的なことは間違いがないが、携わる人の責任感と尽力によるところが極めて大きいのだと改めて実感した。

最後に、当施工に関わっていただいた全ての方にお礼を申し上げます。

39 品質管理

プレキャスト擁壁の効果検証について

旭建設株式会社
土木部次長
江藤 登美宣

1. はじめに

本工事は、一ツ瀬川水系三財川河川改修工事(13.5km)のうち1工区(495m)の堤防補強を行う工事である。

平成17年台風14号にて被災した箇所の一つであり越流・破堤し川裏の民家や農業へ大きな被害をもたらした。設計段階から既存堤防の浸透流解析やサウンディング試験により照査がされ、当工区においては越流洗堀、パイピング、盤ぶくれの3つに区分(図-1)され、大きく3つの工法で計画された工事である。

工事概要

- (1) 工事名：令和2年度 三財川戸敷地区
河川改修工事 その1
- (2) 発注者：宮崎県 西都土木事務所
- (3) 工事場所：宮崎県西都市大字下三財
- (4) 工期：自) 令和2年9月11日
至) 令和3年5月23日



図-1 工法区分

2. 現場における問題点

現場において、設計資料の照査を行い、以下の項目を問題点として設定した。

○完成後のドレーン工の排水効果

既設堤防の土質特性から3区分に分けられた工法の中で、ドレーン工の役割は浸透水を排水し圧力低下(図-2)させることにあった。他の2工法の屈曲した法面の直線化、堤防内浸透水の遮水と違い、プレキャスト擁壁の効果が非常に重要な部分なのだが施工後の効果は不透明なものであった。

また設計業務資料中より降雨時に目視にてドレーン工の効果が機能しているかを確認する必要があるとの記述があったが50年に一度の出水で計画されている本設計において、同規模に近い降雨や出水が起これ、その際に確認できるのかも完成後の課題となることは明白だった。これらのことから完成に近い状態での排水効果の確認を作業所での課題と設定した。

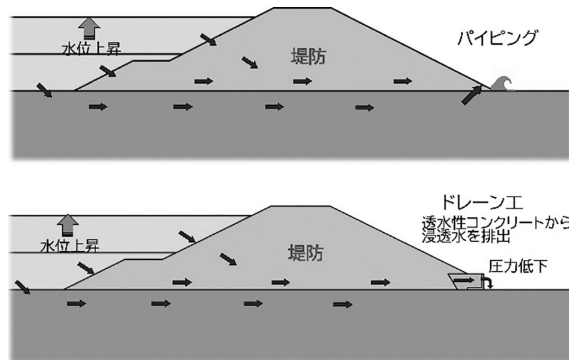


図-2 ドレーン工説明図

3. 工夫・改善点と適用結果

先ずドレーン工について、どのようなものかを説明する。堤防川裏側の法尻にプレキャスト擁壁工を設置する。表面は透水性のあるコンクリートで造られていて、背面の埋戻し材は目詰まり防止の吸出防止材にて土砂部との境界を保護した単粒碎石を用いる工法である（図-3）。

先述の通り、堤防内への浸透水をこのドレーン工から排水し圧力を低下させることでパイピング現象を防ぐことを目的としたものである。



図-3 ドレーン工完了

当工法で効果を確保するために前提として注意すべき点はフィルター材への土砂混入、流入による目詰まりである。盛土工施工時には特に土砂の混入を防ぐため、ドレーン工の天端に224mに渡りブルーシートをかけ混入対策を行った。この対策により余盛りを気兼ねなく実施でき端部転圧で所定の締固め度が間違いなく確保できる副産物的効果も得ることができた（図-4）。雨天時の流入に対しても効果的だった。



図-4 シート養生

さて、本題の排水効果の検証であるが、問題点で挙げた通り、「降雨時に確認できるか」については、雨天の様な環境下において表面が濡れている状態で、何時、そして誰がやるのかが課題となる。更に後に確認できたとして当初からの比較は必要と考えた。単粒の露出部は法尻保護のため張コンクリートにて閉塞してしまうので、より完成に近い状態で検証できるのは閉塞前であるこのタイミングのみであった。

検証の方法について、川表から水タンクにポンプで湛水しながら高圧洗浄機で注水を試みた。注水よりも単粒碎石の透水効果が高く表面に出るよりも横方向に逃げてしまったため散水車に変更し注水することにした。検証場所を端部の小口止め工へ変更し再検証を試みる。単粒碎石なので水位が上がらず苦労したが無事に表面部の排水効果を確認（図-5）することができた。同検証を上下流の計2ヶ所において行い機能について効果を検証、併せて土砂の吸出しもないことも確認でき、これらを動画に記録を行った。



図-5 効果検証

4. おわりに

工事において検証は重要な事であると思う。今回の様に後々に確認ができるか分からない工法は多々あるのではないだろうか。その中で発注者と協力しあい検証を重ね良い品質のものを地域のために造っていくことが大切であると考えます。今後も本当の意味での設計照査を行い、検証し証明していきたい。

40 品質管理

塗膜剥離における気象条件への対応

宮崎県土木施工管理技士会
旭建設株式会社 工事部
田中 秀伸

1. はじめに

本橋は、宮崎県高千穂町に位置し、日之影町と高千穂町を結ぶ鋼中路式ローゼ桁橋であり、耐震補強を目的とした工事である。

本工事は、耐震補強における補強部材取り付け時の既設塗膜剥離時の取り組みについて述べる。

工事概要

- (1) 工事名：令和2年度防国橋補第141-16-7号
国道218号雲海橋耐震補強工事
その5
- (2) 発注者：宮崎県西臼杵支庁
- (3) 工事場所：宮崎県西臼杵郡高千穂町
- (4) 工期：令和3年7月26日～
令和4年7月25日

2. 現場における問題点

本工事を施工するに際して、以下の問題点が生じる可能性があった。

工場製作品及び、高力ボルトの社会情勢による納期遅れから、既設塗膜剥離時期が冬季になる。

高千穂町は、冬季には、積雪がある地域であり、また、橋梁が溪谷上にある為、冬季になると冷風が吹き抜け気温の低下の促進をすることが予測された、そのため、夜間には気温が急激に低下し塗膜剥離を行う際に塗膜剥離剤使用の為低温となることにより剥離効果の出力不足が懸念された。

さらに、当現場においては、橋梁全体を塗替え

塗装が施されており、通常多くても5層構造の塗膜構成であるが、健全塗膜を残した塗替え塗装を行っている為、8層構造の塗膜構成であったため、塗膜剥離剤の効果が、大きく工程にも影響する可能性が高かった。

3. 工夫・改善点と適用結果

問題点を解決するにあたり、外気と塗膜剥離剤塗布箇所（図-1）を外気部と遮断することにより、冷風対策及び密封保温出来るようビニールハウスの材料を使用した。

通常トタン板等を使用して塗膜剥離箇所の遮断をするが、内部が暗くなり安全を考慮し少しでも明度を確保することで、足元の視認性を高めた。

ビニールハウス材の使用は、トタン板使用に比べ、単価が安価であり、経済効果も期待でき曲線部等においても加工し曲線に合わせることが出来る為、狭所部が特に多い橋梁の耐震補強工事において、もっとも有効だと考える。



図-1 遮断層設置状況

また、内部空調設備として、ジェットヒーターの温風のみ送風が可能な機器を使用し、塗膜剥離剤塗布中から送風を行い、塗膜剥離箇所内部の温度を高め保温養生を行った（図-2）。

今回使用した、ジェットヒーターは、送風機のように、外部に機械をセットし、ダクトのみを内部に差し込むことが出来、ダクトはビニール製でダクトの50センチ間隔程度で送風孔がある為、通常の送風機と違い、先端のみではなく塗膜剥離箇所内部全体に温風が送風できる。

また、機械内部で燃焼し温風のみを前面から送風し排気孔は、上部の煙突から排出されるため、塗膜剥離箇所内部が密封されていても、塗膜剥離箇所内部で作業を行っても二酸化炭素中毒になるリスクも低減出来、前面から火が出る心配もないため火災の低減にも繋がる。



図-2 ジェットヒーター設置

前記対策を講ずることにより、塗膜剥離箇所の温度を塗膜剥離出力が出やすい、温度（20℃程度）にすることで、剥離効果が上がり1回塗布で大半の塗膜剥離を可能とした。外気温と内部温度

の差は、約10℃を保つようにし剥離剤塗布開始から、剥離剤塗布完了後約半日間保温し、夜間の急激な温度変化時にも、最低10℃を下回らないようにしさらに、剥離剤塗布完了後塗膜剥離面全体にラッピングとして、ビニールを密着させることで、二重の保温対策を行ったことで、塗膜剥離における出力不足の解消に繋がった（図-3）。



図-3 内外気温度測定

4. おわりに

施工時の簡単な改善ではあるが、寒冷地での昼夜の気温差は10℃前後となる場合がある為、今回のように、簡単な工夫で効果の得られる改善を、施工する際に常時考えておくことで、品質の確保及び工期の短縮が出来たと感じた次第である。

土木工事において、自然条件が最も重要であり、現場の特性を十分に理解し、計画しその時々により、使える資機材を使用し創意工夫をもって、今後も各現場の対策を行っていくことが大切だと思案した。

41 品質管理

出来栄え・品質の良いコンクリート構造物の構築における工夫について

長崎県土木施工管理技士会
株式会社吉川組
監理技術者
出口 明 義

1. はじめに

本工事は地域高規格道路島原道路における本線下部の内空断面6.6m×7.5mの現場打ち函渠工であり、耐久性に優れた出来栄えの良い構造物を施工するために実施した工夫について述べる。

工事概要

- (1) 工 事 名：一般国道251号道路改良工事
(原口町3号函渠)
- (2) 発 注 者：長崎県島原振興局
- (3) 工事場所：長崎県島原市原口町
- (4) 工 期：令和3年5月6日～
令和4年2月28日

2. 現場における問題点

『ひび割れやコールドジョイント等が無い良い出来栄えにすること』

現場打ち函渠工施工にあたり乾燥収縮や温度応力によるひび割れ、また下部のコンクリートによるひび割れ及び打設時の締固め不足による沈下ひび割れが発生する可能性があった。

3. 工夫・改善点と適用結果

鉄筋の錆による構造物の耐力の低下を防ぐため屋内鉄筋加工場では鉄筋防錆剤サビラーズを塗布し、現場加工の曲げ部には錆転化型防錆剤ラスクリアを塗布することで鉄筋腐食によるひび割れへの長期的な対策を実施した。

また、耐アルカリ性ガラス繊維ネット（ハイパーネット）を使用した（図-1）。

ハイパーネットはコンクリートの内部拘束に起因するひび割れや、乾燥収縮によるコンクリート表面に発生するひび割れに対して有効であるとされているため設置する。

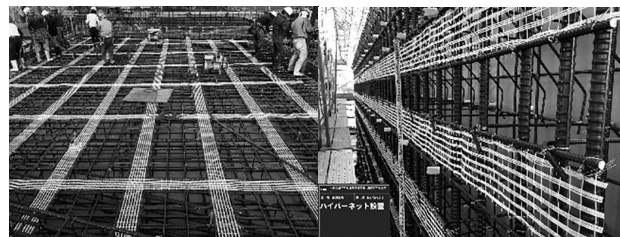


図-1 耐アルカリ性ガラス繊維ネット

さらに、コンクリート打設時はコールドジョイント発生防止対策として、打ち重ね時間の把握と十分な締固めが出来るよう、レーザー距離計とタブレット端末により打設高さ及び打重ね時間の管理を行った（図-2）。



図-2 レーザー距離計・タブレット

そして、翼壁の接合部において、鉄筋が過密配筋で組立てる設計となっている箇所には、コンクリートの充填状況が目視で確認できるようにアクリル板を使用した透明型枠を設置した（図-3）。

この型枠を使用することで全ての作業者がコン

クリート充填状況を見たい時に容易に確認することが出来るので充填状況をリアルタイムで把握することが出来た。



図-3 透明型枠設置

また、ワイヤレスコンクリート内部温度測定機を使用することで従来の有線タイプとは違い結線処理・先端処理、補修作業をすることなく、コンクリート内部温度の測定を行い、そのデータをもとに養生方法を決定した(図-4)。

また、コンクリート供試体の圧縮強度と併用し、積算温度から圧縮強度を算出する方法(マチュリティ法)で型枠脱枠時期の決定を行った。

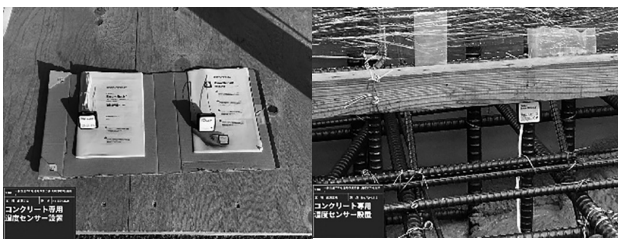


図-4 内部温度測定機

コンクリート養生では、養生マット及びブルーシートによる湿潤養生を行うが、養生期間中にはコンクリート表面湿度を90%以上に保つため、湿度90%未満になるとスマートフォンにメール通知する無線温湿度ロガーを設置し表面湿度の管理を行った(図-5)。



図-5 無線温湿度ロガー

また、コンクリート打設時期が冬季であったため、コンクリート温度の一時的な表面温度低下が起り温度応力ひび割れを誘発する恐れがあるた

め温水高圧洗浄機による温水湿潤養生を実施しコンクリート表面温度を10℃～20℃に保つように行った(図-6)。



図-6 温水湿潤養生

また、側壁部では自社の過去工事の実績により低コストで施工性も良く高い養生効果を得られるビニールシートによる湿潤養生を実施した(図-7)。



図-7 ビニールシート養生

4. おわりに

耐久性・出来栄えを求められるコンクリート構造物に対し、品質の確保・ひび割れ対策を実施し、施工後、現地にて透気試験を実施した結果、養生の有効性、構造物の表面密実性の確認を行ったが、判定は良好であった(図-8)。

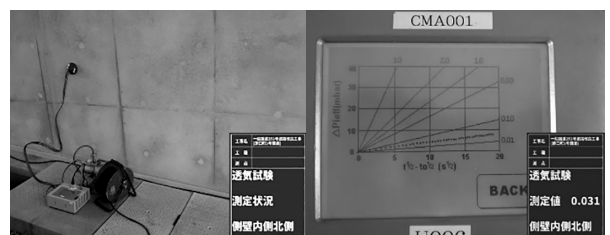


図-8 透気試験による密実性確認

以上の項目を実施したことで、ひび割れも発生することなく、耐久性が高く仕上がりの良い構造物を施工することができた。

最後になりましたが、本工事の施工にあたりご指導、ご協力いただいた発注者、ならびに無事故無災害で工事にご協力いただきました工事関係者の皆様に厚くお礼申し上げます。

42 品質管理

盛土補強土工におけるグラウト材逸走対策

岡山県土木施工管理技士会

株式会社荒木組

主任

栗原 達也[○]

次長

中塚 仁 視

主任

福見 信 二

1. はじめに

本工事は近年の短時間異常降雨に起因する災害発生、大規模地震による崩壊の防止を目的とし要因となる「盛土内の水位」を低下させ、安定化を図る盛土補強工事である。

工事概要

- (1) 工 事 名：米子自動車道（特定更新等）
久世IC～蒜山IC間盛土補強工事
（その2）
- (2) 発 注 者：西日本高速道路(株)中国支社
米子高速道路事務所
- (3) 工事場所：岡山県真庭市中原～
真庭市社地内
- (4) 工 期：令和3年9月15日～
令和4年10月12日
のり尻対策工133m、盛土補強土工582本
水抜きボーリング工3,276m、パッカー工372本
溢水対策工148m、階段工347m、導水壁工22m
足場工2018空³、転落防止柵工165m

水抜きボーリング工とは、地すべり防止対策として地表面から水平ボーリングを行い、φ40の多孔管を挿入し盛土内の水を排水する工法である。

盛土補強土工とは、土中に鉄筋（補強材）を挿入したのちグラウト材を充填し、土と補強材と相互作用によって補強土塊の挙動特性、強さを改善する工法である。災害で予測される表層の滑りや

崩壊に対して補強材を打設し、土と補強材の相互作用によりこれらの安定を図ろうとするもので、杭等による抑止工法に比べて剛性の低い材料を盛土の不安定部、あるいは安定地盤まで挿入する事により、これらの持つ引張抵抗力、せん断力などにより盛土の強度的弱点を補い、斜面の安定を図るものである。

2. 現場における問題点

盛土補強土工は施工を開始する前に対象盛土での試験施工を実施する必要がある。対象盛土が設計の補強材、グラウト材に対して所定の引張強度を確保出来るか確認するために行うものである。

実際に試験施工をおこなった際にグラウト材を設計量注入しても充填が完了せず、グラウト材が逸走する問題が発生した。

試験施工では3本施工し、逸走におけるロス率は平均50倍であり、削孔スライム（図-1）を確認したところ盛土材が岩碎で空隙が多いため、グラウト材の逸走が発生（図-2）していると判断し、今後の本施工におけるグラウトの逸走対策が問題となった。

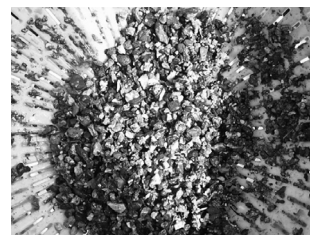


図-1 削孔スライム

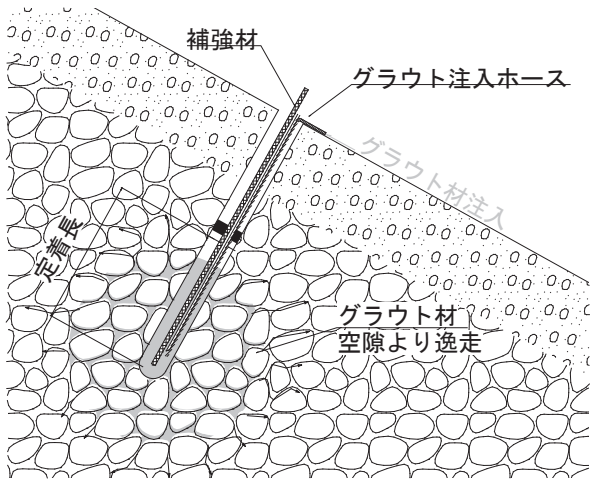


図-2 空隙によるグラウト材逸走

3. 工夫・改善点と適用結果

上記の課題に対して検討をおこなった結果、ロックボルトパッカーを使用することでグラウトの逸走を防止出来ることが分かった。

ロックボルトパッカーとは亀裂性岩盤で漏水の著しい箇所や湧水の多い箇所にグラウトを注入する際に補強材の周囲に取り付けグラウトの逸走を防止するための布製の材料である（図-3）。

（図-4）ロックボルトパッカーを取り付けて施工することからロックボルトパッカーを取り付けた状態で試験施工を実施する必要がある。当該現場では再試験を実施した結果、ロックボルトパッカーを使用した場合でも所定の強度を確保する事が出来た。

補強材を削孔穴に挿入する際、長さ8mの補強材は分割し挿入しながら組み立て、設置を行っていた。ロックボルトパッカーを取り付けた事で挿入しながらの組み立てが困難となった。

上記問題については長尺の支え棒と削孔穴直近で支え役2名、さらに現道に近接しての作業であることから監視人1目の計4人体制での設置作業となった。

ロックボルトパッカーを使用し施工した結果、グラウト材のロス率は1.8倍程度となりグラウトの練り混ぜ、注入における作業時間のロスを削減ができ経済性、効率性ともに向上し施工をすることが出来た。



図-3 布製材料ロックボルトパッカー

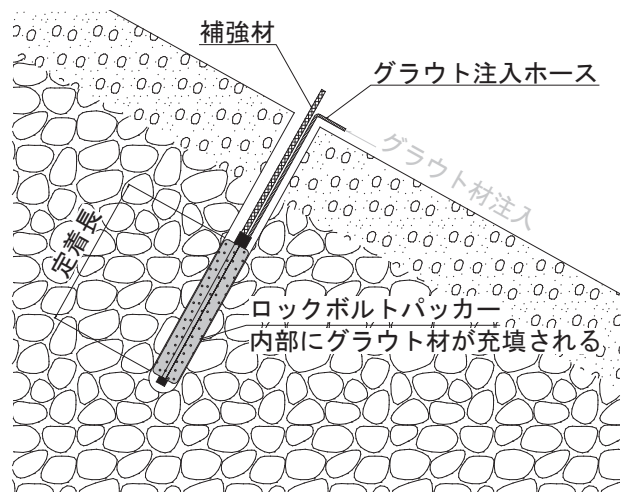


図-4 ロックボルトパッカーによる施工

4. おわりに

今回のロックボルトパッカーの使用については、試験施工時のグラウト逸走によりロックボルトパッカーの使用を協議し再試験施工を実施したため、その時点で1週間以上の工程ロスが発生した。

施工開始前に盛土の状態をよく観察しグラウトの逸走の可能性が高い場合には最初の試験施工時にロックボルトパッカー分の試験も実施しておけば工程ロス防止につながる。

ただし試験施工にも材料費等のコストは掛かるため盛土の状態等をよく確認し総合的判断する必要がある。

43 品質管理

BIM/CIM の概念を取り入れた 3次元モデルによる推進管理

石川県土木施工管理技士会
株式会社高田組
次長
千 田 博

1. はじめに

本工事は、耐震化事業の一環として、送水管 DIP-NS Φ 900のさや管HP ϕ 1350mmを152mの区間、泥水式推進工法（縦横断カーブ施工）にて埋設する工事であった。

工事概要

- (1) 工 事 名：県水送水管耐震化事業
送水管埋設工事（金沢-2-30）
- (2) 発 注 者：石川県
- (3) 工事場所：石川県金沢市千木町
- (4) 工 期：令和4年3月～令和4年11月

2. 現場における問題点

推進の縦横断方向には、河川の下越し、横断地下道の基礎（深層混合処理工）、L型擁壁の基礎（中層混合処理工）等の重要構造物があり、計画法線において離隔が1.6m程度と小さく、既設構造物が計画図面と違う位置（特に地盤改良体）にあった場合、推進工法が止まってしまう恐れがあった。又、本現場は、互層土質における縦横断カーブ推進であり、土質が深度により変化していく。その為、泥水の比重及び排泥管理が難しく、現状の土質にあっていないと周辺地盤の沈下等が懸念された。

