

# 目 次

## I. 技 術 論 文

### 施工計画

1	橋脚施工における対応方法	2
2	ベトナム国初の合成床版 (SCCデッキ) の施工	6
3	ケーブルエレクション直吊り工法における課題と対策について	10
4	河川を跨ぐ曲線人道橋の送出し架設	14
5	日野橋－応急復旧工事 (緊急施行) の設計と施工	18
6	河川内に橋脚を有する鋼桁の送出し架設について	22
7	市街地における大型断面箱桁橋の送り出し架設	26
8	箱桁ポータルラーメン橋の設計と施工	30
9	跨線橋の支承取替えにおける工夫	34
10	門型クレーンとトラベラクレーンを併用した箱桁送出し	38
11	震災復旧工事輻輳箇所における鋼橋架設工事の施工	42
12	鋼トラス橋端部鉛直材取替における安全性の確保	46
13	事業用地造成地内での架設用仮設備 (桁上覆工) を使用した桁架設計画	50
14	夜間大ブロッカー括架設見学会での実況中継	54

### 工程管理

15	プレキャスト施工による係留施設の築造	58
16	工程制約のある山間部橋梁の架設施工管理の工夫	62
17	横浜青葉ジャンクションの上部工架設工事について	66
18	既設桁補強工事における工程短縮への取り組みと 3Dプリンターを活用した現地計測	70

### 品質管理

19	コンクリート構造物補修工事における表面含浸材実地試験	74
20	狭隘箇所における地中障害物撤去の施工	78
21	日高自動車道 大狩部橋上部工事	82
22	寒冷地における床版架設工事 (花園橋)	86
23	RC巻立て補強工法における施工性能を考慮したコンクリートの配合	90
24	橋梁下部工の新設に伴う仮設土留工とコンクリート工に関する取り組み	94
25	雪崩予防柵工における各種アンカーの品質確保の取り組み	98
26	覆砂工事における覆砂厚さ確保の対策と工夫	102

### 安全管理

27	超高压送電線の近接箇所における道路橋新設工事の安全管理について	106
28	河道掘削その 5 工事の創意工夫について	110
29	身近な ICT/IoT 技術を活用した現場の安全と働き方改革	114

## i-Construction 等

30	3Dモデルの活用による現地照査の実施	118
31	現場条件を踏まえた法面での3次元計測手法の工夫	122
32	ICT砂防土工における内製化の取組み	126
33	岩盤検査準備作業における3次元設計データの利活用	130
34	ニューロータリーポンプ吹付工法による生産性向上について	134
35	鋼橋架設工事における計測の省人化とMRの導入	138
36	橋梁架設における現地施工へのCIM技術活用	142
37	鋼橋架設工事におけるCIMモデルを活用した施工および維持管理	146
38	3Dレーザースキャナを用いた架設検討の省力化と高度化	150
39	鋼橋上部工事におけるCIM・ICT活用による業務の効率化	154
40	道路上架設に4D-CIMを適用した架設計画例について	158
41	床版コンクリートの仕上げ作業におけるICT施工管理システムの開発	162

## Ⅱ. 技術報告

### 施工計画

1	漁港の機能保全工事における、堤体拡幅及び既設上部工取壊し方法の工夫による工程の確保	168
2	長距離シールドにおける加泥注入および長距離土砂圧送の施工計画	170
3	ケーソン上部工工事の施工計画について	172
4	岸壁背後地の地盤改良工事における施工計画について	174
5	防潮堤工事における施工計画について	176
6	路床盛土材の変更とその運搬方法の効率化について	178
7	これからの施工管理の在り方(求める監理・求められる安全)	180
8	静的破碎土圧工法による水中コンクリートの取壊し	182
9	曲線部の鋼矢板打込と上部構造物について	184
10	10分間の通行止めで歩道橋を確実に撤去	186
11	水没までのタイムリミット～旧橋撤去における工期短縮	188
12	現場状況に即した橋梁排水計画の立案について	190
13	支持杭支持層の事前確認とアンカー施工の工夫	192
14	河川橋梁の橋脚基礎工事におけるディストリビューターを用いた効率的なコンクリート打設	194
15	不可視条件下における施工履歴データを用いた施工と仮設計画の工夫	196
16	山間部の狭隘箇所における施工時の工夫	198
17	雨期の河川掘削工事	200
18	大型橋梁における耐震補強部材の現場施工精度の確立について	202
19	都心部におけるロッキング橋脚を有する橋梁の耐震対策	204
20	淀川大橋における補修補強の診断及び床版取替実測反映方法について	206
21	既設塗装の塗装剥離における創意工夫	208

22	ケーブルエレクション斜吊り工法における自動視準型トータルステーションを用いた桁の形状管理手法について	210
23	河川上の桁の落とし込み架設について	212
24	海上における斜ベント一括解体	214
25	水上輸送及びクレーン付台船を用いた架設工事について	216
26	狭隘な施工ヤードでの人道橋の送出し架設	218
27	鏡川橋(鋼上部工)工事における片押し架設の架設計画と施工	220
28	架設ステップ解析によるたわみ調整方法の検討	222
29	3径間連続非合成多室箱桁橋の送り出し架設について	224
30	支間長80mを超える送出し架設について	226
31	市街地の国道を跨ぐ合成箱桁の送出し架設について	228
32	狭隘なバックヤードでの回転送出し工法	230
33	ベントを使用した合成桁の床版打設	232
34	スーパーテーブルリフト搭載台船による一括撤去・架設	234
35	高力ボルト納期長期化に対する工場溶接の適用について	236
36	運搬経路に高さ制限のある箇所での多軸台車を用いた相吊り一括架設	238
37	溪谷部に架かる大きな縦断勾配を有する橋梁の施工工夫	240
38	中間橋脚で剛構造を有する橋梁の施工工夫	242
39	多段仮栈橋による鋼橋施工の工夫	244
40	供用中の道路上空に位置する高架橋の架設	246
41	橋梁拡幅工事における既設伸縮装置との接続施工について	248
42	橋台の変位により拘束された単純鋼鈹桁橋の支承取替	250

#### 工程管理

43	高架橋プレキャストトラフ構築工事における創意工夫について	252
44	工法提案で安全性向上と工期短縮	254
45	グラウンドアンカー工法における搬入計画および移設足場構築による工程短縮	256
46	4分割で行った橋面舗装	258
47	路線延長2,000mを超えるミニシールド工法の施工について	260
48	仮栈橋工事における高力ボルトひっ迫による工法検討と工程短縮について	262
49	河川区域内施工における工程短縮	264
50	クレーンベント工法と送出し工法を併用した河川内作業における対策について	266
51	開削工法における工期短縮工法の選定	268
52	F型標識移設の際の現場条件不一致に関する代替案の提案と安全対策について	270

#### 品質管理

53	特別豪雪地帯における連続鉄筋コンクリート舗装の品質確保	272
54	落石防止網工の品質管理の工夫	274
55	供用中のダムにおける取水塔基礎の施工について	276
56	盛土施工における品質向上のための取り組み	278
57	温度解析によるひび割れ防止対策	280

58	塑性変形した鋼床版等の部分取替施工について	282
59	2期に分かれた鋼床版板桁架設と現場溶接について	284
60	鋼製橋脚の組立精度の向上対策について	286
61	地盤改良工の施工性向上に対する取組みについて	288
62	既製杭の出来形確保における取組み	290

## 安全管理

63	工事が輻輳・重複している場所での安全施設の設置と維持管理	292
64	コロナ禍における安全対策・熱中症対策	294
65	交通規制に係る地元車両への対応と舗装の品質確保	296
66	工事用車両進入路の計画及び工夫による安全確保	298
67	作業性の向上と交通事故防止対策	300
68	高速道路営業線近接施工における追加安全対策	302
69	現道隣接工事における安全対策について	304
70	夜間工事における安全管理及び工程管理の工夫	306
71	市街地の舗装工事における地元とのコミュニケーション	308
72	交通規制と第三者に対する配慮について	310
73	外国人建設就労者に対する安全管理	312
74	国道49号線上大ブロック一括架設における、安全性の向上及び工期短縮施策	314
75	高層の高架橋工事における仮設足場の強風対策の工夫	316
76	供用道路上における鋼橋の架設工事の安全対策	318
77	名二環における鉄道上送出し架設について	320
78	密閉された現場内での夏季施工時の熱中症対策等について	322

## 環境管理

79	狭小地での現場施工と搬入計画について	324
----	--------------------	-----

## 維持管理

80	8径間連続鋼床版箱桁橋の伸縮装置取替工におけるゴムジョイント圧縮装置の開発	326
----	---------------------------------------	-----

## 新技術活用（NETIS 含む）

81	ゼニフロートX（浮き足場）を用いた橋梁点検等について	328
----	----------------------------	-----

## i-Construction 等

82	ICT舗装工（修繕工）のMCフィニッシャー使用とその成果報告	330
83	堤頭部スリットケーソンの据付におけるICT施工	332
84	ICT技術を活用した地域高規格道路の盛土工事	334
85	3Dスキャナーを用いた既設構造物の現地計測について	336
86	タブレット端末を活用した施工管理	338
87	検査等におけるICT活用による効率化	340
88	橋梁壁高欄配筋におけるMR技術の活用	342

# I. 技術論文

# 1 施工計画

## 橋脚施工における対応方法

東京土木施工管理技士会  
奥村組土木興業株式会社

原 宗 嗣<sup>○</sup> 上 田 一 義 木 山 絢 太

### 1. はじめに

本工事は、フーチングが分割されたラーメン式橋脚を構築する計画であった。基礎杭は鋼管ソイルセメント（ $\phi 1200/1000$ ）であった。橋脚の躯体幅は44mと大きいこと、フーチングが分割されており、仮設計画が単純でないことなどが懸念された。また、先行工事の例から支持層の傾斜が確認され、杭長もしくは杭形式が変更されることなどが懸念された。さらに、ラーメン式橋脚の梁部では柱主鉄筋の定着、柱帯鉄筋、柱と梁を接合するハンチ筋が交錯している。さらに本橋脚の完成計画では梁中央下部を車両が通行することになっており、安全性を考慮してプレストレスが導入されるため、鋼材配置が複雑であり鉄筋組立にあたって協議等に相当な時間を要することが懸念された。本報告では、施工前に確認された懸念事項に対する対応方法を紹介する。

本工事の概要を以下に示す。

- (1) 工 事 名：H30横環南栄IC・JCT下部（その8）工事
- (2) 発 注 者：国土交通省関東地方整備局
- (3) 工事場所：横浜市栄区田谷
- (4) 工 期：平成30年10月10日～令和2年8月31日
- (5) 工事数量：  
橋梁下部工 RCラーメン式橋脚（PC梁）  
コンクリート1,800m<sup>3</sup>、鉄筋450t

鋼管ソイルセメント杭50本、仮設工1式

(6) 工事目的：

横浜環状道路の一部を成す、横浜横須賀道路から一般国道1号線を結ぶ自動車専用道路の下部工工事である。

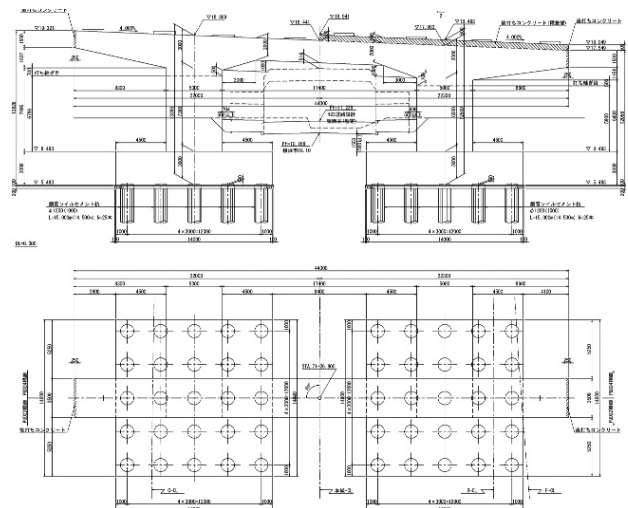


図-1 検討対象となった橋脚

### 2. 工事における問題点

工事着手前の設計照査に加えて、先行工事への聞き取り調査の結果、以下が懸念された。

- ①仮設計画が躯体構築に影響することで工程が遅延する
- ②支持層の傾斜により杭の変更が予想された
- ③梁部の配筋が複雑で時間を要する

それぞれの内容に対して、事前に確認された問題点を示す。

### ①仮設計画

当初計画されていた土留めの平面図を以下に示す。平面形状は1辺が18.400mの矩形形状、掘削深さは6.302m、鋼矢板はR側はIV型11.00m（根入れ4.515m）、L側はVL型12.50m（根入れ5.980m）、腹起しは1段目400H、2段目500H、火打は1段・2段とも400Hであった。

本仮設は、分割されたフーチングごとに土留めを行うことになっていた。施工へ配慮し、掘削量の低減、切梁の省略などの思想となっていた。

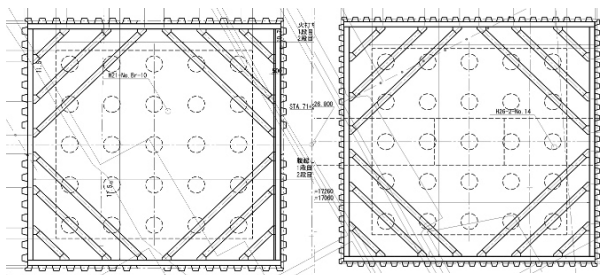


図-2 当初の仮設計画

施工上の問題として以下が判明した。

- (1) 当初計画に基づき施工した場合、上下線の土留工の離隔が4.0mしかないため、設計で考慮している土圧を受けなくなり土留工が平面的に変形するため施工不可である。
- (2) 設計者側に施工上の思想を確認した結果、土留めは片側の躯体（柱1ロットまで）を構築・埋戻し完了後に、片方を施工する分割施工を計画していたが、発注者は同時施工としていた。分割施工では工事全体の工程が4ヶ月遅延して、当初からでは9ヶ月遅延となる。
- (3) 土留めの分割施工の場合、作業工程が間延びし、作業工種に2～3ヶ月程度の空きが出来ることから作業員確保が厳しい。
- (4) 火打ちが3段で底版上に張り出すため、鉄筋組立てだけでなく、型枠の吊り込み作業の安全性が低下するなど懸念された。

以上から、作業工程の効率化と工程を遅延させないこと、施工上の安全性を確保するために、土留め形式を変更することにした。

### ②支持層の傾斜

先行工事において、支持層が大きく傾斜している恐れがあるとの情報を得たので、追加ボーリングを設計変更審査会で提案し、承認された。追加ボーリングの結果、以下が判明した。

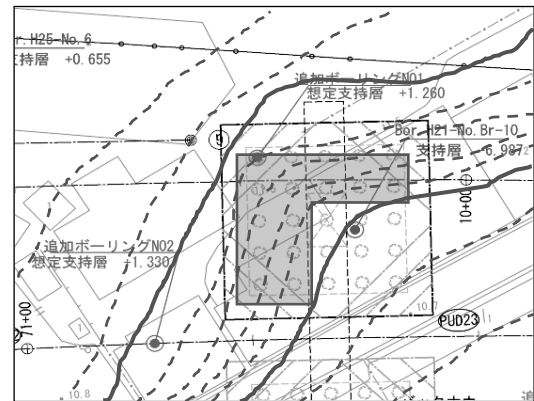


図-3 支持層の傾斜状況（推定）

#### (1) 硬質支持層への根入れ過多による不具合

追加ボーリングの結果から、杭を所定高さまで施工した場合、N値40～136程度の砂質泥岩層へ11m程度の掘削施工が必要となる。この砂質層への連続施工が、掘削機械への大きな負担となり掘削不能などの危険性があった。

#### (2) 支持層の極端な傾斜による施工不具合

追加ボーリングを含めた縦断図より、支持層深度として、追加No.1→既存No.Br10間の支持層の傾斜角度は44°以上、追加No.2→既存No.Br10間は約25°以上となることが予想された。いずれの勾配でも、支持層到達時の掘削装置（ロッド・ヘッド）の滑りなどによる掘削不能や掘削装置の破損、極端な杭傾斜等が想定され、傾斜支持層に対する対応策が必要であった。

#### ③梁部の配筋

PUD23橋脚の特徴として、柱主筋が梁部へ定着されている、梁幅が大きくPCケーブルが設置されている、梁・柱の接合部の配筋が複雑であるなどの特徴がある。そこで、鉄筋の組み立て前の段階で、CIMモデルを導入して鉄筋・PCケーブル・沓座の干渉を確認した。確認の結果、鋼材同士の干渉が確認されたが、大部分は組立時の移動で干渉を回避することができると想定された。しかし、沓座に関して以下の問題が判明した。

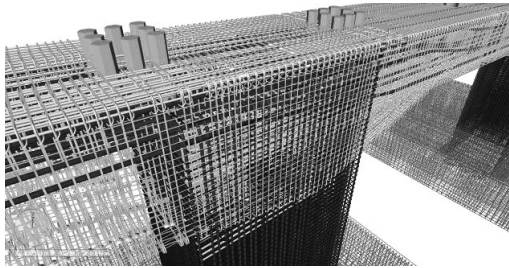


図-4 CIMモデル

(1) 沓座と柱主鉄筋の干渉

柱主鉄筋は梁内で水平方向に折り曲げ定着を確保する形状をしているが、水平部分が沓座と干渉する。フックの方向変更や形状変更を検討したが、いずれの方法でも干渉を回避することは困難であった。

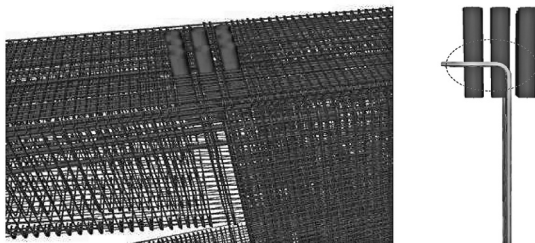


図-5 沓座と柱主鉄筋の干渉

(2) 沓座と柱帯鉄筋の干渉

L側柱の左側に配置される沓座と柱帯鉄筋が干渉する。沓座は柱主鉄筋の近傍に配置されるようになっていたが、帯鉄筋は柱主鉄筋を取り囲むように配置されていたため、鉄筋の移動では干渉を回避することは困難であった。

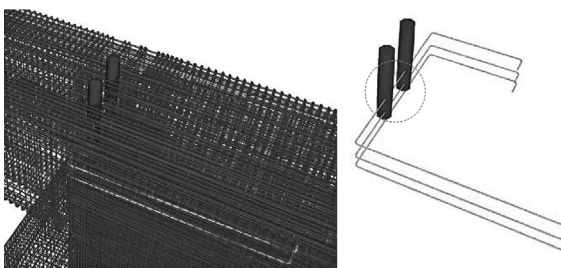


図-6 沓座と柱帯鉄筋の干渉

### 3. 工夫・改善点と適用結果

確認された問題に対して発注者と協議した内容および結果を以下に示す。

①土留め計画の変更

分割された土留めの離隔部分の土塊をなくし、土留め構造をシンプルにすること、吊込み作業に伴う安全性を高めること、工程遅延要素をなくすことなどに着目し、土留めの変更構造を提案した。

CASE-1：コラム切梁、中間杭なし

切梁としてコラム切梁を使用することで、施工にあたっては50t級大型クレーンが必要となるが、中間杭の設置によるコンクリートの箱抜き等の省略、撤去後の処理等がなくなる。

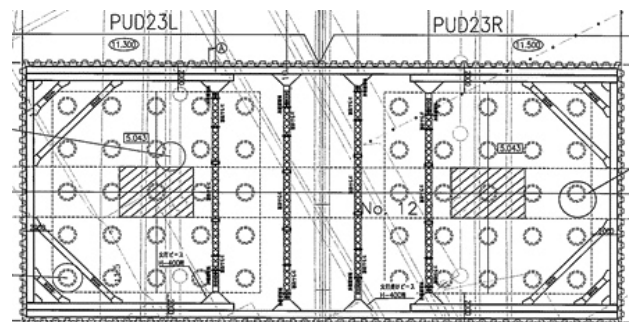


図-7 CASE-1の土留め

CASE-2：「CASE-1」に中間杭追加。コラム切梁減

フーチングを貫通しない位置で中間杭を使い、コラム切梁から通常の切梁とした。中間杭がフーチングを貫通しないので止水処理等は必要ない。中間杭があるので施工性がよくない。中間杭は1本だけだが、打設・引抜の工程が増える。

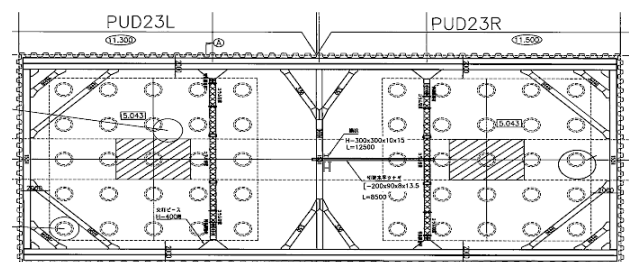


図-8 CASE-2の土留め

コラム切梁を無くすことで中間杭を増やす案などもあったが、施工性が大幅に低下することや作業工程が長くなる（中間杭の設置・引き抜きなど、配筋の変更など）ため、ここでの紹介は省略する。採用にあたって、大幅なコスト増となるため、その他の案の検討も指示されたが、作業工程が増えることなどから「CASE-1」が採用され



た。これにより、躯体の構築も含め、当初計画と比べて、4ヶ月程度の工程短縮をすることができた。また、中間杭を設置せず、躯体への箱抜きを行わなかったため、品質を低下させることなく施工できた。

## ②支持層の傾斜

既存および追加ボーリングの結果から支持層の傾斜角度が推定できたが、杭の支持層への定着位置が異なるため、地震時の変形特性が異なることが懸念された。このため、**図-9**に示す設計モデルを設定し、修正設計を行ったが、発生する応力（杭付け根、残留応力）ともに影響がないことがわかった。また、杭種等の変更も行わないことになった。

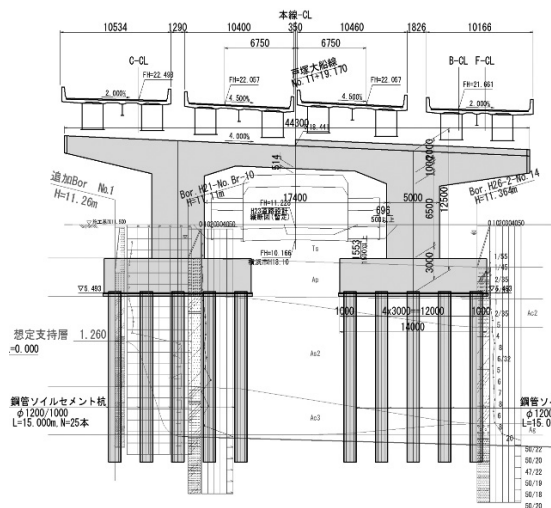


図-9 支持層の傾斜（設計モデル）

施工する杭の形式は「鋼管ソイルセメント」である。これは土中にソイルセメント柱を造成し、鋼管杭を挿入するものであるが、今回のようなN値の高い急傾斜の層がある場合、施工不能となる恐れがある。このため、支持層の傾斜している箇所については、先行削孔することにした。

## ③梁部の配筋

設計会社と協議を行い、鉄筋の加工形状を変更して対応した。

### (1) 柱主鉄筋

機械式継手を設けて、鉄筋の全体長さは変えないよう鉄筋の折り曲げ位置を箱抜き下端に変更することで、沓座との干渉を回避した。

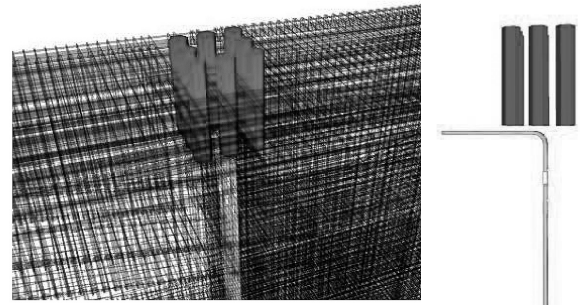


図-10 柱主鉄筋の干渉回避

### (2) 柱帯鉄筋

該当部分の鉄筋を内側に配置することで沓座との干渉を回避した。

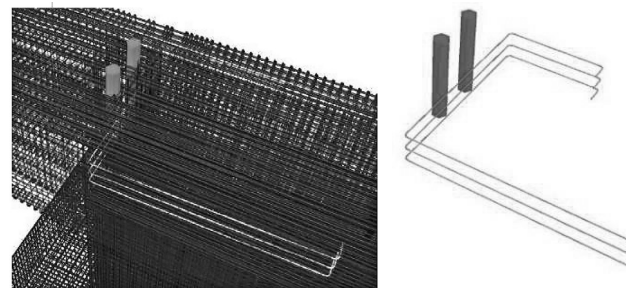


図-11 帯鉄筋の干渉回避

## 4. 終わりに

設計照査や施工計画の段階で懸念事項が確認された。土留めは、コラム切梁を使用することで工程短縮をすることができた。杭については、土中は不可視であり、推定支持層ラインの急傾斜の影響が懸念されたが、先行掘削により、高止まりや偏心などは発生せず問題なく施工することができた。あらかじめ対応を行うことで工程が遅延することなく施工することができたため、改めて事前調査や事前計画の重要性を認識した。

CIMモデルを導入し、干渉チェックなどの設計照査や設計会社との協議に活用した。2D図面と比べ、3Dモデルの方が配筋状況を把握しやすく、干渉などの問題点を事前に検討することができた。また、設計会社などの関係各所に対しての状況説明を円滑に行うことができた。特に、今回のような過密配筋では有効性が高いと考えられる。今後、土木工事においてはCIMモデルの活用が一般的になっていくと推定される。今回の事例が今後のCIMモデル導入の参考になれば幸いである。

# 2 施工計画

## ベトナム国初の合成床版(SCC デッキ)の施工

東京土木施工管理技士会

三井住友建設株式会社

作業所長

副所長

北山 民彦〇

石井 昌治

### 1. はじめに

本工事は、ベトナムの首都ハノイ市の外郭に沿う環状3号線のうち、高規格道路が未整備であった5kmの区間において高架型の都市高速道路を整備する工事の一部で、当工区は南側2.7kmの区間を施工した。今回は、ホアン・コック・ヴィエット交差点に架かる3径間の鋼橋に採用された鋼・コンクリート合成床版の施工について記述する。

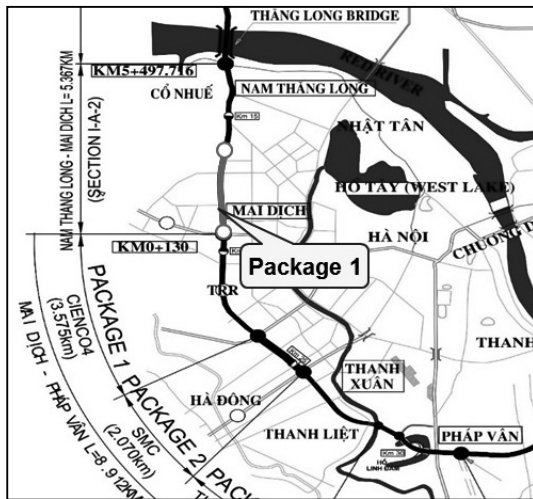


図-1 ハノイ市環状3号線計画位置図

#### 工事概要

- (1) 工事名：ハノイ市環状3号線建設計画マイジック-南タンロン区間) パッケージ1
- (2) 発注者：ベトナム運輸省タンロン工事管理局
- (3) 工事場所：ベトナム国ハノイ市
- (4) 工期：2018/5/11～2020/9/30

### (5) 橋梁諸元 (一部)

橋梁形式：3径間連続ラーメン合成箱桁橋

橋長：202.2m

支長：62.1m+78.0m+62.1m

幅員：有効幅員10.75m (上下線)

床版形式：鋼・コンクリート合成床版

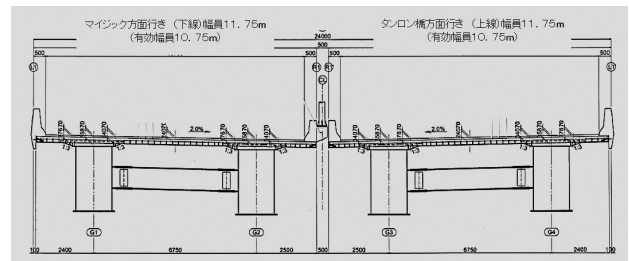


図-2 合成床版工 断面標準図

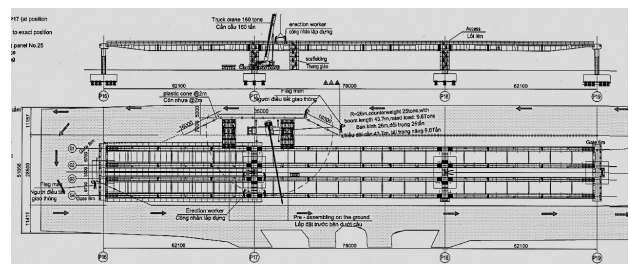


図-3 合成床版施工概要図

### 2. 現場における問題点

#### 1) 日本技術同等の品質確保

当工事は、STEP案件ではなかったため、コスト増大防止、輸入リスク排除を考慮して、現地企業を下請として採用した。そのため、日本と同等の品質確保が課題となった。

## 2) 工程上の制約

工期は28か月あったが、現地企業との契約・鋼板の輸入に時間を要し、製作開始が予定の時期より6か月遅れた。また、製作でも当初8か月を見込んでいたが、11ヶ月を要したため、2020年3月～2020年6月までの4か月で床版工を行うこととなった。

## 3) 施工ヤードの制約

工事区域は、交通渋滞の激しい交差点部で、作業帯の設置が制限されたため、大型クレーンを使用する場合の道路占用は、22:00～5:00となった。昼間の作業帯（常設帯）は、橋梁全幅員と同じ幅（約24m）しか占用できず、材料の荷上や、桁・合成床版架設等のクレーンを使用する作業は、すべて、既設道路の2車線分を拡幅占用して作業しなければならなかった。

# 3. 工夫・改善点と適用結果

## 1) 品質の確保

現地企業に製作の経験のある日本人技術者、設計者を2名配置した。また、ベトナム人溶接工の技量試験を実施し、優秀な溶接工を選抜して本溶接作業に従事させた。溶接材はHyundai製の2種類（Supercored81,SF71）を使用し、溶接作業、仮組立、塗装の各工程で日本並みの品質管理を実施した。合成床版の製作では、溶接熱で変形・歪を起こしやすいことから、歪防止のために、補強材等で仮止めし、製作による歪誤差をなくした。

## 2) 工程の促進

工程・施工ヤード条件等、厳しい条件下において工事を進めるために、以下のように合成床版の施工計画及び工程、施工管理を講じた。

### ①実物大の試験施工の実施

工場製作を開始する前に、現場で実大モデルの施工試験を行った。実際の大きさの床版パネルを製作し、現場にて仮想架設した。計画手順に従い組立を行ったあと、各ボルトのシーリン

グ塗布、止水ゴムの厚さを確認（ゴムパッキンはつぶした状態で10～20mm程度を標準とし、かつ、圧縮する前のゴムパッキン高は、ゴムパッキン幅以下とする）、床版パネル内に水を溜めて漏水実験を行った。これにより組立方法・手順の確認及び、コンクリート打設時のノロ漏れ防止、止水の難しさを事前に検討することができた。

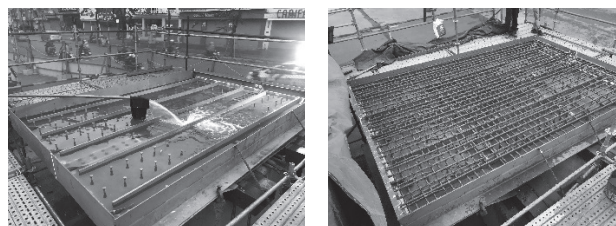


図-4 実物大試験状況

### ②日本人技術指導者による架設作業

合成床版架設には、日本から専門技術者（当社社員1名）、専門業者技術指導者2名、及びコミュニケーションによる作業効率低下防止のために、ベトナム人の日本留学生（日本でSCデッキの経験を持つ）2名を配置し、現地作業員への架設指導を行った。合成床版架設時には、多種類、長さの違う同様の部材を素早く組立てる必要があり、指導員のもと、詳細図面を確認しながら注意深く組立作業を行った。特に床版パネルを仮置きした後の微調整作業では、指導員の技量によるところが大きく、短い時間で仮固定まで行うことができた。

### ③夜間作業時の機械・施工体制

道路占用時間の制約のため、作業内容、タイムスケジュールを作成し、周知徹底した。

昼夜体制シフトをとり、夜間時の架設作業に支障が出ないように、昼間作業を計画的に実施した。特に運搬においては、架設順序を考慮して荷積を行い、上から順に架設できるようにした。1夜間で架設する枚数を16枚とし、サイドパネルや高さ調整ボルトなどの地組作業は、現場搬入後に行った。地組作業場所を2箇所

設け、一方は50tクレーンを用い、もう一方は160tクレーンで架設作業を行うことで、作業時間短縮を図った。地組及び準備に約1時間半、架設は、1枚当たり約15分程度で順次架設・仮固定まで行うことができた。

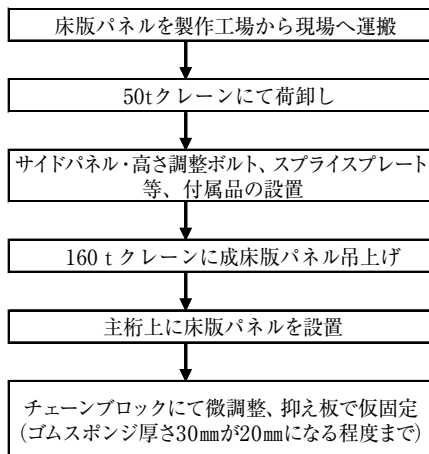


図-5 床版パネル施工フローチャート



図-6 床版パネル荷卸し状況

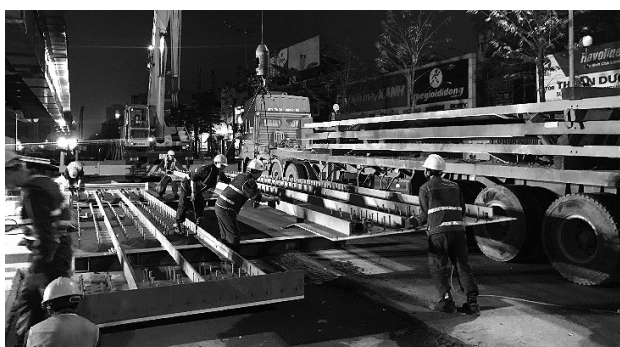


図-7 床版パネル地組状況

夜間架設時の人員配置表を下記に示す。

表-1

配置人員計画	
JV職員	2名
作業帯設置・撤去	交通誘導員2名、作業員4名
パネル荷卸・地組	SV2名+作業員12名、合図者1名
パネル設置	SV2名+作業員3名
パネル調整	作業員2名
クレーンOP	2名 (160t、50t)
合計職員2名、SV4名、作業員24名	

パネル地組に日本人技術指導者とベトナム人技術指導者をペアで組ませ、日本語から即時、ベトナム語に通訳しながら、ベトナム人作業員を効率よく管理した。また、最初はコミュニケーションがうまく取れなかったこともあったが、架設完了間近では、ベトナム人作業員も要領を得て、架設作業は夜間制限時間内でスムーズに行うことができた。



図-8 床版パネル架設状況

架設においては、当初計画で、平均して16枚/日×12日間を予定していたが、日本人技術指導者たちの努力で、予定通りの日程で架設を完了することができた。

表-2 SCC架設日数表

日数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
計画工程 (パネル)	16	16	16	8	16	16	16	11	11	16	16	14	172
				柱頭部上 6パネル 含む				柱頭部上 6パネル 含む	柱頭部上 3パネル 含む				
実工程 (パネル)	8	16	16	16	14	8	16	16	14	16	16	16	172
				柱頭部上 6パネル 含む					柱頭部上 6パネル 含む				

④柱頭部上の床版パネルの設置の工夫

柱頭部上の床版パネルでは、床版パネルと桁間の隙間が狭く、床版下からのボルト挿入・締

結及び塗装が困難なことから、3枚を地上にて組立・ボルト固定し、さらに下面の塗装も施して架設する計画とした。しかしながら、狭いヤード内で組立てる場所がないため、ベントとベント間の隙間に、組立用のキャスター付足場を設置し、その上に3枚の床版パネルを組立・塗装を行った。夜間架設時にキャスターにてクレーン荷揚げ場所まで移動させ、3枚の床版パネルを専用の吊り具で吊り上げて所定の位置（柱頭部上に）架設を行った。

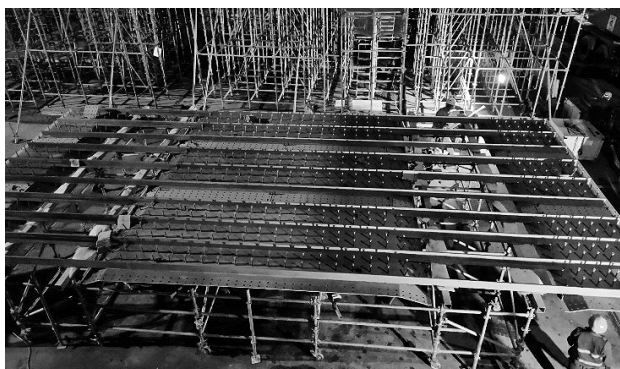


図-9 柱頭部パネル地組状況

### 3) 鉄筋組立、コンクリート打設

床版パネル架設完了後、微調整までは完了していたが、各固定部材の取付け、及びボルト孔や接合部のシーリング・止水作業、ボルトの塗装作業までを完了させたのち、床版の鉄筋組立を開始した。鋼・コンクリート合成床版は、底鋼板及びリブが主鉄筋・配力筋の機能を有していることから、従来のRC床版に比べて鉄筋量が少ないので、鉄筋組立は比較的容易であり、工程短縮に寄与した。鉄筋組立班は10名を1班として、これを4班編成し、1スパンを約3日で鉄筋を組立することができた。合成床版のコンクリートは事前に承認された膨張材入りコンクリート（C30）を使用した。また、コンクリートの打設によるアンバラスを考慮して、橋脚の強度計算結果により、9つのブロックに分けて打設を行った。ステップごとの打設は、縦断勾配の低い方から高い方へ打設、さらに上下線のバランスを維持するため、5mずつ交互に打設を行った。コンクリート表面の凹凸防

止、作業員の左官仕上げ技量不足を解消するため、専用のフィニッシャーを上下線各1台配置、コンクリートポンプ車も両側に1台ずつ配置し、1日当たりの施工量は約100～150m<sup>3</sup>として打設を行った。コンクリート打設後の仕上げ及びクラックの発生もなく、所定の品質を確保することができた。



図-10 床版コンクリート打設状況

## 4. おわりに

ベトナム国初の合成床版の施工において、現地企業の管理及び海外特有の様々な困難や工程・施工ヤードの制限の中で、予定通り、約4ヶ月で床版工工事を完成することができた。合成床版（SCCデッキ）設計照査を担当して頂いた関係会社、現地企業の日本人技術者、コロナ禍で現地まで来て頂き技術・施工指導して頂いた協力会社の皆様のご協力がなくしては完成できず、この場をかりて関係各位に深く感謝の意を表する。



図-11 床版コン打設完了時全景

# 3 施工計画

## ケーブルエレクション直吊り工法における課題と対策について

宮崎県土木施工管理技士会      日本橋梁建設土木施工管理技士会  
清本・日橋特定建設工事共同企業体  
現場代理人      監理技術者  
片岡 雅志<sup>○</sup>      岩間 賢司

### 1. はじめに

本橋は、宮崎県西都市の西部に位置し、宮崎県西都市から熊本県湯前町を抜ける国道219号の道路改良を目的として進められている工事である。

現場は、架設地点が急峻な谷あいでは下空間が利用できないため、ケーブルエレクション直吊り工法による架設方法が選定された。

本稿では、ケーブルエレクション直吊り工法における課題と対策について述べる。

- (1) 工事名：平成30年度交建防安第49-5-1号  
国道219号 岩下工区（仮称）  
岩下橋上部工工事
- (2) 発注者：宮崎県西都土木事務所
- (3) 工事場所：宮崎県西都市大字中尾
- (4) 工期：2018年12月4日～  
2020年7月31日

- (5) 橋梁形式：鋼上路式単純トラス橋
- (6) 鋼重：331.8t
- (7) 橋長：84.0m
- (8) 有効幅員：7.0m
- (9) 縦断勾配：6.0%

### 2. 現場における問題点

本工事の施工に際して、以下の問題点があった。

- ・ケーブルクレーン後方索角度について

A1橋台背面側は狭隘で急峻な谷に囲まれており、有効施工ヤードが延長25mしかなく、その中でグラウンドアンカー、鉄塔を設置し、荷取りヤードを考慮すると、ケーブルクレーンの後方索角度が60度になってしまう。またA2橋台背面側もA1側と同様に谷に囲まれており、ヤードが狭いうえに既設電柱と上空架空線があるため、有効施工ヤード延長が20mしかなく、同じくケーブルク

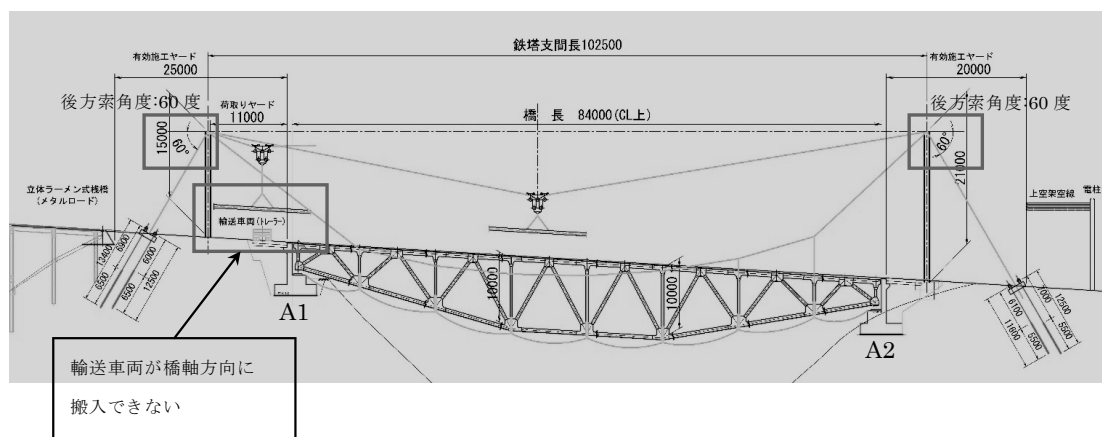


図-1 発注当初 架設計画図（側面）

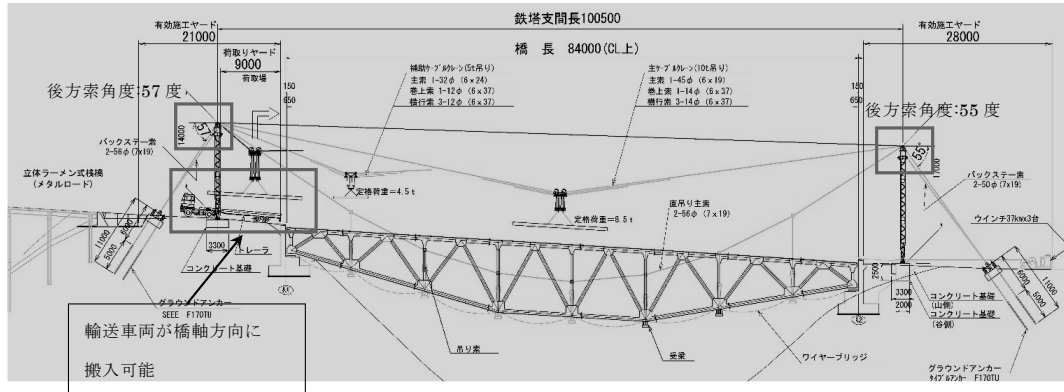


図-2 発注当初 架設計画図 (側面)

レーンの後方索角度が60度になり、地盤と鉄塔にかかる反力が懸念された。

・荷取りヤードについて

A1橋台背面側で荷取りする計画であるが、前述の説明のとおり、有効施工ヤード(L=25m)のうち荷取りヤード延長が11mしかなく、輸送車両(高床トレーラー車両延長L=15.0m)が橋軸方向に搬入できず、桁に対して直角に搬入しなければならないため、主桁・斜材・鉛直材などの長尺部材は、主ケーブルクレーンを2基使用して一度荷卸した後に、再度玉掛して桁を橋軸方向に回転させてから架設しなければならないため、作業リスクが増え、架設作業に時間がかかる状態であった。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

・3-1 計画 (問題点の検討)

現地調査を進めていくと、A1背面側に立体ラーメン式栈橋(メタルロード)が完成していたが、当初発注図よりも約4m本橋側にコンクリート構造物ができており、A1橋台背面施工ヤードが延長25mから21mに縮小され、さらにヤードが狭くなる状態になっていた。

そこで、完成したメタルロードとその周辺に着目したところ、既設道路と現場が一部繋がっており、輸送車両を搬入させるには非常に有効であることから、一度メタルロード部分に輸送車両を搬入させ、そこからバックで鉄塔の間を通らせて、ケーブルクレーンの直下に橋軸方向で搬入できるように考えた。さらに、輸送車両が鉄塔間を搬

入できることから、鉄塔をできるだけA1橋台側に移動させることで、鉄塔支間長を102.5mから100.5mに変更、鉄塔高さを架設可能な高さ15mから14mに変更することにより、後方索角度を60度から57度に変更、またA2側は支障となっていた電柱・上空架空線に関係機関と協議し移設することで、有効施工ヤードを20mから28mに延長でき、後方索角度を60度から55度に変更でき、当初発注図よりも地盤と鉄塔にかかる反力を緩和させることができた。

・3-2 施工 (適用結果)

まず、鉄塔基礎施工箇所の地耐力を簡易地盤支持測定器(キャスポル)にて地盤支持力を確認し、鉄塔基礎の施工を行った。

次にグラウンドアンカー施工において、支圧版施工、地盤を削孔し、セメントミルク硬化後にアンカー緊張を行った。アンカーは定着・緊張後、残存引張力の低下が懸念されるため、一週間後にアンカーを「再緊張」することで、アンカーの引張力が再度確認でき、定着を確実に行うことができた。また、架設作業中において、アンカーの緊張力が減少しても地中にあるので確認できない恐れがあった。そこで、グラウンドアンカー頭部に「見えるアンカー」を設置することで、地表に出てきた細いワイヤーが動き、表示板の前に取り付けた針が回転して、緊張力の状態を表示するので、日常管理において地盤内アンカーの緊張力の変動が確認・点検ができ、設備の倒壊崩壊防止に繋がる対策ができた。

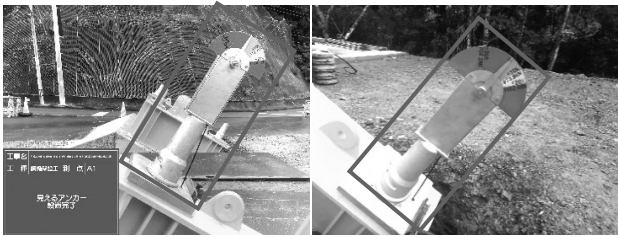


図-3 見えるアンカー設置

次に橋台間のワイヤーブリッジ設置時に高所から墜落しないように、予め橋台間の上部2方向にワイヤーを展張し、そのワイヤーに安全帯を掛けて作業することで、安全帯を掛けかえることなく橋軸方向の移動を可能にし、安全で効率的な作業を行うことができた。



図-4 ワイヤーブリッジ組立時安全対策

ケーブルクレーン施工時期は夏季であったため、幾度となく異常気象による大雨や台風が通過した。ケーブルクレーン設備が完成して間もなく、直吊り設備組立中にA1-G2側の鉄塔基礎後方の地盤に幅30mm、延長4mの亀裂が見られた。鉄塔基礎、グランドアンカーに変位がないか確認したところ、A1-G2側の鉄塔基礎の前面が15mm下がっていた。地盤の亀裂に無収縮モルタルを注入して応急処置を行い、変位がないか様子を見ながら下弦材の架設作業を開始した。

1ブロック目下弦材を架設後に、鉄塔基礎の高さを再度確認したところ、今度は鉄塔基礎の前面が20mm下がってしまった。このままいくと、A1-G2側の鉄塔基礎が沈下して前面に回転しそうな恐れがあったので、架設作業を中断し、原因を究明することにした。詳細に周囲を点検したところ、フーチング周囲に打った単管杭が緩くなって

おり、周辺を掘削した結果、フーチング下面に高さ50mm、幅200mmの空洞が全域にわたって見られた。異常気象による大雨や台風の度に下部工周辺（フーチング）の埋め戻しが十分でない箇所には雨水が集中して流水することで、フーチング周辺の地盤沈下が起こり、鉄塔基礎の地盤沈下が生じたものと思われる。

対策として、まず橋台フーチングの側面と鉄塔基礎に鋼材で繋いで、鉄塔基礎が前面に回転しないように防止させた。次に鉄塔基礎の地盤沈下がこれ以上進行しないように、また鉄塔基礎が変位した影響で橋台フーチングに予期せぬ負荷がかからないように、地表面から鉄塔基礎底面に向けて斜めにΦ145mm、L-6.0mのケーシングを使って鉄塔周囲を14箇所削孔し、削孔箇所からセメントミルクを合計4.0m<sup>3</sup>充填させることで、鉄塔基礎底面及び地盤にあった亀裂を固めて地盤強度を増加させることができた。しかし、地盤内の弱い箇所や亀裂の全てにセメントミルクが充填できたかが完全に目視やデータで確認できたわけではないので、引き続き鉄塔の変位を日常計測しながら慎重に架設作業を再開した。

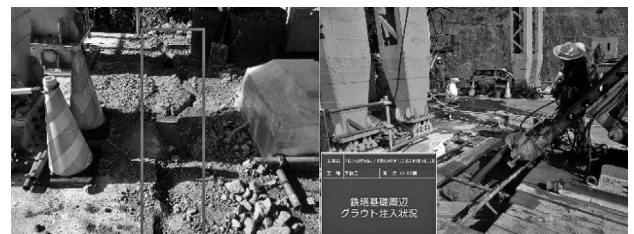


図-5 A1鉄塔基礎背面クラック発生 基礎底面グラウト注入状況

桁輸送車両は鉄塔の間を搬入させていたが、荷取りヤードが狭く、後方タイヤが橋台ギリギリまで寄らないと、荷下ろしができない状態で、輸送車両ごと転落する恐れがあった。そこで、橋台伸縮部の既設鉄筋を利用して鋼製の「車両止め」を設置することで、運転手の誤操作や逸走による車両の転落を防止することができた。

主ケーブルクレーン（10t吊り）と補助ケーブルクレーン（5t吊り）で構成されるケーブルクレーンの操作は、通常無線を頼りに吊り荷を移動



させているが、操作者から見えにくく一歩間違えば大きな災害に繋がる危険性があった。そこで桁搬入側の鉄塔頂部にカメラを設置し、モニターで作業状況を確認できることにより、無線とモニターによる二重対策で、吊り荷の荷卸し作業から桁架設作業までを「見える化」し、クレーンの誤作動を防止させ、安全に架設作業をすることができた。



図-6 カメラ付きモニター設置

桁架設は、まず下弦材の中央部分から両端に向かって行った。架設時に下弦材の受け点が斜めになっているため、下弦材を設置した際に桁が逸走しないように、角度を合わせた「キャンバー材」を製作して、エレクション受け梁の上に設置し、さらにワイヤーを桁に大回して固定することで、桁の逸走を防止し、安全に架設をすることができた。

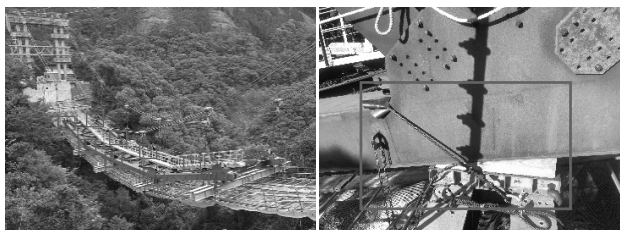


図-7 下弦材逸走防止対策

桁架設順序は、下弦材⇒斜材・鉛直材・対傾構⇒上弦材の順番であったが、A1側の荷卸し・作業ヤードが非常に狭いので、架設順序を見直し、下弦材を架設した後に、A1側の斜材、上弦材を1ブロックだけ架設し、その桁上にH鋼・鉄板を敷設して「作業ヤードを延長」することで、それ以降の桁部材はヤード上で足場を設置することができ、高所作業の低減、作業効率向上に繋がった。

A1-G2鉄塔基礎は、周囲にグラウト注入してからは動きが止まって、最後まで変位が見られず結果無事に架設を完了することができた。

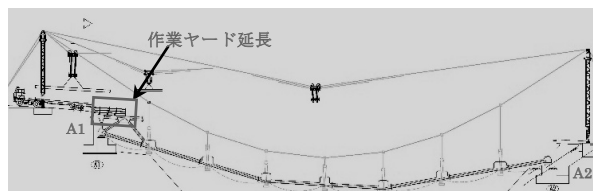


図-8 作業ヤード延長

#### 4. おわりに

今回の工事は、両橋台の限られた狭いヤードの中で、全ての設備を配置しなければならなかったが、A1橋台背面の橋軸方向に空いているスペースを利用して輸送車両の搬入方法を変更したことにより、鉄塔を前面に移動して後方索角度を緩くすることができた。これにより鉄塔支間が短くなり、当初発注図よりも設備の安全性を向上させることができた。また架設順序を変更し上弦材を利用して作業ヤードを延長することで、地上で足場を組み立ててから上弦材を架設し、高所作業を低減し効率的な作業に繋がる取り組みができた。

当社並びに協力会社の方々には助言や協力をいただき、深く感謝の意を表す。

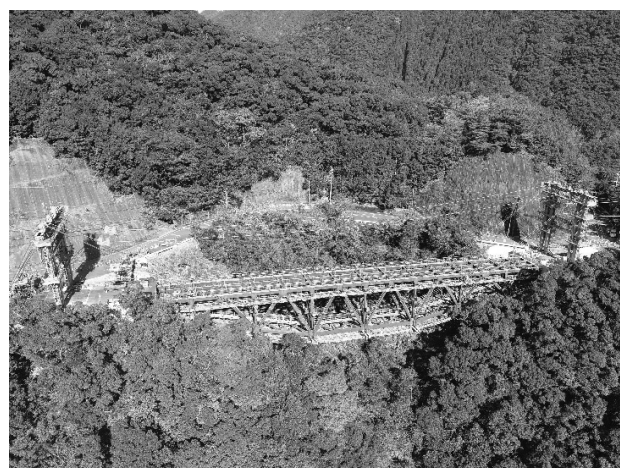


図-9 架設完了

# 4 施工計画

## 河川を跨ぐ曲線人道橋の送出し架設

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

設計担当

現場代理人

工事担当者

本山 潤一郎〇

田寺 佳大

石井 学

### 1. はじめに

本工事は、横浜市新市庁舎の開庁に合わせ、JR桜木町駅の東口改札と新たに開設される新南口改札の2方向から、新市庁舎までの動線を確保するための人道橋築造工事であり、**図-1**のとおり分岐橋となっている。本橋は、大岡川の水辺空間と一体化するようにデザインされており、渡河部である経路Aは、経路B、経路Cの2方向と滑らかに繋がるような曲線形状となっている。

#### 工事概要

- (1) 工事名：市道西戸部第560・342号線  
道路建設工事（人道橋築造工）
- (2) 発注者：横浜市
- (3) 工事場所：横浜市中区桜木町～本町
- (4) 工期：平成30年10月4日～  
令和2年4月30日

架橋地点は都市部であり、車両の交通量だけでなく、歩行者も多いエリアであるため、規制に関する制約条件も多く、主要道路を跨ぐ部分は夜間通行止めで架設する必要があった。渡河部となる経路Aの架設も、夜間航路閉鎖にて行う必要があり、経路Aと隣接する弁天橋上にクレーンが据付けられないことから、先行架設した経路Bの桁上からの送出し架設が採用されていた。また、P1支点側では、新市庁舎建築工事が行われており、作業ヤードや工程の調整が必要であった。

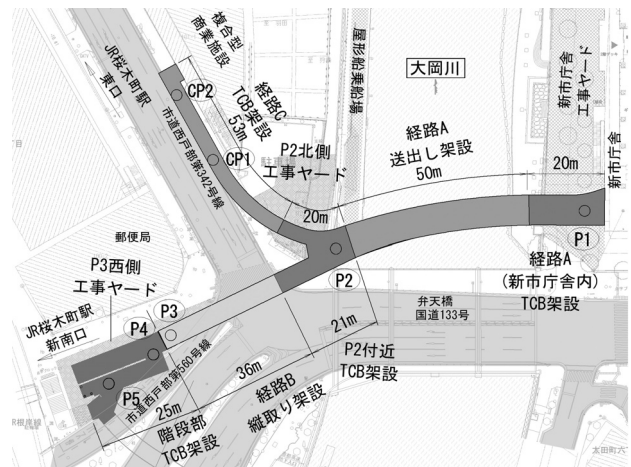


図-1 全体概要図

以下に、本工事における送出し架設の問題点と工夫点について述べる。

### 2. 現場における問題点

#### (1) 施工スペースの確保

架橋地点は、JR桜木町駅から北仲通地区を繋ぐ地点で、一般国道や市道に囲まれており、周囲には様々な施設があるため、架設時に使用できる施工スペースが限られていた。**(図-1)** 本工事で常時使用可能なヤードは、P2の北側とP3脇から西側の限られたスペースのみであった。経路Aは大型重機による架設が困難な状況を踏まえ、先行架設した経路Bの橋面上のスペースを活用した送出し架設が採用されていたが、経路B上のスペースは幅、長さとも経路Aの送出し架設を行うためには不十分であった。また、送出し桁の到達側となる、P1周辺も新市庁舎の建築工事が並行して進められ

ているため、ヤードの確保には制約条件があった。

### (2) 周辺環境に対する影響

大岡川は船舶や屋形船が通行することや、水辺を活かしたイベントやレジャーが盛んな場所であることから、安全に通行できる航路幅を常時確保する必要があった。一方で曲線桁の送出し架設においては、転倒に対する安全性の確保等を考慮して、送出し支間を短くすることが有効となる。そのため、当初計画においては河川内にベントを設置する計画となっており、その社会的影響が懸念された。

以上のとおり、本工事では、限られた施工スペースにおいて、安全かつ社会的影響を最小限に抑えて進めることが課題であった。

## 3. 工夫・改善点と適用結果

### (1) 施工スペースの確保

送出し架設では、一般的に施工管理の煩雑さを軽減するため、曲線桁でも直線送出しとすることが多い。しかし、送出し桁を地組立する経路B方向に直線的に送出しとすると、送出し桁はP1側の送出し受点位置と大きくずれるため、送出し完了後に回転横取り用の河川内ベントが必要となる。(図-2)

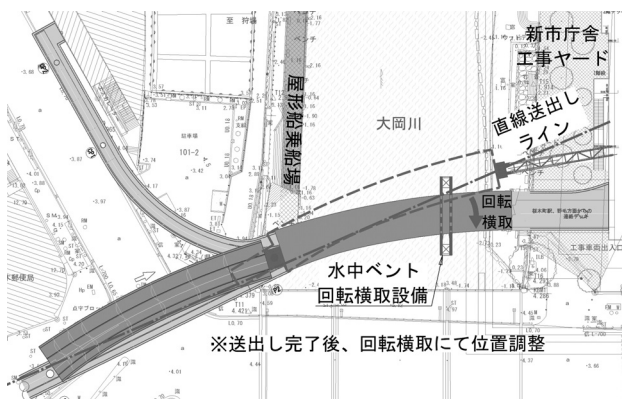


図-2 水中ベント配置、回転横取り概要図

よって、本工事では曲線なりに送り出す方針とし、かつ周辺環境への影響を踏まえ河川内の水中ベントを省略する方針とした。一方で、曲線で送出しを行う場合、送出しラインの設定上、直線桁である経路Bの橋面上だけでは送出しヤードとして必要なスペースを確保出来なかった。そのため、

経路Bに平行して架設桁を設置しスペースの確保を図った。(図-3) 架設桁の施工にあたっては、市道を跨ぐこととなり交通規制が必要となる。そのため、架設桁はP3脇のヤードにて後方のベントを含めた形で地組立を行い、多軸台車による一夜間の一括縦取り架設により交通影響を最小限に抑えた。

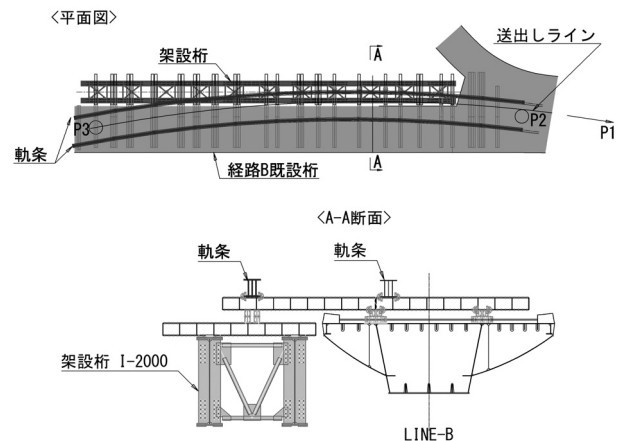


図-3 軌条設備図

また、経路Bの支間長は経路Aよりも短く、送出し桁全ブロックを一度に地組立することができないため、送出し工程を2ロットに分割し、20m程送出した後2ロット目を地組立し送り出すことにより橋軸方向のスペースの問題に対処した。また、P1側の桁端部は、すぐ隣が新市庁舎であり、手延べ桁を設置したまま最終ステップまで送出すと、手延べ桁が新市庁舎に接触することとなるため、逐次撤去が必要となる。一方で、当該部は新市庁舎建築工事が行われており、重機等の設置に際し建築工事のヤード使用に制約条件があるため、送出しを行う夜間作業時間内に手延べ桁を逐次解体することとした。(図-4)



図-4 手延べ桁解体状況

(2)曲線送出しに対する工夫  
本工事の架設計画図を図-5に示す。



図-5 曲線送出し架設計画

送出しは、P2支点部の送出し装置を、水平クランプジャッキによる尺取り方式とし、鋼桁の下に軌条レール2条を曲線（折れ線）配置し、左右の送出し量に差を付けることで曲線なりの送出しとした。(図-6)

曲線送出しの場合、手延べ桁の先端も曲線ライン上に位置している必要があるため、連結部と

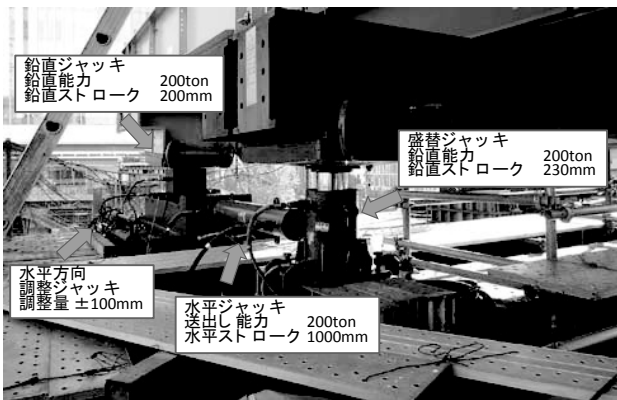


図-6 P2支点部送出し装置



図-7 手延べ桁設置状況

手延べ桁の継手部に折れ角度を付けることで、手延べ桁も曲線に沿った形状とした。(図-7)

送出しラインは経路Aの桁と合わせて曲率半径R=170.0mである。送出しラインに合わせて手延べ桁に折れ角を設けたため、送出し過程において手延べ桁が張出した状態とP1側に到達した以後の状態では曲線による転倒モーメントが逆転し、送出し支点における反力の逆転現象が発生する。また、本橋は人道橋であるため、桁断面が小さく橋軸直角方向の受点の間隔が十分に確保出来ず、全体鋼重も小さいため、転倒モーメントの影響が非常に敏感となる。また、河川内の水中ベントの省略も転倒に対しては不利に働くものであった。

そのような状況下で安全に送り出すために、桁が転倒する方向とは反対側の桁上に、カウンターウェイト（以下、CWと記す）を設置することで転倒を抑制し、送出し装置に必要な反力が付加されるように改善を図った。

一方で、上述のとおり送出し過程で桁が転倒する方向が左右反転することから、転倒方向に合わせてCWの位置も変える必要があった。(図-8)

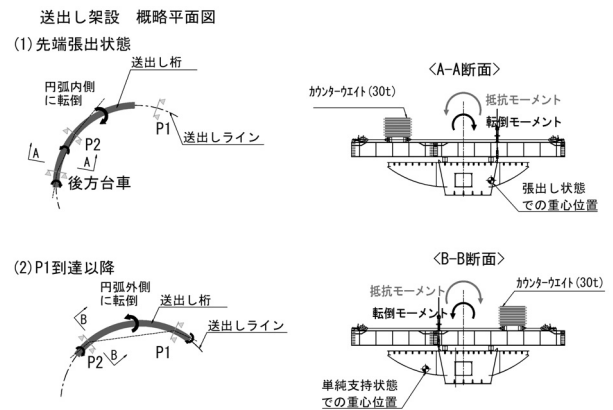


図-8 送出し時の転倒方向

最も簡単な手段としては、CW設置時に用いたP2北側のヤードに据付けたクレーンを用いて積み替えることが考えられるが、CW盛替えのタイミングでは、CWがクレーンから離れ吊能力が不足する。そのため、本工事では、CWを橋軸直角方向に手動にて移動できるように、鋼床版上面に

橋軸直角方向に設置した工事桁の上にSUS板を敷き、チルホールにて移動させることとした。(図-9) これにより、大型クレーン等への計画変更等を行うことなくCWの盛替えを安全に施工することが出来た。



図-9 カウンターウェイト設置状況

### (3) リスク回避に向けた更なる工夫

曲線送出しに対する更なる改善点として下記の対策を実施した。

#### ① 反力管理

本送出しは、反力の絶対値が小さいことに加え、大きな反力変動が生じるため反力管理が非常に重要であった。そのため、送出し架設中は各支点の反力を管理モニターに表示し、細かい間隔で算出した管理値にて反力を常時確認しながら架設を進めた。

#### ② 出来形管理

曲線送出しの場合、手延べ桁先端位置が時々刻々と変化するため、先端のずれ量の管理が非常に困難となる。到達時の大きなずれはその調整に時間ロスが発生させるため、夜間の限られた時間内の作業においては大きなリスクとなる。そのため、本工事では自動追尾式トータルステーションを用いて手延べ桁先端の3次元座標を常時計測し、水平方向のずれ量をタブレット端末に常時表示させることで管理を行った。(図-10)

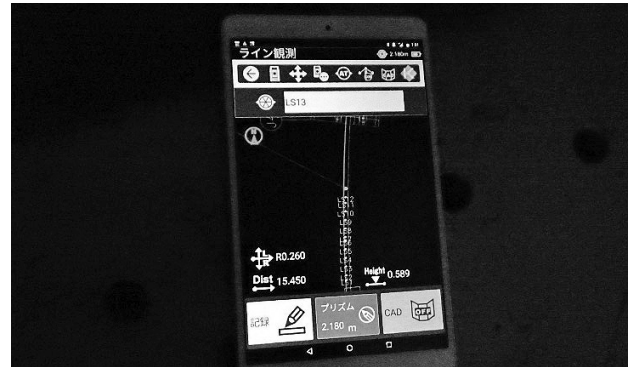


図-10 手延べ桁先端計測状況

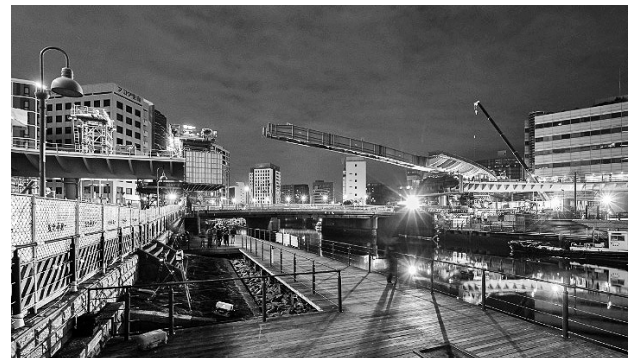


図-11 送出し架設状況

## 4. おわりに

送出し架設は、2019年12月12、13日の夜間に2回に分けて実施し、その後25日に降下作業を行い、連結することで無事鋼桁架設が完了した。その後、橋面工の施工を行い、さくらみらい橋として2020年6月25日に開通した。6月末には新市庁舎の全面供用開始やJR桜木町駅新南口改札が開業されたこともあり、開通後多くの方々に使用して頂いている。

送出し架設時は、夜間にも関わらず一般の方にも多く見学に来て頂き、関心を寄せて頂いていたため、無事故・無災害で予定通りに開通できたことを嬉しく思う。工事遂行にあたり、一般の方々のご理解・ご協力、工事関係者の方々の多大なるご助力に深く感謝申し上げます。

# 5 施工計画

## 日野橋－応急復旧工事(緊急施行)の設計と施工

日本橋梁建設土木施工管理技士会

エム・エムブリッジ株式会社

現場代理人

工場製作時主任技術者

設計担当

古川 謙一郎<sup>○</sup>

武田 有祐

坂下 悟

### 1. はじめに

大正期の3大鉄桁橋の1つとされる東京都多摩川に架かる日野橋は、大正15年の架橋以来、拡幅・補強工事等を経て90有余年供用されてきた。令和元年東日本台風による多摩川の増水により河川内の橋脚の1つが洗堀され沈下し、上部工が角折れ変形して橋面に段差が生じたため全面通行止めを余儀なくされた。(図1) 一日も早い交通開放が望まれたが、非出水期(11月～5月)での施工が前提であり、約7ヵ月間で詳細設計から現場施工を完了することが求められた。ここに、応急復旧工事(緊急施行)の設計・施工について概説する。

－日野橋の諸元(被災前)－

- (1)路線名：一般都道八王子国立線256号
- (2)橋格：B種(B活荷重)
- (3)構造形式：20径間単純非合成鉄桁橋(RC床版)
- (4)橋長：367.26m
- (5)径間割：20@18.3m

－本工事概要－

- (1)工事件名：日野橋応急復旧工事(緊急施行)
- (2)発注者：東京都南多摩西部建設事務所
- (3)工事場所：東京都日野市大字日野地内から立川市錦町六丁目地内まで
- (4)工期：自)令和元年10月28日  
至)令和2年6月30日
- (5)工事内容：沈下したP5橋脚を撤去し、P4-P6

橋脚間の上部工を架け替える工事に伴う、設計・工場製作・現場施工一式(図2)

構造形式：鋼単純鋼床版鉄桁橋

橋長：36.676m



図-1 被災時状況

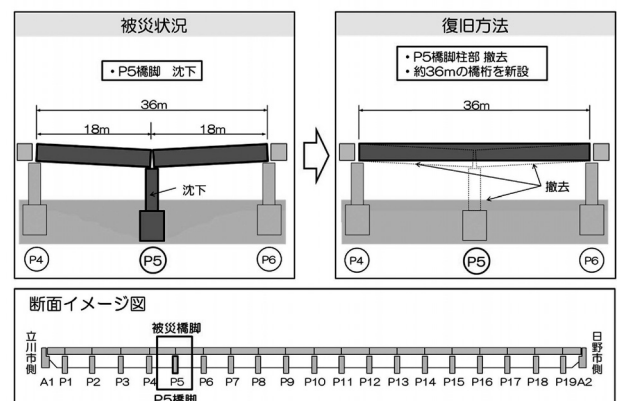


図-2 日野橋復旧概要

## 2. 課題と対応策

一日も早い交通開放が期待された緊急施行工事であったため、所定の出来形・品質を確保しつつ、安全かつ最短工期で工事を完了させるべく、設計・施工の各過程において以下に示す検討・計画を行い実施した。

### 1) 設計

概略設計では、橋梁形式の検討にあたり、橋脚の耐力を考慮し、死荷重の増加を最小限とするため床版形式をRC床版ではなく鋼床版とし、支承位置は既設橋と同位置とする4主桁桁を採用した。

詳細設計では、材料調達から工場製作・現場施工の工程を可能な限り短縮するため、ブロック割の最少化、鋼床版の横断勾配のレベル化、鋼材の材質統一、鋼床版の現場継手に高力ボルト継手の採用、鋼製地覆の採用等を行った。

また、詳細設計作業と並行して、既設橋の現場調査および測量を実施し、路面線形および掛違い部の取合いを構造詳細に反映させた。

塗装仕様は、C-5塗装系（ふっ素樹脂系）とし、中塗・上塗兼用塗料として「厚膜形ふっ素樹脂塗料上塗」を採用した。中塗り層を省略することで、工場・現場とも工程短縮に寄与した。色彩の決定にあたっては、過去の塗替塗装履歴を参考に現橋との色合わせを行い景観にも配慮した。

以上の工夫を行いつつ、形式選定から始まった設計業務を約1.5ヵ月で完了させた。

### 2) 現場施工

#### ①大型クレーンの採用

現場工程を安全かつ最短化すべく以下の施工を可能とする大型クレーン（35）t吊クローラクレーン）を選定した。

- ・既設桁を1径間3ブロックに分割して撤去（床版等分断工程の最短化）
- ・地組した新設主桁を一括架設（ベントを省略）
- ・既設橋脚を可能な限り大型化して撤去（分断工程の最短化）

#### ②桁下全面足場の採用

桁架設用の足場は現場継手部付近に吊足場を設けることが一般的であるが、本工事においては、既設桁・既設橋脚の撤去を伴うこと、また、桁下から作業ヤードまでの高さが約5mと大きくないこともあり、支承取替工その他付帯工事にも兼用可能な桁下全面枠組足場を採用した。（図3）



図-3 桁下全面足場設置状況

#### ③既設桁の撤去

既設桁の撤去は大型クレーンを使ってできる限り大きなブロック単位で分割・撤去することとし、撤去途中の橋体の安定性を考慮し、中床版→主桁の順で撤去することとした。（図4）

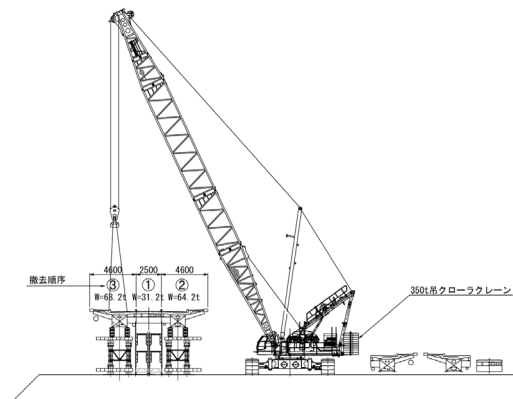


図-4 既設桁撤去ステップ図

また、中床版を撤去すると残された主桁が不安定な状態となるため、転倒防止設備を設置した。（図5）

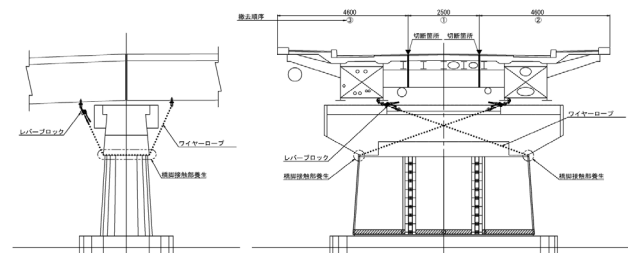


図-5 主桁転倒防止設備図

既設桁の撤去に先立ち、舗装はブレイカーにて、床版はロードカッターにて、横桁や下横構など鋼部材はガス切断にてそれぞれ撤去・分断して縁切りを行った。その過程において橋体の不意な変形やP5橋脚の更なる沈下が懸念されたため、P5橋脚の両側に用心ベントを設置して桁を仮受けすることで安全な桁撤去作業に努めた。(図6)



図-6 用心ベント設置状況

当初計画時、高欄は桁撤去前に撤去することとしていたが、作業安全性や工程短縮のため桁撤去後にヤードで行うこととした。舗装や床版は計画時と出来形・重量に誤差がある(撤去ブロックの重心位置がずれる)ことが懸念されたため、撤去ブロックには吊孔(コアドリルで削孔)を設けて吊梁を介して安全に撤去することとした。(図7)

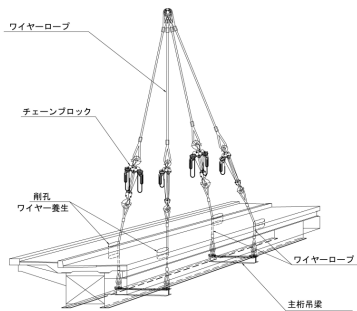


図-7 既設桁(主桁)撤去設備図

高欄を残したまま既設桁を撤去することにより橋軸直角方向にずれた重心はカウンターウェイトにて位置調整を図った。(図8)



図-8 既設桁(主桁)撤去状況

#### ④既設橋脚の撤去

既設橋脚も大型クレーンを用いて撤去回数を最小とすべく5分割とし(図9)、分断方法は環境面に配慮しワイヤソーを使用し、作業中に発生する粉塵等を飛散させないように集塵しながら作業を進めた。各ブロックには事前に吊孔を設けワイヤロープを通して安全に撤去した。(図10)

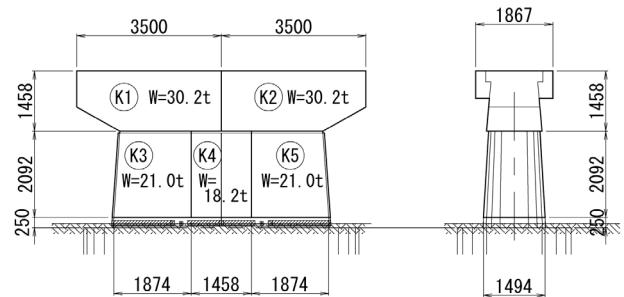


図-9 既設橋脚分割要領図

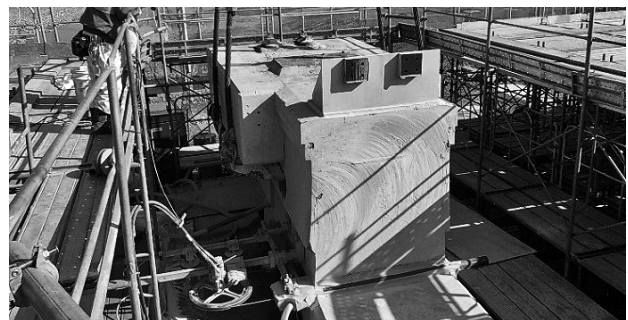


図-10 ワイヤソーによる橋脚切断撤去状況

#### ⑤撤去済の桁・橋脚の破碎・分別

大ブロックで撤去した既設桁および既設橋脚はヤードにて破碎・分別する計画としたことで、撤去後は直ぐに次工程(支承取替工など)に着手し並行作業で工事を進めることができた。

鋼部材はニブラを用いて現場から搬出可能なサイズまで破断した。コンクリート(床版および橋脚)の破碎も可能な限り騒音の発生を抑えるためブレイカーでなくニブラを使用した。(図11)



図-11 ニブラによる橋脚の破碎状況



### ⑥新設桁の工場製作と地組・架設

工場は高操業の時期ではあったが、本橋の施工を最優先できるよう工場全体の工程を見直した。また、本工事の社会的使命を考え、休日や夜間にも作業することで加工開始から出荷までを約2.5ヵ月で完了させた。

工場製作された新設桁(全15部材)は現場にて3本の主桁を地組して大型クレーンで一括架設した。地組することで高所作業を減らし同時に工程も短縮できた。側床版および中床版は単材にて架設した。(図12・図13)

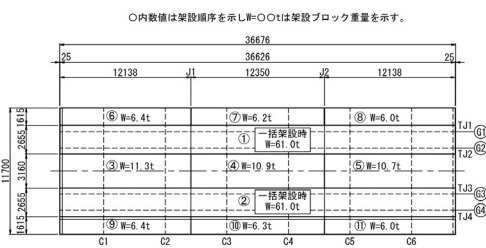


図-12 新設桁架設分割図



図-13 地組主桁の一括架設状況

架設ステップ毎の管理キャンバー(そり)値を予め設定し、計画通りのキャンバーが確保されていることを都度確認しながら地組・架設を進めた結果、桁架設後のアスファルト舗装や歩道部の間詰コンクリート等の死荷重載荷後のキャンバーも含め良好に施工できた。

### ⑦安全対策・環境対策

新型コロナウイルス感染拡大防止のため慎重な現場推進を余儀なくされたが、以下の対策を講じることで感染防止に努めた。

- ・非接触型体温計による現場従事者全員の検温
- ・“3密”状態を作らないよう詰所の窓を常時開放(換気)するとともに作業打合せや安全教育等は少人数で分割実施
- ・日常的なアルコール消毒とポスター掲示による情報周知

環境面では、現場から排出されるコンクリート殻、アスファルト殻などの建設副産物を搬出車両の計量管理することで過積載防止に努めた。

### ⑧工程調整

多岐にわたる工種を限られた作業エリア内で行える限り並行作業することで最短期とすべく事前に作業場所や工種別工程を詳細に計画して現場作業に着手したが、天候不良や各作業の進捗状況によりクリティカルパスが日々変化し計画工程のキープに苦慮した。早出残業休日作業や休憩時間帯をずらすなどして、臨機応変に作業場所の調整や工程の組替えを行うことで計画工程からの遅延を最小限に抑え、現場作業着手から約3ヵ月で工事完了させることができた。(図14)



図-14 完成時

## 3. おわりに

早期かつ円滑な事業推進に尽力頂いた発注者のもとより、地域の皆様や関係諸官公庁のご理解ご協力なくして成し得なかった工事であり、この場を借りて改めて感謝申し上げたい。

近年の激甚化する大雨による河積阻害を極力減らす(橋脚数減)ため、また地域のシンボルとなるべく3径間連続斜張橋への架替事業計画が東京都から公表されているが、それまでの間、地域から永く親しまれてきた日野橋がその任を全うすることを切に願う。

本工事を通じて建設業が担うべき社会的役割を改めて認識することができた。開通式の日に見た地元の皆様の笑顔を忘れることなく、今後もより良い社会基盤整備に努めていきたい。

本稿が、部分架替や短工期での施工など、同種工事の設計・施工の参考となれば幸いである。

# 6 施工計画

## 河川内に橋脚を有する鋼桁の送出し架設について

日本橋梁建設土木施工管理技士会

宮地エンジニアリング株式会社

現場代理人

工事担当

計画担当

神原 良範<sup>○</sup>

加藤

徹

出口 哲義

### 1. はじめに

本工事は、県道箕作飯山線における箕作～明石間の交通不能区間を解消する事業のうち、千曲川を渡河する上部工の製作・架設工事である。

橋梁形式は、鋼2径間連続箱桁橋であり、河川内に橋脚が1基構築されている。本施工場所は、長野県内でも有数の豪雪地帯であるため、架設時期は非出水期ではなく、出水期である春から秋にかけて設定された。また、出水期においては、千曲川はたびたび増水が発生する。このため、上部工の架設工法として、河川内を侵さない送出し工法が採用された。(図-1)

本稿では、本工事の送出し工法において、架設計画の着手時に発生した問題点とその解決方法について述べる。



図-1 送出し状況写真

### 工事概要

- (1) 工事名：平成29年度 社会資本整備総合交付金（広域連携）工事
- (2) 発注者：長野県 北信建設事務所
- (3) 工事場所：(一) 箕作飯山線 下水内郡栄村～下高井郡野沢温泉村
- (4) 工期：自)平成30年3月14日  
至)平成32年10月30日
- (5) 橋長：159.100mm
- (6) 支間長：78.400m + 78.400m

### 2. 現場における問題点

現場における問題点として、下記の項目を検討する必要があった。

#### (1) 河川内橋脚の設備組立方法

各橋脚・橋台に送出し設備を構築する必要があるが、出水期における河川内橋脚の設備組立方法について、橋脚へのアクセス方法を含めて検討する必要がある。

#### (2) 降下設備設置スペースの確保

橋台部には図-2のとおり、石積み護岸が施工済みであり、橋台部の桁降下をするための設備を設置するスペースが不足しているため、設備設置スペースの確保を検討する必要がある。

その他、現場においては、河川内の橋脚の構築工事が台風や出水等の影響により遅延しており、上部工の工程短縮が求められた。

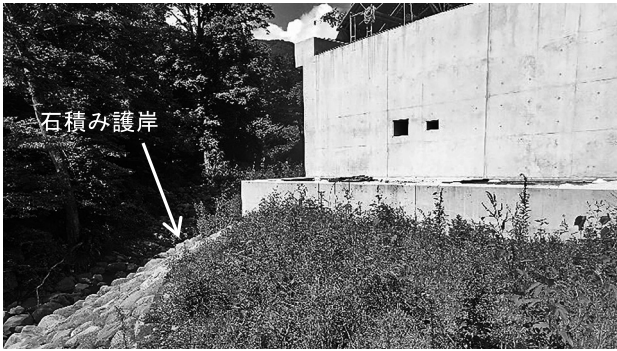


図-2 橋台前面状況

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### 3-1 検討結果

##### (1) 河川内橋脚の設備組立方法の検討

現場条件として、送出し架設は出水期となるため、河川内に盛土等により作業ヤードを構築することは不可能であったが、非出水期には橋脚へのアクセス道路を橋脚工事で設置している。

##### ①ケーブルクレーンによる方法

ケーブルクレーンで行う場合、鉄塔設置場所が狭隘で門型構造が困難であったため、鉄塔は単柱構造として橋梁中心に設置する。(図-3)

この場合、送出し設備の組立てだけでなく、降下時等の設備解体についてもケーブルクレーンで行うことができる。ただし、橋梁中心に鉄塔を設置するため、全断面の場合、横桁が干渉するため、1主桁毎に送出しを行う必要があり、主桁の2回送出し、横取り、降下が必要となる。なお、桁の降下後はケーブルクレーンを使用して、横桁、縦桁、検査路を架設する必要がある。

本工事の施工場所は豪雪地帯であり、冬季は閉所を予定しているため、ケーブルクレーンを閉所前に解体する必要がある。このため、全体工程の短縮が必要となる。

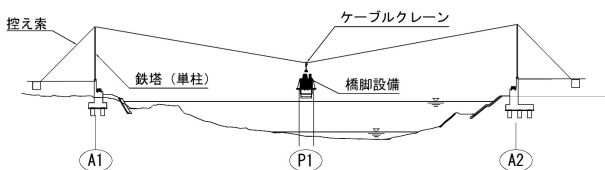


図-3 ケーブルクレーン工法

##### ②大型クレーンによる方法

大型クレーンで行う場合、作業半径が90m近くなるため、550t吊オールテレクレーンのラフィングジブ付きが必要となる。(図-4) なお、据付け箇所の幅員は、9mであり、クレーン据付けは出来ないため、作業ヤードの構築が必要となる。また、80mのラフィングジブを組み立てる作業ヤードも必要となる。桁の降下時等には設備解体のためのクレーンを別途検討する必要がある。ただし、送出しは全断面で行うことが可能であり、桁の地組立て位置とクレーン設置位置を替えることで桁の地組立てに影響を受けずに送出し設備の構築が可能となるため、工程の短縮が可能となる。

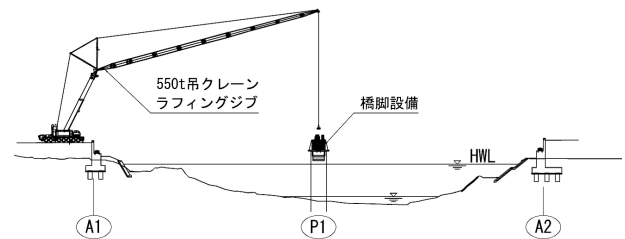


図-4 大型クレーン工法

##### ③ラフタークレーンによる方法

橋脚工事で使用しているアクセス道路を使用して河川内作業ヤードの撤去前まで(非出水期)にラフタークレーンで送出し設備を組み立てる。(図-5)

送出し架設は全断面で行う。また、桁の地組立てと送出し設備の組み立ては同時に作業が可能となるため、工程の短縮が可能となる。ただし、送出し設備は、橋脚工事の期間内に実施するため、短期間での組立と組立後は送出し時期まで長期にわたり配置しておく必要がある。

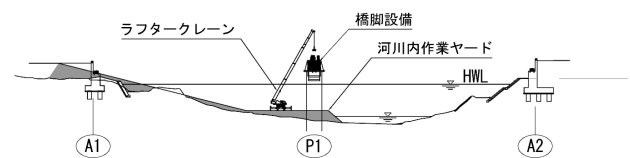


図-5 ラフタークレーン工法

3工法を比較検討した結果、①のケーブルクレーンによる方法は、冬季閉鎖までにクレーンの解体を実施することが難しいため不可とした。残り2案について工程短縮を考慮すると、現在橋脚工事が施工中であり、橋脚工事の施工後に速やかに作業することが可能であり、③のラフタークレーンによる方法が最も工程を短縮することが可能であるため、採用することにした。

## (2) 降下作業スペースの確保

桁降下を実施するための設備を設置するスペース確保のため、以下の2点について検討した。

### ①橋台前面にベント設備を設置

作業スペースを設けるために、橋台前面にベント設備を設置する。(図-6)これにより、支承部とベント部で桁降下が可能となる。ただし、橋台前面は法面保護のため石積みが実施されているため、石積みの撤去とベント基礎の設置が必要となる。

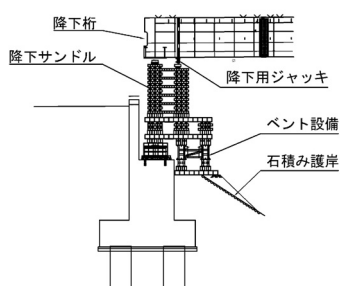


図-6 ベント設備案

### ②桁上にセッティングビームを設置

桁上にセッティングビームを設けて、橋台背面に作業スペースを設ける。(図-7)これにより、支承部とセッティングビーム部(橋台背面)で桁降下が可能となる。ただし、桁上にセッティングビームの設置が必要となる。

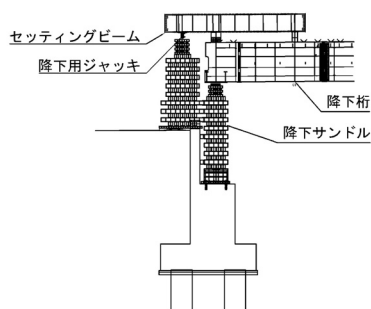


図-7 セッティングビーム案

2工法を比較検討した結果、ベント案は石積み撤去が必要であり、また、桁降下後に石積み復旧をする作業スペースが狭隘で難しい。このため、②のセッティングビーム案を実施する。

## 3-2 適用結果

### (1) 河川内アクセス方法

#### 1) 仮設備組立

橋脚の仮設備は橋脚工事の完了後、河川内作業ヤードの撤去までの短期間で組み立てを実施した。橋脚上への昇降については、昇降設備の組立解体時間削減のため、高所作業車を使用した。なお、出水時に速やかに退避できるように機材の仮置きは最小限とした。(図-8)



図-8 仮設備組立状況

河川内ヤードは出水期には撤去をするため、架設時に作業員が橋脚へアクセスするために、図-9のとおり、橋脚～橋台間に仮設用通路(ワイヤーブリッジ)を設けた。なお、仮設通路のワイヤーは河川増水時に流木等が当たらないように通常より緊張している。



図-9 仮設用通路の設置

## 2) 仮設備解体

橋脚仮設備の解体時には、設置時の河川内作業ヤードは撤去済みのため、**図-10**のとおり、12t吊クレーンを搭載して解体した。12tクレーンの橋脚までの移動や解体した部材の撤去については、運搬台車を使用した。なお、軌条設備は、桁の地組立てに合わせて桁上に設置した。



図-10 仮設備解体状況

## (2) 降下作業スペースの確保

降下作業は**図-11**のとおり、桁上に設けたセッティングビームと支承部に設置したサンドル設備を使用して実施した。支承部を仮受け部、セッティングビームをジャッキ部として、150mmを1ステップとして実施した。本工事では約4.0mの降下作業を実施した。



図-11 桁降下状況

降下に使用する油圧ジャッキは必要能力より2000kN-200mmストロークの油圧ジャッキを選定したが、重量が約150kgあり、降下毎の設置撤去作業を低減するため、**図-12**のとおり、セッティングビームに油圧ジャッキを固定する設備を設けて、降下時は油圧ジャッキをセッティングビームより吊り下げる構造とした。これにより油圧ジャッキを撤去することなくサンドル設備の撤去・組替が可能となった。



図-12 油圧ジャッキ吊り下げ状況

## 4. おわりに

送出し架設において、河川内にある中間橋脚へのアクセスや仮設備の組立解体方法については、上部工施工時には必ず検討が必要となる。本工事の場合は3案を検討したが、それ以外にも仮設栈橋を設置する方法や手延べ機先端に簡易なクレーンを設置する方法もある。また、橋台前面の護岸の状況についても設計図面だけでは分からないこともある。このため、受注後には、現地状況を確認し最適な方法を選択することが重要となる。

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、本工事の施工に当たりご指導いただいた長野県北信建設事務所の皆様および本工事に関わった協力会社の皆様に深く感謝申し上げます。

# 7 施工計画

## 市街地における大型断面箱桁橋の送り出し架設

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

作業所長

監理技術者

監理技術者

山本 健博<sup>○</sup>

佐藤 功武

赤池 武幸

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：九州新幹線（西九州）、  
宝町橋りょう（合成けた）
- (2) 発注者：独立行政法人  
鉄道建設・運輸施設整備支援機構  
九州新幹線建設局
- (3) 工事場所：長崎県長崎市八千代町～宝町
- (4) 工期：平成28年3月8日～  
令和3年3月8日（変更後）
- (5) 工事内容：宝町架道橋（宝町Bv）  
単純合成桁（スラブ軌道直結式）  
（断面）高さ3.4m幅6.3m / 4分割  
（鋼重）850t（橋長）82.0m  
（幅員）11.6m  
宝町高架橋（宝町BL）  
単純合成桁（スラブ軌道直結式）  
（断面）高さ4.0m幅6.3m / 4分割  
（鋼重）580t（橋長）70.0m  
（幅員）11.6m～12.93m

本工事は、九州新幹線（西九州）、武雄温泉起点65km372m～65km520m間、橋りょう延長152m（宝町Bv：82m、宝町BL：70mの単純合成けた2連）の製作／運搬／架設工事である。

架橋箇所は、長崎県交通局バス駐車場とJR長崎駅にアクセスする国道202号および長崎電気軌道（路面電車）の上空に位置するため、送り出し

（手延べ）工法による架設であり、手延べ機／連結構／主桁を合わせた送り出し部材は、全長で約208m、全体重量で約1650t（宝町BvとBLは取り合い桁を介して連結）となる。

### 2. 現場における問題点

現場はJR長崎駅から約600m北方の市街地に位置し、工事が影響を及ぼす国道202号は、90,000台／日の交通量を有する幹線道路であり、交通および安全の確保には細心の注意を払うことが重要となる。

国道202号上空での架設作業は、送り出し／送り戻し／回転横取り／主桁降下であり、夜間交通規制（通行止めを含む）をとる作業となるが、1日あたりの規制時間が23時30分～翌5時（規制開始から開放までを含む5.5時間）の制限があり、交通開放の遅延リスクを低減する対策を検討する必要があった。

また、長崎新幹線開業に向けての非常にタイトな計画工程をベースにした施工となる中で、JR長崎本線高架化工事や県、市、民間の長崎新駅付近の再開発工事が競合し、十分な作業ヤードを確保することが困難であることに加えて、長崎本線の営業線近接工事や国道202号の交通規制等の制約を考慮した工程管理が必要であった。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### (1) 手延べ機長さの延長による鉛直反力の低減

当初計画では、送り出し到達側（宝町BvP1橋脚側）の手延べ機解体ヤード長を考慮して、手延べ機長さが23mで計画されており、この場合における送り出し側（宝町BvP2橋脚側）の鉛直反力は14606kN（7303kN / 1ウェブ）となり、使用する送り出し装置（キャタピラ式エンドレスローラー）の最大耐力（Cap.6000kN / 台）を超過するものであった。（図-1）

この鉛直反力に対処するためには、1ウェブあたりに2台の送り出し装置を縦列配置（合計4台）する必要があるが、反力バランス調整作業時（受け替え作業を含む）の安全性および所要時間を要することによる交通開放の遅延リスク等が懸念された。

そこで、手延べ機長さを調整した送り出し架設モデルでの解析により、手延べ機長さを52mに延長することで、鉛直反力が10698kN（5349kN / 1ウェブ）となることを確認し、送り出し装置を1ウェブあたりに1台配置する施工計画を立案した。

また、手延べ機長さの延長にともない、宝町BvP1橋脚到達時の先端のたわみ量が、2030mmから978mmに減少することとなり、たわみ処理

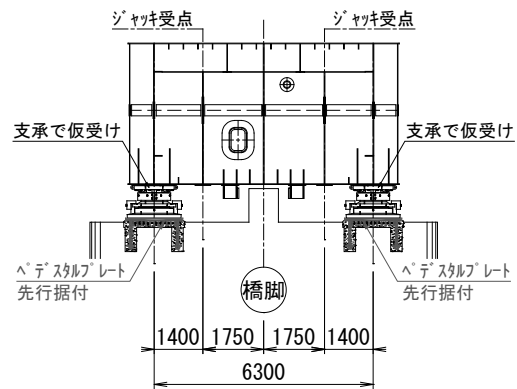
作業を省力化できる結果となった。（図-1）

#### (2) 支承ペデスタルプレート方式の採用

支承の据付は、後据え方法とする設計方針であったが、この場合には長期にわたって全死荷重をジャッキ支持状態で施工することとなり、地震時や温度変化による桁伸縮の影響に対する供用道路等の安全確保が問題となった。

また、下部工の施工完了前に上部工（支承）の製作を開始するため、下部工の施工誤差に対して許容できる支承構造を検討する必要があった。

そのため、下沓の下面に最大施工誤差50mmを吸収できるアンカーボルトと一体化したペデスタルプレートの追加と先据え方法を採用し、支承支持状態で施工することで、安全性と施工精度を確保した。（図-2）



※送り出し時は、橋脚（ペデスタルプレート）上に架台を設置する。

図-2 先据え方法概要図

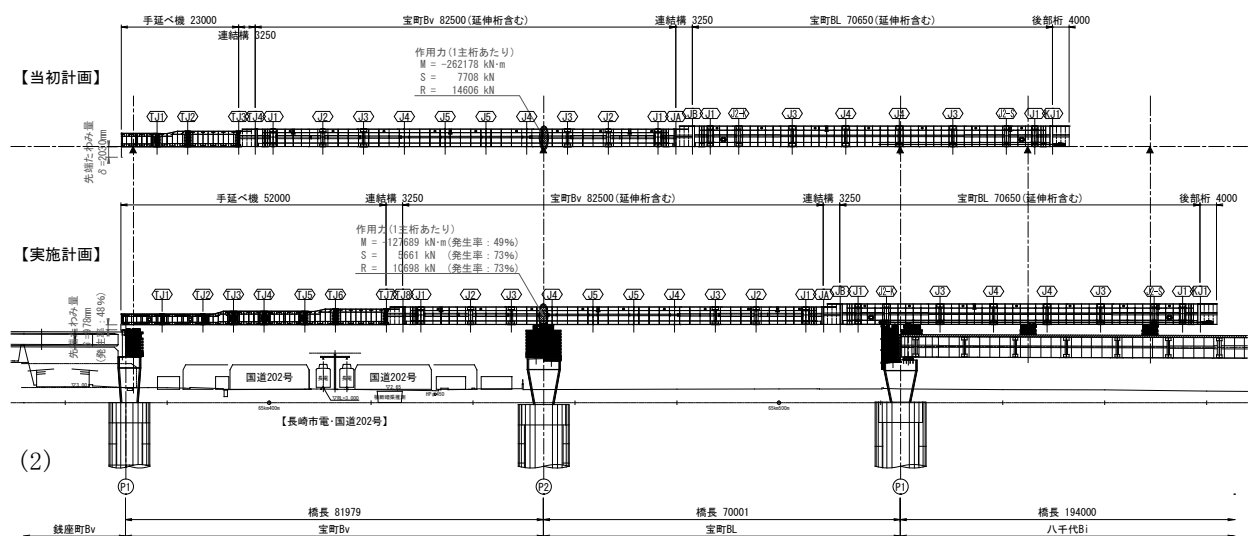


図-1 送り出し架設モデル図

### (3) 宝町BvP1橋脚送り出し設備の安定性確保

送り出し架設の平面基準線は、宝町BLの平面線形を基準に設定しているため、宝町Bvを反時計回りに約9.7°回転させた状態で、宝町BvとBLを連結しており、送り出し到達側となる宝町BvP1橋脚部では、送り出し基準線が橋脚中心からR側に約4.9m偏心することとなり、橋脚上で送り出し部材を支持することができない状態となる。そのため、宝町BvP1橋脚の送り出し設備は、橋脚上の構台設備と橋脚R側に設置したベント設備を工事術で一体化する構造を採用した。(図-3)

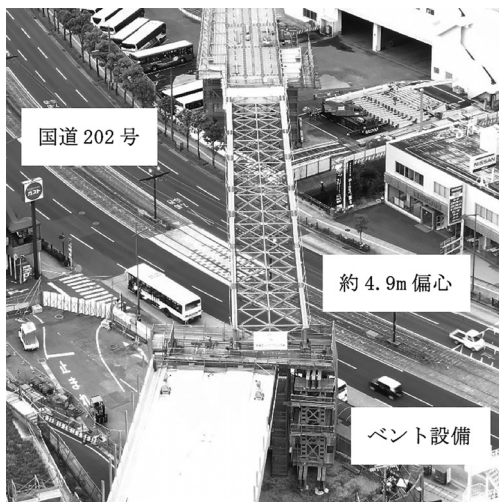


図-3 宝町BvP1送り出し設備設置状況

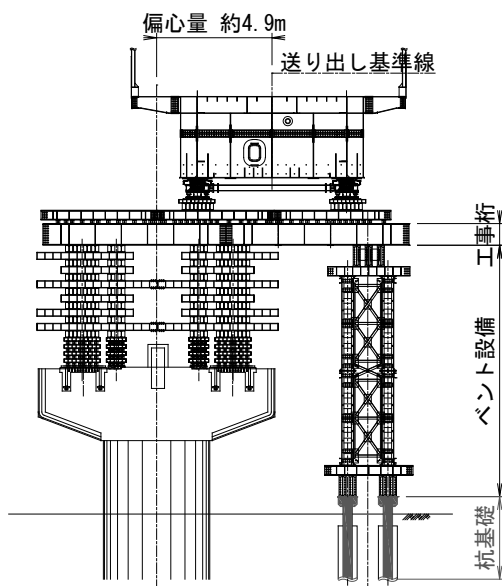


図-4 宝町BvP1送り出し設備図

ベント設備には、約2100kNの鉛直反力が作用することになるが、ベント設置箇所付近に水道本管(φ900)／下水道本管(φ460)等の地下埋設物が多数配置されており、鉛直反力の影響による埋設物の損傷を防止する観点から、直接基礎の施工は不可能と判断し、杭基礎(H400×400×13×21-4本)構造を採用した。(図-4)

基礎杭の設置は、事前の試掘調査で地下埋設物の位置を明確にした上で、国道202号や宝町バス停に近接する市街地での施工であること、現地盤が岩盤層であることを踏まえ、アタッチメントの選択により幅広い地質に対応可能となるリーダ式ケーシング回転掘削工法(BG工法)を適用し、狭隘箇所における低騒音かつ低振動での施工を実現した。(図-5)

基礎杭の周囲は、モルタル充填により先端根固めと周辺固定を行い、先端支持力と水平抵抗力を保有させることで、宝町BvP1橋脚送り出し設備の安定性を確保した。



図-5 基礎杭設置状況

### (4) 送り出し反力管理システムの導入

送り出し架設(縦取り作業を含む)は、宝町橋りょうの各橋脚および隣接する八千代橋りょう等の橋面上に配置した送り出し設備(キャタピラ式エンドレスローラー)で支持することになるが、全長208mの送り出し部材を最大12箇所(受点は



1箇所あたり2点)の多点支持状態で管理する必要があるため、送り出し反力管理システムを導入した。

反力管理システム導入により、送り出し部材の移動にともない変動する発生反力をリアルタイムで監視用PCモニタに表示し、計画反力から算出した管理反力の範囲内となるように反力バランスを調整することが可能となり、送り出し部材および設備の損壊防止が確実となった。(図-6)

また、全ての送り出し設備において、ジャッキオペレーターが持参しているタブレットPCから監視用PCモニタを確認することができるため、状況把握と共有の効果が確認できた。

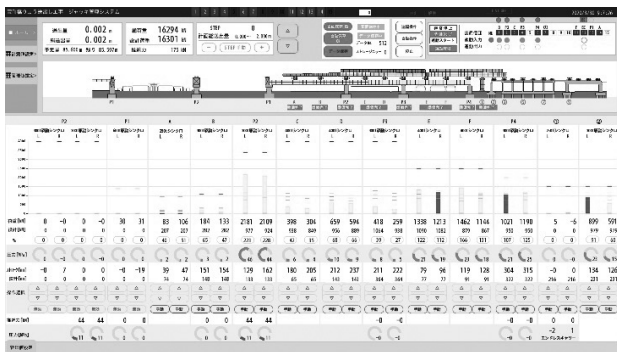


図-6 反力管理システム画面

#### (5) 送り出し部材組立時における工程短縮対策

送り出し部材の組立ヤードは、別途工事で施工された新幹線高架橋上(長崎BL～トランジットモールBv)の約100mの区間であり、隣接工区を含めた全体工程が輻輳したことにより、組立用クレーン(350t吊クローラークレーン)の据付可能範囲も限定される狭隘な作業ヤードであった。(図-7)

当初の送り出し部材の組立計画は、組立ヤード長の制限があるため、手延べ機から順次部材の組立と縦取りを繰り返す手順で考えていたが、4分割された大型断面の主桁組立作業に要する工程を確保するため、手延べ機の組立を別施工とし、主桁の組立を先行する施工計画を立案した。

手延べ機の組立は、大型バスの代替駐車場を確保することで、長崎県交通局バス駐車場内に占用

ヤードを設けてクレーンの据付を行い、八千代橋りょう橋面上で組立後に、縦取り移動した主桁と連結する手順とした。(図-8)

手延べ機の組立を別施工として工程短縮を図ることで、隣接工区を含めた全体工程の確保に貢献できた。



図-7 既設桁(主桁)撤去設備図

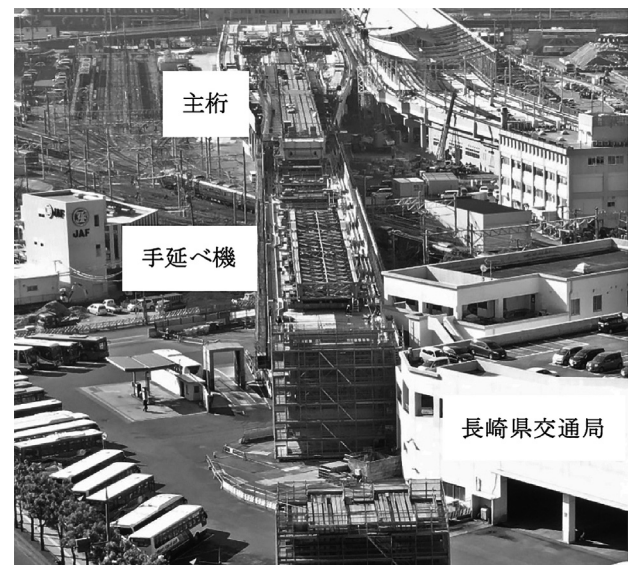


図-8 送り出し部材組立状況

## 4. おわりに

市街地および競合工事が輻輳する厳しい施工条件の中で、多くの調整/協議を経て講じた対策が効果を発揮し、安全確保に寄与するものとなった。

最後に、本工事を進めるにあたり、ご指導/ご協力していただいた関係各位に深く感謝の意を表します。

# 8 施工計画

## 箱桁ポータルラーメン橋の設計と施工

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

監理技術者

大坪 浩之<sup>○</sup>

沢田 一郎

三山 誠志

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：館山自動車道 湊川橋(鋼上部工)工事
- (2) 発注者：東日本高速道路株式会社  
関東支社 木更津工事事務所
- (3) 工事場所：千葉県君津市六手～富津市竹岡
- (4) 工期：平成27年11月24日～  
令和元年8月25日
- (5) 橋梁形式：沖田橋 鋼単純合成2主鈹桁橋  
牛房谷橋 鋼単純ポータル  
ラーメン2主箱桁橋  
湊川橋 鋼3径間連続ラーメン  
2主箱桁橋  
相川橋 鋼単純合成2主鈹桁橋  
白狐川橋 鋼単純合成2主鈹桁橋

東関東自動車道 千葉富津線(館山自動車道)は、千葉市から富津市に至る総延長51kmの高速自動車国道である。そのうち、木更津南JCTから富津竹岡IC間は既に暫定2車線で供用中であるが、4車線化によって追い越し車線が整備されることにより休日等の交通集中による渋滞緩和が期待される。本工事はこの4車線化に伴う橋梁の増設工事で、君津ICから富津竹岡ICの約20kmの区間に位置する5橋の車線を増設するものである。

(図-1)

本報告では「牛房谷橋の非線形FEM解析」および「施工条件と架設工法」について報告する。

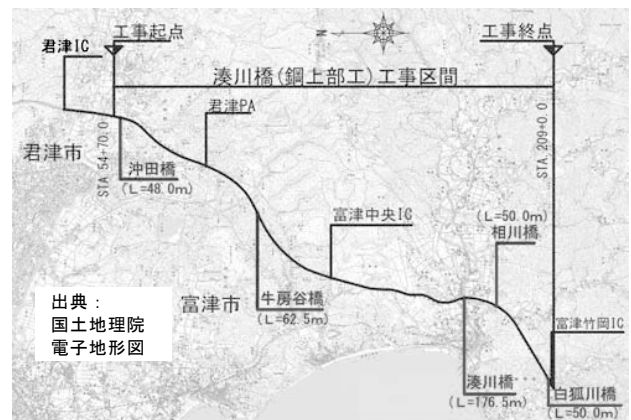


図-1 橋梁位置図

### 2. 設計、現場施工における問題点

本工事のうち牛房谷橋は、ポータルラーメン橋の箱桁60mスパンで実績が少ないため、剛結部の破壊性状をFEM解析にて確認した。

また、主桁端部腹板に孔明き鋼板ジベル(以下PBL)を配置し、支圧板を介して橋台と剛結する構造となっており、本橋の架設工法である送出しでは、主桁端部に完成系以上の応力が作用するため施工上の工夫が必要であった。また、送出しヤードが狭隘なうえ架設位置の直下に民家があったため、架設の工夫、時間的制約があった。

### 3. 牛房谷橋の非線形FEM解析

#### ①FEM解析概要

牛房谷橋の側面図を図-2に示す。ポータルラーメン橋での箱桁60mスパンの実績がないため、荷重伝達機構が不明確であることから、剛結

部の破壊性状をFEM解析にて確認した。解析モデルを図-3に示す。橋台と上部工の1格点間をモデル化した。

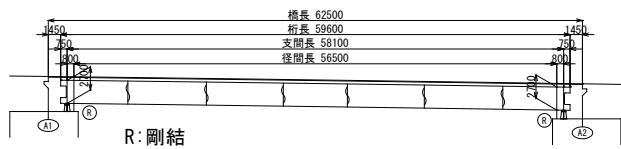


図-2 牛房谷橋 側面図

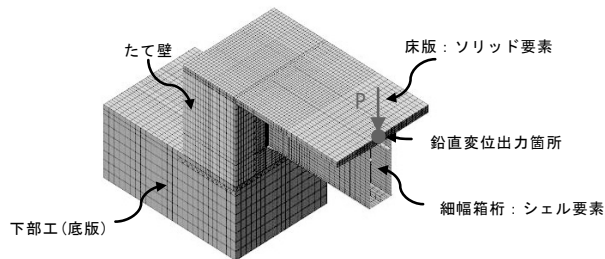


図-3 剛結部の解析モデル

コンクリート部材である橋台底版、たて壁および床版をソリッド要素、鋼部材である主桁および支圧板をシェル要素でモデル化した。下部工の境界条件は、底版の底面を完全固定とした。なお、荷重は桁張出し先端部に作用させた。

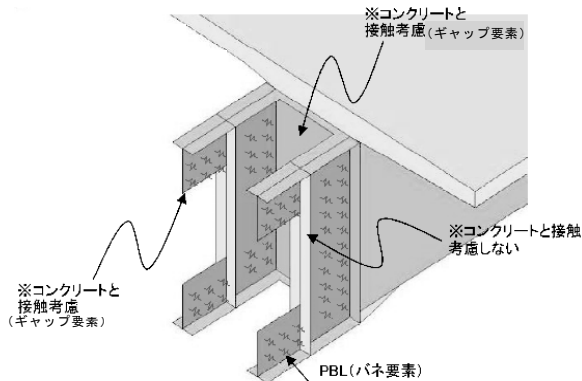


図-4 たて壁内の鋼部材とコンクリートの結合条件概要図

たて壁内の鋼部材とコンクリートの結合条件の概要を図-4に示す。床版と鋼桁上フランジは剛結合とし、剛結部のずれ止めとしてPBLを採用し、コンクリート表面の節点と鋼板の節点をバネ要素にて結合した。PBLのバネ値は複合構造標準示方書より、貫通鉄筋を考慮した値とした。また、PBLおよび支圧板表面とコンクリート表面との接触はギャップ要素を用いて圧縮力のみ伝達

し、引張力およびせん断力は伝達させないこととした。

## ②FEM解析結果

荷重載荷位置における、FEM解析で得られた荷重-鉛直変位関係を図-5に示す。立体骨組解析により算出した断面を合成桁断面と(鉄筋+鋼桁)断面の2種類とした剛性による荷重-変位関係を合わせて示す。

図-5より、床版-たて壁接合部のひび割れまでの剛性はFEM解析と合成桁断面とする計算値でよく一致しており、合成桁として挙動していることがわかる。床版-たて壁接合部のひび割れ後(step 4以後)は剛性を(鉄筋+鋼桁)断面とする計算値とよく一致しているが、荷重増大に伴い徐々に乖離していくことが確認できる。その後、設計荷重の約2倍で下フランジが降伏し、床版-たて壁接合部のひび割れ幅が許容値を超過する。床版-たて壁接合部鉄筋は設計荷重の約3倍で降伏に至ることがわかった。

つぎに、図-5のstep 4における最大主応力コンターを図-6に示す。床版-たて壁接合部と底版-たて壁接合部では断面急変による応力集中が確認できる。ひび割れは同位置から発生し、床版-たて壁接合部で支間中央へ、底版-たて壁接合部でたて壁へ広がる結果となった。

