目　次

Ⅰ．技　術　論　文

施工計画

1　国道１号立体化における鋼３径間連続ラーメン箱桁橋の架設方法…… 2
2　県道富山高岡線上空で鋼単径間補剛吊橋を架設した工事について…… 6
3　アーチスパン 112m のランガー桁撤去について…… 10
4　3D モデルを活用したフロントローディングによる耐震補強工事の効率化…… 14
5　移動式クレーンを使用できない河川内での支承の設置と手延べ桁の解体方法…… 18
6　ケーブルエレクション直吊工法における安全管理と工夫…… 22
7　鋼床版箱桁橋の支承取替について…… 26
8　高速道路を跨ぐ橋梁の特殊多軸台車による夜間一括架設について…… 30
9　高架道路および鉄道に挟まれた新設橋梁工事の架設計画および施工…… 34
10　1 夜間における 1 径間分の鋼桁一括吊上げ架設…… 38
11　深礎杭掘削時における止水対策及び、鉄筋組立の生産性向上について…… 42
12　旧時代の盛土を掘削、その検証と対応…… 46
13　渡河部橋梁の架設工法変更による工程短縮…… 50
14　ニールセンローゼ橋のケーブル取替工事…… 54
15　送電線直下における定置式水平ジブクレーンの活用と効果について…… 58
16　ニールセンローゼ橋の自走式多軸台車による一括架設…… 62
17　鋼斜張橋の耐震補強工事における弾性拘束ケーブルの撤去…… 66
18　ケーブルエレクション斜吊工法による中路式ローゼ橋の架設…… 70

工程管理

19　河川内工事における工期短縮対策…… 74

品質管理

20　盛土荷重を含めた動態観測による沈下予測…… 78
21　寒冷地における坑口部超大断面覆工コンクリートの高品質化…… 82
22　4 車線道路橋台コンクリートに対する温度ひび割れ対策…… 86

その他

23　建設から 35 年を超える高速道路（トラス橋）の補修…… 90
24　ICT を活用した現場罫書作業の省力化システムの開発…… 94
25　ICT を活用した桁架設について…… 98
26　地方発！砂防工事での BIM/CIM モデル普段使いのすすめ…… 102
27　重交通路線下における閉断面リブ鋼床版の下面対策工による予防保全について…… 106

Ⅱ. 技 術 報 告

施工計画

1　観光スポットでのテニスコート改修工事……112
2　現場打ちボックスカルバートのひび割れ抑制対策……114
3　手延べ機を用いない送出し架設工法……116
4　河川上の鉄道橋支承取替工事における部材運搬方法の工夫……118
5　国道 9 号線上における北条 JCT ランプ橋大ブロック一括架設……120
6　近接施工に伴う架設計画と安全対策の取り組み……122
7　電車営業線直下における中階横桁架設作業の工夫……124
8　狭隘ヤードにおける工事現場での施工……126
9　水中 RC 基礎の品質確保と省力化の工夫……128
10　市街地工事における災害防止対策の取り組みについて……130
11　吊り橋における塗装の塗り替え……132
12　鋼床版の添接部パイロットホールに皿型高力ボルトの採用……134
13　MR（複合現実）技術の活用による架設検証と作業手順確認……136
14　河川拡幅に伴う橋台・護岸の同時施工における技術上の留意点……138
15　AI 渋滞シミュレーションによる生産性向上……140
16　狭あいヤードにおける鋼橋の架設計画……142
17　海上における鋼管矢板締切内の水替え量低減対策について……144
18　国道 408 号上の大ブロック架設の車線切回し計画変更について……146
19　街路上における裏面吸音板の設置工事……148
20　厚真ダム復旧工事の内、取水放流施設におけるプレキャスト型枠の使用……150
21　函渠工の施工における問題と対策……152
22　岩盤崩落における非火薬破砕剤の使用について……154

工程管理

23　地すべり抑止鋼管杭の現場溶接の工夫と工程短縮……156
24　河川内のニューマチックケーソン工事における工程管理と越水対策……158
25　ハイブリッドケーソン工事における 4D モデルによる工事進捗管理……160
26　工程の短縮に伴う少人化・省力化……162
27　仮設作業構台によるコスト削減の達成……164
28　3 次元データを活用した施工管理……166

品質管理

29　MR 技術導入による鋼橋付属物の取り付け確認……168
30　コンクリート構造物の施工における品質向上の工夫……170
31　橋面アスファルト舗装における舗装構成の工夫……172
32　鉄道営業線近接での桁架設について……174
33　全面的な ICT 活用について……176

34　LiDAR および 3DCG ソフト Blender の橋脚耐震補強への活用報告 …… 178
35　生コンクリートの海上運搬における品質確保について …… 180
36　沖防波堤の上部コンクリート工における施工性と品質の工夫について …… 182
37　大規模耐震補強工事のプロジェクト管理における工夫 …… 184
38　熱中症対策と橋梁補修資材等の品質保持 …… 186

安全管理

39　厳しい施工環境下における、鋼桁架設の安全対策について …… 188
40　架空線下作業における安全対策について …… 190
41　海上作業時における他船舶との接触防止対策について …… 192
42　不安定法面下における安全対策 …… 194
43　道路近接施工における交通規制の低減と安全対策 …… 196

環境管理

44　架設現場における工夫について …… 198

その他

45　鋼橋上部工工事の手軽に活用できる ICT 管理を目指して …… 200
46　現地踏査の大切さと新たなアイデア発想による可能性 …… 202
47　点検と意匠に配慮した横断歩道橋について …… 204
48　防舷材設置工事での実施事例 …… 206
49　水道管修繕工事での事例 …… 208
50　PC 上部工工事での改善報告 …… 210
51　橋梁補修工事における事例 …… 212
52　GNSS 不感地帯の砂防堰堤工事における ICT 施工 …… 214
53　Excel および CAD を使用した自動作図システムによる業務効率化 …… 216
54　3D スキャナーを用いた現地測量 …… 218

Ⅰ. 技　術　論　文

1 施工計画

国道１号立体化における 鋼３径間連続ラーメン箱桁橋の架設方法

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　森　智広○　担当技術者　橋本　祥太　担当技術者　中田　祐利花

１．はじめに

本工事は、静岡市清水区横砂東町～八坂西町の延長2.4㎞を高架構造とする、国道１号静清バイパス清水立体事業の一部となる八坂高架橋の上下部工工事である。

また、国土交通省直轄工事における技術提案・交渉方式のうち、設計段階から施工者が関与する方式（ECI方式）を適用し、技術協力業務を経て契約に至った工事である。

工事概要

⑴　工 事 名：令和２年度
　　１号清水立体八坂高架橋工事
⑵　発 注 者：国土交通省　中部地方整備局
　　静岡国道事務所
⑶　工事場所：静岡市清水区八坂東～八坂西町
⑷　工　　期：令和２年５月13日～
　　令和５年３月24日
⑸　橋梁形式：（下部工）鋼製橋脚（剛結構造）
　　２基、（上部工）鋼３径間連続
　　ラーメン鋼床版箱桁橋

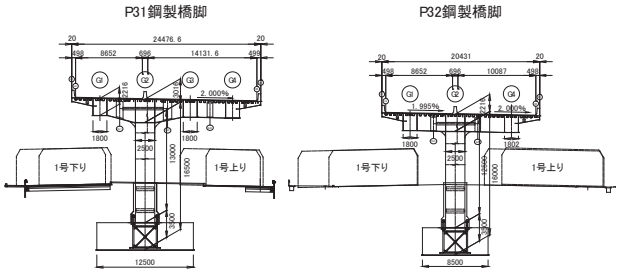


図-１　下部工一般図

⑹　総 鋼 重：2,224t

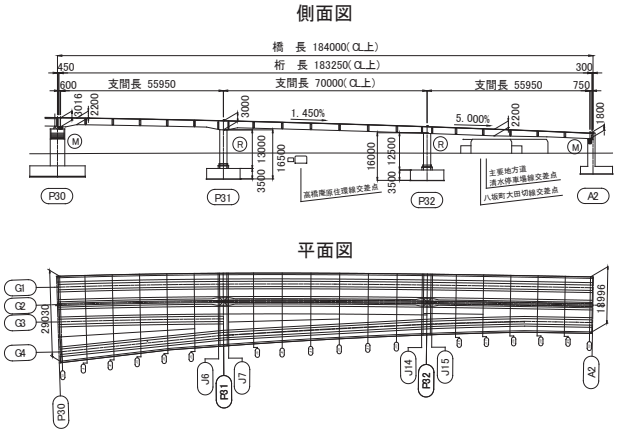


図-２　上部工一般図

２．現場における問題点

現場は１日当たりの交通量が約7.3万台（大型車混入率25.2％）、交差する主要地方道清水停車場線から１日当たり約2.2万台（大型車混入率8.8％）が流入する重交通路線である。加えて施工場所周辺は沿道が市街化しており、道路の切り回し等は困難、確保出来る作業ヤードは著しく狭小であるため、ベント設備等の仮設備は設置不可という施工条件であった。

その様な条件であるため、主桁の架設工法は多軸式特殊台車（以下多軸台車とする）とユニットジャッキによる主桁一括架設となり、関係各所との協議や多軸台車の走行等を検討した結果、**図-３**及び**図-４**の架設方法に決定した。

決定した主桁架設ステップは、ステップ毎に解

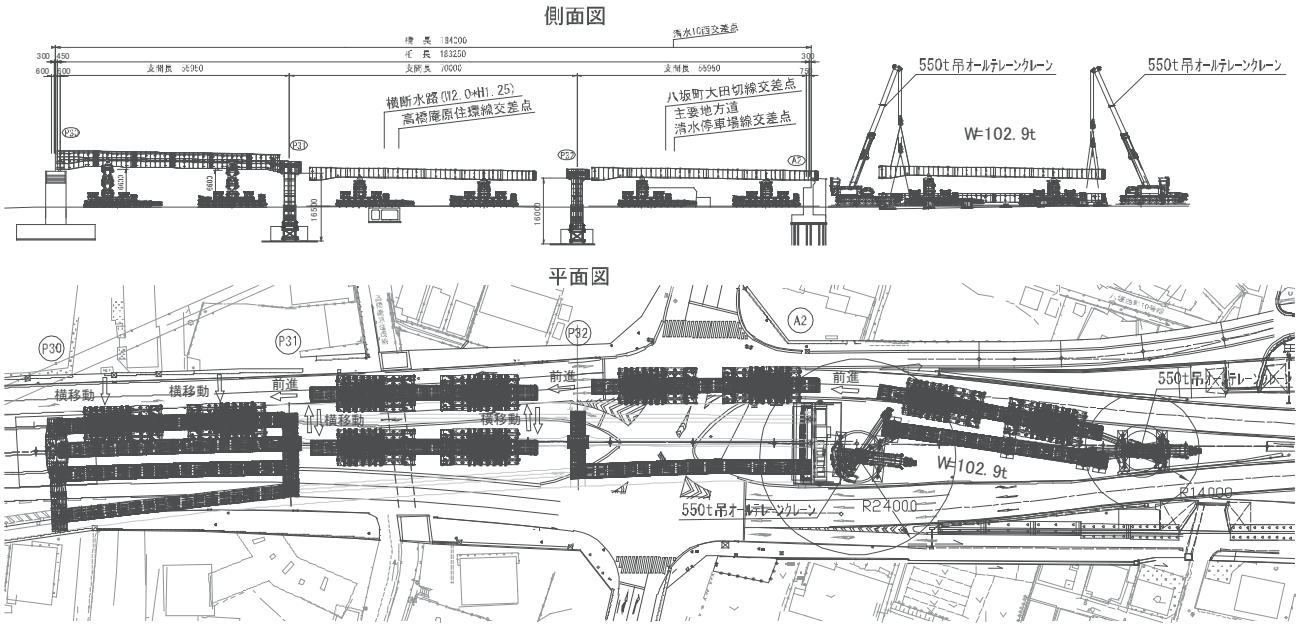


図-3　主桁架設計画図

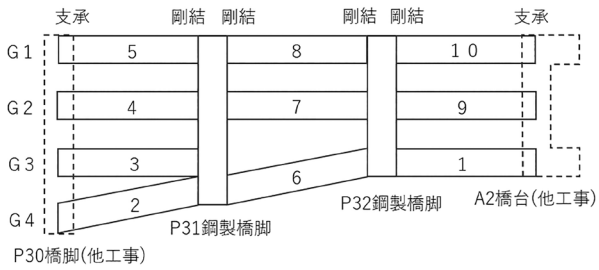
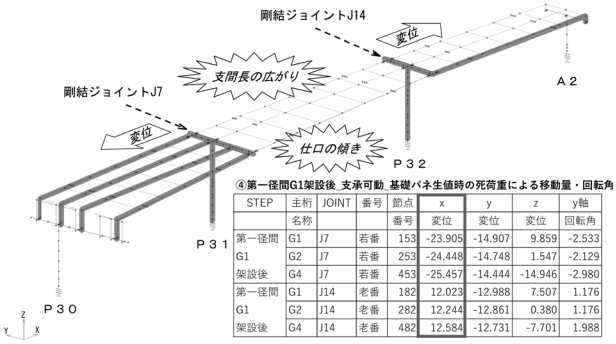


図-4　主桁架設ステップ



④第一径間G1架設後_支承可動_基礎バネ生値時の死荷重による移動量・回転角

STEP	主桁	JOINT	番号	節点	x	y	z	y軸
	名称			番号	変位	変位	変位	回転角
第一径間	G1	J7	若番	153	-23.905	-14.907	9.859	-2.533
G1	G2	J7	若番	253	-24.448	-14.748	1.547	-2.129
架設後	G4	J7	若番	453	-25.457	-14.444	-14.946	-2.980
第一径間	G1	J14	老番	182	12.023	-12.988	7.507	1.176
G1	G2	J14	老番	282	12.244	-12.861	0.380	1.176
架設後	G4	J14	老番	482	12.584	-12.731	-7.701	1.988

図-5　架設ステップ5完了時形状

析を行い上下部工の変位量を算出したが、その結果において次の2点が問題となった。

⑴　主桁架設中に鋼製橋脚に倒れが生じる。

剛結構造である本橋梁においては、側径間の架設による影響を受けないよう、先行して中央径間を架設するステップ7→8→6→2…の順序が最適である。しかし本工事においては、多軸台車の組立・解体・待機場所や主桁運搬時の走路の確保、関係各所との協議等が主桁架設ステップの決定において優先される。変則的に主桁を架設することで、ステップ5まで架設した時点で**図-5**の通り、P31鋼製橋脚とP32鋼製橋脚はそれぞれP30橋脚とA2橋台側に倒れるため、中央径間の開きと剛結部の仕口角度の悪化が課題となった。

⑵　中央径間3主桁の製作・架設について高い精度が必要である。

鋼製橋脚と主桁の剛結部は、高さ2.2m、幅1.8mの箱型断面で、添接箇所にはそれぞれ20mmのクリアランスを設けている。添接方法は全断面高力ボルト継手であり、ボルト孔はφ26.5mmの拡大孔を設計で採用している。

架設ステップ6～8については、3本の主桁を同時に架設することは出来ないため、先行架設ステップの影響で鋼製橋脚に若干の変位が生じてしまう。そのため、主桁架設時に添接部のクリアランスが狭くなってしまう、添接ボルト孔がズレてしまうなどの閉合作業時のトラブルを回避し、かつ3本の主桁長さにバラツキが出ない施工方法をどうするかが課題となった。

3．工夫・改善点と適用結果

⑴　ジャッキアップによる鋼製橋脚変位の調整

主桁架設で生じた橋脚剛結部のモーメントに対しては、両端支点の主桁をジャッキアップすることで、モーメントを相殺できるとの仮説を立て、ジャッキアップ作業を加えた架設ステップ解析を行った。その結果、P30橋脚上で235㎜、A2橋台上で241㎜ジャッキアップすると鋼製橋脚の倒れが戻り、中央径間の開きと剛結部の仕口角度が改善するという結果が得られた。

その結果に基づき、橋脚の動態観測を行いながらジャッキアップし、橋脚の倒れを戻す作業を行った（**図-６**）。中央径間の開き及び剛結部の仕口角度が改善した段階で作業は終了し、その時のジャッキアップ量はP30橋脚上250㎜、A2橋台上250㎜と、解析とほぼ同様な結果となった。ジャッキアップ解析結果を**図-７**に示す。



図-６　P30橋脚上でのジャッキアップ

区分	橋脚番号	主桁番号	JOINT	① ジャッキアップ前		② ジャッキアップによる変位		①+② ジャッキアップ後	
				x変位 mm	y軸回転角 mrad	x変位 mm	y軸回転角 mrad	x変位 mm	y軸回転角 mrad
解析結果	P31	G1	J7	-23.905	-2.533	24.221	2.450	0.316	-0.083
		G2	J7	-24.448	-2.129	24.059	2.087	-0.389	-0.042
		G4	J7	-25.457	-2.980	23.641	2.977	-1.816	-0.003
	P32	G1	J14	12.023	1.176	-12.010	-1.131	0.013	0.045
		G2	J14	12.244	1.176	-11.906	-1.131	0.338	0.045
		G4	J14	12.584	1.988	-11.803	-1.991	0.781	-0.003

図-７　ジャッキアップ解析結果

⑵　架設ステップ毎の横梁剛結部仕口間距離を反映した調整ブロックの製作

中央径間の地組桁は７ブロックで構成されており、±30㎜の範囲で長さ調整が出来るジョイントを各主桁１箇所設けているが、ステップ５架設完了時に実施するP31 ～ P32仕口間計測１回で、架設ステップ６～８の主桁調整ジョイントを推察し製作を決定することは難しい判断が必要であった。そこで、事前の解析結果により架設ステップ６完了後までは、両端支点上ジャッキ調整により剛結部の仕口間距離と仕口角度の調整が可能であることが分かっていたので、ステップ毎に両端支点のジャッキを上げ下げし、橋体の動きを観測、最適な姿勢になった時点で仕口間距離等を計測、計測結果を基に調整ジョイントを製作するという施工手順を繰り返した。

ジャッキ作業による桁調整結果を**図-８**に示す。ステップ５完了時の桁調整については、⑴ジャッキアップによる鋼製橋脚変位の調整に記載した通りである。ステップ６完了時の桁調整については、解析でA2橋台側を０㎜までジャッキダウンするという結果が出ているが、解析と実績が異なることになった。これは橋体の動態観測から、ジャッキダウンによる剛結部仕口間距離の改善が小さいことが確認されたため、剛結部仕口角度を鉛直に調整することを優先したことによる。ステップ７完了時の桁調整については、解析結果の通り、ジャッキの上げ下げによる調整で、仕口間距離と仕口角度を改善する効果を、動態観測から確認出来なかった。

単位（mm）

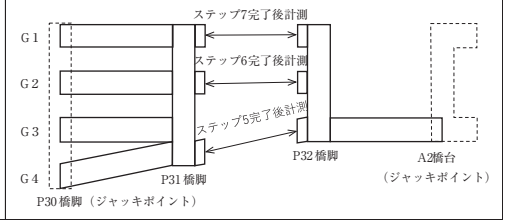
桁調整結果		ジャッキ調整量 P30橋脚側 解析	ジャッキ調整量 P30橋脚側 実績	ジャッキ調整量 A2橋台側 解析	ジャッキ調整量 A2橋台側 実績	仕口間距離 P31-P32 設計値との差	備　考
ステップ5完了後	調整後	+235	+250	+241	+250	0	
ステップ6完了後	調整前	+203	+250	0	+250	+6	仕口間距離の改善が小さい
	調整後		+250		+250	+5	ため仕口角度の改善を重視
ステップ7完了後	調整前	-	+250	-	+250	+5	解析結果からジャッキ調整
	調整後		+250		+250	+5	による効果はない
説明図							

図-８　ジャッキ作業による桁調整結果

また調整ジョイントの製作については、前述した桁調整・計測結果の他に、部材温度による影響、先行架設桁との横桁・鋼床版の取り合い、工場製作の精度など様々な要因を考慮する必要がある。

部材温度による影響については、架設ステップ６～８の施工時期が、夏場の夜間架設であったため、気象庁ＨＰから過去５年の６月下旬～９月上旬の気象データを取得し、夜間の気温データを抽出、その平均を取った結果、閉合時部材温度を25℃に統一することにした。架設日に日照等の影響で設定温度と実際の部材温度に差が生じた場合は、あらかじめ架設桁上に設置した、複数台のスポットクーラーで主桁内部を冷却することにより、部材温度管理を行った（**図-９**）。



図-９　日照で高温となった架設前の桁を冷却

先行架設桁との横桁・鋼床版の取り合いについては、仕口間計測結果だけで調整ジョイントの長さを決定すると、主桁架設完了後に架設する横桁や鋼床版（４辺高力ボルト添接）の橋軸方向の取り合い位置がズレてしまうという問題があった。高力ボルトと添接ボルト孔の余裕は、支間長の規格値より遥かに小さいため、ステップ６～ 8の主桁については、隣接する主桁間の調整ジョイントの長さの差を５㎜以内とすることとした。

工場製作の精度については、大型フライス工作機を用いて調整ジョイント端面の切削・仕上げ加工を行う様に、製作工場と生産スケジュール調整を行った。それにより高い精度が見込めるため、許容値を±１㎜に設定した。



図-10　多軸台車による中央径間架設

４．おわりに

通常多軸台車を用いて架設するメリットとして、現道を１夜間だけ通行止めし、橋体を一括で架設することで、工事による交通規制を最小化し社会的な影響を低減出来ること。また、橋体を架設位置とは別の場所で組み立てることで、第三者に対する安全性が増すことが挙げられる。しかし主要幹線道路である国道１号は、通行止め規制が不可であり、夜間であっても上下各１車線は一般車両を通行させなくてはいけないという制約があった。そのことにより、今回の様な多軸台車で複数回に渡って主桁を架設する工法を選択することになったが、関係者の皆様のご尽力もあり、令和５年３月を持って無事完工することが出来た。本報告が同種構造形式の架設方法の事例の一つとして、また今後の重交通路線における立体化工事の一助になれば幸いである。

最後になりますが、施工にあたり多くのご指導・ご助言を賜りました、国土交通省中部地方整備局静岡国道事務所の皆様および関係者各位に心より御礼申し上げます。

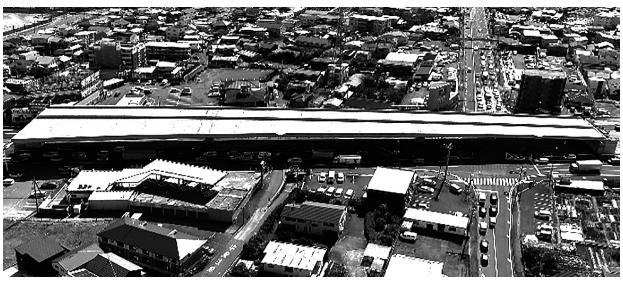


図-11　完成

2 施工計画

県道富山高岡線上空で鋼単径間補剛吊橋を架設した工事について

日本橋梁建設土木施工管理技士会
川田工業株式会社（佐藤工業・川田工業・松原建設　特定建設工事共同企業体）

川田工業株式会社	佐藤工業株式会社	松原建設株式会社
主任技術者	現場代理人・監理技術者	主任技術者
杉 本　浩 士○	鈴 木　直 希	井 元　堅 介

1．はじめに

本工事は、立山連峰及び富山市街地を眺望する呉羽丘陵フットパスに鋼単径間補剛吊橋を建設する工事である。呉羽丘陵フットパスは緑豊かな自然の散策路として市民に親しまれているが、城山と呉羽山を県道富山高岡線により分断されている。架橋地点は市街地に位置し、県道富山高岡線は日平均14,000台程度の交通量があり、昼間に渋滞していることから同フットパス歩行者は、横断が困難で遠方の交差点まで迂回しなければならなかった。その課題を解消するため呉羽丘陵フットパス連絡橋の建設が計画され、景観に配慮した吊橋が選定された。呉羽丘陵フットパス連絡橋は、城山と呉羽山を横断する橋長125m、有効幅員1.8mの歩道橋であり、本工事を令和２年12月下旬から開始した。下部工（橋台、アンカレッジ）を令和３年４月、上部工（仮設備工、主塔、主索、補剛桁）を令和４年４月から現場施工着手した。

工事概要

(1)　工 事 名：呉羽丘陵フットパス連絡橋整備工事
(2)　発 注 者：富山市
(3)　工事場所：富山県富山市茶屋町地内
(4)　工　　期：令和２年12月23日～
　　令和５年８月31日

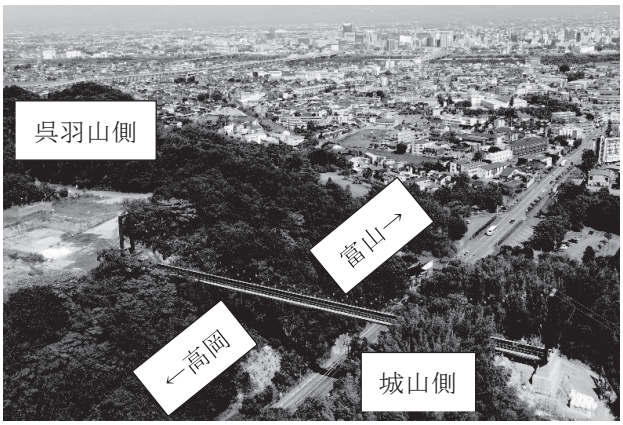


図-１　呉羽丘陵フットパス連絡橋　全景

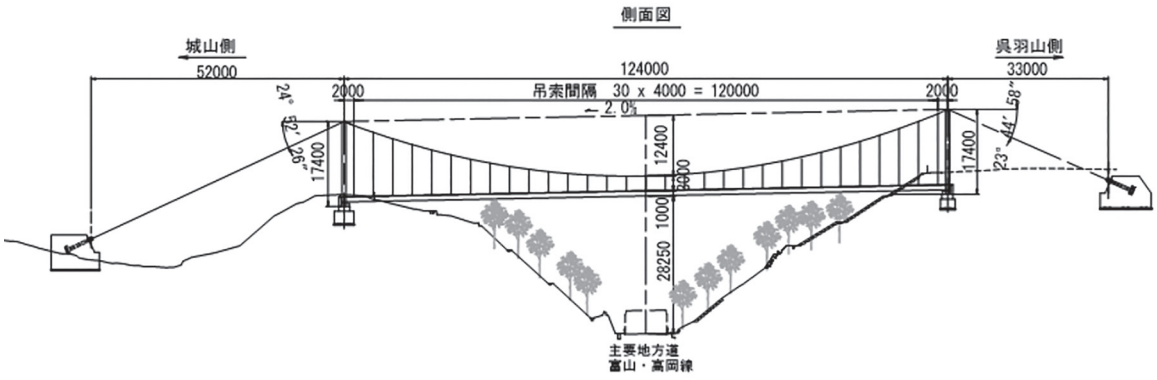


図-２　呉羽丘陵フットパス連絡橋側面図

2．現場における問題点

⑴　県道富山高岡線の交通規制について

県道利用者への安全性確保の観点から本橋上部工を施工するにあたって、県道富山高岡線（以下県道と記す）を交通規制（全面通行止め）することは必須であったが、本橋架橋位置は市街地で過去に全面通行止めをした実績がほとんどなく、関係機関（道路管理者、警察、地元住民、消防署、公共交通機関、タクシーなど）へ多くの協議の必要性と苦情が懸念された。

⑵　県道の架空線移設について

県道上空には**図-３**のように各種配線（高圧電線、NTT、ケーブルテレビ、県警などの通信線）があり、本橋架設時に支障となるため移設を行うことは、莫大な費用と第三者への負荷（停電など）が大きく、更に時間が掛かることにより工期延伸となるなど課題が多く実現は困難と思われた。



図-３　各種配線図

⑶　架設工法の選定

県道の交通規制及び架空線の課題を解決するためには各種架設工法を検討する必要があった。また第三者への安全性のみならず、施工中の作業員への安全性も確保する施工方法でなければならなかった。

１）第三者への配慮

安全性確保のため県道全面通行止めは不可欠であったが、第三者への負荷が大きくなるべく全面通行止め回数を少なくする必要があり、交通量の多い時間帯には開放しなければならない条件となる。また県道両側には歩道があり、全面通行止め時には歩行者の迂回路がないため、歩行者への配慮も必要であった。

２）県道架空線への配慮

県道架空線の移設は事前協議結果により困難なため、なるべく支障しない架設工法を選定し、使用重機も検討する必要があった。

３）鋼補剛吊橋の架設検討

本橋は鋼補剛吊橋であるため補剛桁の重量が大きく使用重機（移動式クレーンなど）も大型となるが、県道の幅員（車道）は8.6mであり、現場内ヤード条件からも使用重機は限定されることになった。また歩道橋であるため補剛桁の断面力を期待することが出来ない。補強による重量増は全体的（下部工含む）なコスト増となる。上記を解決すべく**図-４**に示す架設工法を選定した。

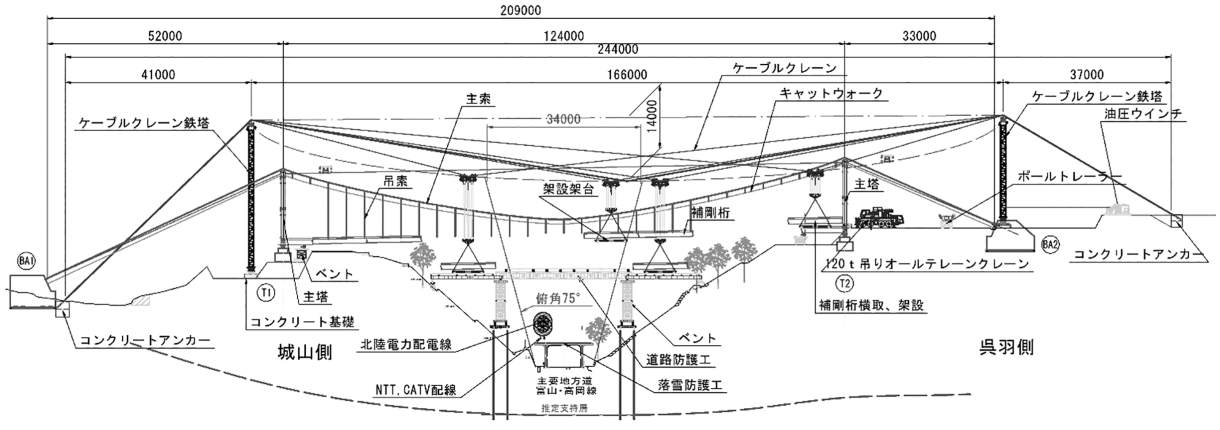


図-４　架設計画図

3．工夫・改善点と適用結果

⑴　県道夜間全面通行止めによる施工

架橋地点は路線バスが多く通過することに加え、迂回路が無いことと、近隣には大学があり歩行者と自転車の往来が多いため、第三者負荷が大きく激しい渋滞も予想される昼間全面通行止めは避けることとした。夜間通行止めの時間帯は各関係機関と協議し、路線バス等の影響がない23：00～５：30とした。実作業時間は６時間程度であるため、それに見合った作業内容及び移動式クレーンの選定を行った。県道夜間通行止めに伴う苦情などもほとんどなく作業を終えることが出来た。

⑵　道路防護工の設置

第三者への安全性確保及び県道通行止め回数低減と県道架空線保護の観点から**図－４**に示す道路防護工を設置した。道路防護工の設計条件は架橋地点の状況を鑑みて以下の通りとした。

１）補剛桁架設ブロックの支持力確保

補剛桁架設ブロック（重量約20t）は、現場ヤードの制約があり県道を横断する回数が多いため、不測の事態に備え補剛桁架設ブロックを仮置き出来る構造とした。補剛桁架設状況を**図－５**に示す。



図－５　補剛桁架設状況図

雪荷重について

架橋地点において過去最大の積雪深は1.3mであったため、それに見合った設計荷重とした。また荷重増大に繋がる冬季の補剛桁架設を行わない工程管理を行った。

２）県道俯角75°範囲内の防護について

県道俯角75°範囲内を完全防護するために覆工板を全面敷設し、吊孔用キャップ設置及び隙間にはコーキングを施した。

道路防護工を施工する際には県道上で移動式クレーン使用するが、前述の道路幅員の制約があり大型機種は使用不可となる。よって**図－４**に示すベントを県道法面に設置する必要があった。ベント基礎は斜面に設置することから、第三者への安全性を鑑みてＨ形鋼杭基礎とし、橋台及びアンカレッジと同様の支持層までＨ形鋼先端を到達させた。またＨ形鋼杭設置には県道通行止め回数低減のため斜面に作業構台を設置し、大口径ボーリングマシン工による施工を行った。この施工状況を**図－６**に示す。



図－６　大口径ボーリングマシン施工図

この道路防護工を設置したことにより、キャットウォーク及びケーブルクレーン、主索・吊索などの各種ワイヤーの施工を昼間で安全に作業出来ただけでなく、県道夜間通行止め回数を最小限に抑えて県道利用者への影響もなく安全に作業することが出来た。

⑶　安全性に配慮したケーブルクレーンの使用

本工事において、ケーブルクレーンを使用して補剛桁を架設するため、夜間作業での安全対策も必要であった。また、ケーブルクレーン使用ヤードが広範囲なため、ケーブルクレーン運転者が運転状況及び各種設備を視認できない状態であっ

た。そこで以下の対策を行うこととした。

1）Webカメラ、運転席モニター設置

ケーブルクレーン運転者は、**図-7**に示すケーブルクレーン運転室のモニターで油圧ウインチ及びケーブルクレーン鉄塔に設置したWebカメラから運転状況及び各種設備を視認することで安全に運転及び作業出来た。



図-7　ケーブルクレーン運転室モニター図

2）遠隔操作による運転室設置

ケーブルクレーン運転者は、合図者からの連絡を無線機で聞き取る際に、油圧ウインチ及び発電機の騒音で合図が聞こえ難いことが想定された。

そこで、ケーブルクレーン運転室を油圧ウインチ、発電機から離れた箇所に設置し、遠隔操作を行うこととした。

以上の対策によりケーブルクレーンの運転を昼間のみならず夜間作業においても安全に運転することが出来た。

⑷　冬季の県道雪氷対策

本工事の上部工施工は工程的に降雪期を跨ぐこととなった。

道路防護工は県道上空20mの高さがあり、積雪時の除雪も困難な状況であったため、前述のとおり最大積雪深を支持出来る構造としたが、融雪による氷柱の県道への落下による県道利用者への災害が懸念された。

そこで、さらなる県道上の雪氷対策としての防護工（落雪防護工）を新たに設置することとした。

積雪時の落雪防護工使用状況は**図-8**に示す。この落雪防護工は以下のとおり施工した。

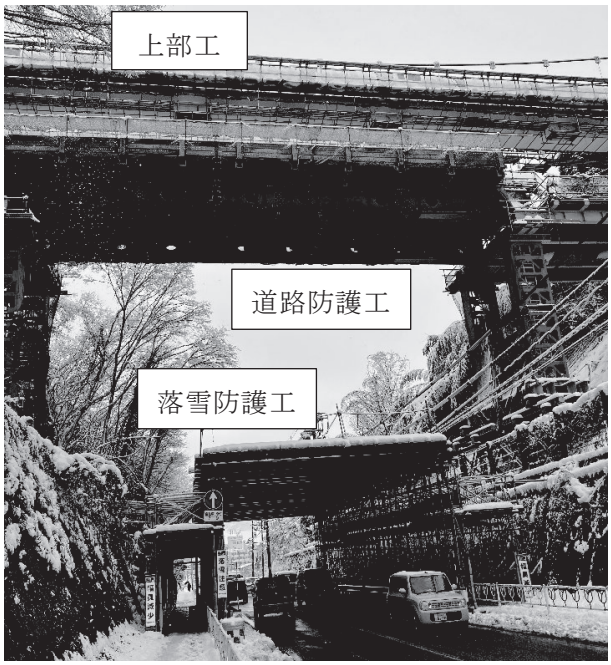


図-8　積雪時落雪防護工図

1）構造及び施工方法

各種配線が近傍にあるため、道路防護工と同様に落雪防護工組立、解体時には大型重機を使用することが困難であった。また、積雪深1.3mを支持出来る構造とする必要があった。各種配線も上空に近接しているため、小型の仮設材を選定し、県道交通規制回数を低減しての施工を行った。

2）雪氷（氷柱）対策

落雪防護工自体にも氷柱対策を行う必要があったため、融雪水を県道上へ落下させないように屋根材に板張りとシート張りを併用し、排水装置を両端に設置した。落雪防護工屋根材両端に電熱線を設置して氷柱対策とした。

以上の対策により降雪期における第三者の事故や苦情は無く上部工の施工をすることが出来た。

4．おわりに

本工事の施工は技術的に難易度も高く、第三者への配慮も必要な補剛吊橋の工事であったが、以上の工夫や改善策を行ったことにより、第三者からの苦情も無く安全に工事を完了出来た。

最後に多大なるご指導と協力を頂きました富山市建設部道路構造保全対策課、公園緑地課の皆様には厚く御礼申し上げます。

3 施工計画

アーチスパン 112m のランガー桁撤去について

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
現場代理人・監理技術者　計画担当
政 門　健 一○　森 脇　幸 次

1．はじめに

本工事は、宮城県石巻市の旧北上川を横断する一般国道45号に架かる旧天王橋の撤去工事である。旧天王橋は橋長367.7mのうち、河川横断部においては3径間連続下路張出式ランガー桁（**図-1**）を2連（車道部と歩道部）有する橋梁であり、昭和34年の完成から60年以上が経過し、経年的な劣化と東日本大震災による著しい損傷のため、架替事業にともない撤去することとなった。

現場周辺のヨシ原には、絶滅危惧種に指定されているヒヌマイトトンボが生育していることから、河川や護岸の大規模な改築を必要としない、架設桁を用いた撤去工法にて施工を行った。

支間長60m程度の橋梁撤去工事は施工実績が多く存在するが、100mを超える橋梁撤去工事は前例が極めて少ないため、本稿では施工における課題ならびにその解決策について概説する。

工事概要

(1) 工 事 名：石巻鹿又地区橋梁撤去工事
(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：宮城県石巻市鹿又～小船越地内



図-1　旧天王橋ランガー桁

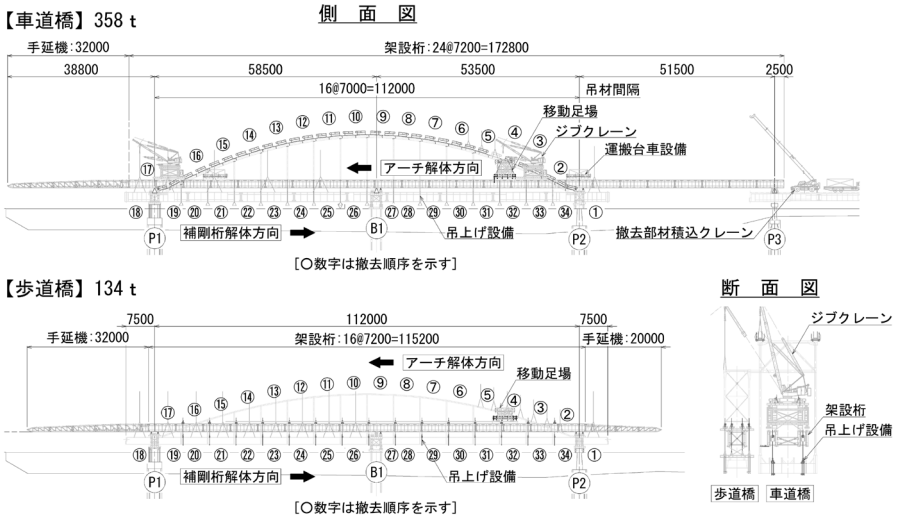


図-2　撤去概要図

⑷　工　　期：2021年11月16日～
2022年６月16日

２．現場における問題点

2-1　腐食状態の把握と耐荷力への影響検討

供用後60年以上が経過しており、腐食による部材耐力の低下が懸念されたため立体解析を実施したところ、架設桁にてランガー桁を吊り上げたときに完成系の設計応力と正負が逆転する部材があった。そのため、事前に橋体の腐食状態を調査し、吊上げ計画に反映する必要があった。

2-2　長大スパンにおける架設桁の設計

一般的に架設桁は鈑桁構造であり、支間長60m程度で使用することが多い。本工事は、アーチスパンが112.0mであったため、架設桁の作用断面力を低減させるために支間中央付近に架設桁を支持するベント設備を追加設置する計画とした。しかし、架設桁を連続桁とすることで中間支点部にて最大応力が生じる結果となったため、その卓越する断面力を低減させる対策が課題であった。

2-3　横桁の断面特性に応じた吊上げ設備の選定

架設桁にてランガー桁を支持する吊上げ設備の吊点（定着部）は、補剛桁の横桁に吊金具を設置する計画としていたが、車道・歩道橋の横桁断面特性に応じた吊金具を選定する必要があった。

2-4　安全性・作業性を考慮した作業足場

アーチ部材のガス切断時や玉掛用の作業足場は、アーチ部材の高さ変化に応じて、安全かつ組替が容易にできる足場を構築する必要があった。

2-5　アーチ部材撤去時の玉掛け設備

アーチ部材の撤去は、ジブクレーンの吊り能力の関係により細かく分割する必要があったため、複数回の玉掛け作業が発生する。そのため、工程への影響を最小限にするとともに、安全で容易に設置できる吊金具を設置する必要があった。また、アーチリブは箱形断面であり、車道部と歩道部ではフランジ構造が異なったため、各々の構造に適した吊金具を選定することが課題であった。

３．工夫・改善点と適用結果

3-1　腐食状態を考慮したランガー桁の応力照査

ランガー桁の鉛直材基部は、凍結防止剤に用いる塩化ナトリウム等の影響で鋼材の塗膜が劣化し、腐食が進行している状況であった（**図-３**）。

腐食状態を調査した結果、腐食により８％程度の板厚が減少していたため、鉛直材の応力照査は板厚を20％低減した断面で照査を行うこととした。これにより、鉛直材の座屈強度が低下するため、発生最大圧縮力の１％に相当する力に抵抗できる拘束部材（φ22のロッド材とターンバックル）を設置して、座屈防止対策を講じた（**図-４**）。

その他、現場着手前に目視点検が困難なアーチ

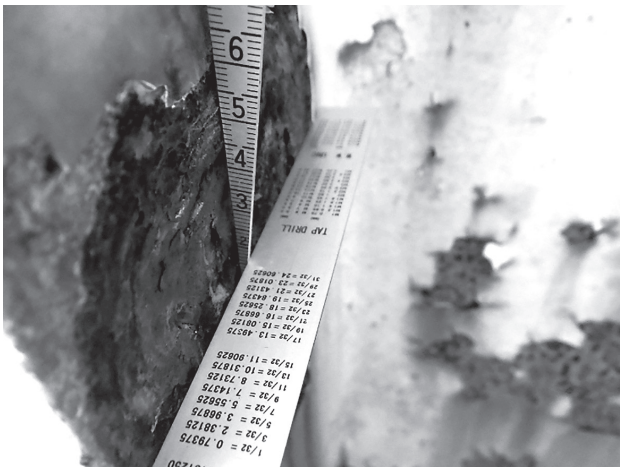


図-３　腐食調査状況



図-４　鉛直材拘束状況

リブについては、ドローンを活用した調査を実施したが、著しい腐食箇所は見受けられなかった。

3-2　平面骨組解析による架設桁の選定

架設桁の選定は、ランガー桁の吊上げ時と架設桁を撤去する際の架設桁引戻し時の状態を平面骨組解析にて再現し、構造解析結果より得られた最大断面力により架設桁構成を決定した。当初は、全長に渡り抵抗モーメント11,000kN·mの架設桁を使用する計画としていたが、平面骨組解析による詳細検討を行った結果、最大断面力の発生する箇所について16,500kN·mの抵抗モーメントを有する架設桁に変更する必要があることが分かった。また、架設桁の作用断面力を低減させるためにアーチスパン中央付近に追加したベント支持点にて、架設桁の負曲げモーメントが極端に大きい結果となったため、各支点にて強制変位を与えて架設桁に作用する断面力の均等化を図り、効率的な架設桁を選定した。

3-3　吊上げ設備の吊金具定着方法

車道橋の横桁の上フランジは板厚が薄く、吊上げ設備の吊金具を短締め形式にてボルト固定する計画としたとき、てこ反力によって上フランジの板曲げ耐力を超過したため、PC鋼棒を用いて上下フランジを挟み込む長締め形式で吊金具を定着した。歩道橋は横桁が山形鋼にて構成されており、横桁を直接吊り上げる構造を採用することが困難であったため、補剛桁上に設置したH形鋼を直接吊り上げる構造とし、補剛桁との固定はPC鋼棒を用いた長締め形式で定着した（**図-５**）。

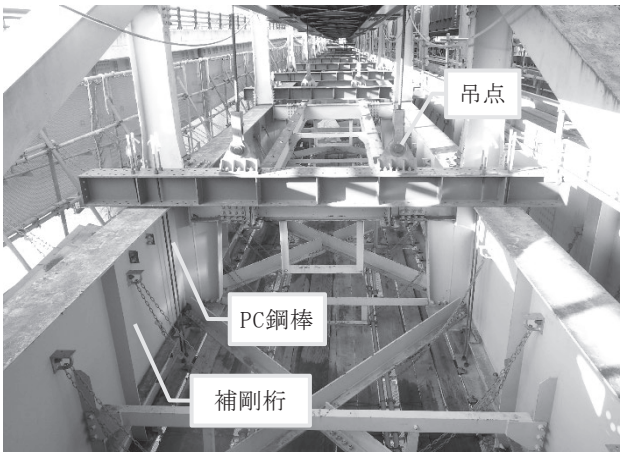


図-５　歩道橋吊上げ定着部

3-4　移動足場とアーチリブ上の通路足場

アーチ部は、撤去の進捗に伴って作業高さが変化するとともに作業箇所も移動していくため、台車設備を組み合わせた移動足場を架設桁上に設置した（**図-６**）。移動足場は、くさび緊結式足場を使用することで、高さのアレンジが容易、かつ作業床を広く確保することが出来たため、作業効率の向上に大きく寄与した。また、鉛直材とアーチリブ切断時には移動足場から張出し足場を設置し、作業床の確保とガス切断時の養生を行った。

また、アーチ部材への吊金具の設置や玉掛け作業を行うとき、作業箇所ごとに移動足場に張出し足場を設置することは作業効率に劣るため、車道橋のアーチリブ上には、ユニット化されたアルミ



図-６　移動足場

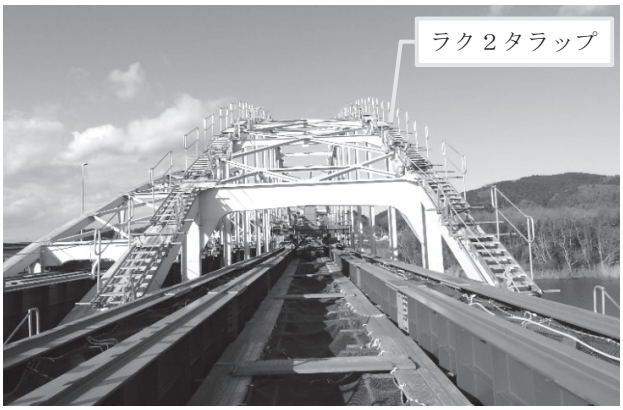


図-７　ラク２タラップ設置状況

合金製の傾斜自在階段（ラク２タラップ）を設置した（**図-７**）。これにより、吊金具取付けのための孔明作業や玉掛け作業効率が大幅に向上した。

3-5　アーチリブ玉掛用の吊金具定着方法

アーチリブは箱形断面であったため、撤去部材の玉掛け方法としてウェブにガス孔明けを行って吊り上げる方法も考えられたが、旧天王橋と並行する新天王橋が供用中であり、高所でのガス切断作業を最小とするために、玉掛用の吊金具はボルトによる固定方法とした。車道橋のアーチリブは上フランジの突出幅があったため、突出部にボルト孔を孔明し、吊金具をボルト固定する構造とした（**図-８**）。逆に、歩道橋は上フランジの突出幅がなく、吊金具をアーチリブにボルト固定することが困難であったため、PC鋼棒とサンドル材を用いた挟み込みによる吊金具を採用した（**図-９**）。PC鋼棒は、充電式インパクトドライバーで締め付けた後に、デジタルトルクレンチにてトルク値を測定して締付け管理を行った（**図-10**）。

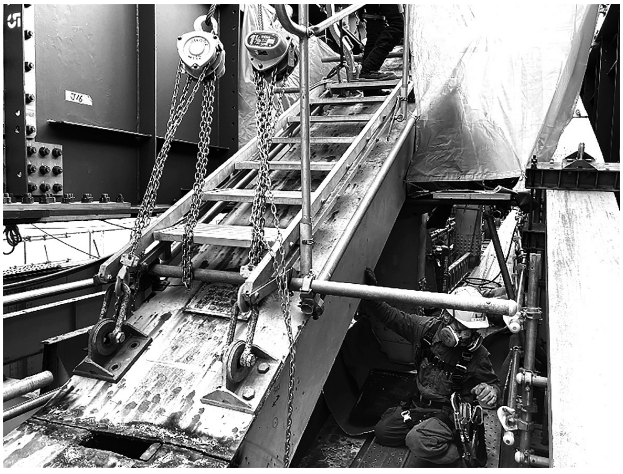


図-８　車道橋の吊金具設置状況



図-９　歩道橋の吊金具設置状況



図-10　トルク値測定状況

４．おわりに

本工事は、アーチスパン112.0mを有する難易度の高い橋梁撤去工事であったが、安全性を確保しながら作業効率を向上する施策に取り組み、作業員を含めた施工検討会を複数回にわたって実施して安全性・施工性の更なる向上を図ったことにより、４期に渡った長期間の工事であったが無事故無災害で工事を完遂することができた。

施工期間中、2022年３月16日23時36分に発生した震度６強の地震に見舞われたが、撤去用の仮設備は地震荷重を考慮して十分な耐震性能を確保していたとともに、アーチ部の撤去が終了して補剛桁の撤去直前であったことも幸いし、甚大な被害を受けることなく、翌週には問題なく工事を再開することができた（**図-11**）。



図-11　地震発災直後の現場状況

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、国土交通省仙台河川国道事務所をはじめ、石巻国道維持出張所の皆様方、協力会社の皆様方に厚く御礼申し上げます。

4 施工計画

3D モデルを活用した フロントローディングによる耐震補強工事の効率化

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	設計担当	現場担当
坂 井　靖 幸○	貞 島　健 介	尾 崎　俊 也

1．はじめに

本工事は、首都高速道路 浜崎橋JCT ～芝浦JCTに位置する11号台場線の耐震補強工事である。対象橋梁は３径間連続Ｉ桁２連と２径間連続箱桁２連であり、下部工の構成は中央２柱が鋼製橋脚、両端２柱はロッキング橋脚で支持されている鋼製門型橋脚である。ロッキング橋脚は、近年の大地震により転倒した事例もあるため、耐震対策として早急な対応が求められた。

本現場のロッキング橋脚は単柱で歩道上に位置しており、通常の耐震対策（巻立て補強、柱間ブレース設置等）の施工が困難であった。そこで、動的解析の結果から橋梁の挙動を把握し、上部工や門型橋脚の変位を抑えることでロッキング橋脚のピボッド支承に負荷をかけない補強方針とした。具体的には、橋軸方向地震時の上部工変位を抑制するために落橋防止機能付き流動抵抗型粘性ダンパーを設置し、橋軸直角方向地震時のロッキング橋脚に生じる上揚力を低減するためにダイス・ロッド式摩擦ダンパーを設置した[1)]。また、大規模地震時（レベル２）への対応として支承取替や橋脚横梁補強の設置、想定外の損傷による落橋に備えた落橋防止システムの強化や転倒防止装置（ロッキング橋脚）等、様々な工種を施工した（**図-１**）。

本稿では、上記の多様な部材を狭あいな施工空間（上部工はゲルバー構造）で実施した課題解決や創意工夫について報告する。

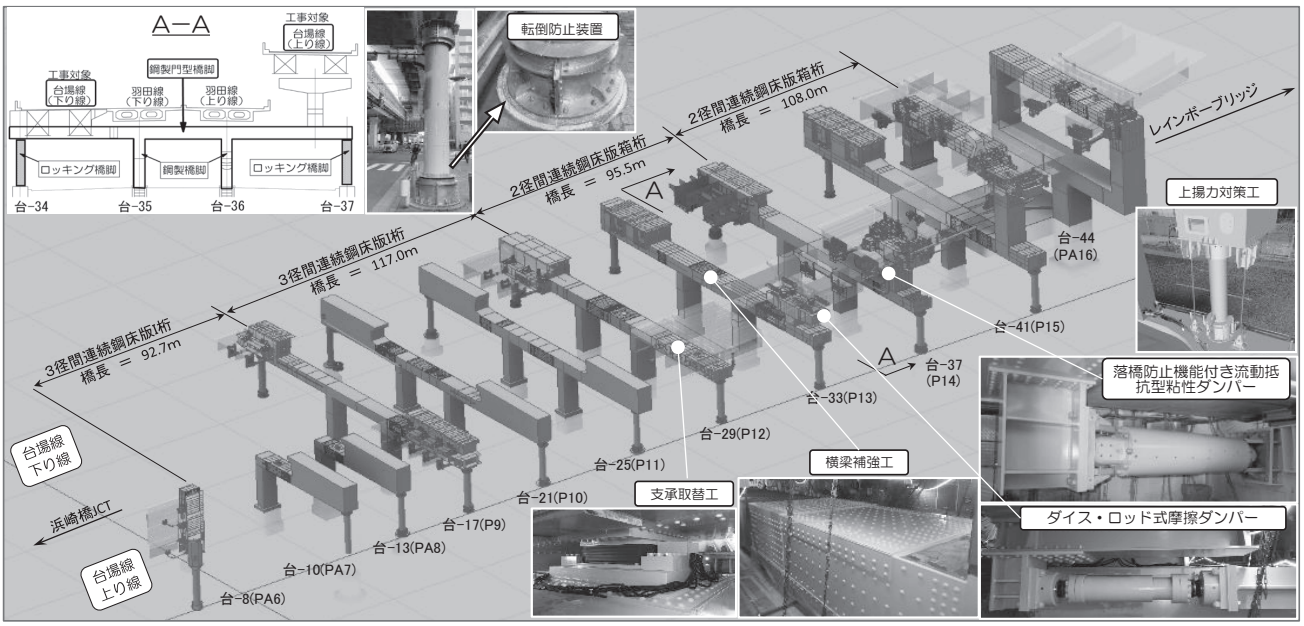


図-１　橋梁補強全体図・現地写真

工事概要

工 事 名：(修) 構造物改良工事29-2-3

発 注 者：首都高速道路株式会社

工事場所：東京都港区海岸二丁目

工　　期：2017/12/29 ～ 2022/4/30

2．現場における課題

2-1　部材の配置について

門型橋脚上は上部工支承部周辺の桁下高さが低いために、補強部材の設置スペースが限られている（**図-2**）。耐震補強として支承取替工や制震装置工等の様々な工種があり、狭あいな空間の中に各種補強部材やダンパー等の耐震デバイスを配置する必要があった。施工後の維持管理性も確保したうえで、限られた空間の中に必要な部材をいかに配置するかが課題となった。

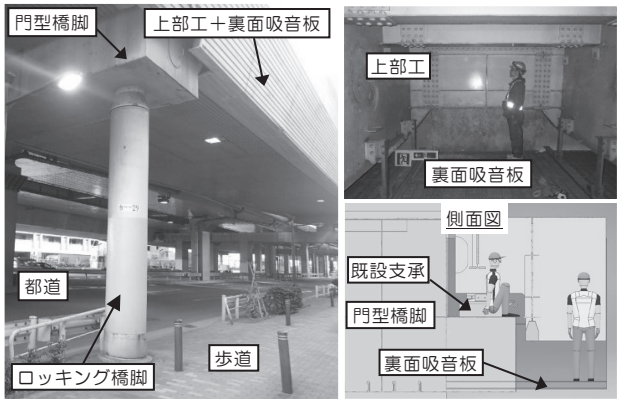


図-2　狭あいな施工空間

2-2　部材の施工について

新設の耐震部材を施工する際は、狭あいな空間の中で部材の取り込みや溶接、ボルトの締付け等を行う必要がある（**図-3**）。また、部材の荷揚げは橋梁下の一般道を規制して行わなければならず、規制範囲や建築限界も考慮することが求められた。上述の通り様々な制約下で施工を行う必要があり、設計段階から様々な視点で施工確実性を確認することが課題となった。

2-3　複雑な補強部材構造

部材数及び部材同士の取合いが多いことから、**図-4**に示すように非常に複雑な構造となっていた。そのため、現場や製作工場の各担当者が詳細な構造を図面のみで即座に把握することが容易でなく、打合せや協議を行う際に認識のすり合わせが難しかった。認識違いによる手戻りを防止するために、いかに相違ない共通認識をもって、作業や合意形成を進めていけるかが課題となった。

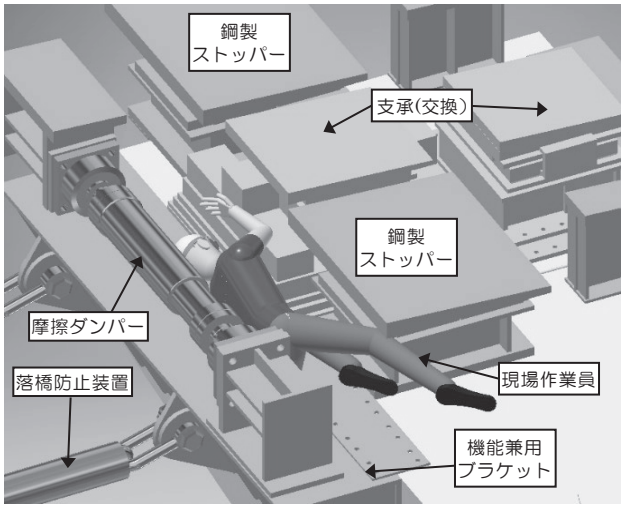


図-3　施工状況イメージ図

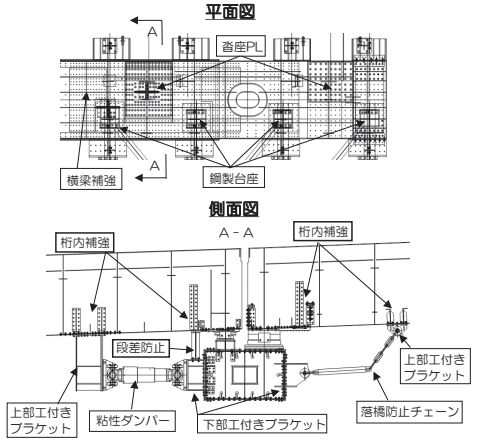


図-4　耐震補強図面

3．工夫・改善点と適用結果

3-1　補強構造の合理化

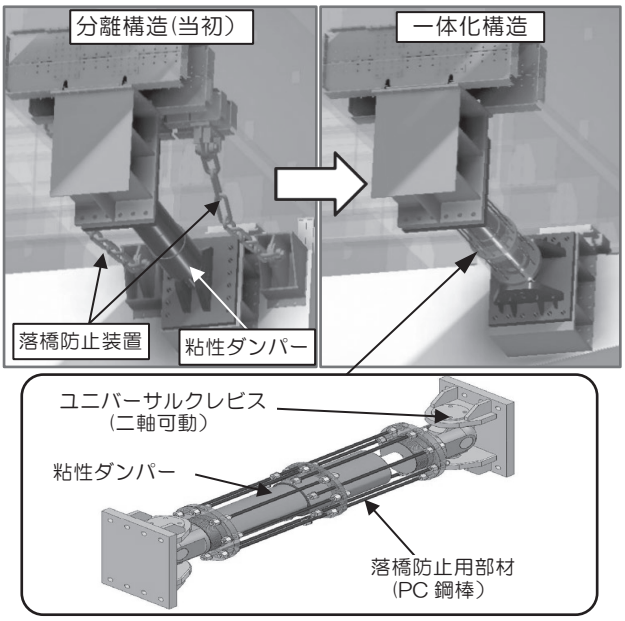
(1)　耐震デバイスの一体化

当初は制震装置（粘性ダンパー）と落橋防止装置を、構造の目的に鑑みて分離して設置する設計であったが、狭あいな空間に配置するために、両者の機能を一体化した落橋防止機能付き流動抵抗型粘性ダンパーを採用することとした。

落橋防止機能付き流動抵抗型粘性ダンパーは、従来の粘性ダンパーに落橋防止用部材のPC鋼棒を追加した構造となっている。機能を互いに阻害することがないように、制震ダンパーとして機能

する際はPC鋼棒に遊間が残り、落橋防止構造として機能する際にはダンパーのストロークが残る設定としている。また、定着部は２軸回りに回転可能なユニバーサルクレビスを適用している。それにより、落橋防止機能時に想定外の変位が発生しても追随できる構造としている。

図－５には分離構造（当初）と一体化構造での部材配置を示している。落橋防止機能付き流動抵抗型粘性ダンパーを使用することで、デバイスだけでなくブラケットや補強部材も削減することが可能となり、合理的な構造とすることができた。



図－５　落橋防止機能付き流動抵抗型粘性ダンパー

⑵　ブラケットの兼用

下部工付きのブラケットを必要とする工種が多いため、兼用可能な工種については、ブラケットを兼用する方針とした。

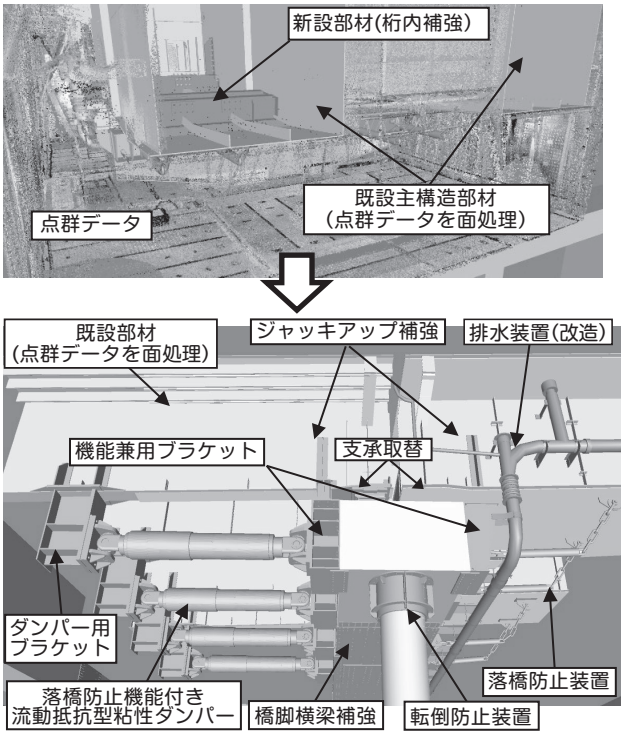
各工種によりブラケットへの作用力の大きさや作用位置が違うため、ブラケットの照査は兼用する工種に対してそれぞれ行い、最も不利な条件でブラケットの耐力が満足するように設計を行った。

上述の通り、耐震デバイスの一体化や下部工ブラケットを兼用構造とすることで、限られたスペースの中でも維持管理性を確保した部材の配置とすることができた。

3-2　３次元データの活用

⑴　既設部材との取合い確認

まず、既設部材の３次元モデル（以下、3Dモデル）を作成し、新設部材の3Dモデルを追加配置することで取合いの確認を行った。既設部材については、３次元レーザースキャナーにて現地の点群データを取得後に、面処理を行いモデル化した。既設部材のモデル化は、補強部材との干渉の可能性がある桁内の補剛材や排水設備等の付属物まで既設図面も参照して行っている（**図－６**）。既設図面との誤差も含めて補強部材との取合い確認を行い、製作・施工に反映することで手戻りなく施工まで行うことができた。



図－６　3Dモデルによる部材配置図

⑵　部材施工性の確認

既設構造物を再現した3Dモデルを使い、各種施工性の確認を行った。

①　ボルト締付けの確認

ボルト及び締付け機をモデル化し、部材取付け後のボルト締付け可否の確認を行った。締付け機の干渉や、作業者のスペース確保まで確認した上で、ボルトの向きや配置の変更を行った（**図－７**）。

②　搬入経路の確認

脚内や桁内に取り付く部材の設置位置までの搬入可否について、部材搬入時の軌跡を作成することで確認した。搬入が出来ない場合は部材の分割

やマンホールの追加を行い、施工が可能な構造に変更した。

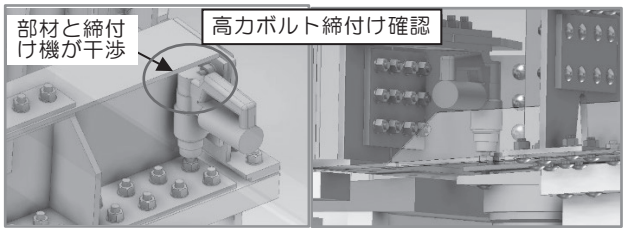


図-７　ボルト締付け確認

③　部材の荷揚げ確認

橋梁下の一般道における規制位置や、足場との関係性も考慮した状態で、部材の荷揚げ可否について確認を行った。荷揚げを行う部材が、規制範囲内で取り回しや足場の開口からの取り込みが可能かを確認し、部材の分割や施工計画への反映を行った。

設計段階で3Dモデルを作成して施工性の確認を行い、図面へのフィードバック及び現場担当者との事前共有を設計段階から行ったことで、現地で問題なく施工を行うことができた（**図-８**）。

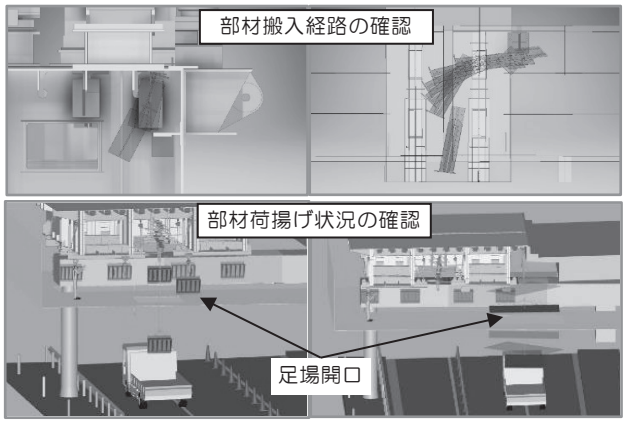


図-８　施工検討図

⑶　関係者との合意形成への活用

本工事では、施工範囲の橋脚及び支点部前後の上部工について、全体の3Dモデルを作成した。3Dモデルは打合せ資料等に活用することで、迅速な合意形成を図ることができた。

また、設計段階で3Dモデルを作成しているため、現場や製作工場にはそれぞれの計画段階で3Dモデルを共有することができた。3Dモデルを使った確認により、各担当者が全体の作業量や難易度を容易にかつ正確に把握することが可能になった。それにより各工程の精度もあがり、工事全体を円滑に進めることができた（**図-９**）。

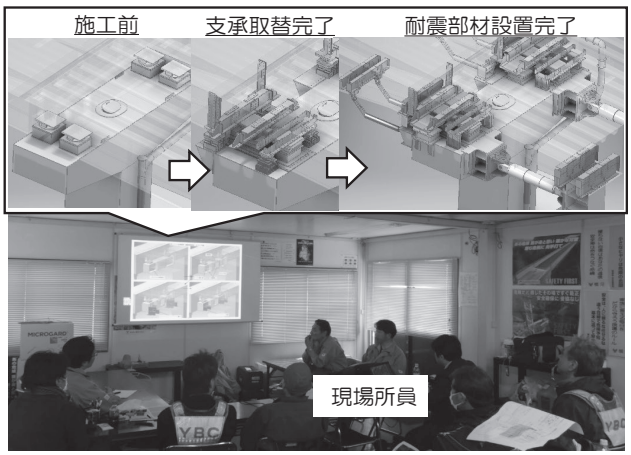


図-９　3Dモデルを用いた現場周知会

４．おわりに

本工事では設計段階にて3Dモデルを活用するフロントローディングを実施することで、設計図書に対する効果的な事前検討を行うことができた。また、従来は設計完了後に実施する施工検討作業を前倒しして設計と同時期に行うことで、設計へのフィードバックによる現場での不具合防止、関係者での合意形成の迅速化を図ることができた。

保全事業では本工事と同様に狭あいな空間の中での施工となることが多いため、3Dモデルの有効性は高いと考えられる。ただし、３次元レーザースキャナーで既設部材を計測する際は、道路供用下の振動がある環境で行うことが多く、点群データの精度向上やデータ処理時の効率化等、課題も残っている。今回の工事の経験を活かして、MR等の新しい技術を取り込んでいきながら、3Dモデルを活用したフロントローディングでさらなる保全事業の高度化、生産性向上に今後も取り組んでいきたいと考えている。

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に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献

１）首都高速道路㈱：橋梁構造物設計施工要領［Ⅴ耐震設計編］2020.

5 施工計画

移動式クレーンを使用できない河川内での支承の設置と手延べ桁の解体方法

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
現場代理人　田上　昌幸○
監理技術者　村上　修司

1．はじめに

新濃尾大橋（仮称）は、岐阜県羽島市と愛知県一宮市を結ぶ全長759.0mの鋼５径間＋鋼４径間連続箱桁橋であり、東海道新幹線から約１km下流で一級河川木曽川を渡河する（**図-１**）。本橋はA1-P5とP5-A2の２橋に分かれており、本稿では新濃尾大橋架橋事業の先行工事であるP5-A2について、河川の中央で架設が終わる場合の課題と解決方法について報告する。

工事概要

⑴　工 事 名：橋りょう整備事業県道羽島稲沢線
　　新濃尾大橋上部工事（P5-A2）
⑵　発 注 者：愛知県一宮建設事務所
⑶　工事場所：愛知県一宮市東加賀野井地内
⑷　工　　期：令和元年12月24日～
　　令和５年３月20日

2．現場における課題

架橋位置付近では、日本固有種で濃尾平野などの３水域にのみ生息している淡水魚のイタセンパラが確認されている。この魚は国の天然記念物に指定され、環境省が作成するレッドリストでは絶滅危惧種IA類として掲載される希少種である。

本工事では、イタセンパラの生息環境に対して工事による影響が及ばないように、P5-P8間流水部に仮桟橋等の仮設備設置を必要としない上部工の送出し架設工法を採用した。施工にあたり台船の使用も検討したが、P6橋脚周りは水深が浅く入ることが出来ない状況であった。以上により、クレーンによる作業ができない条件で重量物を取り扱うために２つの課題があった。

①　河川内橋脚の支承据付

支承配置断面図を**図-２**に示す。橋梁の架設工法が送出し架設工法であるため、橋脚上には送出

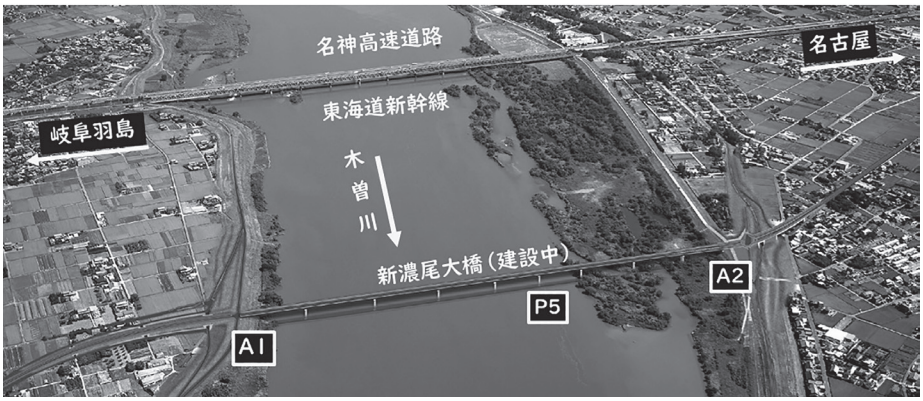


図-１　完成イメージパース図（愛知県ホームページより（一部加筆））

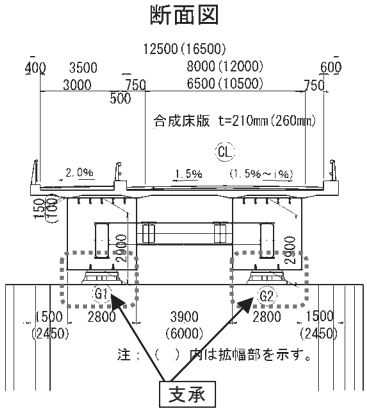


図-２　橋梁断面図

し設備を組立てる必要があるが、設備の下に埋まる支承は、先行して設置するのが一般的である。P6橋脚への支承の運搬方法は、手延べ桁先端に支承を吊下げた状態で送出し架設し、P6橋脚到達後に支承を吊下ろすのも一つの方法ではあるが、保有する機材で手延べ桁を構成した場合、手延べ桁の耐力が不足する。手延べ桁上に配置した4.9t吊クレーンでは、5.15tの支承を吊ることが出来ない。手延べ桁は、P6橋脚到達時に自重により先端が約4.8m下方にたわむため、手延べ桁上の勾配が6.8％になる。この勾配がある状態で桁上に搭載している橋上クレーンを先端に移動させ、クレーンをレベルに据付けるなどの作業は煩雑であり、安全性を考慮して橋上クレーンによる支承据付け案は除外した。以上の通り、既存の設備を用いてP6支承の据付けができない課題があった。

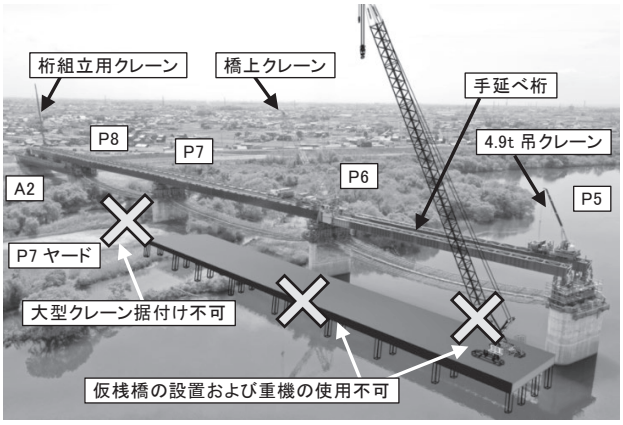


図-３　仮桟橋および重機配置イメージ

② 手延べ桁の解体

本工事で採用した送出し架設工法は、本体桁の前方に本体より軽い手延べ桁を取付け、本体桁より先に橋脚へ到達させる工法であり、手延べ桁の先端をP5橋脚の送出し設備で支持した状態が安定状態である。そのため、手延べ桁撤去に際し、１ブロック（7.2m）張出した状態まで桁を送り出し、手延べ桁が張出した状態で撤去する必要があった。橋脚中心から橋脚端部までの長さは2.6mであり、１ブロック全体を防護できる構台や足場さらには墜落防止フェールセーフのための安全ネットも設置できない状況であった。以上の課題を克服できる施工方法ならびに撤去装置の開発が必要となった。

３．工夫・改善点と適用結果

① 河川内P6橋脚の支承据付

図-４に示す通り支承の運搬は、手延べ桁がP6橋脚に到達した後に、手延べ桁上の支承運搬台車により移動させることとした。設備の構造は、手延べ桁上に搭載した台車から吊り下げることで、P6橋脚への運搬と据付けの両方を可能にした。

施工手順は、まず、A2橋台背面で桁組立用クレーンを用いて送出し桁上運搬台車に支承を２基仮置きした。次に、吊天秤を吊上げ、支承上に設置することで、吊天秤吊り上げ時に支承が下になる状態とした。設置完了後、吊天秤を送出し桁上運搬台車へ固定し、P7橋脚付近の橋上クレーン位置まで運搬した。

支承運搬台車への設置は、まず、橋上クレーン

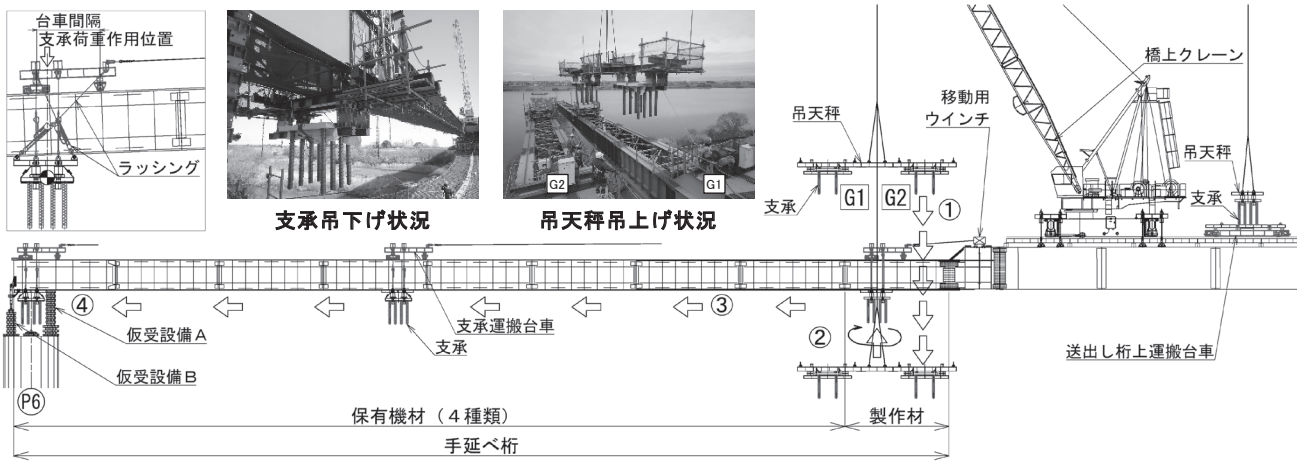


図-４　支承運搬要領図

で吊天秤を吊り、P6橋脚側で手延べ桁のG1とG2の間を抜いて手延べ桁下へ吊り下げ、次に、手延べ桁下側で90度回転させ、再度手延べ桁まで吊上げることで台車に抱え込む要領とした。

支承運搬台車の前後の車輪と支承の位置関係によっては、吊り下げた支承が台車停止時に前方へ振られ、重心が前方の車輪から飛び出すことで前方へ転倒する恐れがあった。そのため支承の吊り下げ位置は、手延べ桁のたわみによる勾配を考慮の上、前方の車輪より前に重心が飛び出さない位置に設定した。また、さらなる安全対策として前後の車輪位置と吊天秤とをそれぞれラッシングすることで、出発・停止時の荷の振れを制御した。本橋は桁に対し橋脚が斜角をもっており、橋軸に対して直角方向に配置した吊天秤ではG1支承据付け位置に到達しないため、吊天秤を中央で分割し（**図-５**）、G1・G2別々に運搬して据え付けられる構造とした（**図-６**）。

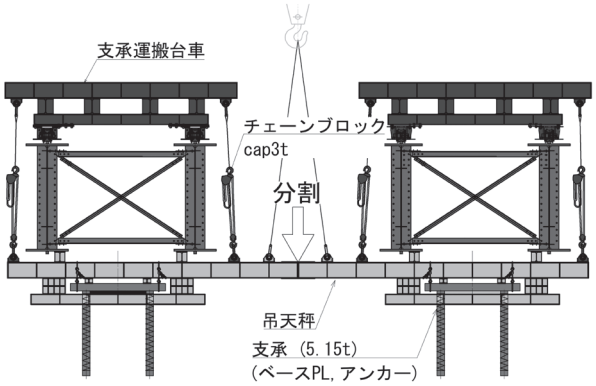


図-５　支承運搬設備および吊天秤断面図

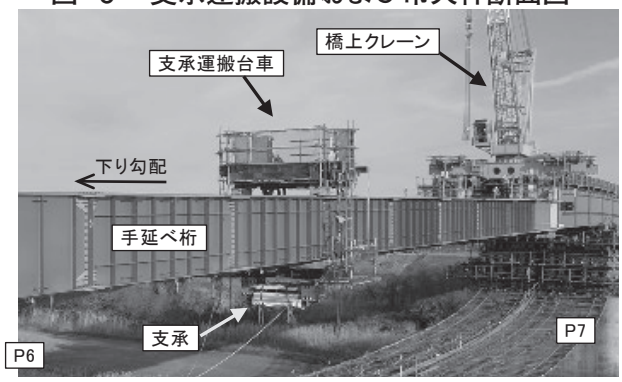


図-６　支承運搬状況

運搬設備は、移動用ウインチを延ばすことで手延べ桁のたわみによる勾配を利用してP6橋脚の設置位置まで下り、手延べ桁先端で仮固定することで移動完了となる。支承の通過に際し、一時的に解体したP6橋脚上の仮受設備Aは、運搬設備の仮固定完了後に復旧した。支承は、定位置でチェーンブロックを用いて正規の高さまで降下し据え付けた。支承据付け後、運搬設備は移動用ウインチを巻くことにより橋上クレーンで吊れる位置まで戻した。以上の施工方法を考案することで、送出し設備組立前に先行して支承据付けを完了することができた。また、支承運搬設備を軽量に設計することで、耐力不足による手延べ桁の製作を最小限に抑え経済的な施工となった。なお、軽量なP5支承は手延べ桁上の4.9t吊クレーン、P7からA2の支承は地上の油圧クレーンで据え付けた。

②　手延べ桁の解体

手延べ桁の解体は、撤去部材の下面を全面防護できないことから、部材をブロックで撤去することを前提条件として設備設計を行った。その他の条件は以下の通りとした。

1）手延べ桁解体場所において、クレーンを使用せずに解体し、橋上クレーンで吊れる位置まで運搬できること。
2）手延べ桁を橋上クレーンで吊り上げる際の安全確保のため、撤去した部材は運搬設備上で水平に仮置きできる構造とすること。
3）解体装置を１組製作し、G1桁、G2桁で容易に転用できる構造であること。

以上の条件を満足する施工方法として、手延べ桁を回転し撤去する方法を考案した（**図-７・８**）。設備の構造は、G1桁およびG2桁で転用できるように、橋上クレーンの吊能力を考慮して手延べ桁を回転撤去する装置と、それを運搬するための台車設備の２分割とした。台車設備は、手延べ桁上を走行する搭載能力70tの自走台車と、台車と手延べ桁を固定するためのレールクランプ

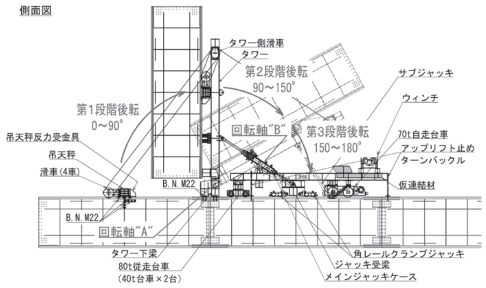


図-７　手延機解体装置一般図

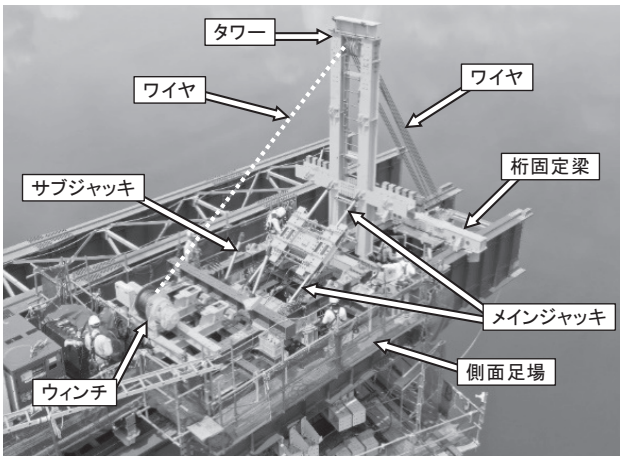


図-８　手延機解体装置

ジャッキとした。回転撤去装置は、軽量で回転可能な機構であり、かつ、手延べ桁上を安定して走行できるように設備高さを抑える必要があった。ウインチにより建て起こした手延べ桁を水平にするためには、約３ｍのジャッキストロークが必要となる。長ストロークのジャッキを使用すると、台車設備の下に飛び出してしまい走行できないため、メインジャッキ（２台×１ｍ）とサブジャッキ（１ｍ）とすることで設備高を抑え今回の施工を可能とした。撤去作業は、**図-９**に示す通り大きく分けて６ステップとした。

STEP１　撤去する手延べ桁の上フランジに滑車を配置した桁固定梁を設置する。

STEP２　油圧ジャッキにより、タワーが鉛直になるように建て起こす。

STEP３　撤去する手延べ桁を、ウインチを巻くことで回転軸Aを中心に90度建て起こす。

STEP４　タワーと手延べ桁は、メインジャッキを縮めることにより90度から150度まで回転させる。回転後、回転軸をAからBへ切り替える。

STEP５　サブジャッキを縮め、水平になるまで回転させる。

STEP６　回転装置台車のアップリフト止め等の固定設備を解除し、橋上クレーン位置まで自走し、１ブロック撤去完了となる。

今回、回転撤去装置を新規開発したことで、作業をより安全な橋脚の設備上に限定でき、かつ、送出しからG1、G2の２ブロック撤去を３日サイクルで実施できた。また、実施工前に弊社大阪工場にて実証実験を行い、問題点を抽出し、改善することで実施工に反映させ不具合ゼロを達成した。

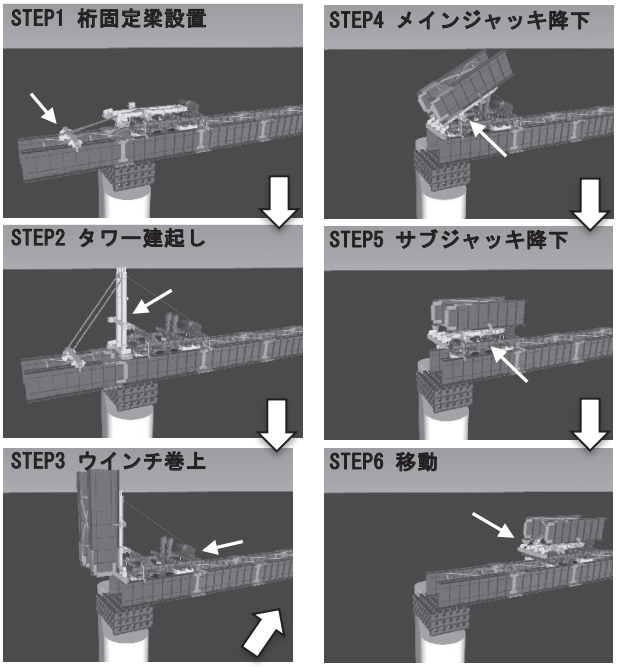


図-９　手延べ桁回転撤去イメージ図



図-10　手延機解体状況

４．おわりに

本工事は、河川の中央で送出し架設が終わる特殊条件において、各作業の施工方法を検討することにより課題を解決し、無事に施工を完了することが出来た。本報告が今後の類似施工条件における工事の参考になれば幸いであり、手延べ桁解体装置による施工は、重機が使用できない現場の新橋架設や保全工事における旧桁撤去にも応用できる技術と考えている。最後に愛知県一宮建設事務所の関係各位、JV構成会社であるJFEエンジニアリング株式会社、および、工事に関係された職員・協力会社各位のご指導・ご協力に感謝申し上げる。

6 施工計画

ケーブルエレクション直吊工法における安全管理と工夫

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	主任技術者	計画担当者
岩 間　賢 司○	川 村　弘 昌	川 端　一 徳

1．はじめに

本工事は、群馬県渋川市の関越自動車道・渋川伊香保インターチェンジ付近から東吾妻町、長野原町、嬬恋村を経由し、長野県側の上信越自動車道へ至る延長約80㎞の地域高規格道路の一部であり、東吾妻町の久々戸川を跨ぐ橋長90ｍの鋼単純上路式トラス橋をケーブルエレクション直吊工法で架設するものである。

本稿では、ケーブルエレクション直吊工法における安全管理と工夫について述べる。

工事概要

⑴　工 事 名：補助公共　道路改築事業（国道・連携）（仮称）新大国橋上部工製作架設工事

⑵　発 注 者：群馬県　上信自動車道建設事務所

⑶　工事場所：群馬県吾妻郡東吾妻町大字松谷地内

⑷　工　　期：自）令和２年12月15日
至）令和４年12月20日

2．現場における問題点

⑴　工法特有の不安定要因の削減

本工法は両鉄塔間に張り渡したメインケーブルから吊り下げた受梁上で橋桁を組み立てる。一般的なベント工法のように堅固な地盤で橋桁を支持する工法とは異なり、架設ステップ毎に吊点の位置が大きく上下に変動する。架設途中における桁の鉛直変位は、最大で１ｍを越えるケースがある。架設作業は先述の通り吊点の位置が上下に変動する不安定な状態での高所作業となり、墜落・転落災害のリスクが増大するとともに、施工効率の悪化が危惧されるなかで、不安定要因を削減する必要があった。

⑵　設備倒壊リスクの排除

ケーブルクレーン架設は風、落雷等の気象状況

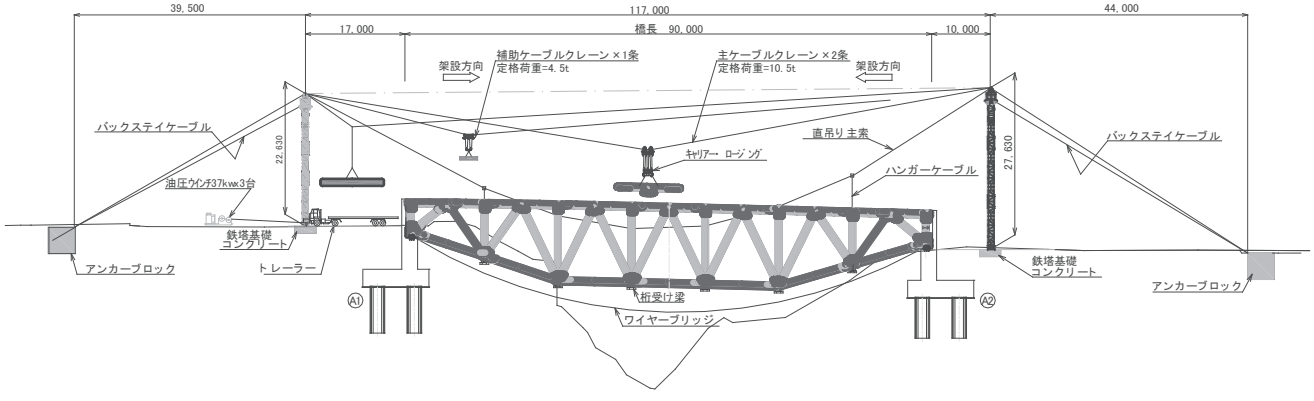


図-１　架設計画図

や、地震等の自然災害に影響を受けやすい工法である。万が一、鉄塔設備が倒壊するようなことが起これば、現場従事者への人的被害、および橋体崩落による物的被害を招くばかりか、現場と並走する国道145号側に倒壊した際には、近隣住民の生活路線であり、観光名所である草津温泉等へのルートも担う国道を遮断することになる。このような隣接する住民や道路利用者をも巻き込んだ重大災害となるリスクを排除する必要があった。

⑶　吊り索張力の管理

吊り索により桁を吊り下げる本工法において、より安定的にかつ精度良く架設するには、架設開始から上弦材閉合までの期間、架設ステップ毎の正確な吊り索張力の管理が求められる。ステップ毎の桁の形状管理とあわせて、吊り索が計画している張力以内であるかを検証する必要があった。

3．工夫・改善点と適用結果

⑴　面組架設による安全性、施工効率の向上

発注時の計画では、左右の弦材をそれぞれ１系統のケーブルクレーンで単材架設し、その後、両弦材間に横桁・横構を取付ける架設手順であった。しかし、単材架設では受梁に不均等に荷重が載荷されることとなり管理が煩雑になることに加えて、高所で不安定な状態での添接作業が多い状況であった。本検討で見直した架設計画では、A1橋台背面の荷取り位置で左右の弦材を面状に地組立てし、２系統のケーブルクレーンで相吊りして同時架設する工法を採用した（**図-２**）。