3. 工夫・改善点と適用結果

【対策-1 本現場でのBIM/CIM活用概念】

本工事は、BIM/CIM対象工事ではなかったが、

上記概念を取り入れ施工管理を行った。

① 調査・測量・確認（図-1）

- ・レーザースキャンによる地形データの取得
- ・ボーリングデータの3次元モデル化
- ・周辺構造物の図面収集と3次元モデル化

・レーザースキャンによる地形データの取得

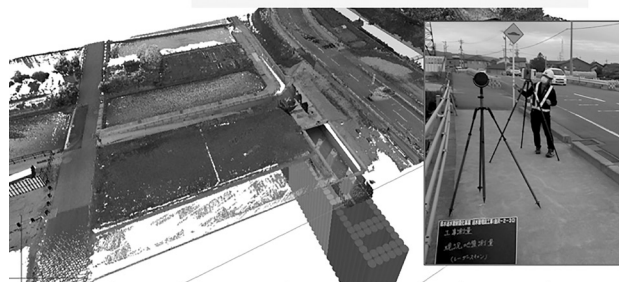


図-1 土中を含む3次元モデルの作成

② 3次元モデル作成と整合性の確認（図-2）

- ・設計図書の3次元モデル作成
- ・現地地形データとの整合性確認
- ・3次元モデルによる照査

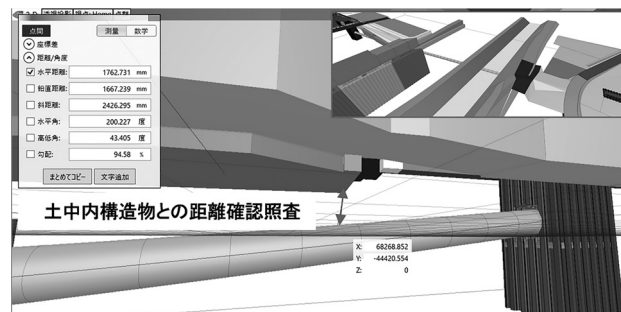


図-2 3次元モデルを活用した設計照査

③ 3次元モデルを活用した管理（図-3）

- ・施工中（掘進機位置）における土中内の可視化
- ・周辺構造物のリアルタイム監視の実施



図-3 掘進機オペレーターとの土中地形確認

縦断曲線推進は、管1本毎に実施する管内自動測量結果を元に次の管位置を予測し施工していく為、事前に作成した推進管・近接構造物及び土質の3次元モデルを利用し、現在までの施工軌跡と次の管位置・土質を可視化することで掘進機オペレーターの予測施工能力を向上させることができた。

【対策-2 周辺重要構造物への対応】

推進工法での従来の地盤・構造物変位計測方法は、推進法線上のレベル計測が一般的である。本現場では、掘進機が土中を含む構造物に近接していく為、リアルタイム変状計測を採用し、3次元モデルで構造物との距離を確認しながら変状状況を日々確認した (図-3)。

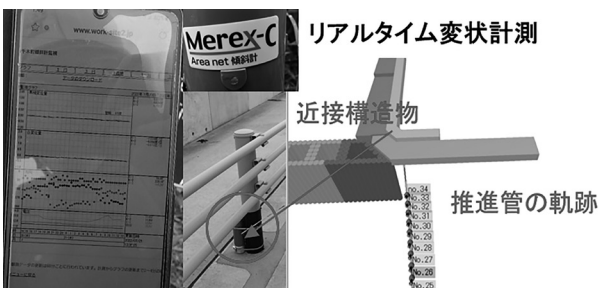


図-4 3次元モデルでの距離確認と変状計測

【対策-3 泥水式推進工の排土管理対策】

泥水式推進工における循環泥水からの掘削排土量は、土質によって大きく変化する。本現場は、縦横断推進により、砂質土から軟弱地盤のシルト粘土層にかわり、掘削排土量も掘削体積の100%土量から、泥水溶込みにより20%近くまで小さくなる。その為、切羽からの取込量が適正であるかの判断が非常に難しく、従来の管理では、ボーリングデータと縦断図を見比べて判断していた。本現場では、事前にボーリングデータの3次元モデル

も作成している為、掘削箇所の土質を管1本施工毎に確認でき、土質に合せた排土管理を行うことができた。

上記、1～3の対策により、推進管の位置を可視化状態で管理し、周辺構造物をリアルタイムで監視しながら施工することができた。

4. おわりに

近年の土木技術は、ICT技術普及により、作業の効率化と経験の浅いオペレーターでも品質の高い施工が可能になってきた。特にバックホウやモーターグレーダーなど使用頻度の高い機械は、ICT技術が一般的になりつつある。しかしながら、推進工などの特殊工法は、掘進機や測量機器の改良・進化は、あっても操作・管理は、熟練オペレーターの技術が必須になる。本工事の管理目的は、素晴らしい技術をもっている推進オペレーターや作業員の方々に新しい3次元の技術力を加え、いままでより少しだけ、良い管理・良い製品ができればと思い実施した。

3次元技術(モデル)は、作成に時間がかかり、問題点もあるが、推進オペレーター、作業員と元請け管理者が一体となって現場管理に取り組み、無事到達した際は、みんな喜び合うことができ本当に良かったと思う (図-5)。

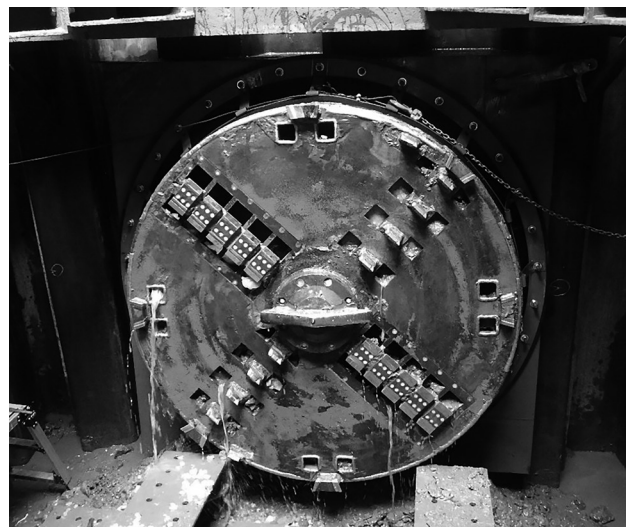


図-5 推進掘進機到達状況

44 安全管理

交通渋滞を未然に防ぐために

(一社) 北海道土木施工管理技士会

株式会社富士サルベージ

山本 健一〇 足立 憲彦

1. はじめに

本工事は下水管の耐用年数である50年を迎える古い管の老朽化対策として、既設管の機能維持を目的とした管更生及び入れ替えの工事を行うものである。また近年、住居や商店などが増えてきた函館市港町の下水道管の新設工事も行った。

工事概要

- (1) 工事名：北部第6排水区2工区ほか
2地区下水暗渠改築工事
- (2) 発注者：函館市企業局 上下水道部
- (3) 工事場所：北海道函館市内4箇所
- (4) 工期：令和3年10月28日～
令和4年3月18日

2. 現場における問題点

(1) 施工現場の交通量

本工事は管きょ更生工事（五稜郭地区2箇所：複合管及び自立管）と開削作業2箇所（北部第6排水区及び港地区）というように施工箇所が4箇所に分かれており、管きょ更生工事に当たっては非常に交通量の多い車道を規制しての施工である。五稜郭地区の施工箇所は北海道函館市の代表的な観光地である五稜郭タワーに近く、年中観光客で賑わい、多くの観光バスやタクシーが往来している。また近隣には病院や人気フード店も多数点在しているため、施工によりこれらの利用客が混乱しないようそれぞれの駐車場の出入りに配慮する必要があった。

(2) 降雪による道路幅員の減少

作業時期は冬期間である。降雪量の多い地域であるため、路面に積もる雪を一時的にも道路の両脇に堆積させることにより道路の幅員が減少し、交通混雑が起きることが予想される。また道路凍結による事故も懸念された。

3. 工夫・改善点と適用結果

(1) 人気フード店の駐車場利用については特に影響が出る恐れがあったため、施工前に打ち合わせを密に行い対策を講じた。通常であれば施工箇所には作業区域防護柵を設置しているが、観光バス及び飲食店の駐車場の出入り口には防護柵を設けず、通常通り出入り口を確保するようにした。その代わり利用客が混乱しないよう看板を製作・設置して歩行者やドライバーへの注意喚起をし、交通誘導員を増員してスムーズに駐車場を利用できるよう混雑と安全面に配慮した。その結果、交通混雑や利用者の混乱を未然に防ぎ、トラブルを回避することができた。

また病院の駐車場からの右折出口に関しては普段から交通渋滞を起こしていたが、事前に病院側に理解を求め、重機の移動の際など混雑が見込まれる時にはお願い看板を設置することで利用者から理解を得るよう対応した。

行啓通に出る右折車両が多い交差点では、右折車両を規制することで大渋滞が起こることが予想された。道路使用許可申請書を提出する際に警察



図-1 駐車場看板



図-3 積雪状況

署からも、交通渋滞に配慮してほしいとの強い要望があった。そこで道路規制をできる限り行わずに施工するために、交差点付近のマンホールは更生添加剤の注入時以外は開けずに、充鎮作業時の一日のみ道路規制をかけるように工夫した。これにより交差点付近での作業を軽減し、苦情やトラブルを起こすことなく工事を完了させることができた。



図-2 作業帯工事防護柵

(2) 施工乗り込み時期にはすでに積雪があったため、堆積している雪の除排雪を行い、凍結している場所は融雪剤として塩化カルシウムを散布し対応した。また、作業区域防護柵を出す前にも除排雪を行い、停止位置と車両通行路周辺にも同様に塩化カルシウムを撒き、道路の幅員を確保した。乗り込み時期には積雪があったが、その後の降雪量は予想よりも少なく融雪剤を使用することなく作業を行うことができた。事前に対策を検討したため、積雪のスリップによる接触災害を起こすことなく、安全第一で工事を完了させることができた。

4. おわりに

交通量の多い区域での施工であったため、近隣住民や各施設の利用者に配慮し、安全面への対応に大変気を配った。施工箇所が4箇所に分かれており近くには住宅も多かったため、工程説明のパンフレットを作成し何日かかけて各世帯に配布した。警察署が近くにあり、渋滞が起りやすい場所であったこともあり、苦情が多く入った場合にはすぐに駆け付け指導すると言われ、プレッシャーを感じながらの施工であったが、問題が起こることなく工事を完了させることができて本当に良かった。

予定外の事態に備え、あらかじめ無理のない確実な作業計画を立て、各作業の打ち合わせも密に行うよう努めた。作業効率を優先したい気持ちもあったが、近隣住民や各施設に配慮し理解を得ることで、苦情による急な施工の中断もなく確実に作業を行うことができた。公共工事において、地域住民及び各施設などとのコミュニケーションは何よりも重要で必要不可欠であると感じさせられた。

今後も普段の生活に極力支障をきたさない施工を心掛け、対策・工夫していくことで、建設業のイメージアップ、そして地域貢献につながるよう努めていきたい。

45 安全管理

クレーンアウトリガー支持地盤の安全対策

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本ファブテック株式会社

現場代理人

監理技術者

小松 恵一 ○ 酒井 匡

1. はじめに

本橋は、一般国道48号（作並地区）に昭和28年に架橋され、老朽化して耐荷力不足が著しい『湯渡戸橋』の架け替えを目的とした、新設橋梁の製作、輸送及び架設工事である。架設工法は、550t吊り油圧クレーンを使用したクレーンベント架設工法により架設を行った。

工事概要

- (1) 工事名：湯渡戸橋上部工工事
- (2) 発注者：国土交通省東北地方整備局
仙台河川国道事務所
- (3) 工事場所：宮城県仙台市青葉区作並地内
- (4) 工期：自）令和元年8月26日
至）令和3年7月30日
- (5) 橋梁形式：鋼単純3主箱桁橋
- (6) 橋長：70.100m（CL線上）

本橋の構造一般図を図-1、架設計画図を図-2に示す。

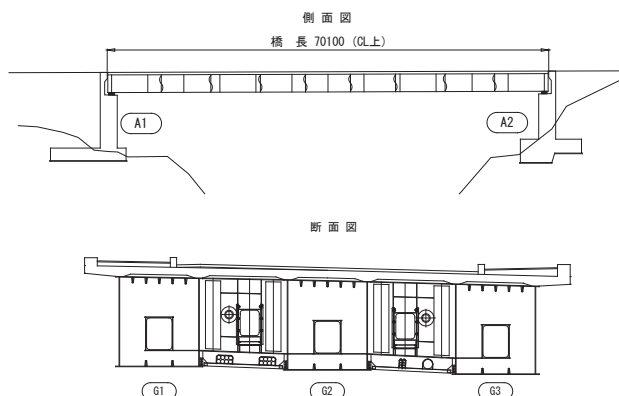


図-1 構造一般図

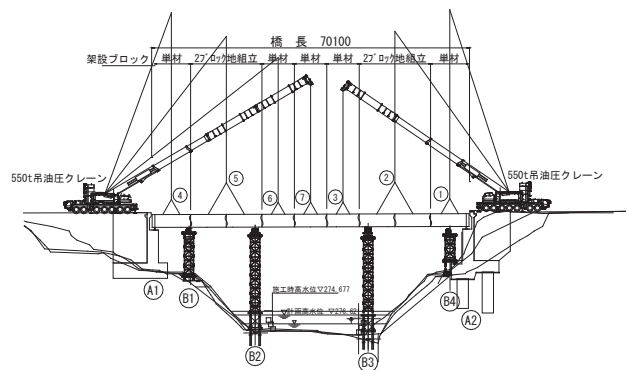


図-2 架設計画図

2. 現場における問題点

本橋は、広瀬川を跨ぐ溪谷上での桁架設となるため、A1、A2橋台の背面にクレーンを設置して桁を架設する計画とした。ベント設備は、各橋台の前面に敷鉄板基礎のB1・B4ベントを、広瀬川の河川内に杭基礎のB2・B3ベントの合計4基設置した。桁の架設は、橋台前面に設置したベントと河川内に設置したベント間の距離が約20m程あり、単材ブロックによる張出し架設では桁が転倒する恐れがあるため、図-2に示す様に地上で地組立を行って架設する計画を立てた。ただし、クレーンの負荷率（吊り荷重/定格荷重）に問題が出て、吊り荷重（フック・吊りワイヤ含む）が58.0t、計画作業半径での定格荷重が61.1tとなり、負荷率が95%に近い作業計画となり、クレーンの能力限界に近い作業計画となってしまった。クレーンはクレーンアウトリガー反力を受ける地盤面の沈下によって、転倒する恐れがあった。

3. 工夫・改善点と適用結果

クレーンのアウトリガー反力を受ける位置での地盤支持力及び沈下量を事前に把握する必要があった。このため、各橋台背面のクレーン据付位置で、クレーンアウトリガー反力が最大となる位置で地盤の平板載荷試験を行い、地盤支持力と沈下量の確認を行う事にした。平板載荷試験は、地盤工学会「地盤の平板載荷試験方法」JGS-1521に準拠し、短サイクル急速載荷とし、荷重保持時間は30分で行った。

アウトリガー反力の算出を行った結果、最大値は1350kNであった。地盤に作用する力を分散させるために、寸法1.0m×2.0m×t50mmのクレーン専用鉄板を使用し分散設置圧を104kN/m²に低下させた。本工事で必要な支持力は分散設置圧に対して1.1倍の余裕量を見込み、安全率3倍をかけた値343.6kN/m²を確認支持力として設定し、地盤の平板載荷試験を行った。

平板載荷試験を行った結果、350kN/m²以上の地盤支持力がある事を確認できた。また、地盤沈下量は試験の最大荷重350kN/m²で3mmであった。この試験結果より、アウトリガー反力を受ける地盤支持力及び沈下量が安全であることが確認できた。



図-3 架設状況

また、平板載荷試験で地盤支持力及び沈下量が安全である確認はできたが、更に安全性を向上させるために、図-4の様にアウトリガー直下に前述のクレーン専用鉄板に加え、専用覆工板（1枚あたり：1.0m×5.0m×t200）を増設する事にした。専用敷鉄板1枚に対して専用覆工板を2枚敷設する事によって、専用敷鉄板と比較して約5倍の設置面積を確保する事が出来るため、アウトリガー反力をより分散させることができ、安全に施工を行う事ができた。



図-4 専用覆工板使用状況

4. おわりに

上記の対策でクレーン据付部の地盤面の沈下の問題は生じなかったが、地組した桁の重量が計画時の荷重より多少オーバーしていた事が判明した。計画段階で桁の吊り荷重の誤差を考慮していたが、それ以上の値であったため、地組桁の添接板の一部を架設済みの桁に付け替えて吊り荷重の調整を図った。アウトリガー反力が作用する地盤面の支持力・沈下量に着目しすぎて、吊り荷重の確認を見過ごしてしまったところは反省を感じた。また、現場では局所的な面ばかり管理せず、作業全体を見た現場管理を行う必要性を感じる事ができた。今回の経験を踏まえて、今後の計画・施工管理に役立てていく所存である。

最後にご指導、ご協力頂いた仙台河川国道事務所と施工に携わった協力業者の皆様には誌上をお借りして御礼を申し上げます。

46 安全管理

河川を跨ぐ曲線4主桁の送出し架設

日本橋梁建設土木施工管理技士会

JFE エンジニアリング株式会社

現場代理人

監理技術者

時 任 秀 哉[○] 田 中 吉 夫

1. はじめに

本工事は、令和6年度開通予定の自動車専用道路である都城志布志道路のうち、都城ICと乙房ICを結ぶ、鋼5径間連続合成鈹桁橋梁の製作、架設工事である。

工事概要

- (1) 工 事 名：宮崎10号大淀川橋上部工工事
- (2) 発 注 者：国土交通省九州地方整備局
- (3) 工事場所：宮崎県都城市吉尾町地内～乙房町地内
- (4) 工 期：自) 令和2年10月31日
至) 令和4年7月12日
- (5) 橋 長：265m
- (6) 支 間 長：47.70m+53.15+2×54.40m+53.15m
- (7) 平面線形：R=1800m

本橋梁の架設方法は、大淀川を跨ぐP2～A2間を非出水期に送出し架設、その後A1～P2間をクレーンベント工法にて架設する方法であった。

送出し架設はA2橋台のバックヤードで120t吊クローラークレーンを使用して桁を地組立し、3回に分けて桁を送り出した(図-1)。

2. 現場における問題点

本工事のうち、送出し架設を行うにあたり、以下の課題があった。

2-1 手延機の先行組立に伴う主桁への影響

送出し架設工法では、通常、主桁を地組立した

後にその先端に連結構及び手延機を接続・組立を行う。

本工事では、地形上、バックヤードの横断方向に制約があり、地組立する主桁の橋軸直角方向にクレーンを配置することが不可能であったため、クレーンを橋軸方向後方に配置せざるを得なかった。そのため、今回は先端の手延機から順に後方に下がりながら地組立を行うことになった。しかし、この方法では手延機・連結構に主桁を連結する際に主桁に不確定な応力が伝わり、主桁出来形への影響が懸念された。

2-2 反力の異なる4主桁の反力管理

本工事では桁の平面線形R=1800mを送出し基準線として設定した。この条件で送出した場合の各受点(軌条設備上の台車・橋台・橋脚)の設計反力を検討した結果、同一受点の4主桁間で最大約2倍反力の差が生じることが分かった。そこで、送出し架設時の安定性を確保するための検討が課題となった。

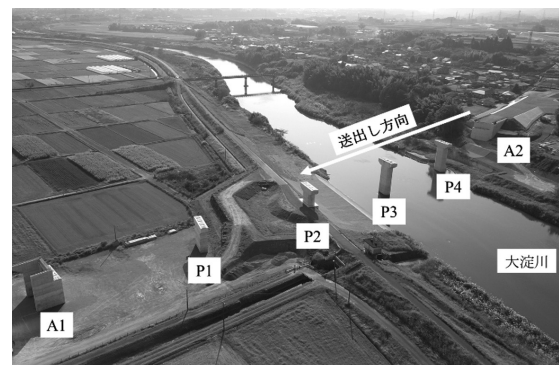


図-1 現場写真(着手前)

3. 工夫・改善点と適用結果

(1) 工夫・改善点

3-1 手延機の縦送り

先行組立した手延機（連結構）に主桁を連結することによる主桁への応力伝達の影響をなくすため、手延機及び連結構と主桁の間を10mm空けて別々に組立し、手延機及び連結構を縦送りして主桁と連結する方法を採用した。縦送りにはスライドジャッキを使用し、主桁との連結時には鉛直ジャッキにて仕口の高さを調整しながら行った。これにより、標準的な方法（無応力状態）と同様な連結となり、手延機（連結構）と主桁連結時の主桁への影響（出来形）を最小限にすることができた（図-2）。



図-2 主桁地組立

3-2 反力管理システムの構築

送出し時の桁の受点である台車、橋台（A2）、橋脚（P2・P3・P4）の各支点到主桁毎反力を計測出来るように4基ずつ送りジャッキと仮受ジャッキを設置した。また、各支点的の送出しステップ（1m）毎の反力を全測点同時に管理出来るシステムを構築し、計画反力に基づきアラートを設定した。各支点ではiPad端末を使用し反力を管理した。また、全体の反力バランスを管理する人員を別途配置し、常時反力を管理し、安全で安定した送出し出来る体制を整えた（図-3・4）。

(2) 適用結果

上記の方策により、主桁降下後に支点支持状態

でのそりの出来形誤差は規格値の25%以内に収めることが出来た。

上記で述べた手延機と主桁の連結方法の工夫と送出し中の反力管理システムの構築により、主桁への応力の影響を最小限に出来たことが主桁の出来形管理値の精度を高めた1つの要因と考えられる。