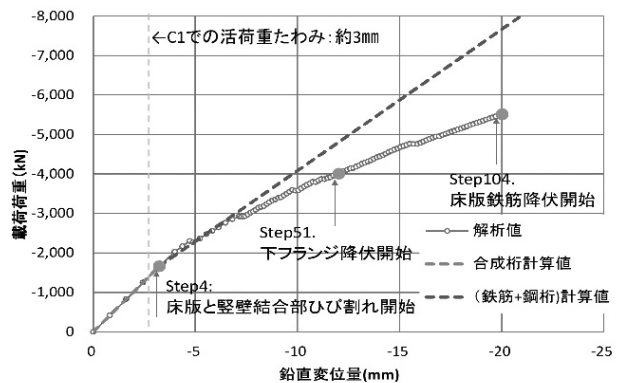


図-5 荷重-鉛直変位関係

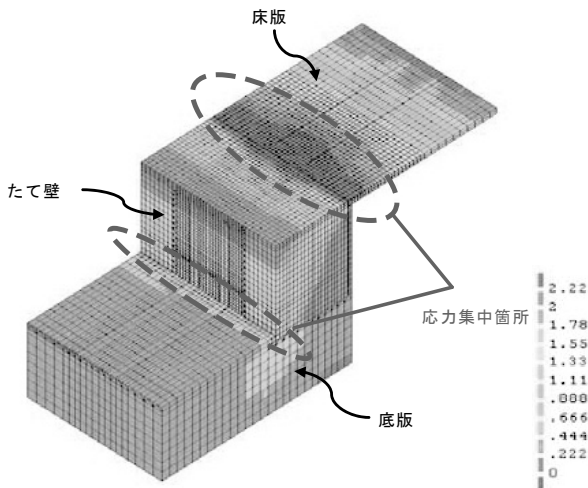


図-6 step 4におけるコンクリートの最大主応力コンター

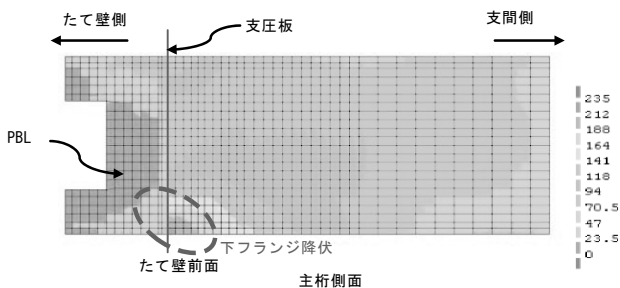


図-7 step51における鋼部材のミーゼス応力コンター

図-5のstep51における主桁側面のミーゼス応力コンターを図-7に示す。PBLがある支圧板接合部付近の下フランジの降伏が確認できる。このとき、支圧板背面のPBLが降伏していないことから、主桁からの圧縮力に対しPBLは支圧板を介して、たて壁コンクリートと分担して抵抗していることがわかり、安全性が確保されていることを確認した。

#### 4. 施工条件と架設工法

本工事は、暫定供用中の4車線化ということもあり、全ての橋梁が高速道路に近接していた。そのため、施工ヤードは高速道路脇の狭隘な施工ヤードか路下の交差道路であった。狭隘な施工ヤード部は送出し工法を採用した。

牛房谷橋はポータルラーメン形式であり、主桁端部腹板にPBLを配置し、支圧板を介して橋台と剛結する構造となっている。送出し架設計画図

を図-10、送出し状況等を図-8にそれぞれ示す。送出し架設工法上、手延べ機連結部の主桁端部には、完成系以上の曲げ応力が作用するため、桁端部の腹板の断面欠損を避けるため、架設完了後にPBLの孔明けを行うこととした。



図-8 送出し状況

送出しは、ヤードが狭隘なため、完成系の主桁間隔では送出しができず、ヤード幅に収まるように短尺の仮横桁を製作して主桁間隔を狭めて対応した。また、架設位置の直下、高速道路の反対側(G1桁側)に民家があったため、不安定となる桁降下後の所定位置までの主桁の単独横取りは、民家と離れた方のG2桁を横移動する計画とした。さらに、民家への安全に配慮して、送出しの推進装置は、地組立桁後方にノンストップで連続送出しが可能なダブルツイングジャッキを採用して架設時間の大幅な短縮を図った。

送出し時間の実績としては、手延べ機到達まで2.5時間、主桁到達までは、到達側ヤードが狭く短いため手延べ機を撤去しながらの作業となり4.5時間、合計7時間で計画通りの施工ができた。

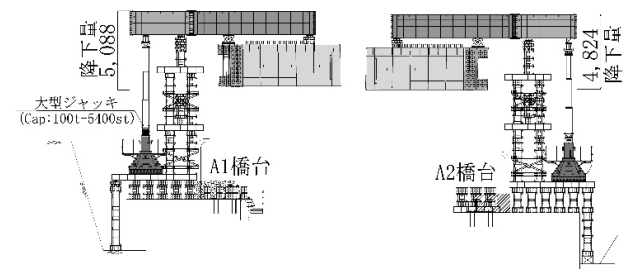


図-9 桁降下要領図

送出し後の降下作業も不安定な作業となるため、大ストロークを擁する大型特殊ジャッキを採用した。ジャッキ受け点は主桁の両端にセッティングビームを設けた。当初計画では吊り下げ方式

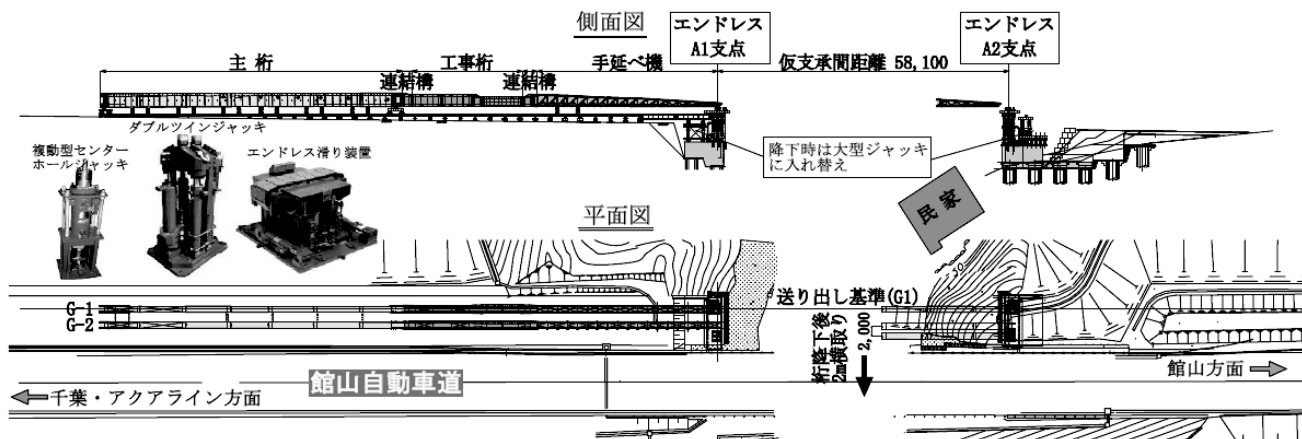


図-10 架設一般図

のジャッキを用いての桁降下となっていたが安全性の向上を図るため図-9、図-11のように、下から大型特殊ジャッキ（マルチユニットリフト）で支る工法に変更した。桁降下中の水平力による転倒防止として、20tチェーンブロックを筋交材とし、桁の降下速度に合わせて緊張してこれを防止した。

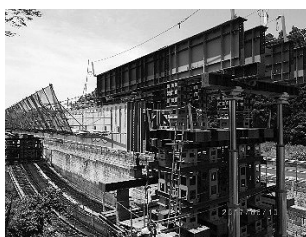


図-11 降下状況



図-12 横取り状況

桁降下後の横移動は降下時と同様にセッティングビームを受点とし、H鋼クランプジャッキを用いてG2桁を高速道路側へ移動させた。（図-12）

横移動後、本設横桁の取り付けは大型クレーンの搬入が難しい現場状況となっていたため、主桁上にレールと治具を設けて運搬、架設した。腹板PBLの孔明けは入熱による影響を避けるため切削機械を用いて行った。

本橋は、先述のとおり鋼桁と橋台をコンクリートで巻き立てて剛結する構造となっており、下部工耐力の観点から、架設からたて壁コンクリート打設までは仮支承で支持して可動させる必要があるため、A1側を可動、A2側を固定とした。仮支承の固定は、死荷重による水平力がほぼ解放される

床版コンクリートの打設後に行い、固定端であ

るA2側のたて壁コンクリートを先行して打設した。A1たて壁コンクリート打込み時には可動支承を固定する必要があるため、A1支承には鋼製クサビを打込んで固定する方法をとった。たて壁コンクリートに対しては、温度変化による鋼桁の伸縮が剛結部の品質に大きく影響するため、事前に外気温と桁温度を観測し、桁温が安定していることを確認のうえ、A1側仮支承のクサビ固定とたて壁コンクリートの打込みを行った。



図-13 架設完了写真

#### 4. おわりに

牛房谷橋はPBL定着方式では国内最大級で難易度の高い橋梁であった。特に剛結部の下部工からの突出鉄筋との接合や配筋順序、たて壁コンクリート打設には大変苦勞した。

架設場所の条件や時間的制約を克服し、関係者一同の団結により安全に施工することができた。

最後に、本工事の施工にあたり、沢山のご指導とご協力をいただきました関係者各位に深く感謝いたします。

# 9 施工計画

## 跨線橋の支承取替えにおける工夫

日本橋梁建設土木施工管理技士会

瀧上建設興業株式会社

設計担当

工事担当

堀 籠 雄 基

山口 義 隆

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工 事 名：名古屋地区名古屋保線所ほか  
2 保線所管内土木構造物  
大規模改修その他工事（鋼橋H31）
- (2) 発 注 者：東海旅客鉄道（株）  
新幹線鉄道事業本部施設部
- (3) 工事場所：名古屋市中村区笹島町
- (4) 工 期：令和元年8月～令和2年7月
- (5) 橋梁形式：1 連目 道床式下路I桁橋  
2、3 連目 道床式下路細幅箱桁橋
- (6) 工事内容：支承取替 1A（2基）、1P（8基）

本工事は、東海道新幹線の関西線乗越線路橋における支承取替工事である。本橋は、JR関西線、あおなみ線などを跨ぐ鉄道橋である。桁下の線路と斜めに交差するため、本橋下部工も制約を受け、上り線で45度、下り線においては60度と、それぞれ斜角を有する橋梁である。

図-1 に一般図を示す。

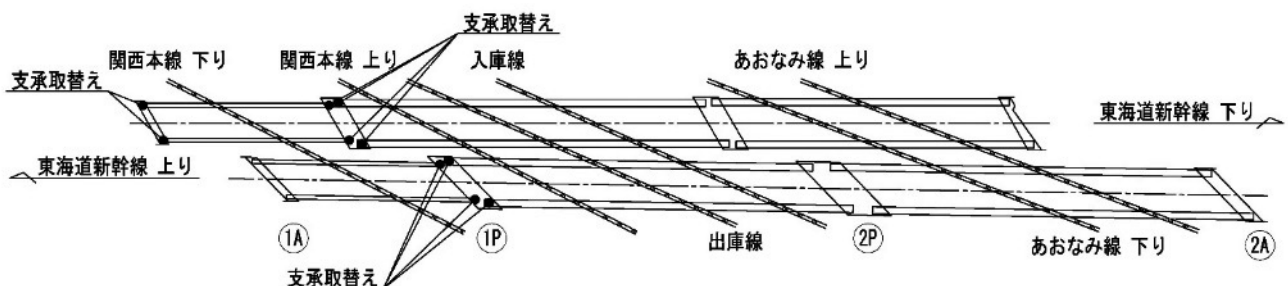


図-1 橋梁平面図

本稿では、線路近接という厳しい状況を踏まえた設計・施工上の工夫について報告する。

### 2. 支承取替え工法

東海道新幹線における鋼橋の支承取替工法は、下部工前面に仮受ブラケットを設置して鋼桁をジャッキアップし、支承を取り替えるものである。図-2 に本工事の仮受構造の概要を示す。

仮受ブラケットは、支承取替後も残置する。

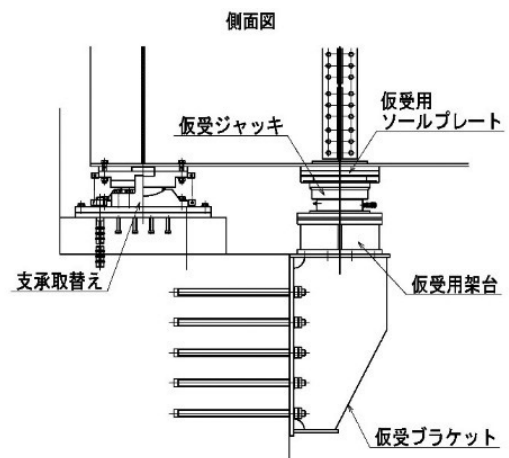


図-2 仮受構造

### 3. 列車の建築限界確保

#### 3-1 3Dスキャナーを活用した現地測量

仮受ブラケットの設置にあたり、桁下を運行する列車の建築限界を侵さないことが絶対条件である。このため、下部工とレール、架空線の相対的な位置関係を正確に把握する必要がある。加えて、感電事故を防ぐため、架空線の位置も把握しなければならなかった。現場計測にあたって下記の課題が挙げられた。

- ①下部工は上部軌道桁に対して、斜角を有しており、線路と斜めに交差しているため複雑な位置関係となっている。
- ②架空線には高圧電流が流れており、近傍での計測ができない。
- ③施工箇所は在来線の線路内であり、列車の通過時に一時退避する必要があり、列車間合いの10分程度という短時間での計測を繰り返すことになる。



図-3 点群データ

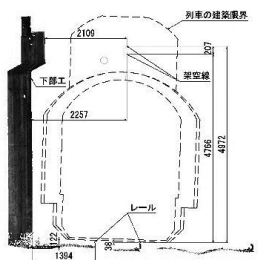


図-4 線路断面図

これらの課題に対して、列車から離れた位置に計測用の3Dスキャナーを設置し、高い精度で計測が可能な三次元測量を行うこととした。

図-3に取得した点群データ、図-4に線路横断方向の断面図を示す。この結果より下部工と在来線建築限界の位置関係を把握することができた。

図-5に示すように、線路と近接する下部工に足場を設置した場合、列車の建築限界を支障するため、営業時間帯の常設足場は設置できなかった。

#### 3-2 足場設置方法の工夫

そこで、下部工と線路が近接する箇所は、列

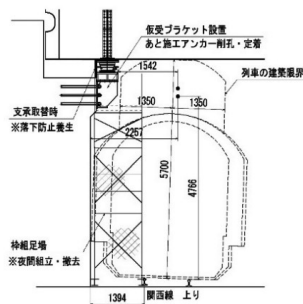


図-5 足場設置図

車が止まる夜の作業時間帯に線路を閉鎖し、当夜で足場を組みばらす方法で施工を行った。

図-6にタイムスケジュールを示す。

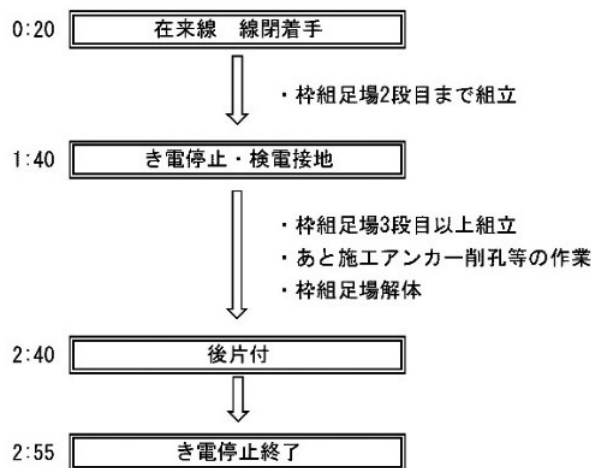


図-6 線閉タイムスケジュール

### 4. 仮受ブラケットの修正設計

#### 4-1 施工上の課題

仮受ブラケットは、斜角60度を考慮して計画されているため、上り線の斜角45度の下部工に設置した場合、図-7に示すようにアンカーボルトが下部工側面を突き抜けてしまう。そこで、列車の建築限界を支障しないことを絶対条件に、アンカーボルトの配置を見直すことが課題となった。

#### 4-2 アンカーボルトの段数

図-7に示すように、既設下部工の天端付近は桁かかり長を確保するため、前面に300mm張り出しているが、その高さは820mmであった。そ

ここで、天端から下方へ820mmまでの範囲であれば、より多くのアンカーボルトを設置できるため、アンカーボルトの段数を5段から3段に変更した。

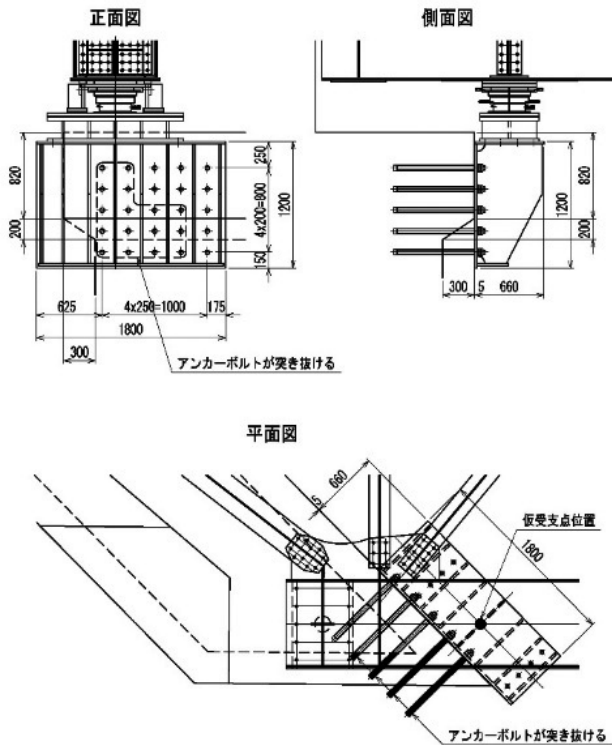


図-7 アンカーボルト配置

#### 4-3 アンカーボルトの列数

アンカーボルトが下部工側面を突き抜けないようにするためには、図-8に示すように支承部より内側へ多く配置することが必要となる。

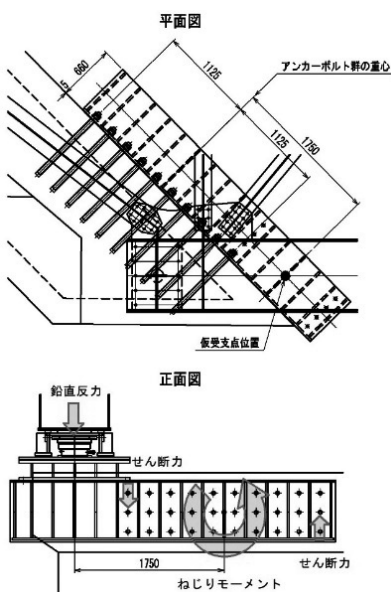


図-8 点群データ

この偏心量に応じて、鉛直反力の作用点と支持点が離れることにより、ねじりモーメントが増大する。結果として、アンカーボルトに作用するせん断力も増えることになる。そこで、偏心作用を解消するため、アンカーボルトを下部工前面に対して直角ではなく、橋軸方向、つまり下部工に対して斜角方向にアンカーボルトを施工することで、仮受支点とアンカーボルト群の中心をできるだけ近づけることとした。

こうした傾斜アンカーの採用により、支承部外側にもアンカーボルトが配置でき、列数も6列程度となり、偏心量を抑えることができた。図-9に修正設計後の仮受ブラケット詳細を示す。

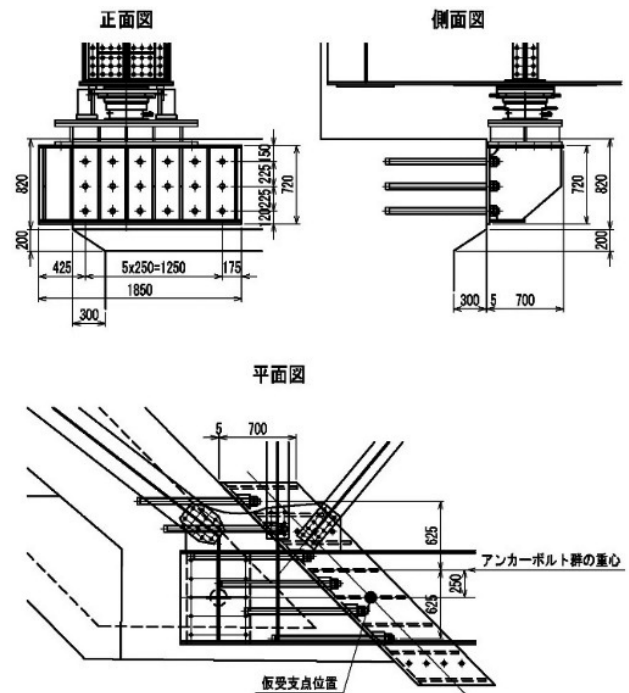


図-9 修正設計後の仮受ブラケット

#### 4-4 アンカーボルトの耐力

アンカーボルトは、仮受け構造に作用する鉛直力、橋軸方向水平力、橋軸直角方向水平力から算出されるアンカーボルト引張力、せん断力に対して、アンカーボルト耐力以下となるように設計している。このうち、アンカーボルトの引張耐力は、鋼材の引張降伏強度から決まる耐力、下部工コンクリートのコーン破壊から決まる耐力のうち小さい方を用いている。前述のアンカーボルト段数及



び列数の低減に対して、アンカーボルト径を増大して断面積を確保したが、アンカーボルト径を大きくしてもアンカーボルト1本当たりの耐力は、下部工コンクリートのコーン破壊によって決まる。

発注された標準設計では、下部工のコンクリート設計基準強度を本橋の強度に依らず、仮受け構造のタイプの中で最小となる $20\text{N}/\text{mm}^2$ としている。しかし、しゅん功図に記載されている下部工コンクリートの設計基準強度の記載が不明瞭であり $20\text{N}/\text{mm}^2$ より大きいことが確認できなかった。そこで、実際下部工コンクリートから採取したコアの圧縮強度試験を行い、設計の前提条件である基準強度 $20\text{N}/\text{mm}^2$ 以上であることを確認した。

## 5. 部材運搬方法の工夫

施工箇所は在来線の線路内であり、トラックやクレーンが近寄ることができないうえ、中間橋脚においては在来線の線路を横断しなければならないため、部材運搬方法の検討が必要となった。

部材を運搬する経路として、次の3つの方法が挙げられた。

- ①在来線のレールと保守用車を使用して運搬
- ②新幹線のレールと保守用車を使用して運搬
- ③在来線を横断する運搬設備を組み立てて運搬

①については、施工箇所の近くまで運搬できるが、レールから設置箇所直下まで部材を盛り替えるための設備を別途用意する必要がある。また、保守用車の入替えに時間がかかり一連の作業を当

夜の時間内に行うことが困難である。

②については、施工箇所の新幹線レール上までの運搬はできるが、レール上から桁下への荷降ろし実績がなく、在来線上空を重量物が通過する際に誤って落下した場合のリスクが高い。

③については、足場設置作業と同様に夜間の線路閉鎖時間内で、線路を横断する運搬設備の組み立て、部材運搬後の解体、撤去まで、設備を工夫することで対応可能となる。

以上の比較検討から③案を採用した。

図-10に採用した運搬設備の使用状況を示す。枠組足場の建枠とH形鋼を用いることで容易に組み立てることができ、図-11に示すように運搬経路の自由度も広がる。レールを跨ぐ箇所など建築限界を支障する箇所は夜の時間帯に設置、撤去するが、列車の建築限界を支障しない箇所は線間ロープで囲う範囲に運搬設備を常設しておくことで、当夜の作業時間の短縮を図った。



図-10 運搬設備使用状況

## 6. おわりに

本橋は、複数の線路に近接し、多くの制約条件がある中、列車の運行を支障することなく無事故で完工することができた。

今後、類似の現場条件で同様な工事を施工する際に本工事の創意工夫が参考になれば幸いである。

最後に、本工事においてご指導を賜りました東海旅客鉄道(株)新幹線鉄道事業本部施設部工事課、名古屋保線所の方々に御礼を申し上げます。

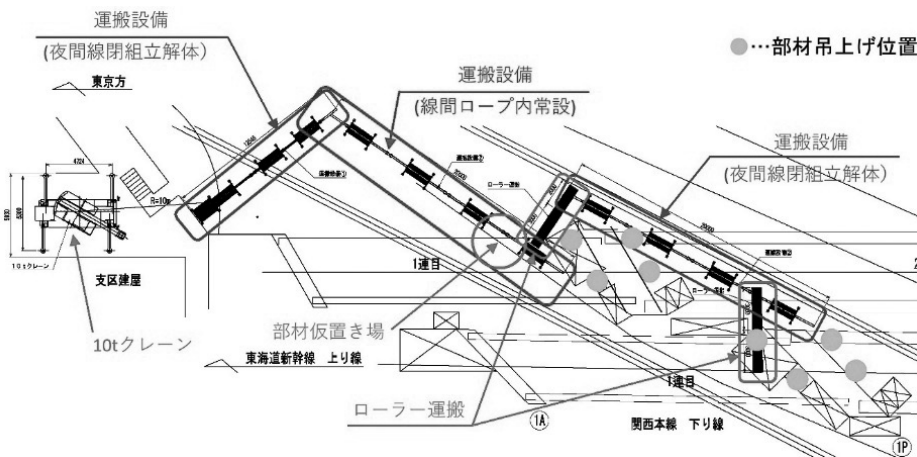


図-11 運搬経路

# 10 施工計画

## 門型クレーンとトラベラクレーンを併用した箱桁送出し

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

鈴木 智之<sup>○</sup>

監理技術者

佐藤 正信

架設計画担当者

森 啓行

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：中部横断 谷津沢川橋上部工事
- (2) 発注者：国土交通省 関東地方整備局  
甲府河川国道事務所
- (3) 工事場所：山梨県南巨摩郡身延町大島
- (4) 工期：平成31年1月18日～  
令和2年3月31日
- (5) 緒元：(橋梁形式) 鋼単純細幅箱桁橋  
(橋長) 71.0m  
(幅員) 10.5m

本工事は山梨県西部を南北に横断する中部横断道の橋梁工事である。施工場所のA1橋台側は資材搬入可能な縦長の作業ヤードとなっているが、A2橋台側のヤードは両側を谷で阻まれ、人の進入しかできない尾根のヤードとなっていた。また、架橋位置が砂防堰堤上となっており、桁下にベントや栈橋を設置することができない条件で

あった。このため、A1側を地組ヤードとした送出し架設が選定されたが、A2側にはクレーンが配置できないため、送出し桁上にトラベラクレーン（以下TRC）を搭載し、手延機到達後に送出し設備の設置、手延機の解体、合成床版の架設を行うTRC併用型の送出し架設となった。図-1に施工前状況、図-2に架設計画図を示す。



図-1 施工前状況

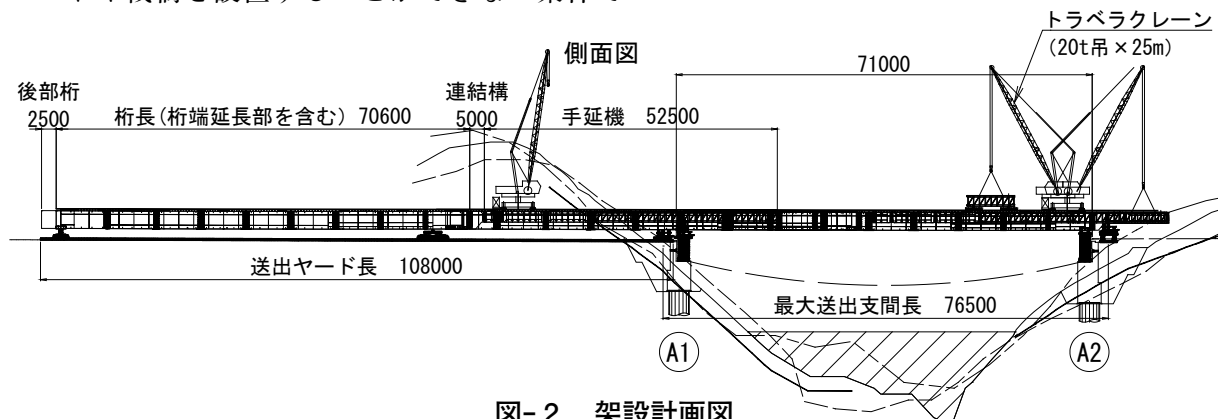


図-2 架設計画図

## 2. 架設における課題

本工事は、幅の狭い縦長のヤードであること、送出し到達側であるA2橋台側にクレーンが配置できないことから、以下の4つの課題が挙げられた。

### ① 送出しヤードのクレーン配置計画

送出しヤードは先端のA1橋台から延長130m、幅11mの形状であった。先端から作業を完了していかなければ、後からの資材供給ができなくなるため、ヤードにクレーンを配置し、いかに効率良く資材を供給しながら桁の地組立をしていくかが課題であった。

### ② A2側機材の設置計画

一般的な送出し工法では、事前に到達側にも送出し設備を設け、先端到達後も引き続き送出しを行う。しかし、本工事においてはA2側のヤード制約によりクレーンの配置ができないため、事前に到達側に送出し設備を運搬・配置することができなかった。この機材設置計画が工程上と安全上の課題であった。

### ③ 送出しステップ毎のTRC荷重の検討

本工事ではA2側送出し設備の組立、手延機の解体、および合成床版パネルの架設のため、TRCを併用する工法である。当社保有の650tmのTRCを使用することとしたが、自重60tonが作用するため、送出し時のTRCの固定要領や桁の安定照査が課題となった。

### ④ TRC軌条の配置計画

本工事では、TRCを併用するため、桁上及び手延機上にTRC移動用の軌条設備を設けなければならない。通常の送出しでは手延機の桁高変化に対して下フランジ側を一定の高さに揃え、送出し時に断面変化による高さ調整が生じないようにするが、今回のようにTRCの走行を考慮すると、上フランジ側に段差が生じるため軌条設備が設置しづらくなる。また、手延機解体および合成床版架設においては、軌条を順次撤去していく必要がある。このため、TRC軌条の効率的な配置計画が課題となった。

## 3. 工夫・改善点と適用結果

上記の4課題に対し、下記の工夫・改善を行った。

### ① 門型クレーンによる架設計画

送出しヤードの配置計画について、本工事では鋼橋の現場ではあまり使用しない門型クレーン(30t吊り)の採用を検討した。門型クレーンの縦方向に自由に移動できる特性を活かすためである。使用にあたっては、ヤード幅11mのうち門型クレーンのレール間隔を9.5m、ヤードの山側は排水路、ヤードの谷側は安全通路と決め、限られた幅を有効活用することとした。図-3にヤードの使用状況、図-4に門型クレーン図を示す。



図-3 ヤード使用状況

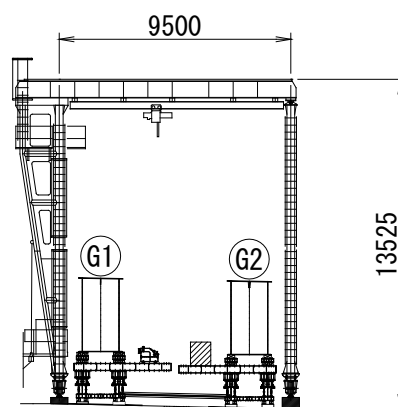


図-4 門型クレーン図

門型クレーンの適用において、通常の移動式クレーンと特性を比較したものが表-1である。門型クレーンを使用することで増加した項目は、基礎コンクリートの設置撤去、門型クレーンの組立

解体、落成検査、橋梁特殊工によるクレーンオペレーターの配置であった。、経済性においては門型クレーンのリース費は100t吊りトラッククレーンのリース費より安価となるが、上記の追加項目を考慮すると同程度となることがわかった。一方、作業的な長所として、(1)移動式クレーンを設置するスペースを作業スペースとして有効活用できたこと、(2)ヤード先端への資材の運搬ができたこと、(3)桁受け架台の撤去で使用できたことが挙げられる。短所として門型クレーン移動時に挟まれ事故の危険が伴うことである。工程的には門型クレーンの組立と落成検査で7日間を要した。特に落成検査の日程は事前に所轄の労働基準監督署と調整しておく必要がある。

表-1 門型クレーンと移動式クレーンとの比較表

	門型クレーン (30t吊り)	移動式クレーン (100t吊り)
施工性	○ ・一定の能力で広い範囲に使用できる。 ・架設後でも先端まで移動できる。 ・縦長のヤードでは有効。	△ ・作業半径により吊り能力が変化する。 ・架設後は後方にしか移動できない。
経済性	○ ・リース費：◎ ・クレーンの組立解体費：△ ・オペレーターは橋梁特殊工であり1人工多くなる：△	○ ・リース費：△ ・クレーンの組立解体費：○ ・オペレーターは単価に含まれる：○
安全性	△ ・移動時、挟まれるの危険が伴う。	○
工程	△ ・組立：7日（落成検査含む）	○ ・組立：0.5日

## ② 手延機先端設備の工夫

A2側機材の設置計画においては、送出し作業に先立ち手延機先端に能力300kN、ストローク1000mmのトラニオンジャッキとベント材の一部を取り付け到達後の受け点とした。図-5に手延機先端設備を示す。

この問題点として、先端に設備を取り付けることで、設備の自重によりたわみ量が増加する。また、手延機先端下部にベント材をぶら下げることにより、送出し高さも高くなるため、降下量が増えることとなる。このため、これら設備自重を考慮した送出し解析を行い、先端たわみ量を算出した。到達直前の橋台からの高さ余裕量を300mm

に設定し、送出し後の降下量が最小になるよう送出し基準高を決定した。



図-5 手延機先端設備

到達後は図-6に示す仮受台を組み立て、トラニオンジャッキを併用し、所定の反力が導入されるまで高さ調整を行った。この仮受台は、上記の検討より、到達後に人力で運搬し組み立てることとした。基礎となるH300は先端に取り付けておき、人力運搬可能なH150（サンドル材）のみに制限して組み立てた。

仮受台組立完了後、桁上に搭載したTRCを移動させ、支承の設置、降下サンドルの組立、送出し設備の組立を行った。この手順を間違えるとTRCの荷重により、桁の座屈や転倒を引き起こす恐れがあるため、1m毎の送出しステップ図を作成し、作業手順の周知を綿密に行った。



図-6 仮受台

### ③ 送出しステップ解析

本工事では650tmのTRCを使用し、定格荷重20ton、作業半径25mの仕様とした。送出し検討を進める中で、TRC自重を送出しステップ解析に反映させる必要があり、全60tonの自重に不均等係数20%を考慮し、送出し時は送出し桁のアップリフト対策として後方にTRCを配置するモデルとして解析した。この際、反力バランスは送出し全体重量700tonに対し、A2到達直前で前方台車660ton、後方台車40tonと前方台車に反力が集中したため、後方台車の浮き上がり防止として後方にカウンターウエイト20tonを積載した。このカウンターウエイトは、通常であれば手延機先端到達後は後方台車の反力が減少していくため、荷重が抜けた時点で解放するが、今回は解体した手延機を桁上の運搬台車で後方まで運搬するため、後方に受け点が必要であり、後方台車を追従させるウエイトの役割も担った。

主桁のTRC設置位置には受け点補強とアップリフト金具を工場製作時に取り付けておく必要があるため、送出しステップ、手延機解体、合成床版架設の段階毎の配置を早期に決定し工場製作に反映させた。

### ④ 連結構の工夫

TRC軌条の配置計画のため、本工事では図-7に示すように、手延機の上フランジ側の高さを揃え、連結構の下フランジを階段状に変化させる構造とした。これにより、桁送出し時に高さ調整のための時間を要することになったが、移動回数の多いTRCの軌条配置を優先することで、TRC軌条設備配置時の高さ調整とTRC移動時の固定作業を簡略化することができた。また、手延機全体の軽量化のため、連結構を3種類製作し、連結構1はトラス桁からH=2mの板桁への変化、連結構2はH=2mからH=2.5mへの変化、連結構3はH=2.5mからH=3mの本設桁への変化とした。さらに、連結構3は桁高が3mとなり、搬出処分する際の切断手間を省くため、上下分割のボルト構造とした。

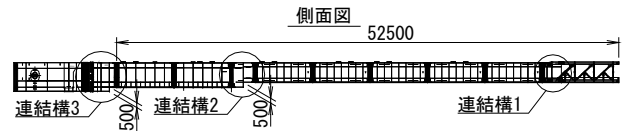


図-7 手延機図

TRC軌条設備は、手延機解体時と合成床版パネル架設時のそれぞれの作業に応じたTRC位置を決定し、レールと軌条用のH400の継ぎ手が解体する手延機の添接部を跨がないように短く分割し配置するよう工夫した。長いレールや軌条桁を使用すると、TRCが設置できなくなるため、計画時にTRCの配置を踏まえた検討しておく必要がある。図-8にTRC軌条設備を示す。



図-8 TRC軌条設備

## 4. おわりに

本工事では、トラベラクレーンを併用した特殊な送出し工法であり、送出しステップの作成には相当な時間を要した。また、門型クレーンの活用など新たな試みも実施した。今後、類似工事において、本工事の留意点が参考になれば幸いである。また、コスト面においてもTRCを追加することで工事費が割高となる恐れがあるので、架設計画は現場条件を踏まえて工法選定する必要がある。

最後に、本工事においてご指導を賜りました甲府河川国道事務所の方々をはじめ地元の皆様ならびに関係各署に深く感謝し、厚く御礼を申し上げます。

# 11 施工計画

## 震災復旧工事輻輳箇所における鋼橋架設工事の施工

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本ファブテック株式会社

監理技術者

現場代理人

伊藤 真人<sup>○</sup> 内村 将吾

### 1. はじめに

本工事は、東日本大震災の津波により被災した国道45号の復旧工事である。本橋は宮城県南三陸町の港川上に位置し、周辺では国道45号復旧後の開通に向けて新堤防工事、道路改良工事が同時施工中であった。当初計画の架設工法は、河川流水部にベント設備を設置し、橋台背面より移動式クレーンを用いたクレーンベント工法で計画されていた。

#### 工事概要

- (1) 工事名：歌津港橋上部工工事
- (2) 発注者：国土交通省 東北地方整備局
- (3) 工事場所：宮城県南三陸町歌津
- (4) 工期：令和1年8月10日～  
令和2年9月18日
- (5) 橋梁形式：単純非合成箱桁（2主桁）
- (6) 橋梁諸元：鋼重265t、橋長58.0m

### 2. 現場における問題点

本工事は施工にあたり、以下の問題点があった。

#### (1) 施工条件変更による再計画

当初計画では河川流水部にベント設備を設置し、橋台背面に設置した550t吊油圧クレーンを使用して架設する計画であった。A1橋台は中空カルバート構造であり、施工検討の結果、計画位置の橋台上にクレーンを設置すると、アウトリガー反力により頂部コンクリート梁が応力超過することが判った。(図-1) このため、大型クレーン据付位置を橋台背面以外の桁架設可能な位置への変更が必要となった。そこで、別途施工ヤードを確保するために発注者と協議し、A1橋台側方で施工中の堤防工事を一時中断して、新たなヤードを確保し、架設計画を再検討することを求められた。(図-2)

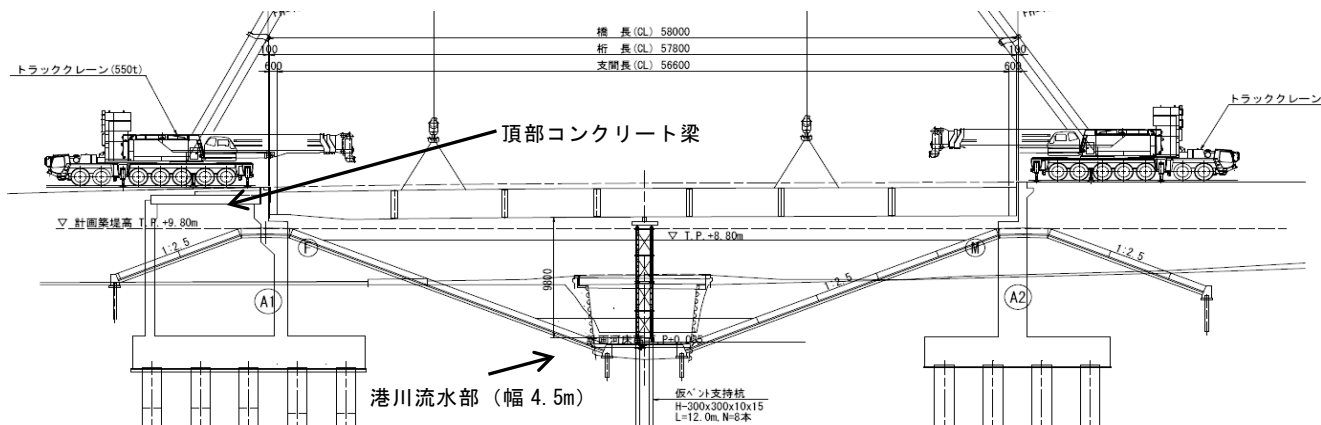


図-1 当初の架設計画図

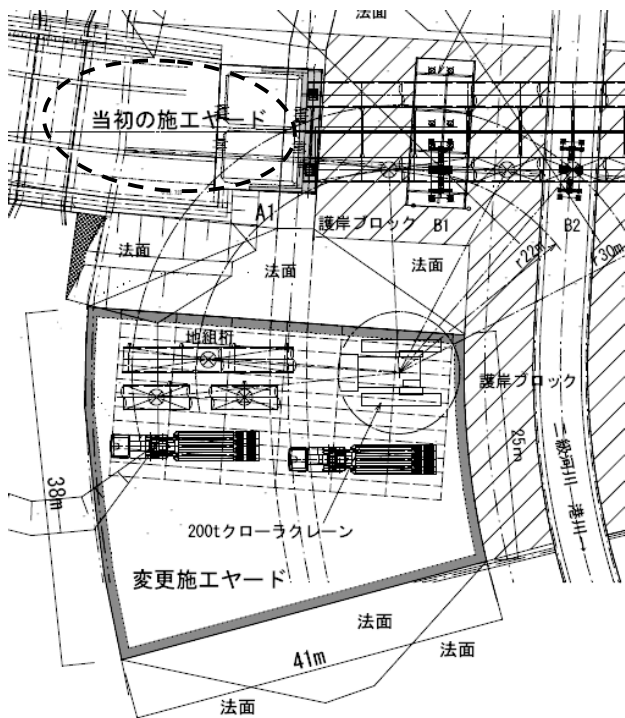


図-2 変更作業ヤード範囲図

(2) ベント設備基礎施工クレーンの課題

ベント設備は港川流水部にH鋼杭基礎構造で1基設置する計画であり、杭基礎施工には桁架設後の引抜時作業半径およびバイプロハンマ起振力から350tクローラクレーン（50mブーム）が必要であった。しかし、変更施工ヤードではヤード範囲の不足により350tクローラクレーンの組立てが不可能との検討結果となったため、代替の施工方法を立案する必要が生じた。

(3) ヤード使用可能時期や引渡し工程の制約

後工程工事への引渡し時期については当初明示

されていなかったが、工区全体の開通スケジュールに向けて隣接他工事が施工中であり、以下に示す変更施工ヤードの使用時期や、後工事への引渡し時期の制約の順守を求められた。

A1側ヤード：着手日・・・令和2年5月18日

引渡日・・・令和2年7月27日

A2側ヤード：着手日・・・令和2年6月4日

引渡日・・・令和2年6月30日

橋 面：引渡日・・・令和2年8月17日

よって着手日から橋面引渡日の3ヶ月以内で外面塗装まで完了する必要がある、上記の全ての制約条件を満たす施工計画の立案が求められた。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

現場における施工条件の変更や施工方法の課題、工程条件の全てを同時に解決する新たな施工方法を再検討した。

(1) 架設方法の再検討

ベント杭基礎の施工にあたり、変更施工ヤードで組み立て可能なクレーンは200t吊クローラクレーンであった。当該クレーンは施工能力の制約からG2桁側（ヤードに近い側）の杭基礎しか施工できないため、G2桁側のみベント設備を設置し、G2桁位置にG1桁を架設し、G2桁側からG1桁側へ横取り架設する横取り併用クレーンベント架設工法を立案・採用した。（図-3）G2桁はG1桁横取り後に定位置にクレーンベント架設する。

(2) 横取り設備の構造

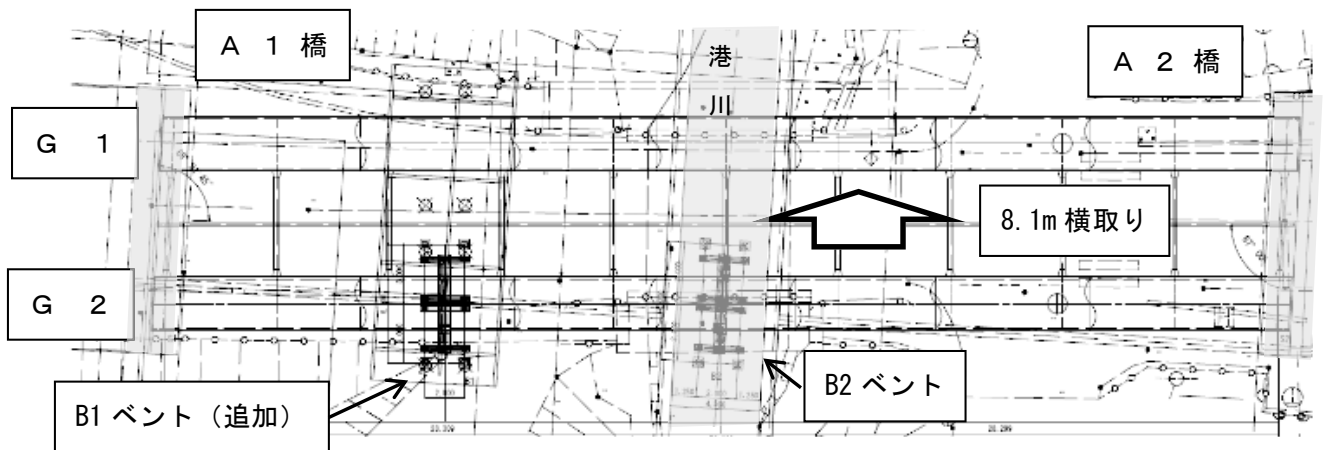


図-3 横取り併用クレーンベント架設工法概要図

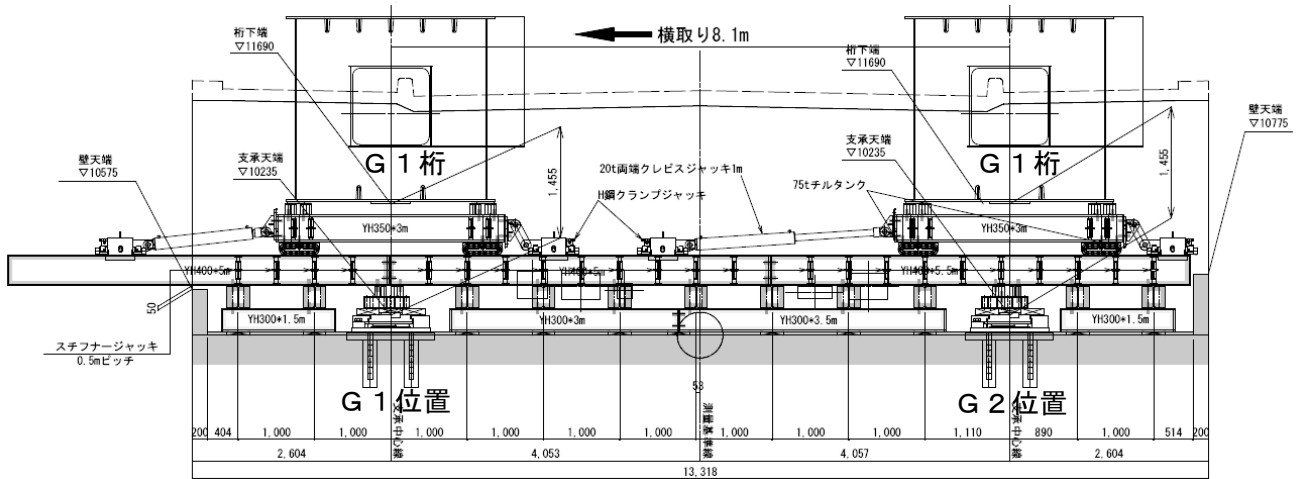


図-4 横取り設備構造図 (断面)

架設クレーン能力からG2桁位置に桁架設が行うことができるため、各橋台に設置する横取り設備はG1桁～G2桁間の約8m＋横取り・おしみジャッキが収まる設備構造とした。軌条梁（H400山留材）は橋台から横取り側に3m程張出し状態になるため、先端部分の梁を支持する構造が一般的であるが、橋台側面は完成法面となっており支持設備が設置できない。張出部の軌条梁に作用する荷重はH鋼クランプジャッキの水平力と自重のみで、主桁荷重による曲げモーメントやせん断力は作用せず軸力が支配的であることから、張出状態でも梁応力度に問題無いことを確認した。

横取り設備高は、降下量を抑えるために低く設定すべきであるが、橋台両脇にコンクリート壁が施工済のため、これに干渉しない高さ設定が必要であった。コンクリート壁高さは左右で異なるため、低い側の高さに設備高を合わせ、横取りジャッキを引き方向にして対応した。(図-4)

横取り推進力は両端クレビスジャッキ（引き方向20t、ストローク1m）を使用し、推進、おしみの固定はH鋼クランプジャッキを配置し、施工時の逸走防止に配慮した。(図-5)

滑り装置構造は、桁下に梁（H350山留材）を通し、主桁ウェブ直下となる梁両端に75tチルトンクを2台配置する構造を採用することで、横取り時の摩擦係数低減を図った。

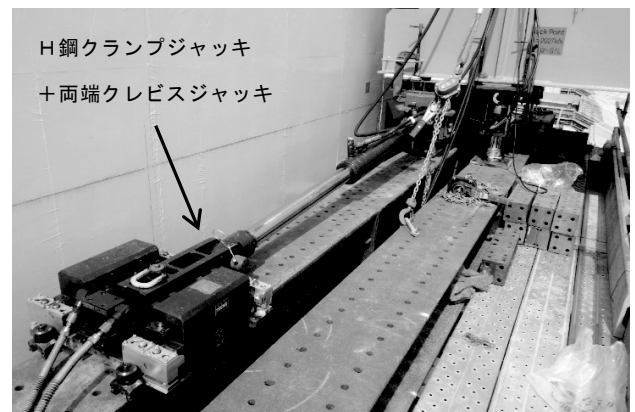


図-5 横取り設備

### (3) 横取り降下作業

G1桁の架設、高力ボルト締付け完了後、横取り作業を行った。両橋台に作業員・監視者・ジャッキオペレータを配置して桁遊間量を計測しながら、横取り量8.1mを約1時間で完了した。

降下設備は橋台前面側を降下ジャッキ用受点、パラペット側の端部ダイヤフラム位置を仮受点とした。降下設備への盛替え作業時に、ジャッキ用受点と仮受点を分離する必要があるため、受梁（H300山留材）を分割できるように1.5mと1.0mの梁を連結使用した。(図-6)

降下は100tジャッキ（ストローク200mm）でA1橋台、A2橋台交互に行った。主桁固定のためのラッシングワイヤーを緊張しながら、1回当たり150mmずつ降下し、降下量約1.5mを1日で完了した。



#### (4) 桁架設とヤードの引渡し

本橋の主桁は1主桁当たり7部材の構成で、4部材をA1側から200tクローラークレーンで架設、残り3部材はA2側から1部材張出し架設、2部材地組みし550t油圧クレーンで架設した。

閉合架設時は、橋台パラベットの桁遊間が両橋台とも100mmと少なく、通常の差込み架設ができないため、添接板を観音開きにした状態で落し込み架設を行った。

上記の架設計画と現場の工夫によりA2側ヤード引渡し制約日にA2側ヤードを引き渡すことができた。A2側ヤード引き渡し後、A1側ヤードでベント設備の解体、杭基礎の撤去を200tクローラークレーンで行い、予定通り令和2年7月27日にA1側ヤードを引き渡した。

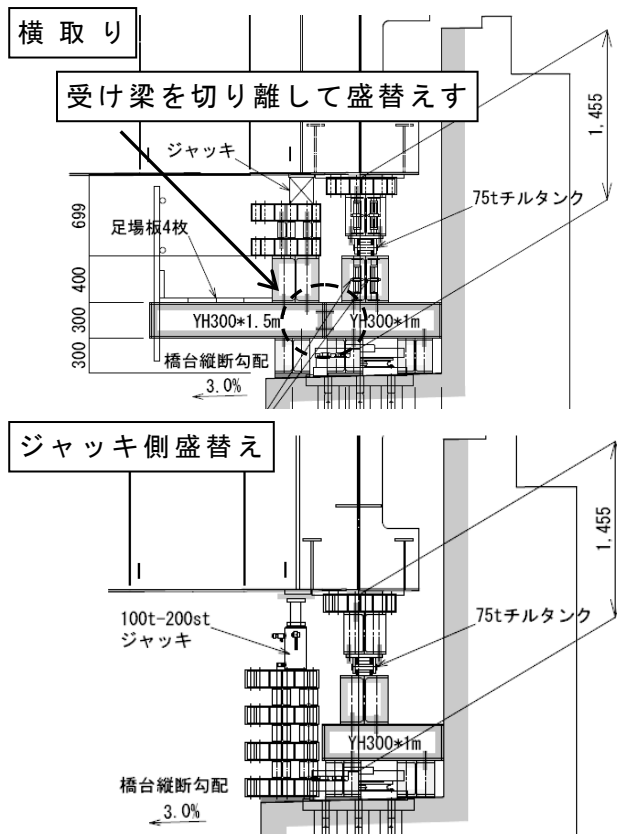


図-6 降下設備への盛替え

#### (5) ベント杭基礎撤去箇所の地盤沈下防止対策

ベント杭基礎 (H300) の撤去は、主桁G1～G2桁間横桁部にパイプロハンマを落し込んで引抜き施工を行うため、施工時に干渉する杭直上の

横桁、縦桁、上部工検査路、吊り足場設置は杭撤去後に施工した。

杭基礎施工箇所周辺は法面護岸コンクリートブロックが設置済みであり、杭引抜き後の地中に空隙が生じて周辺地盤の沈下が懸念された。このため、空隙発生要因となるH鋼杭への引抜き時の土砂付着防止対策として予め摩擦低減剤を杭表面に塗布した。杭引抜き時は、摩擦低減剤の効果により土砂が付着せず、パイプロハンマの振動を与えなくてもクレーンによる巻き上げのみで引抜くことができた。杭引抜き箇所空隙は認められず、護岸コンクリートブロック高さも施工前後で変化していないことから周辺の地盤沈下を防止できた。

#### (6) 橋面の引き渡し

高力ボルト締め付け完了後の7月下旬より外面塗装を行い、予定通り令和2年8月17日に橋面を引き渡した。その後、橋面工事に影響しない桁内面塗装を施工して工事完了した。

## 4. おわりに

本工事は東日本大震災の被災地における復旧工事であり、周辺の復旧工事や堤防構築工事が同時施工中のため工事が輻輳し、受注後の条件変更や多くの制約条件下での施工となった。同環境における工事の場合の対応方針の参考になれば幸いである。本橋は後工程工事の床版工事会社へ引渡し、現在橋面工が順調に施工されている。

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



図-7 完成写真

# 12 施工計画

## 鋼トラス橋端部鉛直材取替における安全性の確保

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本橋梁株式会社

現場担当

鈴木 琢也<sup>○</sup>

監理技術者

上山 勉

設計担当

川村 弘昌

### 1. はじめに

本工事は、中国自動車道の北房IC～大佐スマートIC間に位置する橋梁7橋の床版取替・鋼桁補修のうち下古谷橋（上り線）におけるトラス橋の鉛直材取替を施工する工事である。

下古谷橋トラス橋における端支点の鉛直材は図-1に示す通り腐食による損傷が著しく、部材を構成する鋼板の板厚が減少し、一部孔が空いている状態であった。これらの損傷により、橋梁の耐荷性能が低下していることが判明したため連結部の添接板と高力ボルトを取り外し新しい鉛直材に取替える計画とした。

本稿では、鉛直材取替を施工するにあたって安全に施工するために検討した内容とその効果について述べる。

#### 工事概要

- (1) 工事名：中国自動車道（特定更新等）  
北房IC～大佐スマートIC間（上り線）  
土木更新（その2）工事
- (2) 発注者：西日本高速道路（株）中国支社
- (3) 工事場所：岡山県真庭市五名～新見市高尾
- (4) 工期：令和2年4月18日  
～令和3年6月11日
- (5) 施工：熊谷組・オリエンタル白石・日本橋梁特定建設工事共同企業体



図-1 鉛直材の腐食損傷状態

### 2. 現場における問題点

当該部材は常時の死活荷重を受け持つ主要部材であり、かつ地震や風の影響についても荷重を支点部に伝達する重要な役割を担っている。よって部材が撤去されている状態においても構造として安定した状態でなおかつ安全な状態を確保することが課題であった。また、鉛直材取替前後において構造系に変化が生じない施工方法が要求された。

本工事における技術的な留意点を下記に記す。

① 鉛直材に作用している死荷重による圧縮軸力を除去し、構造を安定させた状態で既設の鉛直材を撤去する必要がある。

② 当該橋梁の道路線形は平面曲率  $R = 600\text{m}$  を有しており、トラスの弦材は各点位置で折れた配置としているので、左右の床版張出し長が変化

している。これにより鉛直材に生じる力も異なることから、鉛直材に作用している力を除去する方法を検討するにあたっては現状で鉛直材に作用している圧縮軸力を詳細に把握する必要がある。

③ 鉛直材取替前後において構造系に変化が生じないようにするためには、新しく取替えた鉛直材に既設部材と同等の圧縮軸力が発生している必要がある。

④ 鉛直材が撤去された状態で地震が発生することも想定して、水平方向に対する構造の安定を担保する必要がある。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

具体的な方策として下記の6項目を実施した。

#### 3-1 立体骨組み解析とX線残留応力計測

鉛直材に発生している死荷重による圧縮軸力を把握するために、立体骨組み解析を実施した。また、立体骨組み解析により算出した圧縮軸力の妥当性を確認するためにX線残留応力装置を使用して既設の鉛直材に作用している軸応力を計測して、両者の値を比較した。

X線残留応力の計測は、**図-2**に示す通り、鉛直材中央付近の4面、板幅中央位置で実施した。



**図-2 X線残留応力計測状況**

立体骨組み解析により算出された作用応力度は14MPaという値であったのに対し、X線残留応力の測定結果は258MPaであった。

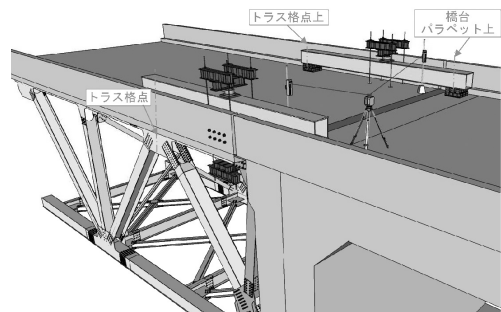
これは**表-1**に示す通り、計測した残留応力には荷重による発生応力だけでなく、鋼板の製造過程で発生する残留応力と部材製作過程で溶接によ

り発生する残留応力などが含まれていたことによると考えられた。

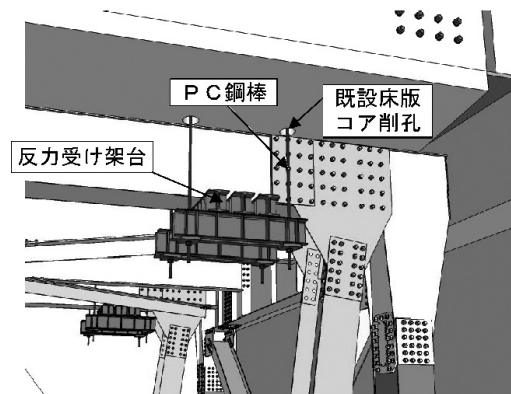
今回のX線残留応力計測で荷重による発生応力の正確な値は計測できなかったが、想定していない荷重や変形に起因する発生応力ではないと推定することができたため、立体骨組み解析により算出した圧縮軸力を設計値として採用した。

**表-1 推定残留応力と計測値の比較**

	残留応力および発生応力(Mpa)	X線残留応力測定機による測定値(Mpa)
鋼材の残留応力	55	-
溶接による残留応力	-59	-
表面処理による残留応力	-374	-
荷重による発生応力	-14	-
合計発生応力	-392	-258



**図-3 軸力除去装置（橋面上）**



**図-4 軸力除去装置（橋面下）**

#### 3-2 鉛直材の軸力除去方法

鉛直材の軸力を除去する方法として、**図-3**に示す通りトラス上弦材格点上と橋台パラペット上を支点とする仮設梁を主構線上の橋面上に配置した。これを反力受けとして、**図-4**に示す通りPC鋼棒および油圧ジャッキを用いた引き上げ装置で鉛直材上端の上弦材の格点を持ち上げる方法で鉛直材に作用する圧縮軸力を除去した。

### 3-3 FEM解析の実施

立体骨組み解析で算出した圧縮軸力を基に図-5に示す軸力除去のモデルを再現したFEM解析で鉛直材の荷重除去に必要なジャッキアップ力を算出した。また、ジャッキアップをする際に床版や壁高欄の剛性によりジャッキアップ力が大きくなることが懸念されたため、事前に床版と壁高欄を切断したモデルについても検討を実施した。この結果、ジャッキアップ力は床版と壁高欄を切断することで70%程度に低減することができた。

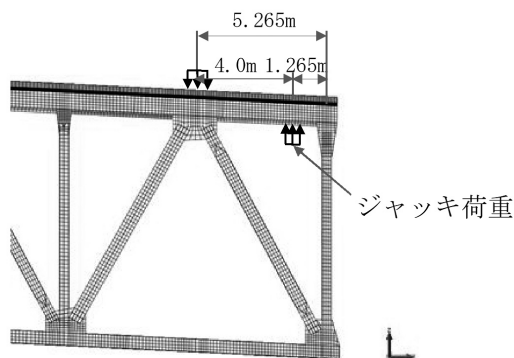


図-5 軸力除去のFEM解析モデル

### 3-4 ひずみ計測による発生応力度の管理

実施工においては施工誤差も見込まれるため、あらかじめ既設鉛直材に設置したひずみゲージにより部材応力の除去状況を監視することとした。

既設の鉛直材に発生している圧縮軸力を完全に除去できた状態は、ひずみ計測の値に変化がなくなった時点その状態とすることにした。

ジャッキアップ作業は、ひずみ計測4面に加えて油圧ジャッキの反力により鉛直材に生じる引張力を監視し、立体骨組み解析とFEM解析で算出した設計値と比較しながら実施することで想定外の力が作用していないかを確認しながら実施した。

ジャッキアップ作業は、FEM解析による設計ジャッキアップ力である307kNの50%から段階的に反力を増加させた。設計ジャッキアップ力の170%の520kNを作用させた段階で、目視による浮きが確認されるとともに、ひずみ計測の値が58 $\mu$ で上限となったため、発生軸力が0kNになったと判断し完了とした。ジャッキアップ時のひずみ計測推移を表-2に示す。

ひずみ計測により得られた値より算出される発生応力度は、立体骨組み解析から算出した発生応力度14.3MPaに対して、11.6MPa (81%) となった。

表-2 ジャッキアップ時のひずみ計測推移

計測条件	A(下関側)	B(R側)	C(吹田側)	D(L側)	単位: $\mu\epsilon$ 平均値
ゼロ点計測	0	0	0	0	0
設計荷重 約10%	9	7	5	7	7
添接板上部ボルト取外し	13	12	-2	-4	5
設計荷重 50%	29	33	12	5	20
設計荷重 70%	39	47	18	9	28
添接板下部ボルト緩め	37	45	18	6	26
設計荷重 80%	45	54	22	10	33
設計荷重 90%	48	58	24	11	35
設計荷重 100%	53	65	28	13	40
設計荷重 110%	56	70	30	14	43
設計荷重 120%	61	75	33	15	46
設計荷重 130%	67	81	35	17	50
設計荷重 140%	72	87	37	18	54
設計荷重 150%	75	91	38	18	56
設計荷重 160%	77	94	40	18	57
設計荷重 170%	78	95	41	18	58
ジャッキアップ完了(180%)	78	95	41	18	58

鉛直材取替後の構造系に変化が生じないようにするためには、ジャッキダウン時にジャッキアップ時と同等の荷重が再移行できていることを確認する必要があった。

そこで新設部材にも中央4面にひずみゲージを設置してジャッキダウン時にもひずみ計測を実施した。ジャッキダウン時のひずみ計測推移を表-3に示す。

表-3 ジャッキダウン時のひずみ計測推移

計測条件	A(下関側)	B(R側)	C(吹田側)	D(L側)	単位: $\mu\epsilon$ 平均値
ゼロ点計測	0	0	0	0	0
ジャッキダウン完了	-78	-64	-55	-72	-67

ひずみ量が67 $\mu$ で上限となり、ひずみ計測により得られたひずみ値より算出される発生応力度は、立体骨組み解析から算出した発生応力度14.3MPaに対して、13.4MPa (94%) となった。これにより、取替前後の鉛直材に同等の荷重が再移行したことが確認できた。

### 3-5 橋面高さの監視

ジャッキアップ作業中は、橋面高さについても大きな変位が生じていないかを監視するために図-6、7に示す通り鉛直材直上の橋面に回転レーザーレベルとレーザーセンサーを設置した。このシステムは、常時、橋面の鉛直変位を監視し変位

量が管理値である 3 mm を超えると警報音・赤色灯の点灯によりアラートが伝達されるとともに携帯端末にその記録が転送されるシステムである。

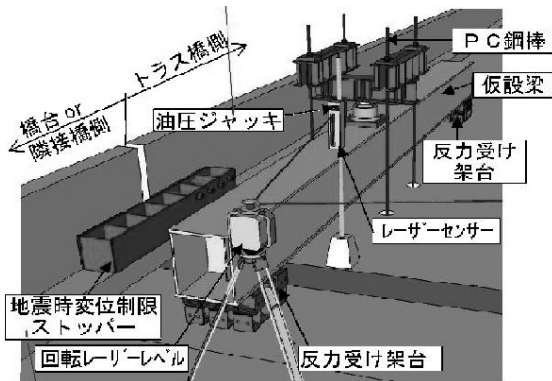


図-6 橋面上設備図

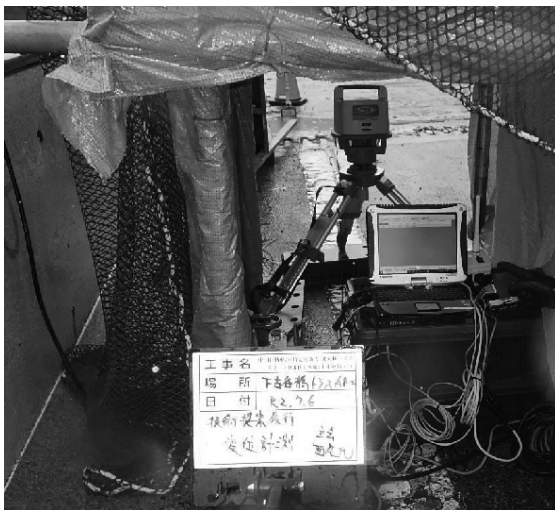


図-7 回転レーザーレベルの設置状況

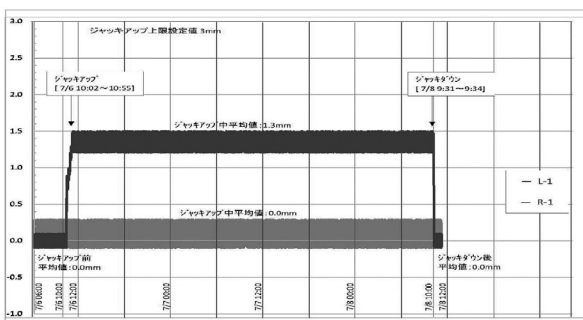


図-8 回転レーザーレベルの変位計測推移

図-8 に示す通り、レーザーレベルの変位量は 1.4mm を示し、ジャッキダウンまでの期間中 0.3mm 程度の変動幅を維持していた。これにより、鉛直材の撤去作業中に想定外の変位は発生していなかったことが確認できた。

### 3-6 変位制限ストッパーの設置

鉛直材が撤去された状態で地震が発生することを想定して、水平方向に対する構造の安定を担保する必要があった。鉛直材が撤去されている状態では橋軸直角方向の水平力を支承部へ伝達する機能が失われているため、これを補完するため壁高欄両側に変位制限ストッパーを設置した。部材設計に適用する設計水平震度はレベル 2 地震動の 1/2 とした。



図-9 既設橋脚分割要領図

## 4. おわりに

全国のインフラは経年劣化により補修を余儀なくされており、鋼橋梁も当補修工事の鉛直材取替のような主要部材取替の事例も増加している。

課題も残しているが現状可能な技術を駆使しシンプルな施工を計画・検討したことにより円滑かつ安全に取替を完遂することができた。今回の取替の経験を活かし、これからもより安全で正確な計画施工をしていきたいと考えている。

最後に本工事の施工にあたりご協力いただいた関係者の皆様に謝意を申し上げます。



図-10 鉛直材取替の様子

# 13 施工計画

## 事業用地造成地内での架設用仮設備（桁上覆工）を使用した桁架設計画

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本車輛製造株式会社

杉田 謙一 ○ 日浦 登世実治

### 1. はじめに

愛知県豊田市と岡崎市に跨る地域において用地造成事業が進められている。本工事はこの事業用地内に築造される道路施設のうちの橋梁上部工事のひとつである。

#### 工事概要

- (1) 発注者 愛知県企業庁
- (2) 工事場所 愛知県 豊田市
- (3) 工期 平成30年12月22日  
～ 令和 2年5月26日
- (4) 橋梁諸元 形式：非合成単純箱桁  
橋長：50.0 m  
平面線形：R=270  
縦断線形：5 %  
横断線形：車道部 10%、他1.5%

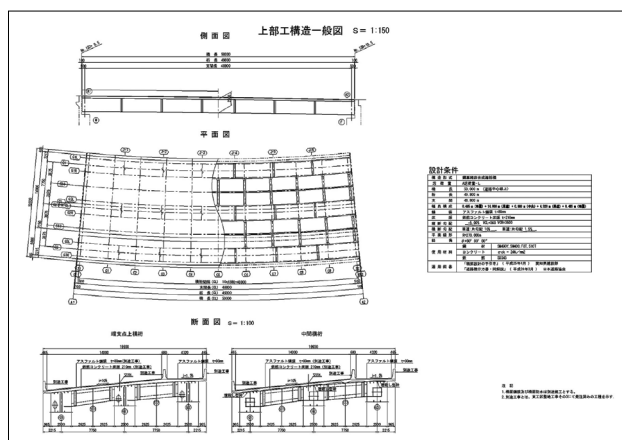


図-1 上部工構造一般図



図-2 工事箇所全景

### 2. 現場における問題点

#### ①土砂・濁水の流出防止対策

本施工箇所は山間部の造成事業地内にあり、土砂・濁水流出が起りやすい環境にある。施工計画立案にあたり土砂流出や濁水発生要因は排除しておく必要があった。

#### ②関連隣接工事との施工・工程調整

用地造成事業は複数の関連工事が施工中であり、一次造成中の箇所もあれば完成引渡し間近な箇所もある。隣接他工事の施工・工程に影響を与えることなく、短期間で工事を完成させる必要があった。

#### ③仮設備の詳細計画

桁上覆工設備での架設はクレーン機種・据付位置が限定されるため、現地施工条件に見落としがあっても架設要領の大幅な修正は不可能である。また桁上にクレーンを搭載するベント設備には極めて大きな荷重がかかる。架設要領作成と仮設備検討には入念な精査が必要であった。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### ①環境に配慮した仮設備の選択と設置

本工事において以下の対策を講じた。

##### 1) 架設ヤード整備の土砂流出防止対策

本工事では桁上覆工設備にクローラクレーンを搭乗させるため、ヤードと設備間の擦り付けが必要がある。(図-3)

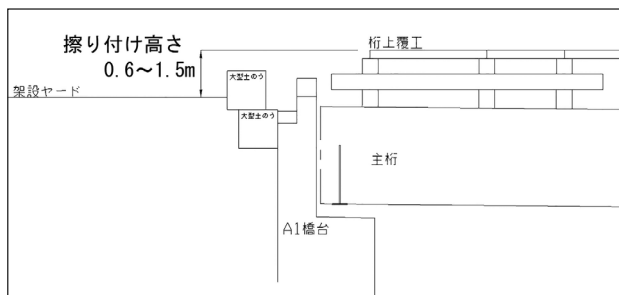


図-3 架設ヤード - 桁上覆工断面図

盛土で擦り付けを行った場合、土砂の流出を防止するため仮土留めや沈砂池を設置の必要があるが、同時にスペース・工程的に解決困難な問題も発生する。

そこで特殊スロープ覆工板を作成し鋼製スロープを設置した。(図-4)



図-4 鋼製スロープ全景

併せて架設ヤードは前面に鉄板を敷設し、土砂流出ならびにクレーン支持力確保を図った。これら対策により、土砂の流出要因を排除し、なおかつ短期間で施工性の良い作業ヤードを整備することができた。

##### 2) ベント支持杭打設時の濁水流出防止対策

ベント支持地盤は風化花崗岩であったので、支持杭打設はダウンザホールハンマ工法で行った。施工に先立ち沈砂池・導水溝を設置し、削孔泥土や濁水の流出を防止した。(図-5)



図-5 ベント支持杭打設状況

#### ②作業・工程調整協議会の確立

事業用地内で輻輳する各施工者が、効率的で安全な施工を行うためには作業・工程調整が不可欠である。そこで協議会組織を利用し、以下に示す各段階で作業・工程調整を行った。

##### 1) 着手前打ち合わせ

(全体工程および問題点の把握・確認)

##### 2) 月間工程調整会議の実施

(作業進捗状況・懸案解決案の確認)

##### 3) 週間工程および日常作業打ち合わせの実施

(最終および変更事項の確認)

この事前打合せにより明らかになった次の問題に対策を行った。

- ・混在作業による危険を排除するため、上部工架設作業はA1橋台側からのみ施工・搬入を行う。
- ・造成進捗に伴い工専用道路に急カーブ部分が発生するため搬入トレーラには舵切台車を使用する。
- ・段取り替え・車両搬出入期間を圧縮するためベント支持杭打設は、使用クレーンをサイズアップしB1・B2ベント同時に施工して作業期間を短縮する。

このように定期的に施工打ち合わせの場を設けることにより、協議事項を明確にし短期間で解決策の交換した。これにより予定外の工程延伸を防止し、短期間で施工を完了することができた。

### ③仮設備の詳細計画の工夫

#### 1) 架設クレーンの検討

架設計画を検討するにあたり、地組ブロック重量、二次部材・付属物等も含めた作業半径、ワイヤリングによる吊り代を再精査し、当初計画150t吊クローラクレーン ブーム長24.4mから200t吊クローラクレーン ブーム長33.5mに変更した。

#### 2) 架設用仮設備の検討

主桁上に覆工設備を設置し上記の200tクローラクレーンを搭乗させる。この桁上覆工設備の計画照査要点を以下に示す。

##### a) 桁上覆工概要

架台は覆工板およびH-400材を使用する。覆工設備は主桁構造の変更がないよう、添接部に干渉しない位置に変更して再計画・再配置した。

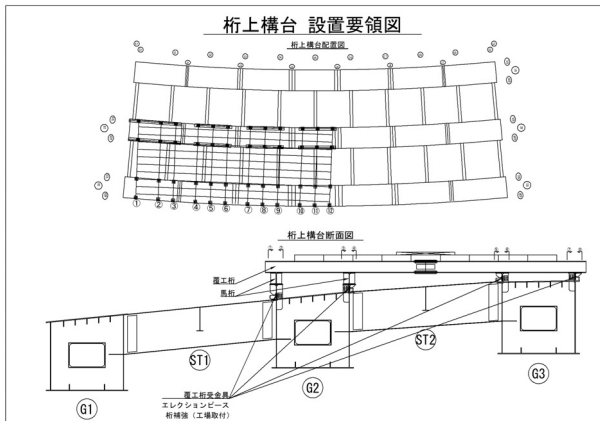


図-6 桁上覆工設置要領図

##### b) 覆工桁受用エレクションピース

架設時クレーン荷重の再照査を行い、覆工桁受用エレクションピースを工場製作時に主桁に補強して取り付けた。補強は主桁ウェブに補強鋼材を配置し、主桁ウェブ・フランジ部溶接サイズアップを行い、品質的な不具合を防止した。

覆工桁受金具は輸送時高さ制限により、現地取付けとし高力ボルト接合とした。またエレクションピースは桁吊り金具ピースとして使用できるように、取付け位置を工夫した。

##### c) 馬桁設置による剛性確保

本橋梁は10%の横断勾配を有している。したがって桁受金具が高く水平方向の荷重に対し不安定になることが懸念された。

そこで覆工受桁と直角方向に馬桁を設置し、水平荷重に十分に抵抗できる構造とした。



図-7 桁上覆工設置・架設状況

##### d) クレーン搭載後の鋼製スロープ

前述①にも記載した通り、乗込みスロープは特殊覆工板と小型山留材を組み合わせ設置した。これによりクレーンの搭載後はスロープを簡単に解体でき、作業ヤードとして使用することにより安全な施工を行うことができた。

#### 3) ベントの計画

ベントは架設時の最大反力を検討の結果、φ324のパイプベントを使用した。

また現場周辺状況から解体時の作業手順を考慮し、橋軸直角方向の基部梁をつなげ作業床として使用できるように配慮した。

##### (a) ベント支持杭の検討

詳細架設計画の決定に従い架設時最大応力を再照査し、支持杭寸法をH-350からH-400に変更した。先端支持方法は砂充填とモルタル根固めの2方法について検討した。砂充填による方法では根入長が15m程度となり、施工方法・期間に著し



く問題が発生するため、先端支持方法はモルタル根固めとした。

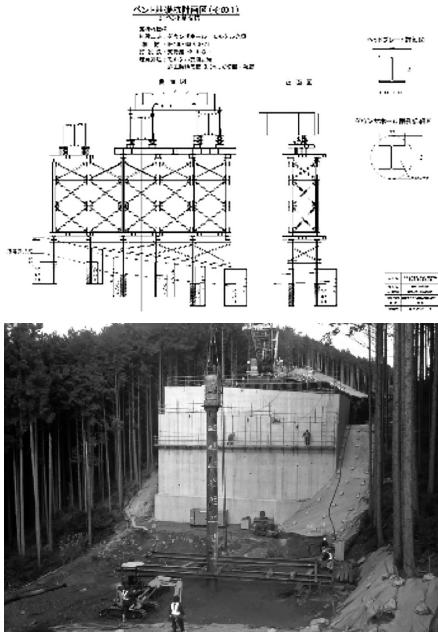


図-8 ベント支持杭図・打設状況

(b) 架設作業時のベント変状計測

本工事では架設した桁上に大型クレーンを搭乗させるため、ベントが大きく沈下変状した場合に重大災害につながる。

そこで架設作業中は作業開始前・完了時にベント沈下計測を行い設備の健全性を確認することにした。

計測は警戒値（計測・点検体制強化）と中止基準（作業中止および事故防止対策の実施）を閾値として設け計測管理を行った。

この計測管理は作業手順に記載して架設作業関係者に周知し、変状が発生した場合の初動・連絡方法を確実に共有できるようにした。これによりベントの安全性を把握しながら作業を進めることができた。

④その他 架設施工管理の工夫

(a) 桁の上げ越し

桁上にクレーンを搭載した架設作業では、乗載荷重が極めて大きいため、油圧ジャッキによる桁の高さ調整が不可能である。

そこで架設時に終点側支点およびB1・B2ベントの仮受高さを所定量上げ越すことにより、橋

台・支承と桁との干渉防止ならびに作業スペースを確保した。

上げ越した桁はクレーンが覆工設備上から退出したのち、高力ボルトの本締め完了後、油圧ジャッキで設計高さに降下した。

これにより手戻り作業なく、施工作業スペースを確保した効率的な施工を行うことができた。

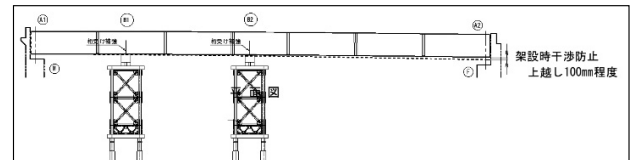


図-9 架設時上越し概要図

2) 桁上覆工設備の安全対策

桁上覆工は地上から約20mの高所に位置し、墜落・転落災害が発生した場合重大災害につながる。地組作業が桁上覆工上で行われるため転落防止対策には特に留意した。

地組作業時には高さ3mの転落防止柵を設置し、地組桁から転落した際にでも桁上覆工から転落することのないように対策した。



図-10 桁上覆工落下防止柵

4. おわりに

造成工事中の事業用地内で、桁上覆工設備を使用した上部工架設工事の計画について述べた。

工事全体を俯瞰で見据えつつ細部構造の検討を行い関係各位の指導・助言により、無事故・無災害で施工を完了することができた。

この場を借り、施工にあたり様々なご協力をいただいた発注者ならびに工事関係各位に深くお礼申し上げます。

# 14 施工計画

## 夜間大ブロック一括架設見学会での実況中継

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

現場代理人

寺 口

智〇

福 嶋

貴 生

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工 事 名：福岡3号  
春の町跨線橋上部工工事
- (2) 発 注 者：国土交通省 九州地方整備局  
北九州国道事務所
- (3) 工事場所：福岡県北九州市八幡東区東田地内
- (4) 工 期：平成28年9月29日～  
令和2年3月27日
- (5) 施工範囲：鋼橋製作・架設工・現場塗装工
- (6) 諸 元：(形式)鋼4径間連続鋼床版箱桁橋  
鋼5径間連続鋼床版箱桁橋  
(鋼重)1,400t  
(橋長)  $L = 207.0\text{ m}$ 、 $L = 269.0\text{ m}$   
(工事内容)工場製作、鋼橋架設工

春の町跨線橋は北九州市八幡東区東田に架橋する上部工工事であり、黒崎バイパスと国道3号をつなぐ橋梁である。国道3号黒崎バイパスは、八幡及び黒崎周辺の交通混雑解消や交通安全の確保を図るとともに北九州都市高速道路等と一体となって自動車専用道路ネットワークを形成している。国際拠点港北九州港の物流拠点へのアクセシビリティを向上することにより産業の活性化を支援する道路である。整備延長5.8kmのうち開通済区間は5.2kmであり、本橋は未開通区間延長600mの一部である。

本橋は、下り線、鋼4径間連続鋼床版箱桁橋（製作延長206m、架設延長107m）、上り線、鋼5径間連続鋼床版箱桁橋（製作延長268m、架設延長187m）のうち、曲線半径100mを有する上り線（J17～J24）の架設は、北九州都市高速道路の一部区間にて夜間の通行止めを行い、1250t吊のクローラクレーンを使用して、一夜間の大ブロック一括落込み架設を実施した。

### 2. 現場における問題点

近年は業者がいない、労働者がいない、資材がないなど公共事業に対する風当たりが強く、作業に従事する労働者の確保や後継を得ることが急務である。公共事業のイメージアップと地域貢献をすべく、各社においてもこれまでに多くの見学会を実施してきた。

従来 of 架設見学会では、説明資料を配布することはあっても、作業の進捗を細やかに説明・解説することは少なく、一般の参加者には、今どのような作業が進行しているかが不明な場合が多い。

本工事では曲線桁の大ブロック一括架設（落込み）工法という、難易度の高い工事を安全に成し遂げるための様々な技術的な取り組みと、大きなスケールである鋼橋の架設工事を目の当たりにできることが現場工事の醍醐味であり、そのスケール感を体感して頂くべく多くの方に参加して頂ける大規模な現場見学会を計画し、試行した。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### (1) 見学会のキーコンセプト

地域貢献を行うにあたっては、本工事の施工場所である北九州市八幡東区の歴史的背景および地域特性に配慮した。

地域の方々に黒崎バイパス事業への関心を持ってもらうため、地域に根付いた歴史ある由緒正しい豊山八幡神社と、地域の発展の礎となる公共事業を結びつけ、これまで「他人事（たにんごと）」であった公共事業を「自分事（じぶんごと）」として捉えてもらえるよう、イベントの中心となるコンセプトを次のように考えた。

豊山八幡神社には「願いを掛ける」、北九州市の発展を支える公共工事の一つである春の町跨線橋上部工事は「橋を架ける」。そこで「かける北九州」をキーコンセプトとし、神社と公共事業とのコラボレーションを図った。

#### (2) 見学会における工夫

地域貢献の一つとして見学会を計画したが、地域住民へのコンセプトの浸透を図るため、国内有数の1250t吊クローラクレーンをを用いた一括架設を主とした見学会だけでなく、プレイベントとそれを構成する様々なコンテンツを企画・実施することにした。



図-1 見学会リーフレット

①地下通路に液晶モニタを設置し、工事の進捗、黒崎バイパス事業の紹介、川田工業の紹介、週間工程表、現場の進捗を定期的に編集したビデオや天気情報などの様々な情報を表示した。



図-2 駅前地下通路に設置した液晶モニタ(6台)

②プレイベントとして大型クレーン見学会を実施プレイベントには次のようなメニューを用意した。

- ・建設機械（クレーン）等の模型展示
- ・絵馬に願いを記入
- ・クレーンの前で記念撮影
- ・クレーンの操作体験
- ・高所作業車（スーパーデッキ）搭乗体験
- ・高力ボルト締付体験
- ・ボルト締付トルク当て選手権

多くのメニューを用意したが、この中の幾つかに人気が集中することが予想されたので、参加者が気持ちよく各メニューを体験できるように、一つのメニューに集中させないための工夫として、スタンプラリー方式を採用した。



図-3 『簡測くん』を使用した計測状況



図-4 記入した絵馬をボードにかける参加者



図-5 ボルト締付トルク当て選手権

### ③一括架設見学会での実況中継

イベントでの告知の効果もあって、一括架設見学会には約300名の方が参加した。

イベントに続き、一括架設見学会においても参加者に絵馬の記入をお願いした。その結果、合わせて374点の絵馬が集まった。これらの絵馬は木箱に納めて桁内に搬入し、そのまま一緒に架設した。

参加者に絵馬を書いてもらう際に「皆様の願いを橋桁の中に入れて、共に架けます」ということを伝えている。鋼橋を架設するという行為が、自らの願いを掛ける行為として捉えてもらうためである。

絵馬は地組立した架設箱桁の中にセットし、豊山八幡神社の神主様により「橋が無事に架かる安全の祈願」と「参加してくれた市民の願いの成就」を祈願し、橋が無事に架かることで、一緒に願いを架ける思いで行われた。

絵馬は、豊山八幡神社の祈願をうけて、願掛け桁架設完了後に後日、神社に奉納した。



図-6 絵馬を桁内に納める様子

一括架設の作業前には豊山八幡神社の禰宜による神事が行われ、参加者が絵馬に掛けた願いの成就と工事の安全を祈願した。神事後、職員や作業員が作業に向かう際に、参加者から「ご安全に!」、「がんばって!」と沢山の声がかかり、職員・作業員とも非常に感激しつつ各自の持ち場に就いた。



図-7 神事の様子

見学会の工夫として1250t吊の大型クレーンを用いた架設作業の状況はカメラやドローンで撮影し、その映像をビジョンカーに映し出した。一般的な架設見学会では、業界の技術者や土木を学ぶ学生に向けて実施することが多く、一般の地元の方が見に来た場合、現場で何が行われているのか、どういう目的で架けられているのかを知る機会はなく、結果的に「大きな重機が動いた」「橋が架かった」という程度の理解となる。

そこで、パネルディスカッションとライブ中継により、理解の促進をはかった。そしてその様子を社員と専門家が逐次、掛け合う形で事細かく、一般の方にも分かりやすく実況中継した。

従来の架設見学会では、説明資料を配布することはあっても、作業の進捗を細やかに説明・解説することは少なく、一般の参加者には、今どのような作業が進行しているかが不明な場合が多い。

その点を改善するための試みであったが、参加者の多くは、大ブロック桁の地切りから所定の位置に移動し狭い隙間に落とし込むまでの約1.5時間の間、プロの説明を聞き、ビジョンカーに映し出される映像と実物とを見比べながら、作業状況を理解した上で興味深げに作業を見守っていた。



図-8 架設作業の実況中継と解説



図-9 大ブロック一括架設状況



## Riosloggers

A Blog Written by Rio Imamura

Monday, February 10, 2020

Kitakyushu Next Generation Energy, Infrastructure & Logistics Projects Scramble, embracing its Quintessential High Strength Bolts, the battery of our industry!



A Happy New Year to you all from Kitakyushu Japan! Yesterday (Jan 17) was a quarter century anniversary since the tragic Great Hanshin Earthquake. Kobe people had their memorial service and silent prayer in front of bamboo lanterns to mourn the victims. That was the new year I returned to Japan after retiring from the U.S. and started my '2nd Round' career in Japan. I adopted Kitakyushu as my new home with the help of my sister-in-law and commenced to run the 4th English Toastmasters Club on Kyushu island.

図-10 ブLOGGER例

## 4. おわりに

本報告では曲線桁の大ブロック一括架設工法という、難易度の高い工事を安全に成し遂げるための様々な技術的な取り組みへの理解と、多くの方に参加して頂ける現場見学会の内容について紹介した。

近年、土木の広報が注目され、その重要性が認識されてきた。本工事において実施した見学会は、地域の方に身近な存在である地元の神社との協働により、これまでは他人事だった公共工事が自分事として認識して頂けたのではないかと考えている。また子供たちの参加も多くそのスケール感に興味を持ってくれたため将来建設業界の道に進んで頂ければ幸いである。

最後に本工事を施工するにあたり、ご指導・ご協力頂いた、九州地方整備局北九州国道事務所、黒崎バイパス連絡協議会参加企業各社および（一社）ツタワールドボクの皆様に深く感謝の意を表します。

# 15 工程管理

## プレキャスト施工による係留施設の築造

東京土木施工管理技士会  
五洋建設株式会社  
現場代理人  
吉田 元気

### 1. はじめに

本工事は、神戸港第四防波堤とドルフィンの撤去および係留施設の築造を行うものである。(図-1)

神戸港では、大阪湾岸道路西伸事業が計画されており、阪神高速5号湾岸線を神戸市東灘区～神戸市灘区の区間において延伸する予定である。延伸に伴う橋脚を一部既存の航路へ構築するため、既存の航路を切り替える必要がある。そのため、支障となる防波堤を撤去し、航路・泊地の水深-12.0mを確保する浚渫工事を行う計画である。しかしながら、航路切り替えに伴い撤去する防波堤には大型起重機船が停泊しているため、撤去前に代替の係留施設を築造する必要があった。(図-2)

本稿では、係留施設の築造における施工方法の工夫について述べる。

#### 工事概要

- (1) 工事名：神戸港第四防波堤撤去工事
- (2) 発注者：国土交通省 近畿地方整備局  
神戸港湾事務所
- (3) 工事場所：兵庫県神戸市灘区摩耶埠頭地先
- (4) 工期：自 平成30年11月5日  
至 令和元年11月29日

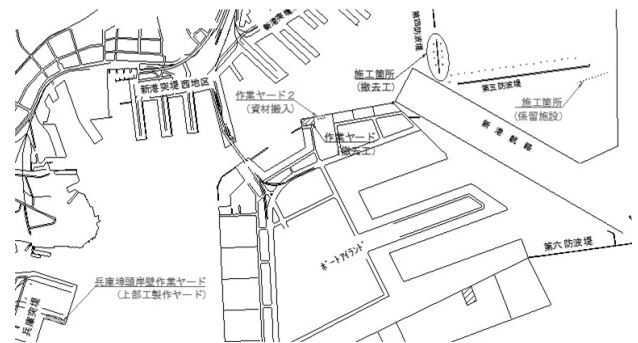


図-1 施工場所平面図

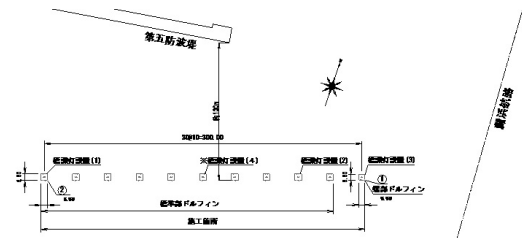


図-2 係留施設計画平面図

### 2. 現場における課題

係留施設の上部工には前垂れを設け、綱取りを行う作業船が上部工下端に潜り込まない高さ(D.L.+0.50m)になるよう設計されている。(図-3)

この条件下で係留施設上部工を現場打ちコンクリートにて施工するには、以下の施工上の課題が生じた。

- ①支保工組立、鉄筋型枠の組立、コンクリートの打設に至る一連の作業において潮間作業および潜水作業が必要となる。潮間作業においては、当該時期に潮位がD.L.+0.50mを下回

る時間帯が著しく短いことから作業時間の確保が困難であった。また、潜水作業においても工期内に完成させるほどの人員確保が困難であることから、工期内の完成に無理が生じる。

②各種溶接作業やコンクリート打設作業が水中施工となるため、品質確保が困難である。

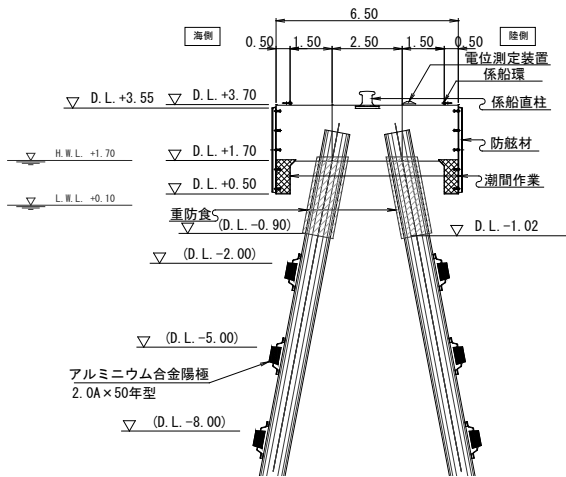


図-3 係留施設断面図 (当初)

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### 3.1 概要

係留施設上部工をプレキャスト工法にて施工することで工程および品質を確保する計画とした。プレキャスト工法を選定するにあたり、当初計画であった斜杭 ( $\phi 900$ ) による施工では、上部工の箱抜き部分が大きくなるため、海上での支保工設置や鉄筋の溶接が必要となる。その場合、前述の課題①、②を満足することができず、施工性の向上が見込めない。そのため、鋼管杭を直杭 ( $\phi 1,200$ ) として支持力を確保することとした。上部工の杭頭接合方法は「鞘管方式」を採用した。「鞘管方式」とは、上部工の箱抜きを杭と同等の剛性を持たせた鞘管とし、鞘管と杭の間をグラウトの付着力とシアキーのせん断力で結合する方法である。(図-4)

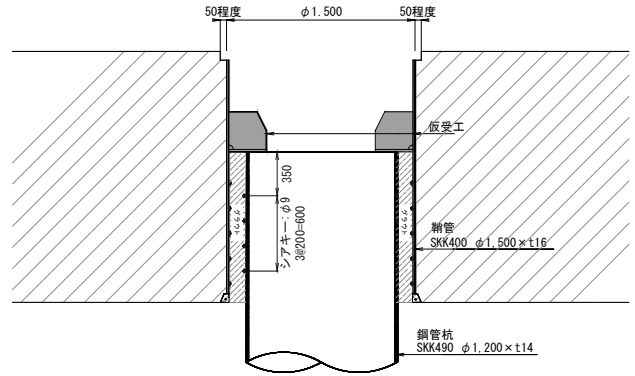


図-4 プレキャスト工法における鞘管構造形式

#### 3.2 プレキャスト工法に対する施工上の工夫

係留施設築造における施工フローを図-5に示す。

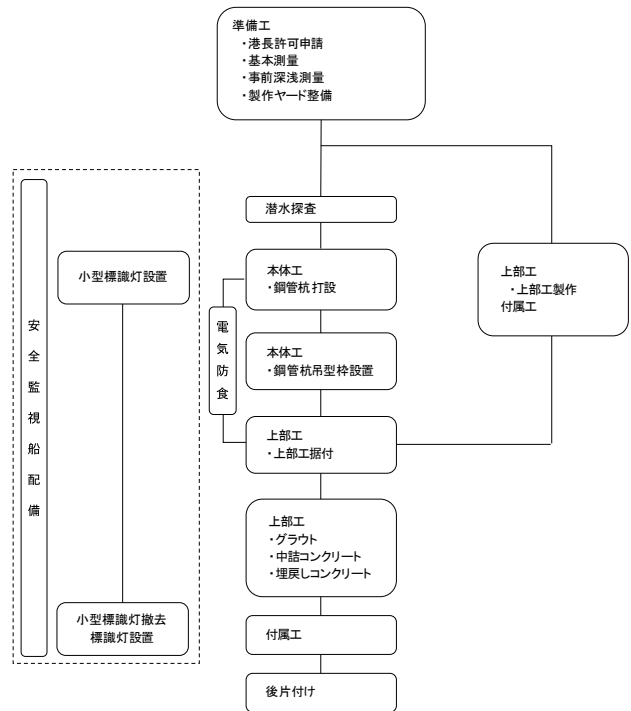


図-5 施工フロー図

#### (1) 本体内 鋼管杭打設

本工事で使用する鋼管杭は2種類 ( $\phi 1,200$ 、 $t=12 \sim 14\text{mm}$ 、 $L=56.0\text{m}$  (標準部ドルフィン) と  $\phi 1,000$ 、 $t=10\text{mm}$ 、 $L=55.5\text{m}$  (端部ドルフィン)) あり、計44本の打設を行った。

鋼管杭の打設は310t吊起重機船を使用し、フライングにて打設を行った。打設は油圧ハンマによる打設が計画されていたが、プレキャスト上部工

の鞘管と鋼管杭のクリアランスが116mm（（鞘管内径φ1,468mm－鋼管杭外径φ1,200）/2－シヤキー径φ9mm×2）であり鋼管杭の打設精度が求められるため、バイブロハンマによる一次打設を行った後、油圧ハンマによる二次打設を行った。（図-6）



図-6 鋼管杭打設状況

また、鋼管杭の誘導はトータルステーションを2台使用して行った。測量足場として使用できるものは第五防波堤のみである。係留施設11基のうち5基は第五防波堤から張り出しているため、防波堤から直角2方向での誘導が困難であった。そこで、鋼管杭を西側から打設し、打設後の鋼管杭に測量架台を設置することで、正確な誘導を可能とした。（図-7）



図-7 打設時誘導状況

## (2) 上部工（製作）

プレキャスト上部工を製作するにあたり、製作ヤードの整備を行った。製作ヤードはアスファルト舗装であるが、不陸が大きいため、碎石を敷き均して不陸整正を行った。

本工事にて製作するプレキャストブロックは前垂れがあるため、支保工を組立て、底型枠組立後、鞘管の設置を行った。鞘管は鋼製であるため、製作完了後に躯体表面に露出した場合、塩害等の影響を受ける。そのため、鞘管設置時はかぶり厚を確保できるように、底型枠に鞘管スペーサー

型枠（高さ70mm）を設置し、その上に鞘管を設置した。鞘管スペーサー型枠は、プレキャスト上部工吊上げ時に容易に外れるようテーパーをつけた。（図-8）



図-8 鞘管設置

鞘管設置後、鉄筋の組み立てを行った。せん断補強鉄筋は両側がフック加工されており、上筋と下筋にかける仕様であった。また、上筋と下筋は定着鉄筋であり、溶接により鉄筋定着鋼板と接合されてしまうため組立が困難であった。そこで本工事では、DBヘッド（機械式定着型）せん断補強鉄筋（図-9）を使用することで、組立作業の効率化を図った。

また、塩害に対する検討結果から、塩害に対して無対策の場合（純かぶり108mm）、30～40年程度で発錆限界値を超え、早期に鉄筋が腐食する可能性が高い。そのため、海中に侵入している状態が多く考えられる前垂れ部については、エポキシ樹脂塗装鉄筋を使用した。



図-9 DBヘッドせん断補強鉄筋組立

コンクリート打設時においては、前垂れ部の構造が、壁厚50cmであり配筋が密である。また、上筋が鉄筋定着鋼板に溶接されているため、作業員が組立後の鉄筋内部へ入り、直接バイブレーションによる締め固めを行うことが困難であった。通常のバイブレーションではコンクリート打設足場から前垂れ部下端までの均一な締め固めが困難であること



と、鉄筋等に挟まり抜けなくなることが懸念されたため、本工事ではコンクリート打設足場からでも前垂れ部下端まで締め固め可能な一本槍フレキシブルバイブレータ（L=3.400m）を使用した。（図-10）



図-10 コンクリート打設状況、製作完了

コンクリート打設後の天端面および型枠脱型後の側面は、現場近隣に真水を供給できる施設が無かったため養生剤による養生を行った。コンクリート打設後の天端面は被膜型コンクリート表面養生剤「エム・キュアリング」を使用し、脱型後はコンクリート浸透型表面養生剤「コンクリックエース」を使用した。

### (3) 上部工（据付）

プレキャスト上部工運搬・据付作業は1,800 t 吊全回転式起重機船にて行った。（図-11）

プレキャスト上部工運搬・据付について、固定式起重機船による据付も検討したが、運搬距離が長く1基毎に運搬～据付を行う必要があるため、据付作業に11日間（1基/日×11基）要する。大型の全回転式起重機船であれば自船に上部工11基を積込むことが可能であるため、運搬回数が大幅に減少し据付にかかる日数が3日間となった。

プレキャスト上部工据付は鋼管杭打設と同様に、直角2方向からの誘導が困難なため、トータルステーションによる3次元位置誘導システム「Zero Guide Navi」を使用した。（図-11）プレキャスト上部工の四隅に全方位RMTを3基設置し、第五防波堤上に設置した自動追尾式トータルステーション3基により測位データを起重機船のパソコンへ送信できるように設定した。測位データはタブレット等により起重機船クレーンオペレータと上部工上の合図者が視認できるようにし、据

付精度と作業効率の向上を図った。

係留施設を築造する場所は、航路の近傍であり一般航行船舶の往来が多い場所である。また、係留施設と第五防波堤が隣接しているため、一般航行船舶からの識別が困難である可能性があった。そのため、一般航行船舶からの視認性を向上させるために、係留施設製作完了後、四隅にアクリル樹脂系蛍光塗料「ワンコートロイヒ」を塗布した。（図-12）

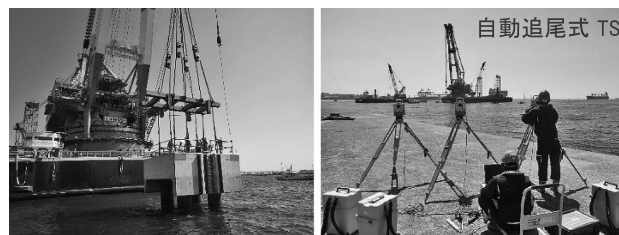


図-11 上部工据付状況



図-12 係留施設 完了

## 4. おわりに

今回の係留施設を築造するにあたり、プレキャスト工法を採用したことで、前垂れ部が海水面付近である構造の上部工においても、潮位等に影響されることなく品質を確保して工期内に築造することができた。また、3次元位置誘導システム等のICT技術を使用したことにより設計どおりの出来形を確保することができた。

# 16 工程管理

## 工程制約のある山間部橋梁の架設施工管理の工夫

日本橋梁建設土木施工管理技士会  
日本ファブテック株式会社

和田 繁

### 1. はじめに

本工事は、現在整備が進められている中部横断自動車道の下部温泉早川ICから南部IC間の下八木沢地区の山間部に位置し、最大橋脚高約28m、橋長261m、鋼重約1,000tの鋼5径間連続非合成少数鈹桁橋の架設工事である。(図-1) 架設方法は、ベント設備を5基用いたクレーンベント工法により実施した。工事場所入口の県道沿いから架設ヤードまでの工事用道路は、山間を縫うように仮栈橋が約1km設けられており、隣接工区のトンネル工事が使用中の当該仮栈橋を本工事の搬入路として同時使用する施工条件での工事であった。

#### 工事概要

- (1) 工事名：中部横断不動沢川橋上部工事
- (2) 発注者：国土交通省関東地方整備局  
甲府河川国道事務所
- (3) 工事場所：山梨県南巨摩郡身延町下八木沢
- (4) 工期：2018年11月10日～  
2020年7月31日

### 2. 現場における問題点

本工事では、以下の3つの懸案事項を解決する必要があった。

- (1) 引渡し工程順守とヤード競合の課題

本橋を含む路線開通時期が、2020年12月と定められており、開通6ヶ月前(2020年6月の工事

着工から10ヶ月後)には本工事を完了させ、舗装・標識・電気工事等の後工程工事へ引渡す工程の制約条件があった。さらに、現場は山間部であるため、架橋位置間近に山の斜面が迫り、使用できるヤードが狭隘であり、さらに発注計画ではトンネル工事が利用中の仮栈橋上を架設ヤードとする計画のため、引渡し工程を順守した上で、トンネル工事との競合を抑制できる架設方法の立案が求められた。



図-1 施工前

- (2) 急勾配搬入路の大型車両搬入の課題

現場入口の県道から現場ヤードまでのアクセス手段は、工事用道路である仮栈橋のみに限定された。しかし仮栈橋の幅員は6mと狭く、大型車両同士のすれ違い通行は出来ない。隣接工区のトンネル工事では、残土搬出用ダンプトラックが頻繁に往来していたため、本工事の搬入大型車両の通行

時間等の時間調整が難航することが予測された。加えて、仮栈橋の線形は県道入口から約17.5%の急勾配が約40m続き、(図-2) その先の左カーブの内側勾配が29%を有する縦断線形となっていた。(図-3) 本工事の機材や主桁部材運搬トレーラの登坂は能力上不可能と思われ、搬入大型車両の現場ヤードへの安全で確実な進入方法の立案検討が課題であった。



図-2 工事用道路入り口 (17.5%勾配)



図-3 工事用道路カーブ (内側勾配29%)

### (3) ベント設備の転倒防止対策の課題

本橋架橋位置は、地上から約28mの高所となる。鋼桁架設時はベント設備に仮支持しながら架設を進める計画としたが、必然的にベント設備高が高くなるため、通常よりもベント設備の転倒に対する安定性が低い。従って、近年鋼橋架設現場で発生したベント転倒災害事例を教訓とした、架

設期間中のベント設備の転倒防止対策の検討立案が課題であった。

## 3. 工夫・改善点と適用結果

### (1) 架設工程の工夫と引渡し条件の順守方法

橋面施工業者へ2020年6月頃に引渡し出来るよう以下の対策を実施した。

当初架設計画では、仮栈橋を作業ヤードとした200t吊クローラクレーンによる桁架設区間と550t吊油圧クレーンを使用した桁架設区間の2箇所を順次施工していく計画としていた。ヤード条件や重機確保検討、作業員の確保など種々検討を重ね、発注者と協議した結果、当該2架設区間について2班同時に施工を進める架設計画を立案・変更し、橋面引渡し時期の確実な実現と仮栈橋競合期間の短縮を図った。(図-4)



図-4 2班同時架設 (手前：仮栈橋上)

また、550t吊油圧クレーンを使用する架設区間は、吊能力不足のためにクレーン据付位置を2回盛替える必要があった。これにより、クレーン組立解体が2回発生し、組立解体期間が延べ約3週間必要であった。クレーン位置据替えを不要とすることができれば、大幅に工程短縮が可能となることに着目し、組立解体作業を削減するための検討を行った。

まず、クレーンの吊能力不足を補うために、カウンターウエイトとラフィングジブを増設し、クレーン吊能力を強化する仕様とする基本方針と

し、この基本計画実現に向け、狭隘な作業ヤードでのラフィングジブ組立解体が実現可能か判断するために、3次元地形測量を実施して可視化して確認に利用し、さらにクレーン所有会社との組立解体作業手順の綿密な確認打合わせを何度も実施し、ようやく実現した。その結果、クレーンの場内移動による組立解体作業が不要となり、橋面引渡し時期の順守に向けて大きな効果が得られた。(図-5、図-6)



図-5 550t油圧クレーン架設状況



図-6 550tクレーン組立状況

## (2) 大型車両搬入時の工夫

主桁部材の輸送は桁高・部材長の制約から、中低床トレーラで運搬する。桁架設用クレーンも同様に中低床トレーラで運搬する事になった。ただし、一部のベントに杭基礎を施工する必要が

あり、杭基礎施工用に150t吊クローラクレーンを使用する。この150tクレーンの旋回体(重量40t)を運搬するためには低床トレーラでの運搬が必須であった。当該トレーラを重機械でけん引する方法について何度も検討を重ねたが、積載荷重40tの2軸トレーラでも自力走行は不可能との検討結果となった。検討は一旦頓挫しかけたが、けん引を条件に登坂能力の高い複数のトレーラ保有業者と交渉を続ける中で、登坂能力が高いドイツ製3軸トレーラにたどり着き、当該トレーラを利用して工事用道路の急勾配部の手前で旋回体を3軸トレーラに積み替えて現場搬入する方法を採用した。万一、自力走行が困難な状況となる場合も想定し、確実性を増すためにホイールローダー(バケットサイズ3.4m<sup>3</sup>)を準備してけん引する計画とした。けん引方法は、ワイヤーロープの中間に古タイヤを使用してワイヤーロープを折り返して連結することで、古タイヤがショックアブソーバーの役割を担い、車両同士の衝撃緩和効果が得られるよう工夫した。さらに、けん引時の連絡方法に無線機を使用しリアルタイムで意思疎通を図りつつ慎重に運行するよう双方の運転手に周知した。旋回体搬入当日、工事用道路入口手前で3軸トレーラに積み替え、自力走行(けん引なし)で工事用道路を慎重に走行し無事搬入することができた。その際、左カーブでのトレーラ内輪軌跡(車体はカーブ外側を大回りするよう指示)を観察・スプレーマーキングしておき、以降の車両走行ラインの安全目安とした。主桁積載車両は、スリップ防止の目的で駆動軸に荷重が乗るよう敷鉄板(5×10)4枚を荷台前方に積載する工夫も行った。

また、隣接工区のトンネル残土搬出ダンプは、5分間隔で工事用道路を通行する状況だったが、けん引作業の遅延も無く、ダンプ走行に支障なく桁運搬トレーラも走行させることができた。(図-7) 冬季の資機材搬入の際には、工事用道路の仮橋上でのスリップ防止対策として、覆工板上をジェットヒーターにより乾燥させ、工

事車両の通行に支障が生じないように配慮した。

(図-8)

本工事の搬入トレーラは延べ120台、けん引車両は延べ60台ほどであった。



図-7 トレーラけん引状況



図-8 仮栈橋上のヒーターによる乾燥状況

### (3) ベント設備の転倒安定性向上対策

本工事のベント設備は、設備高が約28mと高く、特に桁架設前のベント自立状態において橋軸方向への転倒安定性が懸念された。ベント設備の転倒安定性を高めるためには、基礎部の転倒に対する抵抗モーメントを高めるのが効果的である。そこで、ベント基礎梁の橋軸方向部材を1.5倍長くして安定させることで、地震時等の転倒安定性を高め、安全に架設作業を終えることができた。

(図-9、図-10)



図-9 ベント基礎梁の延長状況

## 4. おわりに

以上の様々な対策・工夫の実施ならびに関係者のご協力により、本工事の当初目標である期日までに無事工事を完了することができた。大型クレーンの2回の移動を回避できたことや、隣接工区との日々の工程調整及び工事車両の搬入が効率よく進んだことが大きな要因であった。

なお、本工事着手時点での「2020年12月双葉JCT～新清水JCT間供用」の発表により、2020年6月に後工程工事に引渡す事を目標に進め、無事目標を達成できたが、本工事完了目前に2021年8月供用開始予定に変更されている。



図-10 工事完了

# 17 工程管理

## 横浜青葉ジャンクションの上部工架設工事について

日本橋梁建設土木施工管理技士会

JFE エンジニアリング株式会社

現場代理人

監理技術者

担当技術者

桜井

淳〇

安田 恭之助

谷口

香

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：高速横浜環状北西線青葉地区上部・橋脚（その1）工事
- (2) 発注者：首都高速道路株式会社 神奈川建設局 北西線工事事務所
- (3) 工事場所：神奈川県横浜市青葉区下谷本
- (4) 工期：平成27年4月～令和2年3月

本工事は、東名高速道路（横浜青葉インターチェンジ）と第三京浜道路（港北インターチェンジ）を結ぶ約7.1kmの自動車専用道路、横浜北西線（以下、北西線）のうち、横浜青葉ジャンクション付近における、鋼製橋脚11基・上部工5連の実施設計・製作・架設・床版を施工する工事である。

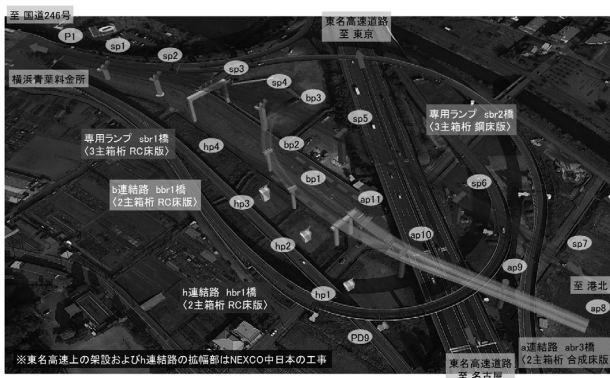


図-1 施工範囲図

本稿では、本工事で実施した現場施工における課題と対応策について報告する。

### 2. 現場における問題点

本工事は上部工5連の施工のうち、北西線の出入口となる専用ランプの現場施工にあたり、以下の問題点があった。

#### 2-1 既設P1橋脚の改築

横浜青葉インターチェンジは約20年前の建設当初から、ジャンクションへ拡張する計画を有しており、将来的に桁を受けられるよう、既設P1橋脚にはゲルバー受台が設置されていた。

今回、専用ランプが既設P1橋脚と接続する構造となっていたが、3主桁の新設橋に対して、既設P1橋脚の受台は1箇所（1主桁分）しか設置されていない状況であった。これは北西線の計画が、当時の計画とは異なっていたためである。そのため、既設P1橋脚に新たに受台を設置する必要があり、関係機関との協議の結果、本工事に製作・施工することとなった。新設受台の詳細設計・製作工程を考慮すると、現地工程は専用ランプの架設に間に合わない状況であり、工程の調整が必要であった。



図-2 既設P1橋脚

### 2-2 工事用道路との干渉

専用ランプ架設箇所の直下には工事用道路が設置される計画であった。工事用道路は北西線のトンネル工区の土砂運搬のダンプや上部工他工区の車両も使用する道路で、土砂運搬のダンプだけでも1日500台が通行する予定であった。この工事用道路は計画が変更となり、専用ランプの当初の架設計画では、桁架設のベント設備が工事用道路と干渉することとなったため、計画の変更が必要であった。

また、当初は、ベントで桁を仮受けした状態で、桁下の工事用道路を車両が通行する計画となっていたが、ベントでの仮受け状態では車両を通行させず、橋脚に到達した後に通行させる方針に変更となった。そのため、工事用道路との交差点は、架設時の交通規制による工事用道路の交通への影響を最小限に抑えるよう計画する必要があった。

### 2-3 工期の順守

北西線は東京オリンピック（当時2020年7月開催予定）前の開通が目標とされていたため、床版工事や舗装工事の工程を考慮すると、追加工事の既設P1橋脚の改築も含めた架設工事を、工期を変更することなく施工する必要があった。

特に、既設P1橋脚は発注者とは別の事業者の所有する構造物であったため、施工にあたり、所

有事業者との施工協議が必要であり、現地施工開始まで、時間を要することが想定された。

## 3. 工夫・改善点と適用結果

### 3-1 既設P1橋脚の改築工程の検討

既設P1橋脚は受台設置の他にも、既設の高欄・床版の切断撤去、塗装の剥離、ボルト孔の削孔、橋脚内部補強が必要な状況であり、すべて含めた現地工程は約3か月を要するものであった。そのため、専用ランプの架設に必要な作業のみを先行して施工する方針で検討を行った。

まず、新設受台と新設する専用ランプの桁自重で既設P1橋脚の照査を行い、桁架設の段階においては補強の必要がないことを確認した。また、新設受台と既設P1橋脚の接合はボルト接合の設計であったが、新設受台設置前にすべてのボルト孔を削孔すると、時間を要するだけでなく、施工誤差で添接ができないことも想定されたため、ウェブは最上段、最下段の1列ずつ、フランジ（G1,G3のみ）は端部の1列のみを先行で削孔し、それ以外は受台設置後にあてもみ削孔する方針とした。