図-２　面組架設

また、通常施工では桁架設後に吊足場の組立を行うが、本工法では面組後の架設部材に足場を先行設置して一体化させた上で架設することで、高所作業を削減し、墜落･転落災害のリスクを低減した。この架設計画の見直しにより、直吊り索に左右対称な荷重が載荷されるため、ケーブルの形状管理を容易にし、出来形精度の向上に大きく寄与した。

一方、面組架設を計画する中で、地組立て位置となるA1橋台背面において、左右に位置する橋台ウイングの内側では架設部材を面状に組み立てるスペースが確保出来ないことが判明した。そこで左右ウイング（壁高欄）をかわすため、地上から約６ｍの高さに地組立て用の構台を設置することにした。当初計画ではケーブルクレーンによる桁部材の荷取りを計画していたが、荷取り位置に地組立て用の構台を設置したため、別途、荷取り用と地組立て用の移動式クレーンを用意した。これにより、地組立て作業と桁架設作業を別の班で施工することが可能となり、かつ下弦材・上弦材の架設回数が1/2以下になるため、効率的に架設作業を進めることができた（**図-３**）。

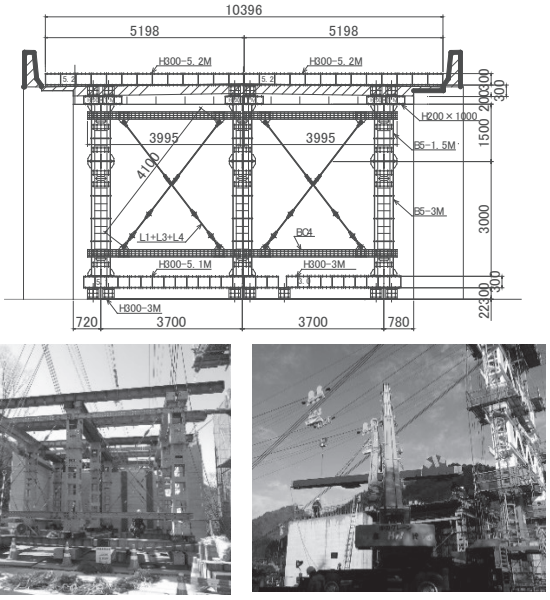


図-３　地組構台と移動式クレーンによる桁荷取り

⑵　仮設備の工夫による安全性、施工効率の向上

鉄塔設備の倒壊、基礎部の不等沈下や転倒に起因する橋梁架設での過去の事故を踏まえ、ケーブルエレクション設備の要となる鉄塔基礎とアンカーブロックに対する監視体制強化が重要であると考えた。そこで、A1、A2両橋台の背面に設置

する鉄塔基礎とアンカーブロックのコンクリート上面に無線式傾斜監視システムを設置し、仮設構造物の変位をリアルタイムに計測管理することにした。このシステムは1°以上の挙動検知時に架設管理者の携帯端末へアラートメールを送信するもので、メール受信時には現場従事者を安全な場所に一次待避させ、原因究明をした上で補強の処置を行うことにした。休工日や夜間に異常を検知した際も架設管理者等が現地へ急行し、異常の有無を確認できるため、リアルタイムに確実な処置を行えるものである。今回の現地施工では1°以上の挙動を検知することはなかったが、システム上では1°に満たない挙動を検知しており、重大災害となるリスク排除に大きく寄与した。

また、本工法においては、アンカーブロック前面の埋め戻し施工の良否が重要となる。そこでこの現場では、前面の埋め戻しに万全を期するため改良土を使用した。改良土を使用することで、アンカーブロックの滑動、転倒に対する安全性を向上させることができた（**図-4**）。

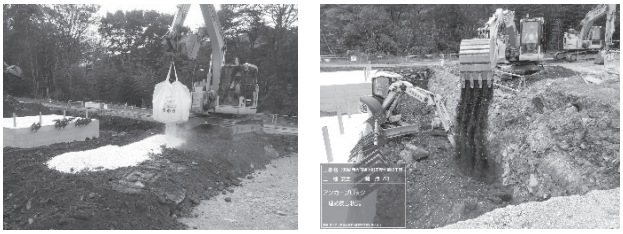


図-4　改良土による前面埋め戻し

なお、アンカーブロックおよび鉄塔基礎の掘削作業は、インテリジェントマシンコントロール油圧ショベルを使用した。作業機の操作をセミオート化することができ、オペレータ自身が微操作をしなくても設計面で掘削することが可能となり、過堀りすることがなくなり、必要以上に地山を乱すことを防ぐことができた。また、丁張や検測作業を省略できるため施工効率が向上した（**図-5**）。



図-5　ICT対応油圧ショベルによる掘削

山間に位置し天候の変動が顕著な本現場条件では、架設途上において受風面積の大きい上・下弦材が横風を受け、大きな水平変動による設備や橋体の崩壊が懸念される。そこで気象情報をいち早く察知するために、3次元超音波風向風速計と気象観測システムを併用した。数値的な現地の風速

-表-　ステップ別解析結果

主索張力　　単位：kN

	A1側後方索						主索							A2側後方索					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	7	8	9	10	11	12
G1側	1763	1764	1765	1766	1767	1769	1730	1629	1551	1530	1567	1659	1827	1818	1817	1815	1814	1812	1811
G2側	1762	1763	1764	1765	1766	1767	1729	1627	1550	1528	1565	1657	1825	1816	1815	1814	1812	1811	1810

A1側
鉄塔頂部変位量　単位:mm

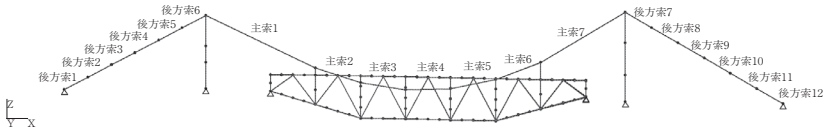
	X	Y	Z
G1側	-10	0	-4
G2側	-10	0	-4

吊索張力　　単位：kN

	吊索1	吊索2	吊索3	吊索4	吊索5	吊索6
G1側	242	295	298	298	297	350
G2側	242	295	298	298	297	349

A2側
鉄塔頂部変位量　単位:mm

	X	Y	Z
G1側	12	0	-5
G2側	12	0	-5



下弦材鉛直変位　　単位:mm

	S1	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	S2
G1側	0	-12	-3	-7	-5	-9	-5	-9	-5	-10	-4	-5	-2	-6	0
G2側	0	-12	-3	-7	-5	-9	-5	-9	-5	-10	-4	-5	-2	-6	0

※値は無応力製作形状からの変位量とする。

A1側反力　　単位：kN

		X	Y	Z
BS	G1側	-1528	0	-878
	G2側	-1527	0	-877
A1鉄塔	G1側	-1	0	1706
	G2側	-1	0	1704

主桁反力　　単位：kN

		X	Y	Z
S1	G1側	53	-1	308
	G2側	47	0	311

主桁反力　　単位：kN

		X	Y	Z
S2	G1側	-42	1	209
	G2側	-55	0	208

A2側反力　　単位：kN

		X	Y	Z
A2鉄塔	G1側	1	1	1994
	G2側	1	-1	1992
BS	G1側	1527	0	-973
	G2側	1526	0	-972

管理に加え、ピンポイントの気象情報を入手することで、厳正なクレーン作業の可否決定を行うことが可能となり、作業の安全性を確保した。

⑶　吊り索の張力管理方法の工夫

ケーブルエレクションの検討に当たり、架設ステップ解析を実施して、各ステップにおけるメインケーブルや吊り索の張力、アンカーブロック部の反力等の設計値を把握し、それらの値が計画値以内にあるかを検証した。解析モデルは、上下弦材、垂直材、斜材、対傾構、下横構、横支材、ケーブル、桁受梁、鉄塔についてモデル化を行い、斜材、対傾構、下横構、横支材は全てピン結合とした。ステップ別解析結果の抜粋を**-表-**に示す。

解析結果から種々ケーブルに作用する張力が計画値以内であることを現地着手前に確認することができた。また、本検証とあわせて現地において、架設する部材を受け持つ受梁の両側吊り索に、吊り橋の吊材取替用に開発した「吊材取替装置」を配置し、この装置のデジタル張力計と押引き油圧ジャッキにより、適正かつ均等な張力になるよう計測・調整した（**図-６**）。



図-６　吊材取替装置

この吊材取替工法は、油圧ジャッキを作動させて吊り索の張力を吊材取替装置に移行させ、デジタル張力計により張力確認を行うものである。従来の施工では、現場責任者や作業員等の経験や勘に頼る部分が大きく、不安定・不確実な作業になっていたが、この装置により、安定的にかつ精度良い架設が実施できた。また、張力計および油圧ジャッキが吊材取替装置本体から取り外し可能な構造となっているため、高価な張力計や油圧ジャッキを多数用意する必要がなく、順次転用することができた。これにより、手配や準備の手間、作業コストの低減が可能であったことも付け加えておく。

４．おわりに

本工事を通して、種々の問題点解決に当たり、新たな取り組みに挑戦する中で貴重な経験をすることができた。途中２ヶ月半の工事一時中止期間を挟んだが、令和４年12月に無事竣工を迎えることができた。

本橋の完成により、渋川・吾妻地域の産業や経済の活性化に寄与すれば幸いである。

最後に、本工事の施工にあたり、助言やご指導を頂きました群馬県上信自動車道建設事務所およびJV構成員である三井住友建設鉄構エンジニアリングの皆様をはじめ、全ての関係者の皆様に対し、この場をお借りして感謝の意を表します。

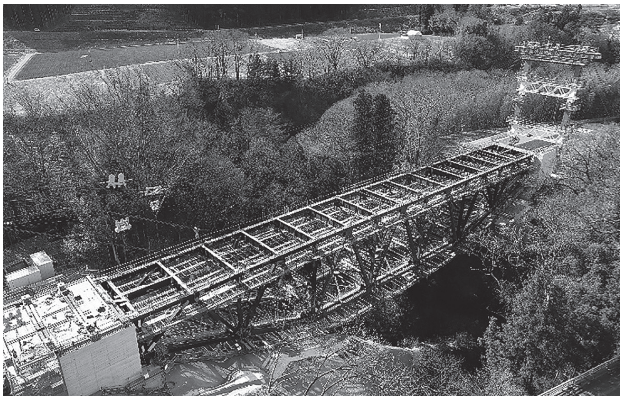


図-７　架設完了

7 施工計画

鋼床版箱桁橋の支承取替について

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
現場代理人　稲葉　章○
監理技術者　藤長　康弘

1．はじめに

和歌山県の一級河川紀の川を渡河する紀の川河口大橋は、和歌山県道148号和歌山港北島線にかかる橋長520.9m・最大支間113.5mの鋼５径間連続鋼床版箱桁橋である。昭和55年道路橋示方書に基づき設計されているため、現行の耐震基準を満足しておらず、今後起こり得る南海トラフ巨大地震等の大規模地震が発生した場合、二次的被害への拡大が懸念されていた。そこで、最新の道路橋示方書に基づいた耐震性の確保及び橋梁自体の長寿命化を図るため、各種補修・補強工事を実施した。本工事では全６支点のうち、P2からP5橋脚上の支承取替を実施した。**図－１**に現場全景、**図－２**に構造一般図を示す。

本稿では、施工条件を踏まえた現場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：和歌山県港北島線（紀の川河口大橋）交付金道路保全工事
(2)　発 注 者：和歌山県海草振興局
(3)　工事場所：和歌山県和歌山市湊地内
(4)　工　　期：令和３年12月28日～令和５年５月31日

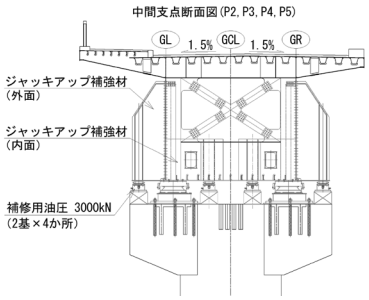
2．現場における問題点

2-1　主桁ジャッキアップ、支承取替の現場施工

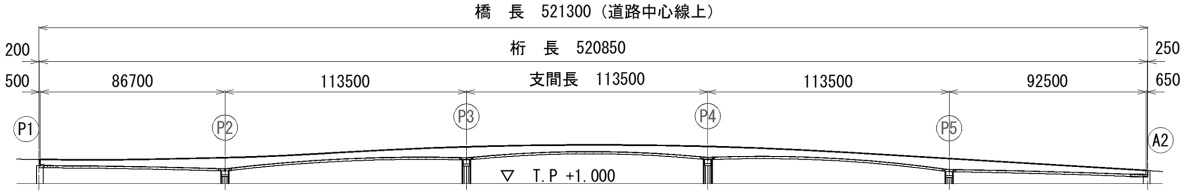
本工事は、橋梁全体の補修・補強工事の一つで



図－１　紀の川河口大橋　全景



(a) 断面図



(b) 側面図

図－２　構造一般図

あり、併行して下部工の補修工事も行われていたため、安全かつ効率的に支承取替を行うことが重要な課題であった。

2-2　橋脚梁部補強

建設当時の設計では、将来的な支承取替が想定されておらず、本工事の補修・補強設計においては、橋脚梁先端でのジャッキアップが計画された。これにより、橋脚梁付け根部の鉄筋応力度が許容値を超えたことから、**図-3**に示すように橋脚梁下面に下部工梁補強を行う計画であった。

しかし、橋脚柱が円形かつ、柱主鉄筋が2段配置されていたことや、橋脚梁下面に上向きでアンカー削孔を行うことに加えて、1橋脚あたり168本ものアンカーボルトを削孔し、配置する計画であったことから、施工性を考えると極めて実現不可能な計画であるとの結論に至り、改めて実現性を踏まえた施工方法を検討する必要があった。

3．工夫・改善点と適用結果

3-1　ジャッキアップ補強材の設置

1主箱桁橋（高さ5m×幅5m）の両ウエブ外面と桁内面の箱型ダイアフラムにジャッアップ補強材を設置した。補強材設置状況写真を**図-4**に示す。

外面ジャッキアップ補強材は部材長が4mあり、内面の既設ダイアフラムに設置する新設L型補強材と連結構造のため、既設ダイアフラムの位置を踏まえたうえで、精度を確保した孔明けが必要であった。そこでレーザー下げ振りにて、内面のダイアフラム（h＝5m）の鉛直度を計測し、その鉛直度を基準に孔明けを行なう計画とした。

外面ジャッキアップ補強材下フランジの連結は、既設桁と現場溶接構造のため、下フランジ面に目違いが生じないよう全体の位置を調整する必要があった。そこで、ウエブ面の孔明けは、まず設置位置にフイルム型を合わせ上下1ヶ所ずつ小径ドリル（Φ10㎜）でパイロットホールを明け、内面からダイアフラム基準線との水平距離を計測した。計測結果を基にパイロットホールの位置を補正し、外面からフイルム型を再び合わせて孔全体の罫書きを行なった。これにより、孔明けの精度が上がり、補強材設置および溶接の施工性向上を図ることができた。

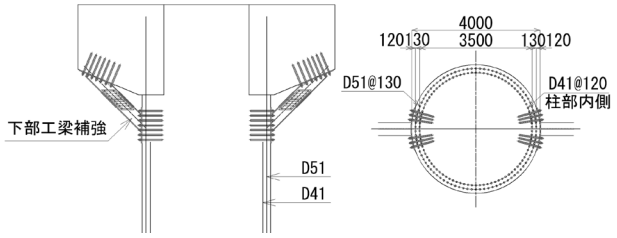


図-3　橋脚梁部補強図

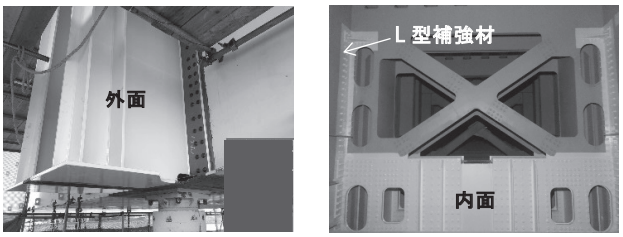


図-4　補強材設置状況

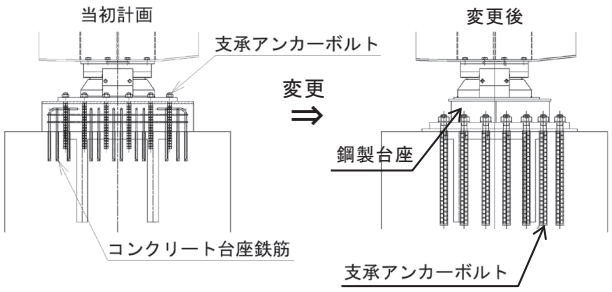


図-5　台座詳細図

3-2　鋼製台座への変更

本工事では既設のピボット支承から鋼製支承に変更する計画であったため、支承高が低くなることにより、新たにコンクリート台座を構築する計画であった。

コンクリート台座の構築は、既設支承撤去後に行うことから、新規支承ベースプレートの製作反映期間や台座構築期間の仮受けが必要となり、ジャッキアップ期間が長期に渡ることが懸念された。対策として、**図-5**に示すように、支承取替前にアンカー削孔が可能な鋼製台座を適用し、台座構築に要する現場工程をクリティカルパスから外し、ジャッキアップ期間の短縮に繋げることで、交通供用下での施工における安全性の向上を図った。

3-3　橋脚梁部補強の省略

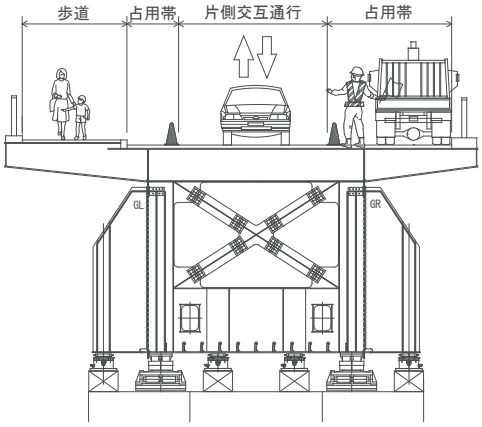
橋脚梁部補強の検討に際しては、様々な施工方

法について協議を重ね、橋脚への負担を分散・軽減できる方法に着目し、主桁ジャッキアップ受点を４点から８点の構造に変更することとした。さらに、橋脚梁部の鉄筋応力度の超過に対して、ジャッキアップ受点数の増設と併せて、交通規制による活荷重載荷の影響を制限することで許容値を満足させることとした。交通規制断面図を**図－６**に示す。

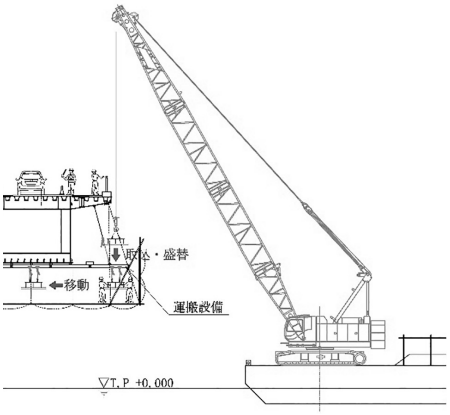
3-4　支承部材の撤去・設置

既設支承の撤去および鋼製台座・新設支承の取込みはクレーン付台船にて河川より行った。架設計画図を**図－７**に示す。

吊り足場内での部材運搬は、**図－８**に示すように、桁下にH形鋼用のトロリーを取付け、部材を吊り下げて行った。桁下空間の低い位置の橋軸方向の移動は、仮設ブラケットを橋座前面の橋座より低い位置に取付け、鋼製台座および支承を橋座に引寄せる縦移動時の盛替えを可能にし、支承取替時の施工性と安全性の向上を図った。



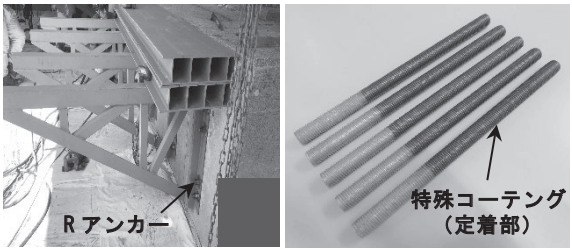
図－６　交通規制断面図



図－７　架設計画図



図－８　鋼製台座の運搬状況



図－９　仮設ブラケットのRアンカー設置状況



図-10　鋼製台座の設置状況

仮設ブラケットの固定用アンカーボルトは、抜取り可能なアンカーボルト「Rアンカー」を採用した。一般的に仮設用のあと施工アンカーボルトを撤去する場合、下部工コンクリートのかぶりを確保した位置でアンカーボルトを切断し、断面修復材等で修復する。この方法ではコンクリート内にアンカーボルトが存置されるため、埋設部のボルトが発錆すると本体コンクリートの劣化因子となる恐れがあり、また塩害の影響が懸念されるため完全に抜取り可能な「Rアンカー」を選定し対策を行った。Rアンカー設置状況を**図－９**に示す。

3-5　新設鋼製台座のアンカーボルト設置

図-10に示すように桁下空間が低く、鋼製台座設置後の高さ540㎜、アンカーボルト長さ650㎜により、鋼製台座をセットすると、アンカーボルトを上から挿入出来ないため、削孔した孔を深堀りし、鋼製台座を取込む前にアンカーボルトを挿入

し、台座据付後に所定の出代に引上げ設置する計画とした。また、鋼製台座下端と橋座天端のすき間が30㎜程度と狭くアンカーボルトを直接持ち上げられないため、アンカーボルト頭部にM16の雌ネジ加工をして引上げ用のスタッドボルト（M16ｘ180㎜）を取付けた。アンカーボルト頭部のねじ孔は、めっき閉じボルトで完全密封し、水が入らないように施工した。閉じボルト施工状況を**図-11**に示す。

3-6　品質および安全に対する配慮

⑴　鋼製台座の塗装品質の確保

海岸に近いことから、確実な防錆機能が求められた。特に鋼製台座ベースプレート角部は錆が発生しやすいため、3Rの面取りを施し、塗膜厚の確保を図った。

⑵　現場塗装時の塩分量測定

現場連結部の塗装前に、表面塩分計で主桁外面の塩分付着量を計測し、NaClが50㎎/㎡以上の場合は桁の水洗いを行い、NaClが50㎎/㎡以下となったことを確認して塗装を行った。

⑶　現場溶接時の品質管理

現場溶接箇所

・外面ジャッキアップ補強材の下フランジの突合せ溶接（完全溶け込み溶接）
・外面ジャッキアップ補強材と主桁下フランジの突合せ溶接（完全溶け込み溶接）
・支承ベースプレートと鋼製台座のすみ肉溶接
・ソールプレートのすみ肉溶接

溶接箇所は、河川上の吹き曝しのため、防風対策として防炎シートによる吊り足場周りのオーニングおよびCO_2ガス流量の増量調整をして溶接を行った。

⑷　ジャッキ固定治具の設置

仮受け期間中に補修用油圧ジャッキの位置ズレを防止するため、**図-12**に示すようにジャッキのヘッドプレートとジャッキ本体の周囲にプレートを取付けジャッキの固定を行った。

⑸　支承アンカー削孔位置の計測精度の確保

橋脚の鉄筋配置により、支承アンカー削孔位置を当初より大きくずらす必要があり、支承アンカー削孔後にフイルム型を合わせて全体の孔位置を実測し、実測値を反映したフイルム型で、再び全体の孔位置を確認して、計測精度を確保した。計測状況を**図-13**に示す。

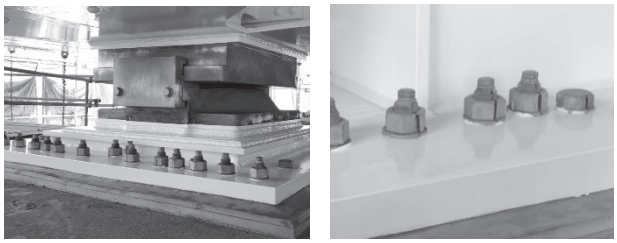


図-11　閉じボルト設置状況

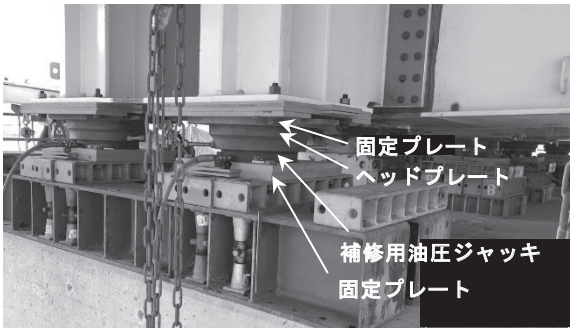


図-12　ジャッキ固定治具設置状況



図-13　アンカー削孔位置計測状況

4．おわりに

本工事は、支承アンカー削孔位置を精度良く実測することに苦労した。また、桁下空間が低い狭隘な場所で重量物の支承取替を実施したが、無事故・無災害で高い精度の出来形を確保して、工程を短縮させ完了することができた。

最後に、本工事の施工にあたり、ご助言・ご指導いただきました海草振興局建設部ならびに関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

8 施工計画

高速道路を跨ぐ橋梁の特殊多軸台車による夜間一括架設について

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
前　山　　公　佑○　　玉　野　　法　廉

1．はじめに

横浜環状南線は、横浜横須賀道路釜利谷ジャンクションから、国道１号を結ぶ延長約8.9㎞の自動車専用道路である。横浜環状道路の南側区間であるとともに、首都圏中央連絡自動車道の一部を構成する道路である。開通すると横浜港と内陸部との所要時間が短縮されて物流の効率が良くなり、地域間の交流や沿線の企業進出など、経済効果が見込まれている。また、幹線道路の渋滞緩和、生活道路の機能回復や交通事故の減少等交通の適正化が期待されている。

本工事は釜利谷ジャンクションにおけるCランプ及びFランプの橋梁を施工する工事である。

Fランプ橋のA1-P1間は横浜横須賀道路上に位置しており、多軸式特殊台車（以下多軸台車）による一括架設工法が採用された。

本稿では道路上の多軸台車による夜間一括架設について記載する。



図-１　横浜環状南線位置図

工事概要

⑴　工 事 名：横浜環状南線
　　釜利谷ジャンクションFランプ橋
　　（鋼上部工）工事

⑵　発 注 者：東日本高速道路株式会社
　　関東支社

⑶　工事場所：神奈川県横浜市港南区港南台～
　　神奈川県横浜市金沢区朝比奈町

⑷　工　　期：令和２年10月13日～
　　令和５年８月28日

2．現場における問題点

多軸台車による夜間一括架設はヤード内で組み立てた架設ブロックを多軸台車に積載し、横浜横須賀道路本線の下り線内を中央分離帯の撤去した開口部まで直線移動して90度回転し、多軸台車に搭載したユニットジャッキで桁をジャッキアップした後、所定の位置まで横移動し、位置調整後にジャッキダウンして連結する架設であった。



図-２　架設平面図

本作業は横浜横須賀道路の港南台IC ～朝比奈

IC間の通行止めを伴うものであり、通行止め規制開始～通行止め規制解除を21時～翌５時の限られた時間内に一括架設を完了する必要があった。

⑴　多軸台車移動軌跡の検討

一括架設部分の桁は本線隣接のヤードにて組み立て、多軸台車にて約110m先の架橋地点まで本線上を運搬し架設を行う計画であった。多軸台車の移動区間は直線から曲線に切り替わる区間であり、縦横断勾配ともに変化していく箇所であった。特に本線への進入部付近については、横断勾配が大きく７%以上あり（後述の測定結果による）多軸台車のストローク量や進入方法についての検討が必要であった。

⑵　中央分離帯の撤去・復旧

多軸台車の走行軌跡上に中央分離帯のプレキャストガードフェンス（以下PGF）があり、事前に連続基礎ブロックの置き式ガードレールに取り換えておき架設当日に撤去・復旧、後日撤去したPGFを再利用し現況復旧する計画であった。

しかしPGFの構造より、撤去するために取り壊す必要があり再利用は不可能であることが分かった。また、置き式ガードレールは吊り天秤を使用し数ブロックを一度に吊り上げる計画で、通行止め規制をかけてから行う必要があり作業可能時間を圧迫していた。

⑶　連結仕口の検討

一括架設作業のタイムスケジュールの中で、連結作業に係わる仕口合わせに要する時間は他作業に比べて想定からの遅延が発生しやすい作業である。作業の遅延はリターンポイント時間の超過、規制解除時間の超過に繋がるため仕口合わせが円滑に行えるように事前に十分検討する必要があった。

本工事の場合、架設ブロックは多軸台車上の中央付近を支持した状態で移動し、架設時は両端部での支持状態に変化するため、たわみにより桁の形状が変動する。さらに、Fランプ橋は平面線形R＝80mであり桁のねじれが懸念された。また、連結部のJ5は剛結構造のP1付近であるため架設時の仕口調整が困難な状態であった。

３．工夫・改善点と適用結果

⑴　モービルマッピングシステムの活用

多軸台車の走行軌跡の検討を行うため、モービルマッピングシステムを用いて現地計測を行い、測定結果から３次元モデルを作成し走行シミュレーションを行った。これにより、多軸台車の走行軌跡における路面の凹凸や縦横断勾配、支障物等を正確に計測・視覚化することで走行軌跡の検証を行うことができた。また、中央分離帯の干渉範囲を確認できるため中央分離帯の撤去・復旧作業を効率的に行うことができた。



図-３　MMS計測車両



図-４　MMSによる3Dモデルの作成

3Dモデルより、縦断勾配は架橋箇所付近が最大で1.26%、横断勾配は本線進入部付近が最大で7.14%であるが多軸台車車輪のストローク量で対応が可能であることが確認できた。また、多軸台

車の移動軌跡付近にある照明柱なども十分な離隔を有していることが確認できた。ただし、本線進入部の路肩にある段差と中央分離帯部のロールドガッターが多軸台車の走行の支障になるため養生が必要であることが確認できた。

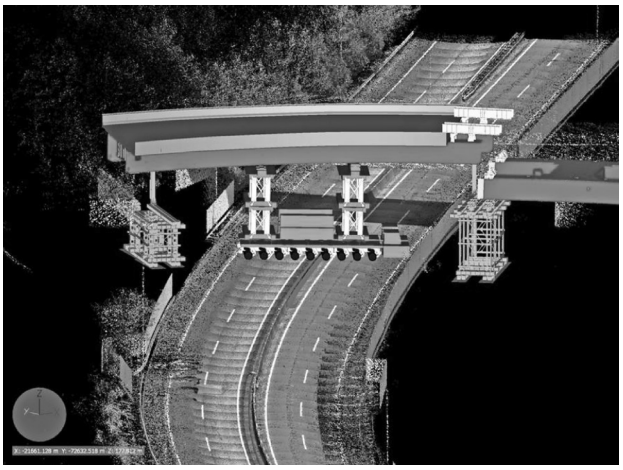


図-５　3Dモデルを用いたシミュレーション

モービルマッピングシステムを活用することにより、通常、道路規制を行い供用道路内に立ち入って計測・調査を行うが、道路占用を行うことなく調査を実施することができ、一般交通への影響も低減することができた。

⑵　中央分離帯の構造変更

PGFの再利用が不可能であったため復旧時の中央分離帯の構造を変更する必要があった。

構造は以下の２点より、さや管式のガードレールを採用した。①手作業で撤去復旧できるため、追越車線規制で事前に撤去ができる。また、万一規制時間が押した場合でも追越車線規制を残して通行止めを解除することができる。②工事完了後も緊急時の転回路として利用できる。

上記より中央分離帯をさや管式のガードレールに改良することとしたが、中央分離帯に光通信ケーブルが埋設されており、光近接作業の要領に則り作業する必要があった。また、車線規制を行えるのは夜間のみであり常設規制を設置することができなかったため、改良は以下の手順で進めた。①既設PGFを撤去し、仮設のH鋼基礎ガードレールに置き換えた。②建柱箇所全箇所において試掘、記録を行い建柱位置の最終決定を行う。③光通信ケーブルが見える状態で建柱を行い埋め戻し、舗装、ガードレールの組み立てを行った。



図-６　ガードレール施工状況



図-７　中央分離帯改良後

中央分離帯改良により、一括架設当日の通行止め規制設置前に追越車線規制内で中央分離帯を解体でき、限られた通行止め可能時間を最大限に活用し作業時間を確保することができた。

⑶　仕口合わせ方法の検討

一括架設時の仕口合わせを円滑に進めるために桁変位、仕口形状を正確に加味した連結手順の決定が重要であった。

架設ブロック（A1 ～ J5）側はFEM解析により合成床版パネルの影響も考慮したたわみ変形に伴うJ5仕口の傾きを正確に算出した。架設済み側の仕口はデジカメ三次元計測システム（PIXXIS）を活用し高精度に計測を行った。

双方の結果を照合し、事前に連結のシミュレーションを行うことで遅延することなく作業を進め

ることができた。



図-８　PIXXISによる3D計測（ターゲット）

また、一括架設における添接箇所について、多軸台車の前後、横移動、ユニットジャッキの上下移動のみで仕口位置を合わせドリフトピンの挿入可能な連結位置まで調整するのは非常に困難である。対策として、J5部分に設置したベントに加えA1側にもベントを追加し、それぞれに水平調整ジャッキを配備し桁位置の微調整を可能とした。



図-９　一括架設状況

両端にベントを設置したことで多軸台車の移動や仕口調整、ボルトの連結作業などで工程が遅延した場合においても多軸台車を解放し作業ヤード内に移動させ中央分離帯や本線進入部の防護柵を復旧することができるため規制時間超過の危険を低減することができた。



図-10　Fランプ橋施工完了写真

４．おわりに

横浜横須賀道路の通行止めを伴う一括架設は本稿の対策もあり、時間内に無事作業を完了し交通開放することができた。一夜間の一括架設に向けて工程調整や施工管理、関係各署との協議など事前準備が大変だったが当日、たくさんの方の協力もあり無事施工することができた。

本工事はJCT工事であり供用道路、隣接工事に囲まれた中での工事であったため、床版、壁高欄等横浜横須賀道路への落下物防止対策など苦心したが一括架設以降も無事故で工事を完了することができ、自分の中で大きな経験とすることができた。

最後に、本工事においてご指導を賜りました東日本高速道路株式会社 関東支社 横浜工事事務所の方々をはじめ、工事に従事していただいた元請職員や協力会社の皆様、工程調整にご協力いただいた隣接工事の皆様に謝意を申し上げます。

9 施工計画

高架道路および鉄道に挟まれた新設橋梁工事の架設計画および施工

日本橋梁建設土木施工管理技士会
日立造船株式会社
計画担当
内 田　悠 介

1．はじめに

本工事は福岡県黒崎バイパスの一部で国道200号とのアクセス機能を有するOFFランプ橋を施工するものである。

既設橋脚に対して新設橋脚梁を架設した後、現場溶接で取付け、その梁上に上部工をトラッククレーンベント工法および横取り工法で架設するものである。

工事概要

⑴ 工 事 名：福岡３号黒崎西OFFランプ橋
　　上部工（RP6-RP8）工事
⑵ 発 注 者：国土交通省　九州地方整備局
⑶ 工事場所：北九州市八幡西区黒崎城石地先
⑷ 工　　期：2021年１月28日～
　　2023年８月10日
⑸ 橋梁諸元：上部工：鋼２径間連続箱桁橋
　　下部工：鋼製門型ラーメン橋脚
　　橋長 132.049m
　　支間長 65.135m＋65.164m
　　鋼重 上部工：333.4t
　　下部工：60.5t
　　平面曲線A＝50～R＝1200～R＝3000

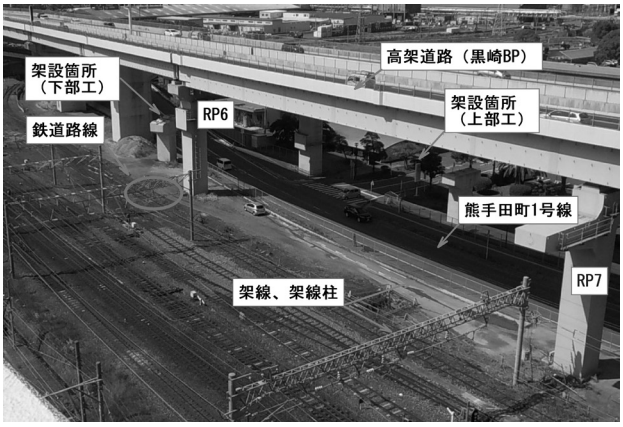


図-１　施工ヤード状況

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。

2-1　新設橋脚梁架設におけるヤード条件

本工事は狭隘なヤードからRP６橋脚位置の新設橋脚梁を大型クレーンで架設した後、全断面溶接をおこなう。一般にはベント設備等の支保工を

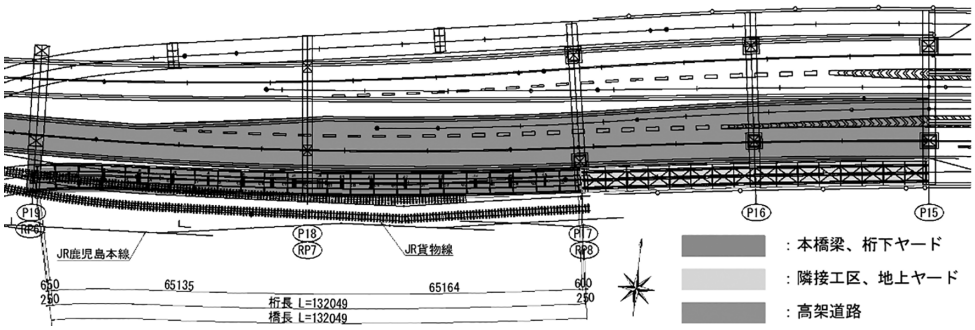


図-２　施工ヤード（平面図）

設けて、無応力状態を確保した後、開先を調整し現場溶接をおこなう。しかし新設橋脚梁直下には路線があり、ベント設備の設置が困難であった（**図-1・2**）。そこで品質および出来形確保が可能な施工手順を検討する必要があった。

2-2　架設工法の変更

当初設計では、上部工の架設は地上ヤードに鉄道路線や架線、架設柱があり、地上に架設クレーンや仮設構造物を配置できないことから隣接橋梁上を施工ヤードとした送出し架設による施工方法が採用されていた。しかし送出し架設時には隣接橋梁では床版コンクリートの施工が完了しており、以下の問題点が挙げられた。

1）送出し架設による過大な荷重を床版および鋼桁に載荷するため、床版を破損する恐れがある。また隣接桁引渡し段階で送出し架設時反力に対する隣接桁の照査を行っていなかったため、その照査結果による隣接桁補強工事の追加および全体工程の遅延が見込まれる。

2）送出し架設の場合、鉄道近接作業が多く、夜間のき電停止中等の時間的制約があり、工程遅延の要因になる。また多くの工種で、黒崎バイパス本線の夜間通行止めが長期にわたって発生し、道路交通へ大きな影響を及ぼす。

一方で関係機関との協議を進める中、施工ヤードに隣接していた架線、架線柱や鉄道廃線の移設工事が本工事施工前に実施されることになった（**図-3**）。そこで施工ヤードに主桁架設クレーンや仮設構造物を配置できないという当初の施工条件が変更される点に着目し、送出し架設に代わるトラッククレーンベントおよび横取りによる施工方法をコストの改善、品質確保、公益確保の面から提案し、工法変更を行った。



図-3　移設前後の架線柱

3．工夫・改善点と適用結果

問題点に対し、以下の工夫・改善を行った。

3-1　無支保工による新設橋脚梁の架設応力制御

3-1-1　当初設計の検証

当初設計時の施工要領によると、ベント設備等の支保工はなく、エレクションピースのみで新設橋脚梁を支持し、現場溶接する計画であった。

今回のような既設橋脚に対して新設橋脚梁を取り付ける施工手順では、あらかじめ既設橋脚および新設部材にエレクションピースを設置して仕口を合わせようとすると、取付け誤差や部材製作誤差により添接できない可能性がある。仮にエレクションピースなりに無理やり添接した場合、開先形状に影響を及ぼし、出来形を確保することは非常に困難となる（**図-4**）。したがって、溶接継手構造の場合には開先形状を調整できる施工方法の立案が不可欠である。

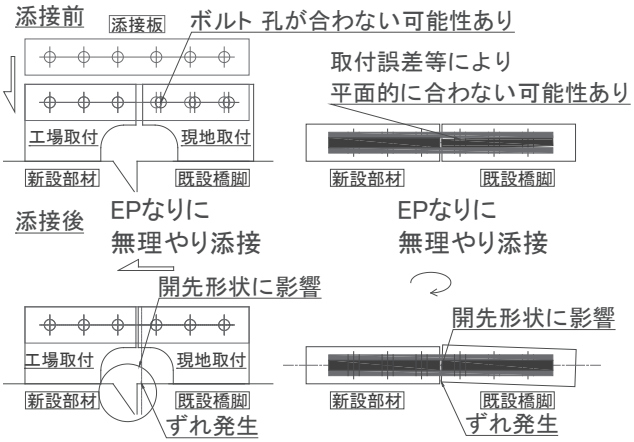


図-4　当初設計の問題点

3-1-2　施工手順の立案と施工

前項の課題を解消するため、支保工の役割を担うことが可能なエレクションピースを考案し、施工手順を工夫することで開先形状を確保した。以下に実際の手順を示す。

・STEP-１（**図-５**）

本工事は鉄道に隣接していることから、新設橋脚梁の架設において時間制約（き電停止：約80分間）が設けられていた。そのため架設後は一度、既設橋脚に新設橋脚梁の死荷重を預ける必要がある。その際、合計10箇所の縦リブに高力ボルト（F8T）を片側６本以上挿入し、摩擦接合にて連結させる。

・STEP-２（**図-６**）

架設クレーンに再度荷重を預け、縦リブの添接を開放し、開先を調整可能な状態にする。その後、上下フランジの合計４箇所を継手矯正設備に取り換える。開先調整および位置決めをおこない、他縦リブ６箇所を再度添接し、仮固定する。その際、縦リブに高力ボルト（F8T）を片側11本以上挿入し、摩擦接合にて連結させる。その際、既設橋脚と新設橋脚梁とで出来形形状に相違があり溶接線方向にずれが生じた場合、別途フィラープレートにて調整をおこなう。

※継手矯正設備（合計４箇所）

・センターホールジャッキ（350kN×50st）

・ゲビンデスターブ ϕ23

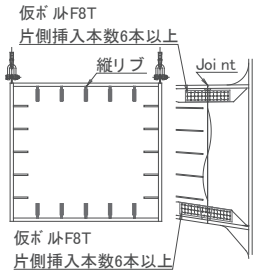


図-５　STEP-１

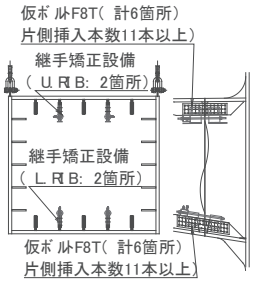


図-６　STEP-２

・STEP-３（**図-７**）

開先調整および位置決め後、既設橋脚側にエレクションピースおよび拘束治具を溶接する。その後縦リブの添接を全て開放し、新設橋脚梁の死荷重を縦リブからエレクションピースへ受け替え、架設時応力を制御した。この手順により取付け誤差は発生せず、また部材製作誤差の影響も受けずに正規の開先形状を確保することができる。

・STEP-４（**図-８**）

上下フランジ、ウェブの順に全断面溶接し、非破壊検査合格後、縦リブの高力ボルトの本締めをおこなう。最後に、取り付けたエレクションピースおよび拘束治具を切断撤去し、グラインダ仕上げをおこなう。

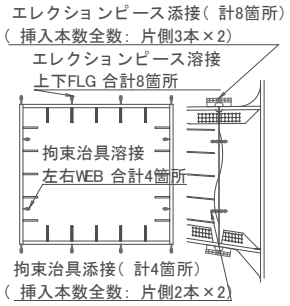


図-７　STEP-３

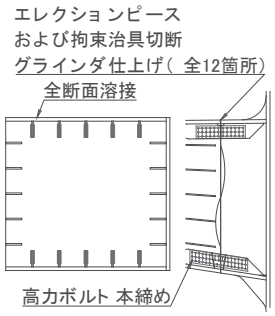


図-８　STEP-４

以上の手順で施工することにより（**図-９**）、品質および出来形を確保することができた。



図-９　新設橋脚梁の架設状況

3-2　工法変更による架設計画と施工の工夫

トラッククレーンベント工法による施工方法を検討するにあたり、発注者および鉄道関係各所より以下の制限を設けられた。

１）鉄道機関と国土交通省のヤードの境を明確に定め、吊荷や架設クレーンが越境しない架設方法とすること。

２）鉄道架線と仮設構造物との離隔距離は2.0m以上を確保すること。

３）鉄道路線との仮設構造物の離隔距離は線路中心から2.0m以上を確保すること。

ヤード境界位置、バイパス本線、架線や架線柱および鉄道路線との離隔距離を考慮すると、一部のベント設備について偏心構造を採用する必要があった。ベント設備の構造を**図-10**に示す。ベント転倒の懸念からベント基礎部においてアウトリガ構造およびカウンターウエイトを追加し、

フェールセーフとしてバイパス本線に対してアップリフト対策をベント頂部に施した。

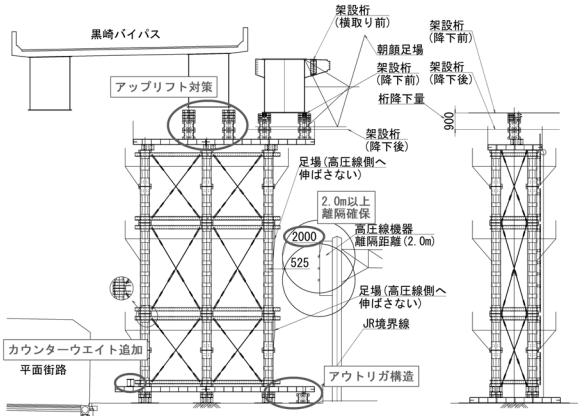


図-10　ベント設備の構造

しかし、直接定位置に主桁を架設する計画であると、ベント受梁の張出が長くなり、断面も過大となることから、安全上採用が難しかった。対策として、定位置よりバイパス本線側へ1.1m程度オフセットした位置に架設し、その後主桁を横取りおよび降下させるトラッククレーンベント工法と横取り工法の併用架設を採用することで公益を確保しつつ、安全を確保した。施工手順は以下の通りである（**図-11**）。

1）幅の狭い限られたスペースとなることから、ベント組立、荷下ろし、架設、クレーン移動を繰り返しながら起点側から終点側へ架設を進める（**図-12**）。

2）主桁架設後、横取りをおこない、正規位置へ架設する。

3）横取り完了後、横取り設備を撤去し、架台の組替後、降下作業をおこなう。

4）降下完了後、バイパス本線の通行止めをおこない、バイパス上から残りのブラケット・側縦桁を架設する。



図-12　主桁の架設状況

4．おわりに

本工事は、供用下の既設橋脚に支保工なしで新規橋脚梁を架設し、全断面溶接で取り付けた。さらに、上部工の施工は狭隘な施工ヤードから高架道路および鉄道に隣接した厳しい条件下での桁架設作業であったが、計画通り施工を完了し、安全、品質および出来形を確保しつつ、工程や交通への影響を最小限に抑えることで公益を確保できた。

最後に、本工事を無事に完成できたのは国土交通省北九州国道事務所の関係各位をはじめ、九州旅客鉄道株式会社および日本貨物鉄道株式会社の職員ならびに工事に関係された職員や協力業者の方々のおかげです。心より感謝の意を表します。

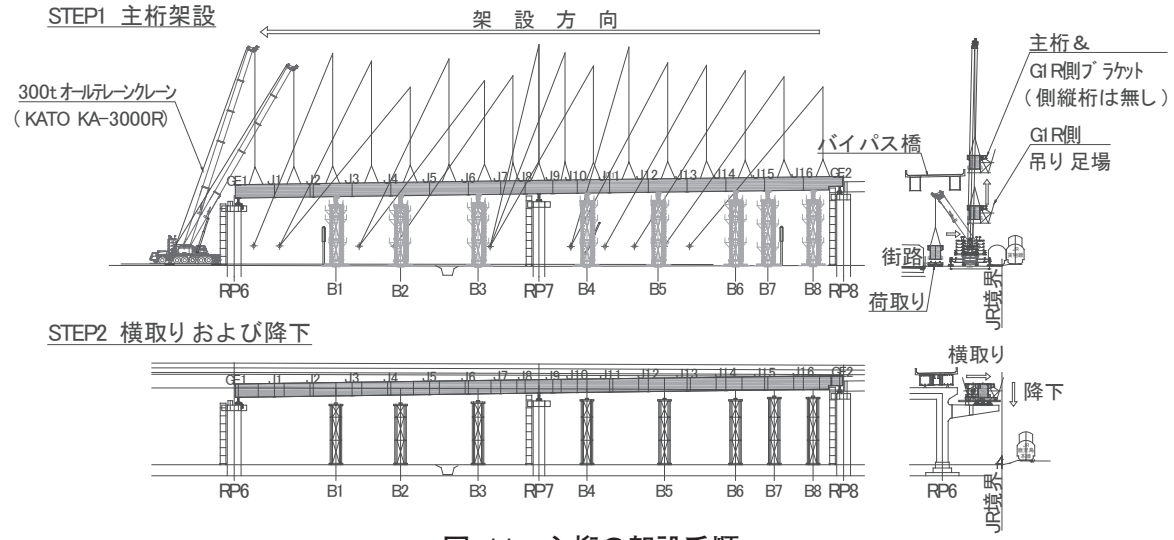


図-11　主桁の架設手順

10 施工計画

1夜間における1径間分の鋼桁一括吊上げ架設

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
計画担当　伊藤　大貴○
工事主任　立石　篤志
現場代理人　上田　浩之

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2㎞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（P12～P56橋脚）を四車線化へ拡幅する工事である。完成系8主桁のうち、内桁の4主桁は既に供用中であり、両外の各2主桁の一括吊上げ架設を行った。架設地点は桁下に佐世保市の幹線道路の一つである県道11号が位置しており、クレーンベント架設など昼夜長期間の大規模通行止めを実施することができない。このため、交通規制の最小化を図る工法として、夜間に橋桁を一括吊上げ架設し昼間の交通開放を図る本工法が採用されている。本稿では、ダブルツインジャッキで一括吊上げ架設を最初に実施したP39～P42鋼鈑桁架設について報告する。

工事概要

⑴　工 事 名：令和2年度佐世保道路
　　佐世保高架橋（拡幅）工事
⑵　発 注 者：西日本高速道路㈱
　　九州支社佐世保工事事務所
⑶　工事場所：長崎県佐世保市
⑷　工　　期：令和3年7月～令和8年9月
⑸　橋梁形式：3径間鋼鈑桁橋155.1m

図-1に標準断面図、**図-2**に架設ステップ図を示す。

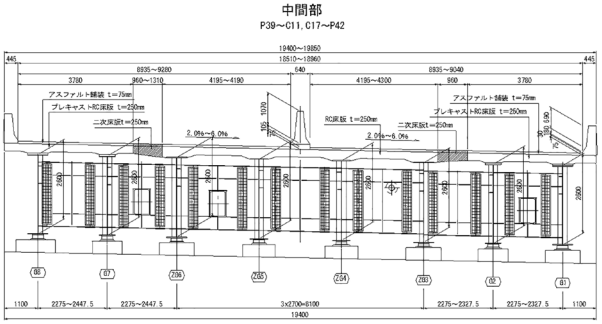


図-1　標準断面図

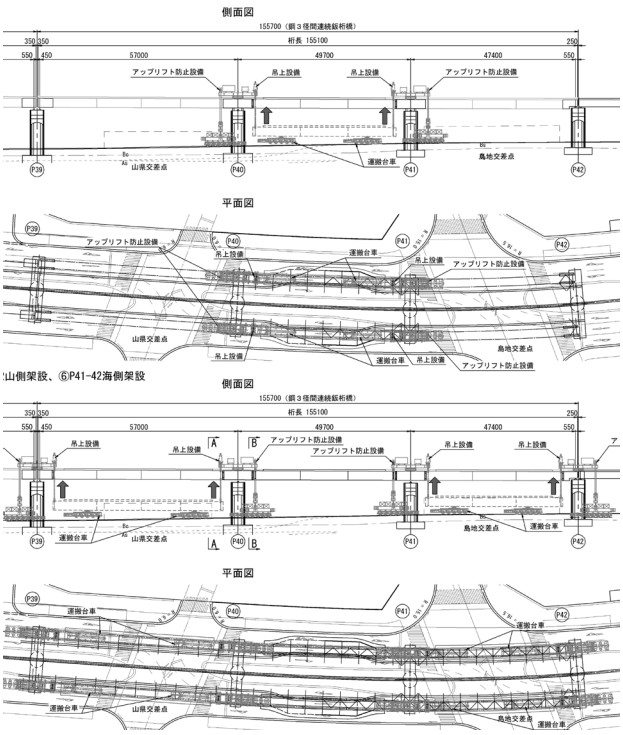


図-2　架設ステップ図

2．現場における問題点

図-3に一括吊上げ架設日のタイムスケジュー

ルを示す。吊上げ架設は県道11号の通行止め規制を行うことから、関係先協議の結果、規制時間は20：00～翌6：00までとなった。また、架設する鋼桁（以下、吊上げブロック）は地組ヤードから架設地点まで多軸式特殊台車を使用した長距離運搬を行うため、タイムスケジュール管理においては、多軸式特殊台車の退避時間を含めた時間管理を求められた。

これより、本タイムスケジュールでの施工を行うにあたっての問題点を以下に示す。

⑴　吊上げブロックの長距離運搬

地組ヤードから架設地点までの運搬距離は約900mあり、タイムスケジュール策定においても、作業可能時間の約40%を占めた。また、吊上げブロックの運搬は２台の多軸式特殊台車を使用し、運搬経路途中においては交差点での上下間の切り回し、信号や行先表示板等の道路施設との干渉回避を行う必要があった（**図-４**）。さらに、一括吊上げ架設後の県道11号の規制作業を極力少なくするため、プレキャスト床版、プレキャスト壁高欄、吊足場を添架し運搬を行う必要があった。架設計画においては、吊上げブロックおよび添架物と道路移設との干渉、多軸式特殊台車の走行軌跡と路面の走行可能範囲との整合を検証する必要があった。



図-４　搭載状況

⑵　架設作業のタイムスケジュール遅延

架設地点に運搬後は，橋脚上の支点ブロック上に設置した吊上げ梁（仮設材）にて、吊上げブロックとカウンタウェイトをバランスさせながらダブルツインジャッキで吊上げ架設を行う。吊上げ後は、吊上げブロックと先行架設した支点ブロックをボルト添接で接合し、県道上の重機・資材を撤収、交通規制を開放して当日の作業を完了となる。吊上げ開始からボルト添接までを行う時間は実質２時間30分であり、吊上げ架設時の遅延リスクの排除が課題となった（**図-５**）。

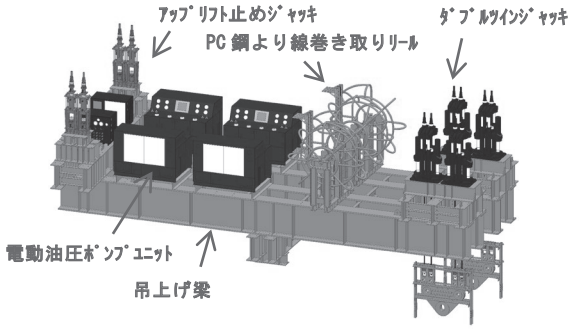


図-５　吊上げ設備

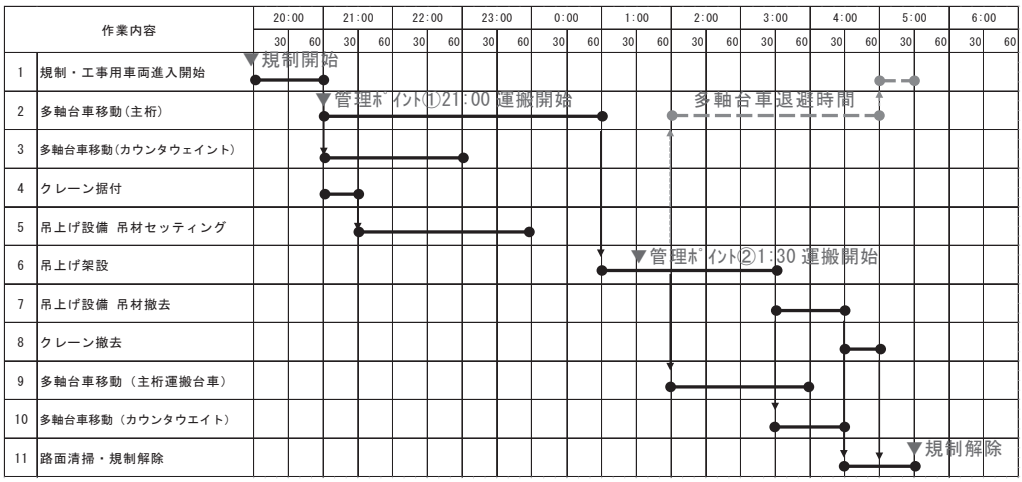


図-３　タイムスケジュール

3．工夫・改善点と適用結果

⑴　吊上げブロック運搬シミュレーション

吊上げブロックは約230tであり、２台の多軸式特殊台車での運搬を行った。多軸式特殊台車の走行においては、吊上げブロックの重心位置による多軸式特殊台車の安定性が重要となる。これより、地組ヤードで事前に多軸台車に試験搭載を行い、多軸式特殊台車に作用する設計反力と実際の反力値の差異を把握し、安定状態で運搬可能かを事前に検証した。また、吊上げブロックの運搬に伴い、プレキャスト床版等の搭載物は固定治具を用いて移動を防止した。

運搬時の支障物との離隔の確認は、３次元モデルによる運搬シミュレーションにより確認した。運搬ルートは幹線道路であり、多くの道路施設が設置されていたため、３次元スキャンを用いて道路施設の位置と寸法を正確に計測した。３次元スキャンにて得た点群データと走行ルートを検討した運搬計画CIMモデルを結合させ、運搬に際しての離隔が確保されていることを確認した（**図－６**）。

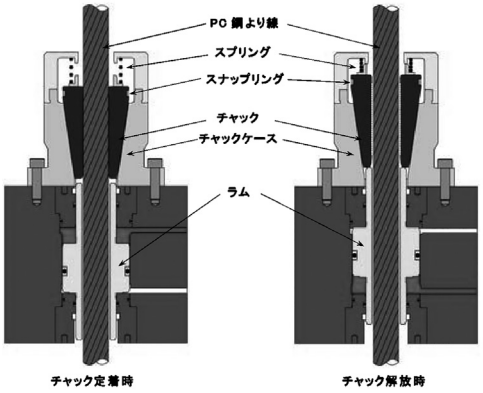
これらの施策により位置合わせ完了予定０：30に対して21：30頃までには位置調整を完了させ大幅に作業時間を短縮することができた。



図－６　運搬シミュレーション

⑵　吊上げ設備との連結要領の簡素化

架設地点の直下は供用中の道路であるため、吊上げ索（PC鋼より線）も架設当日に設置する必要がった。一般的には吊金具のピン連結を行うが、本工事のように、多軸式特殊台車の停止位置に誤差が生じた場合にピン連結に多くの時間を要するリスクがあった。そこで、吊上げ索線と吊上げブロックの定着はクサビ機構を使用した定着方法を採用した。これにより吊上げ索を定着金具に差し込み、吊上げ索に張力を導入することで自然噛み込みし連結することができた。さらに、多軸式特殊台車の停止位置に誤差が発生した場合も、吊上げ設備から垂れ下がっている吊上げ索位置を容易に動かせることから、吊上げ索と吊上げブロックの連結における時間ロスのリスクも排除することができた（**図－７**）。



図－７　クサビ定着機構

⑶　吊上げ架設管理システムの採用

吊上げ架設時は８点の吊点にて吊上げブロックとカウンタウェイトの反力と傾斜を管理しながら安全に、速やかに作業を行う必要がある。

計画段階においては、桁の平面線形、搭載物（床版・壁高欄・吊足場）の各重心を精査し、吊点反力の算出精度を向上させた。

現場施工時においては、事前に算出した吊上げ架設時の反力値を常時モニタリングし、設備の能力と安全上から算出した管理値を一元的に管理できる集中管理システムを構築した。管理値は吊点反力±20％、吊上げ設備の傾斜は±1.0％で設定し、管理値以下の場合は作業を中断することなく吊上げ作業を継続して行った（**図－８**）。

この結果、吊点反力は設計反力に対して±10％、吊上げ設備の傾斜は±0.5％で安定した吊上げ架設を行うことができた。

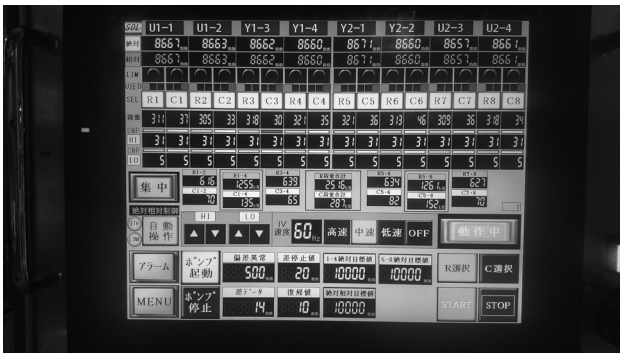


図-８　吊上げ架設管理システム

⑷　主桁添接部調整装置の配置

主桁添接部は、設計段階でヒンジ連結を採用しており、吊上げ架設後にモーメント導入を不要とする計画としているが、吊上げ架設時の主桁添接作業リスクを排除するため、仕口角度調整が可能な設備を準備した（**図-９**）。

吊上げ架設前に、支点ブロックの仕口角度・仕口間距離の計測、架設前の支間ブロックの仕口角度・仕口間距離の計測を行った。計測結果に対し架設時の変形量と温度補正を行い，吊上げ架設前に支点ブロックの位置を調整し吊上げ時に継手が平行に架設されてくるように事前調整を実施した。

添接ボルトは架設系の重量に対してレベル２地震時の震度に耐えられる必要最低本数にてトルシアボルトで添接し交通開放とすることにより当日のボルト接合時間を短縮した。また、架設当日の添接ボルトは架設後に本ボルトとの入替えを行う計画としている。

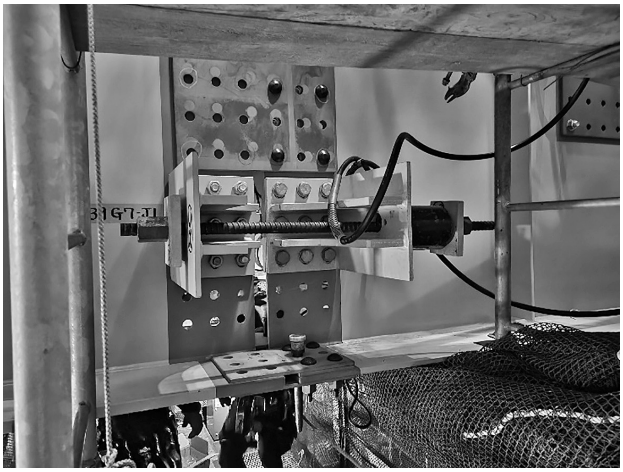


図-９　仕口調整設備

４．おわりに

本工事は、供用中の高速道路に近接した拡幅桁を架設する工事であり、吊上げ設備は供用中の道路から見える高さへの設置となる。作業区域からの飛散物防止に加え、走行中の一般走行車の注意が極力向かない様に、目隠し設備（防護フェンスにシートを敷設し供用走行車両から工事区域が見えない様に配慮）を設置して工事を継続中である。

今回の初回吊上げ架設は概ね２：00頃には架設を完了し、大幅に予定時間を短縮する形で交通規制開放リミットに対して余裕のある状態で実施することが出来た。

本工法と同様の架設を今後40数回繰り返し行うが、１夜間に２主桁の架設を予定している箇所もある。そのため今回の反省点については計画是正し更なる安全作業・時間短縮に努めて行きたい。

最後に、西日本高速道路株式会社の皆様をはじめ、関係官庁の皆様、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。



図-10　吊上げ架設完了

11 施工計画

深礎杭掘削時における止水対策及び、鉄筋組立の生産性向上について

兵庫県土木施工管理技士会
株式会社新井組
森 谷　光 希

1．はじめに

一般国道42号線は、静岡県浜松市を起点とし、和歌山県和歌山市に至る総延長546㎞の主要幹線道路であり、和歌山県の紀伊半島沿岸部を繋ぐ唯一の国道として、産業、経済、生活を支える重要な役割を担っています。本事業（すさみ串本道路）は、西牟婁郡すさみ町内、串本町内で災害発生時、救援、救急医療活動の安定した交通路を確保することを目的とした延長19.2㎞の道路である。本工事は熊谷川第二橋に計画される、すさみ串本道路熊谷川第二橋P1橋脚１基の基礎他工事（大口径深礎杭φ13m　深さH＝21m）である。

工事概要

⑴　工 事 名：すさみ串本道路熊谷川第二橋P1基礎他工事

⑵　発 注 者：近畿地方整備局紀南河川国道事務所

⑶　工事場所：和歌山県東牟婁郡串本町和深地先



図-１　工事全景

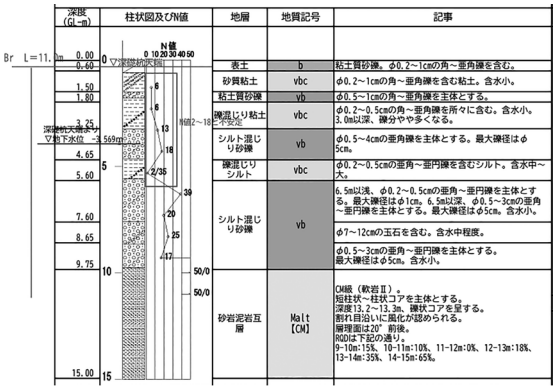
⑷　工　　期：自）令和４年４月１日
　　至）令和５年３月24日

2．現場における問題点

⑴　深礎杭掘削時における土砂崩壊の危険

本工事施工箇所P1橋脚における、既存ボーリングデータの水位は、深礎杭天端より1.6m ～ 3.6m付近に帯水している。また、深度５m付近の礫混じりシルト層は、含水が中～大であり、掘削中に

表-１　既存ボーリングデータ



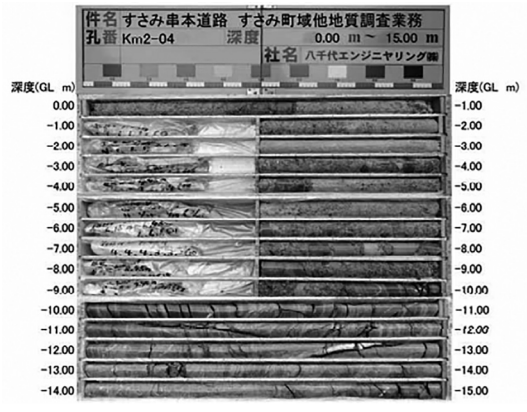


図-２　採取資料

土砂の崩壊が懸念された。この調査では透水試験を行っておらず、P1橋脚の湧水量は65mほど離れたP2橋脚にて実施した透水試験より推定しているため、信頼性に欠ける。土留め部分（施工基面から深度10m）の地層は、透水性が高い砂礫が多く分布しているため、本工事施工位置でジャストボーリングを実施し、湧水量を確認することが、施工時における安全性及び構築物の品質・出来形向上に必要不可欠である。

⑵　工程遅延の改善

当初の工程では、６月中旬より深礎工を着手予定であったが、掘削時において、湧水等による土砂崩壊の懸念事項があり、施工前に施工箇所の湧水量を調査した結果、薬液注入（ダブルパッカ工法）による止水対策が追加施工となったため、約２ヶ月着手が遅延した。また、深度10m以深の土質は、既存ボーリングデータでは軟岩（砂岩泥岩互層Malt）であったが、追加で実施したジャストボーリングの結果から軟岩部分が中硬岩であることが判明し、さらに約１ヶ月遅延が想定された。このため、限られた施工日数の中で工期内に施工を完了すべく、施工方法を工夫し生産性を向上させることが必要であった。

３．工夫・改善点と適用結果

⑴　薬液注入工による崩壊防止及び止水対策の検討

施工前に調査ボーリングをジャストボーリングで１箇所実施した。調査は、標準貫入試験（φ66オールコア採取）及び揚水試験を行うものである。また、調査深度は想定支持層（軟岩Ⅱ）を確認するため11mとする。調査ボーリングの結果、土留め部分（施工基面から10mまで）はN値が２～10程度と非常にゆるく、砂礫層で湧水量が多いため、地盤崩壊の危険性が懸念された。また、揚水試験を実施した結果、0.221㎥/minとなった。湧水量については、「杭基礎施工便覧H19」2.2深礎工法P308において、「水中ポンプなどによる排水は0.2㎥/min程度の湧水量が限界で、それ以上の場合は止水工法やディープウェルによる水位低下工法などの流入防止策を採用する」との記載がある。

よって、揚水試験結果（0.221㎥/min）は水中ポンプなどによる揚水の限界値（0.2㎥/min）を越えるため、止水工法を検討した。検討パターンは、

①　止水鋼矢板工法

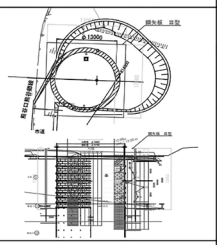
②　止水鋼矢板＋薬液注入工法

③　薬液注入工法

以上の３つである。

①止水鋼矢板工法については、経済性及び工期の観点では採用基準に適合したが、安全性及び対策効果が期待できないと予想されるため、不採用とした。

表-２　①止水鋼矢板工法検討表

工法名 ＼ 項目	No.1 止水鋼矢板工法	
工法説明	ライナー周囲の土砂部に止水鋼矢板を建込み、掘削時の湧水対策とする。 止水鋼矢板は先行削孔を行った後、敷設に貫入させる。	
構造概要図		
計画数量	・鋼矢板頭部型圧入：172枚　(12.0m/枚)	
対策効果	止水効果は期待できるが、地山の肌落ち、崩壊が懸念される。また、先行削孔による地山の緩み部、水ミチからの出水が予想される。工事用道路にかかるため大型車両通行不可	×
経済性(直工)	鋼矢板圧入　21,200,000円 二重管DP　0円 合計　15,500,000円	◎
工　期	鋼矢板圧入　37日 二重管DP　0日 合計　37日	◎
安全性	地下水流入・地盤崩落の危険性大	×
総合評価	工費が最も安いが、湧水による立坑掘削困難が予想される。 工事用道路が狭くなるため大型車両通行不可となる	×

②止水鋼矢板＋薬液注入工法は、対策効果や安全性の観点では採用基準に適合したが、経済性及び工期が過大となるため不採用とした。

③薬液注入工法に関しては、対策効果・経済性・工期・安全性全てにおいて、採用基準を満たしているため、③の薬液注入（ダブルパッカ工法）を採用した。

⑵　薬液注入工（ダブルパッカ工法）の実施

薬液注入（ダブルパッカ工法）にて止水対策を実施した結果、深礎杭掘削時に湧水の影響で地盤崩壊が懸念されていた箇所（施工基面から深度10m）の崩壊及び湧水は無く、安全に掘削をすることが出来た。また、深礎杭の出来形管理項目

表-３　②止水鋼矢板＋薬液注入工法検討表

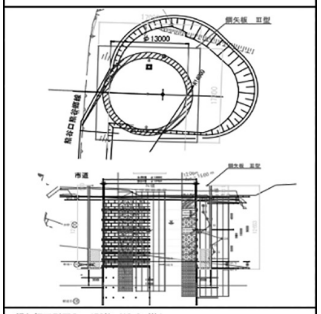
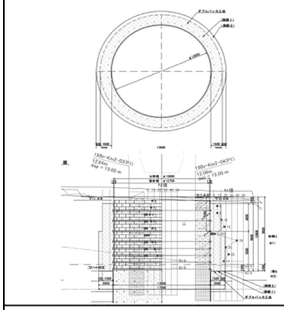
No.2 止水鋼矢板＋薬液注入	
第１案に対し鋼矢板先端部分のライナープレートと地山間の土砂部における鋼矢板建込み時の先行削孔による地山の水ミチからの湧水対策として、薬液注入工法（ダブルパッカ工法）を併用する。  ・鋼矢板Ⅱ型圧入：172枚（12.0m/枚） ・薬液注入工 本数：70本 ・削孔長：874.30m(12.49m/本)・注入長：210.00m(3.0m/本) ・注入量：73.80 (1.05m3/本)	
鋼矢板による止水と薬液注入による地下水の廻り込みの防止が図れる。	◎
鋼矢板圧入　21,200,000円 二重管DP　16,650,000円 合計　32,150,000円	△
鋼矢板圧入　37日 二重管DP　40日 合計　77日	△
地下水流入・地盤崩落の危険性小	◎
湧水対策はできるが、高価な案となる。 工事用道路が狭くなるため大型車両通行不可となる	△

表-４　③薬液注入工法検討表

No.3 薬液注入工法	
止水鋼矢板に代替する薬液注入工法（ダブルパッカ工法）による地盤改良を行うことにより、ライナー背面地山の止水，強化を図る。  ・薬液注入工 本数：96本 ・削孔長：1036.80m(10.8m/本) ・注入長： 940.80m(9.8m/本) ・注入量：295.19m3 (3.07m3/本)	
土砂部の緩み，崩壊防止と止水効果が得られる。	◎
鋼矢板圧入　0円 二重管DP　29,900,000円 合計　29,900,000円	○
鋼矢板圧入　49日 二重管DP　0日 合計　49日	○
地下水流入・地盤崩落の危険性小	◎
湧水対策が可能で工程、経済性に優れる。	○

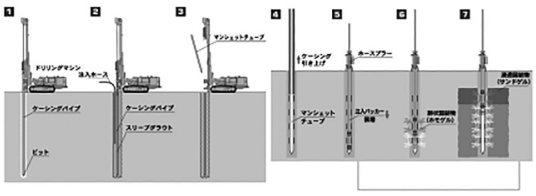


図-３　ダブルパッカ工法施工手順略図

「傾斜」については、土留め設置部の精度が大きく影響する。土留め設置背面が湧水の影響により崩壊し、傾斜に影響が出た場合、掘削完了後構築する鉄筋のかぶり不足等、後工程に影響を及ぼす可能性が高いが、止水対策を行ったことにより、施工中の安全面及び構築物の出来形、品質の向上にも繋がった。

⑶　深礎杭鉄筋組立専用架台の活用

工程が大幅に遅延した中で工期内に完了すべく、深礎杭の配筋作業に着目し、工程短縮方法として深礎杭鉄筋組立専用吊り架台（帯筋用）及び、吊り具（主筋用）を活用し配筋作業を効率化した。

深礎杭帯筋の配筋は通常１本ずつ行うが、専用の吊り架台を活用することにより、１～６本まで同時に配筋可能となり、作業の省力化及び生産性の向上が実現した。また、専用の吊り架台は設計図記載の配筋間隔で配筋が可能なため、施工精度の向上にも繋がる。

本工事帯筋組立時における施工量の向上及び、所要日数の短縮は以下のとおりである。通常の帯筋配筋作業は、６人パーティーで、１日当たり延べ約4.2t、１人当たり約0.7tの組立量となり、所要日数は約35日（帯筋総量144t/4.2t）となる。

専用の吊り架台を活用した場合、１日当たり延べ約14.4t、１人当たり約2.4tの組立量となり、所要日数は約10日（帯筋総量144t/14.4t）となった。

専用の吊り架台を活用することにより、１日当たりの施工量は3.5倍に増え、所要日数は72％短縮となった。次に、主筋の配筋は通常１回の施工サイクル（①玉掛け②建て込み③主筋配筋）で２本程度配筋を行うが、専用の吊り具を活用することにより１回の施工サイクルで、１～６本まで同時に配筋が可能となり帯筋同様、作業の省力化及び生産性の向上が実現した。また、専用の吊り具は等間隔に玉掛が可能であり、主筋建て込み時、主筋下端部を番線で固定することで主筋上部の広がりや、帯筋アンカー部への干渉を抑制でき、施工性も向上した。

主筋組立時における施工量の向上及び所要日数の短縮は以下のとおりである。通常の帯筋配筋作業は、６人パーティーで、１日当たり延べ約8.4t、



図-４　専用吊り架台丘組



図-５　吊り架台へ固定

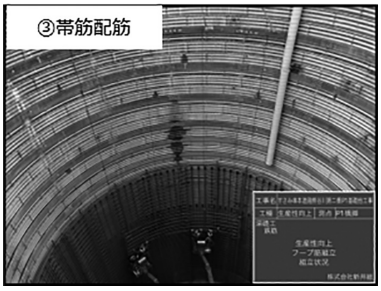


図-６　帯筋配筋

１人当たり約1.4tの組立量となり、所要日数は約27日（主筋総量223t/8.4t）となる。

専用の吊り架台を活用した場合、１日当たり延べ約18.6t、１人当たり約3.1tの組立量となり、所要日数は約12日（223t/14.4t）となった。専用の吊り具を活用することにより１日当たりの施工量は2.2倍となり所要日数は56％短縮となった。専用の吊り架台及び吊り具を活用することにより、配筋作業全体で約40日程度の工程短縮に成功し、無事に工期内に竣工することができた。

４．おわりに

止水対策について、事前にジャストボーリングを１箇所追加し、揚水試験を実施したことにより、当初計画との湧水量の違いに気づき、施工前に止水対策を講じることができた。その結果、深礎杭掘削時において湧水による地盤の崩壊等は無く施工中の安全面及び構築物の出来形、品質の向上にも繋がった。

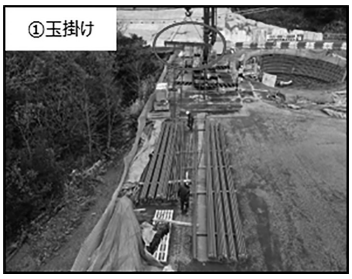


図-７　玉掛け



図-８　建て込み

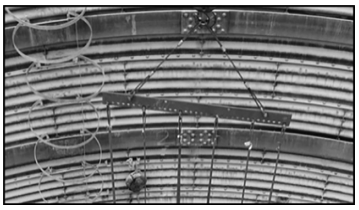


図-９　専用吊り具

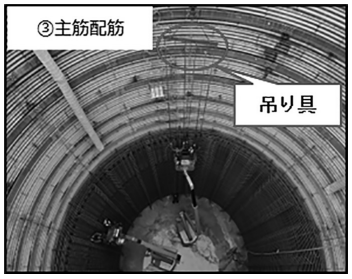


図-10　主筋配筋

工程の遅延の改善については、止水対策の追加や、深礎杭掘削時における地質の変化（軟岩→中硬岩）があり、全体で約３ヶ月の工程遅延が生じたが、深礎杭鉄筋組立専用の吊り架台及び吊り具を活用したことにより、鉄筋配筋作業で約40日程度工程の短縮に成功した。その結果、工期内での竣工が達成できた。

今後も、着手前に色々な対策が必要になることや、施工中に現場環境・内容が変化することにより、工程を圧迫することが多々あると思うが、新技術や独自の方法、社内や協力業者の経験、知恵、知識を取り入れ今後の業務に活かしていきたい。

12 施工計画

旧時代の盛土を掘削、その検証と対応

宮崎県土木施工管理技士会
旭建設株式会社
土木部次長
江 藤　登 美 宣

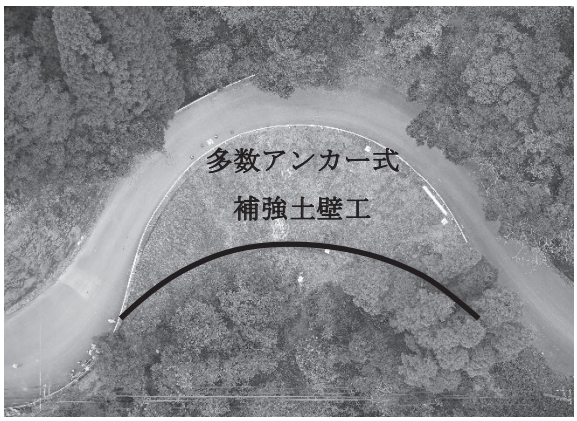
1．はじめに

本工事は、県道小川越野尾線小川工区のうち１工区（46m）の道路改良を行う工事である。

観光地へのアクセス道であり観光バスなどの通行車両が増加している本路線は、狭隘かつ湾曲しているため走行性が悪く円滑な通行が行えていない。最深14m掘削し補強土壁工により拡幅（**図－１**）することで、湾曲法線の緩和と1.5車線化を行い、観光車両や住民の安全かつ円滑な運行を確保するための工事である。

工事概要

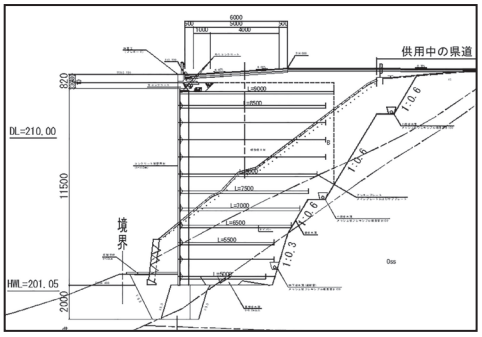
⑴　工 事 名：令和４年度 県道小川越野尾線
　　小川工区 道路改良工事
⑵　発 注 者：宮崎県 西都土木事務所
⑶　工事場所：宮崎県児湯郡西米良村越野尾
⑷　工　　期：自）令和４年８月９日
　　至）令和５年12月26日



図－１　壁面位置図

2．現場における問題点

設計は1：0.6にて小段を設けながら14m掘削し補強土壁工にて盛土する計画である（**図－２**）。



図－２　標準断面図

踏査時に既設路面に無数の亀甲状のクラック（**図－３**）を確認していた。また、１：1.4の地山斜面部は布製型枠で覆われ大雨時の浸食を防止しているものと考えられ、軟弱地盤ではないかという疑念を抱き、各種資料の確認を行ったところ、岩盤までの地層分類は盛土層などとされ、地質調査でのN値は２～４、その地形から締固められていない谷部の埋立て土ではないかと推測された。



図－３　路面の状態

○地山、既設道路崩壊の可能性

軟弱層を放置し設計勾配で掘削した場合、地山崩壊時は即ち現道の寸断、下方作業となる状況では作業者が被災するため、工法自体の変更や地山補強工法が必要である。

○既設道路の通行確保

観光地へのルートであること、住民や林業など産業大型車も通行する路線のため通行機能の確保が必須になるため既設道路を全掘削し緩勾配化することはできない。迂回路として村道が存在するが更に歪曲し長距離、かつ幅員狭小でバスなどの離合ができる路線ではない。

○民地境界

補強土壁工の正面には民地境界があり、用地の追加買収を行わなければ法線の変更はできない。

以上の課題を踏まえ、この問題を三者協議にて議論するため、設計業務資料の数値的根拠と現場現況が適合するのか試掘を行い確認した。

試掘は高さ2.0mを１：1.0にて掘削し、１：0.8、１：0.6の順で勾配を設計勾配に近づけ地山の挙動を観察することにした。１：0.８掘削時は変化は見られなかったが１：0.6において地山の小石がポロポロ落ち斜面のクラックが発生（**図-４**）。この変状から示されたN値は概ね適合しているのではないかと判断できる。



図-４　クラック

○滑り安定計算による検証

続いて着手前、試掘、設計の各横断図から安定計算を行う。計算諸元は設計で使用されている数値、せん断抵抗角の仮定値Φ＝40°（盛土工指針）を使用する。なお粘着Cについては０とする。

結果、安全率Fは以下の通りである。

①　着手前断面（1：1.4）　　：F＝1.294

②　試掘断面（1：0.6　H＝2.0m）：F＝0.760

③　設計断面（1：0.6　H＝14.0m）：F＝0.926

掘削状態においては、ひとつの判断基準となる安全率1.0を下回り対策工事なしでは施工を進める事はできないことを数値的に証明した。

○せん断抵抗角の検証

では、安定計算に使用するせん断抵抗角の妥当性はどうなのか。

設計業務資料：Φ＝40°

推定式検証　：√(15N)＋15　代表N値３

Φ＝√(15×3)＋15＝21.7°

三軸圧縮試験：非圧密・非排水法（UU）

Φ＝16.0°　C＝5.55KN/㎡

※現況地層　γt＝1.652g/㎤にて供試体作成、より現状に近いΦ、Cを再現するためUU方式での試験とした。

三軸圧縮試験結果から再度、安定計算を行う。

④　設計断面（1：0.6　H＝14.0m）：F＝0.769

③から更に安全率は低下する結果になったのである。つまり、せん断抵抗角40°での検討は妥当ではないことが確認できた。

○対策工法案の検討

対策工法を検討するにあたり、問題・課題を取りまとめた。以下に概略を示す。

【第１案】道路法線を変更し掘削勾配を緩やかにする案について検討を行った（**図-５**）。

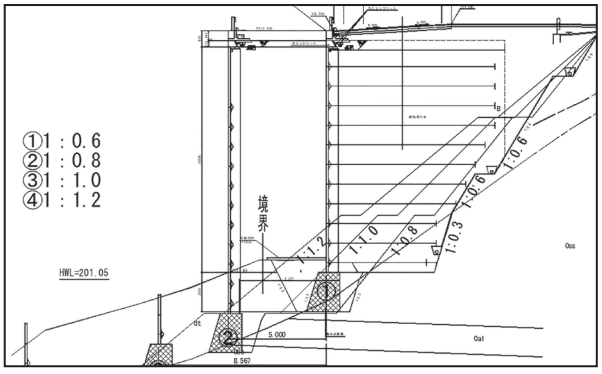


図-５　第１案よりイメージ図

供用中の県道通行は確保しなければならないため、必然的にコントロールポイントは県道になる。法下に民地境界があるため追加の用地買収が必要、かつ、岩着基礎のためHWL内に入り補強土壁工の設計変更も必要となってくる。

【第２案】第１案のうち、地盤改良により基礎高を変えない案。追加の用地買収の範囲は低減できるが、トレンチャ式攪拌翼装備の重機が施工のために中段部へ降りられるかが課題となる。

【第３案】掘削法面をモルタル吹付する案。滑り計算からも安定は見込めない。本来、土圧を止めるための工法ではない。しかし雨水の流下による表面浸食からの崩壊対策としては有効であると考えた。但し２ｍ掘削でも崩壊を始める地山のため安定勾配確保が前提になる。勾配によっては掘削しながら分割施工というデメリットも考えられた。

【第４案】モルタル吹付後に鉄筋挿入工を施工し滑り抵抗を向上させる案。第３案記載の問題通り、先行してモルタル吹付工が施工できない。１ｍ毎にモルタル吹付しつつ鉄筋挿入工で地山補強しながら、いわゆる逆巻施工となり施工回数が多くなり工期も長期化する。

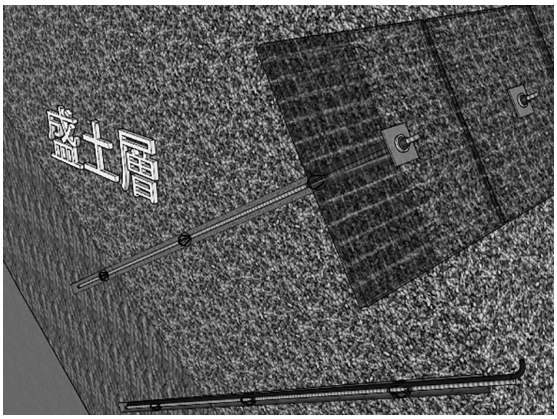
【第５案】路側にダウンザホールハンマー工法などで岩盤まで削孔しH鋼杭を建込み土留めアンカーにて固定し県道を保護する案を検討。掘削において法面を残す必要がなく下部までの作業通路の設置が可能であるので土留め後の施工性が良い。

【第６案】掘削地山全体を改良し掘削する案について検討。供用中の県道直下は改良することができない事に併せ、硬化後の掘削は困難である。

ほか、補強土壁工法自体の変更など計８案について問題点などを取りまとめた。三者検討会（国交省直轄工事で言う工事監理連絡会）では、これらの８案のうち追加用地買収に関わるもの、補強土壁工の変更など期間が長期化するものや、特殊重機自体の入場が困難なものは除外し第４案の鉄筋挿入工、第５案の土留め工について修正設計の検討がされることになった。

○修正設計

度重なる協議において、鉄筋挿入工は二重管方式削孔でD19、L＝3.5ｍを用いて逆巻施工することに決定。試掘時の状況や安定計算の結果から掘削はH＝1.0ｍ毎である。頭部はFRP製簡易受圧板を設置（**図－６**）することになった。本来、切土勾配は当該土質で高さ10 ～ 15ｍ程度において１：1.2が標準とされている（切土工指針より）。地山表面は軟弱のため表面崩壊は更なる崩壊に、つまり県道の崩壊に繋がりかねない。施工中のこの問題を解消するために設置するものである。



図－６　鉄筋挿入工

更に検証を行う。使用数値は先に示した三軸圧縮試験の数値で滑り安定計算する。

対策工未施工：安全率F＝0.769

対策工施工後：安全率F＝1.06

計画安全率は仮設としF＝1.05のためクリアしていることを確認した。

続いて、鉄筋径と鉄筋長が適正なのか盛土層、崩積土層、岩盤層の３パターンにおいて適合性試験を実施。グラウト配合は地山特徴から急迫性を考え早強ポルトランドセメントを使用した。設計基準強度24N/㎟を確認後、３パターンについて検証。いずれも削孔スライムにおいて土質を、引

き抜き試験において極限引抜力を確認でき本施工へと移行したのである。

3．工夫・改善点と適用結果

雨天時にFRP製簡易受圧板の形状（**図-7**）から雨水を背面側へ逃がしてしまい、受圧板背面の洗堀による抜けが発生しないかという懸念事項について検証を行う。現地地形の補足だが、山間部の谷に位置することから大雨時には谷川が出現する。この軟弱地盤施工において、雨水と谷水の対策は必須であると考えたのである。



図-7　受圧板の形状

このような環境条件からも鉄筋挿入工の施工期間は毎日ブルーシートで法面を保護していた。これは山地特有の激しい夕立が崩壊に繋がるリスクがあるからだった。原始的ではあるが有効な一時的な手段だ。背面洗堀の検証についてだが、雨天時に一部シートを剝取り経過を観察した。やはり懸念した通り浸食・崩壊が発生した（**図-8**）。

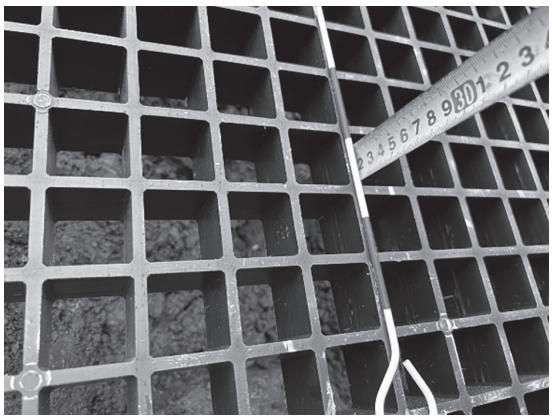


図-8　18㎝の浸食確認

掘削完了後に健全な地山補強状態を維持できないと判断し、表面のモルタル吹付工（t＝3㎝）を協議。逆巻ではあるが受圧板も設置されていることもあり鉄筋挿入工の逆巻5分割施工に対し吹付は2分割のみで実施することができ、雨水や谷水から保護できたが、それでも地山の異常を察知できる体制として動態観測は怠らなかった。

これらの検証や提案、協議により、鉄筋挿入工を縦5段、計155本打設。掘削地山が安定（**図-9**）し県道の安定通行を確保、掘削工や補強土壁など落差14mある下部での作業を可能にした。

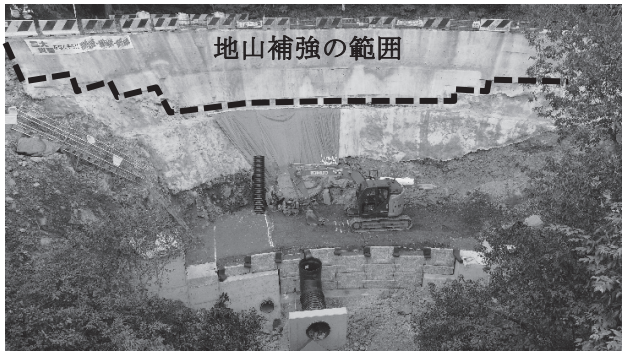


図-9　地山の安定

4．おわりに

今回、施工を進めるなかで地元住民から、土木事務所が管理するよりも以前に工事用道路として作られたという話も聞けた。この話を聞き腑に落ちた部分もあった。工事現場というものは実際に施工しないと分からない要素が多々ある。設計についても同じことが言えるのではないだろうか。