図-3 送りジャッキ装置

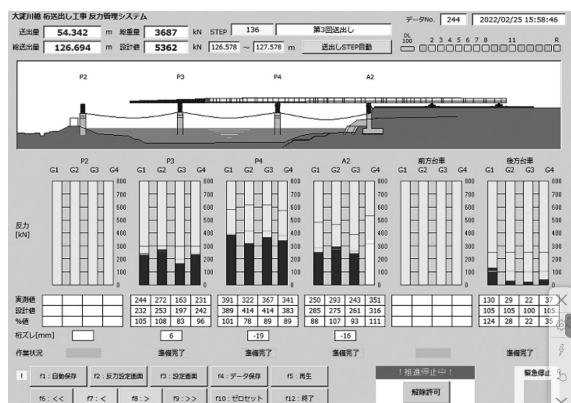


図-4 反力管理システム

4. おわりに

本工事は曲線桁の送出しであり、直線桁と比較すると反力のばらつきも生じやすく、安全性と出来形への影響が懸念されたが、手延べ機（連結構）と主桁の連結における不確定な応力を排除し、送り出し反力の管理システムを構築することで、反力が見える化したことにより、高精度な出来形かつ安全で安定した送出しが可能となった。

本報告が他現場での活用方法の一助となれば幸いです。

最後に、本工事を施工するにあたりご指導・ご協力いただきました皆様に厚く御礼申し上げます。

47 安全管理

佐世保高架橋工事中の 広域交通規制一元管理システム

日本橋梁建設土木施工管理技士会

エム・エム ブリッジ株式会社

現場代理人

工事グループ長

上田 浩之[○] 藤井 辰徳

1. はじめに

本工事は、佐世保市街地中心部の佐世保駅裏の約2km区間の西九州道佐世保道路を四車線化へ拡幅する工事である。西九州道は市内幹線道路の一つである県道11号に沿ってその上空を高架している(図-1)。そのため、本工事5ケ年の期間中、拡幅橋桁直下の県道11号を夜間通行止め・車線規制、また、西九州道の通行止めが断続的に必要となるため渋滞回避のための広報は工事を円滑に進めるための最重要課題の一つである。



図-1 工事箇所

2. 広報活動

本工事に関する渋滞懸念に対しては施主(西日本高速道路株佐世保工事事務所)としても大きな懸案事項であり事前の広報活動に関して万全を期している。主な渋滞対策を表に示す。

表のうち、JVが主体的に実施している項目がNo.10,11,12の項目である。この中で、No.10の交通情報監視システムは佐世保市内広域に工事案内を電光表示するシステムであり最新規制・渋滞・迂回情報等を道路使用者に直接伝え、誘導する非

常に有効な広報システムである。

本システムを運用し現時点で本工事を原因とする目立った渋滞・苦情については発生しておらずシステムの有効性を確信している。

表 渋滞対策

| | |
|----|------------------------------------|
| 1 | 交通センサ情報より、渋滞予測システム解析と迂回ルートの解析 |
| 2 | 情報誌への掲載告知 |
| 3 | テレビ(民放・CATV)による告知 |
| 4 | ラジオ(FMさせぼ)でのCM |
| 5 | 電車中ぶり広告(松浦鉄道) |
| 6 | バス車外広告(ラッピング塗装バスの運行) |
| 7 | 新聞広告、ビラ、ポスター、リーフレット、HPによる告知 |
| 8 | 周知横断幕・看板の掲示 |
| 9 | LINEによる最新通行止め情報の告知 |
| 10 | 交通情報監視システムによる告知・案内・迂回案内 |
| 11 | 交通規制告知、迂回路案内看板の設置 |
| 12 | 地元自治会、町内会、事業者への工事内容、規制内容、スケジュールの告知 |

3. 交通情報監視システム

本システム概要を図-2に示す。

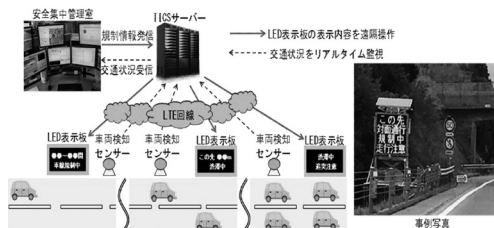


図-2 システム概要

本工事で採用したシステムは、リアルタイム交通安全監視システム「TICS LED SYSTEM」である。本システムの特徴は、交通規制時の交通状況をリアルタイムに監視し、一般利用者へのタイムリーな規制情報等の情報提供が可能な点にある。

具体的には、図-3に示す各交差点間に設置した「車両検知センサー」とカメラ付きLED情報板「ロードメッセンジャー(電源がソーラー+燃

料電池のため、無日照でも45日間可動が可能)」を用いて、現場事務所に設けた「安全集中管理室」で交通状況を監視し、インターネットを介して規制情報（通行止め、車線切り回し、車線規制、渋滞）の内容を「ロードメッセンジャー（以下メッセンジャー）」に表示し、交通状況をリアルタイムにコントロールすることで渋滞の緩和を図ることが可能である。



図-3 佐世保市街地メッセンジャー配置



図-4 メッセンジャー機能

安全集中管理室は、現場事務所3Fに専用室を設けてオペレーションしている。当初は、メッセンジャーに搭載したカメラより各交差点の渋滞状況を把握し、渋滞発生・状況の有無に応じて個々のメッセンジャーへの頻繁な情報表示変更が必要と想定していた。しかし、現状では幸いにも大きな渋滞は現状発生しておらず、規制前、規制後程度の表示変更で対処可能な状況である。

また、ヤード出入口での接触事故防止のため、車両検知システム「カードルセンサー」を設置

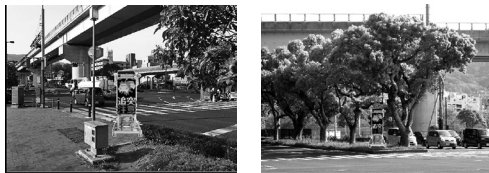


図-5 メッセンジャー配置状況

| 表示例 | 表示内容 | 表示時間 | 表示内容 | 表示時間 |
|--------|--------|------------------------|--------|------------------------|
| 通行止め予告 | 通行止め予告 | 【通行止め】 表示時間：18時～19時 | 通行止め予告 | 【通行止め】 表示時間：18時～19時 |
| 高架下渋滞 | 通行止め予告 | 【通行止め】 表示時間：18時～19時 | 通行止め予告 | 【通行止め】 表示時間：18時～19時 |
| 高架下渋滞 | このまま | 【通行止め】 表示時間：18時～19時 | このまま | 【通行止め】 表示時間：18時～19時 |

図-6 メッセンジャー表示例

し、工事車両退出時の警告案内・アラームを歩道利用者へリアルタイムに周知している。

4. システム使用に関する考察

本システム運用に際しての主な留意事項等について下記に示す。

- (1) 植栽などで日射が不十分な箇所についてはメッセンジャーバッテリー充電状況を監視する必要がある。
- (2) メッセンジャーサイズが大きいため、幅員の狭い歩道など設置位置に制限がある。
- (3) 本工事の様に規制広域で規制パターンが多く表示パターンの多い場合は手動で表示を即時切替えることは不可能であり、本システムで集中管理できることは特に有効である。
- (4) 広域にメッセンジャーを配置する場合に効果を発揮する一方、システム総額が高額となるため、システムが原因で渋滞・事故を起こさない様に費用対効果を満足させる責任が大きくなる。
- (5) タイムリーに情報伝達可能であるが誤報した場合の悪影響も即効となるため注意が必要である。
- (6) 限られたモニター画面内の文字数表示で通過する車両から交通情報を読み取り頂く必要がある。そのため誤解を与えない内容表示のチェック・機器の配置位置が必要である。

5. おわりに

本工事の通行止めは、通常よりも早い20時から実施していることから、特に規制実施初期時間の渋滞とクレームが予想されたが、事前の広報・本システムでの情報発信・誘導により特段の問題を生じていない。

現在、5ヶ年工事の約1年が経過した段階である。今後も本システムの機能を十分に活かし、周辺住民や道路利用者の皆様と十分にコミュニケーションしながら、残りの工事期間を無事故で終了できるように努める所存である。

48 安全管理

法面下の現場環境に合わせた安全対策

長野県土木施工管理技士会

株式会社倉品組

工事企画課長

酒井 裕美[○]

松澤 敬吾

土木次長

川田 幸二

1. はじめに

本工事は、過去に法面からの雪崩、倒木、落石等による災害で通行止めになった経緯がある県道において、同様の災害で通行車両等が被災しない様にするための落石防止工事である。

工事概要

- (1) 工事名：令和2年度 防災・安全交付金
災害防除（緊急対策事業）・国補
土砂災害対策道路合併工事
- (2) 発注者：長野県大町建設事務所
- (3) 工事場所：（主）長野大町線ほか 大町市ほ
か郡界橋～三日町（新行峠1号）
- (4) 工期：令和3年3月25日～
令和3年11月9日

2. 現場における問題点

現場は交通量の多い主要県道で、起点側の道路縦断勾配は8.0%で見通しの悪いカーブがあるが、多くの通行車両がかなりの速度で通過する傾向があった。また、法面には岩塊の露出や転石が見られる箇所がいくつかあり、施工中の落石等も懸念された。以上のことから通行車両（第三者）の交通事故防止および落石災害防止対策が課題となった（図-1）。

3. 工夫・改善点と適用結果

法面上部への資材吊上げ作業のためには片側交

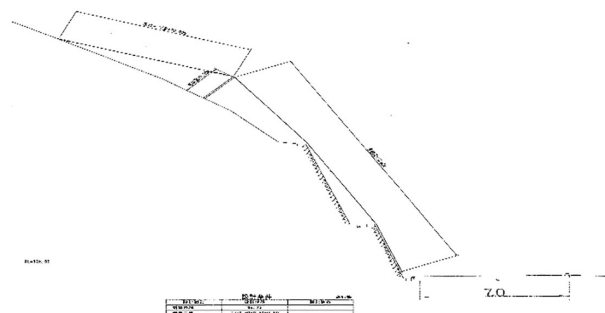


図-1 落石防止網工標準断面図

互通行規制が不可欠となった。大型車両の通行を可能とするためには3.5m以上の通行車両用の幅員の確保が必要だが、当現場の幅員は7.0mであり、残りの幅員では3.5m以内の作業スペースしか取れないことになる。資材等の吊荷の荷重、作業効率を考えると25tクレーンが最適であり、そうすると安全にクレーン作業を行うには、必要な作業半径のための幅員が若干足りない状況だった。そこで路肩水路にバタ角を配置しその上に敷鉄板を設置することで幅員を最大限拡充し、アウトリガー張出幅を確保した（図-2）。これにより、現場終点側の待避所に確保した資機材置場か

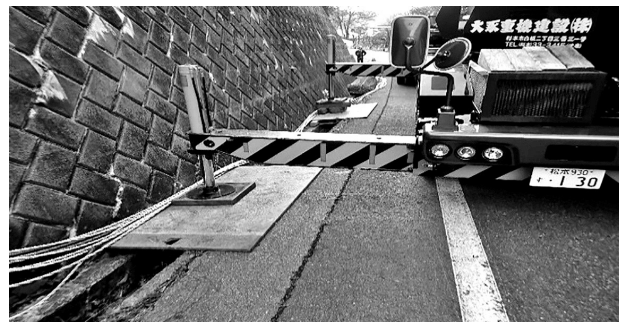


図-2 アウトリガー敷鉄板（水路段差保護）

ら既設構造物までアウトリガーの最大張出が可能となり、25tクレーンでの安全作業が行えた。

当現場の法面を覆うのは耐雪型防護網で、通常の防護網と比べて重量があるため強度重視の吊具を用いるが、吊具自体の軽量化と取扱いの利便性を考慮して鋼管を利用した独自の吊具を作製した。金網の設置や取り外しが容易に出来る様になり、金網の損傷（変形や破損）も無く吊上げ作業が安全にできた（図-3）。



図-3 金網吊具作成

片側通行規制中の交通事故対策としては、通行車両への規制箇所認識強化のため、規制箇所手前2kあたりから事前看板を設置して前方への注意を促し、交通誘導員は起点終点および施工区間内のクレーン側に配置し、徐行運転を促した。

また、作業終了にあわせて片側交通規制を解除した後は、夜間暗くて現場状況を認識しにくいいため、設置した金網に反射テープを取付け、通行車両がライトで照らすたびに反射が目立つようにして、第三者への交通事故防止に努めた（図-4）。



図-4 反射テープ取付け

公衆災害防止対策としては、法面伐採作業後の法面上部斜面に落石防護ネットを設置して道路への落石等を防止した（図-5）。伐採時に見つけた転石は人力にて除去し現場外に搬出した。また、高所での法面作業を行う作業員の安全確保のため、道路に面したL=100m間において強度のある登山用ザイルを使用した転落防止ネットを法面下部に設置した。また、斜面を安全に昇降できるように作業通路を設置し、落石等無く、作業中の転落災害も発生せず無事故で現場が竣工できた。



図-5 落石防護ネット、転落防止ネット

4. おわりに

交通量が多い主要県道の真上での法面工事であったが、落石や墜落、通行車両との交通事故等あらゆる危険を予測し安全第一を考えて、作業環境の変化等には柔軟に対応し気持ちを落ち着けて現場を進捗させていった。現場着手に当たり周辺地域住民の方々の理解・協力が得られたことが当現場での安全施工管理につながった。施工中も地元説明会や回覧文書等でコミュニケーションを図り、意見・要望等に応える形で、現場周辺の草刈りやゴミ拾い、見通しの悪いカーブ前後の支障木や枝の伐採、カーブミラー等の標識の清掃を行った。

工事を行ったことによって周辺の環境が良くなったと感じてもらえるようにと願い、環境・景観保全と通行車両の交通事故防止に努めながら工事を進めて参りました。この場をお借りして、発注者・工事関係機関の皆さんのご指導と、地元地域住民の方々の協力と善意に改めて感謝申し上げます。

49 安全管理

VR を用いた作業手順教育について

岡山県土木施工管理技士会

株式会社大本組

生 信 将 雄 ○ 榊 原 高 範 小 野 純 一

1. はじめに

本工事は『東京港海岸保全施設整備計画』に基づき、ガスミオ運河（昭和島二丁目）に地震・津波・高潮対策を目的とした防潮堤整備の内、既存護岸の前面に新たな護岸となる自立式鋼管矢板防潮堤を築造するものである。

当現場は、**図-1**に示す通り東京モノレール高架橋直下での施工であり、そのため、低空頭仕様の特殊な機械を使用して鋼管杭を打設する必要があった。**図-2**は標準断面図であり、緑が東京モノレール橋脚、赤色が今回施工する鋼管杭を示す。

工事概要

- (1) 工 事 名：令和2年度ガスミオ運河（昭和島二丁目）防潮堤建設工事（その1）
- (2) 発 注 者：東京都港湾局東京港建設事務所
- (3) 工事場所：東京都大田区昭和島2丁目地先
- (4) 工 期：自 令和2年10月7日
至 令和3年9月30日



図-1 東京モノレール下での施工状況写真

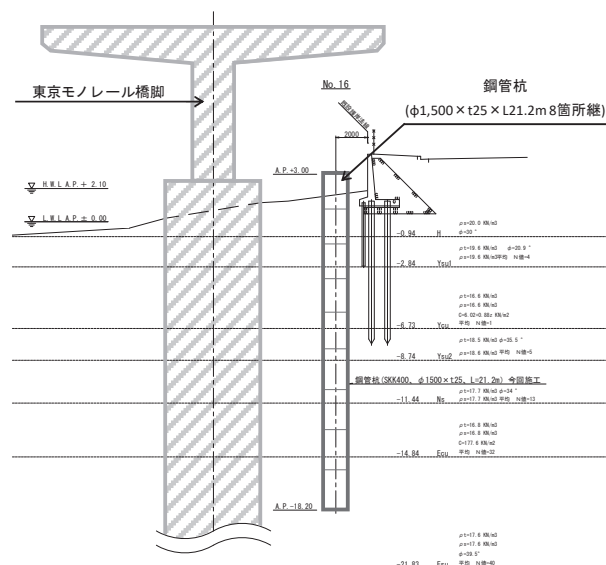


図-2 標準断面図

2. 現場における問題点

鋼管杭打設作業は熟練の作業員により行われるが、当現場においては、狭隘な作業環境で厳しい空頭制限もあるため、一般的な作業時における危険有害リスクの抽出では想定できないリスクが潜在していた。

3. 工夫・改善点と適用結果

問題点を抽出するために、施工箇所を点群データにより三次元化したうえで、VR（仮想現実）技術を活用して、VR内に実際の施工時の資機配置や作業状況を再現した。

図-3（次頁）は、鋼管杭吊り込み時の、近接橋脚と吊り下げ装置ブームとの離隔距離を確認し

ているVR活用事例である。図-4はVRを用いた作業手順検討会の実施状況である。当社職員ならびに関係協力業者を交えて、VR空間で実際の作業手順を確認し、潜在リスクの抽出を行ったうえでリスクに対する対策について検討した。

VR空間では、実際のスケール感で疑似体験ができ、またモデル内を自由に移動することができる。



図-3 VRにおける橋脚との離隔距離確認状況



図-4 VRを使用した作業手順検討会実施状況

そのため、図面のみでは把握が困難な現場特有のリスクを予見することができ、対策についても具体的に提案が可能であった。図-5は実際に施工する作業員に対する作業手順教育である。作業手順検討会で作成した作業手順を基に教育するとともに、実際に施工するオペレータや作業員へのVR体験を実施した。VR体験を通し、近接橋脚との離隔距離や施工時の取り合いについて、あらゆる角度から確認することにより、当現場における

作業に対する理解度を向上させるとともに、危険なポイントを目視で確認することで危険意識を高め安全作業の徹底を図った。以下にVR技術を用いた作業手順教育の実施効果をまとめる。

- ・ 旋回時の吊り下げ装置の配置や、東京モノレール橋脚との離隔をあらゆる角度から確認できる。これにより、元請職員・協力業者作業員ともに、共通認識での意思統一が図れる。
- ・ 紙媒体の作業手順や2D映像では伝えきれない細部までVRを利用した3D空間では再現が可能となり、紙媒体等では気づかない潜在リスクの抽出が可能であり、実際の現場作業を詳細に反映した作業手順が確立できる。
- ・ オペレータや作業員が作業時における危険なポイントを事前に体験できることにより、作業に対する理解と危険意識の向上が図れる。
- ・ 紙媒体等での作業手順では経験が少なく、理解しがたい若手技術者も、VRを利用することで格段に理解度が向上し、若手技術者のスキルアップに寄与できる。



図-5 VRを使用した作業員安全教育実施状況

4. おわりに

高架橋直下でモノレールを通常運用している中において、Φ1500mmの鋼管杭を大型圧入機を使用して打設するため、実際の施工時に安全に施工ができるのかという疑念について、VRを用いた作業手順教育を施工前に実施することにより、「職員、オペレータ、作業員」それぞれが思っている危険リスクや危険ポイントを、VR空間を利用して実際に体験することで、共通認識として持つことができた。その結果、モノレール橋脚近接作業を無事故・無災害で施工することができた。

50 安全管理

短期集中管内工事のリスクの洗出しと安全対策

静岡県土木施工管理技士会
イハラ建成工業株式会社 土木部
美澤 巨人

1. はじめに

本工事は、紙、パルプ工業地帯の排水を主とする岳南排水路の老朽化した排水管を管渠更生工（SPR工法）にて強固な複合管とする工事であり、製管径1,410mm、製管延長85.1mを自走式の製管機にて施工する指定期間内での昼夜連続集中管内工事であった。

工事概要

- (1) 工事名：岳南1号第1排水路管渠更生工事
- (2) 発注者：岳南排水路管理組合管理者
- (3) 工事場所：静岡県富士市久沢地先
- (4) 工期：令和4年6月6日～
令和4年9月2日

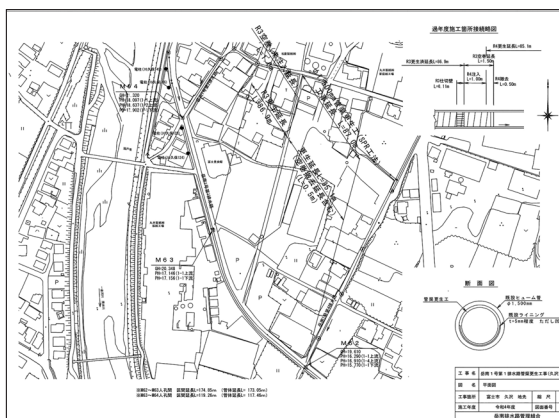


図-1 平面図（位置図）

2. 現場における問題点

岳南排水路の利用事業者が一斉に排水を停止する指定された5日間しか管内作業は許されない工

事であり、工程は①仮設水替工②管内洗浄③事前調査④事前処理⑤製管⑥支保工設置⑦裏込め準備工⑧裏込め注工⑨養生⑩支保工撤去⑪仕上げ⑫検査となる工程に余裕は無いと感じた。

また、施工箇所の近接上流では他業者工事による管内調査工事が同期間に予定されており、管内洗浄作業にて当作業管内の増水危険が懸念された。

指定期間内で完工するためには、工程と安全の観点から施工検討し、トラブルを最小限に抑えて作業中断することの無い工程管理と安全対策が課題であった。

3. 工夫・改善点と適用結果

当現場では事前に管内入坑し状況を把握することはできないため、地上の現況と設計図面から考え得る管内作業のリスクを洗出し、作業を中断せざる負えない要素を最小限に抑えようと考えた。

先ず、他業者工事との近接管内同時作業について事前協議した所、他業者は高圧洗浄車による管内洗浄で一度に大量の流水は無い事を確認した。施工時期については当社の管内洗浄と同時間帯であったが、既設管径が1500mmあり、増水しても最大で+5cm程度であると想定できたので同時作業は可能であった。安全を考慮して作業開始時と終了時は連絡を取合う事で合意し、他業者が洗浄開始してから10分間、管内水位を監視してから入坑するように決定した。

管内の常時排水の水位は3cm程度で、他業者

の洗浄作業時でも5cm程度だったので心配していたよりも問題なく作業できた。

二つ目に天災要因として大雨等の流入水による管内増水があっては作業をしたくても坑内に入れないため、不明な流入水はやむを得ないとしても考えられる流入水を極力減らす手段を工夫した。