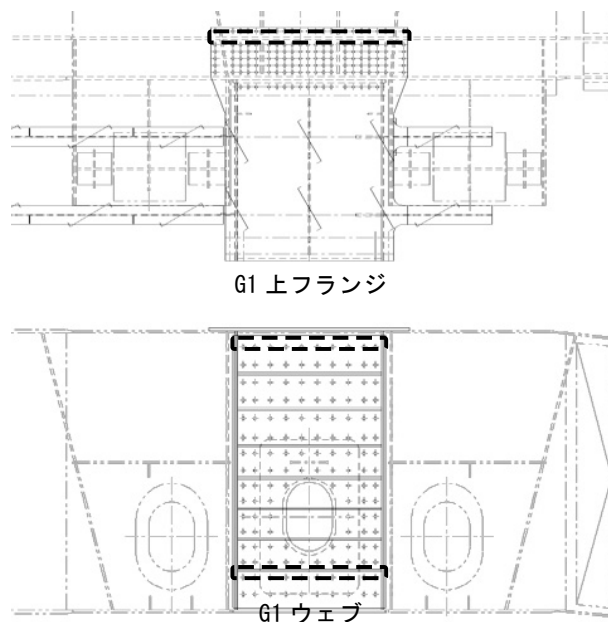
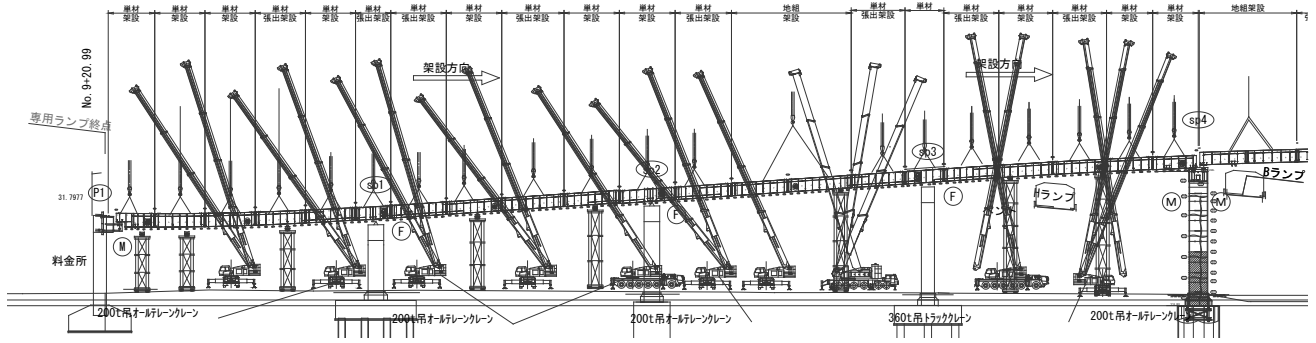


図-3 G1ボルト先行削孔箇所  
(破線箇所が先行削孔箇所)

当初架設ステップ（既設P1-sp1橋脚間の3基のベントが工事用道路と干渉した）



変更後架設ステップ

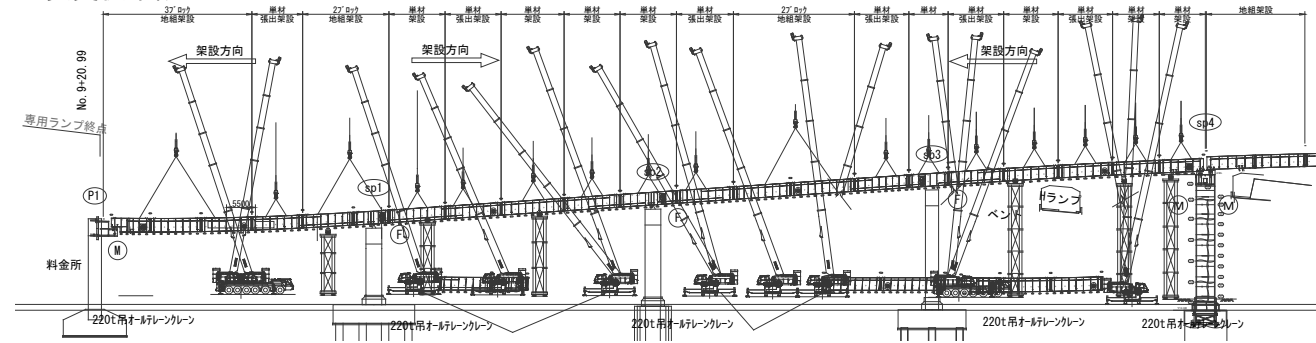


図-4 専用ランプ架設計画

3-2 専用ランプ架設計画の変更

専用ランプの架設は当初計画では、既設P1橋脚からsp4橋脚方向へ順に架設を行うステップとなっていたがこのステップでは、新設受台設置後でなければ専用ランプの架設が施工できない状況であった。そのため、架設計画の大幅な変更を行った。変更後の架設計画では①sp1橋脚付近からsp2橋脚間と張り出しブロックの架設 ②sp4橋脚からsp3橋脚間と張り出しブロックの架設 ③sp2-sp3橋脚間の落とし込みブロック（2ブロック地組）の架設 ④既設P1-sp1橋脚間の張り出しブロックと落とし込みブロック（3ブロック地組）の架設 というステップとした。

(1) 既設P1-sp1橋脚間の架設方法の検討

当初の計画でベントが工事用道路と干渉していた既設P1-sp1橋脚間の架設は、落とし込み架設に変更した。干渉していたベントのうち既設P1橋脚側の2基は不要となり、もう1基のベントは設置位置をsp1橋脚付近に変更することで、工事用道路との干渉を回避した。

また、この箇所の桁下は工事用道路に挟まれており、さらに上空は横浜青葉インターチェンジの供用中のランプに挟まれる箇所であった。架設地点の付近で、落とし込みブロックの地組立の場所や架設クレーンの設置場所を確保することは困難な状況であり、新設桁と供用中のランプとの離隔は、最も近接する箇所で約2.3mであったため、架設用クレーンを供用中のランプとの間に設置することもできない状況であった。そのため、落とし込みブロックは別途sp3橋脚付近で地組立を行い、多軸台車を使用して架設地点直下まで運搬し、桁の直下に設置した架設クレーンで吊上げて架設するというステップとした。

地組立を行った落とし込みブロックは、5軸の多軸台車1台を使用して1主桁ずつ運搬を行った。架設クレーンは主桁と主桁の間（約5m）にブームを差し込み、多軸台車から落とし込みブロックを吊上げ、架設を行った。横桁の架設は主桁架設後にこちらから桁下からブームを差し込んで行った。

さらに、この箇所は桁端部が既設P1橋脚と接



続するため、新設受台設置後でなければ、桁架設ができない箇所であった。架設方法を落とし込み架設に変更することで、架設の時期も専用ランプの架設の最後に移動させることができ、既設P1橋脚の改築工程との調整も行うことができた。

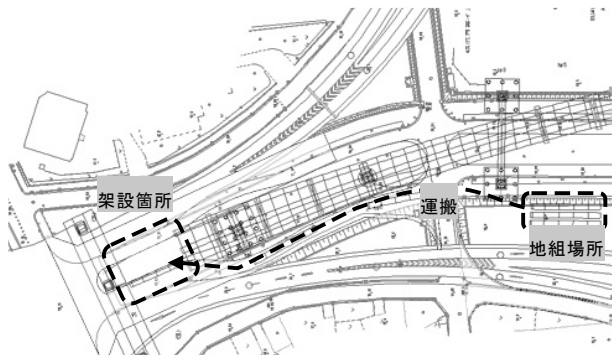


図-5 多軸台車運搬図

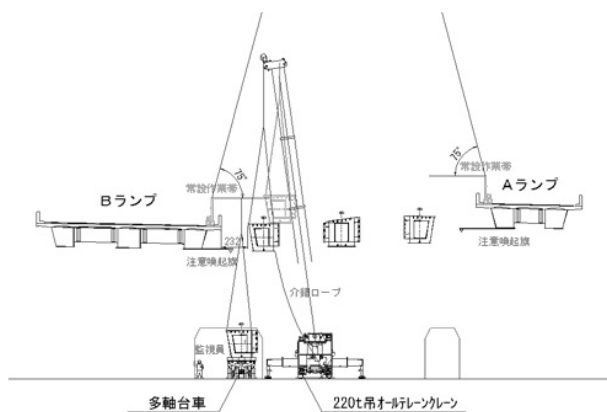


図-6 既設P1-sp1橋脚間架設時断面図



図-7 既設P1-sp1橋脚間架設状況

## (2) sp2-sp3橋脚間の架設方法の検討

当初計画ではsp2-sp3橋脚間の工所用道路との交差部は、ベントで仮受けした架設桁の直下を工所用道路の車両が通行する計画であった。しかし、ベントで仮受けした桁下は車両を通行させない方針となったため、当初計画のままでは長期間の通行止めが必要であった。

sp2-sp3橋脚間の各主桁は橋軸方向に4ブロックあったが、そのうち工所用道路に影響するのは、直上に位置する中央2ブロックのみであった。そのため、sp2側の1ブロックとsp3側の1ブロックはそれぞれ先行で張り出し架設を行い、工所用道路直上の桁のみ最後に落とし込み架設を行うステップとした。

こちらでも架設地点付近に地組立の場所を確保することが難しかったため、落とし込みで架設を行う2ブロックは夜間に搬入し、通行止め規制中の工所用道路上で地組立を行い、架設を行った。架設完了後はsp2、sp3橋脚に支持された状態となるため、架設翌日から桁下の交通を開放することができた。落とし込み架設に変更することで、ベントでの仮受けの期間をなくし、交通規制は夜間の架設時のみとすることができ、交通への影響を最小限とした。

## 4. おわりに

架設計画を大幅に変更することで、架設完了を当初の工程から変えることなく、施工を完了させることができ、さらに計画変更により、工所用道路の交通および、他工事への影響も最小限に抑えることができた。

本工事にあたり多くのご指導をいただいた首都高速道路株式会社 神奈川建設局 北西線事務所の方々をはじめ、ご協力をいただいた関係者の皆様に、心より感謝する次第である。

# 18 工程管理

## 既設桁補強工事における工程短縮への取り組みと 3Dプリンターを活用した現地計測

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日車・高田特定建設工事共同企業体（日本車輛製造株式会社）

主任技術者

設計担当

監理技術者

金子

功

吉嶺

建史

小出

英司

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：第601工区（香椎浜）高架橋上部工（鋼桁）新設工事（その3）
- (2) 発注者：福岡北九州高速道路公社
- (3) 工事場所：福岡市東区香椎浜
- (4) 工期：平成29年6月17日～令和3年3月25日

本工事は福岡高速1号線から新たに開通する6号線へ分岐する新設橋梁工事と、1号線分合流部の既設PC橋梁の補強工事とがあり、本稿では補強工事について述べる。補強工事は、1号線合流部（Aライン4径間127m）と1号線分流部（Bライン4径間125m）があり、ともに既設－新設間に設置される橋軸方向の伸縮装置の既設側控え材として鋼製縦桁を設置するものである。Aラインは、**図-1**のように縦桁を支えるブラケットの背面に、PCコンクリート製の増設横桁を設置しているが、Bラインは詳細設計前だったため、鋼製横桁を設置することとなった。（**図-2**）なお、補強部材の表面処理については、A、Bラインとも溶融亜鉛メッキ仕様である。

### 2. 現場における問題点

- (1) 設計上の問題として、発注時点でAラインは図面付きであったのに対し、Bラインは詳細設計から行う必要があり、全体工程へ大きく影響を及

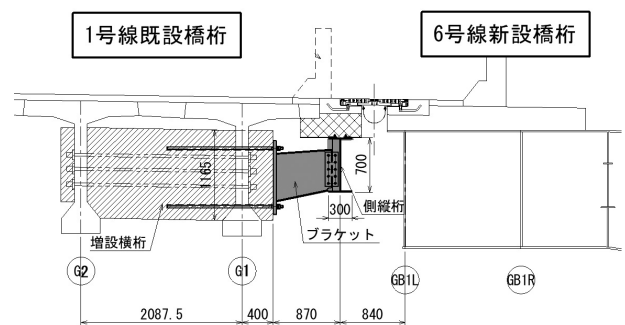


図-1 Aライン補強構造

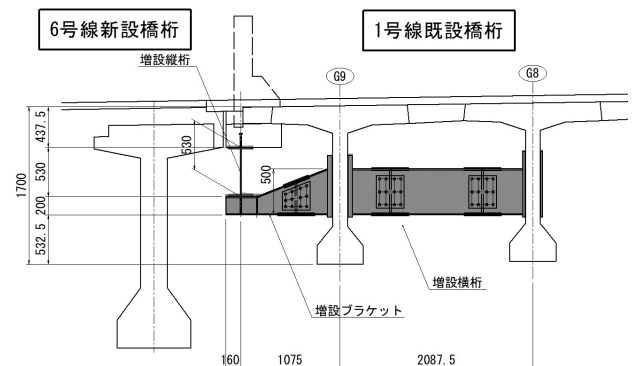


図-2 Bライン補強構造

ぼすことが想定された。また、溶融亜鉛めっき桁を考慮した桁の設計をする必要があった。

- (2) 製作上の問題として、必要となる鋼材について、ブラケットベース等に板厚40mm以上のSM520C材を使用しており、新規ロール材による手配が必要のため、鋼材入手が遅れることが懸念された。

また、このブラケットベースは、現地実測の結果をもってアンカー孔位置を決定、さらに完全溶け込み溶接にてブラケットフランジと溶接するこ

とから、この仕口製作が製作工程上クリティカルとなっていた。

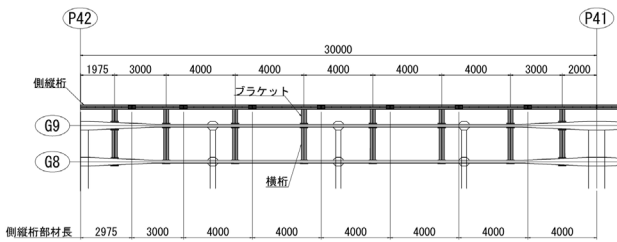


図-3 Bライン補強 (P42 ~ P41) 平面図

(3) 施工上の問題として、既設桁取り合い部の現地計測が挙げられる。A、Bラインとも、増設横断部材が3 ~ 4mピッチで入る(図-3)ため、既設桁に取合う製作部材(実測部材)が多く(Aライン34基、Bライン102基)、上述クリティカル工程であることから、現地計測を短期間かつ正確に行う必要があった。なお、Aラインでは、増設PC横桁およびブラケット取合のアンカーを別工事にて施工中であったため、その設置を待って、アンカー計測を行う必要があった。

(4) 現地施工上の問題として、縦桁の上に伸縮装置を受けるための受台コンクリートがあり(図-1、図-2)、このコンクリートのための配筋のスペースが狭く、施工が困難な状況であった。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### (1) 設計時の工夫について

Aラインについては、図面の照査をし、材料手配を行った。一方のBラインについては、Aラインの図面をもとに詳細設計を行った。

今回めっき桁ということで、溶接部材を極力減らし、ウェブに対して対称となるような部材構成とすることで、溶接及び溶融亜鉛めっき時の歪を減らす構造とした。また、めっき時に必要な吊り金具や、めっき抜きのためのスカラップ等を設けめっき施工を考慮した構造とした。

縦桁については、各径間の端部のみ実測後製作とし、中間部についてはできる限り同一形状の部材(図-3)として、実測に関係なく先行して製作できる構造とした。

#### (2) 製作時の工夫について

Bラインの材料手配については、詳細設計中の必要鋼材が決まった段階で先行して材料手配を行った。結果、現地計測前に鋼材を入荷することができ、工程逼迫の一因を摘み取ることができた。また、鋼材については、板厚・材質をグルーピングすることで鋼材の種類を極力減らした。それにより同一板(大板)にして手配すること、および、部品に余裕度を設ける事で、実測結果により部品が大きくなった場合の手配時とのズレを柔軟に対応できるようにした。また、大板とすることで、鋼板加工時の段取り替えの時間を減らすことも目的とした。

仕口製作については、1径間分の実測結果が約1週間おきに来ることから、実測不要な縦桁を先行して製作し、実測結果が出た段階で時間のかかる仕口製作を集中して製作することで工程の平準化を行った。

設計及び製作での上記の対応をすることで、当初工程より最大1か月程度早めることができ、現地架設タイミングに合わせ、製品を搬入することができた。

#### (3) 現地計測について

現地計測としては、橋軸方向はテープによる計測とした。計測項目としては各横桁位置と桁長があり、各横桁位置については、横桁位置に付くブラケットが縦桁との取合いだけであることから、ある程度の誤差吸収が可能な構造であること、また桁長については、各桁の遊間もあることから、テープでの計測で充分と考えた。この計測結果については、横桁位置に大きなずれのないことが確認でき、これをもとに縦桁の各径間端部ブロックの長さを決定した。

各横桁位置にある、ブラケットに取合うアンカーボルト位置については、精度確保のためデジタルカメラ計測を用いた。ターゲットをアンカーボルト先端の芯に取り付ける必要があるため、図-4のように台座中心にアンカー径M33のねじ切りを設けたターゲットを作成し、これを各横桁位

置にあるアンカー群に取付け、計測を行うこととした。計測に用いるターゲットは、アンカー測定位置の他、原点・X・Y方向の3個、基準定規設定 $2 \times 2 = 4$ 個、写真つなぎ用のターゲット数枚の構成である。



図-4 デジタルカメラ計測用ターゲット及び計測状況 (Aライン)

Aラインについては、予定通りアンカー計測ができたが、Bラインについては、製作工程も迫っていたことから、アンカー定着前の削孔した孔位置を実測することで、実測時期を早くし、製作待ちを減らすこととした。

削孔孔芯を正確に出すため、図-5のような治具を3DCADにて作画し、3Dプリンターを使用して製作した。軸径は削孔孔径とし、ターゲット側にはM33ボルト頭が入る六角孔を設け、M33ボルトを接着することにより、図-4のターゲットがそのまま使える治具とした。

この3Dプリンターにて作成した治具について、材質はポリカーボネートで、試作品1個を製作すると、4時間以上かかった。治具製作の時間短縮するため、軸部の積層を粗に1個あたりの製作時間を短縮し、1回の出力で4個製作することに加え、夜間に出力することで納期短縮を行った。

上記治具を使用してデジタルカメラ3D計測を行い、その結果をもとにまず薄厚鋼板でゲージプレートを作成した。ゲージプレートにアンカーボルトをセットし、アンカーボルト定着を行った。デジタルカメラでの実測結果をもとにブラケッ

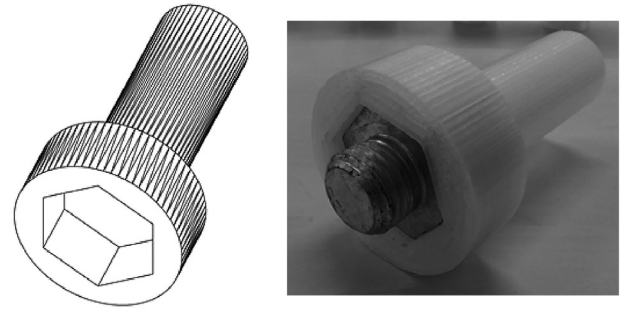


図-5 孔芯計測用治具のCAD (左) と成果品 (右)



図-6 ブラケット架設状況 (Aライン)



図-7 縦桁架設完了 (Bライン)

ト・横桁仕口の製作を行い、A、Bラインともアンカー位置のずれもなく予定通り架設することができた。(図-6、図-7)

#### (4) 現地施工時に対する工夫

縦桁上には、伸縮装置を受けるための受台コンクリートがあり、そのコンクリート定着のために

スタッドジベルが縦桁ウェブ上に設置している。縦桁架設時には既設PC桁の鉄筋等障害物が多く(図-7)、スタッドジベルでは配筋等作業しにくいため、ねじスタッド+高ナット+普通ボルトのジベルとした。

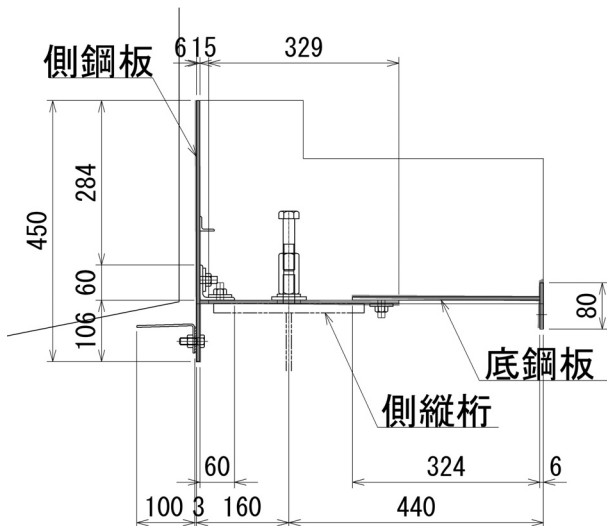


図-8 伸縮受台コンクリート用の鋼製型枠の底鋼板分割例

また、伸縮受台コンクリートについては、作業スペースが狭く作業性を考慮し鋼製型枠構造とした。この型枠底鋼板を固定するために前述のねじスタッドを型枠底鋼板押さえとして兼用することで、スタッドの施工本数を減らすこととした。また、既設桁の床版下にある受台コンクリートについては、底鋼板があると配筋等の作業が困難となることから、図-8のように既設側底鋼板を分割して、配筋後に分割底鋼板をボルトで取付ける構造とした。

#### 4. おわりに

現時点では工事完了に向けて現地作業中であるが、目標工程通りに進捗中である。今回設計時点から種々の問題・課題があり、それに対して1つずつ対策・工夫をすることで、効率的な施工と全体的な工程短縮を実現することができた。

また、現地計測で使用したデジタルカメラ3D計測の有用性と、特殊かつ精度が必要な治具製作

に3Dプリンターが有用であることが確認できた。3Dプリンターの種類・大きさにもよるが、CADにて作画したものが、実物として手軽に手に入ることは、時間・コストともによりかなり効率的・実用的であることが実感できた。

最後に本工事の施工にあたり、発注者である福岡北九州高速道路公社殿をはじめ、ご指導いただきました皆様方に厚く御礼申し上げます。

# 19 品質管理

## コンクリート構造物補修工事における 表面含浸材実地試験

(一社) 北海道土木施工管理技士会

堀松建設工業株式会社

現場代理人

鈴 田 貴 之

### 1. はじめに

本工事は日本海波打ち際沿いの国道に建設されたRC落石覆道を断面修復工と含浸材塗布工により補修するものである。この内、含浸材施工に当たって、本施工前に含浸深さを確認するための試験を実施した。

工事概要

- (1) 工 事 名：一般国道231号増毛町武好覆道補修外一連工事
- (2) 発 注 者：北海道開発局留萌開発建設部
- (3) 工事場所：北海道増毛郡増毛町
- (4) 工 期：令和元年7月～令和2年1月



図-1 新武好覆道（左奥、武好トンネルとの接続ブロックが今回補修対象部分）

### 2. 現場における課題

新武好覆道および武好覆道は昭和61年竣工であり、30年間以上日本海の飛沫塩分を浴び、塩害劣化と中性化が進行している。この2構造物の補修工事で、劣化程度が比較的軽い部分には長期耐久

性向上のため合計1,864m<sup>2</sup>のシラン系表面含浸材を施工することとなった。

ここで課題となるのが中性化・塩害劣化が進行している供用中のコンクリート構造物に対する含浸深さの検証である。実験室製作供試体を促進劣化しての含浸効果実験は多いが、供用中のコンクリート構造物を対象に含浸深さを確認した事例は極めて少ない。今回工事区間の設計前コア抜き調査で中性化深さは最大25mm、表面塩化物イオン濃度は最高32kg/m<sup>3</sup>であった。特に後者は高濃度であり、塩化物結晶が含浸の抵抗になる可能性も懸念された。

シラン系表面含浸材は、コンクリート内部に浸透した後、水分とアルカリ分に反応して吸水防止層を形成するものである。水分との化学反応が起きやすく、施工時に表面水分率が高いと含浸しにくくなるが、コンクリート表面部分の水分率状況についても実構造物について調べた報告事例は少ない。以上から、新武好覆道において含浸材実地試験を行ったものである。

### 3. 対応策と適用結果

#### (1) 表面水分率の計測

塗布作業にあたっては表面水分率管理が重要となり、施工条件は水分率8%以下とされる。

通常、コンクリート構造物の表面水分率の計測には電磁式の水分計（図-2）が用いられ、%表示のコンクリートモード、カウント値表示のD

モード（深さ40mmまでの平均水分率）およびSモード（深さ13mm程度）の3種で示される。コンクリートモードはDモード相当である。



図-2 コンクリート・モルタル水分計



図-3 道路橋床版水分計

他方、コンクリート内部の水分率は適正でも、最表面が露などで湿っている場合、塗布して即、化学反応が生じて含浸されない懸念があるので、最表面（深さ0mm）を道路橋床版水分計（図-3）で計測した。

(2) ハツリで生じたコンクリート片による室内試験

含浸材本施工に先立って室内試験を行い、特に水分率に着目して含浸深さを確認することとした。供試体は、断面修復する覆道柱部からハツリで生じたコンクリートブロックのうち3個を供試体1, 2, 4として採用した（供試体3は不使用）。試験はこれら供試体の水分率を、コンクリート・モルタル水分計および道路橋床版水分計でそれぞれ計測した後、シラン系表面含浸材をローラー塗布した。供試体表面のケレンは、供試体1,2はサンドペーパーケレン、供試体4はケレン無しとした。供試体の対象面積は、20cm×10cm=200cm<sup>2</sup>、塗布量5g（散逸量1gを含む）とした。（200g/m<sup>2</sup>相当）

これらを塗布2週間後（一部1週間後）に切断して含浸状況を観察した。切断面中、含浸されている部分は白変する。結果を以下にまとめる。

①No.1 供試体（図-4・表-1）

水分率に若干バラツキがある。水分率の高い計測位置②で深い含浸が見られ、逆相関となっているが、全体として5mm以上の含浸が確認された。

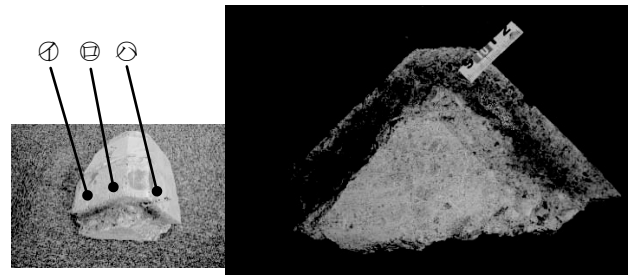


図-4 No.1 供試体含浸断面（白い部分）

表-1 No.1 供試体試験結果

水分計	塗布時水分率			
	計測位置	①	②	③
コンクリート・モルタル水分計	コンクリートモード (%)	6.1	7.1	7.8
	Dモードカウント値	852	870	938
	Sモードカウント値	793	802	838
道路橋床版水分計 (%)		4.1	4.3	3.7
含浸深さ (mm)		5	5	10

②No.2 供試体（図-5・表-2）

本供試体は中央部から右側にかけて原因不明の高水分率となっていたので左端部④のみの計測とした。含浸材は半円状に広がるため、円弧上に中央部が深い含浸になったものと見られる。

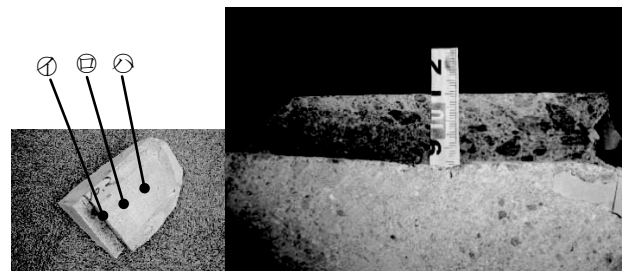


図-5 No.2 供試体含浸断面

表-2 No.2 供試体試験結果

水分計	塗布時水分率			
	計測位置	①	②	④
コンクリート・モルタル水分計	コンクリートモード (%)	6.6	11.4	over
	Dモードカウント値		未計測	
	Sモードカウント値		未計測	
道路橋床版水分計 (%)		5.5	6 超	6 超
含浸深さ (mm)		6 ~ 11	未計測	未計測

③No. 4 供試体 (図-6・表-3)

計測位置①は塗布一週間後に切断したが含浸は1～2mmだったため、2週間後に計測位置②を切断。含浸が円弧上に見られ、中央部では深さ7mmであった。水分率は最表面で6%以上と内部よりも高かったが目視・手触での濡れは無かった。



図-6 No. 4 供試体含浸断面

表-3 No. 4 供試体試験結果

水分計	塗布時水分率			
	計測位置	①	②	③
コンクリート・モルタル水分計	コンクリートモード (%)	4.8	5.8	5.3
	Dモードカウント値	690	746	670
	Sモードカウント値	640	660	580
道路橋床版水分計 (%)		5.5	6 超	6 超
含浸深さ (mm)		1～2	3～7	未計測

以下に室内試験の結果をまとめる。

・供試体No. 1、No. 2の最表面の計測水分率は供試体内部の水分率よりも低く、コンクリート表面は内部よりも乾燥が早かった。供試体No. 4ではその逆だったが所定の含浸があった。よって現場施工において塗布して即、表面で化学反応が生じ、含浸しない可能性は低いものと考えられる。

・水分計の扱いについて：Sモードのカウント値はDモードに比べて約1割低い。他方、コンクリートモード値はDモード相当であり、表面から40mm深さの平均水分率を示すが、施工で扱う深さは10mm程度の深さである。よって、実際の施工対象の深さの水分率はコンクリートモード値よりも1割低いことになるのだが、現場施工に当たっては分かりやすさと安全側に立つ意味からコンクリートモード値で管理するのが实际的である。

・水分率と含浸深さの相関は明確には見いだせなかったが、全体的に、水分率5.8～7.8%で、3～11mm深の含浸があった。供試体No. 2、No. 4では浸透域が円弧状になっているが、これは含浸材が放射状に浸透することと、供試体が小さなためであり、実際の施工ではその平均値以上、すなわち5mm以上の含浸になるものと考えられる。

・供試体No. 4の計測位置①は塗布1週間後で切断したもので、含浸が浅い。所定の含浸に達するには2週間かかることが分かった。

(3) 現場試験 (図-7)

実際の含浸材施工予定箇所現場試験を行った。



図-7 現場試験壁面

海側側壁に0.3m×0.3mの区画を6面設定した。素地調整は以下の3種で各2面。a：布空拭き（自然状態イメージ）、b：濡らした布により清掃後空拭き（高圧洗浄イメージ）、c：水とブラシにより清掃後空拭き（ブラシ洗浄イメージ）

素地調整後、コンクリート・モルタル水分計コンクリートモードによって水分率を計測し、含浸材を塗布した（200g/m<sup>2</sup>相当）。8日後にコアドリル（図-8）により、各区画から供試体（φ30mm,L50mm）1個を採取した。（図-9）この時点では含浸発現にはまだ早い上、コア周面は採取時の衝撃や摩擦熱等により乱れ、含浸層は判明しなかった。含浸が確実な塗布21日後にコアを打撃割裂し、含浸深さを計測した。（図-10、表-11）



図-8 コアドリル



図-9 コア採取部





図-10 採取コア（枝番号は区画内採取位置、整理番号。1-4はコア長短いため不採用）

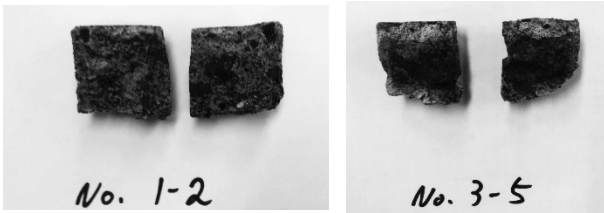


図-11 割裂後のコア断面例

現場試験結果を表-4にまとめる。割裂したコア断面には含浸層が現れ、深さは4mm～8mmであった。素地調整方法による含浸深さの明確な違いは確認できなかった。水分率と含浸深さの関係を図-12に示す。水分率6%を境に、低水分率のほうが深く含浸している結果となった。

表-4 現場試験結果

供試体 No.	素地調整	水分率 (%)	平均含浸深さ (mm)
1	布で空拭き	5.7	8
2	布で空拭き	6.5	5
3	水拭き後空拭き	5.7	6
4	水拭き後空拭き	6.5	4
5	ブラシ洗い後空拭	5.3	8
6	ブラシ洗い後空拭	6.1	6

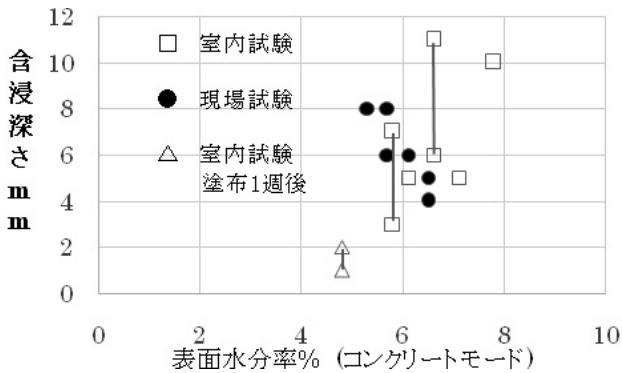


図-12 表面水分率（コンクリートモード）と含浸深さの関係

## まとめ

- ①経年供用中のコンクリートの水分率は面的にも深さ方向的にも複雑不規則に分布している。その中で、コンクリート表面水分率と含浸深さの関係は、室内試験ではバラツキがあったが、現場試験ではおおむね水分率が低いほど含浸が良好との関係が見いだされた。表面水分率（コンクリートモード）5～7%で4～8mmの含浸が見られた。
- ②ケレンの種類と含浸深さの関係については今回の試験では有意な傾向は見いだせなかった。しかし既設コンクリート表面には様々な汚れが付着しており、含浸を妨げる可能性もあるので、手工具や高圧水などのケレンは実施するべきである。
- ③含浸効果の発現時期は2週間以降と見なせた。含浸材が塗布され、部材中に浸透して内部の水分とアルカリ分により反応が進行するまで、上記の時間が必要ということであった。
- ④現場施工で使用する水分計はコンクリート・モルタル水分計で実用上足りると考える。また、同機種の使用モードについては、表示の分かりやすさと、安全側に立つ意味から（1割高い水分率と見なすから）、コンクリートモードで水分率管理をするのが实际的である。
- ⑤現場本施工では施工前表面水分率がコンクリートモードで4.0～5.2%、平均4.6%であった。試験時よりもさらに低い水分率で良好な施工が出来たものとする。

## おわりに

こうした現場レベルでの含浸材施工試験はまだまだサンプル数が少なく、今後多数実施されることが望ましい。今回実施した試験がその一助になれば幸いである。

最後に、この試験実施に当たりご指導頂いた北海道開発局留萌開発建設部留萌開発事務所ならびに寒地土木研究所寒地保全技術研究グループ耐寒材料チームの関係者の皆様に謝意を申し上げます。

# 20 品質管理

## 狭隘箇所における地中障害物撤去の施工

東京土木施工管理技士会

オリエンタル白石株式会社

杉本 心平〇 酒井 博

### 1. はじめに

東京モノレールの駅の一つである天空橋駅は(図-1、図-3)天空橋駅は東京モノレールと京浜急行電鉄との乗換駅となっており、5千人/日以上の乗降客数がある駅である。駅周辺の再開発工事やオリンピックに向けた工事による整備も進んできており、旅客には車椅子、ベビーカーに子供を乗せたお客様や旅行客が多くなってきているためエレベーターを設置し旅客の利便性の向上を図る工事である。

本稿では改札内上り線、下り線エレベーター設置工事において支障となる地中障害物撤去の施工報告を行うものである。全体平面図を図-2に示す。

#### 工事概要

本工事の工事概要は、以下のとおりである。

事 名：天空橋駅バリアフリー対策工事  
(平成30年度)

発注者：東京モノレール株式会社

受注者：モノレールエンジニアリング株式会社

施工者：オリエンタル白石株式会社

工事場所：東京都大田区羽田空港 1-1-2

工 期：(自) 平成31年 2月19日  
(至) 令和元年11月29日

工事全体の概要として上り線側ホームと下り線側ホームの各階から改札階に移動するためのエレ

ベーター設置工事である。

既設の避難通路を一部撤去し、新しくエレベーターシャフトの構築を行い、エレベーター設置を行うという工事である。

平成30年度工事として、躯体撤去工(一部)、地中障害物撤去工、仮設工(鋼矢板打設)、地盤改良工を施工した。



図-1 橋梁位置図

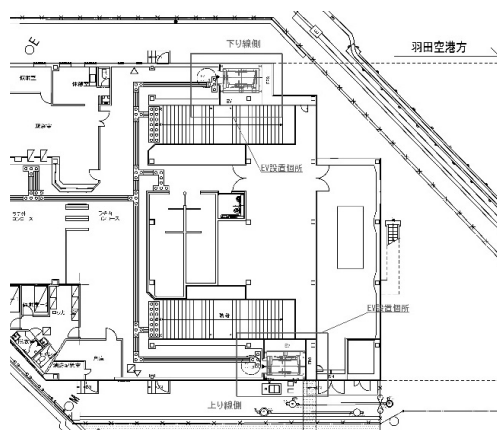


図-2 全体平面図



図-3 天空橋駅正面

## 2. 現場における課題・問題点

### 2-1 地質調査による地中障害物確認

仮設工（鋼矢板打設）、地盤改良工の詳細な設計を行うため、地質調査工としてボーリング調査を行った。その際、現地盤から深さ6.6m地点において支障物を確認した。その確認を受け、天空橋駅建設時の施工計画書およびしゅん功書類を確認したところ（図-4）、仮設工として現避難通路躯体から1.0m離れた地点に鋼矢板Ⅳ型を打設しており、また1次埋戻し時において捨梁コンクリートを打設していることが確認できた。

### 2-2 追加調査

今回工事にて鋼矢板Ⅲ型を現避難通路躯体から0.625m離れた地点で、打設長は現地盤から8.5m打設する計画であった。（図-5）地質調査の結果を受け今回鋼矢板を打設する範囲で地中障害物があるのか調査を追加で行うこととした。調査位置については図-5に示すように、避難通路躯体から0.8～1.2m地点の範囲で調査を行うこととした。

追加調査の結果、現避難通路躯体からの離れが0.9m～1.1m付近において、地質調査時同様に現地盤から深さ6.6m地点で地中障害物が確認された。これらの結果を受け、その地中障害物が施工計画書記載の捨梁コンクリートであると判断した。

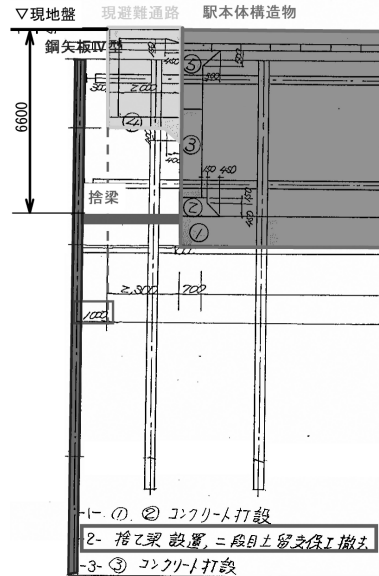


図-4 駅建設時施工順序図抜粋

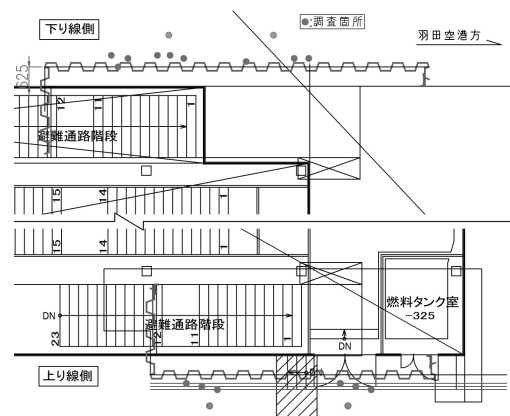


図-5 仮設工図（当初設計）

## 3. 対応策・工夫・改善点

### 3-1 仮設工形状変更

地質調査および追加調査の結果から、当初計画されていた鋼矢板の打設位置では地中障害物との干渉が明らかとなったため計画より外側に打設位置を変更するよう元請と協議を行った。

調査結果より駅構築時において現避難通路躯体から1.0m地点で鋼矢板Ⅳ型を打設しており、捨梁コンクリートは鋼矢板際まで打設していると仮定した。（図-6）さらに避難通路躯体から1.0mをセンターラインとして打設していると仮定することにより0.83m～1.17m間は地中障害物があると仮定した。（図-6）

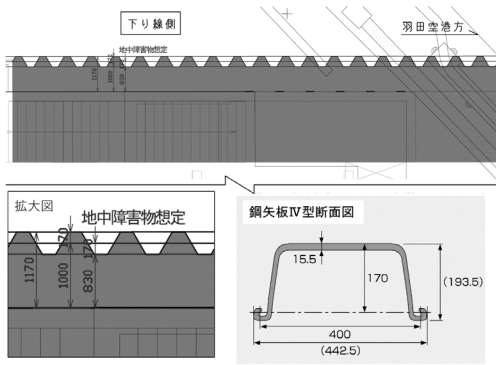


図-6 地中障害物想定図

今回工事で打設するのは鋼矢板Ⅲ型であり、鋼矢板一枚の高さが0.125mであるため、打設する鋼矢板のセンターラインを避難通路躯体から1.295m（中心位置1.000+Ⅳ型0.170+Ⅲ型0.125）以上離す必要があった。また、前回駅構築時における鋼矢板打設の精度が分からないため、1.295mよりさらに0.050m外側にずらし、確実に地中障害物に干渉しないであろう位置にすることとした。協議の結果、避難通路躯体から1.345m地点をセンターラインとして鋼矢板打設を行うよう変更協議を行った。（図-7）

協議の結果より、図-7に示すように避難通路躯体に対し平行方向の鋼矢板は地中障害物を外した位置にずらして打設し、避難通路躯体に対し垂直方向の部分に関しては地中障害物を撤去することとした。

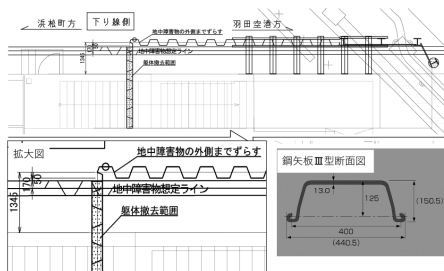


図-7 仮設工図（変更後）

### 3-2 削孔機の選定

地中障害物撤去の方法検討を行うこととした。検討内容として、現地盤から6.6mまで掘り下げることができなおかつ地中障害物を撤去できる機械を選定する必要があった。現状の施工箇所が既

設階段スラブ上での施工となってしまうため、施工箇所を平坦にする必要があり、現地盤と同じ高さで架台を組立てることとした。（図-9）架台を現地盤と同じ高さにした場合、架台天端から既設天井までの高さが3.8mとなる。（図-9）一般的な削孔機は高さが7.0m程あり上空制限のある避難通路内での施工が困難であったため、図-8に示す寸法の狭隘低空等箇所用の削孔機を使用して施工を行うこととした。

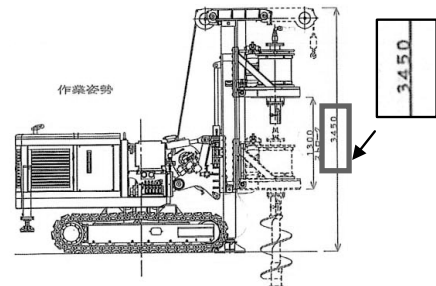


図-8 削孔機寸法図

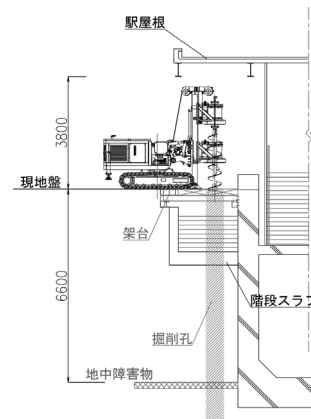


図-9 施工断面図

### 3-3 避難通路内地中障害物撤去

#### 3-3-1 施工前準備

本作業開始前に架台の上を削孔機が走行旋回し、既設天井や壁に接触しないことと、さらに削孔機が走行旋回した際に架台と既設躯体に変状が無いことを確認してから本作業を行った。

周辺地盤変状確認用に、躯体周辺地盤に測量ポイントを3点定め施工中と施工終了後に毎日測定することとした。管理項目として計測時に10mm以上変状が見受けられた段階で、作業中断するこ

ととし施工を行った。併せて既設躯体に変状がないか確認しながら施工を行った。

### 3-3-2 施工フロー

図-11に示すような施工フローにより、削孔は削孔機モーター部にスクリュー、先端にオーガヘッド（図-10）を取り付け、スクリューを継ぎ足しながら削孔を行った。既設天応までの高さが3.8mであるため、使用するスクリュー 1本の長さを1.0mとして削孔を行った。施工の流れとして初めに、オーガヘッドにより削孔していき、オーガヘッドが地中障害物に到達した時点で削孔を中止し一度スクリューをすべて引抜き、先端ヘッドをケーシングヘッドに付け替えて再度削孔する。ケーシングヘッドが地中障害物に到達し、地中障害物をケーシングヘッドの先端に付いたビットで削りながら削孔していき、コンクリートを円形にくり抜くというサイクルで施工を行った。

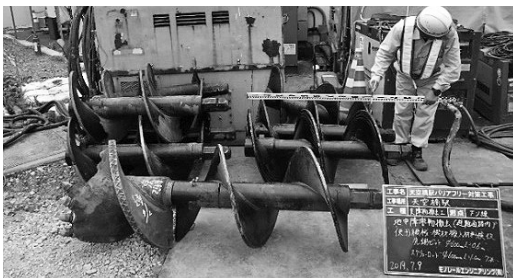


図-10 オーガヘッド、スクリュー

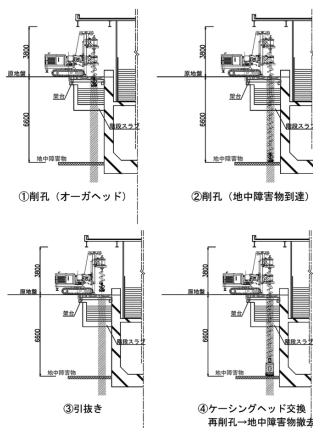


図-11 施工フロー図

後工程では鋼矢板打設があり、鋼矢板の打設長が8.5mであった。地中障害物撤去後さらに8.5m

地点まで削孔を行い支障がないことを確認した。支障がないことを確認後、スクリューを引抜くこととして施工を行った。

### 3-3-3 地中障害物撤去施工

図-11に示すような施工フローにより削孔していく中で、土中に多数のガラや栗石が存在しており、そのまま残置しておいた場合鋼矢板を打設する際に支障となってくるため排土時に全て取り除くようにして施工を行った。また、地中障害物を撤去しスクリューを引抜く際に周辺地山に存在するガラ等が崩れ落ち鋼矢板打設に支障とならないようにするため、引抜時にセメントベントナイトを注入しながらスクリューを引抜くこととした。引抜き後再生砂を孔内に投入し現地盤まで埋戻しを行った。引抜き後、ケーシングの刃先に詰まったコンクリートを取り出し（図-12）、次の削孔箇所へ移動し削孔撤去を行った。削孔は、鋼矢板打設時に支障とならないよう孔同士をラップさせた配置で行った。隣り合う孔を連続して施工しないよう施工順序を決定した。上下線避難通路内にて各8カ所の地中障害物撤去を行った。地中障害物撤去施工中や施工後の周辺地盤と躯体の変状については、異常なく終了することができた。



図-12 撤去したコンクリート

## 4. おわりに

本工事において、既設構造物に接触および周辺地盤に影響を与えることなく上下線共に地中障害物撤去することができた。次工程の鋼矢板打設や地盤改良工も事故なく完了することができた。現在は2019年度工事としてエレベーターの設置工事～仕上げ作業を行っている。

# 21 品質管理

## 日高自動車道 大狩部橋上部工事

東京土木施工管理技士会  
オリエンタル白石株式会社

加 藤 高

### 1. はじめに

大狩部橋は、北海道の日高地方にて計画されている日高自動車道の一部になる。苫小牧市と浦河町を結ぶ延長120kmの高規格道路であり、北海道縦貫道路と一体となり、主要都市である札幌市や苫小牧市と日高地方を結ぶ高速ネットワークを形成している。現在は日高厚賀ICまで開通しており本橋はその先の新冠IC間に位置する橋梁である。

本工事は、橋長261mの5径間連続ラーメン箱桁橋であり、平成29年3月に工事を着工し、令和元年10月に竣工した現場である。施工箇所は北海道新冠町に位置し日高自動車道の一部となる。

(図-1)

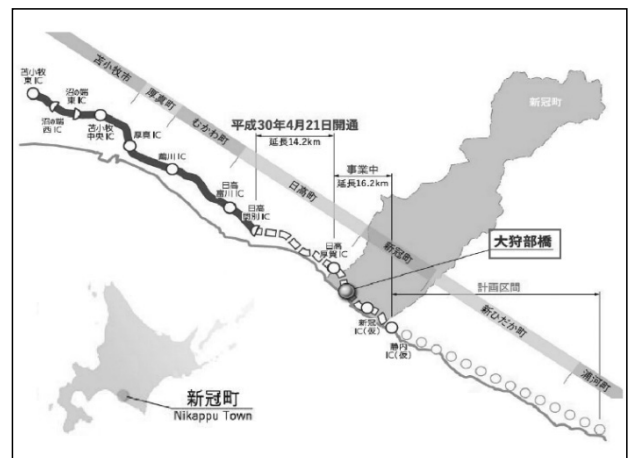


図-1 橋梁位置図

### 工事概要

本工事は、以下のとおりである。

発注者：国土交通省北海道開発局  
室蘭開発建設部

工期：(自)平成29年11月29日  
(至)令和元年10月25日

施工場所：北海道 新冠郡 新冠町

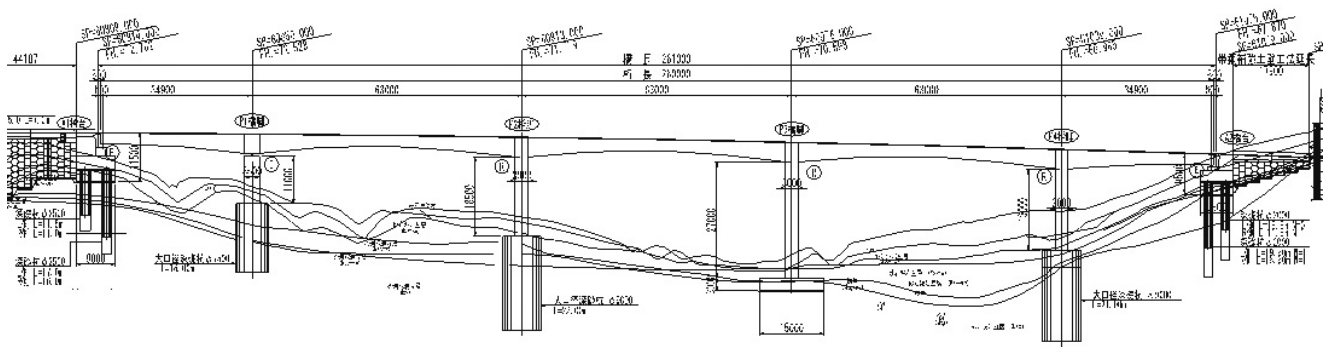


図-2 橋梁位置図

構造形式：5径間連続PCラーメン箱桁橋  
 橋 長：261m  
 支 間 長：34.9+63.0+63.0+63.0+34.9m  
 有効幅員：路 肩1.75m+車 道3.50m+中 央 体  
 1.50m+車道3.50m+路肩1.75m  
 桁 高：2.5m～4.5m  
 横断勾配：+2.524%～-4.000%  
 平面線形：∞～900m  
 設計荷重：B活荷重  
 架設方法：張出架設工法  
 定着工法：フレシネー工法  
 構造特徴：内外ケーブル方式  
 横桁横締めにはNAPP鋼棒  
 (緊張ジャッキ不要)

施工順序はP1・P2橋脚の張出施工（P1-P2中央閉合含む）を先行して行った後に移動作業車をP3・P4橋脚へ転用し張出施工を行った。側径間および中央閉合の施工はA1側径間→P1-P2中央閉合、A2側径間→P3-P4中央閉合、最後にP2-P3中央閉合→橋面工（壁高欄・中央分離帯施工）という順序で施工を行った。

側面図を図-2、および主桁断面図を図-3に示す。

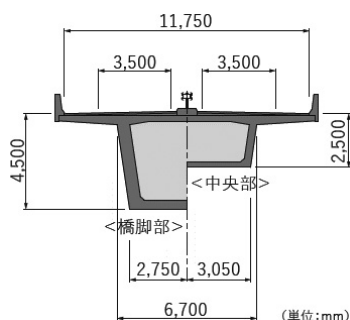


図-3 主桁断面図

## 2. 現場における問題点

本橋の施工箇所は海岸に近接及び凍結防止剤散布などで凍害・塩害の複合劣化が懸念されたため、コンクリートやPC鋼材の長期耐久性を確保する必要がある。また施工期間が冬季にかかるこ

とより施工中におけるコンクリートの初期凍害の防止も合わせて管理する必要がある。

安全関係においても各橋脚が約30mの高さがありほとんどの作業が高所作業となるため墜落転落防止に対しても考慮して施工を行う必要がある。

このようなことから、コンクリートおよびPC鋼材の長期耐久性を確保することとともに高所作業に対する安全対策が重要と考え、本工事で実施した取り組みについて報告する。

## 3. 工夫・改善点

### 3-1 コンクリートの耐久性向上

本橋の柱頭部はマスコンクリートとなることや、設計基準強度40N/mm<sup>2</sup>の高強度コンクリートを使用するため、コンクリートの水和熱による温度ひび割れの発生が考えられる。また、張出施工時に関しても冬季施工を行うので急激な温度低下を防止して初期凍害を防ぐ必要があるため以下の取り組みを行った。

#### 3-1-1 3次元温度応力解析

柱頭部の温度解析を行った結果より図-4の結果が得られた。本現場ではパイプクーリングをコンクリート温度が最高温度到達後、躯体中心部と表面の温度差が10℃以下になる2日間行うことによりひび割れ抑制を行った。この際、熱電対をコンクリート打設前に桁中心部と側面部にセットし温度の測定を行った。

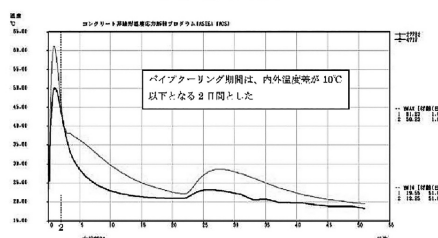
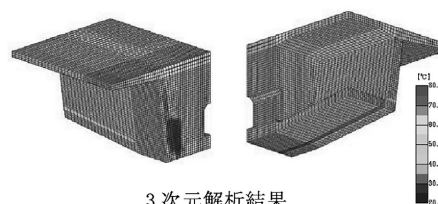


図-4 温度応力解析

パイプクーリングはグラウト機材を使用し20℃に設定した水を循環させた。循環中に温まった水を冷温水機を通して温度を下げ冷却水の循環を行った。

使用機械を図-5、循環状況を図-6に示す。



図-5 パイプクーリング使用機械



図-6 循環状況

### 3-1-2 養生

冬季施工の養生として柱頭部施工および張出施工時は上屋をポリカーボネート製の採光パネルで覆った。(図-7) 上床版上面に関しては湿潤養生シートに加え断熱養生シートを合わせた2層構造による給熱湿潤養生を行い急激な温度低下を防止し、温度管理においては、コンクリート打設前後は給熱養生を行い上屋内温度10℃以上目標に温度管理を行った。温度管理の方法としてモバイル式養生管理システム(図-8)を使用しパソコン・携帯にて24時間リアルタイムで温度管理を行い、上屋内温度が10℃以下になったら、職員の携帯にメールを自動配信する。この管理を行うことによ

りコンクリート打設前後の養生管理を夜中に職員が直接現場に行き確認する作業がなくなり安全に管理することができた。

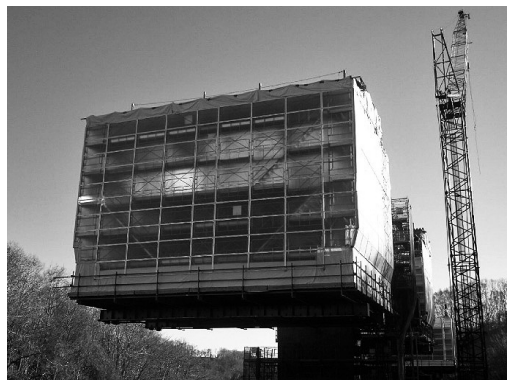


図-7 防寒養生状況

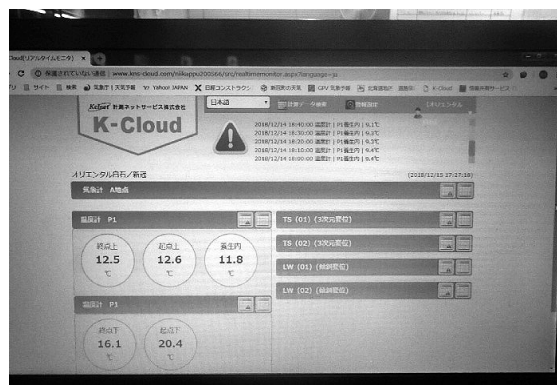


図-8 パソコンによる管理(PC画面)

### 3-2 PC鋼材の耐久性向上

本橋の主ケーブルは内外併用ケーブル構造であり、外ケーブルは最大130mと非常に長いいため、超低粘性タイプのグラウト材を使用することにより、従来の高粘性タイプと比較すると注入圧力の低減・充填率の向上・W/Cの低減をすることによりグラウトを確実に充填することができ、有害な空隙を防止するとともに、PC鋼材の防食性を確保することができた。

PC鋼材本体においても、防錆対策を確実にを行うため内外ケーブルに防錆処理を施したPC鋼材を使用した。

### 3-3 施工性における安全対策

本橋は地上高さが約30mと高橋脚であり、ほと



多くの作業が高所での作業となるため支保工・足場および移動作業車の組立解体作業が最も危険な作業と考えられたため以下の対策を行った。

### 3-3-1 支保工のユニット化

地上で支保工および足場を手すり付きで地組を行い、ユニット化してから高所の組立箇所へ吊り上げて本組立を行った。この時ユニット化した支保工・足場がクレーンつり上げ荷重を超えないようにするとともに吊り上げ時ユニットが変形しない事と高所作業時の作業員の安全具としてフルハーネスの完全使用を考慮して計画した。

### 3-3-2 移動作業車の下段作業台吊上げ

通常、電動チェーンブロック4基で下段作業台を吊り上げる際、橋脚に設置した昇降階段より目視にて水平性を確認するが、今回は水平保持をより確実に確認するためデジタル変位計を設置し目視と変位計の数値で吊上げ時の水平性を確認し下段作業台のねじれを無くすように吊上げを行った。(図-9)



図-9 変位計設置状況

### 3-3-3 移動作業車を使用した中央閉合

中央閉合施工時には張出施工に使用した移動作業車を使用することによって吊り支保工組立解体を無くすことができた。また養生設備や施工に使用する設備も移動作業車で使用していた採光パネルの囲いや安全設備をそのまま使用することができる。これらのことより高所の危険作業を移動作業車を使用することにより削減するとともに工期の短縮にもつながった。(図-10)



図-10 中央閉合状況

## 4. おわりに

大狩部橋上部工工事は平成30年に胆振東部地震が発生しましたが大きな被害がなく令和元年10月に無事に竣工を迎えることが出来た。完成写真を図-11に示す。

この日高自動車道は道内移動の時間短縮が図られ、物流の効率化および交流人口の増加などの地域経済に対する効果が期待されている。

また、人材育成として地元の小・中学生や道内の高専・大学生に対する現場見学会や学校へ訪問しての施工説明会を通し、土木技術の関心と知識を学んで貰ったことで、将来の土木技術者育成の手助けに貢献した。

最後になりましたが、設計及び施工にご指導・ご協力をいただいた方々をはじめ、工事に携わった関係者の皆様に深く御礼を申し上げます。



図-11 完成写真

# 22 品質管理

## 寒冷地における床版架設工事（花園橋）

東京土木施工管理技士会  
オリエンタル白石株式会社

佐々木 良太

### 1. はじめに

花園橋は北海道の旭川と富良野を結ぶ国道237号線の富良野市の入口に位置している。富良野市は周囲を山に囲まれた盆地であり、冬季には気温が $-30^{\circ}\text{C}$ 近くに達する。また積雪も多く、強風の際にはホワイトアウトも起こり得る。

本橋は老朽化による鋼合成鉄桁橋上部工架替え工事であるが、橋脚は耐震補強済であり、橋梁前後の路面高さを変えない、死荷重を増大させないという観点から従来のループ継ぎ手床版に比べ床版厚を薄くできるSLJスラブが初めて北海道で採用された。

#### <工事概要>

工事名：一般国道237号 富良野市  
花園橋床版工事

発注者：北海道開発局 旭川開発建設部

受注者：(株)盛永組

所在地：北海道富良野市花園町

工事内容：単純鋼合成鉄桁橋4連の床版  
架設工事

施工範囲：単径間 $26.8\text{m} \times 4$ 連  
SLJスラブ 11枚/径間  
斜角 $60^{\circ}$

架設工法：クレーン架設



図-1 花園橋施工前

本工事の施工範囲は床版架設からジベル孔の無収縮モルタル打設までであった。(図-1)

床版架設時期については12月下旬から1月初旬、無収縮モルタルの施工時期が1月中旬であり、天候によっては作業を中止せざるを得ない状況も考えられた。ここでは寒冷地の床版架設工事における運搬計画、施工時の工夫、問題点、品質管理に焦点をあて、解説を行う。

図-2は作業工程内の外気温を示したものである。当年はまれに見る暖冬と言われ、荒天も少なかったが、朝の冷え込みが強く、最低気温で $-23^{\circ}\text{C}$ 、床版架設日およびジベル孔無収縮モルタル打設日においても日中はほぼ氷点下であった。また積雪は少なかったため、現場内の除雪作業はほとんど必要なかった。

SLJスラブ（以下、床版という）は当社関東工場で作成を行い、大洗～苫小牧間は船舶による運

搬、苫小牧～富良野は陸路により運搬を行った。床版架設日が12月21、24日、1月6、7日の4日間、無収縮モルタルの施工は1月20～23日の4日間で行った。

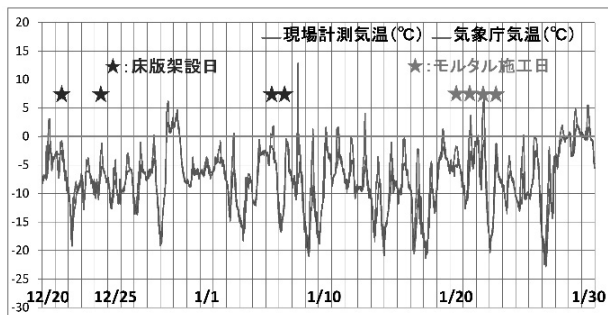


図-2 工程および外気温

## 2. 現場における課題・問題点

### 2-1 運搬計画に関する課題と対応策

床版の搬入、架設は4日間に渡って行われた。1日につき4台のトラックが現場に搬入されたが、幸い天候には恵まれ、遅延は発生しなかった。図-3は関東工場から富良野までの運搬経路を示したものである。図中の表は12月24日搬入(2径間目)の運搬実績である。単純に運搬時間を加算すると24時間ほどで到着できる予定になるが、運搬計画は後述する遅延の懸念があったため、1～2日の余裕をみて3日間とした。また今回の工程は年末年始の運搬となったため船舶にも混雑が予想され、早期の予約が必要であった。

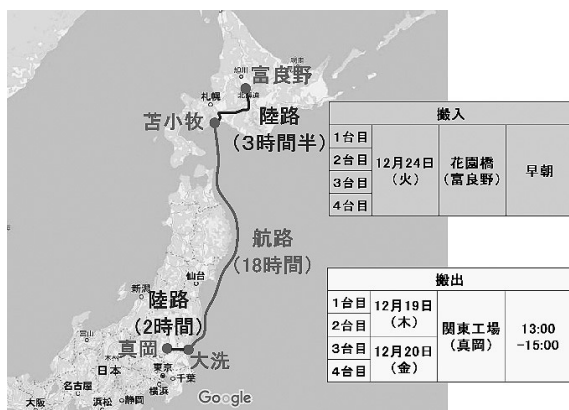


図-3 運搬経路

関東工場での床版の積込は午後13:00～15:00に行い、茨城県の大洗港まで運搬された。関東

近辺から北海道への貨物輸送は常陸那珂～苫小牧の貨物専用線、大洗～苫小牧の有人貨物船があり、今回は大洗便を使用した。積み込まれた床版は、その日の深夜便により約18時間をかけて、北海道苫小牧に入港した。船舶による運搬は天候に左右されることが多い。台風のような明らかな場合だけでなく、低気圧の接近による欠航も予想されるため、情報収集が必要である。また便数も少なく、欠航が絡むとさらに遅延が考えられた。

苫小牧からは国道274号線夕張、国道237号線占冠を経由して富良野に搬入された。富良野は北海道の内陸に位置する盆地であるため、周りを山に囲まれている。したがって搬入路は必然的に山道を通行しなければならないため、凍結は当然、天候によっては風雪による通行規制が考えられた。

受入体制として、出荷時は工場からの案内によって確認を行った。その後は基本的に遅延要因が発生したときに連絡をもらう体制を取った。そして搬入前日に最終チェックとして連絡を取り、遅延の有無、搬入時間、現場搬入経路等の再確認を行った。

## 3. 施工・品質管理に関する課題と対応策

### 3-1 寒冷地作業における工夫

床版架設前の段取りとしてモルタル止めパッキン材としてトメルンダーの設置を行った。(図-4)作業開始前の懸念事項として、氷点下でのシール固定、また隙間を埋めるコーキング材の硬化があった。

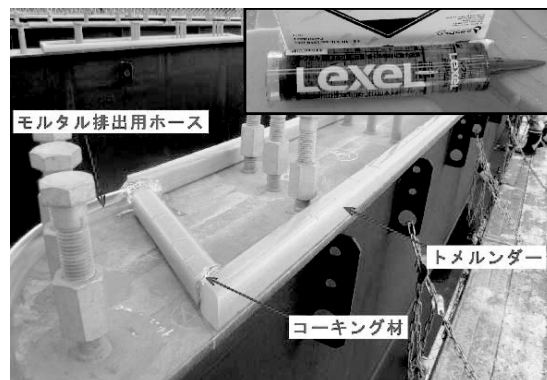


図-4 架設前段取

そのためトメルンダーの設置についてはスプレーのりも併用して作業を行った。ガスバーナーで表面の氷を溶かし、乾燥させた直後にトメルンダーを設置した。一度接着すれば、氷点下でも問題なかった。

コーキング材は試し塗りをを行った。一般的に使用されているコーキング材は氷点下では硬化しないため、 $-17^{\circ}\text{C}$ でも硬化するレクセルという商品を選定した。

これらの設置後はブルーシートで養生を行い、風雪を防いだ。(図-5) 鋼桁部の足場上は踏み固められて氷状になり、滑りやすい状態にあったが、鋼桁フランジ上の積雪および養生したブルーシート上は乾燥したサラサラの雪であるため、ブロワーによる除去が可能であった。



図-5 養生状況

床版搬入時、凍結していたのは、吊具の切り欠き部(デーハー)、高さ調整用の孔、インサート内であった。吊具の切り欠き部は完全に凍りつき、ハンマードリルで斫らなければならない状態であった。特にインサート孔については手をつけることができず、架設後の自然解凍を待つしかなかった。水の侵入はどうしても起こってしまうため、不凍液の充填やインサート孔はボルトをつける(凍りつくかもしれないが)等の対応策が考えられる。

図-6は床版の架設状況を示したものである。床版の斜角が $60^{\circ}$ であり、架設時の通り出しが重要であったため、関東工場です事前に基準墨出しを行った。しかしながら現地で基準墨を使用して架

設を進めると地覆鉄筋の通りが合わなかったため、各床版架設時に再計測を行い、センターおよび床版端面の通りを確認しながら作業を進めた。床版が製品として完成してから基準墨の墨出しを行ったため、出来形のセンターが基準となっていたことが原因であった。現在ではコンクリート打設前の型枠に基準を罫書き、打設後にその罫書き跡から基準墨を出している。



図-6 床版(SLJスラブ)架設

### 3-2 上屋内の温度管理

当工事の施工範囲がジベル孔の無収縮モルタルまでのため、施工時の温度管理が必要であった。無収縮モルタルは上屋設置前に搬入し、架設直後の床版に荷上げ、養生を行った。上屋設置後、内部が無収縮モルタルの養生温度を確保できるかどうか記録式温度計(おんどとり)を使用し、24時間のデータを採取した。ジェットハーネスは図-7に示すように各主桁間の起終点、合計6台を配置することで、早朝の最低気温時においても $5^{\circ}\text{C}$ を確保できていることが確認できた。(図-8)水は外に散水車、タンク等で保管ができないことから、生コン工場から搬入し、水中ポンプを使用して上屋内の施工部に設置したタンク内に補充を行った。

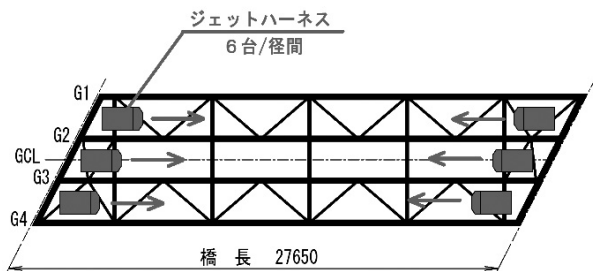


図-7 ジェットハーネス配置図

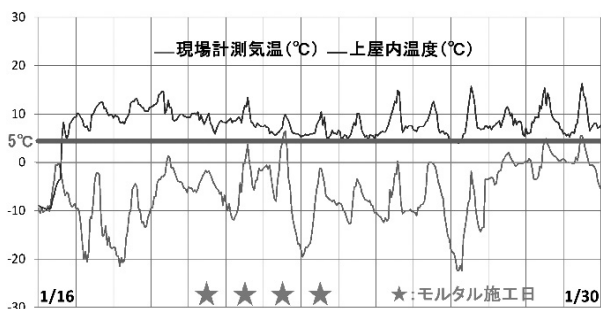


図-8 上屋内温度および外気温

無収縮モルタル打設後も同様に温度計測を継続するとともに事務所内でもデータを受信して上屋内の温度を常時確認することで、無収縮モルタルの品質を確保した。(図-9)



図-9 無収縮モルタル施工状況

### 3-3 寒冷地における現場対応

寒冷地における現場対応として作業環境はもちろんのこと、材料管理にも気を配った。寒冷地では、コンクリート被膜養生剤等の液体は凍結すると性状が変化し使用できなくなる。ゴム製品、ホース等は寒さにより固くなり柔軟性が無くなることにより施工性が悪くなる。プラスチック製品

は凍結により脆くなり、破損する可能性がある。そのため、凍結の影響を受ける材料は温度管理された室内で保管を行った。

職員の防寒対策としては防寒着上下の着用は必須、首、耳はネックウォーマー等で対策を行った。長靴は中が温かい防寒長靴、靴底が滑りにくいものを使用した。寒冷地では常に氷点下の環境であるため、水に濡れることによって体が冷えることは少なかった。春先になると汗をかくことによる体の冷えが生じるかもしれない。

## 4. おわりに

今回は架橋地点が北海道でも内陸の寒冷地であること、関東工場から北海道への運搬があることを踏まえてこの題材を選定した。本工事を終えることで上述の2つのポイントについて実績ができたことになる。本工事は旧橋の老朽化による架替え工事であったが、床版の老朽化による床版取替工事もこれから需要があるため、同種工事の参考になれば幸いである。

図-10は元請工事完了時のものである。当社の契約は床版の架設、無収縮モルタルの打設までであったため、富良野を離れていたが間詰めコンクリート、支点部コンクリートにおいても無収縮モルタル施工時と同様に温度管理を行い、品質管理を行ったと聞いている。



図-10 施工完了

# 23 品質管理

## RC 巻立て補強工法における 施工性能を考慮したコンクリートの配合

東京土木施工管理技士会  
オリエンタル白石株式会社

川崎 央

### 1. はじめに

あけみ橋は東京港の港湾計画に基づき、東京臨海線新交通及び臨港道路として造られた有明西運河の最南端に架かる、東京都江東区有明と青海を結ぶ橋長247mの橋である。

本工事は、災害に強いまちづくりに向けた取り組みの推進として発注された工事で、本橋の右岸側P291橋脚（平成4年しゅん工）をRC巻き立てにより補強するものである。施工位置図を図-1に示す。



図-1 施工箇所図

仮締切は当社の特化技術であるSTEP工法により施工した。

当初、後工事で設置する落橋防止システムのアンカー鉄筋（D51）を設置する計画であったが、鉄筋探査の結果、既設鉄筋と干渉することを確認した。そこでアンカー鉄筋の配置を変更し、それに合わせて新設の補強鉄筋の配置も検討した。しかし、この配置変更により局所的に鉄筋の‘あき’が小さくなってしまいう箇所が生じた。

この鉄筋の‘あき’不足によりコンクリートの充填性を損ねてしまうことが懸念されたため、何らかの対策を講じることが必要になった。そこで、技術研究所の協力を得てコンクリートの配合を検討、試験を行い当初計画と同等以上の施工性能を有することを確認し、施工することとした。

本稿では上述の課題と、対策として行ったコンクリートの施工性能を満たすための試験及びその結果について報告する。

工事概要は以下の通りである。

工事名：平成30年度あけみ橋耐震補強工事

発注者：東京都

所在地：東京都江東区青海一丁目地先

工期：平成30年8月13日～令和2年3月12日

図-2に橋脚補強一般図を示す。

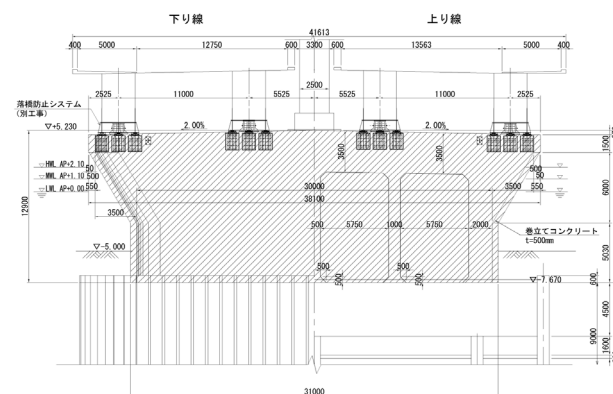


図-2 橋脚補強一般図

### 2. 現場における課題・問題点

新設（巻立て）部の補強鉄筋は、縦D22@300mm、

横D38@100mmの内外ダブル配筋で、巻立てコンクリートは、高さ12.9mの橋脚を3回に分割して打設する。その最終ロットに、後工事で設置する落橋防止システムのため、コンクリート削孔とアンカー鉄筋を設置する。(図-3)

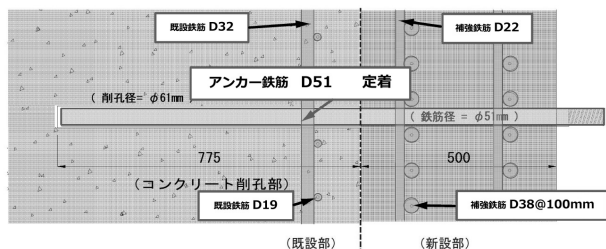


図-3 アンカー箱抜き詳細図

既設鉄筋を避け、D38@100mmの鉄筋の間(62mm)にそれを設置しなくてはならないため、非常に困難な施工であった。

施工に当たり、まず鉄筋探査を行い、既設鉄筋を避けて削孔可能な箇所を決定し、その後補強鉄筋の配置を検討する。

この時、落橋防止用アンカー鉄筋の位置を変更するため、引張応力度、付着応力度等の照査を行い、問題ないことを確認した。

次に補強鉄筋をアンカー鉄筋の間に配置していく作業になるのだが、既設の配筋が完全に水平鉛直ではないことに加え、補強鉄筋の配筋誤差なども考慮した上で検討を進めていったが、D38の水平方向の配筋が密になってしまい、局所的に鉄筋の‘あき’が小さくなる箇所を確認した。この時の最小の‘あき’は38mmであった。

道路橋示方書・同解説(下部構造編 平成24年3月)によれば、鉄筋の‘あき’について「コンクリートが十分に行きわたりかつ確実にコンクリートを締め固められる」さらに「コンクリートと鉄筋が十分に付着し両者が一体となって働く」ために必要な鉄筋の‘あき’を確保することとある。

そこで、局所的な‘あき’不足の対策として、「コンクリートの十分な充填性」と「コンクリートと鉄筋が十分に付着するための材料分離抵抗性」を満足する配合を持ったコンクリートを検討

し、試験を行いそれが確認されれば、その課題は解決される。そして技術研究所の中村氏の協力のもと新たなコンクリートの配合を検討した。また、試験はボックス形充填試験装置1)を使用することとした。

### 3. 対応策・工夫・改善点

#### 3-1. 試験の目的

ボックス形容器を用いた加振時のコンクリートの間隙通過性試験及び通過試験前後の粗骨材量を測定することにより、コンクリートの間隙通過性及び材料分離抵抗性を確認することを目的とした。

間隙通過性及び材料分離抵抗性は土木学会のコンクリート施工性能の照査・検査システム研究小委員会(341委員会)の委員会報告書2)において提案される加振ボックス充填試験に準じた方法で評価した。

#### 3-2. 試験方法

試験方法<sup>3)</sup>を以下に示す。

##### 【間隙通過性試験】

- ・ボックス形容器を防振性のあるゴムマットに静置する。試験ボックスを図-4に示す。
- ・試料を容器のA室に3層に分けて詰める。この時、各層を詰めるたびに仕切り板の面板方向へ容器を3回揺らして、試料の上面が水平になるようにする。
- ・試料を上面まで詰めた後、上面を軽く均し、A室中央にバイブレータの先端と容器底面との間隔が100mmとなる位置までバイブレータを挿入する。
- ・バイブレータが動かないように位置を保持しながら仕切りゲートを引き上げ、バイブレータを始動し、試料がA室から流動障害を通過し、B室正面における高さ190mmおよび300mmに到達した時間をストップウォッチで測定する。
- ・300mmまで到達した後にバイブレータを停止する。

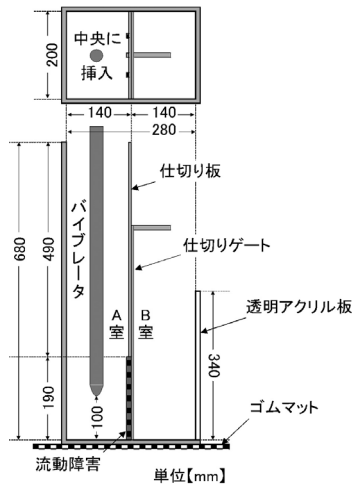


図-4 試験ボックス

上述の方法にて測定した時間を用いて、下式の通りに間隙通過速度を求める。

$$V_{pass} = \frac{110}{t_{300} - t_{190}}$$

ここに、

$V_{pass}$  : 間隙通過速度 (mm/s)

$t_{300}$  : 300mm到達時間 (s)

$t_{190}$  : 190mm到達時間 (s)

#### 【材料分離抵抗性試験】

- ・ 間隙通過性試験後（流動障害通過後）の試料を下図（B室）の位置で採取する。
- ・ 流動障害通過前、通過後の試料それぞれから単位粗骨材量を測定する。
- ・ 下式より粗骨材量の変化率を求める。

$$\delta_B = \frac{G_B}{G_0} \times 100$$

ここに、

$\delta_B$  : 粗骨材量変化率 (%)

$G_B$  : B質の単位粗骨材量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$G_0$  : 配合における単位粗骨材量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

#### 【試験項目】

試験に使用する試料は、従来のコンクリートの配合の試料①と新たに比較するための2種類の配合として試料②、③を用意した。従来の配合に対

し、試料②は粗骨材のかさ容積を減らす（細骨材率を上げる）、試料③はセメント量（粉体）を増加させることで、それぞれ異なる要素により充填性や材料分離抵抗性などのコンクリートの施工性能の向上をねらう。結果的に試料②は呼び強度、試料③はスランプの増加となった。

また、試験ボックス内の流動障害を2種類作成した。これは鉄筋の‘あき’の違いによるコンクリートの通過性を比較するためであり、62mmのものと38mmのものを用意した。

試験の組み合わせとして、試料①は‘あき’が62mmの流動障害を使用し、試料②、③は‘あき’の小さい38mmのもので試験を行った。

表-1 試験の組合せ

組合せ	配合		鉄筋のあき
			mm
試験 1	試料①	27-15-20BB	62
試験 2	試料②	30-15-20BB	38
試験 3	試料③	27-18-20BB	38

従来の配合である試料①の試験結果を、新たな配合である試料②または試料③による試験結果が同等かそれ以上優れていることを確認することができれば良い。試験の組み合わせを表-1に示す。

#### 3-3 試験の評価

今回の試験は土木学会規準の試験であり、許容値は定められていないため、土木学会から出された報告書2)を参考に、指標を定めることとした。

報告書には「加振ボックス充填試験において（流動障害は鉄筋の‘あき’が35mmのものを使用）、細骨材に山砂や陸砂等の天然砂を用いた場合で間隙通過速度が2～3mm/s以下、細骨材の実績率が60%程度以下の場合で間隙通過速度が5～6mm/s以下となる、あるいは、平均粗骨材量変化率が15～20%以上となるコンクリートは、最低限の施工性能を有するとは言えない。」とある。



そこで、試験結果が下記

①  $V_{pass} \geq 5 \text{ mm/s}$

②  $\delta_B \leq 20\%$

を満足する時、施工性能を有する、とした。

### 3-4 試験結果

試験結果についてフレッシュ試験、間隙通過性試験をそれぞれ表-2、表-3に示す。

鉄筋間隙通過性は試験3の組合せが最も優れており、材料分離抵抗性については全ての試験においてほぼ同等の試験結果が得られた。

表-2 性状試験結果

	配 合	フレッシュ試験		
		スランプ	空気量	練上り温度
		cm	%	°C
試験1	27-15-20BB	16.5	4.9	21.0
試験2	30-15-20BB	16.5	4.5	21.0
試験3	27-18-20BB	19.0	5.1	21.0

表-3 間隙通過性試験結果

	間隙通過性試験						
	鉄筋の あき	鉄筋間隙通過性			材料分離抵抗性		
		190mm	300mm	Vpass	A室骨材量	B室骨材量	$\delta_B$
mm	s	s	mm/s	g	g	%	
試験1	62	0.30	1.57	86.68	2213.4	2079.8	3.5
試験2	38	1.16	2.74	69.7	2254.4	2080.4	3.5
試験3	38	0.88	1.85	113.4	2273.7	1984.9	3.0

試験1は鉄筋の‘あき’が大きいいため、同スランプの試験2と比較した場合では流動障害を越える速度は勝っている。しかしスランプの大きい試験3が300mm到達までの時間はもっとも速かった。全ての試験において、指標「 $V_{pass} \geq 5 \text{ mm/s}$ 」に対して大きく上回る結果となった。

材料分離抵抗性試験は、3つの試験全てにおいて流動障害通過による粗骨材変化率が3%程度で既述の指標を満たしており、共通して材料分離抵抗性が優れているといえる。

今回の試験結果から前述3-3項の方法に準じ評価し、かつ試験1の従来の施工性能と同等以上の性能を満足する試験3のコンクリートを実際に使用することとした。

## 4. おわりに

近年では太径鉄筋の使用や、せん断補強鉄筋を密に配置する設計となっており、特に耐震補強工事におけるRC巻立て工法など断面に占める鉄筋の割合が多くなることでコンクリートの充填性を確保することが困難な工事が多い。

本工事では、さらにアンカー鉄筋設置という要素も加わったが、新たな配合を検討した結果、施工性能の優れたより良いコンクリートを打設することができた。

品質の良いコンクリートを造るためには、締固めや養生など様々な施工に関する要点があるが、材料の配合を考慮することでさらに品質の向上を目指すことが可能であることが分かった。

今回の試験に関して、間隙通過性、材料分離抵抗性試験の評価は全ての試験でクリアしており、従来のコンクリートが悪いわけではないことも重要である。

今後のコンクリート工事において、特に鉄筋量の多い部位の施工に関しては、今回行った試験はとても有用であった。流動障害を変更することで、様々な条件の施工性能を評価できることから、幅広く活用される評価手法であると考えられる。

### 参考文献

- 1) 2018年制定 コンクリート標準示方書【規準編】
- 2) コンクリートの施工性能の照査・検査システム研究小委員会（341委員会）第2期委員会報告書
- 3) コンクリート工学年次論文集、Vol.38、No.1、2016論文「水セメント比および細骨材率が振動条件下におけるコンクリートの充填性に及ぼす影響」

# 24 品質管理

## 橋梁下部工の新設に伴う仮設土留工と コンクリート工に関する取組み

東京土木施工管理技士会  
奥村組土木興業株式会社

武田 信夫<sup>○</sup> 鈴木 洋行 吉田 和人

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：新名神高速道路  
城陽第二高架橋東（下部工）工事
- (2) 発注者：西日本高速道路株式会社関西支社
- (3) 工事場所：京都府城陽市富野荒見田～小樋尻
- (4) 工期：平成31年2月2日  
～令和3年9月18日
- (5) 工事内容：橋梁下部工：20基（P5～P14）  
鋼管ソイルセメント杭：φ1200



図-1 工事全景

### 2. 現場における問題点

#### 2.1. 仮設計画の施工性と品質確保

当初の仮設計画では、切梁を支える中間杭が底版を貫通した構造であった。そのため、底版主鉄筋を切断して開口を設ける必要や地盤に挿入された状態のH鋼材が底版内部に残置されることにな

るため、中間杭から劣化因子が侵入することによる、コンクリートの耐久性の低下が懸念された。

また、切梁設置間隔が3.9m～6.69mと狭いため、掘削、鉄筋の吊り下ろし、組立てが困難であり、施工性の低下も予想された。

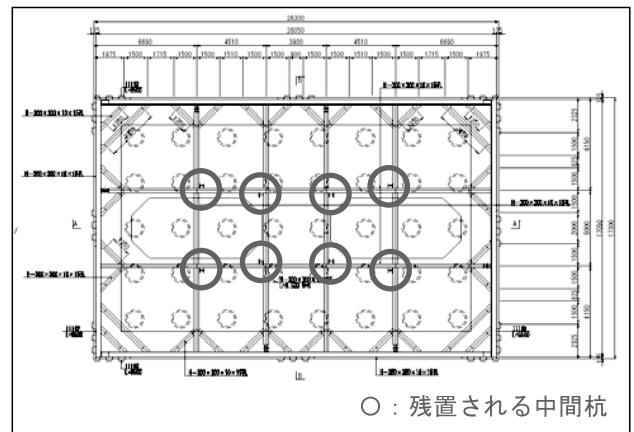


図-2 当初の仮設平面図（P5）

#### 2.2. 盤ぶくれの影響

本工事の施工範囲は地下水位が高く、掘削底下には薄い粘土層（厚さ0.5～0.8m）が存在することから、盤ぶくれの発生が懸念された。当初設計で盤ぶくれに対する安全率は0.2以下と非常に低い結果であったが、掘削完了後に最下段支保工の盛替えで必要となる梁コンクリートを施工することで、盤ぶくれを防止できるとの見解であった。しかし、掘削途中の安全性が考慮されていないことから、掘削時の安定確保が必要となった。

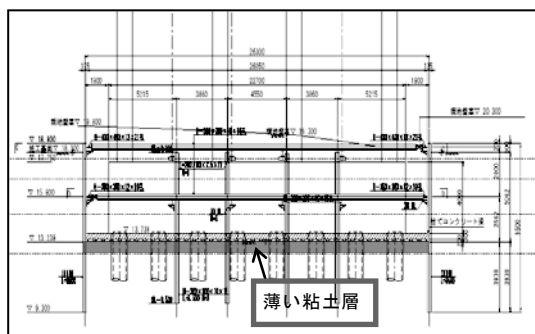


図-3 当初の仮設側面図 (P5)

### 2.3. コンクリートの養生について

本工事では、保温養生として「サーモフィットター (NETIS:KTK-160028-A)」の導入を計画していた。製品の特長は、型枠への脱着や加工が容易であり、保温効果が高く、寒中コンクリートの温度ひび割れ対策として期待がされる。しかし、比較的外気温が高くなる4月～10月は、保温養生によるひび割れ抑制の有効性に疑問があった。

## 3. 工夫・改善点と適用結果

### 3.1. 仮設計画の工夫と適用結果

躯体の品質低下リスクとなる中間杭の撤廃と施工の支障になる支保工の設置間隔の延長が命題であった。そこで、高強度腹起しのヒロセメガビーム (H-800×400 (SM490)) と高強度切梁のヒロセツインビーム (H-390×300×2本 (SM490YA)) 導入した。これらの部材は、応力や変形に対する抵抗性が非常に高いことが特徴である。

高強度腹起し・切梁部材に隅火打ちを追加して、中間杭の撤廃と切梁の削減 (6→1本) を実現した。

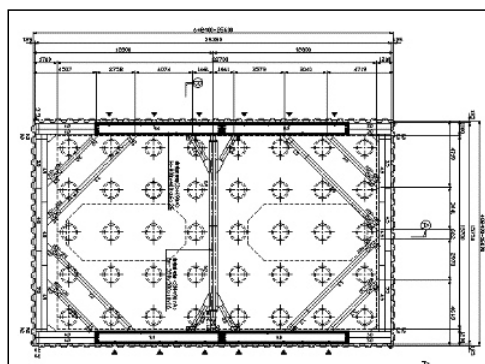


図-4 変更後の仮設平面図 (P5)

### 3.2. 盤ぶくれ対策の工夫と適用結果

盤ぶくれ対策の選定は、施工が国道沿いとなるため、地下水位低下工法と鋼矢板の延伸は、施工時の周辺地盤への影響が懸念されることから不採用とし、地盤改良工とした。

盤ぶくれの検討は、荷重バランス法に、掘削底面下の地盤の「摩擦抵抗」を考慮して再度検討した。この方法は、掘削底面下の地盤の重量に加えて、地盤と基礎杭 (@3.0m) および鋼矢板の周面摩擦力を考慮し、背面水位の揚圧力に抵抗する考え方である。これにより、通常の荷重バランス法で算出される改良深さを4.5mから1.9mに低減できることが判明した。なお、地盤改良工は、一時的に地盤強度を確保することができる「薬液注入工法」を採用した。

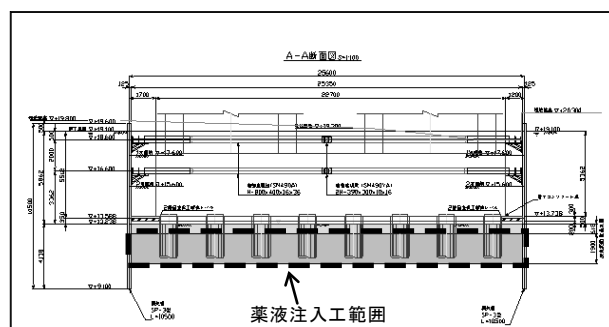


図-5 盤ぶくれ対策イメージ (P5)

薬液注入工の施工後、観測井の水位、土留め壁、掘削底面、周辺地盤および近接する国道の変状は確認されていない。床付け面は、想定どおり粘土層が発現したが、薬液注入工の効果により、堅固な地盤が形成されていた。



図-6 床付け完了状況 (P6)

### 3.3. コンクリートの養生の工夫と適用結果

先行してコンクリート打設を行うP7橋脚で、上下線の底版および柱1ロット目でサーモフィッターの設置の有・無でコンクリート内部の温度計測を実施・比較することにした。温度計測は、躯体中心と躯体側面（表面より10cm内側）とした。



図-7 サーモフィッター設置状況 (P7底版)  
(左：設置無し、右：設置有り)

#### (1) コンクリートの温度計測

コンクリートの配合は、底版がB1-3 (24-8-20N)、柱がA1-3 (30-8-20N) であり、型枠の材質は、底版が合板、柱がメタルフォームである。

表-1 配合表

部材	配合		W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				
					W	C	S	G	E
底版	B1-3	N	59.9	44.0	169	282	786	1037	2,256
柱	A1-3	N	50.0	43.3	168	336	760	1031	2,520

#### 1) 底版の温度計測結果

底版は、中心温度がサーモフィッターの有無に関わらず同様に推移した。一方、側面は、最高温度がサーモフィッター有で5℃程度上昇した。

表-2 底版の温度計測結果

条件	対象	打込み温度	最高温度 (温度上昇量)	最高温度の材齢	温度降下
サーモフィッター無 (下り線)	中心	18℃	60.9℃ (43.2℃)	4日	1.3℃/日
	側面		44.2℃ (26.1℃)	1.5日	2.5℃/日
サーモフィッター有 (上り線)	中心	17℃	58.9℃ (42.1℃)	4日	1.3℃/日
	側面		49.7℃ (32.8℃)	2.5日	1.5℃/日

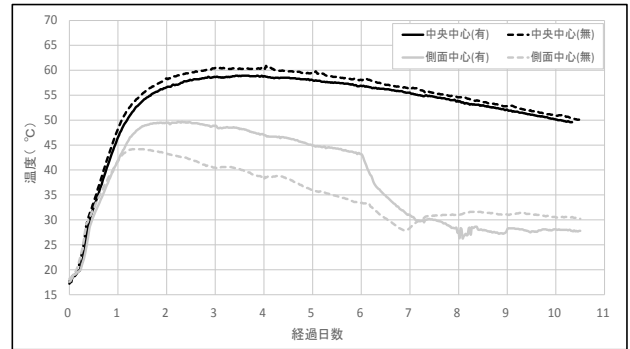


図-8 底版の温度計測結果比較

#### 2) 柱の温度計測結果

柱の中心の最高温度は、サーモフィッターの有無に関わらず同様であったが、温度低下は有の方が緩やかであった。側面は、最高温度がサーモフィッター有が2℃程度上昇した。

表-3 柱の温度計測結果

条件	対象	打込み温度	最高温度 (温度上昇量)	最高温度の材齢	温度降下
サーモフィッター無 (上り線)	中心	21℃	69.2℃ (48.2℃)	3日	4.0℃/日
	長辺		42.8℃ (23.1℃)	1.3日	2.5℃/日
	短辺		40.9℃ (20.5℃)	1.3日	2.5℃/日
サーモフィッター有 (下り線)	中心	19℃	67.8℃ (49.2℃)	3.5日	2.5℃/日
	長辺		44.8℃ (28.7℃)	1.5日	2.0℃/日
	短辺		42.9℃ (26.5℃)	1.5日	2.0℃/日

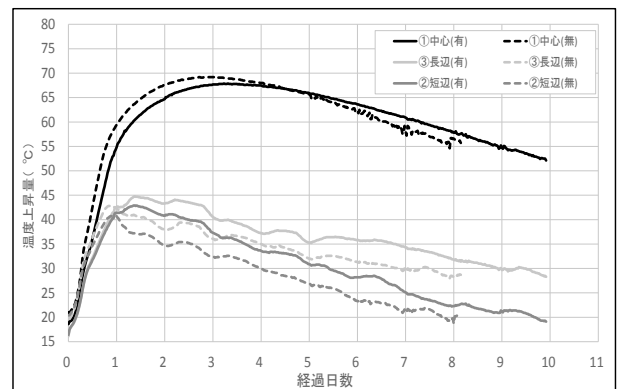


図-9 柱の温度計測結果比較

#### (2) コンクリートの三次元温度応力解析

コンクリートの三次元温度応力解析を用いて、サーモフィッターの効果を検証する。検証は、コ

ンクリート標準示方書に準拠して行う「事前解析」と温度計測結果を用いて解析の入力値を修正した「事後解析」の比較を行った。結果、事後解析の方が全体的なひび割れ指数の改善が確認された。

表-4 解析条件の変更一覧

条件	終局断熱 温度上昇量 $Q_{\infty}$		温度上昇 速度 $r$		境界条件の 熱伝達率 $\eta$	
	事前 解析	事後 解析	事前 解析	事後 解析	事前 解析	事後 解析
底版	無	48.301	1.101	0.98	合板：8	合板：4.5
	有	48.361	1.049		合板+ サーモフィッター：156	合板+ サーモフィッター：18
柱	無	54.575	1.391	1.33	メタルフォーム：14	メタルフォーム：10
	有	54.660	1.284		メタルフォーム+ サーモフィッター：17	メタルフォーム+ サーモフィッター：7

表-6 サーモフィッター設置案と解析結果

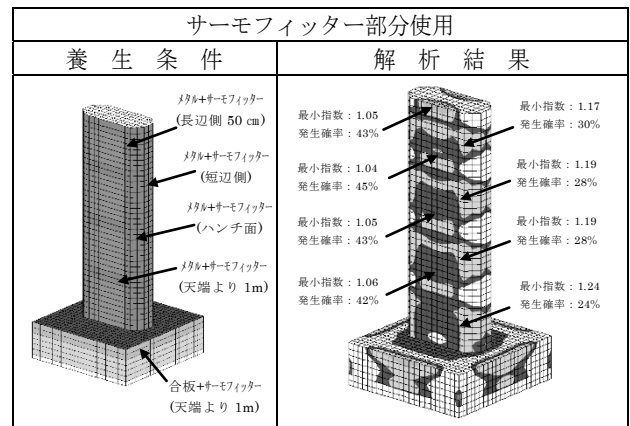


図-10 サーモフィッター設置全景

表-5 解析結果の比較 (上：事前、下：事後)

項目	事前解析	
	サーモフィッター無し	サーモフィッター有り
凡例		
ひび割れ指数	<p>最小指数：0.83 発生確率：79%</p> <p>最小指数：0.82 発生確率：81%</p> <p>最小指数：0.84 発生確率：77%</p> <p>最小指数：0.81 発生確率：82%</p> <p>最小指数：0.85 発生確率：75%</p>	<p>最小指数：1.16 発生確率：31%</p> <p>最小指数：1.10 発生確率：37%</p> <p>最小指数：1.08 発生確率：40%</p> <p>最小指数：1.08 発生確率：40%</p> <p>最小指数：0.94 発生確率：60%</p>
項目	事後解析	
	サーモフィッター無し	サーモフィッター有り
凡例		
ひび割れ指数	<p>最小指数：0.98 発生確率：53%</p> <p>最小指数：0.96 発生確率：57%</p> <p>最小指数：0.99 発生確率：52%</p> <p>最小指数：0.97 発生確率：55%</p> <p>最小指数：1.08 発生確率：40%</p>	<p>最小指数：1.11 発生確率：36%</p> <p>最小指数：1.13 発生確率：34%</p> <p>最小指数：1.14 発生確率：32%</p> <p>最小指数：1.12 発生確率：35%</p> <p>最小指数：1.10 発生確率：37%</p>

また、コンクリートの更なる品質向上を目的として、サーモフィッターの設置範囲を検討した。検討の結果、放熱量が多い隅角部に設置することで、局所的なひび割れ指数の低下を抑制することができ、より有効であることが判明した。

#### 4. おわりに

仮設構造を工夫して中間杭や切梁を削減し、施工空間を広くしたことで、課題であったコンクリートの品質確保および、施工性の低減リスクを回避できた。また、盤ぶくれ対策として、荷重バランス法による安定計算を行う時は、地盤の重量に加え、周面摩擦抵抗力を考慮することで、省力化および工費削減に有効であることが実証された。

合板およびメタルフォームの2種類の型枠を使用することで、サーモフィッターの効果を明確に検証することができた。合板に用いた場合、保温効果はが高くなるが、脱枠時の急激な温度低下により、ひび割れ発生確率が高くなる傾向の結果を得た。熱伝導率が高いメタルフォームは、サーモフィッターによって適度に保温され、ひび割れ抑制に有効であった。また、ひび割れ発生確率が高い隅角部のみに使用することで、局所的な指数の改善が確認できた。

この報告が、他の模範事例となれば幸いである。

# 25 品質管理

## 雪崩予防柵工における 各種アンカーの品質確保の取り組み

長野県土木施工管理技士会  
北陽建設株式会社

小林 信敬<sup>○</sup> 降幡 克美

### 1. はじめに

本工事の施工箇所である北安曇郡小谷村下里瀬地区は、1級河川姫川の西側斜面に位置し、下方には国道148号が通っている。施工対象斜面下端には、老人福祉施設、民家のほか、診療所、温泉施設等があり複数の公共施設が集中した地域住民の生活を支える主要な集落となっている。

この地区一帯は、日本でも有数の豪雪地帯であり、過去に表層雪崩がたびたび発生している。また、平成24年、平成25年には大規模な全層雪崩も発生していることから、地域住民の要望により雪崩対策工事を進めている。(図-1)

#### 工事概要

- (1) 工事名：令和元年度 防災安全交付金  
(総合流域防災) 雪崩対策工事
- (2) 発注者：長野県 姫川砂防事務所
- (3) 工事場所：長野県北安曇郡小谷村下里瀬
- (4) 工期：令和元年9月30日～  
令和2年9月23日
- (5) 主な内容  
雪崩予防柵工 (斜面設置型雪崩予防柵)
  - ・施工段数 N=5段
  - ・設置延長  $\Sigma L=138.9\text{m}$
  - ・柵高 H=3.15m



図-1 雪崩予防柵組立状況 (スノーネット)

本工事で雪崩予防柵として施工するスノーネットは、ワイヤーロープでメッシュ状に形成されたフレキシブルな受圧面を持つ構造となっており、斜面凹凸や急斜面への適用が可能である。また、各部材が比較的軽量なこともあり、斜面での施工性が非常に高い工法となっている。

そして重要になるのが、各部材を支持するために施工する各種アンカーの品質確保にある。アンカー施工後の引き抜けや配置等の不具合は、雪崩予防柵としてのスノーネットの全体構造を左右する。そこで、本工事では、各種アンカー工の品質を確保するために、アンカー引抜耐力の確保および支柱用アンカーの施工精度を改善する方法を検討して実施した。

## 2. 現場における問題点

### ① アンカー引抜耐力の確保

スノーネット支柱の控えとなる山側および端末アンカーの土質内訳として、表層部弱層の表土および崖錐堆積物層と支持層にあたる凝灰角礫岩にて設計されていた。その際に、非定着部にあたる表層部弱層が設計より厚い場合、設計アンカー長にて施工すると支持層（定着部）への挿入長不足によりアンカー引抜耐力が確保できないおそれがあった。そこで、表層弱層部の層厚確認が必要であった。（図-2）

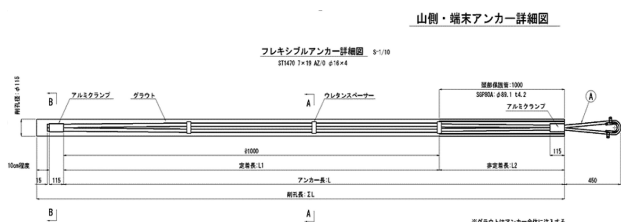


図-2 山側・端末アンカー構造図

### ② 支柱基部アンカーの施工精度

スノーネットの支柱基部には、支柱固定用アンカー（φ28.5 L=1,000）を削孔、挿入およびセメントミルク注入後に支柱基部プレートと連結して支柱の建込を行う。そのため、支柱固定用アンカーの削孔角度や配置次第により、支柱建込時の出来形に影響がでることから、削孔精度を確保する対策が必要であると考えられた。

## 3. 工夫・改善点と適用結果

### ① アンカー引抜耐力の確保

山側および端末アンカーの表層弱層部の層厚確認を行うために、簡易的な貫入確認により層厚の確認を行いアンカー長の検討を行った。

確認方法としては、路肩明示用に用いるロープスティックを石頭ハンマーで打ち込むという簡単な方法である。手での打ち込みで貫入してしまう地山状態であれば、表層弱層部の内でも表土として評価し、定着層として不相当であると判断することとした。（図-3）



図-3 ロープスティックによる表層厚確認

### イ) 表層厚の確認結果

スノーネットの現地配置完了後に、山側および端末アンカー施工箇所にあたる全55箇所において、ロープスティックを用いた貫入量による簡易な表土厚さの確認を行った。その結果、貫入量として約0.3m～1.0mと測定結果にはバラつきがあったものの、設計時に見込んでいた0.15m～0.4m程度の層厚よりも厚い箇所が多く確認され、表土部より奥に崖錐堆積物が存在していると想定すると、支持層にあたる凝灰角礫岩への挿入長不足が懸念された。（表-1）

表-1 簡易貫入方法による表土厚測定結果

	a-3 1段目		a-3 2段目		a-3 3段目		a-3 4段目		a-3 5段目		備 考
	残尺	表土厚	残尺	表土厚	残尺	表土厚	残尺	表土厚	残尺	表土厚	
S-R	0.70	0.30	0.50	0.50	測定不可	—	測定不可	—	測定不可	—	
Y-1	0.45	0.55	0.20	0.80	0.10	0.90	0.40	0.60	0.00	1.00	
Y-2	0.30	0.70	0.40	0.60	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	
Y-3	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	
Y-4	0.00	1.00	0.00	1.00	0.10	0.90	0.00	1.00	0.00	1.00	
Y-5	0.00	1.00	0.30	0.70	0.00	1.00	0.60	0.40	0.00	1.00	
Y-6	0.00	1.00	0.50	0.50	0.15	0.85	0.60	0.45	0.00	1.00	
Y-7	—	—	0.10	0.90	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	
Y-8	—	—	0.30	0.70	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	
Y-9	—	—	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.30	0.70	
Y-10	—	—	—	—	0.00	1.00	0.00	1.00	—	—	
S-L	0.15	0.85	0.00	1.00	0.00	1.00	0.30	0.70	0.70	0.30	

そこで、表層弱層部にあたるアンカー非定着長を当初設計の1.0mから2.0mに伸ばし、アンカー長としては、当初の定着長L=3.0m（定着長2.0m+非定着長1.0m）からL=4.0m（定着長2.0m+非定着長2.0m）に変更して施工することとした。

ロ) 山側・端部アンカー施工状況

アンカー本施工時において、表層弱層部の非定着長の変更内容を評価するため、削孔時の排出スライムを採取して土質確認を行った。その結果、表層弱層部の厚さは、1.0m以上になる箇所も確認された。(図-4)

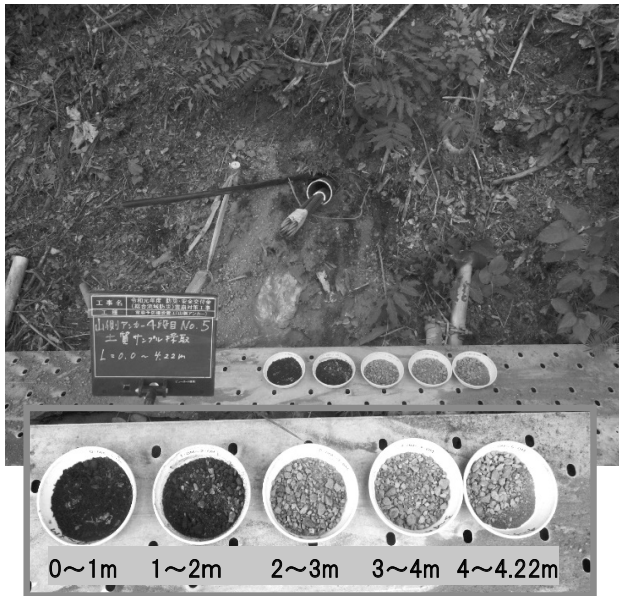


図-4 アンカー施工時の排出スライム

そして、アンカー引抜耐力の確認として、確認試験を実施した。設計荷重としては、山側アンカーが177.8 kN、端部アンカーが156.5 kNであったが、全施工箇所を確認試験を行い、異常な変位や荷重低下も見られず、アンカー施工の適正が確認された。(図-5)



図-5 アンカー確認試験

ハ) 適用結果

アンカー引抜耐力の確保を目的とした表層弱層部厚の確認では、確認用に用いた器具は、手に入りやすく簡単な物であったものの、アンカー削孔時のスライム状況やアンカー確認試験結果から見ても非常に有効であった。

また、通常ではアンカー工施工前の土質確認としては、チェックボーリングの実施等が考えられるが、実施箇所や実施数量等は限られてしまう。しかし、今回用いた簡易貫入確認器具は、取扱いが容易であったこともあり、アンカー全施工箇所でも表層部の厚さ確認を実施できた。特に、スノーフェンスにおいては、全てのアンカーが引抜耐力を有していることが重要であることから、短尺アンカー施工時における土質評価方法の一つとして有効であると考えられる。

② 支柱基部アンカーの施工精度

支柱固定用アンカーの削孔時には、アンカー材が短いこともあり、レッグハンマ(削岩機)を使用して施工するケースが多い。しかし、根株や転石等の地山状況により、人力削孔では孔曲がりや孔口の変位等が発生し、支柱固定用アンカーの施工精度が確保できないおそれがある。そこで、削孔方法の変更とアンカー配置誤差抑制のためのテンプレートを作成することとした。

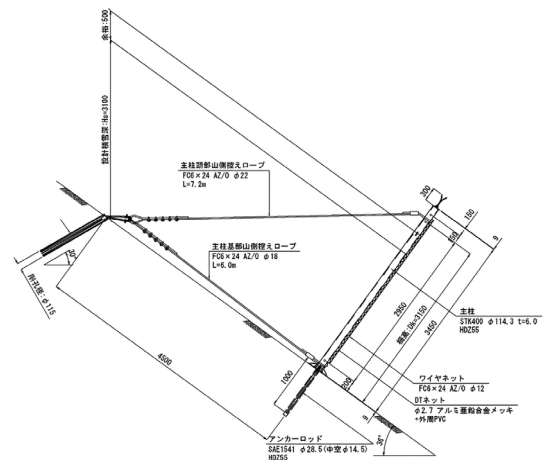


図-6 スノーネット構造図

※『アンカーロード』が支柱固定用アンカー



#### イ) 削孔方法の変更

支柱固定用アンカーの削孔精度確保のために、人力の削岩機削孔から軽量空圧式ドリフターに変更して削孔することとした。

軽量なこともあり、作業用足場上での移動や機械セットも人力で行え、削孔中は単管パイプでの固定により機械本体を人力で支える必要がなくなった。(図-7)

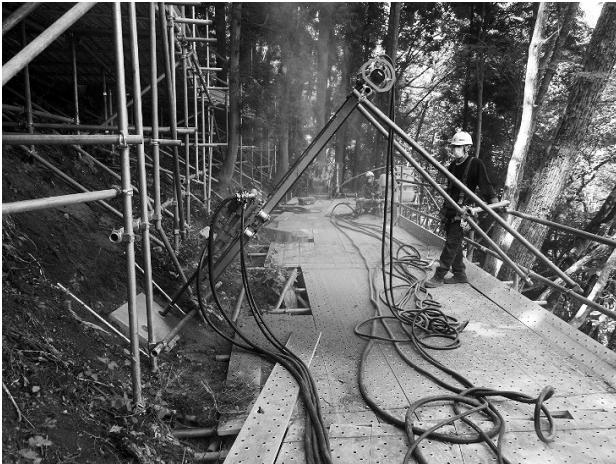


図-7 計量空圧式ドリフター 削孔

#### ロ) 支柱固定用アンカーの配置精度確保

支柱固定用アンカーの配置精度確保のために、位置固定用のテンプレートを製作した。削孔完了後に、アンカー材の挿入、セメントミルク注入が完了したアンカー頭部をテンプレートに固定した。注入材の硬化後は、アンカー材が所定位置に固定され、支柱基部プレートの設置もスムーズに行えた。(図-8、9)



図-8 アンカー固定用テンプレート設置



図-9 支柱基部プレート設置

#### ハ) 適用結果

支柱固定用アンカーの削孔方法の変更では、人力の削岩機削孔から軽量空圧式ドリフターに変更することで、削孔角度や孔曲がり等の削孔精度の確保が確認された。更に、削孔時にかかる身体的負荷低減や振動障害の予防につながり、作業従事者の健康障害のリスク低減にもつながった。

また、配置精度確保のために製作したテンプレートは、コンパネを加工しただけの簡単な物であったが、支柱基部プレート設置や支柱建込において非常に有効であった。

## 4. おわりに

今回のスノーネットタイプの雪崩予防柵では、各種アンカーの品質確保が重要であり、簡易な方法ではあったが、弱層表層厚の評価や削孔方法の工夫により、全アンカーの品質が確保された。

現在、生産性や安全性向上に繋がるICT等の積極的活用が進められているが、小規模や山間地等での現場条件から活用困難な場所も多い。本論文での品質確保の取り組みのように、簡易ながらも非常に有効な方法もあり、今後も現場に適した品質確保方法を模索していきたいと考えている。

最後となりますが、本工事の施工にあたり、工事関係者の皆様の御協力の元に無事故での工事完成に、深く感謝申し上げます。

# 26 品質管理

## 覆砂工事における覆砂厚さ確保の対策と工夫

福岡県土木施工管理技士会

川本建設工業株式会社

現場代理人

高本 信之<sup>○</sup>

監理技術者

鳥羽 勇二郎

九州総合建設株式会社

主任技術者

江口 直和

### 1. はじめに

本工事は、九州北西部に位置し、福岡県・佐賀県・長崎県・熊本県の4県に囲まれ、面積約1,700 km<sup>2</sup>を有する、かつては豊穡な海と呼ばれ、日本でも有数の生産性の高い内湾であった有明海が、近年の陸域の開発や発展に伴い、海洋環境の悪化が顕著で有ることから、海域の海底に覆砂を施工し、海域の底質を改善する事によって、海域周辺の漁業生産力を高める工事である。

今回の工事の中で重要な覆砂の厚さ確保の為に講じた技術提案・技術応用・創意工夫等について報告する。

#### 工事概要

- (1) 工事名：覆砂工事37第2工区
- (2) 発注者：福岡県農林水産部水産局
- (3) 工事場所：福岡県有明地区有明海
- (4) 工期：平成30年5月2日～  
平成30年8月31日

### 2. 現場における問題点

覆砂工事に於いては工事の特性上、大量の海砂を投入する為、数か所の海域の海砂を使用しなくてはならない。該当する数か所の海砂は産地別に砂の性質が異なるので、実際砂を投入してからの砂の体積変化率に懐疑的な面が生じた。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

始めに、設計覆砂厚350mmを確保する為に、産地別の海砂の変化率を調べた。

今回、投入する海砂の産地は以下の通りである。

- (1) 福岡県北九州市小倉北区白島沖
- (2) 福岡県北九州市小倉北区白島西沖
- (3) 福岡県北九州市若松区岩屋沖
- (4) 福岡県遠賀郡芦屋町柏原沖
- (5) 佐賀県唐津市呼子町小川島沖
- (6) 長崎県壱岐市芦辺町魚釣崎沖

#### 試験-1

- ① 3個のメスシリンダーに加水前に各産地の海砂をH=420mm（弊社前回工事データを参考）投入する。（図-1）
- ② 現場海域の海水を採水し、3個のメスシリンダーに加水し、攪拌棒で下部まで浸透する様に丁寧に攪拌する。
- ③ 攪拌後、攪拌によって乱れた海砂の沈下を待って3個のメスシリンダーを測定し、平均変化率を求める。（図-2）



図-1



図-2

各産地の海砂の体積変化率は、表-1に記載する。

表-1 (単位 mm)