今回のように基準ができる以前の古い道路などはデータというものが存在しない。つまり限られた判断材料での設計となる。その状況で我々技術者ができる事は何なのか。設計照査、検証、技術的な提案を持っての協議の繰り返しではないだろうか。これからも検証と提案、安全を担保しつつ現場の竣工を目指したい。

13 施工計画

渡河部橋梁の架設工法変更による工程短縮

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
主席　三谷　隼人○
主管　大槻　孝幸
主管　坂下　悟

1．はじめに

本工事は、国道２号と国道486号（福山北環状線）を結ぶ福山西環状線のうち、一級河川である芦田川および芦田川水系の有地川と才町川を渡河する橋長360mの鋼４径間連続鋼床版箱桁橋の製作・架設工事である。

本稿では、施工時期に制約を受ける河川区域内施工において、架設工法の変更と施工物量の削減による工程短縮について報告する。

工事概要

⑴　工 事 名：津之郷山守線（福山西環状線）
　　道路改良工事（R2-2工区）
⑵　発 注 者：広島県　東部建設事務所
⑶　工事場所：広島県福山市駅家町大橋～
　　駅家町近田
⑷　工　　期：令和２年12月17日～
　　令和６年１月31日

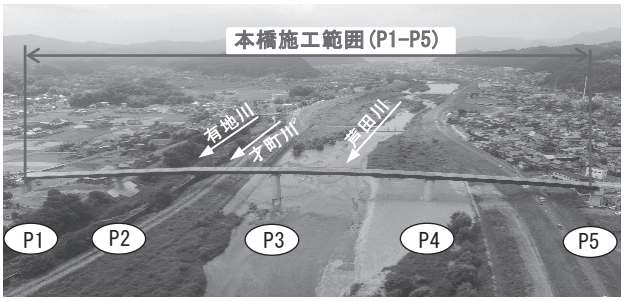


図-１　橋梁全景（施工完了）

2．現場における問題点

⑴　渡河部施工時の制約

芦田川を渡河するP3-P5間は、当初計画ではクローラクレーンによるベント架設工法で計画されていた。当該２径間は芦田川河川区域内に位置するため、河川管理者より非出水期（毎年10月中旬～翌年６月中旬）での施工条件が付された。そのため、全体工期を４期（内２非出水期含む）に分割して施工する必要があり、全体工期の長期化が懸念された（**-表-**）。

-表-　施工時期・架設工法区分表

施工時期		施工範囲	架設工法
１期	非出水期	P4-P5	ｸﾛｰﾗｸﾚｰﾝﾍﾞﾝﾄ工法
２期	出水期	P1-P2	ﾄﾗｯｸｸﾚｰﾝﾍﾞﾝﾄ工法
３期	非出水期	P3-P4	ｸﾛｰﾗｸﾚｰﾝﾍﾞﾝﾄ工法
４期	出水期	P2-P3	ﾄﾗﾍﾞﾗｸﾚｰﾝ張出し架設

⑵　河川区域内の大規模ヤード造成

P3-P5間の架設は河川区域内を施工ヤードとし、架設用大型クレーンの分解組立や架設用クレーンの移動・据付および桁等運搬車輌の河川区域内搬入のため、河川区域内のヤード造成が必須であった。造成数量は約20,000㎡であり非出水期の限られた期間での施工に対し、荒天等による工程遅延が懸念された（**図-２**）。

⑶　P2-P3径間の架設工法

P2-P3間は有地川および才町川の渡河部に位置している。当該河川の川幅は各々約25m、10mの小規模な河川であり、施工時の河川通水断面確保等のため河川区域内への仮設構造物や施工ヤードを設けることが不可能であり、当初計画では、P2

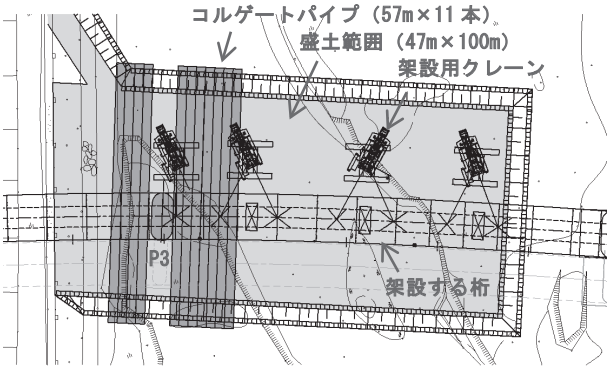


図-２　当初計画の盛土範囲

およびP3から２基のトラベラクレーンを使用した張出し架設工法で計画されていた。トラベラクレーン工法の採用により河川区域内に施工ヤードが不要となるため出水期施工が可能となるが、トラベラクレーンでの荷取り位置まで鋼桁を運搬する必要がある。一般的には最寄りのP3橋脚位置から大型クレーンを用いて桁上への荷揚げを行い、運搬台車を用いて桁上での運搬を行うが、P3橋脚は河川区域内であり、出水期に大型クレーンの設置が出来ないため、河川区域外のP5橋脚位置から約230mの桁上運搬が必要となる。架設ブロックごとの鋼桁の長距離運搬および運搬台車用軌条設備の設置・撤去に伴う施工効率の低下による全体工程への影響が懸念された（**図-３**）。

３．工夫・改善点と適用結果

本工事の課題は、①河川区域内施工時期の制約による全体工程の間延び、②施工時期ごとの施工物量の増減が大きいことであるため、施工ヤードの計測を行い、架設用クレーンの配置場所の再検討を行うとともに、クレーン配置に伴う施工時期の制約条件を再整理することで全体工程の短縮を行った。

⑴　P2-P3径間の架設工法・架設時期の変更

当初計画においては、当該径間の隣接径間桁上から２基のトラベラクレーンによる張出し架設工法が採用され、最終の４期（２回目の出水期）で施工する工程計画となっていた。工事全体の工程短縮を図る上で、出水期・非出水期の制約を受けないトラベラクレーン張出し架設工法を採用しているP2-P3径間を、３期（２回目の非出水期）にP3-P4径間と並行で施工することで工程短縮を図ることとした（**図-４**）。

具体的には、P2橋脚側から1/2径間分は当初計

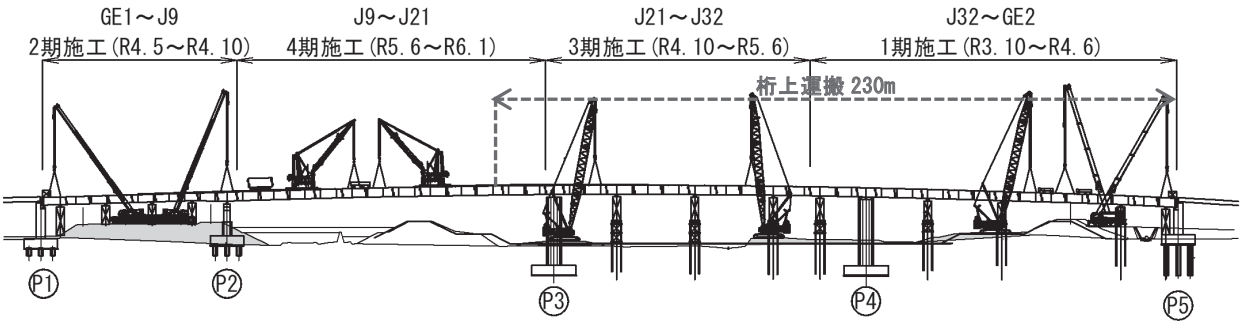


図-３　当初架設計画

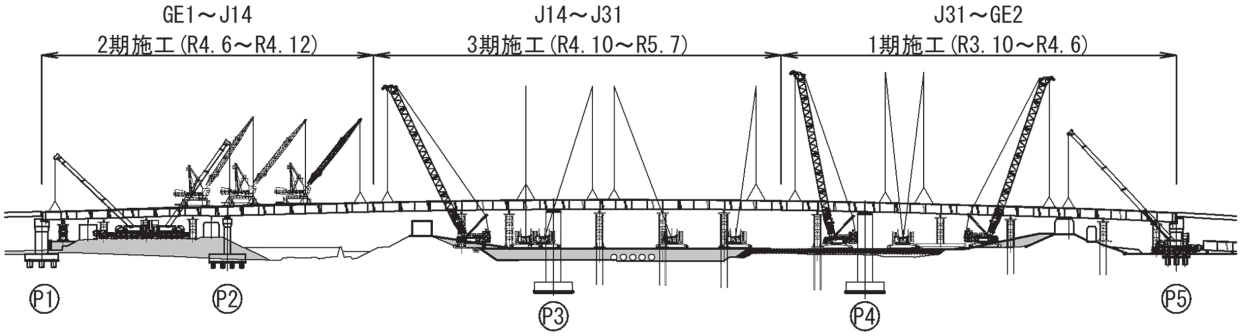


図-４　変更後の架設計画

画通りトラベラクレーン工法にて架設し、P3橋脚から1/2径間分は３期（２回目の非出水期）施工時にP3-P4径間の架設用クレーン（350t吊クローラクレーン）を用いて河川区域内から架設する計画に変更した。架設工法の変更に伴い、閉合ブロックの架設について設計面からの見直しを行った。

P2-P3間の架設の閉合継手は径間中央部となるが、当初設計からヒンジ連結の設計思想であったことも踏まえ、閉合時に継手が鉛直となる形状になるように製作キャンバーを設定した。また、継手形式は高力ボルト継手であること、架設時期が比較的温度影響を受けない時期であったことを踏まえ、継手隙間を20㎜で設定し、架設時の隙間確保のために一般的に行う橋桁全体のセットバックなどの作業を回避した。さらに、２期施工完了から３期施工での閉合作業まで、２期施工で架設した橋桁が長期間張出し状態のままとなるが、P2橋脚部の支承を先行して固定する条件で、風荷重および地震荷重による照査を行い橋体の落下に対する安全性を確認した。

この計画変更により、P2-P3径間の架設を約６ヶ月前倒しして着手することができた。また、P3橋脚側の架設用クレーンを桁上に配置するトラベラクレーンから地上に配置するクローラクレーンに変更したことにより、トラベラクレーン本体および部材運搬台車走行用の軌条設備を大幅に削減することができ、P2-P3径間の架設に要する施工期間を約2.5ヶ月短縮することができた（**図-５**）。



図-５　河川区域内からの架設状況

⑵　河川区域内ヤード造成数量の削減

当初計画において、約20,000㎡のヤード造成が必要であったことに加え、P2-P3径間の1/2径間分の架設を３期（２回目の非出水期）に河川区域内から架設する計画に変更したことにより、非出水期施工の制約を受ける期間の施工物量が増加することとなり、非出水期終了日（＝河川区域内施工完了期限）への遅延が懸念された。

非出水期における河川区域内施工のクリティカル工程を検討したところ、河川区域内ヤードに進入するための工事用道路の造成、河川区域内ヤードを構築するための盛土等のヤード造成・復旧に要する日数が非出水期期間の約50％を占めていることが分かった。これより、作業ヤード造成に着目して施工物量削減の検討を行った。

１）河川区域内ヤード盛土量の削減

P3-P4径間施工時における河川区域内ヤードの盛土は、当初計画では10,700㎥で計画されていた。当初計画におけるヤード造成の必要範囲を確認したところ、ベント基礎杭の打込・引抜において、基礎杭に近接した位置にクレーンが配置できるよう、桁下の範囲も盛土を行う計画とされていた。そこで、ベント基礎杭の打込・引抜を大型クレーンで行うことに変更し、ベント基礎杭は流水部配置することで、桁下範囲の盛土を解消した。

さらに、架設用クレーン分解組立や、桁架設時のクレーン配置および部材運搬車輌の搬入に対して、必要な範囲のみ盛土する計画に見直しを行い、河川区域内のヤード造成範囲を約40%削減した。

２）コルゲートパイプ延長の削減

当初計画において、河川区域内ヤード盛土部は総延長627㎜のコルゲートパイプを埋設し、河川の常時流路を確保する計画であった。そこで、前項の盛土範囲の縮小に伴い、埋設するコルゲートパイプ長もヤード形状に合わせ、必要最小限とすることとした。当初計画におけるコルゲートパイプの配置本数（11本）の根拠を確認したところ、必要通水量に対して余裕をもったパイプ径と配置本数で設計されていたことから、河川管理者との協議

を経て適正な本数（５本）に見直しを行った。

さらに、コルゲートパイプ上は架設クレーンの走行路としての使用に限定することで、コルゲートパイプ長も57m/本から21.6m/本に縮小した。この結果、コルゲートパイプの総延長を82%削減した（**図-６**）。

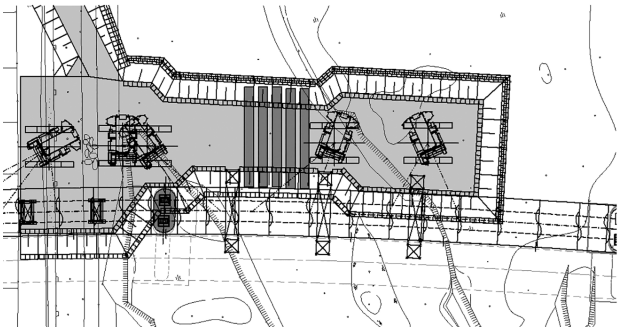


図-６　変更後の盛土範囲

⑶　施工管理における更なる工程遅延対策

施工時期の変更により、限られた期間での鋼桁架設数量も増加したため、施工管理業務においても工程遅延対策を行った。

鋼桁の架設においては、架設ステップごとに出来形計測を行い、都度調整を行う必要がある。本橋は曲線桁であり、さらに橋長が長いため、桁の温度伸縮に伴うねじれが顕著に表れる。一般的には温度影響の少ない早朝に計測し調整を行うが、計測誤差排除のための複数回の繰り返し計測は労力への負担が大きい。そこで、本工事では架設範囲全体が見渡せる位置に計測機器設置ステージを配置し、自動追尾式トータルステーションで架設出来形の３次元自動計測を行った。さらに、橋体の温度計測も同時に行い、設計管理値の温度補正を同時に行うことで、リアルタイムに架設精度をパソコン画面に表示し管理した（**図-７**）。

⑷　工程短縮効果

前項までの工夫と改善により、工事全体で6.5ヶ月の工程短縮を行った（**図-８**）。



図-７　計測機器設置ステージ

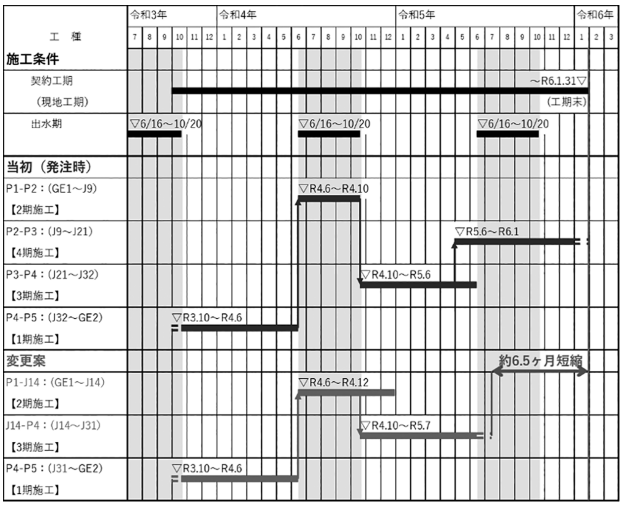


図-８　当初・変更工程表

４．おわりに

本工事は、河川区域内施工（非出水期施工）の時間的制約の大きい工事ではあったが、当初計画内容の根拠を整理し、工事の全体像から順序良く紐解いていくことで、工事物量の平準化とともに全体工程を短縮し、無事故無災害で工事を終えることができた。工事物量の平準化により工事従事者や機材の確保を容易にし、工程短縮により近隣地域住民への社会的影響を最小限に抑えることができた。本稿が今後の同種工事の施工検討に際し一助となれば幸いである。

最後に本工事を計画・施工するにあたり、ご指導・ご協力頂きました広島県の皆様方をはじめ、関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

14 施工計画

ニールセンローゼ橋のケーブル取替工事

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
現場代理人　木 村　将 浩○
設計担当　大 口　真 司
設計担当　竹 嶋　竜 司

1．はじめに

本橋は山形県飯豊町の白川湖上に架かるニールセンローゼ橋であり（**図-1**）、本工事の着工時には建設されてから49年が経過していた。ケーブルと定着桁は雨水により激しく腐食しており、素線が破断しているケーブルも見られた。これを受けて本工事以前にケーブル張力をバイパスする部材（**図-2**）を取付ける応急復旧工事が行われており、本工事では既設橋の長寿命化を図るためにケーブルとケーブル定着桁を取替えた。

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３年７月５日～
　　令和４年11月30日



図-1　中津川橋全景



図-2　バイパス材設置状況

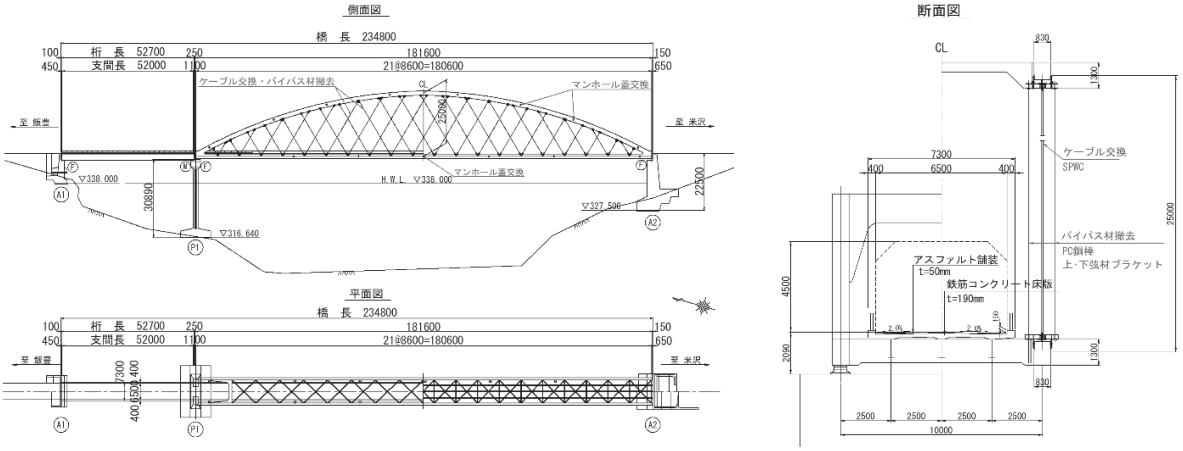


図-3　橋梁一般図

2．現場における問題点

2-1　供用下での施工

本橋の近くには集落があり、市街地を往来するためには本橋を通るか、かなり迂回して危険な峠道を通らなければならない。集落に住む人たちにとって本橋は重要なライフラインであったため、通行止めおよび車線規制を最小限に抑えた施工が求められた。

2-2　足場

桁の側面および下面にあるマンホールやアーチリブ側のケーブル定着部へは吊足場がないとアクセスができないが、チェーンをかけられるような足場用吊金具等はついておらず、安全な足場を構築するための検討が必要であった。

2-3　定着桁撤去および設置

補剛桁内のケーブル定着桁は、定着桁とダイアフラムが干渉しており、取り出すことができない状態になっていることが明らかになった。さらに定着桁はケーブルを伝わって進入した雨水が溜まるため特に腐食が激しい箇所であり、ケーブルの座金と定着桁を固定しているボルトは取外すことができないほど腐食が進行していた。

2-4　ケーブル撤去

旧ケーブルはガス切断によって撤去するが、バイパス材への急激な張力移行を避け、安全に作業するためにも切断時は張力を解放する必要がある。ケーブルの端部をジャッキで引っ張り、シムプレートを抜いて張力を解放することはできるが、損傷している旧ケーブルに今以上の負荷をかけると破断につながる恐れがあるため、切断時に張力を解放でき、なおかつバイパス材へ徐々に張力を移行できるような別の方法が必要であった。

2-5　ケーブル張力管理

ニールセンローゼ橋は高次の不静定構造であり、仮ケーブルとしてバイパス材を有する本橋は、それぞれのケーブル張力のバランスが複雑となる。ケーブルの張力は橋梁の安定性に直結するため、ケーブル撤去作業から全ケーブルを架設するまでの各ステップにおける張力管理が必要となる。

3．工夫・改善点と適用結果

3-1　供用下での施工

通行止めを最小限にするために施工パーティーを増員した。さらに一般車両は道路の中央を交互通行させたことで、両側の作業を規制の盛替え無しで同時に作業が可能になり、供用下での車線規制を最小限にできた。

3-2　足場

アーチリブ側のケーブル定着部とマンホール用の吊足場は、アーチリブの天端に溝形鋼を渡して、そこからチェーンをかけた。足場荷重のバランスが崩れても溝形鋼が転倒しないようにフランジに孔明してボルトで固定した（**図-４**）。



図-４　アーチリブ足場設置状況

3-3　定着桁撤去および設置

定着桁の撤去は、座金の固定ボルトが腐食して取外すことができず、さらにダイアフラムと干渉して取り出せないことから、ガス切断によって定着桁を分割して撤去することとした（**図-５**）。

新設の定着桁は撤去時と同様に払い込みが課題となる。定着桁は補剛桁付きのリブと添接する構造になっているが、既設の定着桁とリブはダイアフラムに近い面で添接されていた。このことが取出し時の干渉する原因になっていたため、新設ではリブの添接面を既設の裏面にすることで部材の取回しに余裕ができ、ダイアフラムとの干渉を避けて施工することができた。

3-4　ケーブル撤去

張力が残っている旧ケーブルを安全に切断する

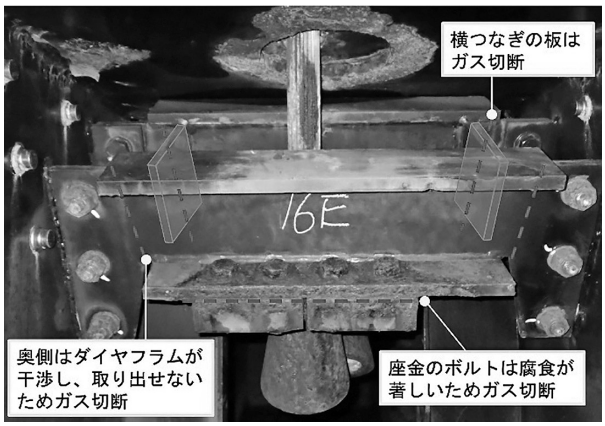


図-５　既設定着桁撤去時のガス切断位置

ために、切断箇所の張力だけを解放するような治具を製作した（**図-６**）。これはケーブルの切断区間に治具を設置し、その治具に取付けたPC鋼棒をセンターホールジャッキで引っ張ることで、切断区間の旧ケーブルに作用していた張力が徐々にPC鋼棒に移行される仕組みになっている。旧ケーブルの切断後、ジャッキを解放していくと、既設バイパス材のPC鋼棒へと張力が移行し、安全に作業が完了した。

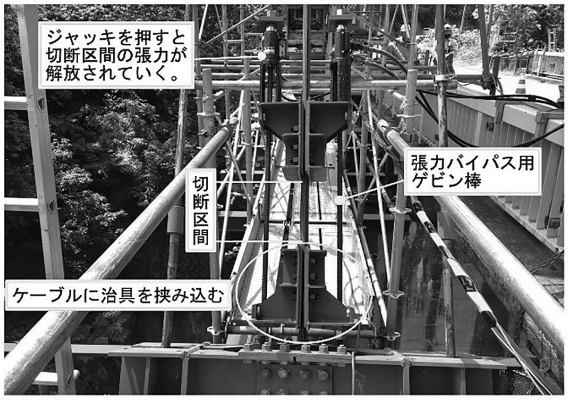


図-６　ケーブル切断用張力バイパス治具

3-5　ケーブル張力管理

⑴　既設ケーブルの張力計測

計測は桁温が安定している夜間に加速度計を用いた振動法を実施し、キャリブレーションのために数本のケーブルを対象としたジャッキ法を実施した。これらより得られたフーリエスペクトル波形の一例を**図-７**に示す。この図に見られるような波形の乱れが既設ケーブルで全体的に確認され、さらに推定した理論値よりも張力が低めの傾向であることが分かった。原因としてケーブル素線の腐食による減肉や部分的な破断がケーブル振動に影響していると考えられる。

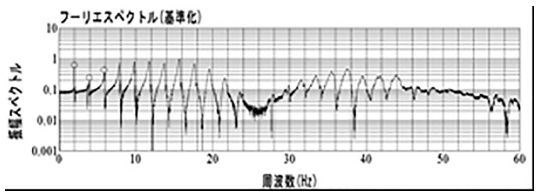


図-７　フーリエスペクトル分析結果

⑵　新設ケーブル張力の管理値

立体骨組み解析にて各施工ステップを再現して新設ケーブル張力の設計値を算出し、それを基に以下の管理目標値を設定した。

・上限目標管理値

活荷重など全載荷ケースの中で想定される最大荷重と、ケーブルの許容荷重（破断荷重 /3.5）の差の50％を設計値に足して、安全側の上限目標管理値を設定した。

・下限目標管理値

本橋はケーブルを有する高次の不静定系構造である。ケーブルの張力が抜けた場合、ケーブル張力のバランスが大きく変化してしまう。そのため、下限目標管理値に関しては厳しめの設定とし、設計値の90％までを下限目標管理値とした。

⑶　新設ケーブル架設

新設ケーブルの架設要領図を**図-８**に示す。ケーブルは井桁巻きのケーブルドラムをターンテーブルに設置して展張した。先端はアーチリブ吊足場の溝形鋼に設置したホイストで誘導し、中間部は隣接するケーブルやバイパス材と接触しないようにクレーンで介錯した。アーチリブ内には既設のケーブル引き込み用吊環がついており、そこにレバーブロックを設置し桁内へ引き込んだ。

⑷　張力導入

アーチリブ内は狭隘であり、センターホールジャッキを仕込むだけのスペースがなかったため、反力梁を使うことでケーブル緊張設備をコンパクト化した（**図-６**）。またアーチリブ内で厳しい姿勢になっていても人力で運搬から設置までができるような設備とした。

カプラーはケーブル先端のソケットに取付け、

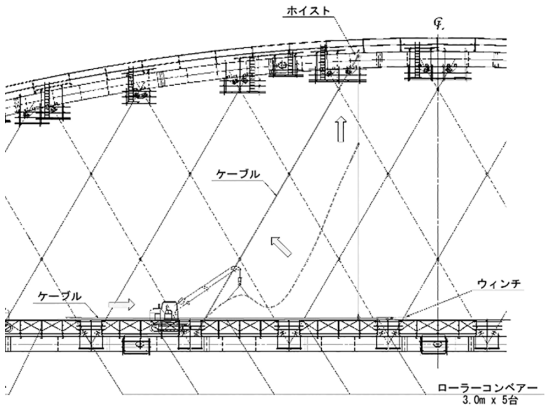


図-８　新設ケーブル架設要領図

上部にはPC鋼棒を取付ける。そのPC鋼棒が反力梁を貫通し上部をナットで固定することで、これらがケーブルと一体となり、反力梁とケーブル座金の間に仕込んだジャッキが梁を押すことでケーブルに張力が導入されていく仕組みである。

張力はシムプレートの厚みによって調整するため、予め立体骨組解析を用いて各ケーブルの影響値マトリックスを作成し、張力計測結果からシムプレート厚を算出した。

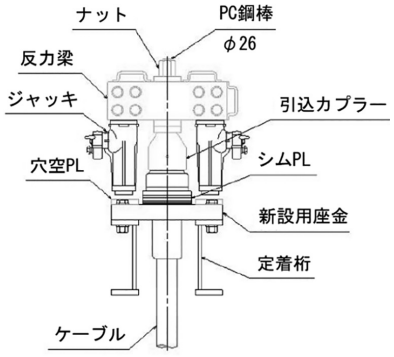


図-９　ケーブル緊張設備図

(5)　出来形管理

張力導入時はジャッキ反力を確認しながら、算出した厚み分のシムプレートを入れた。全ケーブルの張力を導入した後は振動法により張力を計測し、管理目標値の範囲に入っていないケーブルに関しては再度シムプレート厚を調整することで張力の管理値を満たした。

また、キャンバーに関しては応急復旧工事の情報から推測した建設当時のキャンバー形状を基準として、ケーブルの撤去から張力導入までの各ステップで確認しながら管理した。張力導入後のキャンバー値を**図-10**に示す。目標値と比較すると概ね形状が一致していることが分かる。

以上の管理を行った結果、張力およびキャンバーを管理値内に収めることができた。

４．おわりに

本工事のようなニールセンローゼ橋のケーブル全数取替工事は国内初であり、構造の複雑さや狭隘部での施工に対して、様々なリスクを想定した防止策や緊急時の対策など、前述した内容以外にも多くの検討を行たが、その甲斐があって無事に竣工することができた。

最後に本工事にあたって、ご指導・ご協力いただいた関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

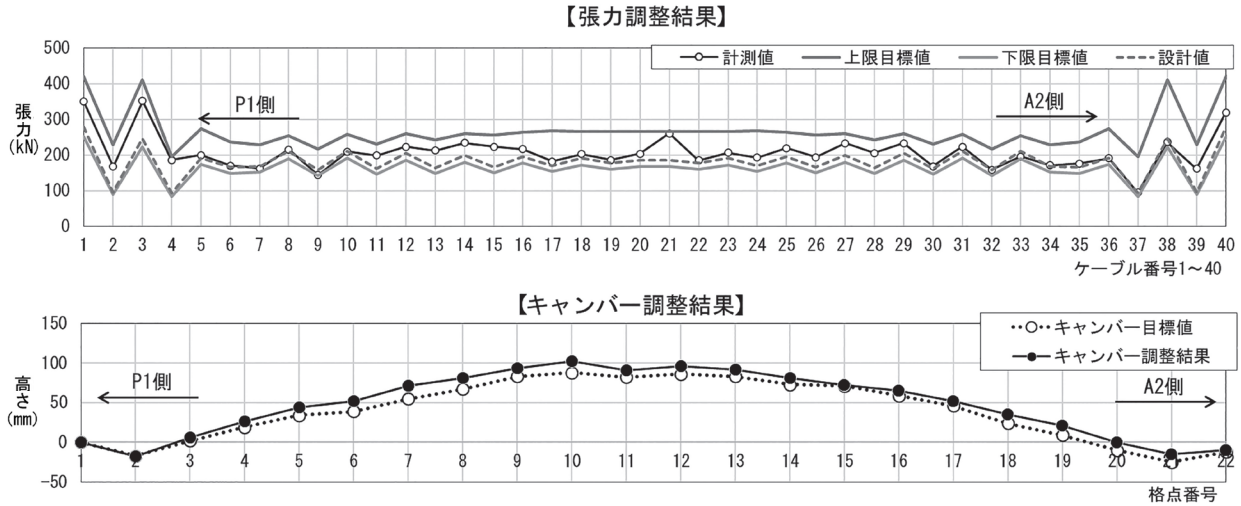


図-10　調整後のケーブル張力とキャンバー

15 施工計画

送電線直下における定置式水平ジブクレーンの活用と効果について

(一社)北海道土木施工管理技士会
萩原建設工業株式会社
現場代理人　早川　剛史○
監理技術者　江本　啓二
現場担当者　上野　みなみ

1．はじめに

本工事は、北海道黒松内町を起点とし小樽市、札幌市、夕張市、帯広市を経由し網走市を終点とする北海道横断自動車道のうち、陸別ICから小利別IC間を施工する道路改良および橋梁下部工事である。

工事概要

⑴　工 事 名：北海道横断自動車道
　　陸別町　陸別改良工事
⑵　発 注 者：北海道開発局　帯広開発建設部
⑶　工事場所：北海道足寄郡陸別町
⑷　工　　期：令和５年４月３日から
　　令和６年２月８日まで

陸別町から北見市方面へ向かうための陸別ICにおける陸別IC橋のうち、A2橋台の施工が主となっており、その施工に活用した定置式水平ジブクレーン42K.1/J（**図-１**）（以下：ジブクレーン）について、活用の経緯と効果をまとめる。



図-１　定置式水平ジブクレーン　42K.１/J

2．現場における問題点

本橋台施工部の上空には送電線が架線しており、施工方法を検討する上で以下の問題点があった。

2-1　送電線位置の計測に関する問題点

ラフテレーンクレーンでの施工は上空に送電線があるため、送電線を踏まえた作業計画を実施することとした。そのため、送電線の位置や高さの正確な位置を把握する必要があった。そこで昨今主流となっている空中写真測量による点群データの取得を試みたが、送電線が上空にあることと、線が細過ぎることにより計測できないという問題点があった。そのため、いかに正確な送電線の位置を計測するかが課題であった。

2-2　クレーン作業において送電線が支障となる

クレーンの据付位置は効率的な施工のため重要となる。本橋台は前面に川があるためクレーンヤードの候補は橋台の左右と背面の３か所（**図-２**）となる、そのうち送電線は橋台左側と背面側の２か所の上空を斜めに通っているため、クレーンが送電線と接触することが懸念された。そのため、いかに送電線とクレーンが接触しない作業をするかが課題であった。

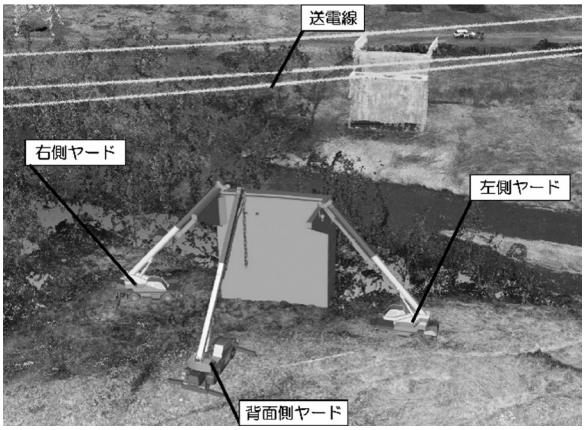


図-２　3Dモデルによるクレーンヤード検討

３．工夫・改善点と適用結果

3-1　工夫・改善点

3-1-1　レーザースキャナー搭載型ドローンによる計測

送電線の正確な位置を把握するためレーザースキャナー搭載型ドローンにより計測を行った。空中写真測量では取得することができない送電線の点群データを高精度に取得することができ、クレーンの据付位置やジブの高さや旋回範囲の制限を検討することが可能となった。

3-1-2　3Dモデルを用いたシミュレーション

検討には取得した点群と作成した橋台や足場の3Dモデルを用いた。なお、送電線は触れることがなくても、安全距離内に入るだけで通電してしまうため安全距離を「見える化」することで、より緻密な作業計画を実施することが可能となった。

シミュレーションの結果、クレーンの作業範囲において送電線が安全距離内に入り、送電線に触れてしまうことが分かった（**図-３**）。

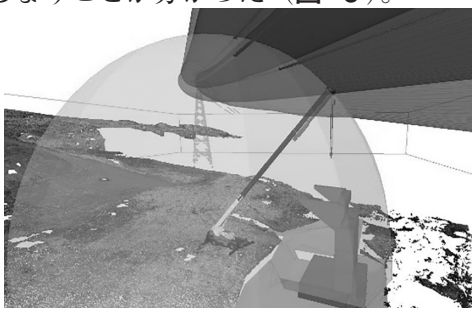


図-３　25tラフテレーンクレーン最大作業範囲（水色半球）と送電線安全距離（赤円筒）の関係

このことにより、ラフテレーンクレーンでの施工は、人的ミスなどにより送電線と接触するリスクがあると判断し、そのリスクを回避するためジブクレーンによる施工方法を検討した。

ジブクレーンは定置式で現場に存置し、水平ジブの360度旋回、トロリーの横行、フックの巻き上げ及び巻き下げにより吊荷の移動を行うクレーン（**図-４**）である。ジブクレーンの半径36m内に支障物があると、旋回範囲が限られてしまいパフォーマンスに影響が出てしまう。そのため再度3Dモデルを用いてシミュレーションを実施した。

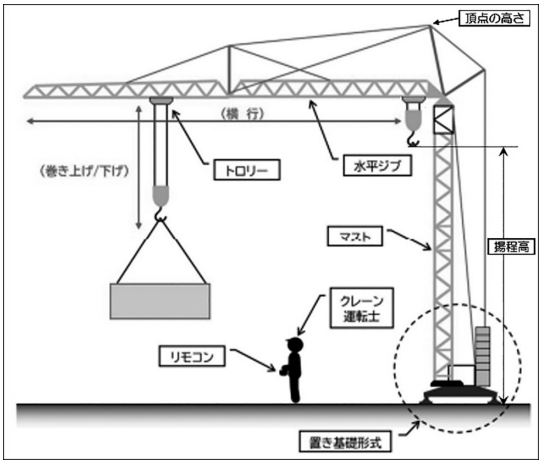


図-４　ジブクレーンによる作業概要①

ジブクレーンの揚程高は12m～26mの間で選定できる。これは、あくまで揚程高でありジブクレーン自体の高さではない。上記の高さにおよそ６ｍを足した高さがジブクレーンの頂点の高さとなる。使用にあたっては、頂点の高さが送電線の安全距離未満で且つ揚程高が構造物および足場より高くなるように設定する必要があった（**図-５**）。

ここまでの検討により、送電線と接触するリスクを回避できるクレーンは、揚程高を12mとしたジブクレーンとなった。

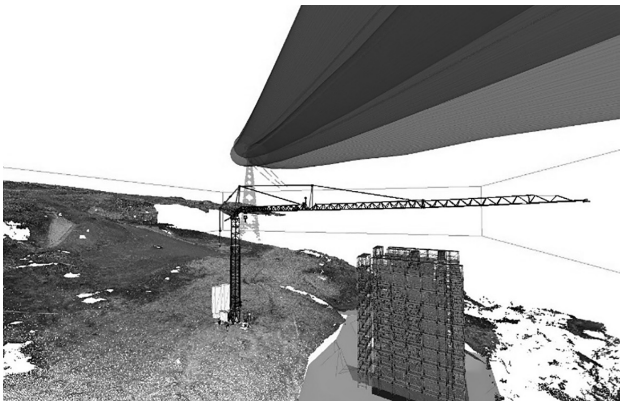


図-５　ジブクレーン設置シミュレーション

3-2　適用効果

3-2-1　ジブクレーンの活用効果

Ⅰ）安全性

定高式であるジブクレーンは、ジブの起伏を行わずに旋回とトロリーの横行により資材運搬を行うことから、送電線との接触リスクを回避できた。

さらに、無線リモコンによる運転は合図間違いなどの人的ミスや、移動式クレーンで発生していた運転士からの死角も無くすことができ、安全性が向上した（**図-６**）。

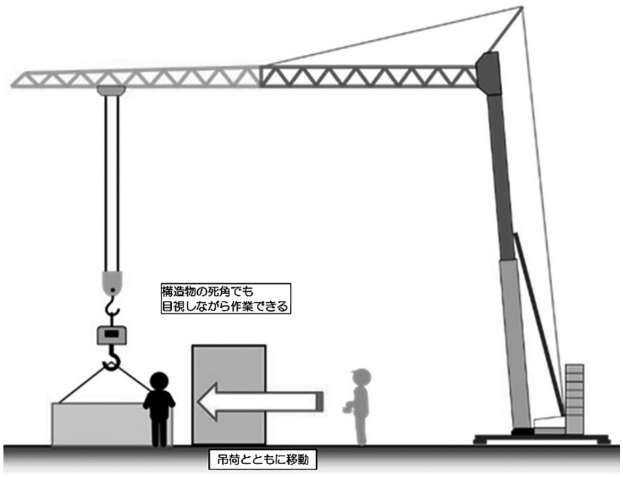


図-６　ジブクレーンによる作業概要②

Ⅱ）施工性

ジブクレーンは、作業半径の広さにより資材ヤードを広く確保することも可能となった。これは、進捗に応じてクレーン位置を変更する必要がある移動式クレーンと異なり、移動する導線を確保する必要が生じないためである。

さらに、36m先で1.0tの吊荷を揚重できる能力は70t吊り級の移動式クレーンに匹敵し、本橋台のように1.0t未満の資材が多い構造物に適している。

無線リモコンによる運転は、従来３名（クレーンオペレーター、玉掛者、玉外し者）で行っていた作業を１名で行えるため、ほかの人員が各作業に入ることができる。また、運転士と作業員の意思疎通が不要となることで、一つ一つの作業にタイムラグが発生しなくなり作業効率が向上する。これらのことから生産性向上が図れた。

Ⅲ）働き方改革

ジブクレーン最大のメリットとなる“定置式”であることは、職員・作業員間のクレーン手配に係る手間を軽減する。このことは私自身もノンストレスで非常に楽であった。同時にクレーン待ちによる作業の遅れが生じないため、工程の短縮が期待できる。また、常にクレーンがあるという状況は、資材の片づけやコンクリート打設段取りなどの従来人力で行っていた過負荷作業を軽減することができ、作業員の負担を減らすことができた。

3-2-2　今後の課題

ジブクレーンは、運搬・組立解体にコストが掛かり、ランニングコストは抑えられているものの、移動式クレーンと比較すると割高になっているのが現状である。ジブクレーンと移動式クレーンの費用分岐点はジブクレーンを主として使用している欧州が１か月、日本では４か月と大きく異なる。原因としては、ジブクレーンの組立方法にある。欧州ではジブクレーンを分割せずに牽引して搬送され、組立を行う（**図-７**）。



図-７　牽引による搬送（欧州）

一方、日本では道交法等により欧州のような搬送方法は採用できないため、ジブクレーンをマストおよび水平ジブと下部旋回体に分割してトレーラー等で搬送し、25t級ラフテレーンクレーンにて組立を行う（**図-８**）。

橋台のような構造物は規模にもよるが一般的に２～４か月で完成するため費用の分岐が発生しない。これを解消するには欧州と同様な組立方法を採用することや、一般に普及・認知されていないジブクレーンを広めていく必要がある。

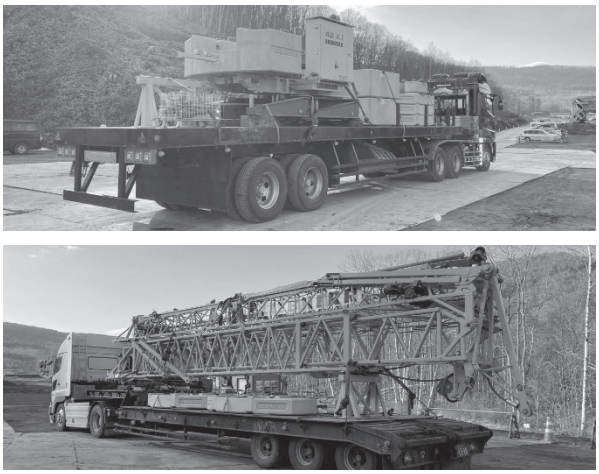


図-８　トレーラーによる搬送（日本）

3-2-3　職人の声

実際にジブクレーンを使用した職人からも定置式であり現場に存置することで、「クレーンを使用したいときに使用できるため助かる」や、「クレーンの手配が不要で楽だ」といった声、足場周辺の片づけをしている際に、広い作業半径を実感した職人が、「会社の土場に欲しいな」との声を聞くことができ、我々と同様にメリットを感じていることを実感した。

対して、トロリー横行時に資材の荷ブレが大きいことや、運転・玉掛・玉外しを１名で行うことで、運転手１名は足場の昇降回数が増え負担になるといった声もあった。これらはジブクレーンを“使いこなせていない”ことが原因としてあり、使用を重ねることで改善されていった。

良い意見はジブクレーンならではのものであると感じ、悪い意見は経験が不足していることによる意見であると感じた。

４．おわりに

本工事は、北海道横断自動車道網走線の中でも注目度の高い工事であった。その中で多くの視察、見学会を開催し、多くの人にジブクレーンを見て、触れていただくことができた。発注者からのジブクレーンを活用するためにはどのような課題があるか、実際の活用効果はどの程度か等の質問を受け、ジブクレーンへの期待を感じることができた。

移動式クレーンの運転士も高齢化が進んでおり、担い手の確保が必要となってくる中で、本稿が定置式水平ジブクレーンを普及させる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いただいた帯広開発建設部帯広道路事務所の方々、ご協力いただ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。

参考文献

定置式水平ジブクレーン活用の手引き（案）、令和５年６月、Ver。1。00

国土交通省 国土技術政策総合研究所 社会資本マネジメント研究センター 社会資本システム研究室
https://www。nilim。go。jp/lab/pbg/jib/jib2。4。htm

LIEBHERR　ホームページ

Home > Products > Construction machines > Tower cranes > Fast-erecting cranes > K cranes
https://www。liebherr。com/en/gbr/products/construction-machines/tower-cranes/fast-erecting-cranes/k-cranes/the-k-series/the-k-series。html

16 施工計画

ニールセンローゼ橋の自走式多軸台車による一括架設

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　崎野　雄仁○
監理技術者　多和田　彩人
計画担当　岡本　道雄

1．はじめに

本工事は、名鉄河和線・高横須賀～南加木屋の新駅設置事業における中路ニールセンローゼ橋の製作・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：河和線　高横須賀～南加木屋駅間（都）養父森岡線立体交差及び新駅設置事業に伴う本線土木（その3）工事
(2) 発 注 者：名古屋鉄道株式会社
(3) 工事場所：愛知県東海市加木屋町鈴井田
(4) 工　　期：自）令和3年10月26日
　　至）令和6年05月31日

2．現場における問題点

本工事は、**図-1**に示すとおり、橋長66mのうち両端の補剛桁及びアーチリブ基部の1ブロックを除く58mを地組し、自走式多軸台車（以下、多軸台車）にて一括架設を行う計画である。

施工条件に基づき、架設に伴う課題を次に示す。

(1) 地組時アーチリブの閉合計画

アーチリブ閉合は工程上のクリティカルパスであり、全体工程に大きな影響を及ぼす。施工誤差を吸収する方法を事前に検討する必要があった。

(2) 多軸台車一括架設

多軸台車による一括架設は、主要地方道である県道55号線を交通量の少ない休日の夜間に通行止め規制を行い、限られた時間内で架設を完了する必要があった。

(3) 施工時荷重を考慮した養生計画

多軸台車を用いた架設であるので大きな反力が設備接地部に作用する。そのため、各作用力に対する地盤耐荷力の確認及び多軸台車走行部の埋設管照査を行う必要があった。

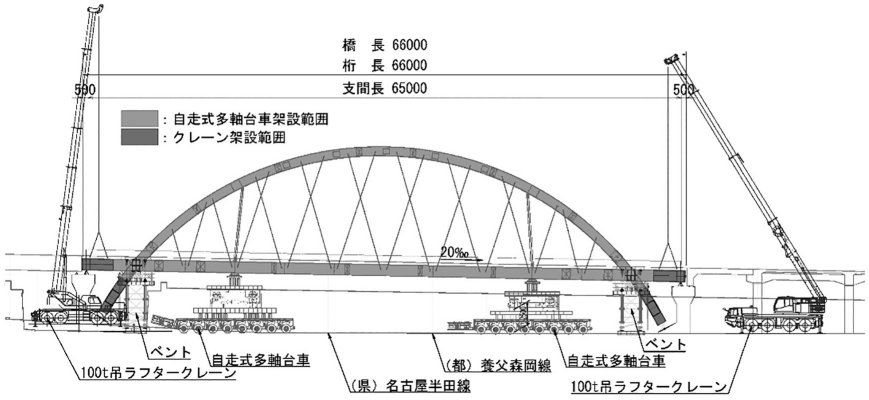


図-1　架設計画図

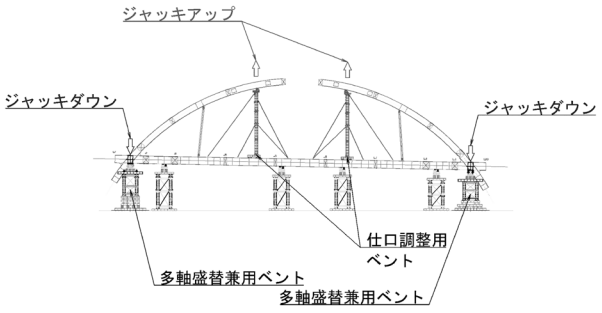
3．工夫・改善点と適用結果

⑴　地組時アーチリブの閉合計画

アーチリブ閉合前に以下の項目を測定して落とし込み架設を行った。

・アーチリブジョイント間距離
・アーチリブ閉合ブロック長さ
・アーチリブ高さ
・補剛桁のキャンバー

閉合ブロックの設計構造では、ジョイントの片側隙間10㎜、ボルト孔26.5㎜の拡大孔である。計測結果よりジョイントの隙間は７㎜狭く、ジョイントの角度は下向きに垂れ下がっている状態であった。当初、閉合ブロック部に設置した仕口調整用ベントのジャッキ操作により仕口調整する計画であったが、調整効果が小さいことが判明した。そのため、**図－２**に示すとおり、追加処置として多軸盛替兼用ベントでジャッキダウンすることで、アーチ全体を変形させることが可能となり施工誤差に対する調整が可能となった。



図－２　閉合部調整要領図

上記対策により円滑に落とし込み架設を行うことができた。

⑵　多軸台車一括架設

多軸台車一括架設では、地組ヤードから架設位置まで一般道を走行する。通行止め規制のため、警察署と協議を行った結果、下記の条件のうえで道路使用許可を得た。

・鈴井田３号線（市道）　　：９時～翌６時
・旧県道55号線　　：20時～翌６時

１）多軸台車本工事仕様

①　多軸台車編成・諸元

・８軸台車パラレル連結
　前方、後方配置　全32軸使用
・移動速度：1.0m/min ～ 1.0km /h
・最大積載能力：60t/１車軸あたり

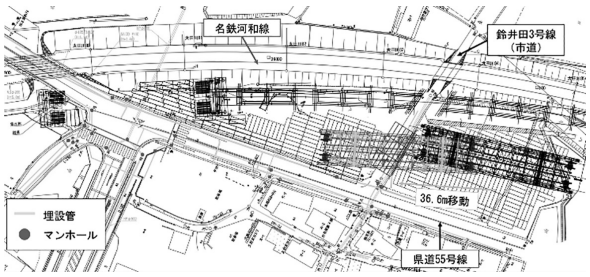
②　ユニットジャッキ諸元

・ユニットジャッキ：４台使用
・最大せり上げ能力：270t/１台あたり

２）多軸台車移動

Step１　地組ヤード内移動

図－３に地組ヤード内走行計画図を示す。９時に市道通行止め後、地組ヤード内を多軸台車36.6m前進、市道を跨ぐ形で20時まで待機する。



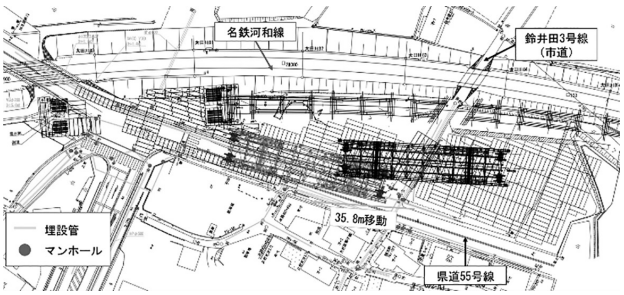
図－３　地組ヤード内走行計画図

Step２　敷鉄板敷設

20時に旧県道55号線を全面通行止め後、道路上の多軸台車走行路となる埋設物箇所に敷鉄板敷設及び走行路マーキングを行った。

Step３　交差点前まで移動

図－４に県道上走行計画図を示す。交差点付近まで35.8m移動を行う。交差点進入前にP3橋脚と電柱との離隔が狭いため、既設物との干渉がないか目視及び無線を取り合い、交差点内に進入する。



図－４　県道上走行計画図

Step４　交差点内への進入

図－５に交差点内進入計画図を示す。架設地点は丁字路の交差点と鉄道の営業路線があり、狭隘

かつ複雑な地形である。そこで61.2m移動し、交差点内まで進入を行う。

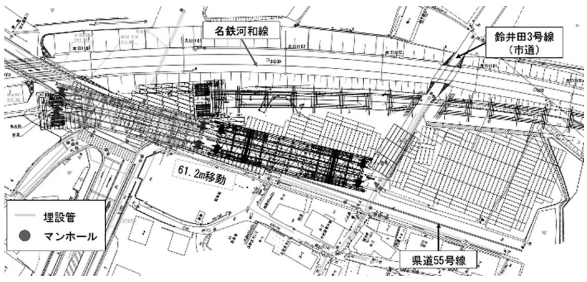


図-５　交差点内進入計画図

３）多軸台車走行管理

多軸台車の走行は、マーキングラインを確認しながら、リモコン操作を行い、変化する道路の縦横断勾配に合わせるように多軸台車を調整した。また、多軸台車によるアーチ橋の架設は重心位置が高いため、多軸台車の水平度が重要である。移動中は水平度を確認しながら、台車勾配が１％以下を条件として走行を行った。水平度に異常があった場合は、走行を中断し、油圧アクスルストロークにより調整を行い、走行を再開することとした。規制を伴う、多軸台車の架設作業は時間に制限があるため、事前準備にて平板測量を行い、走行路となる箇所の不陸及び段差を把握し、不陸整正、既設物一時撤去、養生等の対策を講じた。

４）多軸台車の退出空頭の確保

多軸台車設備の最小全高は5.4mである。架設後の桁下空間は、補剛桁下面から5.9mであるため、十分に退出空頭を確保することができる。当初計画では一括架設後に日を改めて交通規制を行い、下面防護足場を組立する計画であった。しかし、軌道引渡し日が決まっており、工程に余裕がないため、下面防護足場を吊り下げた状態で一括架設を行う方法を検討した。

下面防護足場は、架設後の作業である塗装工及び床版工を行うために必要であり、最低でも高さ900mmの作業空間を必要とする。そのため、下面防護足場を吊り下げた状態で一括架設を行い、アーチ基部と架設桁を連結した場合、多軸台車の退出は不可能となる。そこで、当初はユニットジャッキの降下によって、アーチリブの仕口を合わせる手順であったが、退出空頭を確保するため、**図-６**の桁受け計画図に示すとおり、桁受けベント設備にてアーチリブの仕口より起点側290mm、終点側500mm上げ越した状態で桁受けを行い、多軸台車退出後、100t油圧ジャッキで上げ越し分をジャッキダウンして桁降下を行う計画に変更した。

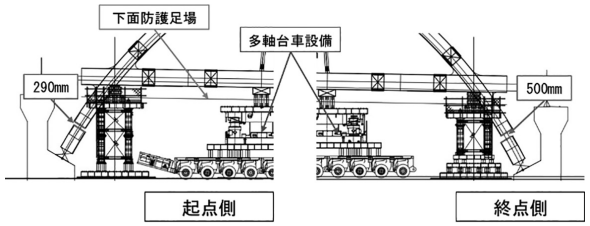


図-６　桁受け計画図

多軸台車退出後に架設桁とアーチリブ基部を連結するためには、架設桁と一体にした桁受けベント設備を定位置に精度よく据え付ける必要がある。時間の制約がある中で位置調整に多くの時間を費やすことができない。そこで、事前にベント基礎部と架設桁裏面のそれぞれに据え付け基準点を設けた。架設桁にレーザポインタを設置し、鉛直下向きにレーザ光線を照射することで、基準点を合わせて平面位置の調整を行った。

⑶　施工時荷重を考慮した養生計画

１）地組時ベント基部

支点支持時には架設用ベント１基あたり約140tの反力が作用する。よって、ベント基礎の地耐力は170kN/㎡以上が必要であった。現状地盤が必要地耐力を満たしているか確認するため、スクリューウェイト貫入試験を実施し、地盤の短期許容支持力を計測した。その結果、表層が粘性土、次層が砂質土で構成されており、架設用ベント基礎の地表面が地耐力170kN/㎡を下回ることがわかった。必要地耐力を下回る深度が1.4～2.3m程度であり、短期施工が可能という点から表層混合処理工法を採用した。地盤改良材の添加量は、現地試料を用いて安定処理配合試験により決定した。固化材を粉体、現地盤を軟弱土、施工機械はバックホウを条件とし、地下水を考慮して一軸圧縮強度の室内目標強度（現場/室内）強さ比を最小値

の0.3に設定した。万一に備え、施工段階ごとに各ベント基礎の沈下量の計測を行った。多点支持から支点支持となる際にベント基礎が平均４㎜沈下したため、経過観察を行ったが、それ以上沈下することはなく、施工することができた。

２）架設時ベント基部

地組ベント設備と同様に、架設ベント基礎の地耐力を確認した結果、対策が必要であった。また、基礎面積がヤード条件により、地組時より狭いため、より深く改良が必要となった。表層地盤改良工法のような掘り起こし作業の場合、道路の崩壊や路線の沈下が懸念された。そのため、周辺地盤に影響を与えない工法の選定が課題となった。

上記課題を解決するため、掘削が不要であるスラリー攪拌工法を採用することで、小さい範囲で混合処理をしながらセメントを注入及び撹拌し、地盤改良を行った。

図-７に施工状況を示す。スラリー攪拌工法を採用したことで、地盤改良時に県道の崩落及び路線が沈下することがなく施工ができた。また、一括架設完了後の経過観察でも沈下することはなく、安全に作業することができた。



図-７　スラリー攪拌工法施工状況

３）多軸台車走行路埋設物

多軸台車の走行に伴い、県道55号線の埋設管及びマンホールの強度について関係各所に確認し、対策を行った。該当した埋設物はガス管、通信ケーブル管、電力管、水道管である。

関係各所と現地打合わせを行い、多軸台車の輪荷重及び静荷重に対して下記のとおり養生対策を検討した。対策方法は、敷鉄板による荷重分散を行った。

マンホールについては、マンホールの設計荷重区分がT-25であり多軸台車の輪荷重を上回っているため、構造上問題はないが、万一に備えて敷鉄板の養生とした。埋設管については、埋設管の深さ及び種類によっては、敷鉄板を２枚重ねで養生を行った。架設当日に敷鉄板敷設位置に間違いがないように関係各所に埋設位置の道路上へのマーキングを依頼し、埋設物位置を目視で確認できるようにした。加えて、異常発生時に目視での確認が難しいガスについては、多軸台車走行後直ちにガス漏れがないかの確認を行った。関係各所と協議を行い、対策を行った結果、埋設管やマンホールに影響を与えることなく無事に架設することができた。

４．おわりに

一括架設は、県道や民家に隣接した中での作業であったが、地元住民や近隣工区の方々のご協力により、トラブル無く施工を終えることができた。

最後に、本工事において非常に厳しい工程の中、ご指導賜りました名古屋鉄道株式会社並びに東海市の方々に御礼申し上げます。



図-８　完成写真

17 施工計画

鋼斜張橋の耐震補強工事における弾性拘束ケーブルの撤去

日本橋梁建設土木施工管理技士会
瀧上工業株式会社
工事計画担当　裘　明○　監理技術者　柘植　孝之　工事担当　柿下　祐亮

1．はじめに

名港中央大橋は1998年に完成した、国内斜長橋ランキング２位の橋長1,170m、有効幅員27.5mの３径間連続鋼斜張橋である。本橋は伊勢湾岸自動車道の一部で物流の大動脈として機能しており、災害時には緊急交通路としての役割を担っている。本橋の全景を**図-１**に示す。

工事概要

(1)　工 事 名：伊勢湾岸自動車道
　　名港中央大橋耐震補強工事
(2)　発 注 者：中日本高速道路株式会社
　　名古屋支社
(3)　工事場所：愛知県名古屋市港区潮見町～
　　愛知県名古屋市港区金城ふ頭
(4)　工　　期：自）令和元年７月20日
　　至）令和５年６月28日

建設時において、当時として考えられる最大規模の地震動を考慮して設計されたが、近年発生確率が極めて高いとされる東海・東南海地震の連動を考慮した地震動による耐震性能の照査を実施した結果、各部位で耐震補強が必要となった。

そこで、本橋の耐震補強では、主塔部支承を免震化し固有周期を長周期化することで各部位に作用する応答値を低減することに加え、隣接桁との衝突しないよう移動量を制限することを基本として設計された。本稿では、耐震補強構造を「剛」から「柔」に変更するうえでの課題とその対策について述べる。



図-１　名港中央大橋全景

2．現場における問題点

斜張橋の耐震設計を考えた場合、地震時に主桁を自由に揺らしてしまえば主塔への作用力を低減できる構造となる。しかし、主桁の橋軸方向の変位量が大きくなることで主桁が隣接橋や主塔と衝突するため「橋」として機能を失うおそれがある。そのため、主桁と主塔とを連結して揺れを制御する必要がある。建設当時に採用された主桁と主塔との連結方法は、主桁と主塔とを橋軸方向に

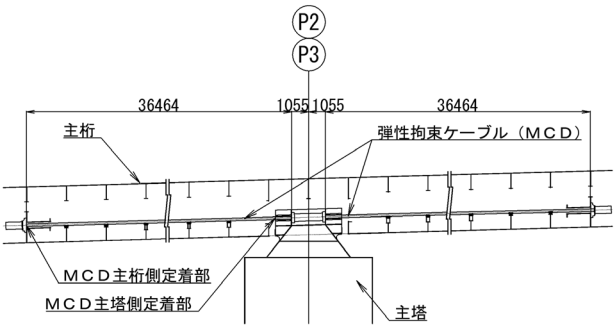


図-２　MCD概要図

弾性拘束ケーブルで弾性的に連結する方法（以下MCD：Meiko-Cable-Damper Systemと称す）であった。**図-２**にMCD概要図を示す。

発注時の本工事の設計はMCDを存置し弾性的に固定したうえで、免震支承および制震ダンパーによりエネルギー吸収を行う比較的「剛」な設計方針であった。しかし、主桁と主塔とを弾性的に連結するMCDを撤去して長周期化と減衰効果を図り、最も耐震補強効果が高い設計方針に変更された。そのため、建設時における耐震設計の重要な構造であるMCDを交通供用下で精度良く安全に撤去する方法が課題となった。

３．工夫・改善点と適用結果

3-1　安定性を考慮したMCD撤去時期

MCDをどの段階で撤去するかを事前に検討する必要があった。主桁と主塔とがMCDで連結されているため、温度変化による主桁の伸縮量に対して、両側の主塔が面外へ水平変位として追従することで、主桁と主塔との相対変位を小さくする効果がある。

免震支承への取替およびダンパーの設置において、主桁と主塔との相対変化が小さい状態で設置することで、設置精度を確保することが可能となる。そこで、施工中に橋軸方向の連結を有効とし、主桁と主塔との相対変位を最小となるようにするため、全ての新設の耐震デバイスを設置した後にMCDを撤去した。

3-2　MCDの張力計測

伊勢湾岸道路工事誌に記載されたMCDの導入張力（計画値および実測値）は、舗装や橋面工などの後死荷重が載荷されていない状態の張力であったため、供用開始時の張力および左右のケーブルの張力差が不明であった。MCDの撤去による構造変化を考慮した数値解析結果を各耐震デバイスの施工方針に反映するため、現状でのMCDの張力が必要であった。そこで、数値解析に用いるMCD張力を明確にするため、耐震補強工事を施工する前にMCDの標準温度20℃の張力を計測した。

着工前の時点で大型ジャッキにより直接ケーブル張力を計測することが困難であったため、高次振動法によるケーブル張力の計測を実施した。高次振動法とは、加速度計を用いてケーブルの振動を測定し、ケーブルの固有振動数と張力の関係から導入張力を間接的推定する手法である。MCDの主塔と主桁との定着長は37.5mであり、定着長間を2.5m間隔で支持装置により固定されている。このうち、MCD定着位置から15mまでのケーブル支持装置を取り外し、ケーブルの張力を計測した。

ケーブル張力を精度良く計測するためには、ケーブル支持装置で張力計測の対象範囲外のケーブルが確実に固定されていることが必要である。それを確認するため、**図-３**に示すようにケーブル張力計測対象範囲より外側５m区間のケーブル張力を計測した。この結果、計測対象範囲より外側のケーブルに振動が伝わっていることが判明した。そこで、ケーブル支持装置による固定を強固にするため、**図-４（b）**に示すようにナイロンスリングを追加してケーブルを固定した。ナイロン

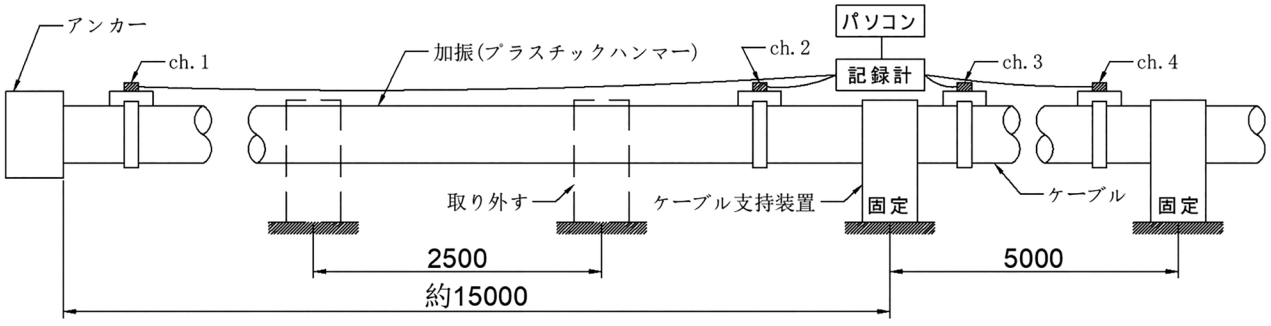


図-３　ケーブル張力測定位置

スリングでの固定により、計測対象範囲より外側５m区間（ch.3,4）に振動が伝わっていないことを確認し、15m区間（ch.1,2）の測定結果を用いて張力を推定した。



(a)加振状況　　(b)支持装置固定状況

図-４　ケーブル張力計測状況

3-3　MCD撤去に伴う主塔倒れ量

建設時において1/1500で主塔（主塔高さ190m）の倒れ量が管理されていた。MCDを撤去することにより、主塔のたおれ量の変動が想定された。そこで、MCD撤去後の主塔の倒れ量が建設時の上限値である130mm（1/1500）以内となることを耐震補強後の健全度確認の指標として確認する必要があった。また、耐震補強前の状態における初期値の確認も必要となる。そのため、耐震補強工事前後の主塔の倒れ量を解析するとともに、主塔の倒れ量および間隔を計測し、解析値との検証を実施した。

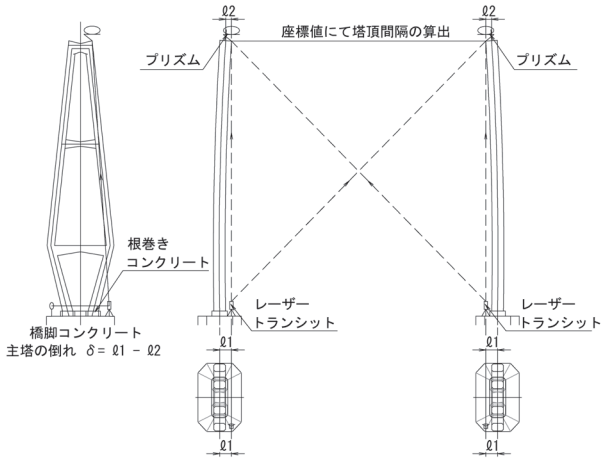


図-５　主塔の計測方法

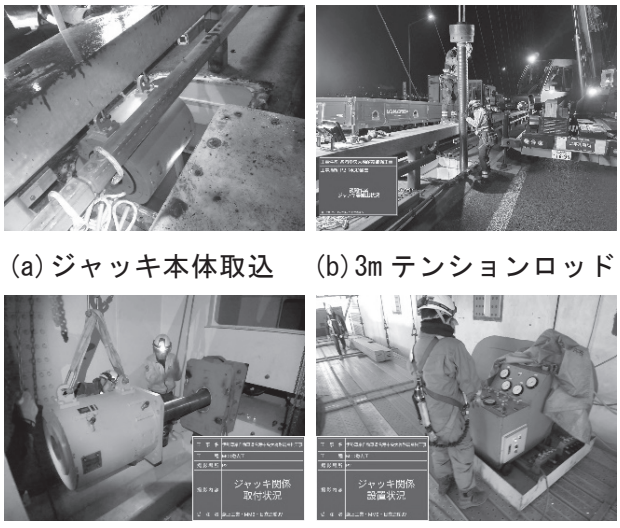
同一主塔部に設置したレーザートランシットからプリズムを視準し、倒れ量を確認した。鉛直視準距離が約200mとなり、計測誤差が生じる可能性があると考えられたので、**図-５**に示すように測量機器を配置し、対面主塔の塔頂におけるプリズムを視準する方法から得られた塔頂座標をもとに塔頂間隔を算出した。その結果と設計値とを比較し、倒れ量を確認した。

3-4　MCDの撤去による橋梁全体の移動

MCDのケーブル張力の解放で橋梁全体の急激な移動によって供用中の交通へ影響を与えないようにするため、張力解放の施工手順を検討する必要があった。片側主塔のMCDを先行して張力解放する方法、両側主塔のMCDを同じ時期に段階的に張力解放する方法について比較検討した。検討の結果、張力解放設備の盛替え作業が多くなるが、供用中の主桁の安定性を確保できるため、両側主塔で同時に張力解放する方法を選択した。

また、建設時の初期導入張力の誤差および標準温度20℃と作業時温度との差による両側主塔の不均等張力状態から、張力が解放されることで全体的な張力のリバランスにより、主桁が橋軸方向に移動することが考えられた。両側主塔での不均等張力の解放が避けられないため、不均等張力の解放に伴う主桁の橋軸方向移動量を事前に把握し、主桁の最終的な移動量を複数回に分散することで施工リスクの低減を図った。

具体的な施工方法として、左右均等状態になるまでの不均等解放は、左右張力解放の差が最大



(a)ジャッキ本体取込　(b)3m テンションロッド

(c)張力解放設備の設置　(d)電動ポンプ操作

図-６　MCD張力解放状況

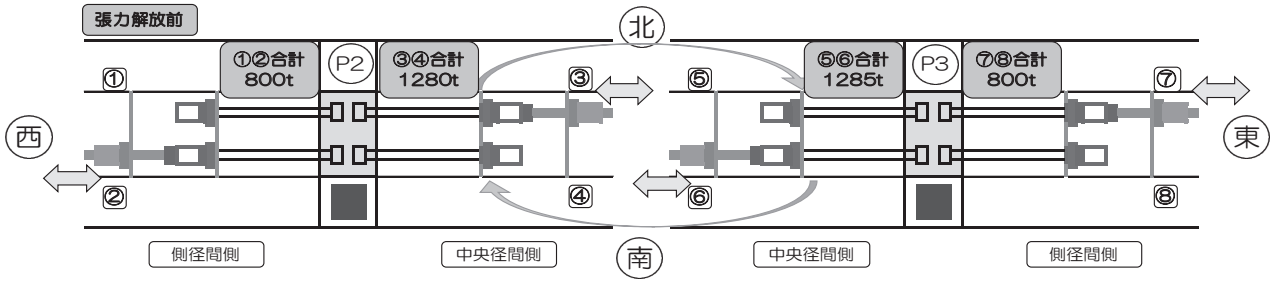
100tを目途として、解放作業を実施した。各主塔部における撤去時の温度を考慮した中央径間側のケーブル張力は、側径間のケーブル張力よりも約500t高い状態であった。中央径間側と側径間側とで各主塔位置での張力を均等な状態に戻すため、段階的に2本のケーブルの張力を交互に解放した。橋梁全体での張力のバランスを確保するように決定した張力の解放手順に従い張力を解放した。上記の手順の繰返しで、8本のケーブルのうちP2主塔の北側の2本、P3主塔の南側の2本、合わせて4本の張力を解放した。残り4本の解放手順において、張力の低い側径間の張力に合うまで中央径間の張力を先行して解放したうえで、4本を同時に50tずつ完全に解放した。**図-6**に張力解放状況、**図-7**にMCD解放手順を示す。

4．おわりに

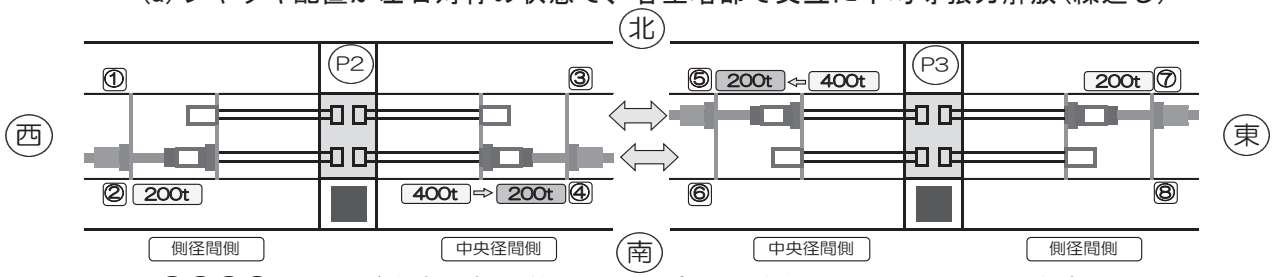
本稿では、供用中の長大斜張橋における施工時の安全確保、出来形を精度良く管理するための施工方法を具体的に表現できるよう努めた。

筆者が初めて経験した補修・補強工事のため、手探りの部分が多く、施工途中に様々な制約条件や解決すべき課題が多く発生したことが印象的であったが、現場管理者および協力会社の協力で、工期を延期させることなく無事故で工事を完成させることができた。

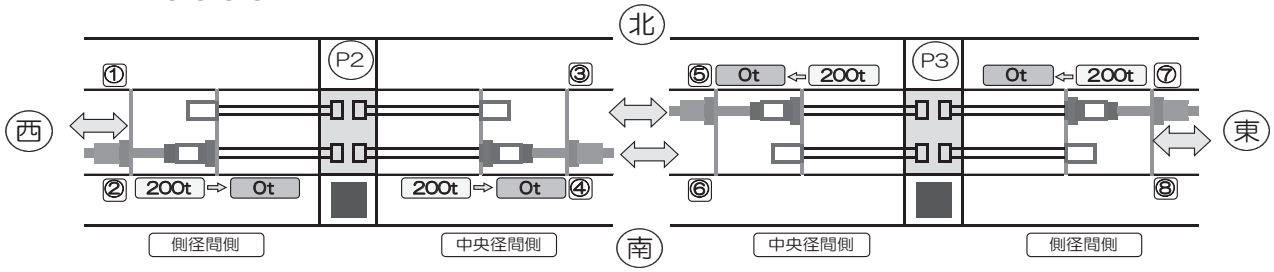
最後に中日本高速道路株式会社をはじめとする関係者の皆様に御礼を申し上げるとともに、引き続きのご指導を宜しくお願い致します。



(a) ジャッキ配置が左右対称の状態で、各主塔部で交互に不均等張力解放（繰返し）



(b) ①③⑥⑧の4本が完全開放状態、張力の高い中央径間を先行して張力解放



(c) 張力均等となる状態から4台同時に張力解放

図-7　MCD解放手順

18 施工計画

ケーブルエレクション斜吊工法による中路式ローゼ橋の架設

日本橋梁建設土木施工管理技士会
宮地・角藤特定建設工事共同企業体
監理技術者　今井　健太郎○
現場担当　下澤　誠二
計画担当　田村　修一

1．はじめに

本工事は、一般県道豊田中野線 中野市笠倉～壁田において一級河川千曲川を渡河する鋼中路式ローゼ橋の架設工事である。橋長は159m、アーチ支間長は145mで、継手構造は基本ボルト継手（A2側アーチリブ隅角部～アーチ基部のみ現場溶接構造）である（**図-1**）。床版形式はプレキャストPC床版となっている。架設工法は、ケーブルエレクション斜吊工法で施工した。

本稿では現地条件を踏まえた施工方法における課題と対策について述べる。

工事概要

⑴　工 事 名：令和元年度　社会資本整備総合交付金（道路）工事
⑵　発 注 者：長野県　北信建設事務所
⑶　工事場所：長野県中野市大字豊津～壁田
⑷　工　　期：2020年３月10日～2023年10月31日

2．現場における問題点

本工事の施工にあたり、以下の問題があった。

2-1　アーチリブ現場溶接継手箇所について

A2橋台側のアーチリブについて、下路にあたる範囲の現場継手部が全て溶接継手構造となっていた。斜吊索でアーチリブは何箇所か支持をしているものの、各継手部について、現場溶接前は溶接拘束材や縦リブのボルト継手部でしか支持されていない状況となってしまうため、安全性を考慮して張出し架設を進める前に現場溶接を行い、アーチリブの根元にあたる部分を先行して固めておく必要性が生じた。

当該箇所の溶接延長は合計で約7,000m（６㎜換算長）あったため、相当の期間を現場溶接作業の時間に費やすことになると想定された。そのため、溶接期間中に架設を進められない場合には、作業ロスが生じてしまい、全体の工事工程にも影

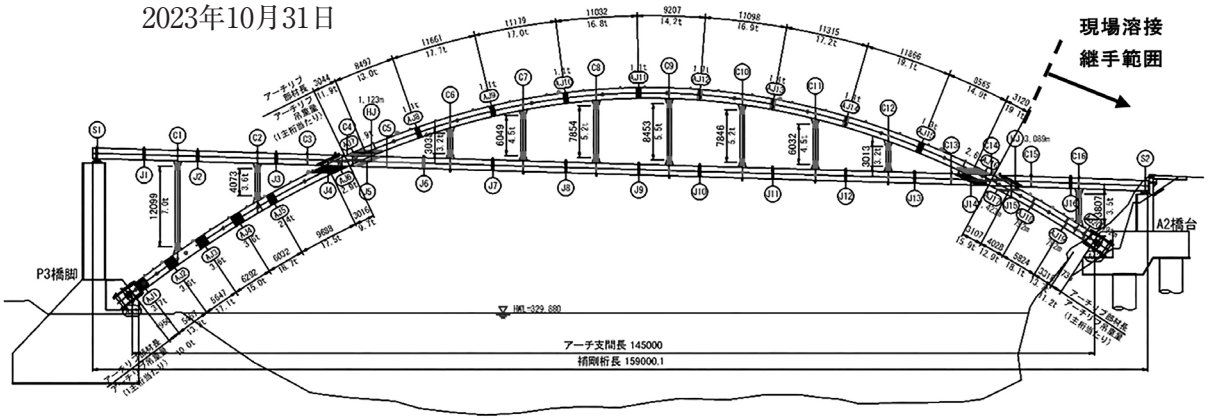


図-1　橋梁概要図

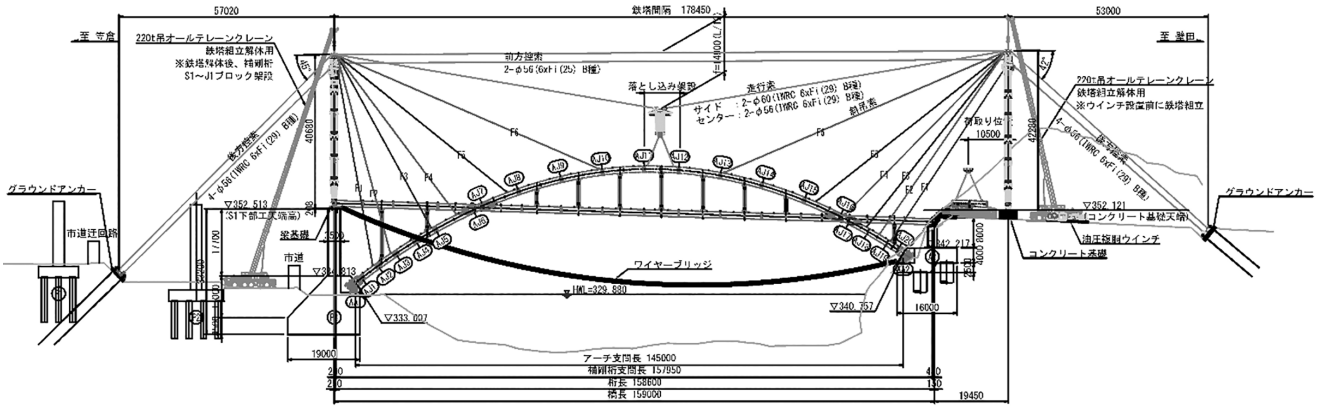


図-２　架設計画図

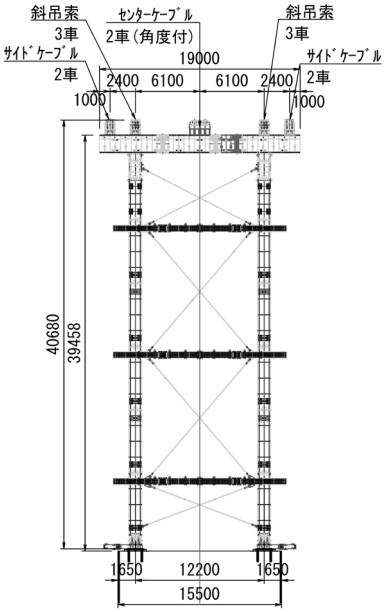


図-３　鉄塔設備構造

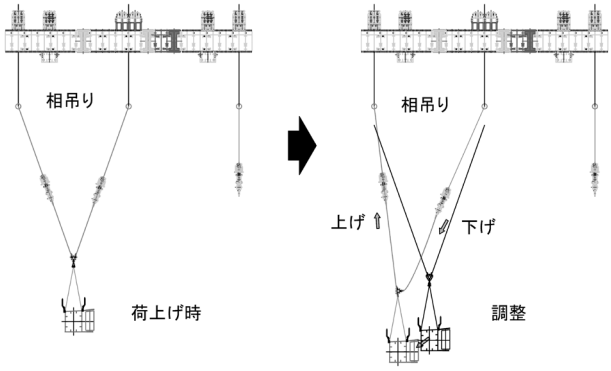


図-４　アーチリブ架設手順

響を与えることが懸念された。

2-2　P3側鉄塔設備の設置位置について

ケーブルエレクション架設では橋台間に架橋するケースが多いため、通常は橋台背面部分に鉄塔設備を配置することとなるが、今回の橋梁形式において片側は橋脚で、もう片側が橋台となっているため、両側の鉄塔高さをあわせようとした場合、橋脚と橋台との高低差に応じて、その分鉄塔も高くしておく必要がある。そのため、**図-２**に示すようにP3橋脚上に鉄塔設備を設置することで鉄塔の高さを合わせることとした。その際、橋脚支点上に鉄塔設備を組立てていくことになるため、支承と鉄塔基部との取り合い構造や、橋脚からアンカーを取る方法についての検討が必要となる。また、上記の構造を採用した場合、鉄塔を解体した後でないと補剛桁が支点部まで到達することができないため、架設時の構造安定性を確認するため、桁の断面や変形量について照査を行う必要があった。

３．工夫・改善点と適用結果

3-1　ケーブルクレーン鉄塔設備の構造

本工事の鉄塔設備はケーブルクレーン用と斜吊用の併用方式を採用している。また、ケーブルにより鉄塔へと作用する鉛直力を比較した結果、斜吊索による荷重の方が大きな数値であったため、**図-３**に示すように鉄塔の柱のライン（アーチリブライン）に斜吊索を、外側の張出した位置にケーブルクレーンのラインを設定することとした。上記のケーブル配置の関係より、**図-４**に示すようにサイドケーブルとセンターケーブルにより部材を相吊りして、ケーブルクレーンの上げ下げしながら最終架設地点の位置調整を行うこととなる。

また、部材を荷取りする位置について、P3橋脚側は地盤面がHWLと近く、かつ荷取りの際に橋

脚下までクレーンを下ろしていくことになるため、A2側の橋台背面部で荷取りを行うこととした。

3-2　アーチリブ架設手順の工夫

工事全体作業を鑑みた結果、まずA2側のアーチリブを基部から隅角部まで架設し、その後、継手部の現場溶接作業を行っている間に、対岸のP3側アーチリブの架設作業を行うことで作業時間にロスを生じることなく架設を進める方針とした（**図-５**）。

前述のようにアーチリブの架設において、ケーブルクレーンを相吊しながら最終的な位置調整を行う必要があるが、A2側からアーチリブを架設した際に、斜吊索を設置した後はサイドケーブルとセンターケーブルの間に斜吊索が位置している状況となるため、相吊りをした状態のまま部材を運搬することは出来なくなってしまう。そのため、**図-６・７**に示すように部材の荷取り時にはセンターケーブルのみで吊上げて、支間中央近くまで部材を運搬し、その後ワイヤーブリッジ上でサイドケーブルに吊ワイヤーを玉掛し、相吊状態にしてから架設を行う手順とした。その際、吊荷とキャリアの間に三角形のプレートを用いることで、ケーブルクレーンの上げ下げの時の吊荷の鉛直度の調整についてもプレートを介して自在に動くことが可能となるため、架設時の位置調整作業もスムーズに行うことが可能となった。

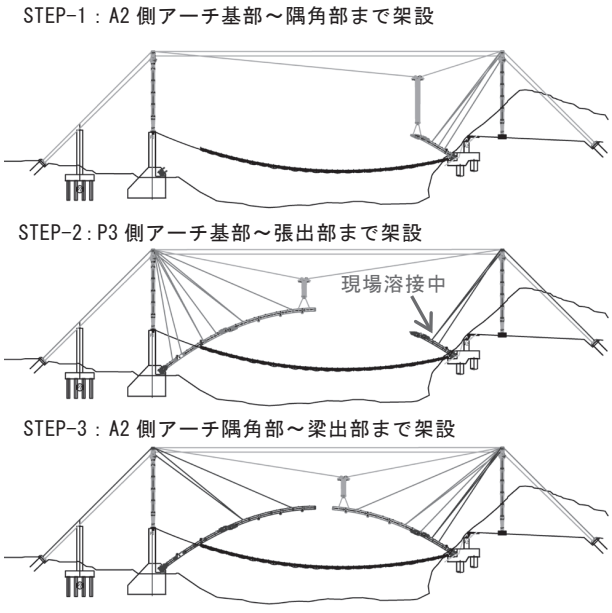


図-５　アーチリブ架設順序

3-3　P3側鉄塔基部の構造

前述のようにP3側の鉄塔については橋脚支点上に配置する計画にしているため、本体の支承を利用してアンカーボルト部を先にグラウト固定し、ベースPL部をペデスタル構造とすることでその上に鉄塔を順次組立てていく構造となるようにした。また、P3橋脚は橋梁同士が掛け違いとなる構造となっており、そのため、**図-８**に示すように本橋梁の支点部が橋脚中心とはなっておらず、支承の直上に鉄塔を設置した場合、橋脚部に対して鉛直力が偏芯して載荷されることとなるため、安全性を考慮して**図-８**の側面図に示すようにベースPL上に基礎梁を流し、その下に受け架台を設置し、鉄塔支承を橋脚中心に配置して荷重を中央部で受けられるような構造とした。

P3橋脚について、橋軸直角方向の幅が支承部から２m弱程度と余裕がなく、鉄塔のトラックケーブルのラインの方が橋脚本体の幅よりも張り出してしまうような状況であった。そのため、**図**

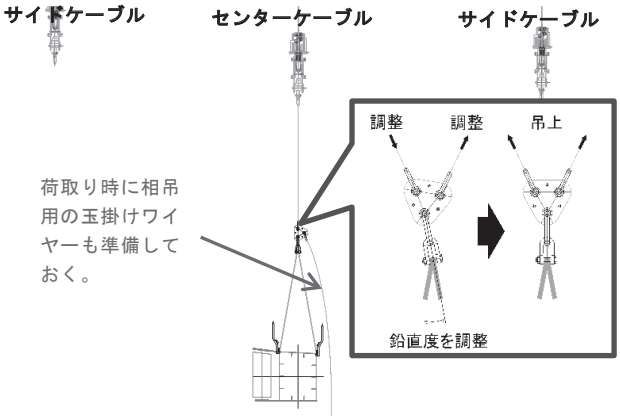


図-６　部材運搬

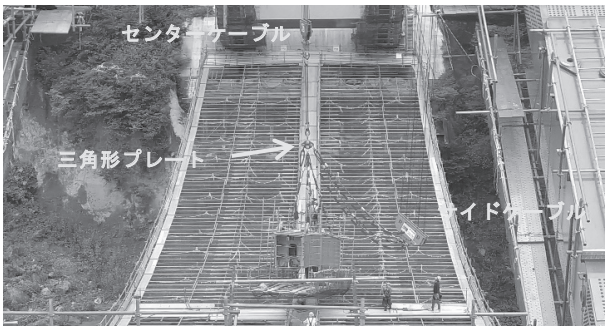
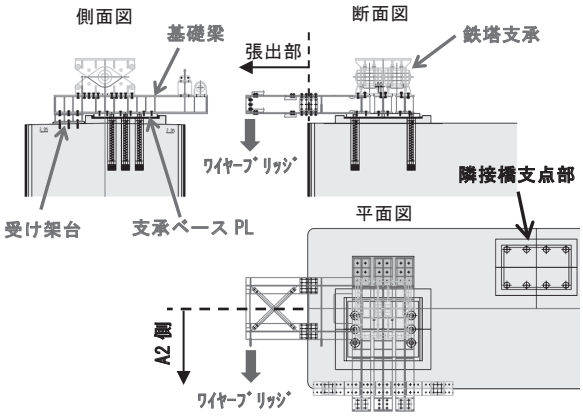


図-７　アーチリブ吊上げ状況

－8の断面図に示すように基礎梁の部分で橋軸直角方向に張り出すような取り合い構造を設けることで、ワイヤーブリッジ用金具も兼ねる構造となるようにした。これにより、ケーブルを張り渡すときの作業足場幅についても十分確保でき、安全に作業を進めることが可能となった。

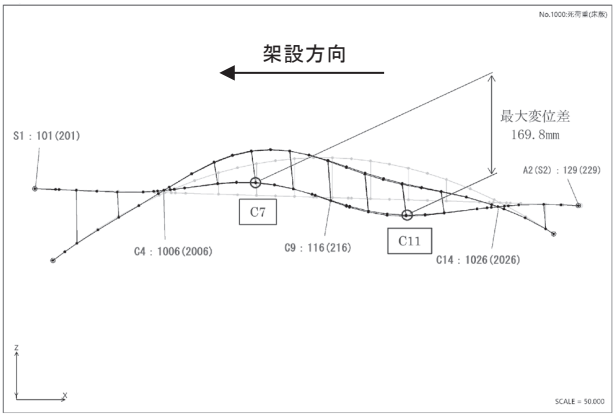


図－8　P3側鉄塔基部構造

3-4　立体骨組み解析

前述の通りP3側鉄塔は支点上に設置しており、ケーブルクレーン架設中は補剛桁が支点まで到達することができない。また、プレキャストPC床版を敷設してすぐの時点では、間詰コンクリート等も打設されていないのでPC床版と鋼桁とがしっかりと結合されてはいない状況であり、その状態の時にプレキャスト床版の大きな死荷重が載荷されることによって、鋼桁が大変形を起こすような状態となることも予想された。

そのため、架設中の鋼桁の変形などの動きを確認するために、架設ステップごとの立体骨組み解析を実施することとした。ここでは特に死荷重の大きなプレキャストPC床版の架設手順に着目し、解析による検証を行うこととした。まず当初計画の通り、A2からP3へ向かって片押しで床版を積載していったケースを実施した。補剛桁の変位量について確認したところ、支間中央部まで床版を敷設したときの桁の変形量が最も大きく、**図－9**に示すように最大変位差約170㎜と非常に大きな値となった。そのため、次に支間中央部から両外側へ向かって振り分けて架設する手順としたところ、**図-10**に示すように最大変位差が約84㎜と、片押しで架設していく手順と比べて変位量を半分以下に抑えられる結果が得られたため、実施工でも同手順で架設していくこととした。