上流側のマンホールにて水中ポンプによる排水切回しが設計されていたが、仮締切り用の土嚢積みみをブルーシートで包み通水しにくい構造とし、流下防止柵を設置し、より強固な物とした。また入坑口であるマンホールから道路表面排水が流入しないよう枕土嚢を並べて雨水対策とした。

ただし当然ではあるが、ゲリラ豪雨等大雨出水時の緊急退避および作業中止基準は明確な数値で決定し、予め安全教育訓練にて周知しており、大雨であっても中断しないで作業し続けるということではない。

実際に施工2日目の未明付近に大雨となり、2時間程は時間雨量20mm超を記録したが、雨水対策が機能し、水替部からの下流側への越流は殆ど無く、管内水位は最大で10cm程度であったため、監視警戒態勢は緊張感を強めたが、製管作業の中断は休憩程度で済み、作業を無事に継続することができた。

三つ目に人的な要因として、夏季の昼夜連続作業であり12時間作業の2交代制のため、作業員の熱中症や疲労困憊による健康不良で人手不足があっては進捗の影響が大きいことから施工班と交通誘導班共に現場作業に対して休憩と交代要員を加味して余力ある人員配置を要求し対応して頂いた。

また、熱中症対策としては隣接地を借地できたので仮設テントを張り、スポットクーラー、扇風機、ドリンク、塩飴、氷、熱さまシート、椅子等を充実し休憩所を整備し熱中症を凌げた。

四つ目に坑内災害要因として、酸素欠乏・硫化水素危険作業に関する事故はあってはならない事故であるが、過去の事例を振り返っても起こり得る工種であるため最善策を考えた。

有害ガス検知器による測定等、基本的な事は

無論であるが、換気の重要性を考慮し送風機はマンホール換気用リング型送風機を選定し、従来のφ300軸流ファンと比較して約1.3倍である80m³/minの送風量を確保し、ダクトが要らず入口を塞がないので人や物の搬出入をスムーズに行うことができ、送風機が作業の妨げとならないため作業性の向上と緊急時の避難の迅速化が進み、より安全に作業できる環境を実感できた。

また、負圧の原理により人孔内にノズル風量の約10倍の風量を送り込むことができ、管内にいても空気の流れを感じ、地上にいるよりも管内の方が涼しいと感じたので、熱中症対策としての効果もあったと実感した。

五つ目に施工機械に万が一故障があれば作業中断時間が長びく恐れがあったので製管機の予備機械を用意した。予備機の使用は無かったが気持ちにゆとりを持てた。



図-2 水替の工夫 (左上) リング型送風機 (右上) 製管状況 (左下) 完成 (右下)

4. おわりに

本工事では、指定期間内しか坑内に入れない作業だけに、工事を完了させなければいけないという不安と緊張感があった。

坑内作業特有の安全に対するリスクは完全に払拭する事は難しい側面もあろうが、不測の事態を最小限に抑えるため、施工班の職長と共にリスクを洗い出し対応策を準備し、作業従事者全員に周知して作業に取り組めた事で、施工中の大雨もあったが、落ち着いて対処でき工程に大きな遅延は無く無事故・無災害での施工完了を達成できた。

51 安全管理

定点設置カメラ利用による 交通リスク洗い出し及び視認性向上対策

京都府土木施工管理技士会

西田建設株式会社

代表取締役

西田 英生[○]

工事部技術部長

安里 政男

工事部主任

安里 勝利

1. はじめに

本施工は、京都府宮津市奈具地内に存在する、国道178号線の落石対策工事である。

現場周辺は、奈具海岸と呼ばれる海岸線となっており、険しい自然を利用して道路が建設されていることから、道路法面下に落石が生じる可能性が高くなっている。

また、その他現場状況として、見通しが悪いカーブが非常に多く、街灯等が一切存在しない等、事故が誘発されやすい条件が揃っていることが考察された。

については、交通にとって悪条件が多い本施工箇所において、如何にして安全に交通規制を行い、円滑な交通状態を確保したのかという、弊社独自の安全管理方法について述べる。

工事概要

- (1) 工事名：国道178号防災・安全交付金
(緊防) (加速化対策) 工事 他
- (2) 発注者：京都府丹後土木事務所
- (3) 工事場所：与謝郡伊根町峠地内 他
- (4) 工期：令和4年9月16日～
令和5年3月4日



図-1 国道178号線 (奈具海岸)

2. 現場における問題点

現場周辺状況として、国道178号線の一部は、奈具海岸と呼ばれ、断崖を縫うように建設された非常に美しい景観で、観光客からも大変人気のスポットとなっており、また宮津市と舞鶴市を繋ぐ生活道路としても機能している為、一年を通して交通量が非常に盛んである。

落石対策工事を施工するに先駆け、仮設工として道路上に大型土のうを設置し(図-1)、掘削時等で崩土があった場合、道路寸断を防止する対策が必要であった。

そこで、片側交互通行により交通規制を行うが、先述した通り事故が生じやすい条件が揃っている。

更にそれに加え、昼間は交通整理員を五名配置して規制を行うが、夜間は街灯等が皆無の中、見通しの悪い道路上に設置された信号機に頼った誘導となる事から、一般車両等が工事看板や信号機といった安全施設類を見落とす事による、交通事故災害の発生が危惧された。

3. 工夫・改善点と適用結果

まず現場周辺が夜間に暗すぎる事を受け、対策を行う運びとなった。

信号機以外の安全施設類として、工事電光掲示板及び、工事回転灯をそれぞれ起終点に設置した。

現場周辺を明るく照らす為、更に追加で工事灯を設置する必要があったが、発動発電機を設置しての電力供給は、現場スペース等の問題により不適と考えられた為、ソーラーバッテリー充電式の工事灯等の使用が必須であった。

予め用意した機器として、

- ① ソーラー充電式街灯…2個
- ② ソーラー式矢印板…2個
- ③ ガードレール設置用ソーラー工事灯…10個
- ④ スコッチコーン用工事灯…20個

以上を現場内の危険箇所に設置することで、夜間の視認性を確保する事とした(図-2)。



図-2 夜間視認性向上対策品

現場内で最も危険と判断される、道路センターに設置された、仮設工の大型土のう夜間視認性向上を目的として、スコッチコーン用工事灯を3メートル間隔で1個ずつ追加設置した(図-3)。



図-3 仮設大型土のう夜間視認性向上対策

更に大型土のう起終点にソーラー充電式街灯を2箇所設置する事で、一般車両に早期警告する事が可能となった。

これら対策後、夜間において実際の機能性を判

断する事を目的に、夜間撮影可能な定点設置カメラを現場内に3台設置(起点、中間点、終点)して、夜間規制時の交通状況を定点観測した(図-5)。



図-4 カメラ設置による夜間交通状況の観測

この観測により、午後6時~午後8時にかけて交通量が増加した際、本工事起点側で交通が混雑化し、交通リスクが増加している事が判明した。定点設置カメラにより、洗い出されたリスク対策として、本工事起点側の信号機以前に存在する、見通しの悪いカーブの手前に、工事回転灯一基を追加設置する事とした(図-6)。



図-5 見通しの悪いカーブによる交通事故対策

4. おわりに

夜間視認性を向上させる為に設置した、様々な安全施設類により、交通事故災害が危惧される最たる要因となった、街灯等が存在しないことによる、道路上の暗さについては、夜間視認性が飛躍的に向上した事を受け、大幅に交通リスク低下を促す事が可能となったと考察される。

定点設置カメラを用いて導き出した、第三者目線の対策として、工事回転灯を設置したことにより、交通が混雑化して信号待ちの車列が伸びたとしても、非常に危険な見通しの悪いカーブで追突事故等の発生が一件も無かった。

これら対策の全てを持って、交通事故災害を未然に抑止する事が可能となったと考察する。

52 環境管理

漁業施設に配慮した施工の工夫について

(一社) 北海道土木施工管理技士会

株式会社富士サルベージ

土谷 仁司[○] 杉崎 恵一 小野 裕哉

1. はじめに

当該工事の対象となる奥尻島は北海道の南西部に位置する、日本海に浮かぶ面積約143km³の離島である。本工事は奥尻港の防波堤の一部を物揚場に改良するため、既設上部工の取壊しを行ったものである。また青苗漁港の人工地盤下に防風施設を施工するに当たり、既設構造物を撤去し土工・舗装工を施した。

工事概要

- (1) 工事名：奥尻港外1港建設工事
- (2) 発注者：北海道開発局函館開発建設部
- (3) 工事場所：北海道奥尻町奥尻港
- (4) 工期：令和3年9月1日～
令和4年3月20日

2. 現場における問題点

- ① コンクリート塊の海中落下防止対策(奥尻港)
既設構造物取壊し箇所直下には、檜山漁業協同組合奥尻支所が海産物に使用するための海水の取水管があった。そこにコンクリート殻が誤って落下してしまった場合に、取水管が破損してしまう恐れがあったため、コンクリート殻の海中落下防止対策を検討した。
- ② 掘削時の湧水からの法面保護対策(青苗漁港)
青苗漁港の用地改良工事において、掘削高さはH=1.6mであり湧水が出ることが懸念されたため、あらかじめ試掘を行った。その

結果、掘削開始面からH=0.7m程度で湧水が確認された。このため施工中に法面が崩壊しないよう保護対策を講ずる必要があった。

③ 環境対策(青苗漁港)

青苗漁港ではアワビの養殖及びナマコの放流を行っていることから、掘削作業に伴う排水による汚濁防止対策が必要であった。また作業の中盤には掘削土の一部に油混入層が見つかったため油流出対策も検討した。

3. 工夫・改善点と適用結果

- ① コンクリート殻の海中落下防止対策として、既設ケーソンにブラケット足場を設置した。またコンクリート殻を海中に落下させないために取壊し作業は中央部から行い、取壊し箇所の側面から0.5mの部分に落下防止壁として最後に取り壊すよう工夫した。そのため作業に当たってまず取壊し端部の天端部延長方向にH=0.5mのカッター切断を施した。側面側はコンクリート殻の落下防止壁とするため、取壊し作業はカッター切断部より内側から行い、最終的に落下防止壁とした箇所を取り壊す際には先に取壊しを終えた中央部にコンクリート殻が落下するよう作業を行った。万が一に備え、いち早く取水管の破損に対応できるように取水用ポンプを現場に配備していたが、使用せずに工事を完了させることができた。

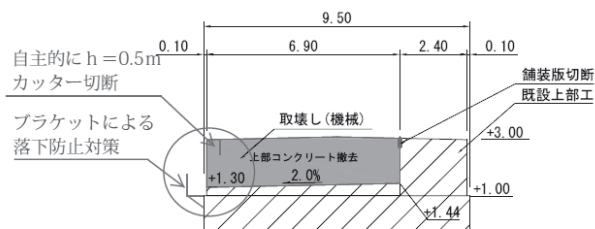


図-1 上部工撤去縦断面図



図-2 コンクリート取壊し状況

- ② 作業を開始するに当たり、前日から掘削箇所に釜場を設け排水作業を行い、掘削土砂周辺の含水量を減少させることで法面崩壊を防ぐよう対応をした。また、掘削延長はL = 85mであり、防風柵の基礎コンクリートは単独基礎コンクリートが24基、連続基礎コンクリートが1基であった。このため単独基礎コンクリートの施工部分を6分割にし、「掘削→基礎コンクリート打設→埋め戻し」までの作業を1サイクルとして、6回の作業を繰り返し行うことでリスクの軽減を図った。

青苗漁港 用地(改良) 縦断面図 SV-1/100 9H-1/400

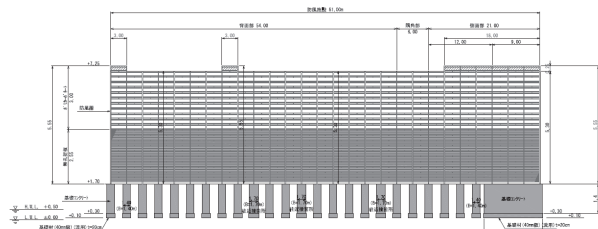


図-3 用地(改良)縦断面図

- ③ 土砂掘削作業に伴う排水の流出に関しては、事前にひやま漁業協同組合奥尻支所と奥尻町

役場水産農林課とで協議を行い、3層ノッチタンクを使用し濁度を軽減させてから排水を行うことにした。さらに排水箇所に汚濁防止膜を設置して排水することで理解を得ることができた。

また油流出対策に関しては、本社と検討した結果、油分ろ過装置を使用し対策することとした。具体的には3層ノッチタンクを2基使用し、第1基を①～③、第2基を④～⑥というように6段階に分けて油をろ過していく方法である(図-4)。①～③段階では回収した排水の表面に浮いた油を吸着マットにて回収する。④も第1基と同様に吸着マットでの回収を行う。⑤にてはタンク層に20mm単粒の碎石を充鎮し、さらに碎石天端部に吸着マットを敷き詰めることによりろ過を促して、⑥で目視による最終確認を行い海へ排水する。排水作業時は最終排水に油分がないかを確認するために常時監視員を配置し、万が一に備え排水箇所にはオイルフェンスを2重に設置し対応した。その結果、油分が海に流出することなく無事に工事を完了させることができた。

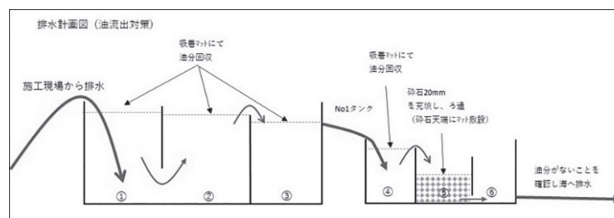


図-4 排水計画図(油流出対策)

4. おわりに

施工箇所が離島であり、監督員の立会も移動に時間を要するため遠隔臨場にて試験施工確認を行うなど、直接顔を見てコミュニケーションを図ることができない難しさも感じたが、発注者の対応が非常に早かったためスムーズに作業を進めることができて良かったと思う。発注者、関係機関、協力会社、また地域住民の方々の協力・理解があって無事故・無災害で工事を完成させることができた。今後も事前打ち合わせや協議などを積極的に行い、コミュニケーションを取り、地域優先、安全優先で工事を行っていききたい。

53 環境管理

河川横断推進工事における地山崩壊防止対策

岡山県土木施工管理技士会

株式会社大本組

三好 悟[○] 小西 秀治 遠藤 誠

1. はじめに

当該地区の近年多発する集中豪雨などによる地域の浸水対策のために、1級河川紀の川と並行する農業用水路六箇井水路の根来川横断部分にバイパス管路をサイフォンの形式で新設する工事である。φ2200mm泥土圧式推進工事によってヒューム管推進を先行して施工し、φ2000mmのFRPM管をパイプインパイプ工法にて布設した。

掘進延長L=85.5m

曲線施工R=180m (CL=62.7m)

工事概要

- (1) 工事名：和歌山平野農地防災事業
六箇井水路（根来排水路）工事
- (2) 発注者：近畿農政局
- (3) 工事場所：和歌山県岩出市西野地内
- (4) 工期：自 令和2年4月21日
至 令和3年10月22日

2. 現場における問題点

当工事では、泥土圧推進工法で土被りd=3.90m（根来川河床）～9.26m（道路部）と変化に富んだ場所を掘進するため、地盤の緩み（陥没）発生防止、巨礫・流木等による掘進停止は避けなければならない状況にあった。対象土質は、礫率70%以上の砂礫層で最大礫径300mmを立坑掘削時に確認していた。立地としては現在の紀の川護岸整備前には河床であったと思われる、立坑掘削時には直径500mm、長さが10mを超える巨木が出現していた。

一方で、推進機械の最大取込み礫径は260mmであり、100mm程度の礫であっても次々と直接排土すれば地山に緩みが生じてしまう。

その他、カッタービットの摩耗や欠損の発生についても予想される問題点となった。また、短距離ではあるが曲線施工のため管外周部の地山崩壊による締付現象で推進力の増大が懸念された。

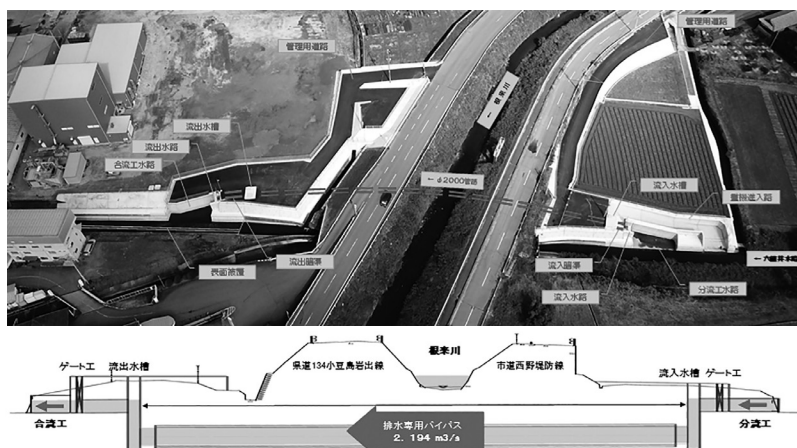


図-1 平面・縦断図

今回計画されていた仮設備では、下記の通り最大推進力と支圧壁反力に大差なく、反力不足により掘進不能の状態となる可能性も考えられた。

| | |
|---------|-------------|
| 最大推進力 | 10,816.34kN |
| 管の許容耐荷力 | 16,454.75kN |
| 支圧壁反力 | 11,715.42kN |

3. 工夫・改善点と適用結果

(1) 工夫・改善点

【礫対策】前述の通り、推進機械（図-2）の最大取り込み礫径は、260mmであるため、巨礫の取り込み防止、スクリーコンベアの閉塞防止のために礫破碎タイプのビットを装着し、カッター盤開口部にスリットを設けたカッター盤を採用した。これにより巨礫の取込みを抑制し、礫を取込む前に加泥材が地山に浸透することを目的とした。



図-2 泥土圧式掘進機

【推進力抑制対策】推進力の抑制には、滑剤注入が重要となる。推進中は掘進機だけでなく管4本毎に注入箇所を設けて、常に後続部分を滑剤で満たした状態で掘進した。

(2) 結果

上記の対策に基づき施工した結果、地表面の最大沈下量は5mm以内で（図-3）、陥没等が発生させることなく全区間の掘進を終えることができた。なお、根来川河床の変位計測はできないため、両側の護岸で計測を行った。

施工途中には図-5に示すように破碎されて排土された200mmを超える礫が確認され、巨礫の取り込みを抑制できたものと考えられる。

また、掘進中にチャンバー内、スクリーコンベアの閉塞等トラブルの発生もなかった。推進力については、図-4のように推進距離に比例なく低い

状態を維持することが出来た。掘進精度においても上下左右25mm以内に収めることができた。ただし、慎重に施工したために日掘進量については、予定掘進量に及ばず2.9m/日の実績となった。

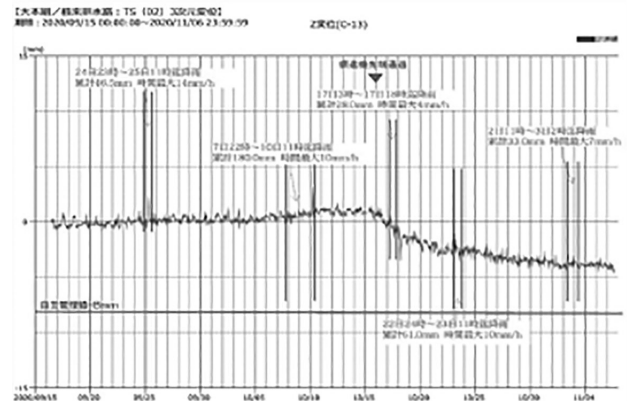


図-3 地盤変位量測定結果

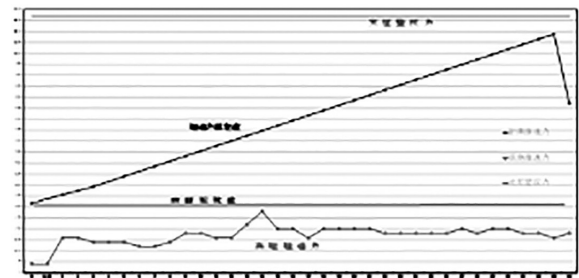


図-4 推進力管理図

4. おわりに

当工事では事前の対策が奏功し、大きなトラブルに見舞われることなく工事を終えることができた。これは、掘進機φ2200mmというちょうどよいサイズ感で、様々な対策が取りやすかったことも寄与していると考えられる。こうした推進工事やシールド工事では、周辺に与える影響を最小限に抑制するために、十分に事前対策を行うことが重要であると考えられる。また、発進立坑で掘削中に確認された流木は推進掘削断面には発生しなかった。



図-5 一部分破碎し排土された礫

54 その他

国道 106 号線付近での主桁架設工事

東日本コンクリート株式会社
現場代理人
平 間 俊 行

1. はじめに

本工事は、先の東日本大震災で甚大な被害を受けた岩手県宮古市と県庁所在地の盛岡市を結ぶ国道106号線の高規格化道路として計画された路線の橋梁上部工工事である。三陸沿岸は仙台～八戸間の整備が順調に進むなか、三陸沿岸から県庁所在地の盛岡市へのアクセス向上のためにも早期完成が求められていた。

工事概要

- (1) 工 事 名：笹平橋上部工工事
- (2) 発 注 者：東北地方整備局
岩手河川国道事務所
- (3) 工事場所：岩手県宮古市区界地内
- (4) 工 期：(自) 令和2年3月6日
(至) 令和3年3月25日
- (5) 型 式：ポストテンション方式単純
ホロー桁（セグメント工法）



図-1 工事施工開始前状況

2. 現場における問題点

本工事は、現在供用中の国道106号線のすぐわきに架かる橋梁工事であった。宮古市と盛岡市を結ぶ主要道路であるため山間部とはいえ交通量は多かった。発注時の主桁架設方法は、ガーダーを使用した門構併用架設であった。工事施工中は片側交互通行にて通行車両への影響を最小限にして施工するというものであった。しかし門構を設置する場合、通常は歯軸方向と橋軸直角方向にトラワイヤーを設置しなければならない。特に横方向、即ち車両が通行している国道側にトラワイヤーを張らないと門構脚が自立せず転倒の可能性があった。