海砂産地	加水前砂厚検測値	加水後-1	加水後-2	加水後-3	加水後平均砂厚
①小倉北区白島沖	420	370	360	365	365
②小倉北区白島西沖	420	355	350	355	353
③若松区岩屋沖	420	350	355	355	353
④遠賀郡芦屋町柏原沖	420	350	360	360	356
⑤唐津市呼子町小川島沖	420	360	360	350	356
⑥岩崎市芦辺町魚釣崎沖	420	355	365	360	360
					357

表-1より、最小H=350mm・最大H=370mm・平均H=357mmとの結果が得られた。

試験-1の結果を踏まえ、砂撒き出し厚をH=420mmとしたが、今回は一歩進んで海中に砂撒き後の海砂の変化状態を確認する事も課題とした。

有明海は浮泥の関係もあり、海砂投入後の水中カメラでの観察には限界があるので、試験-2を実施した。試験-2の方法は下記に記載する。

試験-2

- ①現場の自然環境により近づける為に、工事期間中有明海に停泊する砂撒き船内の、雨水に晒される場所を選んで、全面透明型枠(W=900×L=1800×H=1500)を設置した。(図-3)



図-3 透明型枠全景

- ②全面透明型枠内の最下層に現場で採取した渦層

H=500mm・中間層に産地砂(北九州市小倉北区白島西沖)をH=420mm入れ、最上層に現場内で採水した海水(H=400mm)を投入した。

- ③全面透明型枠を目視確認し、渦層・産地砂の覆砂厚に変化が見られない状態になるまで調査を続けた。
- ④2週間程度で渦層・覆砂厚共に変化が見られなくなった為、全面透明型枠外面から読み取れる各層毎の寸法の検測確認を行った。(図-4)



図-4

各層の厚さの検測結果は表-2に記載する。

表-2 (単位 mm)

	試験前	試験後	差異
渦層	500	470	-30
海砂層	420	360	-60
海水層	400	340	-60

- ⑤全面透明型枠外面からの寸法検測後、コア採取機にて全面透明型枠内部から3個の供試体を抜き取り、それぞれの形状を記録した。(図-5・図-6)



図-5 コア採取状況



図-6 抜き取りコア厚確認

全面透明型枠の内部から抜き取った3個の供試体の覆砂厚さの結果は表-3に記載する。

表-3

供試体番号	当初投入砂厚さ	抜き取り砂厚さ
①	420	355
②	420	360
③	420	355
		356

今回の2種類の試験結果では、産地（北九州市小倉北区白島西沖）の比較ではあるが、試験-1ではH=353mm、試験-2ではH=356mmと言う結果を得る事が出来た。

2種類の試験結果を参考に今回の砂撒き出し厚さをH=420mm（何れの試験結果も覆砂設計厚さH=350mmを下回らない為）で最終確定した。

海砂の体積変化率は確定したが、如何に結果を活用し、覆砂厚さの確保を効率良く正確に施工するか？ 当現場での施工方法を数例紹介したい。

①ナローマルチビームを使用しての深浅測量

過去論文にもナローマルチビームを扱った紹介があるので詳細は省略するが、当現場では直下1点に音響ビームを発射する為に、調査船を何往復もしながら測深データを収集するシングルビームでは、作業量や作業時間に潮の干満差が大きい有明海では制限が有る為、音響ビームを扇状に発射し、短時間で広範囲かつ高密度の測深データを収集出来るナローマルチビームで深浅測量をした。

ナローマルチビームでの深浅測量は覆砂投入前に1回、海砂投入し不陸均し後の計2回実施した。（図-7）

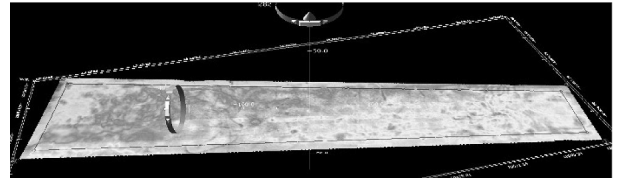
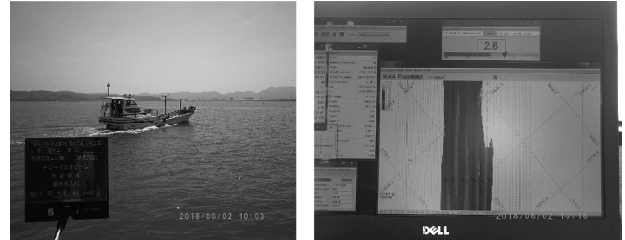


図-7 ナローマルチビーム測量状況と3D地形図

覆砂投入前のナローマルチビーム深浅測量の結果で施工現場の海底地形を把握出来た事により、ピンポイントでの覆砂厚の確認が可能になった。

②海砂投入時の工夫

1、海砂投入時は潮位を確認し、投入箇所の底質攪乱に十分注意して、砂投入船はGPS（クレーン先端部に搭載）にて位置を確認し、1日施工量が700m<sup>3</sup>程度で有る為、1ブロック40m×40m=1600m<sup>2</sup>の区画割りを実施した。（図-8）

2、覆砂厚の均等な出来形確保の為に、クレーンバケットでの海砂投入時の散乱防止対策として、バケットの開閉高さを水面下まで下げ、海中で一箇所に集中し、堆積して山にならない様に開閉幅を狭くして扇状に投入した。（図-9）

3、覆砂投入作業後、覆砂厚確認の為、潜水士によりコア抜き取りを実施した。

測定頻度は、1ブロック40m×40m=1600m<sup>2</sup>に対して、緊密に測定する為に9箇所とした。（図-10）

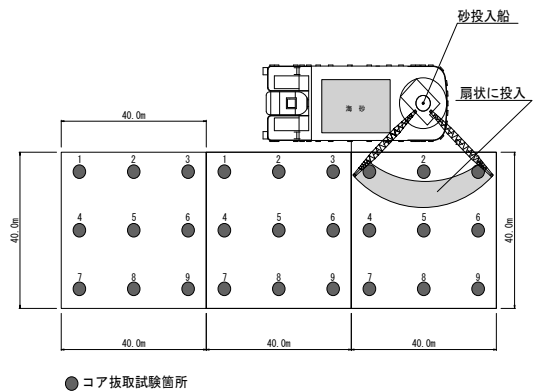


図-8 ブロック割り・コア抜き平面図



図-9 海砂投入状況 図-10 投入後コア厚確認

### ③海砂敷き均し時の工夫

1. 抜き取りコア厚の結果に基づき、投入覆砂厚の平均化の為、不陸均しを施工した。

不陸均しの方法は、旋回式起重機船に鋼製均し機（全長12.0m・均し機重量10.0t）を取付け、それを曳船で航行し、区域全体を均一に3回不陸均しした。（図-11）尚、不陸均し時、均し漏れがないように不陸均し船のクレーン先端部にGPSを設置し、不陸均し計画路線データを入力したモニター画面と、均し箇所の航跡を確認しながら均し重ね幅を2.00m以上取って不陸均しを行った。

2. 均し機前方を曳航する曳船にGPS測深器を搭載し、現況地盤状況をクレーンオペレーター室にリアルタイムで転送し、地盤状況を直接確認しながら均し機の上下を調整することにより、地盤状況に即した不陸均しを行い、均一な覆砂厚を確保できた。（図-12）



図-11 鋼製均し機

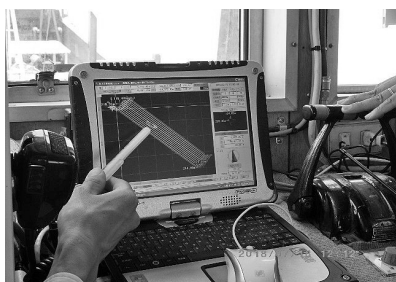


図-12 GPSによる不陸均し

### ④海砂覆砂厚の最終確認

覆砂厚の確認方法については、不陸均し後ローマルチビームでの深淺測量と抜き取りコア採取厚の2通りで厚さの確認を行った。

海砂投入面積 $A=56,530\text{m}^2$ に対して180箇所を測定し得られた覆砂厚さの平均値は、設計厚さ350mmに対して+30mmの380mmであった。

又、個々の覆砂厚さに対しても、上限規格値である+200mm・下限規格値である-100mm内を満足すると同時に、社内規格値である上限規格値+160mm・下限規格値-80mmを下回る良好な結果が得られた。

## 4. おわりに

本工事が最終検査で優秀な成績を収められたのは、既存のデータ（海砂変化率等）を元に工事を進めただけでなく、先人が残したデータを疑いの目から始めた事だと思っている。

確かに費用や人員等の初期投資費用は高くなるが、本工事に携わった全従事者の方達が、今までは砂採取船から砂撒き船に砂を積替え、海砂投入区域に砂を撒くと言う作業から、透明型枠等を砂撒き船内に配置した事等により、海生生物（アサリ等）の生態を知ることと同時に本工事の目的である、海洋環境の悪化を防ぎ、海域の底質改善を図り海生生物に住みやすい環境を構築する、意義ある仕事と理解し【私達が海生生物の生息域を守る】と目的の明確化と誇りを持った事が、最終的に本工事を安全かつ正確に完工出来たと思っている。

最後になるが、現時点での有明海は、「豊穡な海と呼ばれ、日本でも有数の生産性の高い内湾」であった有明海にはまだまだ遠いと言わざるを得ない。現代の環境や発展を考えれば、元に戻すのは難しいと言えるが、少しでも元来の姿に近づく様に、私達も微力ではあるが、応援出来る方面より技術提案・技術応用・創意工夫を再考し、行動を起こし【豊穡な海】となる様に切望し論文を締めたい。

# 27 安全管理

## 超高圧送電線の近接箇所における 道路橋新設工事の安全管理について

(一社) 北海道土木施工管理技士会  
北土建設株式会社  
現場代理人  
初田 雄介

### 1. はじめに

本工事は、札幌圏都市計画に基づく道路新設事業の内、札幌市内を流れて石狩湾に注ぐ『石狩川水系 屯田川』に架かる幹線道路の道路橋新設工事である。

本橋梁設計条件は、橋長：20.800m、幅員：33.000m、基礎工形式：鋼管杭中掘工法（φ600、L=27.5m・18本、L=29.0m・14本）、下部工形式：逆T式橋台、上部工形式：プレテンション式単純PC中空床版桁であった。

事業の目的は、将来交通の変化予測から、路線バスや鉄道等の公共交通の減少が大きい一方、自動車利用の減少率が小さい札幌圏の自動車依存の高まりに対する道路交通円滑化が主たる目的である。また、積雪による道路状況の悪化により発生する冬期間の著しい交通渋滞を解決することが、地域特有の目的として挙げられる。

本工事においては、「周辺地域住民の安全・安心」及び、「確実なライフライン事故防止のための効果的な安全対策とその自発的な取り組み」が求められていた。ここでは私が現場業務で実施した取り組みを紹介する。

#### 工事概要

- (1) 工事名：社会資本整備総合交付金事業  
3・2・616 屯田・茨戸通 仮称  
屯田川橋新設工事

- (2) 発注者：札幌市建設局  
(3) 工事場所：札幌市北区屯田町地先  
(4) 工期：平成31年 4月8日～  
令和2年 3月23日

### 2. 現場における課題・問題点

#### (1) 課題

施工箇所は、187,000Vの超高圧架空送電線下に位置していた。そのため、送電線管理者により作業禁止範囲（図-1）が定められており、その空頭制限下で一連の施工を行うことが本工事における課題であった。

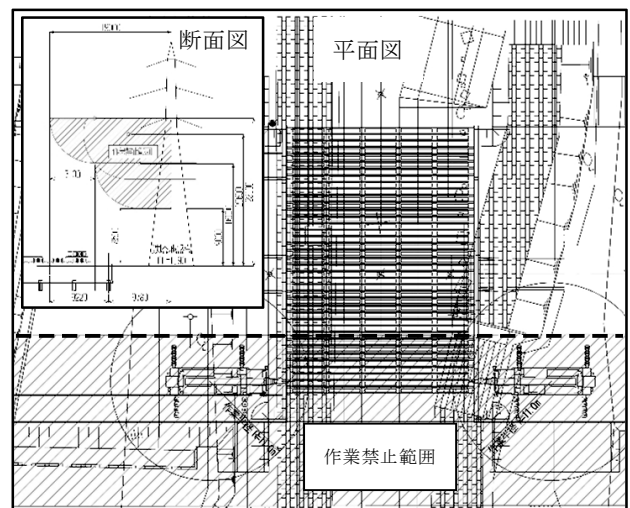


図-1 作業禁止範囲の概略平面図

橋梁新設工事では、基礎杭の施工をはじめ、下部工、上部工まで一連の工程において大型クレーンを使用することとなる。

上空に架かる送電線は札幌圏の広範囲にわたる電力を供給しており、これらの作業において一度事故が発生すれば、作業従事者の感電災害や広範囲にわたる大規模停電など、社会に大きな影響を及ぼすこととなるため、原点に立ち返ったリスク管理を行う必要がある。

## (2) 問題点

送電線管理者が指定した作業禁止範囲は、電線の弛度や振れ角度から、その安全離隔距離を電線から半径7.0m以上と定めていた。

送電線は全部で6系統3段架線されており、施工時の作業範囲が階段状の空間となることから、現地に作業限界線を明示することは困難な状況であった。

しかしながら単純に作業可能な地上高を指示するような安全管理では、クレーンオペレータのヒューマンエラー（人的過誤）や「これくらいなら大丈夫だろう」等、人の行動にかかる様々なバイアスが起因する事故を完全に防ぐことができない。

そこで私は作業可能な空間を『見える化』することで、事故発生リスクを低減し、実際に作業を行う従事者の精神的負担を軽減することを目的とする対応策の検討を行った。

## 3. 工夫・改善点と適用結果

### 3-1. 工法の検証

まず施工計画段階において、送配電線影響下での作業を回避することのできない「鋼管杭」及び「PC桁架設」の主要工種について、当初設計と実際の現場施工条件の検証を行った。

#### (1) 鋼管杭

当初設計段階から送電線が影響する範囲では、三点杭打機を使用する従来工法（図-2）で施工を行うことができないため、空頭制限内で施工が可能な工法が選定されていた。

従来工法で施工可能な部分とそうでない部分に工区別けを行い、後者においては空頭制限内で施

工を行うことのできる特殊工法『SPACE21工法』（図-3）が採用されており、現場照査において実際に施工可能であることを確認した。

本工法は、特殊杭打機を使用して掘削水を吐出しながら杭体を所定の深度まで回転圧入する工法である。当該工法で使用する特殊杭打機本体の高さは2.5m程度であり、残りのクリアランス内で継足し施工を行う単杭の長さを調整することで施工が可能である。



図-2 鋼管杭従来工法

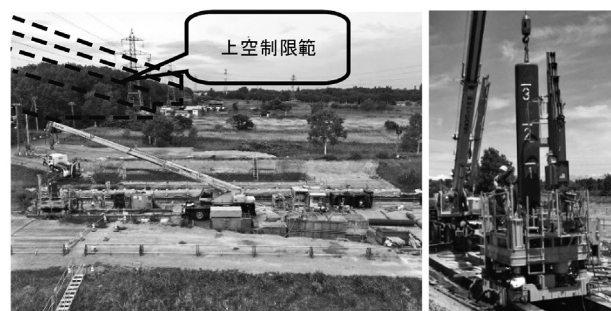


図-3 鋼管杭特殊工法『SPACE21工法』

#### (2) PC桁架設

鋼管杭の施工と同様に、禁止範囲の直下における橋桁の架設は、その限られた空間内で安全に架設できる方法を検討した。

本橋梁は、幅員33mに対し43本の橋桁を設置するため、橋桁の運搬経路、取り卸しや仮置きヤード、設置までの一連作業を考慮し3つのステップに分けて計画・検討を行った。

#### ・ステップ1（図-4）

送電線に影響のない36本の主桁を220t吊トラッククレーンでA2橋台背面から設置する。



図-4 架設状況 ステップ1

・ステップ2

送電線に影響する残りの7本をステップ1で架設した主桁上に仮置きする。

・ステップ3 (図-5)

ステップ2で仮置きした主桁を、A1・A2橋台背面に設置した70t吊ラフテレーンクレーンで相吊りをして、設置位置まで横移動させ架設を行う。



図-5 架設状況 ステップ3

### 3-2. 対応策の検討

工法検証により、実現可能な施工方法は確立したが、クレーンの操作ミス等によるリスクはまだ残る。

クレーンの高さ管理がリスク低減のボトルネックとなり、対応策として2つの案を検討した。

・対策案(1)

クレーンのブーム先端に上空制限高と同じ長さのロープを取付け、地上からロープの先端が離れることが無いように監視し作業を行う。

この方法は、単純明快でオペレータはもとよ

り、周りにいる誰もが認知可能な対策である。

しかし、実際に作業を行う上では、吊荷や周辺資機材と高さ監視ロープの干渉や、鋼管杭継足溶接作業時の火災発生等、他のリスク発生が懸念される。

・対策案(2)

GNSS (全球測位衛星システム) を使用した『クレーン高さ制御管理システム』の構築と活用。

本システムは3次元で構築した現場情報に、GNSSにより取得したクレーンブーム先端の位置情報を連動させ、作業禁止範囲に対する位置と高さを制御するものである。この方法では、リアルタイムで誰もが視覚的に監視することができるため、リスク低減に有効な対策案であるが前述した対策案(1)より費用が格段に増大する。

### 3-3. 対応策の実施

折損事故防止の対応策として、施工性や安全性、経済性及び社会への影響を総合的に判断した結果、実際に作業する人が容易に危険を察知することができ、オペレータの技量に任せるだけでなく現場関係者全員で災害防止に取り組むことのできる「対策案(2)」を採用することとした。

『クレーン高さ制御管理システム』を現場で活用することを実現するため、情報通信機器メーカーの協力を得て現場条件に適合するシステム構築を実施した。

本システムは、作業禁止範囲に最も接近するクレーンブームの先端に取り付けた高精度なRTK-GNSS受信器 (図-6) と、システム内に構築した3次元現場データを連動させ、制限範囲までのクリアランスをモニターに表示するものである。

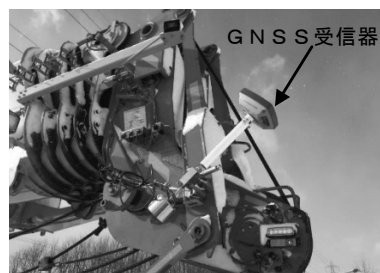


図-6 GNSS受信器

主な特徴としては、高さ・位置の精度が2cm以内であり、現場の図面データをインプットすることで



施工目標位置と制限範囲、現在位置をリアルタイム表示し、クレーン操作室に搭載したPCモニター（図-7）で『見える化』が可能となる。また、水平・垂直に対するクリアランス設定値に近づくと段階的に音声や画像で警報を発生させることができる。



図-7 操作室搭載PC

さらには画像共有アプリを使用することで、操作室PCモニター画像を遠隔にて共有することができるため、管理者や監督者との同時管理が可能となる。（図-8）



図-8 スマートフォンによる画像共有

#### 3-4. 対応策の実施

制限された作業空間において施工可能な工法を選定し、『クレーン高さ制御管理システム』を活用して橋梁新設工事を実施した結果、予定工期内に無事故・無災害で工事を終えることができた。（図-9）

本システムを採用することで、上空の作業禁止範囲への侵入防止に対する不確実性や曖昧さを排除することができ、施工中の安全管理に対して送電線管理者や発注者からの信頼を得ることができ、活用効果を実感した。

そして何より対策効果を感じたのは、実際にクレーンを操作するオペレータから「同種の工事で是非また活用したい」、「安心して操作に集中できる」等の声を聞くことができ、そのような人たちの精神的負担を軽減することができたことである。



図-9 しゅん功写真

#### 4. おわりに

少子高齢化が進み退職世代が急増する現代で、労働人口の減少に加えて、建設業は他産業より高齢者従事率が高いため、熟練技能者が有する貴重な技術や技能が衰退する可能性が高い。このような状況下において、我々は若手教育等の人的資源開発を戦略的に進めると同時に、本論文で紹介したような有用な技術を組み合わせて建設業の生産性向上に努めるべきであると考えます。

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

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

# 28 安全管理

## 河道掘削その5 工事の創意工夫について

新潟県土木施工管理技士会  
株式会社 加賀田組

平田 順 弥

### 1. はじめに

本工事は、平成23年7月に発生した新潟・福島豪雨により信濃川流域の河川が増水し危険な状態となったことから、信濃川下流域の安全な流下を図るため、高水敷の掘削を行い流下断面を確保する工事である。本論文は、当工事における創意工夫の取り組みについて報告するものである。

#### 工事概要

- (1) 工 事 名：信濃川下流  
栗林地区河道掘削その5 工事
- (2) 発 注 者：北陸地方整備局  
信濃川下流河川事務所
- (3) 工事場所：新潟県三条市栗林地先
- (4) 工 期：平成31年4月26日 から  
令和2年3月26日 まで
- (5) 主な工事内容

河道掘削工事	施工延長 L=300m
河川土工	1 式
・河道掘削工	1 式
掘削 (ICT)	38,300m <sup>3</sup>
掘削 (ICT水中)	23,200m <sup>3</sup>
掘削 (陸上)	20,300m <sup>3</sup>
掘削 (水中)	5,700m <sup>3</sup>
・残土処理工	1 式
土砂等運搬	87,500m <sup>3</sup>
地盤改良工	1 式
・自走式土質改良工	1 式
仮設工	1 式

### 2. 創意工夫について

本工事は、約9万m<sup>3</sup>の河道掘削と一般公道を利用しての土砂運搬がメイン作業である。また、工事区域に隣接して占用地の田畑と農耕車が出入りする周辺環境で、工事用道路は農耕用道路の一部を兼用する現場条件である。

工事用道路は毎日50台以上の大型ダンプが往来することから、農耕関係者や地域住民への配慮と理解を得ることが重要であった。また、土砂運搬先は10箇所以上の広範囲に及ぶことから、土砂運搬時における交通安全管理・運行管理、さらに作業環境の整備、環境保全も重点的に行う必要があった。

#### (1) 周辺農耕者・地域住民への配慮と

##### コミュニケーション

- 1) 事業内容の周知目的として、工事説明会の開催や工事連絡会で毎月かわら版を周辺地域の皆様250軒に配布して、工事内容や進捗状況を周知した。また、小学校付近の集いの広場（無料休憩所）に事業説明看板の設置を行った。さらに一般の方に見やすい道路沿いにイメージアップ看板を設置した。(図-1)



図-1 事業説明看板とイメージアップ看板

2) 工事車両出入口は農耕車と共有するので、工事車両が農耕車通行の妨げにならないよう交通誘導員を2名配置し農耕車優先で誘導を行った。また、タイヤに付着した土砂で道路を汚さないよう湿式タイヤ洗浄装置に加え、散水施設を設置して洗浄効果の強化を図った。耕作物のキャベツ等の生育に配慮して、散水車を常時配置して粉塵対策の散水を行い配慮に努めた。(図-2)



図-2 湿式タイヤ洗浄装置と散水状況

3) 地域とのコミュニケーションとして上林小学校付近に集いの広場を設けて、事業説明やかかわら版を掲示して工事内容や進捗を周知し、あずまやも設置してホット一休みに使って頂いた。周辺の景観美化や防犯対策の一環でイルミネーションを行い、地域住民の方々に憩いの場を提供した。また、地域イベントの上林っ子夏祭りに参加し、水風船すくいやお菓子取り等を通じて、地域住民の方々とコミュニケーションを深めることができた。地域のイベントに多数参加したことにより、上林ひまわりコミュニティ21より感謝状を授与されました。(図-3、4)



図-3 集いの広場とイルミネーション



図-4 上林っ子夏祭り

(2) 自然環境影響への施工方法の工夫

1) 水中部掘削作業による河川への濁水影響

を軽減するため、水中へのバケット投入回数をより効率的に低減させる目的で、マシンコントロールバックホウ(ICT)に変更し、水中掘削範囲の低減策として河辺部を残した内側先行掘削方法を採用した。さらに、河辺部掘削時は下流側に汚濁防止フェンスを設置して濁水の流出を抑制した。また、ネットワークによるカメラ及び水位計を設置し、河川水位や施工状況等のリアルタイムな把握に活用した。(図-5)



図-5 マシンコントロールバックホウと汚濁防止フェンス

2) 土砂運搬時のCO<sub>2</sub>排出量を抑制するため毎月1回トラックスケールによる車両総重量を確認して積込みバケット回数を決定し、ダンプ荷台に積載高さの明示することにより過積載を防止した。また、新技術を活用したEveryday Droneを使用することで、広い現場で日々変化する土量をスマートコンストラクションアプリの土量管理で管理することができるので、現場での測量や内業での計算業務が大幅に削減し電気使用量を軽減できた。(図-6、7)



図-6 トラックスケールと積載高さ明示

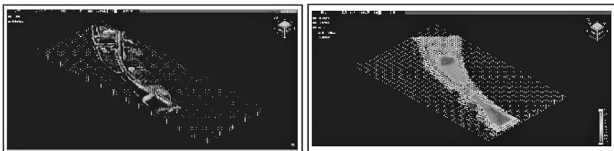


図-7 スマートコンストラクションアプリの土量管理

### (3) 安全管理への取組み

1) 掘作土砂受入先10箇所の運行ルートは、事前の危険箇所・渋滞箇所調査を行い、安全かつ一般車への影響を考慮したルート設定を行った。また、行先表示プレートの裏に緊急連絡先を記載した安全運行マップを貼り、運転手がいつでも確認できるよう工夫した。関係機関との密な連絡調整、土量バランス・工事工程のフォローアップを行い、トラブルなや事故なく完了した。

2) 運転マナーの向上・継続を目的として、ダンプ35台にクラウド・アイ（GPS機能）を搭載してリアルタイムな位置情報、運転状況情報を取得し、運行管理と安全管理に活用した。特に運転データ（急ハンドル・急加速・急減速・速度超過を点数化）を基にした月1回の優良運転手表彰では、回を重ねるごとに全体的な安全運転成績も優秀になり、運転マナー・安全意識の向上に効果的であった。（図-8）



図-8 クラウドアイと優良運転手表彰

2) 安全教育・訓練の一環としてVR技術を活用した工事現場事故体験VRシステムにより、臨場感のある事故の模擬体験（足場からの墜落災害、クレーンによる吊り荷の落下災害、重機による接触災害、交通事故）で実際の被災者の視点はどうだったのか、また重機等の事故の場合には運転者の視点はどのようなものであったかを、リアルに体験して貰うことで作業員の安全意識の向上に繋がった。

さらに、新潟ゼロ災害宣言運動へ参加し垂幕やシールを配布し交通事故防止に努め、2019年7月1日～12月31日期间中の労働災害ゼロを達成でき、ゼロ災達成証を授与されました。また、作業環境の改善と熱中症予防にソーラー式休憩所を設置した。発電機が不要なので騒音がなく静かで、太陽光の自然エネルギーでCO<sub>2</sub>が発生しない環境にやさしいエコロジーなハウスで、室内照明・エアコン・床カーペットが完備されて夏の暑い時期を快適に休憩することができた。運んで下ろすだけで設置ができるソーラー式休憩所なので、緊急時に即移動することができる。（図-9、10）



図-9 VRを用いた安全教育とソーラー式休憩所



図-10 安全宣言垂幕とシール配布

### 3. 講習会、ICT勉強会、ICT現場見学会

河川水難事故防止に関する講習会に参加し、水難事故防止についての事故事例の検証と対策検討や水辺のヒヤリハットなどレスキューの基本的な考え方を学び、救助実習ではスローロープ実習・Eボート体験・有事の救助体験を体験することで、川での安全対策を学ぶことができました。

また、当現場でも活用するICT (i-construction) について、発注者及び受注者職員と若手技術者と熟練技術者も参加して、ICT技術に関する座学による勉強会で専門業者からICT土工における3次元計測・データ処理について、ドローンによる写真測量と地上レーザースキャナ測量の違いや、写真測量の原理の説明から3次元データに処理する仕組みの解説や、施工履歴データによる土工の出来形管理について、刃先の施工履歴データを点群データにして出来形管理に活用するシステムについて解説して頂き、ICTについて学ぶことができました。

現場では、発注機関からICT建設機械についての機能の説明や効果について説明したり若手技術者の勉強会会場として提供しました。また、各業界業者からICTを活用した現場でのICT現場見学会を開催して、ICT建設機械の乗車体験や経験の浅いオペレーターでも精度の高い施工ができる操作のアシスト機能を紹介したり、スマートコンストラクションでの3次元起工測量データや3次元設計データをパソコン画面で動かして見せたり、現在施工しているICT建設機械の刃先データが反映されて進捗状況がパソコン上で確認できることを紹介しました。ICT現場見学会を通じてICTの推進に全面的な協力を行った。(図-11、12、13)



図-11 水難事故防止講習会

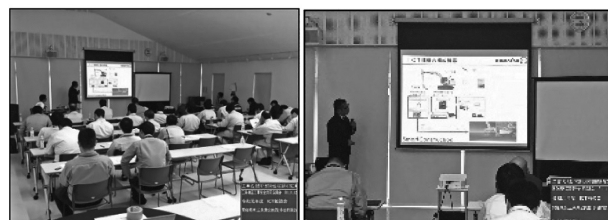


図-12 ICT勉強会

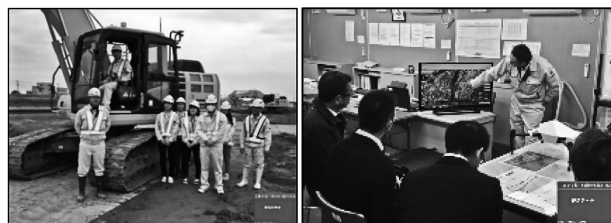


図-13 ICT現場見学会

### 4. おわりに

今回紹介した創意工夫のすべてが、効果的であったかは分かりませんが、大きな問題もなく早期に無事故・無災害で工事を終えることができました。また、地元関係者の方々のご協力と安全管理の大切さを改めて再認識いたしました。今後も創意工夫・改善に努めていきたいと思えます。

最後に工事を通してご指導頂きました信濃川下流河川事務所・三条出張所の皆様方をはじめ、ご協力頂きました近隣工事関係者・協力業者の皆様方に深く感謝申し上げます。

# 29 安全管理

## 身近な ICT/IoT 技術を活用した 現場の安全と働き方改革

長崎県土木施工管理技士会  
株式会社 吉川組  
監理技術者  
満尾 裕也

### 1. はじめに

本工事は雲仙普賢岳山頂に存在する溶岩ドームの崩壊に伴い発生する岩層なだれや、崩壊後に発生が予測される土石流が居住地域に氾濫することを防止するために行う導流堤の嵩上げ工事である。(図-1、図-2)

工事概要

- (1) 工事名：赤松谷川2号導流堤嵩上げ工事
- (2) 発注者：国土交通省九州地方整備局  
雲仙復興事務所
- (3) 工事場所：長崎県南島原市
- (4) 工期：令和1年11月6日より  
令和2年6月12日まで
- (5) 主要工種：掘削工 (ICT)  $V=5,600\text{m}^3$ ・盛土工 (ICT)  $V=21,000\text{m}^3$ ・巨石積み工  $A=1,420\text{m}^2$ ・他

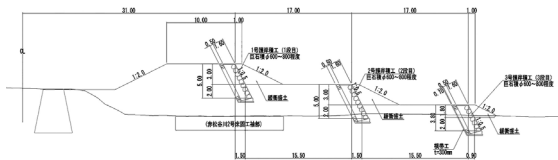


図-1 標準断面図



図-2 完成写真

本工事は4週8休の水準で施工を行っている。本論文はICT技術等を活用した安全と働き方改革(省力化)にフォーカスし説明するが、I-Con (ICT/IoT)の基本的な内容は省略する。

### 2. 現場における問題点

4週8休の水準を達成させるには付帯工事を除く部分に工期的な制約(部分引渡し※施工期間中は4月末予定であった)があるため、構造物(巨石積み)の進捗に合わせながら盛土(ICT)を行うのは現実的でない。また協力業者も別ということもあり、使用機械の増加、特にICT建機や固定局の利用期間が増えるためコストも増加する。

そこで覆土を除く盛土作業を先行させる工程を組み施工を進める方針としたが、以下に示す2点の課題が残っていた。

#### (1) 施工時の問題点

施工時に3つの重大リスクが存在する

- ① 盛土施工と巨石積み施工の一時的な競合作業による接触リスク。
- ② 重機と人力作業エリアは分離するが危険軽視等ヒューマンエラーによる侵入リスク。
- ③ 盛土転圧時、タイヤローラー等が施工端部から滑落・転落するリスク。

#### (2) 働き方改革の壁(問題点)

働き方改革とは、ただ単にひとり回りの負担を減らし休日を確保することや労働時間を減らす事だけが目的でなく、ひとり回りの生産性を向上さ

せること（時間をかける働き方から時間効率の高い働き方）が本来の目的である。当然の事ではあるが、生産性ばかりを追い求めて安全管理を軽視し労働災害などを起こすと、著しく生産性が低下する。当現場の施工管理は、ほぼ一人であり施工現場に常駐し安全管理も含め施工状況などの監視を行う必要があるが、これだと他の書類的な実務は、現場作業終了後に行う事になり残業時間の増加にも繋ってしまう。このような状況が続くと週休2日の水準で工事を行うのが苦しくなり、働き方改革の取組に逆行することになる。

社内支援を求めても、稼働している現場は他にも在るため増員は期待できない。そこで時間効率の高い働き方を行うにはどうすれば良いのかを、現場で考え実践するのも課題である。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

I-Conで施工を行うにあたり一般的なICT建機等での施工合理化・省力化や電子黒板等を利用した施工管理支援システム等については説明を省略するが、働き方改革を実践するうえで、このようなツールは外せない旨は申し添えておく。

#### 3.1 ICT/IoT安全対策と合理化・省力化

##### 3.1.1 ICT建機を利用した作業分離措置

まずICT建機（MG・MCバックホウ）に標準搭載されている禁止区域設定（メーカーにより名称の違い有り）を利用する、禁止区域に入ると重機内部の操作モニターが点滅し警告音が鳴るため視覚・聴覚で禁止区域を把握する事が可能となる。盛土工事などの作業分離は、施工状況に合わせた分離措置が必要となるが、当該機能を用いることでセフティコーンやA形バリケードの頻繁な移動設置等の作業を軽減することができる。（図-3）



図-3 ICT建機を利用した作業分離措置

#### 3.1.2 ヒューマンエラーに起因する災害防止

重機による「挟まれ」や「ひかれ」は建設現場において発生した場合、重大災害となる確率が高い、そのため重機作業半径内への立入禁止措置とし作業エリアの明示やA型バリケードの設置、前述したICT作業禁止エリア機能を使用するなどの対策を行っているが、それでも危険軽視や近道省略行動本能から作業エリアへの進入は考えられることである。本質的安全対策が難しい環境下であったため、二次対策として「自動停止ユニット」を組み込んだ作業者接近システム（図-4）（施工中は新技術申請中であったが、現在はNETIS:KT-190118-Aで登録済）及び、緊急ブレーキ搭載タイヤローラー（図-5）（NETIS:HK-180024-A）を活用し、接触災害のさらなる抑制に取り組んだ。

これらのシステムは設定した範囲内（ローラーに関しては既定の範囲内）に人や障害物を検知した場合に重機が自動停止し、設定範囲外になると再び操作可能となるものである。詳細については、新技術情報システム（NETIS）で検索されたい。



図-4 作業者接近システム+自動停止ユニット



図-5 緊急ブレーキ搭載タイヤローラー

### 3.1.3 盛土施工端部の締固め

盛土部の端部や路肩はタイヤローラーで作業を行うと、滑落や転落のリスクを伴う。

安全距離を確保し転圧作業を行う方法もあるがその場合、通常のICT管理ではタイヤローラーが端部に寄れないため転圧管理システムによる転圧回数の可視化ができず品質面でグレーゾーンとなる。また、盛土を縦横断方向へ余盛し安全に転圧作業を行い、その後、法面を削り取り整形する方法もあるが施工効率は低下する。

当現場での施工端部の締固めは、転圧バケット+ICT(図-6)で行っている。第22回の技術論文で発表しているため詳細は割愛するが、これは法面や端部の締固めを振動時間で管理するシステムであり、施工端部など転圧ローラーが使用できない部分を安全な位置から転圧し、端部の締固めを適切に行うと共に重機の転落災害防止に繋げている。ICT機能を付加しているため振動時間による締固めの可視化が可能であり、安全・品質・施工性が効率化されるので、それぞれの管理を個別に行う必要もないので省力化の効果は高い。



図-6 施工端部・法面の締固め (ICT)

### 3.2 搬出土砂積込みの合理化

本工事は掘削土砂を場外へ搬出する作業も存在する。DID区間等であれば運行管理系のIoTツールも活用するところだが、今回は活用効果も低いいため利用しない。しかし、作業効率化や作業環境の改善を図る必要があるため、運搬土砂の積込み時に発生する作業ロスにフォーカスし「自動荷重測定装置、積載重量管理システム」を搭載したバックホウを使用している。(図-7)

土砂等を場外へ搬出する場合、まず過積載防止

対策が挙げられるが、ダンプトラックの荷台に積込み高さを明示し目視による管理を行う場合や、トラックスケールを用い重量管理を行うのが一般的である。これらの対策は過積載防止に有効である事に違いないが、土砂の含水状態や比重の変化、石礫類の混入等による重量変化に対応する必要があるため、安全側(ダンプトラックの最大積載量の90%付近)に目印を付け積込み作業を行う事が多い。また過積載を気にしすぎて「過少積載」になる傾向がある。一概には言えないが、施工数量の1割程度はロスが発生するので、その分、ダンプトラック運搬の走行回数が増加する。

それらの作業ロスを抑制し積込み作業の生産性を向上させるため、積載重量管理システムを利用している。最大積載量付近まで積込みを行うことで作業効率が向上し、ダンプトラックの走行回数も減少するため、工程の短縮のみでなく周辺環境改善(地域住民の方に対するストレス低減)にも貢献している。



図-7 積載重量管理システム (LOADEX)

### 3.3 その他のIoTツール

ICT/IoT等を活用し安全対策を実施したからといってそれが必ず励行されるとは限らない。定点カメラなどの設置型では確認が出来ないような場所でも、職長や現場管理者にウェアラブルカメラ(図-8)を装備させ現場の映像をリアルタイムやクラウドストレージされているデータを共有しながら、安全や作業状況を確認し改善活動につな



げている。

また、現場の気象情報などもリアルタイムで確認出来るよう気象システムとLED電光板を組み合わせ風速等の気象情報を見せる化している。(図-9) 気象情報が作業中止基準に達した場合はメールによる自動配信も可能である。

他にもタブレットを利用した安全巡視と記録、VRを用いた死亡災害等の疑似体験などのIoTを活用した取組も行っているが、これらは一般的になりつつあるのでここでは省略する。



図-8 ウェアラブルカメラ



図-9 気象情報等の見せる化

### 3.4 費用対効果と生産性の向上

本論文で記載している内容で、ICT建機以外(図-4、7~9)での費用は、取付費や初期費用を除いた部分で、1ヶ月当たりの合計費用は35万弱(当現場の場合)である。監視員(平均1.5人)を常時配置した場合の費用と比較した場合は大差無いため、導入は行いやすいと考えられる。

省力化以外の理由で「人に頼る安全から機械(システム)に任せる安全」にシフトしたのは次の事からである。

現場が工期優先になると人は不安全と分かっている省略行動などを起こしやすく、特に、あと少しで作業は終わるからという理由での不安全行動や不安全状態は、監視員を配置してもそういう行動は承認(黙認)されやすい。そして人が高い集中力を維持できるのは、20分程度と言われており、2方向以上の集中は難しく咄嗟の時ほど判断ミスを起こしやすいとされること。

対し、機械(システム)は、故障するが判断ミスや集中力の低下に起因するリスクは、ほぼ無く、機械がミスをする確率は、人と比較した場合、2~3桁も低く、そのミスは特定しやすいこと。

以上のことから、判断ミス(主にヒューマンエラー)に起因するリスク低減を目的とし、感情が入らないシステムに頼った方が本質的には効果的であると考え、二次的対策として採用している。

ICT/IoTを活用した機械的システムに置き換えることで現場に常駐し監視する必要性も低く、省力化される分、他の業務を行う事が可能となり生産性の向上に繋がっている。本工事で省力化(省人化)できた時間は、約400時間(平均4時間/日)に及ぶ故に本工事で行った対策の費用対効果は、かなり高いといえる。

## 4. おわりに

安全管理は手間も費用もかかるため、端的に見ると現場費用を圧迫しているように感じるが、ICT施工や新技術と上手く組み合わせれば安全面も含め作業効率は向上する。現場管理においても人材不足等で増員が見込めない以上、昼は現場、書類は夜というスパイラルを脱却するには、このようなICT/IoTの活用は欠かせない。

しかし、ICT等のツールを導入しただけでは効率化されない。そのツールを使用し活かすのは、システムではなく「人」であることに留意すれば、より本質的な安全対策・施工の省力化が促進し、働き方改革の本質に近づく事ができると確信している。

# 30 i-Construction 等

## 3D モデルの活用による現地照査の実施

(一社) 北海道土木施工管理技士会

丸彦渡辺建設株式会社

工事長

近藤 弘樹<sup>○</sup> 井田 智樹

### 1. はじめに

- (1) 工事名：防災・安全交付金事業  
烏帽子橋耐震補強ほか工事
- (2) 発注者：札幌市建設局土木部
- (3) 工事場所：札幌市南区定山溪  
2310林班地先ほか
- (4) 工期：令和元年6月24日  
～令和2年5月18日

烏帽子橋（図-1）は、主要道道小樽定山溪線のダム湖であるさっぽろ湖に架かる橋梁群の一つで、札幌市橋梁長寿命化修繕計画及び札幌市地域防災計画に基づき、橋梁補修工事及び橋梁耐震化を行うものである。小樽定山溪線は札幌市の奥座敷である定山溪温泉から小樽に向かう通称『レークライン』と呼ばれるほど景色が良く、秋の紅葉狩りや冬はスキー場を利用する車両など、年間を通じて通行量の多い北海道を代表する観光道路である。橋脚の耐震補強工事はダム湖の水位を2年に1度、隔年で計画的に低下させる11月から4月末までの間で施工しなければならず、事前の計画で問題を解決し、無駄のない施工を行う必要があった。

### 2. 現場における問題点

現場の問題点としては、道道から橋脚施工箇所までの最大高低差が約15mあり、施工時期は雪が

積もっていることから、仮設計画を立案するうえでは次の点に留意しなければならなかった。

- ①凍結時のスリップにより重機が滑落しないよう仮設道路の線形を設定する。
- ②仮設道路の他に資材や残土の置き場所を確保する必要がある。
- ③橋脚の浮き上り対策を目的とした擁壁工を施工するP2橋脚へのアクセス及び、H鋼打設とアンカー施工足場の検討。
- ④BH杭打ち機やアンカー施工機械の搬入計画。
- ⑤擁壁工の仮設計画。  
を施工開始前に終了させておく必要があった。

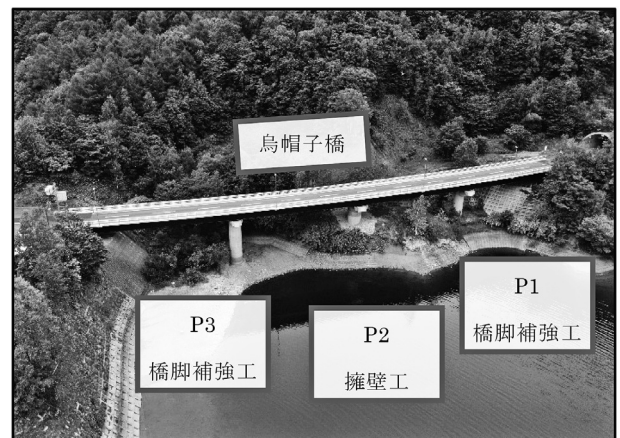


図-1 施工内容

### 3. 工夫と改善点

仮設計画を立案するうえで、現地の地形データを確認する必要があったが、橋脚補強箇所の山側は急峻な樹木が生い茂った山間地形、谷側はダム

湖で水面下の地盤も急であり（図-2）正確な地盤は水位低下後でないとは測定できず、TSなどの測量機械を用いた縦横断測量では細部まで地形を把握するのに時間がかかり危険なこと、通常のUAV測量では樹木が支障となり正確なデータが取得できず、樹木の伐採後では時間的に間に合わなくなることから、レーザーによるUAV測量を採用し、ダム湖の水位以下についてはマルチビーム深浅測量を行い、点群処理したデータをもとに3次元化することで、着手前に現地の状況を詳細に把握することができた。

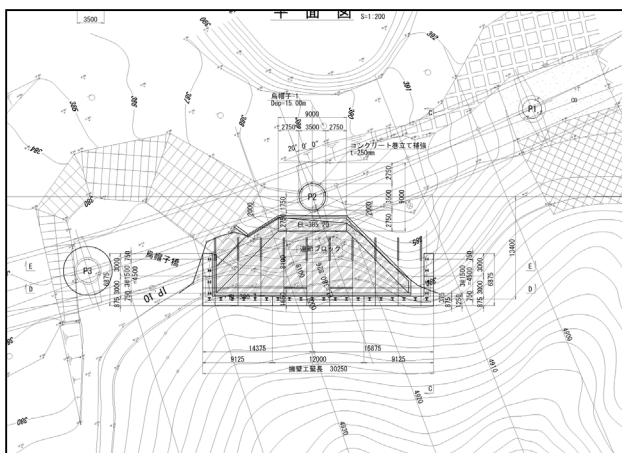


図-2 平面図

点群データをもとに3次元化した現地データに3D完成モデルを作成し（図-3）仮設計画を行うことで、急峻な地形での道路幅員や縦断勾配の設定、掘削土の仮置き場や資材置き場の配置など事前に計画することができた。

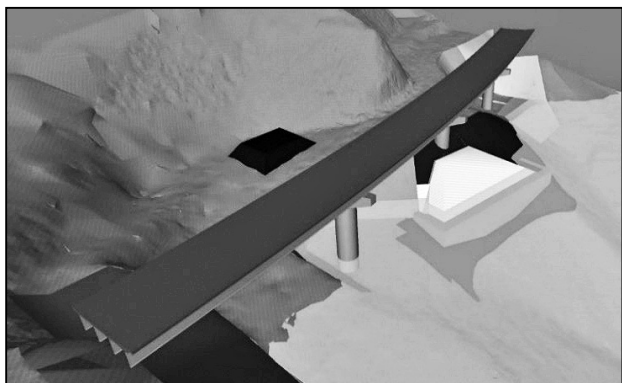


図-3 3Dモデルによる仮設道路検討

特に、P2橋脚付近は幅員が狭く山側、谷側と

も急な斜面となっており、通常は最適な計画となるよう、平面図、縦断図、横断図を何回も作り直し、現地の細部測量もやり直ししながら検討しなければならないが、3Dモデルはいろいろな方向から形状を検証できることから、幅や縦断勾配も任意の点で確認でき、変更も点群データがあるので細部測量をやり直す必要もなく、線形や縦断勾配を短時間で設定し直せるので、打合せや説明資料としても活用でき、スムーズな施工が可能となった。

P2橋脚の基礎浮き上り対策は、地震時の安定性確保を目的としたアンカー付き山留式擁壁（図-4）で、橋軸直角方向の盛土不足を解消するため、H鋼親杭+グラウンドアンカーによる山留を行った後、被覆コンクリートにより防護しその上に盛土を行う設計となっていた。

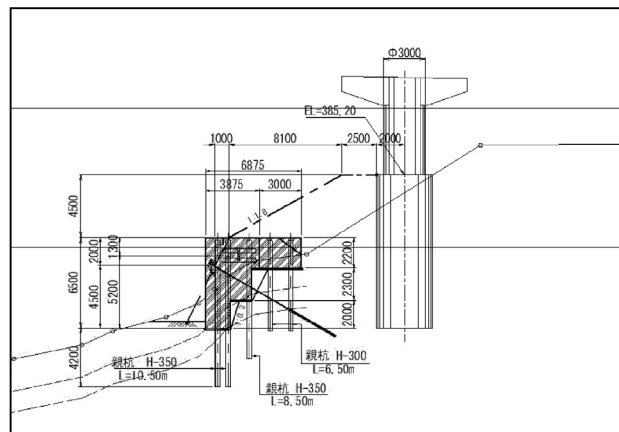


図-4 山留式擁壁断面図

3Dモデルによる仮設計画では事前に、ダム湖の水位以下の地形を把握することができたので、BH工法での杭打設（図-5）や、アンカー施工における足場の計画で、水位低下後の現地盤の不一致による計画直しなどはなく、無駄なく仮設資材の調達が行えたことから時間のロスを防ぐことができた。また、3Dモデルで施工ステップをシミュレーションした結果、BH機械やアンカー施工重機の搬入・移動は、仮設道路にクレーンを設置するスペースを確保できないことから橋上から行うこととし、スキー場営業終了後の夜間に通行止め規制を行い実施した。



図-5 BH杭足場

擁壁の上方は盛土をしたあと、法面保護として大型連節ブロックを施工する設計となっており、平面図（図-6）と断面図から大型連節ブロックの施工範囲が決定されていた。常時満水位までの施工は、ダム内の水位が低下している4月末までに完了させなければならず、擁壁の被覆コンクリートが完了する4月中旬からの短期間で行わなければならない計画であった。

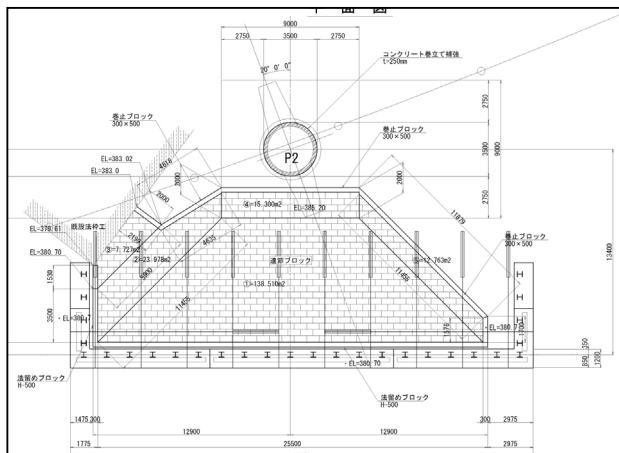


図-6 連節ブロック平面図

3DモデルをもとにP2橋脚擁壁工の仮設計画や施工ステップのシミュレーションを進めていく中で、擁壁上部の大型連節ブロックが現地盤と摺りつかず（図-7）、常時満水位付近では水位の増減による吸出しで、土砂が流出し擁壁工と法面が崩壊する恐れのある部分が判明した。

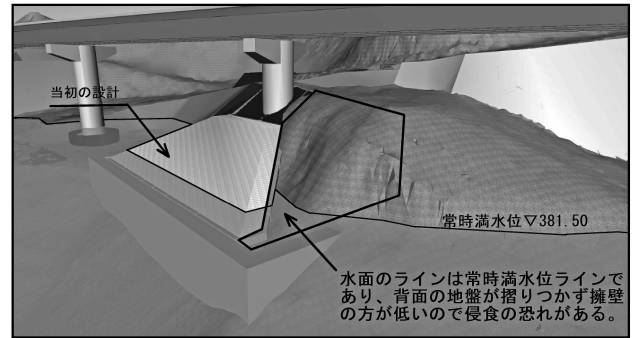


図-7 3Dモデルによる検証

3次元データでは現地盤の摺りつけをモデル空間により多方面から検証することで、大型連節ブロックの不足箇所と盛土が不足している箇所を把握することができ、事前に変更案を提案（図-8）し、水位上昇前に施工を終えることができた。

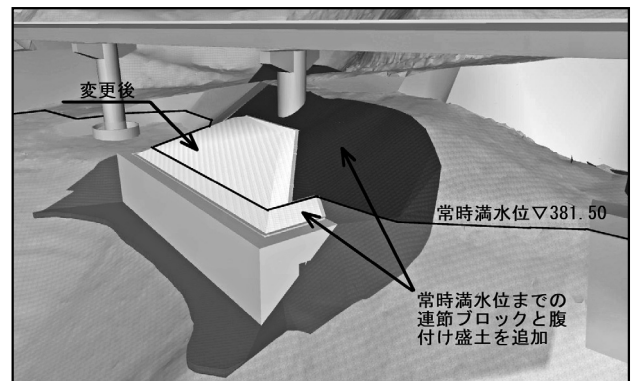


図-8 変更後3Dモデル

当現場における3Dモデルの利用効果は次の通りである。

- ① UAVレーザー測量とマルチビーム深淺測量により、安全で短時間かつ正確に現地を測量を行った。
- ② P2橋脚付近の仮設道路は勾配が急で狭い事が予想されたが、3Dモデルでシミュレーションすることで、線形の変更にも迅速に対応し計画することができたので、安全に作業を行えた。
- ③ 現地の地形を点群で取得したことにより、水位以下の地形も正確に把握することができたので、施工時の計画直しはなかった。
- ④ 擁壁工の施工において3Dモデルでいろいろな角度から検証することにより、現地と摺りつか

ない部分も事前に把握し、対処することができた。

- ⑤発注者との設計変更協議も3Dモデルを利用することで、問題点が一目瞭然で何枚も図面を作成することなく、スムーズに行うことができた。
- ⑥設計変更資料の作成においても、点群データがあるので、細部測量をする必要がなかった。
- ⑦施工は冬期で雪が積もっていたが、⑥のことから、除雪をせず現地盤のデータを取得できた。
- ⑧経験や知識の少ない若手技術者でも、複雑な形状をすぐに理解することができた。

#### 4. おわりに

国交省では令和5年度までに小規模なものを除くすべての公共工事について、BIM/CIMを活用しようとする取組を行っており、当社でも5年前からi-Conの一環としてBIM/CIMに取組んできた。i-Conについては大型土工事でのICT施工や、比較的大規模な構造物でのBIM/CIM技術の利用を思い浮かべるが、今回の様な規模の工事でもこの技術を活用することで、複雑な地形を頭で想像し理解する必要が省け、3Dで表現することにより、経験の少ない若い技術者からベテランまで統一した完成イメージを共有できた。(図-9)

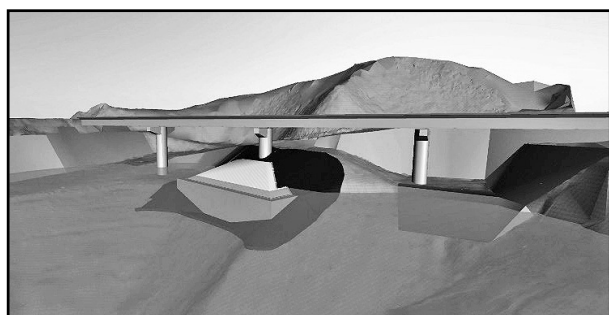


図-9 3D完成モデル

また、当初は仮設道路の計画を目的として3Dモデルを導入したが、現場が進むにつれ色々な検証に使用することができ、他の現場にも利用することで時短や、働き方改革にも繋がると思われる。

新しい技術の進歩はめまぐるしく、今回の現場

でもUAVレーザー測量やマルチビーム深淺測量の利用により、今まで難しかった樹木のある中でのUAV測量や、水位以下の点群データ取得が可能になるなど、便利な技術が増えてきた半面、それらに対応する技術を修得しなければならないなど課題もあり、BIM/CIM関連技術の修得は今後も常にしていかなければならない。

当現場では3Dモデルをもとに3Dプリンターで模型を出力したが、模型は完成形をリアルに再現しており、誰でも完成形がイメージできる。(図-10 完成写真) (図-11 完成模型)

建設業の高年齢化が懸念される中、これらの先進的技術の取組により魅力のある建設業を発信することで新規入職者を増やし、経験の少ない若手への技術継承をスムーズに行うためにも、3Dでのデータのやり取りが標準となるよう、BIM/CIM技術の活用を推進していく必要がある。

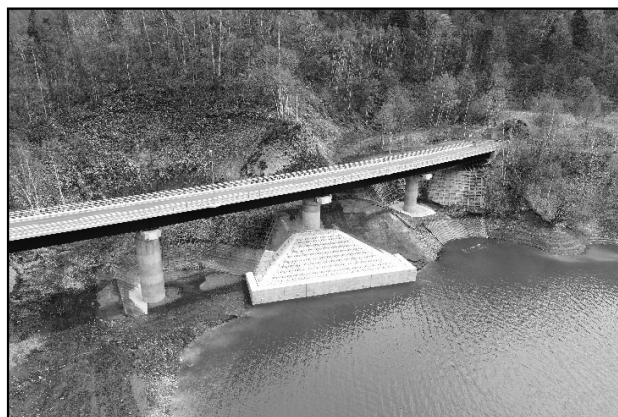


図-10 完成写真

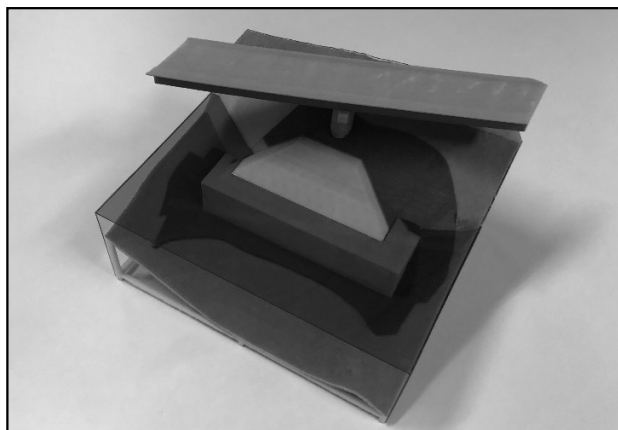


図-11 完成模型

# 31 i-Construction 等

## 現場条件を踏まえた法面での3次元計測手法の工夫

新潟県土木施工管理技士会  
株式会社 興和

栗原 章

### 1. はじめに

#### 1-1 工事概要

- (1) 工事名：R1八木山地区外防災工事
- (2) 発注者：北陸地方整備局新潟国道事務所
- (3) 工事場所：新潟県東蒲原郡阿賀町
- (4) 工期：令和2年4月1日  
～ 令和3年1月5日

本工事は、国土強靱化を目的とした法面工事であり、土砂崩壊の発生した崩落面を法枠工と鉄筋挿入工で補強し、斜面の安定化を図るものである。崩落は、深さ1m程度の小規模崩壊であるが、分布する地質がマサ化した砂岩であるため、降雨のたびに表層部の崩壊が繰り返し発生している現状にある。施工箇所は、国道49号に面した法面であり、ブロック積擁壁の上に雪崩予防柵が設置され、この中間の斜面が対象となる。(図-1)



図-1 八木山現場全景

#### 1-2 法枠工へのICT導入

国土交通省は、労働人口の減少に伴い生産性が低下しないよう平成28年よりICT導入による生産性向上プロジェクトを開始している。図-2で示したとおり、令和元年にはICT法面工が、翌2年からはICT法枠工が対象となった。切土法面を除き、自然斜面での施工では現場条件が一様でないため、これまでICTの導入は難しいものと考えられてきた。当現場は、凹凸のある斜面でなおかつ樹木や雪崩柵等の障害物がある現場でICT化が可能か実証した事例である。

平成28年度	平成29年度	平成30年度	令和元年度	令和2年度	令和3年度 (予定)
ICT土工					
	ICT舗装工(平成29年度:アスファルト舗装、平成30年度:コンクリート舗装)				
	ICT浚渫工(港灣)				
		ICT浚渫工(明川)			
			ICT地盤改良工(浅層・中層混合処理)		
			ICT法面工(吹付工)		
			ICT付帯構造物設置工		
				ICT地盤改良工(深層)	
				ICT法面工(吹付法枠工)	
				ICT舗装工(修繕工)	
				ICT基礎工・ブロック据付工 (港灣)	
				ICT構造物工	
				ICT路盤工	
				ICT海上基礎改良工 (岸壁工・護岸工)	
				堤防等の新築も踏まえ 更新工事も拡大	

図-2 i-Constructionに関する工種拡大

### 2. 現場における問題点

一般的に実施される3次元計測手法に、UAV写真測量、地上型レーザースキャナー測量がある。

法面の場合、UAVを活用した写真測量は全体像を把握するうえで非常に有効であるが、反面、樹木等の下は影となり、データ採取できないといったデメリットがある。(図-3)

一方、地上型レーザースキャナーによる測量（TLS測量）では、3脚を地面に固定し水平を保つことで基準精度を確保する必要がある。従って、斜面に近接した状態で計測した場合、計測範囲が狭くなり幾度も据え替えることが想定され、従来工法とそれほど変わらない作業量を強いられることが予想される。（図-4）

そのため、3次元計測を行う際は、事前に現場状況を確認し、計測手法の特性を踏まえたうえで計画を立案することが重要である。

当現場では、起工測量にUAV写真測量を、出来高・出来形計測にTLS測量を計画した。



図-3 上空から見たドローン映像と樹木



図-4 法尻に設置したTLS

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### 3-1 3次元計測の計画と実施

計測手法の選定を行う際、前段のような課題をあらかじめ予測し、計画しなければならない。計測を行う上で実施した工夫について紹介する。

##### 【UAV写真測量】

UAV写真測量を計画するにあたっては、現地に樹木の葉が繁茂し覆いかぶさっていることから、鉛直下向き方向での写真測量は困難と判

断した。代替案として、下向き斜め45度方向（図-5 斜面に正対）にカメラの向きを変えての計測を計画し実施した。また、斜面直下には国道が通っているため、国道上空でのフライトを避ける形でウェイポイントを決め、電波干渉等によるUAVの墜落事故が発生しても大規模公衆災害が发展しないよう留意した。フライトはオーバーラップ率90%、サイドラップ率70%とした。標定点は、施工範囲を囲む形で4点、内部標定点2点、検証点を2点設置した。

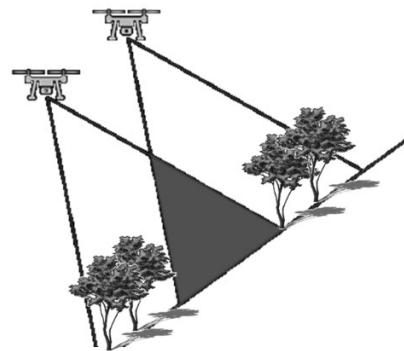


図-5 UAV写真測量計測イメージ

その結果、施工範囲である部分の点群データはきれいに撮ることができ、設計図との比較検討（施工範囲、面積等）をより正確に点群データ上で行うことが可能となった。検証点で確認した精度は、許容値 $\pm 10\text{cm}$ に対して最大4cm程度であった。

##### 【TLS測量】

TLS測量を計画するにあたっては、起工測量で得た点群データをもとに法枠モデルを作成し、機械点からの視界をあらかじめBIM/CIM上で確認（図-6）することで計測位置の検討を行った。

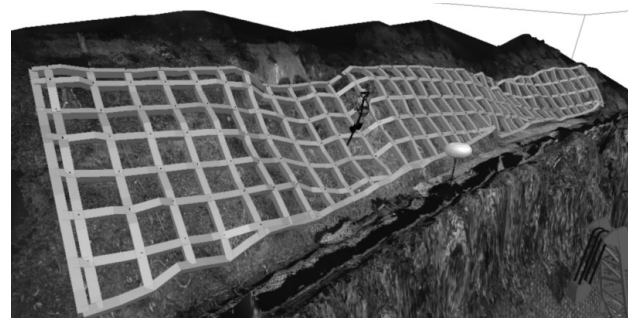


図-6 機械点位置の検討

法枠を配置したモデル空間で視点を変え検討を行った結果、起点・終点・中央の3箇所からの計測が必要と判断した。更に機械点を高くし視界を広げるため、計測用の作業構台を単管パイプで設置し、そこにTLSを固定した。(図-7)



図-7 TLS計測状況

その結果、検証点で確認した精度は、許容値 $\pm 1$  cmに対して計測精度0.2cmという良好な結果が得られ、電子検査を十分に受けられる状況となった。ただし、計測精度を向上させるため、部分的に点群密度を詳細にとる必要があり、計測時間が予想以上に長くなってしまふことが課題として残った。

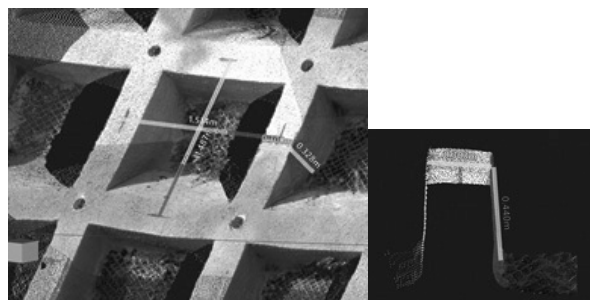
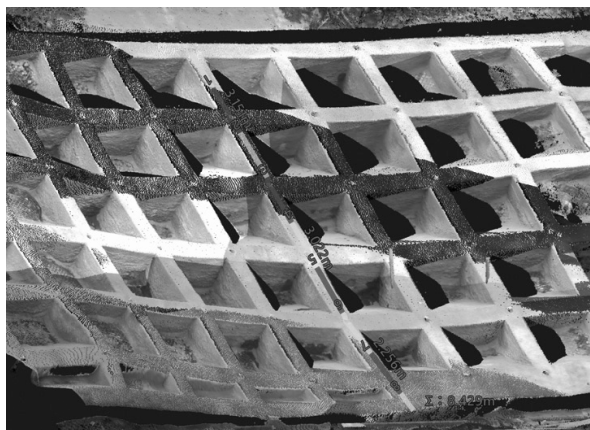


図-8 TLS測量による点群データ

図-8に示したとおり、法長・延長等の出来高計測及び法枠間隔・枠断面の出来形計測もBIMCIM上で確認が可能となった。

### 3-2 様々な3次元計測の試行

UAV写真測量及びTLS測量について工夫し3D計測データを取得することができた訳だが、計測手法の幅を広げるため、様々な手法についても実証実験を行った。

#### 手法① ワイヤー吊下げ式スラムレーザー手法

ワイヤー架設を行い、特殊なアタッチメントにスラムレーザーを取付け、ロープで引っ張り、移動させることで計測を行う手法。スラムレーザーは、360度方向に回転するため、斜面に近くても広範囲の計測が可能である。一般的に大型のUAVに取り付けられており、これまでダム現場など地形測量に使用されていることが多い。(図-9)



図-9 ワイヤー吊下げ式スラムレーザー手法

#### 手法② 歩測式スラムレーザー手法

人がスラムレーザーを担いで計測する手法。現場には、仮設通路が法尻に設置してあったため、計測経路として利用し、法面に対面する形で計測を行った。(図-10)



図-10 歩測式スラムレーザー手法



### 手法③ 吊下げ式UAV写真測量

UAVをアタッチメントに巻き付け移動させながら写真測量を行う手法。UAVを等間隔に静止させ、写真撮影を行った。(図-11)



図-11 吊下げ式UAV写真測量

今回、現場で実施した計測手法についての評価を、以下にまとめる。

「UAV写真測量」：樹木など障害物を考慮したフライト計画を立てることができれば計測はしやすい。全体像を把握しやすく、作業時間も短く済むため、利便性の高い手法と評価できる。ただし、計測にあたっては、安全かつ無理のないフライト計画をもとに墜落災害に注意する必要がある。

「TLS測量」：見通しの良い現場で例えば対岸にTLSを設置できれば、計測は比較的スムーズに計測が可能である。UAV写真測量との併用で、部分的に計測したい場合においても利用しやすい。ただし、TLS単独で斜面全体を計測する場合、地形の凹凸や障害となる構造物によって作業の難易度は変化する。

「吊下げ式スラムレーザー」：UAV写真測量やTLS測量が難しいような現場では、斜面の凹凸や障害となる構造物に左右されないため非常に有効性が高いものと評価できる。ただし、ワイヤー架設を必要とすることから、事前に準備が必要である。また、スラムレーザーを使った作業費は非常に高額であるため、計画的に実施しなくてはならない。

「歩測式スラムレーザー」：仮設通路・階段等が整備され、対象斜面が見やすい現場に適してい

る。歩いて計測できるため、非常に簡便な手法であるが、反面、足場の悪い現場では安全性に問題があり不向きである。

「吊下げ式UAV写真測量」：UAVの画角が狭いため、斜面からの距離によって計測時間が大きく変わる。計測用の機体・カメラも含め、現場に適した計画を綿密に行うことが重要になってくる。

## 4. おわりに

今回の報告は、必ずしもどの現場にも有効性を発揮するものではなく、現場条件に合わせた計測手法の工夫を各現場で行うことによって生産性の向上が可能となる。法面工におけるICT化が難しい背景において、今回のような報告がこれからもっと多く情報発信され、広く共有されることができれば、早い段階において普及していくものと考えている。

しかし、現段階においてICT施工へのハードルも高い。計測に要する費用は、機械設備費、CIM導入費、外注費とも高額であり、補助金の活用やICT施工における発注者負担でないと実行できないのが現状である。加えて、3次元モデルを使いこなせる技術者の確保も必要となるため、これを解決するための取り組みを官民が一体となって早急に推し進める努力が求められる。

ICT施工が拡大し、3D点群データの利活用が容易に実行されるようになれば、従来のテープ測量や出来形計測の必要性がなくなるため、省力化が実現できるだけでなく、工期の短縮、作業員不足の解消、安全性の向上にもつながってくる。また、“3Kからの脱却”を図ることにもつながっていくため、若手の雇用拡大にも大きく影響を及ぼすものと考えている。

# 32 i-Construction 等

## ICT 砂防土工における内製化の取組み

長野県土木施工管理技士会  
株式会社守谷商会

刈 間 亘 二

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工 事 名：R1濁川第一砂防堰堤外工事
- (2) 発 注 者：関東地方整備局  
利根川水系砂防事務所
- (3) 工事場所：長野県北佐久郡軽井沢町
- (4) 工 期：令和2年5月26日  
～令和3年1月29日

本工事は、浅間山直轄砂防事業の一環として濁川に砂防堰堤を築造するものである。事業の目的は、冬期に発生すると想定される融雪型火山泥流および、夏期に発生すると想定される噴火後の土石流による周辺地域の被害を軽減・防止することである。



図-1 着工前状況

本工事は、浅間山直轄砂防事業の一環として濁川に砂防堰堤を築造するものである。事業の目的は、冬期に発生すると想定される融雪型火山泥流および、夏期に発生すると想定される噴火後の土石流による周辺地域の被害を軽減・防止することである。掘削土砂を有効利用できる構造とし

て砂防ソイルセメント工法が採用されている。

主に土工の工事であるので、ICT活用工事の対象（施工者希望型）となっている。国交省のICT要領には砂防土工は無いが、河川土工が準用できるためICT土工を実施することとした。

本稿では、ICT土工を実施するうえでの内製化と3D設計について述べる。

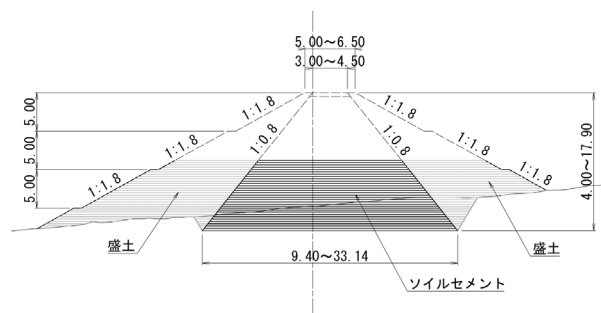


図-2 堰堤断面図

### 2. 現場における問題点

#### (1) 外注における問題点

国交省の資料によれば、建機を除く起工測量・3D設計・出来形測量の3プロセスにおいて、「すべてを自社」で行う受注者は1割弱、「一部を自社で実施」が約5割、「すべて外注」が約4割となっている。このことからICTを実施しても、受注者の技術力やノウハウの向上につながっていないのではないかと懸念されている。

当社も例外ではなく、初めて本格的にICT土工を行った工事では、建機メーカーにすべて外注した。外注に頼るのが良いのか、自分たちでもでき

るようするのが良いのか、いろいろな考え方があった。

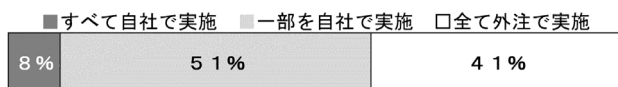


図-3 ICTの自社外注比率

## (2) ICTの適用範囲における問題点

構造物との取合いや交差点等によって形状が複雑で3D設計が難しい箇所については、ICTの適用範囲から外されることが多い。施工は問題無くできるのに、3D設計が足を引っ張ってしまっているのに、ICTを十分に活用しているとはいえないのではないかと考える。

また、従来型とICTの二種類の施工管理・検査となり、現場の負担も増える。

ICTを導入するからには、施工上の支障が無い場合、なるべく多くの範囲に適用したいと考える。

## (3) 一般的な3D設計における問題点

i-Construction向けのCADソフト等に、設計図から線形要素と横断図を取り込むことによって3Dモデルを半自動的に作成することができる。連続的な線形要素を持つ道路土工や河川土工では一般的にこの方法が用いられている。

しかしながら砂防堰堤の場合、線形が堰堤軸線の折れ点で不連続なので(図-4)、上記のような線形要素と横断図から3Dモデルを正しく作成することができない。また、折れ点に短い曲線を挿入して線形を連続化させる方法もあるが、曲面が作成され二次元の設計図とは異なる形状になってしまう。(図-5) さらに、小さな曲面は直線的な重機では施工困難であり、平面で管理する出来形規格にも適合しない。

河川中心線とそれに対する横断図から作成する方法も考えられるが、すべての変化点を網羅しなければならない。横断図を膨大に作成しなければならない、現実的ではない。

今回、線形が不連続な施工目的物に対して、正しく3D設計ができるのか、率直に不安であった。

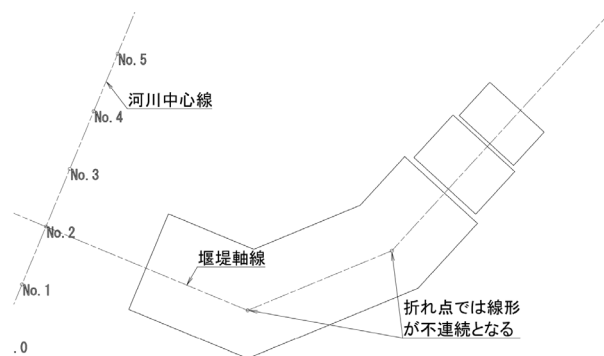


図-4 堰堤床付け平面図

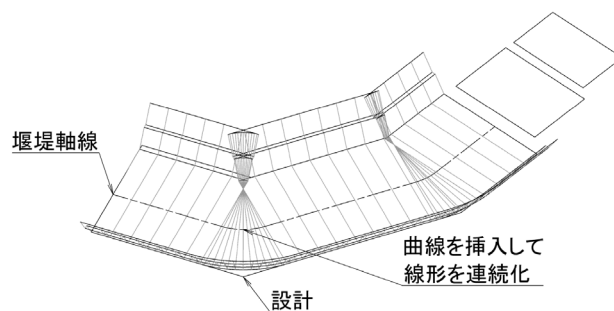


図-5 曲線を挿入した3Dモデル

## 3. 工夫・改善点と適用結果

### (1) 内製化

ICTを先行している同業他社でも多くの作業を外注に頼っているのが現状である。建機を除く起工測量・3D設計・出来形管理の3プロセスを自社対応できるようにすることは、技術的にも大きなメリットがあるものと考えられる。さらに、外注費の抑制による利益向上、外注による待ち時間の低減も期待できる。

起工測量と出来形測量については、以前からドローンを使ったUAV測量に取り組んでいたのが自社でも十分可能な状態となってきた。そこで、3D設計についても本格的に取り組むこととした。

その結果、内製化により技術力・ノウハウの向上、外注費の抑制による利益向上、外注による待ち時間の低減につながったと考える。

### (2) 全施工範囲を3D化

濁川第一砂防堰堤では、折れ点の部分や複数の床付け面を正確に3D化できれば、ICTを全施工範囲に適用できる。このような箇所は、従来型施

工で多くの丁張りや高さ確認作業が必要である。したがってICTを全施工範囲に適用することができれば、これらの作業が軽減されるためメリットが大きいと考えられる。

また、従来型とICTの二種類の施工管理・検査が混在することも無くなる。

したがって、堰堤床掘り、ソイルセメント、盛土、河床掘削のすべての施工範囲にICT土工を適用することとした。(図-6)

その結果、狭小の埋戻し部分を除きICT土工を全施工範囲で適用できたため、丁張りや高さ確認作業を大幅に減らすことができた。それもあってか、施工速度については、従来施工との具体的な比較はしていないが、圧倒的に速いと感じる。

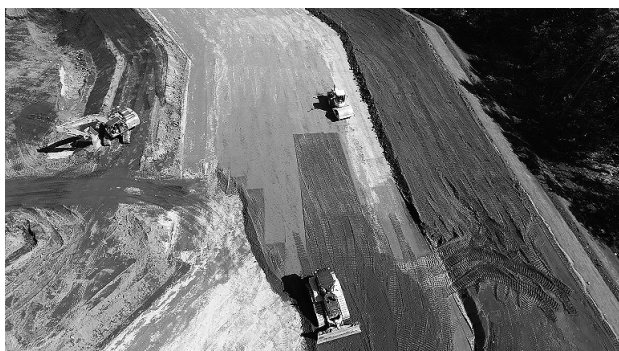


図-6 ICT建機による盛土・ソイルセメント

### (3) 汎用3D-CAD機能による3D設計

オートデスク社の「Civil 3D」というソフトを使用した。これは、汎用3D-CADの「AutoCAD」に土木設計・CIM用の機能を追加したソフトである。他のi-Construction向けのCADソフトと同様に線形要素と横断面から3Dモデルを作成することもできる。しかし、折れ点の部分や複数の床付け面を二次元の設計図通りに作成することはできない。

そこで、線形要素は用いずに平面図から3Dモデルを作成することにした。(図-7) ソフトの詳細な操作方法については割愛するが、堰堤床掘りを例に手順を以下に示す。

- ①平面座標 (x,y座標) を合わせる。
- ②床付け面に標高 (z座標) を設定する。

③掘削法面を“手動”で描く。ここまでは汎用3D-CADの基本的な機能を使うだけであるが、施工する形状を正しくイメージできている必要がある。

手書きのラフスケッチを元に作図することも多々ある。ある意味、ローテクであり、人力でもある。

④各面のTINサーフェスを作成し、合成する。ここからはCivil 3D特有の機能を使う。

⑤作成した堰堤床掘り形状をLandXMLファイルに出力する。このファイルはそのままICT建機の掘削用データとしても使う。

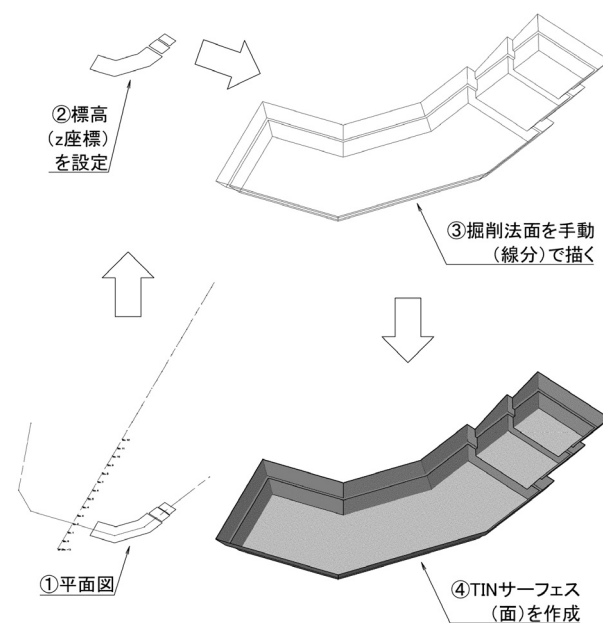


図-7 堰堤床掘りの3D化

⑥起工測量で得られた現況地形に堰堤床掘り形状を重ね合わせる。

⑦現況地形との交差ラインをCivil 3Dの機能で抽出する。

⑧交差ラインでカットし、堰堤床掘り形状の3Dモデルが出来上がる。(図-8) この形状もLandXMLファイルに出力し、出来形の基準設計データとして使う。

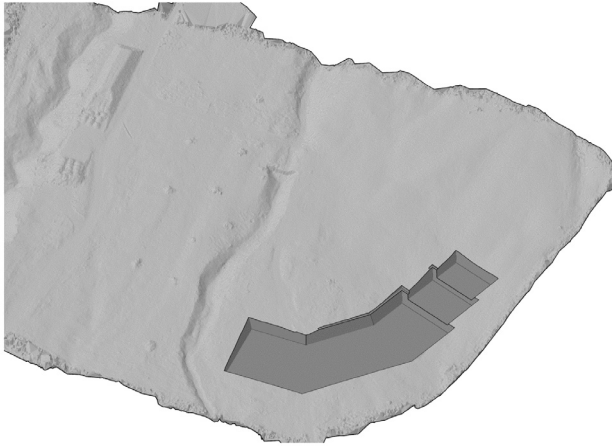


図-8 堰堤床掘りの3D形状

同様に河床掘削、盛土、ソイルセメントの3Dモデルを作成した。(図-9) 3Dモデルが出来上がれば、ソフトの機能を使って複雑な形状でも簡単かつ正確に土量を算出することができる。

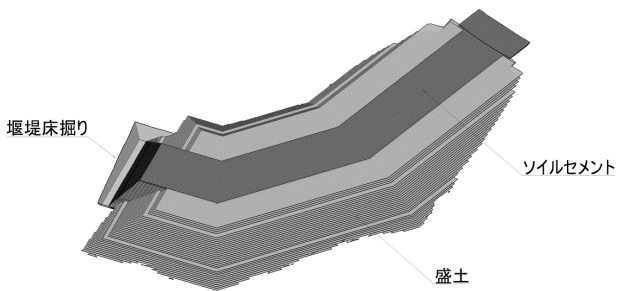


図-9 盛土・ソイルセメントの3Dモデル

なお、この一連の方法はオートデスク社のトレーニング教材や市販の解説本等には載っていない。

今回、「Civil3D」というソフトを使ったが、TINサーフェスの作成・編集機能とLandXMLファイルの出力機能があれば他のソフトでも同じことができるかもしれない。

結果として、二次元の設計図と合致した3Dモデルを作成することができた。線形要素を使わなくても3D設計ができるようになったため、線形要素が無い造成工事や複雑な形状の土工でもICT土工を全面的に適用できる目処が立った。

#### 4. おわりに

初めて本格的にICT土工を行った道路工事では、建機メーカーにすべて外注した。

その後に受注した河川工事では内製化にチャレンジし、起工測量・出来形測量を自社で行った。また、線形要素と横断図から3Dモデルを作成する一般的な方法の3D設計にも取り組んだ。

今回の工事では、違う方法で3D設計にチャレンジし、建機を除く起工測量・3D設計・出来形管理の3プロセスを自社で完結する予定である。

何か特別に新しいものを開発したわけではないが、あるものを賢く使うことによってICT土工における3D設計のネックを解消できたのではないかと考える。

ICTについては、中堅～ベテラン社員よりも若手社員の方が柔軟なためか、抵抗もなく使いこなしていると感じる。生産性向上や先端技術の導入、費用対効果という観点だけでなく、若手社員のスキルアップや活躍の場となっていることもICTのメリットではないだろうか。

国交省ではBIM/CIM全面導入の前倒し、ICTの土工以外への適用拡大、発注図の3D化を進めている。また、地方自治体他発注機関でもICTの適用が増えると予想される。これらの動向に対応できるように準備と実践を行っていきたいと考える。



図-10 施工状況

# 33 i-Construction 等

## 岩盤検査準備作業における3次元設計データの利活用

島根県土木施工管理技士会  
カナツ技建工業株式会社

現場代理人

岩崎 佳介<sup>○</sup> 坪内 規之 池田 靖司

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：出雲湖陵道路東神西第2高架橋  
下部外第4工事
- (2) 発注者：中国地方整備局 松江国道事務所
- (3) 工事場所：島根県出雲市東神西町地内
- (4) 工期：令和1年7月9日  
～令和2年9月30日

本工事は、中国地方整備局松江国道事務所が管轄する山陰自動車道出雲～仁摩間(総延長32.7km)のうち、出雲・湖陵道路事業に属し、東神西第2高架橋(仮称)鳥取側橋台部およびそれに至る工専用道路を施工する工事である。

国土交通省が推進する『ICTの全面的な活用』に関する種々の取組により、建設業におけるICT施工は着実に普及している。3次元設計データの作成・利活用が一般的になりつつある中で、それらを単なる立体計画図面として扱うだけでなく、施工や管理業務の省力化・円滑化につながる利用方法を検討・提案することは、生産性向上の観点から重要である。本論では公共工事における岩盤検査に着目し、その測量や掘削といった事前準備作業の省力化・円滑化、安全性向上を目的として上記工事にて試行した3次元岩盤線データ(詳細は次節で説明する)作成およびICT建設機械による岩盤線掘削に関する取組をまとめた。

### 2. 岩盤検査準備作業と今回の取り組み

#### 【従来の岩盤検査準備】

一般的な岩盤検査の事前準備としては、まずTS等を用いて特定の測点での計画横断面図両端の位置を示し、赤白ポール等の目印となるものを立てる。重機オペレータは両端の目印を見通しながら、該当横断上を掘削し岩を露出させ、残った土砂をスコップやエアコンプレッサー等で清掃し、横断面箇所の変化点位置を測量、図面上にプロットすることで実測岩線を取得する。岩盤検査準備作業の従来手法フローを図-1に示す。

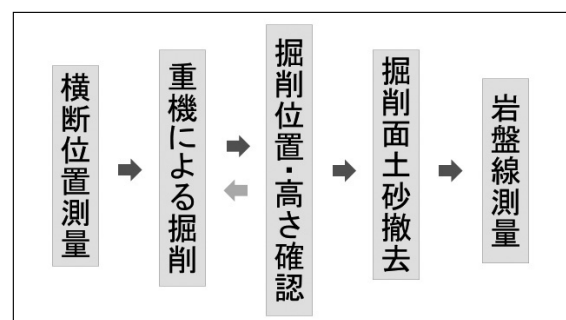


図-1 岩盤検査準備従来手法フロー

#### 【従来手法の問題点】

事前に土性変化面が予想される切土作業に際しては、重機オペレータが横断上の赤白ポールおよび小段等の指標物を目安として、およその深度まで掘削を行うのが一般的だが、設計切土法面を考慮しながら岩盤線掘削作業を効率よく行うことは容易でないことに加え、掘削位置が横断線上から

ずれ、手戻りが生じるといった事態は熟練オペレータでも起こりうる。また、山切りを伴う土工は高低差の大きな地形や急峻地形の場合が多く、切土作業に先立って重機が登頂するためのパイロット道路が必要となるが、パイロット道路施工時に岩盤が露出する場合には、その時点で検査を受けなければならない。検査や検査準備、測量回数が増え作業工数が増加する。さらに、着手直後など周囲に基準高の目印となるものがないときには、必要に応じて測量を行いオペレータに高さを伝えなければならない。斜面での測量作業は平地よりも時間を要し、滑落リスクを伴うものである。**【今回の取り組み】**

以上の問題点に対して、本工事では作業効率化、掘削位置の明確化、安全性の向上を目指し、マシンガイダンス搭載バックホウによる岩盤線の掘削を実施した。ICT施工の実施にあたっては、ICT建設機械に搭載可能な形式の3次元岩盤線データ（以下本文中では『3D岩線データ』と略称する）が必要なため、本論ではその作成手法についても説明する。本手法の岩盤検査準備フローを図-2に示す。本工事はICT活用工事（施工者希望I型、ICT土工）であり、ICT施工に関するシステムは国土交通省中国地方整備局発行の『ICT活用工事（土工）の手引き』に準拠している。次節以降、使用した機械やソフトウェアについて具体的に示した後、3D岩線データ作成の手順とICT建機による掘削作業について説明する。

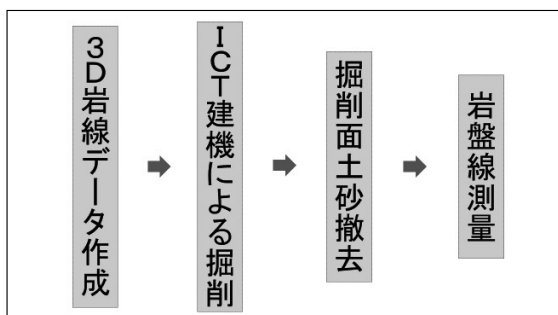


図-2 3D岩線データを用いた検査準備フロー

### 3. ICT施工システム概要

今回の取組はICT土工システムの枠組みで岩盤線掘削作業を行うものである。使用したソフトウェアおよび機械は以下の通りである。

3次元設計データ作成ソフトウェア：

EX-TREND武蔵 建設CAD（福井コンピュータホールディングス(株)）

マシンガイダンスシステム：X-53i（(株)トプコン）

使用建設機械：油圧ショベル320E（日本キャタピラー合同会社）

これらの機器に加えて、掘削面の基準高確認にはGNSSローバー（(株)トプコン）を使用した。

### 4. 3次元岩盤線データ作成

3D岩線データはICT土工で用いる3次元設計データと同様に①座標系入力、②工事基準点座標入力、③平面線形入力（線形計算書）、④縦断線形入力（縦断図）、⑤横断線形入力（横断図）の手順で作成する。①～④については3次元設計データと同様のため本論では説明を省略し、⑤横断線形入力（ここでは横断岩盤線入力）について詳述する。

ICT土工の3次元設計データ作成において、横断線形入力は勾配変化点入力と同義である。一方、岩盤線は土工設計横断と異なり曲線（曲率≠0）を有する可能性があるため、まず岩盤線を複数の線分で近似できるように折れ点を設定し、それらを結ぶことで近似推定岩盤線とする。設計横断図を一部拡大・加工したものを図-3に、そこから作成した軟岩1の近似推定岩盤線を図-4に示す。3D岩線データは重機オペレータが推定岩盤線の傾向と深度を確認するためのものであり、実際の岩盤線と推定岩盤線には差があることを踏まえると、近似推定岩盤線が図面上の推定岩盤線と正確に一致している必要はなく、今回はそれらの差が±300mm以内となるように作成している。なお、今回の取り組みでは近似推定岩盤線の作成に、3次元設計データ作成ソフトの自動変化点取

得機能を用いており、図面上の推定岩盤線両端を指定することで折れ点を自動算出した。

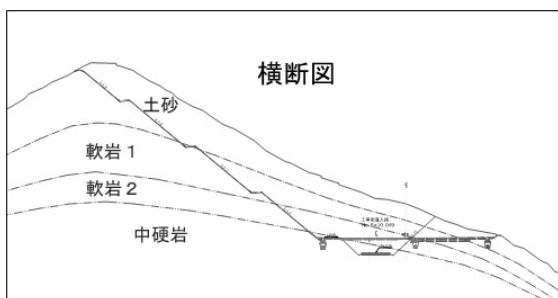


図-3 設計横断面図（一部加工・拡大表示）

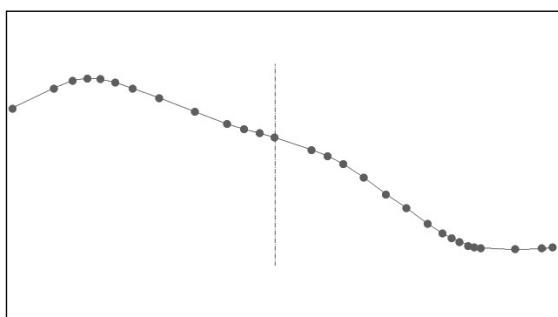


図-4 軟岩 1 の近似推定岩盤線

ICT土工で使用される3次元設計データは計画横断面間を線形補間することでその面形状を表現しており、任意測点での設計断面表示を可能にしている。一方、岩盤検査では基本的に該当測点上のみ掘削を行うことが望ましいため、あえて横断面間を補間せず、各横断の近似推定岩盤線を幅300mmの帯状データとして作成し、これを3D岩線データとして活用した。実際に作成した4測点での3D岩線データを図-5に示す。図中左下から右上に伸びる線は道路中心線であり、連なる4本の線が今回作成した推定岩盤線の3D岩線データである。

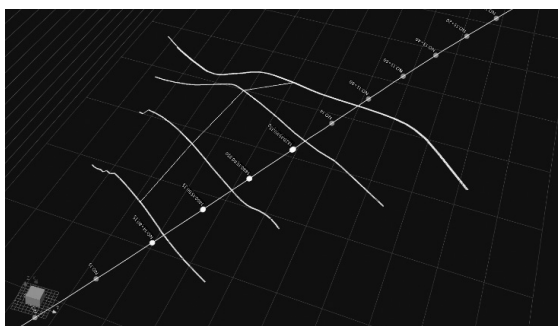


図-5 3次元岩盤線データ（4測点,軟岩1）

## 5. 3次元岩盤線データを用いたICT掘削

ICT土工の3次元設計データと3D岩線データをICT建機に搭載し、オペレータは重機内モニターに表示される設計法面と推定岩盤線を適時確認しながら掘削作業を行う。図-6に実際のICT建設機械内モニター確認状況を示す。



図-6 ICT建設機械内モニター確認状況

このような方法をとることで、オペレータは土工の設計法面および推定岩盤線位置の確認を重機内のモニター画面操作によって行い、掘削作業と推定岩盤線確認、設計法面確認をシームレスに行うことができるため、作業効率が向上する。また岩盤線掘削作業中に誤って設計法面を過掘りしてしまうリスクが減少することもメリットといえる。

## 6. 従来手法との作業工数比較

従来手法と本手法の作業工数比較結果を表-1に示す。表中の各作業時間は1測点あたりの実際の作業工数を記載している。ここで「3D岩線データ作成」と「各測点の測量計算」については、4測点分実施した時間から算出していることに注意されたい。本手法の実施によって、従来手法において岩盤検査を行うたびに実施していた「各測点



の位置出し、ポール設置」や「掘削位置・高さ確認」といった作業が不要になり、作業工数は1測点あたり2.5時間（約30%）減少した。なお掘削時間に関しては、従来手法に比べて本手法の方が短時間になる傾向（ $n_2 < n_1$ ）が認められたが、該当測点の現地盤や実際の岩盤線といった自然条件によって掘削量（作業量）が左右され、公平な比較ができないため比較対象から除外している。

表-1 1測点あたりの作業工数比較

従来手法		今回の手法	
各測点の測量計算	0.5 H	3D岩線データ作成	1 H
各測点の位置出し ポール設置	2 H		
掘削作業	( $n_1$ ) H	掘削作業	( $n_2$ ) H
掘削位置・高さ確認	1 H		
岩盤清掃	2 H	岩盤清掃	2 H
変化点測定 鋸打ち	2 H	変化点測定 鋸打ち	2 H
横断図作成	1 H	横断図作成	1 H
合計(掘削除く)	8.5 H	合計(掘削除く)	6 H

## 7. 取り組みの成果

今回の取り組みから得られた知見と実施にあたっての注意事項をそれぞれまとめ、以下に示す。

### 【得られた知見】

- ・3D岩線データ作成およびICT建設機械による掘削を行うことで、設計断面確認、推定岩盤線確認をモニター操作によって行うことができるため作業効率が上昇した。
- ・3D岩線データを带状に作成したことで、掘削位置が明確になり、掘削中のずれ防止につながった。
- ・各測点の位置出しや掘削位置確認作業が不要になり作業工数が減少しただけでなく、岩線掘削時に設計法面を過掘りするリスクが減少した。

- ・重機作業範囲周辺や掘削した法面付近への人の立入りが減少し、事故・災害リスクが減少した。

### 【施工にあたっての注意事項】

本論の取り組みではICT土工の実施を前提としているため、ICT施工要領に準ずるシステムと、それらを円滑に扱うことのできる技術者が必要である。技術者は3D岩線データ作成だけでなく、設計変更に合わせて3次元設計データの変更を行うことや、GNSS受信不良時の対応など、ICT施工を工程遅延なく進めるために重要な役割を担う。

## 8. 総括と今後の展望

本論では岩盤検査準備作業について試行した3D岩線データ作成とICT建設機械による岩盤線掘削の取り組みをまとめた。その結果、今回の手法は従来手法に比べて約30%の省力化につながるとともに、作業効率や安全性の観点から優位性が高いことを示した。

今回の取り組みを踏まえ、本論で示した3次元設計データの利活用手法は、既知の埋設物が存在する場合の掘削作業においても有効性が高いと考えられる。例えば市街地での掘削作業において、地下構造物や埋設管、埋設ケーブル類に関する3次元設計データを作成しICT建設機械を利用することで、丁張掛けが不要になるだけでなく、打合せ時間の短縮や現地人員の縮小といった省力化が見込まれ、埋設物破損防止による安全性の向上にも期待が持てる。

このような既存システムの応用と適用性に関する検討および有効性評価は、建設業における生産性向上技術の発展に資するものである。今後BIM/CIM普及に伴い、利用可能な3次元設計データの拡充が図られれば、土木工事において、さらなる省力化につながっていくと考えられる。

## 9. 謝辞

今回の取組に際し、有限会社土江重機 藤原幹男様には多大なご協力を賜りました。ここに感謝の意を表します。

# 34 i-Construction 等

## ニューロータリーポンプ吹付工法による 生産性向上について

宮崎県土木施工管理技士会  
旭建設株式会社  
専務  
木下 哲治

### 1. はじめに

本工事は林地荒廃防止として、下方に流れる山中谷、村道、縄瀬集落の保全及び、山地に起因する災害から地域住民の生命・財産を守ることを目的とした事業である。

#### 工事概要

- (1) 工事名：平成28年度林地荒廃防止事業 黒松
- (2) 発注者：宮崎県児湯農林振興局
- (3) 工事場所：宮崎県児湯郡西米良村村所
- (4) 工期：平成28年10月21日～  
平成29年3月25日
- (5) 緒元：(図-1)  
グラウンドアンカー工 169m (10本)  
集排水ボーリング工 180m (9本)  
受圧板工 10基  
モルタル吹付工 1式

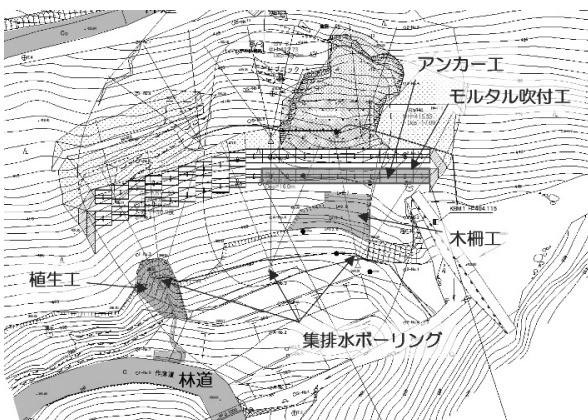


図-1 施工平面図

工事内容は、地すべりを防止する工事である。

下部斜面には抑制工として集排水ボーリングを施工し地下水位の低下を促進する。

上部斜面には抑止工としてグラウンドアンカー及び、その反力となるコンクリート受圧板を施工、法面保護工としてモルタル吹付工、植生マット工を施工する計画である。

本工事において最も大きな検討を要したのは、コンクリート受圧板背面のモルタル吹付のプラント施工ヤードの確保及び資材調達方法であった。また、かねてよりモルタル吹付工については、技能労働者が年々高齢化、担い手不足が進んでおり、施工の簡素化や省人化による生産性向上は急務な課題であった。

今回は現場作業環境への対応工夫と工法自体の生産性向上を図るべく、その問題、課題点を提起したいと考える。

### 2. 現場における問題、課題点

モルタル吹付施工における問題点

①林道沿いの法面現場であり、吹付プラントヤードは林道上でなければ設置できない。

林道の幅員は最大で3m程度しかなく、従来の吹付プラントでは機械設備が大掛かりであり林道を車両通行止めとする必要が生じる。

(図-2、図-3)

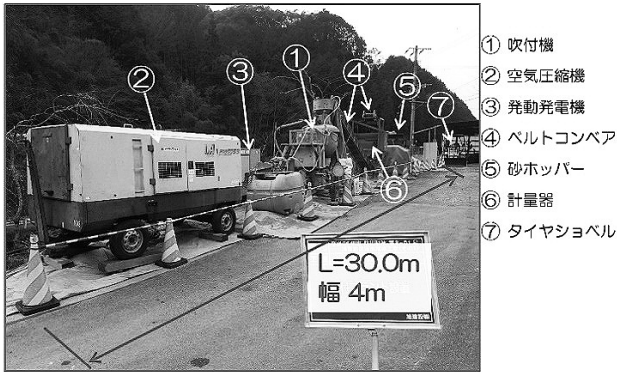


図-2 従来吹付プラント設置状況



図-3 従来吹付プラント設置計画

②現場に続く林道は狭小なうえ、所々、路肩が不安定なため、敷き鉄板を敷いて、工事用車両を通行させている状況であった。

モルタル吹付は、現場練り施工であることから吹付用砂を搬入する10t大型ダンプや、吹付プラント設備を搬入するための大型ユニックでの運搬が通常であるが、それらがほぼ通行できない状況であり、小規模トラックでの積み替え輸送が必要とされ、それらにかかる工程と人員、手間の増加が懸念された。

③更に資材積み替えとなれば、その中継地点となるストックヤードの確保ならびに、その中継地点と現場内での自然環境下における両方での品質確保対策が必要となる。

①～③の作業環境上の問題点に加え、モルタル吹付作業には、吹付機操作に対する熟練技能者や法面吹付作業に対する労働力不足、担い手不足が顕著であり、年々生産性が低下する慢性的な問題

点があった。

以上のことから、林道の通行止めを回避し、地域住民の方々や工事車両が安全に通行できる作業環境に加え、モルタル吹付工法の省人化、省力化による生産性向上を課題として問題解決を図った。

### 3. 工夫・改善点

問題点①での林道沿いに従来の吹付プラントを設置することは、一定期間の通行止めが必要となり地域住民の方々への負担影響が大きいこと。

問題点②では積み替え輸送にかかる運搬車両、人員手間の増大から安全に対するリスクの増加が伴うこと。

問題点③では吹付資材の品質確保が保たれないことがあげられた。

以上の諸問題に加え、施工にかかる省人化、省力化の課題解決のため社内にて検討を重ねた結果、従来の現場練りプラント方式であるモルタル吹付工法（図-4）から、ニューロータリーポンプ導入による現場練りを伴わない新たなモルタル吹付工法（図-5）への技術提案を発注者に行った。

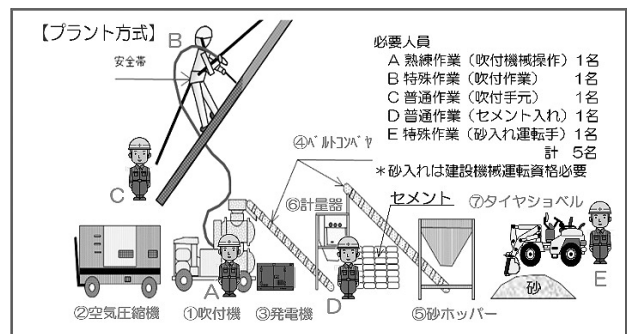


図-4 従来：現場練り吹付工法

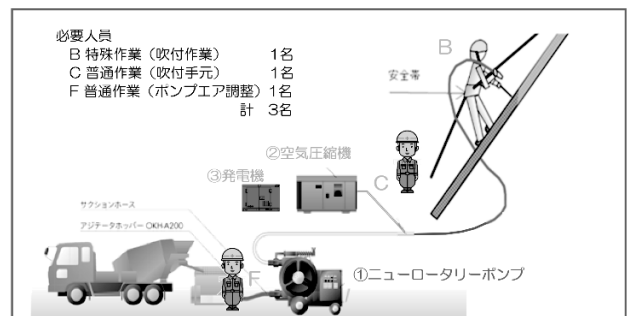


図-5 ニューロータリーポンプ吹付工法

導入するニューロータリーポンプはアジテーター（攪拌機）一体型のポンプユニットであり、生コン工場にて製造した生モルタルをホッパー内に直接投入しロータリーポンプにて吸い上げ施工箇所まで伸びる配管へと送り出す。

そして、コンプレッサーからの高圧エアをその配管途中にて合流させることで、配管内の生モルタルを高速エア圧送、先端ノズルから排出され吹き付けを行う。（図-6、図-7、図-8）

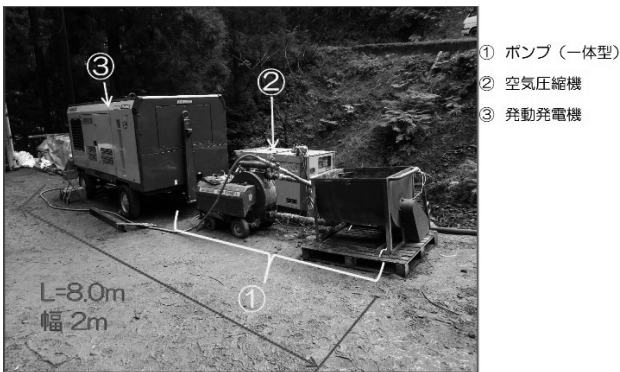


図-6 ニューロータリーポンプ一式

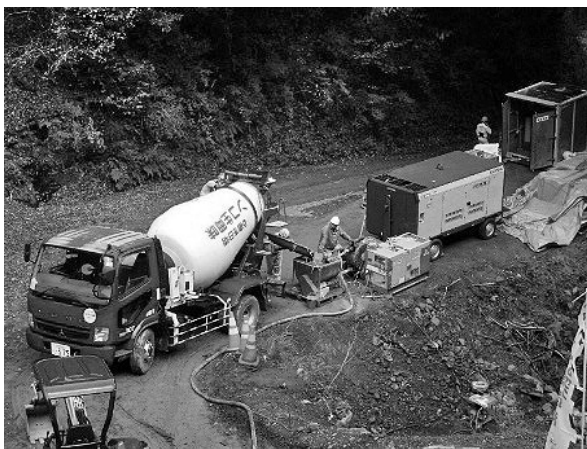


図-7 ニューロータリーポンプ設置状況



図-8 モルタル吹付状況

本工法では生コン工場により練り混ぜた生モルタルを使用することから、吹付プラントでの作業は、生コン車の誘導とコンプレッサーから配管に送られるエア量調節だけであり大幅な作業簡素化が図られている。

また、従来工法で必要であった吹付機操作の熟練技能者や建設機械運転資格者（タイヤショベル）配置も必要なくなり、吹付プラントでは普通作業員1名の配置で施工可能である。

生モルタルの配合については、従来工法での示方配合に則り、セメントと砂の配合比1：4、W/C=60%以下、設計基準強度 $18\text{N}/\text{mm}^2$ となるよう生コン工場と配合試験練りを行いながら施工性も考慮し配合決定を行った。

強度確認については、生モルタルを実際の現場法面上にて吹き付け供試体を採取、1週間後に所定の寸法（ $\phi 50\text{mm}$ 、 $L=100\text{mm}$ ）にてコア抜きを行い、圧縮強度試験を行った結果、設計基準強度以上の $18.3\text{N}/\text{mm}^2$ と合格であった。（図-9）



図-9 供試体採取及び強度試験

従来工法である現場でモルタルを練りながらの吹付作業に比べ、JIS生コン工場で事前に練り混ぜられた生モルタルを使用することで1.3倍程度の吹付量が図れる。

その利点を生かすためにも、材料供給に対する運搬打設計画（運搬車両確保、搬入時間間隔等）について生コン工場と詳細に打合せを行うことで、安定的な材料の供給と少人数での生産性向上が図れた。

## 4. 適用結果、効果

ニューロータリーポンプ導入によりプラント設備の大幅な省スペース化が図れ、住民の方々にとっても負担の大きい交通規制を行わず無事に施工完了することができたことは、住民、発注者、企業にとって大きな利益につながったと思う。

また、従来と比較して、機械の省力化63%削減、施工の省人化40%削減するなどの生産性向上に加え、プラント周囲をタイヤショベルが往来しないなど、作業員に対する安全性について効果を確認した。

その他、従来と比較してセメントの粉塵飛散や、吹付機からのエア排気騒音が発生しないなどの環境面に対する向上や、工場出荷により現場での品質管理負担が50%以上軽減されるなどの良い効果が得られた。以下にまとめる。(表-1)

表-1 導入効果比較表

製造仕様	従来の吹付工法 現場練りプラント	NRP吹付 生コン工場練り	効果
省力化 (機械)	①吹付機 1台 ②空気圧縮機 1台 ③発電機 1台 ④ベルトコンベア 2台 ⑤砂ホッパー 1台 ⑥計量機 1台 ⑦タイヤショベル 1台 合計(7種類) 8台	①ニューロータリーポンプ 1台 ②空気圧縮機 1台 ③発電機 1台 合計 3台	◎ 63%削減
運搬経費	7tユニック 4台	7tユニック 2台	◎ 50%削減
プラント 占有率	延長30m×幅4m =120m <sup>2</sup>	延長8m×幅2m =16m <sup>2</sup>	◎ 87%削減
省人化	A 熟練作業(吹付機) 1名 B 特殊作業(吹付) 1名 C 普通作業(手元) 1名 D 普通作業(セト入) 1名 E 特殊作業(砂入れ) 1名 合計 5名	B 特殊作業(吹付) 1名 C 普通作業(手元) 1名 F 普通作業(I7調整) 1名 合計 3名	◎ 40%削減
施工性	日当たり施工量 9m <sup>3</sup> /日	日当たり施工量 12m <sup>3</sup> /日	○ 33%向上
	設置及び配線時間 6時間/回	設置及び配線時間 1時間/回	◎ 83%削減
安全性	①道路沿いでの設置が必要な場合、終日、片側交互通行規制必要	①乗用車2台程度の駐車帯があれば交通規制を必要としない	◎ 向上
	②タイヤショベルが稼働、作業員との接触リスク	②タイヤショベル不要、リスクの排除	◎ 向上
環境性	①セメント投入時の粉塵飛散あり	①生モルタル投入のため粉塵飛散なし	○ 向上
	②吹付機からエア排気時の騒音が非常に大きい	②エア排気音なし、騒音少ない(民家近くでの作業に適する)	◎ 80%削減
	③吹付跳ね返り材(配合不良)が多く、コンクリート殻として産廃発生	③生コン工場練り混ぜのためリパウンド少ない。	○ 50%削減

## 5. おわりに

従来の法面等へのモルタル吹付工法におけるモルタルガン(吹付機)を中心とした現場練りプラント設備は、ここ40年以上ほとんど変わっていない現状である。

今回導入したニューロータリーポンプについては、ニューロータリーポンプ吹付工法として位置づけ、省人化、省力化など生産性向上に特化した技術革新を確立するため、現在まで現場条件の異なる4件の現場において試験施工を行っており、配合等を含め改善を行っている。

また、熟練技能者が不要なこと、機械が省力化されることで、自社の作業員による自社施工班も編成する計画である。

近年、東日本大震災を始め熊本地震、西日本豪雨災害での復興復旧需要や、今後懸念されている南海トラフや日向灘を震源とした地震、津波に対する災害対策などの国土強靱化に対し建設関連の需要は高まっている。

しかし、我が国の総人口の減少、高齢化による生産年齢人口の減少は加速的に進んでおり、建設業界にとっても、その影響は顕著となっている。

弊社においても、すでに若い人材の求職者は少なく、高齢化も進んでいることから、それらに伴う急激な技能労働者不足や担い手不足は、大きな問題となっている。

特に弊社の主力業務の一つである法面の吹付工事では、技能労働者不足により廃業もしくは施工班を縮小する協力会社も多く、今後、受注しても人員確保待ちで工事が開始できなかつたり、少ない人数での施工で工程自体が長くなり生産性低下となる恐れもある。

そうした中で、施工の省人化、機械の省力化、日当たり施工量の増加に対する工夫改善に積極的に取り組むことにより大幅な工程短縮と生産性向上に繋げ、よって一人当たりの給与が増加したり、休日の確保など、魅力ある建設業界になるよう微力ながら尽力していきたい。

# 35 i-Construction 等

## 鋼橋架設工事における計測の省人化とMRの導入

日本橋梁建設土木施工管理技士会  
川田工業株式会社  
現場代理人  
高 桑 正 直

### 1. はじめに

本工事は、国道6号の牛久駅～荒川沖駅周辺で慢性的に生じている渋滞の緩和と圏央道へのアクセス向上を目的とした牛久土浦バイパスの起点付近の橋梁架設工事である。本稿では、本現場が「4週8休の試行現場」である事を踏まえ、現場職員の働き方改革（残業の低減）を推進すべく架設誤差を把握するために行う計測要員の省人化、および設計担当者や製作担当者の経験不足（作業効率向上を目指した設計プログラムの入力ミス等）を補うために現場施工時に発覚する恐れのある誤作を防ぐ目的で行った、工場製作時にMR（Mixed Reality：複合現実）を用いたチェックによる効果について報告する。

#### 工事概要

- (1) 工 事 名：H30牛久土浦BP根古屋川橋第1橋上部工事

- (2) 発注者：国土交通省関東地方整備局常総国道事務所  
(3) 工事場所：茨城県牛久市遠山町地先  
(4) 工 期：平成31年1月16日～令和2年7月20日  
(5) 橋梁形式：鋼5径間連続少数鉸桁橋

### 2. 現場における問題点

- (1) 平面曲線を有した少数鉸桁橋の架設精度管理  
本橋は、半径900mの平面曲線を有した少数鉸桁橋である。ねじれを伴ってたわみ変形する曲線2主桁の断面形状は、架設に際し主桁間隔や標高差に誤差が生じやすく、組立精度の低下を招く。  
また、南北方向に架かる橋梁であることから、朝夕で日照を受ける面が異なるため温度変形が複雑となり、平面位置に誤差が発生するリスクが高い。以上の問題点を解決するため、計測による設計値との誤差を把握する必要があった。

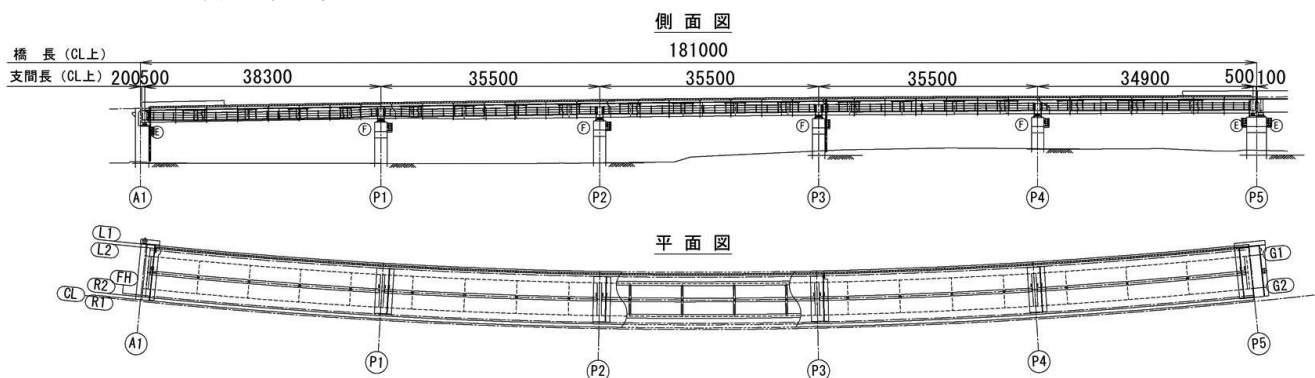


図-1 一般図

## (2) 付属物や足場金具の取付ミス等の防止

鋼橋上部工事において、検査路・排水装置等の付属物や足場等の仮設材は架設時に現場で取付けられるが、これらを固定する金具位置の誤り・設置漏れや計画経路の不備に伴う不具合・手戻りは、工事工程に多大な影響を及ぼす。

金具位置や経路の妥当性を検証する方法として従来は、工場での仮組立時に、作業員が付属物・足場の固定用金具（桁付き金具）を図面と実構造物を照らし合わせながら、1箇所ずつ2人一組で巻き尺により寸法を測定して確認する方法、(図-2) または、一部の付属物を仮組立の桁に実際に取付けて確認する方法が採られる。