図－9　解析結果（片押し施工）

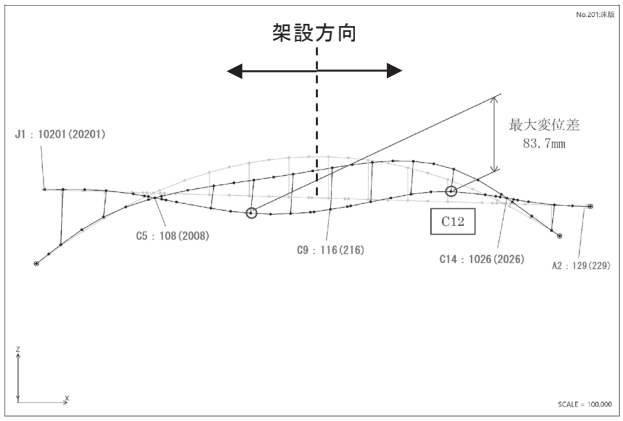


図-10　解析結果（中央から振り分け）



図-11　架設完了

4．おわりに

本工事では、ケーブルクレーン斜吊工法による架設を行うため、鉄塔構造や架設順序等について、検討及び対策を行い、無事に工事を完了することが出来た。最後に本工事を施工するにあたり、ご指導を頂きました長野県北信建設事務所の方々、並びにご協力いただいた工事関係者の各位にこの場を借りて深く感謝いたします。

19 工程管理

河川内工事における工期短縮対策

岡山県土木施工管理技士会
蜂谷工業株式会社
主任技術者
中 村　太 志

1．はじめに

一級河川砂川改修事業は、昭和57年度から着手し整備を行っていたが、平成30年７月豪雨により甚大な被害を受け、再度災害防止を図るために「河川激甚災害対策特別緊急事業（激特事業）」・「堤防強化対策」・「災害関連事業」により整備を進めている。本工事は「河川激甚災害対策特別緊急事業（激特事業）」のうち再度災害防止に基づき実施する砂川の引提のため、旧橋梁の撤去及び新設の橋梁下部工を施工するものである。

工事概要

⑴　工 事 名：41-19- 42-1- 公共 河川激特工事
　　（芳野橋下部工）
⑵　発 注 者：岡山県備前県民局 建設部
　　河川激甚災害対策班
⑶　工事場所：岡山県岡山市東区浅越地内
⑷　工　　期：令和３年10月４日～
　　令和６年１月31日
⑸　渇 水 期：10月16日～６月14日（８か月間）
⑹　工事内容
　旧橋撤去工
　　上部工撤去工　３径間（L＝52.7m）
　　下部工撤去工　橋台×２基、橋脚×２基
　下部工
　　橋台工×２基
　（新設A1場所打ち杭φ1200 L＝16.5m N＝18本）
　（新設A2場所打ち杭φ1200 L＝18.5m N＝21本）
　　橋脚工×１基
　（新設P1場所打ち杭φ1500 L＝14.5m N＝9本）
　　付帯工　１式
　　仮設工　１式

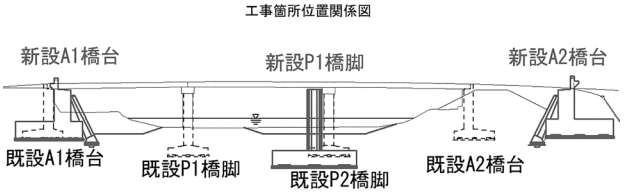


図-１　工事箇所位置図

2．現場における問題点

河川内工事は、渇水期間中に施工を終える必要がある。本工事では、渇水期間中に既設構造物を撤去し、その後、新設構造物を施工する必要があり、工程上厳しい条件での工事となり以下のような問題が発生した。また、現橋梁は三径間であるが、新設橋梁は二径間となり、橋長も拡大されたため、橋台・橋脚が大きくなった。

①　左岸側ヤード

当初設計では、既設A1橋台撤去時の施工基盤がEL＝3.070m、新設A1橋台構築時の施工基盤がEL＝5.100m、既設P1橋脚撤去時の施工基盤がEL＝1.853m、施工ヤード高がEL＝2.910mと近接する施工箇所に各工程ごとに高さの違う４つの施工基盤が存在した。このため、施工ヤードが狭くなり大型機械を使用しての施工が困難であった（**図-２・３**）。

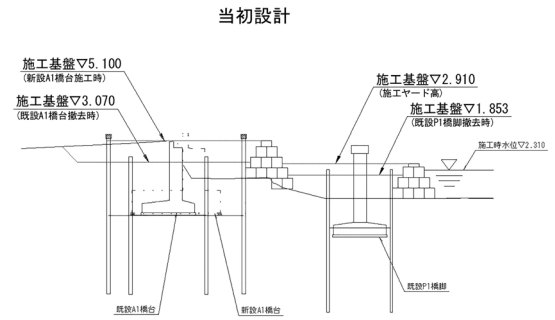


図-２　側面図

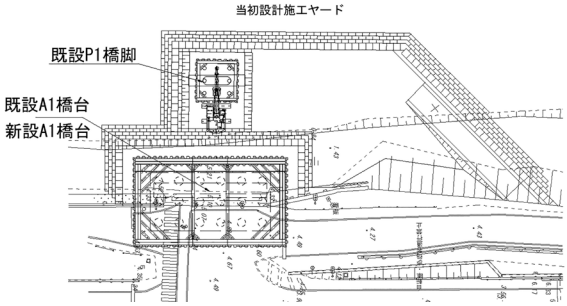


図-３　平面図

②　A1橋台土留工、P1橋脚土留工　その１

新設A1橋台構築の為の土留支保工は当初設計では、切梁・腹起しが２段支保工で設計されており、橋台を構築する為には、その構造から４分割でのコンクリート打設（底版・竪壁×２・胸壁）が必要であった。尚、新設P1橋脚も既設P2橋脚と同じ位置に構築し、本工事で構築する構造物の中で一番深く、切梁･腹起しも３段支保工で設計されており、新設A1橋台同様、４分割でのコンクリート打設が必要であった（**図-４・５**）。

③　A1橋台土留工、P1橋脚土留工　その２

新設A1橋台は既設A1橋台と同じ位置に構築する。前述の通り、既設と新設の形状が異なるため、撤去時の土留め鋼矢板の打設範囲と構築時の土留め鋼矢板の打設範囲はその形状に合わせた範囲となっており、それぞれに打設・引抜きを行う必要があった（**図-６**）。

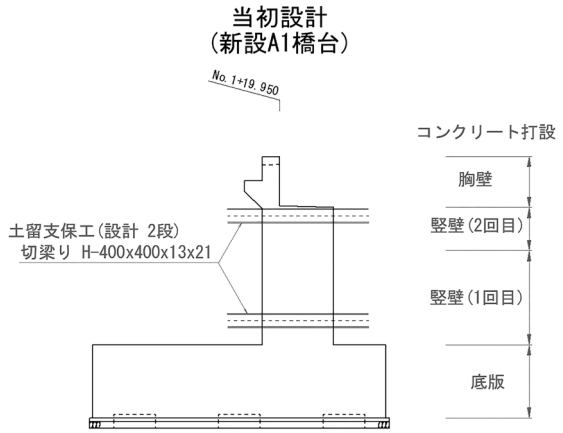


図-４　断面図（２段支保工及び４分割施工）

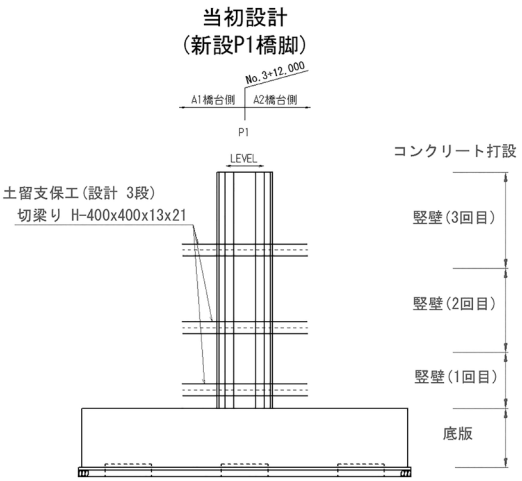


図-５　断面図（３段支保工及び４分割施工）

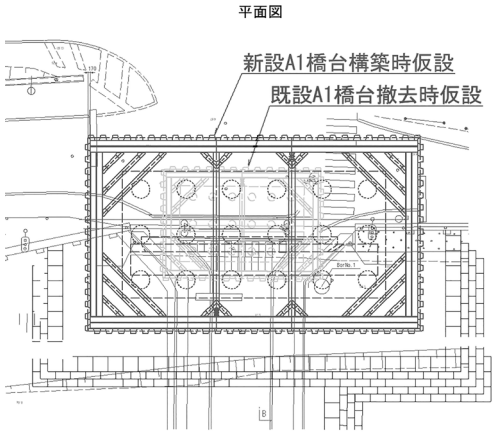


図-６　平面図(既設A1撤去と新設A1構築の位置)

④　P1橋脚杭頭処理

新設P1橋脚では、杭位置と切梁・火打ちが９本中７本重なるため、場所打ち杭の杭頭処理は小割をしてから撤去する必要があった（**図-７**）。

⑤　鋼矢板頭部固定方法

当初設計では、仮設土留め鋼矢板の頭部固定は笠コンクリートで設計されていた。これでは、鋼矢板打設→笠コンクリート型枠設置（３日）→コンクリート打設（１日）→養生（７日）→型枠脱型（３日）と作業工程が多く、工期が約２週間程度必要であった（**図-８**）。

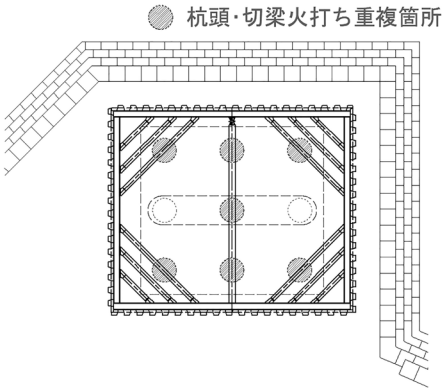


図-７　仮設図（切梁・火打ち当初設置位置図）

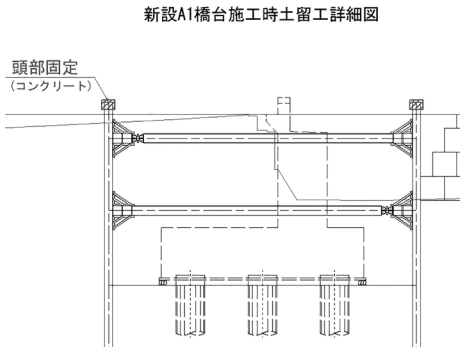


図-８　土留工詳細図（頭部固定方法記載）

３．工夫・改善点と適用結果

①　左岸側ヤード

施工基盤を施工ヤード高EL＝2.910mに設定し、施工ヤードを一体化し広くとる様にして、大型機械での施工を可能にした。施工ヤード高を一体化した事により、新設A1橋台の鋼矢板長が短く、既設P1橋脚撤去時の鋼矢板長が長くなった。この結果、仮設材費は減少したが、現況地盤より施工ヤードの施工基盤が低くなるため、A1橋台背面部の法面崩落・雨水対策が別途必要となった。しかし、施工ヤードを広くした事により、既設P1橋脚撤去と新設A1橋台構築を同時施工できるようになり、工期短縮が実現できた（**図-９**）。

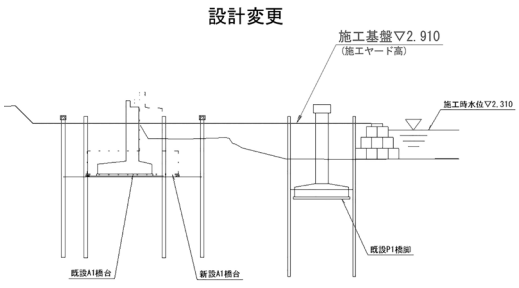


図-９　側面図（施工基盤 EL＝2.91m）

②　A1橋台土留工、P1橋脚土留工　その１

新設A1橋台構築を１段支保工、３分割でのコンクリート打設（底版・竪壁・胸壁）、新設P1橋脚を２段支保工、３分割でのコンクリート打設（底版・竪壁・胸壁）を検討した。施工ヤードの施工基盤を下げたことにより、新設A1橋台構築時の掘削深さが7.096mから4.906mとなり、切梁・腹起しをH400からH500に変更することで１段支保工での施工が可能となった。新設P1橋脚構築時は、掘削長は変更なしだが、鋼矢板長を18.0mから20.5mと延長し、１段目の腹起しをH400からH500へ変更、隅火打ちに油圧ジャッキを使用しプレロードを導入する事で、３段支保工から２段支保工への変更ができた。その結果、直接工事費は増加したが、トータル１か月半程度の工期短縮ができた（**図-10・11**）。

③　A1橋台土留工、P1橋脚土留工　その２

撤去時と構築時の仮設工設置をそれぞれ行うの

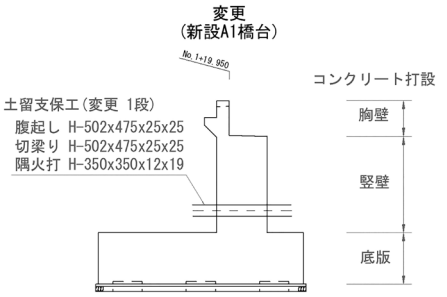


図-10　断面図（１段支保工及び３分割施工）

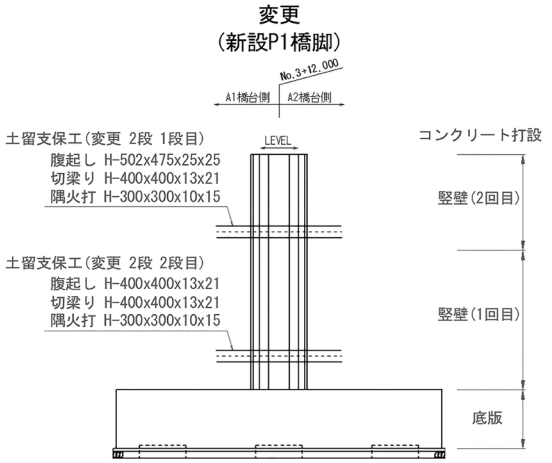


図-11　断面図（２段支保工及び３分割施工）

ではなく、構築時の仮設工設置で撤去を行うこととし、仮設工設置・撤去の回数を減らし工期短縮を図った。また、既設A1橋台撤去時には護岸工撤去も含まれていたが、既設護岸工も想定以上に根入れがあり、土留工が必要であることが判明した。このため、護岸工撤去と新設護岸工構築も含めた土留工計画に変更した結果、凸型の仮設工計画になった。仮設工の範囲は広くなり、鋼矢板の施工量及び掘削土量が増加、直接工事費も600万程度増額するが、土留め材等一部兼用する事もできるため、資材搬入回数が減り、安全かつ短工期で施工することができた（**図-12**）。

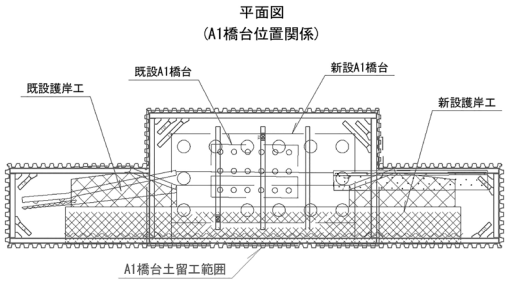


図-12　平面図(鋼矢板打設範囲及び構造位置関係)

④　P１橋脚杭頭処理

場所打ち杭の杭頭処理は、杭頭から1.0m付近で切断・斫りを行い、大割にし、ラフタークレーン等で引抜き、別ヤード小割りを行うことで工期短縮が図れる。このため、上記の方法で搬出ができる様に切梁・火打ちの設置箇所及び本数を変更した。このため鋼矢板長が18.0mから20.5mと延長し、１段目の腹起しをH400からH500へ変更、隅火打ちに油圧ジャッキを使用しプレロードを導入する事とした。その結果、直接工事費は増えたが、５日程度の工期短縮が図れた。

⑤　鋼矢板頭部固定方法

H11年３月 道路土工-仮設構造物工指針-（社団法人日本道路協会）表２-９-10、表２-９-12によれば「コンクリートで鋼矢板頭部から30cm程度の深さまで連結して固定する」とは同等に考えられている。笠コンクリートに比べ、頭部溶接は350万程度工事費が増額となるが、約10日程度工期短縮となるため、施工方法を変更した。

４.おわりに

本工事は、株式会社大本組との共同企業体で施工を行った。河川内工事は最初に述べているように、渇水期間中に施工を終える事が大前提であり、時間的な制約があった。その時間的な制約がある中で、渇水期間中に既設構造物を撤去し、撤去した後に新設構造物を施工する大掛かりな工事であり、工程上非常に厳しい条件の工事で当初計画工程では、渇水期間を終えても１か月半ほど工事を行わないと終わらないほどの工程だったが、発注者や元請職員間で色々とアイデアを出し合い、その結果、上記の課題やそれ以外の課題も解決する事ができ、目標であった渇水期内での施工を無事故無災害で完了する事ができた。

変更に伴い、直接工事費は増加したが、間接工事費、工期を考えると全体の工事費増加は軽微なものであったと思われる。

今回、企業風土の違う二社が一緒に仕事をする際、色々と意見の相違等で前に進みにくいのかなと個人的に思っていたが、土木技術者として株式会社大本組の職員の方たちも「良い物をつくろう」とチームの一員として受け入れていただき非常に感謝している。その結果が目標の達成だと感じた。

今回の経験を踏まえて、今後、河川内工事だけでなく、時間的制約や、様々な施工下の工事に従事すると思うが、施工順序や施工方法の検討等で、仲間や発注者とのコミュニケーションをとり、アイデアを出し合うことで、「より良いものづくり」を実現し、社会貢献をしていきたいと思う。

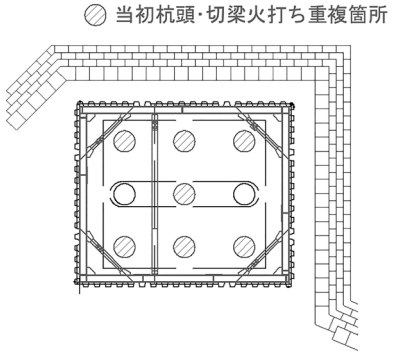


図-13　仮設図（切梁・火打ち変更図）

20 品質管理

盛土荷重を含めた動態観測による沈下予測

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

動態観測から得られた圧密沈下データから沈下予測を行う手法であるARMAモデル（自己回帰移動平均モデル）を用いた圧密沈下予測について大規模盛土の適用例について述べる．圧密沈下データから将来の沈下を予測する手法として，双曲線法，浅岡法等などの状態方程式を用いるのが一般的である．これらの予測沈下手法は，盛土完了後，荷重が変わらない状態で放置を行い，その間の沈下量を観測して将来の最終沈下量を予測するものである．本文で報告するARMAモデルは，圧密沈下データと荷重データから将来予測を行うため，盛土高が増加しても将来沈下量を求める事が出来る．短所として，データの離散化，状態方程式の係数をカルマンフィルター等で求める必要がある．本文では，大規模な盛土の事例として平成22年に供用した羽田空港D滑走路の動態観測データを用いて，適用性を確認した．

工事概要

⑴　工 事 名：東京国際空港D滑走路建設外工事
⑵　発 注 者：国土交通省関東地方整備局
⑶　工事場所：東京都大田区羽田空港
⑷　工　　期：平成19年３月～平成22年８月
　　（平成29年までの観測結果を使用）

2．現場における問題点

一般的に軟弱地盤上に盛土を行う場合，事前の沈下計算と併せて，動態観測による沈下データから最終沈下量から予測を行う事が多い．観測された沈下データから沈下予測を行う手法としては，双曲線法，浅岡法，門田法等の観測方程式があり，沈下量の経時変化から最終沈下量を予測するものである．一般的にこれらの観測方程式は，盛土完了後の荷重が一定となった場合や，放置期間を取った場合に用いられる．盛土の施工中の様に，載荷荷重が増加している段階では，例えば，試験盛土を行うなど工期や施工期間に余裕がある場合などを除き用いられることがほぼないものと考えられる．本文では，ARMAモデル[1)]（自己回帰移動平均モデル）を用いて，荷重項を考慮した沈下予測について，大規模な圧密沈下の動態観測結果から適用性を考察してみた．ARMAモデルは，以降に記すように三笠の一次圧密方程式と等価[2)]であることが示されており，沈下量及び荷重項を含み，動態観測の結果からARMAモデル荷重の増を考慮して，将来の沈下予測が可能である．動態観測の沈下データは離散化したデータが必要であるため，欠損したデータは前後のデータから線形的に求めている．ARMAモデルの各係数の同定はカルマンフィルターを用いて行った．

3．工夫・改善点と適用結果

⑴　ARMAモデルと離散系状態方程式の誘導

ARMAモデルの誘導は，脇田らの論文[2)]を参照した．三笠の一次元圧密方程式は，式⑴と等価であることがAsaokaにより示されている．

$$\rho + c_1\dot{\rho} + c_2\ddot{\rho} + \cdots c_n\rho^{(n)} + \cdots = u(t) \qquad (1)$$

ここで，ρ は時刻tにおける沈下量，$u(t)$は荷重項になる．c_1，c_2…は係数である．式(1)で，係数ciはiが大きくなると急速に小さくなるため，式(1)は下式で近似される．

$$\rho + c_1\dot{\rho} + c_2\ddot{\rho} + \cdots c_n\rho^{(n)} = u(t) \quad (2)$$

ここで，状態変数ベクトル$Xm(t)$を次式で定義する．これから，

$$x_m(t) = \left[\rho(t)\dot{\rho}(t)\cdots\rho^{(n-1)}(t)\right]^T \quad (3)$$

となり，式(1)～式(4)から式(5)が得られる．

$$\dot{x}_m(t) = \left[\dot{\rho}(t)\ddot{\rho}(t)\cdots\rho^{(n)}(t)\right]^T \quad (4)$$

$$\dot{x}_m(t) = A_m x_m(t) + B_m u(t) \quad (5)$$

式(6)から施工中の盛土の沈下データから係数を同定する．同定のために，式(6)と等価な離散化を行う．沈下量や盛土荷重は本来連続的に変化する量である．しかし，その観測データを一定間隔時間Δtで行うと離散時間状態量が得られる．その時j番目の沈下量の観測値$q(j-1)$をそれより以前の（$j-1$），（$j-2$）…番目の観測値を用いて，ARMAモデル（自己回帰移動平均モデル）で表すと以下の式[3]となる．

$$q(j) = \sum_{i=1}^{k}\{a(i)q(j-1) + b(i)r(j-1)\} \quad (6)$$

ここにkは次数，$q(j-1)$，$q(j-2)$…はｊ番目より以前の沈下観測値であり，$r(j-1)$，$r(j-2)$…はj番目より以前の盛土荷重である．式(7)の係数の同定は，カルマンフィルター[4]を使って同定する．

そこで，式(5)の係数の状態変数ベクトルを式(6)として，変換マトリックスを式(7)(8)の様に設定する．

$$\hat{\boldsymbol{X}}_j = \left[a_1 \ldots a_k,\ b_1 \cdots b_k\right]^T \quad (7)$$

$$\boldsymbol{M}_j = \left[\hat{Y}_{j-1}\ldots\hat{Y}_{j-k}\ u_{j-1}\cdots u_{j-k}\right]^T \quad (8)$$

これらを用いて式(5)は次の様に表すことができる．

$$\hat{Y}_j = \boldsymbol{M}_j\hat{\boldsymbol{X}}_j \quad (9)$$

また，カルマンゲインは次のとおりとなる．

$$L_i = \boldsymbol{P}_j\boldsymbol{M}_j^T\left[\boldsymbol{M}_j\boldsymbol{P}_j\boldsymbol{M}_j^T + R\right]^{-1} \quad (10)$$

観測値とその推定値との差eiは次式で表す．

$$e_j = Y_j - \hat{Y}_j = Y_j - \boldsymbol{M}_j\hat{\boldsymbol{X}}_{j-1} \quad (11)$$

これらのLj，ejを用いて係数の同定値は次式で与えられる．

$$\hat{\boldsymbol{X}}_j = \hat{\boldsymbol{X}}_{j-1} + L_j e_j \quad (12)$$

次ステップ用の誤差共分散マトリックスは次式で求められる．

$$\boldsymbol{P}_{j+1} = \left(\boldsymbol{I} - \boldsymbol{L}_j\boldsymbol{M}_j\right)\boldsymbol{P}_j\left(\boldsymbol{I} - \boldsymbol{L}_j\boldsymbol{M}_j\right)^T + \boldsymbol{L}_j R\boldsymbol{L}_j^T \quad (13)$$

なお，逆解析の開始時点で観測誤差分散R及び誤差共分散行列の初期値P_0について計算当初は不適当な値であるため，良い同定値が求められないが計算ステップを続けていくと定常的な値を示すものに至る．

(2)　圧密沈下予測の適用について

ARMAモデルによる圧密沈下予測として，実施工で観測されたデータを使用して適用性について検証を行ってみる．対象とした沈下データは，東京国際空港羽田D滑走路外工事[5]で観測したものである．当該工事は，平成19年から工事を開始して，平成22年に供用開始を行った．その後10年程度観測を行っている．この沈下データと施工中の載荷履歴を使用して検証を行った．

標準断面図を**図-1**，地層区分を**図-2**[5]に示す．対象とした工事は，厚く堆積した軟弱地盤上に高盛土を行うものであり，載荷荷重は降伏応力を超えている．沈下量は７ｍを超えるものとなっている．

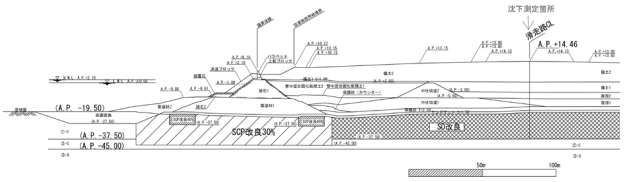


図-１　標準断面

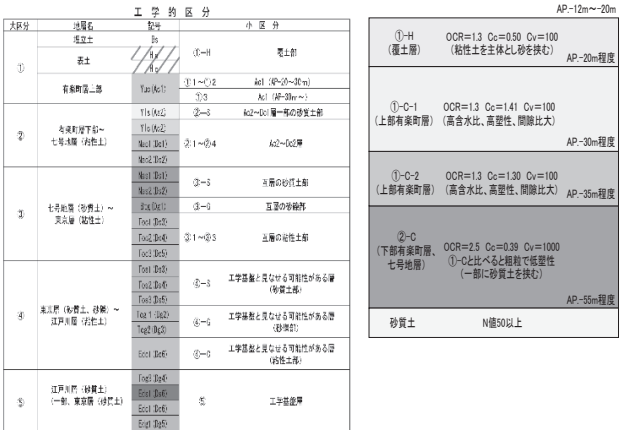
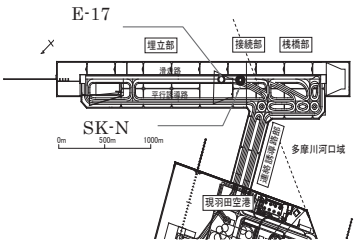


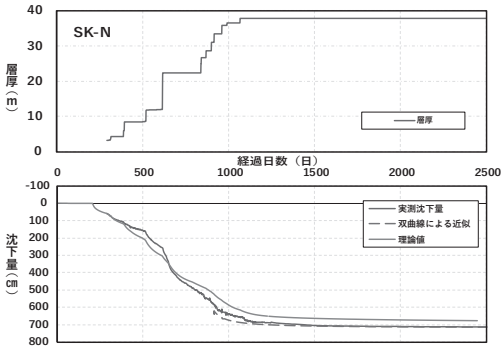
図-２　地層断面

今回の動態観測の解析に用いるのは，**図-３**の平面図に記載しているE-17及びSK-Nの２か所である．それぞれ，滑走路直下の沈下量を観測してい

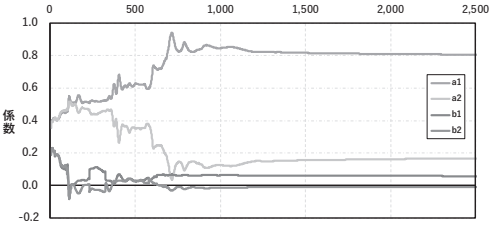
た．**図－4**は，盛土開始から2,500日までの載荷履歴と沈下曲線[6)]を現したものである．同図の中には，盛土前の沈下予測値と2,500日後の沈下量から求めた双曲線法による沈下予測結果を記載している．双曲線法は路床完了後から計算を行っている．沈下量と層厚から，式(6)を，カルマンフィルターを用いて同定する事で，係数a1，a2，b1，b2を求めるものである．将来予測は各係数を用いて層厚を変えて計算を行う．係数が将来予測可能なものとなるには，一定値に収束し，将来値との乖離が所定の範囲内に収まる事が必要となる．**図－5**は，係数と経過日数を現したグラフであるが，水中での埋立時（0～22.4m）から気中での盛土（22.4m～36.5m）で移り変わり，気中の盛土時には係数が増減するような動きをして一定値に収束している．将来予測はこの係数を用いて算出を行った．計算条件として経過日数609日に層厚22.35mで水中への投入から陸上盛土に移行する．この際の係数を使用して将来予測を行ったのが**図－6**である．係数を求めるために，水中での埋立時の沈下量，層厚から算出した（a1=0.62，a2=0.35，b1=0.03，b2=0.03）．このケースでは，気中から水中に移行する際に係数が大きく変わっている．これは値の変動幅の違いはあるが，新たに盛土を行う際に係数が振れる傾向が見られた．後に記載するE-17では，気中と水中に移行する際係数の変動幅が大きくなかった．そのため，最終沈下量に大きく乖離が見られていない．ARMAモデルでは，層厚など荷重項を考慮した将来予測ができるため精度の高い沈下予測が可能と考えられるが，盛土高が増える際には，係数が変動するために留意が必要である．1,061日で層厚36.5m舗装完了となる（**図－9**）．陸上盛土の中間での計算として909日での係数を用いて将来計算を行った（**図－6・7**）．盛土の中間時では，係数が収束傾向にあり最終沈下量は3％程度の乖離が見られた．以降，**図－9～13**にE-17の結果について記載する，E-17も同様の傾向となった．SK-Nと比較して係数の変動が小さいため早期の予測精度は高い．



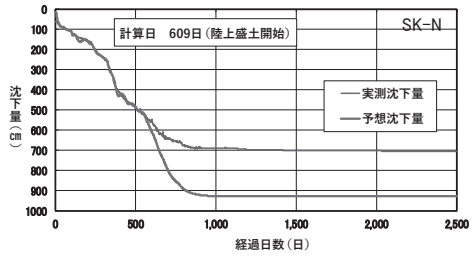
図－3　沈下予測位置平面図



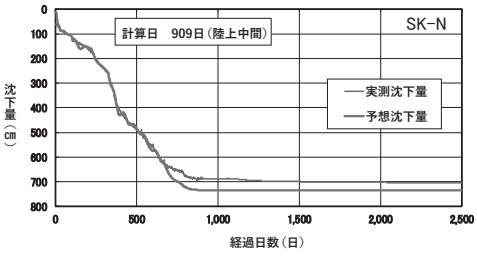
図－4　沈下量・載荷履歴



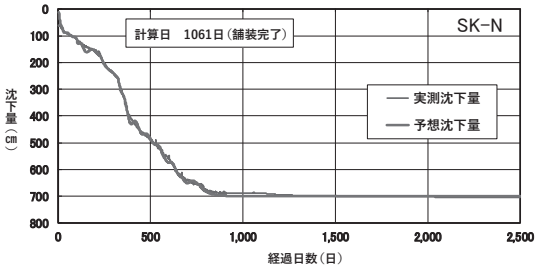
図－5　経過日数と係数変化



図－6　最終沈下予測（陸上盛土開始時）



図－7　最終沈下予測（盛土中間時）



図－8　最終沈下予測（舗装完了時）

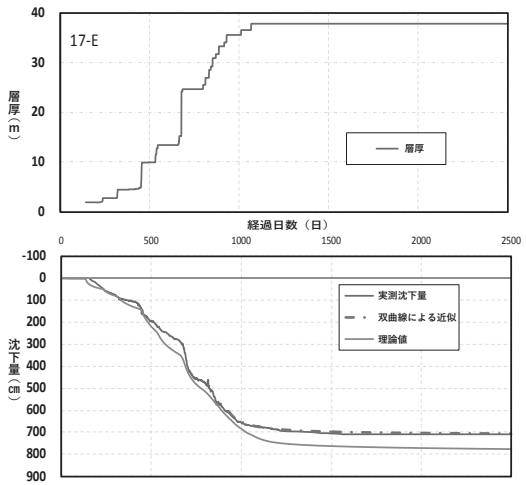


図-９　沈下量・載荷履歴（E-17）

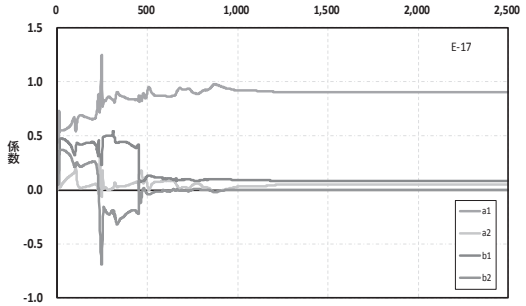


図-10　経過日数と係数変化

４．おわりに

確認を行った．予測に有効であることが確認できたが，短所として計算過程が双曲線法等と比べて計算手順が複雑であることが上げられる．そのため，沈下，荷重データの離散化，モデルに使う係数の同定が一つのパッケージになっている必要がある．双曲線では，統計解析手法が簡易なため，一般的であるが，本手法はカルマンフィルターを用いるなどプログラム化が必要となっており，一般的に用いる事の障害となっていると考えられる．

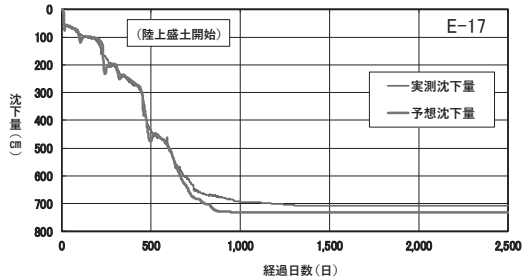


図-11　最終沈下予測（陸上盛土開始時E-17）

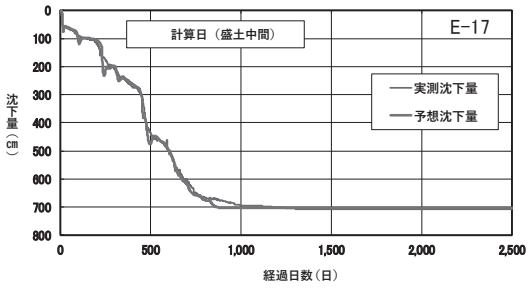


図-12　最終沈下予測（盛土中間時E-17）

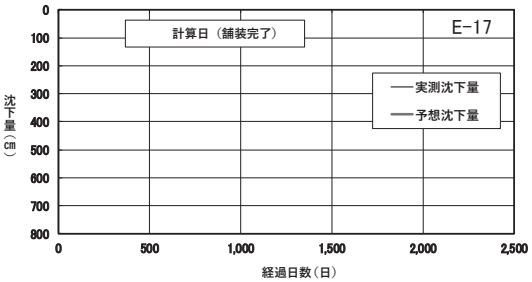


図-13　最終沈下予測（舗装完了時E-17）

参考文献

1）脇田英治：逆改正の理論と応用，pp.35-38，技報堂出版，2000.

2）脇田英治：観測データによる圧密沈下予測と設計へのフィードバック法，土木学会論文集，No.457/Ⅲ-21，pp.117-126，1992.

3）脇田英治：逆改正の理論と応用，pp.50-52，技報堂出版，2000.

4）野口孝俊，渡部要一，鈴木弘之他：羽田空港D滑走路埋立部の施工と維持管理，土木学会論文集C（地圏工学），Vol.68，No.２，pp.305-320，2012.

5）野口孝俊，田中政典，渡部要一他：東京国際空港D滑走路建設における地盤の三次元地層推定結果の検証，地盤工学ジャーナル，Vol.６，No.１，pp.69-79，2011.

6）新原雄二，平佐健一，吉原知佳他：羽田空港D滑走路に設置された伸縮装置の供用後10年間の挙動と維持管理，土木学会論文集B3（海洋開発），Vol.76，No.２，pp.Ⅰ_582-Ⅰ_587，2020.

21 品質管理

寒冷地における
坑口部超大断面覆工コンクリートの高品質化

岡山県土木施工管理技士会
アイサワ工業株式会社
庄司　万寿○　原田　隆太　安達　明

1．はじめに

本工事は、中部縦貫自動車道「大野油坂道路」の和泉・油坂区間にある和泉トンネルの新設工事であり、トンネル延長2388.1mのうち、終点側から1275.1mをNATM工法により施工するものである。施工箇所となる奥越地域は、気温の日較差および年較差が大きい盆地で、冬期には凍結防止剤を使用するほどの豪雪・寒冷地であることから、凍害および塩害劣化に対して高い耐久性を持ったコンクリート構造物が求められる（**図-１**）。

工事概要

⑴　工 事 名：大野油坂道路和泉トンネル
　　（貝皿地区）工事
⑵　発 注 者：国土交通省　近畿地方整備局
　　福井河川国道事務所
⑶　工事場所：福井県大野市下山地先～貝皿地先
⑷　工　　期：平成31年１月12日～
　　令和５年３月31日

2．現場における問題点

本トンネルは終点側坑口部直近に九頭竜ICが計画されており、ランプ線との接続により坑口部を拡幅（**図-２**）する必要があるため、最大内空幅16mの超大断面区間L＝23mを有している。超大断面区間は、覆工厚が60cmと通常断面より厚いこと、覆工スパン当たりの締固め範囲が広いこと、二重補強鉄筋により人力締固めが困難であることから、インバート打継部周辺での温度ひび割れ発生、締固め漏れや加振不足等の締固め不良、打込み不良やブリーディング水の残留による背面空洞の発生が懸念された。また、坑外環境からの影響が大きい坑口部で施工するため、発現強度不足による脱型時の表層剥離や急激な乾燥によるひび割れの発生が懸念された。



図-１　坑口部全景（竣工時）

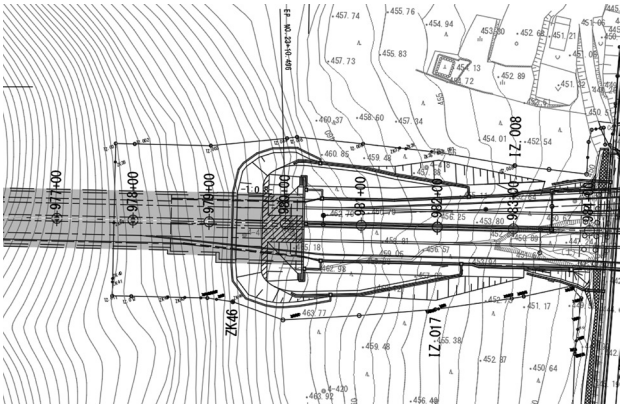


図-２　終点側坑口部平面図

3．工夫・改善点と適用結果

覆工コンクリートの施工を行うにあたり、上記問題点に対し、⑴コンクリート温度制御による覆工側壁部のひび割れ対策、⑵コンクリート充填・締固めシステム、⑶長期間湿潤保温養生を実施し、問題解決を試みた。以下に実施した工夫とその結果を示す。

⑴　コンクリート温度制御による覆工側壁部のひび割れ抑制対策

⑴-１．工夫・改善点

コンクリート構造物の打継部では、下部リフトからの拘束が卓越すると上部リフトに過大な引張が発生し、スパン中央に有害なひび割れが発生する。トンネル構造においても同様で、インバートの下部拘束により覆工に引張力が作用し、温度・乾燥収縮ひび割れが発生する事例[1)]が散見されている。本トンネルの超大断面区間では、覆工厚が60㎝、打継位置では87㎝と通常より大きく、温度ひび割れの発生が予想されたため、スパン中央に通水パイプを設けて水和熱を低減させる部分パイプクーリング工法を実施した。同時に、表層部の引張抵抗性能向上のため、セントルのインバートフォームに透水性シートを設置した。部分パイプクーリングは、温度応力解析により事前に仕様を検討し、スパン長に応じて効果的な通水量及び通水時間を決定した。**-表-**に部分パイプクーリング工法の仕様を示す。

⑴-２．適用結果

部分パイプクーリングを実施するにあたり、内部温度および拘束ひずみ量を計測し、冷却効果を確認した。**図-３**に内部温度計測結果を、**図-４**に拘束ひずみの計測結果を示す。計測は、クーリング効果の影響範囲外となるSL-0.1m位置に設置した無応力計とクーリングパイプの中間となるSL-0.8mおよびSL-1.2m位置に設置したひずみ計により行った。また、**図-３**には、セントルに取り付けた温度センサーによって計測したコンクリートの表面温度を併記している。**図-３**より、未冷却部における内外温度差が12.1℃であったのに対し、冷却部における内外温度差は上側が3.5℃、下側が5.5℃となっており、パイプクーリングによるピーク温度の低下が確認できる。**図-４**を見ても、材齢４日目以降では計測位置の違いによるひずみ量の差が認められないことから、インバート拘束によるひずみが低減されていることがわかる。竣工前に実施したひび割れ調査では、スパン中央部にひび割れが発生していなかったことから、部分パイプクーリング工法および透水性シートの効果を確認することができた。

-表-　部分パイプクーリング工法の仕様

	スパン長 4.25m	スパン長 6.0m
パイプ諸元	薄肉鋼管 φ25mm、L=5.5m、3@0.4m	
打設時期	5 月～7 月	
流速	4ℓ/min	
通水期間	1.5 日	1.0 日
通水温度	10℃	10℃

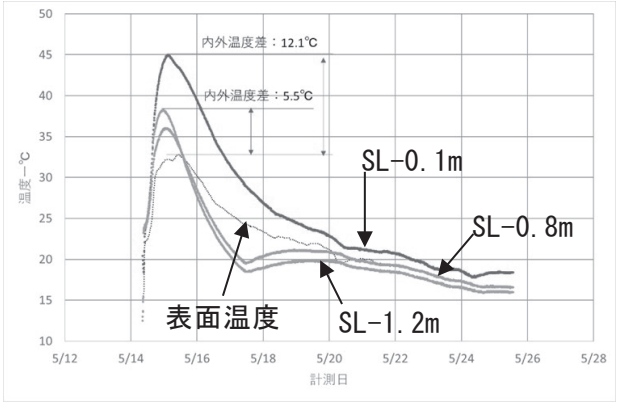


図-３　内部温度計測結果

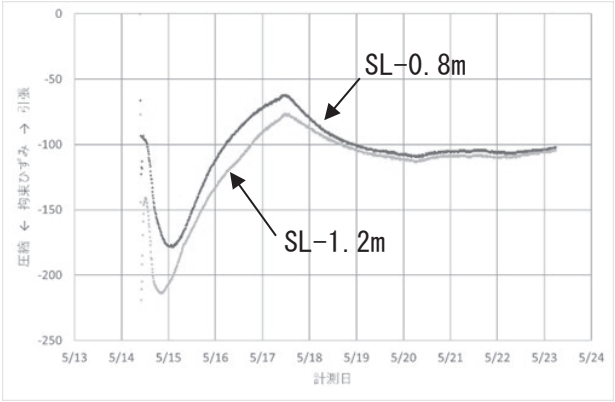


図-４　拘束ひずみ計測結果

⑵　コンクリート充填・締固めシステムの導入

⑵-１．工夫・改善点

覆工コンクリートの締固め作業は、移動式スライドセントル（以下、セントルと略記）に取り付けた検査窓から棒状バイブレーターを投入し、ポンプ圧送されたコンクリートを締固める人力締固めが一般的である。本工事では、通常の人力締固めに加え、セントル各所に取り付けた特殊バイブレーターによる締固めを行った。特殊バイブレーターの配置図を**図-５**に示す。覆工側壁およびアーチ部に対し、型枠バイブレーターを集中制御盤により打ち上りに応じて順次稼働させて、表層締固めを全面的に行った。覆工クラウン部には引抜バイブレーターを４本設置し、覆工天端部を縦断的に締固めた。また、人力締固めには正逆回転切替えにより締固め能力が向上したスパイラル型棒状バイブレーターを使用した。

覆工天端部へのコンクリート打込みは、セントル既設側に設けた吹上口からスパン全長にコンクリートを充填させる吹上げ方式が一般的に用いられる。本工事では、天端部の打込み作業について加圧充填吹上げ方式を導入し、天端部打込み中にセントルに作用する充填圧を管理することで打込み完了時期を決定した。また、吹上口１カ所当りの打設領域を分散させるため、天端吹上口に加えて肩部にも吹上口を６箇所増設した。覆工コンクリートは閉塞した空間にコンクリートを打込むためブリーディング水の排出先がなく、覆工背面に残留する恐れがあるため、コンクリート打込み前に天端部背面側に設置した吸引チューブを用いて、真空ポンプで強制排水を行った。

⑵-２．適用結果

コンクリート充填・締固めシステムの管理として、薄型シート状センサーによってコンクリートの充填および加振の確認を行った。ラップ側、スパン中央、妻側の３断面についてトンネルセンターを基点として１断面当り11箇所を計測し、締固め完了を示す緑ゲージになるまでコンクリートの打込みおよび加振を行った。加えて，天端部に関しては充填圧センサーによる管理も行い、計測された充填圧が管理値である40MPaの超過をもって打込み終了とした。覆工コンクリート構築後、電磁波レーダー探査を実施し、トンネル天端部における空洞・空隙の有無を確認した。調査結果を**図-６**に示す。調査の結果、コンクリートの内部や地山境界付近に空洞・空隙は認められず、密実に充填できていることを確認した。

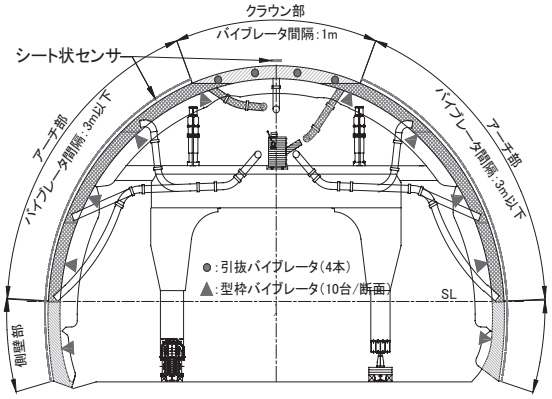


図-５　コンクリート充填・締固めシステム概要

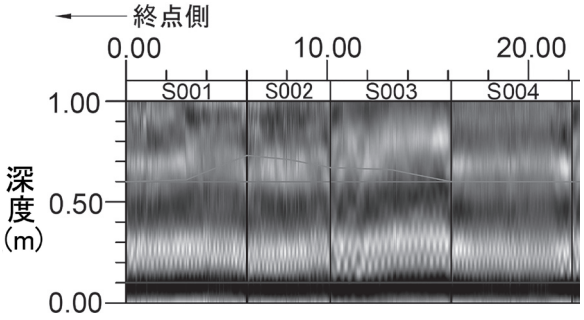


図-６　覆工空洞調査結果（天端部）

⑶　長期間湿潤保温養生

⑶-１．工夫・改善点

覆工コンクリートは、施工サイクル維持のために打込み作業の翌日に脱型し、以降は坑内環境下での気中養生が標準であるが、本工事では脱型前後の養生方法に着目し、湿潤保温養生により覆工品質の確保を行った。打込み完了から脱型までの型枠内養生として、脱型可能強度が発現するまでセントルに取り付けた面状発熱体にて覆工表層を加温した。加温養生状況を**図-７**に示す。脱型後は、不織布と気泡緩衝シートで構成される浸水養生シートを負圧により覆工に密着させ、天端部の給水口から温度制御された養生水を随時供給することで、材齢28日まで湿潤保温養生（**図-８**）を

行った。また、坑内への外気流入を防止するため、坑門位置に通風遮断装置を設置し、坑内養生環境の安定化を図った。

⑶-２．適用結果

コンクリートの打込み完了から脱型までの養生管理として、セントル表面に取り付けたスマートセンサーで計測した温度履歴から強度推定式により発現強度を算出し、脱型可能強度の到達を確認した。センサーは１断面につきSL、肩および天端の５点を対象とし、ラップ側、スパン中央および妻側の３断面全15箇所について計測を実施した。超大断面区間の脱型は材齢７日以降に行ったが、計測の結果では打込み作業終了から16時間程度で脱型可能強度10N/㎟に到達しており、脱型に対して十分な日数の型枠内養生を実施できたため、どのスパンにおいても発現強度不足による表層剥離は発生しなかった。また、養生完了後に実施した表層透気試験では、**図-９**に示すように透気係数kTが0.048～0.100×10^{-16}㎡となっており、全４スパンでグレーディングの目安における「良」判定が得られた。

４．おわりに

本工事で施工した超大断面覆工は23mとわずかな延長であったが、寒冷地の坑口部であること、土石流堆積物で構成される未固結地山区間であることから、トンネルを長期間安全に供用するためには高品質な覆工コンクリートの構築が重要と考え、想定される問題に対し様々な対策を実施した。また、事後調査の結果により、各種対策の有効性を確認できた。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・ご協力いただきました皆様に御礼申し上げます。

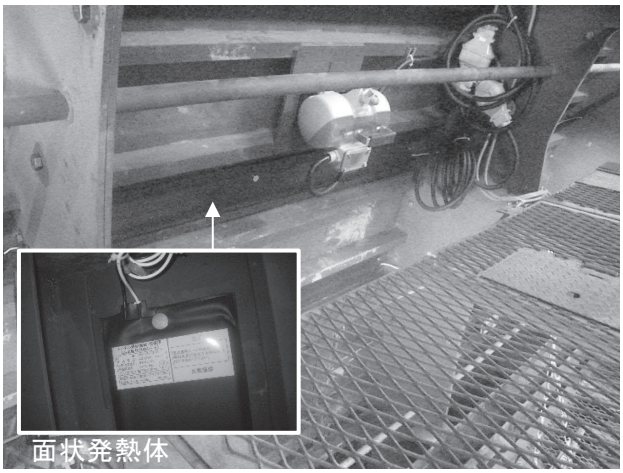


図-７　面状発熱体による加温養生



図-８　浸水養生シートによる給水保温養生

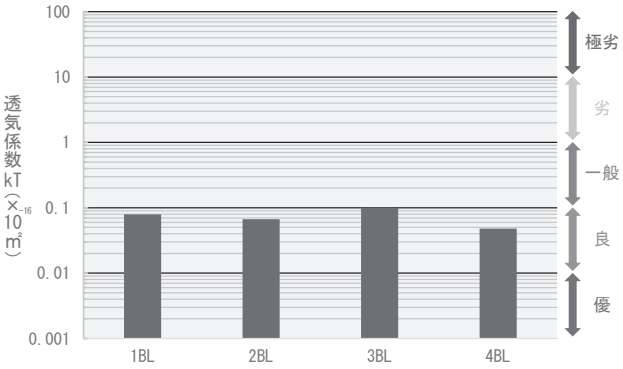


図-９　表層透気試験結果

参考文献

１）国土交通省四国地方整備局四国技術事務所：令和元年度トンネル覆工コンクリートの品質確保の手引き（案）、令和２年３月

22 品質管理

4車線道路橋台コンクリートに対する温度ひび割れ対策

岡山県土木施工管理技士会
アイサワ工業株式会社
役　田　浩　志○　　近　藤　起　世

1．はじめに

本工事は、国道１号静清バイパス清水立体事業のうち、尾羽地区における高架橋下部工事であり、バイパス本線となる尾羽第１高架橋のA1橋台と尾羽ICのON・OFFランプ橋の橋台および各橋台背面側に接続するU型擁壁を新設する工事である。**図-１**に竣工時の工事箇所全景を示す。

工事概要

⑴　工 事 名：令和３年度１号清水立体尾羽第１高架橋下部工事
⑵　発 注 者：国土交通省　中部地方整備局 静岡国道事務所
⑶　工事場所：静岡県静岡市清水区尾羽
⑷　工　　期：令和３年９月22日～令和５年10月27日

2．現場における問題点

本工事の主要工種はRC橋梁下部工であり、逆T式橋台を３基施工する。３基のうち全幅員が19mで全高13.2mの本線A1橋台は、**図-２**に示すように厚さ2.8mの竪壁と厚さ0.7mの胸壁および翼壁を有しており、マスコンクリートに該当する構造物である。また、躯体コンクリートの打込みを９月～11月に行う予定であったため、日平均気温が25℃以上となる日の打込みも考えられ、暑中コンクリートとしての取り扱いも考慮する必要があった。以上の施工条件から、温度ひび割れ対策を講じない場合、構造物の性能を著しく低下させる有害な温度ひび割れの発生が予想された。



図-１　工事箇所全景（竣工時）

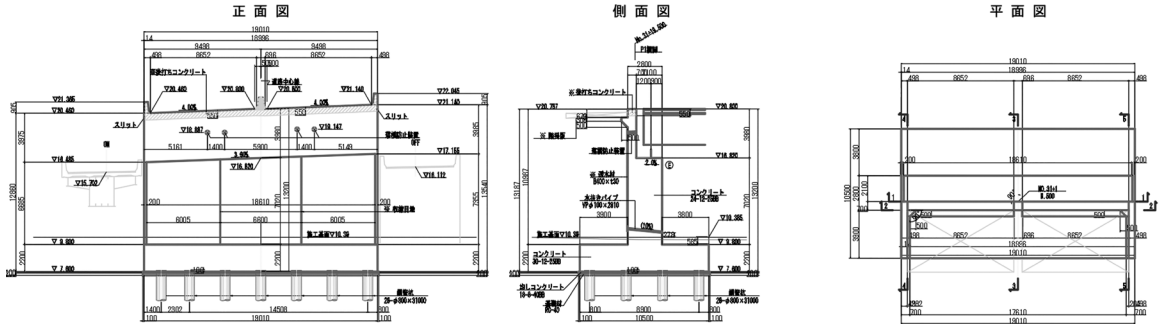


図-２　本線A1橋台構造図

3．工夫・改善点と適用結果

3-1　ひび割れ対策の選定

温度ひび割れ対策は、材料、構造、施工等の多様なアプローチがあり、ひび割れ抑制効果の大小と経済性、施工性を考慮して最適な手法を選択する。本工事でも事前に三次元温度応力解析を行い、算出した最小ひび割れ指数および最大ひび割れ幅により各対策の効果を評価し、経済性と施工性を考慮した最適なひび割れ抑制手法を検討した。

温度ひび割れ対策を検討するにあたり、「ひび割れの発生を許容するが、ひび割れ幅が過大とならないように制限」[1)]を施工方針とし、最小ひび割れ指数1.0以上、最大ひび割れ幅0.2㎜以下を目標とした。検討した結果、本工事で実施する対策を**-表-**に示す。また、**-表-**に示した全ての対策（ひび割れ補強鉄筋および表層改質剤を除く）を実施した場合の解析結果を**図-3**に示す。各部材・各リフトにおける最小ひび割れ指数が目標値である1.0以上を満足しており、各対策の有効性を確認できた。なお、底版後趾側で最小ひび割れ指数が0.63となっているが、存置鋼矢板を型枠として使用するため、背面が拘束された状態となっているのが原因である。当該箇所では、一般的な温度ひび割れ対策では改善が難しいため、ひび割れ補強鉄筋によるひび割れ幅抑制のみを実施した。

3-2　ひび割れ対策の実施

a）配合選定・施工計画時の工夫

躯体構築の施工計画・準備段階において、配合、リフト割りおよび打継間隔の検討を行った。

躯体に使用するコンクリートについて、当初は高炉セメントB種を用いた配合が指定されていたが、熱膨張係数の小さい普通ポルトランドセメントに変更することで最小ひび割れ指数が0.03～0.11改善される解析結果が得られたため、底版コンクリートには30-12-25Nを、竪壁・胸壁・翼壁コンクリートには24-12-25Nを用いることとした。

本線A1橋台の竪壁は、高さ7.02m、厚さ2.8mと壁状構造物としては部材寸法が極端に大きいことから、竪壁のリフト割りについて再検討を行った。リフト割りを当初の2回から3回とした場合、ピーク温度が2℃程度低下し、最小ひび割れ指数が改善する解析結果が得られたため、竪壁のリフト高さを下から順に1.8m、2.7m、2.52mと分割することで、1回当りの打込み量低減を図った。

打継間隔に関しては、当初計画では底版構築以降の打継にかかる日数を、各リフト20日程度で計画していたが、型枠や鉄筋の大組みにより作業日数の縮減を図ることで、竪壁①、②に関しては先行リフトの10日後に、竪壁③および胸壁は15日後に打込み可能であると判断し、解析で得られた最小ひび割れ指数をみても、最大で0.28の改善が見込めたため、打継間隔の短縮を行った。

b）鉄筋組立時の工夫

鉄筋組立時に実施する対策として、ひび割れ補強鉄筋を追加し、ひび割れ幅の制御を行った。

-表-　ひび割れ対策と期待できる効果

方法	期待できる効果
セメント変更（BB→N）	熱膨張係数の改善
リフト高さ 3m 以下	内部ピーク温度低減
打継間隔 15 日以内	下部拘束力の低減
ひび割れ誘発目地の設置	拘束度低減
液体窒素プレクーリング	打込み温度低減
断熱型枠の使用	内外温度差の縮小
ひび割れ補強鉄筋の設置	ひび割れ幅の制御
表層改質剤の塗布	ひび割れ進展防止

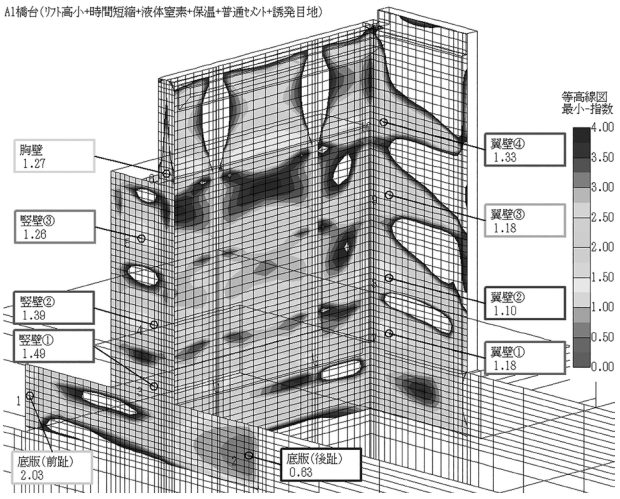


図-3　三次元温度応力解析結果（対策実施時）

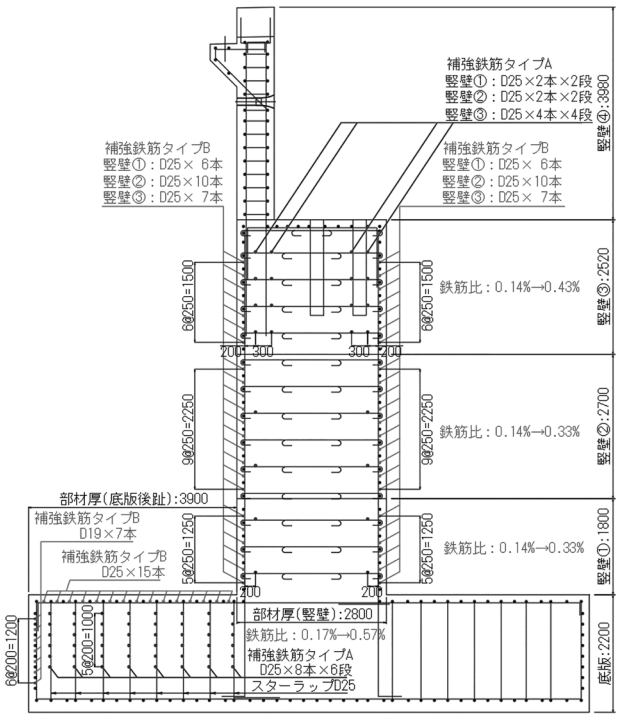
底版、竪壁、胸壁および翼壁に対し、各リフトの鉄筋比および最小ひび割れ指数から最大ひび割れ幅を算出した結果、底版後趾側と竪壁全リフトにおいて最大ひび割れ幅が0.2㎜を超過したため、ひび割れ補強鉄筋を追加し、鉄筋比の改善を図った。ひび割れ補強鉄筋の追加は、コンクリートの充填性および鋼材の入手し易さを考慮し、配力筋相当の鉄筋を設計の配力筋の中間に配置するタイプBを基本とし、躯体内部に配置するタイプAの本数を調整して所定の鉄筋比を確保した。ひび割れ補強鉄筋の配筋図を**図－４**に示す。

c）型枠組立時の工夫

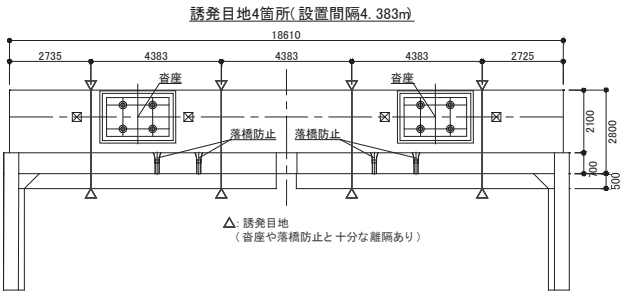
型枠組立時に実施する対策として、ひび割れ誘発目地の設置および断熱型枠の使用により、外部拘束および内部拘束の低減を行った。

本線A1橋台では、竪壁および胸壁に対し、設計段階でVカット収縮目地が２箇所計画されていたが、目地間隔が6.6ｍと広く、十分なひび割れ制御能力を得られるかが不明であること、胸壁内に設置する落橋防止装置に近接しているため、誘発したひび割れが装置に影響を与えることが懸念された。そのため、解析によって配置を再検討し、目地を4.383ｍ間隔の計４箇所とすることで外部拘束力が低減し、最小ひび割れ指数が改善されることを確認した。また、ひび割れ制御能力および止水性の向上のため、Vカット目地をひび割れ誘発目地に変更した。**図－５**にひび割れ誘発目地の配置図を示す。特に壁厚が大きい竪壁部に関しては、標準のA部材およびBL部材のほか、断面欠損鋼板を内部に設置し、断面欠損率51.8%を確保した。

次に、使用する合板型枠に対し断熱型枠パッドを取り付けることで、型枠養生中の躯体表面温度の急激な低下を防止し、内外温度差の抑制を図った。解析の結果では、断熱により内外温度差が３℃程度緩和され、表層における最小ひび割れ指数が0.18～0.30程度改善されており、対策の有効性が確認できたため、養生期間の内外温度差が15℃以内になるように断熱養生を行うこととした。



図－４　ひび割れ補強鉄筋配筋図



図－５　ひび割れ誘発目地配置平面図

d）コンクリート打込み時の工夫

コンクリート打込み時に実施する対策として、液体窒素噴射によるプレクーリングを実施した。プレクーリングは、ひび割れ発生確率が最も高い竪壁全３リフトの打込みに対して実施した。解析では、コンクリート温度を５℃低下させた場合、竪壁内部のピーク温度が5.3℃低下し、最小ひび割れ指数が0.05～0.09改善する結果が得られたため、本工事での目標低下温度を５℃とした。

現着したアジテータ車のドラム内にプレクーリング専用足場から冷却ノズルを挿入し、ドラムを高速攪拌させながら－196℃の液体窒素を直接噴射してコンクリート全体を冷却した。液体窒素は、ドラム挿入型温度計により噴射前後のコンクリート温度を計測し、目標低下温度を満足するま

で噴射した。液体窒素噴射中は、窒素冷却による白煙が発生するため、シートによる防護と送風ファンによる拡散を行い、周辺環境に配慮した（**図-６**）。

本工事で実施した液体窒素プレクーリングは、アジテータ車１車4.25㎥につき、噴射時間120～150秒、使用量90～150kgの範囲で行われ、５～７℃の温度低下を確認した。また、本工事の使用実績をまとめると、１㎥のコンクリートを１℃低下させるための液体窒素使用量が約4.9kgとなった。

e）養生期間中の工夫

養生に関する対策について、各部材の躯体中心温度および表層温度を計測し、養生期間中の温度管理を行った。計測は、熱電対センサを部材中心および側壁のかぶり位置に取り付け、15分間隔で自動計測した。計測した中心温度および表層温度から求めた内外温度差を**図-７**に示す。計測した結果、全リフトにおいて型枠養生期間中の内外温度差が目標値を満足していることを確認した。

養生終了後は、竪壁、胸壁および翼壁に発生した微細なひび割れの進展を防止するため、表層改質剤の塗布を行った。高圧水で表層を洗浄した後、改質剤を0.10kg/㎡の量で２回塗布し、改質剤浸透後に反応水による散水養生を行った。

3-3　適用結果

本線A1橋台に対して実施した各対策の効果を確認するため、目視によるひび割れ調査を行った。調査の結果、有害な温度ひび割れは認められなかった。また、竪壁および胸壁で実施した表層透気試験では、透気係数kTが$0.025\sim0.077\times10^{-16}$㎡の値が得られ、良評価に該当する結果となった。以上より、実施した各対策により本線A1橋台での温度ひび割れ発生が抑制され、緻密性の高い高品質のコンクリート構造物を構築できたと言える。

４．おわりに

本工事では、温度ひび割れの発生が懸念される大型コンクリート構造物に対して、三次元温度応力解析結果を基に、当現場に適した対策を過不足なく実施することで、有害な温度ひび割れの発生を防止できた。しかしながら、竪壁部の水抜きパイプ周辺に幅0.1㎜のひび割れが確認され、実施した対策では、断面欠損部でのひび割れを抑制することができなかった。この件を踏まえ、ランプ橋台およびU型擁壁では、水抜きパイプ周辺にひび割れ抑制鋼板を設置することとし、結果、断面欠損部のひび割れを防止することができた。本報告が橋台コンクリートに対する温度ひび割れ対策の参考になれば幸いである。

最後に、本工事を施工するにあたり、ご指導・ご協力いただきました皆様に御礼申し上げます。



図-６　液体窒素プレクーリング

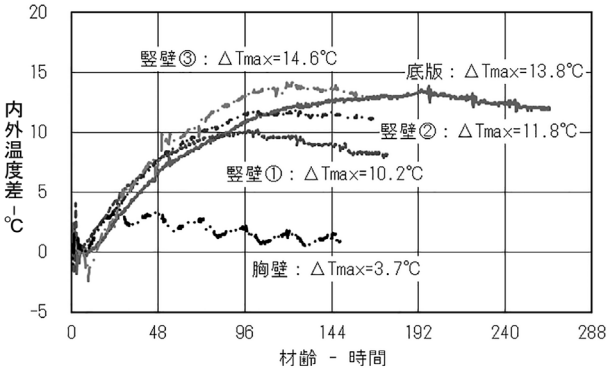


図-７　内外温度差計測結果

参考文献

１）土木学会：2017年制定コンクリート標準示方書［設計編］、pp.322-324、2017.3

23 その他

建設から35年を超える高速道路（トラス橋）の補修

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　高須加　淳○
監理技術者　絹見　哲也
設計担当　大寺　健也

1．はじめに

本工事は、北海道白老郡白老町に位置し、昭和60年に建設された３径間トラス橋の補修工事である（**図-１～３**）。

本橋は、建設から35年を超える高速道路橋で、海岸からも近く現場環境条件も厳しいことから、橋梁の腐食が激しく、一刻も早い補修が望まれていた。補修内容は、①腐食補修（高力ボルト取替、部材補強等）および②塗替塗装であり、後述する諸問題に対処するため、当初の工法を工夫・改善して施工した。

工事概要

(1) 工 事 名：道央自動車道
　　メップ川橋東地区原形工事
(2) 発 注 者：東日本高速道路株式会社
　　北海道支社
(3) 工事場所：北海道白老郡白老町竹浦
(4) 工　　期：自　令和２年２月８日
　　至　令和５年11月18日

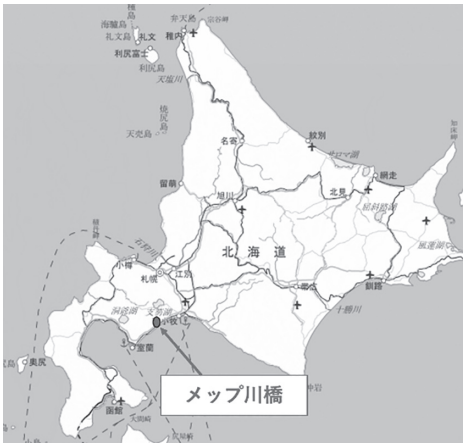


図-１　現場位置図



図-２　着工前状況

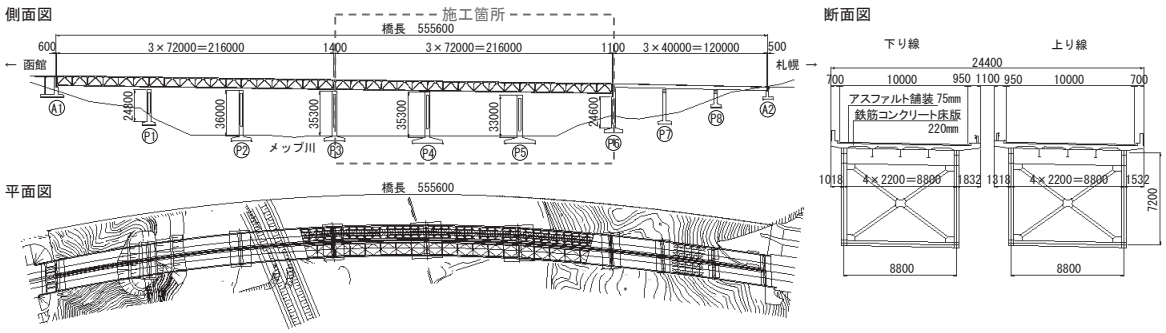


図-３　メップ川橋　橋梁一般図

2．現場における問題点

本工事の施工にあたり、解決しなければならない主な問題点として、つぎの２つの課題があった。

2-1　部材補強の安全・効率化

補修にあたって、高速道路供用下での施工が要求された。よって、部材の切断を伴う供用下での一連の作業に対して、振動や変形の影響を考慮しながら、作業員や第三者（橋面上の通行車両等）の安全を確保し、かつ短期間で補修・補強を完了させる必要があった。

2-2　塗替塗装の安全・効率化

補修前の事前調査の結果、旧塗膜には鉛等の有害な成分が含まれることが判明した。よって、塗装前に塗膜剥離剤等を使用して、それらを安全に除去する必要があった。また、厳冬期（12月～３月）は、品質管理上、塗装や塗膜剥離作業が実施できない等、工程上の制約もあったため、作業効率化の観点から、これらを解決する必要があった。

3．工夫・改善点と適用結果

前述した現場における問題点に対して、以下に工夫改善点を示す。

3-1　部材補強の工夫

①　専用治具を使用した部材取替の安全・効率化

下横構の部材補強は、一時的にブレース材等、旧部材の切断撤去を行い、新規部材を設置する手順で施工する。高速道路供用下での施工で、短期間かつ安全に作業を完了させる必要があったため、荷振れ等無く安定性を確保しながら作業ができるように、専用治具（仮吊り材）を使用した（**図-４**）。

専用治具は、**図-５**のように、単管パイプやレバーブロック等を使用して、ブレース切断前に設置した。仮吊りの方法としては、取替を実施しない上部の縦桁から、ワイヤーで治具と切断するブレース材を吊り下げた。仮吊りをおこなってから、切断・取替を実施することで、切断時に、部材の残留応力やひずみ等により生じる荷振れを緩和させることができるため、安全性が向上した。また、レバーブロックで高さ方向に微調整を利かせながら、新規部材を効率的に設置した。



図-４　専用治具を使用した部材補強状況

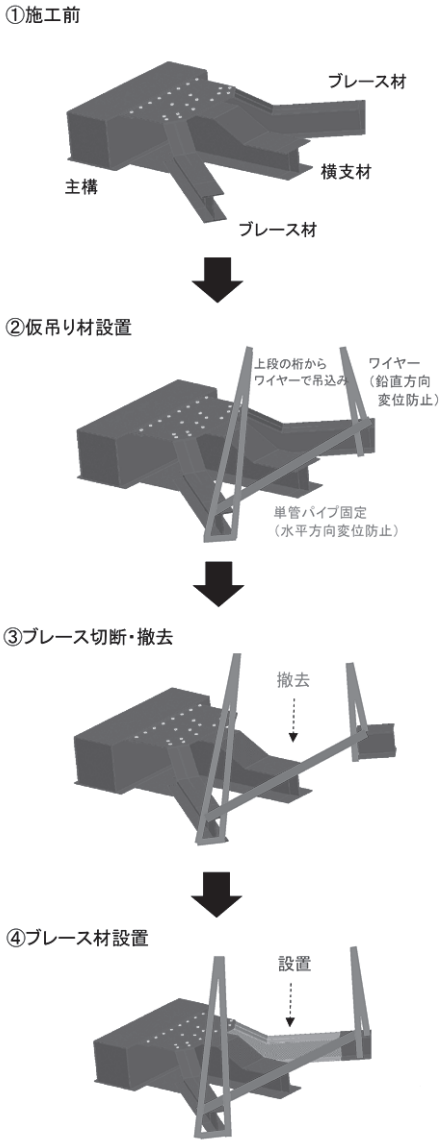


図-５　部材補強施工フロー

②　部材切断時の安全・効率化

旧部材切断は、通常はガス切断により施工することが多い。しかしながら、部材の密集した狭い空間で火気を使用することから、火災の発生や作業者の火傷のリスクが懸念された。このため、火気を使用しないセーバーソーを使用した切断に変更することで、火災や火傷のリスクを低減し安全性向上を図った（**図-６**）。

また、本橋は支点上で主構に平面的な折れを有した折れ桁構造のトラス橋であることから、橋梁全体にねじりが作用している。このため、下横構等の旧部材を切断した場合、旧部材が負担していた力が解放されて、主構に大きな変形が生じるリスクも考えられた。対策として、ワイヤレス沈下センサー（ワイモス：NETIS登録KT-180034-VE）を使用して、施工中の主構の挙動計測をリアルタイムで実施し、旧部材切断等による主構への影響が無いことを確認しながら施工した。

基準とする挙動計測値は、最も交通量が多いお盆期間を挟む、８月の10日間を抽出して作業開始前の変位を測定し、その最大値の25％増の数値を管理値とした。設置箇所は、最大鉛直変異が想定される各支間中央箇所の主構とし、上下線別で左右に各１台設置した。切断作業中に管理値を超過した場合は、現場内に設置したアラームが鳴り、かつ、職員の携帯電話にメールが入り、直ちに作業を中止する計画とした。結果的に計測値は、管理値の半分程度に収まり、無事に切断作業を完了した（**図-７**）。

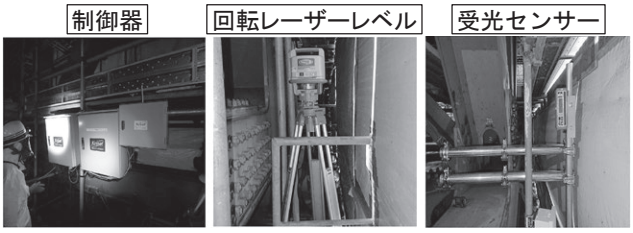
③　炭素繊維補強シート施工時の工夫

垂直材等の添接板部では、腐食減厚が懸念される箇所に、炭素繊維補強シートを貼り付け補強をおこなった。

シート施工において問題となったのは、貼付幅が非常に狭い箇所（最低15㎜）や積層数が多い（最大22層）箇所が存在することである。これらから、シート貼付け時の施工不良による品質低下や手戻りによる工程遅延等が危惧された。対策としては、施工の際に、問題なくシート貼付けができることを事前に確認する目的で、実際にシート



図-６　セーバーソーを使用した切断



常時監視し万一異常があった際は携帯電話にメールが入る

図-７　ワイヤレス沈下センサー設置状況

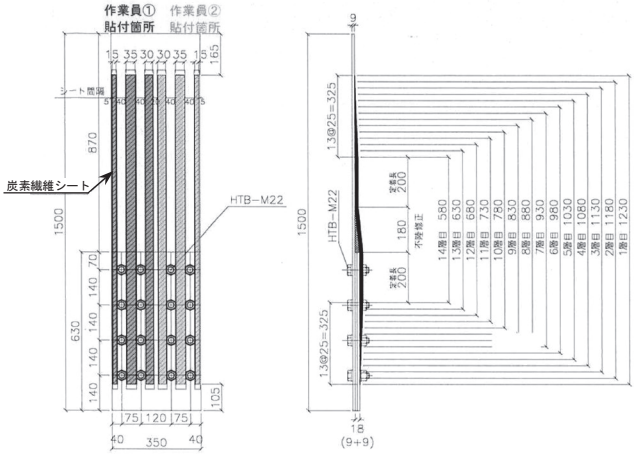




図-８　炭素繊維補強シート試験施工状況

貼付けを担当する作業員４名全員により、試験施工を行った。

実際の施工では、試験施工の時と同じ作業員４名がシート貼付けを行い、他の作業員については、養生やケレン等の準備を担当した。その結果、施工不良等による工程遅延もなく、品質確保に効果があった（**図-８**）。

3-2　塗替塗装の工夫

①　IH式塗膜剥離工法による工程短縮と安全確保

IH式塗膜剥離工法は、電磁誘導加熱により鋼

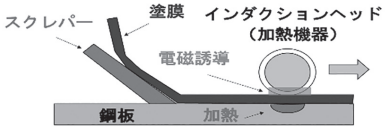
材を加熱して塗装との界面結合を破壊した後、スクレーパー等により塗膜を剥離する工法である（**図－９**）。

通常、鉛を含有する旧塗装膜を除去する際に用いられている従来工法（塗膜剥離剤による除去）の場合、冬季（５℃未満）は施工できない。また、事前（気温20℃程度）の塗膜剥離剤を使用した試験施工結果では、旧塗膜は１回では除去できない（２回～３回必要）ことが判明した。全体工程を検討したところ、塗膜剥離剤を使用した工法では、剥離回数増や冬季施工ができないことにより、当初１回剥離で計画されていた予定工程を大きく逸脱することが懸念された。

IH式塗膜剥離工法を用いることにより、従来工法では施工できない冬季間にも塗膜剥離が施工できたことで、約４カ月間もの工程短縮が実現し、当初工期内かつ余裕をもって作業を終えることができた。また、インダクションヘッドが入らない狭隘箇所部を除き、大半の箇所を本工法に変更したことで、塗膜剥離剤使用量が大幅に減少し、安全性向上（火災防止による高速道路供用下での安全確保や作業員の中毒等のリスク低減等）にも効果があった（**図-10・11**）。

② IH式塗膜剥離工法を適用するための対応

IH式塗膜剥離工法の適用にあたっては、IH機材等を作業箇所や設置スペースを考慮した上で、適切な場所に配置し、作業半径を確保する必要がある。しかしながら、本橋では、高さ35mを超えるハイピアであることや、冬季積雪時期における橋面上高速道路の交通規制ができないことから、通常は桁下ヤードもしくは橋面上に配置するIH機材を、足場内に設置する必要があったが、足場内は狭隘で、作業箇所近傍への設置が困難であった。このため、比較的スペースに余裕のある作業用安全通路を別ルートに切り替えた上で、安全通路があったスペースにIH機材を設置した。また、通路上に分電盤を各径間に複数設置し、作業進捗に応じてIH機材を作業箇所付近へ移動させることにより、必要な作業半径を確保した（**図-12**）。



図－９　IH式塗膜剥離工法の原理



図-10　塗膜剥離剤による従来工法（添接部）



図-11　IH塗膜剥離による新工法（一般部）

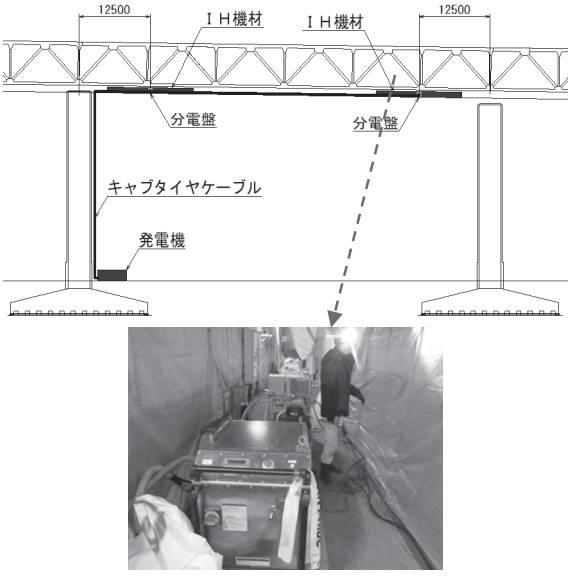


図-12　IH式塗膜剥離機材配置状況

４．おわりに

本工事のように、冬季を挟んだ作業期間で、かつ、狭隘な足場上での高速道路補修工事では、通常の施工工法よりも、新工法（IH式塗膜剥離工法等）の採用等により、安全性や作業効率が改善される場合も多々ある。本稿が同種工事の一例として、施工方法の参考となれば幸いである。

最後に、関係各位には適切な助言、協力を賜りました。ここに深く感謝の意を表します。

24 その他

ICTを活用した現場罫書作業の省力化システムの開発

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
現場代理人　田辺　好司○
製作担当者　木村　光宏
設計担当者　長尾　知佳

1．はじめに

本工事は福岡県粕屋郡篠栗町篠栗を起点とし、飯塚市弁分に至る八木山バイパスの4車線化に伴う鋼4径間連続非合成鈑桁橋の製作および架設工事である。本工事のコンクリート製下部工には、アンカーボルトやアンカー筋を施工するための現場罫書作業が必要である。この作業の省力化を図るためICTを駆使したシステムを開発、建設現場において実証実験を行った。本稿ではシステムの概要および検証結果を概説する。

工事概要

⑴　工 事 名：福岡201号新城戸橋上部工工事
⑵　発 注 者：国土交通省　九州地方整備局
⑶　工事場所：福岡県粕屋郡篠栗町内住
⑷　工　　期：令和3年9月14日～
　　令和4年10月31日

2．現場作業の課題

近年の橋梁新設工事では、維持管理・点検に必要な下部工検査路を設置することが多く、また耐震上の観点から落橋防止システムの設置が必要であり、コンクリート製下部工への後施工アンカーの数が多くなってきている。この作業プロセスは、アンカー位置を設計図面から読み取り下部工に罫書きを行い、事前に準備したフィルム型を現地で位置合わせし、アンカー設置用の削孔を行っている。これらの作業はすべて人力での作業となっており多大な労力を要している。そこで、本工事ではこの一連の作業の省力化を目的として設計図面情報の読み取りを画像処理（AI）で行うことや罫書き作業をMRデバイスに置き換えるなどの新技術を活用したシステムを開発し、**図-1**の手順で従来方法との比較を行うことでその実用性について検証した。

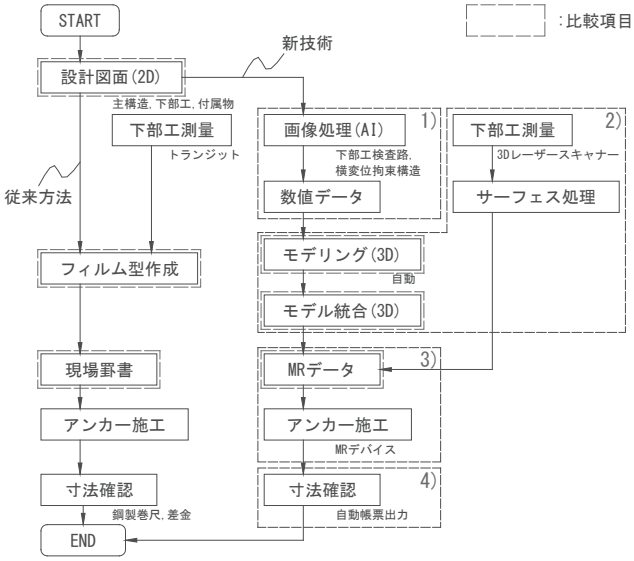


図-1　フローチャート

3．工夫・改善点と検証結果

3-1　対象構造物

検証の対象は、下部工検査路と横変位拘束構造壁の双方が設置されるA1橋台部の下部工検査路支持ブラケットのアンカーボルトおよび横変位拘束構造コンクリート壁のアンカー筋とした（**図-2**）。

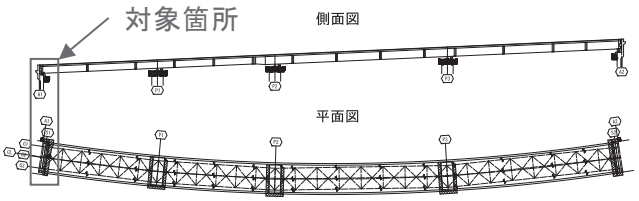


図-２　構造一般図

3-2　システム概要

１）画像解析

アンカーボルトやアンカー筋の間隔は、従来、技術者が設計図面から必要な情報を読み取っているが、これを人工知能（AI）技術で画像解析を行い、数値情報を取得することとした（**図-３**）。具体的には下部工検査路と横変位拘束構造の２次元図面PDFデータを使用し、文字認識によって必要な寸法を数値データとして取得、３次元モデル作成のための情報をXML形式の中間ファイルとして出力する。

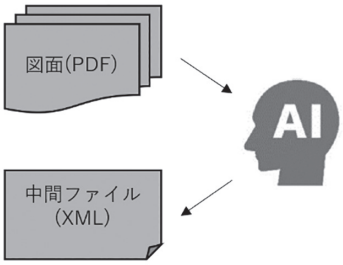


図-３　AI画像解析

2）３次元モデリング

次に、前述の中間ファイルを自社開発した自動モデリングシステムに読み込み、下部工検査路および横変位拘束構造のCIMモデルを作成する（**図-４**）。

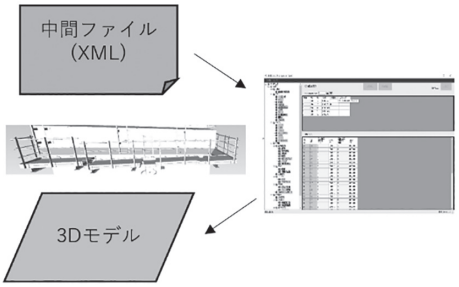


図-４　モデリング

また、現場にて3Dレーザースキャナー（GLS-2200）を使用して現地形状の点群データを取得し、手動で作成した３次元モデルとデータを重ね合わせることにより、将来の維持管理に活用できるモデルを作成する。モデルの統合にはNavisworks Manageを使用する。また、得られた点群データから橋台のサーフェスを作成し、このモデルを後述するMR投影システムに活用する。この際、点群データの抽出にはGeomagic Design Xを使用し、サーフェスモデルはAutoCADデータとして出力する。

３）MR投影システム

現場作業者による図面の読み取りや罫書き作業を省略するため、点群データから作成したサーフェスにAutoCAD上でアンカー位置を反映し、インフォマティクス社のGyroEyeコンバータによりMRデータに変換を行う。MRデバイスはMicrosoft社のHoloLens２とし、MRデータはGyroEye Holoのシステムを介してビューワソフトにより現場で閲覧することとした。なお、MRシステムの誤差や問題点の確認を行うため、現場でのアンカーボルトの打設手順としては従来通りに罫書きを行っておき、その後MRデバイスを装着し表示されるアンカー位置と実際の罫書き位置を重ね合わせることで、誤差を定量的に把握する。

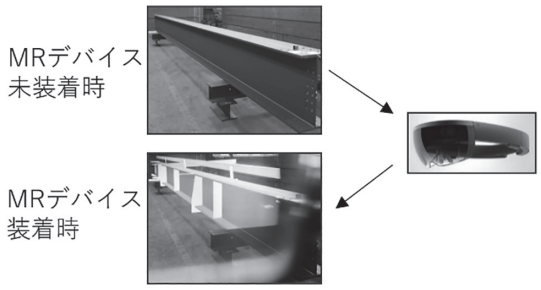


図-５　MRデバイス装着時イメージ

４）施工管理帳票の作成

下部工検査路ブラケットのアンカーボルトや横変位拘束構造のアンカー筋位置の施工記録用の帳票を自動作成するシステムを開発した。本システムは、３次元モデルからアンカーの施工位置座標をxlsx形式で出力する。次に、現地の部材取り付け位置をトータルステーション（DX-105）で計測し、座標をcsv形式で出力する。出力された

xlsxデータおよびcsvデータ、そして帳票のひな形を自社開発の自動帳票作成システムに読み込むと、設計値座標と近似位置の現地座標のアンカーを自動でマッチングし、帳票ひな形の所定の箇所に数値を入力し出力することが可能である（**図-6**）。

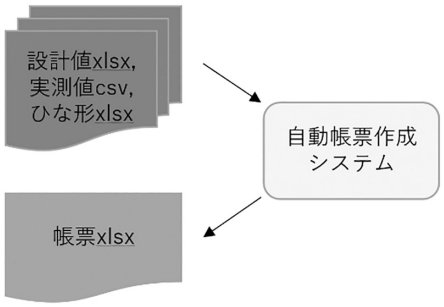


図-6　自動帳票作成システム

3-3　検証結果

1）画像解析

画像解析（AI）による数値の読み取りについて実施したところ、全体の8割程度の数値を読み取ることができた。**図-7**のうち白抜き部が文字認識箇所であり、文字と認識されなかった箇所はグレー着色となっている。数値として認識されなかった要因としては、寸法の引き出し線と数値が近いことから、数値が図の一部であると誤認識されたことが考えられる。また、数値の読み取りはできたものの、図面上の隣接する寸法値が近い箇所は連続した一つの数値として認識されるという事象が生じた。実工事への導入にあたっては精度を向上させることが課題であり、作図段階で寸法線と寸法値の間隔を広げておくことや、PDFではなくCADデータを用いることで寸法線と数値を識別するシステムに改善する案が考えられる。

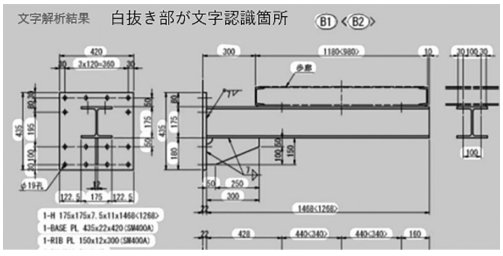


図-7　画像解析結果

2）3次元モデリング

図面の画像解析で取得した中間ファイルから自社開発した自動モデリングシステムに連動することによるCIMモデルの作成は問題なく完了し、表示されている寸法からも設計図面と相違ないことを確認できた。

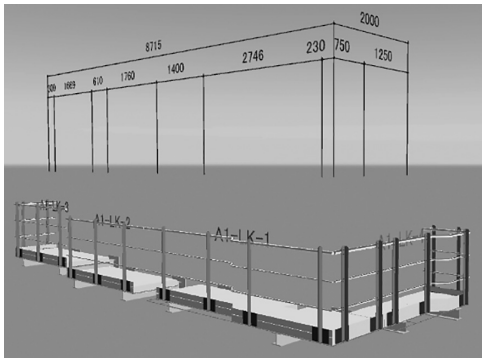


図-8　下部工検査路CIMモデル

自動モデリングした付属物モデルおよび主構造、点群データの統合モデルを**図-9**に示す。現地地形が明確に把握でき、維持管理時の現況把握に役立つと考えられる。



図-9　統合モデル

3）MR投影システム

現場にてあらかじめ行っておいた罫書位置についてMRデバイスを装着して確認したところ、MRデバイスと現地地形の位置合わせを行った直後はほとんど誤差がないことが確認できた。



図-10　MRデバイス装着者視点

しかし、作業者の移動や作業時間の経過に伴い誤差が生じていくという問題が判明し、実験中には数cmほどの誤差が確認された。この問題は、実験の対象とした構造物がコンクリート製の橋台であり、一様に特徴の少ない面が連続することや、日射条件によりコンクリートの色が白色や灰色に見え方が変わることで下部工のどの面を見ているのかシステムが判定できなくなり補正ができなかったということが原因と考えられる。

この問題の解決方法として、特徴の少ない構造物に適用する場合はトータルステーション等の位置を正確に把握できるシステムを併用することなどが挙げられる。

4）施工管理帳票の作成

自動帳票の出力については、設計値と実測値のマッチングシステムは問題なく稼働した。出力された結果は、水平方向の誤差は小さいものの、全体的に鉛直方向に数十ミリの誤差が生じていた。これにより、マッチングシステムではなくトータルステーションを用いた現地データの取得が正確ではなかったものと考えられ、機材使用時の対象物との距離や足場の確保など、計測環境の確保が課題となる。