次に施工時期の問題である。発注は令和2年3月と早く、本格的な冬が到来する前の竣功をイメージしていたのだが、下部工工事の施工が悪天候や労務不足の影響で遅れ、上部工工事の施工開始が大幅遅延となる可能性が出てきた。現場付近は冬季間-20℃になることも珍しくなく、本格的な冬季養生を覚悟しなければならないとの見込みが出てきた。

3. 工夫・改善点と適用結果

現場に乗り込み調査を開始したが、予想通り交通量は多く片側交互通行をした場合5分程度の待ち時間で15～20台の車両を待たせることになるようだった。また、片側車線を使用してトラワイ

ヤーを設置しても門構脚と距離が近すぎてワイヤー角度が小さくなりトラワイヤーとしての機能が期待できない状態であった。

そこで門構架設を断念し大型クレーンを使用して主桁を架設する工法に変更した。発注者も通行車両への影響を考慮して変更協議はスムーズに行うことができた。ガーダーを架設しガーダー上でセグメントを接合し、橋台背面に据え付けた200tクレーン2台で相吊して主桁架設を行った。



図-2 主桁架設作業状況 (200tクレーン相吊)

次に施工工程であるが、予定より下部工の完成時期が遅れ主桁架設作業が開始できたのが10月末であった。幸いポステンホロー桁であったので横組工の施工にはさほど時間を要しなかった。

しかし壁高欄施工時には気温が氷点下を示していた。現場がある宮古市区界は、降雪量は30cmほどだが真冬には最低気温が -20°C を下回る日があると地元の方から聞いていた。床版コンクリート打設がない分、養生設備もコンパクトにすることができ、養生効率を上げることが可能となった。



図-3 壁高欄完成

4. おわりに

現場乗り込み前にはホロー桁ということもあって、工程には余裕がありここまで気温低下と雪に頭を悩ますことになろうとは思ってはいなかった。工期末には降雪と氷に悩ませられたが、無事に3月に竣工を迎えることができた。

私もこのような寒さの中でのコンクリート施工は初体験だったので、コンクリート品質管理が十分に行えるか不安だらけでのスタートであったが、無事竣工を迎えることができたことは大いなる喜びであるとともに今後の現場運営に少なからず自信になるはずである。

通行量の多い国道わきでの施工、冬季間の施工を除けばごく普通の現場であった。しかし架設方法の変更という発想の転換、気象条件の非常に厳しい現場での施工はなかなか遭遇するものではない。そのため一緒に施工に携わった若手社員のみなならず、他の若手社員にもこの施工経験、方法を伝達していかなければならないと考えている。

準備が万全にできていれば対応は可能となることを伝達しておきたい。即ち計画立案の重要性を若手社員に伝えておきたいと思う今日この頃である。



図-4 工事完成全景

55 その他

国道 113 号線改良工事

東日本コンクリート株式会社
現場代理人
岡 本 直 人

1. はじめに

本工事は宮城県白石市と山形県高島町を結ぶ国道113号線の改良工事で、現場は急峻な山合に位置し道路幅も狭く急カーブの連続で交通事故の多発している地点であった。道路幅を広くしカーブを緩和する目的で本橋が計画された。工事は、架設済みの鋼桁上に床版を打設し橋面工を施工するものである。

工事概要

- (1) 工 事 名：福岡蔵本鋼棧道橋上部工工事
- (2) 発 注 者：宮城県大河原土木事務所
- (3) 工事場所：宮城県白石市福岡蔵本地内
- (4) 工 期：自) 令和 2 年 9 月 11 日
至) 令和 3 年 10 月 15 日
- (5) 型 式：メタルロード工法による鋼連続
立体ラーメン橋
橋長 84.6m,全巾員9.2m



図-1 現場施工前状況

2. 現場における問題点

工事受注後早々に現場を確認したが、現場は国道113号線のすぐ脇に位置し交通量もかなり多めという印象であった。床版施工を行うためにはクレーン設置場所の確保が必要であり、現道は幅が7mしかなく片側交互通行にて25tクレーンを完全張り出しで使用することは不可能であった。

また、A1～A2径間における床版と現道を一体化するための伸縮装置を取り付ける縦壁の施工がなされておらず、当工事の床版を打設した後は設置は不可能である事が判明した。現場は白石市内から約10kmの山間部に位置するため降雪量が多く冬季間の交通規制等は交通事故防止の観点から望ましくないとの所轄警察署からの指導もあり冬季間の施工を回避するとの結論に至った。

3. 工夫・改善点と適用結果

床版の施工は、架設済みの鋼桁に埋設型枠を設置し鉄筋を組み立てるという手順になるがクレーンヤード及び資材置場の確保は必須事項であった。国道を規制してクレーン設置するスペースはなかったので、A2～A3径間の桁上に覆工板を敷きクレーンヤードと資材置場を確保し、A1～A2径間から床版施工を開始し、その後A2～A3径間の覆工板を撤去して残りの床版を施工した。

A1～A2径間の縦壁の施工は、前施工業者にも我が社にも含まれておらず宙に浮いた状態で

あった。

そこで発注者と協議を行い我が社で床版工事に先駆けて施工することとした。床版工事と縦壁の施工は競合部分が多く施工順序を間違えれば取り返しのつかない事態となるところであった。



図-2 覆工板設置全景

現場の施工時期の問題は、発注者と打ち合わせを重ねて翌年3月上旬の施工開始で竣工を10月中旬とすることで決着を見た。冬季間の施工を回避した結果、コンクリートの品質確保も容易となり高品質の構造物を発注者に引き渡すことができた。



図-3 縦壁施工完了

4. おわりに

今回の施工に際しては、まず施工開始当初から他工区の施工と競合作業があり、橋台背面を利用することができず通勤車両の駐車もままならなかった。現場入場の際も交通量の多い国道を歩いていかなければならなかったため作業員の安全確保に苦慮した。施工中も国道わきでの作業であったため資材の飛散防止、工事車両の出入時の一般

車両との接触事故など安全確保に格段の配慮が必要であった。

施工ヤードを確保するためA2～A3径間に覆工板を設置したことで交通規制をすることなく、全てヤード内にて施工完了できたことは、多少なりとも地域への貢献ができたと思われる。また覆工板を設置する作業に多少時間を割いたが、埋設型の型枠を採用した工法であったため、床版工事は特に問題なく順調に進捗した。A1～A2、A2～A3径間の順で施工し床版完了後に伸縮装置、地覆、高欄工事を施工し吊り足場を解体した後に橋面防水工、舗装工を施工して10月中旬に無事故で竣工することができた。



図-4 現場完成全景

我が社は従来PC上部工を手掛けてきたが、新規分野の開拓という目標をもって鋼橋部門にも参入している。今回の施工経験を一緒に施工に携わった若手技術者だけでなく、社内にも共有すべく社内の会議などで積極的に情報発信を行っていきたいと考えている。私も入社から早いもので30数年が経過している。仕事をこなすだけでなく、若手への技術の伝承、育成というのも大切な使命であると考えている。

そして何より喜ばしいのは、無事故で竣工できたことである。事故が発生すれば積み重ねた努力が一瞬で水泡に帰してしまう。私も何度か苦い経験もしているが、無事故で竣工することの大事さと喜びも若手技術者に伝えていければと思う今日この頃である。

56 その他

道路上の鋼橋工事に従事して

東日本コンクリート株式会社
現場主任
稲山 博之

1. はじめに

本工事は、東日本大震災で被害の大きかった石巻市北上町沿岸部のかさ上げ道路整備工事として計画された橋梁工事である。

工事概要

- (1) 工事名：(仮)相川2号橋上部工工事
- (2) 発注者：宮城県東部土木事務所
- (3) 工事場所：(国)398号
石巻市北上町十三浜地内
- (4) 工期：2020年3月27日～2021年12月28日
- (5) 型式：鋼単純非合成鈹桁橋
橋長31.5m,幅員11.0m(車道7.5m)
- (6) 施工内容：主桁製作、運搬、架設、橋面工、防水工、舗装工



図-1 施工前状況(相川2号橋)

2. 現場における問題点

本橋は、市道小泊・小指線の上に架かる鋼橋で

東日本大震災による落橋被害を受けた地域を避け、国道を山側に付け替える「相川復興道路」の一環として施工を行う工事である。発注図をみてもまず気づいたのが鋼橋の1径間の橋梁であるが、市道に近接して高さ約12mのベントを組立て3分割の鈹桁の内、2分割を地組して橋台からベント間に架設し、残り1分割をベント上で接合組立するという特徴があった。

そのため以下のような課題があげられた。

- (1) 市道通行に支障が無いようベント設置する必要があり、地元の方々からは通行止め期間の短縮を求められた。
- (2) 架設時の通行止め。
- (3) 道路上の橋梁であるので床版、地覆のコンクリートに剥落防止の短繊維を混入する仕様であったためコンクリートの性状変化について考慮する必要があった。

3. 工夫・改善点と適用結果

- (1) 発注時に添付された架設参考図のように鋼製ベントを組み立てると、主桁架設作業時は架設完了まで全面通行止めとなる。また、用地的に市道をかかわしてベントを設置することは不可能であった。架設時においては、全面通行止めは地元の方の理解を得ていたが、できるだけ回路を使用する期間の短縮が求められていた。そこで考えたのが、発注時の120tトラッククレーンを200tクローラク

レーンに変更し、橋台背面にて主桁および対傾構を組立て後に架設する方法である。そうしたことで架設時の全面通行止めの日数を当初予定の一週間から5日に短縮することができた。



図-2 主桁架設作業完了

また、通常の施工では架設作業完了後床版を施工するが、型枠、鉄筋工事で約1か月を要しかつ天候の影響を受けやすく工程管理上頭の痛い問題であった。

そこで今回の施工では、エルスジョイント工法を採用した。これは床版を16分割し、約10t/1分割のプレキャスト部材として工場製作し、トレーラーにて運搬架設する工法なので、工場で作成された品質管理の行き届いた製品をクレーン架設し鉄筋、型枠工事を省略したことで2週間の工期短縮を図ることができた。



図-3 エルスジョイント施工状況

(2) 架設時の通行止めについては、付近に迂回路が確保できたことと、通行止めに関するお

知らせの配布などを行い地元の方々の理解と協力により前述のように一週間の予定を5日に短縮し作業を完了した。

(3) 短繊維の使用に先立って実車による攪拌を行い時間変化によるコンクリートの性状変化を観察し、攪拌終了後40分を経過するとコンクリートの性状に著しい変化が出ることが判明した。そこで、コンクリート打設に際しては、攪拌後40分以内に打設が完了するよう時間管理を行うとともに、打設前に周知会を開催し作業員全員で情報を共有した。

4. おわりに

今回比較的交通量の少ない道路上の作業であったが、付近の住民の方々の生活道路ということで通行止期間の短縮が大きなテーマであったと思う。幸い工事に協力的な方々であったので、良いコミュニケーションが図れたと思う。当初のお知らせより通行止め期間を短縮できたことでその後の工事も順調に進捗することができた。

また発注は床版コンクリートを型枠組立後直接打設する方法であったが、工場で作成し現地に運搬、架設する工法を最小化したことで工期の短縮を図ることができ発注者からも高い評価を得ることができた。

これからも、高品質の構造物を作るために日々努力していかなければと思う今日この頃である。終わりにこの現場は、12月に地元の方々を招いて盛大に開通式を行ったことを付け加えておく。



図-4 現場完成

57 その他

鋼橋上部工 工程短縮と安全管理

東日本コンクリート株式会社
現場代理人
星野 仁志

1. はじめに

本工事は、先の東日本大震災で甚大な被害を受けた石巻市渡波の道路改良工事の一環として計画された鋼橋上部工工事である。

工事概要

- (1) 工事名：(仮) 風越3号橋上部工工事
- (2) 発注者：宮城県東部土木事務所
- (3) 工事場所：宮城県石巻市渡波地内
- (4) 工期：自) 令和2年3月6日
至) 令和4年3月25日

構造形式：鋼3径間連続鈹桁橋 橋長113.0m

施工範囲：工場製作工、鋼橋架設工、支承工、
橋面工（地覆、高欄工）橋面防水工、
As舗装工

本工事は、石巻市と牡鹿半島を結ぶ県道2号石巻鮎川線の改良工事である。現場は牡鹿半島の入り口に位置し、急峻な山合が迫る急カーブの連続区間であり交通事故が多発するなど災害発生時の避難道路として早急な改良が求められていた。



図-1 現場施工前

2. 現場における問題点

工事受注後、現地調査、発注図書の照査、社内施工検討会を経て浮かび上がった問題点を以下に示す。

- (1) 発注時の主桁架設参考図は、160tクレーンを使用して橋脚の中間部に鋼製ベントを建てて架設する計画であったが、鋼製ベントを設置するためには、施工場所が急峻な山合であるため大規模な土工事が必要となり、工程短縮が困難である。また急峻な斜面の土工事には重機の滑落など安全面においても問題があると考えられた。
- (2) 工事の速やかな完成を発注者から求められたため、工程短縮可能な施工方法を選択する必要があった。
- (3) 現場出入口は、急カーブの連続であるため一般車両との接触事故防止のための対策が必要であった。

3. 工夫・改善点と適用結果

- (1) 現地調査を開始して間もなく、盛土量が多大で、鋼製ベントを設置することを断念することになった。盛土施工期間が梅雨時期にあたり稼働日数の低下が工程に及ぼす結果を考慮した結果でもあった。そこで、クレーンの能力を160tから250tにランクアップし、ベントを使用しない一括架設に変更した。

これにより、工程は順調に進捗した。

(2) 橋長が113mと長いので、床版コンクリート打設を5回に分けて行うこととした。型枠、鉄筋工事では作業員の増員などで対応することができたが、打設前に行う床版打ち継ぎ部の型枠設置方法が問題であった。従来の施工方法は大工が2人で2日かけて合板で型枠を設置していた。5回に分けて打設すると3回分の打ち継ぎの設置が必要になる。

そこで採用したのが、トーホープロックである。これはスポンジでできている製品で設置する場合熟練工が必要なく、設置にかかる日数は半日ほどであった。実稼働日数で $1.5 \times 3 = 4.5$ 日短縮できたのである。また、前述の架設クレーンの変更により鋼製ベント設置の日数短縮が約一週間程度可能となった。



図-2 主桁架設作業状況

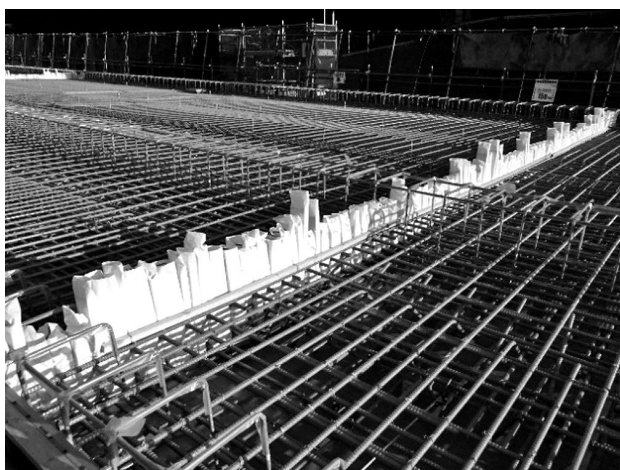


図-3 打ち継ぎ型枠設置状況

(3) 工事出入口の問題は、工事車両が出入りするときに回転灯が回る装置を設置する案などが挙げられたが、最終的には、人間の目が一番という結論に至り、交通誘導員を配置することとした。

また、300m先から「この先工事車両出入口あり」の看板を設置し一般車両に注意喚起を行った。

4. おわりに

工事施工開始時は、橋長が113mで地上高さが約15mのこの現場が発注者の意向に沿った工程で完成する自信は正直なかった。前段でも述べたが課題が山積しており、毎日が綱渡りの連続であった。しかし作業所全体で、時には本社に協力を仰ぎ、無事に3月末に竣工することができた。

現場条件はそれぞれの現場で異なるが、今回の場合は本社、作業所協力のもと打ち合わせを重ね、クレーンの変更協議、打ち継ぎ型枠施工方法の変更など、安全に且つ工事短縮を図りながら施工することができた。私一人では、この発想は出なかったはずである。今回は協力と協調に加えて、社内の結束が重要であったと感じている。

東日本大震災からの復興期間も終了し発注量の減少も顕著になってきた今、今回のような結束がまた必要になるであろうと感じている。また、工程が厳しい中、安全作業に努め無事故無災害で竣工を支えてくれた協力会社の皆様にも感謝する次第である。



図-4 工事完成

58 その他

建設後90年以上が経過した 鋼トラス橋の耐震補強工事

日本橋梁建設土木施工管理技士会

株式会社駒井ハルテック

監理技術者

工事担当

現場代理人

伊藤 慎久[○]

多々見 隆幸

大坪 浩之

1. はじめに

一級河川仁淀川上に渡河し輝く「ぎんばし」の愛称で、永きにわたり地元の方々から親しまれてきた一般国道33号仁淀川橋は、昭和5年の供用開始から90年以上が経過し、橋梁本体の老朽化が著しく、通行車両の大型化に伴うB活荷重への対応を含めて国土強靱化対策として、耐震性の向上を図り、緊急輸送道路としての機能確保のための取り組みが進められている。本稿では、上横構および橋門構部材の取替えについて報告する。

構造一般図を図-1に示す。

工事概要

- (1) 工事名：令和2-3年度 国道33号
仁淀川橋耐震補強（その4）工事
- (2) 発注者：国道交通省 四国地方整備局
土佐国道事務所
- (3) 工事場所：高知県吾川群いの町羽根～波川
- (4) 工期：令和3年3月25日～
令和4年3月10日
- (5) 構造形式：下路式鋼単純ワーレントラス橋

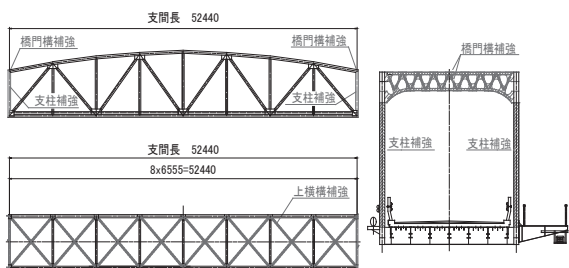


図-1 構造一般図

2. 現場における問題点

- (1) 本工事の施工条件として、地域経済の物流や近隣住民らの生活道路として、重要な路線となっていることから、道路利用者や経済活動へ与える影響を最小限に抑える必要があった。
- (2) 本橋では、部材の連結には、現場で熱したリベットを連結孔に挿入し、叩いて潰し、かしめる施工方法であるため、図-2に示すとおり、連結孔中心とリベット頭部で芯ズレが生じやすい欠点を有するリベット継手が用いられていた。

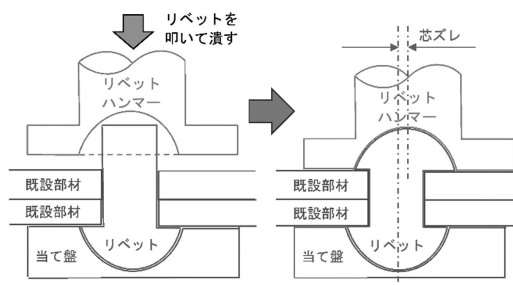


図-2 リベット継手施工時における芯ズレ概念図

(3) 既設構造物は、建設ときに生じた施工誤差、経年劣化や活荷重の増大に伴う橋梁全体の歪みなど生じているものと考えられ、現地での部材設置不能や、再製作といったトラブルが生じ、施工上の大きなリスクになることが懸念される。そのため、以下に示す様々な誤差の要因をあらかじめ排除することが、施工上最も重要なものとなる。

- ① 既設構造物を計測する際に生じる誤差
- ② 工場製作の際に生じる誤差
- ③ 現場孔あけの際に生じる誤差

3. 工夫・改善点と適用結果

- (1) 片側交互通行の規制形態に合わせた補強部材の分割化および取替え方法の検討を行った。
- (2) 本工事で取替えが必要となる全ての既設リベットをあらかじめ高力六角ボルトに取替えて、ボルト間隔を実測し、製作部材に反映することで、現地施工精度の向上を図った。
- (3) 各種部材に対する施工の工夫

① 上横構補強工

上横構は、取替えるパネル毎に基準線を設け型板フィルムを用いて1孔（○印）のみを現場孔あけとし、他部材を含めた残りの現場孔は全て新設部材の先孔をガイドとした当て揉みによる孔あけとした。野書き状況を図-3に示す。取替えにおいては、2パネル以上を同時に撤去すると構造全体が不安定となる恐れがあり、1パネルずつの取替えが必須条件であり、1夜間で確実にを行うことを目的に、短尺部材4本のうち同軸部材の2本を現場ヤードで組立て、高力ボルト本締め後に部材取替えを行った。

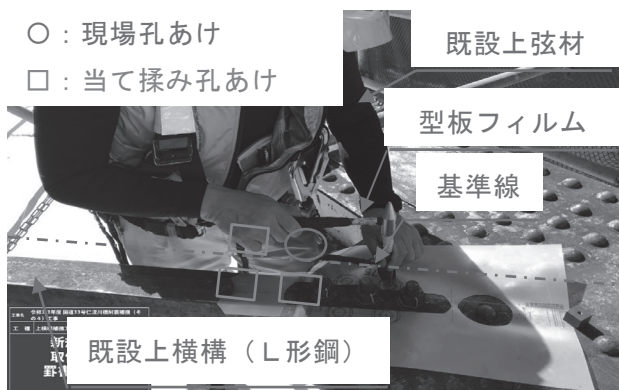


図-3 上横構野書き状況

② 橋門構補強工

橋門構は、既設ガセットの連結部で全ての誤差を吸収できるように、既設支柱側ガセットに対して、新設部材孔をガイドとした当て揉みによる現場孔あけと、既設リベット配置を再現した型板フィルムを用いた工場孔あけを併用して、部材取付精度を確保することとした。型板フィルム使用状況を図-4に示す。取替えにおいては、橋門構の撤去により、橋梁全体の不安定化を回避するた