本橋では、主桁および横桁に取り付く上部工検査路金具が25箇所、排水装置金具が90箇所、足場吊金具が888箇所の合計1003箇所の金具が設置される。上記のいずれの確認方法でも多大な労力を要することとなり、測定ミスや漏れが発生することが懸念される。

これらの誤作を未然に防ぎ、手戻りなく現場施工をスムーズに進めることが重要である。



図-2 工場での金具取付間隔の測定状況

## 3. 工夫・改善点と適用結果

### (1) 新技術を活用した計測

従来の組立精度の計測方法は、従来であれば、トランシットによる平面位置の計測、レベルによる標高の計測、下げ振りによる桁の鉛直度の確

認、スチールテープによる主桁間隔の確認が挙げられ、計測要員として最低2名は必要であると共に、計測箇所も点在しており計測作業に時間がかかる。また上記に加え、鋼橋における温度変形の影響を考え、部材温度にムラの少ない夜間の計測を実施する必要があるが、照明等の準備手間、安全性の確保を考慮すると無人で計測できるほうが良い。

生産性向上を求められている社会的な背景も鑑み、効率化、省人化を図るため、新技術を活用した計測を行った。

#### ・橋梁桁変位自動計測システムの活用

桁の平面位置を計測するため、「橋梁桁変位自動計測システム」を用いた。橋梁桁変位自動計測システムは、トータルステーション、プリズム、計測用パソコン、無線LAN、TS制御ユニットにより構成されており、任意の時間に自動で計測し、設計値と実測値との差分を自動で計算表示するシステムである。(図-3) トータルステーションの据付及び不動点の設定を行えば、計測したい位置にプリズムをセットするだけでトータルステーションが自動追尾し、無人で計測することが可能である。(図-4)

橋梁桁変位自動計測システムを用いたことによって、従来2名で計測するところを無人で計測できることが実証され、省人化を図ることができた。また、危険が伴う夜間作業を行うことなく計測結果を得ることができた。その他クラウド上で結果を見ることができ、現場に赴くことなくリアルタイムで結果を確認することができ、且つ職員間での情報共有もスムーズに行うことが可能となった。

#### ・デジタルカメラ三次元計測システムの活用

桁の断面形状を把握するため、「デジタルカメラ三次元計測システム」を用いた計測を行った。



図-3 橋梁桁変位自動計測システム



図-4 計測状況

計測手順としては、シールターゲットを計測したい箇所に設置し、コードターゲット及び基準バーを任意の場所に設置する。(図-5) ターゲット類の設置が完了した後、デジタルカメラにて複数の角度から撮影を行い、パソコン上に画像を取り込み、三次元座標値の計算処理を行う。コードターゲットは写真同士を繋ぎ合わせる役割を持ち、複数の写真から同一のコードターゲットを見つけ、立体形状を再現する。基準バーは、写真上の長さを認識するために設置する。

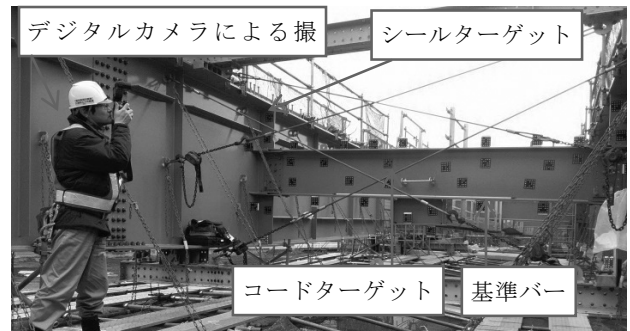


図-5 計測状況

従来断面形状を把握するためには、スチールテープでの主桁間隔の計測、および下げ振りによる鉛直度の計測、両方の結果を合わせて確認する必要があり、計測項目が2つある状況であった。しかし、デジタルカメラ三次元計測システムを用いることで、計測により算出した三次元座標値と設計座標とを比較することで架設誤差がどの程度あるか一目で把握することができるため、計測項目としては1つで済むことになる。現場での実作業はターゲット等の設置及び写真撮影のみとなり、簡易に計測が可能となった。計測要員の点からみると、従来は2名必要になる作業であるが、写真撮影等1名で対応可能な作業となるため省人化を図ることができた。

#### (2) MRを活用した事前チェック

今回、工場製作時において、MR (Mixed Reality: 複合現実) 技術(図-6)を活用し、本橋の上部工検査路、排水装置及び足場に関わる桁付き金具の設置位置及びそれら付属物の経路の妥当性を、正確かつ効率的に検証した。

MRは現実の映像と実寸大のCIMモデルを重ねて可視化できる技術であり、MRを実現するデバイスとして、マイクロソフト社製のホロレンズを使用する。ホロレンズは本機のディスプレイが透明であるため、ディスプレイ越しに周囲の現実の風景が見える。このディスプレイに、設計・原寸作業時に作成した3次元CIMモデルを実物大で映し出し、ホロレンズ越しに見える現実の仮組立の桁と重ね合わせて可視化することができる。



CIMモデルを重ね合わせた時の見え方を図-7に示す。実物の鋼桁に対し、MR装着者には、設計上の金具類の配置が重なって見える。部材は用途毎に色分けし、図面を携行しなくても一目で種類が判るようにしたほか、仮組立時には取り付かない配管も表示させ、完成時の配管経路がイメージできるようになっている。

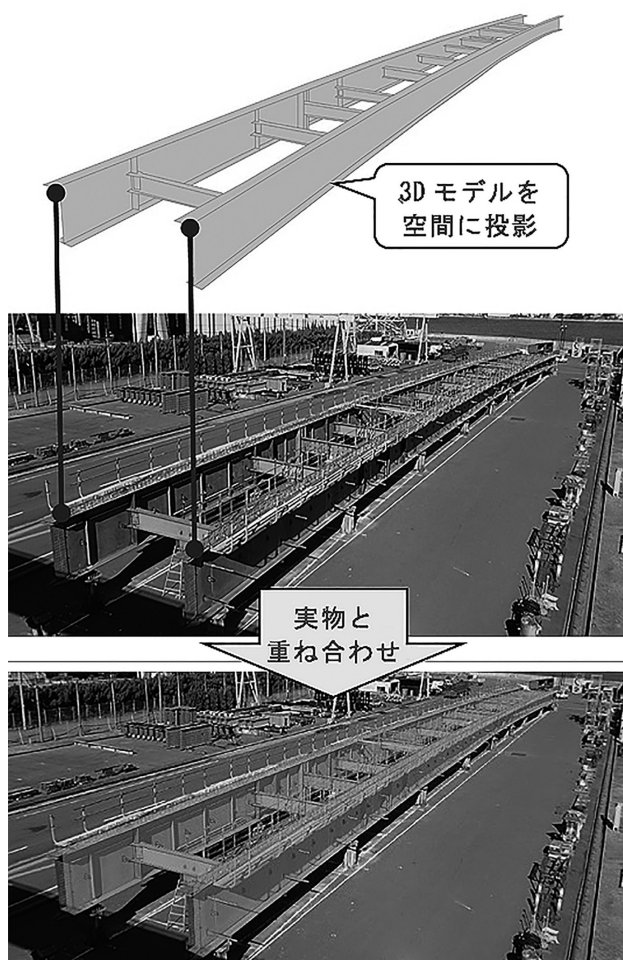


図-6 MR技術の活用イメージ

今回の検証結果では、主桁・横桁に取り付く上部工検査路、排水装置及び足場吊金具を対象に、MRを用いて、(a) 金具の設置数の確認、(b) 金具の設置ミス の判定、(c) 検査路・排水装置の位置ずれの3項目を確認した結果、いずれの管理項目も問題ないことが確認でき、現場施工においても手戻りなく作業を進めることができた。



(a) 実物の鋼桁



(b) 装着者からの見え方

図-7 完成時の排水管を投影した例

#### 4. おわりに

本稿では新技術を用いた省人化により、2024年4月から、建設業で実施される労働時間の上限規制に対し、部分的ではあるが有効である事が確認できた。また、MRを活用した付属物のチェックにより、桁製作における設計・製作段階での技術の伝承が行き届かない部分を目で見える形で確認できるツールを活用し、誤作を防止し、スムーズに施工することができた。今後も「新技術の活用」を積極的に取り入れ、次世代施工に向け推進する。

最後に、国土交通省関東地方整備局常総国道事務所及び牛久監督官詰所の発注者の皆様、および工事関係者の皆様のご協力のおかげで、無事故無災害で竣工を迎えることができましたことをこの場をお借りして厚くお礼申し上げます。

# 36 i-Construction 等

## 橋梁架設における現地施工への CIM 技術活用

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  
監理技術者  
片 山 博 司

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工 事 名：H30舞浜交差点横断歩道橋上部工事
- (2) 発 注 者：国土交通省関東地方整備局
- (3) 工事場所：千葉県浦安市舞浜2丁目地先
- (4) 工 期：平成31年3月13日～令和2年5月29日
- (5) 諸元（形式）：4径間連続鋼下路式钣桁橋  
（橋長）：133.013m（道路中心線上）

### 2. 現場の特徴と課題

当該工事現場は一般国道357号上に位置する重交通道路、舞浜交差点を横断する歩道橋を建設する工事である。図-1の平面図に示す通り、現地にはJR舞浜駅と舞浜2丁目をつなぐ既設歩道橋（図中の淡いハッチング部）が存在するが、これに対して離隔約250mmの位置に平行に新設歩道橋を架設した（濃いハッチング部）。加えて、新設歩道橋の上空には舞浜交差点を立体化する国道357号（令和2年6月開通の舞浜立体）および首都高速道路高架橋が通過しているため、上方は高架橋、左右は既設歩道橋と舞浜立体の橋脚に囲まれた狭隘な箇所条件下での工事であった。架設ヤード条件を図-2に示す。

架設現場は支障物に囲まれており、接触・挟まれ事故などの危険要素を多分に含むことと、重交通道路を規制しての施工であるため、架設のやり直しが利かず、架設計画を綿密に策定することが何よりも重要であった。そこで、本工事では事前にCIMモデルを活用しての架設シミュレーションを実施し、架設時の問題点の洗い出しを行うことを決定した。

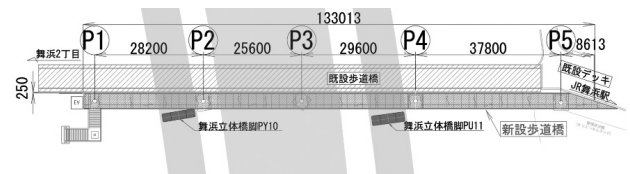


図-1 舞浜歩道橋平面図

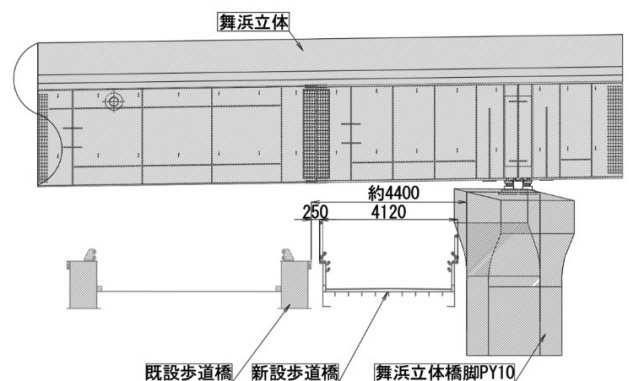


図-2 架設ヤード条件 (A-A断面図)

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### 3.1 CIMモデル活用概要

本工事では下記に示す大きく分けて3つの工程を経てCIM架設シミュレーションを実施した。

- ① 新設橋梁CIMモデルの作成
- ② 3Dスキャナによる現地ヤード状況の点群データ取得と現地ヤード状況のCIMモデル作成
- ③ CIM架設シミュレーションの実施

各項目に要した時間・使用機器を表-1に示す。本工事の場合は本社勤務のCIM専門技術者の力を借り、CIMモデルの作成から架設シミュレーション動画の作成を実施した。

表-1 CIM実施概要

	作業	時間	使用機器
①	CIMモデル作成	3週間	PC, AutoCAD
②	ヤード条件の計測	1日	3Dスキャナ
	ヤード条件のモデル化	3日	PC, Recap
③	架設シミュレーション	3週間	PC, Navisworks, 3D建機ナビ

#### 3.2 架設シミュレーション結果

P2-P3間およびP3-P4は上方に高架橋が存在するため、多軸台車による一括架設をそれぞれ1夜間かけて実施した。P3-P4間の多軸台車架設に対してCIM架設シミュレーションの結果を受けて架設計画を変更すべき箇所を1か所抽出した。図-3に示す、道路の中央に存在するP3橋脚周りのベントと多軸台車が接触することが判明した。ベントとの接触を避けるように、既設歩道橋下へ一度桁を入れ込み、多軸操作でベントを回避して架設する案も考えられたが、高欄を設置した新設桁を乗せた状態では、既設歩道橋をくぐることは高さの制約から無理であった。そこで、本工事では図-4に示す通りP3橋脚周りのベント構造と位置を見直して、接触の起こる多軸台車側へ部材が張り出さないよう改良を行った。さらに多軸

台車の機種を6軸から5軸に減らして小型化することで、ベントに接触せず架設ができることを確認した。

早期段階で現行の架設計画の問題点を抽出し、架設方法の修正、ベントの構造変更、ベントの強度確認を一括架設の3か月前には完了した。これによって現地での材料手配に十分間に合い、架設を開始することができた。



図-3 P3-P4架設計画当初



図-4 P3-P4架設計画変更後

支障物の多い場所に対して、2次元の図面によって架設計画を行うには熟練した技術が要される。今回のP3-P4間多軸台車一括架設を例に挙げると、P3ベントと多軸台車の接触のような平面的干渉の他に、多軸台車と既設歩道橋および上空の高架橋との高さ方向の干渉も確認しなければならない。地盤高は各所で異なるため、最も高い箇所を元に計画を立てなければならない。もっと詳細な話をすると、本工事では新設桁の下方が道路であり、一括架設後に付属物である高欄を取り付けることは、部材の落下等の危険性があるためにできない。地組桁に高欄を設置した状態で多軸台車架設を実施するのだが、架設時に高欄が既

設構造物に接触しないか、架設の弊害にならないかの干渉チェックも必要である。一括架設後にヤード内に収まる領域は事前に高欄を設置する必要はないため、架設の弊害になるのであれば設置しない選択もできる。地組桁への高欄設置範囲の決定に関しても、視覚的に確認が可能である点から有用であった。

以上のように、架設計画を行う上で注意すべき点は多岐にわたり、これらの着目点を全て2Dの図面で処理しようとする場合見落としも起こりうる。3Dモデルによって架設計画を実施することで、視覚的に発見しやすい重大なミスを見逃すことがなくなる。さらに、架設計画を動画にして共有することで、動画を作成した担当者では気が付かなかった盲点に現場施工担当者が気が付き、対策を練るきっかけにもなると考える。

### 3-3. CIM架設シミュレーション動画を活用した作業手順周知会

架設シミュレーションを実施したことで、架設時の留意点や架設手順が明らかとなった。特に支障物に囲まれ作業手順が複雑であったP1-P2間の架設に関して記述する。P1-P2間はオールテレーンクレーンによる一括架設を行った。P2橋脚周辺は前述の図-1および図-2に示した通り、新設桁の上空を舞浜立体が通過し、左右を既設歩道橋と舞浜立体のコンクリート橋脚に囲まれている。既設歩道橋と橋脚の距離は最も狭い箇所約4.4mであり、ここに幅員4.12mの新設桁を差し込むように架設する必要があった。この狭隘な箇所に対する一括架設手順を図-5から図-8に示す。はじめに架設位置へ到達するまで、既設歩道橋のスロープに設置された照明柱の上空を地組桁が超えるようにクレーンを旋回させる。(図-6) 続いて、架設個所に到達すると、介錯で桁位置の調整を行いながら照明柱の間に地組桁を落とし込む。(図-7) その後再びクレーンを旋回させて地組桁が舞浜立体橋の下方へ差し込まれる様に架設を行う。(図-8)



図-5 架設シミュレーション 地切り



図-6 クレーン旋回



図-7 既設歩道橋照明柱間への桁落とし込み

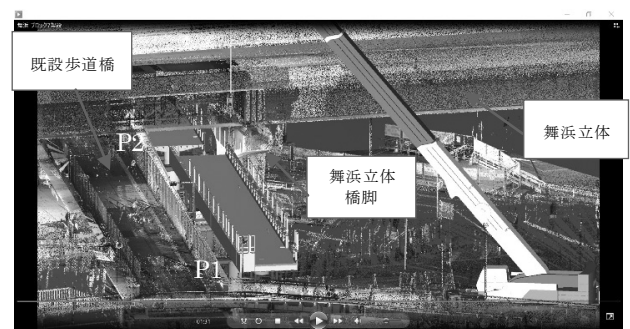


図-8 支障物間への桁差し込み

当該工事の架設地点は臨海部のために風が強く、強風による荷振れが生じる可能性があるため、既設構造物への接触リスクが高い。今回は地組桁のP1側とP2側に電動チルホールへ接続したワイヤーを設置して、吊り上げ時の地組桁を引っ張り、位置を制御しながら架設を行った。この機械的制御を行うにも施工手順と操作のタイミングを架設に携わる全ての担当者が正しく理解することが重要である。

上記のように、細かな作業手順を文章・平面図のみで架設従事者全員に伝えることは難しいため、本工事ではCIM架設シミュレーション動画を一括架設の作業手順周知会に使用した。シミュレーション動画の視覚的な効果によって、架設の留意点や手順、各員の配置・担当する作業の内容とタイミングを正しく共有することが可能となり、接触事故などの災害なく架設を完了することができた。

また、シミュレーション動画は発注者への説明にも活用し、互いに認識の共有が容易となった。

#### 3-4. その他の効果

CIMモデルやヤード条件を計測した点群データを処理・編集するには、ある程度性能の良いパソコンを用意した上で、3DCADや点群データを処理するソフトを購入する必要がある。しかし、完成した3Dモデルの閲覧のみであれば、現場での実用もそこまで難しくない。本工事ではCIMの3Dモデルを現場でもタブレット端末を用いて確認できるように設定し、活用した。ネット環境さえあれば、現場内の任意の場所でCIMモデルを確認できる。現地とモデルを同時に確認ができるために、現場における職員や作業担当者との打ち合わせに活用することで、意思疎通が図りやすくなった。さらに、当該工事は若手技術者が多く配置されていたが、2D図面を読み取る技術に乏しい若手技術者に対して、CIMモデルが主桁構造を正しく認識するための補助的役割を担った。本工事の例を挙げると、地組用架台や架設用ベントの構造を決定する際に、架台やベントと主桁の干渉の有無を判断することが容易となった。

## 4. おわりに

本工事においてCIMを現地施工へ活用した際に得られた知見を以下にまとめる。

- ① 狭隘な架設ヤード条件に加えて、重交通量の交差点を規制しての一括架設を実施するにあたり、CIM技術を活用した架設シミュレーションを行い、事前に架設計画の問題を抽出し、対策を講じたことで、工期の遅延なく工事を竣工した。
- ② CIMモデルを用いた架設シミュレーション動画を作成し、これを作業手順説明会に使用した。動画は架設従事者全員が作業手順を正しく理解することを助け、狭隘な施工条件下の架設を事故なく安全に完遂した。さらに、発注者への説明にも活用することで、認識の共有が容易になった。
- ③ タブレット端末を用いてCIMモデルを現場で閲覧可能にすることで、現地とモデルを見比べながら架設段取りの打ち合わせが可能となった。さらに、2D図面のみで打合せするよりも認識を共有しやすくなった。

CIMデータ作成は3Dデータを扱う技能を要する点、ソフト・ハードの導入が必要な点から現場でのデータ作成が難しい現状がある。本工事では現地ヤードの点群データ計測を1度実施した。一方、ヤード状況が時刻とともに変化する場合、1度の計測のみでは効果的なCIM活用が難しい状況もあるため、現場担当技術者に現地ヤード状況の点群データの取得とヤード形状のモデル化、さらに架設シミュレーションを実施する技能が求められる。今後は現場技術者へのCIM技術教育並びにソフト・ハードの整備を行い、より多くの工事でCIMモデルを施工に活用していく考えだ。

終わりに、本工事の施工に当たりご指導いただきました国土交通省関東地方整備局首都国道事務所の皆様に厚くお礼を申し上げます。

# 37 i-Construction 等

## 鋼橋架設工事における CIM モデルを 活用した施工および維持管理

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

高石 将太<sup>○</sup>

現場代理人

鷲足 健全

監理技術者

今 和也

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：一般国道5号 余市町  
登川大橋（B橋）上部工事
- (2) 発注者：北海道開発局 小樽開発建設部
- (3) 工事場所：北海道余市郡余市町登町地先
- (4) 工期：平成29年10月27日～  
令和2年1月31日

本工事は、後志自動車道のうち倶知安町から余市町を結ぶ倶知安余市道路事業の一環として、一般国道5号のバイパス機能を担い、NEXCO東日本が管理する余市ICに接続する自動車専用道路の鋼橋上部工を整備するものである。（図-1）

架設地点は図-2に示すように供用中である余市ICのオン・オフランプ上に位置する。

国土交通省では平成28年度より「i-Construction」をはじめとするICTを活用した建設業の生産性向上を目的とした事業が開始され、平成30年度には、全国10カ所の「i-Constructionモデル事務所」および「3次元情報活用モデル事業」が選定された。<sup>1)</sup>（表-1）これらは、集中的かつ継続的に3次元データ活用やICT導入を加速化することで、生産性向上を推進するものである。

本工事は、北海道で唯一モデルとなった事業の一環として、「CIMモデルを活用した施工・維持管理」をテーマに、3次元データを活用した架設および維持管理の効率化を試みた。

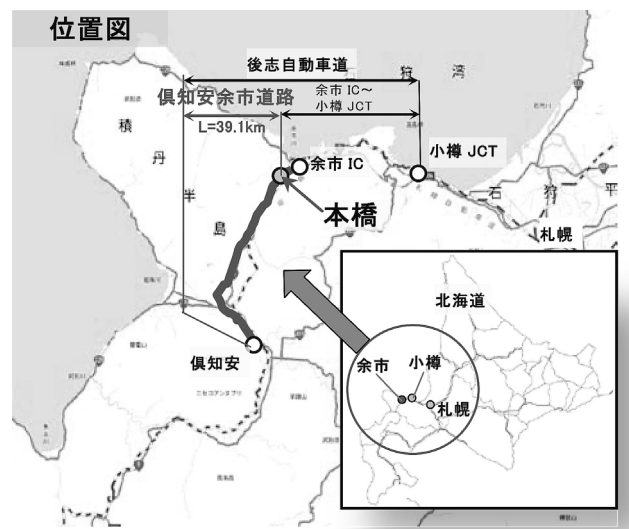


図-1 位置図

表-1 i-Constructionモデル事務所一覧<sup>1)</sup>

モデル事務所	3次元情報活用モデル事業
小樽開発建設部	一般国道5号 倶知安余市道路
鳴瀬川総合開発工事事務所	鳴瀬川総合開発事業
信濃川河川事務所	大河津分水路改修事業
甲府河川国道事務所	新山梨環状道路
新丸山ダム工事事務所	新丸山ダム建設事業
豊岡河川国道事務所	円山川中郷遊水地整備事業（河川事業） 北近畿豊岡自動車道 豊岡道路
岡山国道事務所	国道2号大橋橋西高架橋
松山河川国道事務所	松山外環状道路インター東線
立野ダム工事事務所	立野ダム本体建設事業
南部国道事務所	小樽道路

### 2. 現場における問題点

本橋は、NEXCO東日本が管理する余市ICのランプ上を跨いでおり、用地使用および作業時間に制約があった。そのため、本工事および将来の維持管理を行う上で以下の課題が想定された。



図-2 架設地点の状況

### 2-1 立地条件による問題点

本橋へはIC内を横断し、アクセスしなければならない。このため、施工計画においては、現場作業の合理化が重要であった。また、保安設備や機材の配置計画については、NEXCO東日本との協議が必要となる。

### 2-2 維持管理書類の問題点

通常は点検記録や設計図面など維持管理に必要な図書（以下、維持管理書類）に様々な種類があるため、必要書類の検索に大きな労力を要していた。また、災害時には、必要な情報に早急にアクセス可能とすることが求められていた。

### 2-3 施工時における地元への合意形成

本橋の開通により、新千歳空港への利便性向上、物流の効率化、救急搬送時の安全性向上、災害時の緊急輸送ルート確保や迂回ルート選択肢増加による移動時間短縮が見込まれる。住民に事業の効果を説明することで、工事への理解を深め協力を促すことが求められた。

## 3. 工夫・改善点と適用効果

### 3-1 周辺地形データを再現したモデル

国土地理院から提供されている基盤地図情報が最新の状態でなく、情報量も不足していたため、現地の写真を参考に地形モデルを再現し、橋梁の

3次元モデルと統合を行った。これにより、橋梁へのアクセス方法を精度よく確認することが容易となった。また、ランプ上の通行規制や保安設備配置についても、3次元モデル上で計画が可能となり、協議に有効に活用できた。図-3は3次元モデルを使用した施工計画、図-4は実際の規制状況を示す。

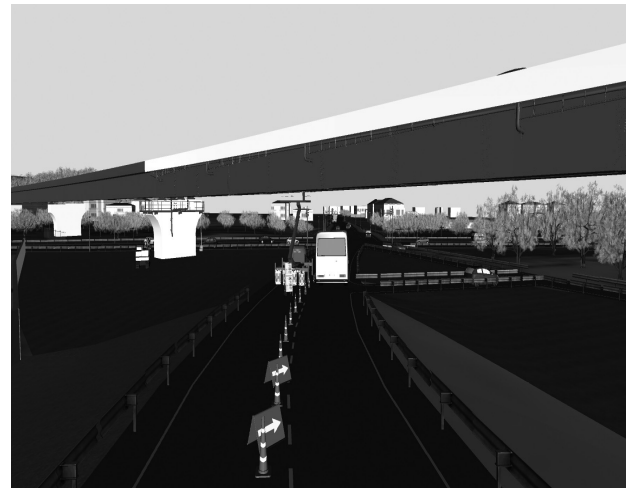


図-3 3次元モデルを活用した施工計画



図-4 実際の規制状況

### 3-2 維持管理書類のデータベース化

#### (1) 目的

このデータベースは、維持管理書類を3次元モデルと紐付けし一元管理をすることと点検結果の追加保存も可能として本橋のメンテナンスサイクルに資することを目的とした。

(2) データベース概要

本データベースの概要を図-5に示す。

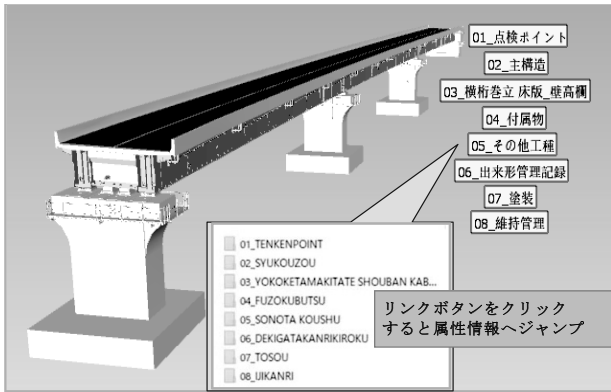


図-5 維持管理属性付与モデル

属性情報として維持管理書類を「点検ポイント」「部位別図面」「出来形管理記録」「塗装」「維持管理」の категорияに分け、3次元モデル内のリンクボタンから直接参照可能とした。

「点検ポイント」には、将来の定期点検の一助となるよう、損傷が予想される種類と着目箇所の一覧をPDFファイルにまとめ、関連図書へリンクさせた。想定した損傷の種類は以下の通りである。

- ・ 構造物の腐食・劣化
- ・ 溶接部の亀裂
- ・ 添接部の高力ボルトのゆるみ・脱落

それぞれの項目は、主構造、付属物図面の該当箇所に着色し、一目で把握できるようにした。図-6、7に点検ポイント一覧および着目箇所の一例を示す。

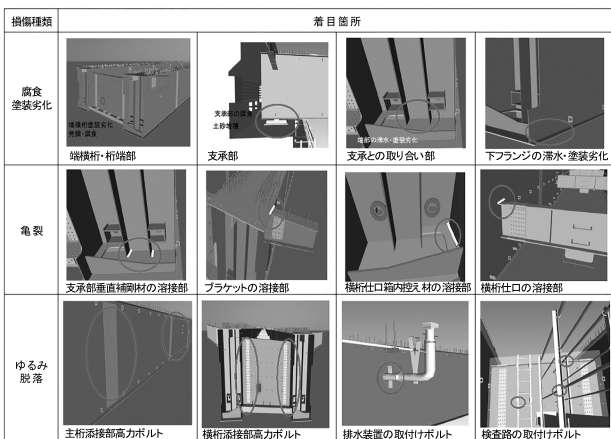


図-6 点検ポイント一覧

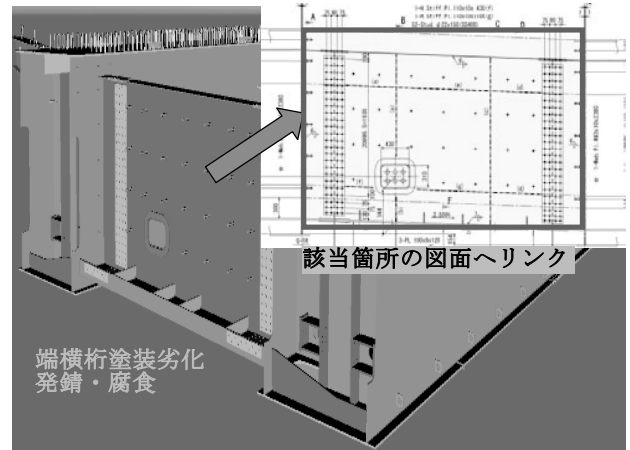


図-7 点検ポイント着目箇所の一例

「部位別図面」および「出来形管理記録」では、コンクリート構造部分（床版、横桁巻立、壁高欄）の打設記録、鋼桁部分の支間長などの出来形管理記録や竣工図面、使用材料のメーカーカタログを格納している。これにより、維持管理や災害の際に早急に必要書類へアクセスできるようにした。

「維持管理」には、将来の点検や補修の記録を発注者側が自由に追加し、整理することが可能となっている。下部工や舗装などの別発注の工事に関するデータも保存することで発注者側の情報管理の負担が軽減されるよう配慮したものである。

(3) 適用効果と今後の期待

本データベースの構築により以下の効果が期待できる。

- ・ 橋梁点検時の動線を事前に確認できるとともに、図面だけでは気づきにくい部位も3次元モデルにより立体的に把握できるため、点検計画が容易になる。点検対象が広範囲に及ぶ場合は、重点的に実施すべき部位の絞り込みが可能である。
- ・ 維持管理書類の検索が容易となるため、災害時にも早急な対応ができ、橋梁のライフサイクル全体で発生する作業の効率化が可能である。
- ・ 点検記録や写真は膨大となるが、これらをCIMモデルの属性情報として紐付けることにより、1つのデータベース上で一元管理が可能となる。



- ・点検時に現場でタブレット端末等を使用することで、リアルタイムに情報の確認・記録が可能である。これにより将来の点検時にも情報を引き継ぐことが容易である。
- ・今後は、路線全体の情報管理ツールへの拡張の可能性を有している。

### 3-3 ドローン空撮、VRによる現場見学会

発注者と共同で地元住民を対象に3次元モデルを活用した現場見学会を実施し、事業の概要や効果について説明を行った。

#### (1) 実施内容

- ・床版上でVRゴーグルをかけ、同じ視野に広がる道路や通行車両のパノラマ画像を確認し、供用後のイメージをつかむ。
- ・未施工区間についてもVRにより完成後道路状況のイメージを把握する。

#### (2) 概要

今回実施したVR体験のイメージを図-8に示す。

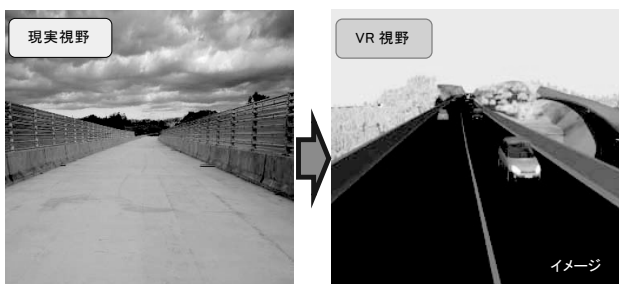


図-8 VR体験イメージ

VR作成にあたり、ドローンにて橋梁周辺の風景を空撮し、位置情報を取得した。これを考慮しながら3次元モデルと統合した。

VR体験には、スマートフォンと簡易VRゴーグルを使用した。

#### (3) 適用効果

VR体験を通じ、開通後の具体的なイメージを住民と共有し、事業への理解と協力を得ることが容易となった。小学生を対象とした見学会では将来の担い手確保への手ごたえも感じる事ができた。図-9は見学会のVR体験の様子である。



図-9 VR体験状況

## 4. おわりに

今回実施した3次元モデルをプラットフォームとした維持管理書類のデータベース化は、将来の点検記録の管理にも有効であり、下部工や舗装など別発注工事のデータもリンクさせれば、事業全体での活用が可能となる。

現場管理において、3次元モデルを活用した現場状況の把握や設備配置、施工方法の検討を行うことで、施工の効率化が期待できる。

建設業においては、就業者数の減少が続いており、担い手確保や生産性向上のためi-Constructionの推進が急務となっている。今後も今回の経験を生かし、i-Constructionを活用した建設業界の発展に携わっていきたいと考えている。

最後に、ご指導頂いた小樽開発建設部小樽道路事務所の方々、並びに、ご協力頂いた工事関係者にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) 国土交通省HP、i-Constructionの貫徹に向けたモデル事務所の決定について:

<https://www.mlit.go.jp/common/001278813.pdf>

# 38 i-Construction 等

## 3Dレーザースキャナを用いた架設検討の省力化と高度化

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

工事担当

吉岡 大樹<sup>○</sup>

工事担当

立山 広行

計画担当

吉田 謙一郎

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：葛島第1高架橋上部工事
- (2) 発注者：国土交通省四国地方整備局  
土佐国道事務所
- (3) 工事場所：高知県高知市高須地先
- (4) 工期：平成30年2月8日～  
令和2年2月28日

本工事は高知南国道路の一部で高知ICと高知南ICの間に位置する4径間連続鋼開断面箱桁橋の上部工事である。交差する国道32号は主要幹線道として交通量が多いため、架設期間中の交通規制をできる限り短くし、地域の交通、産業への影響を最小限にとどめる必要があった。

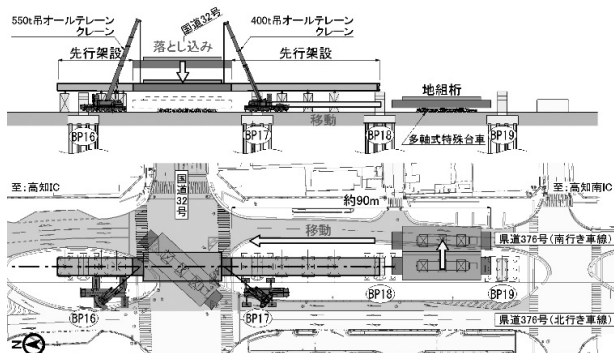


図-1 架設要領図

工事発注時点では、国道32号上を含むBP16～BP18間が送出し架設工法で計画されていた。

しかし、送出し架設工法では、送出し作業のほか、桁の降下、高力ボルト本締めや添接部の塗装などが必要であり、これらの作業量の多さから国道32号を最低でも7日程度通行止めにする必要があった。そこで本工事では、事前に常設ヤード内で国道32号交差点上の主桁ブロックと合成床版パネル（合計約100トン）の地組立を行い、1夜間で多軸台車にて架設地点まで約90mの移動と、2台のクレーンによる相吊り・落とし込み架設を行い、先行架設済みの桁と連結する計画とした。図-1に架設要領図を、図-2に架設地点の状況を示す。



図-2 架設地点

### 2. 現場における問題点

国道32号上を跨ぐBP16-BP17間を、当初計画案の送出し架設工法から、1夜間通行止めによる一括架設に変更するにあたり、地組立ヤードから架設地点への桁の運搬と一連の架設作業における問題点を事前に把握し解決する必要があった。

運搬経路は非常に狭小で障害物が多く、架設地点においては架線が多いことから、架設計画段階で以下の3点が課題として挙げられた。

- ①多軸台車にて地組立ヤードから架設地点に移動する経路において、歩車部縁石、標識や信号などの障害物がないか確認する。(図-3)
- ②クレーンにて桁を吊り上げた際に、クレーンブームや吊ワイヤロープが架線や信号などと干渉しないか確認する。(図-4)
- ③桁架設地点の架線の位置を把握し、移設計画を行う。(図-5)



図-3 多軸台車にて移動する経路上の障害物



図-4 クレーンブームと架線の干渉



図-5 UAV写真測量計測イメージ

### 3. 計測手法の検討

従来の架設検討を目的とした現地計測には、一般にノンプリズムレーザー式トータルステーション（以下、ノンプリ）が使用されていた。ノンプリは測量対象物へレーザーを照射し、対象物からの散乱光を受光することで距離と位置を計測するシステムである。そのため受光面積が小さく十分な散乱光を取得できない架線等を計測対象とする場合には、再現精度に問題があった。そこで本工事では、近年建設現場などで使用されている3Dレーザースキャナに着目し、採用の検討を行った。ここで、それぞれの特徴を示す。

#### 【ノンプリ】

- ・機材費用が3Dレーザースキャナに比べ安価
- ・点（座標値）でしかデータを収集できない
- ・レーザーの拡散による測量精度の低下

#### 【3Dレーザースキャナ】

- ・一度に360°全方向、広範囲の計測が可能
- ・架設地点全域の構造物を点群座標データとして取得でき、あらゆる角度からデータ確認が可能
- ・データ処理・合成時間が短い

今回の計測地点は架線や標識などの障害物が複数存在し、対象が地組立ヤードから架設地点まで広範囲に及ぶ。それぞれの特徴と以上の条件から、計測作業の効率化を考慮し3Dレーザースキャナを採用することとした。本工事におけるノンプリと3Dレーザースキャナの計測時間とデータ処理時間を試算した結果、作業日数は3Dレーザースキャナを用いた場合、1/3に削減可能なことが判明した。以下に試算概要と3Dレーザースキャナ仕様を示す。

#### 【ノンプリ】

計測時間・・・3日間（2人）  
 データ処理時間・・・3日間（1人） } 計9人工

【3Dレーザースキャナ】

計測時間・・・1日間（1人）  
 データ処理時間・・・2日間（1人） } 計3人工  
 （試算条件）  
 計測地点・・・30か所  
 計測時間・・・15分（1か所あたり）

表-1 3Dレーザースキャナ仕様

製品名	FOCUS <sup>S</sup> SERIES S350
製造会社	FARO社
レーザークラス	Laser class 1
測距距離	最大350m
最大測定誤差	10m：2mm/25m：3.5mm

4. 計測データと3次元モデルの統合

架設検討を行う上で必要なデータの統合について、図-6に示す。今回は3Dレーザースキャナにて取得した現地の「点群データ」と、鋼桁の工場製作時に作成した「3次元プロダクトモデル」、多軸台車・クレーンベントなど「架設設備のモデル」の3つのデータの座標を合わせて統合モデルとすることにより、架設現場状況を3次元モデルとして再現した。また、架設開始から完了までの鋼桁ブロック全架設工程をステップ毎にモデル化する4Dシミュレーションを実施、各ステップでの問題点を抽出した。地組立ヤードから交差点までの多軸台車による移動は、搭載する鋼桁と台車の軌跡経路を3次元モデル内で立体的に再現することにより、干渉物確認の高度化を図った。

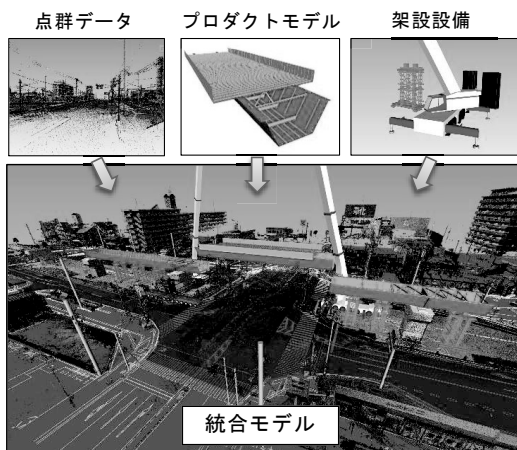


図-6 再現イメージ図

5. 架設計画・検討への適用

統合モデルを用いて抽出した問題点について示す。まず、図-7は地組立ヤードから架設地点まで多軸台車で地組立ブロックを運搬する際に道路標識と干渉している状況である。レーザースキャナにて標識の高さ・位置を把握し、地組立ブロックのプロダクトモデルと統合することで事前に道路標識との干渉が確認されたため、地組立ヤードから架設地点までの運搬経路の変更を行った。

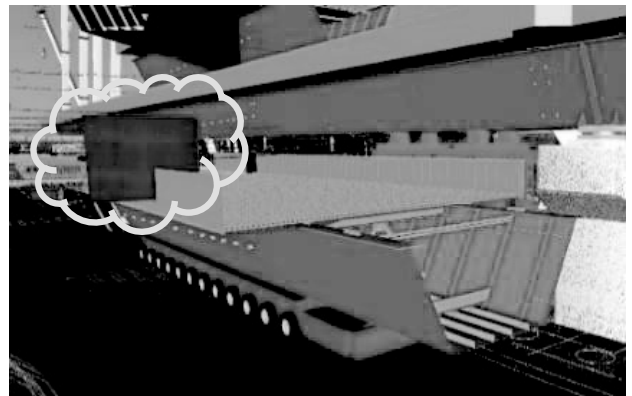


図-7 多軸台車にて移動時の桁と標識板の干渉

図-8には吊り上げ時のクレーンと地組立ブロックの位置関係を示す。クレーンと吊り上げ地点での地組立ブロックを合成することでクレーンの稼働範囲に架線や標識柱などの干渉物がないか確認を行い、クレーン配置や吊り上げ地点の検討に活用することができた。



図-8 クレーン稼働範囲内における干渉物確認

図-9は架設完了時点での桁の位置と周囲の架線状況を示している。計画段階で架線と桁が干渉していることを確認し、架設前に協議し架線を桁下空間の適切な位置に移設することができた。



図-9 桁と架線の干渉

## 6. 結論

本工事にて得られた成果は下記の通りである。

- ① 3Dレーザースキャナで計測した点群データ上に、多軸台車での運搬経路を表示させることで桁運搬時の干渉を回避することができた。
- ② 点群データをもとにクレーンと架線の位置関係を確認し、クレーンの配置計画に活用することができた。
- ③ 点群データと鋼桁プロダクトモデルを統合することで、架設地点で鋼桁と干渉する架線を事前に把握し、移設することができた。

従来の架設計画では2次元図面上に測量データなど異なる成果物を重ね合わせ、架設手順等の検討が行われてきた。本工事のように架設計画で考慮しなければならない対象が広範囲に及ぶ場合には、従来の方法では計測したポイントだけの座標取得であるため、現場全体の把握ができず干渉物を見落とす可能性があった。今回3Dレーザースキャナ計測を活用することで、取得した点群データ内に鋼桁や架設機材のモデルを取り込み、架設現場全域を可視化した。これにより3次元モデル内で現場状況の把握が可能になり、干渉等の不適

合を未然に回避することができた。また、計測対象が広範囲で架線が輻輳するなどの厳しい架設条件のもとでは、従来の計測手法に比べ3Dレーザースキャナ計測は、作業人員の削減やデータ処理時間の短縮が可能で、省人化施工への有効性を実証できた。



図-10 夜間一括架設状況（国道32号上）

## 7. おわりに

本工事で採用した3Dレーザースキャナの技術は生産性革命のエンジンとして期待されるBIM/CIMやi-Constructionの推進において大きな役割を果たすものである。今後は3Dレーザースキャナによる計測技術を他のデバイスと組み合わせることにより使用範囲を広げ、計画から架設に至るまでの全工程に活用し省人化を図っていきたい。

最後に、本工事の施工にあたり、四国地方整備局土佐国道事務所の皆様に多大なご協力をいただきましたことを、深く感謝申し上げます。

# 39 i-Construction 等

## 鋼橋上部工事におけるCIM・ICT活用による業務の効率化

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本橋梁株式会社

監理技術者

末川 勝<sup>○</sup>

主任技術者

上原 正太郎

社内 ICT 担当

河村 健一

### 1. はじめに

本工事は、前橋安中富岡線西毛広域幹線道路整備の一環で、一級河川榛名白川に架かる鋼橋上部工の製作架設および、床版を施工する工事である。(仮称)榛名白川橋梁は前橋市、高崎市、安中市及び富岡市を結ぶ延長27.8kmの主要幹線道路の一部であり、周囲の渋滞緩和や物流の効率化、生活圏の拡大などの西毛地域の産業、経済、観光の発展を担うライフラインとなる。(図-1)



図-1 榛名白川橋梁全景

#### <工事概要>

- (1) 工事名：補助公共 社会資本総合整備（活力・重点）（仮称）榛名白川橋梁 上部工製作架設工事 分割80号
- (2) 発注者：群馬県 高崎土木事務所
- (3) 工事場所：群馬県高崎市箕郷町下芝外地内
- (4) 工期：自）平成31年 3月26日  
至）令和2年 9月30日

本稿では、非出水期間内施工を確実に遵守する

ための施策としてCIMやICTを活用した実績とその考察について述べる。

### 2. 現場における問題点

本工事は、架設作業エリアの殆どが河川区域内であり、非出水期間内の施工が必須条件となる。そこで、鋼桁架設方法の変更による架設回数の削減、ベント設備の省略及び、地組ブロックへの足場先行設置等の工夫により工程の効率化を図ることで、施工計画策定時は1ヶ月の余裕をもって河川内ヤード撤去までの河川内作業を完了する予定であった。ところが、高力ボルトが入手困難な状態となり、現場納入時期が当初の令和元年12月初旬から翌年4月中旬に遅延したことに伴い、地組工以降の河川内作業をわずか2ヶ月で施工しなければならない事態となった。(表-1) このため、さらなる施工の工夫と効率化が求められるとともに、付属物を含めた工場製作物の現地状況との整合性や、現場施工計画の妥当性を正確に検証し、不具合発生を未然に防止して工程遅延要因を徹底的に排除することが必要となった。

表-1 河川内工程の比較

11	12	1	2	3	4	5
ヤード造成	ベント設備組立			ヤード造成	ヤード撤去	ヤード撤去
	高力ボルト搬入				高力ボルト搬入	
	地組工				地組工	
	鋼桁架設工				鋼桁架設工	
		現場継手工			現場継手工	
		現場塗装工			現場塗装工	
			合成床版パネル架設		合成床版パネル架設	

そこで、本工事ではICTを活用して高精度な事前検証を実施することによる工程遅延リスクの排除を試みた。主な具体策は以下の4点である。

- ・3Dスキャナー測量による正確な土量把握
- ・3次元架設計画シミュレーション
- ・CIMによる主構造や付属物の干渉確認
- ・リモート検査の導入

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### 3-1 3Dスキャナー測量による正確な土量把握

河川内ヤードは、ベント設備の省略や架設クレーンの大型化等、工程短縮のための架設計画変更により造成範囲が当初計画から拡大したため、現状地形を精度よく測量して施工量を求め、より正確な計画工程が必要となった。そこで、3Dスキャナーで現状地形の点群データを取得し、ヤード完成形状の3D-CADデータと合成して正確な土量を算出した。測量範囲が比較的限定された範囲（約2,800m<sup>2</sup>）であることと、見通しの良い開けた地形であることから、3Dスキャナーは地上設置型を選定した。点群データの処理と土量計算には福井コンピュータ株の3D点群処理システム「TREND-POINT」を用いた。（図-2）

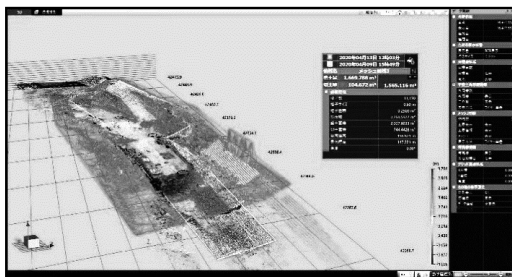


図-2 土量算出画面

造成工程はクリティカルとならないが、復旧工程は河川内作業期間の最終工種であり、ここでの遅延は致命的となる。そこで、正確な土量を把握することで搬出計画を重点的に見直すこととした。その結果、当初計画では隣接2現場への搬出であったが、約700m<sup>3</sup>増加した土量により4現場に分ける必要が生じた。また、当現場の搬出工程と必ずしも連動しないそれぞれの受け入れ現場の進捗状況に対応するため、河川区域外に別途仮置

き場所を確保し、搬出工程の遅延リスクを解消した。

上部工施工業者は、概ね土工事の実験不足で所要工程を正確にイメージする能力が乏しく、土量計算結果の妥当性判断についても不得手である。本工事において、前述した搬出作業を遅滞なく施工するための綿密な段取りが可能となったのは、迅速かつ正確な施工土量の事前把握にICTを活用したことが大きく寄与したものと考えられる。

#### 3-2 3次元架設計画シミュレーション

発注時の計画では、両岸側から2台のトラッククレーンで架設する方法であったが、A2橋台背面の工事進捗が不明確であったため、全てA1橋台側に構築する河川内ヤードから架設する方法に変更した。また、さらなる工程短縮に対応するため、鋼桁架設と合成床版パネル架設を同位置から同じクレーンで施工することで、クレーンの分解組立や移動に要する日数を削減した。これにより、架設クレーンが大型化するとともに地組ブロックが長尺化し、限られたヤード範囲で安全かつ効率的な架設を行うためには、新たに策定した架設計画の現実性を詳細に検討する必要が生じた。通常は、2次元の架設計画面上で架設クレーンや地組ブロック、搬入車両や資機材等の配置を検証するが、今回は計画の精度を高めるため、3次元シミュレーションを採用した。先のヤード造成検討や土量計算で使用した3次元データを活用し、架設クレーンや地組ブロック等の3次元データを重ね合わせて干渉等の不具合がないか、様々な角度から細かく検証した。その結果、2次元の計画では困難なクレーン旋回時における長尺地組ブロックの介錯方法（風に煽られやすい吊り荷のクレーンブーム等への接触防止）や、地組ブロックに先行設置する足場形状見直しを事前に行い、実施工をスムーズに進捗させた。3次元での検証は、立体的で視覚的に確認しやすいため、問題点の見落としが生じにくい効果に加えて、経験の浅い若年技術者が施工計画の全容を理解しやすいという利点がある。今回は細かく分割したそれぞれ

のシーン（静止画）での検証に留まったが、今後はアニメーションによるシームレスな検証や、時間軸を加えてVR（仮想現実）によるタイムスケジュール確認や危険予知活動等への応用が望まれる。（図-3）

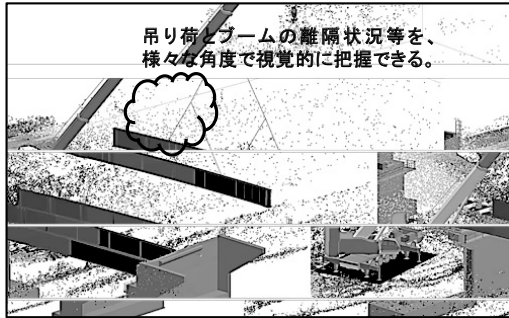


図-3 3次元架設計画シミュレーション

### 3-3 CIMによる主構造や付属物の干渉確認

河川区域内の作業においては、上下部工検査路等の付属物についても必然的に作業期間の制約対象となることから、既設構造物や主橋体との干渉等による不具合や再製作に起因する工程遅延を回避しなければならない。ところが付属物は、取り回しが複雑な場合や種別毎の設計図面が照合されていなかった場合に干渉等の問題が見逃されやすく、主橋体に比べて不具合発生事例が多い傾向にある。よって本工事では、設計照査時に作成済の主橋体と現地地形の3Dデータに付属物の3Dデータを加えることで、3次元での干渉確認を実施した。CIMの作成にあたっては、オフィスケイワン株の「Click3D」を使用した。

確認の結果、主橋体のトラブルは発見されなかったが、P1橋脚において下部工検査路手摺と上部工排水管流末部の干渉が確認された。（図-4）

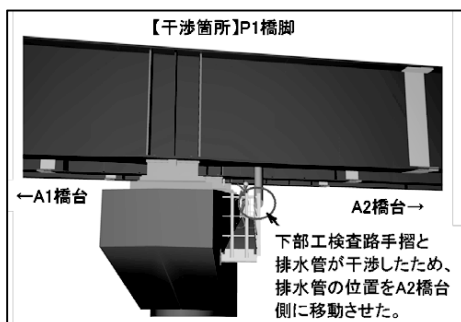


図-4 下部工検査路と上部工排水管の干渉

通常は、工場での仮組立時において下部工検査路と上部構造物の干渉確認ができず、排水管材料については現場手配することがあるため、これらの干渉不具合発見が現場施工時となることが多い。その場合は、部材の再製作や鋼桁側のコネクションプレート修正等が工程遅延に結びつく可能性が高い。また、上部に合成床版がある状態での是正作業となれば、その工程ロスはさらに増大する。今回は、3Dモデルによる不具合の早期発見と是正がCIMを活用することで実施できた。CIMの有益性が実証された一例と言える。

### 3-4 リモート検査の導入

鋼橋上部工事における段階確認の一つとして、製作工場で実施する仮組立検査がある。実仮組立方式では勿論のこと、シミュレーション方式でも、通常は発注者の検査官が製作工場まで足を運んで立会する。本工事のように発注者が群馬県、受注者の工場が広島県である場合は二日がかりの行程となり、発注者に日程調整の負担を強いるだけでなく、調整結果によっては工程ロスの原因ともなり得る。そこで今回は、中間技術検査の部材確認にリモート検査を導入し、発注者の移動負担を削減するとともに日程変更への柔軟な対応を可能として、工程遅延リスクの排除を期した。さらに、長距離移動と検査時の三密回避によるCOVID-19感染防止対策とした。

リモート検査は、現場事務所と対象物のある製作工場とをZoom Video Communications,Inc.の「Zoomミーティング」で接続し、Apple Inc.の「iPad」を用いて検査対象物を撮影して実施した。部材検査における出来形確認は、不都合なく順調に進めることができたが、同時に実施した溶接部の外観確認では、「モニタ越しの確認となるためもう少し鮮明な画質が好ましい」との要望を検査官より受けた。また、非破壊検査機器のモニタ画面を映す際の反射による視認性にも課題が残った。これらについては、通信環境の向上や、機材・ソフト等の選定により、改善が必要と思われる。



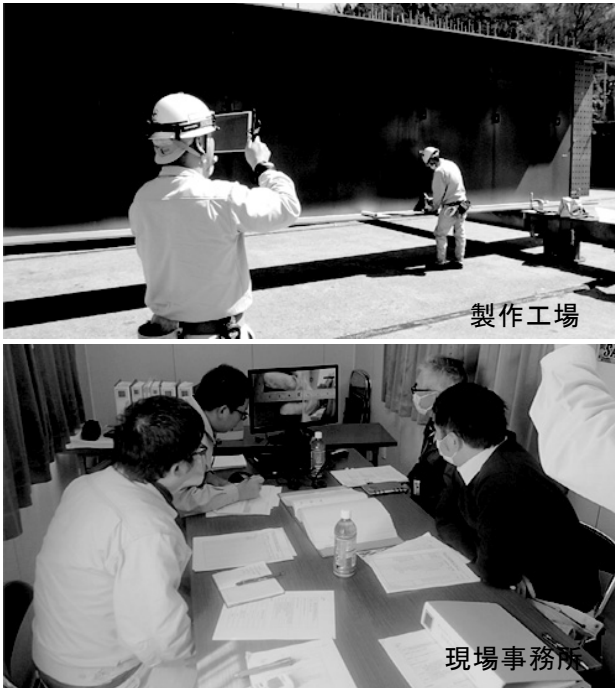


図-5 リモート検査状況

工事の進捗過程では、段階確認の他にも立会確認を要する大小様々な検査がある。現場と監督員詰所が地理的に離れている場合はその移動時間を要し、必要なタイミングで立会を受けられない場合は当該作業が滞る。例えば、高力ボルトの本締めを予定していた場合、一日の作業開始直後に現場予備試験を受けて速やかに本締め作業に着手したいと考えるが、立会者の移動所要時間がそのまま「待ち時間」となるうえに、移動途上での渋滞等の外的要因による遅延リスクが生じる。このように移動時間に比べて立会時間が短い本例のような場合や、日常的に繰り返す場合には極めて非効率的で、他工事と競合しやすい時間帯であれば、受発注者双方での調整等の負担が増大する。本工事では現場と監督員詰所が約15分程度と近いいため、リモート検査を中間技術検査のみに適用したが、現場へのアクセス条件によっては、日常的な立会検査へのリモート方式の積極的導入が、さらなる効率向上につながるものと期待できる。これにより考えられる利点や効果を以下に列挙する。

- ・立会者の移動を含めた立会所要時間の短縮。
- ・作業開始直後等の立会時間設定がしやすい。
- ・記録(録画)が自主検査資料として活用できる。

- ・三密回避、ウイルス感染リスクの低減。  
また導入にあたり、下記に留意が必要である。
- ・受発注者双方の機器や通信インフラに十分なスペックが必要。
- ・電波受信環境に依存する。
- ・通信が途絶えた場合のバックアップ手段確保。
- ・IT機器に関する一定の知識が必要。
- ・ウェアラブルカメラなど「手を塞がない」ツールの採用(専用カメラマンは無駄となる)。
- ・周囲の騒音が大きい場合の会話音声伝達。
- ・屋外の場合は悪天候時の対応。
- ・トータルステーションやレベル等、レンズを覗くタイプの測量機器類への適用。

現時点で解決が困難なものも含まれるが、多くは既存技術での対応が可能であり、日常検査へのリモート立会適用は現実的かつ、有益であると思われる。当然のことながら発注者の協力が必要不可欠であるが、この経験を活かして積極的に適用工事を増やしたいと考える。

#### 4. おわりに

本工事を担当し、予期せぬ大幅な工程短縮を実現させるためにCIMやICTを活用する貴重な体験をした。取り組み当初は知識があまりに乏しく、3次元データの採取から変換、合成やその活用に至る膨大な作業の数々が、本当に工程短縮という目的達成に寄与するのが不安であった。しかし、実作業を進める過程で次第にその有益性を実感し、最終的にこの経験が大きな自信となった。今後はさらに造詣を深めることで、後続の工事への適用に貢献したいと考えている。また、本稿がi-Constructionにおける生産性向上等に寄与するCIMやICT活用の一事例として、広く今後の参考となれば幸いである。

最後に、本工事を無事に完成まで導いていただきました群馬県高崎土木事務所の皆様をはじめ、ご協力を賜りました全ての関係者に対し、深く感謝の意を表します。

# 40 i-Construction 等

## 道路上架設に 4D-CIM を適用した 架設計画例について

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日立造船株式会社

監理技術者

現場代理人

山本 岳 ○ 鈴木 正人

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：一般国道5号余市町  
登川大橋（A橋）上部工事
- (2) 発注者：国土交通省 北海道開発局  
小樽開発建設部 小樽道路事務所
- (3) 工事場所：北海道余市郡余市町登町
- (4) 工期：平成30年10月18日～  
令和2年12月22日
- (5) 諸元：（形式）3径間連続鋼細幅箱桁橋  
（鋼重）1,001.5t（橋長）216.75m  
（幅員）11.15m  
（工事内容）工場製作、鋼橋架設工

本工事は倶知安町から余市町を結ぶ延長39.1kmの終点（図-1）に位置する一般国道5号線倶知安余市道路事業の一環として、二級河川の登川を跨ぐ全長216.75mの3径間連続鋼細幅箱桁橋を架設するものである。

本稿では道路上架設に4D-CIMを適用した架設計画例について報告する。

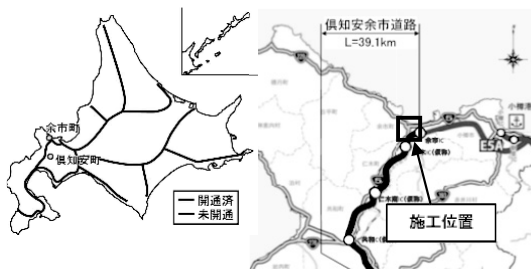


図-1 位置図

### 2. 現場における問題点

河川上と道路上の架設ステップを図-2に示す。主桁はA-1橋台～B-3間とB-4～B-5間まで架設し、登川上の落とし込み架設を行った。登川上の落とし込み架設後に、B-6～P-3橋脚間を架設してから、道道登余市停車場線（以降、道道）上を落とし込み、閉合した。

河川上、道路上の張り出し架設桁先端のたわみ処理を行うため、架設済の桁上に斜吊鉄塔を搭載した。

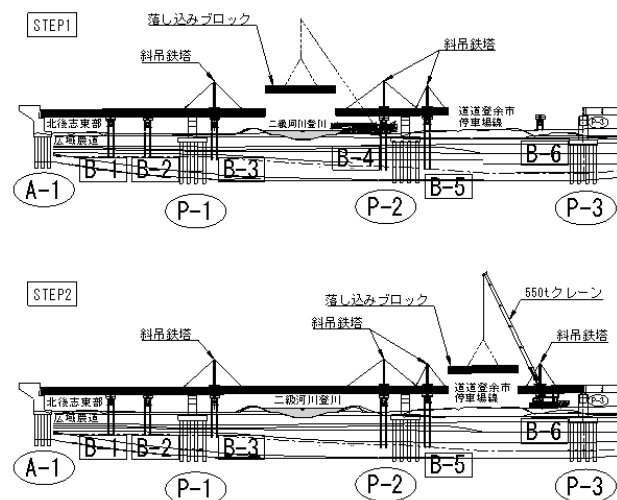


図-2 架設ステップ図

夜間規制を伴う落とし込み架設は、限られた道路規制時間（22：00～5：00）内に架設を完了するため、閉合手順やタイムスケジュールなどの緻密な事前計画が必要であった。特に大型クレーンを設置するP-3橋脚付近のヤード（以下、P-3

ヤード)は非常に狭隘なヤードであるため、地組立や架設時にクレーンのブームやウェイトが既設構造物との干渉を回避できる最適なクレーン位置を検討する必要があった。P-3ヤードの地組桁、クレーン配置位置を図-3に示す。

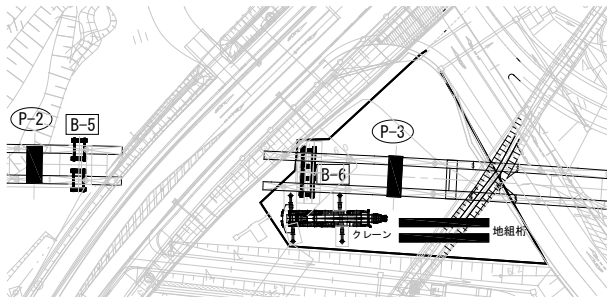


図-3 P-3ヤード

道路上の落とし込み架設のクレーンや桁等との干渉は、以下の3ケースが考えられた。

- (1) 大型クレーンブームと架設済桁との干渉  
クレーンの吊能力と地盤条件により、クレーン位置が架設済の桁に近い位置に限定されることから、落とし込み架設時にクレーンブームと架設済桁との干渉が想定される。
- (2) 大型クレーンブームと落とし込み桁との干渉  
地組位置で落とし込み桁をクレーンで所定高さまで巻き上げる時に、クレーンブームに桁が近寄ってくるため、クレーンブームと落とし込み桁との干渉が想定される。
- (3) 落とし込み桁と斜吊鉄塔との干渉  
斜吊鉄塔は落とし込み架設前に架設済桁上に搭載されているため、落とし込み桁旋回時に干渉することが想定される。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

先の問題に対し、桁、橋脚、大型クレーン、ベント設備、斜吊鉄塔、地形の3D-CIMモデルを作成し、これに架設ステップごとの工程を紐付けた4D架設ステップシミュレーションにより施工の流れを可視化することで、施工計画段階で干渉確認を行った。なお、モデル作成にあたっては、3Dプロダクトモデルを構築するシステムである「Symphony」を使用した。

また、架設ステップシミュレーションの作成には、3D施工支援システム「Concerto」を使用した。Concertoの特徴としては、Symphonyに地形データや仮設備等のデータを組み込んで3D仮想空間を構築するソフトである。その仮想空間を利用して施工手順や作業状況の確認、鋼重などの属性情報を利用した各種応力照査等を実施することで施工計画を効率的に行うことができる機能である。

各モデル作成の概要を以降に示す。

主桁モデルは承認申請図の2Dデータをもとに、Symphonyによる3Dプロダクトモデルに変換した。なお、この主桁モデルは、材質や板厚等の属性情報に加え、製作キャンバーを含んだ形状である。主桁モデルは図-4、図-5に示す。

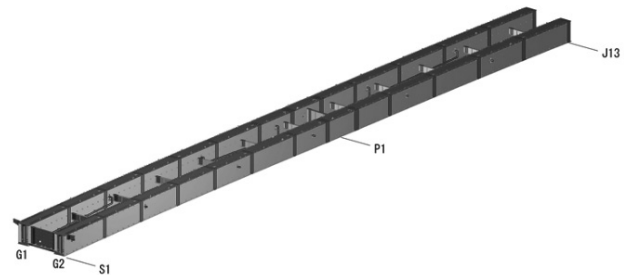


図-4 主桁モデル (その1)

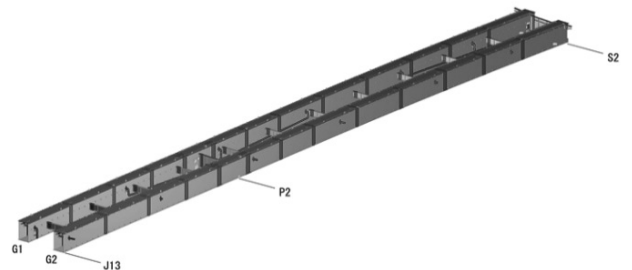


図-5 主桁モデル (その2)

橋台及び橋脚はConcertoの「橋台・橋脚モデル作成機能」にて簡易モデルとして作成した。また、支承についても簡易モデルとして作成した。橋台モデル及び橋脚モデル、支承モデルは図-6に示す。

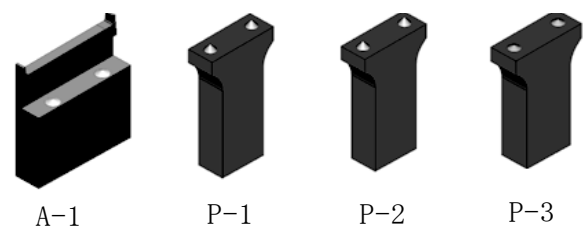


図-6 橋台・橋脚・支承モデル

大型クレーンは実際に使用するクレーンのCADデータをもとに簡易モデルとして作成した。また、仮設備であるベント設備及び斜吊鉄塔についても同様に簡易モデルとして作成した。大型クレーンモデル及び仮設備モデルは図-7に示す。

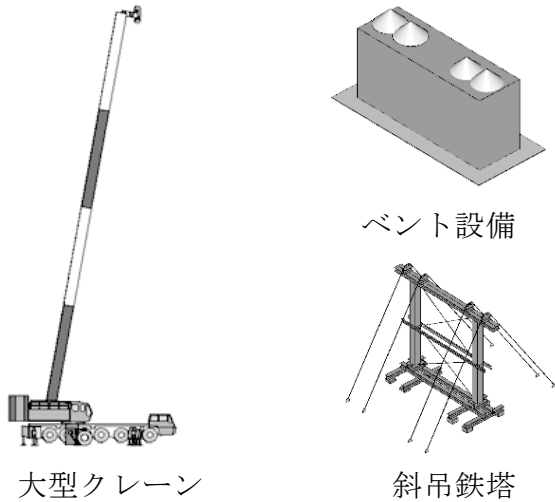


図-7 大型クレーン及び仮設備モデル

地形モデルは国土地理院のデータをもとに簡易モデルとして作成した。地形モデルは図-8に示す。



図-8 地形モデル

各3D-CIMモデルを統合させた全体モデルを作成した。この全体モデルに架設ステップごとの工程を紐付けた4D架設ステップシミュレーションの作成を実施した。この4D架設ステップシミュレーションの特徴としては、主桁部材を架設単位でグループ化した後、図-9に示すように架設順序をバーチャートにて決定すれば、図-10に示す通り、各作業の施工ステップを3D仮想空間上で架設状況が再現できる機能である。

3D仮想空間内にて大型クレーンによる落とし込み架設状況を確認し、懸念される干渉の確認を行った。

工程	開始	日数	2019/7				2019/8						
			'10	'17	'24	1	8	'15	'22	'29	5	12	
C4 取付	2019/06/11	4											
C6 取付	2019/06/15	4											
C8 取付	2019/06/20	4											
C15 取付	2019/06/25	4											
C16 取付	2019/06/29	4											
C21 取付	2019/07/04	4											
C22 取付	2019/07/09	4											
3D-T社製550tオーホ	2019/07/13	1											
地組BLK26 地組	2019/07/15	2											
地組BLK27 地組	2019/07/17	2											
STEP1-G2地組/地組	2019/07/19	2											
Boom長: 39.4m	2019/07/19	2											
STEP1-G2地組/架設	2019/07/22	2											
STEP1-G2地組/架設	2019/07/22	2											
STEP1-G1地組/架設	2019/07/24	4											
STEP1-G1地組/架設	2019/07/24	2											
Boom長: 55.5m	2019/07/26	2											
地組BLK27 横断部	2019/07/29	2											

図-9 架設順序設定工程



図-10 3D架設ステップ図

4D架設ステップシミュレーションによる動的干渉確認結果を以下に示す。

(1)大型クレーンブームと架設済桁との干渉確認

道路上の落とし込み架設作業時における大型クレーンの動作を4D架設ステップシミュレーションにて再現することで、ブームと先行架設主桁との干渉有無を事前にモニター上で確認した。

(図-11)

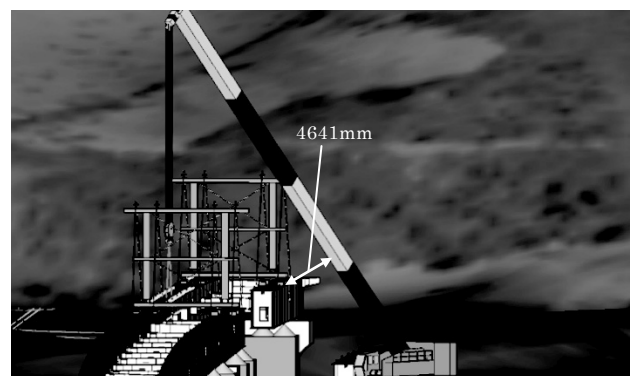


図-11 ブームと先行主桁との干渉確認状況

(2)大型クレーンブームと落とし込み桁との干渉確認

上記(1)と同様のシステムにて、地組桁の吊り上げ時におけるブームと地組桁との干渉有無を事前にモニター上で確認した。(図-12)

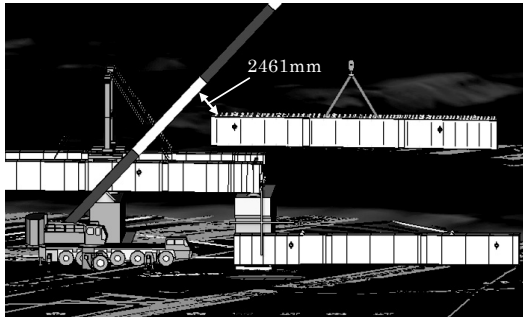


図-12 ブームと地組桁との干渉確認状況

(3)落とし込み桁と斜吊鉄塔との干渉確認

上記(1)(2)と同様のシステムにて、架設時における地組桁と斜吊鉄塔との干渉有無を事前にモニター上で確認した。(図-13)

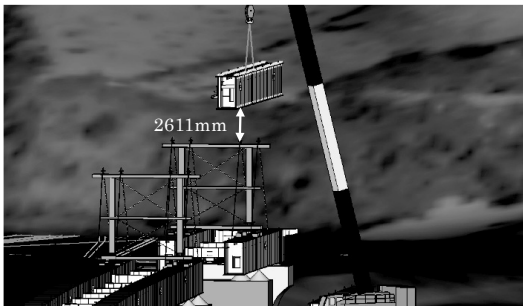


図-13 ブームと斜吊鉄塔との干渉確認状況

上記の結果を架設計画に反映させたことにより、落とし込み架設は、道路規制時間内に無事に完了することができた。(図-14)



図-14 落とし込み架設状況

#### 4. おわりに

道路上の落とし込み架設において、規制時間内(22:00~5:00)に道路上架設をスムーズかつ事故無く完了させることが課題であったが、3D-CIMモデルに架設ステップごとの工程を紐付けた4D架設ステップシミュレーションにより架設状況を再現することで、課題に対する問題点を施工

計画段階でクリアにすることができた。その結果を架設計画に反映させることによって、現場での落とし込み架設を道路規制時間内に無事完了することができた。

今回実施した4D-CIMへの取組みは、本現場のような狭隘なヤードを有する厳しい現場条件に対して、非常に有効であることを確認できた。また、今回の業務を通じていくつかの課題も明らかになった。主な課題は以下の通りである。

①CIM作業の効率化

②CIM作業にかかる費用の増加

CIMを活用する工事では、設計・計画・現場でのミスや手戻りの減少や照査作業の省力化などの一定の効果は得られるが、契約図書である図面が2Dであることから、3Dモデルを新たに作成する必要があり、それにかかる時間と費用の増加、CIM作業段階においては試行錯誤の繰り返しによる手戻り等が発生した。

これらの課題に対して、フロントローディングを進めていき、コンサルタントの設計段階から3Dモデルを活用するなどの取組みが必要である。コンサルタントの設計段階から3Dモデルを利用することで、CIM作業の効率化や費用減などの生産性向上に繋がる。そのためには発注者・コンサルタント・受注者が共通で使用できるような互換性のある3Dソフトやデータ形式を確立させるなど、発注段階における業務整備が必要であると考ええる。

国土交通省では3Dモデルを契約図書化とする取組みを既に実施しており、今後は大規模橋梁工事に適用される。この取組みに対して、柔軟な対応ができるように準備が必要であると考えている。

最後に、本稿のCIM活用の実施にあたり、ご指導・ご協力に携わった関係者の方々に深く感謝の意を表するとともに、今回紹介した事例が同種・同現場条件の工事の参考になれば幸いである。

# 41 i-Construction 等

## 床版コンクリートの仕上げ作業における ICT 施工管理システムの開発

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日立造船株式会社

鈴木 達也<sup>○</sup> 阿部 圭吾

### 1. はじめに

国土交通省中部地方整備局より発注された鋼コンクリート合成床版（以下、合成床版）を有する鋼5径間連続少数桁形式の鋼橋上部工事は、長野県松本市から福井県福井市を結ぶ中部縦貫自動車道のうち、岐阜県高山市の積雪寒冷地に施工される。合成床版は鉄筋コンクリート系床版と同じく、供用中における凍結防止剤等に起因する劣化が懸念されることから、合成床版の長期耐久性を確保する取り組みが必要であった。そこで、合成床版の長期耐久性を確保するために、床版コンクリート表面の仕上げ作業に着目したICT活用技術の開発を目的として、試験機および実橋での検証を実施した。

#### 工事概要

- (1) 工事名：平成30年度中部縦貫新張高架橋鋼上部工事
- (2) 発注者：国土交通省中部地方整備局  
高山国道事務所
- (3) 工事場所：岐阜県高山市丹生川町新張
- (4) 工期：平成30年10月27日～  
令和02年03月25日
- (5) 工事内容：工場製作工（約580ton）、  
鋼橋架設工、  
合成床版工（約2,900m<sup>2</sup>）

### 2. 現場における問題点

合成床版は、鋼板パネルの架設、鉄筋組立、コンクリート打込み、養生等の一連の作業が現地で行われることから、施工の良否が合成床版の長期耐久性に影響する。積雪寒冷地では、床版表面の不陸に伴う防水層の初期欠陥等に起因する滞水によって、凍結防止剤を含む路面水が床版表層に浸しやすくなることから、コンクリートの土砂化等が懸念される。この床版表面の不陸は以下に示す仕上げ作業の特性等が影響すると考えられる。

#### (1) 作業者の技量による仕上げ作業

床版表面の仕上げは、作業者が手動式ないし機械式の仕上げ工具（例：機械式トロウエル）を使用して行われる。仕上げ作業の範囲や程度は作業者の目視や経験によって判断されるため、仕上げ作業後の出来形や性状にバラツキが生じやすい。これにより、床版表面に不陸が生じてしまい、床版表面と防水層との密着性が低下することで、浸水や滞水による床版の耐久性低下が懸念される。

#### (2) 仕上げ作業の管理手法

コンクリート打込み時には、内部振動機の挿入間隔および挿入時間の管理が必要であり、コンクリートの充填度をリアルタイムに管理する手法が開発され、実用化に至っている。しかし、床版表面と防水層との密着性や床版の緻密性に影響する仕上げ作業の管理は熟練技術者の目視や経験による定性的な手法に留まっており、全ての床版表面

に対して必要な仕上げ作業が適切に履行されたことを立証することは難しい状況である。

以上(1)、(2)で述べた仕上げ作業の特性に起因する床版の劣化を防ぐためには、仕上げ作業時に不陸を抑えて床版表面と防水層との密着性を確保すること、仕上げ未了範囲を残さずに全ての床版表面において緻密性を確保することが可能となる定量的な仕上げ管理手法を確立することが有効であると考えられる。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### (1) 仕上げ作業におけるICT管理手法の開発

熟練技術者の目視や経験に基づいた定性的な管理手法からICTを用いた定量的な管理手法に改善し、全ての床版表面に対する適切な仕上げ作業の履行を立証可能にすること、床版表面と防水層との密着性や床版の緻密性に影響を与える仕上げ作業の確実性を高めることを目的に、既に土木工事等で活用されている転圧管理システムを床版表面の仕上げ作業の特性に配慮して改良した仕上げ作業におけるICT管理手法として「トロウエル等の施工エリア管理システム」を開発した。

##### ① トロウエル等の施工エリア管理システム概要

図-1に本システムの概要を示す。本システムは、床版表面の仕上げ作業に用いられる機械式トロウエル等による仕上げ作業の施工範囲を自動追尾式トータルステーション（以下、ATS）によって管理可能にしたICT施工管理システムである。このシステムは、機械式トロウエルに設置した全方位プリズムをATSにて自動追尾することで、仕上げ作業中の機械式トロウエルの位置情報を取

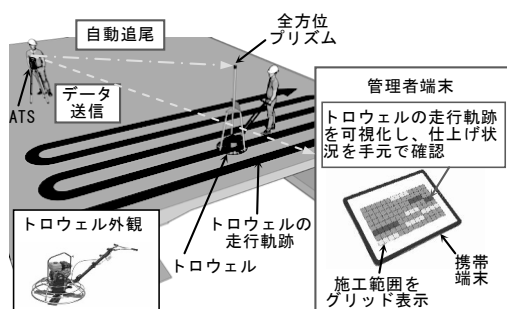


図-1 施工エリア管理システムの概要

得し、位置情報が管理者端末に送信されることで監理技術者等の管理者の手元で仕上げ程度を確認できるものであり、仕上げ作業に関する施工管理を作業者の目視等による管理からATSによる自動追尾軌跡管理に変えたシステムである。

##### ② 仕上げ作業の見える化による管理

管理者が管理者端末にて仕上げ作業を定量的に管理できるだけでなく、作業者が仕上げ状況を確認しながら作業できるようにすることを目的として、機械式トロウエルに管理者端末と同じ機能を有するタブレット等の作業者端末を搭載した。これら管理者および作業者端末に施工範囲をグリッド分割した管理画面を表示し、仕上げ済みエリアのグリッドが着色されることで仕上げ状況を確認できる。これにより、仕上げ状況を視認でき、作業者が手元で仕上げ範囲や仕上げ回数を確認できるようにした。管理者は、ATSを用いた自動追尾軌跡管理による仕上げ作業の見える化によって、作業者が施工した仕上げ状況を管理者端末で確認できるため、仕上げ未了範囲をリアルタイムに特定して作業者への速やかな再仕上げ指示が可能となる。また、仕上げ作業の施工管理記録として発注者へ提出できるように、仕上げ範囲や仕上げ回数に関する管理データの保存・印刷も可能にした。これらの機能により、仕上げ作業の確実性および効率性の改善が期待される。

##### (2) 試験機による施工エリア管理システムの検証

実橋での仕上げ管理に先立ち、本システムによる仕上げ管理の機能および有効性を検証することとした。図-2に本検証の実施状況を示す。本検証では、試験機を実橋と同様の方法で操作し、

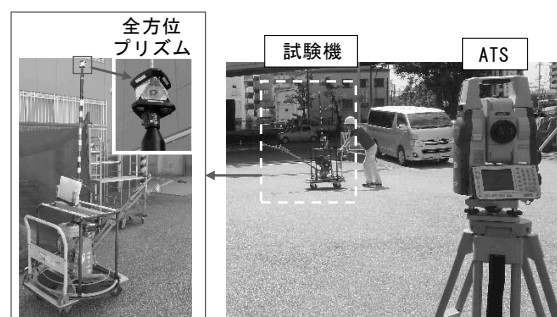


図-2 試験機を用いたシステムの検証状況

ATSの自動追尾性能および軌跡管理性能について以下の通り確認することとした。

- 1) ATSの自動追尾可能距離、ATSと全方位プリズムとの間を作業員や車両が横断した場合の再追尾機能を確認する。
- 2) 仕上げ作業中における機械式トロウエルの振動に対するATSの自動追尾性能を確認する。
- 3) 管理者および作業員端末にて、リアルタイムに機械式トロウエルの走行軌跡を可視化できることを確認する。

検証の結果、本システムの機能で仕上げ作業の管理が可能であること、仕上げ作業の管理手法として有効であることを確認した。検証結果を以下にまとめる。

- 1) ATSは距離200m程度まで自動追尾可能であること、ATSと全方位プリズムとの間を作業員や車両が横断しても、一時的な横断であれば再追尾できることを確認した。また、視線が遮られた場合には管理者端末から警報音が発せられるため、即座に再追尾処置ができることを確認した。
- 2) 実橋での仕上げ作業を想定して試験機に振動を与えたところ、ATSは全方位プリズムへの自動追尾を保持して機械式トロウエルの走行軌跡を計測できることを確認した。
- 3) ATSの自動追尾データが管理者および作業員端末に送信されることで、リアルタイムに仕上げ作業の走行軌跡を可視化できることを確認した。

本システムが仕上げ作業の管理手法として有効であることを確認できたことから、実橋における床版の仕上げ作業にて本システムの有効性を検証することとした。

(3) 実橋における施工エリア管理システムの検証  
 実橋における合成床版（検証範囲の勾配：縦断2.67%、横断2.5%）の仕上げ作業において、本システムによる仕上げ管理の有効性を検証することとした。本検証では、図-3のように、実橋での床版表面の仕上げ作業に本システムを導入して仕

上げ作業を実施し、仕上げ範囲と仕上げ回数の管理および仕上げ状況の記録と出力機能を以下の通り確認することとした。

- 1) 実橋での仕上げ作業において、仕上げ範囲と仕上げ回数の管理が可能であることを確認する。
- 2) 機械式トロウエルの走行軌跡データから仕上げ回数を色分け図で記録し、これらの管理データが出力できることを確認する。

検証の結果、試験機による検証と同様に実橋での仕上げ作業においても本システムの有効性を確認できた。検証結果を以下にまとめる。

- 1) 実橋においてもATSで機械式トロウエルの走行軌跡を自動追尾でき、この走行軌跡データに基づいて仕上げ範囲や仕上げ回数の管理が可能であることを確認した。
- 2) 機械式トロウエルの走行軌跡データから仕上げ回数の色分け図（図-4）を記録でき、管理データとして出力できることを確認した。本システムにより、ATSが自動追尾した機械

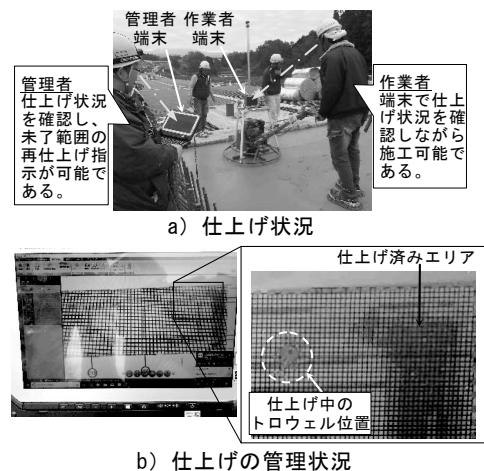


図-3 実橋での床版仕上げにおける本システムの検証状況

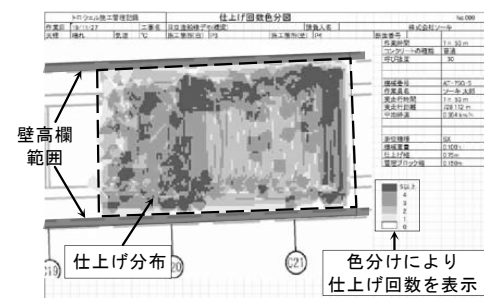


図-4 仕上げ回数の色分け図（提出用）



式トロウエルの走行軌跡データに基づいて仕上げ作業を可視化することで、仕上げ範囲と仕上げ回数の管理に活用できること、仕上げ管理による作業の効率化が図れることを確認した。また、仕上げ状況の可視化機能として仕上げ範囲と仕上げ回数を色分け表示したことで、仕上げ状況を定量的に把握でき、床版の全ての範囲を所定の仕上げ回数以上で仕上げることができた。色分け図は管理者端末に機械式トロウエルの仕上げ可能範囲（≡トロウエルの外径）を入力しておき、ATSで自動追尾した仕上げ作業の走行軌跡データに仕上げ可能範囲の情報を組み込むことで作成される。一回目の仕上げ範囲に二回目の仕上げ範囲が重なる場合に、重なった範囲が別の色で表示される仕様とすることで仕上げ回数の管理を可能とした。

#### (4) 今後の改善点と展望

著者らが開発した「トロウエル等の施工エリア管理システム」は、機械式トロウエルを操作する作業者と仕上げ範囲と仕上げ回数を管理する監理技術者等の管理者との協同作業を想定している。機械式トロウエルは作業者の手押しによって仕上げ作業を進捗させることができるが、仕上げ作業の省人化・省力化を目的に作業者が騎乗するタイプのトロウエル（以下、騎乗式トロウエル）が開発されて実用化に至っている。騎乗式トロウエルは、手押しタイプの機械式トロウエルに比べ重量が大きく、仕上げ作業時の重し効果によってコンクリート表層部の緻密性が改善されるメリットがある。そこで、騎乗式トロウエルと今回開発した「トロウエル等の施工エリア管理システム」を組み合わせた新システムを構想している。（図-5）このシステムを用いることで、騎乗式トロウエル

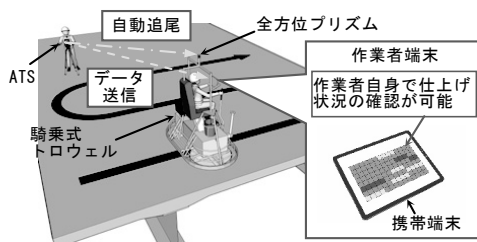


図-5 騎乗式トロウエルによる施工エリア管理システムのイメージ

を操作する作業者が仕上げ範囲を自ら管理しながら仕上げ未了範囲を特定して再仕上げ作業を速やかに実施できるといったメリットが期待される。また、タブレット等の携帯端末に騎乗式トロウエルを操作できるリモコン機能を搭載することで、携帯端末で仕上げ状況を管理しながら騎乗式トロウエルを遠隔操作するといった省人化・省力化の可能性も期待される。さらに、ターゲットをID管理できるATS（ID登録したターゲットのみを追尾し続ける機能を有するATS）を用いることにより、複数台のトロウエルによる仕上げ作業を同時に管理することが可能となり、仕上げ作業の効率化が期待される。

近年、床版仕上げ用自動ロボットが開発されており、ロボットに仕上げ範囲や作業ルートを記憶させることで自動運転による仕上げ作業が可能となるため、本システムを併用することで、さらなる省人化・省力化が期待される。

## 4. おわりに

本論文で紹介した技術は、既に土木工事等で活用されている転圧管理システムを応用した技術であり、床版の仕上げ作業の特性に配慮して改良を加えた。本技術がコンクリート系床版を有する建設工事で広く活用されるように、新技術情報システム「NETIS」に登録した〔登録名：床版仕上げ「TR-Navi（トロウエル等の施工エリア管理システム）」、登録番号：QS-200015-A、登録年月日：2020年8月7日〕。

橋梁の長期耐久性を確保するためには、供用中における疲労損傷や土砂化等による劣化が生じやすい床版コンクリートの耐久性を確保するための取り組みが必要とされている。本ICT施工管理システムが今後のICT施工のさらなる発展と橋梁の長期耐久性の確保に寄与することができれば幸いである。最後に、本ICT施工管理システムの開発をご支援して頂いた（株）ソーキの皆様、ご協力頂いた工事関係者の皆様に、この場をお借りして厚くお礼を申し上げます。



## II. 技術報告

# 1 施工計画

## 漁港の機能保全工事における、堤体拡幅及び既設上部工取壊し方法の工夫による工程の確保

(一社) 北海道土木施工管理技士会  
株式会社 高木組  
現場代理人・監理技術者  
勝 谷 利 之

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工 事 名：住吉漁港機能保全工事（補正）
- (2) 発 注 者：北海道渡島総合振興局
- (3) 工事場所：函館市
- (4) 工 期：令和2年3月23日～  
令和3年2月10日（当初）

本工事は、住吉漁港の機能保全のため老朽化した東防波堤の港内側の堤体及び上部工の拡幅と既設上部コンクリート（ $t=20\text{cm}$ ）を取壊し撤去し、新設コンクリートを打設する工事である。

（図-1、2）

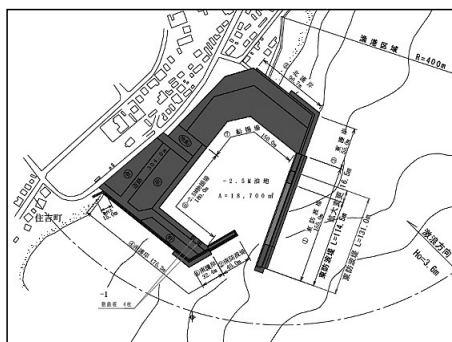


図-1 工事施工位置図

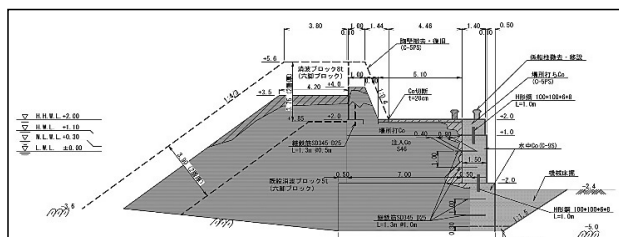


図-2 標準断面図

### 2. 現場における問題点

当工事では、既設防波堤の堤体及び上部工部分を港内側に拡幅する工事が主であり、既設堤体の上部コンクリート上を作業ヤード及び作業用通路として使用することになり、①既設上部コンクリートの取壊し撤去及びコンクリート打設が、拡幅完了後の厳冬期の海象状況の悪い時期となる。また、堤体拡幅は2段打ちとなり、②1段目は岩着で場所に合わせて型枠加工となるため作業効率が落ちて施工に時間がかかる。さらに、この漁港は波浪により防波堤上を容易に越波してくるため、荒天時に作業船を港内へ停泊することができず避難港への移動となり、荒天や施工性を考慮すると実施作業工程に余裕がないと予想された。そのため、品質や安全性を確保し、どのように施工性をアップさせて工程を短縮させるかが問題点となった。（①、②が問題点）

### 3. 工夫・改善点と適用結果

②について、型枠加工の効率を上げるため、岩着部分の1段目の型枠を2層打ちとし、岩着となる1層目を1m程度の任意の高さのブロックの側面に合板を貼りつけ、それを延長方向に水平となるように高さ調整して並べて型枠代わりとしてコンクリートを打設し、2層目の高さのベースとした。それにより2層目部分の型枠を加工無しとすることで施工効率のアップを図った。

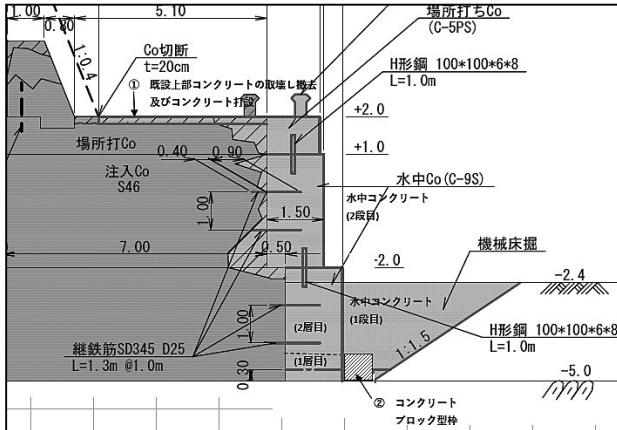


図-3 ①・②工夫箇所図

①について、工事開始当初は既設上部コンクリートの取壊しを床堀と同時期の最初に行う計画であったが、作業ヤードや作業通路として使用するため、取壊し後の既設コンクリート面の起伏の状況を考慮すると安全対策のために敷き鉄板の設置が必要となる。また、敷いた鉄板の安定性の確保のために下地材（砂や碎石）の設置撤去も必要となり、経済面から上部工拡幅後の取壊しと計画変更した。しかし、問題点としてあげた施工時期が厳冬期の海象状況の悪い時期となるため、工程短縮や取壊し後のコンクリート面の平坦性及び経済性を考慮して施工方法の再検討を行った。取壊し後のコンクリート面の平坦性は、作業面での安全性もあるが、取壊し後のコンクリート打設では取壊し面の起伏が大きいと打設したコンクリートとの内部拘束応力によりひび割れが生じるおそれがあるため品質面からも考慮する必要があった。

再検討の結果、道路の舗装版を切削する自走式の大型切削機を使用することに決定した。

切削施工での打合せ事項では、既設上部コンクリートの港内側に切削残し部分が生じると思われたが、切削機部分が横断方向に任意の寸法でスライドでき、端部まで切削可能であった。また、切削機の操作は操作人員が車両の横で切削機を自走させながら行うため、港内側に操作人員用の足場設置が必要であった。そのため、切削の施工は堤体拡幅部分の施工終了時期とした。さらに、切削開始部分が防波堤先端部からであり、施工状況

(図-4) より切削車両が後方から進入するため、車両の切削機部分より後方の部分10m程度を事前に所定の厚さに取壊しておかなければならなかった。施工日数では、事前の取壊しが3日、切削機による切削が2日、足場設置が2日の計7日間を予定した。(積算工程は人力施工で13日であった)



図-4 自走式大型切削機 施工状況

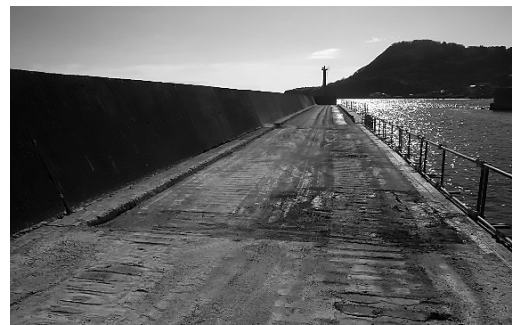


図-5 施工完了 平坦状況

実際の施工では堤体部拡幅の作業日程に影響させないように、施工予定の7日間を2週間の土日等の休日を使い、作業員の交代や別班の起用等で休日確保しながら、工程短縮を図った。

#### 4. おわりに

②の堤体拡幅において、1段目を2層打ちとしたため1層分の作業工程が増えたが、2層目の型枠加工を無くすることでの効率アップや、①の港湾工事では実施されない様な方法の工夫等で問題解決が図れ、作業工程も短縮して予定工程とすることができた。この様な場所での大型切削機の使用は今までにない発想であり、経済性を考慮すると今回の人力施工の積算で取壊し数量75m<sup>3</sup>程度以上の規模で、検討方法の一つとして期待できる。

## 2 施工計画

# 長距離シールドにおける 加泥注入および長距離土砂圧送の施工計画

東京土木施工管理技士会

株式会社安藤・間

課長

小林 一博

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：171号清水共同溝工事
- (2) 発注者：国土交通省 近畿地方整備局
- (3) 工事場所：大阪府茨木市上郡1丁目～  
西豊川地先
- (4) 工期：平成11年3月16日～  
平成15年3月20日

### 2. 現場における問題点

本シールドの全線は大阪層群内を通過する計画であり、大阪層群は粘性土、砂質土（一部に滞水砂礫層）及びその互層からなっており、複雑に変化すると予想された。また、断層が路線を横断しており、土質の急激な変化も想定された。加えて、土砂圧送延長は2,873mと長距離圧送であり、以下の事項が事前に解決すべき課題として挙げられた。

①土質等施工諸条件と照らし合わせて、加泥材・加泥注入設備・土砂圧送設備・土砂固化搬出設備・掘削土固化材等の適正な選定およびその管理方法を誤ると、施工サイクルが適切にまわらなくなり、日進量の低下を生じる。

②滞水砂層や断層の掘進時において土質変化、湧水量増加に伴う加泥材の希釈や圧送管での掘削土砂の沈降分離により圧送能力の低下や圧送管の閉塞が生じる。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### 1) 加泥材注入に関する対策

##### ①加泥材の選定

加泥材として特殊ポリマー化合物主体のSPバインダー（粉体）を選定した。粉体加泥材は地上のプラント練りであり、切羽土質の変化を確認後に配合を修正して混練を開始するのでは、切羽へ注入されるまでの長距離配管の時間差により、切羽安定および土砂圧送に支障をきたすため、坑内の作泥台車から注入可能なSPダブル（アクリル系水溶性ポリマー主体のエマルジョン型添加材（液体））を併用した。なお、SPダブルはSPバインダーに添加することにより相乗的に増粘効果を発する。

##### ②滞水砂礫層や断層等急激な土質の変化に対応する加泥材の選定

滞水砂層や断層を掘進時における加泥材が希釈され、圧送管内で土砂が沈降分離対策として、後続台車内にサンドフロー（高吸水性樹脂と高分子系増粘剤の化合物であり、圧送管内の増粘、滑材効果を呈する）注入設備を設置し、スクリュコンベアに注入した。

#### 2) 土砂圧送、土砂固化設備に関する対策

##### ①土砂圧送設備、管理の計画

シールド機スクリュコンベア後方にP1圧送ポンプ、後続台車にP2圧送ポンプを設置し、その後圧送管自動延長伸縮設備を介し、約

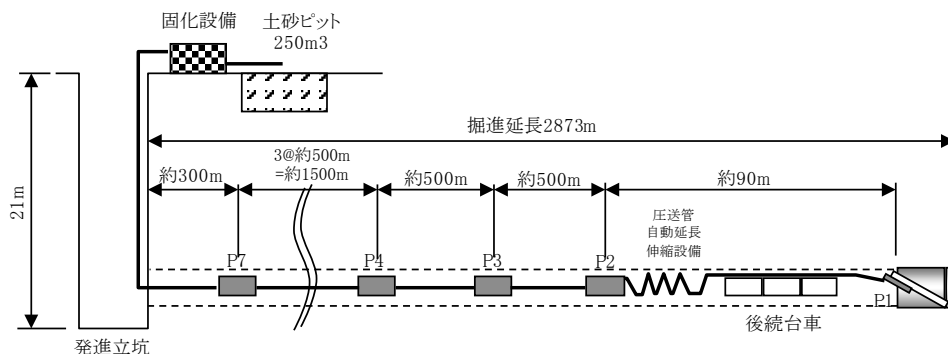


図-1 土砂圧送、固化設備概要図

500m毎に1台の中継ポンプを設置（計7台）した。（図-1）圧送土の状態を管理、確認のためにP2ポンプを開放可能なフィーダー式とした。また、圧送土の性状管理は目視、触感、スランプ（管理値12～20cm）で行い、圧送ポンプの管理は圧力計、電磁流量計、 $\gamma$ 線密度計によりリアルタイムに行った。

### ②土砂固化搬出設備管理の計画

ポンプ圧送では大量の注水が行われるため、掘削土砂の改良固化が必要となった。固化施工に必要な条件として①即効性②経済性③無害性、中性化④ストック容量の制限が挙げられた。この条件をクリアするために、固化パドル2軸ミキサー（60m<sup>3</sup>/h）および12リング分の土量をストックできる土砂ピット（250m<sup>3</sup>）を設置した。また、固化材としてアクリル系水溶性高分子凝集材ST409を採用し、固化パドルによる強制攪拌により土砂の流動性を低下させ固化状態にした。固化された土砂の管理として土質変化時、月例試験時、中継ポンプ設置時にテーブルフロー試験（管理値11cm以下）、コーン試験（管理値0.2N/mm<sup>2</sup>以上）を行い、濃度や注入率を調整した。

### 3) 技術的成果

加泥注入については、濃度や注入率を適正に保ち、土質の変化に即時対応が可能となり、固化材に関しても添加率を増加することなく管理値を満足した改良が可能となった。その結果として、月最大掘進量250m/月、平均掘進量10.1m/日（計画時8.5m/日）を達成し、コスト削減につながった。

以下に加泥材使用実績表（表-1）、固化材使用実績（表-2）を示す。

表-1 (加泥材使用実績表)

材料名	対象土質	濃度		注入率	
		計画	実施	計画	実施
SPバインダー	砂質土	1.0～2.0%	0.3～2.0%	25.0%	25.1%
SPダブル	砂質土、粘性土	0.3～0.5%	0.1～0.4%		
サンドフロー	滞水砂層	0.5%	0.6%	20.0%	19.4%

表-2 (固化材使用実績表)

土質	添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	
	計画	実施
砂	4.0	3.3
粘土混じり砂	4.0	3.4
砂混じり粘土	5.0	4.6
粘土	5.0	4.7

## 4. おわりに

加泥材、固化材の選定時、注入実績を調査し、様々な想定土質での配合実験を行って、材料選定、配合計画を行った。また、実施工においても、実機実験、配合見直しを行い、実際の土質に適合できる計画を行い、不具合無く日進量を向上させ、コスト削減を実現できた。

対象土質に対する加泥材、固化材の適・不適は化学的要因が多く、実施工に対応できるか否かは、事前の配合試験結果に負うものが大半を占める。加泥材、固化材メーカーの様々な製品に対して土質毎の配合、組合せ等の適正を体系化し、マニュアル化することにより、事前の配合試験や実機試験の精度を上げることが可能になると考えられる。

# 3 施工計画

## ケーソン上部工工事の施工計画について

東京土木施工管理技士会  
五洋建設株式会社 東北支店

大西 逸樹<sup>○</sup> 澁田 大輔 竹原 洋一郎

### 1. はじめに

本工事は、仙台塩釜港仙台港向洋地区岸壁（-14m）付帯施設の基礎工、上部工、消波工および雑工を施工するものである。

#### 工事概要

- (1) 工事名：仙台塩釜港仙台港向洋地区岸壁（-14m）付帯施設築造工事その2
- (2) 発注者：国土交通省東北地方整備局
- (3) 工事場所：宮城県仙台市仙台塩釜港仙台港区内および石巻市仙台塩釜港石巻港区内
- (4) 工期：令和元年5月20日～令和元年12月20日

### 2. 現場における問題点

本現場は仙台港向洋地区岸壁（-14m）付帯施設における工期7ヶ月の上部工工事であり、工期遵守と出来形精度の確保という目標達成のため、乗り込み時の現地踏査で確認した問題点に対して、以下の三つの課題を抽出した。

課題①：上部工のコンクリート打設完了後は型枠組立のために設置した支保工を撤去する必要があり、本工事においては、上部工完成後は作業場所が海面上となるため、作業足場が必要となった。作業足場のブラケットは足場板を三点支持できるよう1.2m間隔で設置したが、施工延長が293mと長く、足場ブラケット設置箇所数が多くなったこ

とから、撤去作業を安全かつ効率的に行うことができる作業足場と昇降設備の設置が課題であった。

課題②：上部工コンクリート出来形確保は、型枠組立時の形状寸法の厳密化が最も重要な要素であるため、型枠組立時の出来形精度向上のための対策について、検討・導入することとした。

課題③：本工事における大型土嚢袋製作に当たり、土嚢袋の口を作業員が開いた状態で、バックホウにて中詰材投入する作業は非効率、かつ、危険であり、作業の効率化と危険の排除が必要であった。

防潮堤途中にある坂路工は100m以上連続した無筋コンクリートの型枠設置、コンクリート打設、脱枠を繰り返す作業であったため、工期短縮のため、作業省力化の検討を行った。

上記の三つの課題について対策工の検討・選定・施工を行った。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### 対策①：支保工撤去時の足場確保

上部工の支保工撤去時ブラケットを撤去するための作業足場と段差2.5m分の昇降施設として、設備の準備が比較的容易、かつ人力にて簡単に移設可能である台車式ゴンドラ（図-1）を使用した。

本施設は、アンカーやブラケットの設置が不要であり、台車の移動のみで、足場移動が可能とな



り、効率よく、かつ、無事故で支保工ブラケットの撤去作業を行うことができた。



図-1 台車式ゴンドラによる  
ブラケット撤去状況

対策②：上部工コンクリート出来形精度の向上

上部工コンクリート出来形精度向上策として、出来形管理項目のうち法線の出入りについては「レーザー式墨出し器」を導入し、型枠建込時の天端側の出入り（傾斜）誤差を±5mmで管理した。（図-2）

本設備の導入により、若干のバラつきは生じたものの法線出入りの出来形精度を概ね型枠組立時の管理値に近い±1cmとすることができた。



図-2 レーザー式墨出し器による型枠設置確認

対策③：大型土嚢製作の効率化

大型土嚢袋製作に、バックホウ一台でほとんどの作業を完了することが可能な「瞬作」(Netis.No.CG-110026-VE) (図-3)を採用した。これにより、作業員はバックホウのバケットへの取付・取外のみ作業となり、中詰材投入時にバケット近傍での人力作業がなくなり、安全性が向上したうえ、一袋当たりの作業時間は50%程度に短縮したため、効率化も図ることができた。



図-3 俊作による土嚢袋作成状況

#### 4. おわりに

本工事は、仙台港向洋地区岸壁（-14m）付帯施設の延長約300mの上部工工事であり、工期は7ヶ月と短い現場条件であった。工期遵守と出来形精度の確保を目標に、上部工支保工ブラケット撤去時の仮設足場と昇降設備の確保、上部工コンクリート出来形精度向上、大型土嚢製作の効率化という三つの課題の対策を検討・実施し、工期を遵守し、所定の出来形精度を確保することができた。また、無事故無災害で工事竣工を迎えることができた。これは指導・協力いただいた関係各位皆様のご協力の賜物であり、この件について、この場を借りて、深く感謝の意を表すものである。

# 4 施工計画

## 岸壁背後地の地盤改良工事における 施工計画について

東京土木施工管理技士会

五洋建設株式会社 東北支店

内 田 仁<sup>○</sup> 高 橋 秀 和 久 野 兼 蔵

### 1. はじめに

本工事は、仙台港塩釜港仙台港区向洋地区岸壁(-14m)耐震改良の陸上地盤改良および現地調査を施工するものである

工事概要

- (1) 工 事 名：仙台塩釜港仙台港区向洋地区  
岸壁(-14m)耐震改良工事
- (2) 発 注 者：国土交通省東北地方整備局
- (3) 工事場所：宮城県仙台市仙台塩釜仙台港区内
- (4) 工 期：平成31年4月25日～  
令和2年3月25日

### 2. 現場における問題点

本現場は仙台港高砂地区のコンテナターミナル岸壁背後地であることから、コンテナ船の接岸、荷役に対して調整を行いながらの夜間作業を行い、昼間は地盤改良施工箇所をコンテナ荷役作業に開放する厳しい現場条件の下、問題点に対して、以下の四つの課題を抽出した。

課題①：本工事は岸壁背後地の施工であり、舗装仕様はコンクリート舗装であった。地盤改良削孔部の復旧について、原設計では、通常の生コン打設後に敷鉄板養生であったが、岸壁の荷役作業に支障のないように、できるだけ早期の開放を行う対策工法の選定が必要であった。

課題②：本工事における薬液注入工は、最大で注入ラインが24組の同時施工となり、品質を確保す

るためには注入位置・順序の管理が重要な項目となることから、薬液注入箇所の明示方法の選定が必要であった。

課題③：事前のコンクリート舗装版削孔箇所における試掘結果より、高圧噴射攪拌工施工位置に埋設物(給水管、光ケーブル)が確認され、その対策の選定が必要であった。

課題④：薬液注入工プラント範囲の近くには、排水経路(側溝)があり、プラントからの薬液漏洩が発生すると、側溝を介して、薬液の海への流出が懸念されるため、その対策が必要であった。

現場作業の進捗を図るため、上記の四つの課題について対策工の検討・選定・施工を行った。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

対策①：コンクリート舗装版の削孔復旧

地盤改良削孔前後の舗装版復旧を早急に行うため、通常の生コンに替えて、打設後3時間で $24\text{N}/\text{mm}^2$ 以上の強度を確保できる超速硬コンクリート(図-1)を使用し、舗装版の削孔復旧を行った。その結果、開放後に岸壁荷役に支障を発生することなく、施工を完了することができた。

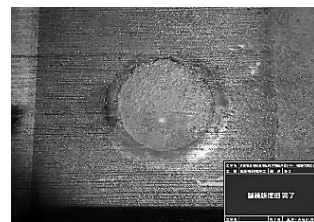


図-1 超速硬コンクリートによる舗装版復旧

対策②：薬液注入箇所への明示

薬液注入箇所の明示方法として、注入箇所へ注入ライン番号を記載したカラーコーンを設置することを行った。(図-2) これにより、注入ラインの切り替えレバー操作を行う作業員から注入箇所番号が確認できるため、注入位置・順序の間違いを防止して、所定の品質を確保することができた。



図-2 カラーコーンによる注入箇所明示

対策③：高圧噴射施工における埋設物対策

改良位置は埋設物との干渉を防止するため、施工法線方向に150mm移動させた。(図-3) さらに改良位置移動後も原設計の改良範囲を確実に改良するため、原設計改良径φ3.9mを移動距離の2倍である0.3mを加えた改良径φ4.2mに変更し施工を行った。(図-4) これらの対策により、埋設物を損傷させることなく、所定の改良範囲について地盤改良を行うことができた。

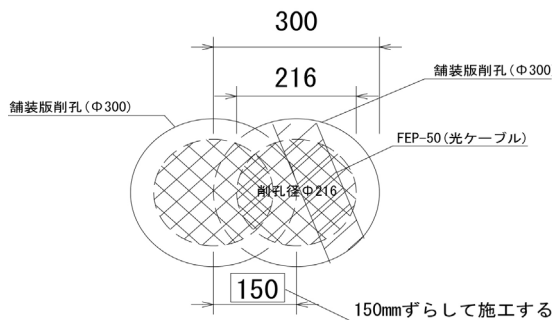


図-3 既設埋設物に対する削孔位置の変更

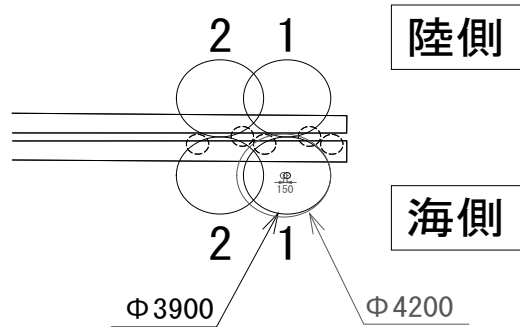


図-4 改良径の変更 φ3.9m→φ4.2m

対策④：薬液注入プラントの薬液漏洩防止措置

薬液注入プラントからの薬液漏洩と海への流出を防止するために、薬液の漏洩する可能性がある箇所に、薬液漏洩防止措置として、木材を周りに堰として設置し、その上に防災シートを敷設した。(図-5) その結果、措置箇所外への薬液漏洩と海への流出を防止して、工事を完了することができた。

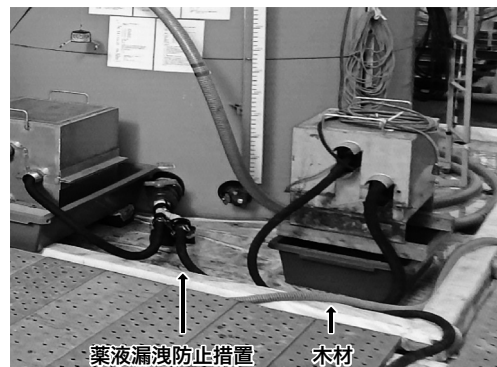


図-5 薬液漏洩防止対策

4. おわりに

本工事は、仙台港高砂地区のコンテナターミナル内の現場であることから、作業は夜間に限定され、昼間は地盤改良施工箇所をコンテナ荷役作業に開放する必要があるなど厳しい作業条件の下、工事に従事する元請職員、現場作業員、協力会社ならびに発注者の協力もあり、無事故無災害で工事を終えることができた。また、施工に関する様々な創意工夫の効果もあり、発注者から高い評価を得ることができた。このことに関し、指導・協力いただいた全ての工事関係者に深く感謝の意を述べるものである。

# 5 施工計画

## 防潮堤工事における施工計画について

東京土木施工管理技士会  
五洋建設株式会社 東北支店

福田 賢二郎<sup>○</sup> 山岸 健一 太田 裕晴

### 1. はじめに

本工事は、東日本大震災で被災した気仙沼市本吉町中島地区海岸および津谷川（左岸）河口部において、既設の防潮堤を撤去し、新たに天端高TP+14.7mの防潮堤を構築するものである。

工事概要

- (1) 工事名：中島地区海岸外災害復旧工事  
（その2）
- (2) 発注者：宮城県
- (3) 工事場所：宮城県気仙沼市本吉町中島地内
- (4) 工期：平成26年12月17日～  
令和2年3月27日

### 2. 現場における問題点

本現場は震災時の高さ20mを越える津波により、海岸汀線が約200m後退するとともに最大5mの洗掘を受けたため、天端高TP+14.7mの防潮堤を築造する工事を行った。現地作業を進める当たり確認された問題点に対して、以下の四つの課題を抽出した。

課題①：防潮堤途中にある坂路工は100m以上連続した無筋コンクリートの型枠設置、コンクリート打設、脱枠を繰り返す作業であったため、工期短縮のため、作業省力化の検討を行った。

課題②：本工事で施工した津谷川上流樋門・樋管工は、門柱部の配筋が複雑で鉄筋の取り合いが通常の二次元配筋図では判りづらく、また干渉の有

無の判別も難しい状態であった。従来は、配筋照査で見過ごした箇所については、鉄筋組立時に干渉が判明した段階で配筋図を変更して、現地にあわせの鉄筋加工・組立てを再度行っていたが、工期を遵守するために、施工時の手戻り作業防止として、鉄筋組立前に鉄筋干渉の確認を行う必要があった。

課題③：本工事の海岸工区起点部は、自然の風化と東日本大震災の津波で浸食された崖状になっており、その直下で防潮堤を構築することが、事前の現地確認で確認された。そのため、防潮堤工事の安全を確保するため、落石防止対策が必要であった。

課題④：現場内の雨水を処理する水替工において、排水時の濁水発生が懸念された。そのため、場外排出する際の濁水防止対策が必要となった。

上記課題を克服し、現地作業の進捗を図るため、四つの課題について対策工の検討・選定・施工を行った。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

対策①：坂路工の作業省力化

坂路工の作業省力化として、レール上をスライドするスライド式型枠（図-1）を採用した。この型枠は現場打ちコンクリートの側枠の他にコンクリート打設足場の機能も付加し、コンクリートの天端均しも円滑に行うことができ、作業工程を約15%短縮することができた。