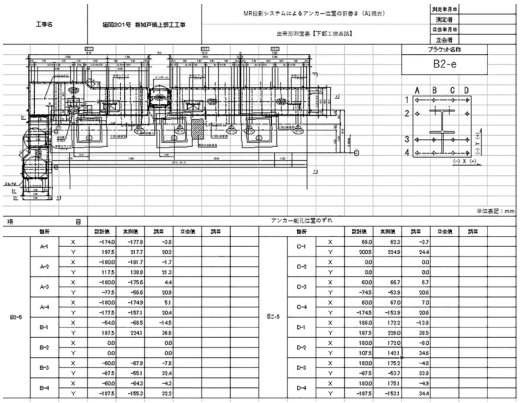


図-11　下部工検査路の施工管理帳票

4．おわりに

従来の人力での作業に代わり、画像解析や3D自動モデリング、MR投影システム、自動帳票作成システムといった新技術の要素を組み合わせ、作業プロセス全体を網羅するシステム開発を提案し検証を行った。比較検証の結果を**図-12**に示す。

実証実験では、それぞれ要素技術にはそれぞれ課題があり、数値等の修正時間やモデルの統合、MRデータの作成は人力で行うことを考慮すると、従来よりも時間がかかる結果となった。

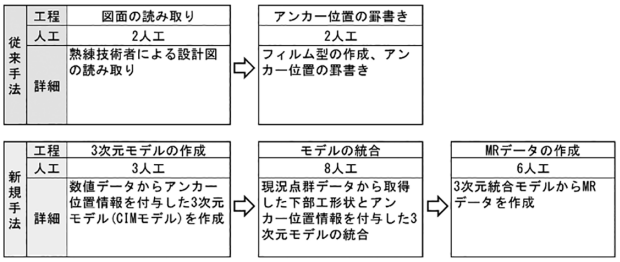


図-12　従来方法と新技術方法の比較

しかしながら、BIM/CIM活用が原則となっている現在では、自動モデルリング機能などの提案の方法は単独でも十分使えるものと考えられる。

また、比較検証では新技術について3章で記載したとおり明確な課題を確認することができたため、今後も開発および検証を進め課題の解決に向け取り組む予定である。また、実証実験においてはコンクリート構造物への部材の取り付けに着目したが、床版や壁高欄の配筋作業など、別の構造へ適用することも視野に入れ、作業の省力化に限らず、建設DX推進に資する開発を進めていきたいと考えている。

最後に、現場検証を実施するにあたりご指導およびご協力いただきました国土交通省 九州地方整備局 福岡国道事務所をはじめとする関係者の方々に厚く御礼申し上げます。



図-13　現地の設置状況

25 その他

ICTを活用した桁架設について

日本橋梁建設土木施工管理技士会
日本車輌製造株式会社
現場担当　山本　昂平○　監理技術者　武田　弘嗣　現場代理人　吉野　佑紀

1．はじめに

本工事は、愛媛県の松山環状道路上に位置する余戸南第５高架橋（**図-１**）の架設工事である。余戸南第５高架橋は、橋長119mの３径間連続開断面箱桁橋梁である。本工事では、ICTの活用に積極的に取り組み、生産性の向上や業務の効率化を図った。

本報では本工事で実施したICTの活用事例について紹介する。

工事概要

⑴　工 事 名：R3-R5年度外環空港線余戸南第５高架橋上部工事
⑵　発 注 者：国土交通省四国地方整備局松山河川国道事務所
⑶　工事場所：愛媛県松山市余戸南
⑷　工　　期：R4年２月５日～R5年５月31日



図-１　余戸南第５高架橋　全景

2．現場における問題点

2-1　架設時の形状管理について

本工事は箱桁の断面形状が開断面（**図-２**）という特徴がある。通常の箱桁の閉断面とは異なり、逆台形の開断面であるため形状維持が課題となった。本橋は、箱断面がL字分割されていることから地組１ブロックあたりの部材数が多く、また曲率を有することから線形が複雑なため、地組立て時は鈑桁や箱桁と比較して形状維持が困難であった。また、交差点上に架設する落とし込み桁は、架設後の出来形調整ができないことから、先行架設桁との接合面の不一致により夜間作業内で連結できず、落とし込み架設が完了できない懸念があった。

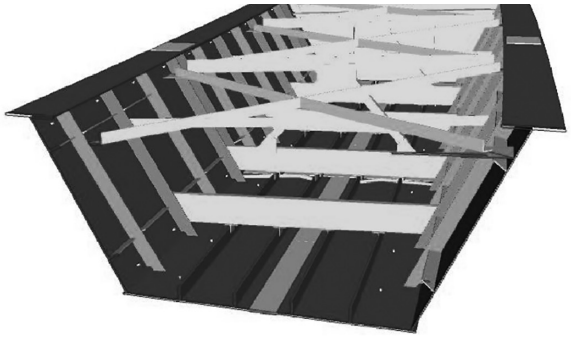


図-２　断面形状

2-2　第三者への安全に配慮した架設について

本工事の架設場所は、松山外環状道路空港線の側道に挟まれた中央分離帯及び交差点上であり、交通量の多い道路に近接した工事である。また、

架設場所の近くに松山空港が位置し、本工事区間の上空は松山空港の航空機進入表面エリアとなっており、クレーンのブーム制限高を遵守して施工を行う必要があった。以上より、第三者への安全に配慮した架設が課題となった。なお、交差点上空は夜間通行止め規制を行い、落とし込み架設を実施した。

2-3　床版コンクリートの品質管理について

本橋は側道に挟まれた中央分離帯上に位置する高架橋であり、周囲には建物が無いため、床版コンクリート表面は風や直射日光の影響を受けやすいことに加え、横断勾配（最大５％）が大きく、コンクリート上の水が勾配の低い側に流れやすい特徴がある。このため、勾配の高い側の湿潤状態が維持しにくく、水和反応が十分に進展せず、コンクリート表面から乾燥収縮ひび割れが発生する懸念があった。

３．工夫・改善点と適用結果

3-1　架設の形状管理対策について

⑴　３次元測定機の使用について

地組ブロックの出来形を「ワイドエリア三次元測定機（(株）キーエンス)」により計測した。計測方法は、ワイヤレスのプローブの先端を格点に順次移動させ、カメラで自動追尾させることで、三次元座標データを取得した。そのデータから、桁高、桁幅及び対角線の寸法を算出した。**図-３**に計測状況を示す。計測精度は1/10㎜程度の誤差であり、高精度の計測が可能である。架設前に全ての地組桁を計測した。**-表-**は計測結果の一例を示す。桁高（H1、H2)、桁幅（UW、LW）及び対角線（L1、L2）の寸法は全て規格値以内におさまる結果となった。桁の断面のように測定範囲が広い場合、測定誤差が出やすいが、３次元測定機を使用することで誤差が小さくなり、より正確に計測することが可能となった。また、一人で計測することが可能なため、計測人員削減に繋がり、職員の少ない現場では効果的であると考えられる。



図-３　３次元測定機による計測状況

-表-　３次元測定機による実測結果

測定項目		桁高、腹板間隔、対角間隔			
測定箇所		設計値（mm）	社内計測		規格値
			測定値（mm）	誤差	
J15(若番側)	UW	5500	5501	+1	H:±4 UW:±5.5 LW:±5.5
	LW	3300	3302	+2	
	H1	2493	2495	+2	
	H2	2250	2249	-1	
	L1	4936	4936	+0	
	L2	4818	4817	-1	

⑵　3Dブリッジ使用について

本工事の交差点上の架設は夜間に行い、落とし込み架設を実施した。落とし込みブロックは、先行架設桁間に長尺の３ブロックを架設した。大ブロックを確実に連結するために、先行架設桁を架設ステップ毎に累積誤差を生ずることなく架設する必要があった。そのため、先行桁架設時において、「橋梁桁変位自動計測システム（3Dブリッジ）（NETIS登録番号：KT-130050-VE)」を使用した。

先行桁架設時は、架設ステップ毎に3Dブリッジによる後続桁の形状予測シミュレーションを行った。形状予測シミュレーションでは、架設済み桁の３次元座標と後続桁の仮組立３次元座標とをマッチングさせ、通り・そりの誤差が最小となる後続桁の調整量を自動算出した。

計測は架設ステップ順に、計11ブロックの全地組桁を対象に行った。計測のタイミングは地組桁架設後とした。**図-４**に示すように、計測はトー

タルステーションによって、主桁の格点に設置したプリズムの３次元座標データを計測する。トータルステーションはプリズムを自動追尾し、計測した３次元座標値と後続桁の仮組立３次元座標とをマッチングさせ、調整量の自動計算を行う。

架設ステップ毎に、架設済み桁の３次元座標と後続桁の仮組立３次元座標から誤差が最小となる調整量をその都度シミュレーションし、架設に反映するため、繰り返される後続桁の架設誤差累積を防止ができ、桁架設完了後の出来形精度向上に繋がった。また、後続桁の調整量を自動算出可能となるため、測量時間の短縮にも繋がった。



図-４　3Dブリッジによる計測状況

3-2　第三者への安全に配慮した架設方法について

⑴　3Dデータ活用による架設計画

本工事は、架設計画の段階で、3Dモデルを作成し、交差点上に桁を架設後、信号機の視認性に影響がないかの確認を行った。**図-５**に示すように、3Dモデルは橋梁本体モデルと地形の点群データを統合して、作成した。また、3Dモデルを利用して、**図-６**に示すように、架設ステップごとのアニメーションを作成し、架設手順及び安全順守事項、交差点内架設作業におけるクレーン位置などを作業前に作業員に周知し、第三者及び作業員の安全に配慮した架設を実施した。効果としては、架設の流れが視覚的に理解可能となり、作業の理解度向上や現場職員と作業員間のコミュニケーションの活性化に繋がった。また、現場職員と作業員間のコミュニケーションには留まらず、発注者への説明資料としても効果的であり、発注者とのコミュニケーションの活性化にも繋がった。



図-５　点群データを統合した3Dモデル



図-６　CIMアニメーションを用いた新規入場者教育実施状況

⑵　スカイジャスターを用いた底鋼板パネル架設

本工事は、合成床版の底鋼板パネル架設に「スカイジャスター（NETIS登録番号：KT-130050-VE)」（**図-７**）を使用した。スカイジャスターは吊り荷の上に接続し、吊り荷の回転制御を行い、吊り荷の荷振れ防止が可能となる。底鋼板パネルのような風の影響を受けやすい物を運ぶ際には吊り荷が安定し、効果的である。また、介錯ロープを使用せずに、リモコン操作で遠隔操作も可能となるため、作業員の墜落リスク低減と作業効率向上に繋がった。また、作業員一人で吊り荷の制御が可能となり、作業人員削減にも繋がった。



図-７　スカイジャスターを使用した鋼板パネル架設状況

3-3　床版コンクリートの品質管理について

本工事では、コンクリートの湿潤状態を温度管理システム「おんどロイド」（NETIS登録番号：KT-230101-A）を使用して確認した。おんどロイドは専用の小型センサーで計測する温度や湿度データを無線で定期的に収集し、専用のクラウドサーバーに送信するため、パソコンやスマートフォン等で、離れた場所から計測データ等をいつでも確認することが可能である。

養生期間中はおんどロイドをコンクリートが最も乾燥しやすい縦横断勾配の高い側に設置した。**図-８**に温度ロイドの設置状況を示す。小型センサーが球体部分であり、小型センサーを養生マットで覆い、その上からカラーコーンを設置し、職員や作業員が認識しやすいようにした。床版コンクリートは５回に分けて打設したため、１打設箇所に１箇所の計５箇所におんどロイドを設置し、湿度を確認した。湿度が80％未満になった場合には、現場職員のパソコン及びスマートフォンにメールを自動送信し、速やかに散水を行った。小型センサーから送信されるメールで管理するだけでなく、おんどロイドが計測するデータは、クラウド上でグラフを閲覧可能であり、湿度の変化についても視覚的に把握することが可能であるため、グラフを見て、湿度が低下している傾向が見られる場合はメールが送付される前にあらかじめ散水を行った。

おんどロイドを使用して、コンクリートの品質管理を行うことで床版コンクリート上には目立った乾燥収縮ひび割れが見られず、ひび割れの抑制に繋がった。おんどロイドは遠隔で管理できる点以外にも、クラウド上の生データをcsvファイルに出力が可能なため、エクセルでグラフ等の資料を作成することが容易であり、業務効率化にも繋がった。



図-８　おんどロイド設置状況

４．おわりに

本工事は、ICTを活用することで課題解決及び生産性の向上や業務効率化に繋がり、また第三者への安全性も向上し、無事故無災害で工事を終えることができた。ICTの活用にあたり、当初は適用に時間を要し、色々と苦労したが、その利便性を実感することができた。また、愛媛大学の学生を対象とした現場見学会を開催したが、3Dのアニメーションを使った説明は工事の流れを理解しやすいと学生から好評であった。

最後に、本工事の施工にあたりご指導頂いた四国地方整備局松山河川国道事務所の方々、並びに、ご協力頂いた工事関係者の方々に厚くお礼申し上げます。

26 その他

地方発！砂防工事での BIM/CIM モデル普段使いのすすめ

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

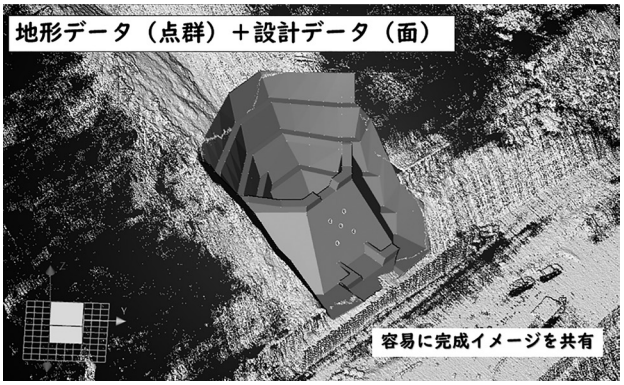
1．はじめに

DX化全盛の昨今、BIM/CIMモデルを活用していくことはこれからの土木技術者にとって必要なスキルであると誰しも自覚している事ではないかと思うが、私は現場を3D化する事が好きで10年ほど前から、現場を受け持つたびに3Dモデル化に取り組んできた。それは、趣味と化しているとのではないかと感じるほどである。

この工事は、2020年９月の台風10号災害の現場で、台風時の大雨により斜面崩壊が発生した現場で砂防堰堤を施工するものである。この現場においても、BIM/CIMモデルを駆使した事で様々な問題を解決できた事を述べる。

工事概要

⑴ 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
⑵ 発 注 者：宮崎県日向土木事務所椎葉駐在所
⑶ 工事場所：宮崎県東臼杵郡椎葉村下福良
⑷ 工　　期：令和３年６月22日～
　　令和４年12月20日
⑸ 主要工種
　軟岩掘削（無人化）　V＝2,600㎥
　上部法面掘削工（ICT）V＝　900㎥
　モルタル吹付工　　A＝　670㎡
　砂防堰堤コンクリート　V＝1,100㎥

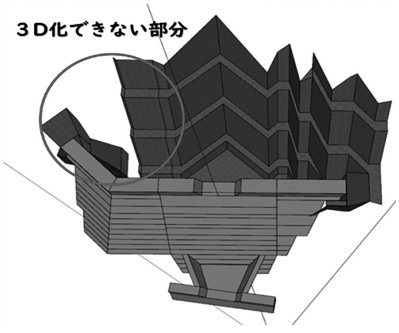


図－１　完成予想図

2．現場における問題点と課題

砂防堰堤の工事着手にあたり、設計図書の照査を行ったが、平面図や縦横断図に示す掘削形状が複雑で、土木経験30年以上の経験を持つ私でも理解し難い状況であった。

昔からの技術者は2D図面を見て頭の中で3D化できると良く聞くが100％すべてを立体化できるような、そんな凄い能力を持つ人はそう多くは存在しないのではないかと思われる。とりあえず私には無理なので3D化を行った。



図－２　3Dモデル図（複雑）

結果、**図－2**の様にBIM/CIMモデルとして図形が結合できない事が判明した。また、掘削形状として非常に複雑なため物理的に施工できない事も判明した。

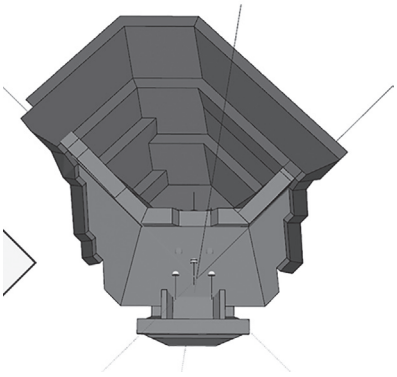
前述したように2D図面上で施工可能な形状か、判断はそう簡単にできる事ではない。こういった事例はこれまで幾度となく繰り返され、現場で擦り付け施工という現地合わせの手法で帳尻合わせをしながら施工してきた。これは測点毎のピンポイント断面管理であったため可能であったが、DX全盛の時代にICT施工が主流となっている状況で三次元設計データは必須である。擦り付け施工の部分も設計データとしてしっかり作り込まなければ機械は動いてくれないのである。

3．工夫・改善点と適用結果

発注者・設計者・施工者が一堂に会して設計図書の照査内容を共有し施工検討を行う、三者検討会（国交省直轄工事でいう工事監理連絡会）において、決定していた追加のボーリング調査の結果、背面の掘削勾配が3分勾配⇒6分勾配へと設計の見直しがされ、砂防堰堤の形状も同時に変更となった。

掘削はシンプルのほうが施工性は格段に良い。複雑な形状であるがゆえに掘削形状を結合できない部分も発生するため、この機会に**図－3**のようなシンプルな掘削形状へと弊社にてBIM/CIMモデルを制作し発注者に提案した。

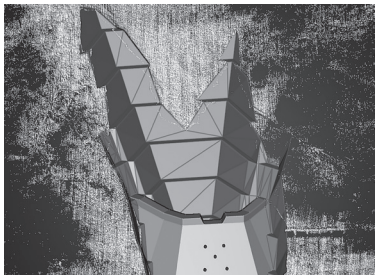
図－3に示すBIM/CIMモデルは砂防堰堤の形状に従い、標準断面図に示す法勾配や小段幅を参考に3時間程で制作した。施工提案するにあたり工夫した点を2点示す。



図－3　BIM/CIMモデル図（シンプル）

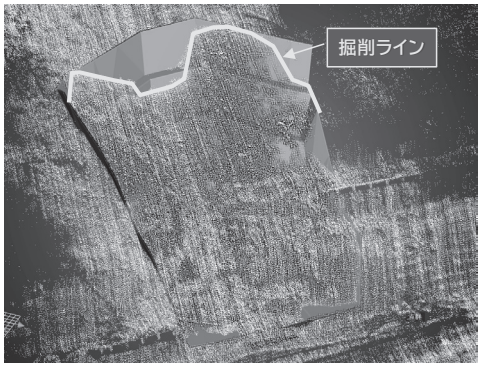
① 掘削可能な高さ以内とするための検討

事前にUAV測量を行い点群化しておいたデータに設計検討中のデータを重ね合わせ、極端に掘削高が高くならないように何度も修正した。



図－4　検討途中のデータ（法高が高過ぎる）

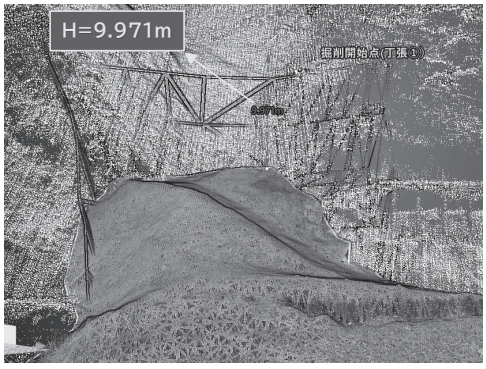
図－5は点群データに三次元設計データを重ね合わせ、掘削法頭位置を黄色で示した図である。



図－5　掘削法頭位置を黄色線で示す

この位置であれば仮設盛土を行い、重機登坂路を造成する事で0.7㎥級のバックホウを使用すれば掘削が可能な高さとなる。

※重機作業床＋10.0m未満が条件

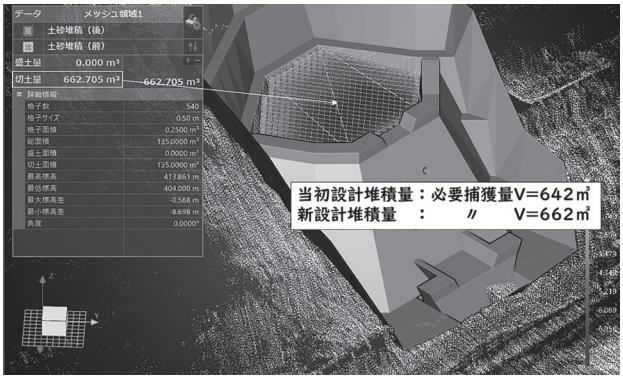


図－6　仮設盛土後の作業高

図－６は**図－５**に仮設盛土（茶色部）を施工した後の点群データである。掘削開始点までの直高はH＝9.97mで10m以内となっている。

②　土砂捕獲量の検討

この砂防堰堤は堰堤背面の土砂捕獲量が設計段階で設定されており、当初設計時に計画されていた土砂捕獲可能量と同等以上の容積を確保する必要があった。何度も掘削形状を変更しながら捕獲量をクリアできるように調整しなければならないと覚悟していたが、１回でこの条件をクリアする事ができた。



図－７　土砂捕獲量の検証

当初設計時に設定されていた必要捕獲量であるV＝642㎥に対し、V＝662㎥とすることができた。これは、砂防堰堤と背面の掘削面との差分により三次元土量解析で算出したもので、背面ポケット天端面となる部分は別途三次元設計データを作成し土量解析を実施した。

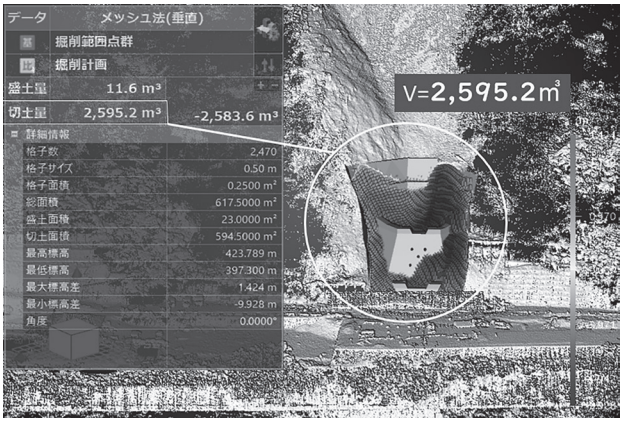
以上、BIM/CIMモデルを活用する事で、容易に掘削形状の変更提案をすることができ、この案を採用して頂けたが、これは標準的な建設機械を使って施工できるよう施工計画を加味した内容となっている事が特徴である。

ここで自分の考えを述べるが、BIM/CIMモデル活用はあくまでも手段であるということだ。BIM/CIMモデルを制作する事のみでは業務効率は向上しない。逆に通常業務の時間を割いて制作時間を確保する必要があり業務効率が落ちる要因である。**図－１**の様に、利害関係者とアウトプットイメージを共有する事も活用の一例ではあるが、これだけでは何とも勿体ない。

『普段使い』のキーワードに従い、活用事例を順に示す。

①　設計土量の算出

ICT活用工事では定番の活用方法であるが、今回の砂防堰堤土工の様に、土量計算が複雑化する要素を含む場合は非常に有効な機能である。

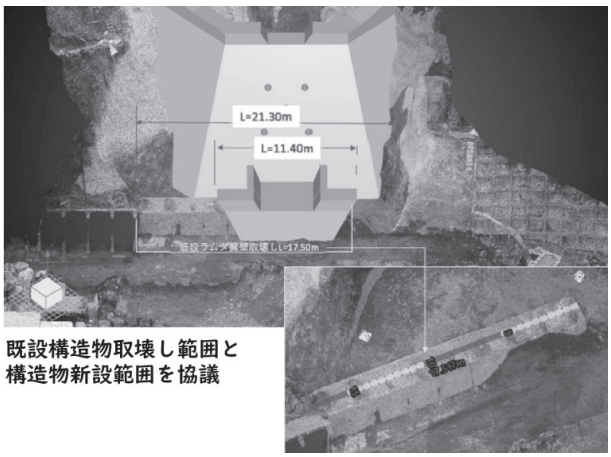


図－８　掘削土量一括算出

この機能は、ICT活用工事では当たり前の機能となっているが、非常に便利な機能のひとつである。横断図を基に平均断面法で数量計算する手間と比較すると横断図作成＋測点ごとのCAD求積＋平均断面法による土量計算書作成で３日は要するであろう作業が三次元設計データと地形データさえあれば、半日以内で数量算出が可能である。

②　当初設計では予期できない変更協議に活用

掘削を進めていく段階で、地中に埋まっていた既設構造物により当初設計から変更する必要が発生した際の根拠資料として活用。



図－９　設計変更協議に活用

③　砂防堰堤本体工の数量チェックに活用

今回の砂防堰堤工事は、砂防堰堤本体のコンクリート体積計算が複雑であったため、数量計算書のチェックが難解であった。このため、BIM/CIMモデル上で打設ブロック毎にモデルを詳細化させ、ひとブロック毎に計算できるように計算方法を変更した。

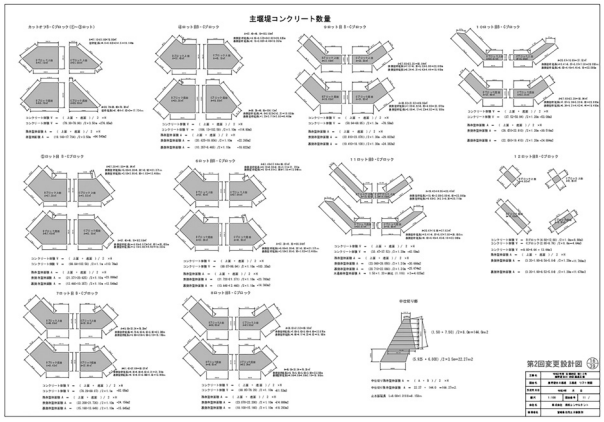


図-10　ブロック毎に数量計算

この手法は、従来の数量計算手法に合わせてBIM/CIMモデルをベースにして数量根拠資料を作成したものであるが、将来的には下の**図-11・12**の様に、瞬時に数量を求める事が認められるようになるのではないかと期待している。



図-11　コンクリート体積一括算出

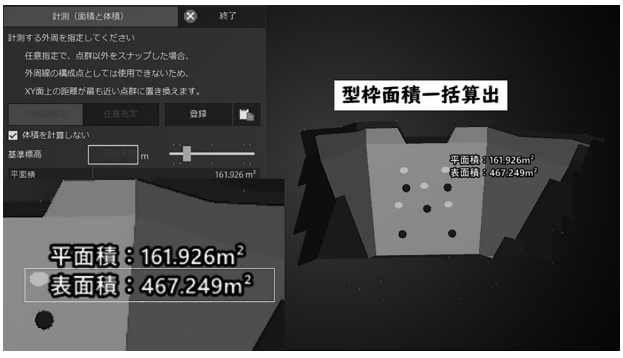


図-12　型枠面積一括算出

現在はチェックなど参考程度に留める使用方法になるが、数量が合致すれば安心材料となる。

④　現場見学会等の説明時に活用

この現場は、台風災害が発生した現場に砂防堰堤を構築する工事で、発注機関の現場視察（多数）や現場見学会５回開催など対外的に現場を説明する機会が多い現場であった。分かりにくい資料で説明するより、せっかくBIM/CIMモデルを制作しているのでデータを流用し3Dプリンターを使って模型を製作し活用した。



図-13　模型を製作

４．おわりに

BIM/CIM施策に従い、3Dモデルを活用し、難解な施工を簡単化させ工事を進める事ができたが、巷で言われるように、BIM/CIMモデルは制作に時間を要するのは確かである。

しかし、BIM/CIMの施策は始まったばかりである。はじめは戸惑うが、『普段使い』を推進し慣れていく事が肝要であると考える。

2DCADは土木業界では30年以上前から存在し、当時は講習会に通うなどCADを習得しようと熱心に取り組んだものだ。

BIM/CIMも同様で、その後の活用を最大化させればトータル的には3Dを活用するほうが業務効率は向上すると確信している。

BIM/CIMの施策はまだ始まったばかり、性急に効率を論じるより、確実に仕事が易しくなるこの仕組みは、早く自分のものにしたほうが良いと考える。今後のソフトウェア開発に期待し、未来の土木を楽しみたいものである。

27 その他

重交通路線下における閉断面リブ鋼床版の下面対策工による予防保全について

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　能見　和宏○
照査技術者　竹内　正一

1．はじめに

近年都市部においては高速道路網の進化にともない交通量が増大し、橋梁等構造物の耐久性確保のための大規模更新事業に注目が集まっている。とりわけ鋼床版を有する鋼橋では、デッキプレートと閉断面リブ（以下、Uリブという）の溶接ビードに生じる疲労き裂など、様々な鋼床版溶接部の疲労き裂損傷が顕在化している。

対象とする橋梁（岸P6～岸P9本線橋：鋼３径間連続鋼床版箱桁橋、橋長254m、幅員20.3m）は、阪神高速道路の交通の要所となる天保山ジャンクションに程近い５号湾岸線天保山大橋のアプローチ部に位置する。本工事は鋼床版のUリブに生じる疲労き裂を未然に防止するための予防保全工事として、供用路線の交通規制をせず鋼床版下面から補強する工事である。施工位置を（**図-１**）に示す。

鋼床版下面対策工法として、本工事では「Uリブ切断当て板工法」と「モルタル充填当て板工法」（以下、「当て板」を省略）を採用した。前者はUリブを鋼床版との溶接部付近で切断し、切断部に

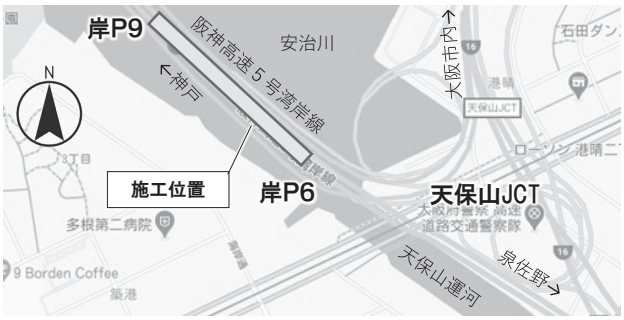


図-１　施工位置

L断面の鋳鉄当て板を取り付けて補強するものである。後者はUリブ側面に鋼板当て板を予め設置し、Uリブ内に軽量膨張モルタルを充填して補強する工法である。補強箇所は鋼床版断面のうち現地損傷状況および、交通レーンを考慮した大型車両の輪荷重直下のUリブ（31本中10本）を抽出し、主に箱桁外面をUリブ切断工法、箱桁内面をモルタル充填工法で補強することとした（**図-２**）。

工事概要

(1)　工 事 名：鋼床版大規模修繕工事（2020-岸）
(2)　発 注 者：阪神高速道路株式会社
(3)　工事場所：大阪市港区港晴５丁目～
　　築港３丁目付近

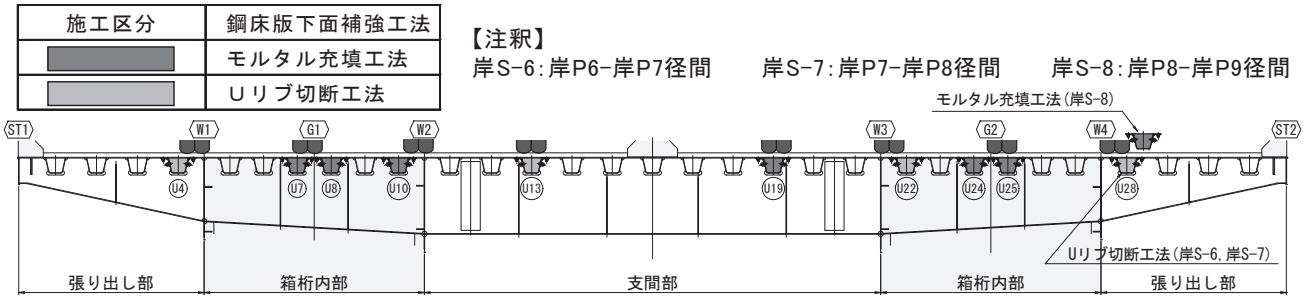


図-２　鋼床版補強断面（対象Ｕリブ位置）

⑷　工　　期：令和２年12月10日～
令和５年４月28日

２．本現場の特殊条件に適合するための課題

本現場での鋼床版下面対策工法のうち、モルタル充填工法を施工するための課題を以下に示す。

⑴　難しい路下条件での施工

対象の橋梁は、桁下高さが30m以上の高い位置にあること、路下が安治川（天保山運河）であるため、船舶の往来や係留があり第三者への配慮が必要であることから、溶接用機材やモルタル充填用のプラント設備の設置に必要な施工ヤードが対象となる橋梁の直下に配置ができないこと、これにともない施工位置直下からの資機材の搬入・搬出のための吊上げ作業が困難であることが課題となった（**図－３**）。



図－３　施工区間（岸P6-岸P9）全景

⑵　小規模充填区間の充填管理

モルタル充填工法は、過年度の施工実験結果に基づいたモルタル材料、流量、圧送速度及び排出量などを、実工事で忠実に再現することでUリブ内部への確実な充填を担保する工法である。過年度実験データは殆どが10m程度の一般部への充填であり、充填区画には充填口１箇所と空気孔３箇所を配置した構造となっている（**図－４**）。今回対象となる橋梁は、連結部のUリブを現場溶接にて取り付けるタイプであり、かつ一般部側のUリブ内部に密閉ダイアフラムを有する構造である。そのため、この連結部が700mm程度の小規模充填区間となり、この区間に充填口１箇所と空気孔３箇所を配置することが不可能であることから、充填口と空気孔の配置の検討が必要となった。また極めて少量のモルタル充填量であるため、一般部と同一の流量、圧送速度とした場合に、一般部と同様の施工によりモルタルがUリブ内へ確実に充填できるかどうかの判断基準が明確ではなかった。加えて一般部では空気孔３からのモルタル排出量20ℓ以上と空気孔１からの同排出量５ℓ以上をもって充填完了とするが、小規模区間では約42ℓの充填量に対して25ℓ以上のモルタル排出を余儀なくされることから、使用するモルタルのロス率を軽減することが課題となった。

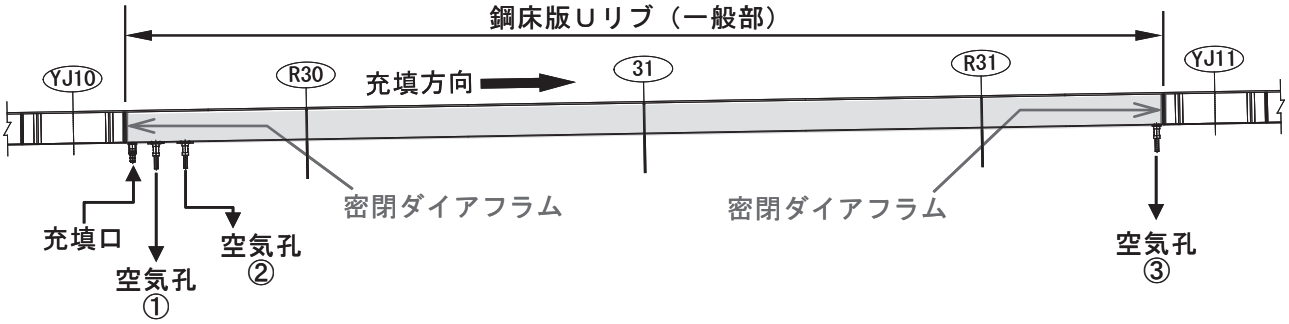
⑶　Uリブ間隔が狭隘な箇所への対応

本工法の開発にあたっては、統計的に幅広く適用できるよう部材サイズを決めていたが、本橋では開発時の想定を越えた狭隘な箇所があり、隣り合う当て板同士が干渉し合うため、一部で当て板が収まらないことが判明した。したがって、この区間に適合する当て板の新たな設計が課題となった。

３．工夫・改善点と適用結果

⑴　資機材取り込み方法の工夫

対象となる岸P6～岸P9本線橋には、橋梁の側方に16号大阪港線から５号湾岸線へ進入する渡り路線（入路）が存在し、幅4.25mの導流帯（ゼブ



図－４　モルタル充填工法（一般部）充填器具配置図

ラゾーン）を有することから、この部分を資材の搬入出や機材類の設置スペースとして規制帯（固定規制）の使用許可を取得した。しかしながらこの固定規制は、阪神高速の一般車両通行帯に近接し、通行安全上の観点から工事用車両出入口が進入口１箇所、出口１箇所のみとなり、固定規制内での車両の離合ができないこととなった。これにより溶接用機材、モルタル充填用プラント設備、当て板や補強材の搬入はすべて積載量４t以下のトラックに搭載し、当日の作業量や退出予定時間を調整して施工日毎に搬入順序を取り決めることとした（**図−５**）。



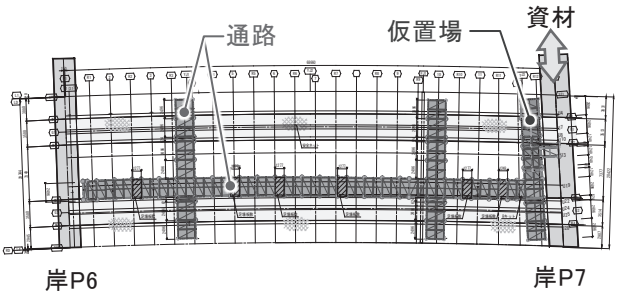
図−５　固定規制帯

固定規制内では前述の車両の離合問題、並びに保安上の指導により工事に使用する資機材の常設や仮置きができない。そのため、汎用型の吊り足場に比べて耐荷力が大きく、資材を仮置きすることが可能な足場を検討した。結果、岸P7と岸P8の橋脚張り出し部の端部に、固定規制から施工対象側に進入する出入口を設置し、両橋脚の側部に先行施工式フロア型システム吊足場「クイックデッキ」（最大積載荷重350kg/㎡）（**図−６**）を設置して資材の仮置場所を構築した。

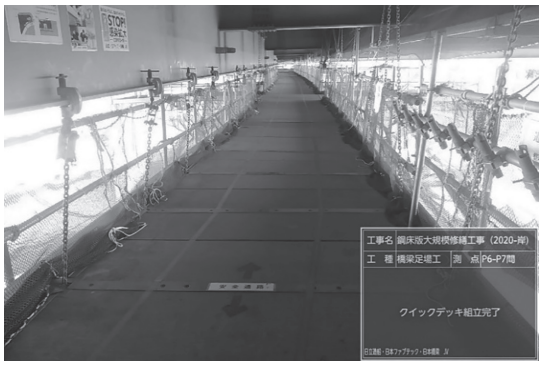
クイックデッキは資材仮置場のほか、チェーンピッチが2.5mであり施工スペースが広くできるほか、設置後のフロア部に大きな段差が生じないことから橋軸方向に設置し、仮置場から施工位置までの荷役台車の通路としても使用した（**図−７**）。

⑵　実物大模擬実験による小規模充填区間の対応

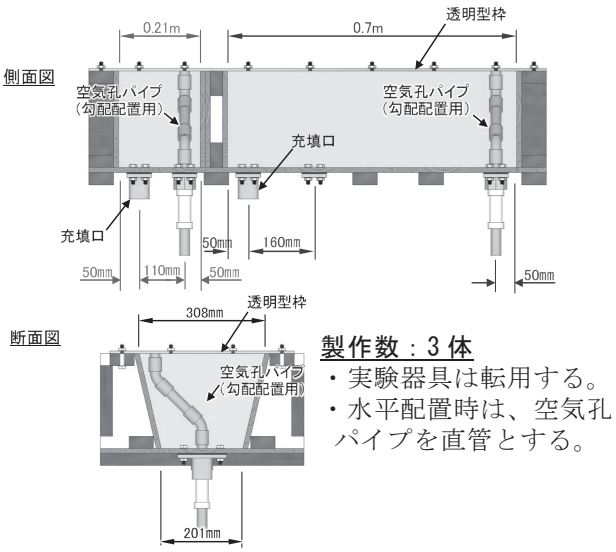
着手前調査の結果、小規模充填区間は連結部の700㎜区間だけでなく、鋼床版上のマンホール

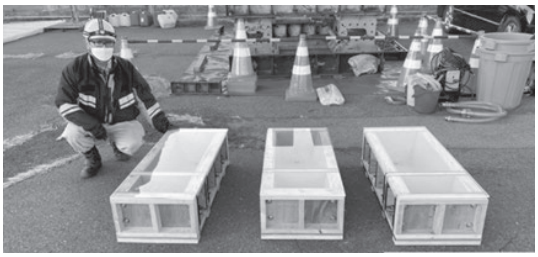


図−６　クイックデッキ配置図（岸P6～岸P7）



図−７　クイックデッキ通路





図−８　実物大模擬実験器具

（700㎜）や用途不明の極小規模区間（210㎜）の存在も明らかになった。これにより充填器具は、設置スペースの制約から充填口１箇所、空気孔１箇所とし、700㎜と210㎜区間を同時に実験できる実物大模擬実験器具を作成した（**図−８**）。

実物大模擬実験器具は天板に透明のアクリル板を配置し、内部を可視化することにより空気溜まりの残留状況を確認できるようにした。実験は当該橋梁の縦横断勾配に合わせた３%の勾配を付けたタイプと、実験器具を水平配置にし、より空気の排出が厳しくしたタイプの２通りで実施した。



図-９　しきい値

210㎜区間では、３%勾配配置と水平配置で両方とも空隙幅Bが15㎜以下であり、良好な結果が得られた。一方700㎜区間においては、３%勾配配置では空隙幅Bの平均値がしきい値（**図-９**）に対して10%未満（9.6㎜）、最大値が同25%（30㎜）であったため、良好なモルタル充填が可能と判断できた。他方水平配置では、空隙幅Bの平均値が83㎜、最大値が100㎜となり、しきい値内ではあるが空隙幅の最大値が３%勾配配置に対して約3.5倍大きくなることが判った（**-表-**）。実験結果より、本施工での充填口及び空気孔の配置は実験器具と同様に、密閉ダイアフラム面から50㎜以内にそれぞれの孔の中心を配置することとした（**図-10**）。

-表-　実物大模擬実験結果

0.7m 3%勾配配置	試験体①	試験体②	試験体③	平均値 （Σ/3）
位置	Uリブ中央	なし	Uリブ中央	↓
幅	B＝30㎜	B＝0.0㎜	B＝27㎜	B＝9.6㎜

0.7m 水平配置	試験体①	試験体②	試験体③	平均値 （Σ/2）
位置	Uリブ中央	Uリブ中央	エラー	↓
幅	B＝100㎜	B＝65㎜	－	B＝83㎜

本実験では他にモルタル充填速度、排出量を確認し、速度は流量計の読み値で10 ～ 15 ℓ /分に設定、排出量は実験時における排出量の平均値から、1.0 ℓ 以上の排出を管理することとした。

⑶　当て板の選択

モルタル充填工法では過年度の実験結果から、厚さ９㎜の鋼板を曲げ加工し、当て板とすることを標準としていた。しかしながら並列に連続したUリブに対して当て板をおこなう本工事のケースでは、隣合うUリブの隙間が220㎜しかないため、曲げ加工を伴う鋼板当て板の場合、向かい合う当て板の上端部が干渉し、取付範囲に収まらないことから、当該箇所の当て板には、曲げ加工を伴わない鋳鉄当て板を採用し、鋼床版側のボルト位置をUリブに近い位置とすることで干渉を回避した（**図-11**）。

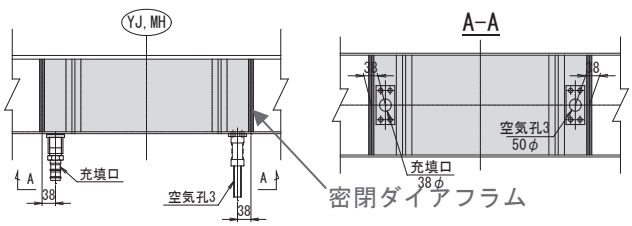


図-10　連結部充填器具配置図

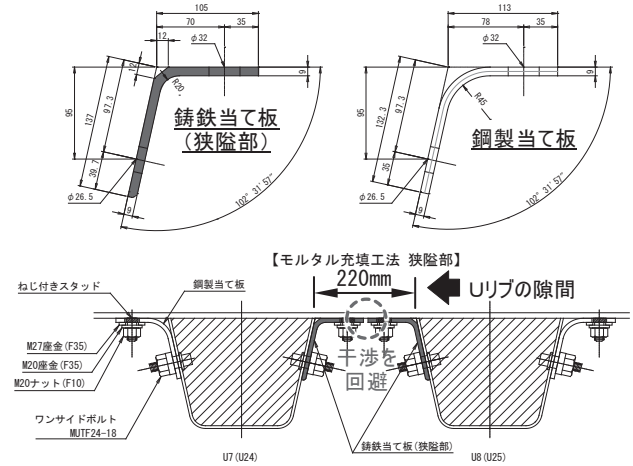


図-11　Uリブ隙間の鋳鉄当て板

４．おわりに

本工事は、10年以上の長期に渡る研究・開発を重ね、平成27年度の小規模施工実験、平成28年度の中規模施工実験（いずれも阪神高速５号湾岸線）によるデータの蓄積がベースにあり、これをもとに品質確保、安全施工にて工事を完成することができた。都市部における鋼床版橋梁は、今後も溶接部等の疲労き裂損傷を予防すべく保全工事を進めていかなければならず、本稿が鋼床版下面対策工法の普及への一助となれば幸いである。

本工事の施工にあたり、多大なるご指導をいただきました阪神高速道路株式会社の皆さま、並びに共同企業体としてご一緒させていただきました日立造船株式会社、日本ファブテック株式会社の皆さまに対しまして、厚くお礼申し上げます。

Ⅱ. 技　術　報　告

1 施工計画

観光スポットでのテニスコート改修工事

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、周辺地域が日豊海岸国定公園に指定されている場所で須美江家族旅行村内にあるテニスコートの人工芝張り替えが主たる工事であった。

工事概要

⑴　工 事 名：須美江家族旅行村
　　テニスコート改修工事
⑵　発 注 者：延岡市役所商工観光部
　　観光戦略課
⑶　工事場所：宮崎県延岡市須美江町
⑷　工　　期：2021年８月12日～
　　2022年２月28日

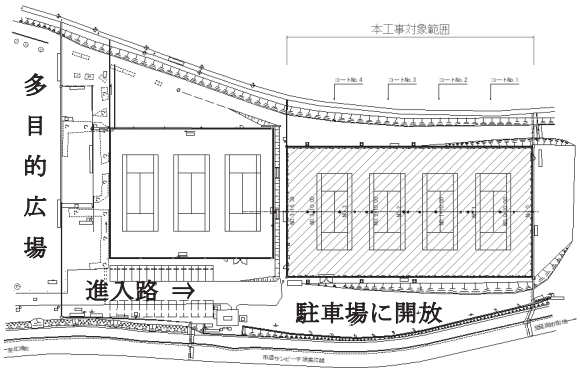


図-１　現場位置図

2．現場における問題点

①　公園利用者との兼ね合い

現場周辺は日豊海岸の観光スポットとして有名な場所で市道沿線に飲食店もあり、隣接する多目的広場やテニスコート及び駐車場は普段から一般者の利用が多く、特に週末はイベントやテニスの大会で予約が詰まっている状態であった。

②　進入路

施工箇所には市道から多目的広場前を通って行くしか進入路がなかった。

③　工期

８月12日から２月28日であったが人工芝は特記仕様書で規格と品質が指定されており特注品で製造から納期まで３～４ヶ月かかる。

④　支障物

コート内に照明・散水設備があるが、配線・配管がどうなっているのか資料がなく（平成４年完成）わからなかった。

3．工夫・改善点と適用結果

①　公園利用者との兼ね合い

１．施工に先立ち家族旅行村及び地元住民へ協力と理解を得る為に案内文を作成し配布時に要望等を伺った。

２．週間工程表の作成時に家族旅行村へ施設の予約状況を確認して、資材搬入等の搬入時期・時間を調整し情報を共有した。また毎月１回家族旅行村及び発注者を交えた災害防止協議会を開催して工程の調整を行った。

３．シルバーウィークや多目的広場での各種イベント、テニスの大会が予定されている時は、工程を調整して極力休止日とした。また作業日とした場合は工事車両の台数を減らし、出来るだけ通行を避ける様にして、その日は現場前を一般者の駐車場として開放した。

② 進入路の確保

1．家族旅行村及び地元区長へ工事の説明時に10月上旬から11月中旬にかけて掘削土砂や砕石搬入で大型ダンプの通行が多くなる事を伝え協力をお願いした。またその期間は地元から要望のあった市道入口に交通誘導員を配置した。

2．市道出入口のアスファルト舗装は、轍掘れやひび割れ等の劣化で降雨時は車両の水撥ねが酷く、地元の方からどうにかならないかと相談を受けていたので、工事着手に先立ち一部剥ぎ取ってアスファルト舗装の補修を行った。

3．大型トラックによる機械や材料搬入は極力家族旅行村の休日に、また平日は早出をして荷下ろし後、8時30分までに現場を出る様にした。

③ 工期

1．人工芝は特記仕様書で指定されている規格と品質が満足出来るメーカーを選定し、監督員と協議をして一部（コート外）従来品を使用する事で最短での納期が可能となった。

2．人工芝の割付を行いメーカーと協議して現場での施工手間が少なくなる様、予め工場にて人工芝を切断しラインを塗布してもらった。

3．扱い辛さはあったが、人工芝の反物幅を一部4.07m（従来3.66m）の物を使用する事でジョイント施工を減らし工期の短縮に努めた。

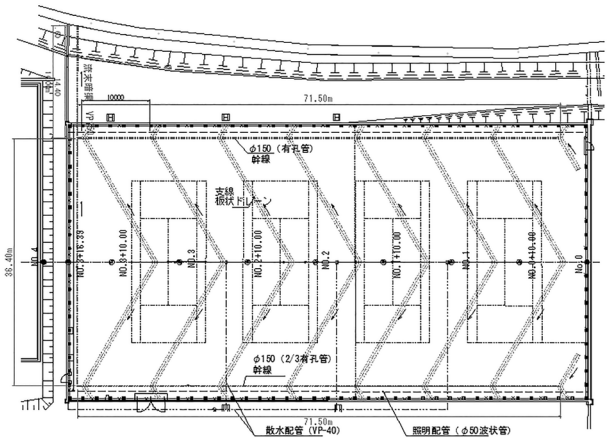


図-２　平面図（排水工）



図-３　人工芝敷設完了（珪砂散布前）

④ 支障物

1．散水配管が何処に繋がっているかを試掘して確認し、暗渠排水と重なる箇所は監督員と協議をして散水配管を切りまわした。

2．同様に照明柱の根元を人力掘削すると配線が暗渠（幹線）の埋設予定位置と重なる事から監督員と協議をして暗渠位置を内側にずらした。



図-４　完　成

４．おわりに

現場周辺は日豊海岸国定公園に指定され観光スポットとして有名な場所で普段から一般者の利用が多く、イベントやテニスの大会での大型ダンプ等の工事車両の通行及び駐車場の確保が一番の課題であった。また進入路が１箇所しかなく、その為、災害防止協議会での打合せや施設の予約状況を基に工程の調整を行い地元住民や利用者に配慮した事で関係者との信頼関係が構築されトラブルもなく無事完成させる事が出来た。

2 施工計画

現場打ちボックスカルバートの 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
監理技術者　藤本　和弘○
現場代理人　畑野　保司

1．はじめに

本工事は、黒磯地区大規模造成工事の第１期工事であり、土工・擁壁工・護岸工・函渠工・撤去工が主な工種である。

本報告では、既存の河川改修による現場打ボックスカルバートと造成工の切土・盛土に伴い設置した現場打ち擁壁のひび割れ抑制対策について報告する。

工事概要

⑴　工 事 名：黒磯地区いこいと学びの
　　交流テラス造成工事
⑵　発 注 者：岩国市　都市開発部
⑶　工事場所：山口県岩国市黒磯　地内
⑷　工　　期：令和３年12月24日～
　　令和５年６月30日

2．現場における問題点

現場打ちボックスカルバートと、現場打ちL型擁壁の壁部はひび割れが発生しやすいという特性があり、ひび割れ抑制対策が必要であった。そして夏期・冬期に渡りコンクリート工事を進める必要があり、セメントの種類や養生方法についても併せて検討を行った。

①　壁部の下面拘束によるひび割れ対策

壁部は、先に打設された底版による下面拘束を受ける。下面拘束に起因するひび割れは貫通ひび割れになることが多く対策について検討を行う。

②　セメント種類の検討

壁部やスラブは、断面厚が比較的薄く建築的な要素も持つ部材であり、工期による養生期間の制約や周辺環境による影響を考慮して高炉セメントと普通セメントを比較検討する。

③　養生方法の検討

上記のとおり、夏期・冬期それぞれの養生方法を検討する。

3．工夫・改善点と適用結果

①　壁部の下面拘束によるひび割れ対策

伸縮目地の設置間隔は、当初最大12.1mで、壁部へのひび割れ発生が予想され誘発目地を設置することとした。設置間隔は、躯体高さの２倍程度の間隔とし、均等に割付けた。また、断面欠損率は50.0％を確保する計画とし、止水性能を有した商品を設置した。さらに、誘発目地上部には、ひび割れの成長によるスラブへの影響を防ぐ目的で水平方向に用心鉄筋（D13）を配置した（**図-１**）。

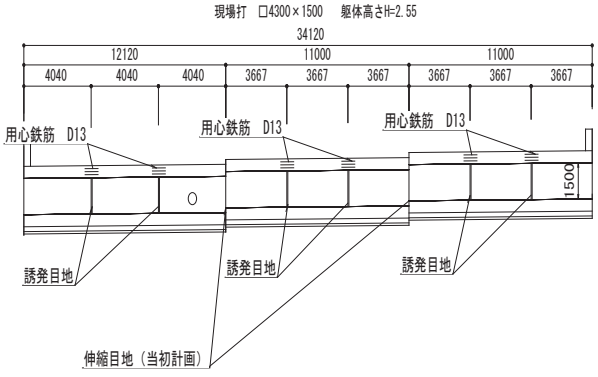


図-１　誘発目地配置図

② セメント種類の検討

1）乾燥収縮によるひび割れ抵抗性能

ひび割れに抵抗する引張強度は、圧縮強度の約1/10程度である。壁部の脱枠後は、足場を解体する必要があり、散水やビニールシートを使用したラッピングによる乾燥収縮防止を十分に実施できないことが予想されたので、初期の強度発現性が高い普通セメントを採用することで早期に引張強度を確保することができると考えた。スラブにおいても、強度発現が早く、養生期間の短縮が可能となる。

2）周辺環境とセメントの特性

高炉セメントは、普通セメントと比較して、海水に対する耐食性や化学抵抗性は高く、スラグ特性によりコンクリートが緻密になり、水密性が大きくなる。しかし、中性化速度はやや早く初期強度は低くなるという特性がある。

周辺環境を見ると、施工現場は海岸から数百メートルに位置しているが、海水の飛沫等による塩害の影響は低いと考えられる。また、カルバート内を流れる河川水は上流部にある団地の浄化槽から排出される水量が大半であり、pHを確認すると7.2で中性であることを確認した（**図-２**）。塩害や河川水による化学的浸食の影響は少なく、周辺環境によるセメントの種類による優劣は特にないと考えた。

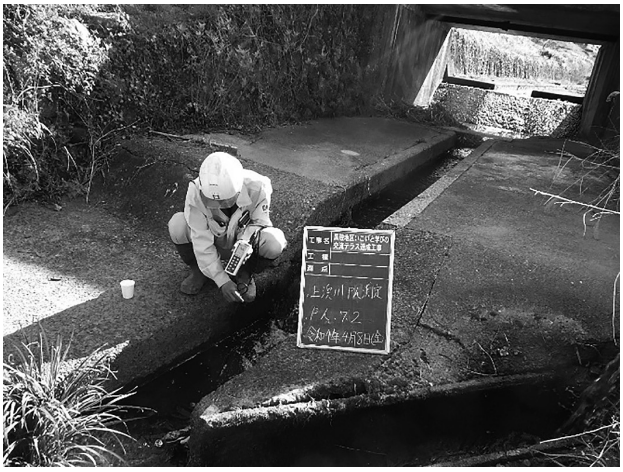


図-２　pH測定状況

③ 養生方法の検討

1）暑中コンクリート

暑中コンクリートのひび割れ防止対策としては、乾燥収縮を防止するための湿潤養生が重要となる。この時、水道水などの冷水を使用すると表面温度の急激な低下により内外温度差が大きくなり、温度ひび割れを発生させる可能性がある。現場内にある河川水であれば常温で散水でき、散水車やポンプを利用して湿潤状態を確保することとした（**図-３**）。

2）寒中コンクリート

寒中コンクリートの取扱いで重要なことは、材齢初期の凍害を防止することである。対策として、熱伝導率の小さい木製型枠の使用や発泡スチロール板を使用してコンクリート表面を覆い、断熱することで水和熱の散逸を防止することとした（**図-４**）。そして、非接触型温度計を使用してコンクリート表面温度を計測し、初期凍害を受けていないことを確認した。



図-３　散水養生状況



図-４　断熱養生状況

４．おわりに

今回は、工期にあまり余裕がなく事前に温度応力解析を実施出来なかった。さらに十分な養生期間の確保は困難であったが、どの構造物にもひび割れは発生せず品質の良い高耐久な構造物の構築ができた。そして、何よりも工事に携わった方々の丁寧な打設作業によりコンクリートの品質を確保することが可能となった。今後も技術力の向上や工夫を重ねて行きたい。

【謝　辞】

最後に、本工事に於いてご指導・ご協力頂いた皆様方に深く感謝します。

3 施工計画

手延べ機を用いない送出し架設工法

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　　主任
石田　広祐○　三東　豪士

1．はじめに

本工事は、香川県高松市の椛川ダム建設に伴うダム左岸付替え市道の橋梁建設工事である。ダム湖の一部を跨ぐ左岸付替え市道唯一の橋梁区間であり、現場乗り込み時には近傍の土工事区間も未完成状態だった。椛川ダム本体工事が令和３年７月に完工し、試験湛水を開始している中、一般交通及びダム管理の一役を担う付替え市道の建設は急務であった（**図-１**）。



図-１　椛川ダム事業の全体平面図
（香川県土木部河川砂防課HPより引用）

工事概要

⑴　工 事 名：香東川総合開発事業　椛川ダム
　　付替市道建設工事（橋梁上部工）
⑵　発 注 者：香川県　高松土木事務所
⑶　工事場所：香川県高松市塩江町安原上東地内
⑷　工　　期：令和３年８月20日～
　　令和５年２月28日
⑸　橋梁形式：鋼３径間連続鋼床版鈑桁橋

2．現場における問題点

当初計画ではRC床版鈑桁をA2橋台背面ヤードで桁組立・手延べ機組立を行い、A1橋台側へ送り出す計画であったが、P1、P2橋脚はダム湖の試験湛水により地上クレーンでの支承据付及び設備組立が不可であると予想されていた。このため手延べ機上に軌条を組立て、門型クレーンを搭載し各橋脚の支承据付け・下部工検査路組立て・送出し設備組立てを行う予定としていた。しかし手延べ機上での作業が煩雑で危険性が高いことに加え、主構造や手延べ機のねじれ剛性に大きな不安があった。

さらに、左岸付替え市道は全線において幅員4.0mの１車線道路で、架設時期はA1橋台背面の道路造成工事が施工中でありA1橋台へのアクセスが出来なかった。送出し架設を行う上で、A1橋台到達後の手延べ機撤去が困難という問題があった。

3．工夫・改善点と適用結果

①　計画時の工夫

先の問題点を解決するため、従来のRC床版鈑桁から鋼床版鈑桁へ構造変更を行うことで、ねじれ剛性を向上し、張出し先端作業の左右不均等荷重にも抵抗できる断面構成とした（**図-２**）。

また、到達後の手延べ機撤去が困難なため手延べ機を用いず、送出し途中の桁上にクローラーク

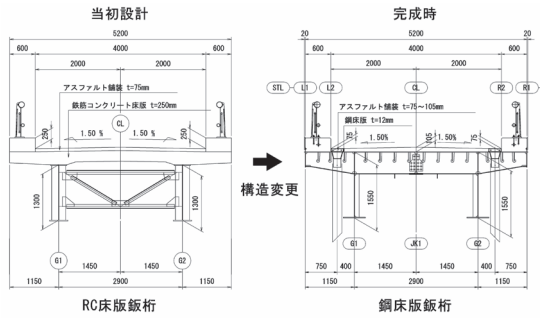


図-２　構造変更概要図

レーンを搭載して、各橋脚到達前に支承据付け・下部工検査路組立て・送出し設備組立てを行う計画に変更した（**図-３**）。

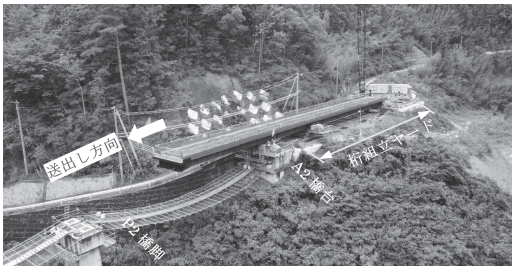


図-３　手延べ機を用いない送出し状況

送出し最中における張出し状態の桁先端にクローラークレーンを搭載して作業を行うにあたり、桁先端への集中荷重としてクローラークレーン自重に加え、クレーン旋回時の左右不均等荷重、資機材運搬用のフォークリフト荷重、資機材重量を載荷し、これに作業時の衝撃係数1.2倍を加え解析を行った。解析結果より補剛材追加等の必要な桁補強を行うことで送出し時の桁に対する安全性を確保した（**図-４**）。

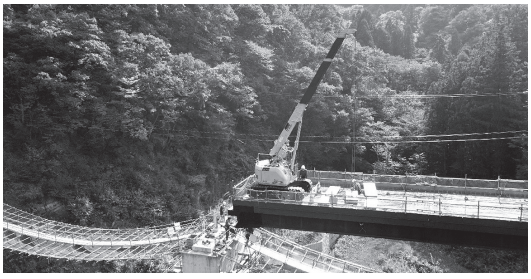


図-４　桁先端でのクレーン作業状況

さらに、全体鋼重が186tで比較的各支点の鉛直反力が小さく、反力不均等を1.2倍見込んだ基本解析を行ったが、20%管理を行うと管理値超過が想定されたため、ステップ毎に各断面の許容最大反力を、追加解析を行い算出した。

②　施工時の工夫

解析に用いた設計反力を超過しないよう、桁上作業におけるルールを明確に規定して作業を行った。桁先端へ運搬する資機材は支承荷重を最大値に設定し、下部工検査路組立て・送出し設備組立て時においても各部材の重量を把握し、支承荷重を超過しないよう運搬可能数量を設定した。また、クローラークレーン作業時は、旋回半径を可能な限り小さく設定し作業を行い、さらにフォークリフトによる運搬作業も一時的に中断することで桁の動揺を極力小さくした。クローラークレーンの吊り部材が橋脚上に荷下ろしされ、吊り荷重が除荷されたのを確認するまでは、フォークリフトを桁の張出し区間以遠で待機させることで確実に設計反力超過を防止した（**図-５**）。

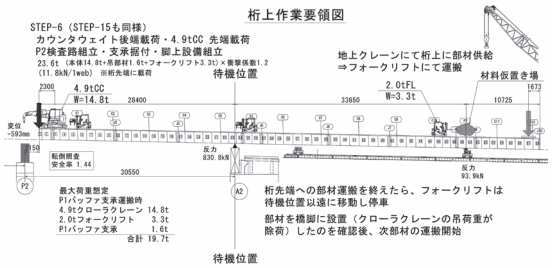


図-５　桁上作業要領図

各支点の鉛直反力を常時計測し、全ステップにおいて許容最大反力を超過せず、全体反力バランスが計画通りであり、計画及び施工時の管理が適切であったことを確認できた（**図-６**）。

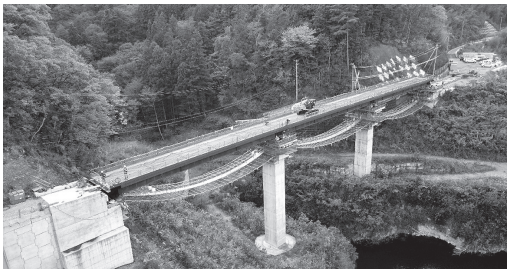


図-６　架設完了全景

４．おわりに

手延べ機を用いない送出し架設工法という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。

最後にご指導頂いた香川県高松土木事務所の皆様をはじめ、ご協力頂いた全ての工事関係者の方々にこの場を借りて深く感謝申し上げます。

4 施工計画

河川上の鉄道橋支承取替工事における部材運搬方法の工夫

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
工事担当　清水　誠人○　設計担当　福田　洋顕

1．はじめに

本工事は、中国地方の２級河川に位置する1970年代に建設された鉄道橋りょうの支承取替工事である。本橋りょうは、単純２主合成箱桁橋で１主桁２支承の構成であり、工事内容は、河川内のP6橋脚において支承２基を非出水期内で取替えるものであった。

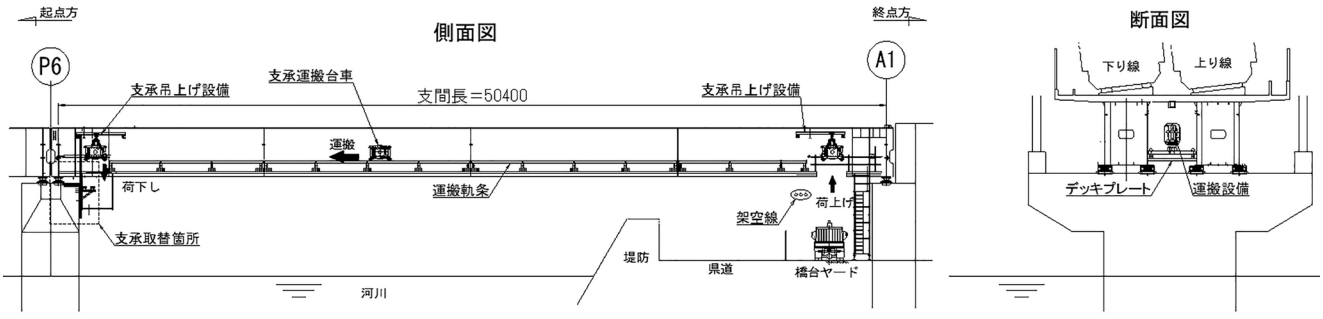
工事概要

⑴　工　　種：鉄道橋支承取替工
⑵　工　　期：2022年10月～2023年３月
⑶　橋りょう形式：鋼単純２主合成箱桁鉄道橋

2．現場における問題点

図－１に示すようにA1橋台から河川内のP6橋脚まで部材を供給する必要があったが、非出水期内に仮桟橋を組立て、支承取替後に仮桟橋撤去を行うことが工程上、困難であった。加えて、列車運行への影響から軌道内である桁上を部材運搬に利用することもできなかった。また、使用可能な工事ヤードは、P6橋脚から約50m離れたA1橋台に接する橋台ヤードだけであった。そこで、唯一、最大寸法部材である支承（高さ＝0.359m、幅＝0.815m、重量＝1.4t）を運搬できるスペースが確保可能な主桁間を利用する方針とした。

主桁間には、鋼板（t=1.6mm）上にコンクリート（t=100mm）が打設された構造のデッキプレートが施工されており、計算上は支承運搬に必要な強度を有していた。しかし、コンクリートのひび割れと鋼板の腐食が進行しており、強度不足が懸念された。また、デッキプレート上に支承を取り込むにあたり、桁下の架空線の影響で移動式クレーンが使用できず、橋台ヤードへの進入は、輸送車両（４tトラック）のみという条件であった。さらに、支承がA1橋台からP6橋脚までに３か所ある横桁マンホール（高さ=1.0m、幅=0.75m）を通過するためには、支承を立て起こした状態で運搬することが必要であった（**図－２**）。



図－１　一般図

以上の条件から、デッキプレートに荷重を載荷しない運搬設備、移動式クレーンを使用しない荷上げ方法、支承を立て起こした状態で運搬できる台車設備等の検討が課題であった。

3．工夫・改善点と適用結果

3-1　デッキプレートを利用した運搬設備

A1橋台からP6橋脚間のデッキプレート上に、軌条受梁（H形鋼）を約３m間隔で配置し、軌条受梁と直交する軌条梁（H形鋼）をボルトで固定して運搬軌条（延長約40m）を組立てた。また、運搬軌条の天端を横桁マンホール下端より高くすることで、横桁通過時に台車の盛替え作業を省略した。支承運搬時、デッキプレートに荷重を与えないよう、主桁上部の既設金具からロッドおよびターンバックルを用いて、軌条受梁両端を吊り下げて支持する構造とした（**図-２**）。さらに、デッキプレート両端の支点付近に軌条受梁の仮支持点を設けることで、軌条組立時においてもデッキプレートに対する負荷を軽減させることができた。

3-2　支承吊上げ設備

A1橋台部およびP6橋脚部には、主桁腹板間上部にH形鋼を用いた受梁を渡し、トロリ付チェーンブロック（定格荷重２t×２台）を使用した吊上げ設備を構築した（**図-３**）。これにより、移動式クレーンを使用せずに、A1橋台で支承を主桁間に取り込み、P6橋脚に荷下ろしすることが可能になった。

3-3　支承運搬台車

立て起こした支承を運搬するため山形鋼の枠組みとチルタンク（２t用×４台）を組み合わせた運搬台車を使用した。橋台ヤードで運搬台車と支承をボルトで一体化（重量＝1.6t）して、チェーンブロックで主桁間まで吊上げた後、吊上げ設備のトロリで横移動させて運搬軌条に搭載した。立て起こした支承が運搬中に不安定にならないよう、運搬軌条全長にわたり、単管パイプを使用した転倒防止ガイドを設置した（**図-４**）。さらに、台車が軌条から逸脱することを防止するため、軌条梁間の台車下部にガイドパイプを取り付けた（**図-２**）。また、台車運搬に小型電動けん引装置を使用することで、人力作業をなくし、運搬導線上において作業員が台車に挟まれることを防止した。

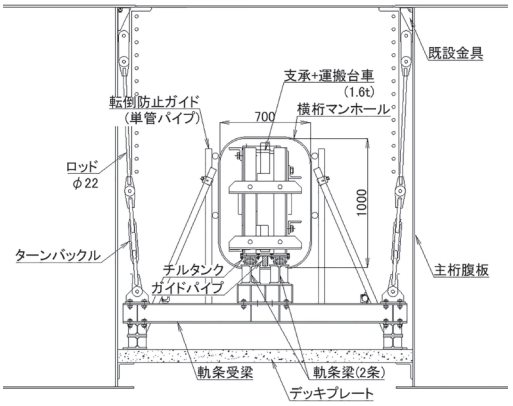


図-２　運搬軌条および運搬台車

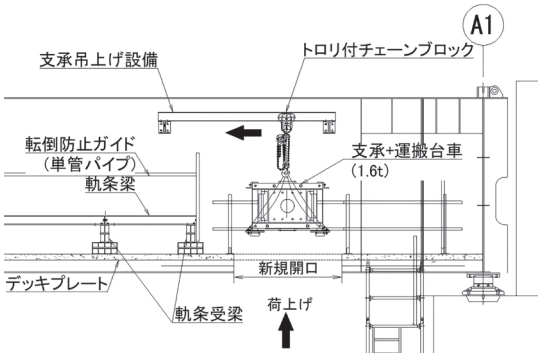


図-３　吊上げ設備

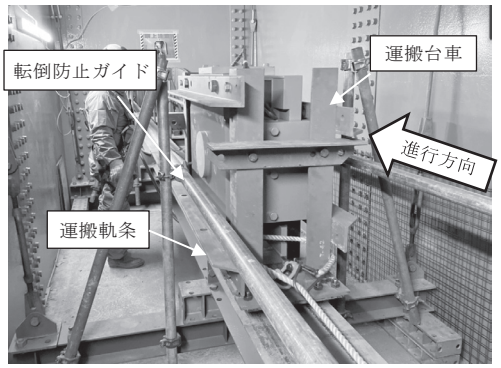


図-４　支承運搬状況

4．おわりに

上記の工夫により、制限されたヤード条件下において、河川内のP６橋脚まで安全かつ効率的に支承を運搬することができた。最後に、本工事の施工にあたりご指導ご鞭撻を賜りました関係各位に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

5 施工計画

国道９号線上における北条 JCT ランプ橋大ブロック一括架設

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　須田　健太郎○
監理技術者　荒田　智博

１．はじめに

北条JCTは、鳥取県東伯郡北栄町に位置する山陰道と国道313号の自動車専用道路を完全立体方式で接続することにより、円滑で快適な道路サービスを提供することを目的としており、本工事は国道313号北条JCT（仮称）建設事業の上部工工事（**図－１**）であり、鋼４径間連続合成箱桁橋の架設工事である。本橋の架設工法としては移動式クレーンを配置し、作業ヤード内及び北条放水路内にベント設備を設置するトラッククレーンベント工法で施工を行った。本報では、550t吊級オールテレーンクレーンを使用した４ブロック地組桁による大ブロック一括架設について報告する。工事概要と工事諸元を以下に記載する。

工事概要

⑴　工 事 名：令和３年度北条JCTランプ橋
　　第１鋼上部工事
⑵　発 注 者：国土交通省　中国地方整備局
⑶　工事場所：鳥取県東伯郡北栄町田井～
　　弓原地内
⑷　工　　期：令和３年11月２日～
　　令和５年12月28日

橋梁諸元

⑴　橋　　長　211.000m（道路中心上）
⑵　平面線形　A＝50m～R＝70m～A＝50m～R＝∞

２．施工における問題点

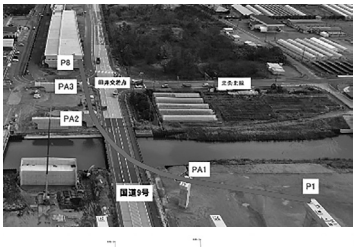
PA1 ～ PA2（J9 ～ J13）間の高架下には主要幹線道路である国道９号が交差する（**図－２**）。国道９号は山陰地方の生活を担う重要なライフラインであり、通勤や物流に大幅な影響を及ぼす。夜間に通行止めを伴う架設作業となり、規制時間内に確実に作業を完了させる必要があった。

2-1　主桁の出来形及び位置の把握

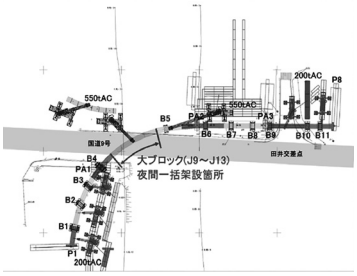
対象となる架設桁は曲線であるため、大ブロック吊り上げ時における架設桁の仕口角度、ねじれ形状および仕口間の高低差の確認と待受桁の位置・仕口形状を把握する必要があった。

2-2　主桁遊間の確保

落とし込み架設において、夜間規制帯内での作業を確実に完了させるために落とし込みブロックの架設可能な主桁遊間を確保する必要があった。



図－１
施工前現場状況



図－２
大ブロック夜間一括架設箇所

3．工夫・改善点と適用結果

3-1　待受桁のセットバック

落とし込み架設前に大ブロック架設が可能なJ9～J13の遊間を確保するため、J9側の待受桁をP1側へセットバックした。位置調整には、橋軸・橋軸・鉛直方向に調整が可能な３軸調整ジャッキをB2～B4ベントに設置し、セットバックを行った。セットバック完了後、3-2で示すJ9、J13の仕口遊間計測を行った。

3-2　三次元座標測定による検討

待受桁・地組桁の形状を正確に把握するためにヤード内に既知点を設置し、トータルステーションによる三次元座標測定を行い、CAD上で実測値を基に架設シミュレーショを行った（**図-３**）。

まず待受桁については、温度補正後、設計値に対してJ13は計画通りの位置にあり、J9はP1側へ10㎜セットバックしていることが分かった。

また、大ブロックの架設は８点吊りであることから、架設時に吊具の微調整に時間を要する。架設時における変形、安定性および安全を確認するため、架設前日に地組桁の試験吊りを実施した。架設当日と同様な条件を再現するため同時間帯で実施し（**図-４**）、より本番に近い状態で仕口を計測した。その結果、温度補正後、設計値に対してGL側：－３㎜、GR側：－７㎜であることが分かった。

以上の測定結果により、設計上の添接部の隙間も含め全体で35㎜の遊間があることが想定でき、架設に問題ないことが確認できた。

3-3　待受桁のセットフォア

架設時の添接作業はJ13を先に連結し、その後J9にセンターホールジャッキを用いた主桁引き込み設備（**図-５**）を設置し、セットフォアを行った。添接作業については、J9側の待受桁の仕口角度をあらかじめ準備しておいた油圧ジャッキにより微調整を行い、添接作業を可能にした。

4．おわりに

上記の施工方法により、架設当日は予定よりも２時間早く添接作業を終了させ、規制時間内に確実に作業を完了させることが出来た（**図-６**）。

本工事は、道路線形R＝70mと難易度の高い架設工事であったが、三次元座標測定による大ブロックや待受桁の仕口形状の把握や、試験吊り時の玉掛け設備調整と地組桁の形状確認を入念に行ったことにより、無事に架設することが出来た。

最後に、本工事の施工にあたりご指導いただいた中国地方整備局倉吉河川国道事務所の方々、並びに、ご協力いただ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。

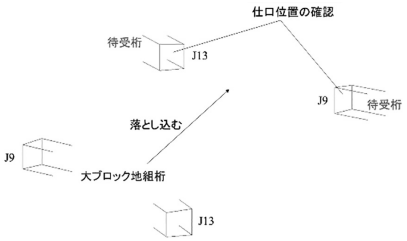


図-３　架設シミュレーション



図-４　試験吊り状況

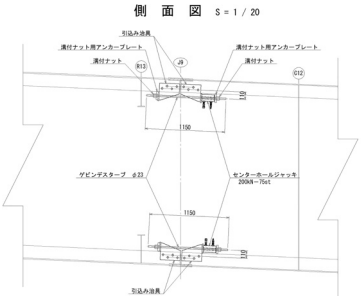


図-５　主桁引き込み設備図



図-６　大ブロック落し込み架設状況

6 施工計画

近接施工に伴う架設計画と安全対策の取り組み

日本橋梁建設土木施工管理技士会
川田工業株式会社
監理技術者　戸田　智規○
現場代理人　上栗　拓真

1．はじめに

本工事は、暫定２車線で開通した首都圏中央連絡自動車道（以下「圏央道」）の４車線化工事で、坂東IC～常総IC間に位置する上部工の新設工事である。架設工法はトラッククレーンベント工法を採用し、ここでは、圏央道Ⅰ期線との近接施工における本工事での取り組みについて報告する（**図-１**）。

工事概要

⑴　工 事 名：R3圏央道鬼怒川高架橋上部
　　その１工事
⑵　発 注 者：国土交通省　関東地方整備局
　　北首都国道事務所
⑶　工事場所：茨城県常総市花島町
⑷　工　　期：令和３年７月15日～
　　令和５年５月31日

2．現場における問題点

2-1　近接施工における施工計画と俯角管理

本橋の架設については、先行して供用している圏央道Ⅰ期線が近接しているため、供用路線との接触防止や走行車両への配慮が必要である。桁架設や合成床版架設、足場組立・解体作業を行う際には、吊荷を近接する圏央道に越境させない施工計画と俯角管理を行う必要があった。

2-2　合成床版架設における安全性確保

合成床版架設の際、従来は介錯ロープにて人力で合成床版を誘導し架設するが、圏央道が近接していることから、人力で介錯を行うスペースがなかった。このため、介錯を使用しないで合成床版を架設した場合、吊荷が回転し、圏央道へ越境することが懸念された。

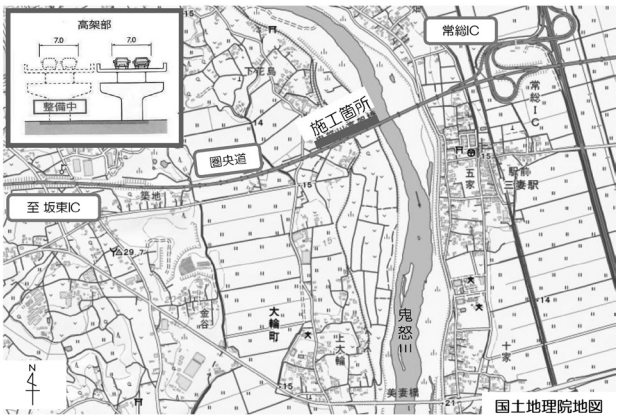


図-１　位置図

3．工夫・改善点と適用結果

3-1　３次元モデルを活用した施工計画

本工事では、3Dスキャン測量にて点群データを取得し、3Dシミュレーションによる架設計画を実施することにより、近接している圏央道および施工ヤードの情報を正確かつ３次元的に表現することが可能となった。

また、最適なクレーン配置と吊荷の誘導ルートを視覚化して計画を行うことが可能となるため、クレーンの旋回状況を最初から最後までシミュレーションして把握することができ、現実的な施工検討を行うことが可能となった（**図-２**）。

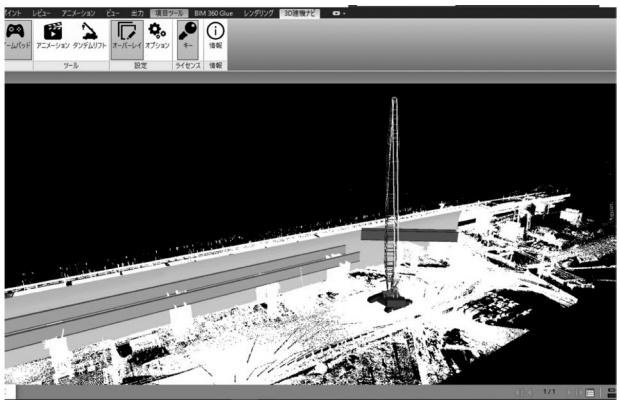


図-２　3Dシミュレーションによる架設計画

3-2　施工領域安全監視システム

本対策は、吊荷にGNSS受信機を設置し、３次元位置座標を測位することにより、吊荷位置を常時監視するものである。従来の技術であるレーザーバリアでは吊荷が警戒区域に接触してからの警報となるため、吊荷と警戒区域との離隔距離の関係をリアルタイムに把握することが困難であった。しかし本対策では、吊荷の位置座標が事前に設定した制限範囲との位置関係を判定し、警戒区域に吊荷が入った危険時には、クレーンオペレータへパトライトを点灯させることにより俯角管理を行うことが可能となった。

また、クレーンオペレータはモニターにより施工ヤードを座標で再現した中で、警戒区域までの離隔距離を視覚的に判定できるため、より明確かつ正確に監視できるものである。

また、３次元座標にて警戒区域を管理することにより、近接対象物である圏央道および施工ヤードが曲線または複雑な形状であっても再現が可能となる（**図-３**）。

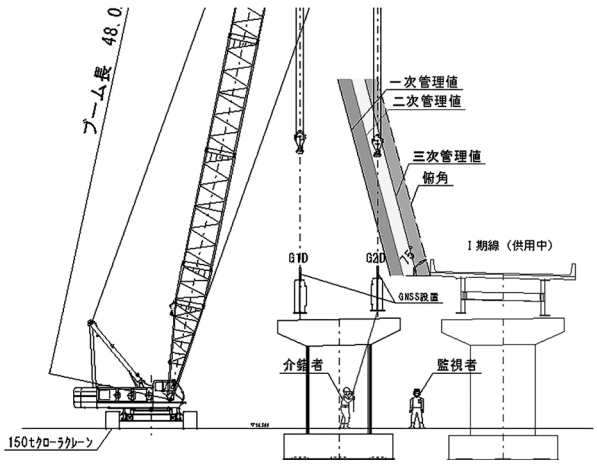


図-３　施工領域安全監視システムイメージ図



図-４　吊荷方向制御装置使用状況

また、警戒区域を3Dシミュレーション内に取り込み、計画段階から吊荷の旋回時における圏央道との離隔確認を行うことが可能となった。

施工計画の検証においては、実際のクレーンオペレータが操作を行うことにより、事前に旋回範囲の確認をシミュレートし、実施工による施工性の向上に繋がった。

3-3　合成床版の吊荷制御

本対策は、合成床版の吊荷方向を人力による介錯ではなく吊荷旋回制御装置を用いることによって、吊荷の回転を機械的に遠隔制御することが可能となった。この結果、圏央道に越境することがなかった。また、作業員が高所で吊荷を触れることによる接触および挟まれ災害の事故防止に繋がり安全性の向上も図れた（**図-４**）。

４．おわりに

現在、様々なDX技術を活用した施工が進められてきており、本工事においても、現場の省人化および安全性向上といった観点から現場の生産性向上の効果が期待される技術を用い、無事故無災害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多大なるご指導を頂きました、関東地方整備局北首都国道事務所の皆様にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

7 施工計画

電車営業線直下における中階横桁架設作業の工夫

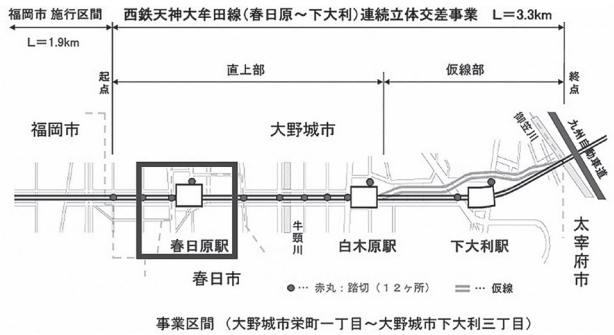
日本橋梁建設土木施工管理技士会
日本橋梁株式会社
主任技術者　後藤　満○
工場製作時主任技術者　上原　正太郎

1．はじめに

本工事は、西鉄天神大牟田線（春日原～下大利間約3.3㎞区間）連続立体交差事業で、鉄道施設を高架化又は地下化する事業の内、春日原駅構内の鋼２層ラーメン構造を架設する工事である（**図－１**）。

工事概要

(1) 工 事 名：福岡都市計画都市高速鉄道事業５号西日本鉄道天神大牟田線（春日原～下大利）連続立体交差事業（１工区）
(2) 発 注 者：西日本鉄道株式会社
　　元　　請：鹿島・大林・西鉄エンジニアリングJV
(3) 工事場所：福岡県大野城市栄町～雑餉隈町
(4) 工　　期：自）平成22年12月25日
　　至）令和７年３月26日

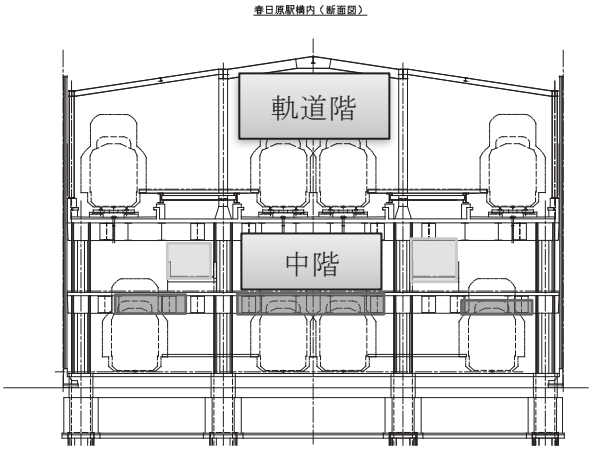


図－１　西鉄立体交差事業

この事業区間約3.3㎞が完成すれば、区間内の踏切12箇所を除去し、交差道路９箇所を新設することにより、道路交通の円滑化（渋滞の緩和や緊急車両の通行）や沿線地域の環境改善（騒音・振動）に繋がる。

2．現場における問題点

春日原駅構内の構造は中階と軌道階の２層構造で、軌道階を構築した後に地上の軌道設備を軌道階に切替えて、中階の架設を行う事業計画であった（**図－２**）。



図－２　春日原駅構内

鋼構造物架設は一般的にクレーン架設を行うが、中階横桁から軌道階までの揚程が確保できないため、クレーン架設は不可能であった。また、軌道階直下に揚重設備を取付けると鉄道設備の線路や架線に影響を及ぼすため、架設方法の検討が必要となった。加えて、乗降客が改札からホーム

上へ向かう際に、架設近傍の通路を通行するため、安全対策にも注意する必要があった。

3．工夫・改善点と適用結果

中階横桁の架設作業は、作業箇所の条件（制限高さ3.3m ～ 3.7mで縦断方向に勾配が有り、狭隘な施工ヤード内での桁の移動）および工程を考慮し、多軸特殊台車を用いて架設することとした。

中階横桁の架設作業に先立ち。元請業者や重機のオペレーターと現地確認を行った。狭隘な箇所での架設作業となるため、多軸台車の移動経路には敷き鉄板養生を行った。また、既設構造物のへの仮囲いや明示等により接触防止等の安全対策を行った。

中階横桁および縦桁は、柱仕口間に挟まれた落とし込みブロック構造であった。このため、柱の製作・据付誤差によって縦桁や横桁のブロック長に調整が必要となる。柱仕口のコバ面にターゲットシールを張り付けて、光波計測機による座標管理を全箇所行い、測量結果を製作に反映させることにより施工精度の向上を図った。

多軸特殊台車は、車輪の向きを前後・左右自在に変えて走行することが可能である。また台車自体の高さも±300㎜の範囲で上下する機能を有する。これにより、架設時の柱仕口間（ボルト継手片側遊間:30㎜、溶接部継手片側遊間:７㎜）に収めるためのミリ単位での調整が可能であった。

架設時、多軸特殊台車上にH形鋼で架台を組立て、架設場所ごとに高さ調整を行った。また、走行時と架設時の桁の方向を90度回転させる設備として、ターンテーブルを中階横桁とH形鋼架台の間に設置した。多軸台車の走行時に既設構造物との接触防止や荷の安定が図られ、架設時においても微妙な角度調整が可能となった。これにより、柱仕口間への移動時に接触することなく施工することが出来た（**図-３**）。

この架設方法を用いたことで、桁の積込～多軸特殊台車の移動～桁の架設作業の１サイクルを、１日（昼間施工）で行う事が出来た。



図-３　中階横桁の架設状況

このサイクルを横桁51回と縦桁４回を連続して行った結果、鉄道の運行に支障なく当初計画時の全体工程に対して遅延なく施工することが出来た。

さらに、騒音や振動に配慮しながら施工した結果、鉄道の運行阻害や一般乗客・地元住民からの苦情も無く、安全に工事を完成させることが出来た。

4．おわりに

本工事期間中に多大なご指導・ご支援をいただいた元請業者の鹿島・大林・西鉄エンジニアリング共同企業体および発注者である西日本鉄道株式会社の皆様には、深く感謝申し上げます。また、施工期間中においてご理解とご協力をいただいた協力業者の皆様に対して、無事施工を完了できたことに感謝の意を表します。

8 施工計画

狭隘ヤードにおける工事現場での施工

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
平 田　圭 介

1．はじめに

本工事は、横浜湘南道路の一部で、「さがみ縦貫道路」や「高速横浜環状南線」、「新湘南バイパス」と一体となって、自動車専用道路のネットワークを形成し、広域的な交通の円滑化を図るとともに、地域交通の分担化を適正化し、国道１号線の交通混雑緩和を目的とする橋梁新設工事である。

工事概要

(1) 工 事 名：R2横浜湘南道路
　　小雀高架橋上部工事
(2) 発 注 者：国土交通省　関東地方整備局
(3) 工事場所：神奈川県横浜市戸塚区
　　小雀町地先
(4) 工　　期：令和３年３月15日～
　　令和５年８月31日
(5) 橋梁形式：鋼５径間連続少数鈑桁橋
　　（非合成桁）２橋
(6) 橋　　長：269.500m（上り線）
　　273.500m（下り線）
(7) 全 幅 員：10.400 ～ 11.606m（上り線）
　　10.400m（下り線）