め、支柱補強および上横構取替え後に実施することにした。また、上下線片側交互通行規制で施工が可能となるよう2分割の構造に変更し、現場ヤードで面組して高力ボルト本締め後に2分割で取替え作業を行った。

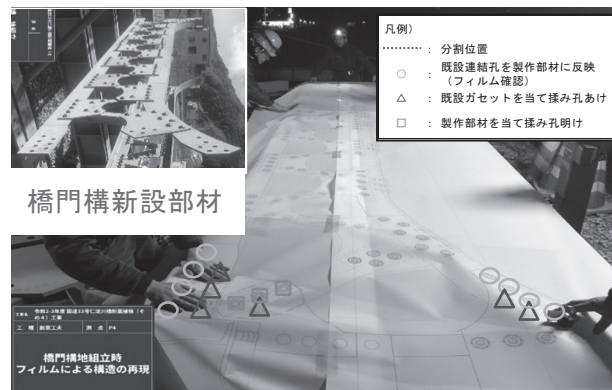


図-4 型板フィルム使用状況

4. おわりに

本工事は、事前に既設建造物の安全性、ならびに交通規制の形態を踏まえた施工計画に変更し実施したことで、全ての作業において片側交互通行規制にて作業を完了することができた。

図-5の完成風景にもあるように、見事に見違えた本橋が、これから先何十年と地元住民の方々から親しまれる「ぎんばし」として活躍することを期待する。

最後に、ご指導およびご協力いただきました国土交通省 四国地方整備局 土佐国道事務所をはじめ、地元住民関係者様に心から深く感謝申し上げます。



図-5 完成風景図

59 その他

ラーメン橋剛結ブロックの製作・架設における CIM の活用事例

日本橋梁建設土木施工管理技士会

三井住友建設鉄構エンジニアリング株式会社

現場代理人・監理技術者

設計担当

江 栄 二〇

堀 田 徹

1. はじめに

本工事は、高知県高知市を起点し、高知県東部の太平洋側に沿って高知県安芸市に至る総延長約36.0kmの一般国道55号の自動車専用道路である。高規格線道路「高知東部自動車道」の一部を構成する南国安芸道路のうち、高知龍馬空港IC～香南のいちIC間にある、物部川を横断する鋼4径間連続ラーメン合成少数鈹桁の製作・架設工事であった。

本稿ではラーメン橋中間支点部剛結ブロックの製作・架設におけるCIM（3次元計測技術やVR技術）の活用事例について報告する。

工事概要

- (1) 工 事 名：南国安芸道路物部川橋上部工事
- (2) 発 注 者：四国地方整備局土佐国道事務所
- (3) 工事場所：高知県南国市物部～
香南市野市上岡地区
- (4) 工 期：令和2年10月2日～
令和4年6月30日

2. 現場における問題点

本橋梁は中間支点部が剛結構造であり、前工程である下部工頂部と後工程である上部工落とし込み部材との取合い精度を確保するため、3Dスキャナーを採用した3Dモデルで検証した。

2-1 剛結ブロックと下部工突出鉄筋の問題点

剛結ブロック（図-1）の孔あき鋼板ジベルと

橋脚突出鉄筋（図-2）との干渉を防ぐため、剛結ブロックの製作に突出鉄筋の出来形を反映する必要があった。ところが、突出鉄筋（D41）の突出長が3.0mと長く、また一橋脚当りの本数も114本と多いことから、限られた作業エリアにおいて、作業の安全性及び効率性を考慮したうえで、計測精度を担保した計測方法の立案が課題であった。

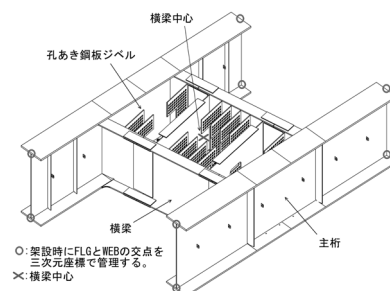


図-1 剛結ブロック図



図-2 突出鉄筋と計測状況写真

2-2 剛結ブロック据付けの問題点

剛結ブロックの据付け高さ、水平度等の据付けに関わる精度の誤差が、調整ブロックの落とし込み架設、主桁の通り等、橋梁全体の出来形に大き

く影響を及ぼすため、架設時に剛結ブロックの横梁中心および各継手位置を正確に把握し、管理する必要があった(図-1)。

3. 現場での対策

3-1 剛結ブロックと下部工突出鉄筋の対策

橋脚突出鉄筋の計測に非接触型の3Dレーザースキャナーを活用(図-2)することで、限られた作業エリアで高精度な計測が可能(大まかなイメージであるが、10m離れた距離で0.1mm以下の誤差で計測することが可能)となった。

また、上記の計測で得られたデータ(図-3)は、3Dモデル化して剛結ブロックの製作(孔あき鋼板ジベルの取付け位置等)に反映し、さらに4Dモデルを用いた施工シミュレーションを実施した結果、手戻りのない安全でスムーズな落とし込み架設(図-4)を行うことができた。

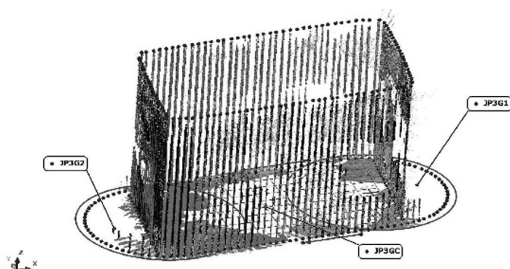


図-3 計測結果



図-4 剛結ブロックの降下(VR)

3-2 剛結ブロック据付けの対策

コンクリート橋脚の前後(橋軸方向)に設置した斜ベント上には三軸調整ジャッキを配置(図-5)し、剛結ブロック架設後に3Dトータルステーションにて継手位置を計測した。三軸調整ジャッキでは、橋軸方向(X)、橋軸直角方向(Y)、高さ方向(Z)の順で、部材計測結果と製

作誤差を考慮して算出した継手位置の3次元座標(図-1)に対し、1mm単位での微調整が可能であり、計測しながら1つの支持点で効率良く正確に行うことができた。また調整後には、中詰めコンクリート打設時の振動や温度変化により剛結ブロックに変位が生じないように、コンクリート橋脚内に埋設架台を設け剛結ブロックとの固定をボルト添接とし強固に固定したことで、剛結ブロックは高い精度で据え付けることができた。その結果、橋梁全体でも高い出来形精度を確保し、無事架設を完了することができた(図-6)。



図-5 斜ベント設置状況



図-6 工事完成写真

4. おわりに

本工事は剛結ブロックの製作と架設に高い精度が要求される工事であったが、非接触型3Dレーザースキャナー等の先端技術の活用や、設計・製作・工事の各部門で十分な事前検討を行ったことで、無事に工事を完了することができた。

最後に、本工事の施工にあたりご指導をいただいた四国地方整備局土佐国道事務所および関係各位に深く感謝いたします。

60 その他

河川内架設における出来形管理および工程短縮事例

日本橋梁建設土木施工管理技士会

JFE エンジニアリング株式会社

現場代理人 監理技術者

岩本 二郎[○] 松山 喜幸

1. はじめに

本工事は、静岡県富士市木島地区から岩本地区に至る一級河川富士川を横断する静岡県道の橋梁であり、橋長741.5mの内335.0m（鋼重2,734t）の鋼床版箱桁橋の製作・架設を行う工事である。

本稿では、河川内の架設における桁の出来形管理および工程短縮事例について報告する。

工事概要

- (1) 工事名：富士由比線橋梁改築工事
（新々富士川橋・上部工2工区）
- (2) 発注者：静岡県富士土木事務所
- (3) 工事場所：静岡県富士市木島
- (4) 工期：令和2年10月13日～
令和4年7月29日



図-1 支点支持状態の既設桁（工事着手前）

2. 現場における問題点

2-1 桁の出来形管理

河川の瀬替えを右岸・左岸で別々の年度に実施する必要があり、前年度の1期工事（別工事）で7径間の内4径間が完成していた。その既設桁は

支点支持状態であり、当工事との境界部である仕口J46（図-1）は、既設桁の自重により最終形状に対し上方を向いている状態であった。支点支持状態の既設桁に新設桁を接続する桁の出来形管理方法が課題であった。

2-2 工程短縮

河川協議の結果、河川内で施工可能な期間は渇水期の7ヶ月間（11月～5月）であった。その期間内において、施工ヤードを構築し施工完了後に現況復元する河川の瀬替え工事（別工事）を行った。それらの瀬替え工事に要する期間は約3ヶ月であり、実質4ヶ月で鋼重2,734tの桁の架設を完了させるため、工程を短縮する必要があった。それを実現させる資機材手配、施工ヤード及び、労務確保が課題であった。

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 桁の出来形管理の対策結果

仕口J46は、工事着手前の時点で設計値に対し87mm上方を向いている状態であった。桁の出来形管理のため、事前にシミュレーションを行い、施工ステップ毎に架設桁の管理高さを設定した（図-2）。

既設桁の仕口方向にあわせて新設桁を上げ越して架設し、モーメント連結（高力ボルト本締）後、ジャッキを使用して降下させた。桁高の実測管理をした結果、シミュレーション値通りの挙動となり、出来形管理値を満足する結果となった。

STEP1：工事着手前(1期工事にてA1～J46迄架設完了)

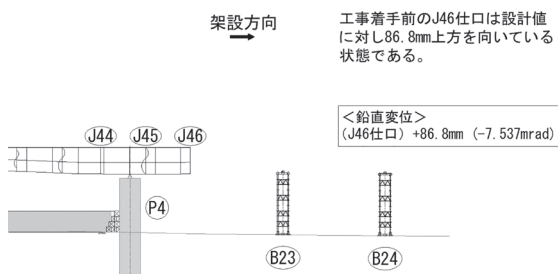
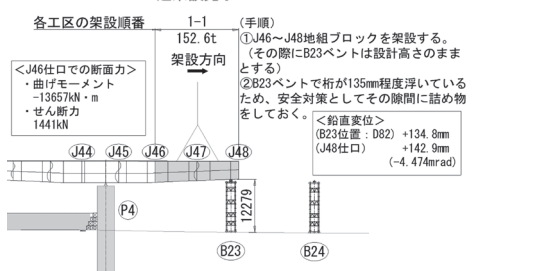
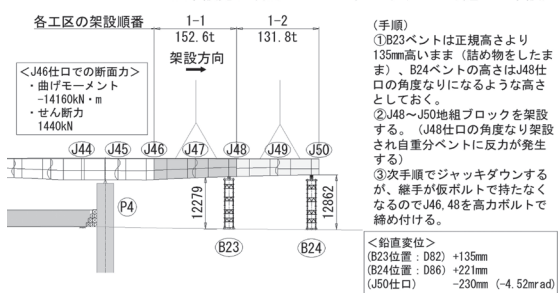


図-2 シミュレーション結果(その1)

STEP2：J46～J48迄架設完了



STEP3-1：J48～J50迄架設完了(跳ね上がった仕口なりに上げて架設)



STEP3-2：J48～J50迄架設完了(正規高さへジャッキダウン)

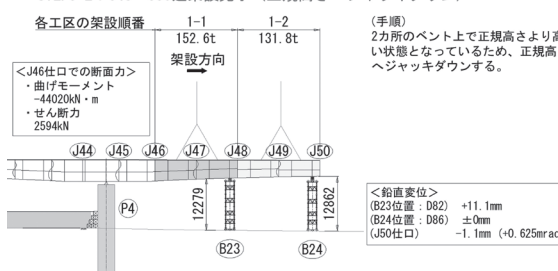


図-2 シミュレーション結果(その2)

3-2 工程短縮の対策結果

工程短縮のため、3班同時施工にて施工を行った。このとき、特に桁搬入の管理、労務の確保方法について緻密な対応を行った。

桁搬入の管理については、桁搬入専用の工程表を作成した。日程を明確にした結果、日々10～18台の桁を搬入する必要があった。

桁搬入車両が一度に現場に到着すると一般交通に影響を及ぼす可能性があったため、異なる現場

到着時間を設定し車両管理を行った(表)。

表 桁搬入車両の現場到着時間区分

| 社名 | 出発地 | 現場到着時間 |
|----|-----|-----------|
| Y社 | 大阪 | 2:30～3:00 |
| T社 | 大阪 | 3:00～4:00 |
| J社 | 三重 | 4:00～4:30 |
| 予備 | - | 4:30～5:00 |

膨大な量の資機材を毎日搬入・荷降ろしするだけでなく、作業を進める必要があったため、施工ヤードの確保と労務確保を行った。

施工ヤードの確保のため、具体例として地組桁の下流側はクレーン・荷降ろしヤード、地組桁の上流側は施工ヤード(足場、ボルト、溶接等)をそれぞれ構築した(図-3)。

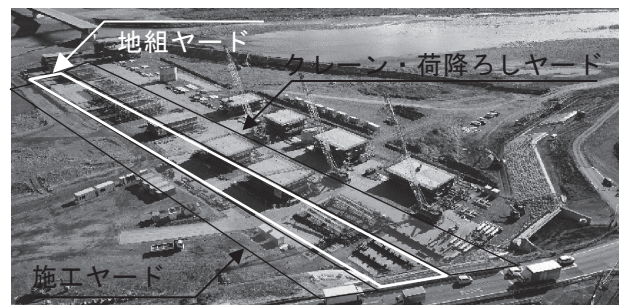


図-3 施工ヤードの構築

労務については橋梁特殊工、地組・架設クレーン工、現場溶接工及び現場塗装工についてそれぞれ3班確保した。それぞれの工種で同時施工ができない作業があったため、工種間の引渡日を設定し、引渡日を厳守するよう工事を進めた。その結果、3班同時施工を実現することができ1渇水期で完工した。

4. おわりに

本工事は出来形管理のため事前にシミュレーションを行い施工ステップ毎に桁の管理を行ったこと、また工程短縮のため緻密な搬入車両管理および労務確保を行ったことにより、無事1渇水期で工事を終えることができた。

最後に、本工事の施工にあたり、ご指導を頂きました静岡県富士土木事務所および関係各位に深く感謝いたします。

61 その他

砂防堰堤工事における3次元データの有効利用

新潟県土木施工管理技士会
株式会社森下組
常務取締役
森下 真朋

1. はじめに

本工事は魚野川上流域の檜ノ又谷において檜ノ又谷砂防堰堤の設置を行うもので、前年度に続き右岸側の副堰堤、垂直壁、側壁、水叩の施工を進める工事である。

工事概要

- (1) 工事名：檜ノ又谷砂防堰堤その4工事
- (2) 発注者：国土交通省湯沢砂防事務所
- (3) 工事場所：新潟県南魚沼郡湯沢町土樽地先
- (4) 工期：令和4年2月4日～12月10日



図-1 完成写真

2. 現場における問題点

本工事現場は一昨年度工事の実績により、掘削を進めると軟岩・中硬岩の出現が予想された。地質の変化のたびに岩線計測及び段階確認を行い、このデータを元に掘削土量、破碎岩量、コンクリート控除量の計算が必要となることが予想された。これらの計測や数量算出には多大な労力を要

し、工程を圧迫する恐れもあった。

現場は山間地にあり、急峻な地形によりGNSS衛星の補足が難しく、通常のICT建機は使用できないため「簡易型ICT活用工事」を適用する現場となる。対象工種は「ICT土工」で床堀の3次元図面のみを作成すれば良いが、砂防堰堤本体を3次元化することにより数量計算の簡略化や生産性の向上につなげることができないか検討した。

3. 工夫・改善点と適用結果

(1) 現場の3次元化

今回は地上レーザースキャナ（以下TLS）を使用して現場の3次元化を行うこととした。今年度の工事では本堰堤の施工がないため、堤体天端より高い急峻な箇所にはTLSを設置する必要がなく、UAVを使用する必要性が低いためである。起工測量、岩線計測、増水による被災時の流入土砂量計測、床付出来形の計測に使用し、工事完了までに出来形の計測にも使用する予定である。TLSを使用した利点としては、UAVによる空中写真測量に比べパソコン上での処理作業が少なく点群データが得られるため、計測後のタイムラグが少なくなる点が上げられる。また、TSを使用した測量に比べ、急斜面に作業員が入る必要がないため安全性も向上する。欠点としてはTLSと計測対象の間に遮蔽物がある場合、その裏側の計測が不可能となる点が上げられる。今回のように岩の露出や段差がある床付面の場

合、複数回の計測が必要となり、床付の計測では5回の測定が必要となった(図-2)。



図-2 床付点群

(2) 2次元図面からの3次元化

今回は床付面の3次元化の他に副堰堤、垂直壁、側壁、水叩、仮設水路、仮設作業道の3次元化を行った。床付、副堰堤、垂直壁はダム軸を中心線に見立て、構造図より高さが変わる点を縦断に取り込み、土工断面図より横断を抽出した。側壁と水叩については河川中心線を使用し、構造図より縦横断を取り込んだ。仮設水路、仮設作業道は起工測量のデータを元に任意点より3次元化した。

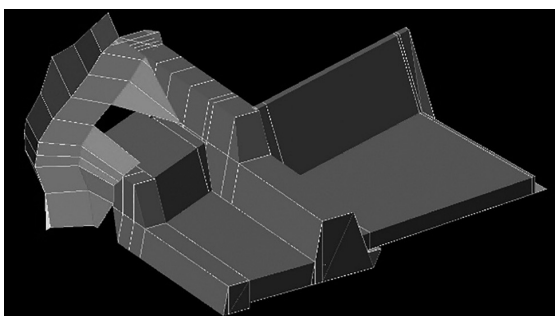


図-3 3次元データ

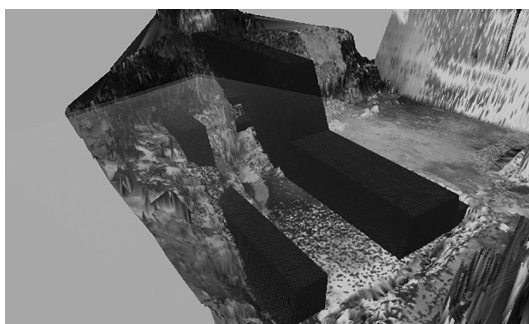


図-4 3次元データを使用した数量算出

3次元化の際に苦心した点は、中硬岩の出現により、中硬岩は破碎せずに岩着させること

となったため、床付データより岩着部を省く作業があり、不足断面を23断面作らなければならなかった点があげられる。TLSで取得した各種点群と、ここで作成した3次元データを使用することで、数量計算で複雑な計算を行うことなく各種ボリュームを容易に算出することが可能となり、生産性は向上した(図-3・4)。

(3) 杭ナビを使用した測量

杭ナビ(LN-150)と快測ナビを使用することで、作成した3次元データを有効利用し、現場での測量作業の効率が飛躍的に向上した。前述の通り岩着での施工となったため、通常の測量では岩着位置を明示するのが簡単ではないが、快測ナビに面データが入っているため容易に位置が出せる(図-5)。同様に構造物どうしの取りあい、例えば副堰堤に側壁がぶつかる箇所も容易に位置出しができる。構造物の位置が明確に表示されるため、型枠の加工も比較的容易となった。また、丁張設置作業においても事前の計算を行わなくても3次元データからの逆追いで設置出来るため、生産性が向上した。他にも立会時は3次元データを見ながら行えるため、説明がし易く立会者も判断が容易になった。



図-5 快測ナビ画面と岩への位置出し

4. おわりに

当現場はGNSS衛星の補足ができない現場であるが、GNSSを必要としないICT建機「杭ナビ ショベル」があれば「ICTの全面的な活用」にもチャレンジできるので、次年度以降に採用を検討したい。今後も砂防工事における3次元データ利活用の可能性を検討していきたい。

62 その他

狭隘な作業空間における クレーン配置計画（CIM 活用事例）

日本橋梁建設土木施工管理技士会

高田機工株式会社

監理技術者

現場代理人

大江 孝多郎[○]

中村 龍 司

1. はじめに

本工事は、名古屋、衣浦、東三河の臨界工業地帯とその後背地、農業地帯と工業地帯、都市とを機能的に結びつけ物流の円滑化、土地利用の効率化等に資する目的で計画された、一般国道23号蒲郡バイパス事業に伴う橋梁架設工事である。二級河川音羽川を渡る第一径間は、79.8mの支間長であり110度の斜角を有している。施工場所は飛来塩分量が少なく、ライフサイクルコストを低減するために耐候性鋼材が適用されている。本稿では、CIMを活用した狭隘な作業空間におけるクレーン配置計画を報告する。

工事概要

- (1) 工 事 名：令和2年度23号蒲郡BP為当
第4橋鋼上部工工事
- (2) 発 注 者：国土交通省 中部地方整備局
- (3) 工事場所：愛知県豊川市為当町地内
- (4) 工 期：令和3年3月02日～
令和4年7月29日

2. 現場における問題点

バイパス事業は、早期の開通を目標に多くの施工業者が工事を行っているが施工時期、場所により輻湊する場合がある。

今回施工の為当第4橋は、大型クレーンを使用し箱桁橋を架設する工法であったが大型クレーン設置箇所と側道橋橋台施工箇所が近接となりお互

いに安全性を確保できない状態が発生した。このため安全性を確保し工期内で施工を完了するための計画が必要となった。問題点を解決するため対策案の検討を行った。

【1案】 施工業者間の工程調整

【2案】 大型クレーン配置位置変更

1案については、架設ヤード使用期間が1.0カ月程必要となり橋台施工業者の工程に影響を及ぼすため2案で検討することとした。

2案の大型クレーン配置変更であるが配置位置が既設橋梁（ONランプ橋）と架設橋梁の間となり狭隘部になるため大型クレーンの配置および組立、架設時のクレーンブームの接触が発生しないか検証する必要があった。