図-1 スライド式鋼製型枠使用状況

対策②：CIMによる樋門工の鉄筋干渉検討

施工前にCIMによる原設計の配筋干渉を検証した。(図-2) その検証により、グラウトホールと鉄筋の干渉(図-3)を事前に確認し、配筋図を変更した後に鉄筋加工・組立を行ったので、鉄筋干渉による手戻り作業を防止することができた。

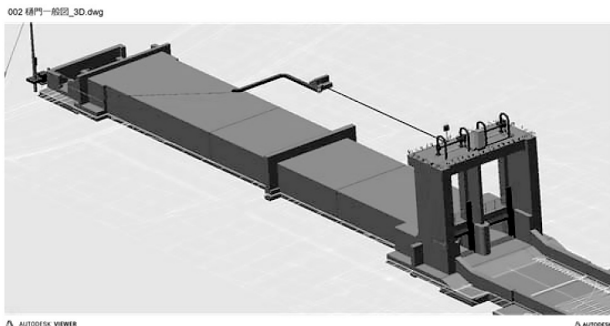


図-2 検証対象の樋門

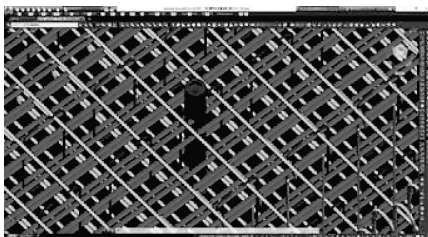


図-3 グラウトホールと鉄筋の干渉

対策③：急傾斜地直下での落石防止対策

落石防止対策として、軽量で耐候性に優れた耐候性ポリエステル製ネット(ECO落石ネット)を使用・設置した。(図-4) これにより、施工完了までの約2年間落石を防止し、この区域での防潮堤施工を無事完了することができた。



図-4 落石ネット施工状況

対策④：水替工における濁水対策

水替工における排水の濁水対策として、環境配慮型濁水処理フィルター工法であるバイオログフィルター(Netis QS-100035-VE)を設置した。(図-5) この対策により、排水の濁度の低減し、濁水流出を防止することができた。



図-5 バイオログフィルター

4. おわりに

本工事における坂路工、樋門工、起点部の防潮堤工、水替工作业において、施工上の問題解決を目指して、様々な工夫を取入れながら施工を行った結果、作業の効率化、手戻り作業の防止、安全の確保、環境保全につながり、円滑な現場施工に寄与することができた。

今後も本工事と同様に問題の解決と対策提案・実施を繰り返し、更なる施工技術の向上を目指したいと考える。

本工事におけるこれらの成果は工事関係者の皆様方の多大なるご協力のおかげもあり、無事故・無災害で工事を完了し、竣工検査で発注者より労いの言葉もいただくことができたことについて、紙面上をお借りし、関係者の皆様に深く感謝を申し上げます。

# 6 施工計画

## 路床盛土材の変更とその運搬方法の効率化について

東京土木施工管理技士会  
東亜建設工業株式会社 東北支店

鳥嶋 勇一 ○ 大清水 峻介

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：国道45号坂ノ下地区道路改良工事
- (2) 発注者：国土交通省 三陸国道事務所
- (3) 工事場所：岩手県九戸郡洋野町
- (4) 工期：2018（平成30年）年1月24日～  
2020（令和2年）年11月6日

### 2. 現場における問題点

当工事は、三陸沿岸道路「洋野階上道路（侍浜～階上）、L=23km、W=13.5m」のうち、坂ノ下地区の道路改良を行ったものである。

工事内容のうち、路床盛土工において路床材を45,000m<sup>3</sup>ほど運搬した。

路床盛土工は路体盛土工の後に施工するが、当該工事で路体盛土の完成が令和2年6月ごろであったこと、次の工事を実施する舗装業者への引き渡しが令和2年9月とされていたことから、路床盛土は3ヶ月間で終えなければならなかった。3ヶ月間で45,000m<sup>3</sup>を運搬して路床盛土を仕上げするには、日当たり600m<sup>3</sup>以上の路床材を運搬する必要がある。それを実現させるには以下に示す問題を解決しなければならなかった。

・問題1：設計に示される路床材（碎石ダスト）は、久慈市にある碎石販売所から現場まで運搬されるが、その運搬距離は平均で26kmあり、10t積ダンプトラックで運搬した場合、1台1日あたり

の回転数が4回であった。つまり、1台あたり1日の運搬数量は18m<sup>3</sup>であり、必要な現場施工量である600m<sup>3</sup>を運搬するためには34台のダンプトラックを用意しなければならない。しかしながら、当該工事の近傍では多くの工事が同時に進められており、それだけのダンプトラック台数を確保するのは困難であった。



図-1 施工場所と路床材販売元の位置

・問題2：路床盛土工は各社とも同時期の施工となり、最大で7件もの工事が1カ所の同じ販売元から路床材の供給を受ける。供給元では、1日に2,000m<sup>3</sup>程度の出荷量を最大供給量としており、各建設会社が同時に供給を受ける場合は、1社あたり300m<sup>3</sup>にしかならず、当社が計画する600m<sup>3</sup>/日に至らない。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

路床盛土材は、久慈市内の販売元が提供する碎石ダストから、八戸市にある大太平洋金属から出るフェロニッケルスラグへ変更した。また、運搬方法は、八戸港と八木港を利用した船（砂利運搬船1,800t級）での海上運搬と、八木港から現場までのダンプトラック運搬との併用とした。なお、八木港と現場の距離は約2km程度であった。

設計に組み込まれている碎石ダストをフェロニッケルスラグに変更するにあたっては、所定の品質を満足するのを確認するのは当然として、当該工事が必要とする量の45,000m<sup>3</sup>が供給可能かどうかを、実際に現地（大太平洋金属）へ赴いて確認し、十分なストック量があることを確認した。



図-2 海上運搬経路

八木港では、砂利運搬船を接岸させるために8隻の漁船について係留場所の移動をお願いした。また、八木港は1,800t級（約900m<sup>3</sup>積）の大型貨物船の入港実績がなかったので、入港前に港内の水深や海底状況を調査した。調査はナローマル



図-3 八木港の利用状況

チビームを搭載したラジコンボートを用いて実施し、詳細な海底状況を把握できた。そのことにより、砂利運搬船の入港に対して安全が確保された。

岸壁上と背後地に合計4,000m<sup>3</sup>の仮置き場所を確保して、現場への供給が途切れないようにした。

以上のことにより、陸上運搬距離が26kmから2kmになったためダンプトラックの1日あたりに必要な台数は10台とすることができた。

八木港と現場は2kmと近いので、ダンプトラックの1日あたり回転数は20回となり、10台での日当たり運搬量は800m<sup>3</sup>であった。したがって、計画していた日当たり600m<sup>3</sup>の施工量に対して、十分な量の供給が可能となった。

当該工事としては、久慈市の碎石販売所へダンプトラックを仕向ける必要がなくなったため、他工事への供給量が増加したと推測している。総合的に洋野階上道路の工事進捗に寄与したと考える。

当年は台風が来襲することもなく海象条件に恵まれたため海上運搬が滞ることもなく、順調に路床盛土工が進んだので、予定通りに舗装工事へ引き渡すことができた。



図-4 八木港から洋野階上道路を望む

### 4. おわりに

本件が順調に実施できたのは、材料の変更について発注者が快く承諾いただいたことと、漁業協同組合ならびに漁業関係者の理解と協力によるところが大きい。この場をかりて、深く感謝する次第である。

# 7 施工計画

## これからの施工管理の在り方 (求める監理・求められる安全)

栃木県土木施工管理士会

株式会社前原土建

工事係長

工事主任

宇賀 神 努<sup>○</sup>

上野 将 大

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工 事 名：令元県営経営体基盤下稲葉第2工区圃整工事
- (2) 発 注 者：栃木県下都賀農業振興事務所
- (3) 工事場所：下都賀郡壬生町下稲葉地内
- (4) 工 期：令和元年9月18日～  
令和2年8月31日



図-1 着工前 (○印：ビニールハウス)

### 2. 現場における問題点

現場着手と同時に平成元年10月台風19号の通過により、近隣で被害が多発した。災害復旧工事が優先され、現場に着手する事が出来ない。

受注した工区では、圃場整備地内にビニールハウスが設置されており、イチゴ栽培が行われていた。稲作と違い冬季において、収穫作業が行われるために、他面と一貫して工事を行うことが出来ない。

さく井・圧力タンク工事が追加となり、製品発注の関係上、契約工期を超過の問題が発生。

工期内において、全国的に新型コロナが発生・蔓延。現場作業は継続して良いのか、作業員は感染していないかなど、衛生管理が課題となる。

以上4点が問題となり、同時に施工を行った。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

まず、確認のために現地へ赴こうと、行動に移した。しかし冠水により、車両の通行に規制が生じる。併せて橋梁の渡河に関して、通行止めや迂回を促され、移動に制約が生じた。逐一本社の災害本部に報告をしたが、夜間であるため、むやみに移動することで、二次被害が生じる可能性も避けられないため、そして、社員の人命を優先するために、待機として、早期に台風が通過する事を祈るばかりであった。

結果、正確な被害状況を確認出来たのは、水位が低下した翌日となった。被害に対処する物資は、社内の在庫品で問題は無かったが、決壊・陥没等、被害の大きい現場に人員を割かれ、現地の対応には時間という問題が生じた。併せて、施工箇所から南側一帯は、昨年度に竣工した工区であった。少なからず被害が生じたため、応急工事で対処した。

次にビニールハウスの施工に関しては、耕作者及び発注者と協議を行った。齟齬が生じないように、月一回行われる会議に議題として諮り、耕作



状況を鑑み、工期延長をする事により対応した。一部を除いて施工する事により、効率的な施工は出来なかったが、最善の結果であったと思う。



図-2 現場会議状況

そしてさく井工事に関しては、工事着手後の対応ではあったが、早期の業者選定で対処した。ビニールハウス工事に関連していたため、施工時期が重ならないように注意した。別途、圧力タンクに関しては、受注生産のため、納品までの時間を費やさず、さく井後から設置までの間に空白期間が生じてしまった。

最後に新型コロナ対策については、除菌剤・マスク・体温計の在庫確保が儘ならない。屋外作業に加え、季節風の影響で、手に加え目、鼻、口と顔の至る所が汚れる。そこで、移動時に水道水を入れたポリタンクを常備し、休憩時にこまめな手洗いを徹底した。ポリタンクのコックや持ち手は別に用意したペットボトルに入れた水道水で洗い流す。在庫が確保できるようになってからは、除菌シートで拭きとり感染対策を施した。また飛沫を防ぐマスクも品薄状態であったため、当初はアルコールスプレーを散布し、数度の遣い回し。その後は手製マスクで対処した。在庫が確保できてからは、日々の使用を行った。体温については、非接触型体温計を確保できるまでは、自宅にて検温。忘れた時には、除菌シートでその都度拭いて、検温を行った。

#### 4. おわりに

今回、台風という目に見える災害に始まり、コロナという目に見えない災害で、竣工を迎えた。本来竣工は充実の中で胸を撫で下ろすものであると考えていたが、今回は些か勝手が違った。

圃場整備において降雨・積雪時には施工は難しい。しかし近年、雨雲レーダーや雷レーダー、線状降水帯の予報等も活用することが可能となってきた。これらの性能も逐一向上している。加えてAI機能やアプリケーションソフトの進化も顕著である。それら駆使して少々の困難に対しても、通常の現場管理と何ら変わりがない施工を求めたいと思う。

コロナ禍での初の現場施工となった。施工管理を担う誰もが同じ思いで、現場対応に負われていたと思う。後に、マスクに除菌スプレーをかけたことは、間違いであったと判明した。はたしてこの対応で良かったのか、もっと良い、違う方法があったのではないか。収束を待つよりも、これを機に、柔軟な対応策をとれる施工を行っていかねばと考える。

自然環境の下で行う我々の仕事の宿命かもしれないが、今後は想定外を言い訳にせず、それらを含めた現場管理を求めねばと考える。



図-3 完成

# 8 施工計画

## 静的破碎油圧工法による水中コンクリートの取壊し

石川県土木施工管理技士会  
真柄建設株式会社  
課長  
尼崎 健一

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：国道42号旭橋耐震工事
- (2) 発注者：国土交通省 近畿地方整備局
- (3) 工事場所：和歌山県和歌山市紀三井寺地先
- (4) 工期：平成25年9月3日から  
平成27年3月31日まで

### 2. 現場における問題点

本工事は一級河川和歌川に架かる老朽化した道路橋（供用中）の耐震補強を目的とし、橋脚柱のコンクリート巻立を行う工事であった。施工条件として河川渇水期内の施工に限定されており、工期短縮を目的として仮締切工を必要としないPCコンファインド工法が採用されていたことから水面以深の水中施工を伴った。（図-1）



図-1 工事概要図（橋脚正面図）

以上のような工事を着手するにあたり現地調査を行ったところ、以下の問題点が発生した。

既設底版コンクリートは設計より1.5m低い位

置にあり、設計で底版と考えられていたコンクリートは非構造体のものであることが判明した。よって橋脚柱の巻立補強を行う前にこの非構造体コンクリートの撤去が必要となり、以下の条件を満足する撤去方法の立案が課題となった。

#### 【撤去方法の条件】

- 条件①：水中施工が可能であること
- 条件②：橋桁による上空制限をクリア出来ること
- 条件③：橋脚に振動の影響を与えないこと

### 3. 工夫・改善点と適用結果

上述の条件①～③を満足する撤去方法について、考えられる6通りの方法から工法比較検討した結果、静的破碎油圧工法によりコンクリート塊をブロック分割し、台船に載せたクレーンでコンクリートブロックを台船上に回収した後に海上輸送により搬出処分する方法を採択した。クレーンの選定は機械高さが低く上空制限を受ける場合に有効なカニクレーンを採用した。（図-2）

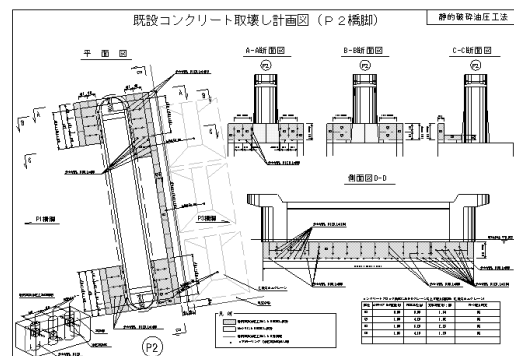


図-2 取壊し計画図（静的破碎油圧工法）

静的破碎油圧工法は、破碎させるコンクリートにコアボーリングで穿孔し、バスターヘッドを挿入し油圧により割裂させる工法であり、水中施工も可能である。(図-3、4)



図-3 静的破碎油圧工法 概略図



図-4 静的破碎油圧工法施工状況

工法検討の過程で最も大きな判定要素となったのは水中施工という条件であった。水中では陸上に比べ施工性が著しく悪くなる理由を工法比較検討過程を述べることで報告する。

比較検討を行った6通りの工法を表-1に示す。

表-1 比較検討した工法 一覧表

工法番号	施工方法	
1	はつり	人力
2		重機ブレーカー
3	分割	静的破碎剤
4		連続コアボーリング
5		ワイヤーソーイング
6		静的破碎油圧工法(採尺)

工法1(人力によるはつり)は、水中で作用する浮力により反力が得られず作業効率が著しく悪

いこと、コンクリート粒子を大量に流出させるために河川環境を悪化させること、さらに既設橋に振動を与えるという理由から不採用となった。

工法2(重機ブレーカーによるはつり)は、運転席が陸上であるのに対しはつり位置が水中であることから運転手がはつり位置を視認出来ないことと、人力はつりと同様に既設橋に振動を与えるという理由から不採用となった。

この様に陸上施工では難なく可能なはつりが水中施工という特異性から不適とされ、適切なブロック分割方法の検討が次の課題となった。

工法3(静的破碎剤による分割)は静的破碎剤が流出して破碎効果が不安定になり計画通りの分割が出来ない恐れが有り不採用となった。

工法4(連続コアボーリングによる分割)は水平分割が不可能であることと、水中コアボーリングの経済性が悪いことから不採用となった。

工法3及び工法4の検討においても水中施工という条件に判定を左右される結果となった。

残る工法5(ワイヤーソーイングによる分割)と工法6(静的破碎油圧工法による分割)については水中施工でも計画通りの分割が可能であり、河川環境に与える影響や既設橋に与える振動も無いので採択可能であったが、経済性に優れる工法6(静的破碎油圧工法による分割)の採択に至った。

実施工では静的破碎油圧工法により分割することで既設橋に振動の影響を与えることも無く計画通りに対象物の取壊しを終えられ、橋脚柱の巻立施工に移行した。

#### 4. おわりに

橋脚柱が当初設計よりも高かった為にコンクリート巻立て高さも変更となったが無事に巻立工事も終え、耐震補強という目的を達成出来た。

今回得られた、調査結果から発生した追加工事に対する施工方法検討から施工への対応の経験と、水中施工という条件が陸上施工とは全く異なる工法採択に至るという知識を今後の施工管理に生かしたい。

# 9 施工計画

## 曲線部の鋼矢板打込と上部構造物について

長野県土木施工管理技士会  
庫昌土建株式会社

新村 洋次郎

### 1. はじめに

本工事は、下諏訪町に建設される水上防災拠点の護岸工事である。タイロッド式控鋼矢板ハット型SP-10HL9.0mと控矢板L9.5mをバイプロハンマにて曲線上に設置する構造であった。本稿では、曲線上に鋼矢板を打込と矢板上部工構造物についての施工管理について報告する。

#### 工事概要

- (1) 工事名：社会資本整備総合交付金  
統合河川工事
- (2) 発注者：長野県諏訪建設事務所
- (3) 工事場所：諏訪郡下諏訪町
- (4) 工期：令和元年7月23日～  
令和2年4月30日



### 2. 現場における問題点

鋼矢板平面図を図-1に示す。前面鋼矢板R=41、控え鋼矢板R=23.5と異なる曲線上に鋼矢板を打

設する施工であった。鋼矢板上には景観パネルを施工し大型船舶を接岸させる栈橋を取付ける構造であったため以下の課題が考えられた。

#### 課題-1 鋼矢板の変位による構造物のズレ

鋼矢板の出来形管基準値は変位1100mm（社内規格値80mm）と設定されていたが、SP-10H型1枚の延長がL900mm、上部工景観パネルの形状がL1800mmとなっており、矢板の変位によって上部工構造物のズレが生じる恐れがあった。

#### 課題-2 タイロッド設置間隔の確保

前面矢板側のタイロッド設置間隔@1800mm控え矢板側間隔は@900mmに設定されたいたため、鋼矢板のズレによる強度低下の恐れある。

#### 課題-3 景観パネルの形状について

景観パネルの形状は、直線の鋼矢板に合わせた形状であったため、曲線に対応する必要があった。

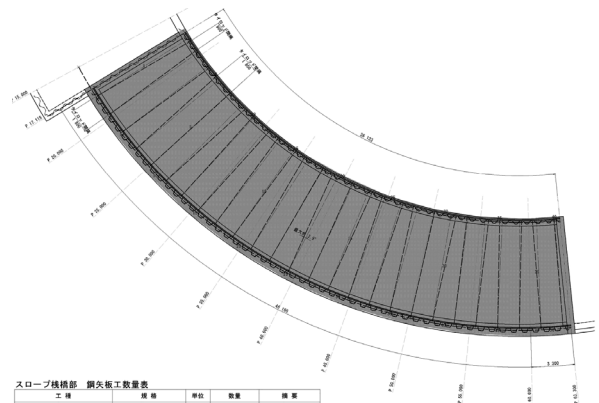


図-1 鋼矢板詳細図

### 3. 工夫・改善点と適用結果

前述の課題に対して、下記の対策を実施した。  
課題-1の対策・地中障害物等で規格値（±100mm）を外れて変位してしまう恐れがあったことと、精密な作業を行うため特注のハット型矢板用定規を製作し使用した。前面矢板R=41.0と控え矢板R=23.5の異なる二組の定規を使用して曲線部の10H型鋼矢板の打込みを行った。

特注定規を使用した結果、変位最大値29mm、平均値18mmで社内規格値50%以下の施工できた。  
課題-2の対策・タイロッド設置において、矢板の変位が平均18mmで施工できたことにより、間隔及び位置共にズレがなく施工できた。

また、上記要因のほかに、腹起しの加工を実施した。当初設計の腹起し間隔は4000mmで直線であったが、直線では矢板から腹起しが離れてしまい設置が不可能と計画段階で判断された。

そこで、腹起しを鋼矢板SP-10Hと同様の曲線に曲げ加工を行いう協議をし対応した。

課題-1.2の対策を実施し図-2の通り曲線に対応したタイロッド式控え鋼矢板を施工した。

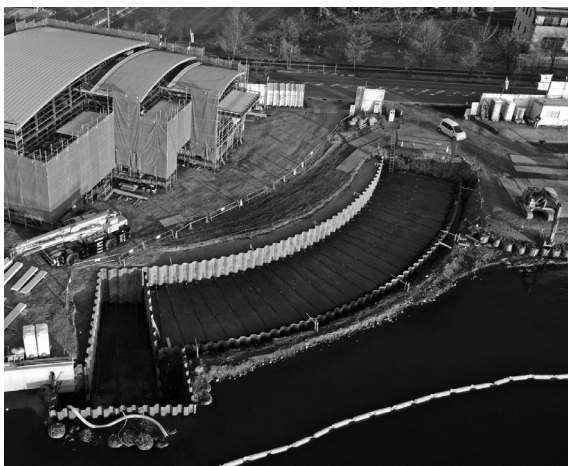


図-2 控え式鋼矢板設置状況

課題-3の対策・景観パネル 二次製品規制品  
ポートフォールH1700\*B1000\*L1800 N=22基の設置においては、直線部用の製品で曲線は考慮されていなかった。鋼矢板の凹凸形状に合わせた底版が標準型で鋼矢板変位等の要素によって出来形精度を低下させるため、（係留栈橋アンカーの位置

がミリ単位で設定され、位置のズレによって強度低下を招くため）発注者及びメーカー側に提案し、鋼矢板10H型の変位への対応と曲線部を考慮した製品の加工を協議し実施した。

又、底版の改良として鋼矢板と製品底版が接し無ないように加工する。（底版部材を小さく加工）

頂版の改良として前後同一寸法だったため前面寸法L=1800mmに対し後面寸法をL=1750mmに短く加工し後面が接しないように曲線部に対応する。上記対策を実施し、景観パネルの位置（特に栈橋アンカー位置）に留意して、綺麗な曲線を描いて設置する事ができた。



図-3 護岸工事完了

### 4. おわりに

本工事は諏訪湖防災拠点兼漕艇場と諏訪湖のジョギングロードが近接しており日頃から沢山の地域住民が施設を利用する中での工事であったことと、別発注の漕艇庫新築工事が同時期に行われ建物と護岸工事が最小で5mしか離れていない限られたスペース及び工期の中で安全を確保し工事を施工した。また、報告とは他に鋼矢板施工は図-2のような異形鋼矢板を使用しての締切りが何か所もあり、矢板の変位によって全ての構造物がズレてしまうことが容易に想像できたが、計画段階から課題を想定し実施したことにより、図-3のとおりで精度及び出来映えを確保し、発注者並びに地域住民のおかげで無事に完成させることができた。

# 10 施工計画

## 10分間の通行止めで歩道橋を確実に撤去

長野県土木施工管理技士会  
株式会社守谷商会

大 口 卓<sup>○</sup> 高 野 貞 美

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工 事 名：街路築造工事及び歩道橋撤去工事
- (2) 発 注 者：東京都第四建設事務所
- (3) 工事場所：東京都豊島区巢鴨三丁目
- (4) 工 期：令和元年6月10日～  
令和2年6月16日

本工事は、観光名所でもある巢鴨とげぬき地藏通り商店街の入り口に面した国道17号に架かる歩道橋を撤去し、地元の要望等から道路を整備するものである。本稿では、歩道橋撤去における工夫について述べる。



図-1 歩道橋撤去前

### 2. 現場における問題点

#### (1) 交通規制の問題点

発注の計画は道路中央部に仮設ベントを設け、一般車両を通しながら片側ずつ撤去を行う方法であった。しかし、道路管理者の国土交通省の回答は「ベントを設けると車線中央部に常設の作業帯

が必要となるため、許可できない」というものであった。そこで、60分間の全面通行止めを行い、その間に一括で主桁を撤去する方法を提案した。

しかし、国交省は了解したが、警視庁の回答は「許可できるのは10分間のみ、ただし合間に30分程度交通開放すれば10分間の全面通行止めを何回かけても良い」というものであった。

#### (2) 支承部の問題点

今回撤去する歩道橋は、設置されてから50年程経過している。そのため、主桁と支柱を接続している支承部のボルトが腐食により、当日の作業時間内では分離しないのではないか、という懸念があった。

#### (3) 課題

国道17号の規制時間は21時から翌朝の6時までで9時間であり、この時間の中で規制帯の設置、撤去及び主桁撤去用の220t吊りクレーンの搬入、組立て、解体、搬出、撤去した主桁の分割、搬出まで行わなければならない。

以上から、いかに確実に限られた時間の中で主桁を撤去するかが課題となった。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### (1) 2回の全面通行止め

全体スケジュール等を検討した結果、全面通行止めは2回行うこととした。

1回目の10分間では、主桁を完全には吊り上げず、主桁の重量確認、玉掛けのバランス確認・調

整、支承部の分離確認を行うこととした。

2回目の10分間では、主桁を吊り上げて撤去し、規制帯の中へ仮置きすることとした。

#### (2) クレーンの事前組立て

主桁撤去用の220t吊りクレーンについては、前日、施工箇所に隣接する発注者の道路事業用地においてリフターによる組立てを行った。当日は規制帯に自走で入り、カウンターウェイト（74t）を取付けるだけとした。

#### (3) 別クレーンによる玉掛け

主桁撤去用の220t吊りクレーンにカウンターウェイトを取付ける作業と並行して、16t吊りクレーンを使用して主桁に玉掛けを行っていた。

#### (4) 支承部の事前分離

主桁と支柱を接続している支承部の既設ボルトは腐食していた。そのため、あらかじめガス切断を行って撤去し、ジャッキアップして分離を確認した。ジャッキダウン後、同径（M22）の新品ボルトに交換して仮復旧を行っていた。（図-2）

#### (5) 細径ボルトへの交換

1回目の通行止めの際に分離した主桁をいったん元に戻すが、このときには一回り小さく（M20）長いボルトに再度交換し遊びを持たせた。（図-3）

これは、主桁が元の位置から若干ずれる可能性があることと、2回目の通行止めにおける再分離でボルトが抜けにくくなる可能性があることに備えたものである。



図-2 分離確認と仮復旧



図-3 ボルトの再交換

#### (6) 適用結果

1回目の通行止めでは予定通り、主桁の重量確認、玉掛けのバランス確認・調整、支承部の分離確認を行った。確認後、主桁をいったん元の位置に戻し、直ちに交通開放を行った。

解放後、停滞していた一般通行車両が流れたことを確認し、警察との打ち合わせの上、30分後に2回目の通行止めを行った。2回目の通行止めでは予定通り、主桁を吊り上げ規制帯の中へ仮置きし、直ちに交通開放を行った。

夜間にもかかわらず多くの見物人が見守る中、ほぼ予定通りのサイクルタイムで作業を進行し、最終的には30分早く全面交通開放することができた。



図-4 主桁撤去状況

## 4. おわりに

東京都が管理している歩道橋の多くは昭和40年代に整備され、これまで歩行者の安全に大きく貢献してきた。しかし、交通環境の変化等により現在ではほとんど利用されなくなったものも存在する。こうした状況や、老朽化、維持管理、バリアフリー等の観点から、今後、撤去される歩道橋もあると考えられる。

作業自体は物を吊って下ろすだけであるが、10分間という時間は決して長くはない。今回講じた対策や工夫は、その10分間の作業を単純なものにし、安全かつ確実にする上で非常に有効であったものとする。



図-5 完了状況

# 11 施工計画

## 水没までのタイムリミット ～旧橋撤去における工期短縮

長野県土木施工管理技士会

株式会社守谷商会

北 澤 淳

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工 事 名：H30横壁地区構造物撤去工事
- (2) 発 注 者：関東地方整備局  
ハッ場ダム工事事務所
- (3) 工事場所：群馬県吾妻郡長野原町
- (4) 工 期：令和元年1月19日～  
令和元年9月30日

本工事は、ハッ場ダムの完成により水没する橋梁（弁天橋）を撤去するものである。ダムの湛水試験が令和元年10月1日から始まるため、現場作業は8月中には終了させるように要請されていた。本稿では、旧橋撤去における工期短縮について述べる。

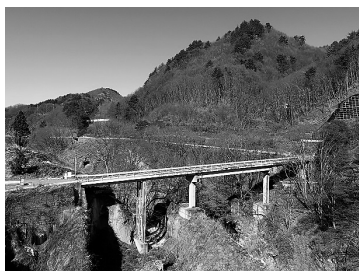


図-1 弁天橋撤去前

### 2. 現場における問題点

#### (1) 仮設構台の問題点

当初設計は、右岸から仮設構台を設置して200t吊りクローラクレーンで橋梁の右岸側2/3を撤去し、残りの1/3を左岸の旧国道145号上から200t吊

りオールテレーンクレーンで撤去するものである。

しかし、仮設構台の支持杭（鋼管杭）の納期が2ヶ月掛かることや、図面と現況の差異による杭長の検討等が必要なことから、工期的に厳しいと考えた。

#### (2) クレーン組立てヤードの問題点

クレーンの組立てヤードが必要であったが、当初設計には無かった。受注後、コンサル成果が提示され、右岸側に組立てヤードの造成として6000m<sup>3</sup>の掘削が計画された。

しかし、これを施工するには40日間の工期が必要であった。

#### (3) 床版撤去の問題点

当初設計における床版の撤去方法は、張出部と地覆部については切断・ブロック解体しクレーンで吊上げ、フランジ間についてもフランジ両端部から20mm程度内側にカッターを入れクレーンで撤去するものである。

しかし、残ったフランジ上部の床版は、狭小かつ高所での人力はつりにより撤去する必要があった。

#### (4) 課題

以上から、安全性に配慮しつつ、いかに工期を短縮するかが課題となった。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### (1) クレーンの大型化

右岸側2/3の撤去には650t吊りオールテレーンクレーンを使用することとした。



クレーンの大型化により、仮設構台を不要とした。これにより仮設構台の支持杭の打設も無くなり、設置・撤去を含めて工期を70日間短縮することができた。



図-2 主桁撤去状況

## (2) クレーン組立てヤードの工夫

工期の短縮を図るため、クレーン組立てヤードが最小となるように計画した。クレーン機材搬入用トレーラーの旋回を考慮した軌跡図を作成し、作業スペース等を詳細に検討した。

また、コンサル成果における造成地盤はレベルの設計であったが、作業に支障が無い範囲で3.5～7.5%の勾配を付けて造成を行った。

これにより、当初6000m<sup>3</sup>の掘削を650m<sup>3</sup>に削減し、工期を29日間短縮することができた。

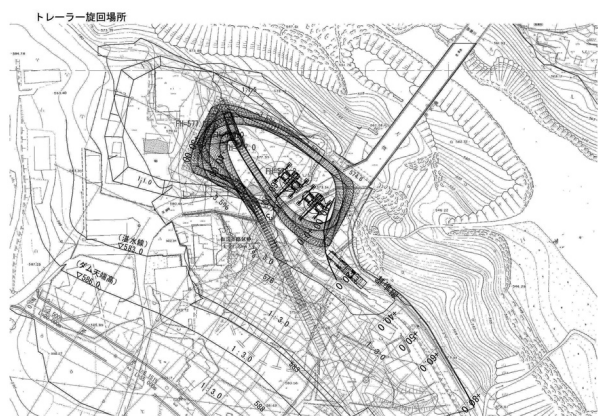


図-3 クレーン組立てヤード検討図

## (3) 床版ジャッキアップ工法の採用

弁天橋の構造が非合成桁橋であることに着目した。非合成桁橋であればジャッキアップ工法が採用できる可能性があると考えた。

ジャッキアップ工法とは、床版をブロック切断

し、隣接する床版を反力としてジャッキアップして桁フランジから引き剥がす工法である。

そこで橋梁点検車を使って桁と床版の接合状態を調査した。その調査結果をもとに施工方法を検討した。桁のジョイント部は添接板で堅固に固定されていたため、この付近のみ床版を残置し桁と一緒に撤去するが、それ以外の部分はジャッキアップ工法で撤去が可能と判断した。これにより狭小かつ高所での人力はつりという危険な作業を無くすことができた。

その結果、床版撤去の工期を11日間短縮することができた。



図-4 ジャッキアップ工法

## 4. おわりに

弁天橋の撤去は8月上旬に完了することができた。さらに旧国道145号上の旧橋撤去（2橋）を増工で行ったが、9月末にすべての工事を完了することができた。

その後、ハツ場ダムの湛水試験は予定通り10月1日より開始されたが、台風19号による豪雨で満水近くまで一気に水位が上昇し、弁天橋があった場所も完全に水没した。

着工前には地元から、撤去にあたり神事を実施してほしいとの要望があった。実施した神事には地元から多数の人が参加された。その姿を見て、地元の人々にはとても思い出が深い橋であったことを実感し、感謝を込めて丁寧な作業を心掛けた。

旧橋撤去は、架設時と同様に現場条件や橋の構造をよく理解し、適切な施工方法を採用することが重要であると感じた。

# 12 施工計画

## 現場状況に即した橋梁排水計画の立案について

長野県土木施工管理技士会  
北陽建設株式会社

内海 竜介

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：令和元年度社会資本整備総合交付金事業 橋梁長寿命化修繕工事
- (2) 発注者：長野県大町市
- (3) 工事場所：市道菅の窪線 大町市八坂満仲橋
- (4) 工期：令和1年10月17日～令和2年7月31日

本工事は長野県大町市八坂地区の市道菅の窪線の満仲橋の橋梁修繕工事を行うものであった。

長年による供用や近接する県道への唯一の接続道路という事もあり、地覆、橋台のクラック、エフロレッセンスの発生、床板下部コンクリートの剥落及び鉄筋露出、主桁の塗装剥離など激しく損傷しており、これらを修繕し、供用期間を延長することを目的とする工事であった。

### 2. 現場における問題点

当施工箇所は橋梁端部がそれぞれ接続している道路との最低部にあたり（図-1）周辺道路と橋梁舗装面との勾配が逆となっている。

そこで当初設計では橋梁中央部を最低部にして導水し、排水ドレーンにより排水する事で床板修繕後の防水性を高める計画であった。

しかし既設舗装では中央部が最高部で端部が最低部となっているため、床板も既設舗装と同勾配となっている可能性があり、当初設計通りに施工

すると橋梁中央部で舗装厚の薄い箇所が発生する懸念があった。しかし架設当時の資料が少ない事で床板厚や勾配を確認できず、着工前から舗装工の変更や防水工、排水位置変更が生じるという問題点が存在していたが、床板の形状を予測してあらかじめ対策を講じる事とした。

そして、実際に既設舗装を撤去すると予想されていた通りであった為、計画を変更した。

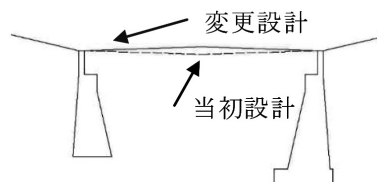


図-1

### 3. 工夫・改善点と適用結果

計画の変更をするにあたり最初に舗装工の変更を検討した。

当初設計は中央排水とする事で周辺道路との接続部が緩やかとなり、段差による振動が低減されるという面で有利であった。

しかし一番舗装の薄くなる橋梁中央の中心部で設計の舗装厚を確保すると舗装面が高くなり、既設の地覆高が大幅に減少する事となる。

また橋梁全体に掛かる死荷重が増大する事となり橋梁全体に悪影響を与え、死荷重を従来の重量と同程度にした場合は橋梁中央部での舗装厚が薄くなるという点が問題となった。

そこで床板に合わせた舗装勾配に変更し（図-1）排水箇所を端部にする事として以下の点を実施した。

① 排水経路の変更

排水ドレーンの削孔位置を橋梁中心部ではなく床板勾配に合わせた端部にする事で、防水層上の浸水を自然勾配により排水ドレーンに導くように変更した（図-2）

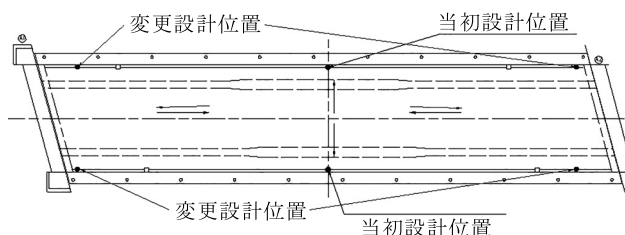


図-2

排水ドレーンの位置を橋梁端部に変更した事に伴い、フレキシブルチューブからの排水が橋台天端に落水する事になり、新たなクラック発生原因となる事が懸念された。

（図-3）



図-3

排水ドレーンからの落水

そこで排水ドレーンからのフレキシブルチューブを橋台に直接あたらない場所まで延長し、直接河川に排水することでクラックの発生を予防した。

② 集水桝内部へのスパイラルパイプ設置

橋面上の端部付近には、既設の集水桝があり、排水位置が防水層と同程度の高さであることから、ここからも排水できないかと考えた。

そこで集水桝側面を削孔し、その中にもス

パイラルパイプを設置することで舗装面からの集水だけでなく、防水層上部を伝った水も集水桝から排水する事ができた。（図-4.5）

この事により、床板へ影響を与える水の排水量が増し、防水効果をより高めることができた。

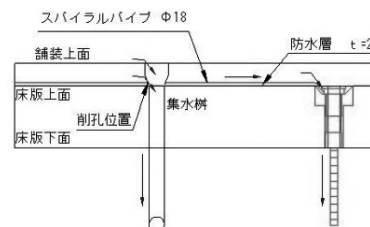


図-4



図-5

4. おわりに

本工事の橋梁は約50年前のものであり当時の資料があまり残っておらず舗装撤去後に確認、変更計画の立案をせざるを得なかったが、修繕の意義を考慮した対策を事前に立てていた事で迅速に対応でき、工程のロスも防ぐことができた。

近年、設置から年数が経過し機能低下する橋梁をはじめとした構造物の増加が懸念されているが、対応策として、架け替えするよりも既存の構造物を活かして供用期間の延長を図る事が重要になってきている。

架け替えよりも周囲にもたらす影響の少ない修繕であっても周囲環境の変化、規制期間の短縮が求められる等、当時とは異なった新たな制約、条件の中ででの施工が求められる中、事前の予測、対策を立てておく事とともに工事意義を考えて計画に反映する事が重要だと感じた。

# 13 施工計画

## 支持杭支持層の事前確認とアンカー施工の工夫

長野県土木施工管理技士会  
北陽建設株式会社

畔上 勇 樹

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工 事 名：令和元年度 社会資本整備総合交付金（広域連携）工事
- (2) 発 注 者：長野県大町建設事務所
- (3) 工事場所：（主）白馬美麻線 北安曇郡白馬村大左右
- (4) 工 期：令和2年2月7日～  
令和3年3月5日

### 2. 現場における問題点

既設橋梁を架け替える道路改良工事である。大型車の通行量が多く、施工中も両側通行を確保するため、仮橋を2本上流・下流に架ける設計となっている。問題点を以下箇条書きにする。

- ① 施工箇所の地質状況が複雑で錯綜しており、仮橋の杭式橋台（H鋼支持杭）の支持層の確認がピンポイントで必要となる。当初設計では離れた箇所の土質資料を基に展開していた。また、アンカー工では、周面摩擦係数が0.45で設計されており、基本試験を行い事前に確認する必要がある。軟弱地盤のため、大きな低下が予想される。
- ② 架け替えのPC門型カルバート新設橋掘削のためのアンカー付き山留工では、背面に重要な上下水道配管がある。アンカー削孔時の損傷対策が必要となる。

- ③ アンカー付土留工は、9 cmの厚い土留木矢板を使用している。アンカー削孔の時、木矢板をケーシングが貫通できるように抜く方法を工夫する必要がある。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

- (1) 施工前の土質の確認

支持杭工事とアンカー工事があるため、上流仮橋施工箇所、下流仮橋施工箇所、アンカー施工箇所の3か所の土質調査（N値）を行った。

（図-1）

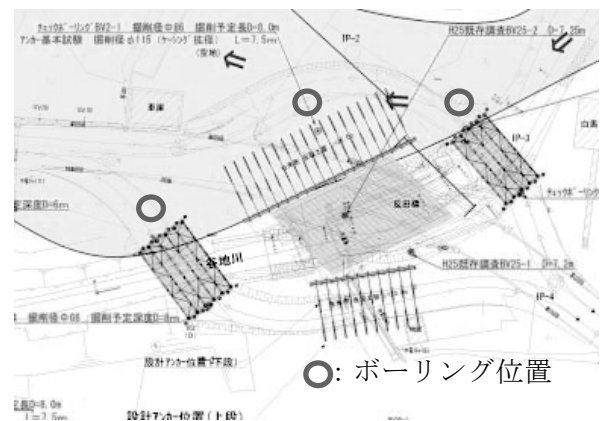


図-1 土質調査ボーリング

アンカーの基本試験を行い、現地に合う周面摩擦係数を得た。土質調査で、軟弱地盤や、地下水位の高さが確認でき、孔壁が維持できない問題が生じたため、ケーシング連行型工法（SMB工法）を提案した。各データを当初設計と比較検討し、立会及び協議の上、設計変更をしていった。

大きく変更になった事項を以下箇条書きにする。

- ・支持杭の支持層が上流仮橋・下流仮橋とも深い位置にあり、支持力確保のためH鋼杭長が、当初設計より長くなる。

- ・ダウンザホールハンマー工法が2重管ケーシング連行型工法（SMB工法）に工法変更となる。結果、孔壁の崩壊を抑制し、杭の高止まりを防止できた。（図-2）

- ・周面摩擦係数（ $\tau=0.45\rightarrow 0.25$ ）によりアンカー長が長くなる。

- ・全体の土質が変更になる。



図-2 ケーシング連行型工法（SMB工法）

結果、施工途中の変更でなく、事前の変更のため、手戻りも無く、現地の土質条件に合う構造物を施工することができた。

#### (2) アンカー掘削箇所の埋設物について

旧市道橋には上下水が添架してあった。今回の掘削で上下水を下流仮橋に添加して市道橋を撤去し、最終的には架け替えの門型カルバートに添架し完成形にする予定である。



図-3 アンカー用さや管

ポンプ付きの下水2号マンホールと上水道がある。切り廻しのタイミングでφ200のさや管を入れ、口元は土留木矢板の外にだし、配管埋設後にアンカー削孔をしても損傷やトラブルのないようにした。（図-3）

結果、アンカー削孔時に上下水道の埋設管に損傷を与えることなく、無事施工する事ができた。

#### (3) 木矢板のくり抜き削孔方法について

土留木矢板をφ135のケーシングが貫通するために、切り刃専用にケーシングをのこぎり状に加工した。最初に切り刃を使用し木矢板をくり抜き、次に削孔用のケーシングに付け替えて2重管掘をしていった。（図-4）



図-4 木矢板用切り刃

結果、ケーシング径で木矢板を、くり抜くことで背面土の表面流出も最小限に抑えることができた。順調にアンカー施工をすることができた。

## 4. おわりに

今回の工事では、支持層の確認が必要不可欠となった。支持杭の長さが、支持層の深さで事前に変更する事が出来たことが、手戻りや、大きな問題を引き起こす前の予防策に繋がっている。現場の条件に合う構造物を施工するために、現場特有の係数を導き出すことが、施工中の手戻りを減らし、工期短縮にもつながる。また、埋設物等にも事前に対策をしておくことが、大切なことである。現場毎に、その現場にあった創意工夫を考え、実践してゆくことが、生産性の高い、安全な現場につながると考えている。

# 14 施工計画

## 河川橋梁の橋脚基礎工事における ディストリビューターを用いた効率的なコンクリート打設

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

土木本部工務部

宮原 正 充<sup>○</sup>

上野 晃 史

松尾 和 俊

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工 事 名：新宮紀宝道路熊野川河口大橋  
P4-P6下部工事
- (2) 発 注 者：国土交通省 近畿地方整備局
- (3) 工事場所：三重県南牟婁郡紀宝町地先
- (4) 工 期：自) 令和元年8月6日  
至) 令和2年8月31日

一般国道42号新宮紀宝道路（紀宝～新宮北間）は、三重県南牟婁郡紀宝町神内から和歌山県新宮市あけぼのに至る延長2.4kmの自動車専用道路である。輸送時間の短縮、緊急医療活動の支援、渋滞緩和による地域相互の振興と発展に寄与するほか、台風等による土砂災害や南海トラフ地震等の地震災害時におけるネットワークを構築し、救命活動や地域復興支援を主な目的とするものである。本工事は、新宮紀宝道路で最長の橋梁となる熊野川河口大橋（橋長821m）の6橋脚のうち

の三重県側の3橋脚を施工する工事（工事延長L=300m）であった。橋脚の基礎形式は、ニューマチックケーソン基礎（作業室：171m<sup>2</sup>、圧気圧：0.28Mpa）であり、鋼殻吊降し方式による計画であった。

### 2. 現場における問題点

施工対象の3橋脚のうち、右岸（終点側）の2橋脚（P5・P6）は、車輛乗り入れ可能な仮栈橋が計画されていたが、最も河川中央となるP4橋脚は、クレーン台船を使用して作業構台を設置した後、作業構台上に配置したクローラクレーンにて橋脚構築を行う計画であり、P5橋脚仮栈橋からの約100m間は、ニューマチックケーソン用の送気配管、電線管および

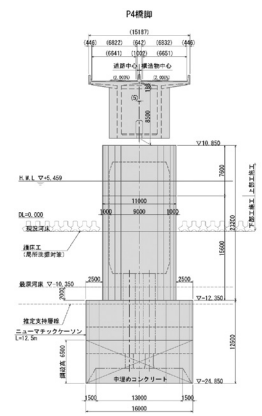


図-2 P4橋脚一般図

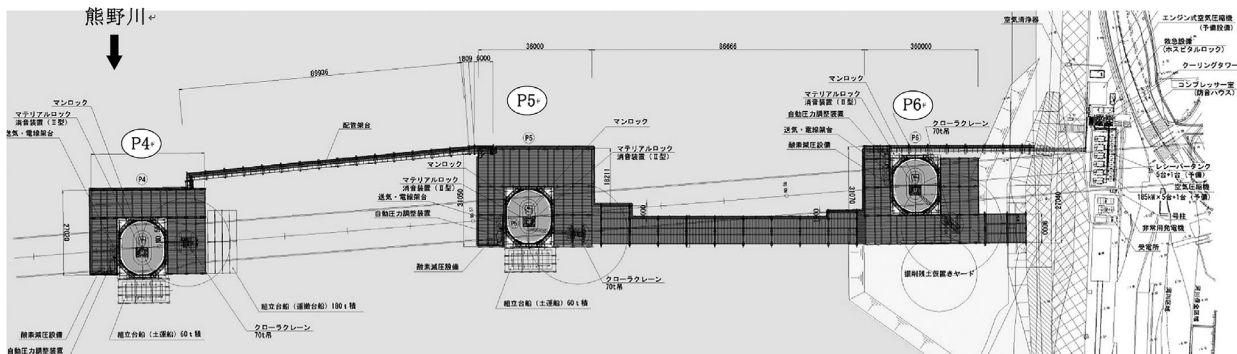


図-1 現場全体平面図

## コンクリート圧送 表-1 コンクリート打設数量

配管のための配管架台と作業員通路のみであった。(図-1) またP4橋脚(図-2)のコンクリート打設は、P5橋脚仮栈橋上に設置したコンクリートポンプ車から配

ロット	数量	ディストリビューター 使用台数
1R	455m <sup>3</sup>	2台
2R	667m <sup>3</sup>	2台
3R	667m <sup>3</sup>	2台
4R	206m <sup>3</sup>	1台
5R	156m <sup>3</sup>	1台
6R	140m <sup>3</sup>	1台
中埋	313m <sup>3</sup>	1台
中詰	66m <sup>3</sup>	1台
合計	2,670m <sup>3</sup>	—

管圧送となるため、打設ロットごとに躯体上への配管作業が必要となり、打設時にもバルブ等による打設箇所の切換え作業が発生し、打継時間経過によるコールドジョイントの発生なども懸念された。

さらに、ニューマチックケーソン工法の初期沈下におけるコンクリート打設時には、躯体重量の増加により傾斜が生じる可能性があり、躯体の傾斜や沈下量の計測結果を考慮して、打設箇所や打設順序を調整する等の迅速な対応が難しいことが現場特有の課題として抽出された。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### (1) 工夫・改善点

P4橋脚のコンクリート打設を効率的に施工するため、大型のコンクリートディストリビューター（作業半径30m級）を設置し、コンクリート圧送配管を直接繋ぎこみ、ブームワークでのコンクリート打設ができるようにした。コンクリートディストリビューターは、一般的に本体構造物に設置するか、独立した基礎等を設けることが多いが、打設時や休止時の状態を検討した上で、作業構台の主桁へ直接設置することとした。

また1ロット当りのコンクリート打設量の多い基礎部分（1R～3R）については、小型のコンクリートディストリビューター（作業半径12m級）を併用することで打設範囲を分割して打継時間経過の抑制する計画とした。(表-1、図-3)

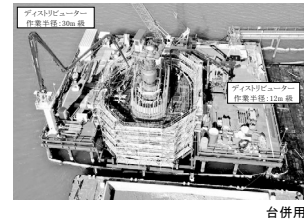


図-3 P4橋脚3Rコンクリート打設状況（2台併用）

さらに、配管架台部分の延長が約100mあり、P4橋脚打設箇所の高低差やP5橋脚の施工を妨げないポンプ車位置を考慮すると総圧送距離が約200mとなることから、配管閉塞や圧送によるスランプロスを考慮して、目標スランプを12cmから15cmの配合へ変更することとした。(図-4)



図-4 コンクリート圧送状況

#### (2) 適用結果

コンクリートディストリビューターを使用した結果、打設ロット毎の配管の組立・解体作業は最小限となり、鉄筋量の多い橋脚部分においても、ブームワークによるスムーズな打設作業を行うことができ、コールドジョイント等の無い密実なコンクリートを打設することができた。なお、合計8回のコンクリート打設において、いずれも配管閉塞等による打設中断や打設中のトラブルも発生することなく施工することができた。

### 4. おわりに

今回の事例は、配管架台が当初より計画されていたことからコンクリートディストリビューターを使用することで、より効率的な施工が可能となった。今回のような河川渡河橋および臨港地域でのニューマチックケーソン工法においては、送気設備や電力の供給のため、陸上側から配管架台等が設けられることが多いため、他工事においても活用できる機会があるものと考えられる。

本稿の内容が今後の類似工事の計画・施工の一助となれば幸いである。

# 15 施工計画

## 不可視条件下における施工履歴データを用いた 施工と仮設計画の工夫

岡山県土木施工管理技士会  
蜂谷工業株式会社  
監理技術者  
鳥越 伸一

### 1. はじめに

高梁川・小田川流域において発生した平成30年7月の西日本豪雨では、広い範囲が浸水し被災しました。本工事は、この水害リスクの低減を図るために計画された高梁川水系河川整備計画に伴う河道整備工事である。

工事概要

- (1) 工事名：高梁川秦河道整備外工事
- (2) 発注者：国土交通省中国地方整備局  
岡山河川事務所
- (3) 工事場所：岡山県総社市秦地先
- (4) 工期：令和元年6月8日  
～ 令和2年6月30日

### 2. 現場における問題点

本工事は大雨や短時間強雨の発生など、降水量の増大による河川水位の上昇を抑えるため、河道掘削を行い河積断面の確保を目的とする工事でした。

工事の施工延長 $L=305\text{m}$ 、掘削土量 $V=57,200\text{m}^3$ 、掘削対象面積 $A=30,055\text{m}^2$ 。一級河川である高梁川の中心線付近まで治水効果の早期発現のため、単年度（令和2年3月末迄）の施工において河道掘削部の施工を完了させるためには、解決しなければならない重大な2つの問題点があった。

- (1) 掘削及び土砂運搬中の危険性

当初の仮設計画では、掘削対象範囲を囲むよう

に現地発生土を流用し、大型土嚢及び土堤による仮締切を構築した後に水替えを行い、ドライとなった状態で作業を行う計画であった。（図-1）

この計画では、現地の土質が砂礫であるため透水性が高く、仮締切後に水替えを行っても浸透水や河床からの湧水量が多く、水替え及び濁水処理費が高額になること、またボイリングが発生し重機の水没やオペレーターにも危険が及ぶ懸念があった。

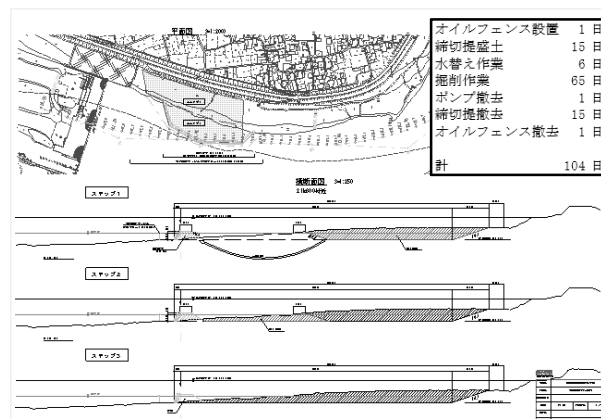


図-1 当初仮設計画図と所要日数

- (2) 不可視条件下での作業及び出来形管理

どのように施工を進めても、必ず水中掘削を行うことになる。また河道掘削の平均河床高が水面下2.5m（現況の河川敷より4.5m）と深く、掘削により発生した濁りでオペレーターは掘削箇所の上昇りを陸上施工のように確認しながら行えない。そのため、掘削が済んだ箇所と未施工箇所を確認することもできず、出来形精度や作業効率があ



悪くなり再施工や工期に間に合わない懸念があった。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### (1) 仮設計画の変更提案

仮締切と水替えによる施工に変えて工事用道路を重機の作業半径に注意し、掘削不能箇所が生じないように河道横断方向に11本計画した。

また工事用道路は河道掘削の際に一緒に撤去し、発生した土砂を次施工箇所のための工事用道路の設置へと順次流用しながら施工した。(図-2)

この際、仮締切と工事用道路に必要な土量が同程度となるように計画を策定した。

これにより、水替えと濁水処理が不要となり工事費が低減できた。また施工箇所の水位の影響を受けることなく施工が行えたので、約20日の日程短縮と週休2日(4週8休)も達成できた。

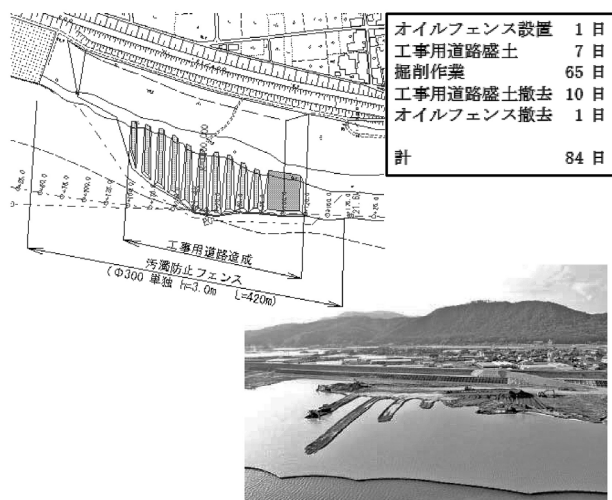


図-2 上：変更仮設平面図と所要日数  
下：施工状況写真

#### (2) リアルタイム出来形管理の実施

マシンガイダンスやマシンコントロール仕様バックホウそれぞれの施工履歴データを取得・解析し、3次元設計データとの差により段階的に色分け表示されるVision Linkの3D Productivity Managerを導入し、掘削作業を行った。

このシステムにより不可視条件が解消される訳ではないが、施工中のオペレーターはモニターで

未施工箇所や出来形管理精度を確認しながら作業することができた。また施工管理者も複数の重機作業を一括して、PCやスマホで同時に確認することができるため、ダブルチェックで確実な施工が行えた。施工後の出来形評価においても規格値の±50%以内のデータ数は98.4%と精度良く、総合評価も合格であった。(図-3)

ここで注意が必要なことは、着工前のICT建設機械の作業装置位置記録システムが適正か確認し調整しておくことである。本工事では建機メーカーによる出庫時点検として『システムから提供される作業装置の位置とTS計測による較差の確認』と施工管理者による受入時点検として現場内で『平坦に整形する作業による検測』を実施した。

また複数の重機による施工であるため、仕上がりにズレが生じないように日々の始業前にも精度確認を実施した。

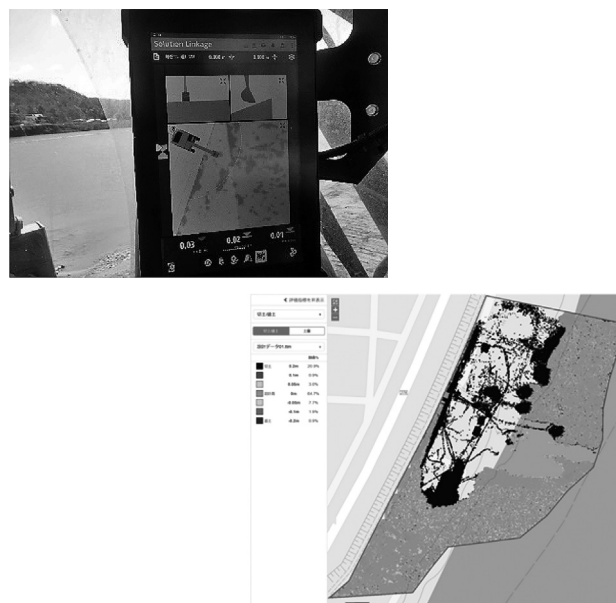


図-3 出来形管理精度の確認画面  
(上：オペレーター用 下：施工管理者用)

### 4. おわりに

今後、水害リスク低減のために実施される河川整備事業において、同様の不可視条件下での河道掘削工事も増えることと思われるが、この工事報告が参考になれば幸いである。

# 16 施工計画

## 山間部の狭隘箇所における施工時の工夫

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  
横山 誠市

### 1. はじめに

本工事は馬見原発電所へ通行する既設の搬入路が狭く運搬車両が通行できない為、五ヶ瀬川を跨ぐ横断橋を新設する竹中土木から請け負った下請け工事で弊社施工範囲は上部工架設の施工を行った。ここではケーブルエレクション架設工における施工時の課題と工夫・改善について報告する。

#### 工事概要

- (1) 工事名：馬見原横断橋設置工事
- (2) 発注者：旭化成株式会社  
(元請：株式会社竹中土木)
- (3) 工事場所：熊本県上益城郡山都町
- (4) 工期：2019年6月1日～  
2020年9月30日
- (5) 工事内容：橋梁工事  
鋼単純合成鈹桁橋L=19.0m  
鋼単純トラス橋L=48.7m  
幅員 4.2m (3.0m)

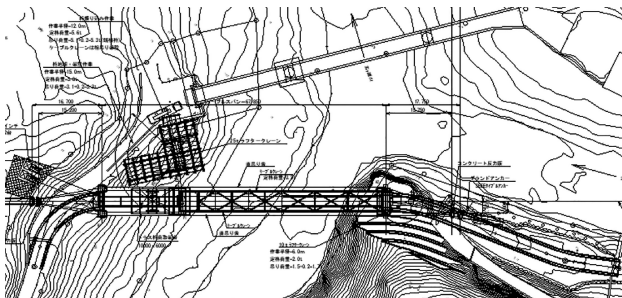


図-1 架設一般図 平面図

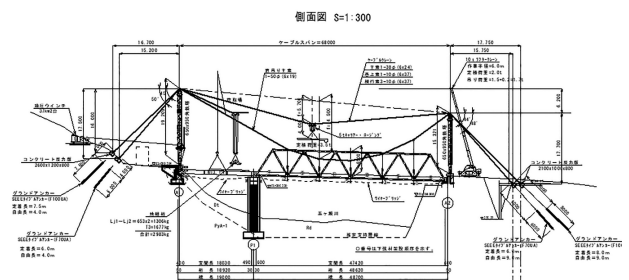


図-2 架設一般図 側面図

### 2. 現場における問題点

本工事は施工において以下の問題点があった。

#### (1) A2橋台側グラウンドアンカーについて

A2橋台背面は施工ヤードが狭く、計画位置には既設の擁壁があり橋軸方向の延長には石積の護岸がある為、アンカーが突き抜けてしまい定着できないので橋軸方向にはグラウンドアンカーの施工が不可能であった。

#### (2) A2橋台背面への搬入路について

元々、既設の搬入路が機能しないので横断橋を新設することになったので当然なのだが、幅員が狭いうえにカーブが多く軽トラ程度の車両しか通行が困難であった為、資・機材の運搬を検討計画する必要があった。さらに、計画の段階では岩掘削、切土が施工中であった為、完成断面の岩判定及び、施工スペースが予測出来なかった。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### (1) A2側グランドアンカー

現地調査及び変更計画によりアンカー不利に作用する張力の検討を行いアンカー位置を山側へ10°程度振り角度を付けて配置することにした。この角度は現在、稼働している発電所へ入場する管理者用道路幅を確保するために最低限必要であった。アンカーに振り角度を付けることにより鉄塔に水平力による作用する荷重が働くため鉄塔にブレース材（ゲビンデスターブD32×2本）を取り付けて張力材として使用した。

次にアンカー材の検討だがアンカー体と地盤との周辺摩擦抵抗は凝結岩等の場合、岩質区分から示される最低値よりもさらに小さい摩擦抵抗しか得られない場合がある為、施工箇所にて調査ボーリング、アンカー基本試験を行った。

その結果、崩積土層（礫混じり砂質粘土）が9.0mであった為、設計自由長4.0mから9.0mに変更してアンカー基本試験を実施した。

試験結果は6サイクルの最大荷重400kNまで確認し、付着力 $\tau a = 0.73\text{MN}/\text{m}^2$ を確認することが出来た。この結果をもとに自由長9.0m+定着長8.0m=アンカー長17.0mを施工する事にした。

また、施工後に適正確認試験を実施し、設計引張り力440PakN/本に対して484440PakN/本（設計引張り力×1.1）を確認、定着して施工を完了した。



図-3 適正確認試験、アンカー定着状況

#### (2) 資・機材搬入計画

調査の結果、背面搬入路は幅員が3mありキャリーダンプが走行運搬できることが分かった。A2背面施工箇所の近くの資材仮置き場までは3tトラック車の通行が可能であった為、資材仮置き場まで3tトラック車で運搬し、キャリーダンプに積み替えを行い現場へ搬入させることにした。しかし、走行可能なキャリーダンプは3t積までであった為、ケーブルエレクションに使用する鉄塔部材は積載可能な重量に分割改造し、搬入後に現地で地組立を行い組み立てることにした。また、鉄塔部材は分割しても長尺だったため、キャリーダンプに積載用架台を組み立てて積み込み運搬を行った。運搬作業は3日に分けて全部材を搬入し組立作業を行った。また、架設作業終了後は解体、搬出を同じように行った。



図-4 キャリーダンプ運搬状況

### 4. おわりに

今回の工事は狭隘で施工条件の悪い箇所でのケーブルエレクション架設であったが、鉄塔・アンカー工における調査、計画変更をすることで無事故、無災害で橋梁の架設施工を完了することが出来た。

本工事の施工にあたり調査、計画、施工に協力頂いた元請、協力会社の皆様に深く感謝いたします。

# 17 施工計画

## 雨期の河川掘削工事

宮崎県土木施工管理技士会  
日新興業株式会社  
土木部 次長  
佐藤 宗近

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：平成30年度 五ヶ瀬川  
掘削及び樹木伐採工事 その1
- (2) 発注者：宮崎県延岡土木事務所
- (3) 工事場所：宮崎県延岡市中三輪町
- (4) 工期：2019年4月3日  
2020年1月8日

本工事は、五ヶ瀬川右岸の中三輪地区の河川敷に堆積した土砂を取除き、流下断面を広げて増水による災害を防止するものであった。

### 2. 現場における問題点

#### ①搬入路

県道から河川敷までの搬入路がなく、また県道沿いは私有地で竹や雑木が密集しており立入りも困難であった。

#### ②増水時の安全管理

増水して河川敷が水没する危険性がある。  
また上流の八戸ダムからの放水があれば、短時間で水位が上昇する。

#### ③掘削に伴う濁り

掘削高は平水位と同じ高さで計画されており、五ヶ瀬川は6月から11月にかけてアユ漁が盛んで濁りが懸念された。

#### ④工期の短縮

運搬路として使用する国道は改良工事中で、片

側交互規制により大型車の通行が制限され、1日でも早く土砂運搬を終わらせる必要があった。

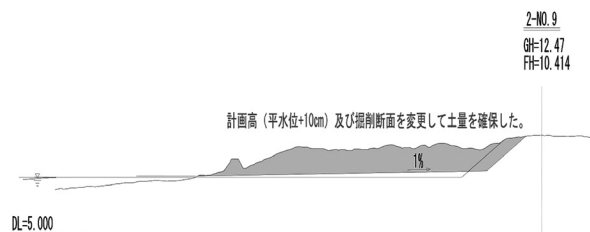


図-1 標準横断面図

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### ①搬入路

着手に先立ち区長宅へ挨拶に伺い、工事概要を説明し地元の方々へ工事案内文の回覧をお願いした。また搬入路を計画している場所を相談した後日、区長と地主立会のもと現地で搬入路幅・延長を示し、工事完了後の措置等、取決め書を作成して丁寧な対応をした事で承諾を貰う事ができた。搬入路の施工は雑木や竹の伐採は人力で行い、使用する土砂は発注者と協議して、他工区で発生した礫質土を運搬して敷均した。搬入路の撤去後、再度区長と地主の確認を受けた。

#### ②増水時の安全対策

1. 退避場所は現場の平水位を測定し、過去5年間の増水時の最高水位を基に1次退避場所(搬入路)、2次退避場所(現場事務所)を選定した。

2. 退避基準として、伐採時には平水位から+0.5mにポールを立てて目印とし、掘削時は計画高（平水位+0.1m）を基準として水際に標示した。
3. 作業中止の判断基準として、延岡地方に3つの警報（大雨・洪水・暴風）のうち1つでも発令された場合に作業を中止する。
4. 台風情報により延岡地方が暴風域に入ると予想される場合は、朝7時の時点で警報が発令されていなくても作業を中止する。
5. 作業時は天気予報と上流部の水位（午前8時・午後1時に確認）に注視し、特に県境で降雨があった場合は早めに対応できる様、作業主任者からダンプ運転手に無線で連絡して現場外で一時的待機する連絡体制とした。

### ③掘削に伴う濁り

1. 伐採完了後、ドローンによる測量から施工範囲の土量を算出し、平水位より10cm上げて、県道側に2.7mずらす事を監督職員及び設計コンサルタントと協議し承認を得た。
2. 掘削は上流から下流に向けて、水際3m位（バックホウの幅）を汚濁防止の為に残しICT機器を搭載したバックホウで仕上時に取り除く事とし、施工時の濁りは発生しなかった。



図-2 掘削・積込状況

### ④工期の短縮

1. 施工範囲の総面積は約13,000m<sup>2</sup>あり、人力での竹や雑木の伐採は日数及び原価から非効率となるので、ブッシュチョッパーとフェラバン

チャーで行い、伐採材の運搬は搬入路まで不整地運搬車を用いて日当たり施工量をあげて短縮を図った。

2. 掘削はバックホウ0.8m<sup>3</sup>を2台（積込標準機械、仕上げICT搭載）使用してダンプの待ち時間を減らした。またICT（ドローン測量、バックホウによるマシンガイダンス）を用いた事で丁張設置、掘削中の確認、出来形管理で省力化が図られ工期の短縮に繋がった。



図-3 完成

## 4. おわりに

現場は五ヶ瀬川中流域の伐採、掘削作業で、天気と水位の上昇に大変気を使う毎日で工期を通して降雨による作業休止は5日あったが、作業中に中止や退避をする事はなかった。また地元においては、週間工程の掲示や施工状況の回覧、住民からの要望での対応、ボランティア等でコミュニケーションをとって良好な関係を築けた事が大きかった。工期については、改良工事業者と打合せを行い日当たりの運搬土量から逆算してダンプの台数を決めていたので予定通りではあったが、全てに於いて誠意をもって人に接する事の大切さを改めて感じた。

# 18 施工計画

## 大型橋梁における 耐震補強部材の現場施工精度の確立について

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

工事担当

木村 恭平〇

監理技術者

荻野 悟

設計担当

八代 茂

### 1. はじめに

工事概要

- (1) 工事名：平成記念橋耐震補強・補修工事
- (2) 発注者：豊田市道路予防保全課
- (3) 工事場所：愛知県豊田市川田町ほか地内
- (4) 工期：平成30年9月～令和2年9月

本工事は豊田市にかかる平成記念橋（ニールセンローゼ橋）の上部工耐震補強として、支承取替、水平支承の設置および制震装置（鋼材ダンパー・粘性ダンパー）の設置を行う工事であった。（図-1）

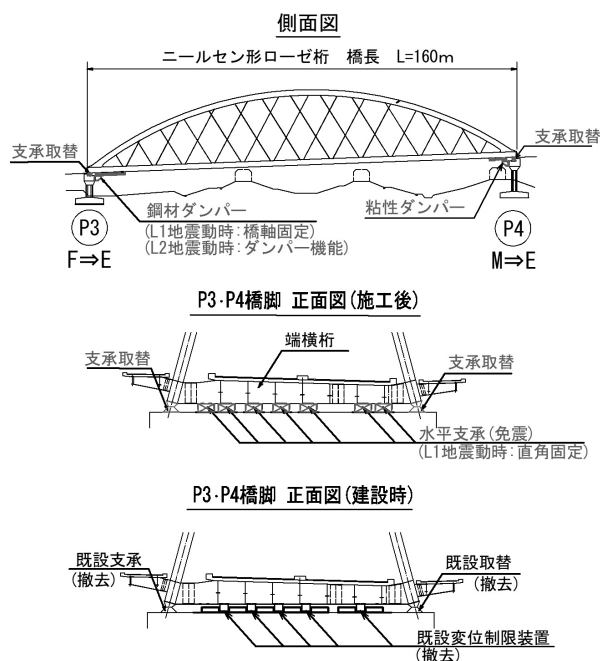


図-1 平成記念橋 耐震補強概要図

### 2. 現場における課題

本工事の耐震補強工事として実施する支承取替、水平支承および制震装置の施工において、本橋が支間長160mからなる大型橋梁であることから、温度移動量が1.8mm/℃発生する。この移動量の施工への反映（課題①）、大型化した耐震補強部材の現場施工精度の確立（課題②）、各制震装置施工後の常時および地震時の挙動に対して既設構造物と干渉することなく適切に機能させること（課題③）が課題であった。

各課題の具体的な内容を以下に記す。

課題①：温度変化による桁の移動量を考慮した水平支承据付位置の管理

課題②：P3鋼材ダンパーの下部工ブラケット寸法が横長さ5.35m・高さ1.94m・幅1.92mとなり、製作する上でめっき浴槽に入る大きさの制約で、部材を3ブロックに分割する必要があった。この分割したブラケットを現場で組み立てた後に現場橋脚側面にコンクリート定着した154本のアンカーボルトに合わせる精度確保が課題となった。

課題③：現場実測と設計照査による既設構造物との干渉確認

### 3. 工夫・改善点と適用結果

課題①～③について、以下の対応を行った。

課題①：水平支承は端横桁直下に取り付く構造であり、温度変化による端横桁の移動量を想定して

位置決めを行う必要があった。可動側のP4水平支承について、据付位置を決定するアンカー削孔までの間にP4端横桁の移動量と温度の関係が計算値に近いことを長期計測により確認した後に、削孔時気温（21℃）と設置時期となる8月の前年平均気温27℃との温度差による桁の伸び10.8mm（6℃×1.8mm）を考慮し、支承位置（固定用アンカーボルト位置）の罫書を実施した。この結果、水平支承を精度よく据え付けることができた。（図-2）

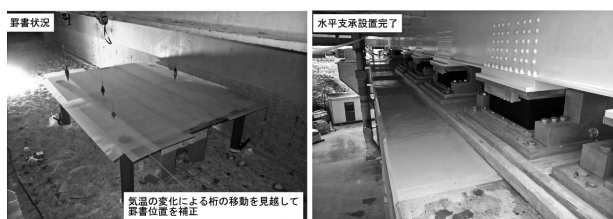


図-2 水平支承罫書・据付状況

課題②：まず、154本のアンカーボルトの正確な製作への反映のため、アンカーボルト先端部と定着根元の誤差（ボルトの傾き）も確認でき、本数の多い現場計測や図面化の誤差を無くす目的で、写真計測（VFORM）による実測を行い、現場定着アンカー位置の図面反映を行った。製作前に反映した図面が現地と一致していることを確認するために鋼板でテンプレートを作成し現地アンカー部との照合を行った。（図-3）

今回の下部工付ブラケットは3分割であり単品での工場製作後に工場で仮組立てを行い同じテンプレートで精度確認を実施した。



図-3 写真計測・下部工ブラケット地組立状況

最終確認として、現場に搬入した下部工ブラケットの地組立実施後に鋼材テンプレートを当て、組立誤差による孔位置のズレが無いことを確認した。段階的に鋼板製作したテンプレートを活

用し確認を行ったことで154本の不規則配置されたアンカーに精度よく下部工ブラケットを据え付けることができた。（図-4）



図-4 鋼材ダンパー設置状況

課題③：本工事のデバイスが常時および地震時に既設構造物と干渉することなく適切に機能するかについて、現地実測を行い既設伸縮装置や既設構造物について設計照査の結果を用いて、常時の移動量で干渉しないことを確認した。あわせて、L2地震動時について確認した結果、P4橋脚のGA桁側の鉛直支承について、鉛直支承の上巻と隣接桁のRC台座が接触することがわかった。対策として干渉する範囲を撤去しても設計的に問題ないことを確認し、RC台座の部分撤去・復旧を行い、支承の水平方向の遊間を確保した。（図-5）

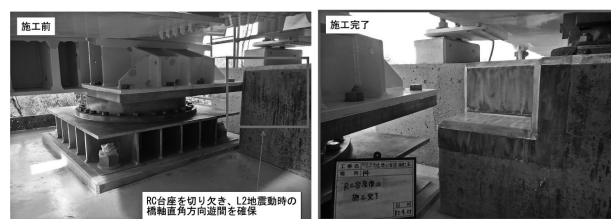


図-5 既設RC台座切り欠き状況

#### 4. おわりに

本工事が無事に完了したことは、設計～施工および施工後の供用時に起こり得ることを事前に想定し、課題を抽出し、課題に対して計画的に対策を講じた結果である。

最後に本工事の設計・計画・施工に当たりご指導いただきました皆様方に厚くお礼を申し上げます。

# 19 施工計画

## 都心部における ロッキング橋脚を有する橋梁の耐震対策

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

現場担当者

現場代理人

現場担当者

吉山 純平<sup>○</sup>

師山 裕

田中 啓輔

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：(修) 上部工補強工事1-205
- (2) 発注者：首都高速道路株式会社 東京西局
- (3) 工事場所：東京都港区芝浦1丁目
- (4) 工期：平成29年4月15日～  
令和2年11月24日
- (5) 諸元：(路線名) 高速都心環状線  
(上部工形式)

#### 2 径間連続非合成RC床版桁橋

本工事の施工対象区は、首都高速道路都心環状線の一部として昭和39年に供用開始された2径間連続非合成RC床版桁橋である。架設位置は、東海道新幹線やJR在来線、東京モノレールと立体交差している。(図-1) 本橋は、両端支点はSRCラーメン式橋脚、中間支点は鋼製のロッキング橋脚(以下、P2橋脚)により支持されている。供用開始後、RC床版補強や耐震補強等は都度実施されてきたが、東海道新幹線に隣接するP2橋脚は施工上の制約条件が厳しく、撤去や直接的な補強が困難であった。しかし、熊本地震の被災を踏まえ、ロッキング橋脚を有する橋梁の適切な補強または撤去を行うことが求められたことから、本工事では大規模地震対策として、両端支点での支承取替および落橋防止システムの設置、P1-P2橋脚間にP2橋脚に作用する水平力を受け持つ新設橋脚の設置、P2橋脚には更なる安全対策として転倒防止装置の設置を実施した。



図-1 工事位置

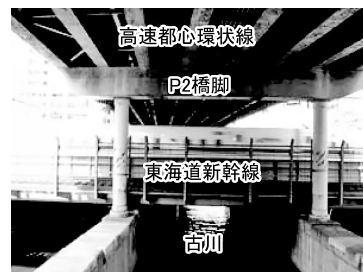


図-2 新設橋脚の架設位置

本稿では、新設橋脚の架設について報告する。

### 2. 現場における問題点

新設橋脚架設時における現場の制約条件を以下に示す。

- (1) 新設橋脚の架設位置は東海道新幹線に近接しており、都心環状線の直下そして河川内にも位置していることから、地組ヤードや大型クレーンの使用が制限される。(図-2)
- (2) 作業ヤード内には大型重機等の通行を想定していない金杉橋や港町跨道橋があり、重機等の使用が制限される。(図-1)



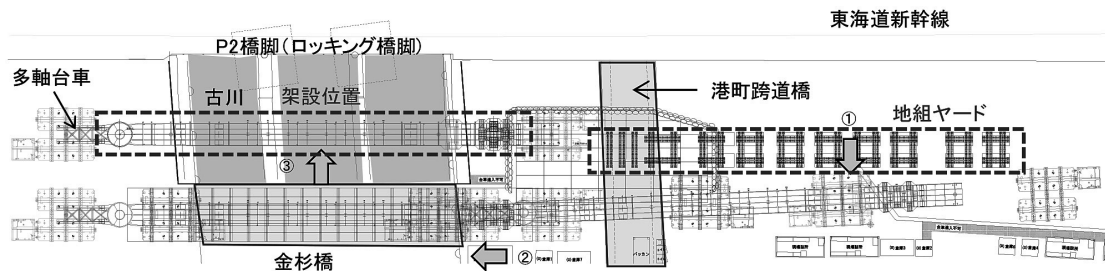


図-3 新設橋脚の運搬経路（平面図）

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### (1) 多軸台車による一括架設工法

新設橋脚の架設は、多軸台車による一括架設工法を採用し、新設橋脚の横梁両端部に架設用の支持梁を設置することで、河川を跨いで架設を可能にした。(図-3、図-4) さらに、運搬時の高さの抑制すること、そして、多軸台車を2台1組として受幅を十分に確保することにより、架設時の転倒に対する安全性を高め、東海道新幹線と近接しているがらの昼間施工、供用中の高速道路と金杉橋との桁下空間内での運搬を可能にした。(図-5)

これにより、東海道新幹線や東京モノレールとの近接施工となり、使用が夜間の限定的な時間に制約される大型クレーンによる作業を地組時等の最小限に止め、一括架設に要する時間を確保し、架設精度の向上を実現した。

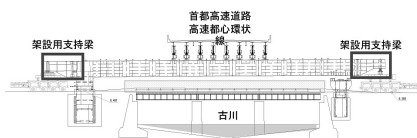


図-4 一括架設工法の概要

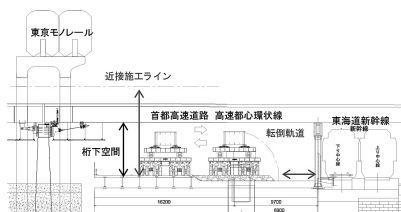


図-5 近接施工状況

#### (2) 多軸台車の受替

地組位置から架設位置まで新設橋脚の横梁を運搬する経路の途中にある金杉橋および港町跨道橋の既設構造物上を、以下の方法を採用することで安全に通行した。(図-6、図-7)

1) 金杉橋上を通行する直前で、サブの多軸台車をジャッキアップし、メインの多軸台車が受け持つ反力をサブの多軸台車に分散することで、金杉橋に発生する曲げモーメント等の断面力を、金杉橋が保有する耐力以下に抑えた。

2) 港町跨道橋上を通行する直前で、それまで多軸台車が受けていた反力をもう一方の多軸台車に受替え、既設PC桁に直接荷重を与えないように配慮した。また、橋台背面の耐力に影響する範囲を通行する際は、2台1組とした多軸台車で輪荷重を分散させ、作用する等分布荷重を橋台背面の保有する耐力以下に抑えた。

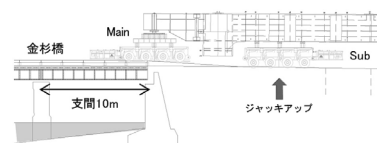


図-6 金杉橋通行時の対策

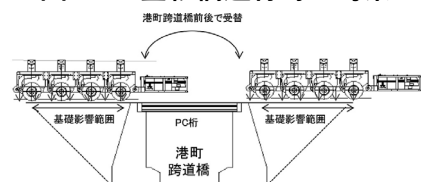


図-7 港町跨道橋通行時の対策

### 4. おわりに

本工事は、供用中の鉄道や高速道路と非常に近接した位置でかつ河川上という、種々の厳しい制約条件の中で架設作業を行った。今回の架設工法が今後類似する工事の参考になれば幸いである。

最後に、首都高速道路株式会社東京西局および当該工事の関係各署の皆様には、現場の工事特殊性、施工条件を十分に理解していただき、適切な助言とご協力をいただき深く感謝の意を表します。

# 20 施工計画

## 淀川大橋における 補修補強の診断及び床版取替実測反映方法について

日本橋梁建設土木施工管理技士会

株式会社 IHI インフラシステム

木津 良太<sup>○</sup> 佐治 孝記 中牟田 和典

### 1. はじめに

国道2号淀川大橋は、大阪市に流れる淀川を渡河する橋長724mの道路橋である。橋梁形式は、中央径間の鋼6径間単純上路式ワーレントラス橋、両側径間が鋼12径間単純桁橋からなる全30径間の橋梁であり、床版はすべてRC床版であった。1926年に完成した淀川大橋は、路面電車と車両の併用橋として建設されたが、1975年に軌道撤去を行い現在の歩車道専用橋となった。(図-1、2) 第二次世界大戦(1945年)や兵庫県南部地震(1995年)の被災を乗り越え、軌道撤去に伴う車道の4車線化が図られるなど時代とともに利用形態は変化しているが、完成から90年以上経ったいまでも、橋桁は建設当時のまま多くの歴史を刻んでいる。その交通量は35,000台/日となっており、大阪-神戸の大動脈として、大きな役割を果たしている橋梁である。



図-1 1929年頃の淀川大橋<sup>1)</sup>



図-2 工事着手前(2017年)の淀川大橋

本稿は、大規模更新の一環で実施した補修補強の診断及び床版取替実測反映方法について報告するものである。

#### 工事概要

- (1) 工事名：国道2号淀川大橋床版取替他工事
- (2) 発注者：近畿地方整備局 大阪国道事務所
- (3) 工事場所：大阪市福島区海老江地先
- (4) 工期：平成27年2月～令和2年8月

### 2. 現場における問題点

#### 1) 補修補強の診断方法

大規模更新の一環として、桁の補修補強を実施した。全面足場設置後に淀川大橋の鋼桁30径間の腐食調査を行い、調査結果をもとに診断した結果、補修が必要であると判断された箇所においては、補修・補強を行う。道路橋定期点検要領<sup>2)</sup>では、着目部位の減肉量が大きければ、損傷の大小に関わらず、補修の対象となるが、この判定では膨大な損傷個所の状況下で、大部分が補修対象

となってしまう。また、補修の可否が調査員の技術力に左右され、補修の必要性も不明確であった。限られた予算の中で最適な補修をするため、補修の可否について明確な判定基準を策定することが課題であった。

## 2) 鋼床版取替実測反映方法

90年前の橋梁であるため、竣工図がほとんど残っておらず、線形等の鋼床版製作に必要な情報がない。また、供用後の地盤沈下、空襲、地震などの影響を考慮すると、事前に既設桁の出来高を詳細に計測しておく必要があった。特に鋼床版取替においては、鋼床版の縦桁高さを設定するために、路面高～既設上フランジ天端の寸法が必要であるが、足場がない状況下で、既設主桁天端高さを計測し、鋼床版縦桁高さを決めることが課題であった。

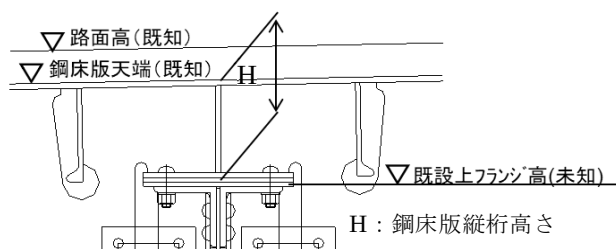


図-3 鋼床版断面図

## 3. 工夫・改善点と適用結果

1) 補修要否の判定基準を事前に計画することで、調査員による判断のムラを無くすことを考えた。具体的には、実応力から不足断面を算出することで補修の必要な断面を明確にした。例えば、図-4に示す主桁ウェブ上下端部の腐食の場合、健全断面での水平せん断応力度の算定を行い、限界必要ウェブ厚を求める。すなわち、健全板厚－限界必要板厚＝許容減肉量となる。これを全ての腐食部位に対して明確にしたことで、減肉量を計測するだけで、補修可否の判定ができる。調査員の技術力に左右されず、過剰な補修箇所を無くすことができた。

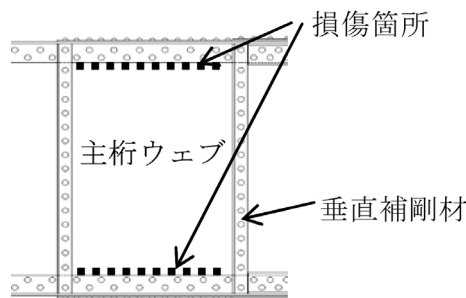


図-4 主桁ウェブ上下端部の腐食

2) 足場がない状況で計測できる方法として、遠隔から非接触で計測可能な固定式レーザースキャナを用いた3次元出来高計測(3Dスキャナ)を実施し、得られた点群データ(図-5)から幅員、主桁・横桁の通り、路面高や主桁下端などの詳細情報を得ることができた。既設主桁上フランジ天端は、コンクリートで埋まっているため、3Dスキャナでは計測できない。そのため、下フランジ下面の高さを3Dスキャナから読み取り、主桁高をプラスして、既設上フランジ高さを算出し、鋼床版縦桁の高さを決めることができた。



図-5 3Dスキャナによる点群データ

## 4. おわりに

今回採用した補修補強の判定基準や鋼床版取替実測反映方法により、先に示した課題を克服し工事をスムーズに進めることができた。本工事で実施したことを今後の工事にも生かせるようにマニュアル等を作成し、幅広く適用できるように検討していきたい。

最後に、本工事の設計・施工にあたりご指導いただきました皆様方に厚くお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 大阪市産業大観,1973
- 2) 道路橋定期点検要領 国土交通省 H31.2

# 21 施工計画

## 既設塗装の塗装剥離における創意工夫

日本橋梁建設土木施工管理技士会  
株式会社 I H I インフラ建設  
現場代理人・監理技術者  
藤田 宗延

### 1. はじめに

本工事は関西国際空港近郊の海岸沿いに架かる泉南マリブリッジ橋の耐震対策工事である。工事内容は、落橋防止システム設置工、橋梁補修工および塗装塗替工であった。



図-1 泉南マリブリッジ

#### 工事概要

- (1) 工事名：主要地方道 泉佐野岩出線 泉南マリブリッジ耐震補強工事（その1）
- (2) 発注者：大阪府
- (3) 工事場所：泉南市りんくう南浜地内
- (4) 工期：平成30年10月29日  
～令和1年10月15日

### 2. 現場における問題点

施工に先立ち、橋梁全体の調査を実施した。既設塗装面の著しい割れ、剥がれを確認したため、現地にて既設塗装の付着試験を実施した。その結果、全体的に著しい層間剥離していることが判明した。

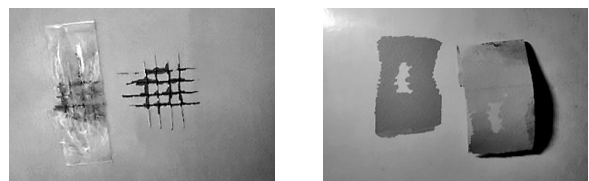


図-2 付着性能試験

更に、塗装成分調査を実施し、鉛成分を確認（PCBについては含有無）検出されたため、環境対策の必要性からケレン方法を3種-Aから剥離剤による湿潤方式へと協議変更した。また、協議を行うなかで、費用並びに工期の問題もあったことにより、剥離回数を極力少なく出来ないか検討する必要がある。



図-3 塗膜成分試験

### 3. 工夫・改善点と適用結果

現地で付着試験を数ヵ所実施した結果、大部分で中塗りとMIO間（表-1より工場塗装と現場塗装）の層間剥離が確認された。

表-1 既設塗装系

既設塗装履歴(1993年5月竣工)					
工程(C-1)		塗料	標準使用量 (g/m <sup>2</sup> )	標準膜厚 (μm)	累計膜厚 (μm)
工場塗装	下塗り	無機ジンクリッチペイント	700	75	75
	ミストコート	エポキシ樹脂塗料下塗	160	-	-
	下塗り	エポキシ樹脂塗料下塗	300	60	135
	下塗り	エポキシ樹脂MIO塗料	360	60	195
現場塗装	中塗り	ポリウレタン樹脂塗料中塗	140	30	225
	上塗り	ポリウレタン樹脂塗料上塗	120	25	250

このことから橋梁架設当時、工場から現場の輸送中あるいは当橋の場所が海岸部であるため、インターバル中に塩分等が付着し、十分な水洗いを実施せず中塗りを塗布したことで付着性能が下がったのではないかと考えられた。(当時MIO塗装では長期の保管が可能)

成分調査の結果、鉛成分含有により層間剥離問題では無くなり鉛問題になり環境対策を行って既設塗装を剥離する問題が出てきた。(鉛対策)

飛散防止の観点からケレン方法を湿潤式(剥離剤)に変更するに当たり、費用並びに工期問題に対し、塗布回数低減のため、既設塗装(旧塗装系)と相性(浸透)の良い剥離剤を選定するようにした。当現場では、8種類の剥離剤を用いて剥離試験を実施し比較検討した。



図-4 剥離試験

剥離試験結果から上塗、中塗と相性にいい剥離剤、下塗と相性のいい剥離剤等があり、どの剥離剤でも3回目では剥離(塗布)で塗膜除去することができた(表-2)、その結果を基に当現場では費用並びに工期、更に環境面や作業性を考慮し、2回剥離(塗布)水系中性タイプの剥離剤を選択し、客先と協議し了承を得た。

数種類の剥離剤にて旧塗装系との相性(浸透)を検討し、現地に見合った剥離剤を用いることで剥離回数を少なくし、費用並びに工期にも問題なく対応することができた。

環境対策についても飛散防止の観点から剥離剤を使用し湿潤状態にしたことで、粉塵を飛散させずに作業環境や周辺環境の安全を確保することができた。

塗装作業員についても健康障害等の問題発生する危険があるので体内に取り込まないようにばく露防止対策として電動ファン付防護マスク、タイベックス(つなぎ服)靴カバー、日々交換及び一定期間で交換、エアーシャワーの設置(外部に鉛を持ち出さない、クリーンルーム等)鉛含有物の保管方法も周辺環境に飛散することなく保管および処分も特別産業廃棄物処分とした。湿潤状態での剥離作業ではあるが飛散飛散防止の必要上、足場の養生も行い外部に飛散しないように養生を行った。現場周辺に飛散することなく環境の安全を確保することができた。

表-2 剥離試験結果

剥離剤A							剥離剤E							
初期剥離	1回目剥離	差	2回目剥離	差	3回目剥離	差	初期剥離	1回目剥離	差	2回目剥離	差	3回目剥離	差	
1	440	250	190	190	60	90	100	1	480	300	180	200	100	100
2	400	230	170	150	80	75	75	2	440	280	160	200	80	100
3	480	250	230	160	90	90	70	3	460	340	120	140	200	110
4	480	260	220	170	90	100	70	4	460	320	140	210	110	100
5	460	250	210	170	80	90	80	5	440	340	100	220	120	110
合計	2280	1240	1020	840	400	445	395	合計	2280	1580	700	970	610	530
平均	452	248	204	168	80	89	79	平均	456	316	140	194	122	106

剥離剤B							剥離剤F							
初期剥離	1回目剥離	差	2回目剥離	差	3回目剥離	差	初期剥離	1回目剥離	差	2回目剥離	差	3回目剥離	差	
1	480	260	220	80	180	75	5	1	460	250	210	100	150	90
2	440	260	180	80	180	70	10	2	440	270	170	140	130	100
3	440	260	180	85	175	65	20	3	460	280	180	110	170	85
4	400	260	140	85	175	75	10	4	480	280	200	120	160	90
5	400	240	160	90	150	70	20	5	460	260	200	140	120	100
合計	2160	1280	880	420	860	355	65	合計	2300	1340	960	610	730	465
平均	432	256	176	84	172	71	13	平均	460	268	192	122	146	93

剥離剤C							剥離剤G						
初期剥離	1回目剥離	差	2回目剥離	差	3回目剥離	差	初期剥離	1回目剥離	差	2回目剥離	差	3回目剥離	差
1	440	320	120	190	130	130	60	1	340	200	140	80	120
2	440	300	140	180	110	105	85	2	400	260	140	110	150
3	380	250	130	150	100	85	65	3	320	250	70	80	170
4	400	280	110	180	110	90	90	4	360	220	140	55	165
5	380	280	100	170	110	90	80	5	380	250	130	95	155
合計	2040	1440	600	880	560	500	380	合計	1800	1180	620	420	760
平均	408	288	120	176	112	100	76	平均	360	236	124	84	152

剥離剤D							剥離剤H						
初期剥離	1回目剥離	差	2回目剥離	差	3回目剥離	差	初期剥離	1回目剥離	差	2回目剥離	差	3回目剥離	差
1	500	340	160	130	210	110	20	1	500	310	190	140	170
2	480	320	160	110	210	110	0	2	500	300	200	150	150
3	400	260	140	100	160	70	30	3	420	280	140	95	165
4	440	280	160	100	180	80	20	4	380	190	190	95	95
5	440	270	170	120	150	100	20	5	420	220	200	140	80
合計	2280	1470	790	560	910			合計	2220	1300	920	620	680
平均	452	294	158	112	182	0	0	平均	444	260	184	124	136

#### 4. おわりに

現場(旧塗装系)により条件が変化すると思うが、当初層間剥離問題が発覚し全体的に発生している状況で鉛含有が確認できて結果的、費用など発生しましたが工程の短縮コスト削減できた。

旧塗装と剥離剤の相性(浸透)があり、剥離剤の相性によって差が生じることが今回確認できた。

今後の工事においてもこのような剥離試験では、出来るだけ多くの剥離剤を用いて試験することが望ましいと良いと思われる。

最後に、本工事を施工するに当たり多くのご指導、ご協力をいただきました皆さま方に、厚くお礼申し上げます。

# 22 施工計画

## ケーブルエレクション斜吊り工法における 自動視準型トータルステーションを用いた桁の形状管理手法について

日本橋梁土木施工管理技士会

JFE エンジニアリング株式会社

工事担当

監理技術者

現場代理人

橋本 祥太<sup>○</sup>

西村

章

猪股 謙一

### 1. はじめに

#### 工事概要

本工事は三重県と奈良県の県境に位置する「一般国道25号五月橋」の架け替え事業のうち、一級河川名張川上を横断する新設橋梁部分の上部工工事である（橋梁形式：鋼下路式ローゼ桁橋）。作業ヤードが狭小な上、下流側には高山ダム（水道用水として利用）があり、仮栈橋や杭ベント設備等は設置できないため、架設工法はケーブルエレクション斜吊り工法を採用している。本稿では架設時の出来形管理における工夫について報告する。

- (1) 工事名：一般国道25号（五月橋）  
橋梁上部工工事
- (2) 発注者：三重県
- (3) 工事場所：三重県伊賀市～奈良県山辺郡
- (4) 工期：平成30年3月～令和2年2月

### 2. 現場における問題点

本工事においては、ケーブルエレクション斜吊り工法による架設のため、アーチリブ架設時はステップ毎に高力ボルトを本締めしていく必要があり、累積誤差に留意し各架設ステップで高精度の形状管理が必要となる。また本ケーブルクレーンは、下路式アーチ橋のため、主ケーブル位置がアーチリブより外側に配置されており、斜吊索は

主ケーブル位置より内側に配置されている。ケーブルクレーンや斜吊索にかかる張力に左右差が出ないようにするには、アーチリブを面組して相吊り架設を行う必要があるが、荷取場（図-1の左側のヤード）側であるA1橋台から架設するアーチリブは先行して施工済みの斜吊りワイヤーを乗り越えることが物理的に不可能である。そのため、荷取場側の斜吊索を設置した後は、アーチリブ閉合まで単材架設となり、ケーブルクレーンおよび斜吊索に左右差が生じることで、架設桁のねじれ等の立体的な誤差が発生する。架設時には、その誤差を確認しながら調整していく必要がある。



図-1 アーチリブ架設状況

### 3. 工夫・改善点と適用結果

本工事において、高精度な形状管理を行うため、計画段階で解体計算による数値解析を実施し、架設ステップ毎のアーチリブの出来形管理値などを算出し、これを計画値として形状管理を行った。数値解析は現地の架設パターンに合わ

せて、面組架設、単材架設（L側先行）、単材架設（R側先行）の3パターン行った。また現地管理では、自動視準型トータルステーションを使用した形状管理を行った。トータルステーションに架設ステップ毎の格点の計画座標を設定することで、架設時に桁にマグネットで取り付けられたプリズムを地上側に設置したトータルステーションが自動で検出し、その位置の3次元座標を読み取ることで計画値との誤差を算出する。人の手で直接測量する従来の方法に比べて人的誤差を極力抑えることができる。架設ステップ毎に格点の3次元座標を読み取ることで計画値との誤差をステップ毎に算出した。また計測は早朝に行うことで日照の影響を少なくし、温度変化による誤差を最小限にした。

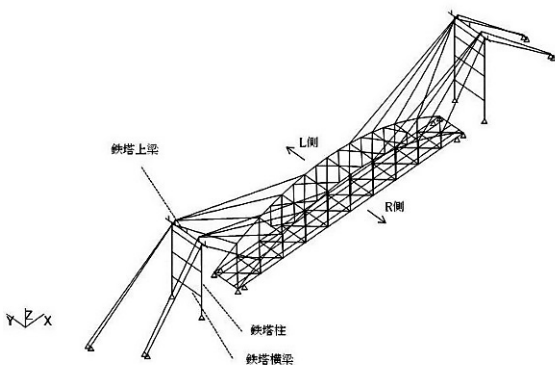


図-2 解体計算 計算モデル



図-3 自動視準型 3次元計測状況

3次元計測により、各ステップ毎における桁のねじれ等の把握ににくい立体的な誤差を高精度に確認できた。また誤差調整を各段階毎に行う事

で、累積誤差の蓄積を抑えることができた。

結果として、鋼橋架設工の出来形管理基準である「そり」、「全長・支間長」、「通り」に関して規格値の50%以下で管理でき、高精度な出来形管理が行えた。

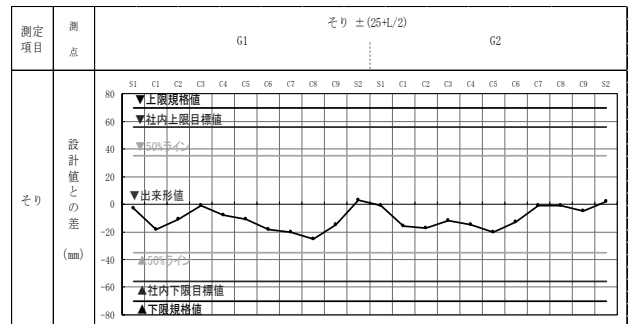


図-4 出来形計測結果「そり」

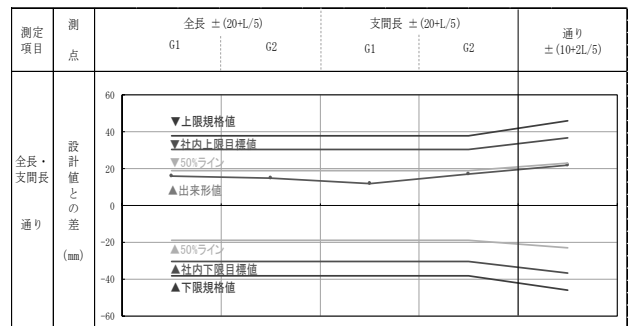


図-5 出来形計測結果  
「全長・支間長、通り」

#### 4. おわりに

本工事においては、ケーブルエレクションの架設時における高精度な出来形管理手法について記載した。

出来形管理に自動視準型トータルステーションを使用することは、人的誤差の排除により高精度な計測が可能となる。また一度プリズムを設置すれば、トータルステーションがプリズムを自動認識し、その変位を追従できるため、毎回プリズムをもって計測点に行く必要がない。地上側での器械操作のみで計測作業が可能であるのに加え、一回の操作で器械が見える範囲の測点を計測することが可能なため、計測作業の大幅な効率化も利点の一つと言える。

最後に、本工事の施工に当たってご指導、ご協力いただいた皆様方に厚くお礼を申し上げます。

# 23 施工計画

## 河川上の桁の落とし込み架設について

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  
監理技術者  
古茂田 靖夫

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：荒砥橋架替（桁製作・架設）工事
- (2) 発注者：山形県
- (3) 工事場所：山形県西置賜郡白鷹町
- (4) 工期：平成30年7月～令和2年5月

本工事は、県道長井白鷹線のうち、最上川を横過する橋梁の老朽化に伴う架け替え事業の一部として行われた鋼上部工工事である。新設橋梁は、橋長323.3m、幅員16.8mの鋼7径間連続非合成少数鉸桁橋であり、クローラークレーンベント工法により、非出水期に施工した。本稿では、現地状況を踏まえた施工上の工夫について報告する。

### 2. 現場における問題点

本橋は令和2年度の供用開始に向けて工事が進められており、本工事では、別発注されている床版工事工程も勘案し、現地工程短縮の必要があった。当初計画では、仮栈橋及び杭基礎ベントを流水部に設置し、200t吊りクローラークレーンで片押し架設を行う計画であったが、検討した結果350t吊りクローラークレーンで落とし込み架設を行う計画へ変更した。（図-1）工法の変更にあたり、以下の課題が考えられた。

- (1) 先行して架設した区間において、主桁たわみにより添接部が角折れし、落とし込み部との添接が困難となる。

- (2) 落とし込み架設を行うためには、架設区間（J26～J28）に隙間を確保する必要があるが、これにより、その後の添接が困難となる。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

上記の2点の課題に対し、次の工夫を行った。

- (1) 支点部ジャッキアップ

主桁たわみによる添接部の角折れに対して、P5、P6橋脚上でのジャッキアップによる仕口形状の調整を検討した。

まず、落とし込み架設前の両区間の主桁において、添接が可能な仕口角度とするためのジャッキアップ量とジャッキ反力を算出した。現場では、解析結果を考慮し、両橋脚に設置した油圧ジャッキ（図-2）を用いてジャッキアップし桁の仕口調整をした。

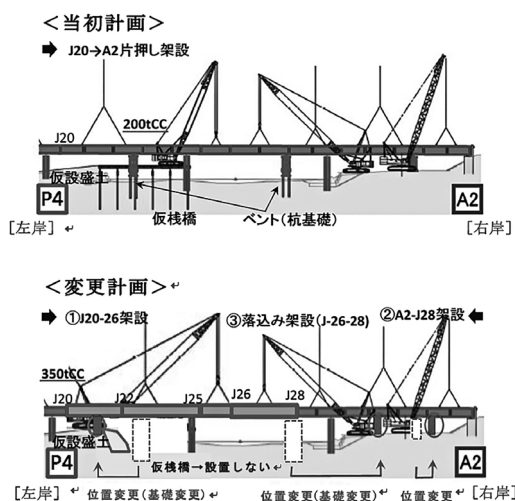


図-1 架設計画変更概要





図-2 橋脚上ジャッキアップ設備

(2) 桁の仮受け及びセットフォア

落とし込み架設時に添接を容易にするために2つの準備をした。

1) 送り装置の設置

セットバック量20mmで先行架設している桁を移動させるため、B6ベント上及びA2橋台上に送り装置(図-3)を設置した。

2) セッティングビームの設置

J28側にセッティングビームを取付けることで添接時の角折れの調整および想定外の事態等に備え桁受けを可能にした。

(1)、(2)を踏まえ、次のような手順で施工した。

- ① P5、P6橋脚上の鉛直ジャッキで主桁をジャッキアップして仕口角度を調整する。
- ② 落とし込みブロック(J26～J28)を架設する。この際、J26の接合を先行し、J28はセッティングビームで仮受けする。
- ③ 主桁(J28～A2)を送り装置を使用してA1方向へ移動し(20mmセットフォア)、主桁の仕口をJ28の添接板に挟み込む。
- ④ セッティングビームを使用して角折れを調整し、J28を接合する。

上記の架設工法(図-4、図-5)を採用したことで、本工事では約半月工程を短縮し、年内に桁の架設を完了した。山形では1月から積雪量が増加する傾向にあることから、この工程短縮は非常に効果的であった。さらに、流水部に仮栈橋や杭基礎ベントを設置しない本工法では、河川内での設置作業や増水が発生した際の災害リスクを回避できたという点でも効果的であったといえる。



図-3 ベント上送り装置

4. おわりに

本工事では、落とし込み架設への計画変更に伴い発生する課題の解決により、無事に架設作業を完了することができた。しかし、落とし込み架設では、張り出し部の断面力など桁本体に関する照査や、落とし込み区間のスパン・ねじれ観測なども注意深く行う必要がある。

最後に本工事の設計・施工にあたり、ご指導いただきました皆様方に厚くお礼を申し上げます。

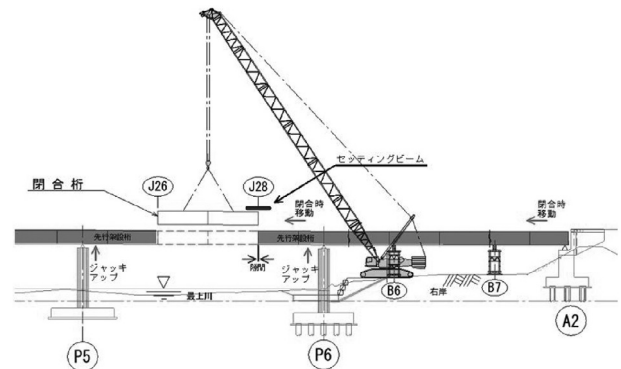


図-4 落とし込み架設概要



図-5 落とし込み架設状

# 24 施工計画

## 海上における斜ベント一括解体

日本橋梁建設土木施工管理技士会

エム・エムブリッジ株式会社

工事担当

現場代理人

設計担当

甲斐 智弘<sup>○</sup>

戎 克行

新地 洋明

### 1. はじめに

本工事は三陸沿岸道路の気仙沼湾横断橋（橋長1,344m）の海上部にあたる、3径間鋼斜張橋（橋長680m）の橋梁中央で半分に分けた終点側が施工範囲である。主塔、ならびに主塔近傍の主桁は、大型起重機船を使用して大ブロッケー一括架設工法で、主塔近傍以降はダブルツインジャッキを搭載したエレクションガータ設備（以下、EG設備）を使用して、左右交互に吊上げ架設するバランシング架設工法で施工を行った。本稿は主塔近傍の主桁架設に使用した斜ベント（図-1）の解体について報告する。

#### 工事概要

- (1) 工事名：国道45号 気仙沼湾横断橋  
小々汐地区上部工工事
- (2) 発注者：国土交通省 東北地方整備局  
仙台河川国道事務所
- (3) 工事場所：宮城県気仙沼市小々汐地区
- (4) 工期：平成29年7月28日～  
令和2年12月22日



図-1 斜ベント上の架設状況

### 2. 現場における問題点

斜ベントは、トラス構造の仮設構造物（幅14.5m、長さ17m、高さ13m、重量130ton）で、主塔の起点終点それぞれに設置しており、主塔側面にピン連結されている。架設地点が海上部のため、施工条件および、気象条件に配慮した解体計画が必要であった。

#### <課題>

- (1) 撤去計画による安全対策
- (2) 海上作業での安全対策

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### ① 撤去の基本計画

斜ベントは、主桁架設後、全て桁下となるため、起重機船を使用し、単部材毎に解体する方法を検討した。しかし高所作業量が多くなること、航跡波（船の航行による波）で起重機船が揺れて細かい調整が必要な玉掛作業できないことなど、安全面に課題があった。そのため、桁上に吊下げ設備を配置し、一括で吊下げて台船上に搭載し、湾内対岸の公共岸壁に陸揚げして、地上で分割解体を行う方針とした。

#### ② 一括吊下げ設備の計画

一括吊下げの吊位置は、斜ベント上に接合した主桁受桁を吊る構造とし、斜ベント搭載時（主桁架設前）に配置して（図-1）高所作業量を低減した。

斜ベントは起点側、終点側それぞれ連続で撤去し、台船に2基同時に搭載可能な大型台船(3000ton:60m×22m)を使用する計画とし、大型台船を使用する事で、航跡波による影響を小さくした。また、一括吊下げ設備は、中央径間、側径間の設備を同時に構築可能な構造(配置)で検討し、かつ主桁の吊上げ架設で使用したEG設備、ダブルツインジャッキを転用できる設備構成(数量)で計画した。(図-2)

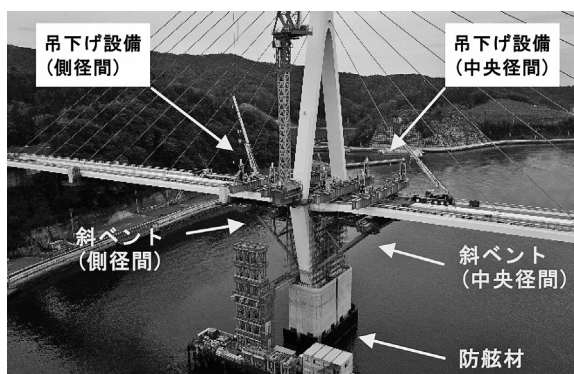


図-2 吊下げ設備組立状況

### ③ 台船搭載における安全対策

斜ベントの台船への搭載方法として、斜ベント下端を台船で支持した状態で回転して寝かせる方法を検討したが、係留した台船では回転時の水平反力による台船の移動を止められないこと、吊下げ設備のPC鋼より線の曲げ角が許容角度を超過することなどから、台船上にベントを設置して、寝かせずに搭載する計画とした。台船ベントは、斜ベント1基に対して、1基構築し、それぞれの上部を工事桁(I1200)で繋ぎ、柱はワイヤーで台船上の金具を使用してラッシング、基礎梁は溶接で台船に固定を行い、安定性を増した。また、斜ベント下端側は、斜ベントを固定できる架台を設置し、降下時の衝撃で前後左右に移動しないように溶接で台船に固定し、加えて、左右への振れ止めとして、ガイド治具を設け安全対策を施した。(図-3)

斜ベント直下には橋脚・防舷材があり、台船設備が寄せられないため、吊り下げ設備で主塔から離脱したあと、台船上に搭載できる位置まで移動する必要があった。台船への搭載を考慮すると移動量が多い方が防舷材からのクリアランスが確保

され搭載は安全側になる。しかし、橋面上では斜材ケーブルがあり、吊下げ設備の移動量には制限があったため、台船搭載可能位置と係留位置の双方を考慮し、ケーブルまでのクリアランス370mm(移動量8500mm)まで移動させた。(防舷材と台船のクリアランスは1800mm)



図-3 中央径間解体状況

### ④ 斜ベント降下・陸揚げ作業

海上作業のため、主塔からの離脱、移動、降下、台船搭載の作業は1日で終わるタイムスケジュールとした。降下はインターロック回路が組み込まれた連続稼働のダブルツインジャッキで4点同時の自動降下を行い、一括管理システムで各支点反力、降下量を逐次確認した。台船に反力が移行する際は、地上とは異なり、荷重により台船の沈み込みが発生するため、台船に接地しても反力の変化が表れにくい。そのため、ジャッキ制御は手動に変更し、台船上の監視者と無線合図を取り合い、異常を確認しながら慎重に台船上に搭載した。

台船から岸壁ヤードへの陸揚げは750t吊クローラークレーンを使用して一括吊上げで実施した。長尺の玉掛ワイヤーを使用し、地上に斜ベント下端を接地し、寝かせるように回転させて仮置きした。その後、地上にて解体を行った。

## 4. おわりに

気象予報を元に斜ベント撤去日を決定し、気象による影響を受けることなく無事に解体作業を終えることができた。検討をはじめ、施工にご協力いただいた関係者の皆様には深く感謝の意を表す。

# 25 施工計画

## 水上輸送及びクレーン付台船を用いた 架設工事について

日本橋梁建設土木施工管理技士会

宇野重工株式会社

計画担当

中田 康仁<sup>○</sup>

現場代理人

高橋 哲也

工事担当

狩野 徹

### 1. はじめに

#### 工事概要

本工事は、名古屋市西部を南北に結ぶ万場藤前線の整備工事の一環であり、一級河川新川を渡河する橋梁を架設する工事であった。架設計画は、左岸側を仮栈橋からクローラークレーンで架設し、右岸側は別ヤードで地組した桁を台船で水上輸送した後、80t吊クレーン付台船を用いて架設するものであった。本稿では、水上輸送及びクレーン付台船を用いた架設の工夫について報告する。

- (1) 工事名：正江橋（仮称）築造工事  
（鋼桁架設工及び左岸鋼製階段架設工）
- (2) 発注者：名古屋市緑政土木局
- (3) 工事場所：名古屋市中川区下之一色町、  
江松三丁目 立会 新川
- (4) 工期：令和元年9月11日～  
令和2年8月28日

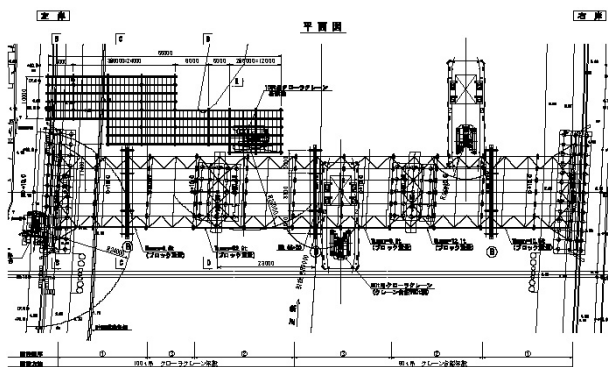


図-1 当初架設計画図

### 2. 現場における問題点

#### (1) 潮位の影響

架設位置は、河口から約5kmの地点であり、潮の干満により水位が変化する場所であった。1回の水上輸送につき、2ブロック地組した桁を7本輸送する必要があったため、500t積台船を選定した。架設地点に到達するまでには、桁下高さが約4.5mの両郡橋があり、台船高さ約4.7mでは大潮の干潮時の一定時間しか通過できないことがわかった。水上輸送は3回予定しており、約15日間の大潮のサイクルを待つことによる架設工程への影響が懸念された。

#### (2) 架設時の安全性

クレーン付台船による桁架設時は、ウインチ操作により架設位置に近づくことができ、作業半径は比較的小さくできる。しかし、荷取り時はクレーン付台船と500t積台船の2隻の台船が横並びで作業するため、架設時より作業半径が大きくなり、クレーンの負荷率が100%を超える事が想定された。また、架設時は橋脚およびベント位置の関係により、クレーン付台船のみが架設位置に近づくことになるため、残された500t積台船の安定性が課題であった。