2．現場における問題点

本現場は、県道312号田谷藤沢線と住宅街に挟まれた狭隘なヤードであった。

また、主桁架設時には、橋桁が橋台または橋脚への据付を完了していない状態で、供用中道路の上空に架かっている場合、橋桁の移動を行わない期間についても道路の通行規制を行う制約があった。そのため、住宅街へ進入する市道を一定期間通行止めにしなければならなかった。

また、県道312号田谷藤沢線を切り回して施工



図-１　現場位置図

ヤードを確保しているため、旧道直下には工業地帯へとつながる既設水道管等の埋設物があった。

3．工夫・改善点と適用結果

⑴　主桁架設方法の工夫

①　供用している県道に最も近接した下り線の主桁架設時には、施工領域安全監視システム「3Dバリア」を用いて、クレーンオペレーターや作業員が吊荷位置を適切に把握できるようにした。これにより、吊り上げた主桁の俯角影響範囲が視覚的にわかり、俯角を犯すことなく安全に施工することができた。



図-２　3Dバリア設置状況

②　桁下を交差する市道上の主桁架設時に伴う通行止めは、当初計画では22日間必要とし近隣住民への負担が大きかった。そこで、架設順序の再検討を行い、ヤード内の架設を先行し、市道上のブロックを落し込み架設に変更した。その結果、通行止め日数は実働４日となり、18日短縮することができ近隣住民への負担軽減につながった。

-表-　市道通行止め日数

通行止日数		市道347号	市道402.403号	合計
当初計画	上り線	6	4	22
	下り線	6	6	
変更計画（実施）	上り線	1	1	4
	下り線	1	1	

③　ヤード内に水道管等の既設地下埋設物があるため、主桁架設時に使用する220tクレーンのアウトリガーの敷鉄板養生には、専用敷鉄板の下に敷鉄板を２枚重ねで敷設し、ジャッキ反力を分散させることにより、既設の水道管等の埋設物への影響を低減することができた。



図-３　アウトリガーの敷鉄板

④　住宅街が近いため、主桁連結時に用いるドリフトピンの施工は、油圧の専用引抜機を使用し、ボルトの締め付けには低騒音のインパクトレンチを使用することで現場継ぎ手作業時の騒音の低減対策を行った。また、関係各所、隣接工事および近隣住民との協議・調整により、通行止めを行う夜間作業（桁・合成床版架設、足場組立解体）の作業時間帯を17時から24時までとし深夜時間帯の作業を減らすことで、近隣住民への夜間工事による負担軽減策を講じた。

⑵　足場の工夫

①　現道利用者への安全確保のために、SKパネル足場を使用した。そして、作業員の安全確保のため、下面足場の組立解体をすべて高所作業車で行った。これにより、墜落・転落・落下物等の災害を防止することができた。

②　第三者災害を防止するために下面足場全体に防水シートを設置した。これにより、現場塗装時の鉄粉や塗料、コンクリート施工時の型枠の木くずや生コン等の外部への飛散を防止することができた。

4．おわりに

本工事では県道312号田谷藤沢線と住宅街に挟まれた狭隘ヤードで、クレーンベント工法による架設を行った。架設順序や足場の組立解体方法等の検討及び対策を行い、無事故・無災害で工事を完了することができた。本橋の完成、横浜湘南道路や高速横浜環状南線がつながることにより、国道１号線の交通渋滞緩和につながれば幸いである。

最後に、本工事を施工するにあたり、ご指導、ご協力いただきました皆様方に厚く御礼申し上げます。

9 施工計画

水中 RC 基礎の品質確保と省力化の工夫

東京土木施工管理技士会
東亜建設工業株式会社
現場代理人　　主任技術者
田　代　　玄○　　鈴　木　　智　大

1．はじめに

本工事は、狭隘なヨットハーバーにおいて、併設された２基のマリーナクレーン（以下MC）の内、１基の更新工事であった。なお、MCはヨット等の船舶を海面から陸上、陸上から海面へ上下架するための、海に突き出した門型構造のホイストクレーンである。

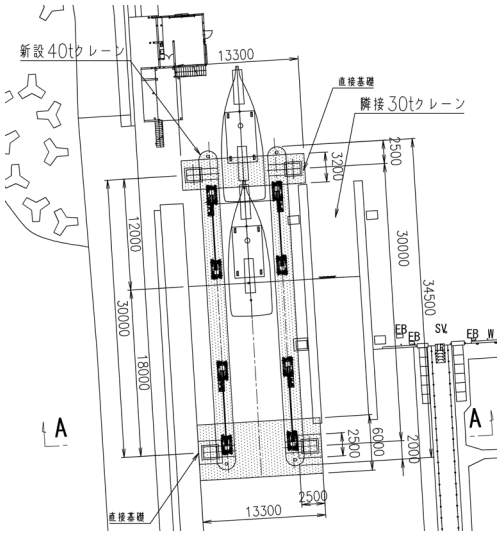


図-１　平面図

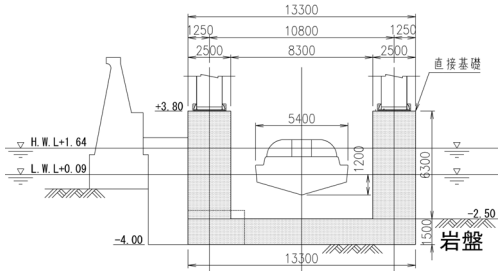


図-２　A-A断面図（海側基礎）



図-３　完成写真

工事概要

⑴　工 事 名：マリーナクレーン更新工事
⑵　発 注 者：株式会社　葉山マリーナー
⑶　工事場所：神奈川県三浦郡葉山町堀内50-2
⑷　工　　期：2021年８月18日～2022年4月30日

2．現場における問題点

海側基礎は海底の岩盤を支持層としたRC構造である。このため、水中の鉄筋と型枠の組立が困難であり、水中に打設するコンクリートの品質確保も課題であった。

加えて、営業するヨットハーバーでの施工であり、ヨットハーバー利用者の安全確保が問題であった。特に隣接するMCを供用しながらの施工であったため、新設MC基礎の柱部と隣接MCに往来する船舶との離隔は１m以下である。通常の施工方法では型枠組立時は更に狭隘になり、加えて足場設置も必要なことから、船舶航行のためのスペース確保が課題であった。

3．工夫・改善点と適用結果

3-1　大組鉄筋・水中不分離コンクリートの採用

海中で潜水士の正確な鉄筋組立は困難であり、効率が悪い。このため、海側基礎の鉄筋を陸上で大組して、クレーンで海中に据付けることにより鉄筋組立の正確性を確保し、効率化した。大組鉄筋はH鋼で製作した鉄筋架台も含め約30tとなったため、200tクローラークレーンを用いた。

水中部のコンクリートは、海水中の型枠内にコンクリートを打設するため水セメント比変化による脆弱化や塩化物混入による早期劣化を懸念した。このため、水中不分離コンクリートを採用して品質を確保した。

水中不分離コンクリートは、以下の配合条件のレディーミクストコンクリートに、水中不分離混和剤を現場添加したものを使用した。

-表-　レディーミクストコンクリートの配合条件

配合条件	設計基準強度　σ28	30	N/mm^2
	スランプフロー	50	±3cm
	粗骨材の最大寸法	20	mm
	セメントの種類	**BB**	
	水セメント比の上限値	47	%以下
	空気量	3.0	%

3-2　埋設型枠の採用

型枠作業の省スペース化と効率化を目的とし、埋設型枠を採用した。

なぜなら、一般的な型枠は、外側にフォームタイや端太材が張り出し、足場設置も必要なため、ヨットハーバー利用者の船舶航行のための水域を確保できない。

しかも、躯体内部の締付材（セパレータ）でコンクリートの側圧に耐える構造である。組立てた鉄筋内部で締付材を型枠に通す作業も必要となるため、海側基礎で水中の潜水士がこのような作業は困難だからである。

この改善により足場設置が不要となり、ヨット等の船舶航行のスペースが確保できた。

ただし、フーチング部はヨットハーバーの設計





図-４ 大組鉄筋据付状況 図-５ 埋設型枠据付状況

水深以深であり、型枠材は船舶航行の支障とならず、型枠材を周囲の岩盤層への固定やパイプサポート等で支持することもできる。このため、コスト面から、埋設型枠の適用範囲を柱部に限定した。

採用に当たっては、プレキャストコンクリート等とコストや納期、施工性、耐久性等、多角的に検討した結果、材質は鋼製とし、L.W.L-1.0m以上に重防食、水中部には電気防食を施した。

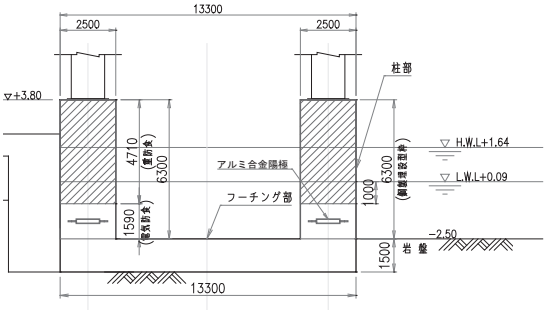


図-６　断面図（埋設型枠適用範囲）

4．おわりに

海側基礎は水中のRC構造であり、常時水圧と波浪が作用するので作業環境が過酷であり、作業効率が悪く、施工中の被災リスクも高い。このため、ユニット鉄筋や残存型枠等の効率化の工夫を積極採用し、顧客要求期日までに完成させることができた。さらに、水中不分離コンクリートの採用により、海水混入を低減し良質なコンクリートが打設できたと考えている。加えて、塩害リスクが高い海側基礎の柱部へ防食した埋設型枠の採用により、供用中の塩化物イオン侵入を防止できるので耐久性向上も図れた。

フーチング部の鉄筋架台や鋼製の埋設型枠を構造部材として設計できれば、断面や鉄筋量を削減できたと考えている。

10 施工計画

市街地工事における災害防止対策の取り組みについて

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
監理技術者　大石　剛○　現場代理人　木内　一郎

1．はじめに

本工事対象橋梁は東京都江東区深川に位置する首都高速道路９号深川線　深-45橋脚から深-97橋脚までの約１㎞の範囲であり，この路線は，1977年に建設されて以来，約44年が経過している。構造物の高齢化や車両の大型化，過酷な使用状況等様々な要因により鋼製橋脚隅角部や支点部等に損傷が生じている状態のため，今回は，その損傷を補修することを目的とした工事を行った。

工事概要

⑴　工 事 名：(修) 上部工補強工事 2-212
⑵　発 注 者：首都高速道路株式会社
　　東京東局
⑶　工事場所：東京都江東区深川一丁目他
⑷　工　　期：2021年２月６日～
　　2023年１月31日



図-１　首都高速道路９号深川線

2．現場における問題点

工事は主に首都高速道路の高架下での施工となったが，高架下や隣接する民地は，供用された駐車場，駐輪場，遊歩道および一般道路であり，隣接には小学校，保育園，マンション等使用状況が多岐にわたっていた。このような条件下で近隣の皆様にご迷惑を掛けないように安全に工事を進めることが課題であった（**図-１**）。

3．工夫・改善点と適用結果

⑴　高所作業車の手摺に庇（ひさし）設置

橋梁床版の剥落防止は，足場上での施工ではなく，高所作業車を使用しての施工であった。高所作業車を使用する場合，桁への衝突を避けようとすると桁と高所作業車の間には開口部ができ易く，そこから塗料や接着剤を落下させることが懸念された。そこで，作業台手摺に庇（ひさし）を設置することでその開口部を塞ぐ対策をした（**図-２**）。

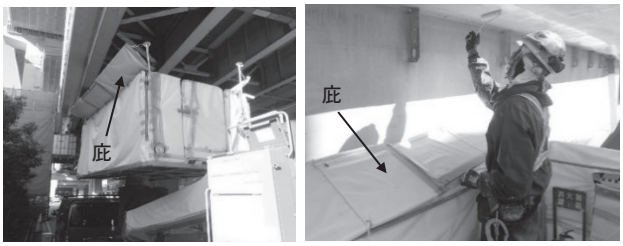


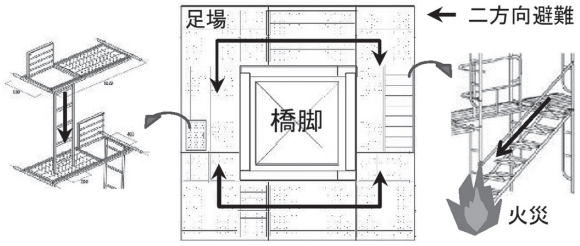
図-２　高所作業車庇（ひさし）設置状況

また，桁に添架された排水管や検査路等が障害となり，庇（ひさし）が設置できない場合は，マスカーシートや小型ベニヤ板を使用してその隙間を塞ぐことで対応した。以上の対策により，塗料や接着剤の落下や飛散を防止でき，安全に施工す

ることができた。

⑵　火災等緊急時の二方向避難経路の確保

本工事範囲では，遊歩道および保育園や駐車場の敷地内に足場を設置する必要があった。供用中の場所では占用スペースが少なく，十分な避難経路を確保できる昇降階段を設置できなかった。そのため，万一，階段付近で火災が発生すると非難できない状況になることが想定されたので，二方向から避難できるように梯子付足場板の設置（**図－3**）や縄梯子により降所する昇降設備（**図－4**）を設置することで問題点を解消することができた。



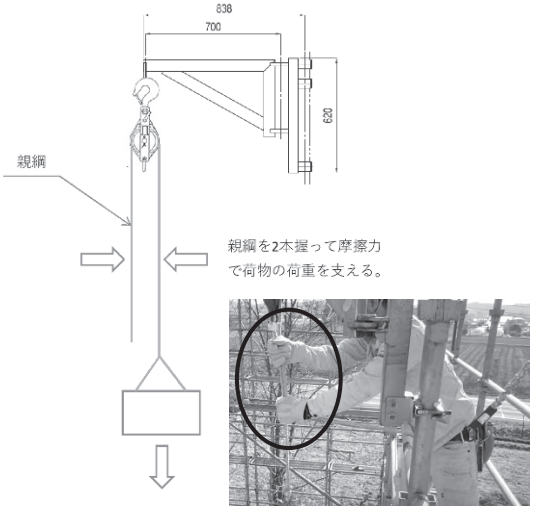
図－3　橋脚周り足場での二方向避難図



図－4　縄梯子による避難設備

⑶　人力荷下ろし時の落下物防止対策

現場が遊歩道や駐車場内にあり，頻繁にクレーン等を配置することが困難であったため，人力で搬出物を荷下ろしする作業方法を多用することになった。人力荷下ろしの場合，手を滑らせて落下させてしまうリスクが非常に高いため，足場支柱に専用の機材と滑車を取り付け，滑車にループ状に設置したロープ（２本）を両手で握りロープ同士の摩擦力を発生させることで荷重を支え，力を入れなくても荷下ろしができる方法を採用した（**図－5**）。また，万一荷下ろし中に手が滑って手を離したとしても吊荷が落下するのを防止するため，フェールセーフとして，セーフティブロックを使用した。この方法で荷下ろしを行うことで，安全に施工することができた。



図－5　人力荷下ろし方法

⑷　埋設部の損傷事故防止対策

遊歩道や駐車場には照明や散水設備があるため，電気管や水道管等が埋設されている箇所が多くある。そのような埋設物に損傷を与えないよう，事前に埋設物の有無を確認するとともに万一のために作業場所には，プラスチック敷板を敷いて埋設物損傷防止の対策を行った（**図－6**）。



図－6　プラスチック敷板効果確認試験

４．おわりに

今回は，市街地工事において，安全に工事を進めるための対策事例を報告した。工事を終えて，市街地での工事は施工条件（小学校や一般道等）に配慮した十分な計画のもとに工事を行うことが重要であると感じた。今回紹介した事例が今後の工事の参考になれば幸いである。

最後に，本工事を施工するにあたり，ご指導・ご協力を頂きました皆様に厚く御礼申し上げます。

11 施工計画

吊り橋における塗装の塗り替え

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
監理技術者
坂　本　　健

1．はじめに

本工事は、高知県道魚梁瀬公園線の魚梁瀬大橋において吊り橋の塗装塗り替えを行う工事である。

工事内容は、吊りケーブル部、主ケーブル部、ケーブルバンド部の塗装の塗り替えである。

工事概要

⑴　工 事 名：県道魚梁瀬公園線橋梁修繕
　　（魚梁瀬大橋）工事
⑵　発 注 者：高知県
⑶　工事場所：高知県安芸郡馬路村魚梁瀬
⑷　工　　期：令和４年３月17日～
　　令和５年３月19日



図-１　魚梁瀬大橋全景

2．現場における問題点

塗装塗り替えに伴い、吊りケーブルの周りに**図-２**の作業用足場を仮設した。既設塗膜のケレンについては、発注時の計画ではショットブラストによる施工であった。塗装塗り替えは柔軟形エポキシ樹脂塗料および柔軟形フッ素樹脂塗料にて塗装する仕様となっていた。吊りケーブル部については、塗装塗り替えと一緒にワイヤークリップの交換を行った。**図-３**に施工完了写真を示す。

また、塗装塗替えのブラスト施工時の問題点を次に示す。

①　既設塗膜の分析結果により、鉛の含有が確認された。そのため、剥離剤を用いた塗装剥離に変更する必要があったが、編み込まれ表面がでこぼこであり、吊りケーブルの既設塗膜がしっかり除去できない可能性が懸念された。
②　ブラストで作業を行う場合、ブラスト材の飛散を防止するために、発注時よりブラスト養生枠を使用することとなっており、狭いスペースでブラストを行うことができるか確かめる必要があった。
③　ブラストで作業を行う場合、鉛含有塗膜が飛散し、作業員への健康被害が懸念された。

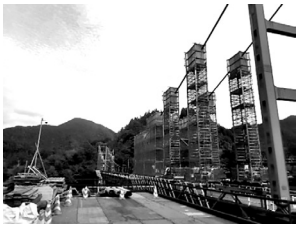


図-２　塗装塗り替え用足場



図-３　施工完了写真

3．工夫・改善点と適用結果

塗装塗り替え施工に伴い、既設塗膜の剥がれ具合を確認するため、現地の吊りケーブルと同等のケーブルを用意し、ブラストおよび剥離剤の両方について、施工試験を実施した。

施工試験の手順を下記に示す。

① 試験体にブラスト養生枠を取り付け、養生枠の隙間からブラストを行い、既設塗膜の剥がれ具合と施工性の確認を行う。

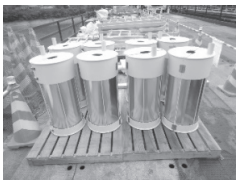



図-４　施工試験（ブラスト）

② 試験体に塗装剥離剤を塗布し、24時間経過後に鉄ヘラやワイヤーブラシを用いて既設塗膜をかき落とす（２回塗り）。
既設塗膜の剥がれ具合を確認する。



図-５　施工試験（剥離剤）

また、施工試験の結果を下記に示す。

① ブラストによる施工試験を実施した結果、吊りケーブルの編み込みに入り込んだ塗膜も**図-６**のようにほぼ除去することができた。
また、ブラスト養生枠を用いた施工も問題なく行うことができ、ブラスト材の飛散を抑えることができた。




図-６　ブラスト完了後

② 塗装剥離剤による施工試験（２回塗り）の結果、**図-７**のように吊りケーブルの編み込み部に入り込んだ塗膜はほとんど除去できなかった。




図-７　塗装剥離完了後

上記の結果より、品質を確保するため、発注時通りブラストによる工法を選定した。

鉛含有塗膜の飛散による作業員への健康被害を防止するため、防護服・送気マスク・保護手袋・シューズカバーに加え、クリーンルームおよび負圧集塵機の設置を行い、シート養生等の飛散防止対策を行った上で作業を行った。




図-８　鉛等ばく露対策

塗装塗り替えにあたり、気付いた点を列挙する。

① 吊ケーブルのでこぼこな面に対して、剥離剤を用いた施工は困難である。

② 吊ケーブルの塗装用の足場については、隙間ができやすいため、ブラストの養生を行う際、注意が必要である。

③ ブラスト養生枠を使用することで、ブラスト材の飛散を抑えることができるため、吊ケーブルのブラスト作業には効果的と考える。

また、本工事で難しかった点を下記に示す。

① 魚梁瀬大橋は馬路村の魚梁瀬地区へとつながる主要道路であり、迂回路がないため、常時通行止めができず、時間規制（50分規制10分開放）を行った。また、１路線で１日１箇所のみの規制となること、10月～12月の間はゆずの出荷により、規制不可であった。そのため、他工事等との調整が大変であった。

4．おわりに

ブラストおよび剥離剤の施工試験を事前に行うことで、品質を確保し安全に完工することができました。最後に、本工事にてご指導・ご協力いただきました皆さま方に厚く御礼申し上げます。

12 施工計画

鋼床版の添接部パイロットホールに皿型高力ボルトの採用

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* JFEエンジニアリング株式会社**
JV4工区長 JV現場担当 JV統括責任者
佐藤 功武*○ 神原 良範* 稲村 康**

1．はじめに

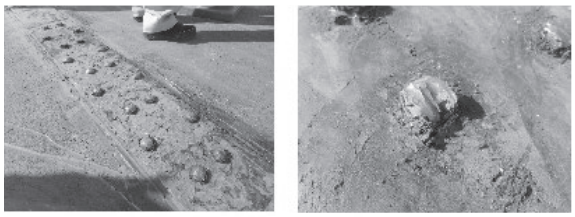
本工事は吹田JCT～中国池田ICの更新工事で、終日通行止めをして既設桁を新設桁に取り替える工事である。既設RC床版から鋼床版もしくはプレキャストPC床版の選定は架設条件や設計条件に応じて行なった。ここでは鋼床版の添接部パイロットホールに皿型高力ボルトの採用計画について述べる。

工事概要

⑴ 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
⑵ 発 注 者：NEXCO西日本 関西支社
⑶ 工事場所：大阪府吹田市青葉丘北～大阪府池田市神田
⑷ 工 期：2020年8月26日～2026年6月25日

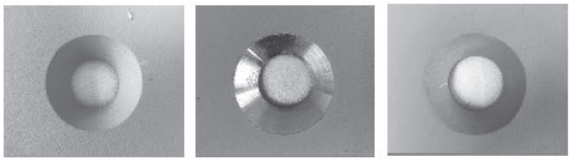
2．現場における問題点

本工事を施工する前に鋼床版デッキ部に皿型高力ボルトを使用する工事はほとんどないと言っても過言ではない。阪神高速道路株式会社や大阪市建設局で発注された工事で皿型高力ボルトを使用した実績は多少ある。鋼床版の添接部に皿型高力ボルトを採用するメリットは、舗装の施工性および締固めの品質がよいことと将来、舗装をやり直すときに高力ボルトの頭部の損傷を軽減することができる点である。**図-1**にボルト頭部の損傷事例を示す。デメリットは、トルシア型高力ボルトに比べて単価が高いこと、架設するときに工場での仮組立て形状を再現するためのパイロットホールにピンを打つことができないため、仮スプライスを準備する必要があることであった。



(a)縦シームの連結板 (b)ボルト頭部の損傷

図-1 舗装切削時のボルト頭部の損傷



(a)無機ジンク (b)無塗装 (c)有機ジンク

図-2 連結板皿取り加工部の表面処理仕様

3．工夫・改善点と適用結果

本工事では鋼床版の添接部に皿型高力ボルトを採用した個所があり、今までは連結板に皿取り加工を工場で全て加工し、無機ジンクリッチペイントを塗布したものを現場搬入していたが、工場仮組時の形状を現場で再現するために皿取り加工した添接板の四隅付近にパイロットホールを工場仮組立時に設け、そのパイロットホールを現場で皿取り加工できるようにした。そのため、仮スプライスを準備する必要がなくなった。また、現場で

皿取り加工をするため、**図-2**に示すように、接触面の防錆の問題については、大阪公立大学との共同研究で解決したのでここでは割愛する。

3-1　現場皿取り加工用カッターの開発

皿取り加工は、今まで工場で行っていたが、現場で行うために、パイロットホールを利用して孔明けが可能になるように改良を加えた。**図-3**に工場で使用している皿取り用カッターと現場で使用した皿取りカッターを示す。さらに、皿型高力ボルトを使用するにあたり、皿取り深さが重要なポイントとなることより、高槻ICのヤードで実物大供試体での実験を行った結果をもとに、さらに改良を加えた。具体的には、高槻ICでの実験結果の値より約0.8㎜深く削れるようにした。**-表-**は、高槻ICでの実験値と改良後の深さの計測値を示したものである。**図-4**は、改良前と改良後の皿取り深さの違いを確認するために、皿型高力ボルトをセットした状況である。皿型高力ボルト頭部は連結版上面より１㎜程度突出している。基準での管理値は、２㎜±1.5㎜であり、十分満足している。

3-2　現場作業員の事前訓練

現場業員に皿取り加工する訓練を事前に実施した。**図-5**は、練習時と状況と専用ゲージを用いて出来形を確認している状況である。本番でスムーズに作業ができるように担当作業者全員に実施させた。

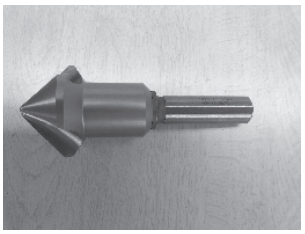
3-3　現場作業

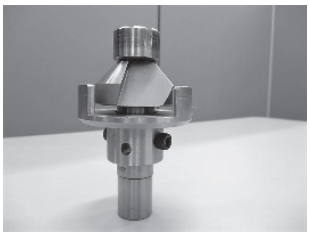
図-6は、本橋での作業状況である。事前に作業員の皿取り作業をさせたことにより、トラブルなく作業を進めることができた。

４．おわりに

鋼床版の添接部パイロートホールに皿型高力ボルトを採用するために、本番前の実験や施工試験をすることにより問題点を整理し、準備することがいかに大切かを実感した工事であった。

最後に、本工事の施工にあたり、ご指導いただいたNEXCO西日本関西支社阪神改築事務所の方々、大阪公立大学大学院の山口教授、林助教、日鉄ボルテン株式会社の吉見氏並びに、ご協力頂いた工事関係者のみなさんにこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

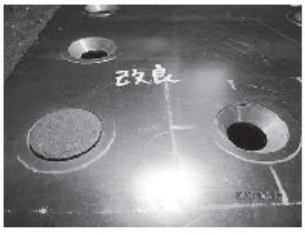




(a)工場（従来品）　(b)現場（開発した刃）

図-3　面取り用カッター



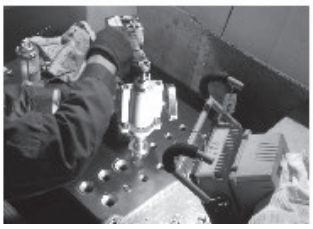


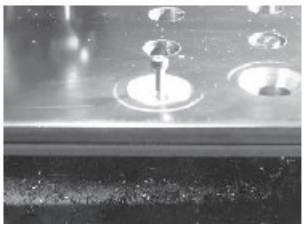
(a)改良前　(b)改良後

図-4　皿取り用カッター改良

-表-　皿取り深さ

	板厚	深さ	平均	差	備　考
公差による最小板厚	11.4	9.75	9.75	－	板厚は、ｔ＝12の交差－5%を考慮したもの
高槻IC 1	12.52	8.7	8.65	0.00	
高槻IC 2	12.8	8.55			
高槻IC 3	11.98	8.69			
改良 1	12.2	9.67	9.57	0.92	
改良 2	12.36	9.46			
改良 3	12.3	計測不可			





(a)練習　(b)専用ゲージで計測

図-5　事前練習





(a)作業状況　(b)全景

図-6　現場施工

13 施工計画

MR（複合現実）技術の活用による架設検証と作業手順確認

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　榊原　正志○
現場代理人　茂木　秀介

1．はじめに

本工事は、一般国道468号首都圏中央連絡自動車道（圏央道）の五霞IC～境古河IC区間において、暫定2車線で供用されている区間を、4車線化するために建設される鋼7径間連続細幅箱桁橋である。架設地点は、供用中のⅠ期線および民地に近接した狭隘なヤードでの施工となるため、3次元モデルを用いた施工シミュレーションを行い、Ⅰ期線および民地との離隔やクレーンブームと架設済の桁との干渉が無いことを確認した。本稿では、施工シミュレーションに使用したMR（Mixed Reality：複合現実）技術の概要と実施内容について報告する。

工事概要

⑴　工 事 名：R3圏央道利根川橋五霞地区上部工事
⑵　発 注 者：国土交通省　関東地方整備局　北首都国道事務所
⑶　工事場所：茨城県猿島郡五霞町小福田～茨城県猿島郡五霞町大福田
⑷　工　　期：令和3年10月27日～令和6年3月29日
⑸　橋梁形式：鋼7径間連続細幅箱桁橋
⑹　橋　　長：528.4ｍ

2．活用したMR技術の概要

MR技術とは、CADで作成した架設計画図をMRデータに変換し、データカメラやiPad等で撮影する目の前の現実空間に1/1スケールで表示させる技術のことである。

本工事では建設現場向けに開発された「GyroEye Holo」を使用したGyroEye HoloはARマーカー（**図-1**）と呼ばれる基準点を用いて3次元データと現実空間を複合させ、様々な検証を視覚的に支援するシステムである。

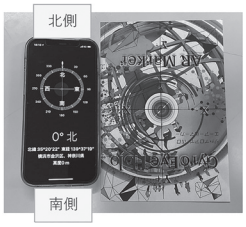


図-1　ARマーカー

3．実施内容

⑴　3次元モデルによる施工シミュレーション
2次元CADで作成した架設計画図を3次元モデルに変換し、施工シミュレーションを行った（**図-2**）。

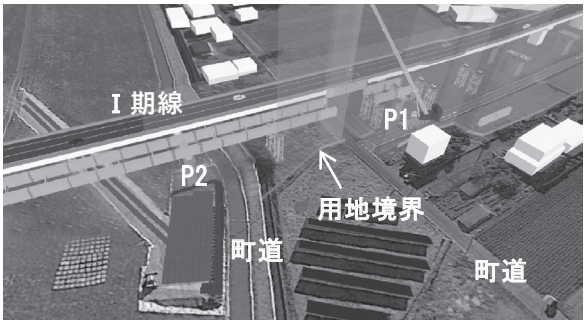


図-2　架設シミュレーション概要図

シミュレーションデータにおいては、Ｉ期線および用地境界からの俯角影響ラインを可視化し、桁地組立時・架設時に、架設用クレーンのブームおよび主桁が用地境界ラインから突出しないことを確認した。架設シミュレーションにて架設作業に問題がないことを確認したのち、現実空間での撮影時にARマーカーを設置する位置を定め、シミュレーションデータに関連付けを行った。

⑵　３次元モデルと現実空間との複合

前述の通り、GyroEye Holoでは、現実空間を撮影するiPadでARマーカーを読み込むことで、現実空間の基準点と３次元モデルの基準点を複合させる。３次元モデル内の基準点はCADデータ内で設定するため誤差ゼロで設定されるが、現実空間での基準点（ARマーカー設置点）は誤差を持つ。このため、現実空間での基準点を先行して測量を行い、その座標位置を３次元モデルに関連付けすることで、投影誤差の最小化につなげた（**図－３**）。



図－３　現実空間との複合

⑶　架設検証と状況確認

MR技術を用いて、Ｉ期線や近接する民地境界を侵すことがないかの検証手法を、日常の現場管理業務においても活用した。具体的には、クレーンや地組桁・合成床版の位置、機材や搬入車両の配置などを３次元で可視化した。CAD図と実際の現場との乖離によって起こる部材の干渉が施工前に判明することで、事前に配置換えなどの対策を講じることができ、従来は測量機器を用いて２～３人がかりで半日程度かけて行っていた作業が、１人で数十分程度の時間で行うことが可能となり、現場管理の省人化につなげることができた（**図－４**）。



図－４　架設状況の検証

⑷　作業手順の確認

MR技術を用いて３次元モデルと現実空間を複合させたデータは、施工日の朝礼時に従事する作業員全員で視聴し、施工の流れをシミュレーション動画で確認した。動画を撮影する際に、様々な角度から現場の映像を撮影することで、より分かりやすく具体的な施工上のポイントを共有することができた（**図－５**）。



図－５　朝礼時周知状況

４．おわりに

昨今の橋梁建設市場では、補修工事や拡幅工事の占める割合が高くなってきている。新設工事においても、狭隘な施工ヤードでの施工や、供用中の道路、民家と近接した施工となることが多い。これらの条件下での施工では、限られた条件で機材や部材を配置する必要があり、綿密な施工計画と現場状況を正確に把握する必要がある。MR技術を活用することで、従来よりも簡便かつ短時間で現場状況を把握できる。今回の実施内容が、現場業務効率化の参考になれば幸いである。

14 施工計画

河川拡幅に伴う橋台・護岸の同時施工における技術上の留意点

岡山県土木施工管理技士会
株式会社大本組
岡山支店土木部　　岡山支店土木部
入　谷　　篤○　　葛 間　善 太 郎

1．はじめに

平成30年７月豪雨により堤防が決壊するなどの被害を受けた岡山市東区にある砂川では、再度災害発生防止のため河川激甚災害対策特別緊急事業の一環で川幅の拡幅を行っている。砂川を渡河する市道西大寺松崎・久保線の芳野橋は、川幅の拡幅に伴い橋台が河川内に露出するため、拡幅に合わせて架け替える必要があった。本工事は既設の芳野橋（橋桁３径間、橋台２基、橋脚２基）を撤去し、新たな橋の下部工（橋台２基、橋脚１基）を構築するものである（**図-１**）。

工事概要

⑴　工 事 名：41-19- 42-1-
　　公共河川激特工事（芳野橋下部工）
⑵　発 注 者：岡山県　備前県民局
⑶　工事場所：岡山県岡山市東区浅越地内
⑷　工　　期：自）令和３年10月4日
　　至）令和６年１月31日

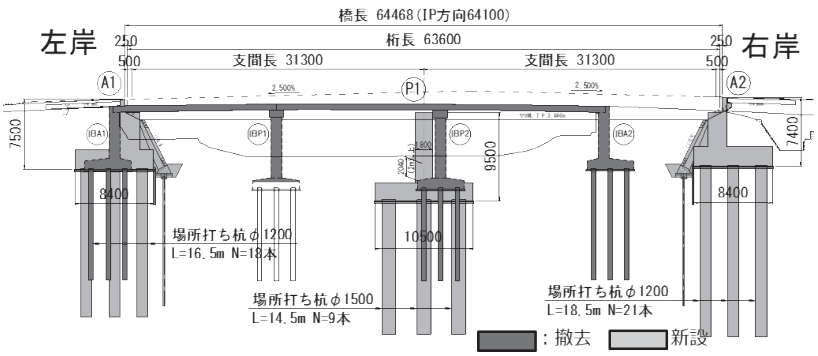


図-１　橋りょう縦断図（既設撤去および新設）

2．現場における問題点

本工事で構築する橋台の前面には侵食を防止するため、条件護岸を構築する必要があった。橋台を構築するための仮締切は計画されているが、護岸を施工するための仮設は土堰堤で計画されていた。しかしながらボーリングデータから施工基盤付近に砂質土層があることから河川水の流入が懸念された。

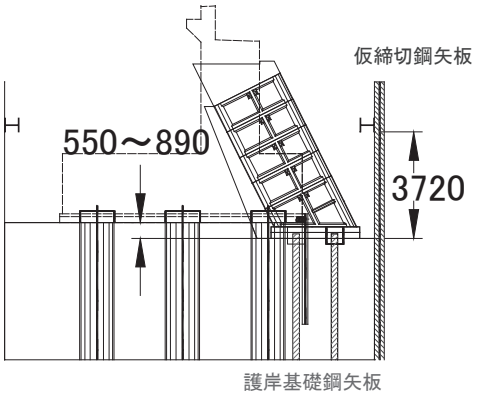


図-２　A1橋台と条件護岸の高さ関係

また、護岸工は基礎鋼矢板形式であり、橋台の床付け基準高より１m程度深い位置を施工基盤としている（**図-２**）。そのため、橋台を構築した後に護岸を施工するとその掘削により構造物にひび割れが発生する等の影響が懸念された。

3．工夫・改善点と適用結果

河川工事の限られた期間内で施工をするため、仮締切の鋼矢板の範囲を橋台の周りだけから条件護岸を含めた範囲に変更した（**図-3**）。矢板の打設延長が増えることでかかる施工日数の増加は、既設橋台の撤去時の仮締切と新設橋台の構築時の仮締切を兼用することで抑えた。さらに、当初計画していた上流からの乗り入れでは、道路幅が約４ｍと狭く大型資材の運搬が困難なことから、本工事に先立って設けた仮回し道路（幅5.5m）を利用した乗り込み計画とし、最長14mの基礎鋼矢板を１本ものでの搬入を可能として施工サイクルの短縮を図った。この鋼矢板打設範囲の拡張により、条件護岸施工時の河川水の流入を抑えることができた。

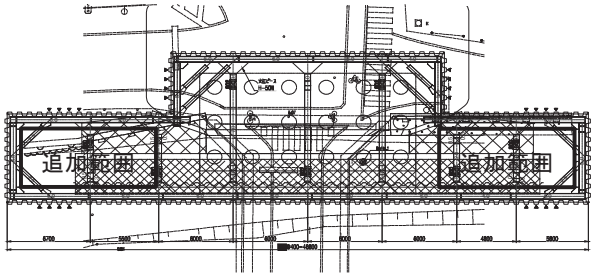


図-３　鋼矢板打設範囲

一方、仮締切を施工することで切梁が基礎鋼矢板の打設の支障となるため、施工の進捗に合わせて盛替えることで対応することとした。ただし、切梁は護岸工の床付け基準高から3.7m程度上部になるため、盛替えようとしても足場なしでは手が届かない。また、基礎鋼矢板と仮締切の鋼矢板は1.5m程度の離隔しかなく鳥居式足場や楔式足場を設置すると切梁の盛替えのたびに足場の設置撤去が必要となる。そこで、切梁の下端から1.6m下がりの位置の仮締切の鋼矢板に溶接した溝形鋼［－125に足場板を並べスタンションと親綱で落下防止対策を行ったブラケット足場を設置し、そこから作業をすることで切梁の盛替え作業を可能とした（**図-４**）。これにより橋台を構築する前に護岸工の基礎鋼矢板を施工することができ、振動に起因した構造物へのひび割れの発生を防止できた。

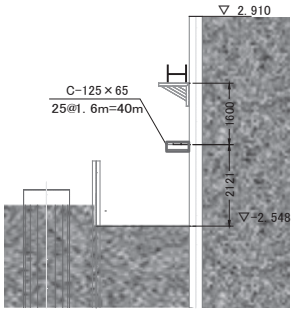


図-４　盛替え梁用足場

さらに切梁・腹起しを撤去するためには橋台と条件護岸を同時期に施工する必要があるが、橋台の打継ぎの期間が開くことでひび割れの発生が懸念される。そのため､打ち継ぎ目にはハイパーネット70Lを設置し、打継部のひび割れ抵抗性を向上することとした。これにより打継部に発生するひび割れの発生を抑制することができた（**図-５**）。

以上のことから、条件護岸を安全に施工し、同時に施工することによる弊害をそれぞれ対処することで品質の良い構造物を構築することができた。

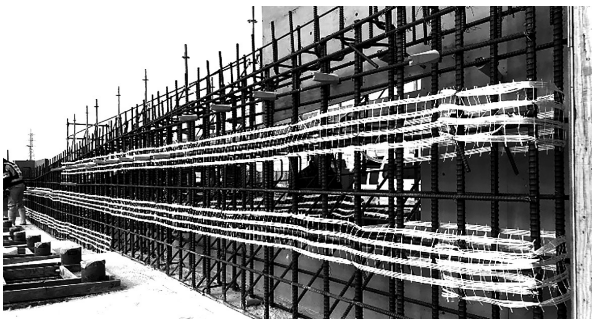


図-５　橋台コンクリートひびわれ対策

4．おわりに

現在、砂川における激甚災害対策事業は最盛期を迎えており、その中で芳野橋は早期の開通を目指しているところである。本工事では、輻輳する工種間で生じる懸念事項を事前に洗い出し、一つずつ解決することで構造物を完成させることができた。本報告が今後施工される類似工事の参考になれば幸いである。



図-６　工事完了全景

15 施工計画

AI渋滞シミュレーションによる生産性向上

宮城県土木施工管理技士会
株式会社阿部土建
常務取締役　阿部　智宏○
工事主任　佐藤　芳憲

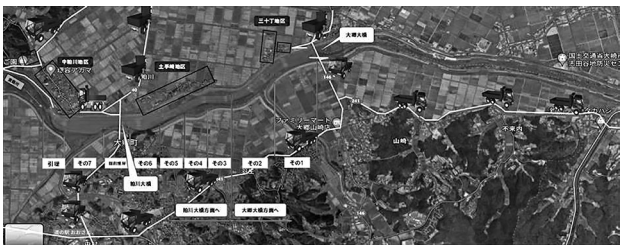
1．はじめに

本工事は、令和元年台風19号で甚大な被害を受けた鳴瀬川水系吉田川における大規模災害関連事業の一環として、河道掘削を行う工事である。
本工事だけではなく、同時期に約3.5㎞の区間で河道掘削を着手する工事が８工事ある大規模な治水対策事業の一環である。

本論文は本工事及び本事業を円滑に進めるために活用した『AI渋滞シミュレーション』の取組についてまとめたものである。

工事概要

⑴　工 事 名：吉田川粕川地区河道掘削
　　（その４）工事
⑵　発 注 者：分任支出負担行為担当官
　　東北地方整備局
　　北上川下流河川事務所
⑶　工事場所：宮城県黒川郡大郷町粕川土手崎
⑷　工　　期：令和５年４月３日～
　　令和６年１月31日



図−１　河道掘削全体位置図

2．現場における問題点

本工事区間周辺では前述した通り、3.5㎞の区間で約40万㎥の掘削を同時期に着手するため、ダンプ述べ通行台数は約1280台/日（内訳として、１工事20台×８工事×周回数８回で算出）が予想された。特定の区間にダンプが集中し渋滞が発生することで、交通災害や道路汚損等により一般交通への影響と工事工程の遅延が想定されるため、それを解消することが本工事及び本事業全体の重要な課題である。

3．工夫・改善点と適用結果

まず始めに今回活用した『スマートコンストラクションシミュレーション』について、説明する。
本システムは計画段階の運搬計画（運搬経路やダンプ台数等）を組み込むことでAI最適化技術を用いて自動で（**図−２**）のようにシミュレーション動画を作成できるものである。



図−２　シミュレーション動画イメージ

又、（**図−３**）のように１日のダンプ稼働率及

び停車時間、重機稼働率、日掘削土量等が算出可能である。



図-３　ダンプ及び重機稼働率イメージ

課題を解決するために【①現状の把握】まず、工事全体会議で各工事の運搬計画を把握し、システムに組み込み現状の渋滞状況を可視化・数値化を行った。

シミュレーションの結果、川表坂路から県道までの地域道路での渋滞と掘削積込場から川裏坂路付近までの渋滞がデジタル上で再現された。数値的にも日掘削量が計画掘削量を下回っており、生産性が低く、非効率であった。以下に詳細な数値化情報を記載する。

（当初パターン）【条件１-工事用道路１車線（待避所300mに１箇所、条件２-坂路幅員4.0m、条件３-ダンプ20台】

（ダンプ稼働率）42.0%、周回数）６回、ダンプ停車時間）4.6時間、重機稼働率）43.0%、日積込土量）604㎥

次に【②仮設・運搬計画立案】現状の把握を行った上で、再度、工事全体会議で仮設方法及び運搬計画の検討を行い、条件の１つ目に工事用道路の２車線化（幅員を4.0m→7.0m)、条件の２つ目に地域住民道路を通行しない位置への坂路造成及び幅員6.0m・誘導員２名配置をシステムに追加した。

３つ目に【③最適な仮設・運搬計画の決定】計画案を可視化・数値化を行い、当初条件との比較・対比を行った結果を以下に記載する。

（検討パターン）【条件１-工事用道路２車線（幅員7.0m)、条件２-坂路幅員6.0m・誘導員２名配置、条件３-ダンプ20台】

（ダンプ稼働率）70.4%（＋28.4向上)、周回数）10回（＋４回向上)、ダンプ停車時間）2.3時間（-2.3時間削減)、重機稼働率）73.0%（＋30.0%向上)、日積込土量）1034㎥（＋430㎥向上）

このシミュレーションの結果、川表坂路から県道までの地域道路での渋滞と掘削積込場から川裏坂路付近までの渋滞が緩和し、工事全体での作業効率が向上されることが想定できた。

これにより、全工事で情報を共有し、仮設工（工事用道路拡幅及び坂路造成）を実施した。

４つ目に【④選定した計画での運搬開始とシミュレーションとの対比】選定した仮設及び運搬計画を全工事で実施した上で運搬を開始し、シミュレーションとの対比を行った結果、シミュレーションとの差がほとんど無く、渋滞も無く、効率的に運搬が行うことができた。（シミュレーションとの対比結果）ダンプ運搬述べ台数）108台→104台（－４台)、積込土量）522㎥→520㎥（－２㎥）



図-４　ダンプ運行状況全景

４．おわりに

本工事は、冒頭でも述べた通り、大規模な治水対策事業の一環であり、良好な河川環境を保全し、河川の治水安全度を向上させることがわたしたちの使命だと改めて認識した工事となった。

また、上記のICT技術を活用して無事故・無災害で完成できたことと、効率良く計画・工事を進められ、生産性が向上できたことが一番の喜びであった。

最後に、工事期間全般にわたり、ご指導、ご助言をいただいた発注者の皆様並びに工事関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

16 施工計画

狭あいヤードにおける鋼橋の架設計画

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　末川　勝○　現場代理人　本多　賢悟

1．はじめに

本工事は、一般国道９号 三隅・益田道路の整備工事の一環で、鋼橋上部工（鋼４径間連続合成細幅箱桁）の製作から架設、床版を施工する工事である。整備工事区間は代替路線がないため、事故･災害で道路が寸断されると、地域の生活に大きな影響を与える。このような課題を解決することを目的とし、本整備工事は、代替路線の確保や医療施設へのアクセス向上を図っている（**図-１**）。

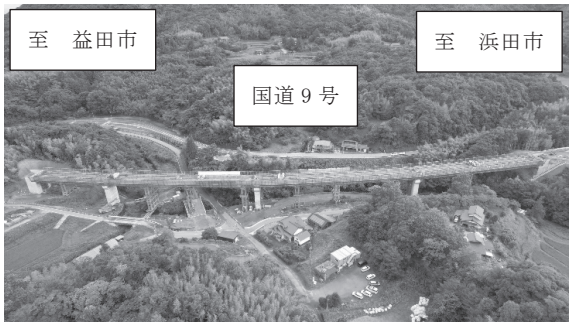


図-１　馬橋高架橋鋼上部工事全景

工事概要

⑴　工 事 名：令和３年度　三隅・益田道路
　　馬橋高架橋鋼上部工事
⑵　発 注 者：国土交通省　中国地方整備局
⑶　工事場所：島根県益田市土田町～金山町
⑷　工　　期：自）令和３年11月２日
　　至）令和６年２月29日

2．施工における問題点および課題

計画をするにあたり、作業ヤードが河川に並行して幅が確保できない場所や、市道に近接し交通規制を伴う作業が必要となるため、作業ヤード全体の範囲や形状確認を目的とし、起工測量時に現地調査及び三次元計測を実施した。

調査後、三次元計測データは3D-CADに取り込み、そこへ鋼桁架設用の大型クレーン（以下、架設クレーンと称す。）やベント設備等のデータを合成することで、現況での施工可否や干渉有無の確認を行った。これにより判明した具体的な問題点及び課題を以下に示す。

2-1　架設クレーン配置の再検討

調査の結果、現状では架設クレーンを組み立てるヤードが確保できないこと、当初計画での架設作業位置に架設クレーンが進入できない箇所があること、隣接工事の進捗状況により架設クレーンが設置できない箇所があることが判明し、配置方法やヤード確保の検討を行う必要が生じた。

2-2　市道近接条件での施工方法検討

狭小な作業ヤードが市道（幅員３m）と近接しており、架設作業時に一般者の通行を妨げる可能性があるため、通行時の安全を確保しつつ、安全に作業できる方法を検討する必要があった。

2-3　架設クレーンの退出検討

当初計画のとおり施工すると、ベント設備と現状地形との間にスペースが確保できず、架設作業を終えた架設クレーンが退出できなくなる箇所があることが判明し、架設方法の検討やヤード造成による退出検討が必要となった。

3．工夫・改善点と適用結果

ヤード全体的に作業スペースが狭いため、隣接する空地を借地することで架設クレーン組立用地や資材置き場を確保した。また、ヤード内は起伏を均して平地を造成することにより、架設クレーン設置と地組立作業に活用できるように計画した。

3-1　架設順序の変更による対策

架設クレーン設置ヤードへの進入路となる市道が狭く、造成を施す対策を計画していたが、地元説明会において、市道上架設に伴う『通行止め規制期間を短縮して欲しい』との要望を受け、発注者との協議の上で架設順序を変更した。順序を変えることにより、ベント設備の移設や増設が必要となったが、市道上の架設方法を落とし込み架設としたことで、規制期間を大幅に短縮することができた。また、架設クレーンが進入できない箇所については、配置を不要とする計画に変更したことで、市道を横断する移動が減少し通行利用者への負担を軽減することができた（**図-２**）。

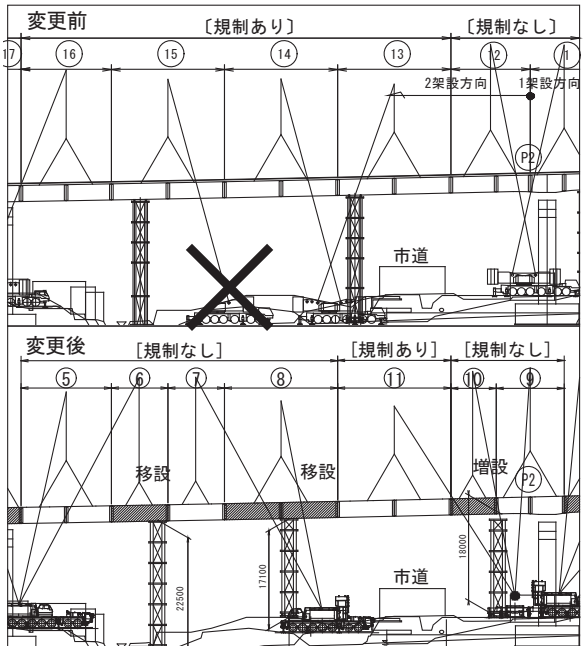


図-２　架設順序の変更計画

3-2　作業手順の工夫による検討

市道の外側線より約１mの離隔を取り地組立用架台の設置を計画したが、主桁の地切り時に下面足場を地上で先行設置すると、下面足場の一部が市道へ突出するため、当該区間については架設クレーン移動後に高所作業車で下面足場を設置する方法に変更した。高所作業車を用いることで、市道通行者の安全確保と足場設置作業の安全確保を両立することができた（**図-３**）。

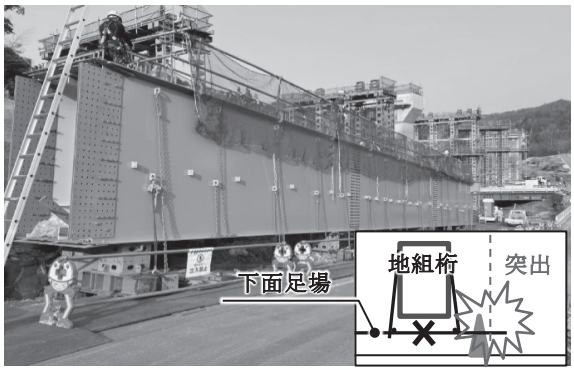


図-３　市道隣接作業状況

3-3　作業ヤード造成による対策

3D-CADで検討したベント設備と現況地形、架設クレーンの位置を2D-CADに変換し、現況地形との干渉状況を確認した。その結果を踏まえ、砂質・粘性土の掘削勾配安全率を考慮したうえで掘削後の法面形状を決定した。この造成により、懸念された架設クレーンの退出が可能となった（**図-４**）。

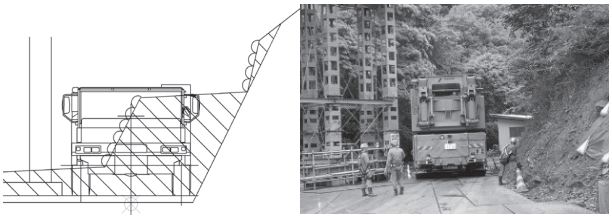


図-４　造成断面

また、同様の検討を行うことで、その他の箇所においても大型土のうや盛土による造成等を施し、架設クレーンの安全な設置と移動を実現した。

4．おわりに

今回、狭あいヤードの架設計画を工夫・実施したことにより、架設作業を遅滞なく進捗させるとともに、地元住民や第三者からのクレームもなく安全に作業を完遂することができた。

最後に、本工事の施工にあたりご尽力いただきました関係者の皆様へ、感謝の意を表し報告させていただきます。

17 施工計画

海上における鋼管矢板締切内の水替え量低減対策について

岡山県土木施工管理技士会
株式会社大本組
岡山支店土木部　香山　喜直○
岡山支店土木部　松野　睦

1．はじめに

当工事は、「離島架橋による地場産業の活性化を目指した安心・安全な基盤づくり」事業として、土庄町沖之島と小豆島を結ぶ沖之島架橋計画のうち、小豆島側の橋梁下部工を施工するものである（**図-1**）。

工事概要

(1) 工 事 名：町道沖之島線道路整備事業
（橋梁下部工）（第１工区）

(2) 発 注 者：土庄町

(3) 工事場所：香川県小豆郡土庄町小江

(4) 工　　期：自）令和４年４月18日
至）令和５年２月28日

(5) 工事内容

・RC橋脚工　1式
橋脚躯体工（A1橋台）　1式
コンクリート　245㎥
鉄筋　8.1t
鉄筋（エポキシ樹脂塗装）　12.9t

・仮設工
仮橋・仮桟橋工　740㎡
土留・仮締切工（A1）
MJP工法，φ460，L＝13.0m　78本
土留・仮締切工（A2）
MJP工法，φ460，L＝9.0m　76本

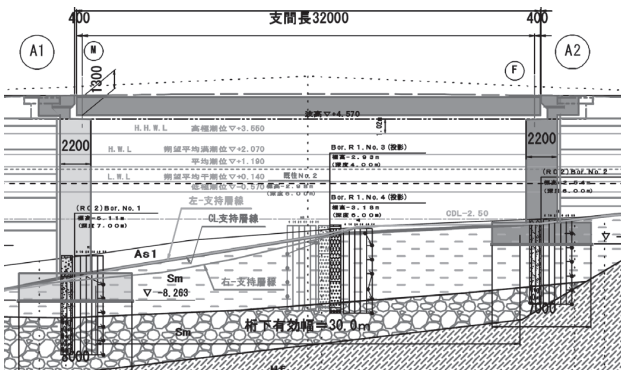


図-１　橋りょう一般図
（左側が今回施工するA1橋台）

2．現場における問題点

本工事では海上で橋台を構築するため、直近の堤防から仮桟橋工を施工し、仮締切工としては止水性の高いマイクロジョイントパイル工法（以下MJP工法）を採用した（**図-２**）。また、本工事で打設する鋼管矢板の根入れ部分が硬質な砂岩～礫岩であり、打設精度が止水性に直結することから、入念な施工管理を行い高い精度で締切工を施工した。しかしながら、鋼管矢板の打設を完了し

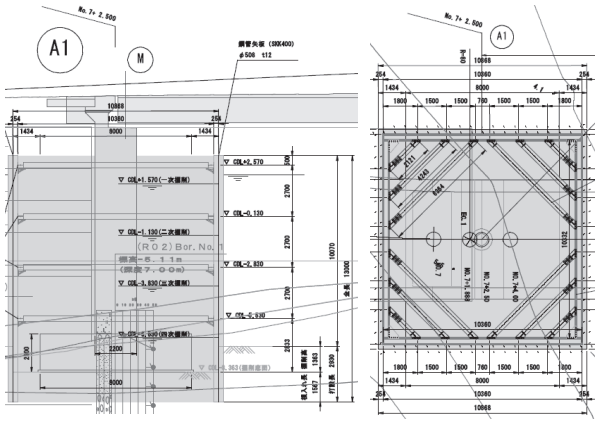
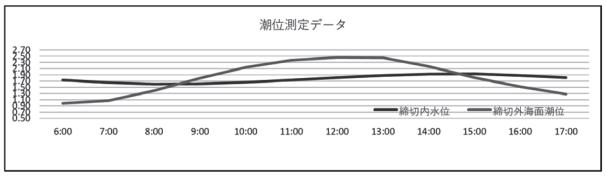


図-２　仮締切工計画図（MJP工法）

締切を閉合した後も締切内の水位が外部の潮位と連動していることを確認した。そのため、締切の内外で海水が流入・流出を繰り返していると推測され、A1橋台の施工に必要な水替え量が膨大となり、施工困難になることが予想された。そこで水位測定データ（**-表-**）を元に推定したところ、この時点で3.2㎥/minと大量の水替えが想定され、さらに水替えを進めることで流入水の流動距離が短くなることから見かけの透水係数が増大し水替え量は増加して、施工中の安全性が確保できないことが確実視された。

-表-　締切内水位と締切外海面潮位の測定データ

測定日	2022/9/28(根固めコンクリート打設後)											
測定時刻	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
締切内水位	1.73	1.65	1.60	1.61	1.66	1.73	1.81	1.88	1.92	1.93	1.88	1.81
締切外海面潮位	0.98	1.07	1.39	1.79	2.14	2.37	2.46	2.45	2.17	1.81	1.52	1.28
締切内外水位差	0.75	0.58	0.21	-0.18	-0.48	-0.64	-0.65	-0.57	-0.25	0.12	0.36	0.53



この漏水の原因を推定するため潜水調査を実施したが、鋼管矢板セクション部には隙間が確認されず、根入れ部以深の鋼管矢板下端からの漏水である可能性が高まった。今回の施工では根入れ地盤が硬質であることから、打設にダウンザホールハンマ工法を用いたが、掘削先端のビットヘッドは鋼管矢板径よりも約15㎜大きいため、わずかに余掘りが発生じている。今回の水位変動はこの隙間を水みちとして生じているものと推測された。

3．漏水対策の選定と適用結果

このような締切内の漏水対策としては、一般に①鋼管矢板長さの延長、②締切内部底部に押さえコンクリートの打設、③鋼管矢板根入れ部への止水注入、などが考えられる。本工事では、鋼管矢板の根入れ部分および締切内の地盤が硬質で、①の鋼管矢板の延長や②締切内部の掘削には大幅な工期の延伸と工事費の増大が懸念されることから、本工事では③鋼管矢板根入れ部の余掘り部に薬液注入する対策を選定した。なお、対策工の実施に当たっては、排水処理設備の能力にも留意し、水替え量が増大した時の対応として先行して施工したA2橋台締切を利用するなど、環境対策に十分配慮した（**図-3**）。

対策工の完了後、山留２段目下１ｍまで水替えした状態で水位変動を観測し最終的に想定される水替え量を算出したところ、0.6㎥/minと対策前の3.2㎥/minから大幅に低減しており、対策工の効果が確認された。この結果を元にA1橋台の施工を進め、実際の水替え量は想定の範囲内で収まり、安全かつ環境負荷を最小限に抑えながら工事を完了することができた。

4．おわりに

仮締切工事においては、こうした想定外の漏水や水替え量の増加が生じ、本工事に大きな影響を与えることが少なくない。今回施工したMJP工法は壁体そのものの高い止水性が確認されたが、地盤からの漏水については不確実性が高く、別途対応が必要になることも想定しておくことが円滑な工事運営につながると考えられる。本報告が今後施工される類似工事の参考になれば幸いである。

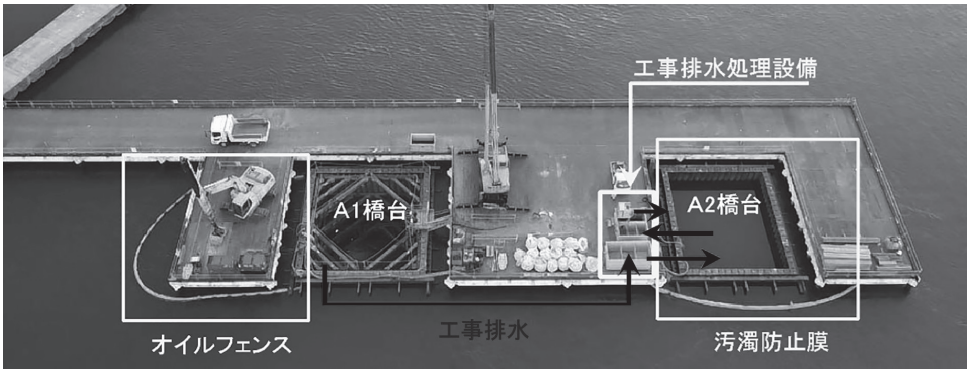


図-3　水替え時環境対策

18 施工計画

国道 408 号上の大ブロック架設の車線切回し計画変更について

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　藤本　昂大○
監理技術者　西田　正人

1．はじめに

本工事は、成田押畑地先において、北千葉道路の鋼７径間連続非合成少数鈑桁橋（仮称土屋橋本線橋）の上部工（橋長289.8ｍ）のうち、A1橋台からP2橋脚までの２径間（83.5m）について、製作・架設するものである。

本橋の架設工法は、トラッククレーンベント工法が採用されており、A1橋台からP1橋脚の桁下には国道408号が通っているため、国道の切回しを行い、ベント設備を設置する計画としていた。

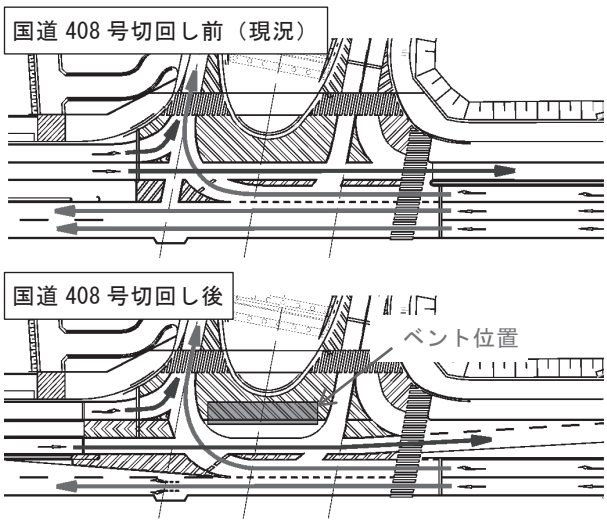
本稿では、国道の切回しで発生した問題点とその解決策について報告する。

工事概要

⑴　工 事 名：国道道路改築工事
　　（仮称土屋橋本線上部工）
⑵　発 注 者：千葉県
⑶　工事場所：一般国道464号　成田市　押畑
⑷　工　　期：2021年10月27日～
　　2023年２月28日

2．現場における問題点

図－１に当初の国道408号切回し計画を示す。切回し後の道路形状については、県警規制課・所轄警察署との事前協議にて、了解を得ているが、道路切回しの施工ステップを検討すると、道路の切回しが完了するまでに区画線や中央分離帯縁石、舗装等により車線切替えが９回必要であることが分かった。また、車線を現状復旧させるために同数の車線切替えが必要となる。なお、国道408号は、成田から茨城方面を結ぶ重要路線であり、道路規制を伴う作業は夜間作業となる。このため、道路利用者や近隣住民への影響が大きいため、影響を最小限とする方法を検討する必要があった。



図－１　国道408号切回し計画

3．工夫・改善点と適用結果

本工事では、**図－２**に示すように、ベント設備を当初計画の設置位置から、A1橋台側に約1.3ｍ移動させることにより、切回し工事を実施せずに現道の車線を維持した状況で国道408号上に大ブロック架設を行う変更計画とした。なお、ベントの移動距離1.3ｍは桁の転倒安全率（1.2）を確保できる位置となるように決定した。このことによ

り、以下の改善点があった。1）夜間作業回数の減少により規制回数の低減、2）夜間作業における第三者災害の低減、3）渋滞緩和および近隣住民への迷惑の防止、4）線形変更を行わないため走行性の確保が挙げられる。具体的には、国道408号の車道切回し工事における夜間作業回数は、当初計画では54日回必要だったものが、変更計画では5日回となり、49日回削減となり、約90%の削減率となった。夜間作業の回数を減らすことで、近隣住民への負荷を減らすことができ、また、道路の切回し作業を減らすことで、車両の安全走行の向上、渋滞緩和および近隣住民への迷惑防止等の貢献ができた。

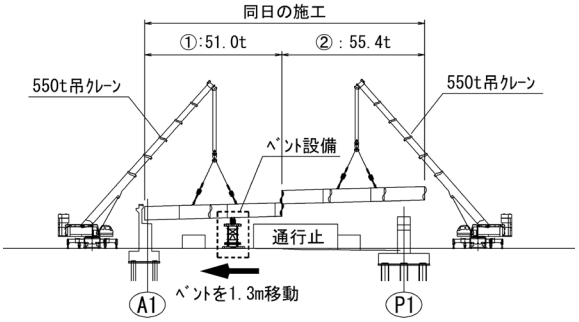


図-2　ベント位置変更後架設計画

国道408号切回し工事の変更に伴い、協議済の当初計画案と同等の安全性を確保する必要があった。このため、ベント設備の設置については以下の対策を実施した（**図-3**）。1）変更したベント位置においてもベント組立解体時に道路との俯角（75°）を確保した、2）一般車とのベント設備への衝突低減処置として、クッションドラムおよび車輌仮設防護柵（置き式）を設置しドライバーからの視認性を向上させた、3）夜間衝突防止処置として、チューブライトを設置し、一般車への注意喚起を実施した、4）仮設信号機を視界良好の設置に移動させた、5）ベント設備は地震荷重に耐える構造とし、転倒や滑動の安全率確保のためベント設備の基部に敷き鉄板によるカウンターウェイトを搭載した。また、ベント位置変更による桁の転倒安全率低下の対策として以下の対策を実施した（**図-4**）。1）A1橋台側とP1橋脚側の主桁を同時に架設し、A1橋台側の主桁をベント設備に設置後、A1橋台側クレーンの玉掛設備は外さずにP1橋台側の主桁を架設した、2）架設後速やかに高力ボルト添接を行い、主桁をA1橋台からP1橋脚間で固定後にそれぞれのクレーンの玉掛設備を外した。これらの対策を行うことで、架設期間中は道路利用者からの苦情や交通事故が無く、無事に架設することができた。

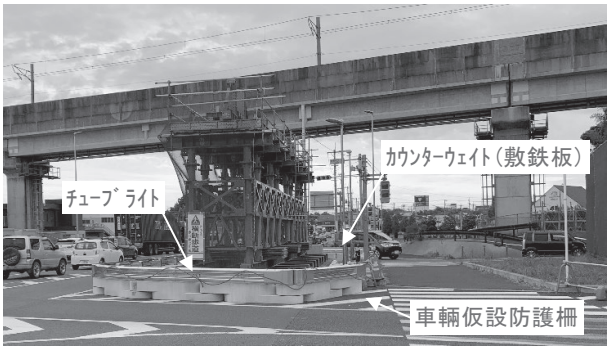


図-3　ベント設備安全対策状況



図-4　国道408号上架設状況

4．おわりに

道路切回しをする場合、現状から切回し後の道路形状に変更するにあたり、多くの施工ステップが存在することが分かった。本工事では、その施工ステップを検討し、施工ステップや交通規制の回数を減らす等の社会性を重要視して、架設変更を実施した。

今回の工事の報告が今後の類似工事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、ご指導いただいた千葉県北千葉道路建設事務所の方々、並びに、ご協力頂いた工事関係者のみなさんにこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

19 施工計画

街路上における裏面吸音板の設置工事

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
監理技術者
石 本　 好 幸

1．はじめに

本工事は他業者で鋼桁架設完了しており架設用吊り足場が残置である鋼桁に裏面吸音板を設置する工事であった。**図-1**に着手前状況写真を示す。

工事概要

⑴ 工 事 名：高速横浜環状北西線
　　裏面吸音板工事
⑵ 発 注 者：首都高速道路株式会社
⑶ 工事場所：横浜市都筑区東方町～川向町
⑷ 工　　期：平成30年２月24日から
　　令和２年１月31日まで



図-1　着手前状況写真

2．現場における問題点

当現場は街路上の鋼桁に裏面吸音板を設置する工事であり裏面吸音板部材の取込み・設置は吊り足場内で作業を行う当初の計画であった。現地の調査を行うと既存の吊り足場では部材を設置する事が出来ない構造であることを確認した。その為、詳細の施工計画及び吊り足場構造の検討が必要であった。新規の足場を設置する計画により街路上での夜間規制を行い限られた時間の中での作業で有ることにより、工程の遅延が懸念された。

3．工夫・改善点と適用結果

既設の吊り足場を全数撤去して新設の吊り足場を設置してから本作業を行う計画とした。また通常の吊り足場の形状では部材との干渉が有るため、裏面吸音板設置完了後の足場解体の作業性も考慮した吊り足場構造の検討を行った。

3-1　吊り足場の形状についての工夫

吊り足場の形状は容易に組立が出来るパネル足場を採用した。街路上及び俯角75度の範囲は粉塵や塗料の落下が懸念された為、シート及びテープ養生にて細かい隙間を無くして安全に作業できる作業床を設置した。またパネル足場にする事で一連の作業である為、作業性も向上し当初の懸案事項の工程も確保できた。街路規制を行い高所作業車で作業床が常時ある状況で組立を行い安全性も確保できた。外観も綺麗な足場を設置する事ができた。**図-2**に新設吊り足場内面写真を示す。



図-2　新設吊り足場内面

3-2　吊り足場用チェーンの設置方法の工夫

主桁下面の吊り足場に使用する吊チェーンについては足場設置時には主桁のWEBから吊り下げる形状で計画し横梁設置後に盛替えを行い次工程のルーバー設置に支障のない吊り金具の構造とした。**図-3**に吊りチェーン盛替え状況写真を示す。



図-3　吊りチェーン盛替え状況

吊り金具の形状は本工事専用に検討し形状を決定した。最終形状であるルーバーを設置した際の隙間が50㎜のため、その間に入る吊り金具を設計した。９㎜の鋼板を２枚重ねてボルトで固定する構造として50㎜の隙間に設置する事で設置完了後の本体構造物に影響の少ない形状とした。吊り金具の表面は横梁部材と同仕様の溶融亜鉛メッキとし、本体構造物に対する影響も考慮した。吊り金具は横梁H100の形状に合わせ２分割で製作した。作業終了後に作業員さんにヒアリングを行ったが作業性も良好で有り評判は良かった。当初の懸念事項である、足場構造と工程について問題が解消された。**図-4**に吊り金具写真を示す。



図-4　吊り金具

3-3　吊り足場解体時の工夫

裏面吸音板の設置が完了後に吊り足場の解体を行ったが主桁外側の吊チェーンを解体する際に部材と干渉して傷つける恐れがあった。シートで養生する計画で準備していたが若干の不安があった。色々と検討していると毛布で養生する案が浮上した。材料を手配して養生を行い吊り足場のチェーンを解体した。結果として裏面吸音板部材に傷をつけることなく工事を終えることが出来た。

今回の問題に関して、早い段階で現地の事前調査を行った事により多数の問題を解決することができた。現地施工は早い段階での事前調査及び詳細の施工計画が最も重要であると痛感させられた。今回の工事で色々と勉強になり今後の工事も役に立ついい経験となった。完成した現地の綺麗な出来栄えに感動した記憶は忘れられない思い出となった。**図-5**に完成写真を示す。



図-5　完成写真

4．おわりに

工事期間中は地域住民の皆様方のご協力により当初の計画工程通りに現場を完工することが出来た。また隣接工事の他業者様との調整連絡会議を頻繁に開催したことにより安全・安心・確実な仕事が出来たと感じている。

社内各部署の皆様も色々とご指導心から感謝します。ご協力頂きました社内の皆様、地域の皆様方や発注者様、近接業者様に紙面を借りて厚く御礼を申し上げます。

20 施工計画

厚真ダム復旧工事の内、取水放流施設における プレキャスト型枠の使用

(一社)北海道土木施工管理技士会
岩田地崎建設株式会社
黒 江　勇 吏

1．はじめに

2018年９月６日に発生した北海道胆振東部地震によって、厚真ダムの堤体左右岸の法面や貯水池内の山林斜面の崩落により、洪水吐の損傷や土砂等の堆積、浸透量観測室の損壊や取水放流施設等に被害が生じた。

このため、被災した厚真ダムの各施設について、災害復旧を行う工事である。本稿では、取水放流施設の復旧について報告する。

工事概要

⑴　工 事 名：勇払東部直轄災害復旧事業
　　厚真ダム復旧工事
⑵　発 注 者：北海道開発局　室蘭開発建設部
　　胆振農業事務所
⑶　工事場所：北海道勇払郡厚真町幌内
　　厚真ダム内
⑷　工　　期：自　令和２年10月15日
　　至　令和５年３月24日

取水放流施設工　・土工（掘削）　V≒410㎥
　　・コンクリート　V≒2,081㎥
　　・鉄筋　62.730t

2．現場における問題点

復旧する施設の一つである取水放流施設は、施工箇所が仮設締切鋼矢板からの河川水の越水による水害が発生する可能性が高く、通常の型枠や足場・支保工の仮設で施工を行った場合のリスクが大きい。

越流を事前の対策で防ぐことは困難であり、越流が起きた際の被害を低減し、復旧作業を容易にすることと、取水放流施設施工後に控えている機械設備工事・電気設備工事に迅速に引き渡し、翌年の４月から試験湛水を実施するため工期を短縮することが目標であった。

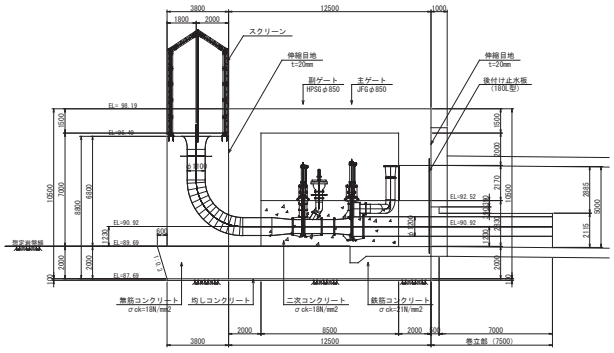


図-１　取水放流施設側面図



図-２　取水放流施設施工位置

3．工夫・改善点と適用結果

3-1　工夫・改善点

内外壁とスラブ（アーチ部、頂版部）に、繊維を練り込んだ超高強度コンクリートで製作したプ

レキャスト型枠を使用した。

プレキャスト型枠は１枚200kg程度で、クレーンによる設置が可能であり、連結版とボルトにて組み立てる。また、プレキャスト型枠組立時に打設面から主鉄筋が大きく飛び出していると、組立の支障となることからSA級機械式継手を採用し、打設面から1.5mの継手位置を20cmに下げ、千鳥配置から同一断面にした。

スラブは予めプレキャスト型枠と鋼製架台を地組立し、ユニット化したものをクレーンにて設置し、プレキャスト型枠組立後は通常の施工と同様、内部に生コンクリートを打設して施工完了となる。

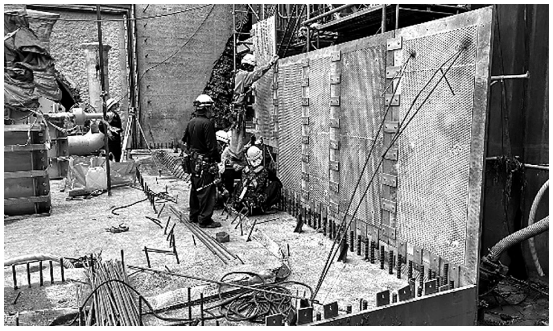


図-３　プレキャスト型枠外壁設置状況



図-４　プレキャスト型枠（スラブ）設置状況

3-2　適用結果

プレキャスト型枠を採用することにより、脱型作業・足場組立解体作業・支保工組立解体を省略でき、工程を208日から138日に2/3短縮し、人員を延べ1660人から690人に2/5まで低減した。

取水放流施設の施工中に、締切鋼矢板を越流する河川水位となる想定を超える大雨が降った。

河川の水位が下がった後に、取水放流施設は土砂で埋まり、至る所に流木が漂着していた。

プレキャスト型枠の組立は構造物内部から行うため通常必要な内・外部足場が必要ない。さらに、鉄筋はコンクリートの打設面から1.5m露出してしまう圧接継手から機械式継手に変更していたため、コンクリートの打設面から20cmしか露出していない。よって、復旧作業時は大型のバックホウが取水放流施設近傍まで接近可能で、小型バックホウは躯体上で作業も可能であったため、復旧作業を想定の1/2程度まで短縮することが出来た。

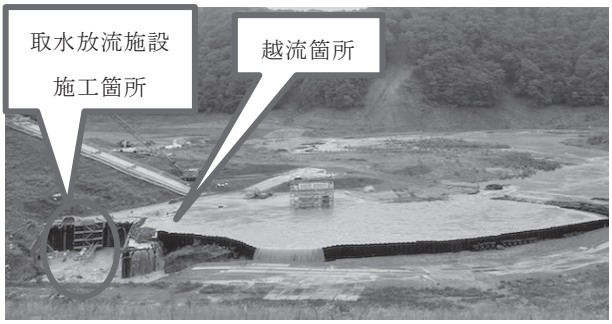


図-５　河川越流状況



図-６　越流被害状況

４．おわりに

プレキャスト型枠について報告したが、機械式施工継手・機械式鉄筋定着工法・埋設型枠を合わせて採用することで、プレキャスト型枠による省力化効果を発揮することができた。

昨今は大工の担い手が減少していることから、熟練の技術が必要のないプレキャスト型枠を積極的に採用し、生産性を向上することで現在の人手不足が少しでも改善されるのではないかと思う。

今回は設計段階でプレキャスト型枠を想定していなかったことから、プレキャスト型枠の種類が数十種類となり、金型の製作数が増えたことにより単価が想定より高くなった。今後の課題としては、プレキャスト型枠使用を前提とした設計や構造物形状の標準化を行い、施工実績を増やすことで、メーカー間競争が生じ安価でより良い製品が生まれ、さらなる生産性の向上が見込めるのではないかと思う。

21 施工計画

函渠工の施工における問題と対策

無所属
株式会社森組
宮田　竜平

1．はじめに

平成29年７月の九州北部豪雨の災害を受け、土砂・洪水氾濫による被害の防止を目的とした砂防堰堤流路の河岸浸食防止のための渓流保全工事である。当工事箇所は、土砂・洪水氾濫により被災した場所であり、施工において豪雨による被害が懸念された。主な工種は、護岸工、床固工、函渠工である。その中で函渠工（プレキャストボックスカルバート）の施工における各種の課題に対して、事前に検討を行い、実施した対策を報告する。

工事概要

⑴　工 事 名：令和３年度赤谷川16渓流保全工工事
⑵　発 注 者：九州地方整備局筑後川河川事務所九州北部復興事務所
⑶　工事場所：福岡県朝倉市杷木松末地内
⑷　工　　期：令和４年４月18日～令和５年３月31日

2．現場における問題点

函渠工については、県道下にプレキャストボックスカルバート（内空h5000×w2100×L1000　17基）の施工を行うにあたり、３つの問題があった。

①　当初設計は、施工前に架空線を移設する計画であったが、管理者と立会した結果、移設に６ヵ月程度かかってしまうことが分かった。当工事を工期内に終わらせるためには、函渠工の工程を守ることが必須であるため、架空線下でも施工可能な工法の検討が必要であった。

②　ボックスカルバートの掘削位置に既設の水路が存在しており、排水の切り替えが必要。
また、大雨により被災した地域であり、排水能力についても、検討が必要であった。

③　ボックスカルバートの施工箇所が、民地と県道の間にあり、100t吊ラフテレーンクレーンヤードの確保が困難。

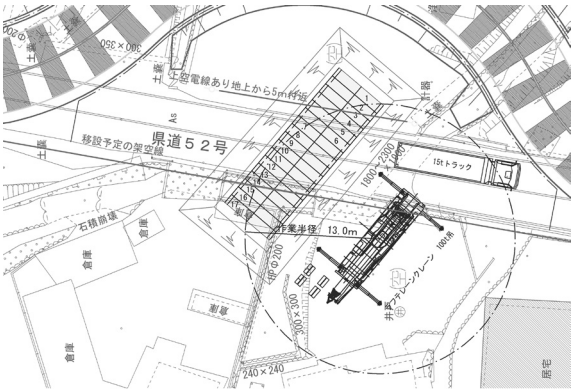


図-１　函渠工　当初施工配置図



図-２　函渠工　施工状況

3．工夫・改善点と適用結果

① 影響する範囲のプレキャストボックスに対し、エアーキャスター工法での設置作業を提案した。エアーキャスター工法とは、空気圧を利用した重量物搬送装置（エアーキャスター：**図3**）を使用し、プレキャスト製品等の移動、据付を行う工法である。

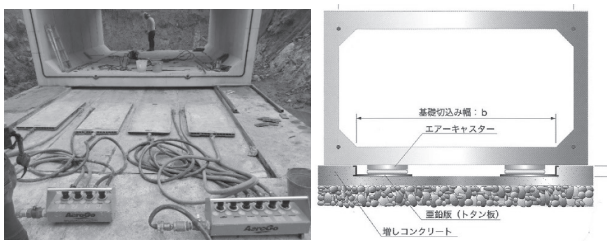


図-3　エアーキャスター

プレキャストボックスカルバートを架空線より下流側に荷下ろし、その下にエアーキャスターを設置する。人力及びウインチで引っ張り据付位置まで移動し設置を行う。その際に、横転防止のためプレキャストボックスカルバートを2基連結（連結時の延長：2m）して、据付位置まで移動を行った。連結方法は、製品の上部2か所、下部2か所のシースにPC鋼材を挿入し、ジャッキ、ポンプを用いて緊張する。据付完了後に再度締め付け設計緊張力を確認する。プレキャストボックスカルバートをすべて設置完了後、シースにグラウトを注入し、底版の間隙に1：3モルタルをポンプで充填する。最後にシーリング材で目地を仕上げて完了となる。

移設の目途が立たない中でエアーキャスター工法を採用したことにより、架空線を残したままの施工が可能となり、工程を守ることができた。上空に支障物がある中での作業においてエアーキャスター工法は、安全に作業ができ、かつ据付の精度も高かったと考える。作業自体も難しい操作、作業もないため、経験が少なくても十分施工が可能である。

② 当初設計時においては、既設水路の切替え計画が実施されていなかったため、渇水期の最大雨量を考慮し切替え計画を行い、高密度ポリエチレン管φ1000ダブル管を2条設置し、大雨時の流量にも対応できるようにした。これにより、被害を最小限にとどめることができ、遅滞なく施工を進めることができた。



図-4　ボックス移動状況

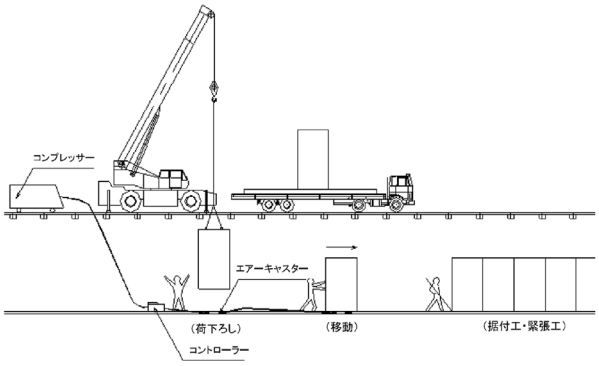


図-5　エアーキャスター施工方法

③ 民地の借地を行うとともに、高密度ポリエチレン管φ1000ダブル管を埋め戻し後に盛土、整地を行い、敷鉄板を全面に設置してクレーンヤードを確保した。ヤード確保により安全通路の設置、材料の仮置きが可能となり、施工性、安全性の向上が図れた。

4．おわりに

函渠工事はクリティカルパスでもあり、工程を守れたことは工事全体に影響を与えることなく竣工を迎えることができた。

今回の施工にあたり、工法変更においてご尽力いただいた九州地方整備局筑後川河川事務所九州北部豪雨出張所様ならびに関係各位に厚くお礼を申し上げます。

22 施工計画

岩盤崩落における非火薬破砕剤の使用について

(一社)北海道土木施工管理技士会
岩田地崎建設株式会社
山　　諒　也

1．はじめに

国道276号千歳市美笛峠の頂上付近において岩盤崩落が発生した。開口亀裂が見られる不安定岩塊が上部に残存し、再崩落の恐れがあったため令和４年４月17日から全面通行止めの道路規制が実施された。当該国道は、国立公園内を横断する１日3,000台が通行する流通、観光の主要路線であり、迂回道路の距離がL＝78㎞と長距離となるため、周辺自治体や流通業者等からの早急な規制解除が期待された。

本工事は国立公園内の岩盤崩落個所緊急対策工事であり、斜面上部に残存した不安定岩塊（3,600㎥）を除去に使用した多段式非火薬岩盤破砕剤【製品名ロックラック】の適用結果について報告する。

工事概要

⑴　工 事 名：一般国道276号　美笛峠
　　災害復旧工事
⑵　発 注 者：北海道開発局　札幌開発建設部
　　千歳道路事務所
⑶　工事場所：北海道千歳市美笛峠
⑷　工　　期：2022/４/20 ～ 2022/10/31

2．現場における問題点

不安定岩塊は下部が崩落し、上部だけが残るオーバーハング状態となっており、UAVや現地踏査による事前調査では開口亀裂や浮いた岩片が確認された（**図-１**）。

このため除去作業による再崩落、周辺地山への影響を考慮した施工が必要であった。また、道路規制を早急に解除するための急速施工も求められた。

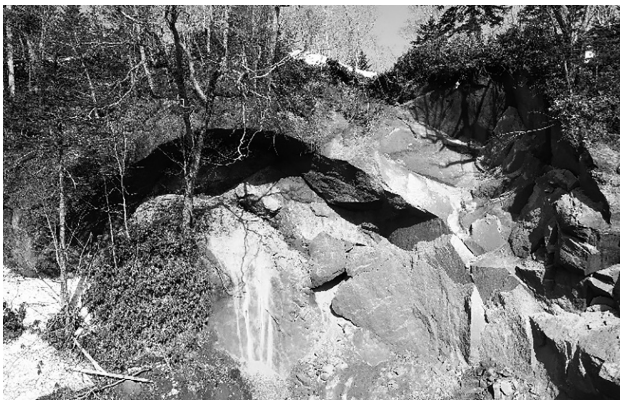


図-１　不安定岩塊状況

3．工夫・改善点と適用結果

⑴　掘削工法の選定

岩塊の破砕、掘削の方法として、油圧ブレーカーによる機械掘削、人力掘削、火薬による破砕を検討した。機械掘削は、岩塊の不安定な状態に対する外的荷重及び尾根地形による機械足場不足で採用できず、人力掘削は、施工量が期待できない。

火薬による破砕・掘削は発破振動による影響は大きく、且つ公園内おける火薬使用の申請・許可に時間を必要としたため採用が難しかった。

したがって、火薬より低振動であり、同等の破砕量が見込め、火薬類の取扱い適用外で使用に時間を要しない非火薬破砕剤による掘削を採用した。

⑵　試験施工

振動による影響と施工量を確認するため、試験破砕を行った。

試験施工は破砕量10㎥を目標とし、1.0m×5.0mの施工範囲で削孔長1.50m、削孔間隔0.5m、装薬量200g/本　削孔数20孔の条件で実施した。重機が使用できないため削孔作業は人力で行った。

発破後、岩塊が比較的軟質であったため塊状に破砕されず粉砕、土砂状となったが、岩塊前面の開放面が広くかつ潜在亀裂に作用し、予定数量以上の14㎥を破砕することができた。振動測定、亀裂調査の結果、亀裂発達や周辺地山への影響も見られなかった（**図-２・３**）。



図-２　破砕前

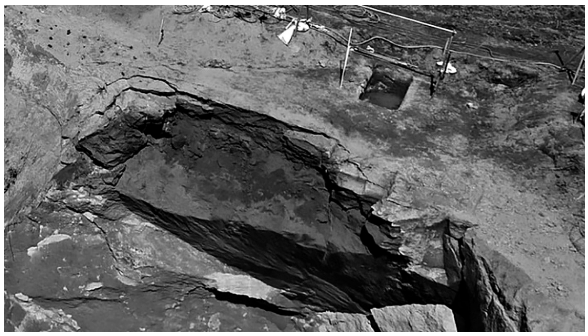


図-３　破砕後

また、日破砕量を確保するために班編成を２班、施工範囲を２倍に広げて試験施工を実施した。使用薬量を増加しても岩塊や周辺地山への影響もなく破砕量も２倍と期待通りの結果となった。

⑶　不安定岩塊除去作業

試験施工の結果を踏まえ、２班体制で１日の目標破砕量20㎥（１班１サイクルの破砕量10㎥）、ベンチカット方式で不安定岩塊の除去作業を開始した。開始当初は１日１回の発破であったが、作業が進み足場が安定してくると１日の発破回数が1.5～２回となり破砕量は日最大45㎥、平均34㎥となった。

機械足場を確保できる一部については断崖掘削機を併用したが、順調に岩塊の破砕・除去作業は進み周辺への影響もなく、施工上の問題も発生しなかった（**図-４・５**）。

当初は規制解除を８月中旬としていたが、多段式非火薬岩盤破砕剤を使用することで30日程短縮し７月14日に早期解除をすることができた。

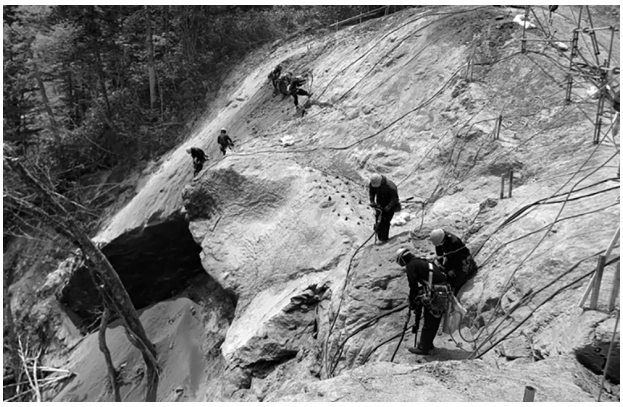


図-４　破砕状況

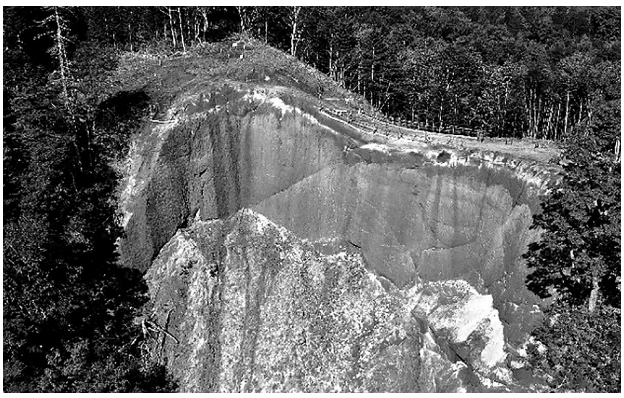


図-５　破砕完了

４．おわりに

施工当初は、通行止めの早期解除且つ不安定岩塊の安全な除去に対し、懸念事項が多く大変苦労した。各種要因を分析・選定し、実施することで早期規制解除が可能となり、安全・経済性はもとより周辺環境に対しても適切な対応が図れたと考える。

本工事の結果を踏まえ、今後の類似工法では、より効率的な施工技術の確立に向けて日々技術研鑽を図る所存である。

23 工程管理

地すべり抑止鋼管杭の現場溶接の工夫と工程短縮

(一社)北海道土木施工管理技士会
堀松建設工業株式会社
監理技術者　布施　則幸○
現場代理人　道見　孝良

1．はじめに

本工事は、国道239号霧立峠で平成24年に発生した巨大地すべりの対策の一環として抑止杭工を実施するものである。

工事概要

⑴　工 事 名：一般国道239号 苫前町
　　霧立防災地すべり対策外一連工事
⑵　発 注 者：北海道開発局留萌開発建設部
⑶　工事場所：北海道苫前町
⑷　工　　期：令和４年３月29日～
　　令和５年３月８日