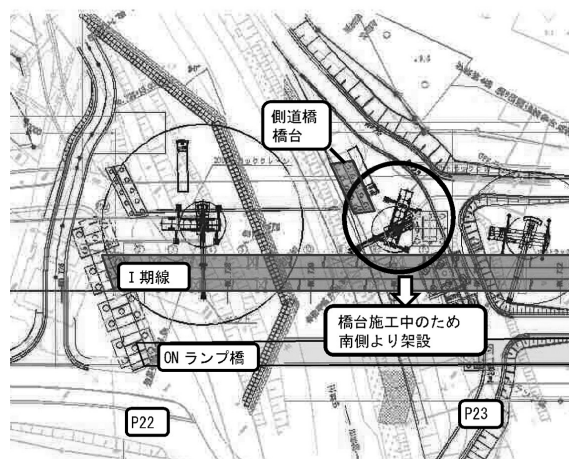


図-1 当初架設計画

3. 工夫・改善点と適用結果

従来クレーン配置は、架設計画図と現地で熟練技術者の施工感覚で確認しているが、手間も労力もかかるし、施工イメージが浮かばないこともある。若年職員においては、現場での重要なチェックポイントを見落とすこともある。また 施工イメージがうまく担当職員・作業員に共有できないことで事故が発生したりすることもある。そのような事象を防ぐために当現場ではCIMを活用し、施工イメージを認識してクレーン配置の安全性を検証した。下記に安全性確認項目を示す。

(1) クレーン配置位置

(進入路・アウトリガー設置位置及び本体接触)

狹隘部の配置位置と既設橋梁との接触有無が容易に判断できた。クレーンアウトリガーの位置も地形図内で確認できた。河川道路上であり専用敷鉄板ではクレーンアウトリガー反力を支持出来ない位置関係となったので地盤支持力を計測しクレーンアウトリガー反力を確保する養生設備検討に役立った。

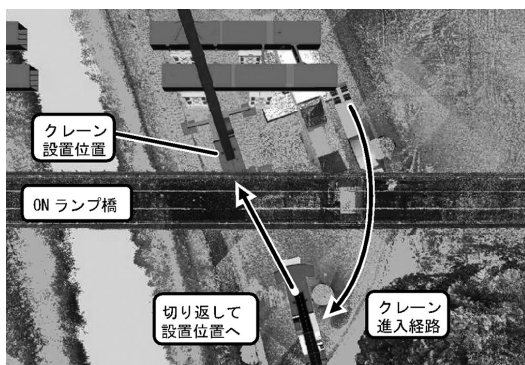


図-2 クレーン配置確認



図-3 障害物との接触確認

(2) 大型クレーンブームの接触の有無

狹隘部でのクレーン配置は、据付だけでなくクレーン旋回体、クレーンブーム懐の接触の確認も大事なチェックポイントの一つである。今回は橋桁中央の閉合ブロック架設時に接触の危険性があり確認をおこなった。架設済みの主桁からブームまでの離隔距離が1.4mありブーム自体のたわみを加味しても接触する危険性がないことが検証できた。



図-4 クレーンブーム接触確認

(3) 現場職員と作業員への施工イメージの共有
熟練作業員が減少し経験が少ない作業員もいるためCIMを活用した作業周知会を行い施工時の危険ポイントを情報共有することで、不注意で発生する事故防止対策を行った。



図-5 CIMを活用した作業周知会

4. おわりに

建設業界では、現場監督、作業員とも熟練者が減少傾向であり技術の伝承が難しくなっているが、BIM/CIMを活用することで、手間も労力も低減することができ未熟な施工管理・安全管理の向上も期待できることが分かった。今後も、積極的に活用していきたい。

最後に、本工事においてご指導・ご協力頂きました皆様方に深く感謝の意を表します。

63 その他

ICT 機器を活用した ハイブリッドケーソンの出来形管理

日本橋梁建設土木施工管理技士会

エム・エムブリッジ株式会社

現場代理人兼監理技術者 担当技術者

池田 宗弘[○] 古田 大介

1. はじめに

本工事は、横浜港新本牧地区護岸に採用されたハイブリッドケーソン（以下HBC）の鋼殻製作および本体工（コンクリート工）を施工するものである。HBCの形状は、長さ20m、幅7m（フーチング部幅16m）、高さ19mであり、本工事では4函製作した。本稿では、出来形管理へのICT機器の活用とその効果について報告する。

工事概要

- (1) 工事名：横浜港新本牧地区護岸（防波）
 本体工事（その4）
- (2) 発注者：国土交通省関東地方整備局
 京浜港湾事務所
- (3) 工事場所：神奈川県横浜市
- (4) 工期：令和3年1月7日～
 令和4年1月21日



図-1 本体工（コンクリート工）完成時

2. 現場における課題

HBCのコンクリート工事では、鉄筋組立・検査、型枠組立、コンクリート打込み、養生・型枠脱型を繰り返す作業となる。これらの作業工程のうち、配

筋検査では、検査準備として鉄筋マーク表示、検査時は、計測尺保持者、写真撮影者、工事看板者、片付け等、各プロセスに多くの人員と時間を要する。働き方改革実現のためには検査省力化が求められる作業である。そのため、本工事では、配筋検査にICT機器を活用（試用）することで、適用検証とその効果について定量的に評価した。

3. ICT機器

試用したICT機器は、三菱電機株式会社の配筋検査システムであり、社内検査で試用した。計測装置は2眼カメラを搭載したタブレット端末で、検査箇所を撮影することで鉄筋本数・径・間隔を計測できる。撮影したデータから検査帳票が直接作成できる。事前に配筋検査を行う箇所の配筋情報（鉄筋径、鉄筋間隔）データを、クラウド上にアップしておけば、現場では検査箇所を撮影するのみで検査が完了する。なお、鉄筋径の検出には、事前に鉄筋のキャリブレーションが必要となる。

4. 配筋検査システムの試用結果

(1) 単鉄筋断面での配筋検査

単鉄筋断面での配筋検査結果を図-2に示す。スケールを当てた写真を上段に、本システムで計測した結果を下段に示す。鉄筋間隔精度は、概ね良い精度を有している。計測の際、検査する鉄筋範囲が外れている場合もあるが、画面上で修正可能である。配筋検査システムによる計測時間は20～30秒程度であり、計測待ち時間はほとんど気にならなかった。

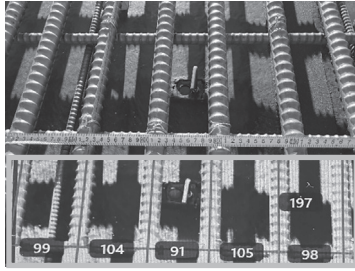


図-2 配筋検査結果（単鉄筋断面）

(2) 継手部のある配筋検査

継手部のある配筋検査結果を図-3に示す。異なる鉄筋径が交互に配筋されている場合でも精度良く検出でき、鉄筋間隔の平均値も実測値と概ね良く一致した。なお、異なる径同士の継手では、撮影範囲が多い鉄筋が優先表示される（図-3に示す矢印の鉄筋継手はD25とD19の継手だがD19の継手長さが長いのでD19と表示される）。

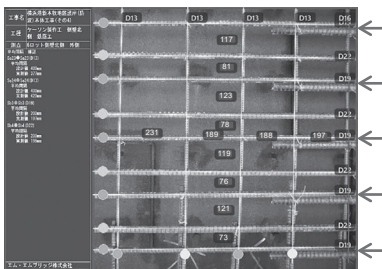


図-3 配筋検査結果（継手部のある場合）

(3) 奥行のある断面（複鉄筋断面）での配筋検査

奥行のある断面（複鉄筋断面）での配筋検査結果を図-4に示す。奥側の鉄筋が撮影されると、奥側の鉄筋を認識して鉄筋径、ピッチが計測されるため、手前側の配筋検査では、手前側の鉄筋のみを検出するまで複数回撮影を行う必要があった。また、縦方向鉄筋はD16の同一径で名称の異なる鉄筋であったが、本システムは同一径を区別できないため、撮影後に名称修正を行う必要があった。



図-4 配筋検査結果（複鉄筋断面）

(4) 検査帳票の自動出力

本システムでは、検査結果をクラウド上に保存し、帳票データとして出力することが出来る。なお、ファイルはExcel形式であり、注釈事項などフォームの編集も容易であった。

5. 従来の配筋検査との比較

従来の配筋検査に比べ、机上で検査箇所配筋情報を入力する作業に時間が必要となるが、1人工で検査準備が可能になる点、計測時の人員を削減できる点から、検査に必要な業務工数時間を比較すると従来の配筋検査に比べ、約45%削減することができた（図-5）。コンクリート工事全体では約8%の工数削減であった。今後、奥行のある断面の検出精度が向上されれば、更なる生産性向上に繋がると考える。

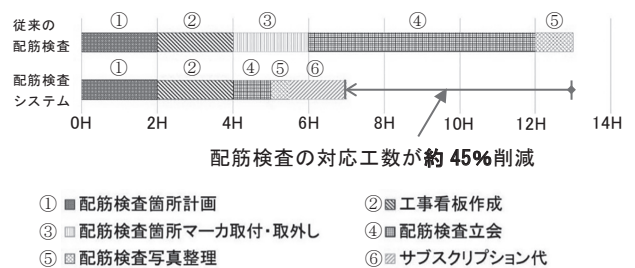


図-5 業務工数比較



↓省力化



図-6 配筋検査システムの導入検討結果

6. おわりに

今回の報告が同種工事に寄与し、ICT活用による生産性向上に繋がることとなれば幸いである。

64 その他

築堤工事の ICT 建機の活用

株式会社森組
担当技術者
佐々木 諒

1. はじめに

本工事は、首都圏氾濫区域の堤防の整備を行うことにより、水害・土砂災害に対する安全度の向上を図る目的で、利根川の北川辺流域において、既設堤防のかさ上げ盛土および堤防断面の拡幅を行う工事である（図-1）。

加えて本工事は、ICT活用工事に指定されていたため、ICT建設機械を使用した施工を行い、ICT施工技術を活用する工事となった。

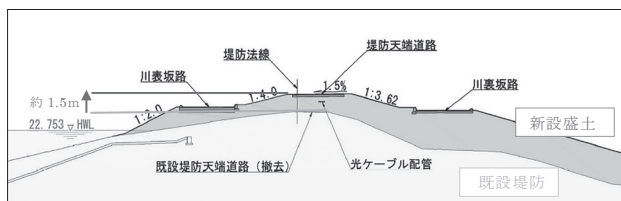


図-1 施工盛土断面図

工事概要

- (1) 工事名：R3利根川左岸麦倉築堤（その1）
工事
- (2) 発注者：国土交通省 関東地方整備局
- (3) 工事場所：埼玉県加須市麦倉地先
- (4) 工期：令和3年10月12日～
令和4年6月30日

2. 現場における問題点

本工事では、施工延長約1,100m区間の既存堤防に、土量約70,000m³のかさ上げ盛土を行った。併せて、盛土材料として粘性土および砂質土の土砂運搬を行い、それらを混合攪拌する土砂改良工

を施工した（図-2）。

ここで、河川工事が渇水期間での工事となるため、渇水期間中の短期間での施工にあたり、各工程を短縮するための施工管理の効率化が課題となった。

ICT施工を行うにあたって、設計の築堤盛土および法面整形の施工以外の工種にも広く活用することで、品質の確保と共に、施工性の向上による効率化を図った。

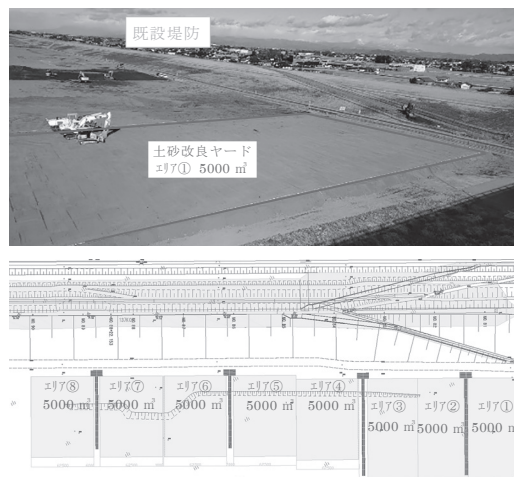


図-2 施工ヤード（既設堤防および改良ヤード）

3. 工夫・改善点と適用結果

ICT活用による品質確保および施工の効率化について、以下の方法を実施した。

(1) 土砂改良工へのICT建機の活用

土砂改良にあたり、粘性土と砂質土を各層40,000m²のヤードに平坦に均す必要があり、通常の重機により平坦性および各層厚を確保する

のは非効率である。そこで、土砂改良ヤードの造成にICT建機を使用し、平坦性および各層厚の確保を図った。また、土砂改良の施工機械にSTB-ICT粒度改良工法による3次元GNSS施工管理システムを搭載したスタビライザを使用し、敷均しにICTブルドーザを使用することにより、土砂改良時の施工管理の合理化を図った。

土砂改良ヤードの造成にICT建機を使用し基準高を管理することで、広大なヤードの平坦性および各層厚を確保できた。さらに、土砂改良の施工中にヒートマップモニタ(図-3)による攪拌混合の深さおよび混合範囲の確認、混合後の平坦性の確保が可能となり、ICT施工による効率化と施工データによる施工管理の可視化ができた。



図-3 ICTスタビライザ施工管理モニタ

(2) 3次元データによる段切り施工

盛土工の締固め厚さとリンクさせて段切りの施工用3次元設計データを作成し、ICT重機を使用して施工することによって、締固め管理実施の際に、適切な範囲を所定の厚さで無駄なく施工することによって、施工の効率化と締固め品質の確保を図った(図-4)。

ICT重機で段切り施工を行うことで、施工管理において測量や丁張が省力化でき、正確な段切り施工が可能となった(図-5)。また、段切り施工が転圧管理システムによる締固めとリンクしているため、盛土全区間において適切な締固め管理を実施することができた。

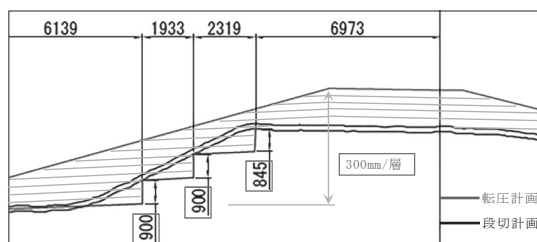


図-4 段切計画横断面図



図-5 ICT重機による段切状況

(3) 排水勾配を確保した3次元データの作成

盛土施工において、降雨による雨水の滞水や浸透が盛土の品質および施工性を著しく低下させる。そこで、降雨による影響を低減させるため、盛土施工面が排水勾配の4%を常に確保できるように、各層の仕上がり面を法尻側に4%の横断勾配をとって3次元データを作成した(図-6)。

この3次元データに基づいてICT重機によって施工することで、盛土面に排水勾配が確保されるため、降雨時に雨水が滞水することなく盛土材の含水比を保つことができた。また、降雨後の水処理作業が少なくなるため作業再開も速やかに行うことができた。

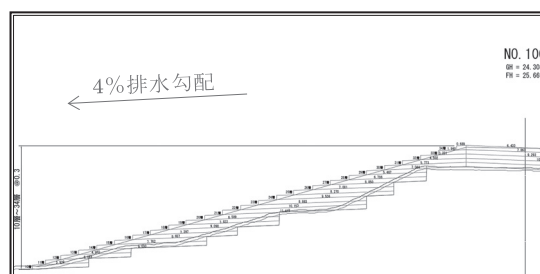


図-6 転圧計画横断面図

4. おわりに

当現場のような長い施工延長かつ広い面積を有する現場において、重機にて平坦性や一定勾配の造成・層厚の確保などを行うのは難しく、手間と時間が掛かり、重機の運転手の能力によっても品質が左右される。ICT施工による効率化を活用した結果、施工管理の省力化が図られ、施工性および品質が向上した。また、作成したデータに基づいて施工するため、人為的ミスや施工者の個人差が少なくなり効率的な施工ができた。

65 その他

近赤外光三次元計測機を用いた 鋼橋保全工事の実測作業

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本橋梁株式会社

現場代理人

浅野 剛[○]

工場製作担当

大寺 健也

現場担当技術者

金野 利彦

1. はじめに

本工事は東名高速道路薮塚橋梁（鋼単純上路式トラス橋：3橋）の耐震補強工事である。図-1に架橋状況を示す。主な工事内容は、耐震性能照査により許容値を超過する結果となった鋼部材の当板材による補強、部材取替とレベル2地震に対応した支承への取替等である。工事工程計画において、工場での部材製作から現場設置までを待ち時間の少ない工程とすることが重要であり、その解決のためには現場実測作業時間の短縮を図る必要があることがわかった。



図-1 東名高速道路薮塚橋梁

本報告では、近赤外光三次元計測機を用いることで、高い精度での部材計測に加えて計測作業の効率化を図ることができたので一例として紹介する。図-2に「近赤外光三次元計測機」を示す。



図-2 近赤外光三次元計測機

工事概要

- (1) 工事名：東名高速道路（特定更新等）
薮塚第一橋他2橋鋼橋補強工事
- (2) 発注者：中日本高速道路株式会社
- (3) 工事場所：静岡県御殿場市東田中
- (4) 工期：令和3年4月～令和6年4月

2. 現場における問題点

本工事は施工に際して、以下の問題点があった。

(1) 既設部材の再現

上横構部材の補強対象箇所は約170箇所と多く、これらを従来の計測方法であるテープ計測や型板計測で行った場合、計測作業に多くの時間が必要であった。また縦横断勾配は均一ではなくテープ計測では勾配状態により部材の芯出し精度が落ちることが懸念された。加えて、計測者の技量やヒューマンエラー等による精度確保のリスクが存在した。

(2) 新設支承アンカー位置の計測

既設支承を存置した状況で新規アンカー設置のためコア削孔を行った。コア削孔中心位置を型板及びテープで計測する場合、型板設置誤差や下部工天端コンクリートの凹凸による計測誤差が懸念された。また、削孔位置を新規支承ベースプレートのアンカー位置に反映させるためには、各削孔位置の相対位置関係の実測が必要であり、従来の方法では難しさがあった。

3. 工夫・改善点と適用結果

(1) 前述の問題に対処する方法として「近赤外光三次元計測」を使用し、作業の効率化と精度の向上を図った。本技術は計測箇所を手持ち機器（以下、プローブという）で押さえる毎に本体側の自動追尾カメラにて撮影しながら近赤外光三次元計測を行うことから、作業者の計測作業が軽減される。また計測結果はそのままデジタルデータとして使用することができるため、ヒューマンエラーの軽減や図面への転換作業の効率化が図れる結果となった。表-1に計測作業項目毎の作業時間の一例を示す。三次元計測では、テープ計測と比べ大幅に作業効率が向上し、約1/2で計測結果をまとめることができた。

表-1 計測作業時間比較表

| | テープ計測 | 3次元計測 |
|-----------|----------|-------|
| 内容 | 所用時間 (分) | |
| 準備 | 10 | 10 |
| 計測 | 30 | 5 |
| 片付け (移動) | 10 | 10 |
| 図面化 (CAD) | 30 | 10 |
| 計測 | 80 | 35 |

(2) 前述の問題に対処する方法として同様に「近赤外光三次元計測」を使用して、実測精度の精度向上と作業の効率化を図った。図-3に計測箇所の状況を示す。



図-3 アンカー削孔状況

削孔中心位置は、プローブで直接押さえて計測できないため、削孔内径を3点以上計測し近似円を作成することによって対応した。なお、削孔表面の凹凸が著しい場合でも計測点数を増やすことにより中心位置を正確に捉えることが可能であった。また、既設支承があることで計測機本体側から一度に削孔（計測）位置を見通せ

ない場合でも計測機を移動させることで、計測可能である。その際、3点以上の同一計測点を設けることで座標を結合させることができ、全ての計測点の相対位置関係を正確に確認することができた。表-2に計測作業項目毎の作業時間の一例を示す。三次元計測では、従来の計測方法に比べ作業時間を約1/3～1/4に短縮して計測結果をまとめることができた。

表-2 計測時間比較表

| | 型板計測 | テープ計測 | 3次元計測 |
|-----------|----------|-------|-------|
| 内容 | 所用時間 (分) | | |
| 準備 | 60 | 10 | 10 |
| 計測 | 30 | 30 | 5 |
| 片付け (移動) | 10 | 10 | 10 |
| 図面化 (CAD) | 30 | 30 | 5 |
| 計測 | 130 | 80 | 30 |

(3) 三次元計測機による実測作業を行うためには、部材へのアクセスのみならず、一度に見通せる範囲が広範囲となるような足場を構築する必要があった。そこで、足場材料の選定にあたっては、吊りチェーン間隔が広く計測時の支障となりにくいクイックデッキを主体足場に採用し、内部足場には組立の自由度が高いくさび足場を用いた。さらに事前に足場施工図を三次元化し、計測作業をシミュレーションすることで、機材の盛替え回数を減じるなどの作業合理化を計画段階で実施した。

4. おわりに

本工事において鋼橋保全工事の実測作業に近赤外光三次元計測機を用いた場合の適用性について検証した。結果、計測精度、作業効率ともに大きく向上することが確認できた。今後は、さらに計測可能距離や計測時の天候、三次元モデル化での実用性などを検証し、かつ計測方法に工夫を加えることで、多くの補修保全事業において幅広く適用できるように検討していきたい。

最後になりますが、本工事の施工に当りご指導いただきました発注者の方々及び工事関係各位に厚くお礼を申し上げます。

66 その他

延長床版の設計、施工上の留意事項

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本車輛製造株式会社

設計担当

現場代理人

監理技術者

吉 嶺 建 史[○]

小 池 雅 史

種 村 正 宣

1. はじめに

本工事は、首都圏中央連絡自動車道の4車線化に伴う県道上への橋梁工事である。橋梁形式は鋼単純合成細幅箱桁橋であり、A1橋台側は住宅造成地が近いため、通常の伸縮装置よりも騒音・振動の小さい延長床版システムを採用した。

工事概要

- (1) 工 事 名：首都圏中央連絡自動車道
島名第一橋（鋼上部工）工事
- (2) 発 注 者：東日本高速道路株式会社関東支社
- (3) 工事場所：茨城県 つくば市
- (4) 工 期：令和2年7月4日～
令和4年1月24日