#### (3) ベント支持杭撤去作業

河川内のベント設置撤去も桁架設と同様に、80t吊クレーン付台船により施工する計画であった。ベント支持杭撤去時は、クレーン付台船が架

設した桁と干渉するため、設置時よりも大きい作業半径で施工する条件であった。また、バイブロハンマーも桁と干渉する恐れもあった。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### (1) ウエイトの搭載

両郡橋を安全に通過するためには、台船を沈める事が有効と考え、ウエイトとして敷鉄板（5'×20'）54枚（約100t）を台船に積載した。敷鉄板は、桁の積載に支障にならないように主桁受台高さより低く積み重ね、偏心を防ぐために全面に配置した。台船の積載重量は、桁と合わせて約190tになり、台船を約50cm沈めることができた。これにより、大潮のサイクルに縛られることなく両郡橋を通過することが可能となり、架設工程の遅延を回避した。

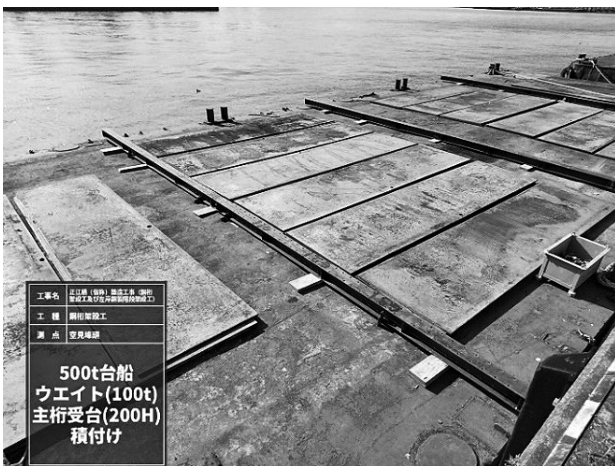


図-2 敷鉄板積載

#### (2) 台船の反転および係留杭の設置

7主桁のうち、クレーン付台船側の4主桁を荷取り架設した後、曳船を2隻用いて500t積台船を180°反転した。これにより、すべての主桁がクレーン付台船に近い位置で荷取りする事ができ、安全なクレーン負荷率まで低減できた。架設時に残された500t積台船の安定性については、河川内に係留杭としてH鋼を4本設置し、これと係留することで安定を図った。係留杭は、3回あった全ての架設ステップで使用可能な1箇所だけに設置した。

#### (3) ベント支持杭

ベント支持杭は横桁に平行、かつ主桁間隔の中心に配置し、バイブロハンマーと桁との離隔を確保した。バイブロハンマーは引抜可能な起振力を確保した上で、打設時より小型・軽量の機種を選定することで桁との干渉を回避し、クレーン負荷率の低減にも寄与した。また、工程調整によりベント支持杭撤去後に予定していた吊足場の解体を先行することで、クレーン付台船をより桁に近接させ作業半径を小さくし、杭の撤去が安全にできた。

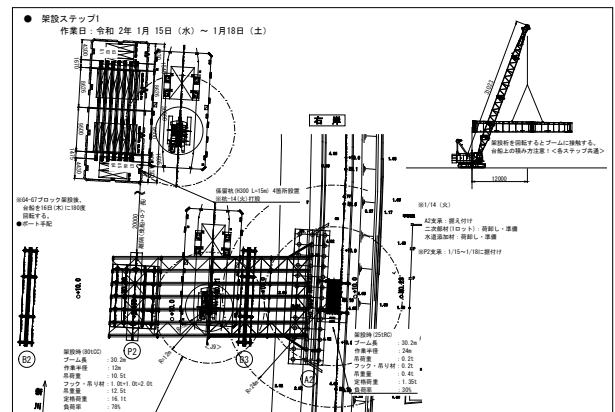


図-3 架設計画図



図-4 架設状況

### 4. おわりに

本工事は、クレーン付台船を用いて架設する、比較的実績の少ない工事であったが、これらの対策により、無事に工事を終えることができた。最後に本工事の施工にあたり、ご指導ご協力いただきました関係者の皆様に厚くお礼申し上げます。

# 26 施工計画

## 狭隘な施工ヤードでの人道橋の送出し架設

日本橋梁建設土木施工管理技士会

宇野重工株式会社

計画担当

監理技術者

谷口 好信〇

筒井 浩美

### 1. はじめに

本工事は、高山市中心市街を流れる一級河川宮川に架かる鍛冶橋～弥生橋において、宮川朝市通りと本町商店街を連絡する新たな歩行者動線として、周辺地域の回遊性の向上に繋がる（仮称）宮川人道橋の架設工事である。

工事概要

- (1) 工事名：市道下三之町本町線（仮称）宮川人道橋上部工工事
- (2) 発注者：高山市
- (3) 工事場所：岐阜県高山市下三之町・本町地内
- (4) 構造形式：中路式単純鋼桁橋  
橋長：41.7m（CL上）  
支間長：40.9m（CL上）  
有効幅員：3.0m

### 2. 現場における問題点

商店街と朝市を繋ぐ人道橋であることから施工ヤードが朝市側と商店街側と河川内に限られた。架設工法の選定については、河川内は大きな重機が使用できず、朝市側は営業確保のため使用できないことから商店街側を地組ヤードとした送出し架設工法とした。そのため、下記の問題点があった。

- ① 橋長41.7mに対して商店街側の地組ヤード長が30mと短く手延べ機が使用できない。
- ② 地組ヤード幅が6mと狭く回転範囲より25tラフタークレーンが限界であった。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

- ① 手延べ機を用いない橋桁のみの送出し架設を採用するにあたって、桁が転倒しない支間長を考慮して高水敷上と河川内ヤードにベントを2基設けた。送出しステップ解析の結果、後方台車の反力がB2ベントに桁が到達するころには大きく減少するため、B2ベント到達以降は、推進装置をB2ベントの送り装置に変更した。（図-1、2）

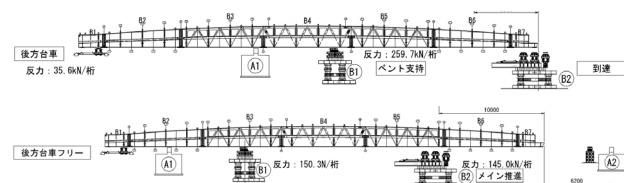


図-1 送出しステップ図（抜粋）

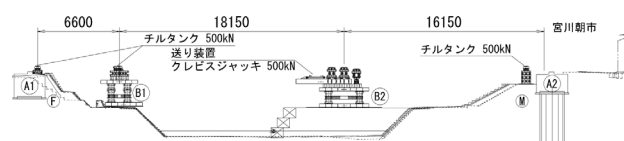


図-2 ベント配置図

B1ベントを設置する左岸護岸は野面積みの石積みであったため、ベントの必要地盤支持力が $50\text{kN/m}^2$ 程度まで低減するようベント構造を検討し、護岸天端に空洞がないか地中探査用電磁波レーダーで確認した。現場施工時はステップ毎の施工前と後にベントの沈下の有無を確認し慎重に作業を進めた結果、護岸に異常が発生することなく完了した。（図-3、4）



図-3 B1ベント

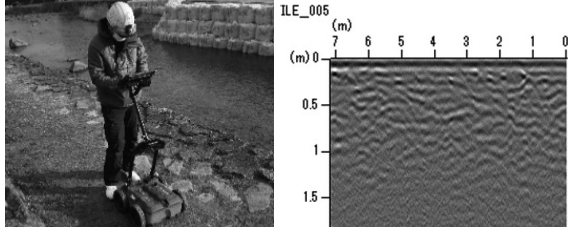


図-4 地中探査用電磁波レーダー

- ② 送出し設備は、軽量の設備に配慮した。後方台車は、逸脱防止ガイドローラー付きの150kNヒルマンローラー 2台を連結し、500kNクレビスジャッキと組合せた。B1ベント上の仮受点は、500kNチルトタンクを採用した。その結果、狭隘なヤードで近接する店舗に影響なく設備の設置・送り出しができた。(図-5、6、7)



図-5 施工ヤード

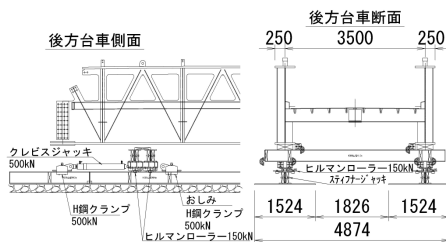
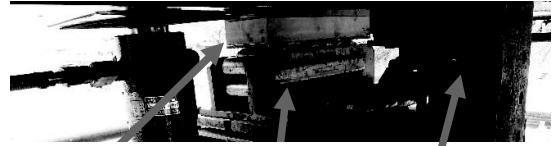


図-6 後方台車設備 (支点反力120kN/桁)

仮受け点のチルトタンクはいくつものローラーで構成される機材で接点に局部荷重が作用する。そのため、局部荷重に対するウェブの座屈に対する安全確認に加え、荷重分散と下フランジの塗膜損傷防止に対する養生材を配置した。養生材には硬質塩化ビニル板(ヒシプレート)を採用することが

多いが、チルトタンクの局部荷重でヒシプレートが破壊する恐れがあったので鋼板( $t=6$ )を接着した。その結果、桁に変形や塗膜の損傷は生じることがなく、下フランジの添接板の通過時も養生材を交換することで中断することなくスムーズな送出しができた。(図-7)



下フランジ養生 チルトタンク 逸脱防止材

図-7 B1ベント上仮受点

- ③ B2ベント到達直前の最大張出し状態で、後方台車の反力が軽くなり、架設桁が転倒する恐れがあったので、転倒の安全性を確認した(安全率1.2以上に対して1.67)。その上で、送出し過程で不要となる軌条設備を解体し後方台車上に搭載することで、転倒の安全性を増大し、反力軽減による後方台車と桁の滑りを防止した。また、同様に軌条設備と敷鉄板の摩擦力の低減により、軌条設備が後方台車の推進力に負けて後方に押し出されて送出不可能となる恐れがあることから、軌条設備と敷鉄板をL形鋼で溶接固定を行った。その結果、軌条設備や後方台車に異常が生じずスムーズに送出しが完了した。

#### 4. おわりに

本工事は、地元の悲願の人道橋であることと、商店街での狭隘な施工ヤードでの送出し架設ということもあり、注目の多い工事であった。人道橋の構造も意匠に富んでいて、工事を行う上で問題点も多かったが一つ一つ課題を解決して進めることが出来た。これらは、発注者ならびに隣接施工業者、協力業者の皆様のご助力および地元の方の協力あってのものとして厚く御礼申し上げます。



図-8 行神橋 完成写真 (木製装飾は施工範囲外)

# 27 施工計画

## 鏡川橋(鋼上部工)工事における 片押し架設の架設計画と施工

日本橋梁建設土木施工技士会  
株式会社 横河 NS エンジニアリング  
課長補佐  
川 口 浩 平

### 1. はじめに

本工事は常磐自動車道4車線化 山元IC～岩沼IC間の14kmのうち、宮城県亶理郡亶理町長瀨～荒浜における、長瀨橋(橋長119.95m, 2径間連続細幅箱桁橋)、鏡川橋(橋長196.90m, 3径間連続細幅箱桁橋)、荒浜橋(橋長60.00m, 鋼単純細幅箱桁橋)の3橋の施工を行う工事であり、私は監理技術者として従事していた。

今回の報告は、鏡川橋は鏡川排水路ならびに柴鳥排水路などを渡河する最大支間長94.50mをクレーンベント架設する架設計画と施工について記す。

#### 工事概要

- (1) 工 事 名 : 常磐自動車道 鏡川橋 (鋼上部工) 工事
- (2) 発 注 者 : 東日本高速道路株式会社 東北支社
- (3) 工事場所 : 宮城県亶理郡亶理町長瀨～荒浜
- (4) 工 期 : 2019年5月22日～2020年7月9日

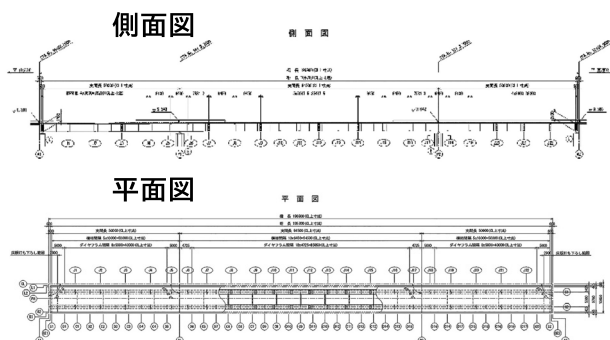


図-1 構造一般図

### 2. 現場における問題点

当初架設計画では支間中央部にて落とし込み架設を行う計画であった。落とし込み架設の計画を行うにあたり、落とし込み直前の先端たわみを解析値にて算出したところ起点側と終点側でたわみ差が大きくなり、施工時の誤差、気温による温度収縮を考えると、落とし込み架設が困難となる可能性があった。そこで、張出し架設での架設可否の検討を行った。

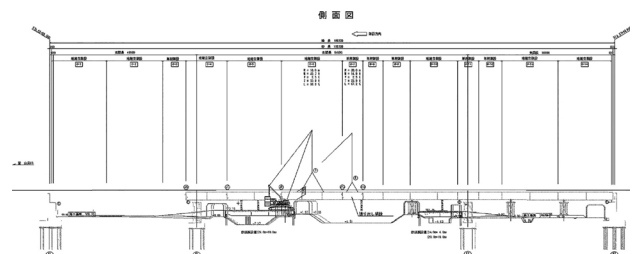


図-2 架設計画図

張出し架設とすることにより、桁調整は片側のみで対応可能となるが、以下の管理項目が課題となる。

- 1) 最大支間部での細幅箱桁3ブロック(24.2m)張出し架設に対する安全性の確保。
- 2) 架設後には調整が困難となるため、架設途中での架設精度管理。

そこで考えられる問題点(リスク)は以下である。

- 1) 張出し桁の耐力、ベント構造・支持地盤短期応力による桁の座屈、ベント設備の耐力・



支持地盤の耐力不足による沈下。

- 2) 先端タワミによる出来形精度確保困難  
支間中央部での過大なたわみの発生。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### 1) 架設計画

架設ステップ毎でのFRAME解析を行い、ステップ毎の反力、鉛直変位を算出し以下の対応を検討した。

ジャッキアップを行わずに3ブロックの張出しを行うと先端にて-86mmのタワミが発生し、そのタワミ角を仕口に合わせて後続桁を架設するには、到達側を175mm下げる必要がある。

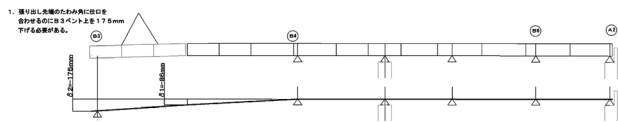


図-3 架設時変位図

到達側のクリアランスを確保するには、手前支持点にて100mm～150mmのジャッキアップが必要となり1523kNの反力が掛かる。

そこで、クリアランスを確保するまでジャッキアップした際の最大反力値に対応する桁の補強を実施することとした。

万が一にも1ウェブに片効きした場合でも耐える構造とし安全性を確保した。

ベント設備は、頂部梁が重要となるため仮受点、ジャッキ受点による受点のズレ、偏心を考慮し、実際には3本の柱を設置するが、計算上は2本の単純梁にて検討を行った。

#### 2) 施工時の工夫・改善点

ジャッキ設備、連動ポンプユニットを使用し、同圧で管理できる設備として偏荷重防止を図ることとした。

ベント基礎はコンクリート基礎を構築し、変位の常時計測を行い施工した。

架設途中のたわみ量は各ステップにて計画値と差異なく変位していることを確認した。

張出し3ブロック目の架設時には、クレーンにて吊上げた状態で高力ボルトを本締めすることに

より、出来形形状の確保を図った。

#### 3) 施工結果

ベント設備の沈下、桁の座屈も無く施工を終えることができ、架設完了時の出来形は規格値を十分に満足する出来栄であった。

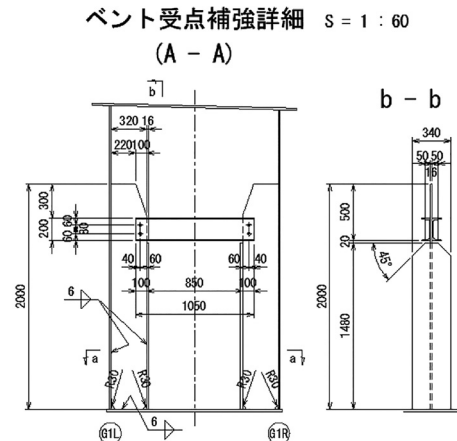


図-4 桁補強図



図-5 架設状況

### 4. おわりに

本橋梁の架設計画・施工を行うにあたり、現地にて計画担当者・施工担当者・施工業者と綿密な打合せを繰り返し、考えられるリスク全てに対して対策を施したことにより無事故で品質を確保した施工ができたと考える。

他の2橋は多軸式特殊台車による一括架設、多軸式特殊台車を用いた引出し架設と特殊架設工法で施工を行ったが、一般的なクレーンベント架設工法で行った本橋梁が架設計画から実施工とも労力を要し、印象深い橋梁となった。

# 28 施工計画

## 架設ステップ解析によるたわみ調整方法の検討

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

工場主任技術者

計画担当

五十嵐 三雄〇

木村 光宏

田村 修一

### 1. はじめに

<工事概要>

- (1) 工事名：国道106号 腹帯橋上部工工事
- (2) 発注者：国土交通省 東北地方整備局  
三陸国道事務所
- (3) 路線名：岩手県宮古市腹帯地先
- (4) 工期：自) 2018年9月20日  
至) 2020年4月23日
- (5) 橋長：278.0m
- (6) 支間長：47.750m+49.200m+49.400m  
+40.500m+46.500m+42.950m

本工事は、6径間連続鋼桁（非合成）橋梁の製作・架設工事である。架設は図-1に示すようにJR山田線上空の架橋範囲（J24～J30）はJR発注、その他の範囲は国土交通省の発注となっている。床版、上部工排水管は施工外である。桁架設に使用したクレーンはA1橋台～P5橋脚ヤード上及びJR山田線上は200t吊クローラークレーンとした。A2橋台付近（国道106号上）は550t吊オールテレーンクレーンで架設を行った。また、国道106号上は、「夜間全面通行止め」の交通規制を実施したうえでの架設であった。

### 2. 現場における問題点

本橋のJ31～GE2は上記のとおり夜間通行止め規制を行っての架設を行う必要があるため、作業時間の短縮等を考慮し、鋼桁4本地組（全長

約30m）を行った上での一括架設とした。また、JR範囲の架設完了後のJ30～J31の1ブロック分の架設は国土交通省の施工範囲であり、図-2に示すように13m程度桁が張り出した状態となるため、鋼桁のたわみによりJ31先端部の仕口の向きが下を向いてしまう。この状態で次の鋼桁ブロックを連結すると、A2橋台に干渉し、桁架設が困難となることが懸念された。

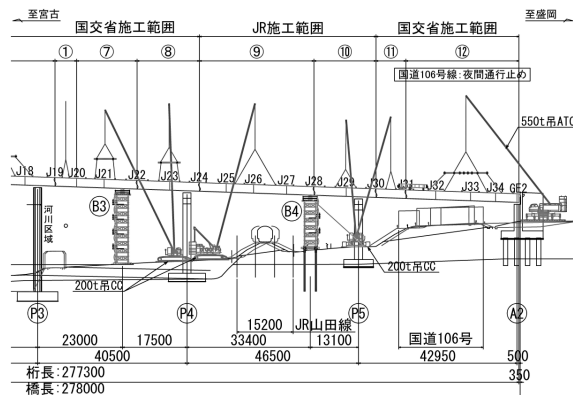


図-1 架設計画図（P3橋脚～A2橋台範囲）

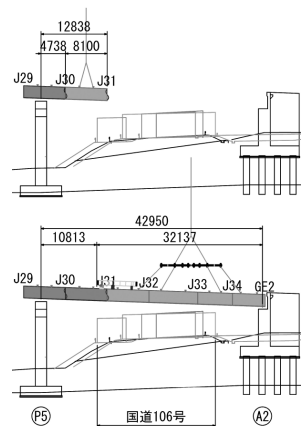


図-2 国土交通省範囲架設ステップ図

そのため、J31までの架設が完了した際の鉛直変位量を骨組解析プログラムにより確認し、J31～GE2架設桁がA2橋台へ到達が可能となるように、たわみ量の調整方法について検討を行った。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

架設ステップ解析を行うにあたり、実際の桁の挙動に近い状態を再現できるようにJ30～J31ブロックの架設が完了（図-3）した段階で、先端の鋼桁たわみ量を実測した。その測定結果を解析データにも反映することにより、実たわみ量を精度良く把握し、必要な調整量について確認をした。

当初は張り出し桁の根元にあたるP5橋脚部で桁のジャッキアップをすることにより、鋼桁ブロック先端のJ31部の仕口が上向きになることを想定して解析を実施したが、先端のたわみ量が想定よりも大きく、数十mm程度ジャッキアップをただけでは、桁先端の仕口が上向きになるまでには至らず、その状態のまま次の鋼桁ブロックを連結した場合には、鋼桁がA2橋台へ突っ込んだ状態となってしまうことが判明した。

そこで、JR工区にも協力を要請し、架設桁の1径間手前の部分にあたるP4橋脚～P5橋脚間のベント支持高さを下げることで、P4橋脚～P5橋脚間の桁に鋼重によるたわみを発生させ、J31先端部のたわみ量が改善するという結果が得られた。この状態で、さらにP5橋脚部で桁を40mm程度ジャッキアップすることにより桁先端の仕口が上向きとなり、A2橋台へ干渉することなくJ31～GE2架設桁の到達が可能となる結果となった。（図-4）



図-3 J30～J31ブロック架設完了後状況

上記の解析結果より、JR範囲のベントの調整及びP5橋脚部で桁のジャッキアップをすることで鋼桁先端のたわみを調整することとし、架設を行った。

### 4. おわりに

国道上架設時の安全性の確保及び架設桁の出来形精度の確保が本工事における課題であったが、事前に鋼桁の先端たわみの調整方法について検討を行った結果、A2橋台へ架設桁が干渉することなく、夜間通行規制時の作業時間内に安全に架設を完了することが出来た。（図-5）また、架設完了後のキャンバー・桁の通りといった出来形精度についても規格値内におさめることが出来た。

最後に、本工事を施工するにあたり、ご指導を頂きました国土交通省東北地方整備局の方々をはじめ、一つの橋梁の架設という目的のもとで、施工を共にしたJR工区も含めた多くの工事関係者各位に紙面をお借りして深く感謝いたします。

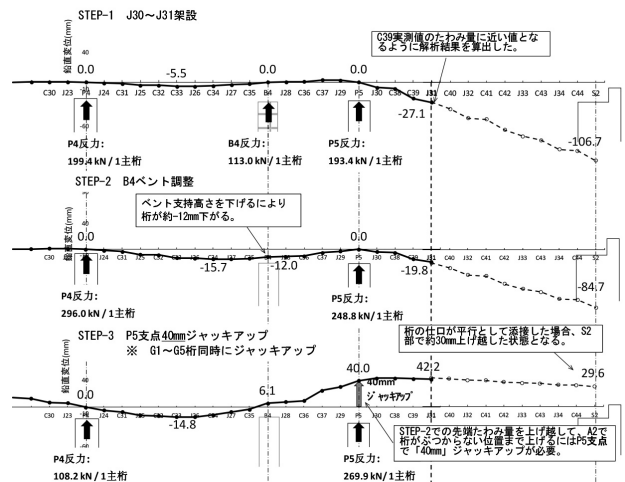


図-4 架設ステップ解析結果



図-5 J31～GE2ブロック架設状況

# 29 施工計画

## 3 径間連続非合成多室箱桁橋の 送り出し架設について

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  
西村 正治

### 1. はじめに

和歌山県道104号山内恋野線は、和歌山県橋本市山内から同市恋野に至る総延長5.1kmの一般県道である。その県道内の紀ノ川を渡河する恋野橋は供用後65年が経過し老朽化していることや、車道幅員が狭く歩道もないことから和歌山県が旧橋の上流側へ架け替え整備を進めていた。

本稿では工事中に発生した旧橋変状と新たに架設した3径間連続非合成多室箱桁橋の架設概要について報告する。

#### 工事概要

- (1) 工事名：山内恋野線（恋野橋上部）道路改良工事
- (2) 発注者：和歌山県 伊都地方振興局
- (3) 工事場所：和歌山県橋本市隅田町芋生地内
- (4) 工期：平成29年12月20日～  
令和2年6月26日
- (5) 構造形式：鋼3径間連続非合成多室箱桁橋



図-1 施工位置図

### 2. 現場における問題点

旧恋野橋は本新設工事の完了後、別途工事で解体撤去される計画であったが、本工事着手前の平成30年11月に豪雨による河川増水の影響で、河川内のP2橋脚基礎下面が洗堀され、上下部構造が上流側（新橋側）へ約2m傾き崩落の恐れがあったため、即座に通行止めとなった。

これにより、新設橋梁の早期完成と開通が求められたが、新橋施工中における旧橋の傾きの進行および崩落リスクが懸念されたため、施工中の安全確保を最優先に旧橋撤去後、新橋の施工が余儀なくされた。（図-2）



図-2 旧恋野橋崩落状況

なお、旧橋撤去工事から新設工事完了までの間は、別工事にて近傍に仮設橋（国土交通省保有）が設置され、片側交互通行で一般車両の通行は確保された。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

本橋の鋼3径間連続非合成多室箱桁橋をA1橋台背面よりA2橋台に向け、鋼桁全長を全断面で送出し架設する計画で、早期開通に向けた工程短縮への取組みと、送出し架設時における課題に対して実施した対策を以下に示す。

#### ① 工程短縮への取組み

旧橋撤去期間中は、撤去作業と輻輳しないA1橋台背面の送出し構台設備の設置および手延べ機の組立作業を並行して行った。

中間支点上の送り出し設備は各橋台背面に160t吊り油圧式トラッククレーンを配置し組み立てる計画であったが、旧橋撤去工事用の工事用道路を使用することによって中間支点直近にての作業が可能となったためクレーンの組立解体回送の日数を短縮できた。これにより旧橋撤去完了後直ぐに桁組立と送出しの繰り返し作業に着手でき架設工程を約1ヶ月短縮した。

桁組立後送り出し前にヤード内にて外面塗装を行い高所作業と河川汚染のリスクを低減させた。

#### ② 送出し架設における課題と対策

本多室箱桁端は、送出し架設中の各荷重支持点の反力が大きく、さらに腹板厚が9mmと薄いため、送出し時における腹板の座屈防止が重要となった。しかし、腹板パネル補剛検討の結果、桁全長の腹板厚アップに加え、製作困難な補剛材の追加配置が必要となり、仮定鋼重との差および現実的な製作性、経済性を踏まえ別の対策が必要となった。そこで、各荷重支持点部の送出し装置上に受幅1100mmの荷重分散用受架台を製作して設置することで、受幅を一般的な700mmから1100mmに広げ支持荷重を分散できるようにした。(図-3)

その結果、腹板厚アップは数ヶ所と最小限となり、腹板のパネル補剛についても製作可能な追加補剛材の配置で対応した。送出し架設の実施工では、反力管理システムを用いて全荷重支持部の反力を一元管理し、送出し中における全受点反力の

バランス調整を行い、各受点の計画支持反力の上限值超過を防止した。これらの対策で、多室箱桁の送出し架設は安全に完了させることが出来た。(図-4)

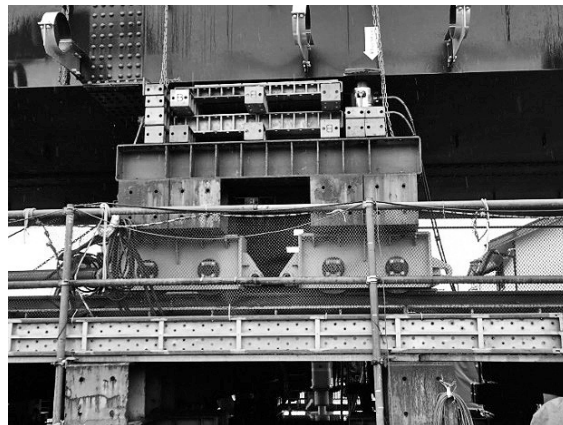


図-3 反力分散用受架台



図-4 桁送出し完了

### 4. おわりに

本工事は老朽化した旧恋野橋の架け替え工事であったが、現地着手前に供用中の旧恋野橋が崩落の危険性があったため通行止めとなり、早期開通が望まれた工事であった。

令和2年3月7日の開通日には地元の方々に大変喜ばれ地域の住民への貢献が出来た。

また本橋梁は地名にちなんで高欄等にハードマークの装飾を施しており、新しい地元の名所となることが期待されている。

最後に施工にあたり和歌山県伊都振興局、その他ご指導いただいた皆様に感謝の意を表します。

# 30 施工計画

## 支間長 80m を超える送出し架設について

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

監理技術者

現場代理人

澁谷 大輔<sup>○</sup>

今 大 介

### 1. はじめに

国分川橋は高知東部自動車道整備事業の一環である一般国道55号高知南国道路建設工事のうち、二級河川国分川を跨ぐ鋼5径間連続ラーメン鋼床版箱桁橋である。本工事は5径間のうちKBP1～KBP4の2径間の製作・輸送・架設工事である。なお、KBP4～KBP7の3径間は過年度工事にて架設済みであった。

本報告では、支間長80mを超える送出し架設の概要と留意点について報告する。

#### 工事概要

- (1) 工 事 名：平成29-30年度 国分川橋上部工事
- (2) 発 注 者：国土交通省 四国地方整備局 土佐国道事務所
- (3) 工事場所：高知県高知市高須地先
- (4) 工 期：平成30年1月25日～  
令和2年3月31日



図-1 施工状況

### 2. 現場における問題点

本橋の架設地点は、供用されている県道44号上および国分川上であり、施工ヤードおよび施工時間の制約と交通影響を考慮する必要があった。

#### (1) 送出し設備の課題

本橋のKBP2橋脚部は、街路との建築限界条件より、橋脚の橋軸直角方向の梁長さが短く、鋼桁側は横梁構造が採用された。しかし、本橋の送出し架設の際、KBP2橋脚上で3主桁を仮受けするにはKBP2橋脚部は、橋軸および橋軸直角方向共に、街路との建築限界を確保した状態で、脚上での支持幅を拡幅させる必要があった。

#### (2) 送出し架設計画の課題

##### ①送出し時間の短縮

送出し架設は、鋼桁の安定性確保より、一夜間で1径間(81.4m)を手延べ機の到達および固定まで行う必要があった。手延べ機がKBP2到達する直前は、先端部に約2.4mのたわみが生じることから、このたわみを解消するための時間短縮が課題となった。

##### ②拡幅桁の送出し

本橋はKBP2橋脚よりKBP7橋脚にかけて拡幅桁であるため、送出し桁と既設桁とで主桁の通りが異なる。そのため台車設備に横梁を設置し、横梁上に送出し桁を支持させる必要があった。また、KBP4既設桁上の送り装置は送出し桁の拡幅に合わせて追従させる必要があった。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### (1) 送出し設備の工夫

送出し設備の橋軸直角方向は、橋脚梁先端部と街路建築限界線との間にパイプ鉄塔設備を設置し、その上に工事桁を設置して張出し構造で拡幅した。また、橋軸方向については、河川内を使用できないことからKBP2橋脚の前面および背面の側面部にブラケットを設置し、その上にパイプ鉄塔材を建てることでスペースを確保した。(図-2) ブラケットの固定には抜き取り可能なRアンカー(NETIS:KT-180026-A, M39x710)を採用した。

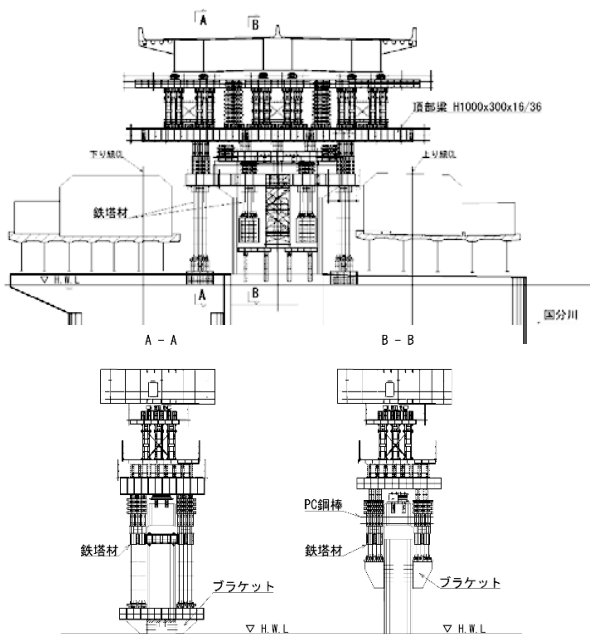


図-2 KBP2送出し設備図

これらの結果、送出し設備および桁降下設備の配置を可能とし、送出し架設作業におけるワーキングスペースを確保できた。また、送出し架設時における拡幅設備上での大きな荷重仮受も、余裕を持たせた設備計画により、工事桁張出部のたわみ影響もなく、より安全な施工ができた。

#### (2) 送出し計画の工夫

手延べ先端のたわみを解消するため、KBP2送出し設備の到達部に500kN-600stクレビスジャッキを鉛直方向に使用した扛上設備を設置した。この結果、たわみ処理に伴う時間を約2時間短縮し、一夜間作業での送出し架設を完了できた。(図-3)

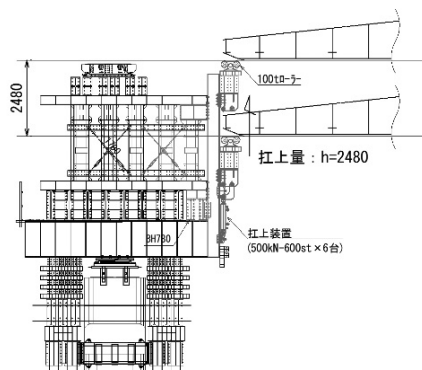


図-3 扛上設備

本橋はKBP2橋脚よりKBP7橋脚にかけて拡幅桁であるため、送出し桁と既設桁とで主桁の通りが異なる。そのため台車設備に横梁を設置し、横梁上に送出し桁を支持させる必要があった。また、KBP4既設桁上の送り装置は送出し桁の拡幅に合わせて追従させる必要があった。(図-4)

施工範囲のG1桁は直線桁であることから、送出し基準ラインはG1桁のKBP1～KBP4を結んだ直線に設定した。G2桁およびG3桁の送り装置基部には送出しラインに対して直角方向にジャスコロ設備を配置した。(図-4) 送出しが主桁拡幅部に掛かると腹板の通りに合わせて送り装置を回転させることで、送出し方向との角度差によって生じる水平力の影響を受けて、送り装置がジャスコロ上を横移動する。この設備改善により、拡幅桁を連続的に送り出すことができた。

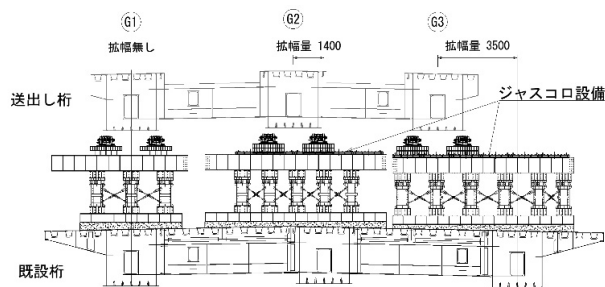


図-4 KBP4送出し設備図

### 4. おわり

本橋は、隣接工事との交通規制を終始調整しながら工事を進めてきた。ご指導いただきました土佐国道事務所の皆様ならびに関係者の皆様に心から深く感謝申し上げます。

# 31 施工計画

## 市街地の国道を跨ぐ合成箱桁の送出し架設について

日本橋梁建設土木施工管理技士会

株式会社駒井ハルテック

現場代理人

本 條 順 一 ○

監理技術者

角 山 隆 司

監理技術者

鶴 田 政 宏

### 1. はじめに

九州新幹線（西九州ルート）は、佐賀市付近を経由して福岡市と長崎市を結ぶ路線であり、現在は武雄温泉から長崎間の整備が進められている。本橋は、武雄温泉駅を起点とし、1 km085m～1 km248m間に位置する国道34号および市道213号を横架する延長163mの3径間連続合成桁橋である。

本稿では、中央径間部の架設における現場施工条件を踏まえた課題と対応策について報告する。

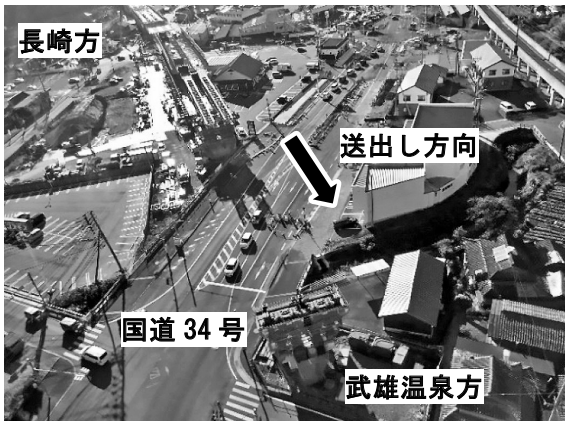


図-1 送出し架設状況

#### 工事概要

- (1) 工 事 名：九州新幹線（西九州）、第1下西山橋りょう（合成けた）
- (2) 発 注 者：独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 九州新幹線建設局
- (3) 路 線 名：九州新幹線（西九州ルート）
- (4) 工事場所：佐賀県武雄市地内

- (5) 工 期：平成29年2月2日～  
令和元年9月2日

- (6) 構造形式：鋼3径間連続合成箱桁橋
- (7) 橋 長：163.000m
- (8) 支 間 長：45.100m + 71.000m + 45.100m
- (9) 幅 員：11.300m
- (10) 鋼 重：1016.6t

### 2. 現場における問題点

中央径間部架設は、交差する国道34号の通行止め日数を最小限かつ限られた時間内に送出し降下作業を安全に行う必要があった。

#### (1) 作業ヤードの課題

送出し桁の組立ヤードは、計画路線の線形に沿った曲線で細長の形状をしていた。そのため軌条設備を直線配置とした場合、用地境界を侵さない架設計画が必要であった。

#### (2) 送出し作業の課題

送出し架設は、鋼桁の安定性確保より、1夜間で手延べ機先端をP2橋脚まで到達（送出し長69m）させる必要があった。また、手延べ機先端部は、P2橋脚到達直前で1,300mmのたわみが生じるため、たわみ処理を短時間で行う必要があった。

#### (3) 降下作業の課題

桁降下作業は、最大5.2mの降下量があり、一般的に降下量が多く、時間的制約のある現場に適している吊り下げ式降下設備の配置が狭いヤード



制約によりできないことから、当初はサンドル材と油圧ジャッキによる桁降下が計画されていた。しかし、桁降下に伴う作業日数は6夜間の国道の通行止めが必要となり、道路管理者との協議で国道の通行止め日数短縮を求められた。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### (1) 架設計画の工夫

送出し桁を鋼桁の曲率に合わせた曲線送出しを採用することによって、起終点共に用地境界内に収めることにより作業ヤードの課題を克服した。

#### (2) 送出し設備の工夫

送出し設備として、送出し速度が最も速く、時間制約のある送出し架設において多く採用されている自走台車と油圧式送出し装置を併用した送出しを計画していた。しかし、送出し桁を自走台車にて連続的に送出し作業を行う一方で、橋脚上の送出し装置で盛換え作業を行いながら送出し作業をする組合せは困難と考えられた。また、自走台車は方向修正の少ない直線送出しに適しており、本橋のような曲線送出しの場合、レール面との摩擦力が減少することで台車が空転することや、反力バランス調整を伴う盛替え作業などで多くの時間がとられることが懸念されたことから、重量台車の前後にクレビス付き油圧ジャッキを取付け、到達側のP2橋脚には駆動シンクロジャッキを配置により、ジャッキ設備の盛替えロスを省略した効率化施工で課題を克服した。



図-2 クレビス付き油圧ジャッキ

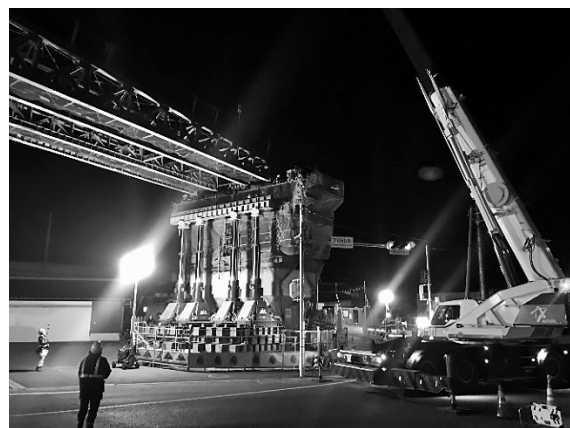


図-3 マルチユニットリフト

また、予めP2橋脚前面にロングストロークの特殊ジャッキ（マルチユニットリフト）を配置したことで、たわみ処理の作業時間を短縮した。

#### (3) 降下設備の工夫

手延べ機先端のたわみ処理に使用したマルチユニットリフトをP2橋脚前面と、P3橋脚背面に配置した送出し桁の降下計画を立案し、作業日数の短縮を図った。結果、狭いヤード制約への対応、P2およびP3橋脚上のサンドル降下設備に加え、地上からストロークを有するマルチユニットリフトで鋼桁を支持することで、安定した状態を保つことができ、桁降下作業を2夜間で安全に完了させることができた。

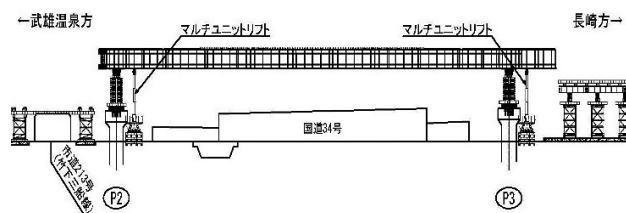


図-4 桁降下要領図

### 4. おわりに

本工事は、国道の交通規制を伴う難易度の高い工事であったが、設計・製作・工事の各部門において十分な検討を行った結果、施工を終える事ができた。

最後に、本工事の施工にあたりご指導とご協力をいただいた独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構および関係各位に深く感謝する。

# 32 施工計画

## 狭隘なバックヤードでの回転送出し工法

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  
松 本 剛

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工 事 名：平成30年度 菰入新橋上部工工事
- (2) 発 注 者：菊池市
- (3) 工事場所：熊本県菊池市七城町菰入 地内
- (4) 工 期：平成30年12月25日  
～令和2年10月30日
- (5) 諸 元：橋長 106.5m  
幅員 10.0m  
橋梁形式 3径間連続非合成鉸桁橋  
鋼重 181.0t  
平面線形 R=600m

本工事は、熊本県菊池市七城町に位置し菊池川を跨ぐ市道鴨川公園坂井線の鋼上部工製作・架設(送出し架設工法)・床版・舗装工事である。

### 2. 現場における問題点

本橋は、平面線形R=600mの3径間連続鉸の

従来鉸桁である。主桁は支点上で折れている折れ桁である。

当初の架設計画では、桁送出しのためのバックヤードに66mの軌条設備を設け、回転送出しを行うこととなっていた。しかしながら横断方向のバックヤードが狭隘なため送出し基準線R=600mの線形を延長した場合、4主桁中1主桁がバックヤードの外(桁の受け点が空中)となるため桁架設及び送出し時に安全性の観点から問題が生じる。

この問題の解決策として軌条設備が収まるように更に借地を行い横断方向のバックヤードの拡幅を検討したが、立地条件により困難であることがわかった。そこで、当初計画通り現在の狭隘なバックヤード内での作業を行うこととし、この条件で回転送出しを行う時の架設時の安全性と精度(反力管理・安定した送り出し・平面誤差)が確保できるようにするための検討が課題となった。

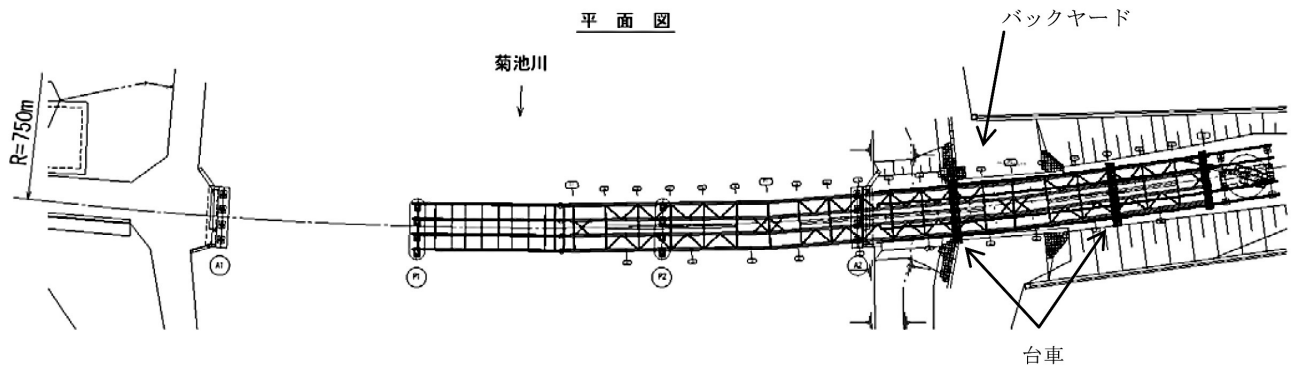


図-1 架設計画

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### (1) 送出し時の平面線形を変更

桁がバックヤード（軌条設備上）及び各橋脚・橋台（A1・P1・P2・A2）で支持できるように送出し基準線を完成時の平面線形 $R=600\text{m}$ から変更して問題点が解決するか何ケースか検討した。 $R=900\text{m} \sim R=500\text{m}$ を $R=50\text{m}$ 単位で作図を行い検討した。その結果、 $R=750\text{m}$ に変更した場合が最も安定しており、全ての桁が各橋台・橋脚及びバックヤードの台車にて支持できることが判明した。（図-1）

更に、送出し基準線 $R=600\text{m}$ を $R=750\text{m}$ 変更したことにより、各種問題点に対して以下のようなメリットが生まれた。

##### ① 反力管理

当初架設計画より緩やかな曲線で桁を送り出せるため各支点及び各桁の鉛直反力がより均一になり安定した送出しとなる。

##### ② 安全な作業

桁架設・送出し・台車の盛替え作業等が全て陸上（ヤード内）で行われるため安全に配慮した作業計画となる。

##### ③ 安定した送出し

各支点（橋台2基・橋脚2基・台車1基）に全て4基ずつ送りジャッキ（押し50t・引き20t）を設けることにより、桁送り出し時の水平力に対して安全かつ安定した作業計画となる。（図-2、図-3）



図-2 桁送り出し（台車）

#### (2) 適用結果

架設ステップごとに各支点及び台車の平面誤差の計測を行った。そのデータを元に調整し、以降の桁架設及び送出しを行った。細かく調整を行いながら架設した結果、送出しが完了するまで横断方向の桁修正を行わずに最終到達のA1橋台に30mmの誤差で到達することができた（送出し完了後、桁降下前に桁の調整を行った）。

更に、反力管理も計画通り横断方向に均一な反力で施工ができたため、安定した送り出しが行われた。これに関しては基準線の半径を大きくしたメリットが出たものと思われる。

桁降下後、支点支持状態でのその誤差も最大 $-8\text{mm}$ （規格値 $\pm 45\text{mm}$ ）と規格値の50%以内に入る結果となった。



図-3 桁送り出し（全景）

### 4. おわりに

本橋は、基準線 $R=750\text{m}$ の回転送出しとなり直線橋の送出しに比べると反力のばらつきも生じやすく、不安定な送出し条件となったが、現場に従事していた全ての人たちが、施工条件及び施工内容を十分に把握し、安全に対しても共通の認識の下、知識を出し合い、工事を遂行したおかげで、無事に架設工事を完了することができた。今後、この橋が無事に開通し交通渋滞緩和につながれば幸いです。

最後に関係各位には適切な助言及び協力を受け賜りました。この場をお借りしてここに深く感謝の意を表します。

# 33 施工計画

## ベントを使用した合成桁の床版打設

日本橋梁建設土木施工管理技士会

三井住友建設鉄構エンジニアリング株式会社

現場代理人

監理技術者

設計担当者

埜

博道<sup>○</sup>

水

本志信

金

子

修

### 1. はじめに

本工事は、高知南国道路のうち高知市一宮南町に位置する橋長180mの鋼3径間連続ラーメン少数鈹桁橋の新設工事である。

中間橋脚は剛構造で、床版形式は場所打ちPC床版である。

工事概要

- (1) 工事名：一宮第3高架橋上部工事
- (2) 発注者：国土交通省 四国地方整備局  
土佐国道事務所
- (3) 工事場所：高知市一宮南町
- (4) 工期：平成30年10月25日  
～令和2年3月31日

### 2. 現場における問題点

主構造の設計計算において、床版は一括施工されるものとして設計されていた。しかし、床版の一括施工はコンクリートのボリュームを考慮すると現実的には不可能であるため、分割してコンクリート打設を行う必要があったが、施工時に主桁断面に発生する断面力が許容値を超えてしまう箇所が発生した。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

- (1) 主構造の断面不足に対する対応案

床版コンクリート打設を検討するに当たり下記項目に留意した。

・主構造の設計計算に際して、床版が一括施工されるものとして設計されていたが、分割打設するとその打設順序によって1径間に作用する断面力が一括施工時より大きくなる場合がある。

・合成桁であるため、非合成桁に比べて主桁断面が小さい。

・打設ステップ毎に合成効果の発現が期待できる。その一方で、合成効果の発現による応力変動、合成前後の軸線のずれ等により、一括施工の断面では許容を超える箇所が発生する。

上記の各項目を考慮し、以下の3案を検討した。  
案1) 逐次合成にて断面検討し、許容を超える箇所は断面アップする。

案2) 施工時の断面力が許容を超えないよう、ベント支持を行って反力管理する。

案3) 施工時の断面力が許容を超えないよう、1回の打設ブロックを小さくする。

品質、工程、経済性、施工性を考慮した結果、案2を採用した。

(2) 床版施工時の断面力とベント支持数、支持反力の算出方法

表-1に示すベント支持無しの応力度より、ベントを中央支間の中央に一基設置し、支持反力は一括施工時と同じたわみ量となるよう、1主桁650kNに設定した。

検討に際しては、中間橋脚を支点支持とした平面格子解析モデルで検討を行い、詳細な方針決定後に中間橋脚を剛構造とした立体解析にて詳細な計算を行った。

表-1 応力度表

(3) 合成効果およびベント支持による反力管理を考慮したコンクリートの打設ステップ

床版コンクリートの打設ステップを検討するに当たり、以下の点に留意した。

- ・弱点となる打継目は極力少なくする。
- ・床版への引張応力度が許容応力度以下となるよう養生期間を設定する。
- ・ベント支持範囲において打設時の変形・断面力を抑えるため、一括施工時の変位量となるようベント反力管理を行い、施工時応力度の低減を図る。
- ・合成効果発現時期の不確実性を考慮し、一括施工による断面は確保する。
- ・コンクリートは、中央径間→側径間→中間橋脚上の順に施工した。

(3) 施工管理方法

中央径間打設後から27日後まで、650kN/webの反力を連続的に発生させるため、一定荷重保持装置を使用し常時反力の管理を行った。(図-1)

ジャッキ反力の許容範囲は、±5 kN/webとした。ジャッキ反力導入にあたっては、コンクリート打設時に作業の進捗状況を確認しながら徐々にジャッキ反力を載荷した。

コンクリートは、打設ステップのインターバルを含み35日間必要とされた。ただし、天候、週休2日、年末年始休暇などにより、打設が完了したのは、当初予定から15日遅れの50日であった。

出来形管理は、ベント支持点の床版上で基準高さ±16mmを目標値とした。床版・壁高欄コンク

リート打設毎に定点計測を行い、床版高の変化を確認した。側径間打設後、中央径間のキャンバーを計測したところ、目標値に対し2mm低い-18mmとなった。また、全体形状としては、中央径間が計画値より低く、側径間が高くなった。



図-1 反力管理用ジャッキ

4. おわり

本工事の結果、目標値に未達となった。原因としては、中央径間コンクリート、剛結部コンクリートの剛度が設計値より大きくなったことと、床版コンクリート強度発現のタイミングが影響していると推察される。今後の同種工事における対策としては、各ステップ毎に床版に影響を与えない範囲で反力の調整範囲を設定するなど、形状を直接調整する検討が必要と思われる。また、現地計測回数を増やし、床版上の高さ変化をもう少し細かく管理する対応が必要であると思われる。

最後に、コンクリート打設ステップの長いインターバル、コンクリートの材齢、養生時の気温による剛性の不確実性を考慮すると、当初案1)が最良と感じた。

# 34 施工計画

## スーパーテーブルリフト搭載台船による 一括撤去・架設

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

監理技術者

工事担当者

応急工事監理技術者

竹内 重人<sup>○</sup>

高川 真二

村中 大助

### 1. はじめに

本工事は、2018年9月4日の台風21号により、橋梁の損傷事故が発生したことによる復旧工事である。

損傷した橋梁は、阪神高速5号湾岸線に隣接した県道芦屋鳴尾線の鳴尾橋で、橋長60m、単純鋼床版箱桁、鋼材+壁高欄、舗装の重量は420tである。架橋場所は図-1の通り、阪神高速と橋脚を共有している。

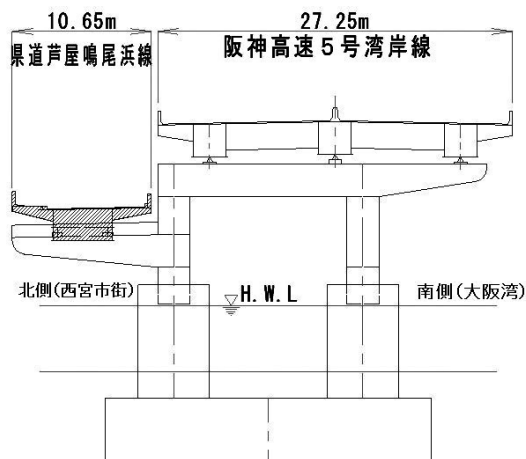


図-1 橋梁断面図

#### 工事概要

- (1) 工事名：鳴尾浜本復旧工事
- (2) 発注者：兵庫県西宮土木事務所
- (3) 工事場所：兵庫県西宮市甲子園浜1丁目
- (4) 工期：2018年12月20日

～2019年10月31日

事故発生後、鳴尾橋の通行止めにより迂回路となる国道で大渋滞が発生し、周辺生活道路への大型車混入も見られた。交通渋滞による経済損失の解消、及び地域住民の安全確保を優先事項とし、通行止め期間を極力短縮するよう応急復旧をおこなった後、架け替え作業とする案を採用した。



図-2 主桁、鋼床版損傷状況

### 2. 現場における問題点

応急復旧工事の検討では、事故による主桁断面欠損を考慮した強度計算を行った結果、死荷重では問題無いものの、活荷重分の耐力は無いことを確認した。また支承も上下沓が分離していた。

架け替えとなる本復旧には下記の条件があった。

- ① 損傷した橋桁は、阪神高速線北側を500mm離れて並走している。
- ② 南側上空から損傷した橋桁にアクセスする場合、阪神高速線を跨ぐ必要がある。

- ③阪神高速線桁下の可航高は、最大21mである。
- ④損傷した橋桁の桁下遊間は、最小で5mである。
- ⑤架橋位置における平均水面からの水深が3m～4.5mである。
- ⑥架橋位置の地質は、表層から12m程度がN=0の軟弱地盤である。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

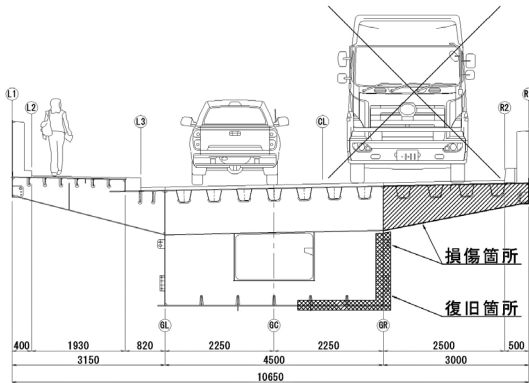


図-3 応急復旧要領図

応急復旧方法は図-3の通り、変形がない箇所から高力ボルトを介して当て板に応力を伝達する構造とした。また、変形部との干渉を考慮し、ボルト継ぎ手部にフィラープレートを使用した。支承は、治具を作製し破断したセットボルトの代替えとした。

本復旧は、現地問題点を解消するため台船とスーパーリフトを組み合わせた工法を採用した。

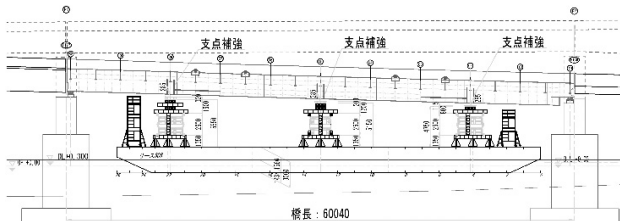


図-4 旧橋撤去図

運用に関して以下の配慮を行った。

- ①台船の操船がウインチ操作であるため、微少な位置調整が困難である。解決策として隣接桁の壁高欄を越えるジャッキアップで周辺構造物との隔離を確保した。
- ②撤去・架設時の荷重載荷による喫水変化を考慮し、ジャッキストローク量の算出を行った。

③ジャッキアップによる全体荷重重心の上昇による台船の安定性の低下には、橋脚間に進入可能な最大サイズとした台船で、必要最小限のジャッキストローク量で調整した。

④波の揺れによる影響には、隣接桁上に引き込み装置、台船上にウインチ式固縛設備を設けた。

その他、スーパーテーブルリフトの反力やストローク量をリアルタイムで管理し、緊急時において即座に全停止可能できるように集中制御した。

⑤浅い水深対策として、曳航日は作業日前後の満潮時に行った。

⑥一括撤去時は、大潮干潮時に台船を桁下に進入させジャッキアップ量を増やし、一括架設時は大潮干潮時に台船が桁下から離脱可能なジャッキダウン量を確保するように設定した。

⑦スーパーテーブルリフトのジャッキ受け点と旧橋補強位置が合致するように、洋上で台船位置を把握する必要がある。

このため、台船上のプリズムターゲットを自動追尾し、リアルタイムで位置座標をモニターへ無線送信可能なトータルステーションを設置して台船誘導を行った。

⑧波や風等による想定外の荷重変動が発生した場合に備え、ステップ毎の桁反力やたわみ量の解析などを行い作業停止基準等を定めた。

### 4. おわりに

芦屋鳴尾浜線は、12,000台/日の交通量がある。この道路が通行止めになることによる周辺道路への影響は大きく、通行止め期間を可能な限り短縮する目標で施工した。

事故発生から、応急復旧による片側1車線の暫定供用まで3ヶ月、新橋への架け替えによる通行止めに2.5ヶ月と全面通行止め期間を全5.5ヶ月間に短縮して完工したことは、周辺地域に大きく貢献できたと考える。

最後に、ご協力頂いた学識者、各施工団体、協力会社の皆様方に感謝の意を表します。

# 35 施工計画

## 高力ボルト納期長期化に対する 工場溶接の適用について

日本橋梁建設土木施工管理技士会

株式会社 大島造船所

主任技術者

現場代理人

古城 朝和<sup>○</sup>

山口 正弘

### 1. はじめに

本工事は、長崎県諫早市にある半造川を渡河する半造橋において、半造川の拡幅工事に伴い、既設歩道橋の左岸側に約25m、右岸側に約26mの歩道橋を架設する工事である。半造橋の上流側の既設歩道橋は、拡幅前の堤防に降りていることから、計画堤防が完成した場合、通行が出来なくなってしまうため、既設の歩道橋に新設の歩道橋を継ぎ足す必要があった。

#### 工事概要

- (1) 工事名：半造橋歩道橋継足工事
- (2) 発注者：国土交通省九州地方整備局  
長崎河川国道事務所
- (3) 工事場所：長崎県諫早市船越・鷺崎地先
- (4) 工期：令和元年10月5日から  
令和2年3月30日まで

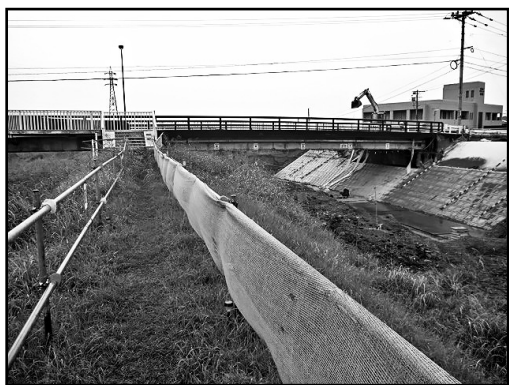


図-1 工事着手前の現場写真（右岸側）

### 2. 現場における問題点

当初の計画では、河川敷内にベントを設置し、半造橋を昼間に片側交互通行に規制、3分割にしてトラック輸送した桁を25t吊りラフテレーンクレーン順次架設していく手順であった。主桁の継手部は当初、高力ボルトで設計されていた。しかし、当時は2018年夏以降に表面化した高力ボルト不足問題の影響があり、高力ボルトを発注して納品されるまでかなり時間を要することから、高力ボルトを使用しての製作は、約6ヶ月の工期内で行うことは困難であると考えられた。また、半造橋を通る道路は生活幹線道路で交通量も約13000台/12時間（昼間）と多いため、架設により大渋滞を引き起こすおそれがあった。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

高力ボルトによるボルト接合では工期内での施工が困難であることから、主桁の連結方法を高力ボルト継手から溶接継手に変更した。さらに、工場塗装とすることで、全て工場で塗装を行い、現場塗装をなくし現地工程を1週間短縮した。同様に、主構造と落橋防止ブラケットの高力ボルト連結継手についても溶接継手に変更した。ブラケット構造は、溶接継手への変更に伴い形状が変化するため、照査を行い強度上問題ないことを確認した。また、溶接継手に変更した箇所は超音波探傷試験を行い、溶接欠陥がないことを確認した。



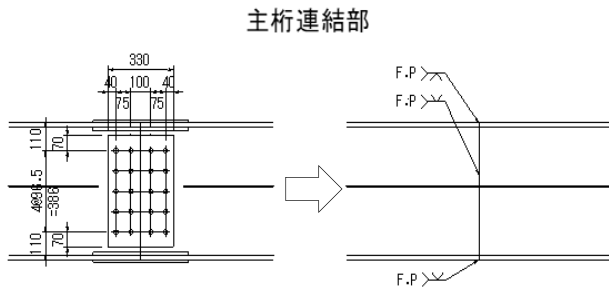


図-2 継手部の変更

ボルト継手を工場溶接に変更することのメリットとして、現地で桁を一体化する必要がなくなるほか、現場塗装がなくなり、塗装作業用の足場も不要となるなど、現場での作業量を大きく短縮することが出来た。品質・施工上の面でも、現場継手の省略により、現地での作業を作業環境のよい製作工場に取り込むことができ、継手強度・塗装品質の向上や、架設状況の出来型が工場内で確認することが可能となった。

また、工場内で一体化させる構造に変更するにあたり、架設方法についても検討を行った。工場溶接することにより桁長が26mとなったため、輸送はトラックから、ポールトレーラーに変更し、工場から現場までの輸送は問題なく走行できるか確認した。架設時は50t吊りラフテレーンクレーンでは、工事用道路の幅が狭く通過することが出来ないため、2台の25t吊りラフテレーンクレーンを使用し、相吊りで架設を行った。(図-3) また、架設用吊り金具を工場溶接すると、架設後に撤去、塗装する必要があるため、強度上問題ないことを確認の上、高欄からナイロンスリングをまわして吊り上げた。一括架設を行うことにより、現場での作業時間を少なくし、交通規制時間を当初計画の延べ12時間から2時間に短縮することが出来た。



図-3 相吊りによる一括架設状況

#### 4. おわりに

本工事では、高力ボルトの不足問題による納期長期化により、当初設計では工期内に工事を進めることが困難だった。しかし、様々な検討を行い、主桁継手部や落橋防止ブラケット部の溶接接合への変更や、架設方法を一括架設への変更することで、工期内に工事を完了するだけでなく、品質性・施工性を向上することが出来た。現在は高力ボルトの不足問題は解消されたが、本工事での工夫や改善点が今後の工事に参考になれば幸いである。

最後に、本工事を設計・施工するにあたり、ご指導、ご協力を頂きました工事関係者の方々に厚く御礼を申し上げます。

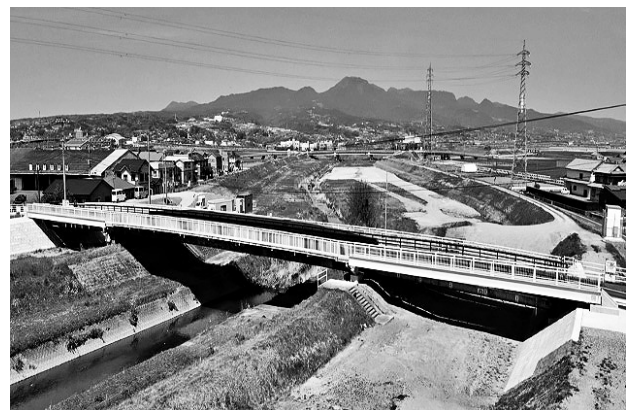


図-4 完成写真

# 36 施工計画

## 運搬経路に高さ制限のある箇所での多軸台車を用いた相吊り一括架設

日本橋梁建設土木施工管理技士会

瀧上工業株式会社

チームリーダー

飯田 哲也<sup>○</sup>

現場代理人

山田 裕

工事担当者

鈴木 魁人

### 1. はじめに

本工事はセントレア（中部国際空港）と知多半島道路を直結する自動車専用道路で、空港周辺の商業地域や物流施設等へのアクセス向上と地域経済の活性化を図るための整備として、りんくうインターチェンジ（IC）の出口部分を追加する工事である。

#### 工事概要

- 工事名：愛知県有料道路運営等事業  
りんくうインターチェンジ出口  
追加工事の内 橋梁上部工事
- 発注者：前田建設工業株式会社 中部支店  
愛知道路CMr作業所
- 工事場所：愛知県常滑市りんくう町1丁目  
および2丁目
- 工期：平成30年2月～令和元年12月

### 2. 現場における問題点

#### 1) 多軸台車での運搬計画

架橋地点付近は市道および交差点を跨いでいるため施工ヤードとして使用する事ができない。また、施工ヤード内に架設用クレーンを据付できない事や、一括架設を行うための地組立スペースが確保できないことから、架橋地点から2km離れた場所に地組立とクレーン待機ヤード設け、一括架設ブロックは多軸台車を使用して夜間通行止時間内に運搬し、2台クレーンによる相吊り一括架

設を行うこととした。このため、運搬経路の支障物の調査を行なった結果、桁下空間が4.8mの歩道橋を通過する必要があることが判明したため、桁高2.6mの地組桁を積載した多軸台車を通過させるため、輸送高さ管理が課題であった。

#### 2) 2台の550t吊油圧クレーンの組立・解体

相吊り一括架設には、2台の550t吊油圧クレーンを使用し、交通規制帯に据付けて架設を行うため、カウンターウェイト195tonを含めたクレーンの組立から桁架設およびクレーン解体までを確実に規制時間内に行うことが課題であった。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### 1) 多軸台車での運搬計画

多軸台車で運搬する一括架設ブロックは、桁長60m、鋼重170ton、桁高2.6mであるため、多軸台車は2台編成とした。また、多軸台車の車高は1.6mであり、桁下高さ4.8mの歩道橋を通過するため、多軸台車上の受け架台の高さを0.45m（H300+H150）に制限し水平時の運搬高さを制限4.8mに対し4.65mとした。さらに、本橋は緩やかな平面曲線を有しており、重心位置を合わせるために各受け点の反力を均等に調整する必要があった。このことから、多軸台車の車輪ごとに標準装備された油圧ジャッキ（上下0.3mの調整が可能）の適用を検討したが、桁受け点の反力調整に多軸台車のジャッキを使用してしまうと、全体的な高さ調整をする際の調整代が無くなってしまいう事が

判明した。そこで受け点ごとの反力の計算を行い、各受け点に必要なシム量の算出を行い、多軸台車のジャッキは使用しない方法を実施し、シムプレートを使用して受け架台に高低差をつけることで反力を均等にすることができた。



図-1 相吊り架設により一括架設

## 2) 550t油圧クレーンの組立と解体

施工ヤード内に待機した550t吊油圧クレーンは交通規制開始後、クレーン本体は据付位置まで自走するが、カウンターウェイトを搭載した状態では自走できないことから、据付後にカウンターウェイトを本体設置する必要がある。また、550t吊油圧クレーンのカウンターウェイトは195tonであるため、カウンターウェイト運搬用トレーラはクレーン1台につき10台必要となる。さらに、規制帯には550tクレーンが2台と一括架設ブロックを搭載した多軸台車を配置していることから、トレーラを待機させる場所も離合できる幅もないため、地組ヤードで待機させたトレーラを随時、規制帯に搬入させると多くの時間を要する。そこで、一括架設ブロック運搬用の多軸台車とは別にカウンターウェイト運搬専用の多軸台車を3台準備し、1台当たりの多軸台車にはカウンターウェイトを130ton搭載することで、車両台数を計20台から3台へ大幅な削減を行った。これらの対策を実施することで、クレーンの組立2時間、解体1.5時間で終わることができたため、余裕のある架設時間を確保することができた。

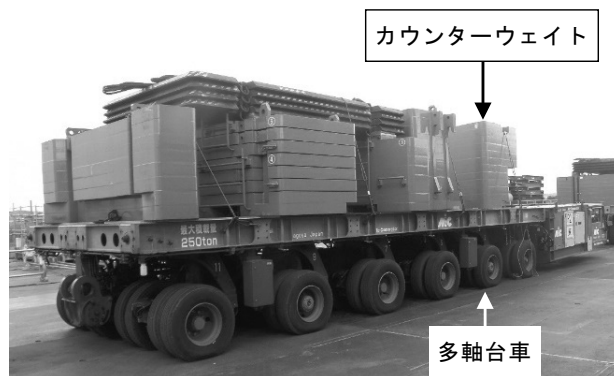


図-2 ウェイト運搬用多軸台車



図-3 相吊り架設により一括架設

## 4. おわりに

本工事は、夜間交通規制（通行止め）を伴い、作業時間が限定される中での架設作業であったが、上述のように施工計画・交通規制計画を綿密に練り、工事関係者との連携および調整を密にすることにより、無事に大ブロック架設を完了させることができた。

最後に、本工事の施工に際し、前田建設工業株式会社中部支店愛知道路CMr作業所名古屋事務所の関係各位から多くのご指導とご助言をいただきましたことを深く感謝申し上げます。

# 37 施工計画

## 渓谷部に架かる大きな縦断勾配を有する 橋梁の施工工夫

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本橋梁株式会社

工事担当者

金野利彦<sup>○</sup>

架設計画担当

綱本将

設計担当

堀元彦

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：奈良市新斎苑等整備運営事業
- (2) 発注者：村本・三和JV（奈良市）
- (3) 工事場所：奈良県奈良市横井町地内
- (4) 工期：令和2年4月～令和2年9月

本工事は奈良市が新たな斎場を建設する事業のうち、主要地方道奈良名張線奈良奥山ドライブウェイ（高円山コース）入口から岩井川を跨ぎ対岸の施設に至る、岩井川大橋（2径間連続非合成3主桁橋）の架設・床版工事である。令和3年度の供用開始前に新斎苑建屋建築工事にて発生する土砂運搬用の工事用道路として使用される。

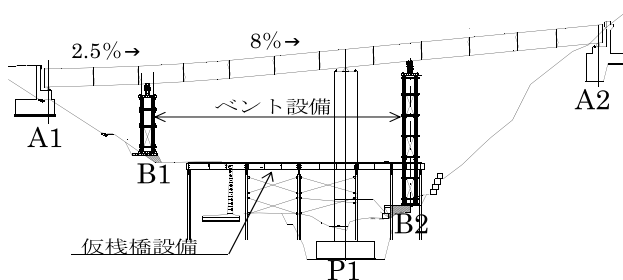


図-1 架設設備図

### 2. 現場における問題点

#### 1) ヤードと構造上の条件に対する問題

現場の特徴として始点側A1橋台より約30m勾配が2.5%、残りA2橋台まで8%と大きな縦断勾配を有する。桁下には岩井川があり仮栈橋を設置し架設を行うが、始点側支間中央部は部材搬入路

があり、さらに護岸擁壁が近いことB1ベントの設置位置がA1橋台側寄りとなる。また終点側径間についても急峻な山林によりB2ベント位置も支間中央よりP1橋脚寄りに設置されるため、架設順序に工夫を要することとなった。縦断勾配の低いA1橋台側から架設を開始すると終点側径間の主桁部材の荷取りに支障が生じるためP1橋脚上より終点側径間を先行架設することとした。しかし、縦断勾配が8%と大きいこともあり終点部に主桁部材が到達するまで、下り勾配側の始点方向への移動防止措置が必要と考えた。図-2に先行架設順序を示す。

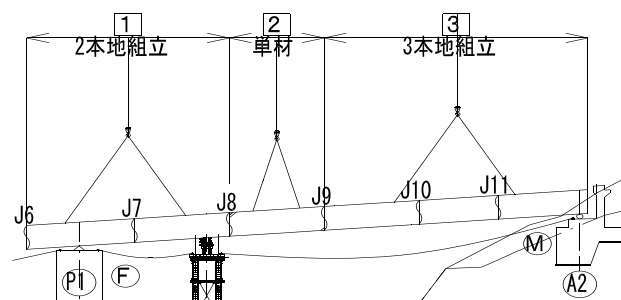


図-2 先行架設順序

#### 2) 仮栈橋載荷条件の変更に対する問題

終点側の山林部は急峻でベント設置位置が制限されるため、A2橋台到達の架設ブロックは3本地組立となり、仮栈橋から360t吊オールテレーンクレーンによる最大作業半径が36m、アウトリガー反力は最大104.3tとなる。この条件において仮栈橋の覆工板の耐力を検討したところ、曲げ応力度、せん断応力度とも耐えられないことが判明

した。そのため仮栈橋の構造を確認し、アウトリガー反力の分散について検討し、対策を実施した。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### 1) 移動制限対策

先行架設部材の移動制限対策としてP1橋脚上の縦断の低い側となるA1橋台側に支承ベースプレートに接する位置にスリーブ打込み式アンカーボルト（1台当たり4本使用）で固定したサンドル材（150mm×600mm）を支承1基当たり2台、合計6台を設置した。これにより固定支承本体の移動および、主橋体の移動を制限する事とした。図-3に移動制限治具設置状況を示す。

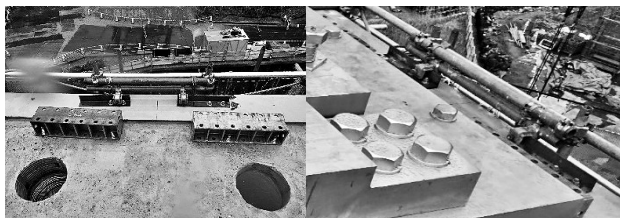


図-3 移動制限治具

桁架設は第1回目の架設後、第2回目架設後さらに終点側に到達後に橋軸方向の支承のずれ量を計測したがいずれも2mm以内のずれ量であり、全架設終了後も同様であったため、主橋体の移動対策としては、目的を達成できたものと考えている。また、固定に使用したアンカーボルトについては、サンドル材を取り外した後に撤去し、杵座に用いられる無収縮モルタルにて補修・埋め戻しを行った。図-4に架設作業状況を示す。



図-4 架設作業状況

#### 2) 仮栈橋への反力分散対策

クレーンアウトリガー反力の荷重分散対策としては、覆工板単体に載荷しないように、仮栈橋の

主桁に分散する方法について検討した。

具体的な方法は、覆工板の長辺（2m）を受けている主桁に荷重がかかるように覆工板の上にH鋼（300×300×3000）4本を並べ、その上に敷鉄板（1500×50×3000）を置いてアウトリガー反力を分散させることとした。栈橋の剛度から耐力を得られる事が強度計算上確認されたので、当該資材を用意しクレーン組立に際しアウトリガー位置に配置し架設作業を開始した。A2橋台に到達する架設は、主桁3ブロックの地組立桁で最も厳しい作業半径及び吊り荷重であったが、無事に架設することができた。また、栈橋・覆工板の点検を行い、損傷のないことを確認した。図-5にアウトリガー位置の補強状況を示す。



図-5 アウトリガー位置補強

### 4. おわりに

本工事に携わり、主橋体の構造的特徴と架設現場における制限事項といった様々な問題点について、事前検討の重要性を改めて認識しました。具体的には、大きな縦断勾配に対する吊り上げ時の調整に時間を要する結果となったため、今後の検討項目としていきたいと思っております。最後に本工事の施工に当りご指導いただきました皆様方に厚くお礼申し上げます。



図-6 岩井川大橋

# 38 施工計画

## 中間橋脚で剛構造を有する橋梁の施工工夫

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本橋梁株式会社

現場代理人

工事担当

赤澤 清一〇

柿原 英樹

### 1. はじめに

本工事は岡山環状南道路の一環として、橋梁（大福高架橋）上部工を施工する工事であり、弊社は橋長L=194m（P7～A2間）を施工した。本橋梁は一部既設橋脚（P8, P9, P10）と主桁（横梁）を一体化させた剛構造を有している。通常では剛結部の横梁を架設、躯体コンクリートを打設して剛構造部を完成させた後に主桁架設に移行する施工手順であるが、この手順では鋼桁架設工程にインターバルが生じてしまう。今回は横梁を架設、直ちに主桁架設に移行して鋼桁架設工程のインターバルを無くすことで架設施工の連続性および所用工程の短縮を図った。

本報告では今回採用した手順を確実に履行するために橋脚出来形の詳細計測データを鋼桁製作に反映させることおよび架設施工時の工夫と改善について報告する。

#### 工事概要

- (1) 工事名：岡山環状南道路大福高架橋鋼上部  
その2工事
- (2) 発注者：国土交通省 中国地方整備局  
岡山国道事務所
- (3) 工事場所：岡山県岡山市南区大福地内
- (4) 工期：自)平成31年3月19日  
至)令和2年9月30日

構造一般図を図-1に示す。

桁架設フローを図-2に示す。

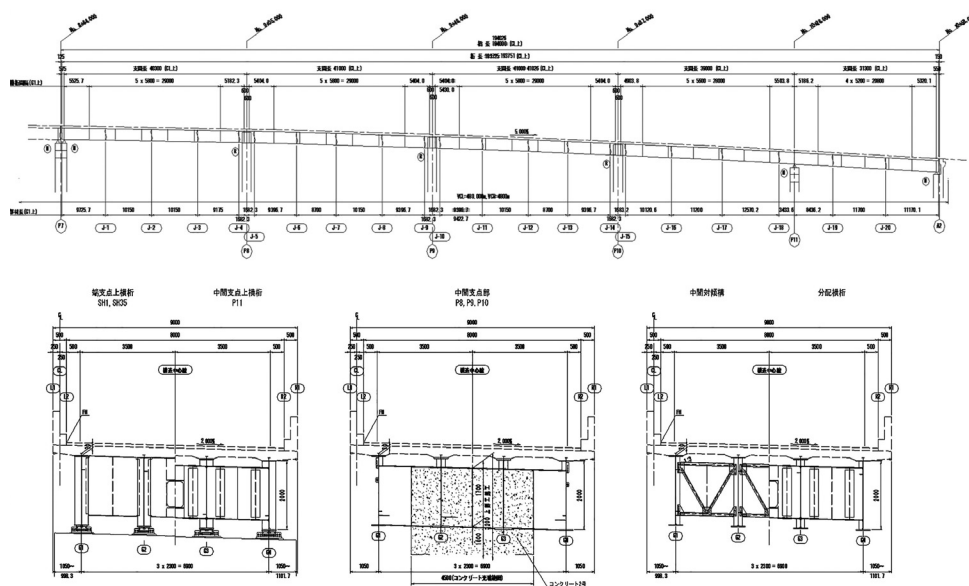


図-1 構造一般図

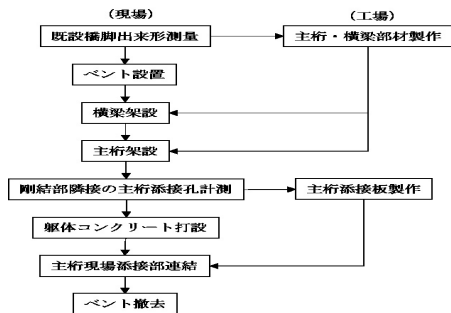


図-2 桁架設フロー

## 2. 現場における問題点

### 1) 既設橋脚出来形に合わせた鋼桁部材の製作

本橋は既設橋脚と鋼横梁が一体化する構造であり、既設橋脚鉄筋が鋼横梁を貫通し、躯体コンクリートと定着する。既設鉄筋位置は計測により横梁製作に反映させる重要な要素であった。

### 2) 横梁据付精度と保持

本橋は橋脚と横梁を躯体コンクリートで一体化する剛結構造であり、横梁の据え付け精度が鋼桁の架設出来形に影響するため、横梁は橋脚上基準線（墨）に正確に合わせ据付けし、躯体コンクリートと一体化させるまでは変位が生じないように確実に固定する必要がある。

### 3) 添接部の計測と添接板製作の施工時期

橋脚出来形に合わせ部材長を調整し製作しているが、部材製作精度および横梁の据え付け精度、如何により添接部の孔間隔が変化する。よって桁架設が完了した時点で剛結橋脚の横梁と取合う主桁連結部（J-4, 5, 9, 10, 14, 15）の孔間隔を対物計測し、その計測結果に基づき添接板を製作して連結させる必要がある。また、躯体コンクリート打設前に、横梁と主桁を添接すると外気温の変動により打設コンクリートに外力が働き、ひび割れ発生の要因となることが考えられる。

## 3. 工夫と改善点

1) 既設橋脚位置を測量し、その計測結果を鋼桁部材長に反映した。また、既設鉄筋位置の計測結果に基づき、横梁の鉄筋貫通孔の位置を修正した。

2) 横梁据付時、横梁の据付精度を確保するため

にレーザーライン360°照射（図-3）を橋脚上基準線に設置、横梁には中心線を墨打してレーザーラインと合致させることにより据付精度を高めた。また、橋脚と横梁の関係では4主桁のうちG2,G3桁を剛結とする構造となっており、躯体コンクリートを打設して剛結状態となるまで、横梁を確実に固定しなければならないためG1,G4桁も仮受できるように橋脚周囲に追加ベント設備を構築した。（図-4）



図-3 レーザーライン 図-4 横梁固定

3) 横梁と主桁の添接部孔間隔は数日間にわたり温度による変位を確認しつつ対物計測し、その計測データを基に添接板を製作した。躯体コンクリート打設後、所定強度に達した時点で添接を行った。また、硬化中の躯体コンクリートに外力が生じないように当該連結部は主桁側にベントを構築して支持するとともに桁の温度伸縮に追従できる長孔加工した添接板を腹板のみに設置した。

## 4. おわりに

本工事において橋脚出来形を鋼桁製作に反映させて横梁据付時に既設鉄筋との干渉を回避させることや追加ベント設備を構築して据付精度を保持することにより橋脚と横梁の剛結構造および橋梁全体の出来形を満足させることができた。また横梁と主桁の添接をコンクリート打設後に行うことにより、コンクリートのひび割れを抑制することができた。最後に、本工事の施工にあたりご指導いただきました皆様方に感謝と御礼を申し上げます。



図-5 完成写真（G1桁側より撮影）

# 39 施工計画

## 多段仮栈橋による鋼橋施工の工夫

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本橋梁株式会社

計画担当

川 端 一 徳<sup>○</sup>

監理技術者

北 山 光 美

計画担当

浅 野 剛

### 1. はじめに

本工事は安威川ダム左岸道路橋梁上部工事6号橋（鋼2径間連続非合成I桁橋）の新設工事であり、1967年の北摂豪雨災害が契機となった治水目的で計画され、現在は多目的ダムとして建設中の安威川ダム工事に伴う、付け替え道路事業の一つである。

本工事は安威川ダム左岸道路の一部として急峻な谷間を跨ぐ位置へ鋼橋を架設する工事である。架設はクレーンベント工法が採用されているが、架橋地点側方へ施工ヤードを設けられない地形条件のため、架橋地点より約50m低く且つ50m離れた施工ヤードから2段の仮栈橋を使用して全てを施工するというものであった。



図-1 多段仮栈橋の配置状況

### 2. 工事概要

- (1) 工 事 名：安威川ダム左岸道路橋梁上部工事（6号橋）
- (2) 発 注 者：大阪府安威川ダム建設事務所

- (3) 工事場所：大阪府茨木市生保地内

- (4) 工 期：令和元年7月11日～

令和3年2月26日

### 2. 現場における問題点

- 1) 先に述べたように、架橋地点より高さも距離も離れた施工ヤードより全ての部材・資機材を搬入するため、工種ごとに違う部材・資機材の運搬方法を検討する必要があった。部材・資機材は大きく分けて、重機械類・鋼桁部材・生コンクリート・床版養生用水などが挙げられる。

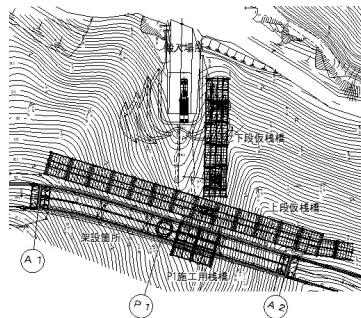


図-2 現場配置平面図

- 2) ベント基礎杭は非常に急峻な地形へ施工することから位置決めが難しく、ベント組立精度の許容される範囲内で施工できる基礎杭の施工方法が求められていた。
- 3) P1橋脚を施工するために仮栈橋が一部拡幅されており、鋼桁を架設すると仮栈橋と桁下の離隔が4m程度となり、仮栈橋の解体が困難となる。
- 4) 本工事の地覆コンクリートは中間支点へ完全目地を設けない構造であった。この場合、中間支



点上へのひび割れの発生と、地覆コンクリートの配管による打設が非効率となるため、何らかの対策が求められていた。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

1) 限定された搬入場所からの搬入対策として、120t吊クローラークレーンを全工種で使用できるように下段栈橋へ配置した。重機械類や鋼桁部材の搬入やその他、資・機材の搬入はこの120t吊クローラークレーンにより行った。下段栈橋のクレーンにて、上段栈橋へ鋼桁架設時は120tクレーンを、杭基礎施工時は70tクローラークレーンを組立て施工した。



図-3 仮栈橋のクレーン使用状況

生コンクリートの圧送は、水平配管90m・垂直配管30m、合計120mの配管を敷設し、床版・地覆コンクリートの打設に対応した。コンクリート打設の実施に当たっては、下部工の圧送実績に基づき、下部工より高配合の生コンクリートを使用することから、セメント量が増え圧送性も向上するので特に対策は施さず実施して、問題なく打設を完了した。また、床版の養生水は取水設備を設け安威川より取水し、桁上まで配管し圧送して使用した。

2) ベント基礎杭の施工は本杭施工に先立ち導杭をバイプロハンマーで四隅へ打ち込み、その導杭へ梁材を井桁に組み合わせて本杭位置を決定した。本杭の施工はダウンザーホールハンマーで先行掘削して杭を挿入しモルタルにより根固めを行った。

3) P1施工用拡幅部の仮栈橋は、ベント基礎杭

の施工が完了した時点で、ベント基礎杭施工で使用した70t吊クローラークレーンにて鋼桁架設に先立ち撤去を行った。



図-4 ベント基礎杭の施工状況

5) 地覆コンクリートのP1支点位置へ完全目地を設ける構造へ変更した。P1支点上へ完全目地を設けることにより、ひび割れ発生に伴う雨水等の進入を軽減できるため、耐久性の向上が図れた。また、地覆コンクリートの打設に際しては、A2～P1とP1～A1の2回打ちとし、配管距離を短くできたため作業効率が向上した。

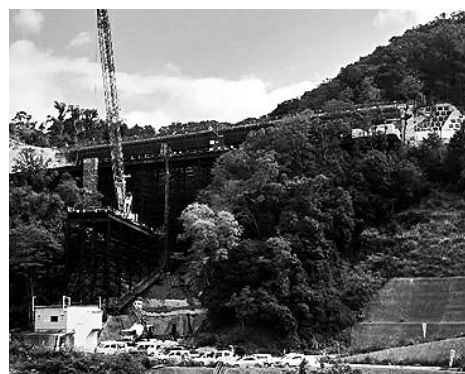


図-5 R2.10 現況写真

### 4. おわりに

本工事は送出しやケーブルエレクション工法が採用されるような地形条件であるが、架橋地点側方へ施工ヤードが設けられなかったため、今回の多段仮栈橋による施工が採用されている。本報告書では、このような地形条件の場合の施工例として今後の一助になれば幸いである。

最後に、本工事の設計・施工にあたりご指導いただきました皆様方に、紙面をお借りして、厚くお礼を申し上げます。

# 40 施工計画

## 供用中の道路上空に位置する高架橋の架設

日本橋梁建設土木施工管理技士会  
日本車輛製造株式会社

芳 崎 一 也<sup>○</sup> 福 谷 昌 俊 楠 本 栄 作

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工 事 名：平成30-32年度  
高知中央IC第1高架橋上部工事
- (2) 発 注 者：国土交通省 四国地方整備局  
土佐国道事務所
- (3) 工事場所：高知県高知市高須砂地
- (4) 工 期：自)平成30年8月31日～  
至)令和2年7月31日
- (5) 工事内容  
形 式：鋼3径間連続非合成少数鉸桁橋  
橋 長：168.500m  
支 間 長：52.600[m]+63.000[m]+51.100[m]  
幅 員：10.165[m]～18.879[m]  
架設重量：628.5t  
※他、鋼製T型橋脚（角柱）1基

### 2. 現場における問題点

本工事の架設箇所は供用中の現道上に位置しており、鋼橋の架設作業に際しては、第三者の安全確保を目的とした国土交通省事務連絡の遵守が求められる。これによると、架設後の交通規制開放には、橋桁が橋脚への据付を完了していることが必要であり、最低でも1本の主桁が橋脚間を閉合していることが条件となる。

発注の架設計画は、道路上に160t吊TCを据えての夜間クレーンベント架設であった。(図-1)

これによると、クレーン据付後に地組→架設→クレーン移動のサイクルが複数回必要となり、作業量が多く、タイムスケジュール試算の結果、1夜間での閉合達成は困難であることが判明した。

### 3. 変更計画及び対応策

橋脚間を1夜間で閉合すべく、本工事では、両側径間について、大型クレーンを使用した一括架設工法を採用した。残る中央径間は、閉合した両側径間に順次接合し、中央部分を落とし込む計画とした。(図-2)

架設用クレーンは道路上に据付ける必要があるため、移動・据付を考慮して吊能力が最大である550t吊オールテレーンクレーン（以下A.C.）を選定した。この場合、吊能力より桁1本毎の架設となり、横倒れ座屈が懸念される。このため、中央分離帯ヤード上となるG5桁を最初に架設して単柱ベントで支持し、次に隣の桁を架設、吊った状態で補助クレーンにて横桁を取付け、玉掛及びベントを開放する手順とした。以下、残りの桁も吊状態で横桁を架設することとした。

最初に、老番側のAP2-AP3を隣接するヤードにて地組、架設した。完成時の不動点がAP2付近となるため、AP2の支承は予め仮固定し、架設時はAP2→AP3の順で収めた。

続く若番側のKBP7-AP1は、地組場所が確保できないため、先のヤードにて地組後、架設用クレーンにて多軸台車に搭載し、夜間架設時に運搬

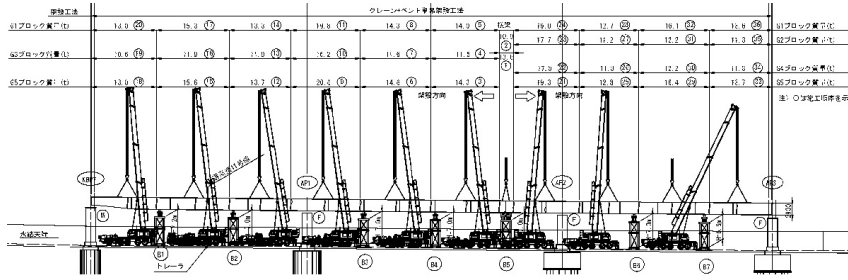


図-1 架設計画（発注時）

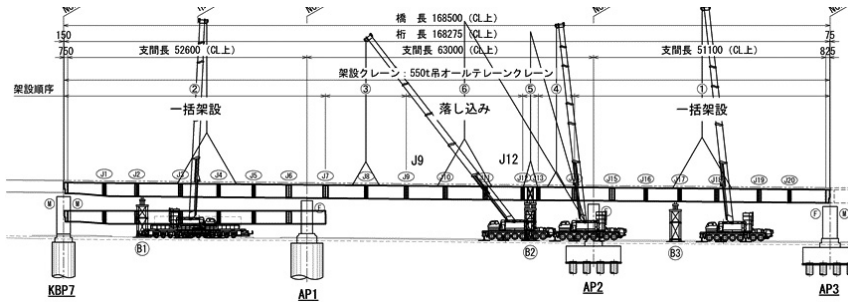


図-2 架設計画（変更）

して架設することとした。ここで、現地踏査の結果、550t吊A.C.及び多軸台車の移動経路途中でボックスカルバートがあることが判明、照査の結果、応力超過が判明した。ボックス内を支保工等で補強する場合、水路のせき止め及び排水が必要となり大掛かりな作業となるため、ボックス上に敷鉄板を配置して荷重を分散させることで発生応力を許容値以下に抑えた。敷鉄板は2枚重ねとし、換算板厚を求めて検討に反映した。また、分散効果を考慮して井桁に配置することとした。

架設に際し、落とし込み架設を考慮して30mmセットバックした位置に支承を仮置きした。架設時は、固定沓のAP1を先行し、可動沓のKBP7を納めた。

残る中央径間は、AP1側→AP2側の順で2ブロックずつ張出した後、中央部の3ブロックを落とし込んで閉合する手順とした。AP2側の張出先端部は主桁本数が変化する横梁に位置するため、横梁架設時及び落とし込み架設時の調整を考慮して門型ベントを1基配置した。

落とし込みの際には、面外フレーム解析を実施して両側の仕口形状やたわみを確認し、架設手順の検討を行った。検討の結果、落とし込み前の両側

の仕口は、側径間のたわみの影響で跳ね上がって若干上向きであり、両側を比較するとJ9側の方が鉛直に近いことが分かった。また、1本ずつ落とし込んだ場合の隣接桁同士のたわみ差も、横桁の架設に影響がない程度であることが確認できた。これにより、下記手順にて1本ずつ順次落とし込み架設を実施した。

（落とし込み手順）

落とし込み前にJ12側ベントを開放→鉛直に近いJ9側より添接→チェンブロックによりJ12における仕口高さを合わせる→送りジャッキにより若番側の桁を引き込み（セットフォア）→J12を下フランジ側より添接。

#### 4. おわりに

実施工では、変更計画による施工を、問題なく予定通り無事完了した。また、計画の変更により、ベント基数を最小限とした架設となったが、桁のそりに関しては規格値の15%程度と良好な出来形を得ることが出来た。

今後も、安全と品質を最優先とした施工に取り組んでいく所存である。

# 41 施工計画

## 橋梁拡幅工事における 既設伸縮装置との接続施工について

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日立造船株式会社

計画担当

片山 大介

### 1. はじめに

本工事は主要地方道大阪中央環状線に歩道を新設するため、既設桁の上流側に鋼床版を増設して橋梁幅員を拡幅する工事である。図-1に施工標準断面図を示す。

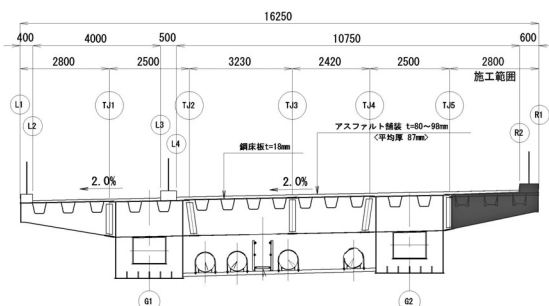


図-1 拡幅工事断面図

#### 工事概要

- (1) 工事名：主要地方道大阪中央環状線  
鳥飼大橋架替上部工事
- (2) 発注者：大阪府枚方土木事務所
- (3) 工事場所：守口市大庭町二丁目地内 外
- (4) 工期：平成30年11月～令和2年6月
- (5) 橋梁形式：9径間連続鋼床版箱桁橋

本技術報告では、特に工夫を要した既設橋梁における伸縮装置の拡幅接続について、その問題点と解決のための工夫について報告する。

本工事で採用されている「シーベックジョイントWy320」は最大L=1,000mmのブロックを連結して構成する特徴を持つ。従って、既設部と新設部

は原則としてブロックの継手部で接続することが前提となる。図-2に伸縮装置の一般構造を示す。

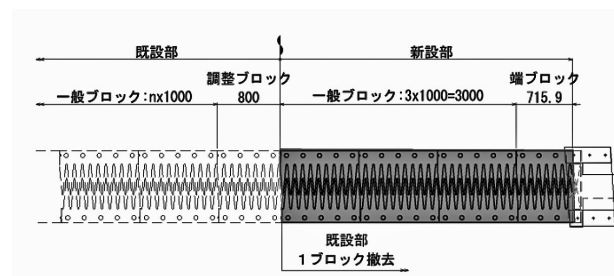


図-2 シーベックジョイント構造一般図

### 2. 現場における課題・問題点

#### (1) 施工スペースの確保

本橋梁は守口市から摂津市に向かう北行きのための3車線構成（直進2車線+左折専用車線1車線）である。伸縮装置を当初計画位置で接続するためには、コンクリートの撤去や伸縮装置の補強筋の継手長を確保する必要があり、車線側に1,000mm施工ヤードを広げる必要があった。従って、伸縮装置拡幅時の作業スペース確保のためには、上流側1車線を規制して常設作業帯を設ける必要があった。しかしながら、交通量の多い当該道路の交通流を確保するため、長期にわたる常時1車線規制は不可能であった。

抜本的な対策として、従来の継手位置での接続から、ブロックを一般断面部で切断し接続する施工法も検討したが、大断面のアルミニウム合金製の伸縮装置ブロックを高い精度で切断する技術が確立されておらず、結果として、当初計画どおり

のブロック継手部での接続を余儀なくされたことにより、車線数を確保したまま施工ヤード幅員も確保する工夫が求められた。

### (2) 遊間量の設定

伸縮装置の据付に際しては、遊間量の調整が一般的に必要なが、既設橋拡幅工事では、既設部の遊間量を事前に把握し、新設部に反映させる必要がある。現場計測を行った結果、**図-3**に示すように既設伸縮装置フィンガーが橋軸直角方向にも偏心していることが判明したため、橋軸方向のみの遊間調整だけでは既設部と新設部の接続が困難になることが想定された。

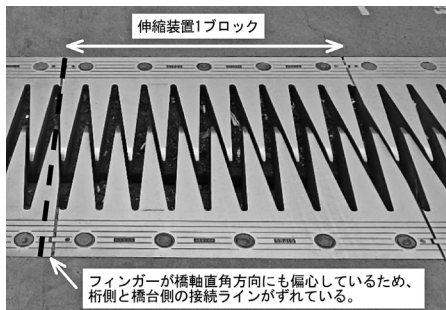


図-3 既設部の橋軸直角方向の偏心

## 3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

### (1) 施工スペースの確保

本橋梁上の車線構成は3,250mm×3車線であり、各車線を250mmずつ縮小して3,000mmとし、更に下流側のゼブラゾーンを850mmから600mmとする協議を行い、不足していた施工ヤード幅員1,000mmを確保できた。**図-4**に車線シフト計画断面図を示す。

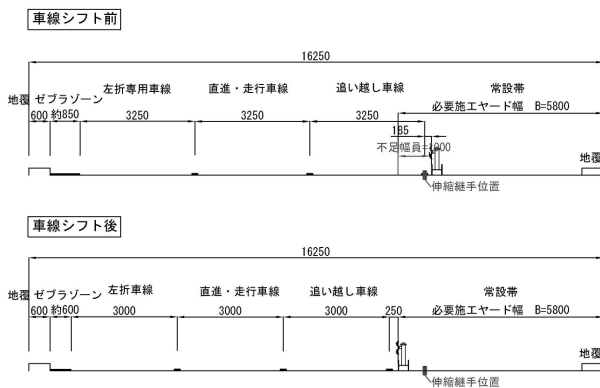


図-4 車線シフト計画断面図

### (2) 遊間量の設定

標準温度下での橋軸方向および橋軸直角方向遊間量の計測データに基づき、設計伸縮量でのフィンガー同士の干渉がないことを確認した。また、計測データから、施工時温度(20℃)での遊間量を設定し、伸縮装置メーカーでプリセットして現場へ搬入した。**図-5**に本工事の遊間設定結果を示す。

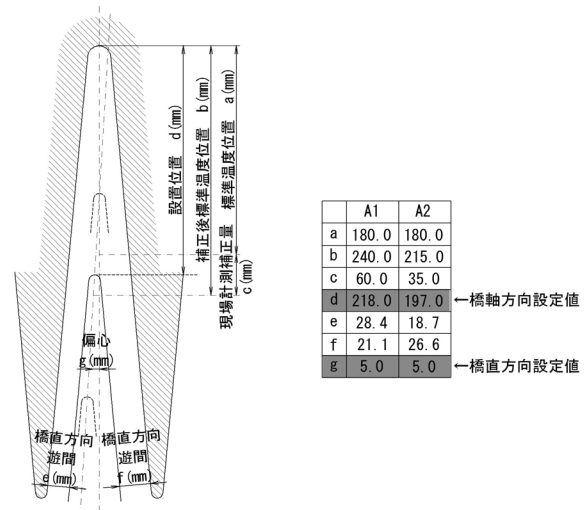


図-5 伸縮装置遊間設定

## 4. おわりに

本工事では既設橋梁の伸縮装置に拡幅部の伸縮装置を接続するという新設橋梁にはない作業が発生し、それに伴う調整事項が生じた。

施工ヤード不足には既設車線構成を変更して、十分な施工ヤードを確保した。

伸縮装置拡幅にあたっては、既設伸縮装置の橋軸方向・橋軸直角方向の遊間量を正しく把握し、拡幅部の施工に反映させることで、スムーズに接続施工を行うことができた。

今後、補強工事が増加する中で、既設橋梁の拡幅工事や部分架替工事なども増加することが想定され、同様の既設伸縮装置の拡幅が必要になると思われる。今回の経験を標準化の一助としたいと考える。

最後に本技術報告にご助力いただいた皆様に、紙面を借りてお礼を申し上げます。

# 42 施工計画

## 橋台の変位により拘束された 単純鋼鈹桁橋の支承取替

酒井工業株式会社 大阪本社

現場代理人

明 角 政 俊<sup>○</sup> 網 谷 健 裏 河 秀 元

### 1. はじめに

本工事は兵庫県尼崎市の国道43号線庄下川橋側道橋（下）の補修工事で、腐食、劣化の進行した鋼製支承をゴム支承に取り替える工事であった。

当橋梁は既設可動支承の異常変位や伸縮装置と床板で遊間の閉塞が確認されており、主桁が橋台変位により拘束された状態の橋梁であった。

本書は、このような状態にある橋梁に対する、支承取替施工の安全性および橋梁構造の健全性に配慮し計画した施工の内容について報告する。

#### 工事概要

- (1) 工 事 名：国道43号庄下川橋側道橋（下）  
補修工事
- (2) 発 注 者：近畿地方整備局 兵庫国道事務所
- (3) 工事場所：兵庫県尼崎市南城内地先
- (4) 工 期：令和元年9月～令和2年7月
- (5) 工事内容：単純鋼合成鈹桁橋 橋長37.5m  
支承取替（ゴム支承）12基

### 2. 現場における問題点

橋梁遊間部で排水樋が床板と橋台に圧縮され閉塞していることから、支承取替のジャッキアップ時に閉塞箇所抵抗が生じ、ジャッキアップを行うことができない問題と、閉塞箇所を撤去して拘束を開放した後にさらに橋台が倒れ込み、再び遊間量が減少する可能性に留意しなければならない点が問題であった。

当工事は、供用中の橋梁の補修工事であることから、これらの問題点に対して施工中の安全性や橋梁構造の健全性に配慮した対策が求められた。



図-1 可動支承側遊間部

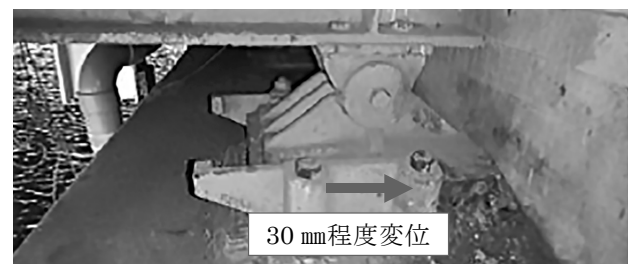


図-2 可動支承の異常変位

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### ① 桁変位調査

冬季の低気温時には、主桁の温度収縮によって拘束力が小さくなる可能性があることから、デジタル変位計と熱電対センサーにより、気温変化による主桁の変位量を計測し、鋼桁の熱線膨張係数による気温変化による主桁変位量の理論

値と比較する調査を行った。

結果、冬季低温時においても気温変化による桁伸縮量の変化が理論値と比べ極小の値しか現れず、拘束された状態が続いていることが確認された。

よって、支承取替を行う前に拘束箇所を撤去する必要があることと、拘束箇所撤去後の遊間量減少に対応できる伸縮装置に取り替えを行うこととした。

### ② 伸縮装置取替およびその後の計測

伸縮装置取替は、拘束が解放された後に橋台がさらに変形し遊間量が減少しても追従でき、想定以上の遊間量の減少が生じても再度取替えが容易に行える、ゴム板型伸縮装置（トランスフレックスジョイント）を採用した。

また、取替え前から取替え後の一定期間、主桁－橋台間の遊間量の変化と橋台パラペットの倒れ量を追跡調査で監視した。（図-3）

拘束箇所撤去後の追跡調査の結果、遊間量の減少や、橋台の倒れ量に大きな変位は見られなかった。しかし、デジタル変位計による気温変化による桁伸縮量の変化は理論値と比べ小さな値となり、既設鋼製支承が腐食により移動可能量の機能を損失し、主桁を拘束していることが確認された。

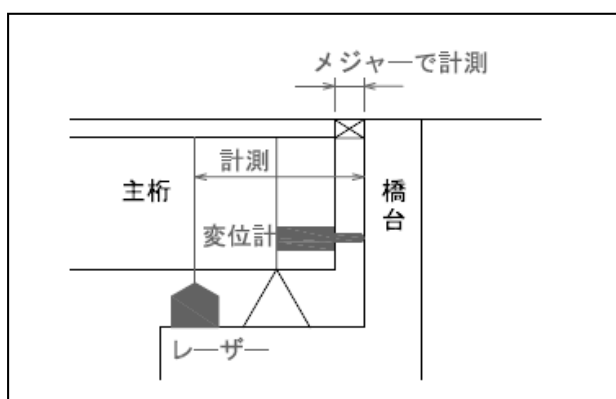


図-3 橋台変形量の計測箇所

### ③ 支承取替

橋梁遊間部の拘束が解放されたので、主桁のジャッキアップが可能となり、支承取替を行った。

支承取替は6主桁のうち、3主桁毎を取り替え、ジャッキアップ中の地震など想定外の外力に対しても、支承を半数を残置することで落橋に対して抵抗できるように配慮した。

支承取替の順序は、可動支承側から取り替えを行い、既設鋼製支承の拘束による主桁の残留応力の開放によって生じる変位を可動支承遊間で吸収できるようにした。残留応力の開放による変位はジャッキダウン時を行った際2～3mm程度の変位が可動支承に生じたが、支承許容移動量の範囲内であり橋梁構造の健全度に影響を与えるものではなかった。



図-4 ジャッキダウン

## 4. おわりに

供用中の橋梁の補修工事では、施工中の安全性や橋梁構造体への影響に配慮したがもとめられる。

本工事では、事前調査で主桁拘束の状況把握や拘束箇所の特定制を行い、安全性に配慮した施工手順や施工中の追跡調査を計画し、不測の状況が生じても次工程で適切に対処していくことで大きなトラブルもなく無事故・無災害で施工を完了することができた。

また、支承取り替え後の気温変化による主桁の変位量の計測は理論値に近い変位量が確認された。これにより、工事の目的である支承の機能回復、橋梁の健全化、延命化に寄与する工事であったことが確認できた。

# 43 工程管理

## 高架橋プレキャストトラフ構築工事における 創意工夫について

千葉県土木施工管理技士会  
京成建設株式会社

吉 村 明

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工 事 名：新京成線（鎌ヶ谷市）連続立体交差事業に伴う第5工区土木関係工事
- (2) 発 注 者：新京成電鉄（株）
- (3) 工事場所：千葉県鎌ヶ谷市初富929-119地先
- (4) 工 期：平成27年6月1日～平成30年9月30日

### 2. 現場における問題点

本工事は、新京成線の鎌ヶ谷大仏駅～くぬぎ山駅間約3.0km区間を連続立体の高架化にし、既存の12箇所の踏切道を除去して交通渋滞や踏切による事故を解消する目的とされた千葉県が事業主体の都市計画事業である。そのうち今回は、高架橋の橋面工の一部である信号設備配線のボックスとなるトラフ構築（プレキャストトラフ）を行う工事で、施工延長が駅部を含む980m以上あり施工方法により、工期への影響が懸念された。

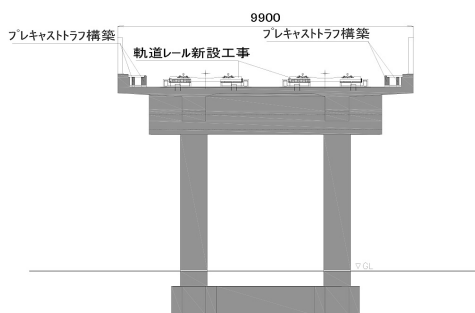


図-1 高架橋標準断面図

また、プレキャストトラフ構築後には、軌道レール新設工事の工程が決まっており、工期の延長より高架化工事全体に影響してしまうことを問題視されていた。（図-1）

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### (1) 施工手順について

プレキャストトラフの施工は、トラフを設置するのに敷モルタル（空練り）を使用して設置する手順であった。しかし、雨期の急激な天候の変化が見込まれることからなるべく天候に左右されないように、敷モルタルを使用しない施工手順に改善した。（表-1）

表-1 手順の改善

【当初手順】	【改善後手順】
①墨出し（スラブ面）	①墨出し（スラブ面）
②アンカーボルト設置	②アンカーボルト設置
③基礎モルタル打設	③座金取付
④墨出し（モルタル面）	④プレキャストトラフ設置
⑤敷モルタル敷設	⑤基礎モルタル打設
⑥プレキャストトラフ設置	
⑦仕上げ（敷モルタル部）	

図-2のように、角ワッシャー・丸座ワッシャー・ナットを取付けることによりプレキャストトラフを浮かして、最後に基礎モルタルを打設することが可能となった。また、改善後の施工順序を適用した結果、④墨出し⑤敷モルタル敷設⑦仕上げの工程を省くことができ当初手順よりも効



率よく作業を進めることができた。図-3は、改善後の座金（角ワッシャー）を高さに合わせて取付けた状況であり、図-4は、プレキャストダクトを取付けた後の状況である。

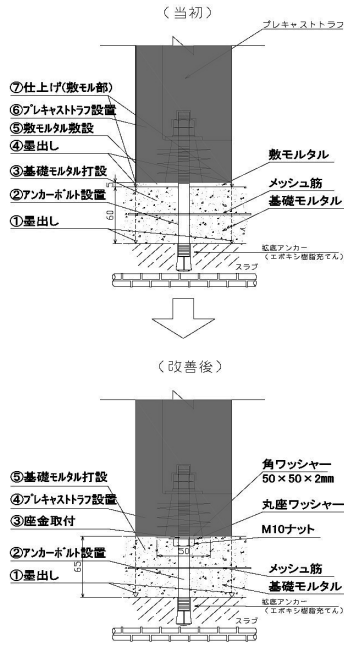


図-2 プレキャストトラフ詳細断面図

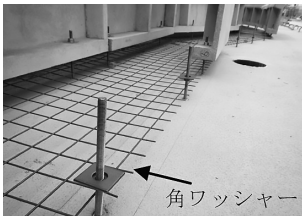


図-3 角ワッシャー取付

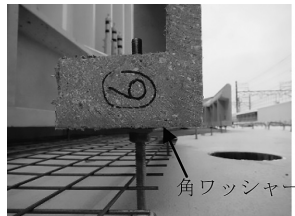


図-4 プレキャストダクト取付後

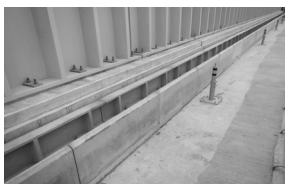


図-5 プレキャストトラフ完成図

(2) 工程管理について

プレキャストトラフ構築の改善後は、表-2、3を比べてわかると通りプレキャストトラフ施工延長100m当り3日以上を省くことができた。施工延長L=980mあることから3日×98=29.4日分の工程短縮になった。改善後の座金に

よりプレキャストトラフを浮かし基礎モルタルを打設する手順は、とても有用な施工方法であったといえる。改善後は、敷モルタルの施工が無くなり天候等に左右されず予定より早い工期に収めることができた。また、プレキャストトラフ製品の不具合や製作誤差等にも早く対応してもらうことが可能となった。

表-2 当初詳細工程 (100mあたり)

日数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. 墨出し		■							
2. ボルト設置			■						
3. 基礎モル打設				■					
4. 墨出し					■				
5. 敷モルタル敷設						■			
6. トラフ設置							■		
7. 仕上げ									■

表-3 改善後詳細工程 (100mあたり)

日数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. 墨出し		■							
2. ボルト設置			■						
3. 座金取付				■					
4. トラフ設置					■				
5. 基礎モル打設						■			

4. おわりに

当時は、軌道工事への引き渡しが決まっておりましたが悪天候により遅れることが課題であったが予定通りに引き渡しすることができた。また、敷モルタル敷設は、高架橋上へのモルタル材荷揚げやモルタル材運搬作業が必要となるが、両者とも座金設置により省くことができ経費削減にも繋げることができた。さらに、プレキャストトラフ設置後のトラフ下のモルタル充填も懸念されたが小型の軽便バイブレーターを使用することによって改善された。先にプレキャストトラフを設置するためトラフの立ちや通りの精度の心配もされたが、基礎モルタル打設前に水系等により確認し、ナットの締付け調整することにより問題なく精度よく構築することができた。今後も作業の効率化を目指し、安全かつ有用な施工方法を追求していきたい。

# 44 工程管理

## 工法提案で安全性向上と工期短縮

長野県土木施工管理技士会  
株式会社 倉品組

川田 幸二〇 山田 和英

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：令和元年度（通常砂防）工事（砂）袖沢
- (2) 発注者：長野県土尻川砂防事務所
- (3) 工事場所：大町市 川手
- (4) 工期：令和2年4月1日～令和2年12月25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級河川谷地川へ流入する流域面積1.3km<sup>2</sup>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、溪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と川手集会所は今後、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。