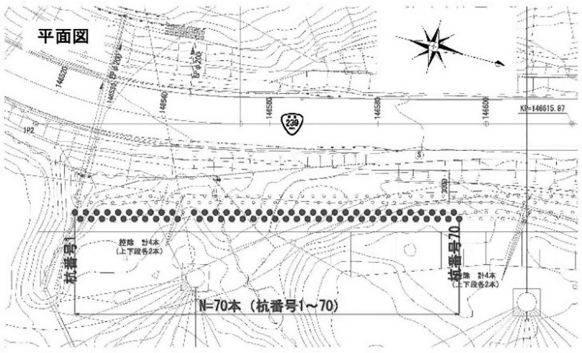


図-１　抑止杭工平面図

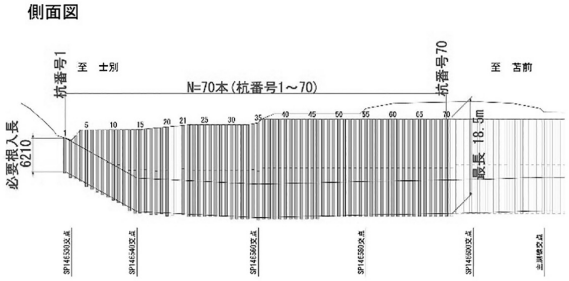


図-２　抑止杭工側面図

2．現場における問題点

現場は北海道北部山間部の豪雪・寒冷地である。施工箇所における例年の積雪の始まりは11月上旬であり現場溶接の品質にも影響を与える外気温低下も顕著になることから、施工適期は６月上旬から10月下旬のわずか５ヶ月間であり、更に鋼管杭の製作は発注から完了まで約３ヶ月を要したので抑止杭の実施工においては工程短縮を図りたい状況であった。

主要工種である抑止杭鋼管は、材質SM490相当、φ500㎜、t＝9 ㎜、杭長6.5m ～ 18.5m全70本、うち62本が全長12.5m以上で下杭＋上杭の現場溶接による構造となっており、ダウンザホールハンマーによる削孔後に杭を建て込む。

従来、こうした長尺杭の現場溶接は、下杭を建て込んだ後、上杭をクレーンで吊り込み、接続箇所を溶接するが、この場合は溶接を完了して浸透探傷試験（カラーチェック）により溶接状況の良否を判断してから杭全体を孔内に吊り下げ、セットすることになる。その間、削孔機（ボーリングマシン）と作業員は拘束される。

3．工夫・改善点と適用結果

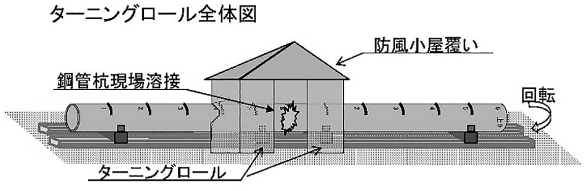
鋼管杭など円筒形加工物の溶接に使用されるターニングロール（回転治具機械　**図-３・４**）を現場に搬入設置し、鋼管杭の現場溶接を吊り込み前に地上横置き状態で実施した。これは、上

杭・下杭の鋼管杭２本を回転治具に横置きし、電動モーターにて回転させながら手動溶接するものである。

２本の鋼管杭円周溶接部の目違いの許容値は２㎜以下、ルート間隔は1 ～ 4㎜と精度の高い現場溶接が要求されるが横置き状態での微調整は鋼管杭の動揺などもなく、一般的な施工法である建込み状態での縦継ぎ溶接よりも時間を短くでき、工程短縮が図られた。溶接作業姿勢も安定し（**図－５**）、目違いは最大で0.6㎜、ルート間隔は２～３㎜と精度の良い作業が行えた。

また、風の影響による溶接不良の発生を防止するため、溶接防風設備（小屋覆い　**図－５**）を設け、溶接の品質確保を図った。これについても、通常の建込み状態の縦継ぎ溶接では全周覆いはしづらく、また杭１本毎に移動しなければならないところ、本工法では簡便かつ良好に防風措置ができ、現場溶接ながら工場溶接に近い品質を確保した施工ができたと考える。

クレーンについては、一般的な建込み状態溶接であれば、規格は55t吊級クローラクレーンのところ、本工法では吊り上げ杭長が最大18.5ｍとなり、90t吊級クローラクレーンが必要となったが、従来の縦継ぎ溶接時の拘束が無くなり、稼働時間は短縮された。



図－３　ターニングロール全体図



図－４　ターニングロール杭設置



図－５　防風小屋覆いでの溶接作業状況



図－６　現場溶接後鋼管杭建込み状況

今回の杭径φ500㎜、t＝9 ㎜の通常の鋼管杭現場溶接では、[準備＋溶接＋試験]で約1.5時間/箇所の時間を要する。ダウンザホールハンマーによる削孔作業の間に別班で溶接作業を行ったことにより、上記時間がそのまま時間短縮となった。今回溶接本数は62本であり、計11日以上の工程短縮となり、寒冷期に入る前に施工完了することができた。

４．おわりに

本工法が成立する条件としては、①事前削孔・建込み杭、②横置きヤードが隣接して確保できること、③杭本数が一定以上、④杭径が一定以下（吊り込み能力から）と考えられる。

そうした条件が整った現場でこの溶接工法を採用すれば、工程短縮と溶接品質向上になる優位性が大きいと考える。

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。

24 工程管理

河川内のニューマチックケーソン工事における工程管理と越水対策

無所属
株式会社森組
担当技術者
宇 野　大 貴

1．はじめに

古川市の都市計画道路網は、外環状線・中環状線・内環状線の三重構造で計画されている。現状は東西方向の交通網である幹線道路が交通需要に十分対応できず渋滞を起こしている状況である。このことから交通分散化を目的に、交通渋滞を解消させる役割を担う中環状線へつながる路線として新橋梁を建設している。

本工事は神吉中津線の新橋梁建設のうち、下部工３橋脚（P3～P5）をニューマチックケーソン基礎工法によって施工を行うものである。



図-１　神吉中津線橋梁下部工事　位置図

工事概要

⑴　工　事　名：神吉中津線橋梁下部工事その３
⑵　発　注　者：加古川市 建設部 道路建設課
⑶　工 事 場 所：加古川市加古川町中津　地内
⑷　工　　期：令和４年５月26日～
　　令和５年７月31日
⑸　完成検査日：令和５年７月10日

2．現場における問題点

施工場所が河川内であり渇水期（11月～５月末）の施工で、当初より工期は非常に厳しいことが課題であった。その上現場から約６㎞上流に加古川大堰があり、大堰が開放されると現場越水となり退避命令となる。大堰開放連絡は開放の１時間前にFAXでの通達があり、開放までの１時間以内に資機材、人員は低水敷から退避撤退が余儀なくされる。また施工場所の地域に雨が降っていなくとも、唐突に開放連絡が来ることもある。さらに越水が起きれば、現場内の設備の損傷、施工ヤードの洗掘など被害が及び復旧までの時間的損失も起こる事が推測された。

以下に工期厳守に関する課題をまとめる。

⑴　渇水期（約７か月間）で３橋脚の施工、河川内からの退避までを完成させる必要がある工程管理。
⑵　加古川大堰の開放、気象災害等の不確定な事象による現場越水被害で工程を圧迫する恐れがある為、被害を最小限に止める現場の越水対策。

3．工夫・改善点と適用結果

前述の問題点を解消すべく以下の対策を行った。

⑴　工程管理

工程表を作成するにあたり、ニューマチックケーソン基礎工の躯体構築における各ロットのコ

ンクリート打設日を必定とし、資機材の搬入計画、土砂搬出計画、躯体施工に関する調整を協力業者含め密に行い、皆が足並みを揃えることにより、各工種の鉄筋→型枠→コンクリート→沈設を効率よく実施することで、10日間の工期短縮を実現出来た。また、発注者及び河川管理者と協議を重ね、渇水期前の10月から先行して河川を侵さない箇所での仮設工作業を進めることによって20日間の工期短縮となった。

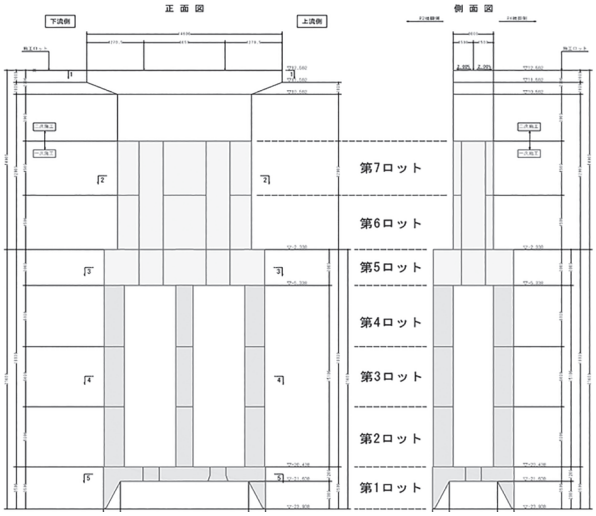


図-２-１　橋脚打設ロット割付図（P5）

⑵　越水対策

本工事で施工する３橋脚は共に河川内であり、施工するにあたって施工ヤード構築により河川幅の70％程度を埋め立てる必要がある。施工ヤードの設計高さは4.700mとされているが、渇水期平均水位は4.200mで、過去５年間の渇水期最高水位がFH＝6.700mであることから、越水を前提とした設計高さであることが分かる。本施工が始まると退避不可能な設備で河川内残置になる足場･送気管架台の高さをFH＝7.200mと計画し（**図-2-2**）、越水による被害を受け無いようにした。その他、退避命令が出た際、迅速な退避を行えるよう気象情報を随時確認し、流動的な資材搬入計画を行うことによって、河川内残置物を極力少量にするようにした。



図-２-２　現場施工状況
（足場･送気架台 FH＝7.200m）



図-２-３　工事完了

４．おわりに

実際に施工期間内で２回程現場越水したものの、前述の計画、対策の実行、迅速な撤収、気象予報から逆算し設備撤去を前倒しにするなど流動的な現場対応を行うことで、非常に工期が厳しい現場ではあったが、工期内竣工を達成できた。特に現場撤退翌日に過去５年最大流量を大幅に超える増水（前述記載のFH＝7.200m以上）が発生したが、かろうじて回避できたことは工期短縮の大きな効果であった。また、出来形･品質ともに発注者の満足のいく良好な構造物を成果品として収めることが出来た。（令和４年度以降完成工事で最良の工事評定）

本工事にあたり、地元住民、関係者の皆様のご協力のおかげで無事故無災害での工事を竣工出来たことに深く感謝申し上げます。

25 工程管理

ハイブリッドケーソン工事における 4D モデルによる工事進捗管理

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

設計担当	計画担当	現場代理人兼監理技術者
宮 原　陽 祐○	池 田　宗 弘	斎 藤　朋 之

1．はじめに

本工事は横浜港新本牧地区護岸に築造される３函のハイブリッドケーソンの工場製作（鋼殻製作）及び本体工（コンクリート工事）を施工する工事である。

本稿では鋼殻部材と鉄筋との干渉確認と現地施工の進捗状況の確認に用いたCIMモデルの作成及び活用について報告する。

工事概要

⑴　工 事 名：令和３年度　横浜港新本牧地区護岸（防波）本体工事
⑵　発 注 者：国土交通省関東地方整備局 京浜港湾事務所
⑶　工事場所：神奈川県横浜市中区本牧ふ頭地先
⑷　工　　期：2021年９月30日～ 2022年10月28日

2．工事における課題

2-1　鉄筋との干渉確認

コンクリートと鋼部材の複合構造であるハイブリッドケーソンは、鋼殻の底版面から頂部まで鋼殻を囲うように鉄筋が張り巡らされているため、鋼部材と鉄筋との位置関係を様々な角度から確認することが求められた（**図-１**）。

底版・フーチング部は、下側鉄筋を組立後、鋼殻を設置することになるが、起重機船を用いた鋼殻搭載時に干渉が発生すると鋼殻設置作業時に下側鉄筋の配置変更が必要となるため、予定時間内に鋼殻設置作業が完了しない懸念があった。また、側壁部は高さ方向に６ロットに分割し、足場工・鉄筋組立・型枠組立・コンクリート打込みの手順を繰返しながら行う。次ロット作業前には鉄筋の加工を済ませておく必要があったため、鋼殻と鉄筋との干渉が発生すると鉄筋の再加工や配置変更が必要となり、作業工程に遅れが生じる懸念があった。

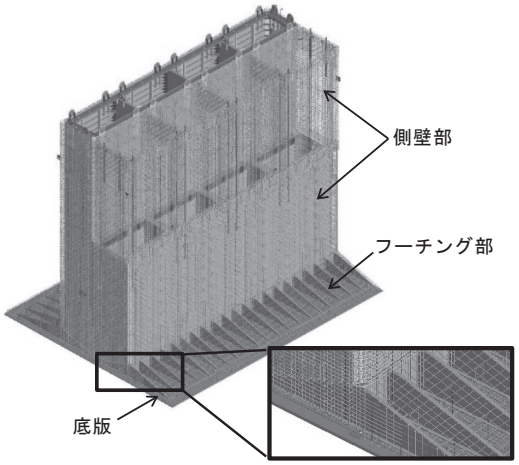


図-１　作成したCIMモデル

2-2　コンクリート工事の進捗状況確認

ヤード作業となるコンクリート工事、特にコンクリートの打込み作業は降雨による影響を大きく受ける。確保できる作業者数と１函あたりで打込むコンクリート量から、複数函の同日施工は難しく、一旦、降雨による打込み延期が生じると作業手順の見直し等の工程調整を速やかに行う必要があった。

3．工夫・改善点と適用結果

3-1　3Dモデルによる干渉確認

鋼殻モデルは鋼殻製作のために作成した3D原寸データをCIMモデルに変換することで実際に製作する鋼殻を忠実に再現することができた（**図-2**）。使用したCIMソフトは干渉部があるとクラッシュレポートとしてビューポイントに保存されるため干渉度合いの確認、見落としを防ぐことができた。特に鋼殻と鉄筋との干渉部は、３次元で配筋の見直しや鉄筋形状の変更が適切であるかの判断を視覚的に行うことが可能であり、干渉チェック作業の効率化につながった（**図-3**）。また、コンクリートモデルを統合することでコンクリートのかぶりを確認しながら干渉した鉄筋の移動や鉄筋形状の変更も視覚的に容易に行うことができた。

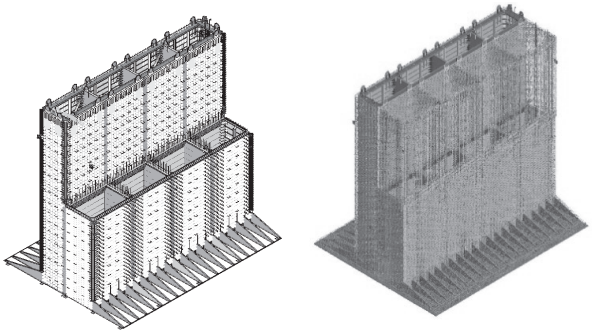


図-2　CIMモデル（鋼殻モデル）の作成

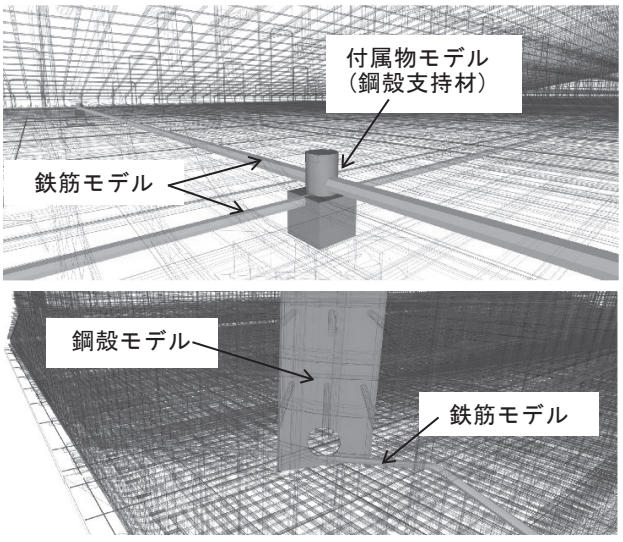


図-3　干渉確認状況

3-2　4Dモデルによる進捗状況確認

コンクリート工事の進捗状況確認として作成したモデルは、3Dレーザースキャンで点群データを取得した作業ヤード上に、干渉チェックのために作成した3Dモデルのケーソンを配置し時間軸を加えた4Dモデルとした。鉄筋、型枠、コンクリートモデルはロット毎に分割したモデルとし、モデルの色を分けて表示することで、時間と日にちで詳細に作業進捗状況が視覚的に分かるようにした。

コンクリート打込み予定日が雨天と予報された場合は各ケーソンでの作業内容の変更や人員の割当ての見直しを速やかに行うことができ、工程の遅延を防ぐことができた（**図-4**）。

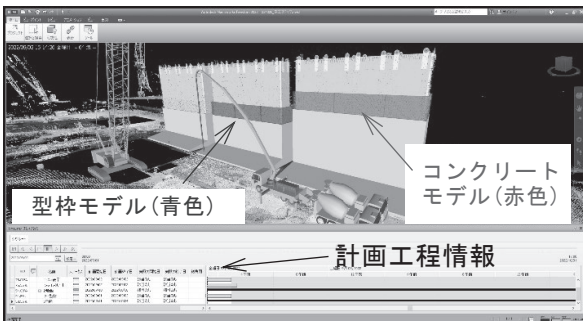


図-4　4D施工状況モデル

4．クラウド上の統合モデルへの格納

横浜港新本牧地区の工事では、BIM/CIMの更なる活用として、発注者側で準備したクラウド上に海上地盤改良工、基礎工、本体工のプラットフォームを構築し、維持管理や監督業務の情報共有などで活用を行っている。本工事で作成した3Dモデルは、工事完成時には、品質・出来形管理資料とともにクラウドに格納、データ統合を行った。

5．おわりに

ハイブリッドケーソンを対象としたヤード作業において、CIMモデルを活用した干渉確認により現場作業の手戻り及び4Dモデルの進捗状況確認によりヤード作業の工程遅延を防ぐことができた。今回の報告が同種工事に寄与できれば幸いである。

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。

26 工程管理

工程の短縮に伴う少人化・省力化

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
松　本　　剛

1．はじめに

本工事は、琵琶湖への流入河川では最長となる滋賀県を流れる淀川水系の一級河川「野洲川」を跨ぐ橋梁工事である。

主に河川内からの渇水期（10月中旬から翌６月中旬）を利用した施工であるため、工程遵守が絶対条件となる。そのため、当現場では「工程管理」に尽力した工事となった。



図-１　架設完了状況

工事概要

⑴　工 事 名：近江八幡守山線補助道路整備工事
⑵　発 注 者：滋賀県
⑶　工事場所：滋賀県守山市川田町
⑷　工　　期：自）令和２年３月24日
　　至）令和５年７月31日
⑸　施工内容：橋長　331m、幅員　23.55m
⑹　橋梁形式：鋼６径間連続非合成少数鈑桁橋
　　鋼重　1688.4t

2．現場における問題点

主に２渇水期の施工で架設工から高欄設置・足場撤去を完了するというタイトな条件の基、工程表を作成する。

まず、１渇水期目ではヤード整備後の架設～合成床版鋼板の設置。２渇水期目は床版コンクリート打設～高欄の取り付け後足場解体と分類した。その間の非渇水期では橋面上で床版鉄筋組立～床版打設段取りを行う。

両渇水期とも最もタイトな工程はヤード整備と撤去工と判明したため、この工種の短縮を図らなければ渇水期内での施工は困難であった。

3．工夫・改善点と適用結果

・敷鉄板の敷設・撤去の工程短縮の工夫
・河川に囲まれた橋脚に移動手段の工夫

⑴　敷鉄板の敷設・撤去の工程短縮の工夫

渇水期に突入してから初めにヤード整備を実施するが、その時に敷設する敷鉄板は約1000枚と施工に時間を有する枚数であった。一般的にはクレーンまたはバックホウでの吊り上げての敷設が多いと思われるが、工程を短縮する目的から「敷鉄板マグネット付バックホウ」を採用した。

敷鉄板マグネット付バックホウは主にオペレーター１人で作業が容易にできるメリットがある反面、１人作業が可能となってしまうデメリットも存在する。

結果、一般的な敷設では1000枚/50枚×３人工×４回（２渇水期の敷設・撤去）＝合計240人工となるが、今回採用した敷鉄板マグネット付バックホウを使用した結果1000枚/80枚×２人工）（監視人含）×４回＝合計100人工で終了することができた。約2.4倍の少人化が実現されオペレーターに関しては微調整の必要な吊り作業が不要となるため約2.0倍の省力化（肌感覚）、更に吊部材近辺に作業員が立ち入る必要もなく安全面の強化にも繋がる結果となった。

以上により合計28日（実作業日）、約1.5カ月の工程短縮となった。



図-２　敷鉄板マグネット付バックホウ使用状況

⑵　河川に囲まれた橋脚に移動手段の工夫

本橋の中央支点は、河川に囲まれた橋脚であり、一般的な施工方法としては、ワイヤーブリッジによる工法が考えられるが、工程短縮の目的から鋼桁による桟橋を設置する手法を行った。

結果、ワイヤーブリッジでは設置に２日撤去に１日、合計12人工を要するところを当工法が採用されることにより設置２時間、撤去１時間の施工となり約2.5日間の工程短縮が実現した。

⑶　まとめ

以上の２点を実施することにより、実作業日30.5日、約1.5カ月の工程短縮ができた

今回、渇水期施工という限られた工程の中工程短縮を検討した結果、大幅な短縮が実現した。更に、工程短縮に付随して少人化・省力化そして安全強化へと繋がり最終的には生産性向上へと種々のシナジー効果をもたらすこととなった。



図-３　鋼桁による桟橋

-表-　工程・少人化・省力化短縮表

項　目		工程 (日)	少人化 （人）
敷鉄板マグネット付バックホウ	一般的	80	240
	本工事	52	100
鋼桁による桟橋	一般的	3	12
	本工事	0.5	2
合計	一般的	83	252
	本工事	52.5	102
差		30.5	150

４．おわりに

現在、DX（デジタルトランスフォーメーション）やICT（情報化技術）やBIM/CIM（Building/Construction Information Modeling）などが生産年齢人口の減少に伴い注目されている。しかし、これにはインクルージョンが必要不可欠な工程であるため今現在では限られた資源である。

DXなどが限られた資源であるため、今回のように生産性向上を目的とするなら私たちが知恵を絞り技術を最大限に活かすことにより、まだまだ隠された少人化・省力化が存在すると思っている。

最後にご発注者はじめ関係者の皆様には、丁寧かつ示唆に富むご指導を賜わりましたことにこの場をお借りして感謝申し上げます。そして、タイトな工程に最大限の環境を整えていただいた労にも重ねお礼を申し上げます。

27 工程管理

仮設作業構台によるコスト削減の達成

長野県土木施工管理技士会
株式会社倉品組
川田　幸二○　山田　和英

1．はじめに

工事概要

⑴　工 事 名：令和３年度防災・安全交付金
　　（通常砂防）（重点）工事
⑵　発 注 者：長野県土尻川砂防事務所
⑶　工事場所：（砂）袖沢　大町市 川手
⑷　工　　期：令和４年３月21日～
　　令和５年２月28日

2．現場における問題点

本工事地である袖沢は、一級河川姫川支川の一谷地川（同じく一級河川）へ流入する流域面積1.3㎢の土石流危険渓流である（**図-１**）。この地区は平成26年11月の神城断層地震により、流域内に斜面崩落が発生し、渓床に不安定土砂が堆積している。また、この流域直下にある川手集落は今後、出水による土砂災害の発生が危惧されている。その為、この流域の保全を図る土砂災害対策として川手集落上流に土砂・流木補足効果の高い透過型砂防えん堤の新設および既設えん堤改築が計画された。

本年度の工事は既設２号堰堤の左袖上部に新たな工事用道路を開け、次年度の２号えん堤改築工事（スリット型H＝10m，L＝31m，V＝507㎥）とその上流の堆砂土除去工事（V＝2,100㎥）を行うための工事用道路（L＝40m，W＝4.0m）と法面保護工（法枠工A＝594㎡，鉄筋挿入工n＝38本）が計画されていた。この法面保護工の施工に於いて、①現場の地形条件により（**図-２**）、大型のバックホーが使用できない事。②掘削した土砂が斜面に止まらずに道下まで落ちてしまうため、通常なら可能な掘削由来の発生土を利用した重機足場が確保できない事。③現地法面は風化砂岩で大

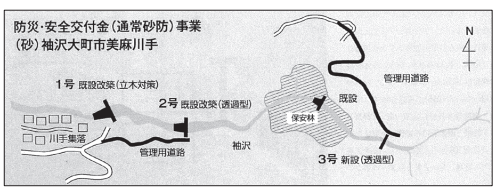


図-１　事業計画図

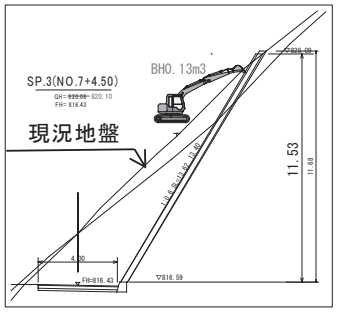


図-２　横断図

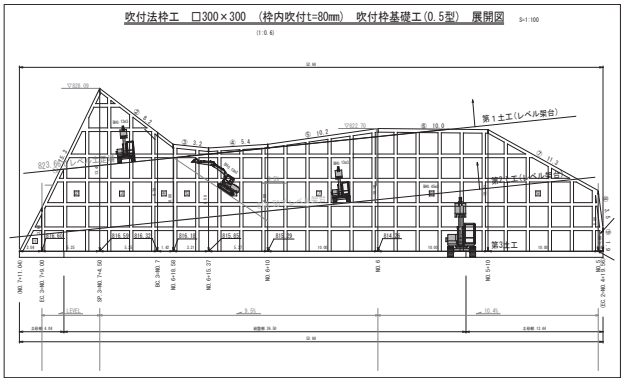


図-３　土工計画図

きな転石などがあり、人力のみの掘削は不可能な事。④法枠工施工後の鉄筋挿入工でボーリングマシンの足場が必要となる事。この①～④の問題点と現場条件を考慮して、契約工期内に工事を完了するため、最善の工法・手順の計画（**図-３**）を立てなければならなかった。

３．工夫・改善点と適用結果

先述の現場条件に加え、不安定なスベリ面で不動層（風化砂岩～砂岩Ss）も深く、施工中の降雨などによる法面崩落も考えられる状況のため、仮設構台足場（**図-４**）と土足場を併用した逆巻き工法で施工する事がトータル的に最善と判断した。ただし、現場は標高800mを超える山間部で、例年12月になると積雪がある為、土工開始が９月下旬～着手のため仮設構台足場の組立、解体作業で日数を要し、万一冬期に入ってしまうと降雪リスクが有り、工期が厳しくなる可能性も十分に心配されたので、現場代理人として各作業間での手待ちの発生を最小限にするための連絡調整、手戻り作業が発生しない工法選択に最も留意した。



図-４　第１仮設構台



図-５　第１仮設構台上の土足場

このように（**図-５**）第１仮設構台足場上から重機（BH0.13㎥クラス）により、法切と土足場（**図-５**）固めを並行して進めたので、土工事最大の難所だった最上部（第１構台～Ｈ＝6.0m）の法切を安全かつ効率良く完了する事が可能となった。この仮設構台を設置した事で、安全性が高まっただけでなく、坂巻き工法全体における土工事の所要日数を予定の約2/3に減らせた事が、工事全体の工期短縮に大きく繋がった。更に、この仮設構台が鉄筋挿入工のボーリング足場の組立、解体作業を行う際に作業ベースとして有効活用でき、第２仮設構台（**図-６**）を設置しながらの法枠・鉄筋挿入工施工でも安全性・作業性を高めたという相乗効果で、手戻り工事の発生も無く進んだ。



図-６　第２仮設構台

この様に、最上段の法枠・鉄筋挿入工が順調に完了（**図-７**）した事が次の土工に繋がり、この時も作業ベースとなる第１仮設構台上での平坦で堅固な重機作業ヤードが確保出来た事で、法切やブレーカー掘削を効率良く進める事が出来た（**図-８**）。

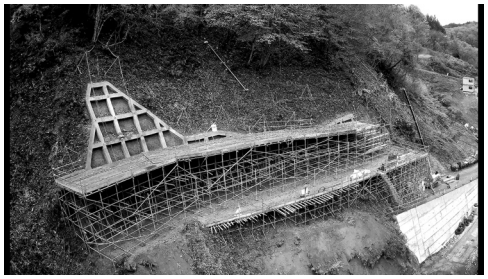


図-７　最上部完了



図-８　第１仮設構台上で２回目の土工

４．おわりに

今回の課題解決を通して、過去の経験（熟練した重機オペレーターによる仮設構台無しの施工）でなく、急がば回れの坂巻き工法を選択した事は大正解だったと実感した。更に安全かつ工期短縮も達成し、トータルコストの削減に繋がっていく事も確認出来た。最後に、この工事に携わった全ての協力業者の方々に深く感謝致します。

28 工程管理

3次元データを活用した施工管理

(一社)北海道土木施工管理技士会
岩田地崎建設株式会社
奥山　裕介

1．はじめに

本工事は、国営かんがい排水事業北海地区事業計画に基づき、岩見沢幹線用水路を建設するものである。本工事の主な内容は、外殻鋼管付コンクリート管φ1,800㎜を推進工にて施工。その後、鋼製異形管φ1,800㎜を推進管に接続する。また推進工の施工に先立ち、鋼矢板にて立坑（深さ約８m、幅4.4m、延長8.8m、土留め３段）を構築する。

工事概要

⑴　工 事 名：北海地区　岩見沢幹線用水路
　　北５条通工区工事
⑵　発 注 者：国土交通省　北海道開発局
　　札幌開発建設部　岩見沢農業事務所
⑶　工事場所：北海道岩見沢市若松町
⑷　工　　期：自　令和４年６月14日
　　至　令和５年１月27日
⑸　工事内容：推進工L＝63m、管体工 鋼製異形管N＝10本、仮設工一式

2．現場における問題点

問題点①：掘進機の通過位置の把握

推進工では、埋設物を破損しないよう事前に調査を行い、施工中は掘進の進捗に合わせて道路横断部等の地表面の監視を行うなどの管理が必要である。しかし、施工中に掘進機がどこを通過しているのか地上からはわかりにくい。このため、注意・監視すべき位置を的確に把握しにくいという問題があった。解決案としては、発進立坑からスチールテープで距離を測る、測量機械で目安となる距離標を設置するなどが考えられたが、より手軽にわかりやすく掘進機の位置を把握する手段がないか検討した。

問題点②：施工フローおよび作業日程の共有

推進工完了後の作業として、鋼製異形管を接続するが、図面を精査したところ、鋼製異形管と立坑の土留め部材が干渉する部分があることがわかった。そのため、鋼製異形管固定→溶接→立坑内埋戻し→土留めを１段ずつ撤去という作業工程を繰り返し行うことにした。この一連の作業のうち、溶接作業のみ別業者が行うため、作業日程の調整が必要であった。また、鋼製異形管を保管する十分なスペースが無かったため、搬入日の調整も必要であった。このことから、的確な工程管理を行い、関係者全員で施工フローや日程を正確に共有する必要があった。しかし、工程表や設計図面だけではイメージが伝わりにくく、認識の違いによる作業の手戻りや遅れが懸念された。

3．工夫・改善点と適用結果

上述の問題を解決する工夫として、３次元CADを使用し、複数枚の２次元の設計図面を３次元化して施工管理に活用した。

工夫・改善点①：AR（Augmented Reality）の活用

掘進機の通過位置の把握にはAR技術を用いた。これにより、タブレット端末のカメラを通し、施

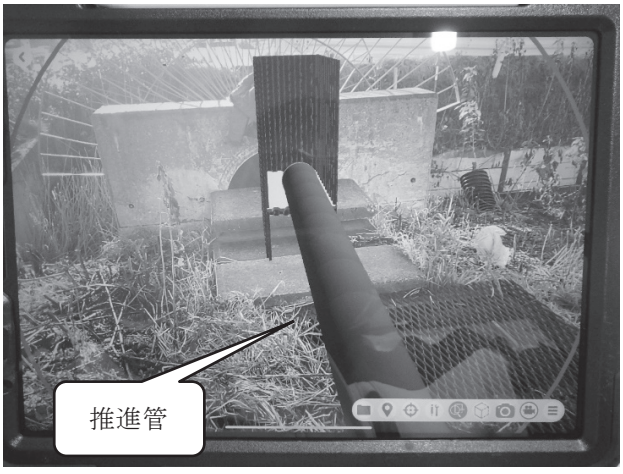
工箇所の映像に３次元データを投影することで、施工中に掘進機が通過している場所を可視化し、注意・監視すべき位置を的確に把握できるようにした。また、埋設物の位置もARを用いて視覚的に作業者へ周知した。結果として、地表面の監視を的確に行うことができ、埋設物破損等のトラブルもなく、無事に推進工を完了することができた。

工夫・改善点②：３次元データによる施工フローの共有

元請・協力業者・管製作業者にて行う工程会議では、３次元データを活用して施工フローおよび工程の確認を行った。３次元データは立坑と鋼製異形管の位置や寸法を正確に表現し、干渉する箇所や程度を立体的に示すことで直感的に把握しやすくした。これにより、鋼製異形管の接続・埋戻し・土留め撤去の範囲と施工フローを関係者間で正確に共有できた。また、鋼製異形管の製作業者や現場溶接業者など、設計図面を見慣れない業者にも施工の流れが伝わりやすく、作業日程や材料搬入日程の調整を的確に行えた。その結果、手戻りや工程に遅れが生じることは無かった。



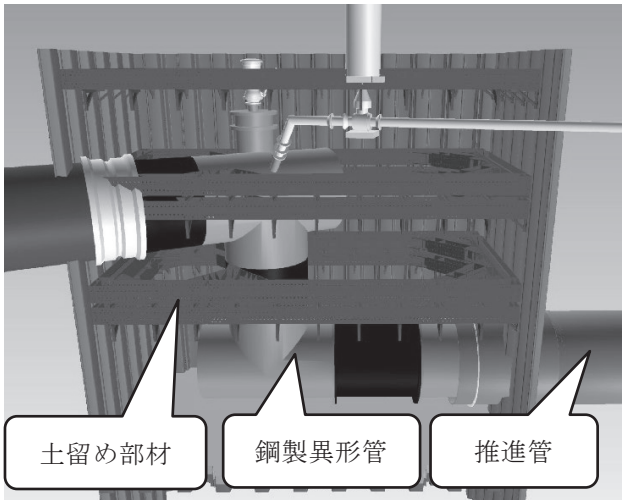
図－１　ARによる現地確認状況



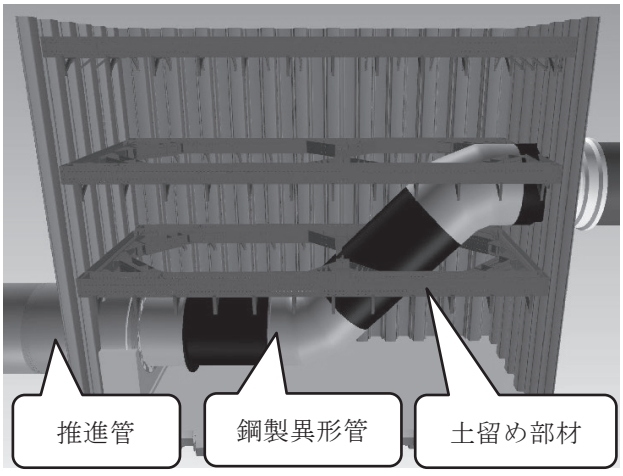
図－２　AR画面

４．おわりに

本工事では、３次元データの活用が施工管理に有効であることを実感できた。今回は埋設物が少なく、推進工の延長が比較的短かった点などを考慮すると、埋設物が多い都市部での工事や、より複雑な施工条件下ではさらに高い効果が期待できる。また、３次元データの活用により、経験の浅い元請職員や協力業者でも完成形がイメージしやすいため、管理の要点を把握しやすくなると考えられる。今後も３次元データを施工管理に活用し、さらに発展させたい。



図－３　発進立坑内３次元データ



図－４　到達立坑内３次元データ

29 品質管理

MR技術導入による鋼橋付属物の取り付け確認

日本橋梁建設土木施工管理技士会
日本車輌製造株式会社
製作担当　　主任技術者
松崎　郁弥○　滝澤　隆作

1．はじめに

本工事は，東海JCTにおいて伊勢湾岸自動車道から西知多産業道路へつながる新たなランプを新設する橋梁工事である．本橋梁は全長約158mの2主桁少数鈑桁橋で，上部工検査路･上部工排水装置･落橋防止装置といった付属物が多く取り付く．

工事概要
⑴　工 事 名：令和3年度247号西知多道路東海JCT・H-1ランプ橋鋼上部工事
⑵　発 注 者：中部地方整備局
⑶　工事場所：愛知県東海市新宝町
⑷　工　　期：令和3年10月1日～令和6年3月14日

2．現場における問題点

鋼橋の実仮組立において，上部工検査路，鋼製の排水管など主構造に取り付けられる部材については，実際に仮組された主構造部材に取り付けて位置の確認や干渉の有無を評価することが可能である．しかし，下部工に取り付けられる部材は実際に現地で架設されるまで，実物における取り付けを行うことができない．万が一，現地取付け時に不具合を持ち越した場合は施工のやり直しによる工程の遅れだけでなく，部材の再製作等が必要となりコスト面にも大きな影響を及ぼす．

また，実仮組立時に上部工検査路などの付属物を取り付けるには主構造の仮組立完了後に取り付ける必要があり，その分多くの工数を要する．昨今の人手不足や働き方改革を鑑みても，付属物を実際に取り付けるよりも工数が少なくなり効率的な施工方法を模索することは非常に有用である．

本橋梁では，全線に渡って上部工検査路や上部工排水装置が取り付けられる．また，**図-1**に示すような，机上の確認を行うにとどまり仮組立時に取り付けができない付属物として落橋防止装置のPCケーブルが存在し，これらの部材について現地で不具合が発生しないように，かつ仮組立の工数を可能な限り少なくするような対策・工夫に取り組むこととした．



図-1　仮組立状況

3．工夫・改善点と適用結果

2節で述べた問題点を解決するために，本工事ではMR(Mixed Reality)を活用した付属物の取合い確認を行った．MRとは仮想空間の情報を現実の風景に投影することで，まるで現実の空間に仮想空間の構造物が存在するかのように見せる技術である．**図-2**に示すような設計図面を基に作成した橋梁の3次元モデルを，MR専用のデバイスを通じて仮組立した桁と重ね合わせて可視化することがMR技術によって可能となる．本工事では，仮組立時には取り付けのできない付属物である落橋防止装置のPCケーブルと主構造の取合い確認行った．また，取り付けに工数が多くかかる上部工排水装置，上部工検査路も実際に取り付けることなく主構造との取合い確認を行った．

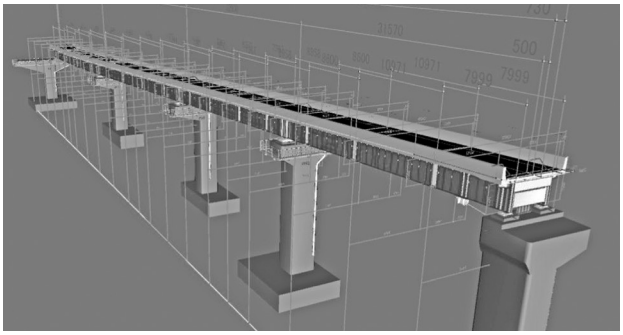


図-2　3次元モデル

例として，**図-3**にMRによる上部工排水装置の取り付け確認状況を示す．縦断勾配により排水管の高さが変わっていくが，それぞれの排水管支持金具と主桁に溶接されたコネクションプレートの位置が一致しており，架設現地にて問題なく取り付け可能であることを確認できた．

MRでは，デバイスを装着している人が見ている映像をネットワーク上で共有することができる．そのため，MRで投影された付属物の取合い状況を多くの人が見ることが可能となる．**図-4**に，実際に行った発注者によるMRの確認状況を示す．これによって，付属物を実際に取り付けることなく仮組立検査に合格し，仮組立工数の大きな削減につながった．



図-3　上部工排水装置の取り付け確認状況



図-4　発注者によるMR確認状況

本工事では，MRを実施するにあたり設計図面を基に3次元モデルを作成したが，付属物以外についてもモデル作成の中で干渉チェックや取合い確認を行うことができた．そのため，不具合の早期発見や製作手戻りの防止につなげることができた．

4．おわりに

国土交通省では現在，追加特記仕様書にてBIM/CIMを実施する工事がほとんどを占めている．MR技術をはじめとしたBIM/CIMの導入によって，構造物の干渉といった不具合の削減，また仮組立の工数をはじめとした，製作工数の削減および製作の効率化につなげる一助としたい．

30 品質管理

コンクリート構造物の施工における品質向上の工夫

岡山県土木施工管理技士会
株式会社荒木組
現場代理人　臼井　一平○
監理技術者　寺尾　直記

1．はじめに

本工事は、地域高規格道路「岡山環状道路」の一部を構成する延長2.9㎞の道路工事事業において、工事延長L＝240m、路体盛土工V＝3,750㎥、路床盛土工V＝1,660㎥、帯鋼補強土壁工A＝1,224㎡、防護柵基礎工L＝232mを施工した新設の道路改良工事である。

工事概要

⑴　工 事 名：令和３年度岡山環状南道路東畦地区第11改良工事
⑵　発 注 者：中国地方整備局 岡山国道事務所
⑶　工事場所：岡山県岡山市南区東畦地内
⑷　工　　期：2022年４月１日～2023年９月29日

2．現場における問題点

①「剛性防護柵コンクリートのひび割れについて」

高規格道路等に設ける剛性防護柵は、フロリダ型（**図-１**）が原則となっており、本工事の防護柵基礎工（剛性防護柵）もフロリダ型が採用されている。構造は現場打鉄筋コンクリート構造であり、断面寸法が小さい。また、伸縮目地材（t＝20㎜）は10m～12mのブロック間隔で設置、ひび割れ防止対策としては照明柱を設置するブロックの（**図-１**）A部分（斜線部）のみにひび割れ誘発目地を設置する設計となっている。加えて、施工時期が７～８月となり気温が高くなることが予想されたため、設計以上のひび割れ防止対策を検討する必要があった。

②「コンクリート傾斜部の表面不具合について」

（**図-１**）B部分の傾斜部分（ハンチ）は、コンクリート打設時気泡が抜けにくいため、表面気泡（あばた）の発生が懸念された。表面気泡が発生すると、コンクリートの中性化を早め耐久性の低下を引き起こす要因となる。したがって、表面気泡の発生を防止する対策も検討する必要があった。

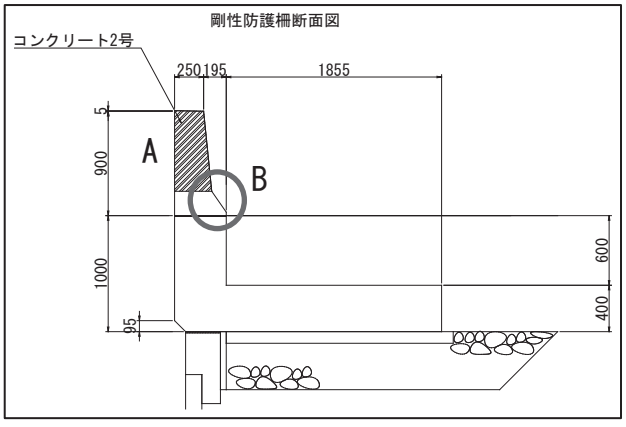
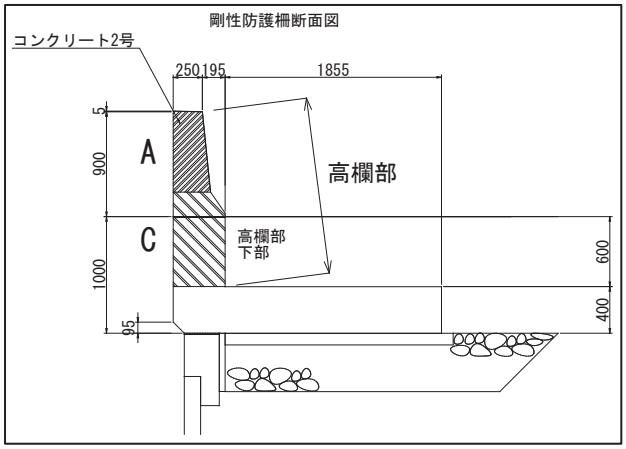


図-１　剛性防護柵断面図

3．工夫・改善点と適用結果

①【対策-１ 誘発目地】構造物の断面寸法が小さいことや伸縮目地が10m以上の間隔となっていること等によるひび割れの発生が予見されたため、追加でひび割れ誘発目地を設置した。設置個所の検討については、中国地方整備局土木工事設

計マニュアルの高欄部に準拠し、設置は５～６ｍの間隔とした。また、今回の施工では高欄部を一度で打設するため、一体となっている高欄部下部にもひび割れが発生すると考えられる。したがって（**図－２**）A部分のみではなく、C部分（斜線部）までひび割れ誘発目地の設置個所を延ばして施工した。



図－２　ひび割れ誘発目地設置箇所

【対策－２ 養生】型枠脱型後の養生期間中、高温の外気温や日射によるコンクリート中水分の逸散を防ぐため、被膜養生を行った。散水やシートによる養生では、外側の鉛直面は足場を撤去すると作業できなくなるため、施工性や安全性も考慮した。

②【対策 型枠】傾斜部分の型枠に透水性型枠用シートを貼り付け施工した。また、型枠の桟木をハンチの傾斜に合わせて加工し、セパレータなしで組立てを行った（**図－３**）。



図－３　傾斜部施工状況

①【対策－１ 誘発目地】【対策－２ 養生】②【対策型枠】上記対策の結果、クラックの発生はあったが0.2㎜以上の有害なクラックはなかった。また、傾斜部は表面気泡が発生することなく、構造物を施工することができた。



図－４　傾斜部完成

クラックの発生要因としては、断面寸法が小さいことによる乾燥収縮ひび割れや、外気温やコンクリート温度及び拘束力が影響する温度ひび割れが考えられる。今回の施工では、伸縮目地材の間隔の中心へひび割れ誘発目地を追加し、10ｍ～12ｍのブロックを二等分する計画としたが、三等分となるようにさらに誘発目地を追加する検討も行っていた。結果として、10ｍのブロックを二等分した５ｍ間隔の箇所ではひび割れの発生は見られなかったが、５ｍ以上間隔があいている箇所ではひび割れの発生が見られた。したがって、当構造物では、ひび割れ誘発目地の設置間隔は５ｍ以下が有効であったと考えられる。その他の要因として、計画していた一回のコンクリート打設量が多すぎたことも考えられる。構造物の延長が長いことや打設口が狭いこともあり、計画していたより時間と手間がかかってしまった。打設量を減らして午前中の外気温が低い時間帯にコンクリート打設が終わるよう計画すること、遅延型AE減水剤を利用するなどの対策も有効だったと考える。

４．おわりに

土木に携わる技術者として、コンクリートとの関わりは切っても切り離すことができない。今後も様々な場面でコンクリートと向き合っていくと思うが、品質にこだわってより良いコンクリート構造物を施工できるよう研鑽に努めたい。

31 品質管理

橋面アスファルト舗装における舗装構成の工夫

福岡県土木施工管理技士会
株式会社廣瀬組
現場代理人兼監理技術者
只　隈　　亮

1．はじめに

有明海沿岸道路は熊本県熊本市から佐賀県鹿島市に至る高規格道路で、現在39.2㎞（直轄事業29.2㎞､佐賀県事業10㎞）が開通しているところである。

将来的には主要な都市や重要な空港・港湾である九州佐賀国際空港及び三池港を連絡するなど、高速自動車国道を含め、これと一体となって九州の広域道路ネットワーク計画の一翼を担う高規格道路として機能することとなる。

今回施工した工事は、大野島インターから諸富インター間の現在開通している中の福岡県と佐賀県の県境に架かる早津江川橋高架橋の福岡県側の下り線一部区間（延長約500m、面積約4,500㎡）を橋面防水と橋面アスファルト舗装の他、路体盛土（約2,800㎥）及び路床盛土（1,400㎥）を行った工事である。

工事概要

⑴　工 事 名：福岡208号早津江川橋舗装
　　（下り線A1-P3）工事
⑵　発 注 者：九州地方整備局
　　有明海沿岸国道事務所
⑶　工事場所：福岡県大川市大野島地先
⑷　工　　期：令和４年４月１日～
　　令和４年11月30日

2．現場における問題点

PCホロースラブ床版上の調整コンクリートを施工する事による防水工の機能不全ついて

当初設計では、現場打ちコンクリート床版上は設計の床版基準高となっており、そのまま防水工を施工するようになっていたが、PCホロースラブ床版上は、工場製作品の桁を架設してあり縦横断勾配のアールが取れず設計高以下となるように仕上がっていた為、その不足高分を調整コンクリートで打設した後、防水工を施工する計画となっていたが、**図-１**のように３㎝以下となる箇所はコンクートを打設しても剥離ひび割れが発生する為、型枠で打ち止めてそこに段差を設ける設計となっていた。

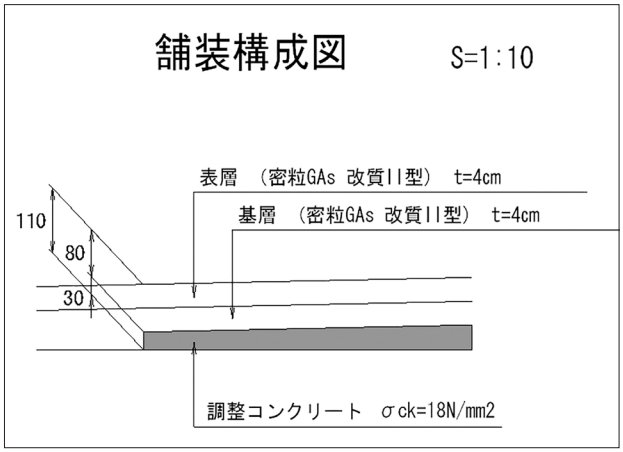


図-１　当初舗装構成図

しかし、これでは段差部分に水分が滞留し排水も出来ないが、その水分が水蒸気となりシートと

床版面の間にエアーポケットを発生させブリスタリング現象による舗装盤損傷の原因となり防水機能を満足出来ない構造となっていた為、大幅に防水工排水計画を変更しなければならなくなり、工期にも影響を及ぼしかねない為、調整コンクリートではない防水機能を満足する他の舗装構成を検討する必要があった。

3．工夫・改善点と適用結果

まず、工程を遅延すること無く、コストを掛けずに施工する方法を考えた。

調整コンクリートを打設すること無く既設床版面にそのまま防水工を施工することは出来ないか検討を行い、縦断５ｍピッチと横断1.4ｍピッチで床版高の縦横断測量を全延長実施し、排水勾配に問題ないことを発注者に報告した。

その後、表層面基準高を調整コンクリート厚分下げて調整することが出来ないか検討を行ったが、全体で４箇所の伸縮装置への取付があり高さが変更できないことが判明した為、走行性を確保した縦横断勾配の調整は出来なかった。

その為、表層高は計画通りとし、基層下面まで基表層材と同じ材料の合材で調整アスファルト層を舗設することで変更協議し問題を解決した。

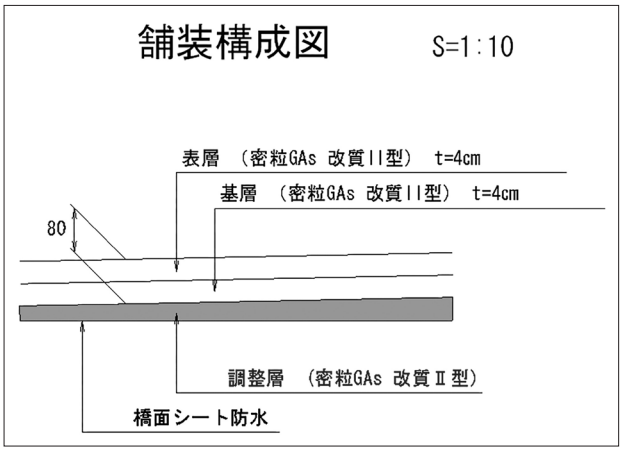


図-２　変更舗装構成図



図-３　完成写真

4．おわりに

今回の工事は、大野島インターから諸富インターまでの区間の開通に間に合わせる為、福岡県側と佐賀県側の業者が合わせて十数社による隣接した輻輳作業であった。

工事用出入口をどうするか、通行禁止道路やダンプ台数制限、通行時間帯制限等があり、その色々な問題の中で一番頭を痛めたのが工事用車両の通行可能日が自社の工程とは全く合わなく本当に調整が効くのだろうかという事に関してだった。

幾度となく全体工程会議を繰り返し、工事用車両の通行する日としない日を突き合わせた。全ての業者が納得のいく工程とはならなかったが、この施工順番決めを行った事で工事の手待ち状態の日も発生したが、何とか無事に完成し開通することが出来た。

このことは、発注者は元より全施工業者、地元周辺住民の方々のご理解とご協力の賜物と思い、更なる有明海沿岸道路やその他高規格道路等の延伸により地域の活性化、発展に繋がっていくよう今後も様々な建設工事に携わって行きたいと考える。

32 品質管理

鉄道営業線近接での桁架設について

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
現場代理人　水田　礼治○
監理技術者　本條　順一
担当技術者　山内　隆

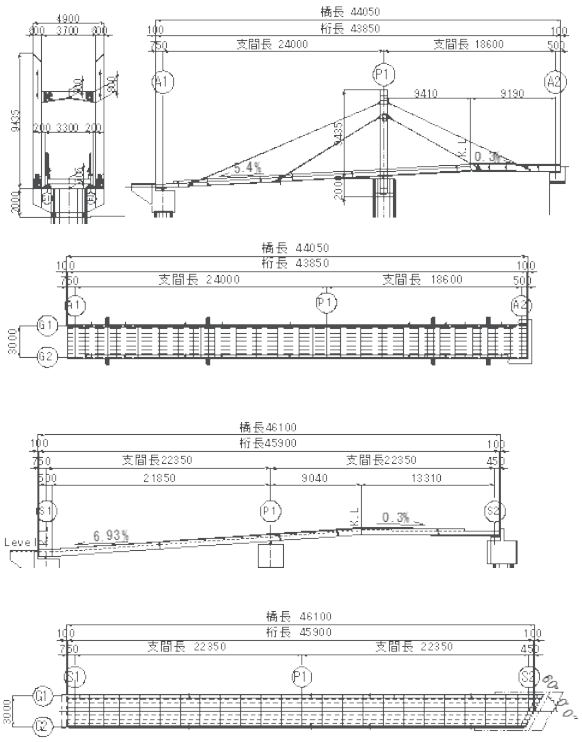
1．はじめに

本工事は、市道62号線の一部である既設並木橋の改良工事に伴い小田急小田原線及び相鉄本線を跨いで新設される歩道橋である。

既設並木橋の幅員は、片側歩道と幅員5.5mの車道から成る狭隘な幅員構成であり、歩道を既設橋の両側に別橋で整備することで、歩行者の安全性、利便性の向上を図るものである。

工事概要

工 事 名：海老名市道62号線・1753号線
　　拡幅改事業並木橋



発 注 者：株式会社大林組
工　　期：令和元年５月７日～
　　令和５年３月31日
構造形式：鋼２径間連続鋼床版斜張橋
　　鋼２径間連続鋼床版鈑桁橋

2．現場における問題点

本工事での鈑桁橋ではベントの設置位置から相鉄本線の建築限界まで100㎜程度の離隔しかないためベント設備の鉄道営業線への転倒防止設置の検討が必要であった。またベント設備解体時はさらにスペースが制限されるので安全でありかつ線路閉鎖の時間内での解体方法を検討する必要があった。

また斜張橋では、A2橋台が既設擁壁上に構築されるため、斜張橋の反力を最小限とする必要があった。そのため桁架設後にケーブルの設計張力とA2橋台にかかる反力のバランスを調整しなおかつ相鉄本線と橋梁の下端との建築限界を確保するため橋梁のそりの状態も適切に管理して確保する必要があった。

3．工夫・改善点と適用結果

(1)　ベント設備の検討

ベント位置の狭小なことと相鉄本線までの建築限界の問題を解決するためにシングルベントの構造とし、自立の不安定を解消するために鈑桁橋のベント基礎を杭基礎とした。また営業線への転倒

防止として橋脚の土留めにブラケットを配置し水平力止め支材（H鋼）とベント頂部を連結して転倒防止設備を追加した。上記を線路閉鎖中の一晩で施工を完了するためあらかじめベント材を別ヤードで面組をしておき組立の手間と時間を最小限にして施工を行った（**図-１**）。

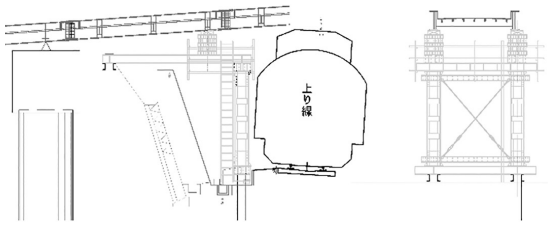


図-１　ベント設備

ベント設備解体時はさらにスペースが制限され、並木橋現道からベント設備を直接解体できないため、ベント最下端の基礎梁を橋軸直角方向に長くしてベント設備を橋軸直角方向に横移動させて作業区間を確保して、解体を行った。

横移動時は転倒防止として架設した桁からチェーンブロックでベント頂部を支えながらチルホールを使用して基礎梁上での横移動を行った。横移動の距離は、架設した橋桁をかわす位置まで横移動を行い待機したクレーンで一括に吊り上げて解体・撤去を行った（**図-２**）。

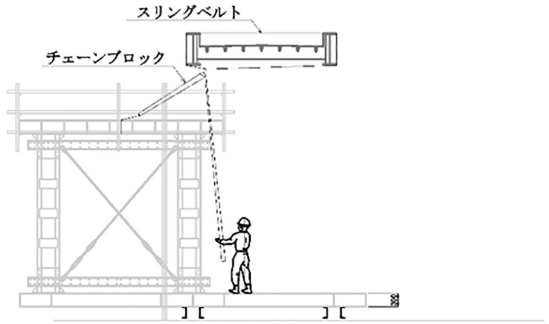


図-２　ベント解体図

本工事でのケーブルの張力管理は「高次振動法」を用いて行った。これは設計ケーブル張力が50kN程度と非常に小さく、一般的な振動法では正確なケーブル張力の測定が困難であった。また本工事ではA2橋台の反力低減が主たる目的であるためケーブル張力を測定しつつ、A2支承前面にロードセルを設置してA2反力を計測した。

ケーブル張力の導入は固定側のナットを専用の油圧トルクレンチで締め付けることで張力を導入した。これにはあらかじめ本設のケーブルを使用して張力を導入し、その時の高次振動法にて計測した値とナットで固定した際のケーブルの余長との関係を計測しておき、その結果を現地での張力導入に反映した。そして実際の張力測定は全てのケーブルを余長の数値管理で設置してから、小田急線および相鉄本線の線路閉鎖時とケーブルに近接するため停電時に計測を行った。計測結果をもとに８本の全ケーブルの軸力バランスを微調整しながら、同時にA2橋台の反力を計測して、反力が設計値に対して±10kN以内になるように調整を行った。また同じく橋梁のそりの形状も確認して列車走行に支障がないことを確認してすべての作業を終了した（**図-３**）。



図-３　ケーブル設置図

４．おわりに

本工事は、ほぼ全ての作業が鉄道の営業線上、もしくは近接工事であったため、安全管理に対して厳しい管理を求められた。特に線路閉鎖や停電を伴う作業は数か月前からの事前申請と各方面への周知が必要であり工程管理だけではなく限られた時間内での品質出来形管理の徹底と施工時間の短縮の工夫が必要であった。今後も事業者として技術面・安全面で貢献できるよう技術力の構築を図るものである。

33 品質管理

全面的なICT活用について

岡山県土木施工管理技士会
株式会社荒木組
担当技術者　前田　隼弥○
現場代理人　岡田　康平

1．はじめに

本工事は、平成30年７月に発生した豪雨により小田川の堤防が決壊し甚大な被害を受けたことから今後の災害防止を図るため小田川と高梁川との合流位置を下流へ付替え、河川水位を低下させることにより小田川沿いの地域及び倉敷市街地の氾濫危険度を低減することを目的とした事業であり、今回はその一部の柳井原地先において築堤を行う工事である。

工事概要

⑴　工 事 名：令和４年度小田川付替柳井原地区築堤護岸他工事
⑵　発 注 者：国土交通省　中国地方整備局高梁川・小田川緊急治水対策河川事務所
⑶　工事場所：岡山県倉敷市船穂町柳井原地先
⑷　工　　期：令和４年４月27日～令和５年６月30日

2．現場における問題点

①　生産性向上

本工事は、約180,000㎥と大規模かつ計11社と多数の業者からの受入により盛土を行う工事であった。また、工事用道路として利用していた高水敷が降雨の影響で水没したことにより、嵩上げ盛土を早急に行う必要があったことと、複数の近接業者と共同して使用している工事用道路の切替えが多数必要であり、測量・丁張業務が多大となることが予想された。よって、いかにこれらの作業を円滑にかつ簡素化できるかが課題となった。

②　護岸出来栄え向上

本工事は、ICT建機で整形した法面にブロックマットを敷設する工法であった為、法面の仕上がりが護岸工の出来栄えを左右する工事であった。RTK-GNSS仕様のICT建機を活用している為、時間帯によっては、電波が受信し難く精度が低くなることが予想された。よって、ICT建機を利用しつつ、いかに精度の高い護岸を構築するかが課題となった。

3．工夫・改善点と適用結果

①　緊急対応でのICT施工

水没により緊急で嵩上げを行う工事用道路は、水没しているうえに基盤に岩砕が使用されており、作業も広範囲に亘ることなどから、丁張設置作業は困難であると判断し、３次元設計データ作成・ICT施工により復旧を行った。その結果、当初必要と考えられた測量・丁張業務や手元作業員による高さ確認や人力作業が不要となったことで、



図-１　工事用道路の嵩上げ

生産性と安全性を大幅に向上することができた。

② 土工CIMによるイメージ共有

工事用道路は形状が複雑かつ複数の近接業者と共有して使用する必要があったため為、事前に３次元設計データを作成し、複雑な形状の見える化を図った。結果、関係業者と事前にイメージの共有を図ることが可能となったことに加えて、３次元設計データを基にICT施工を実施したことにより手戻りなく施工することができた。

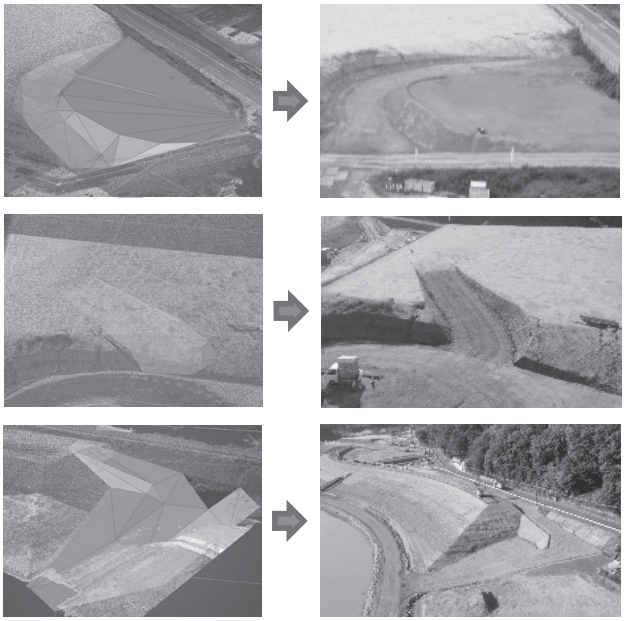


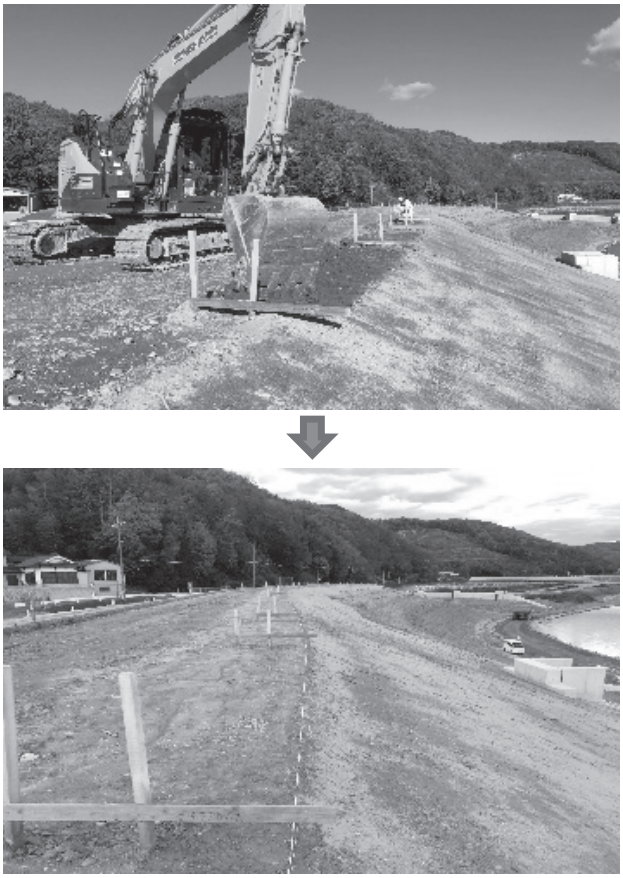
図-２　工事用道路の施工

③ ３次元測量+従来工法による精度向上

法面整形時に適時、トータルステーションを使用して３次元設計データを基に測量を行い、仕上り面と設計面との対比を利用し精度確認を行った。また、法肩部については従来工法である丁張とICT施工を併用して施工した。電波が受信し難い時間帯には基準点により精度確認を行った。その結果、衛星誤差がある中でも高精度な施工を実現することができた為、通りや高さなど出来栄えの高い護岸を構築することができた。

４．おわりに

ICT施工は丁張も不要であり、熟練度の乏しいオペレーターでもモニターを確認しながら施工できると言ったメリットもあり、オペレーターとしても元請としてもありがたいことではあるが３次元設計データに不具合があるとその通りに構造物ができてしまうことや時間帯によって電波が入りにくく誤差が大きくなると言ったことも生じてしまう。



今回、それを改善する為にも、３次元設計データ作成時に十分に照査を行い、施工時についてオペレーターは日々の精度確認を欠かさず行い、電波の入りにくい時間帯には再度精度確認を行った。元請職員はトータルステーションで工事基準点を利用して従来方法により位置、高さの確認を行った。

ICT施工の活躍により水中部での施工且つ緊急時にも早急に対応することができICT技術の便利さを実感することができた。

今後は無人化による施工技術が増加していくのではないかと思う。

34 品質管理

LiDARおよび3DCGソフトBlenderの橋脚耐震補強への活用報告

東京土木施工管理技士会
株式会社新井組
野村　敬二

1．はじめに

本工事は、西湘バイパス早川JCTにおいて橋脚の耐震補強を行う工事である。iPad ProのLiDAR機能およびライセンスフリー3DCGソフトのBlenderを、過密鉄筋橋脚のコンクリート孔明け削孔検討に活用した事例を報告する。

工事概要

⑴　工 事 名：西湘バイパス　西湘早川橋他２橋耐震補強工事
⑵　発 注 者：中日本高速道路株式会社
⑶　工事場所：神奈川県小田原市南町
⑷　工　　期：自）令和２年２月28日
　　至）令和７年３月31日

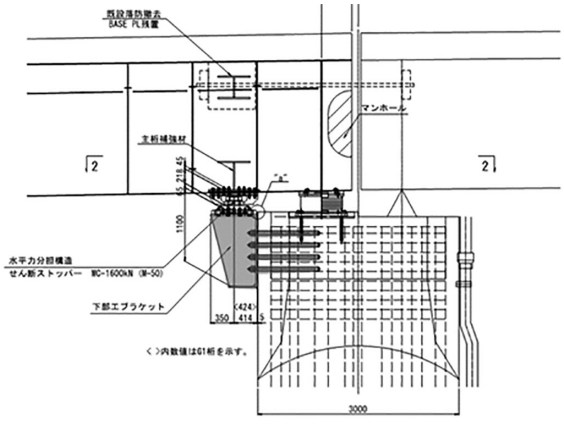


図-１　橋脚の側面図

2．現場における問題点

本工事の補強工法では、既存の橋脚に鋼材や鉄筋コンクリートを取り付けて橋桁のズレや落下を防止する。耐震補強構造物を取り付けるために、橋脚へダイアモンドコアドリルを用いて孔明け削孔を行い、その孔にボルトや鉄筋を定着する。孔明け削孔の際には、万が一ドリルが橋脚内部の鉄筋を切断してしまうと構造的に不安定になる可能性があるため、鉄筋過密箇所では削孔が困難となる。

橋脚新設当時の完成図面はあるものの、鉄筋の施工誤差や組立補助のような図面には表記されない鉄筋が存在し、削孔を困難にしている。これらの鉄筋は、コンクリート表面からの鉄筋探査では特定できないものが殆どで、試行錯誤の孔明け作業が繰り返され、所定のアンカーボルト本数確保が難しい場合がある。



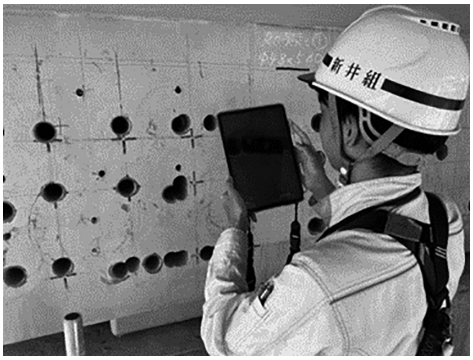
図-２　コアドリルによる孔明け削孔の状況

3．工夫・改善点と適用結果

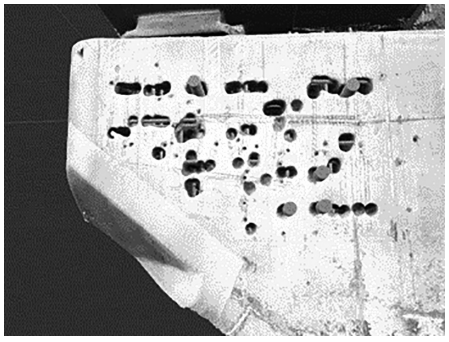
本技術報告では、前述のように過密鉄筋箇所におけるコンクリート孔明け削孔が難しいという問題を解決する一助として、比較的低価格のiPad ProのLiDAR機能およびライセンスフリー3DCG

ソフトのBlenderを活用して、橋脚内部の鉄筋を３次元表示し削孔位置を検討するものである。

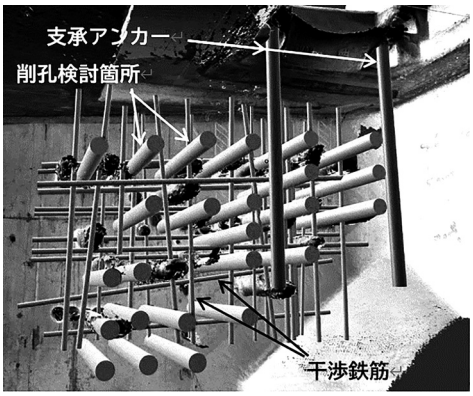
まず削孔箇所をiPad ProによりLiDAR測量を行い（**図－３**）、3Dデータ（fbx形式）をパソコンのBlenderへ引き渡す。削孔に支障となった過密鉄筋は、現地の削孔干渉箇所から手作業で位置と深さ、向きや鉄筋径などを調査してBlenderの３次元空間に円柱モデルとして再現する（**図－４**）。Blenderではコンクリート内部から観た過密鉄筋の状況が確認できる（**図－５**）ので、アンカーを円柱モデルとして配置し、鉄筋と干渉しない削孔可能箇所を検討する。



図－３　削孔箇所のLiDAR測量状況



図－４　LiDAR測量による橋脚の3DCG



図－５　コンクリート内部から観た3DCG

既設橋脚の完成図面には表示されていない鉄筋が多数存在し、削孔を困難にしている。それらの多くは、鉄筋を組み立てる際に使用した組立鉄筋や段取り筋と呼ばれるもので、かつての施工者が独自に設置したものである。ただし設計図面の正しい位置にないからと言っても、施工誤差やコンクリート打設時に正しい位置から移動してしまった可能性もある。したがって安易に干渉鉄筋を切断することもできない。

実施工では以下の事項を確認しながら、慎重に施工を進め必要アンカーボルト本数を確保することができた。

① 判明した鉄筋を避け干渉しない箇所を洗い出し、削孔を試行する。

② 可能な限り耐震構造物範囲を拡大して削孔可能エリアを確保する。

③ 鉛直鉄筋はせん断補強鉄筋の可能性があるため、切断不可とする。

④ 内視鏡カメラなどを使用して鉄筋径を確認し、完成図の鉄筋径より小径の鉄筋は、切断可能と判断する。

⑤ 引張主鉄筋の位置から離れたコンクリート内部の水平鉄筋は、型枠固定用の鋼材と推定して切断可能と判断する。

４．おわりに

比較的低価格のiPad ProのLiDAR機能、およびライセンスフリー3DCGソフトのBlenderを活用して、構造物の安全性を確保しつつ過密鉄筋橋脚のコンクリート孔明け削孔を迅速に施工することができた。出来上がった3Dモデルは、カメラで撮影したテクスチャをLiDARで計測した3Dモデルに貼り付けており、実構造物に思えるような質感を感じる。精度に関しては、数㎝の誤差を生じているが、手作業による数値計測で補完すれば、コンクリート内部の鉄筋をBlender上で見える化・デジタルツイン化でき、削孔位置検討に極めて有意義であると思われる。

35 品質管理

生コンクリートの海上運搬における品質確保について

(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
高山　明洋○　松山　周二

1．はじめに

本工事は瀬棚港の第二線防波堤である東外防波堤の建設工事であり、基礎工（基礎捨石)、本体工(セルラーブロック据付、中詰めコンクリート)、上部工（上部コンクリート）を施工するものである。

工事概要

⑴　工 事 名：瀬棚港外１港東外防波堤建設その他工事
⑵　発 注 者：北海道開発局　函館開発建設部
⑶　工事場所：北海道久遠郡せたな町瀬棚港
⑷　工　　期：令和４年５月18日～令和５年３月13日

2．現場における問題点

本工事の施工箇所は外防波堤であり、生コンクリートを陸上運搬することができず、台船にコンクリートホッパーを乗せて海上運搬する必要があった。また、港内側は水深が浅く作業船の航行が不可能なため、施工箇所の外防波堤には一度港外へ出て防波堤の沖側を回ってL＝2.5㎞を海上運搬しなくてはならなかった（**図-１**)。

中詰めコンクリート、上部コンクリートそれぞれ１打設あたりの数量が160㎥、80㎥と多いため、生コンクリートの海上運搬は一度に２㎥のコンクリートホッパー10台で合計20㎥を運搬する必要があった。

コンクリート打設作業は、生コンクリートの海上運搬が片道20分往復40分、積出岸壁での生コンクリートの荷卸し30分、打設時間30分、合計１サイクル100分かかることが予想された。

生コンクリートの荷卸しから打設開始まで時間がかかると大きなスランプロスを起こす。また、打設間隔が大きくなるとコールドジョイント等が発生してしまう恐れがある。そこで、コンクリートの品質を確保するために生コンクリートの海上運搬に対する工夫と改善を行う必要があった。

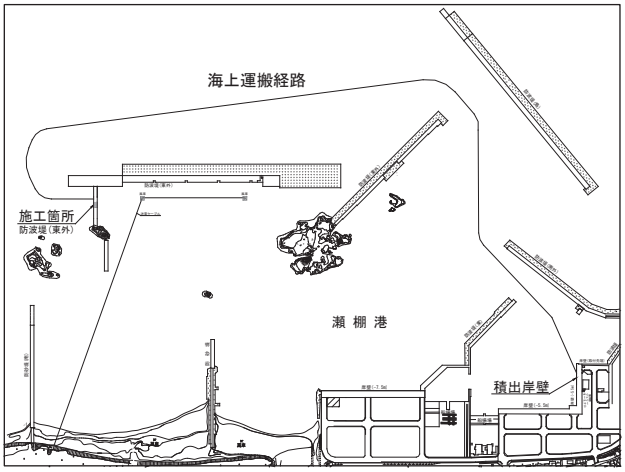


図-１　施工箇所及び海上運搬経路

3．工夫・改善点と適用結果

⑴　スランプロス対策

生コンクリートの荷卸しから打設開始まで約50分かかるため大きなスランプロスを起こし、コンクリートの品質の低下や生コンクリートの流動性の低下による打設時間の遅延が懸念された。そこで、積出岸壁でのコンクリートホッパーへの生コ

ンクリートの荷卸しを、コンクリートポンプ車で行うことにした（**図-２**）。

コンクリートポンプ車で荷卸しを行うとコンクリートホッパーを台船上に置いたままにすることができ、コンクリートホッパーの積込み・下ろし作業を省くことができるので、荷卸し時間を10分短縮することができた。

また、事前に試験練りを実施してスランプ値を4.0㎝大きくし、さらに流動化剤の添加を行った。

その結果、スランプロスによる影響を最低限に抑えることができた。



図-２　生コンクリート荷卸し状況

⑵　打設間隔の短縮

生コンクリートの海上運搬を台船１隻で行うと、打設間隔が60分程度あいてしまうため、台船を２隻使用することにした。施工箇所や積出岸壁には台船２隻を係船できないことから、積出岸壁での荷卸し時間を考慮して生コンクリートの出荷時間を調整し、台船を海上で交差できるようにした。

その結果、海上運搬片道分の20分を短縮し打設間隔を40分にすることができた（**図-３**）。



図-３　海上運搬状況

⑶　打設時間の短縮

コンクリートの打設は防波堤上に配置したコンクリートポンプ車で行うが、海上運搬したコンクリートホッパーを１台ずつコンクリートポンプ車のホッパへ投入し圧送すると１台あたり３分、10台で30分かかる。そこで、コンクリートポンプ車のホッパ上にコンクリートホッパー ３台分（６㎥）の生コンクリートを一時的に貯蔵できるグランドホッパーを設置して、生コンクリートの圧送を待たずに順次投入できるようにして打設時間を短縮した。また、グランドホッパーにはバイブレータが搭載されているのでスムーズな圧送ができた。

その結果、打設時間を10分短縮し20分で行うことができた（**図-４**）。

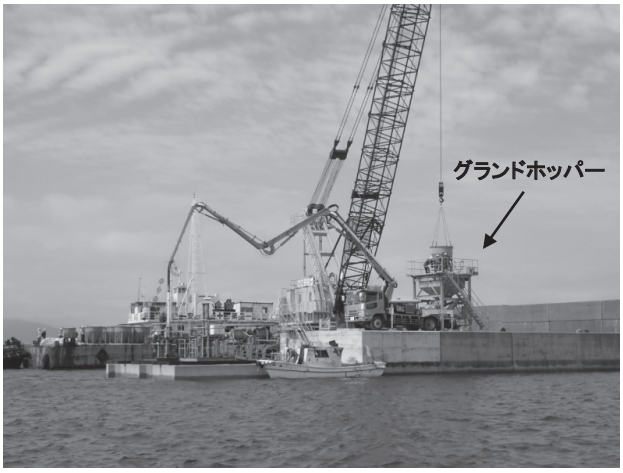


図-４　打設状況

以上の項目を実施したことで、荷卸し時間、打設間隔及び打設時間を合計40分短縮し、１サイクル60分にすることができた。

その結果、コールドジョイント等を発生させることなくコンクリートの品質を確保することができた。

４．おわりに

生コンクリートの海上運搬における品質確保について、工夫や改善を実施して目標を達成することができた。

今後もさらなる工夫や改善を実施して、品質及び仕上がりの良い構造物を施工していきたい。

36 品質管理

沖防波堤の上部コンクリート工における施工性と品質の工夫について

(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
杉崎　恵一○　小野　裕哉

1．はじめに

本工事は、老朽化した函館港西防波堤の機能回復のために既設上部L＝78.5mを取壊し、上部工L＝77.0mを新設する工事である。

工事概要

⑴　工 事 名：函館港外１港西防波堤上部工その他工事
⑵　発 注 者：国土交通省北海道開発局函館開発建設部函館港湾事務所
⑶　工事場所：函館港
⑷　工　　期：令和４年９月１日～令和５年３月24日

2．現場における問題点

本工事は、冬期施工にて積出岸壁から約２㎞先にある防波堤までホッパーに積込んだ耐寒剤入りの生コンクリートを台船にて防波堤まで運搬する必要があった。

問題点として、出荷工場から現場まで約15分、積出岸壁にて生コンクリートを台船上のホッパーに積込（約20分）、その後海上運搬（約25分）を行い打設開始までは約60分かかり、大きなスランプロスが予想された。

もう一つの問題として、当初設計では上部コンクリート約940㎥全てが現場打設となっていた。上部コンクリートの下端は水際であり、満潮時や海象条件の悪い時は施工が困難になることが予想されたため、施工性・品質ともに課題となった。

3．工夫・改善点と適用結果

改善策として、①設計の生コンクリート配合の変更、②スランプ保持剤の使用、③海上運搬中の生コンクリートの撹拌、④仕上げ補助・初期被膜養生材の使用、⑤上部コンクリートを一部プレキャストブロックに変更、の工夫･対策を行った。

①　当初設計ではスランプ８㎝、粗骨材最大寸法40㎜であったが、施工性や品質を考慮しスランプを15㎝に粗骨材最大寸法を20㎜に変更した。

②　配合変更後のベースコンクリートを試験練りにて60分90分後の練り上がり性状を確認した結果、60分後に11cmのスランプロスが確認され、その対策としてベースコンクリートにほとんど影響を及ぼすことなくスランプ保持性能を大幅に向上させることができる、スランプ保持剤を使用することにした。

同じく試験練りにてスランプ保持剤を添加した配合で60分・90分後の練り上がり性状を確認したところ、60分後のスランプロスが０㎝、90分後が5.5cmとなり、スランプロスを抑制することが確認できた。

また、圧縮強度試験にて設計基準強度を満たすことも確認できた。

③　生コンクリートを積出岸壁からホッパーに荷卸ししてから、施工箇所まで海上運搬する

ため、台船の動揺などからブリーディング水が発生しスランプロスを起こすことが考えられたため、0.25㎥バックホウにオーガーを取付け、海上運搬中や打設開始までオーガーにて撹拌することでブリーディング水の発生とスランプロスの抑制を行った。



図-１　海上運搬状況



図-２　撹拌状況

スランプ保持剤とオーガーの撹拌を実施した結果、打設開始までスランプロスを発生させることなく打設作業を行うことができた。

また、１日２～３スパンの打設作業を行い、１台船＝１スパンの生コンクリートの数量管理を行う事で打ち継ぎのない施工を行うことができた。



図-３　打設状況

④　積込みから打設終了後のコテ仕上げを行うまでの経過時間が長く、また耐寒剤を使用するため、硬化促進によるコテ仕上げの施工性の悪化が考えられたため、「キュアキーパー」を散布することにした。効果として、コテ仕上げの作業を滑らかにし、ブリーディングが少なく粘性の高いコンクリートの仕上げ性を改善し施工性を高めることができる。また保湿性・保水性を高め急激な水分の逸散を抑制し、初期ひび割れを抑制する。

結果として、コテ仕上げの施工性を高めることができ、ひび割れも発生させることなく施工を行えた。

⑤　発注者と協議を行い、上部コンクリートの下部１mをプレキャストブロックにて施工を行うことにした。

結果として、プレキャストブロックを作業ヤードで製作することにより、確実な品質を確保し、水際での作業もなくなり施工性と安全面をともに改善することができた。また、当初の現場打ち約940㎥を半減させることができ、工程短縮にも繋がった。

４．おわりに

以上の対策を実施したことで、当初問題点にあった、スランプロスを抑え施工性を維持するとともに、品質に関してもひび割れなども発生させることなく終えることができた。

また、プレキャストブロックで上部工下部の施工を行うことで、安全・品質・施工面における危険要因を排除することができ、仕上がりの良い構造物を施工することができた。



図-４　完了全景

最後に、本工事の施工にあたりご協力いただいた関係者、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。

37 品質管理

大規模耐震補強工事のプロジェクト管理における工夫

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　門田　徹○
現場代理人　前羽　洋
現場代理人　川元　悠平

1．はじめに

首都高速道路川口線において、地震時の緊急輸送路の確保等を目的とした大規模耐震補強工事を実施した。工事件数は、6件のプロジェクトの同時施工であり、約8㎞区間の高架橋の耐震補強工事を行った。

工事概要

⑴　工 事 名：(修) 構造物改良工事2-1～2-6
⑵　発 注 者：首都高速道路株式会社　東京東局
⑶　工事場所：東京都足立区～埼玉県川口市
⑷　工　　期：2018年3月～2023年11月の期間内で全6工事を実施
⑸　概算工事数量：支承取替2,420基、水平力分担構造452基、落橋防止装置2,253基、段差防止装置2,458基

2．プロジェクト管理における課題と改善策

本プロジェクトにおける課題として、大規模数量の支承取替工がクリティカルパスであることや、従来の足場内作業の繰り返しでは工期内での実施が困難なことが挙げられた。これらの足場内での施工管理に労力を要する作業に対し、各種取組により施工管理の高度化を実現した。

2-1　現地情報の図面反映効率化の工夫

本工事の支承取替工では、RC橋脚への鋼製ブラケット設置を行った。鋼製ブラケットは太径アンカーボルト（D41）で定着される構造であり、アンカー削孔後の孔位置情報の迅速な製作情報化が求められた。この一連の作業の効率化を目的とし、ターゲットを用いたデジタルカメラ3次元計測を適用した。カメラ計測はターゲットによる孔位置情報を、ダイレクトにCAD図面上に反映できるものとした。これにより、従来の手計測や手動による図面反映の作業の省力化・省人化が可能となり、手作業の中で生まれるヒューマンエラーを抑止した。**図-1**に、カメラ計測の状況を示す。

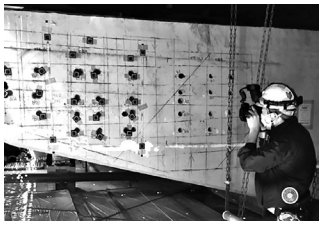


図-1　カメラ計測状況

2-2　支承取替時のジャッキアップシステムによる集中管理

支承取替工事において、取替後の支承反力を管理した例は非常に少なく、設計反力を考慮した適正な反力バランスを再現することは、耐久性向上の観点から重要である1)。これに対し、支承取替時の油圧ジャッキを一元的に制御可能なジャッキアップシステム（以下、本システム）を開発し、適用した。本システムは、電磁弁付き電動ポンプと、鉛直変位計およびそれらを一元的に操作できる制御盤で構成され、0.1㎜単位でジャッキの高さ調整が可能な機構とした。ジャッキ反力と鉛直変位計から電子的に読み取れる高さ・反力情報を元に、各主桁高さを調整することで、取替後の支承反力の適正化を実現した。取替後の反力は、同一支承線上の全ての支承をジャッキダウンした後に、再度同変位のジャッキアップを行い確認して

いる。**図-２**に本システムを配置した際の平面配置図を、**図-３・４**に使用状況および制御盤を示す。**図-５**に本システムにより実施した支承への導入反力の調整結果例を示す。**図-５**の場合では、７主桁のI桁構造の支承取替に対し調整を実施することで、支承取替前の反力バランスを設計支承反力バランスに近づけることに成功した。**図-５**内の支承取替前調整前反力が、支承取替後ジャッキアップ時反力に調整されることで、中央値つまり設計反力バランスに近づいたことが確認できる。また本システムを用いることで、従来の手動油圧ポンプ操作と変位計読み上げ・構造物監視に配置していた人員を、制御盤操作と構造物監視に絞ることができ、約50%省人化を達成した。これにより、複数箇所での支承取替工事の効率的な計画・実施が可能となり、工事期間内における適正期間での施工を実現した。

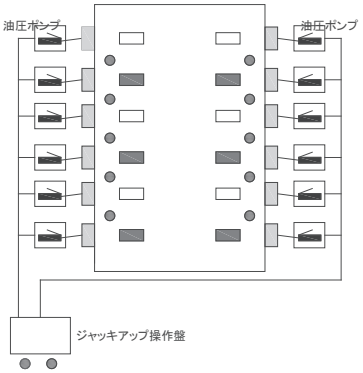


図-２　システム平面配置例



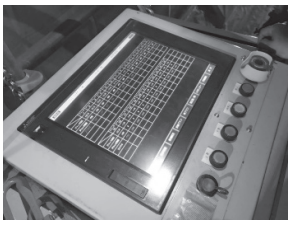


図-３・４　使用状況および制御盤

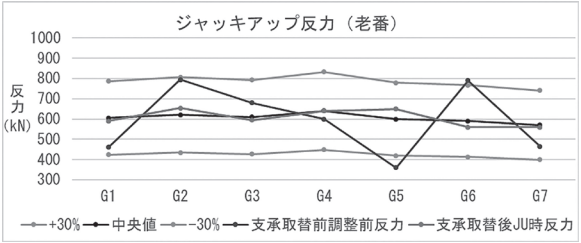


図-５　支承導入反力の調整例

2-3　情報ネットワークの活用

工事全体を通して、施工情報の的確な設計へのフィードバックや製作物のタイムリーな現地搬入時期の調整が必要であった。各工事の設計・製作・工事担当者間の情報交換の効率化や、連携強化が必須であり、従来体制からの改善の一環としてタブレット端末を用いた情報ネットワークの構築を行った。**図-６**に情報ネットワークの概念図を示す。情報ネットワークの構成者は、受・発注者、店社、設計部門、製作部門、協力会社および関連工事とした全工事関係者として、現地工事の情報をダイレクトに交換できるものとした。常に複数の目で見られる現場環境を構築して工事を見える化し、チャット機能による写真や動画での情報伝達により適切なタイミングで効果的な指示やフィードバックを実施した。また、情報ネットワークは、現地工事における安全管理上も非常に有用であった。例えば、作業日毎のKYKを配信することで、現地技師・協力会社社員の安全意識の向上、書類電子化による省力化を実現した。

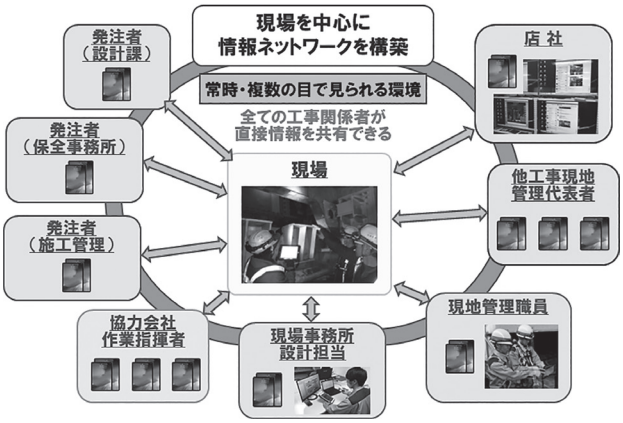


図-６　情報ネットワーク概念図

３．おわりに

本稿では、大規模耐震工事、特に膨大な基数の支承取替工事を実施した中での取組を例として紹介した。これらの取組により、設計・現地工事の効率化や施工品質の向上、各種作業の省力化・省人化を達成した。また、安全管理では重大事故の発生がなく、工期内での完工を達成している。これら取組がプロジェクト成功に寄与した効果は大きく、他工事の参考となれば幸いである。