2. 現場における問題点

延長床版システムは、橋梁上の床版を土工部まで延長し、伸縮装置を土工部状に設置する構造である。延長床版システムの概要図を図-1に示す。

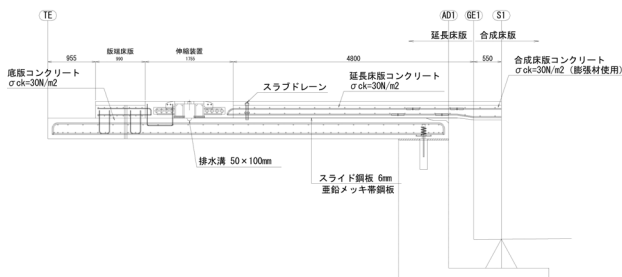


図-1 延長床版システム

(1) 設計上の課題

弊社において、延長床版システムの施工事例

が少なく、また、構造がやや複雑であるため、設計段階において、構造に対する理解に時間を要することが予想された。さらに、延長床版システムと橋台ウィングの近接部、延長床版と底版の取り合い部の構造検討が設計段階の課題として挙げられており、現地施工における不具合防止のため、それらの課題の確実な解決が求められた。

(2) 現地施工上の課題

延長床版と橋梁上部の床版のコンクリート打設順序は現地施工における課題の一つであった。延長床版システムは、橋梁上部の床版を橋台上まで延長した構造である。完成時には、延長床版は橋梁上の床版と一体となり、延長床版下の底版コンクリートの上をスライドする。コンクリートの打設順序は、桁のキャンバーによる変形を考慮すると、橋梁上の床版と延長床版の連結部の打設を最後とする必要がある。延長床版と橋梁上床版の鉄筋が連結された段階で、延長床版は温度変化による桁の移動の影響を受ける。しかし、鉄筋の連結だけでは連結が不十分であり、鉄筋や、打設済のコンクリートに悪影響が生じる可能性があった。そのため、連結部のコンクリートを打設する前に、延長床版と床版を何らかの方法で拘束し一体とする必要があった。

3. 工夫・改善点と適用結果

上記課題を解決するため以下の対策を実施した。

(1) 設計時の対策

延長床版システムの構造理解および課題解決に向けた検討のために、設計初期段階において、延長床版システムの3Dモデルを作成した(図-2)。2D図面では、非常に理解しづらい構造も、3Dモデルでは、容易に理解でき、検討すべき点を明確にすることができた。また、3Dモデルは社内での検討会や発注者との構造変更の協議でも活用した。

橋台ウイングと延長床版の近接部は、底版からの排水装置や、壁高欄水切りとウイング天端の離隔を確保するとともに、ウイング上に延長床版底面の型枠が施工可能となるようにスペースを確保した(図-3)。

(2) 現地施工時の対策

合成床版との取り合い部は、延長床版と合成床版の断面形状の違いにより、底面の形状が三次元的形状になることを避けられなかったが、3Dモデルより得た寸法で、型枠を作成することで、複雑な形状の床版形状の施工が可能となった。

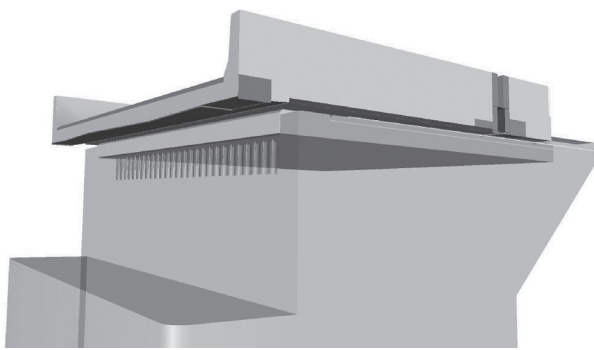


図-2 3Dモデル

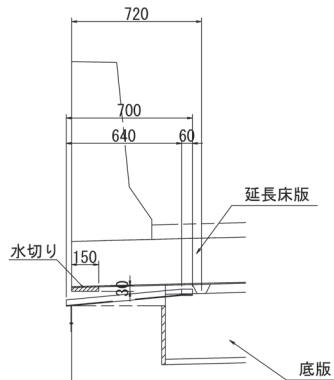


図-3 橋台ウイング

延長床版と合成床版の拘束は、検討の結果、H形鋼を用いて連結する方法を採用した。拘束治具の概略図を図-4に示す。H形鋼と延長床版コンクリート・合成床版コンクリートの固定には、延長床版の重量と底版との摩擦係数から水平力を算出し、必要なアンカーボルト本数を算出した。実施工においても、設計計画通り、拘束治具を設置して、延長床版と床版を拘束して、連結部のコンクリートを打設した結果、コンクリートにひびを発生させることもなかった。延長床版システムは問題なく、施工が完了した(図-5)。

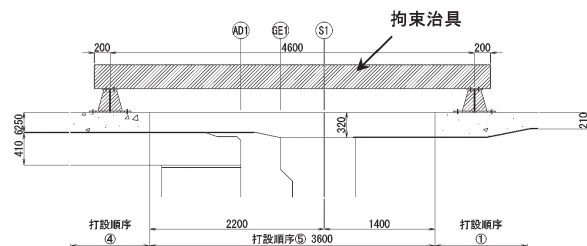


図-4 拘束治具



図-5 完了写真

4. おわりに

延長床版システムにおいては、本報告で述べたように多くの課題があるが、現場施工を考慮して設計に取り組むことで課題の早期解決につながった。また、3Dモデルは構造の理解に有益で、2D図面では見落とす可能性のある不具合の早期発見や、現地施工での効率化に繋がった。

発注者、関係各社の協力により、無事故・無災害で工事を完了することができた。本工事においてご指導・ご協力いただいた関係者各位に深く感謝します。

67 その他

ピン結合による大ブロック一括架設時の留意事項

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本車輛製造株式会社

監理技術者

現場代理人

田島 貴裕〇

松崎 郁弥

1. はじめに

本工事は愛知県半田市と高浜市を結ぶ国道247号線の海上橋であり、並走する既設橋上り線の交通渋滞緩和を目的とした新設桁の上部工事である。橋梁形式は1主桁の鋼6径間連続鋼床版箱桁で橋長413m、幅員10mである（図-1）。

工事概要

- (1) 工事名：橋りょう整備事業一般国道247号衣浦大橋上部工事（1号工）
- (2) 発注者：愛知県
- (3) 工事場所：愛知県高浜市碧海町地内
- (4) 工期：令和2年11月～令和4年10月



図-1 完成写真

2. 現場における問題点

本橋の架設方法は台船による海上輸送及び台船上に設置したユニットジャッキを使用した大ブロック一括架設である。設計上、大ブロック同士の連結部はピン接合であり、6径間全て架設した

のちにボルト締結を行う設計思想である。しかし、当初設計において下記問題が懸念された。

- ① 径間ごとの一括架設を基本とし、6箇所ある大ブロック同士の連結部はピン連結であるが、架設ステップを再現した解析がされていない事（図-2）。

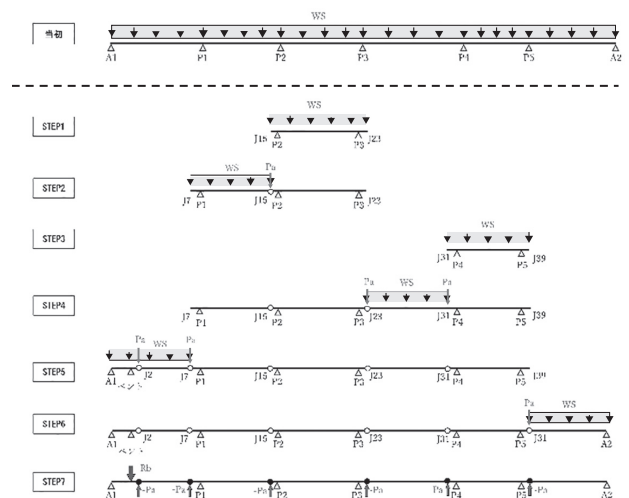


図-2 架設ステップ

- ② A1-P1間のA1-J2ブロックはJ2若番側をベントで受け、剛結後にベントを撤去する計画であるため、ベント反力による下向き集中荷重を作用させる必要がある事。
- ③ 将来の拡幅を見越した計画であったが、暫定時の抵抗断面で完成時の鋼重载荷による照査がされていない事。
- ④ 支承は各支承線1支点でモデル化されている。しかし、実際は2支承のため2支点であり、本工事の竣工時である暫定時は左

右の張出し長が異なるためバランスが悪く左右の支承で反力差が考慮されていない事。

- ⑤ 架設STEP5でA1-P1間にあるJ2-J7ブロックを台船上のユニットジャッキで落とし込む計画としているが、A1-J2ブロックをベントで受けているため、J2-J7ブロックを架設した際にA1支点到負反力が発生する事。

3. 工夫・改善点と適用結果

上記の問題点①～③に対し、架設ステップを再現した解析の結果、主桁下フランジの増厚、縦リブ本数の増加、キャンバーの見直し、支承の再検討等上部工の修正設計を実施した。ここでは上記以外の上部工の対策を紹介する。

(1) 架設系を考慮した設計計画

修正設計で各架設ステップでの累積キャンバーが修正されたことで、大ブロックジョイント箇所の仕口角度も変更となった。ジョイントの前後で仕口角度が同値である事は無く、各々で回転角度を持つ。本橋は桁高2500mmのため仕口角度が0。1度異なるとフランジの間隙は片側4.5mmずつ発生しボルトの締め付けが不可となる。そのため架設完了時に仕口同士が一致するように、ジョイント前後の節点の回転角も確認したうえで前後の値を算出し、各ステップの累積値から仕口角度を求めることで適正な角度を算出した(図-3)。

(2) 2支店モデル化による負反力対策

1支店線2支店とした解析モデルでの検討の結果、A1、A2、P2支店で暫定時に負反力が発生する事が分かった。負反力対策は様々あるが、アウトリガー構造や支承を大きくした大幅な能力向上は施工済みの下部工や桁高の再検討が必要となるため、現実的ではない。そこで、桁内の各支店付近に鋼製型枠を組み立て、コンクリートを充填し、カウンターウェイト方式による負反力対策を行った。

(3) 架設中の負反力対策

セッティングビームの受け点を当初のJ2からJ1に変更。また、A1-J2ブロックをベント架設し、J2-J7ブロックを落とし込む前にA1支店付近にカウンターウェイトを載荷しておく事で架設時の負反力対策を行った(図-4)。

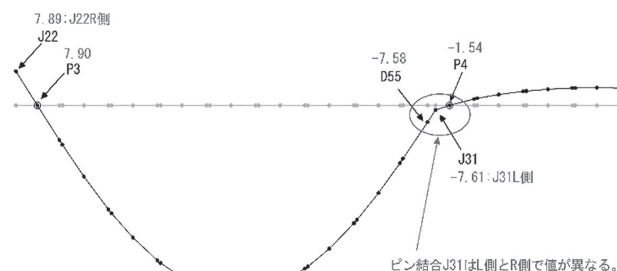


図-3 STEP2時点の回転角の出力

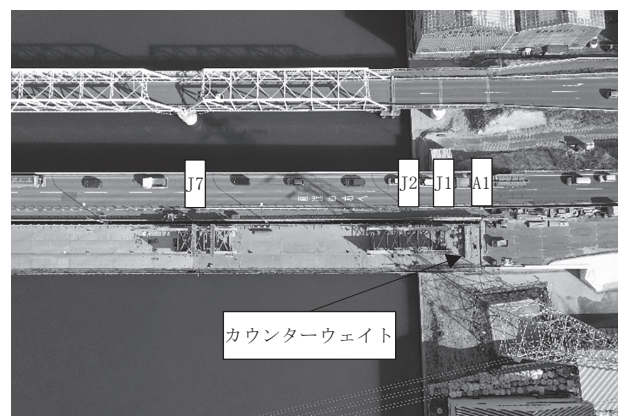


図-4 カウンターウェイト

4. おわりに

本工事では、当初より多くの課題があり変更や協議が必要であったが、発注者、設計コンサルタント、施工業社の三者連携により課題を一つずつ確実にクリアする事が出来た。早期発見が出来れば課題解決に向けた多くの選択肢があり、今後このような事例の際に、本案件の実績が次の施工に繋がれば幸いである。

最後に、本工事は港湾内の台船架設であったため天候や潮の干満による限られた架設期間であったが、関係各者の協力により、無事故・無災害での施工完了する事が出来た。本工事においてご指導・ご協力いただいた関係者各位に深く感謝し、誌面をお借りしお礼申し上げます。

68 その他

360°バーチャルツアーによる完成検査のDX化

宮崎県土木施工管理技士会

旭建設株式会社

専務

木下 哲治

1. はじめに

本事業は地域づくりを目的とした林道開設事業であり、本工事ではその林道開設に伴い発生した大規模地すべりを抑止する工事である。

工事概要

- (1) 工事名：令和2年度 山のみち地域づくり
交付金事業 小川・石打谷線
(2工区)
- (2) 発注者：宮崎県児湯農林振興局
- (3) 工事場所：宮崎県児湯郡西米良村横野
- (4) 工期：令和3年3月8日～
令和4年2月28日
- (5) 工事内容：グラウンドアンカー工：63本
簡易吹付法砕工：1,481.8m²

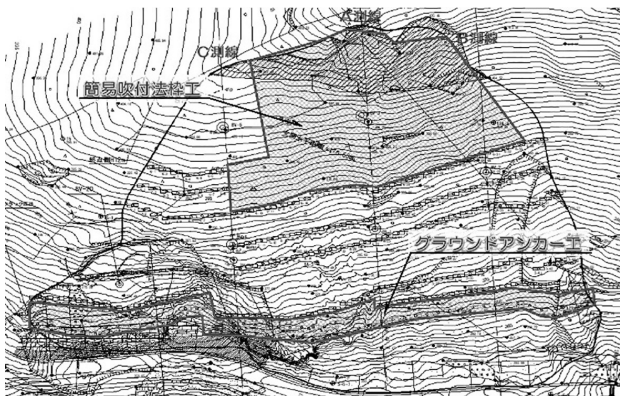


図-1 施工平面図

2. 現場における問題・課題点

施工箇所は高所で長大法面、足場のない急峻な

斜面上である。特に簡易吹付法砕工を施工する上部法面は直高80m以上の高所に位置する。

そのため、完成検査や社内検査では、現場施工外の足元不安定な自然斜面を歩いて上がるの必要があり、滑落や上部斜面からの落石のリスクを伴う。

また、法面全体の出来栄確認など、直接移動しながら視認するためには、仮設足場や親綱ロープが必要となる。高所において、法面全体を見渡せる仮設足場を設置することは現実的に困難であり、親綱ロープにぶら下がりながらの移動は、転倒・転落等リスクが非常に高くなる。

完成検査では、作業中での安全昇降路設備や転落・墜落防止柵等が撤去、片付けまで完了しているケースが通常である。そのことを踏まえ、現場条件等の問題点から、いかに安全性を確保し、効率的でわかりやすく現場状況を確認するか、完成検査のDX化を課題とした。

3. 工夫・改善点

3-1 360°空撮バーチャルツアー作成

まず、現場全体をくまなく詳細に映像として残すため、360°カメラを搭載したドローンを使用することとした。

現場内を、予め設定したルート上で飛行させながら5秒間隔でのインターバル撮影を行った。

次に、各撮影ポイントで得られた360°写真をもとにバーチャルツアー作成サービス「RICOH360

Tours」を活用することにより、Googleマップの「ストリートビュー」のように360°周囲を確認しながら、ルート上を移動していく映像（バーチャルツアー）を作成した（図-2）。

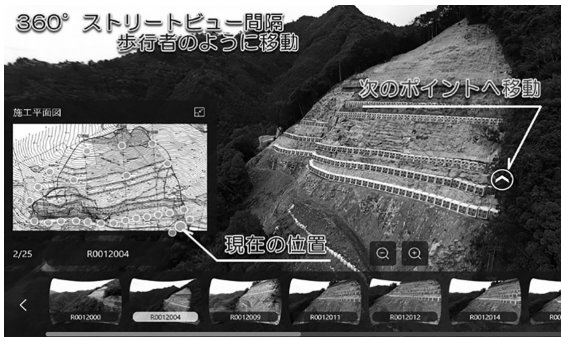


図-2 360°バーチャルツアー

このバーチャルツアーは、インターネットに接続できる環境さえあれば、いつでも、どの場所からでもアクセスすることが可能である。

現場ストリートビューにより、平面図上にプロットされたポイントにあわせて完成した現場全体をあたかも空中散歩しているかのように自由に移動することができる。

各ポイントでは360°全方位を回転しながら周辺で現場全体を見渡すことが可能である。

3-2 施工管理情報へのリンク付与

バーチャルツアー内には、各移動ポイントから見渡せる構造物の出来形・品質管理を行った測定箇所に対し、カメラマーカーを配置した（図-3）。

カメラマーカーをタッチすることで、その測定箇所での施工管理写真や詳細情報を確認できるようリンク付けを行った。

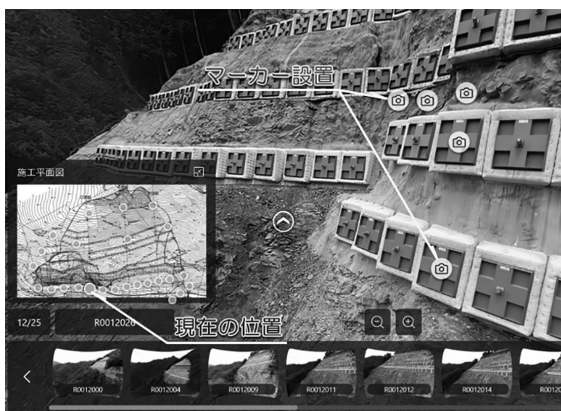


図-3 カメラマーカー配置

具体的には、法枠出来形寸法測定や構造図、アンカー削孔位置における削孔記録や定着地盤の地質状況、グラウトの強度管理等である（図-4）。



図-4 施工管理情報へのリンク

4. 適用結果・効果

今回の360°空撮バーチャルツアー化により、完成検査時に検査員が直接間近まで現場へ行かなくても、現場事務所からモニターを通して、出来栄や通りなどの状況確認ができた。

添付された平面図に各ポイントがプロットされているためどの位置にいるのかもわかりやすい。

現地へ行くまでの仮設備不要、何度も険しい山の中を歩いて現場に行く労力及び移動時間の削減等の状況把握に対する時短と、斜面からの墜落・転落の危険リスク排除など、大きな効果があった。

また、カメラマーカーによる施工管理情報のリンクは、実際の現場と出来形管理・品質管理の測定情報が一度に確認できるため検査がスムーズであり業務の効率化を図ることができた。

5. おわりに

建設分野におけるDX化が急速に高まる中、360°空撮によるバーチャルツアーはその一端を担うものになる。

今後は、計画段階においても活用することで、発注者のみならず地域住民との合意形成、現場従事者全員での作業工程や安全作業に対する情報共有、そして、設計図書照査での協議事項・問題点の早期発見に繋げていきたい。

現場条件の厳しい中、無事に工事が完成できたことに対し多くのご協力いただいた発注者、地域住民の方々、作業員の皆様に感謝いたします。

第27回 土木施工管理 技術論文・技術報告 表彰者一覧

| 賞名 | 題名 | 執筆者名 | 会社名 | 技士会名 | 頁 | |
|------|---------|--|---------------------------|---------------------|--------|-------|
| 技術論文 | 最優秀賞 | 最大支間長143mを有する 曲線トラス橋の支承取替について | 宮定 龍司 松本 剛 高木 俊明 | 株式会社 横河ブリッジ | 日本橋梁建設 | p.114 |
| | 優秀賞 | 日本三大秘境宮崎県椎葉村で 未来型無人化施工への挑戦 | 河野 義博 | 旭建設株式会社 | 宮崎県 | p.98 |
| | | ジャンクション部等の上空制限下における 床版取替工事 | 石川 孝 鈴木 統 | 株式会社 IHIインフラシステム | 日本橋梁建設 | p.134 |
| | | 格安な荷括りストレッチフィルムを 使用したコンクリート養生の工夫と効果について | 岸 源己 | 株式会社大歳組 | - | p.82 |
| | インフラDX賞 | CIMを用いた架設計画の検証と 供用中の道路の安全確保 | 村田 昭好 安増 豊紀 松元 丈臣 | エム・エムブリッジ 株式会社 | 日本橋梁建設 | p.38 |
| | | ICT法枠工 三次元モデルの活用 | 栗原 章 | 株式会社興和 | 新潟県 | p.110 |
| | 特別賞 | 被災石橋修復における輪石解体・復元について | 荒木 大人 熊本 乃親 | 株式会社尾上建設 | 熊本県 | p.34 |
| 技術報告 | 最優秀賞 | 3次元モデルを用いた現場施工計画 | 久保田 千紗代 松尾 隆弘 関村 文也 | 株式会社 横河ブリッジ | 日本橋梁建設 | p.152 |
| | 優秀賞 | ケーブルが腐食損傷した ニールセンローゼ橋の応急復旧工事 | 岩川 貴志 能登 晋也 藤田 翔吾 | JFEエンジニアリング 株式会社 | 日本橋梁建設 | p.168 |
| | | BIM/CIMの概念を取り入れた 3次元モデルによる推進管理 | 千田 博 | 株式会社高田組 | 石川県 | p.228 |
| | | 砂防堰堤工事における3次元データの有効利用 | 森下 真朋 | 株式会社森下組 | 新潟県 | p.264 |
| | | 360°バーチャルツアーによる完成検査のDX化 | 木下 哲治 | 旭建設株式会社 | 宮崎県 | p.278 |
| | | グラウンドアンカーの水中施工 | 笠 太一 井上 康太朗 中川 翔太 | 川田工業株式会社 | 日本橋梁建設 | p.160 |
| | 特別賞 | VRを用いた作業手順教育について | 生信 将雄 榊原 高範 小野 純一 | 株式会社大本組 | 岡山県 | p.240 |

第27回土木施工管理技術論文報告集（令和4年度版）

令和5年6月30日初版発行

編集・発行 一般社団法人 全国土木施工管理技士会連合会

〒102-0076 東京都千代田区五番町6-2

ホームマットホライズンビル1F

TEL 03-3262-7421（代表）

URL <https://www.ejcm.or.jp/>

不許複製

落丁本・乱丁本はお取り替えいたします。

印刷・製本 株式会社愛甲社