参考文献

1）門田徹他：都市高架橋における反力バランスの調整を伴う支承取替，鋼構造年次論文報告集 2022年　Vol.30

38 品質管理

熱中症対策と橋梁補修資材等の品質保持

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○
土木部長　木村　良紀

1．はじめに

本工事は、建設から45年が経過し床板、排水管等に著しい劣化が見られる主要県道上の橋梁の補修、修繕工事である。

工事概要

⑴　工 事 名：令和３年度国補道路メンテナンス（橋梁）工事
⑵　発 注 者：長野県大町建設事務所
⑶　工事場所：（主）長野大町線　大町市　向橋他４
⑷　工　　期：令和４年２月28日～令和５年２月28日

2．現場における問題点

修繕対象橋梁のひとつに、老朽化した既設高欄L＝60mの撤去及び新設工事があり、昼夜問わず交通量が多い県道のため撤去作業中の通行車両含む第三者および作業員の安全をどのように確保するかが第一の課題となった。また施工時期が夏季のため、日中の気温上昇が橋梁補修材料の品質にも影響を与えることから品質確保のための対策と、作業員の健康管理（熱中症対策）への取組が課題となった。

3．工夫・改善点と適用結果

高欄取替工事を行う橋梁は直線かつ平坦で見通しも悪くなく、通行車両がスピードを出しやすい状況であった。また橋梁の高さは河川から約12mあり、万が一車両が落ちれば大変な事になるため、既設高欄を撤去した後転落防止網およびH鋼ガードレールを設置して、一般車両が道路端に接触しても橋梁から落下しないように配慮した（**図－１**）。H鋼ガードレールは設置及び撤去作業が容易なため交通管理における制限も短時間で済んだ。以上の対策により、高欄撤去～新設の期間中片側交互通行規制は平日昼夜のみ、土日休工時は開放した。



図－１　H鋼付ガードレール設置

また、現場橋梁周辺は夜間照明設備が不十分でかなり暗いうえ橋梁を挟んで両方向に急カーブがあるので、停止位置や規制区間を見易くするため視認性の高い立入禁止ロープやLED内蔵のバルーン型投光器やソーラー式LED矢印板を多数設置してドライバーに注意を促す配慮をした（**図－２**）。

今回使用する橋梁補修材料（接着剤や液体の混和剤等）は、温度変化により硬化・分離して品質低下を生じる恐れがあるため、空調設備のあるコンテナハウスを用意し、屋外の気温上昇に左右されない一定温度内で保管管理を行った（**図－３**）。



図-２　夜間通行規制状況



図-３　コンテナ内保管　室内温度管理

また現場での保管期間をできるだけ短くするために使用数量を調整して現場に搬入し、補修材料の品質保持に努めた。屋外での熱中症対策および品質保持対策としては、作業エリアに簡易テントを設置して日影を作り炎天下を避けると同時に車道側へはテント屋根から遮光ネットを下して床板はつりによるコンクリート片等の飛散防止を行った。床板コンクリート打設作業時には打設面の日除けとなって、湿潤養生での日照による水分蒸発の抑制や補修材料等の品質低下防止にもつながり、構造物の所定の品質を確保できた（**図-４**）。



図-４　簡易テント設置　湿潤養生

仕上げの舗装工では車道センターで生じる打継目にクラック抑制のため、橋面防水工でも使用した成形目地材を打継ジョイント部に貼り付けて、雨水等の侵入をできるだけ少なくなるよう施工して橋面の品質確保にも努めた（**図-５**）。



図-５　舗装打ち継ぎ目　成形目地設置

４．おわりに

今回の橋梁維持は補修対象の橋梁が複数あり、橋梁の設置環境も保全工事の工種も多岐にわたったが、施工中は常に通行車両の安全と県道沿線の住民に対して工事によるストレスを与えないような配慮を心がけた（資機材の置場、工事車両の停止場所等の確認、ゴミ等の持ち帰りなど）。また地元要望に応える形で、橋梁の劣化した排水管を交換して雨水等の流末の不具合を補修（**図-６**）する機会につなぐこともできた。その他現場周辺の草刈り、橋梁の歩道に伸びた枝の伐採、沿線の自治会花壇の作成等にも協力するなど、施工期間を通して地元住民とのコミュニケーションを大切に施工に取り組めたと感じている。



図-６　排水管流末処理

橋梁補修を行ったことで道路の周辺環境が良くなり橋梁上を安全に通行できるようになったと感じてもらえるように工事を進めて参りました。上手くいった部分がある一方で反省すべき課題等もありますが、発注者、工事関係機関の皆様のご指導、地元住民の方々の協力と善意のおかげで、本工事を無事故で竣工できた事に感謝致します。

39 安全管理

厳しい施工環境下における、鋼桁架設の安全対策について

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　東　卓也○
監理技術者　青山　智明
工事主任　垰　博道

1．はじめに

本工事は、福岡都市圏と筑豊地域を結ぶ国道201号八木山バイパスの２車線区間を４車線化することにより、対面通行区間を解消し、渋滞緩和・交通事故防止等の安全・安心の確保を目的とする４車線拡幅事業の一環である。

工事概要

⑴　工 事 名：福岡201号花廻第一橋上部工工事
⑵　発 注 者：国土交通省 九州地方整備局
⑶　工事場所：福岡県糟屋郡篠栗町内住地内
⑷　工　　期：令和３年１月７日～
　　令和５年１月11日

2．現場における問題点

本工事は、交通量の多い供用中の八木山バイパス（25,000台/日）に隣接しており、架橋部直下は急峻な法面（橋脚高さ約30m）であった。また、橋台背面の施工ヤードは狭隘であり、施工条件が著しく悪かった（**図-１**）。

これらの条件下において、隣接する一般交通への安全対策と最適な架設方法の変更を検討した。

2-1　一般交通への影響

施工箇所は、平面線形R＝200のカーブに加えて4.6%縦断勾配を有しているため、一般車両からの視認性が悪いうえ、供用車線との離隔が狭く第三者災害に対するリスクがあった。また、夜間片側交互規制時には約300mの規制延長となるため、

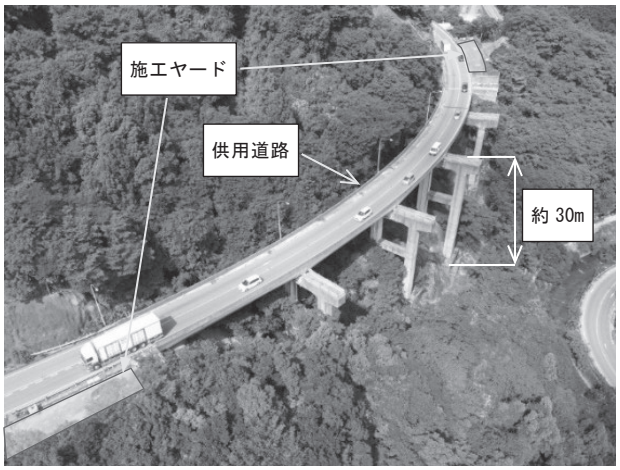


図-１　施工前全景

交通事故の危険性が懸念された。

2-2　交通規制回数の増加

発注時は、トラベラークレーンでベント基礎となる杭を打ち込みながら片押しで架設を行う計画であった。しかしトラベラークレーンを使用して急峻な法面への杭打設が困難なこと、トラベラークレーンの旋回に伴いクレーン後方が共用道路の建築限界を侵すことから、交通規制の回数が増加し、社会的影響が大きくなることが懸念された。

3．工夫・改善点と適用結果

上記の問題点を改善すべく計画段階において、CIMを活用し三次元モデルに架設進捗状況を加えた四次元架設シミュレーションを構築するとともに、交通規制時の安全対策を検討した。また、併せてより最適な架設工法の検討を行い、発注者と架設方法の変更協議を重ねた。

3-1　一般交通への安全対策

クレーン使用時にブームや吊荷が供用道路上へ侵入しないように3Dバリアを設置し、警告ライン接触時に自動報知を行うとともにクレーンを自動停止させるシステムを構築し、クレーンオペレータからも確認できる3Dモニターを運転室に設置することで視覚的な危険予知も可能とした。また、各支点部には飛散防止ネットを設置することで橋脚付近作業の安全対策とした（**図-２**）。

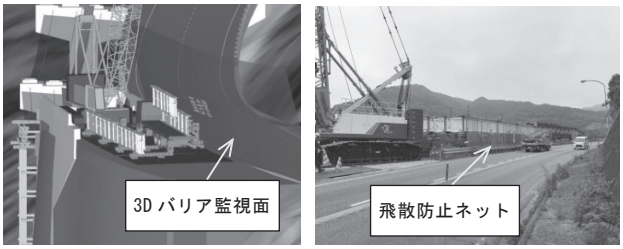


図-２　3Dバリア・飛散防止ネット

交通規制時の安全対策としては、規制箇所後方に後尾警戒車の追加設置と下り勾配車線側に速度注意喚起標示を設置した。現場状況を考慮した対策を実施したことで事故防止に努めた（**図-３**）。



図-３　後尾警戒車・注意喚起標識

3-2　架設工法の変更

両側径間は橋台背面ヤードからクレーンベントにより架設し、中央３径間は送出しで架設する施工に変更した（**図-５**）。規制回数は、**-下表-**の通り当初計画を半減することができ、社会的影響の軽減に寄与することができた。

-表-　夜間交通規制回数一覧

規制回数	当初	変更
	116 回	64 回
実施率		55.2 %
低減率		44.8 %

また、当初計画のトラベラークレーン架設から送出し架設に変更することで、ベント設備の基礎となる杭の施工が当初の４基から１基になった。トラベラークレーンによる杭施工は全て夜間規制を伴うことに加え、急斜面への位置出し、打設足場の組立解体、打設箇所の吹付モルタル撤去復旧等、安全面のリスクも高く難航が予想された。工法変更により脚上設備組立解体の規制作業が発生したが、全体の規制回数や危険リスクの低減、工程短縮を実現することができた（**図-４**）。

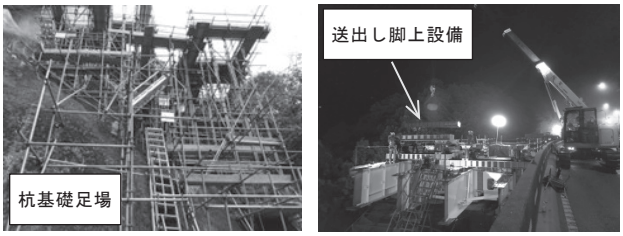


図-４　杭基礎足場・送出し脚上設備組立

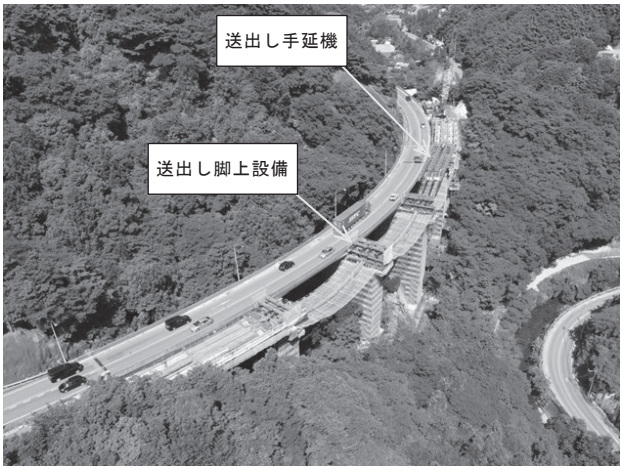


図-５　送出し架設状況

４．おわりに

上述した施工条件のもと、着手当初は心配が尽きず不安要素が多々あったが、現場に携わった関係者が一丸となり、大きなトラブルなく無事故無災害で完工することができた。

最後になりますが、本工事の施工にあたり施工方法についてご指導いただいた九州地方整備局福岡国道事務所の皆様、施工に協力いただいた工事関係者の皆様にこの場をお借りして心から感謝申し上げます。

40 安全管理

架空線下作業における安全対策について

福岡県土木施工管理技士会
株式会社廣瀬組
監理技術者
野　田　　豊

1．はじめに

本工事は、平成29年７月の九州北部豪雨において大量の土砂や流木等により甚大な被害が発生した筑後川水系赤谷川等の治水安全度を高めるための災害復旧工事の一環であり、赤谷川の護岸整備を行う工事である。

当該現場は、上流部及び下流部の２箇所点在している現場であり、特に上流部現場には、施工区間に高圧電線が横断しており、架空線下での作業が一番の課題であった。

工事概要

⑴　工 事 名：赤谷川流域
　　災害改良復旧（22号）工事
⑵　発 注 者：国土交通省　九州地方整備局
　　筑後川河川事務所
　　九州北部豪雨復興出張所
⑶　工事場所：福岡県朝倉市杷木星丸地先外
⑷　工　　期：令和３年７月22日～
　　令和４年９月30日

2．現場における問題点

【河川横断の高圧線下での作業】

護岸工施工場所に河川を横断している高圧線（6,600V）が架線されており、一時撤去や迂回が不可能であるため、架空線下での作業を余儀なくされた（**図-１**）。

このため、架空線下での重機作業等に対する安全対策を徹底し、架空線と重機との接触を防止するよう安全に作業を行うこととした。



図-１　架空線横断状況

3．工夫・改善点と適用結果

（線下作業時の架空線切断、接触事故防止対策）

警報システム『レーザーバリアシステム』を設置し（**図-２**）線下1.5mの高さで左右３mをレーザー範囲に設定した。又、警報器を重機運転席に常備させ、回転灯と警告音にて速やかに架空線接近をオペレーターへ認識させる事ができる警報システムを設置して、安全対策を実施し重機による架空線切断、接触事故を防止した。

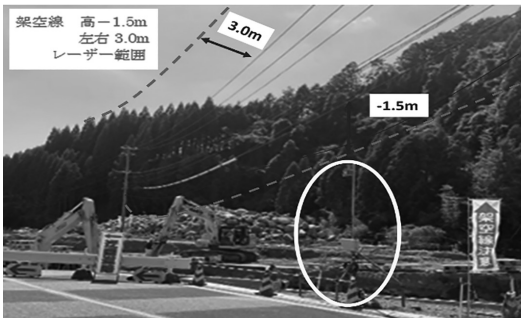


図-２　レーザーバリアシステム設置

（線下作業時　見張員の配置）

架空線下では多くの重機作業が存在する。その為、線下で重機作業を行う際には、見張員を配置し保安距離内にブームが進入する前に注意喚起合図をクレーンやバックホウオペレーターに送り接近時作業一時停止を徹底し周知した（**図-３**）。



図-３　見張員の配置

（架空線等上空施設への接触･切断事故防止教育）

工事施工前に全作業員を集合させて現地で架空線の種類、位置、高さ等の確認を行い、架空線等上空施設への接触・切断事故防止の安全教育（**図-４**）を行った。全作業員へ架空線の存在を周知徹底することにより、架空線に対する意識が向上し事故防止へと繋がった。また、見張員において当初配置時には、元請職員と一緒に現場で見張を実施し、指導及び教育を徹底した。



図-４　架空線等上空施設への接触・切断事故防止教育の実施

（現場出入口部に高さ制限装置を設置）

現場出入り口部に架空線の高さより1.5m下げの高さにて制限装置（**図-５**）を設置し、重機のアーム上昇による架空線接触・切断防止の注意喚気を徹底した。

次に、ダンプトラックの荷台を上昇したまま走行し、架空線を切断した事故事例があった。また、近頃はダンプトラックの走行に関する一般者からの苦情が多く発生している現状であり、当現場としては、ダンプトラックの運転手だけの新規入場教育、朝礼、安全教育を徹底して行い、架空線接触・切断の防止及び、ダンプトラック走行時における安全運転及び交通マナーの厳守を徹底させた。

その結果、ダンプトラックによる事故及び苦情は、一切なかった。



図-５　高さ制限装置の設置による明示と教育

４．おわりに

本工事は、２箇所点在している現場であり災害復旧の工事でもあったため、施工場所や施工順序の変更等が発生しやすく、また、多忙で事故が起きやすい現場であった。その状況下において、発注者からの協力及び密な打合せと地域の方々から協力を得て、現場施工を行う事ができた。

また、高圧電線が横断する箇所での作業を行うにあたり、上記の安全対策を施した結果、無事故・無災害にて工事を完成する事ができた。

今後、担当する現場においても、安全管理を徹底していき、各関係機関、発注者、地域の方々、工事関係者と全体で協議協力しあい、密にコミュニケーションをおこなって、無事故・無災害で工事完成を達成していく。

41 安全管理

海上作業時における他船舶との接触防止対策について

(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
足立　憲彦○　中島　貴宏

1．はじめに

本工事は函館市弁天町にある函館市国際水産・海洋研究センター前側岸壁の北側海域で、岸壁造成するための地盤改良工事であった。

工事概要

⑴　工 事 名：函館港-5.0m岸壁その他建設工事
⑵　発 注 者：北海道開発局　函館開発建設部
⑶　工事場所：函館港　弁天地区岸壁
⑷　工　　期：令和４年９月７日～
　　令和５年３月24日

2．現場における問題点

本工事の岸壁は延長約400mで、そのうち約半分の200mはすでに完成しており、海洋研究センター等の実習船が使用していた。そのため、海上地盤改良を行う際に、改良船と実習船との距離が近くなり、施工時及び離接岸時に接触事故が起きる可能性があった。施工箇所の近くに漁船等の小型の船舶が接岸している場合は、漁業組合や関係機関と協議をし、施工期間中の移動等の協力をしてもらっていた。しかし、今回は実習船が係船しており、容易に移動することができず、また移動先を確保することも困難なため、現況のまま施工を行わなければならなかった（**図-１**）。

①　改良台船の曳航及びセット時の懸案事項

改良台船は函館港内の２km程度離れた岸壁から曳航して施工箇所へセットしなければならなかった。台船の曳航及びセット作業は、実習船の近くで行うため、手際よく台船のセットを行わなければ、実習船側へと吹く冬期特有の強い北西の風に流されて実習船と接触する恐れがあった。

②　汚濁防止膜設置時における懸案事項

地盤改良施工前に、濁り拡大防止のため、汚濁防止膜（設置高H＝6.0m、単独フロート径中300mm、長さL＝140m：20m×７本）の設置を行う必要があった。汚濁防止膜は、台船全体を囲むように設置し、２個のブロックアンカーにロープで繋ぎ固定する。改良台船の周辺は狭いため、汚濁防止膜の設置は小回りが効く船外機船での作業を予定していた。

しかし、汚濁防止膜はカーテン状になっており、水の抵抗を受け扱いづらくなるため、船外機船のみで展張するのは難しく、特に実習船と改良台船の間は狭く、接触の恐れがあり設置作業が困難であると考えられた。



図-１　施工箇所

③　実習船の離接岸時における懸案事項

実習船が離接岸する際は、改良台船のアンカーロープの上、または付近を航行する可能性があるため、船底とアンカーワイヤーが接触する恐れがあった。

3．工夫・改善点と適用結果

①　改良台船の曳航及びセット時における安全対策

曳船が安全に航行できるよう、実際に使用する曳船とその船長で事前に施工箇所まで航行し現況確認を行った。そこで航行方向や進入スピード・周囲の位置関係などを把握し念入りにシミュレーションを行い準備した。

改良台船のセット時における船尾側アンカー２丁の投錨位置は、改良作業の施工性及び台船の安全性を考慮して決めているため正確に投錨する必要があった。そこで、事前にGPS測量を行い、小型船舶を用いて投錨位置に竹旗目印を設置して行った。その結果、海上で目標位置か明確になったことでアンカーを所定の位置に投錨することができた。

また、アンカーの投錨後曳船を離し、船首側のウインチロープを岸壁へ取る作業を行う際に、台船が一時的にフリー状態となり強い北西の風に流される恐れがあった。そのため、台船の動きを止めるためにスパットを使用して台船を固定することにした。スパットが十分に効く水深を事前に水深調査を行い確認した。その結果、台船が固定され安全に係船ロープを取ることができた。

②　汚濁防止膜設置時における安全対策

汚濁防止膜を安全に設置するため、船外機船のほかに起重機船とダイバーを加えて行った。汚濁防止膜は３本（40m・40m・60m）に短く分け、汚濁防止膜は開かずにフロート部分に巻上げた状態で準備し、船外機船でも引っ張れるよう考慮した。起重機船で設置位置の近くまで運び、海上で船外機船に受渡してから設置を行ったので（**図－２**）、移動距離が短くなり小回りも出来たため改良台船と実習船の間でも、容易に行う事ができた。その後、巻上げていた汚濁防止膜を下ろし、ダイバーで連結してもらい設置作業は無事に完了した（**図－３**）。



図－２　汚濁防止膜の設置状況



図－３　海上地盤改良状況

③　実習船の離接岸時における安全対策

改良台船のアンカーの投錨位置にブイで明示すると共に、夜でも確認出来るよう標示灯を設置した。また改良台船は、作業中はスパットのみで固定可能なので、アンカーワイヤーは台船の移動に使用する以外は緩めて海底に沈める事ができたため、移動以外は常に緩めて作業を行った。このためトラブルもなく安全に終了することが出来た。

4．おわりに

本工事の施工の際にご指導・ご協力頂きました関係者の皆様に感謝申しあげます。

42 安全管理

不安定法面下における安全対策

長野県土木施工管理技士会
株式会社倉品組
工事主任
松澤　敬吾○　倉科　友行

1．はじめに

本工事は路肩の崩落により通行止めとなった、迂回路のない県道の災害復旧工事である。

工事概要

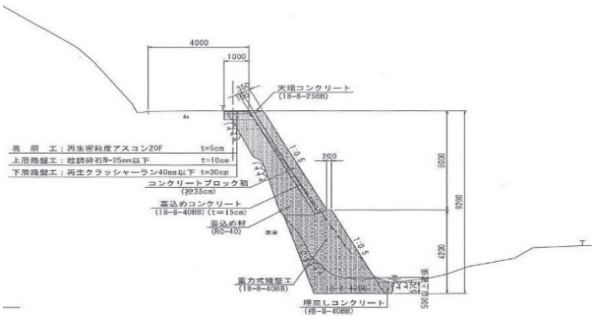
⑴　工 事 名：令和４年度　県単道路橋梁維持（災害関連）工事
⑵　発 注 者：長野県大町建設事務所
⑶　工事場所：(一）小島信濃木崎（停）線　大町市　土口橋
⑷　工　　期：令和５年３月１日～令和５年10月16日

2．現場における問題点

路肩の崩落は数年前の豪雨が直接的な原因ではあるが、谷側の崩落箇所には部分的に湧水が見られ、山側の法面下土側溝内にも湧水による滞留水を確認した。また現場踏査を開始した直後の５月初旬に集中豪雨に見舞われたところ、山側の法面の崩落が発生したため、当初計画の大幅な見直しが必要となった。そこで本工事を安全に施工するために地山の崩落の原因となる湧水の処理対策が優先的な課題となった。また現場までの道路は幅員の狭さや見通しの悪さ等で工事車両が通行する際に一般車両との交通事故等も予想されたため交通管理対策が課題となった。

3．工夫・改善点と適用結果

５月の豪雨後に発生した道路山側の法面崩落について、排土除去後に地山の土質を調査した結果、非常に脆い風化岩であることが確認された。この崩落以前より掘削面からの湧水は見られており、下方の土側溝等に集水し排水を行っていたが、降雨が重なることで今後も崩落する可能性はあるため、施工中の安全性を考慮して山側法面にモルタル吹付工(t＝50㎜)を実施することとした。また地質的にもこれ以上の地山掘削は更なる崩落



当初横断図

↓

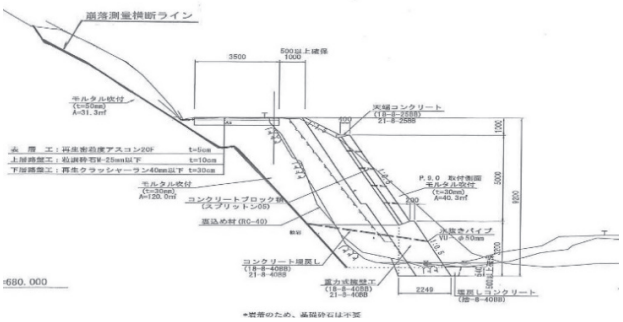


図-１　変更横断図 L＝1.5m河川側移動

の恐れがあるので、地山への影響を避けた工法が望ましいとする協議の結果、復旧構造物を河川側にL＝1.5m移動する設計となった。不安定地山からの距離をとることで、構造物背面施工時の崩落からの危険性を低減させた（**図－１**）。

崩落法面のモルタル吹付施工に際して、不安定岩盤表面の風化防止と湧水排除の目的で水抜きパイプの設置も検討し実施した。またモルタル吹付施工時期が夏季になるため、現場での温度変化や湿度の状況でモルタルの乾燥収縮ひび割れの発生が懸念されたので、モルタルを練り混ぜる際にクラック抑制材を配合投入し施工後のひび割れを予防した（**図－２**）。



図－２　クラック抑制材配合

また吹付時に法面からの湧水でモルタルが流されないように吹付用の急結材（**図－３**）を使用して湧水による流失を抑え品質向上に努めた。



図－３　急結材使用

工事車両が通行する道路については、幅員が狭いこと（W＝3.0～3.5m）、迂回路がないこと、カーブが多く見通しが悪いことなどの問題点があり、特に大型車の入れ違いが困難であることは安全面の他作業効率の面でも課題となった。交通量は多くないので、対向車と遭遇した際に確実に接触を避けられれば車両の衝突事故は防止できるので、現場までの道路脇に地元の了解を得て待避所を複数設置した（**図－４**）。また特に見通しの悪いカーブの手前に徐行看板を設置し、運転手への注意喚起を促した。



図－４　搬入路脇待避所・徐行励行看板設置

工事期間中は、通勤時間を配慮して朝８時30分までと夕方16時以降の時間は大型車両による資機材の搬入搬出を控えさせた。結果、工事終了まで地元からの苦情もなく無事故で竣工した。

４．おわりに

本格的な施工が始まり作業が軌道に乗った矢先の法面崩落発生、休工日だったため事故等に至らなかったのは本当に運が良かったと思う。この崩落を機に地質、地形の面から施工方法や工程を再検討し、改めて安全施工のための協議を深めることもできた。また地元住民の方々には生活道路が使いにくくなって迷惑をかけた分、借用した待避所周辺土地の草刈りや側溝の土砂撤去、道路の破損修繕等で地域の環境整備に取り組んだ（**図－５**）。



図－５　側溝土砂撤去・路肩補修

最後に、協議に丁寧に応じてくださった発注者・工事関係機関の皆さんのご指導と、地元住民の方々の協力と善意に心より感謝申し上げます。

43 安全管理

道路近接施工における交通規制の低減と安全対策

無所属
株式会社親和テクノ
主幹技師
岸 川　吉 隆

1．はじめに

当該法面は、道路延長約120m、高さ20m程度の切土法面で、植生の繁茂が著しい状態であり、起点と終点側に小崩壊が確認されていることから、令和２年度に法面の表層崩壊防止対策の実施設計が行われた。今回、切土法面の防災工事として、法枠工及び鉄筋挿入工ならびに切土法面の維持管理を目的として、法面に発生している雑木の伐採及び法尻対策のモルタル吹付工を実施したものである。

工事概要

⑴　工 事 名：市道内野小田志線道路防災工事
⑵　発 注 者：佐賀県嬉野市役所
⑶　工事場所：佐賀県嬉野市嬉野町大字下宿地内
⑷　工　　期：令和４年３月９日～
　　令和４年10月31日
⑸　主な工事数量：

道路防災工事
　伐　採　工　A＝1,250㎡
　土工（掘削）　V＝148㎥
法面工
　現場打法枠工　L＝451m　A＝364.5㎡
　モルタル吹付工　t＝8㎝　A＝194㎡
　鉄筋挿入工　N＝35箇所　L＝75m
仮設工
　仮囲い設置・撤去　L＝127m

2．現場における問題点

本工事場所である市道内野小田志線（以下、市道）は、高速道路嬉野インターより嬉野温泉街に通行する最短路線となっており、１日の通行量が多い道路である。

当初の計画において、市道道路に仮囲いを設置し、終日片側交互通行規制により工事を施工する予定であった。

しかし、規制区間が約160m間程度と長距離の為、規制の際の信号待ち時間が長くなることが予想された。信号の待ち時間が長くなることにより、通行車両に不便を強いる可能性が考えられた。

また、規制区間内に側道からの一般車両の進入箇所が５箇所存在し、夜間に信号機の対応が７箇所必要となるが、信号機すべてを連動させる事が現実的に難しかった。

信号機が使えない場合は、夜間においても全ての進入路に誘導員配置が必要となることになる。このことから、現道の片側交互交通規制によって生じる道路利用者への利便性低下の低減対策を重要課題とし、本工事では夜間規制をしない仮設方法を検討することとした。

3．工夫・改善点と適用結果

まずは、作業時間を見直すため、作業毎に事前準備や作業後の後片付け作業に時間を費やさない方法を採用した。

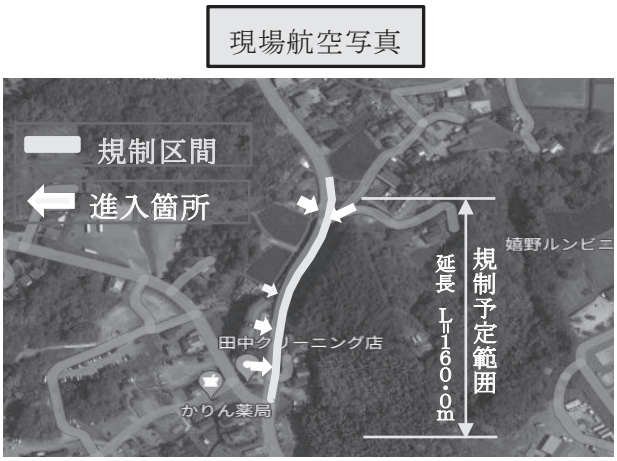


図-１　現場航空写真

伐採工事では設置・撤去が容易な簡易バリケードを採用し、設置した（伐採工事にかかった準備・跡片付時間：40分）。

また、土木工事では道路を敷き鉄板にて養生し、掘削土砂の市道への流出防止対策として２段積みにした大型土のうで対応し、毎回設置・撤去を行った（土木工事にかかった準備・跡片付時間：100分）。

さらに吹付工事では吹付作業時の市道への粉塵飛散防止対策として、移動可能な粉塵対策ネット（H＝3.0m）を作成し、施工を行った（吹付工事にかかった準備・跡片付時間：60分）。



図-２　飛散防止対策

その結果、準備や作業後の片付け時間が短縮され、作業時間が８時～17時で可能となり、片側交互通行の規制時間帯も８時～17時で可能となった。

さらに、上記の時間短縮と同時に、安全対策もすることができた。

また、各作業において施工スパンを５つに分け、規制区間を最小限に縮小した。１スパンのみを規制区間とし、残りの４スパンは規制をしないことにより、規制による交通車両への不便を極力削減することができた。

なお、交通規制が１スパンごととなったため、側道からの一般車両の進入が少なくなった。

それに伴い、交通誘導員は３名体制で行うことが可能となり、見張り要員にて工事中監視を講じる事が出来るようになり、安全性も上がった。

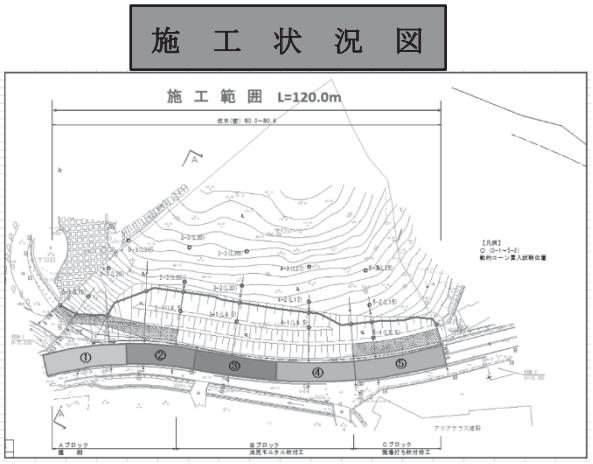


図-３　施工状況図

４．おわりに

今回は、事前の検討を入念に行い現場状況に応じた方法で交通規制をしたことにより、通行車両や地域住民の皆様からの苦情もなく工事を完了することができた。今回工事で実施した道路利用者に対する交通規制の低減対策が今後同種工事の施工を行う際の参考となれば幸いである。また、工事を施工するうえで、事前の準備がいかに大切であるかと言うことと、安全に工事を行うためには地域住民の協力が不可欠であり、日々の地域とのコミュニケーションがいかに重要であることを本工事の施工を通じて改めて実感した次第である。

今後もより良い現場施工をするための努力を怠らないことはもちろん、建設業界の将来を担う若手社員にも私自身が経験し得た技術を確実に引継いでいきたいと思う。

最後に、本工事を施工するにあたり発注者の皆様をはじめ、管轄警察署、その他ご協力いただいたすべての関係者の皆様に深く感謝の意を表します。

44 環境管理

架設現場における工夫について

日本橋梁建設土木施工管理技士会
UBEマシナリー株式会社
現場代理人　土谷　浩○
現場担当　清水　征也

1．はじめに

粟野橋は、架橋後60年以上経過しており、損傷箇所を補修しながら今日まで使用し続けてきた。しかし、支承の損傷が著しく、荷重伝達機能の低下が懸念されたため、早急な対策が求められた。ライフサイクルコストの計算結果、架け替えが望ましいとの判断から橋梁の架け替えを行っている。

工事概要

⑴　工 事 名：一般国道191号粟野橋（仮称）
　　橋りょう整備工事（上部工）
⑵　発 注 者：山口県　下関土木建築事務所
⑶　工事場所：山口県下関市豊北町
　　大字粟野字嶋崎から字道ノ下
⑷　工　　期：令和４年３月17日～
　　令和６年３月29日（予定）

2．現場における問題点

⑴　架設用重機の選定

発注時の架設計画で使用予定だった120t吊及び150t吊クローラークレーンの保有業者が県内にほとんど無く、調達困難なため、改めて計画を練り直す必要があった。

⑵　河川の環境保護

本工事は河川上で行うため、汚濁防止等の環境配慮に努める必要があった。

⑶　近隣への配慮

架設位置の周辺は民家が近接しているため、施工時に騒音・振動の低減に配慮する必要があった。

3．工夫・改善点と適用結果

⑴　左右岸側とも、発注時の架設計画で使用予定

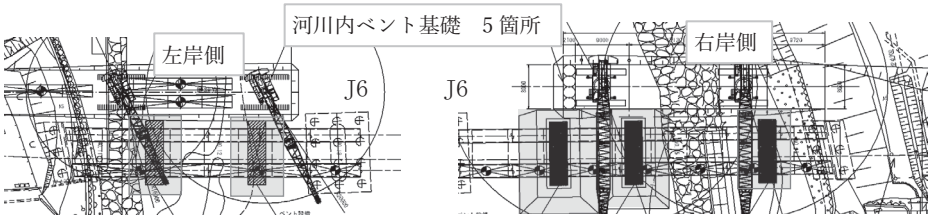


図-１　発注時架設計画図

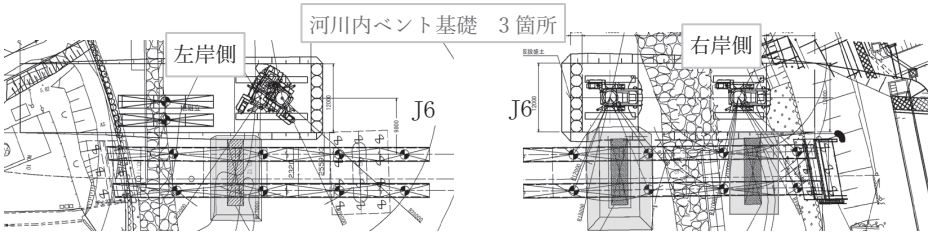


図-２　変更後架設計画図

だった重機から200t吊クローラークレーンに変更した。変更により、地組架設を併用することで、ベント２基および河川内盛土を900㎡程度削減することができた。これにより、架設の効率化や河川内盛土の工事費削減、河川汚濁作業の削減ができ、また、200t吊クローラークレーンは県内業者が保有しているため、県内業者の活用も図ることができた。

地組架設により、左岸側架設完了時の主桁の張り出し長が長くなったが、あらかじめ骨組解析によって桁の挙動と応力状態を算出し、安全性の確認と出来形管理を行った。

発注時の架設計画図を**図－１**に、変更後の架設計画図**を図－２**に示す。

⑵　本橋が架かる粟野川は、アオノリやシロウオ漁が盛んであるため、河川の汚濁防止について一層留意する必要があった。

そこで、泥分を含まない単粒砕石を中詰材として使用したラブルネット積層工法を採用した。また、吊り足場は、桁の架設直後から足場解体時まで全面シートで養生し、ゴミや油脂、コンクリート汁等の落下を防止した。

これらの対策により、河川を汚すことなく作業を進めることができた。**図-3・4**に実際に行った対策の写真を示す。



図－３　単粒砕石とラブルネット



図－４　足場シート養生

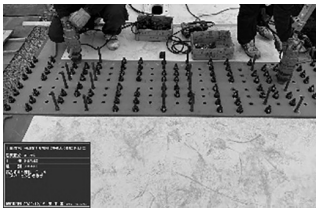
また、床版コンクリート打設中の河川保護として、シート表面に微細形状を設けることで、毛細管現象によりシート全面に水を搬送できる水搬送シート（NETIS:TH-150016-VE）を採用した。水搬送シートの使用により、湿潤養生で使用する一般的なシートに比較し、1/10の水量で養生が可能となる。これにより、養生で発生するアルカリ水を低減でき、河川への流出を防ぐことができた。**図-5・6**に水搬送シートによる養生状況を示す。



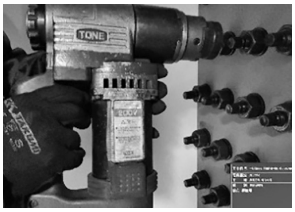


図－５　水搬送シート敷設　　図－６　散水状況

⑶　近隣住宅への騒音・振動対策として、ドリフトピンのハンマーによる打撃挿入・引き抜きに替えて、油圧によりピンを挿入するエスパーレンチを採用した。これにより、騒音値を100dBから60dBまで低減することができた（カタログ値）。また、高力ボルトの締め付け時に、衝撃音を発生するインパクトレンチに替えて、電動モーターにより締め付ける低騒音機械のナットランナーを使用することで、騒音値を90dBから70dBまで低減することができた（カタログ値）。**図-7・8**に施工状況を示す。



図－７　エスパーレンチ使用状況



図－８　ナットランナー使用状況

４．おわりに

河川上かつ住宅と近接した現場環境であることから、工事期間中は特に、周りに十分配慮し施工を行った。３．で示した工夫・改善点のほかに、工事説明看板の設置や自治会との交流を積極的に行うなどの対策も行い、令和５年10月までに問題なく現場作業を終えることができた。

最後に、本工事にあたりご指導、ご協力をいただいた発注者、工事関係者の方々に深くお礼申し上げます。

45 その他

鋼橋上部工工事の手軽に活用できるICT管理を目指して

宮崎県土木施工管理技士会
清本鉄工株式会社
現場代理人　片岡　雅志○
主任技術者　生野　智弘

1．はじめに

本稿は、中小規模の鋼橋上部工工事の現場において、手軽に活用できるICT管理を紹介する。

工事概要

⑴　工 事 名：熊本３号　野川川橋上部工工事
⑵　発 注 者：国土交通省　九州地方整備局
　　八代河川国道事務所
⑶　工事場所：熊本県水俣市長崎地先
⑷　工　　期：2022年８月１日～
　　2023年５月31日

2．現場における問題点

国土交通省が2015年12月に「ICT技術の全面的な活用」により、建設現場の生産性向上を目指す取り組み「i-Construcsion」の導入をしてから、ICT土工から始まり、現在ではさまざまな工種に拡大しており、鋼橋上部工においては、BIMCIMを活用した業務の効率化はあるものの、ICTで出来形管理する活用事例は少なく、特に中小規模クラスの工事では発展途上状態である。

またICTソフトも鋼橋上部工に当てはまる項目がないうえに高額であり、鋼橋上部工の施工業者からすればコストパフォーマンスに欠けている。そんな状態を打破したく、ICT構造物を「ICT鋼橋上部」に応用活用できないか、またソフトを購入しなくても、リース品で手軽にICT管理ができないか検討してみた。

3．工夫・改善点と適用結果

3-1　考査（問題点の検討）

ICT管理が鋼橋上部に普及しない理由の一つとして、他の工種と比べて、規格値の範囲が小さく、非常に精度が厳しいことが考えられる。例えば、出来形基準の中にある10編－４章－５節-10条－２項の支承工（ゴム支承）支承工の据付高さ規格値は±5.0㎜で、評定考査項目のバラツキ評価を考慮すると、規格値の50%以内なので±2.5㎜である（**図－１**）。

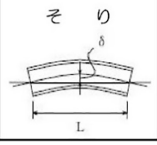
工　種	測定項目	規　格　値	社内規格値（規格値50%）
支承工（ゴム支承）	据付け高さ	±5mm	±2.5mm

図－１　出来形管理基準　支承工

ICT管理で使用する機械の精度誤差が5.0㎜あるので、ICT管理しても規格値外になってしまう可能性があり、規格値の厳しい工種には、なかなか使用できない。

そこで、比較的規格値範囲の大きい工種にだけ、焦点を当てて管理することにした。出来形基準３編－２章-13節の架設工（鋼橋）の測定項目「そり」に着目したところ、本工事の支間長（L＝38.0m）に対して、規格値（25±L/２）㎜＝±44.3㎜。規格値50%でも±22.1㎜なので、ICT管理で使用する機械の精度誤差が5.0㎜でも、桁の出来形精度が良ければ適用できると思案した（**図**

－2）。

工　種	測定項目	規　格　値	社内規格値 (規格値50%)
架設工(鋼橋) (ｸﾚｰﾝ架設)	そ　り 	±(25+L/2) L=38.6m ±44.3mm	±22.1mm

図－2　出来形管理基準　架設工

3-2　適用結果

今回は、わざわざソフトを購入しなくても、手軽にICT管理が行えるように、自動追尾TS（トータルステーション）､RC（リモートキャッチャー）、DC（データコレクタ）の機材をリース業者から、借りて管理を行った。本来であれば、桁のそり測定（レベルとスタッフを用いて）「二人計測」で行っていた管理を「一人計測」で行いたかったのだが、RCとDCを持って、幅の狭い桁上を通行しながら測定するのは、安全上非常に難しく、また桁上は安全通路やスタンションなどの障害物が多く、RCの高さを上げる必要があった。そこで、スタッフ上部にRCを固定させ、一人はスタッフRCを桁上で持って、もう一人は離れた場所でDCの設計値・実測値を確認しながら計測を行った（**図－3**）。



図－3　自動追尾TSを活用した桁のそり計測

その結果、従来のレベル計測に比べて「二人計測」には変わりがないが、自動追尾TS（トータルステーション）を活用することにより、事前に入力した出来形管理の設計値と、実測値の比較がその場で確認することができ、またレベルによる読み間違いや計算間違いの防止と計算時間の短縮により、測定作業の効率化に繋がった。また、計測した実測値データをパソコンに取り込むことで、入力時間の短縮により、出来形管理資料作成作業の効率化に繋がった。データ入力から出来形管理図表作成までの時間をレベル計測（従来）と自動追尾計測で比較すると、約４割の作業効率向上が見られ、しかもレベル計測（従来）に比べて、正確と記録の確実性も向上したので、確実な生産性向上の成果が上がったものと思われる（**図－4**）。

計測方法	レベル(従来)	自動追尾
データ入力	0分	15分
準備時間	5分	10分
測定時間	60分	30分
計算時間	20分	0分
パソコン入力 出来形管理図表作成	15分	5分
合計時間	100分	60分
正確	○	◎
記録	○	◎

図－4　レベル計測と自動追尾計測の比較表

4．おわりに

今回は、ICT活用頻度の少ない中小規模の鋼橋上部工工事の現場において、ソフトを購入しなくても、リース品で手軽にICT管理ができる方法を紹介した。これを機に鋼橋上部工において、少しでもICT施工・管理が普及し、将来の生産性向上の尽力になれば幸いである。

46 その他

現地踏査の大切さと新たなアイデア発想による可能性

福岡県土木施工管理技士会
株式会社廣瀬組
現場代理人兼監理技術者
津 村　太 輔

1．はじめに

本工事は、筑後川水系一級河川：矢部川に架かる『幸作橋』の老朽化による架け替え工事に伴う先行工事として、仮橋を設置する工事であった。施工開始時期は10月１日の出水期明けからとなっていた。

主な工事内容として、上部工としてプレガーダー橋を幅W=10m、延長L=52m、下部工の基礎杭としてH鋼杭（H400）長さ約36mを42本、ダウンザホールハンマー工法により打込む工事であった。

工事概要

⑴　工 事 名：県道富久瀬高線
　　幸作橋仮橋設置工事（１工区）
⑵　発 注 者：福岡県南筑後県土整備事務所
⑶　工事場所：福岡県みやま市瀬高町本郷地先
⑷　工　　期：令和３年８月11日～
　　令和４年３月31日

2．現場における問題点

1）仮橋上でのクレーン作業回避

当初、発注者による計画では工程進捗につれ、今回設置する仮橋上での施工を検討してあった。施工途中で200tクローラクレーンを一度解体し、200tオールテレーンクレーンにより、クローラクレーンを仮橋上に吊上げ組立てを行い、次工程の作業に移るようになっていた。そこが今回の施工の中で一番の危険なポイントと考えたため、吊り作業による事故防止と安全側での施工が出来ないかの検討を行った。

2）施工時における堤防道路の通行止め回避

現地踏査及び測量を実施した結果、仮橋下部工の橋台を施工する際に発生する床掘作業時に堤防道路の通行止めが発生することが判明した。そのことを地元区長に説明したが生活道路になっているため工夫して通行できないかと相談された（**図－２**）。



図－１　道路加工前

3．工夫・改善点と適用結果

1）仮橋上でのクレーン作業回避について

発注時の参考図面に記載のあった作業フロー図を基に現地踏査を実施し、作業工程を検討した。その結果、クレーンの作業能力と現地条件とを勘案すると陸上からのみでの施工が可能なことが判明したのである。発注者と施工順序及び工程を協

議し、仮橋上でのクレーン作業を回避することが可能となった。その結果、不安全な施工方法を取り除くことにより安全作業に繋がった。また、この施工順序により作業ヤードの制限が無くなり上部工施工が2班体制で施工が可能になったことと、作業フローを省略することにより当初予定より2週間程度の工程短縮ができた（**図-1**）。

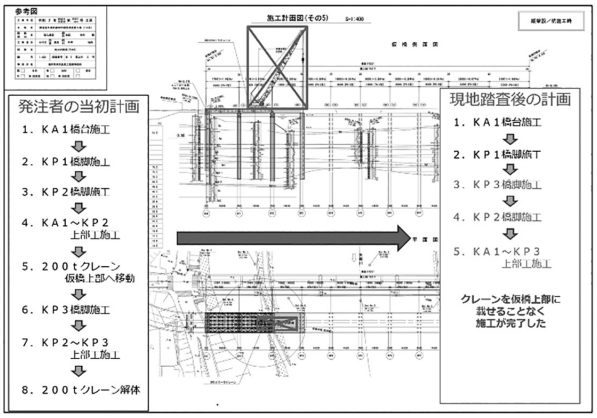


図-2　作業フロー図

2）施工時における堤防道路の通行止め回避について

一緒に現場を担当した入社3年目の若手職員が現場付近を何度も歩いて往復しているうちにあることを思いついたと言ってきた。「ここの舗装を加工して拡げてあげることはできないか」最初は「そんなことできるか」と思ったが現地で説明を聞くとアイデアが湧いてきたのである。さっそく図面を起こし、発注者と市役所建設課の担当者に説明し、警察協議を行った上、了承を得た（**図-3**）。



図-3　道路加工後

その結果を地元区長に説明し、通行止めを回避することができた。このことにより地域住民に対しての建設業に対するイメージアップに繋がったと思う。

4．おわりに

今回、初めて仮橋を設置する工事に携わり、分からないことばかりであった。逆に分からないことばかりであったためか固定概念にとらわれることなく現地踏査をした結果、今までにないアイデアの発想が出来たと思う。

特に今後は団塊の世代の先輩達が引退し、若手や女性が活躍する時代が来ると思われる。よって我々中堅世代はそのアイデアを批判することなく評価し、慎重に判断していくことが望まれると思う。

また、そのためには建設業のイメージアップや働き方改革推進などを率先して取り入れ、若手人材の確保及び育成や女性技術者の活躍できる環境整備に取り組んでいかなければならないと思う。

また、今般ICT技術の発展は目まぐるしく、そういった技術の取り組みに若手技術者や女性技術者が活躍できる機会を与え、仕事へのやりがいや自信を持っていってくれるとこれからの建設業のさらなる発展へと繋がると思う。

今後、さらなる技術の向上を目指し、切磋琢磨しながら建設業界を盛り上げていきたい。

47 その他

点検と意匠に配慮した横断歩道橋について

日本橋梁建設土木施工管理技士会
日本車輌製造株式会社
設計担当　　主任技術者
吉嶺　建史○　　花井　正博

1．はじめに

本工事は、刈谷駅周辺地区市街地総合再生基本計画の一環として、通勤時の歩行者交通需要が大きい地区への歩行者デッキ整備に伴う交差点上への横断歩道橋設置工事である。横断歩道橋の全景を**図-1**に示す。

工事概要

⑴　工 事 名：交通安全施設等整備事業
　　県道今川刈谷停車場線桜町交差点
　　横断歩道橋設置工事
⑵　発 注 者：愛知県
⑶　工事場所：愛知県刈谷市桜町地内
⑷　工　　期：令和３年12月28日～
　　令和５年３月20日

2．現場における問題点

⑴　点検を考慮した構造

高度経済成長期に整備された橋梁等の道路構造物を効率的に維持管理していくため、平成26年より、橋梁等の点検は近接目視により５年に１回の頻度で実施することが基本とされている。鋼橋に関しては、腐食、き裂、高力ボルトの緩み、支承の機能障害などを点検し、横断歩道橋も例外ではない。一方で、意匠性を考慮して化粧パネルを設置した歩行者デッキが多数建設されてきたが、このような構造では橋本体の点検が困難であるという問題がある。本工事の横断歩道橋は刈谷駅前デッキから続く一連の歩行者デッキの一部であり、化粧パネルを設置する計画となっていた。そこで、点検性と意匠性を両立させることが問題となった。



図-1　桜町横断歩道橋全景

⑵　耐久性の向上を考慮した構造

本工事では、発注者から防食性能向上等、耐久性の向上を求められた。本歩道橋の階段は、タイ

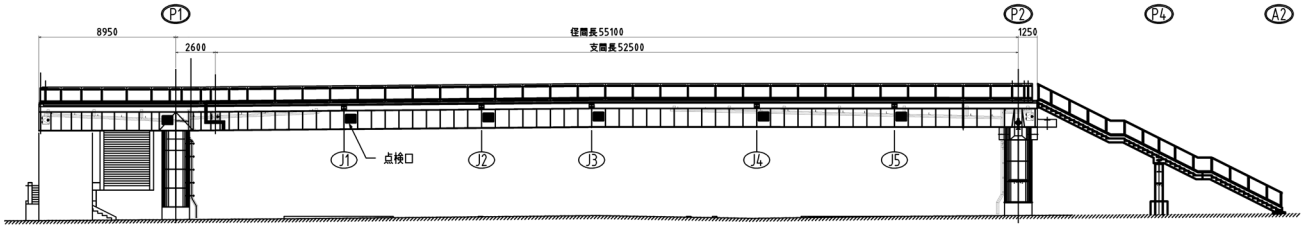


図-2　横断歩道橋側面図及び点検口配置図

ル舗装を施工することとなっていたが、タイル舗装では、タイルの浮きにより破損する事例が多く、これは、タイルの目地から踏み面への水の浸入が原因であると推察される。また、階段の最下段部においては、橋台コンクリートと鋼材が接しており、階段に覆われた橋台は日照が届かず湿潤環境となりやすいため、鋼部材の腐食が懸念される。これらの問題について配慮した構造が求められた。

3．工夫・改善と適用結果

⑴　点検に配慮した構造

本工事の化粧パネルは、板厚の薄いアルミ製で人がのることは出来ない。また、化粧パネル内の空間は非常に狭く、桁本体の点検作業は困難である。そこで、**図-2**に示すように、歩道橋の現場継手位置に合わせて、化粧パネルに点検口を設置することとした。点検口は、**図-3**に示すように、高所作業車に乗った点検者が点検口を開けて上半身を化粧パネル内に入れ込める大きさとした。また、化粧パネルは斜めに設置されるため、点検口の扉を開ける際に、扉が自重で急激に開くのを防止するためのストッパーを設置した。また、化粧パネル内への水の浸入経路を考慮し、桁本体との取り合い構造の見直し、水切り構造の追加も実施した。さらに、化粧パネル内の桁本体は塗り替え塗装が困難であることから、工場製作時に増塗を施し塗装の耐久性を向上させた。

⑵　耐久性の向上を考慮した構造

階段の踏み板は水が溜まりやすい形状をしており、舗装後に浸入した水は抜くことができない。そこで、**図-4**に示すように踏み板の勾配の低い側に水抜き孔を設け、モニタリングシートで塞いで舗装することとした。これにより水の浸入を早期に発見することが可能となる。また、階段の最下段部については、コンクリートとの接触部にNSアンチラストフィルムを貼付した。NSアンチラストフィルムは、耐水、耐塩水、耐候性等の向上により、塗装の長寿命化を図ることが可能である。薄層舗装の階段に対しては舗装と鋼部材の境界部に腐食が生じやすいため、**図-5**のように薄層舗装にハンチを設け、境界部への滞水を防止し耐久性を向上させた。

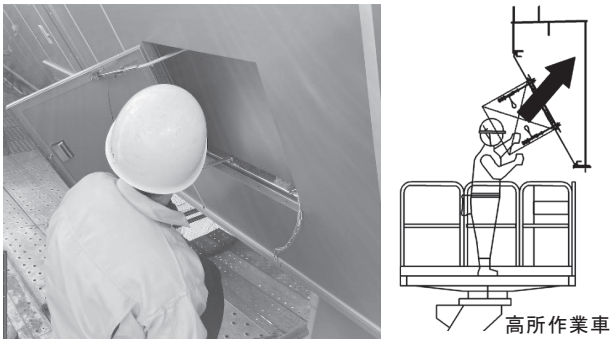


図-3　点検口使用状況

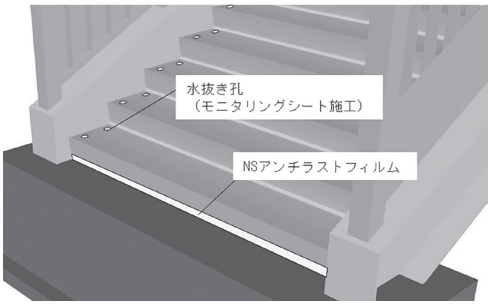


図-4　耐久性向上対策1

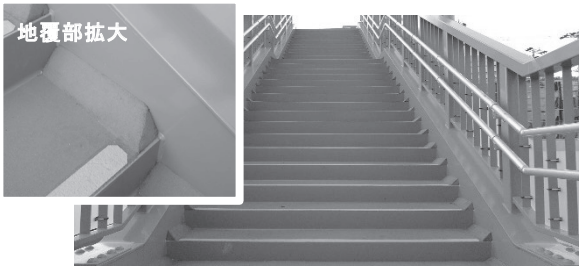


図-5　耐久性向上対策2

4．おわりに

5年に1度の点検が義務化されても、点検ができない構造物は多数存在する。このような構造物を造らないために、新設時から点検、維持管理に配慮した構造とすることが求められる。歩道橋は比較的、重要度を低く見られがちであるが、道路や鉄道の上に架かるものであり、路下への影響が大きい。本工事では、発注者、関係各社の協力により、点検、意匠の両立を図った歩道橋とすることができた。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。

48 その他

防舷材設置工事での実施事例

無所属
東日本コンクリート株式会社
担当技術者　　担当技術者
高　橋　　信○　　八　鍬　　勝　智

1．はじめに

本工事は、宮城県仙台市にある仙台港のふ頭に設置してある防舷材が経年劣化などにより耐力不足や海中への落下している物や損傷が激しい部材があり防舷材としての機能を果たすことができなくなったため停泊する船舶の停泊時の安全確保のため交換工事として発注されたものであった。

工事概要

⑴　発 注 者：宮城県仙台塩釜港湾事務所
⑵　工事場所：仙台市宮城野区港４丁目地内
⑶　工　　期：（自）2020年６月11日
　　（至）2021年３月31日
⑷　施工内容：防舷材撤去N＝２基
　　防舷材設置N＝７基



図-１　現場施工前状況

2．現場における問題点

今回の施工事例は、仙台港の中野ふ頭における防舷材の設置工事であった。仙台港は名古屋、苫小牧方面に向かうフェリーをはじめとして大型の貨物船が往来する港であった。接岸する船舶の安全を確保するために防舷材が設置してあったのだが、防舷材はゴム製品であるため経年劣化で損傷や海中への落下があり船舶および荷役の港湾業者から早急な設置が望まれていた。

工事受注後現場を確認したが、船舶が停泊していない日しか施工が可能ではないため、船舶の停泊していない日を探したがほとんど毎日大型の貨物船が停泊しており、作業はおろか現地調査もままならない状況が続いた。また、防舷材を設置するためには作業足場が必要であり、海上に簡易的



図-２　既設防舷材の劣化状況（撤去が必要）

な足場を計画することが必要であった。劣化した防舷材を撤去後に再設置するのだが、決められた位置に設置するためには以前打ち込んであったアンカーとの干渉を避けなければならなかった。

3．工夫・改善点と適用結果

発注者と打ち合わせを重ねていく中で気づいたことであったが、港湾業者には彼等独特のルールがあり毎週木曜日に港湾事務所にてバース会議を開催し翌週の接岸予定を決定するのであった。毎週会議に参加してはみたものの港湾業者も自社の作業を優先するあまり私たちの入り込む余地はなかった。しかし、港湾業者も防舷材の設置を早急に望んでいたため１か月後には協力してくれることになり工事が動きだしたのであった。足場の設置は施工が１基一日であるため簡単に組み立てられ簡単に撤去解体が可能な構造とする必要があった。単管パイプを使用し岸壁の車止めを利用して簡易足場を岸壁に固定し作業を行った。



図-３　簡易足場設置状況

既設防舷材撤去後、アンカー削孔位置を決定しなければならないのだが、既設アンカーが１か所だけでなく数か所設置してある場所もあり削孔位置の決定には時間を要した。幸いなことに防舷材設置位置に関しては台座コンクリート上なら横方向に制限がないことから既設アンカーとの干渉を考慮して設置位置を決定することが可能であった。

4．おわりに

今回の工事は当初は、防舷材撤去が２基、設置が５基の予定であったが、施工開始後に発注者と現場を確認したところ早急に設置が必要な個所が新たに２か所あることが判明し設計変更で２基の設置が増工となった。これに伴い当初契約工期末は10月末であったが、製作日数を考慮して２月末まで延伸となった。私は以前岸壁の電気防蝕、被服防蝕工事を経験しており海上工事には多少免疫はあるつもりでいた。しかし、前回工事は完全に海中作業であり私が介在する余地はなかったのである。ところが今回はすべて私の声が届く範囲での施工であった。海上工事と言ってもほとんどの作業が潜水士によるものであった。海上工事においては、地上作業と異なり墜落、転落事故の危険性はほぼ０である代わりに、航行船舶の安全確保、海洋汚染特に油脂類の流失防止などに注意をしなければならなかった。事前に安全、環境面の教育を作業員全員に実施していたので無事無事故で竣功を迎えることができた。

わが社では地上でのコンクリート工事や橋梁工事がメインであるため海洋工事の実績は少ない。今後様々な工事を手掛けていく方針が示されていることからこの貴重な経験を若手技術者にも伝えていければと考えている。



図-４　防舷材設置完了

49 その他

水道管修繕工事での事例

無所属
東日本コンクリート株式会社
現場担当　児玉　浩之○
現場担当　川田　睦

1．はじめに

本工事は、宮城県仙台市太白区大野田の一級河川名取川に架かる太白大橋に添加してある水道管の修繕工事であった。現場は橋長が626mと長いうえに仙台市南部と中心部を結ぶ県道258号線の非常に交通量の多い場所であった。

工事概要

⑴　発 注 者：仙台市水道局
⑵　工事場所：仙台市太白区大野田～柳生地内
⑶　工　　期：（自）令和３年７月13日
　　（至）令和４年３月31日
⑷　施工内容：伸縮可撓管補修工、添加菅保護工、ブラケット部修繕工、化粧板撤去工仮設工



図-１　現場施工前状況

2．現場における問題点

工事受注後、直ちに現場確認に訪れてまず感じたことは、橋面上の交と橋桁下面への車両の出入りの多さであった。社内で開催した施工検討会でも以下のような問題点が指摘された。

⑴　桁下には、一般車両が自由に出入りでき、かつ秋には河原で芋煮会が開催されるなど第三者に対する防護が必要であること。
⑵　水道管の修繕工事と並行して、床版が劣化している箇所にFRPシートを設置することになっている。しかし、桁下面から観察すると床版から漏水がありFRPシート設置面を常に乾燥状態に保つ必要があること。
⑶　施工延長が626mと長く第三者災害も考えられることから、従来の安全管理をよりレベルアップしたものにしなければならないということ。

3．工夫・改善点と適用結果

⑴　足場の組立作業中は、組立箇所を立ち入り禁止とすることで対応したが、組立完了後は開放する必要があったため、足場の防護に関して、従来の板張り防護ではなく、SKパネルを用いて防護することとした。SKパネルを使用したことで隙間のない確実な防護を行うことができ、第三者災害防止に有効な選択であったと言える。

⑵ FRPシートを施工するためには、コンクリート表面が乾燥していることが不可欠である。現場を確認すると漏水箇所が数か所ありそこから水がしみ出して床版を濡らしている状態であった。そこで漏水箇所に導水管を設置し、床版の漏水による水分のしみ出しを防止してからFRPシートを施工した。



図-２　足場組立全景（SKパネルによる養生）



図-３　床版導水パイプ設置状況

⑶ 通常の安全管理と言えば、日々の現場巡視による指摘、改善と月に１回の社内安全パトロールの実施があげられる。当現場では安全管理強化策として外部機関による安全パトロールを実施した。社内とは全く違った目で現場を確認してもらうことで、普段気づかないことや見落としている事柄について指摘を受けた。通常の社内安全パトロールとは一味違った切り口で現場を見てもらい、非常に有益な時間を過ごすとともに、安全管理、特に第三者に対する安全対策について作業所一同意識の高揚につなげた。パトロールの講評とともに短い時間ではあったが安全講和を聞く時間を作り安全作業に対して、意識を新たにすることができたことも非常に有益であったと考える。

４．おわりに

今回の太白大橋水道管修繕工事は、令和４年３月に無事無事故で竣功することができた。受注後は施工延長の長さと橋面交通量の多さと桁下への一般車両の出入りの多さに閉口したものだった。果たして無事竣工を迎えることができるのかと不安な日々を過ごしたのが昨日の出来事に思える。幸い、本社工事課、技術課、協力会社の方々の協力をもって無事竣工できたことは大きな喜びである。

コンクリート工事は、入社以来数多く施工した経験があるが修繕工事、それも水道管の修繕は初めての経験であった。わからないことが多すぎて頭を悩ませた日々の連続であった。日々、一つ一つ課題を処理していき竣功できたことで私自身階段を一段だけではあるが上ることができたと考えている。社内でも水道管の修繕工事に事例は数少ないものであるので、この貴重な経験は社内に記録として残し、若手技術者にもこの経験を伝えていくことが必要であると考える。受注環境が厳しい中、この施工経験がいつの日か活用されることを信じて。



図-４　現場施工完了全景

50 その他

PC 上部工工事での改善報告

無所属
東日本コンクリート株式会社
現場代理人　　担当技術者
三 島　一 彦○　鈴 木　雄 一

1．はじめに

本工事は、宮城県石巻市渡波から鮎川浜に向かう牡鹿半島の南側の道路改良工事として計画された路線のPC上部工工事である。現況は三陸地方特有の地形のためカーブの連続で交通事故多発区間であったため早期の改良工事が望まれていた。

工事概要

⑴　工 事 名：風越１号橋上部工工事
⑵　発 注 者：宮城県東部土木事務所
⑶　工事場所：宮城県石巻市渡波地内
⑷　工　　期：（自）平成30年９月14日
　　（至）令和３年１月29日
⑸　型　　式：プレテンション方式３径間連結
　　Ｔ桁橋
　　橋　長　70.0m
　　全巾員　11.0m（歩道2.0m）



図-１　現場施工前状況

2．現場における問題点

工事受注後現地を確認したが、現場は急峻な山合に位置するため資材搬入路及びクレーン作業ヤードは急カーブの県道を利用しなければならなかった。工場で製作した主桁を360tクレーンにて架設する計画であったが、一気に全径間架設するだけの作業ヤードを確保することが困難であったため、１径間目の床版コンクリート打設完了後に横締め緊張し次の径間の架設は、１径間目の床版上にクレーンを据えて行う予定であった。ところが１径間目の架設を計画中に取り付け道路の線形が変更になり当初のクレーン作業ヤードより狭くなることが判明した。

また、橋面施工時期が夏季になるため床版上での作業時の熱中症対策も課題の一つとして挙げられた。コンクリート工事においては、常にクラック防止が至上命題として挙げられるが、今回は橋長70mと比較的長いため地覆コンクリートのクラック防止が課題として浮かび上がった。

3．工夫・改善点と適用結果

まずクレーン作業ヤードについてだが、発注当初はA1橋台背面全面を使用できる予定だったが、変更案では取り付け道路のう回路がクレーンヤードに大きく入り込んだ状態であった。そこで発注者と協議しう回路を片側交互通行としクレーンヤードを確保することとした。曲線区間での片側

交互通行となるため通常の２名より多い３名の交通誘導員を配置して事故防止に努めた。

熱中症対策としては、床版上で作業する場合には通常の場合に比べて日光の照り返しにより作業員への負担増となっている場合が多い。現場での対応として作業員全員に空調服着用を義務化した。全員空調服を着用したことで体調不良を訴えた作業員は皆無であった。



図-２　A1背面クレーン作業状況（規制あり）



図-３　空調服着用状況

地覆コンクリートのクラック防止には、地覆コンクリート天端には養生材としてクラックセイバーをコンクリート打設完了後塗布し、型枠面には脱枠後保水養生テープを貼り脱枠後10日間保持した。結果クラックの発生は皆無であった。



図-４　保水養生テープ設置状況

４．おわりに

今回の上部工施工では、クレーンヤードの関係で１径間ごとの施工となり工程的には結果的に間延びしたものとなってしまった。作業開始直後からA1方のクレーンヤードが発注当初の計画より狭くなったのは誤算であったが、発注者との協議により無事に施工完了することができた。日頃から発注者とのコミュニケーションを頻繁にとることを心掛けているのでそれが功を奏した結果であった。

近年地球温暖化の影響で夏季の作業環境は年々悪化しているような気がしてならない。私が入社したころは熱中症などという言葉はなかったと記憶している。空調服の着用での乗り切った感じであるが、私は日頃から作業員各人の体調管理について機会あるごとに説明している。即ち、睡眠時間は最低でも７時間、朝食を食べること、過度の飲酒を避けること、水分補給管理表の記入など一人一人に説明している。空調服があるから大丈夫などと過信があってはならない。熱中症予防はまず自己管理からと説明している。幸いこの現場での発症はなかったが、次の現場でも継続していきたいと考えている。

地覆コンクリートの養生に関しては、製品の選定など本社技術課の協力もありクラック防止を図ることができた。現場と本社の協力が重要であると再認識させられた事例であった。今後今回の事例を継続して実施しより良い品質の構造物を構築していく所存である。



図-５　現場完成全景

51 その他

橋梁補修工事における事例

無所属
東日本コンクリート株式会社
監理技術者　　現場担当
畠 山　慎 吾○　　平 野 原　彰 宏

1．はじめに

本工事は、宮城県仙台市宮城野区蒲生の七北田川に架かる高砂橋の補修工事であった。作業内容は、橋面舗装切削打ち換え、地覆、高欄工及び足場組立て床版補修を行うことがメインであった。

工事概要

⑴　発 注 者：仙台市建設局
⑵　工事場所：宮城県仙台市宮城野区蒲生地内
⑶　工　　期：（自）令和２年12月４日
　　（至）令和３年11月31日
⑷　工事施工内容

橋面防水工　A＝2,511㎡　橋面舗装　A＝2,511㎡
区画線工　L＝715m　伸縮装置取換工　L＝49.2m
防護柵取換工　L＝817m　ひび割れ補修工、断面修復工　N＝１式、橋長　L＝203.３m幅員　W＝12.2m



図-１　現場施工前状況

2．現場における問題点

工事受注後現場を確認したが、まず驚いたのは高砂橋の架かる県道塩釜亘理線（県道10号）の交通量の多さである。仙台港と仙台空港を結ぶ路線であるためある程度の交通量は予想していたが、日中でも慢性的な渋滞が発生している状況であった。ここで舗装版の切削および舗装工事、高欄取替、伸縮装置取替を行うのはかなり問題があると思われた。橋梁延長が203mと長く且つ橋梁の前後に信号のある交差点があるなど片側交互通行を行うにはあまりにも厳しい条件であった。交通規制作業について、発注者と協議を行い夜間に作業を考えることとした。

次に足場工に関しても施工延長が203mと長いうえ河川敷には歩行者が通るところもあり養生方法に工夫が必要であった。また堤防は付近の皆さんの散歩コースとなっているため、足場への第三者侵入対策も重要な課題の一つであった。

3．工夫・改善点と適用結果

交通量の多さに着目した場合、とても日中の作業は無理と判断し、夜間（22：00～5：00）に作業を行うこととした。しかし夜間と言え、交通量は多く、しかも現場は信号機の連続であったため通常規制時より交通誘導員を増員し円滑な交通誘導に努めた。結果的に舗装打ち換え工、高欄取替工、伸縮装置取替工施工の際、片側交互通行で約

４か月連続的に夜間作業を行い苦情はゼロであった。また舗装切削後床版の脆弱部があり、発注者と協議の結果交通開放する早朝までの時間で補修することとなった。使用材料に関しては、早期強度の発現が求められていたためゴムラテモルタル（NETIS登録番号QS-150017-VR）を使用し床版補修を行った。

足場組立に関しては、一般の方々が通行する部分の養生は、通常の合板による養生ではなく、SKパネルを用いた養生を行った。SKパネルを使用したことで隙間のない十分な養生を行うことができた。また、起点方、終点方の足場出入口には「関係者以外立ち入り禁止」表示を行うとともに、施錠を行い第三者の立ち入りを防止した。



図-２　夜間交通規制作業状況



図-３　ゴムラテモルタル施工状況

４．おわりに

今回の高砂橋橋梁補修工事は、私にとって初めての橋面舗装打ち換え、高欄取替、伸縮装置取替工事であった。橋梁の老朽化に伴い、補修、補強工事は避けて通れない問題であった。近年橋梁の長寿命化が図られ橋梁補修工事の需要はこれからも増加の一途をたどるであろう。私も今思えば初めての舗装打ち換え工事などを行うにしては条件が厳しかったかなと思うところであった。しかし逆に考えれば、この現場を無事故、苦情ゼロで乗り切れたことは大きな自信にもなったことは事実である。当社はPC上部工工事が専門であるが、橋梁上部工施工業者として橋梁補修工事も数多く手掛けている。

社内でも今後同様な補修工事を受注する機会があることだろう。この高砂橋の貴重な経験を活かし自身の施工やほかの技術者へのアドバイスなど積極的に行っていきたいと考えている。交通規制を伴う工事ではどうしても一般の運転者の方々からの苦情がつきものではあるが、交通規制の方法、所轄の警察署との協議方法、標識、案内板の設置方法など伝えられることはたくさんあると思われる。

現場は一つとして同じところはないが、貴重な経験を財産として建てることができれば、施工者の最終目標である事故、災害ゼロの達成も見えくるはずである。これからも目標に向かって全社一丸となって取り組んでいきたいと考えている。



図-４　現場施工完了

52 その他

GNSS 不感地帯の砂防堰堤工事における ICT 施工

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、今年度は本堰堤左岸側の掘削からコンクリート打設と右岸側のコンクリート打設を行う工事である。

工事概要

⑴　工 事 名：檜ノ又谷砂防堰堤その５工事
⑵　発 注 者：国土交通省湯沢砂防事務所
⑶　工事場所：新潟県南魚沼郡湯沢町土樽地先
⑷　工　　期：令和５年５月８日～12月５日



図-１　完成写真

2．現場における問題点

檜ノ又谷は現場が狭隘で、衛星の補足が難しいため、GNSSを利用した通常のICTバックホウを使用することができない。これまでは「簡易型ICT活用工事」を適用してきたが、今年度はレイアウトナビゲーターLN-150と「杭ナビショベル」を使用してICT土工の完全適用を目指した。

3．工夫・改善点と適用結果

①　現場の３次元化

起工測量は地上型レーザースキャナ「GLS-2000」を使用し現場の３次元化を行った。現場は掘削対象面積1000㎡と広くはないが、起伏があるため１箇所からの測定では所定の点群密度を確保することができない。施工済本堰堤の上部と下部、堰堤下流側ヤードの３箇所から測定を行い、点群を合成することにより点群密度の確保を行った。

②　２次元図面から３次元モデル作成

発注図と数量算出根拠図の土工断面図を利用し、掘削床付面の３次元モデルを作成した。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。この時点で構造物の３次元モデル作成も同様の手法で同時に行った。

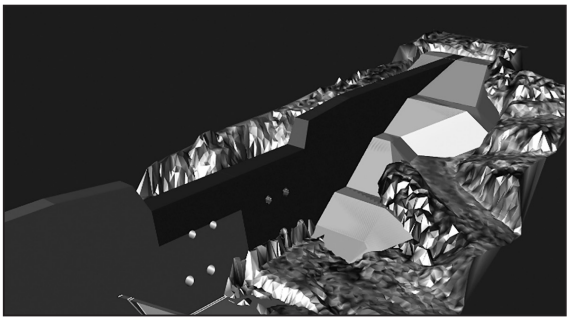


図-２　３次元モデル

③　杭ナビショベルでの施工

使用したバックホウは0.28㎥級の比較的小型な機種を採用した。事前に準備が必要で、使用する

バックホウにはコントローラー、360度プリズムの取り付けと、アームの各稼働部にチルトセンサーの取り付けが必要となり、マシンガイダンス表示用のタブレットも準備しなくてはならない。また、レイアウトナビゲーターLN-150は杭ナビショベルに対応するアップグレードが必要となる。現場の土質は岩塊玉石で巨石を含む土質となるため、杭ナビショベルのみでの施工が難しく、補助バックホウに0.8㎥級のバックホウを配置し、転石の処理や積み込み作業に当たらせた。

担当したオペレーターは見やすく施工しやすかったと評価が高かった。丁張設置作業がなく、掘削時の手元作業員も不要となるため生産性の向上が図れた。問題点としてはX、Yの誤差がやや大きくなった点があげられる。（X誤差最大70㎜、Y誤差最大40㎜、Z誤差最大７㎜）掘削余裕幅を500㎜取っていたため、出来形に影響はなかった。原因としてはアームがオフセット機能付きであったためと思われる。

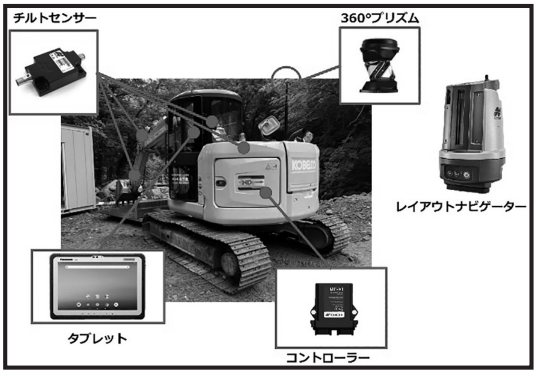


図-３　杭ナビショベル

④　床付出来形計測

床付出来形計測時にレーザースキャナが故障し精度の確保が困難な状態となり、急遽UAVによる空中写真測量で計測することとなった。地上基準点を杭ナビで設置し、UAVは自動航行アプリを使用して撮影を行った。対象面積が小さいため１回の飛行で全面積を補完することができた。今回は床付面が階段状に３段あったため、レーザースキャナを使用した場合、３度の計測が必要となっていた。結果的ではあるが、UAVでの計測の方がレーザースキャナを使用するより生産性が向上していた。今後は現場の形状や施工範囲を踏まえて、より効率のよい計測方法を選択していかなくてはならないと感じた。

⑤　数量計算

今回の施工では岩が露出したため、堰堤の施工を岩着で行う事となった。平均断面法では生コン数量の算出が難しいが、②で作成した構造物の３次元モデルがあることで点高法により容易に算出することができた。また、床付時の点群より生成したサーフェスと構造物の３次元モデルを合成して、埋戻土量の算出も点高法により行うことができた。

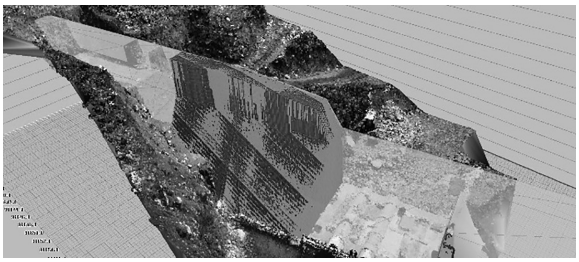


図-４　３次元モデルによる数量算出

⑥　遠隔臨場による立会

今回の現場では低軌道周回衛星を利用した「スターリンク」を設置し、現場内に高速通信環境があったため、遠隔臨場を行うことが可能であった。②で作成した構造物の３次元モデルを使用した遠隔臨場が行え、より見やすく、わかり易い立会を行うことができた。



図-５　遠隔臨場画面

４．おわりに

３次元モデルを利用することで多くの段階で生産性向上を感じることができた。今後は砂防工事でのBIM/CIMにも積極的にチャレンジしていきたい。

53 その他

Excel および CAD を使用した 自動作図システムによる業務効率化

日本橋梁建設土木施工管理技士会
日本橋梁株式会社
亀井　友紀子○　　若山　　和哉

1．はじめに

近年、少子高齢化による働き手の減少などを背景に、働き方改革が推進されている。業務の効率化や生産性の向上が社会全体の課題となっており、これを解決するためには「少ない人数・時間であっても効率よく作業できる環境」を整えることが重要である。

本稿では、橋梁の維持管理および点検に使用する検査路の図面作成において、作業の効率化を目的として実施した自動作図システムの構築について報告する。

2．自動作図システムの概要

＜背景＞

弊社製品に高耐食溶融めっき鋼板ZAM（溶融亜鉛・アルミニウム・マグネシウム合金めっき鋼板）を材料として製作した橋梁用検査路『JB-HABIS』（NETIS:KK-170055-VE活用促進技術）がある（**図-1**）。JB-HABISの製作にあたっては、設計図面（以下、構造図）、製作工場で使用する部材毎の詳細図（以下、単品加工図）、数量計算書を作成する必要がある。これまでは、構造図と単品加工図をそれぞれ手作業で作図していたため、整合性が取れていないことによる製作ミスが発生していた。また、JB-HABISの作図ができる社内の設計者が限られていたため、外注にて作図することも多くあった。外注作図の場合は、計画～図面完成までの間に何度もやり取りを行う必要があるため、時間と費用が掛かってしまうという課題もあった。

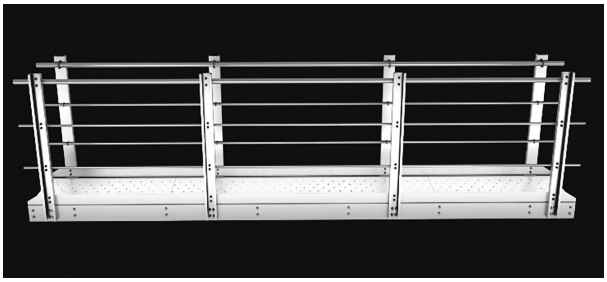


図-1　橋梁用検査路『JB-HABIS』

＜自動作図システム＞

これまでの背景から、効率的かつ整合性の取れた図面作成を社内で行うため、作図作業を自動化するための自動作図システムを構築した。

自動作図システムに使用したソフトウェアは、通常業務で使用しているExcelとAutoCADの２つである。構造図と単品加工図の自動作図は、手作業による作図作業を減らすことを目的として、AutoCADのスクリプト処理を利用した。スクリプト処理とは、作図するために必要なキーボード入力（作図コマンドや座標などの数値）をテキストで記述したスクリプトファイル（拡張子「.scr」）をCAD上で実行すると、様々な操作が自動的に実行される仕組みになっている。

作図に必要な座標値は、従来から使用している検査路部材の割付計算用Excelを改良して算出し、スクリプトファイルの作成にはExcelのVBA機能を利用して自動生成させた。また、支柱位置・手

摺長さの変更や梯子の追加など、割付計算からの個別の変更は、Excel上で移動量や取付位置を入力することで、スクリプトファイルに情報を反映できるシステムとした（**図-２**）。

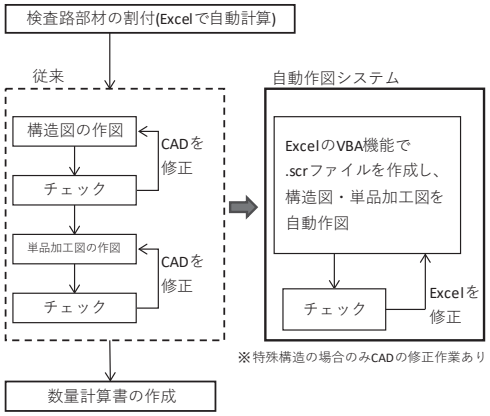


図-２　作業フロー

３．適用結果と改善点

＜作図の精度＞

構造図は、支柱の移動や梯子の追加をExcel上で変更入力して作図するため、特殊構造でない限りは手作業による作図（CADの編集作業）を行わない。単品加工図は、構造図の作図情報（座標、梯子の有無など）で作図するため、整合性があり、製作ミスを防止することができた（**図-３**）。

＜作業時間＞

作図作業を自動化したことによって、作図作業に掛かる時間を短縮することができた。また、構造図と単品加工図の作図を同じデータで同時に行うため、チェック作業の回数を半減することができた。従来通りに手作業で作図した場合と自動作図システムを用いた場合で図面完成までの時間を比較すると、作図スピードは1.5倍に向上した。

＜費用＞

自動作図システムを取り入れたことで、社内にJB-HABISの作図ができる設計者が増え、作図外注費を削減することができた。

＜改善点と今後の課題＞

検査路は、取り付ける構造物によって形状が変わるため、自動作図システムで全てに対応した図面を作図することは難しい。今後は、特殊構造についても作図方法を検討し、自動作図システムに取り入れていくことが課題である。

図面に表記する数量は自動で算出・作図しているが、数量計算書とは連動できていない。そのため、数量計算書は手入力で作成する必要がある。今後は、自動作図システムと数量計算書を連動することによって、更なる自動化･時間短縮を図る。

４．おわりに

自動作図システムでは、部材寸法や配置に必要な計算および作図作業を自動で行うため、誰でも精度の高い図面を短時間で作図することができた。また、自動作図システムに使用したソフトウェアは従来から使用してきたExcelとAutoCADであるため、初期費用も掛かっておらず、導入しやすいシステム構成となっている。今後は、JB-HABISの作図作業に限らず、同様の作図システムを取り入れることで更なる業務の効率化や生産性の向上を図っていきたい。

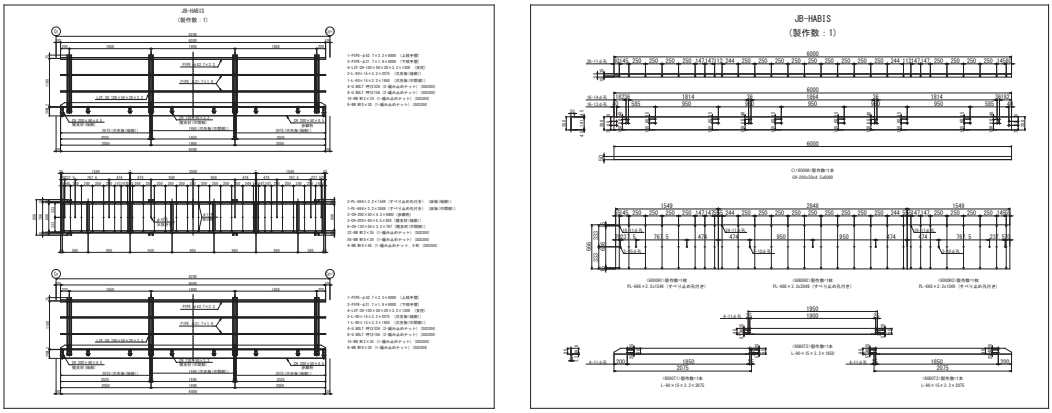


図-３　自動作図システムで作図した構造図（左）と単品加工図（右）

54 その他

3D スキャナーを用いた現地測量

(一社)北海道土木施工管理技士会
岩田地崎建設株式会社
監理技術者
竹田　俊太郎

1．はじめに

本工事は、札幌市バリアフリー特定事業計画に基づいた歩道のバリアフリー工事である。歩道すべての箇所で横断勾配を２％以内に収めるため、事前の測量・計画で現況を測定する必要があった。

工事概要

⑴　工 事 名：西２丁目線（大通南線～南２・３条中通線間）歩道バリアフリーほか工事
⑵　発 注 者：札幌市建設局土木部
⑶　工事場所：札幌市中央区南１条西１丁目ほか
⑷　工　　期：令和４年３月１日～
　　令和５年１月24日
⑸　工事内容：工 事 延 長 Ｌ＝　320m
　　：ブロック舗装Ａ＝2,100㎡
　　：縁　石　工　Ｌ＝　400m



図-１　現場全景

2．現場における問題点

西２丁目線沿線は多くの商業ビルが立ち並んでおり、各ビルによって民地境界の高さにばらつきや段差があった。歩道すべての箇所で横断勾配を２％以内に収めるためには、多くの測点で現況高さを測定し、接するビルへの影響を把握・軽減するために以下の点に留意する必要があった。

①　現地測量データ
現況の民地の高さを基準に、横断勾配が２％以内に歩道境界ブロックを設置するため、図面記載以外の全線の民地高さを把握する必要があった。また、測点を増やし何度も測量を行うと、人的要因によるミスが起こりやすくなることが予想された。

②　時間帯の規制
市内中心部の繁華街の現場であったため、昼夜問わず車や人の通行量が途絶えず、従来通りの方法で測量をするとかなりの時間を要することが予想された。また、商業ビルの出入口の座標データを取得するために、店舗の営業時間外で測量を行い、早朝・夜間に可能な限り短い時間で多くの座標データを取得する必要があった。

③　画像データ
商業ビルに隣接している現場で周囲への影響を把握するため、工事中・終了時に前述した高さデータの計測に加え、民地境界ブロック

の損傷などの外観上の変化がないかを画像データとして保存する必要があった。

3．工夫・改善点と適用結果

問題点を解決するために、計測には地上型レーザースキャナー（以下、スキャナーとする）を採用した。現況道路の表面の三次元データを取得し、さらに取得した座標値に色情報を与えることで画像データを作成することも可能とした。



図-２　3Dスキャンデータ



図-３　点群データ

測定時に車や通行人などの支障物が映り込むと正確なデータが取得できないため、通行量の少ない早朝の時間帯で測定を行った。また、１回の測定では現場の全区間を測定することができないため、スキャナーの位置を変え、すべての工事区域を網羅できるよう数回に分けて測定を行った。前述した３つの課題に対する適用結果を以下に示す。

① 民地境界において、測量対象を点群データ化することで、任意の点での座標の計測が可能となった。着手前に工事全区域のスキャンを取ることで、設計通り歩車道境界ブロックを設置した場合、所定の勾配を確保可能か照査できた。また、スキャンデータから三次元モデルを作成するため、測量時の読み間違いなどの人的要因を減らすことができた。さらに、工事完了時にもスキャナーで測定を行い、民地境界ブロックなどの沈下の有無を確認し、地先の方や発注者に説明する際の根拠資料として示すことができた。

② 通行量が少なく、店舗営業時間を避けた早朝の時間帯で２時間程度の測定を行い、２日間で全区間のスキャンデータを取り終えた。画像データを作成するため、明るい時間帯しか測定ができないという制約はあるものの通常２～３人で５日間程度必要になるところを１人作業により２日間で測定することができたので、測量時間を87％削減できた。

③ 点群データを取得した後に、色情報を与え**図-２**のような画像データを作成した。多くの点群データを取得しているため、着手前と工事完了後の外観を鮮明に比較できるようになった。その結果、工事終了後のテナントビルとの打ち合わせにおいて、工事の影響を与えていないことを証明した。

4．おわりに

スキャナーを用いた点群データの取得と三次元データの作成には大きなメリットがあると感じた。人為的要因である計測ミスを排除しながら広範囲で多くのデータを取得できることや、現場の計測人員と所要時間を大幅に削減できることから効率面では非常に有効である。また、画像データを作成することで『視える化』でき、施工者だけでなく地先の方や発注者と協議の際も有効な資料になる。特に、多くの建物が隣接している都市部では、円滑に工事を進めるために非常に有効だと感じた。

その反面、課題も多く残っている。スキャンを取るための専用機器がまだ広く普及していないので、現段階では扱える技術者が限られていることや、スキャンデータを取得した後の点群データの整理も専門性を要することが挙げられる。測定だけでなく、その後の三次元モデル化までの効率化が今後の課題となる。

第28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	地方発！砂防工事でのBIM/CIMモデル普段使いのすすめ	河野　義博	旭建設株式会社	宮崎県	P.102
	インフラDX賞	ICTを活用した現場罫書作業の省力化システムの開発	田辺　好司 木村　光宏 長尾　知佳	宮地エンジニアリング株式会社	日本橋梁建設	P.94
	優秀賞	3Dモデルを活用したフロントローディングによる耐震補強工事の効率化	坂井　靖幸 貞島　健介 尾崎　俊也	株式会社横河ブリッジ	日本橋梁建設	P.14
	優秀賞	河川内工事における工期短縮対策	中村　太志	蜂谷工業株式会社	岡山県	P.74
	優秀賞	深礎杭掘削時における止水対策及び、鉄筋組立の生産性向上について	森谷　光希	株式会社新井組	兵庫県	P.42
	優秀賞	重交通路線下における閉断面リブ鋼床版の下面対策工による予防保全について	能見　和宏 竹内　正一	日本橋梁株式会社	日本橋梁建設	P.106
	特別賞	該当なし	-	-	-	-
技術報告	最優秀賞	AI渋滞シミュレーションによる生産性向上	阿部　智宏 佐藤　芳憲	株式会社阿部土建	宮城県	P.140
	優秀賞	ハイブリッドケーソン工事における4Dモデルによる工事進捗管理	宮原　陽祐 池田　宗弘	エム・エム ブリッジ株式会社	日本橋梁建設	P.160
	優秀賞	LiDARおよび3DCGソフトBlenderの橋脚耐震補強への活用報告	野村　敬二	株式会社新井組	東京	P.178
	優秀賞	仮設作業構台によるコスト削減の達成	川田　幸二 山田　和英	株式会社倉品組	長野県	P.164
	優秀賞	鋼橋上部工工事の手軽に活用できるICT管理を目指して	片岡　雅志 生野　智弘	清本鉄工株式会社	宮崎県	P.200
	優秀賞	GNSS不感地帯の砂防堰堤工事におけるICT施工	森下　真朋	株式会社森下組	新潟県	P.214
	特別賞	ExcelおよびCADを使用した自動作図システムによる業務効率化	亀井　友紀子 若山　和哉	日本橋梁株式会社	日本橋梁建設	P.216

第28回土木施工管理技術論文報告集（令和５年度版）

令和６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
ホーマットホライゾンビル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