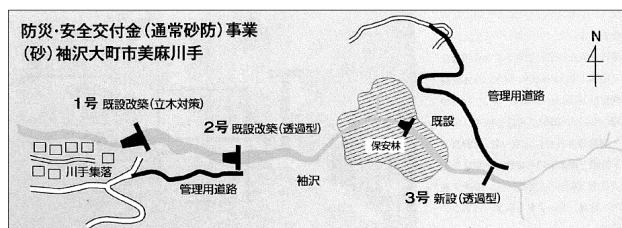


図-1 事業計画

本年度の工事は工事区域入口から途中までの仮設工事用道路だったが、この仮設工事用道路予定地は大規模な造成林があり、工事に影響する範囲A=0.6ha（図-2）の立木の伐採、集材を最初に行わなければ仮設工事用道路に着手できない状況であった。しかし、現地は尾根、沢からなる粘性土の傾斜地で、バックホーやクローラードンプの走行は困難かつ危険で通常の集材方法が難しい条件であることが大きな問題点であった。

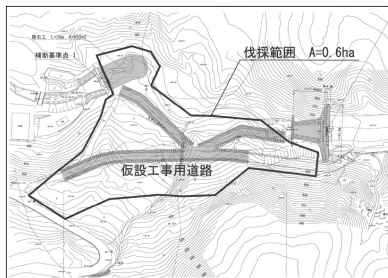


図-2 伐採範囲図

### 3. 工夫・改善点と適用結果

上記の現場条件の中で、社内で伐採・集材工法を比較検討した結果（表-1）、索道架設による

表-1

支障木集材工法比較表

項目	索道架設による集材		バックホー・クローラードンプによる集材	
	特徴	工期	特徴	工期
特徴	索道架設(設置・撤去)に10日 労働安全衛生等に留意する必要がある 道路通行止め、一時使用の届出が必要		重機・ダンプ付きが進入する道路が必要になるが立木が密集しているため困難 道幅による集材は平地や緩斜面に適している	
施工性	急峻地形(山谷、急斜面)に適している 索道は広範囲の集材が可能 支障木集材の工費が大きく削減される		重機・ダンプでは集材可能範囲が狭くなる 仮設ロードマットの設置等が必要 支障木集材の工費が高くなる	
工期	索道架設・撤去 10日 伐倒 5日 集材・玉切・処理 15日	総<50日	重機進入準備 20日 伐倒 5日 集材・玉切・処理 25日	総<50日
経済性	直轄工事費(円) 3,830,000		直轄工事費(円) 4,560,000	
総合評価	経済性が良い ◎ 安全性が高い ◎ 工期が短い ◎ 18点 急峻地形に適している ◎ 作業工程が簡便 ◎		経済性が悪い △ 安全性が低い △ 工期が長い △ 5点 急峻地形に適さない △ 作業工程が複雑 △	

※評価点数 ◎3点 ○2点 △1点

伐採・集材工法が最も安全性に優れ、経済的かつ工期短縮も可能であると判断した。しかし、索道架設の利点を十分に発揮するには多数の課題があった。まず、集材作業の効率を上げるために伐倒した立木は、そのままの長丈の状態でも荷取場まで運び、安全で平坦な荷取場で玉切り作業を行う事が作業効率向上の最低条件となる。そのために伐倒した大木(枝葉も含み)の最大重量を1.5t、樹高を15mと仮定し索道でそのまま吊り上げ運搬する場合、定格荷重2.0t、巻上揚程15mの索道施設が必要と想定し、①索道架設の用地を借りられるかどうか ②アンカーに使える立木が計画する本線ライン上にあるかどうか ③安全な場所にウインチ(運転席)を設置することが可能かどうか ④平坦な荷取場、集積場を確保できるかどうか ⑤安定計算で安全が確認出来るかどうか。この①～⑤を全てクリアしなければならぬ為、事前の測量、用地交渉、及び索道架設計画を慎重に行った。

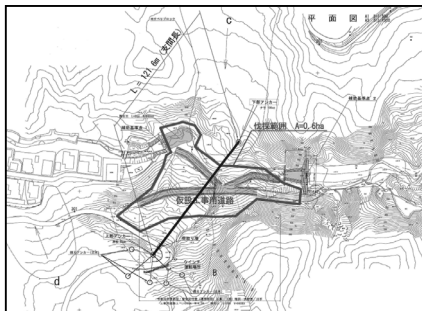


図-3 索道計画平面図

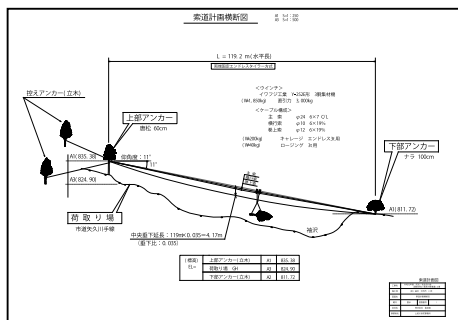


図-4 索道計画横断面図

この索道架設計画(図-3、4)は、現地調査と情報収集に時間を多く費やしたが、そんな中で地権者の協力(索道施設の大部分は民地を借りて行う為)と発注者の理解とが得られ、①の問題は解決した。

②の問題は、上部アンカー付近は地形がなだら

かな為、荷取場付近にタワーを建てるか、立木の上部に登り本線ワイヤーを張るかどちらかになり、索道使用期間、タワー仮設の費用など検討し、荷取場近くの胸径60cmの立木(唐松)をアンカーとし、その立木を後方3方から控えをとり固定することで解決した。そして、一番の問題点であった、④平坦な荷取場の確保は、伐採計画を地権者に説明する中で、地元住民及び道路管理者と協議を重ね、市道を終日通行止めにする事により道路上を荷取場とする事で④の問題解決に至った。⑤の問題は、安定計算上はOKであっても、実際に重量物を吊れるのかを確認する荷重試験(定格荷重2.0t×1.25安全率=2.5t)を行って安全確認し索道架設の竣工となった。



図-5 伐倒した立木を索道で運搬 平坦な荷取場で玉切り

#### 4. おわりに

今回、①～⑤の問題点の中で、④の問題解決になったことで、市道の通行止めにより第三者災害防止対策となり、安全管理の問題も多めに軽減することに繋がり、作業効率の大幅な向上にもなった。以上の問題点を克服し、予定通りに低コスト、最短工期で伐採・集材作業を遂行する事が出来た。この様に任意仮設の中でも、常に最善な工法を探り協議し、それを計画・実行していく事が工事の安全性向上、品質・工程・原価管理に繋がっていくと改めて感じた。

# 45 工程管理

## グラウンドアンカー工施工における 搬入計画および移設足場構築による工程短縮

長野県土木施工管理技士会

北陽建設株式会社

矢 口 順

### 1. はじめに

本工事の施工箇所である松本市落水地区では、平成29年10月の2週に渡って通過した台風の影響で発生した地すべりにより、県道矢室明科線が通行止めとなった。地すべり崩壊範囲としては、高さ45m、幅45m、斜面長90mにわたり、崩壊土砂量としては、推定1万m<sup>3</sup>と非常に大規模な災害となった。県道上部斜面には多くの崩落土砂が堆積し、県道上の土砂撤去も道路幅員の確保が難しいことから、早期の現道復旧が困難であった。しかしながら、地域の生活道路である県道は、地域住民からも早期の復旧が望まれる状況にあった。災害復旧工事を進めていく中で、法肩部に設置した伸縮計の変動が確認され、施工箇所上部に位置するNEXCO東日本の高速道路への影響も懸念された。そこで、本工事は、地滑り対策として、グラウンドアンカー工を施工する工事であった。

#### 工事概要

- (1) 工 事 名：平成30年度  
                  県単治山事業 第11号工事
- (2) 発 注 者：長野県 松本地域振興局
- (3) 工事場所：長野県松本市落水
- (4) 工 期：平成31年3月12日 ～  
                  令和1年6月28日
- (5) 主な工事内容  
現場吹付受圧板工 N=28基  
アンカー工 N=28本  $\Sigma L=500m$

仮設足場工 V = 1282空m<sup>3</sup>  
基本調査試験 N = 1式

### 2. 現場における問題点

本工事の施工箇所は、高速自動車道路脇の斜面に位置している。そのため、高速道路を走行する車両への安全面の問題から、施工箇所付近に資機材を荷揚げするために十分な高さを確保できる索道用タワーを設置することが出来なかった。

また、既設の索道を用いた荷揚げ作業をした場合においても、架線位置が施工箇所から離れていることから、削孔機械を施工箇所まで移動するための横移動用の足場工の増工が必要となった。その場合には、足場設置および解体作業に伴う工程増により、早期復旧が求められている事業において、全体工程の遅れが課題となった。(図-1)

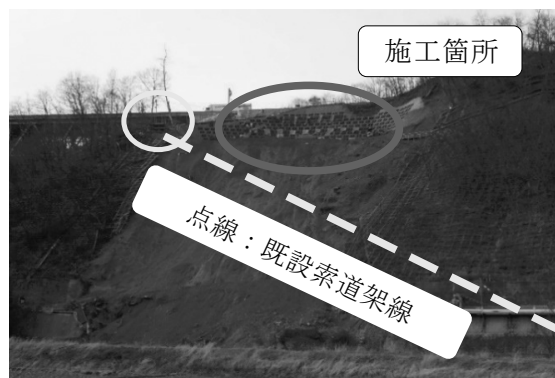


図-1 本工事施工箇所と既設索道架線位置

### 3. 工夫・改善点と適用結果

削孔機械の搬入方法を検討する際に、横断図を

元に、斜面上部にある高速自動車道路上の幅員等を確認した結果、高速道路を活用することにより、移動式クレーンの作業能力範囲で削孔機を吊り下ろしての移設が可能であることが分かった。

しかしながら、本工事は高速自動車道路管理者であるNEXCO東日本の関連工事でなかったことから、施工上の課題の説明と合わせて、規制等の道路使用の許可について協議が必要であった。

その際、本工事でのグラウンドアンカー工の先端最深部が、高速道路下まで達し、高速道路に影響を与える可能性のあるすべり面に対しても有効な設計でもあった。そこで、NEXCO東日本を交えた協議を行った結果、高速自動車道路上からのクレーンによる資機材の搬入計画を了承頂き、一車線を規制した機械搬入が可能となった。(図-2)

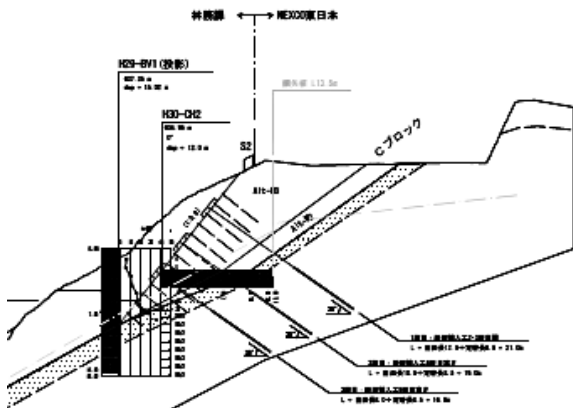


図-2 現場横断面図

高速道路上からの資機材搬入が可能となったことにより、既設索道を用いた削孔機運搬を想定した場合の横方向の移設用足場工の設置撤去に必要とされていた約30日間の施工日数が不要となり、工程の大幅な短縮が図られた。(図-3)



図-3 高速道路上からの資機材搬入

また、高速道路上からの削孔機械搬入後の段下げ等の下方への機械移動時には、高速道路上からの移動式クレーンや索道架線も届かないため、スロープ足場の設置により移設を行った。(図-4)



図-4 移設用 スロープ足場

#### 4. おわりに

今回は、本来であれば高速自動車道路上を走行できない特殊車両にあたる移動式クレーンを用いて、現場への資機材を搬入するという異例の方法を試みる方法を取りました。しかし、現場条件から実施可能な方法を各種検討した上で、最適な方法により関係機関を含めた問題点の共有と相互理解を進めたことで、本施工を実現することが可能となりました。

最後となりましたが、発注機関の御指導の元に、1日限定での規制ではありましたが、NEXCO東日本の全面的な協力のおかげもあり、無事故での工事完成に深く感謝申し上げます。



図-5 完成写真

# 46 工程管理

## 4 分割で行った橋面舗装

滋賀県土木施工管理技士会  
株式会社 昭建

西村 正道

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：東海北陸自動車道  
岐阜管内舗装補修工事 (2019年度)
- (2) 発注者：中日本高速道路株式会社
- (3) 工事場所：東海北陸自動車道  
一宮木曾川～郡上八幡ほか
- (4) 工期：R1年8月17日～R2年9月9日

### 2. 現場における問題点

東海北陸自動車道・下り車線・立花橋の橋面舗装（床版補修等も含まれている）の施工を行うのにあたり、(表-1)のような施工条件（1工区分）での施工に対し以下が問題点である。

表-1 施工条件  
(代表施工箇所（4分割中の1工区分）)

工区15-1 立花橋	
下り走行	
KP39.021～39.200	
施工条件	
延長179m 幅4.55m	床版防水(787.6m <sup>2</sup> )
切削(814.4m <sup>2</sup> )	レベリング(784.0m <sup>2</sup> )
床版補修(2805L/39ヶ所)	表層(801.9m <sup>2</sup> )
繊維シート接着工(75.8m)	路面標示(250.6m <sup>2</sup> )
ウォータージェット(施工時間 8:00～19:00)	
交通規制(月7:00～金24:00)	

- ① 一週間の中で4分割した1工区分を切削（残アスファルト撤去時に床版面の損傷させない施工が必要）→床版補修→繊維シート接着工（PCSP工法）→床版防水（GII・シート系）→

舗装→路面標示という工種をすべて完結する必要がある。

（※PCSP工法・・・PC橋上部工の雨水等の影響などにより鉛直または斜に配置されたPC鋼棒の腐食破断による突出を防止する補強工法）

- ② 床版補修時のウォータージェット（WJ）でのハツリは8時～19時での施工と特記に記載されていたため工程策定上、夜間での施工はできない。（夜間の騒音の問題回避のため時間指定されている）

- ③ 床版補修時に使用するKSボンドは、乾燥状態で使用しないと基準となる付着強度（15N/mm<sup>2</sup>）が確保できないので、WJ後に強制乾燥する必要がある。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

問題点①について、一連の工種を一週間の中で完結する必要があるのなら、もっと細分割を行えば現場としては確実に収めて行くことができるのは自明であるが、PCSP工法の専門業者との打合わせの中で、『PCSP工法の1施工単位の中での分割となる場合は鉛直鋼棒の突出防止のためのシートの定着長さを1次施工及び2次施工で確保出来ないことには1施工単位の中での分割はできない。』とのことであり、図面(図-1)を再確認するとシートの定着長さが確保できないことを確認し、4分割での施工を行うことが決定となった。



# 47 工程管理

## 路線延長 2,000m を超える ミニシールド工法の施工について

岡山県土木施工管理技士会  
アイサワ工業株式会社  
監理技術者  
和多 正名利

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：公共下水道築造工事（1工区）
- (2) 発注者：豊橋市 上下水道局
- (3) 工事場所：愛知県豊橋市牟呂町地内ほか
- (4) 工期：平成29年3月24日～  
令和2年2月28日

〔シールド工〕（昼夜連続施工）

工 法：泥土圧式ミニシールド工法

施工延長：2,101.9m

覆 工：RC3分割セグメント

内径  $\phi 1500$  幅 750mm

15R以下の曲線は鋼製セグメント

〔立坑工〕

発進立坑：鋼矢板油圧圧入（硬質地盤クリア工法）

12.06×4.86×H14.01m 1箇所

中間立坑：ケーシング切削圧入

$\phi 3000 \times 13.464 \sim 15.036$ m 4箇所

到達立坑：既設人孔  $\phi 3100$  1箇所

〔地質概要〕

シールド通過位置（GL-10m程度）の地質主体は、透水性の高い砂質土・礫質土であり、N値は20～150、地下水位はGL-2m程度である。

〔線形〕

羽根井ポンプ場から市道下を南西方向に掘進し、曲線長の占める割合は全延長の約9%であるものの曲線区間が10箇所、河川横断が1箇所存在し、最小曲線半径は10mである。また、縦断線形は発進より下り0.8%の一定勾配である。

### 2. 現場における問題点

本工事は、豊橋駅から南西方向1.5km付近において、野田処理場に流入する合流水を合流処理施設能力に余裕のある中島処理場へ送水するための送水管築造工事である。シールド工法は、急曲線・長距離等に実績の多いミニシールド工法が採用された。ミニシールド工法は、セグメントに3等分割のRCセグメントを使用している事以外はシールド工法と本質的に同じである。

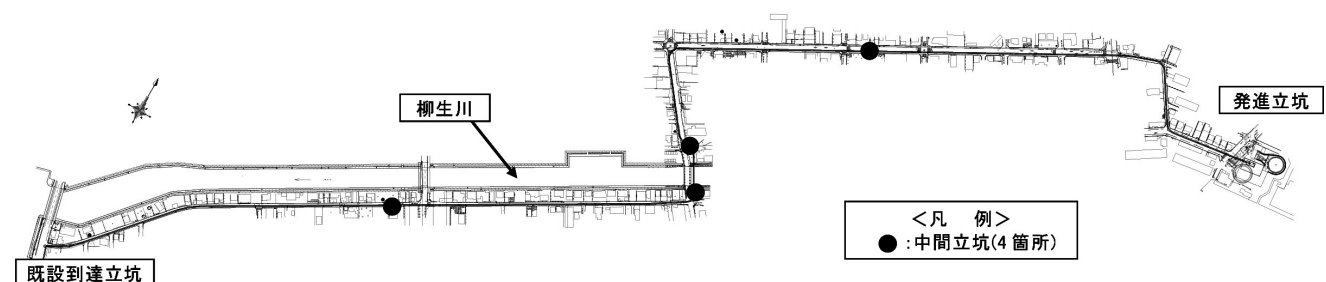


図-1 路線平面図



掘進のサイクルは、掘進最終が押切状態で終了するため、セグメント運搬台車（エレクター装置付）とバッテリー機関車の編成で掘進機本体部まで運搬し、セグメントの組立てを開始する。セグメント組立完了後、掘進機本体内では裏込め注入を開始する。その間にセグメント運搬台車を発進立坑に移動させて、立坑下で待機している土砂スキップ×2台とバッテリー機関車の編成で再び切羽まで入坑し、土砂スキップの到着を待って掘削を行い、1リング（RCセグメント幅750mm）掘削終了後に土砂スキップを発進立坑へ搬出する。立坑下にて土砂スキップ2台は天井クレーンで地上部の土砂ピットへと引上げて処理すると同時に立坑下で駐車していたセグメント運搬台車（エレクター装置付）は再び入坑し、掘進機本体内でセグメントの組立てを行う。以上が掘進における作業サイクルで上記工程を毎リング繰返すものである。

このため、掘進距離が1,000mを超えると坑内運搬時間が増加することで著しく日進量が低下し、工程遅延に繋がる懸念された。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

坑内運搬時間を低減するためには、作業サイクル内の坑内運搬回数を減らすことが有効と考え、発進立坑から1,000mを超えてから着脱式土砂搬送管を載せたセグメント運搬台車、土砂スキップ（2連結）、バッテリー機関車の順で3連結編成を実施することで1リングあたりのセグメントと土砂の運搬回数を2回から1回にした。

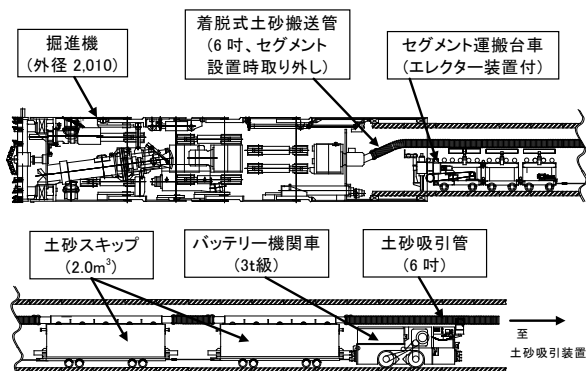


図-2 3連結編成概要図

しかし、3連結編成に切り替えてからは、主に曲線区間において軌道部からの脱輪が生じるようになり、狭い坑内における復旧・作業再開に3時間以上を要するため、日進量に大きく影響した。この原因としては、本工区には、急曲線（最小曲線10m／2箇所、曲線15m／4箇所）が存在すること、3連結編成による総重量の増加に伴う軌道部への負担増大によることが考えられた。このため、鋼製セグメント区間におけるレール固定方法の見直し（コの字型クランプの使用）、曲線区間における徐行運転の徹底（2.5km/h以下：バッテリー機関車平均速度の半分）等の対策を行うことで脱輪を防止した。

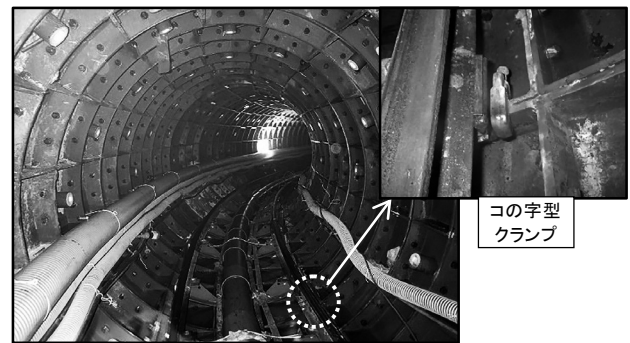


図-3 坑内軌道設置状況（最小曲線R=10m区間）

坑内運搬回数を減らした効果としては、発進立坑から1,000m以降の日進量（昼夜連続16時間）は、発進立坑から1,000mまでの日進量の75%程度を確保できたため（当初計画では65%程度）、長距離掘進時において有効な対策と考えられる。今回の工事では、上記の対策に加えて、中間立坑を利用した高圧受電設備の追加設置、土砂吸引装置（ACCユニット）の増設（75KW級×2台）等、余裕を持った設備とすることで大きなトラブルもなく所定工期内に施工を行うことができた。

### 4. おわりに

今後30年間で耐用年数を超える下水道管渠が急速に増加するにつれて、急曲線・長距離掘進が可能なミニシールド工法を採用した更新工事の需要も高まると予想されるが、本工事の施工実績が参考になれば幸いである。

# 48 工程管理

## 仮栈橋工事における高力ボルトひっ迫による 工法検討と工程短縮について

宮崎県土木施工管理技士会  
旭建設 株式会社  
土木部 工事課長  
中野 公睦

### 1. はじめに

本業務は、地方創生道整備推進交付金事業（開設）として、森林基幹道 高千穂・日之影線 仮称乙女橋上部工施工の為の仮栈橋の施工を行うものである。

工事概要

- (1) 工事名：平成30年度 地方創生道整備推進交付金事業（開設）  
高千穂・日之影線（4-3工区）
- (2) 発注者：宮崎県知事 河野俊嗣
- (3) 工事場所：宮崎県 西臼杵郡 高千穂町大字 向山、日之影町大字岩井川
- (4) 工期：平成31年3月20日～  
平成32年3月31日

### 2. 現場における問題点

当初現場の問題点として東京オリンピックの影響による高力ボルトがひっ迫しており、納入までの期間が8ヶ月という状況であった。

契約後の状況として、他2業社（4-1工区・A1橋台）（4-2工区・A2橋台/P1橋脚）施工中であり、A1橋台は、工事完了を間近に控えていた。

A2橋台とP1橋脚については、A2橋台基礎工施工中、P1は未着手という状況であった。

A2側からの施工となる当社は、A2橋台施工後にしか着手出来ない事が懸念事項となった。

上記事項を踏まえ、契約後直ぐに高力ボルトを発

注した場合でも11月下旬の納期日となり翌年3月31日の工期には確実に間に合わないと判断した。

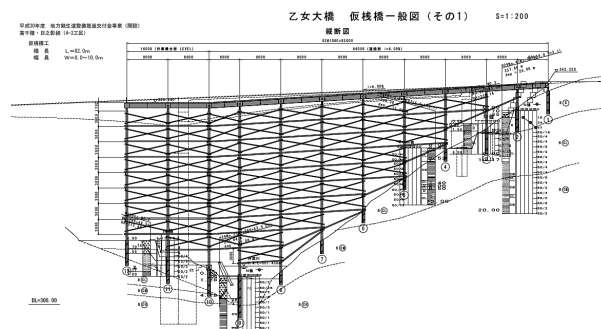


図-1 側面図

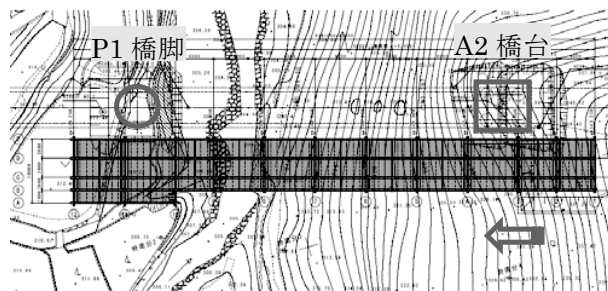


図-2 平面図

問題点

- ①高力ボルトがひっ迫して納期待ちの期間が長い。
- ②A2橋台施工後となる為、工事着手が遅れる。
- ③従来の仮栈橋工法では、施工期間が9ヶ月程度となる。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

問題点3項目を検討した結果、先ずは高力ボルトの納期及び従来工法での施工期間がかかり過ぎる事を踏まえ、他の工法での仮栈橋施工について

調査を開始した。

まず、施工性及び工期について安易で工期短縮が図れる。安全性及びメンテナンス性に優れ、経済性においてもバランスの良い工法の検討を行った。

表-1 高力ボルト比較表

工法名	従来工法	RoRo工法
高力ボルト	12.000kg	2.903kg
施工日数	9ヶ月	7ヶ月

表-1より、発注者と協議を重ねたうえで、高力ボルト使用数量及び施工日数において優れているRoRo工法を採用する事となった。

気になる経済性においては、従来工法が若干優れているものの、施工中の安全性及びメンテナンス性ではRoRo工法が優れていると判断した。

高力ボルトについても、2t～3t程度であればメーカーストックでカバー出来るとの回答を貰い、A2橋台施工後（8月中旬）に着手し、翌年3月中旬に完成する工程を計画した。

そして、8月中旬までの期間でRoRo工法について学び工事着手を迎えた。

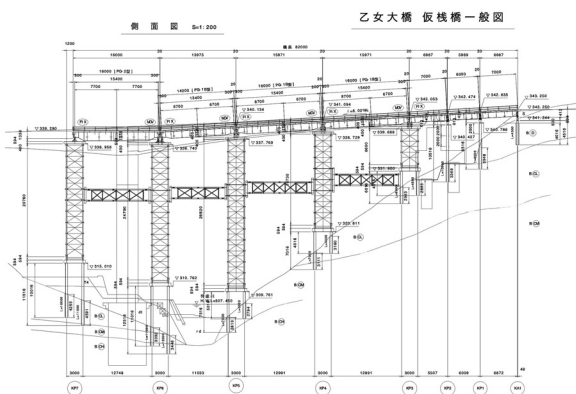


図-3 側面図 (RoRo工法)

このRoRo工法は、大きく分けて【下部工・RoRo支柱・上部工】の3つの工種に分かれ、下部工については従来どおり、ダウンザホールハンマーにて削孔を行い、H形鋼を建込み充填コンクリート打設という流れで施工を行うが、従来と違うところは、建込むH形鋼が短く高所作業とならない所である。下部工が終わると、地組で組み

立てたRoRo支柱部を、下部工に積み上げていき、ブロック毎にボルトにて連結していく物で作業員は、ブロック内に設置されたハシゴを上り作業床で作業を行う為、作業性に優れ転落の危険リスクも低減できるメリットが大きかった。



図-4 RoRo支柱組立状況

何より、高所での鋼材穴あけ作業や取付け作業が激減した事により、効率的かつ安全に施工を行うことが出来た。支柱内に専用ハシゴが設置している為、完了後のボルト緩み等の点検作業においても優れていることを身をもって感じた。

そして、RoRo支柱組立後、上部桁を架設し覆工板を乗せて完了となる。

1スパン毎にこれを繰り返し行い計7スパンで完了となった。

結果として、従来の工法で施工した場合9ヶ月の施工日数が必要と思われていたが、RoRo工法にて施工を行った結果、3月中旬完成を予定していたが、1月中旬に仮橋が完成し6か月弱という結果となり施工スピードにおいて特に優れていることが実証された。

#### 4. おわりに

今回、現場の担当職員の方々の協力を得て、工法変更がスムーズに行え、8月中旬に着手できた事、が工期内完成に繋がった。

工程管理において、工種における色々な工法の検討を行い、経済面だけでなく効率的で特に安全面で優れている工法の選定が望まれると感じた。

# 49 工程管理

## 河川区域内施工における工程短縮

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

監理技術者 設計担当

中田 茂樹<sup>○</sup> 上野 慶太

### 1. はじめに

本工事は一級河川芦田川に架かる橋長368mの橋梁上部工の製作架設工事である。本橋は橋梁全区域が河川内に位置し、非出水期内（令和元年10月21日～令和2年6月15日）に準備工～後片付けまでの全河川内作業の施工を完了させる必要があった。

#### 工事概要

- (1) 工事名：福山沼隈線道路改良工事（1工区）
- (2) 発注者：広島県 東部建設事務所
- (3) 工事場所：広島県福山市草戸町地先（芦田川）
- (4) 工期：平成30年10月3日～  
令和2年7月31日
- (5) 橋梁形式：鋼7径間連続非合成鈹桁橋
- (6) 橋長：368.0m
- (7) 支間長：51.15m+5@53.0m+50.15m
- (8) 総重量：1,661ton



図-1 橋梁全景

### 2. 現場における問題点

当初の架設工法は、河川内両岸から仮栈橋の構築を行い、仮栈橋上からのクローラクレーンベント工法であった。また、河川内非出水期内に施工完了するためには、両岸からの同時施工が必須条件であった。

受注後に現地確認を行なった結果、平成30年西日本豪雨災害による復旧工事関係により、A2橋台の発注・施工が未完であることが判明した。これによりA2橋台においても非出水期施工となり、本工事と同期間での施工が想定されたことから、A2側の搬入路および施工ヤードの確保、また、両岸からの同時施工が困難であることが予想された。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### (1) 架設工法の再検討

架設実施計画の早期段階において両岸からの同時架設が不可能であると判断し、A1側からの片押し施工で、かつ非出水期内に施工完了が可能な架設工法を検討した。

1 非出水期内での架設施工数量の変更ができないため、仮設備施工数量に着目し、①仮栈橋の設置・撤去作業、②全面吊り足場の設置・撤去作業の削減を行うこととした。その結果、当初計画の両岸仮栈橋上からのクローラクレーンベント工法から、仮栈橋を不要とするトラベラクレーンベン

ト工法（片押し架設）に変更を行った。これにより、A2側へ架設が到達するまでの期間の確保ができ、A2橋台下部工事との同時施工が可能となった。



図-2 トラベラクレーン張出し架設状況

#### (2) 足場設備の簡素化による工夫

当初の全面吊り足場計画では、非出水期以内での設置撤去が必須条件であった。前項のトラベラクレーンベント工法への変更により、架設時の添接作業に関しては、架設ステップ毎に高力ボルトの本締めが必要な逐次剛結で架設を進める必要があった。また、現場塗装を要しない耐候性鋼材であることにより、河川内の架設作業に関しては、吊り足場の施工を省略し、主桁添接部ジョイント足場による桁架設・ボルト本締めを行った。

架設時の墜落や落下物対策としては、各主桁間にラッセルネットの展張を行った。

上記の架設時における足場設備の工夫を行うことで、足場設備の削減に伴う大幅な工程短縮を可能とした。



図-3 添接足場・ラッセルネット展張状況

#### (3) A2橋台同時施工時のさらなる工程改善

A2橋台の引き渡し時期を3月下旬と予定していたが、下部工工事発注後に行った工程調整の結果、A2橋台の引き渡し時期が5月中旬まで遅れ、架設後のトラベラクレーン後退によるベント設備解体期間を考慮すると非出水期内に施工完了が不可能であることが判明した。この問題への解決策として、A2橋台部の最終架設ブロック（J28～S2）の架設を残した状態にて、トラベラクレーンを後退させ、A2橋台完成後にA2橋台背面よりトラッククレーンにて単ブロック架設を行う工法に変更した。また、河川内に設置予定であったB8ベントが陸上部（J28付近）へ位置変更することで、B8ベント基礎杭の施工期間の削減にも繋がった。この結果、クリティカル工程であるトラベラクレーンによる作業を休止させることなく、残作業における工程期間の確保を行った。



図-4 A2側単ブロック架設状況

## 4. おわりに

今回、早期に架設工法の見直しと発注者の承認が得られたことで、架設計画変更に伴う設計・製作への反映が可能となった。また、耐候性鋼材の鋼桁であり現場塗装が不要であることも功を奏して、大幅な架設工法の変更と足場設備の簡略化で、非出水期間内に無事故・無災害での施工完了を達成することができた。

最後に河川工程短縮の施工にあたりご指導、ご協力頂きました関係者の皆様に深く感謝致します。

# 50 工程管理

## クレーンベント工法と送出し工法を併用した 河川内作業における対策について

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  
山 村 雄 二

### 1. はじめに

現在の行徳橋は、江戸川の河口から3.2kmに位置し河原地区と稲荷木地区を結ぶ千葉県道6号市川浦安線として1956年から供用されている。また、利水のために海水の遡上を防止するとともに洪水を安全に流下させる目的で設置された行徳可動堰の管理橋も兼ねている。供用後60年余りが経過し老朽化が進んでいることや可動堰の改築工事に合わせて現位置の上流側に本橋を新設し架け替えることとなった。また、本橋は利水のために海水の遡上を防止するとともに洪水を安全に流下させる目的で設置された行徳可動堰の管理橋も兼ねている。

#### 工事概要

- (1) 工 事 名：H29行徳橋上部工事
- (2) 発 注 者：国土交通省 関東地方整備局
- (3) 工事場所：千葉縣市川市稲荷木～河原
- (4) 工 期：平成29年7月15日～  
令和2年3月23日
- (5) 橋梁形式：鋼7径間連続非合成合成床版  
箱桁橋
- (6) 橋 長：404.400m
- (7) 全 幅：12.500m

### 2. 現場における問題点

本工事は江戸川河川高水敷を作業ヤードとし側径間部の架設をクレーンベント工法により行い、

左岸から右岸へと順次架設する。その後、低水路上の中央径間を左岸側の橋台背面より順次縦送りして組み立て送出し架設する工法が当初計画であったが、工程及び安全において次の問題点が課題であった。

1) 行徳橋の架設は非出水期間に右岸、左岸の側径間と中央径間の一部縦送りを行い、残る縦送り組立及び送出し架設は非出水期に施工することが当初の計画であった。ただし出水期間中の送出し工法はYP+7.7m以上での施工が条件である。送出し架設後の作業となる送出し降下設備の撤去や接合部分の合成床版の設置については、低水路にかかる施工となるため、クレーンの据付を低水護岸一杯に近寄ったとしても作業半径が35mになり200t吊りクラス的大型クレーン車が必要となる。出水期間中これらの作業を行うことは、気象の影響による遅延リスクが非常に高いことが予想された。

2) 中央径間の桁を左岸側の橋台背面より順次縦送りして組み立てていくには、交通量の多い県道6号線に非常に近接した狭小なヤード内での作業で、特に交差点に近接する場所でもあり、信号による車両の停滞が発生する。この箇所でも長期間の大型クレーン作業を行うことは大きなリスクを伴う。また桁下で交差するサイクリングロードは地域住民や河川敷グラウンド利用者、サイクリスト等の通行が多い。桁架設時は常に上空を桁部材が通過するためサイクリングロードは架設期間の長

期にわたり通行止等の規制も検討せざるを得なく利用者への影響が懸念された。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

架設方法について非出水期間中に架設作業を完了させるため、工程短縮を図るべく架設順序と送出し設備について見直しを行った。架設順序は左岸の側径間の架設を行い並行してその桁上に軌条設備の設置を行う。桁上の軌条設備完了後、中央径間ブロックと手延べ桁の組立を行い、右岸側径間の桁架設を行った。(図-1)(図-2)

送り出し設備は、推進装置に連続稼働が可能なダブルツイングジャッキを使用し支間部には従走台車を配置した。ただし、送出し架設の桁移動時に側径間の桁が応力超過するので、各支点部にエンドレスローラーを配置して側径間の受け桁への台車反力を低減するよう工夫した。

上記の対策を取ることで、総移動量157mの送出し架設は令和元年5月9日、10日及び13日の3日間で完了した。その後両側径間のベント設備を非出水期間内に全て撤去、並行して桁の降下を行い送出し桁の連結、合成床版取付までを6月20日に終え当初計画工程より40日程度短縮して完了することができた。

また、送り出し桁の地組立ヤードは架設済の側径間(左岸側)の桁上とすることで、県道6号への影響を排除した。サイクリングロードの利用者に対してもクレーン車による吊り部材の上空通過が最小限に抑えられリスクの軽減を図れた。さら

に、サイクリングロードの交差部は工事着手時に先行して防護設備を設置し利用者の安全に万全を期した。

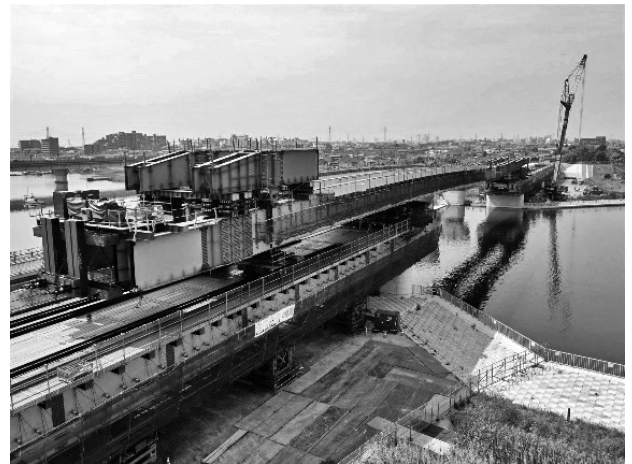


図-1 送出し架設状況

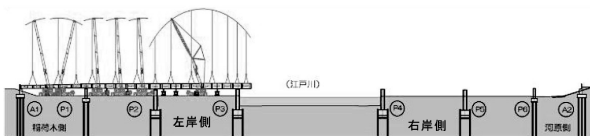
### 4. おわりに

本工事を施工した令和元年は関東地方を直撃する勢力の大きい台風が2度上陸した。特に大規模な河川氾濫をもたらした台風19号においては架橋位置の江戸川も出水する影響を受けたが、現場への被害もなく無事に工事は工期限内に完成した。本橋は令和2年3月10日に供用開始となり、それまで車道においてはバス同士、歩道においてはや自転車と歩行者がスムーズに離合が出来ないほど幅員の狭かった歩道が広幅員になり(1.5m→4.0m)安全で快適な橋梁になった。

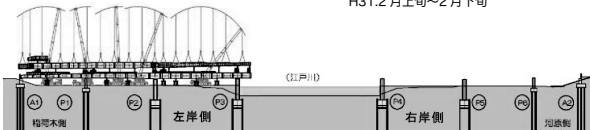
最後に本工事においてご指導・ご協力をいただいた関係各位に深く感謝の意を表します。

#### 架設ステップ

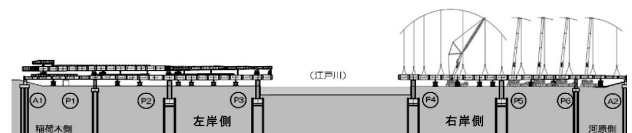
〈架設順序① 稲荷木側 [A1橋台～P3橋脚間]桁架設〉 H30.11月中旬～12月上旬



〈架設順序② 稲荷木側 [A1橋台～P3橋脚間]桁架設(送出し桁[P3橋脚～P4橋脚間])〉 H31.2月上旬～2月下旬



〈架設順序③ 河原側 [P4橋脚～A2橋台間]桁架設〉 H31.3月中旬～4月上旬



〈架設順序④ 稲荷木側→河原側 [P3橋脚～P4橋脚]送出し架設〉 H31.5月上旬～5月中旬

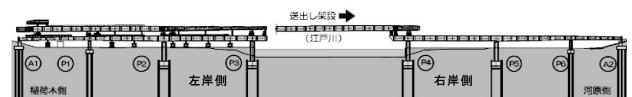


図-2 架設ステップ図

# 51 工程管理

## 開削工法における工期短縮工法の選定

清田軌道工業・ユニオンテック共同企業体

現場代理人

上 田 健 一

### 1. はじめに

工事は、淀川を水源とする大阪広域水道管が老朽化および地震対策に伴って新設管の布設工事である。

本工事は、府道121号線（吹田箕面線）の現道を開削工法にて施工を行うのである。そのため、地域住民の安全確保および公共交通機関（バス）の運行に支障なく、施工することが必要不可欠となった。

工事概要

- (1) 工 事 名：送水管布設工事（千里幹線バイパス管・豊中市）2工区
- (2) 発 注 者：大阪広域水道企業団
- (3) 工事場所：大阪府豊中市新千里北町2丁目地内～大阪府豊中市新千里東町2丁目地
- (4) 工 期：平成29年9月25日～令和2年7月31日

### 2. 現場における問題点

#### (1) 施工条件

- 1) 施工延長：L=1,609.18m
- 2) 埋設管径： $\phi 1,350\text{mm}$
- 3) 掘削土量： $7.5\text{m}^3$ （1m当り平均）
- 4) 交差点：千里東3丁目交差点（大きな交差点）

#### (2) 問題点

問題点は施工延長が長く、埋設管径も大口径であり、掘削土量は、1本当り埋設するのに約 $60\text{m}^3$ （余掘り考慮）の土砂を掘削→管布設→埋戻しから仮復旧までを1日での施工は不可能と判断した。【铸铁管（標準管：L=6.00m）を加味】

施工箇所には、多数の埋設管が横断しており、その埋設管を防護しながらの施工は日々の工程の遅延にも繋がっている。

また、施工箇所は現道を掘削しての施工であるため、第三者の安全が最優先に遵守するのが必要である。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### (1) 施工条件を踏まえた施工方法の選定

当初設計では、軽量鋼矢板建込・引抜工法での施工方法であったが、掘削深さは平均で $H=3.0\text{m}$ と深く、掘削面の崩壊や円弧すべり等を引き起こし重大な災害の引き金となり第三者や当該現場従事者の人命確保することであり、その中での管接

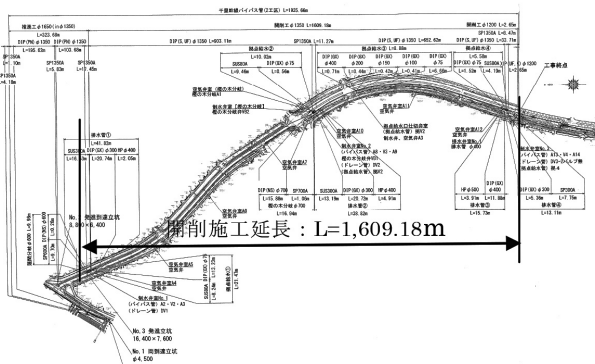


図-1 現場平面図



続および埋戻し転圧作業が課題である。なぜなら、建設業界は、安全第一が長年のテーマであるからである。例えば、現場で災害が起きると社会的制裁を受けることになるのである。

以上のことを考慮して、掘削土留工法を大口径長尺管埋設用簡易土留工法の採用とした。

(2) 適用結果

① 工期

軽量鋼矢板工法：在来工法であるため、1枚毎の建込打設であるため、長期間の工期が必要である。(工期短縮困難)

軽量鋼矢板工法 (アルミ矢板)：軽量で施工性は、良好であるが、深さがD=3.8mと小規模開削対応であるため、ある程度の工期が必要である。

大口径長尺管埋設用簡易土留工法 (以後、土留パネル式工法とする)：ユニット式であるため、一度組立を行うと転用が可能となり、土留組立解体作業が短縮できるので工期短縮に繋がる。

表-1 比較表

工法	施工日数 (1本当り)	判定
軽量鋼矢板工法	3日 (掘削～埋戻し)	×
土留パネル工法	1日 (掘削～埋戻し)	◎

② 安全性

軽量鋼矢板工法：軽量鋼矢板を溶接で固定する場合があります、労働災害 (感電災害・転落災害) のリスクが伴う。また、埋設管を深い位置での施工となり、掘削面の崩壊等が懸念される。

軽量鋼矢板工法 (アルミ矢板)：大口径長尺管埋設用土留工法としては、深さが設計よりも浅い場合の工法であるので、今回は安全性に疑念が残る。

土留パネル式土留工法：掘削面に厚さ (t=96mm) のパネルで囲うため、掘削断面の円弧すべり等の災害を引き起こさずに施工が可能である。

③ 施工性

軽量鋼矢板工法：一枚当りの質量が大きくなっているため、人力施工は不向きである。

軽量鋼矢板工法 (アルミ矢板)：軽量で施工性は、良好であるが、深さ (D=3.8m) と小規模開削対応であるため、今回の施工では困難である。

土留パネル式工法：土留組立解体作業が可能である。また、現場内の転用が容易である。

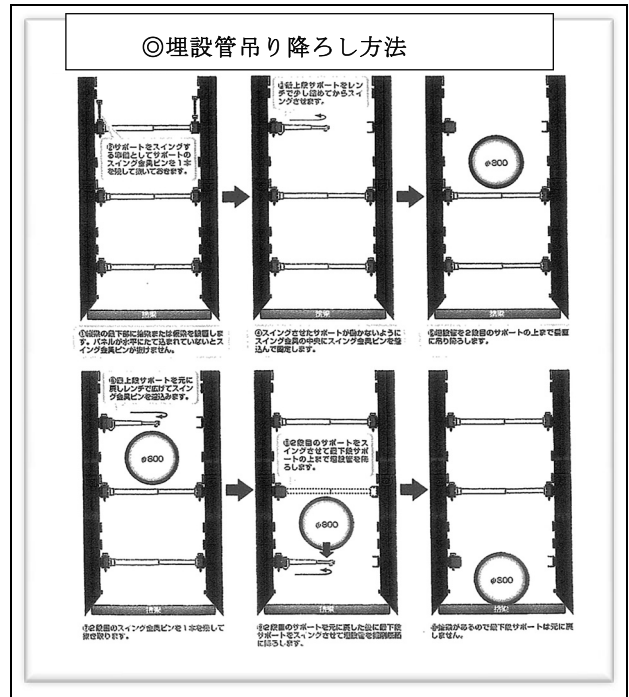


図-2 埋設管吊り降ろし方法

引用文献：NETIS登録番号 KT-150107-A  
クイック土留めボックス式



図-3 大口径長尺管埋設用簡易土留設置完了

4. おわりに

本工事は、近年では稀な長距離の開削工事であり、第三者の安全が最優先である。そのことを、遵守できた事が何よりも成果であった。そのために、日々の朝礼等のFace to Faceでの実施が挙げられる。また、関係者の皆様や近隣住民の方々のご協力があったことを、本紙面をお借りして心より感謝の意を表し、厚く御礼申し上げます。

# 52 工程管理

## F 型標識移設の際の現場条件不一致に関する 代替案の提案と安全対策について

福田道路株式会社 東京本店

工事主任

林 繁 之

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工 事 名：H30熊谷バイパス上之地区舗装  
(その2) 工事
- (2) 発 注 者：国土交通省 関東地方整備局
- (3) 工事場所：埼玉県熊谷市上之 地先
- (4) 工 期：平成30年12月1日～  
令和1年10月31日

本工事は、熊谷市街を迂回する国道17号熊谷バイパスの内、約2.6キロメートルを4車線から上下各1車線を追加し、6車線化する工事である。当現場最寄りに熊谷ラグビー場があり、渋滞対策に大きな期待が寄せられていた為、ラグビーワールドカップ熊谷大会における主要輸送ルートとして、熊谷大会開催までに6車線化供用する必要があった。



図-1 4車線での供用の様子

### 2. 現場における問題点

6車線化に伴い、交差点付近では各種標識や照明灯の移設・右折レーンのシフトなどを行う必要があった。しかし、供用中車線であることから、信号の運用や車両の流れを考慮しない同時作業や単独作業は困難であり、各工程を連系しながら順次行う必要があった。その為、全体工程において一番初期に行うべき大型F型標識の路肩歩道側への移設が、試掘調査の結果、地下埋設物により当初予定の位置への移設が困難なことが判明した。この為、期限内の6車線化供用を達成する為には、移設箇所の代替案と全体工程の組み直しが必要となった。



図-2 移設前の既設F型標識

以下、検討上の留意点。

- (1) 案内標識は交差点からの距離や車道との離隔・設置高さなどの各種基準を満たした上で、視認性の良い場所に設置する必要がある。

- (2) 車線開放時は片側2車線を確保し、歩道については近隣の小学校の児童の通学時の安全を最優先とする。
- (3) 中央分離帯側にある右折専用レーンの切削オーバーレイによる切り廻しは、一般車両へ誤進入や混乱を招く可能性がある為、6車線化供用直前に行う必要がある。
- (4) 大型標識の移設場所の選定には現状地盤の支持力・地下埋設物・周辺の各種構造物などの事前調査による検討を行う必要がある。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

上記条件を前提とした現地調査の結果、各種条件をクリアした歩道側への移設は困難であったが、中央分離帯側については、土質条件を満たしていること、その他の標識や照明灯等の競合物件が無いことなどから、移設可能であることがわかった。



図-3 サウンディング試験の様子

中央分離帯側において設置条件を満たすことはわかったものの、既設F型標識は供用中の標識であり付加車線の舗装工事に先立ち、即日施工にて歩道側から中央分離帯側の新しい設置位置に移設を行う必要があった。その為には、作業時及び開放時の一般車両の安全運行や作業箇所への工事車両の乗り入れ方法等の課題があり、以下のように取り組んだ。

- (1) 作業箇所は交差点付近であったので、作業箇所から200m程度離れた場所に工事車両出入口を設置し、そこから作業箇所への専用の工事用道路を設置することで一般車への影響の無い安全な入退場を確保した。

- (2) 所轄警察署と協議し、開通直前に行う計画となっていた、右折レーン切り廻しに先立ち、仮区画線による左右の路肩幅員のシフトを行うことによる車線切り廻しを行い、標識移設作業時の右折車両の安全確保を行った。
- (3) 右折レーンの切回しに先立ち、近隣自治会の各班への個別の説明会を行い、写真やビデオ画像を用いて昼夜のガードレールの見え方の違い・視線誘導の違いなどを重点として、右折時の路肩幅員変更と線形変更の事前説明を行った。
- (4) 右折レーンの事前の設置予告看板を設置した他、運用時には工事用車両出入口などの各種看板の設置や高輝度の矢印板による視線誘導を行い、バイパス本線を通行するドライバーへの注意喚起を行った。



図-4 右折レーンの仮切り廻し

### 4. おわりに

今回のF型大型標識の移設は6車線化に先立つ付加車線の舗装工事前に行う必要があり、開通に対するクリティカルパスとなりました。当初予定の歩道側と違い、中央分離帯側への移設とした為、第2車線を走行する車両と右折車両の両方の安全確保が必要でしたが、無事故で移設を完了できました。日本vs南アフリカのテストマッチの前に開通することが出来、供用後も渋滞の解消がなされたことで、発注者・地域住民・一般ドライバーなどに評価して頂きました。今後もその現場状況に適した施工場所・方法を選択し、提案する必要があると思います。

# 53 品質管理

## 特別豪雪地帯における 連続鉄筋コンクリート舗装の品質確保

新潟県土木施工管理技士会

福田道路株式会社 新潟本店

遠藤 祐亮<sup>○</sup> 竹田 勝哉 藤塚 敏夫

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：妙高大橋架替舗装工事
- (2) 発注者：国土交通省 北陸地方整備局  
高田河川国道事務所
- (3) 工事場所：新潟県妙高市二俣
- (4) 工期：令和元年9月10日～  
令和2年7月31日

本報告文は、国道18号妙高大橋架替事業における付け替え道路において施工された連続鉄筋コンクリート舗装の施工における品質管理について報告するものである。

### 2. 現場における問題点

新潟県妙高市は国内でも有数の豪雪地であり、例年11月下旬から3月下旬まで降雪がある。冬期間は道路の除雪及び頻繁に凍結防止剤散布が行われている。

現場の課題としては以下の通りである。

①施工場所が明かり部であるため、凍結防止剤散布による連続鉄筋コンクリート舗装の塩害による鉄筋の腐食や凍害による舗装の劣化を抑制すること。

②連続鉄筋コンクリート舗装の施工を行う4月上旬の気温が氷点下になることが過去の気象データより確認されることから、コンクリート養生温度を5℃以上に保ち品質を確保すること。

### 3. 現場における対応策と適用結果

①連続鉄筋コンクリート舗装の初期ひび割れ発生を抑制することや鉄筋の表面保護が必要であると考えた。対策として、コンクリート舗装版のひび割れ発生を抑制するため、乾燥収縮量の低減対策として混和剤を添加した生コンクリートを使用した。更に、コンクリート打設前の防錆対策と打設後の塩害による腐食を防止するため、鉄筋には組立前に鉄筋防錆剤噴霧による防錆処理を施した。

表-1 コンクリート配合

呼び強度 (N/mm <sup>2</sup> )	スランプ (cm)	骨材最大 寸法 (mm)	W/C (%)	セメント 種類
曲げ4.5	4.0	40	45以下	BB

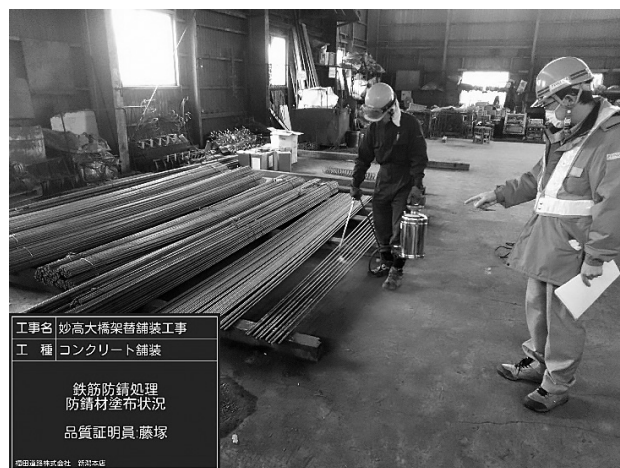


図-1 鉄筋防錆処理状況

②コンクリート舗装の養生方法は湿潤養生を行うためのマットを敷く方法が一般的である。しか

しこの場合、外気温が氷点下になると凍結が発生してしまいます。また、養生中のコンクリート温度が5℃以下となってしまう懸念がある。対策として、通常のマットに加え断熱性と保温・保湿効果の高い保温シートを使用した。更に、鉄筋組立後の降雨・降雪が予想されたことから、鉄筋の防錆対策・上層路盤の養生として全面に保温シートを設置した。実際、鉄筋組立後に降雪があったが鉄筋・上層路盤の品質に影響なくコンクリート舗装を迎えられた。



図-2 降雪時の除雪状況



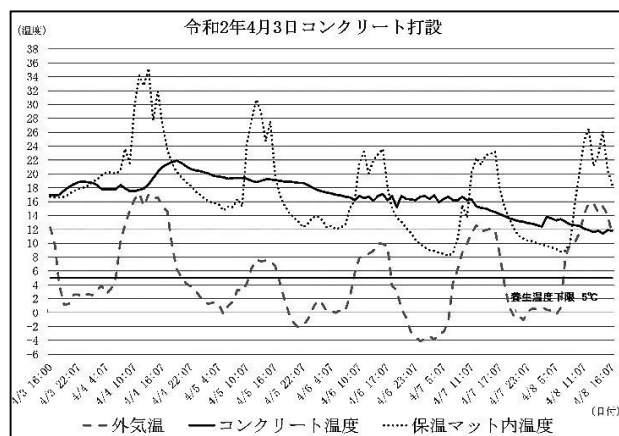
図-3 コンクリート養生保温シート使用

4月3日よりコンクリート舗装の施工を開始した。コンクリート温度・保温シート内の温度・外気温を同時に測定した結果、表-2の通り外気温が氷点下の場合でもコンクリート温度・保温マット内温度は5℃以上を確保できた。コンクリート版ひび割れ発生抑制効果について施工半年後にコンク

リート舗装版のひび割れ調査を行った結果、横ひび割れの間隔は最短で1000mm程度、ひび割れ幅は全て0.3mm以下と有害なひび割れは発生していない。

余談となるが、保温シートは熱伝達率が一般のシートより低く外気の影響を受けにくいため、養生マットの湿潤状態が継続し土曜日・日曜日の散水養生による休日出勤を回避できたことで働き方改革にも繋がった。

表-2 コンクリート養生温度管理表



#### 4. おわりに

コンクリート舗装は初期コストが高い・維持修繕が困難・車両の騒音が発生する等の理由で日本の道路延長に占める割合ではコンクリート舗装よりもアスファルト舗装が圧倒的に多い。しかしコンクリートは日本国内で材料が調達可能であり価格は安定していることに対し、アスファルトは100%輸入であり現在は世界的なアスファルト価格の高騰で初期コストの差は縮小傾向である。ライフサイクルコストの最小化（概ね10～20年でコンクリート舗装とアスファルト舗装のライフサイクルコストが逆転する）やヒートアイランド対策の視点からコンクリート舗装の活用が見直されており、今後はコンクリート舗装の採用が増えることが予想される。この度、新潟県妙高市で施工したように現地の特性・施工時期を考慮した施工法を実践することで舗装の長寿命化に繋げ、コンクリート舗装普及の一助となれば幸いである。

# 54 品質管理

## 落石防止網工の品質管理の工夫

長野県土木施工管理技士会  
北陽建設株式会社

越 間 誉

### 1. はじめに

高遠ダムは高さ30.9m、重量式コンクリートダム(1958年完成)であり、灌漑と発電を主目的とした多目的ダムである。経年風化よりダムサイトの斜面から管理用通路への落石が発生しており、覆式落石防止網(A=330㎡)を設置する工事である。

- 工事概要
- (1) 工事名：令和元年度 高遠ダム落石防止網・転落防止柵設置工事
  - (2) 発注者：長野県企業局南信発電管理事務所
  - (3) 工事場所：長野県 伊那市 高遠町
  - (4) 工期：令和元年12月6日～  
令和2年3月24日

### 2. 現場における問題点

以下の3点が落石防止網を施工する上での課題とダム管理通路の昇降設備について課題とした。

- ①土被りの厚い箇所でのセメントアンカー長が不足する。
- ②アンカーに使用されるセメントカプセルの品質保持と発生強度の確認が曖昧である。
- ③ワイヤーロープこすれ摩耗劣化及びワイヤーロープ金網の切断面からのさびによる劣化
- ④夜間になると垂直な昇降設備に使用されている足掛け金物が見えにくい。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

①アンカー設置箇所に土被りがある場合アンカーが支持層に対し定着が乏しくなり、耐力確保ができない。

対策として事前の試験削孔を行い、支持岩盤までの土被り厚さを計測した。標準アンカー長L=1.0mに土被り厚さ0.3mを加算し、L=1.5m(≧1.3m)のアンカーにて施工を行った。

設置後、確認試験にて必要耐力を確認した。



図-1 土被り部厚さ検測と使用アンカー

②アンカーのグラウト材に相当するセメントカプセルの管理の充実を以下のように行った。

- ・キッチンタイマーによる浸漬時間の管理

セメントカプセルカタログによると浸漬時間は4～5分間と記載されており、現場では時間計測しやすく、作業員に周知しやすいように大きめのキッチンタイマーを置き時間管理を行った。

### ・圧縮強度試験の実施

実際に浸漬されたセメントカプセルからモルタルを取り出し、供試体を作成した。所定強度(24N/mm<sup>2</sup>)以上を確認し、アンカーの品質確保に繋がった。



図-2 カプセル浸漬状況(キッチンタイマー使用)

### ③-1 ワイヤロープの養生(損傷防止)

落石発生時等にワイヤロープが張られる際、端部の巻き付けグリップがアンカー頭部鋼製パイプとの摩擦により破損する恐れがあるため、鋼製パイプの間にポリエチレン管を挿入した。



図-3 ポリエチレン管取付け状況  
鋼製パイプφ32mm、ポリエチレン管径38.1mm

### ③-2 部材加工部の防錆

ワイヤロープの切断面、亜鉛メッキ菱形金の切断面はいずれ浸食されやすい為、切断面を防錆効果の期待できる錆止めスプレーを塗布し養生を行った。

特にワイヤロープの切断面は巻き付けクリップに隠れてしまい維持管理が困難である。(劣化が分かりづらい。)切断面の錆止め実施によるライフサイクルの向上に努めた。



図-4 亜鉛メッキ菱形金網切断部の防錆

④高遠ダム左岸側の堤体袖部を管理通路としている。昇降設備に使用されている足掛け金物は丸鋼の19mmで堤体袖部夜間の照明ではダム堤体の影になり足掛け金物はほとんど見えない。ダムが完成してから年月もたち、足掛け金物の欠損や緩みが出はじめた。そこで交換するにあたり、昇降の際、少量の光にも反射し足掛け位置が分かりやすいプリズム付きでステップが握りやすく滑りにくい。足を掛けた際も滑りにくい入荷も取付け施工も安易なノーブレンステップに変更した。

## 4. おわりに

高遠ダム周辺はタカトウコヒガンザクラ(県の天然記念物・天下第一の桜)の名所(さくら名所100)であり、多くの観光客を迎えている。落石防止網工を設置した上部の市道にも植栽されおり、景観維持(ダム湖の撮影スポット)等の理由もあり、クレーンによる荷下ろし等ができなかった。そのため金網等使用部材の細分化による人力荷下げを行う等、小規模の割に大変な現場であった。

特に今回のように寄り付きがたい斜面上の落石防止網等などの点検、維持管理の効率化、ライフサイクルの向上を意識し、確実な品質管理を行い、より良い構造物を造って行くことが大切である。

# 55 品質管理

## 供用中のダムにおける取水塔基礎の施工について

岡山県土木施工管理技士会

アイサワ工業株式会社

監理技術者

田中正弘

### 1. はじめに

農林水産省が管理する天神ダムの湖底（水深28m）において、選択取水塔設備基礎部分の構築時に鉄筋据付精度の向上と水中作業の省力化を図ったことについて報告する。

工事概要

- (1) 工事名：天神ダム選択放流施設基礎工他工事
- (2) 発注者：農林水産省九州農政局
- (3) 工事場所：宮崎県都城市
- (4) 工期：平成29年11月17日～  
平成31年3月26日

### 2. 現場における問題点

天神ダムは大淀川右岸地区に農業用水の安定的な確保と供給を目的として平成13年に竣工した灌漑専用ダムである。近年では、自然災害により生じた貯水池内への土砂流入に起因して濁水が長期化している状況であり、河川放流において内水面漁協や河川利用者に影響が生じている。このため、本工事において河川に清水を選択放流する機能を既存施設に追加するものである。

選択取水塔設備の構造は、鋼管杭（φ1,000、L=18.8m、N=9）で支持された取水塔基礎コンクリート（13.0m×13.0m×H5.5m）上に円形多段式ゲートを有する六角形のステンレス鋼製独立塔（H=32.5m）を設置するものであり、岸辺から40m程度離れたダム湖内に構築される。よっ

て、基礎コンクリートの施工方法は、水中施工となるので鉄筋、取水塔埋込架台及び型枠は陸上で組み立てた後、200tクレーン付組立台船と180t積運搬組立台船を使用して水中に設置する計画であり、水深28mで構築するにもかかわらず架台の据付規格値は、水平方向に±30mm（ベースプレートの穴位置）という陸上施工と同じ精度が要求された。

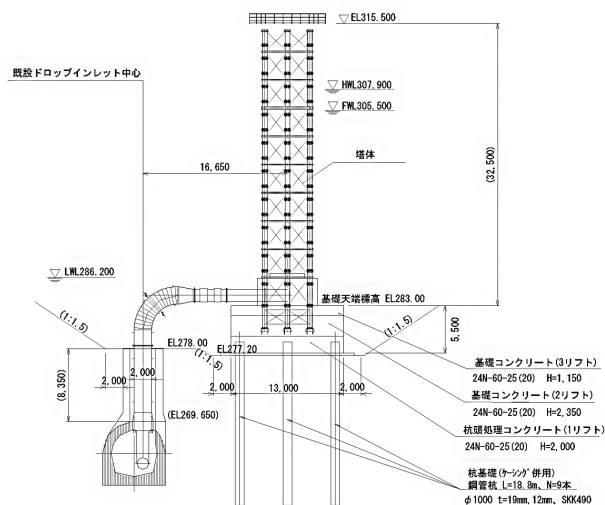


図-1 選択取水設備断面図

ダム湖は前述した理由により、水中での視界が30cm程度しかなく、水深28mでの1人あたりの潜水作業時間が60分程度/日となる厳しい施工条件だった。基礎コンクリートの構造上、鉄筋と取水塔埋込架台は一体化させて同時に設置する必要があり、吊込み用補強鋼材も含めて重量が73tに及ぶ重量物をいかに精度よく、かつ短時間に効率よく据え付けるかということが課題となった。



### 3. 工夫・改善点と適用結果

組立鉄筋の設置については、台船上のクレーンによる横移動では微調整が難しく、厳しい施工条件下で所要精度を確保するには相当な時間がかかることが予想された。このため、均しコンクリート型枠を利用して、直交する2方向に吊り下ろした鉄筋を押し付けることができる鋼製定規枠（H-200、H=2.3m、W=1.3m）を設置し、鋼製定規枠に対面する2方向には潜水士からの指示で台船上から操作できる鉄筋横移動用油圧ジャッキ（1,000kN級）を設置して、吊下ろした組立鉄筋が設計位置に収まるように微調整可能かつ水中作業を極力減らした据付方法を選択した。

さらに、均しコンクリートは陸上工事と同様に取水塔基礎コンクリートより10cm大きな平面寸法13.2m×13.2m、厚さ10cm+30cm（調整コンクリート）となっていたが、平面寸法を15.4m×15.4mに拡大し、均しコンクリート型枠（H-400）に支圧板を追加して鋼製定規枠と油圧ジャッキを堅固に固定できる構造とした。

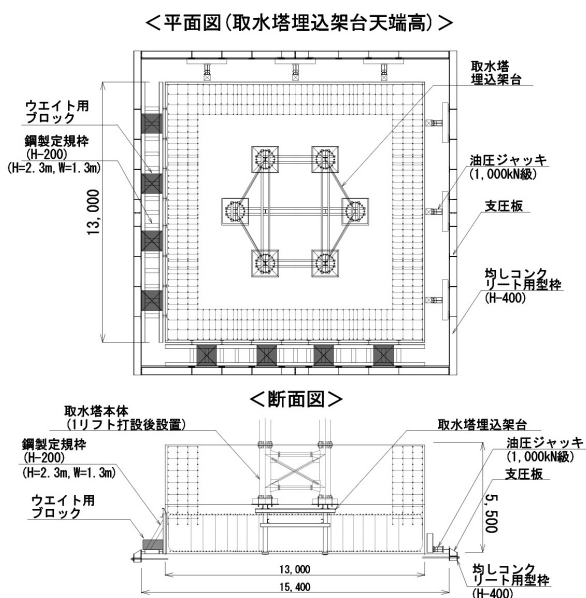


図-2 組立鉄筋据付設備概要図

また、鉄筋と取水塔埋込架台は、8本の吊桁を介してクレーンで吊るが、8本の吊桁は合計140本の吊鋼棒（SS400、φ25mm）で鉄筋組立架台

と取水塔設置用架台に接続する構造で総重量が73tになる。このため、それぞれの吊鋼棒に均等に荷重が作用するか試し吊りを行い、組立鉄筋にたわみや変形が発生しないことを確認した。

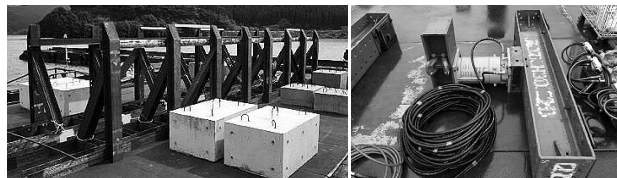


図-3 鋼製定規枠 図-4 油圧ジャッキ



図-5 組立鉄筋据付状況

上記の施工方法で組立鉄筋を設置して測定した結果、据付誤差は平面的に見てX軸方向2mm、Y軸方向0mmに収まり、規格値を十分満足するものとなった。また、作業期間については、鋼製定規枠の設置に2日、油圧ジャッキの設置に1日及び設置前の準備（試し吊り等）に3日を要したものの組立鉄筋の設置は1日で完了した。

したがって、今回実施した施工方法は水深28mという厳しい施工条件下において、所要の精度を確保するとともに水中作業の省力化を図ることができたため、有効な対策であったと考えられる。

### 4. おわりに

今後は限られた財源の下で人口減少や少子高齢化の進展等、社会構造の変化や国民のニーズに合わせて既存インフラを適正化（集約化、多機能化等）する工事が増加すると思われる。既存インフラを供用しながら行う工事は、制約が大きく困難を伴うものが多いが、本工事における経験を今後活かしていきたいと考える。

# 56 品質管理

## 盛土施工における品質向上のための取り組み

福岡県土木施工管理技士会  
株式会社 廣瀬組  
担当技術者  
古賀 隼人

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：福岡208号大川東IC改築外工事
- (2) 発注者：国土交通省 九州地方整備局  
有明海沿岸国道事務所
- (3) 工事場所：福岡県大川市三丸地先
- (4) 工期：令和2年3月24日～  
令和2年11月30日

本工事は、三池港、佐賀空港などの広域交通拠点及び大牟田市、柳川市、大川市、佐賀市、鹿島市など有明海沿岸の都市郡を連携することにより、地域間の連携、交通促進を図るとともに一般国道208号等の混雑緩和と交通安全の確保を目的として計画された有明海沿岸道路延長約55kmの地域高規格道路の一部で、令和2年度に開通予定の「大川東IC～大野島IC」間の大川市三丸地区において大川東ICの一部を施工する工事である。

### 2. 現場における問題点

本工事において有明海沿岸道路の本線部分である路床盛土工の品質管理の工夫が必要視された。最初に、土材料の目視確認、土質試験により路床盛土に適した土材料の選定を行い、路床盛土作業日の1台目搬入時に選定した土材料が締固めに適した含水比の範囲内であるか簡易的に確認する方法を検討した。

次に、使用する土材料で試験盛土を実施し、1

層のまき出し厚さ、転圧回数を決定後、盛土施工時に各層の未転圧箇所や転圧回数不足が発生しないよう、均一な締固め管理を行う方法を検討した。

本稿では、当現場で盛土施工時の品質向上として取り組んだことを紹介する。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

最初に、土材料が締固めに適した含水比の範囲内であることを確認するための方法として、本工事では「電子レンジを用いた土の含水比試験」(図-1)を用いて含水比の確認を行った。

試験方法としては、盛土作業日の1台目搬入時に土材料の試料採取を行い、試料を電子レンジで加熱し土中の水の質量と土の乾燥質量を求め、計算式によって簡易的に含水比を求めることができる。(図-2)

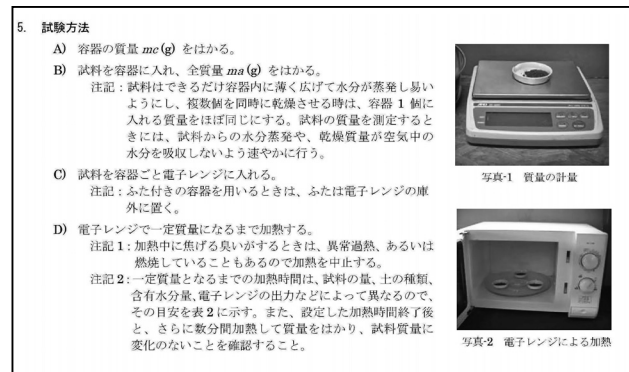


図-1 電子レンジを用いた土の含水比試験方法

土の含水比  $w(\%)$  は、次式によって算出する。

$$w = \frac{ma - mb}{mb - mc} \times 100 \quad \left( \frac{\text{土中の水の質量}}{\text{土の乾燥質量}} \times 100 \right)$$

ここに  $ma$ : 試料と容器の質量 (g)  
 $mb$ : 乾燥試料と容器の質量 (g)  
 $mc$ : 容器の質量 (g)

図-2 電子レンジを用いた土の含水比試験計算式

これにより土材料が締固めに適した含水比の範囲内であるか確認し、締固めに適した土材料である場合はそのまま使用し、低含水比となった場合は散水、高含水比となった場合は現場風乾を行うことで常に最適含水比に近い土材料を使用することができるため盛土施工の品質向上へつなげた。



図-3 電子レンジを用いた土の含水比試験状況

次に、盛土施工時の転圧締固め管理であるが、各層の未転圧箇所や転圧回数不足防止のため、本工事では「転圧管理システム」を導入した。

転圧管理システムは、GPSを用いて取得した位置情報をもとに転圧を回数で管理できるもので、従来の砂置換法等を用いたポイントでの締固め管理と比較して面的な転圧回数を管理できるため施工範囲全域に渡り安定した品質確保ができるものである。

本工事では、このシステムをコンパインドローラーに取り付け転圧管理を行った。(図-4)

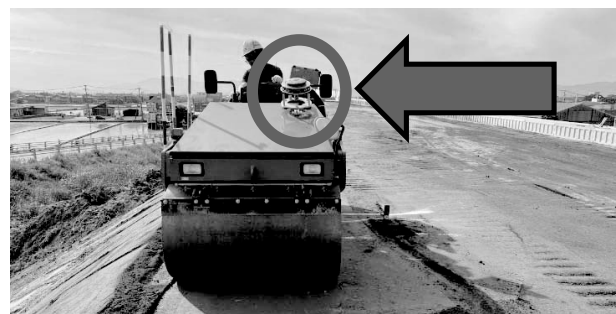


図-4 PC車載型モニター & GPSアンテナ

実際に使用した感想として、転圧作業時に転圧回数に応じて色分けされた任意サイズのメッシュで色分け表示され、リアルタイムにどこを転圧しているのか車載型モニター(図-5)を確認すれば一目でわかることから、転圧回数不足がなくなり、オペレーターが変わった際でもモニターを確認すれば対象範囲の転圧回数不足箇所が把握できるため、人為的なミスや品質差が少なくなった。

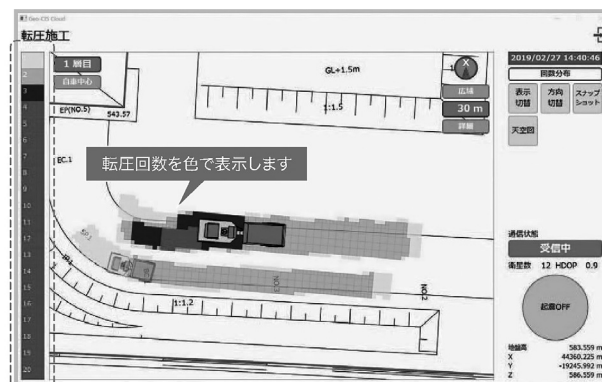


図-5 PC車載型モニター 盛土転圧軌跡画面

#### 4. おわりに

本工事では、盛土施工における品質向上のために以上の取り組みを行うことにより、高品質の盛土施工を実現することができた。

これからも、弊社の品質方針である「地域社会の基盤創りに、高い品質の構築物を提案し、常に安全に、より経済的に建設し貢献する」を基本とし地域社会に貢献できるよう、安全施工と高品質確保に向け様々な挑戦をしていきたい。

# 57 品質管理

## 温度解析によるひび割れ防止対策

佐賀県土木施工管理技士会  
松尾建設株式会社  
作業所長  
真海 一昭

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：道改2A第0111444-010号国道444号道路改良(国道)(2A)工事(橋梁下部工)
- (2) 発注者：佐賀県有明海沿岸道路整備事務所
- (3) 工事場所：佐賀県杵島郡白石町福富
- (4) 工期：2019年8月28日～2020年7月27日

### 2. 現場における問題点

自動車専用道路の築造に伴い、橋台躯体工を2基施工することになった。施工時期は3月下旬から5月上旬であるため暑中コンクリートの期間ではないが、マスコンクリートであるため温度解析を行うことにした。ひび割れ指数の目標は「1.0以上：ひび割れの幅が過大とならないように制限したい場合」とした。

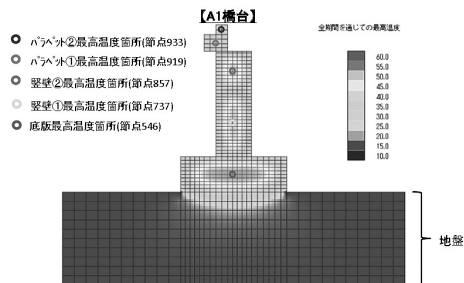


図-1 温度応力解析

その結果、ひび割れ指数がA1橋台0.81、A2橋台0.77となり、1.0を大きく下回ることがわかり、コンクリートに対して改善の必要性が出てきた。

表-1 温度解析結果

着目部材		部材長 (収縮長)	最小 ひび割れ指数	材齢
縦壁①	A1橋台	11.586m	0.81	11日
	A2橋台	11.688m	0.77	10日

### 3. 工夫・改善点と適用結果

改善の着目点として、各部材についてひび割れプロセスの洗い出しを行った。

①底版コンクリートのひび割れプロセスは、内部温度が上昇しコンクリート表面との温度差により生じる内部拘束ひび割れである。温度解析では中心部の温度が約50℃に達する。しかし、表面温度（外気温）は10℃前後であるため40℃程度の温度差があり内部拘束ひび割れの原因となる。この工夫として、底版コンクリート打設後の養生中において温度ひび割れを抑制するため、型枠全外面に熱伝導率が合板比の4分の1である発泡スチロールを設置することにした。これにより表面部の温度降下を緩やかにでき、内部との温度差を小さくできる効果がある。



図-2 発泡スチロール設置状況

熱電対線で内部の温度を測定した結果、最高で52℃まで上昇し、外気温の最低温度は7℃であった。発泡スチロールに覆われた型枠にも熱電対線を設置して常時測定を行ったが、最高で40℃まで上昇し、内部温度との2週間以内の経時的な温度差は最高で15℃程度であった。温度解析時点での温度差40℃と比較してかなりの改善効果が得られた。コンクリート打設から4週間経過してもひび割れの発生は無かったため、次工程である埋戻しに着手できた。

② 堅壁コンクリートのひび割れプロセスは、コンクリート打設後の温度低下に伴い収縮する自由変形が、底版コンクリートなどの外部の拘束体に阻害され発生する、外部拘束ひび割れが原因となる。収縮を抑えるために今回は膨張材の添加を検討した。再度、膨張材を添加した場合の温度解析を行った。この結果、A1橋台は1.06、A2橋台は1.02であったため、いずれの橋台も目標の1.0以上の結果を得ることができた。

表-2 温度解析結果 (膨張材添加)

着目部材		部材長 (収縮長)	最小 ひび割れ指数	材齢
堅壁①	A1橋台	11.586m	1.06	11日
	A2橋台	11.688m	1.02	10日



図-3 膨張材投入状況

外部拘束ひび割れ対策として、養生期間中に十分な湿潤状態を保つことが必要である。脱枠後に表面塗布による乾燥防止を行う方法もあるが、今回は打設後12日目に脱枠をすることで、コンクリート表面の湿潤状態を保持することにした。

コンクリート上部は、NETISで登録されているQマットを設置し、散水によって湿潤状態を保持することにした。打設後4週間経過したがひび割れは発生しなかった。これによりひび割れ対策の効果を実証することができた。

埋土により湿潤が保てる底版コンクリートと異なり、堅壁は長期間において気中に露出するため乾燥ひび割れの発生が懸念される。露出面のひび割れはコンクリートの中性化と相乗し鉄筋の腐食など、コンクリートの耐久性低下に起因することになる。よって、ひび割れ低減材であるハイパーネットを設置することにした。ハイパーネットは鉄筋に帯状に緊結し、面的に補強することで、仮にひび割れが発生してもこれを過大にならないように抑制する効果がある。



図-4 ハイパーネット設置状況

#### 4. おわりに

構造物の耐久性を高めるためには、緻密なコンクリートの築造が必要である。緻密なコンクリートであっても、経年劣化要因として中性化、塩害、凍害等がある。これらに加えてひび割れが発生すると、耐用年数が急激に低下してしまう。ひび割れの発生を低下するには、コンクリートの打設計画及び養生方法を、いかに現場の状況に応じ対応していくかにある。今回は、事前に温度解析を行い対策を行った結果、ひび割れの発生は無かった。この現場の経験を次の現場に生かしていこうと思う。

# 58 品質管理

## 塑性変形した鋼床版等の部分取替施工について

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

監理技術者

施工計画担当

設計担当

八木 聡〇

高柳 克彦

中村 亮太

### 1. はじめに

本工事は鋼床版箱桁橋の中央分離帯付近への重量物落下により鋼床版および横リブが塑性変形を起こし橋面が下方に変形した部分の損傷補修として、片側2車線のうち両方向追い越し車線を常設規制して鋼床版等を部分的に取替える工事であった。図-1に損傷状況、図-2に取替え範囲を示す。

部分取替えにおける新旧部材どうしの接合は走行車線を交通開放していることによる振動、Uリブ（新設側は平リブ）接合部に対する疲労の影響、施工時間最小化の観点から高力ボルト接合による接合方法とした。



図-1 鋼床版、横リブ損傷状況

#### 工事概要

- (1) 工事名：青砥橋復旧工事（鋼床版取替）
- (2) 発注者：東京都江東治水事務所
- (3) 工事場所：東京都葛飾区高砂一丁目地内
- (4) 工期：2019年11月25日～2020年5月8日

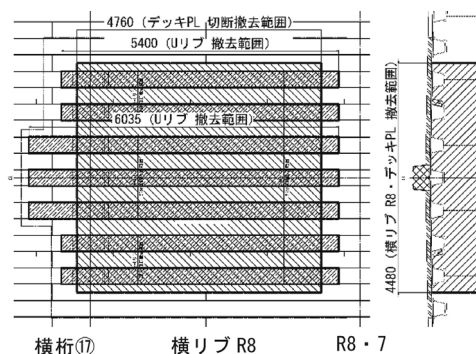


図-2 鋼床版撤去範囲

### 2. 現場における問題点

- 1) 施工箇所は重要路線にあたり、早期の規制解除が強く求められ、手戻りは許されない状況であった。変形した鋼床版を部分的に取替えるためには精度の高い切断ラインの罫書きと切断作業が必須であったが鋼床版への罫書きは既設Uリブや横リブ等がある鋼床版下面からしか行えず、困難が予想された。同様の理由で変形範囲の見極めも難しく、撤去範囲の特定が困難な状況であった。
- 2) 新設鋼床版の取付けにおいては既設部材との接合部における目違いが懸念された。目違いは取替え範囲内にある7本のUリブ接合部および中央分離帯部で横断勾配をつけている縦断折れ位置の鋼床版接合部で予想された。特に縦断折れ的位置に関しては図-3のように1点曲げと2点曲げの2種類の曲げ方（橋梁製作会社により異なる）が考えられたが、既設のしゅん功図面からは判断できないこと、また、直上には中央分離帯、直下に

は既設Uリブが配置されており、当該部が不可視部となる構造であることから確認不可能であったが、前述の理由により事前の対策は不可欠であった。

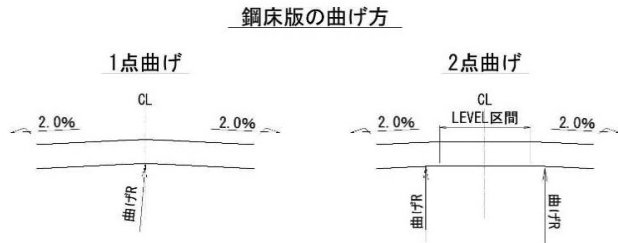


図-3 鋼床版の曲げ方

### 3. 工夫・改善点と適用結果

1) 鋼床版下面に設定した各ポイントにおいて下げ振りやレーザー墨出し器等を使用した罫書きやガイドレールを使用した切断を行うことで新設鋼床版の落とし込み架設はスムーズなものとなり、新旧部材間の隙間は鋼床版、各Uリブ接合部において許容値内に収めることができた。(図-4)

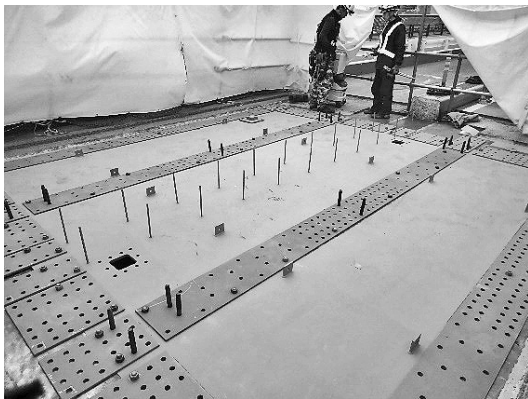


図-4 鋼床版設置状況

変形範囲の特定は3Dスキャナーで変形箇所の周辺部まで撮影して得られた点群データを2次元処理(図-5)することで、鋼床版や横リブに生じた変形の起点位置と任意の位置での変形量を確認することで決定した。鋼床版の変形の起点は健全な横桁および横リブに近く、変形範囲すべてを取替え範囲とすると新旧部材を接合する添接板が配置できないため、添接板の大きさと変形量を考慮して取替え範囲を決定した。

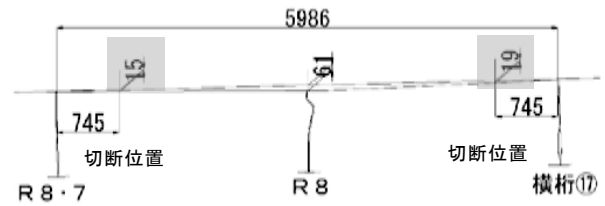


図-5 2次元処理した変形図

2) 鋼床版の取付けにおいては目違い発生のリスクに備え、予備フィラーと予備ボルトを準備した。新旧部材接合部は部材数が多く、取付け間違いが起きる可能性があったため3Dモデル図(図-6)を活用し事前に全職員、全作業員で目違いがあった場合の使用フィラー等の確認を行い、構造の理解、共有を深めた。また、新設鋼床版の落とし込みに支障のない添接板は工場出荷時に新設部材に取付けておくことで現場での取付け間違いのリスクを事前に排除した。

1点曲げであると想定していた縦断折れは2点曲げであったが予備フィラー、予備ボルトを使用することで、手戻りなく架設できた。これらの取組みにより、現場工程は遅延することなく施工時間の最小化を実現した。これにより予定通り26日間の交通規制期間をもって規制を解除し、早期に無事、施工完了することができた。

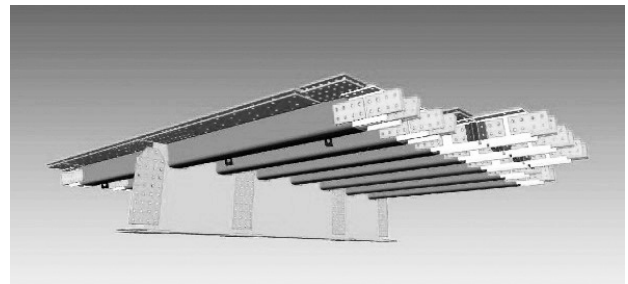


図-6 3Dモデル図

### 4. おわりに

本工事ではレーザー墨出し器やガイドレールの使用で精度の高い施工が可能であること、3Dスキャナーや3Dモデル図の使用が複雑な部材形状や構造の把握を容易にすることが実証された。今後はさらに応用範囲を広げていきたい。

最後に本工事の設計・計画・施工に当たり御指導いただきました皆様に厚くお礼を申し上げます。

# 59 品質管理

## 2期に分かれた鋼床版鋸桁架設と現場溶接について

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

工事担当

設計担当

平野

聡

永谷

秀樹

### 1. はじめに

本工事は、環状第3号線で中央区勝どき三丁目から六丁目を結ぶ新月島運河に架かる旧新島橋を3径間連続鋼床版鋸桁橋に架け替える工事である。工事期間中も道路通行を確保するため、前期・後期の2期に分けて施工を行った。(図-1)

本稿では、鋼床版鋸桁の縦シーム現場溶接によって生じる変形防止対策および、前期架設桁を交通開放している状況での鋼床版落とし込み架設について報告する。

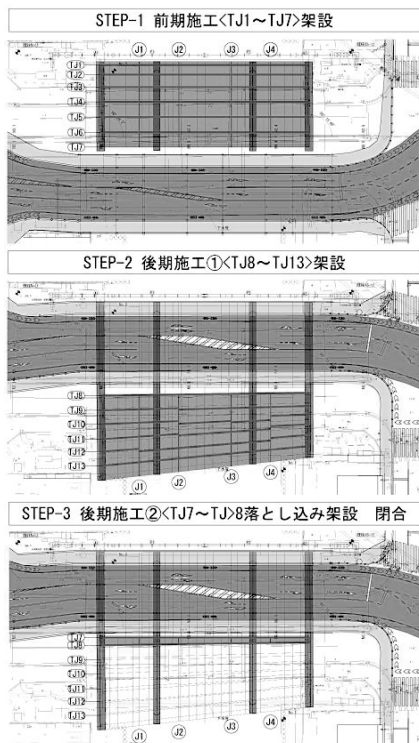


図-1 架設ステップ図

### 工事概要

- (1) 工事名：新島橋架替工事（第四期）
- (2) 発注者：中央区
- (3) 工事場所：東京都中央区勝どき四丁目13番先～勝どき五丁目2番先
- (4) 工期：自)平成28年10月14日  
至)令和2年5月29日
- (5) 橋長：48.30m
- (6) 支間長：12.550m + 22.000m + 12.550m

### 2. 現場における問題点

本橋の鋼床版縦シームは現場溶接継手である。鋼床版鋸桁の縦シーム部の溶接による収縮変形には、主桁間においては桁の剛性と重量によって並行に移動する考えが一般的である。しかし、本橋は新月島運河の航路高を確保する必要があるため桁高が900mm程度と通常よりも低い構造であり(図-2)、桁の剛性および重量が軽量であるため現場溶接による桁の跳ね上がり等の変形が発生しやすいことが懸念された。

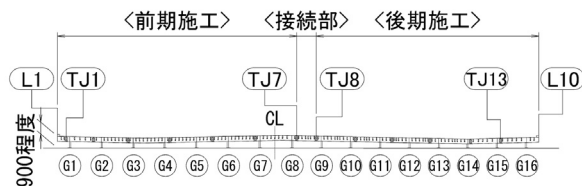


図-2 断面構造一般図

さらに、後期施工範囲においては鋼床版縦シームが一直線上に無く(図-3)、各縦シーム継手



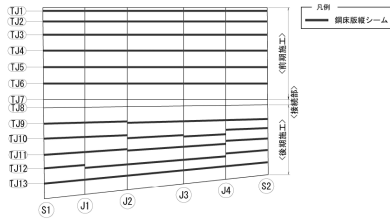


図-3 断面構造一般図

ごとに現場溶接による収縮にばらつきが生じてしまうことも懸念された。

また、前述したとおり当現場は、工事期間中の道路交通を確保するため前期と後期の2期に分かれての施工であり、前期施工完了後は交通開放をした状態で後期桁の架設を行い(図-4)、前期施工と後期施工の接続部を鋼床版の落とし込み架設で閉合する。工場製作では前期・後期の桁を別々の時期に製作するため、橋全体としての取合いを仮組立てにおいて確認することが出来ない上、接続部の架設時は前期施工範囲が交通開放されているため、桁の変形挙動が前期・後期の継手接続を困難にし、品質出来形に影響を及ぼすことが懸念された。



図-4 後期施工 桁架設状況

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### (1) 鋼床版の現場溶接による変形防止対策

鋼床版縦シームの現場溶接部については、鋼床版上面に等間隔(3~4mピッチ程度)でストロングバックを設置し高力ボルトで固定することで溶収縮による桁の跳ね上がりおよび、縦シームが一直線上に無いことによる収縮のばらつきを抑える構造とした。(図-5)

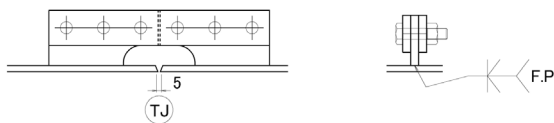


図-5 ストロングバック構造図

また、桁間の継手は、平行に移動させるため横リブの下フランジを仮ボルトで締付けてから縦シーム溶接を行い、最後にウェブのボルト締め付けを行うことが一般的である。しかし、本橋の場合、仮ボルト(SS400)では確実に固定できず形状を保持できないため、縦シーム溶接前の横リブ下フランジ継手は高力ボルトを用いた仮ボルト(F10T)を使用し確実に固定されるようにした。鋼床版縦シーム溶接が完了した後に、リブ継手部の本ボルト(S10T)への取り換えを行った。

#### (2) 前期桁・後期桁の接続による出来形管理

鋼床版縦シーム方向の添接方法について、一般部は現場溶接としているが、前期桁と後期桁の接続部については現場溶接では品質管理が困難であるためボルト接合とした。また、接続部の鋼床版幅および、継手部のボルト孔あけを現地計測後に行うことで前期桁・後期桁の位置関係のずれに対応可能とした。さらに、現地では後期桁の架設完了後、朝・昼・夜と環境の違う時間帯で位置関係の計測を1週間行うことによって桁の変形挙動の確認を行った。計測結果をもとに、工場と連携して接続部の落とし込み架設が可能である桁形状および孔位置を算出した。

### 4. おわりに

本橋は、無事に接続部の鋼床版落とし込み架設が完了し、品質出来形も良好なものとなり現場架設を完了することができた。(図-6)

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



図-6 新島橋完成写真

# 60 品質管理

## 鋼製橋脚の組立精度の向上対策について

日本橋梁建設土木施工管理技士会

川田工業株式会社

現場代理人・監理技術者 現場担当者

現場担当者

中島 誠 司<sup>○</sup>

羽田

明

溝口

勝

### 1. はじめに

本工事は、圏央道の一部として整備中の高速横浜環状南線のうち、栄IC・JCTにおいて、鋼製橋脚3基を製作・架設する工事である。

工事概要

- (1) 工事名：横環南栄IC・JCT鋼製橋脚設置（その3）工事
- (2) 発注者：国土交通省関東地方整備局横浜国道事務所
- (3) 工事場所：神奈川県横浜市栄区田谷町地先
- (4) 工期：平成30年12月07日～令和02年08月31日
- (5) 形式：鋼製ラーメン式橋脚（1基）  
鋼製円柱橋脚（2基）
- (6) 鋼重：935.7t



図-1 円柱橋脚DP4、ラーメン式橋脚AP12

### 2. 現場における問題点

本橋脚は、梁の張り出しや門型ラーメン構造に

より、柱には水平方向の製作キャンバーをもたせている。また、各柱ジョイントは溶接構造のため、架設後も溶接の施工順序によって、形状及び橋脚高さが変化してしまう。「出来形管理基準及び規格値」による鋼製橋脚工の架設規格値を表-1に示す。

表-1 鋼性橋脚架設規格値

測定項目	規格値（社内目標値）
基準高	±20（±16）
橋脚中心間距離	±30（±24）
支間長及び中心線の変位	±50（±40）
現場継手部によるすきま	5

単位 mm

上記の規格値は橋脚高さに関係なく一定であり、橋脚高さが高ければ高いほど架設精度の管理は困難といえる。今回、規格値の80%を社内目標値として架設精度の管理をおこなったが、今回の橋脚は、各橋脚とも30m近い高さに対して、基準高が±16mm以内、橋脚中心間距離が±24mm以内とシビアな管理が必要であり、施工を進めるうえで、下記のような問題点が考えられた。

- ① すべての部材を架設してからの形状調整が困難なことから、1部材架設するごとに製作キャンバーによる架設ステップ毎の形状で精度管理する必要がある。
- ② 柱部材は、板厚61～87ミリと厚く、柱ジョイントを溶接することで、ジョイントに縮みの作用が働き、柱の高さや柱の傾きが逐次変化する。

- ③ 架設する度、柱ジョイントを溶接する度に計測、調整を繰り返し行うことで形状計測に人手がとられる。
- ④ 日射を受けることによって、熱膨張により刻々と柱の傾きが変化するため、正確に架設精度を管理することが困難になる。
- ⑤ 基部は、輸送の関係から2分割で搬入し、現場で地組、溶接を行うが、底面形状に微妙な不陸が発生すると、受点のアンカーボルトのナットが20個以上あるため、柱の建入れ精度に影響が出る。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

下記の対策により架設をおこなった。

- ① 架設する度、柱ジョイントを溶接する度に計測しなければならない形状計測に、「橋梁桁自動計測システム (3Dブリッジ)」を用い、形状計測の効率化を図った。



図-2 3Dブリッジによる計測状況

- ② 計測結果をふまえ、柱部材架設時に調整しやすいように「油圧式柱建入治具 (建治くん)」を採用し、微調整を行った。



図-3 柱建入調整治具「建治君」

- ③ 計測結果をふまえ、柱ジョイント溶接時に形状をコントロールしやすいように、各柱ジョイント開先部にメタルタッチ断面を4箇所設けた。



図-4 開先部メタルタッチ断面

- ④ 既に架設した柱部材を、遮光ネットで覆うことにより、日射による影響を最小限に止め、形状計測の精度の向上を図った。
- ⑤ 地組、溶接が完了した基部の底面形状を3次元レーザースキャナーで計測し、受点のアンカーボルトのナット高さを微調整することで柱部材の架設精度の向上を図った。

### 4. おわりに

各橋脚とも30m近い高さのため、微妙な調整が柱の傾き精度に与える影響は大きい。特に、基部から柱の中間付近にかけての柱部材の傾きが完成形の出来形に大きく影響するため、シビアな管理が必要であった。橋脚高さの管理では、柱ジョイントを溶接することによって縮むことを想定し、高めに架設することで、現場溶接完了時に社内目標値内にはいるよう調整するなど試行錯誤の連続であった。

最後に、本工事の施工にあたり、ご指導、ご協力いただきました国土交通省関東地方整備局横浜国道事務所湘南出張所の方々を始め、関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

# 61 品質管理

## 地盤改良工の施工性向上に対する取組みについて

株式会社 森組  
現場代理人  
岡本 太郎

### 1. はじめに

本工事周辺の木曾三川河口部は、今後30年以内に70～80%の確率で発生するとされる南海トラフ巨大地震により、堤防の変形・沈下、それに伴う巨大津波の遡上が予想され、甚大な被害が懸念されている地域である。

本工事は、木曾川右岸3.2k+147～3.8kにおいて、巨大地震により、地盤等の液状化による堤防の沈下を抑制することを目的に行う、木曾川川表側の地盤改良工事である。

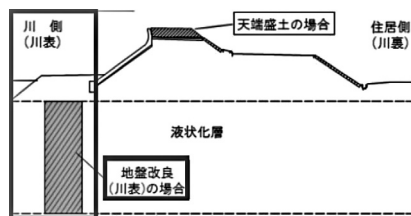


図-1 液状化対策工概要図

### 2. 工事概要

- (1) 工事名：令和元年度 木曾川福豊川表高潮堤防補強工事
- (2) 発注者：国土交通省 中部地方整備局
- (3) 工事場所：三重県桑名市長島町福豊地先
- (4) 工期：令和元年10月11日～令和2年10月30日
- (5) 工事延長：592m
- (6) 地盤改良工：締固め改良工 987本
- (7) その他：固結工、海岸土工、天端被覆工、構造物撤去工

### 3. 現場における問題点

当工事の締固め改良工は、SAVEコンポーザー HA工法（静的締固め砂杭工法）（NETIS:CB-160026-A）での施工である。この工法は、従来のSAVEコンポーザー工法にエアと水の両方を混合して噴射する装置（エジェクター）を搭載し、従来では貫入不能の際にアースオーガ等による先行掘削を必要とした地盤（N値35程度）まで貫入が可能である。施工順序としてSAVEコンポーザー HA工法が貫入不能の場合にSAVE-SP工法（砂圧入式砂杭工法）に工法変更する計画であった。しかし、貫入不能となる箇所・本数等は未定であった。施工箇所が狭小であり、貫入不能になると他作業への施工転換が困難なため工事が一時中断してしまう恐れがあった。また、地元住民の要望により早急に工事を完成させる必要もあり、地中障害物の把握と貫入不能時の対策及び施工の効率化が課題であった。

### 4. 工夫・改善点と適用結果

#### 4-1 貫入不能時の対応についての検討

施工範囲の不発弾磁気探査報告書により、SAVEコンポーザー HA工法が貫入不能と成り得る転石・礫等の地中障害物の埋没箇所（図-2）を把握し、実際の施工機械を用いて試験施工を行った。試験施工の結果より、SAVEコンポーザー HA工法での貫入不能時の施工手順フロー（図-3）を作成し、本施工を開始した。

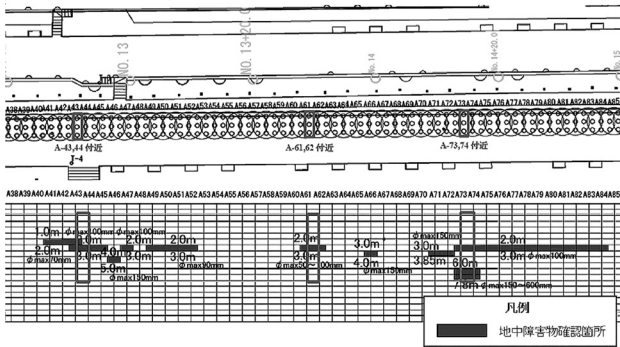


図-2 地中埋設物 埋没箇所

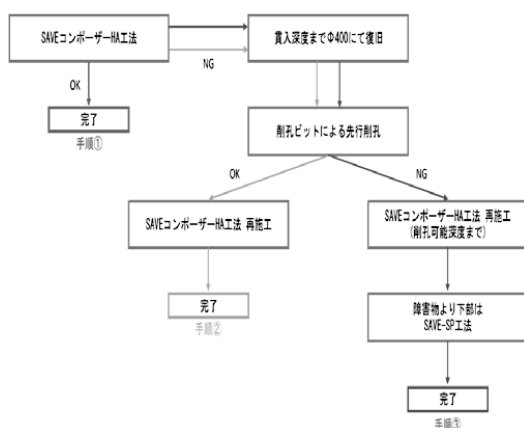


図-3 貫入不能時の施工手順フロー

#### 4-2 Visios-3Dシステムの導入

効率的に、かつ安全に施工を行うために、「地盤改良工の施工管理システム Visios-3D」(NETIS: KK-190005-A)を施工機械に導入し、施工管理を行った。

〈特徴① 施工状況の可視化〉(図-4)

施工機械内の管理モニターにて、地盤内の施工状況がリアルタイムにアニメーション表示されることで、地盤内の砂杭造成状況を把握し、随時対策を取りながら施工を進めることが可能となった。

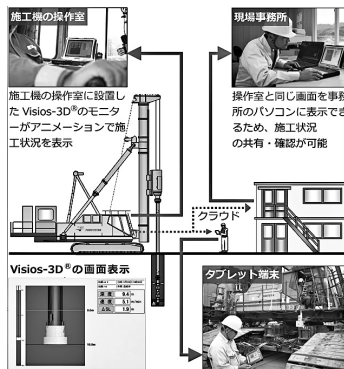


図-4 施工状況の共有化

また、上記同様の画面・情報をクラウドサーバーにより、離れたタブレット端末や事務所内のパソコン等で、職員・職長もリアルタイムで把握することができ、作業手順の打ち合わせを正確に行うことが可能となった。

〈特徴② GNSSによる位置誘導システム〉

GNSS(全球測位衛星システム)を用いることで砂杭の杭芯まで施工機械を誘導することが可能となった。(図-5)

それに伴い、砂杭987本の杭芯測量を省略することが可能となり、杭芯測量時における施工機械の待機時間を短縮し、施工効率の向上を図った。

また、987本の杭芯測量を行う職員も不要となり、現場作業における働き方改革の実践、施工機械周辺での作業不要による安全管理のリスク軽減となった。

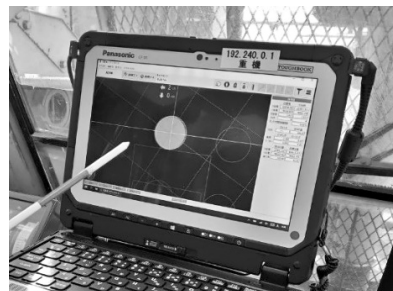


図-5 施工機械誘導状況

## 5. おわりに

上記の通り、入念な準備を行って本施工に着手した結果、SAVEコンポーザーHAの貫入不能による施工中断及びSAVE-SP工法の導入を回避することができ、大幅な工期短縮が可能となった。

また、施工状況の可視化・共有化により、従来はオペレーターしかリアルタイム管理ができなかったが、複数人でのリアルタイム管理を可能とし、施工精度の向上が可能となった。その結果、出来形・品質の向上に効果的であったと考える。

これらの二次的効果として、働き方改革の観点からは、システム導入に伴う杭芯測量不要による現場職員の負担軽減として非常に有効だったと考える。

# 62 品質管理

## 既製杭の出来形確保における取り組み

株式会社 森組  
現場代理人  
萩 野 瑛

### 1. はじめに

国道51号は、千葉県千葉市から茨城県水戸市に至る延長130kmの主要幹線道路である。そのうち、国道鹿嶋バイパスは茨城県潮来市洲崎地先から北浦を渡河（神宮橋）し、茨城県鹿嶋市清水地先に至る、延長8.3kmのバイパスである。神宮橋は架設後50年以上が経過した老朽橋であり、東日本大震災以降橋脚にひび割れ等の影響が生じ、今後大きな地震動を受けた場合、落橋・倒壊に至る恐れのある変状が生じる可能性があるため、橋脚の架け替えが本事業の目的である。

本事業で新規に架設する橋は、現在の位置ではなく新神宮橋（1期線）と隣り合う位置に架設することになり、新神宮橋は4車線化となる。本工事では、新神宮橋（2期線）の潮来側の橋台1基の構築と、将来構築される下部工及び上部工施工のための仮栈橋の設置を行うものである。



図-1 施工箇所位置図

### 2. 工事概要

- (1) 工事名：H30年度国道51号神宮橋架替  
潮来側橋梁下部他工事
- (2) 発注者：国土交通省 関東地方整備局

- (3) 工事場所：茨城県潮来市洲崎地先
- (4) 工期：平成31年2月8日～  
令和2年9月30日
- (5) 橋工 [A1橋台]：既製杭（SC+PHC杭  
 $\phi 800\text{mm}L=61.5\text{m}$ ） $N=12$ 本
- (6) その他：仮栈橋工、仮締切工 他

### 3. 現場における課題点

既製杭の施工は、軟弱な地盤であれば偏芯及び傾斜を起しやすいが修正もし易い一方で、堅固な地盤であれば偏芯及び傾斜を起しにくいが修正は困難となる。また、施工初期に偏芯および傾斜を起しやすく、施工が進むにしたがって修正が困難となるのが一般的である。

土質調査の結果（図-2）、施工基面から-6.0m付近まではN値7程度の軟弱な地盤であり、それ以下では、N値20程度と堅固な地盤である事が確認できる。



図-2 埋設管吊り降ろし方法

また支持層深度が深く（GL-63.5m）施工杭長は61.5mと長いものとなっている。

これらの施工条件から、既製杭の出来形を確保するための、特に施工初期での偏芯及び傾斜の管理が課題となった。

## 4. 対応策

上記課題に対して施工前に検討を行い、以下の対策を行った。

### 4-1 ガイドコンクリートの打設

施工基面に円形箱抜きしたガイドコンクリート（杭径+100mm 厚さ200mm）を打設した。（図-3）



図-3 ガイドコンクリート 全景

ガイドコンクリートを打設することにより、杭の位置を物理的に拘束し、施工基面での杭の偏芯の抑制を行った。

### 4-2 パイルナビの使用

杭打設管理システム「パイルナビ」（NETIS：KT-120091-VE）を採用し、杭の沈設作業時の杭の偏芯及び傾斜の管理を行った。（図-4）

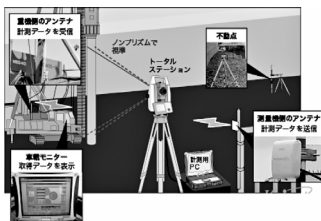


図-4 パイルナビイメージ図

ノンプリズムトータルステーションを用いて杭の位置を自動で計測及び算出を繰り返し行い、杭の偏芯量と傾斜を数値化することができる。その結果は、職員用モニター及び杭打機オペレーター用モニターにリアルタイムに表示され（図-5）確認することができる。その表示をもとに、偏芯及び傾斜を修正しながら杭の沈設作業を行った。



図-5 パイルナビ使用状況(1)

本工事では、橋軸方向と橋軸直角方向に各1台、計2台のノンプリズムトータルステーションを設置し計測を行った。（図-6）それにより計測からモニター表示されるまでの1サイクル当たりの所要時間を1台での計測に比べ約10秒の短縮ことができ、より杭の偏芯及び傾斜の状態を把握することが出来た。

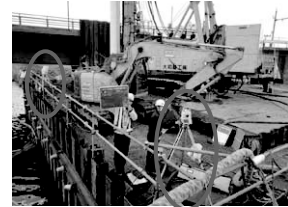


図-6 パイルナビ使用状況(2)

### 4-3 3Dパイルビューアーの活用

杭・地盤改良施工情報可視化システム「3Dパイルビューアー」（NETIS：KT-170030-A）を活用した。パイルナビ等で計測した杭の施工情報（施工深度毎の電流値等）を可視化（図-7）及び共有し、柱状図との比較を行い、次に沈設する杭に反映させた。

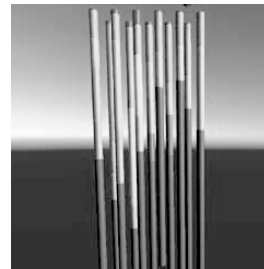


図-7 施工状況可視化表示画面

## 5. おわりに

事前に施工条件の確認（柱状図や杭長）と現地にて検討会（職員や施工業者が参加）を開催し、課題点の抽出及び対策、規格値の50%である目標値の設定（偏芯量50mm以内、傾斜1/200以内）を行った。その結果、全ての杭において目標値を満足することができた。特に、「パイルナビ」と「3Dパイルビューアー」の2つのシステムを採用したことで、従来工法では行えなかった偏芯量と傾斜の数値化及び可視化した点は、出来形の向上に非常に効果的であったと考える。

# 63 安全管理

## 工事が輻輳・重複している場所での 安全施設の設置と維持管理

(一) 北海道土木施工管理技士会  
伊藤組土建株式会社

橋 本 一

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工 事 名：東の里遊水地南9号周囲堤改修工事
- (2) 発 注 者：北海道開発局札幌建設事務所
- (3) 工事場所：北海道北広島市東の里地区
- (4) 工 期：平成31年4月20日～  
令和2年1月9日

石狩川改修工事の内、東の里遊水地内での工事で概要は、盛土 $V=90,000\text{m}^3$ 、植生工 $A=25,000\text{m}^2$ 、運搬工（購入土） $V=50,000\text{m}^3$ である。当該地区の工事は、今年度で事業を完成させるため、関連工事は20工区あった。施工箇所は、盛土土工は堤防天端、運搬工は場内と場外からの土砂運搬で、工事用道路を走行するダンプトラックは約2000台/日が通行するため、他工区を含めて工事安全協議会を組織して安全に工事を進める必要があった。

### 2. 現場における問題点

1) 堤防天端への昇降施設、進捗にあわせた管理  
堤防天端は、盛土の施工を行なうことから、昇降階段の設置後にも継ぎ足し、法面仕上げや種子吹付作業時には移動もある。また、法面の長さ $L=25\text{m}$ 、勾配は $1:3.5 \sim 1:4.0$ ありすべて人力で設置や撤去することも考える必要があった。

2) 場内のダンプ走行路確保と安全通路の設置  
仮設道路の幅は $6.0\text{m}$ しかなく、現状では土砂運搬のダンプの往復通路と安全通路を設置すること

は困難である。また、降雨後にはダンプ通行路からの土砂が流れ込み、安心して通行できる状態にするには、走行路と間隔を確保する必要がある。

3) 場外からの土砂搬入ダンプにおける安全管理  
毎日同じ運搬通路を走行しているため、交差点の一時停止の注意看板も見落としがちであり、路肩を明示するカラーコーンの転倒時の整列や清掃などの維持管理の時間を少なくする必要があった。

4) 広い現場での機械・労務の体調・衛生管理  
労務やバックホウなどの盛土作業は決められた作業範囲で、ダンプ運搬は場内と場外で移動があり、朝礼や打合わせ時の特定した時間にしか顔を見ての体調確認、指示・指導を行う事が出来ない。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

1) アルミ製昇降階段の使用、安全設備の設置  
本体がアルミ製でユニット化されている手すり一体型の組み立て式階段を採用した。長さ $2\text{m}$ の階段は、重量が $20\text{kg/セット}$ と軽量で、普通作業員2人で組み立てや移動が出来きる簡単な構造の昇降階段を採用した。(図-1)



図-1 昇降階段設置1列 図-2 昇降階段設置2列

工事が進むにしたがい、他工区の使用や労務が増加して階段を使用する頻度が増えて、階段前



で待機する現象が生じたため階段を2列配置にした。(図-2) 階段前の運搬路をダンプが通行するため、前後に“左右確認ゲート”を設置して必ず左右確認するようにした。昇り側の階段横には、階段の段数と消費カロリーの明示(地下鉄駅の階段の踏面の明示をヒント)を行い、昇降時の現場に対してイメージアップも工夫を実施した。



図-3 確認のゲート



図-4 消費カロリー明示

工事安全協議会のパトロールでは、緊急避難時に階段通路が2列あることで移動時間の短縮、近道行動の禁止、破損した場合の予備など、好事例として他現場への説明に利用された。

2) ダンプの一方通行の指定と安全通路の確保  
仮設道路の幅が6.0mでは、ダンプ運搬路と安全通路の確保が困難のため、工事安全協議会でダンプ運搬路の一部を一方通行にして、走行面に敷鉄板6.0m×1.5mを設置し通路補修の低減と転倒などの防止を図った。安全通路の踏面に、幅1.0m、厚さ0.5mmの不織布マットを敷設して靴底の土砂付着防止を、通路両端にカラーコーンを設置し労務者の近道行動を図るためである。(図-5)



図-5 安全通路 マット敷設、カラーコーン

3) 文字が変わる看板、規制用ポールで路肩明示  
場外から場内への運搬は、毎日同じルートを通行するため、午後には疲れや西日による幻惑で路外逸脱や交差部の左右確認を怠ることが多くなる。看板も一度設置したら変わることがないため、注意喚起の文字も見落としがちである。そこで、毎日週番が交代で、当日の天候や仕事の進捗を“一言注意”として手書きで記入した。(図-6)



図-6 毎日手書きの注意書き(中央)



図-7 路肩明示用ポール 図-8 ポール清掃の集積

カラーコーンは、強風時の転倒(2回/月程度)と降雨後の清掃(10日/回)で労務、作業が生じるため、道路規制用ポールに交換し設置した。

土台の黒いおもりは水を5kg入れ、ポールは着脱式で高さ85cm円柱状のタイプ。強風時にも倒れず、埃落としや水洗いの清掃も1か月に1度回収しまとめて清掃でき3時間/回で終了できた。

4) 快適トイレを3箇所、リラックス館の配置  
工事現場内の快適トイレは、現場出入口及び中間の3箇所に設置して、使用中による待ちや移動による事故の防止につなげた。また、休憩所には熱中症予防の塩飴の他、市販のキャラメルを袋詰めして“リラックス館”と称し休憩所のカゴに入れ、持ち出し自由とした。各自、ポケットに入れて適時に一息入れることができる。(図-9)



図-9 リラックス館(メッセージ付き)

#### 4. おわりに

他工区と協議会を組織して安全に工事を終わることができた。現場では、実務経験がある労務者、女性や経験の浅い労務者でも手摺があり幅の広い階段、マットを敷設した段差のない通路、リラックス館など働きやすい環境にすることで安全に作業を進められる。この方法は他現場でも活用されている。

# 64 安全管理

## コロナ禍における安全対策・熱中症対策

栃木県土木施工管理士会  
株式会社前原土建  
工事主任  
海老原 侑治

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：令和2年度水道事業下古山地区  
配水管布設替工事第3工区
- (2) 発注者：下野市
- (3) 工事場所：下野市上古山地内
- (4) 工期：令和2年6月17日～  
令和2年9月30日

### 2. 現場における問題点

工事を受注した段階で、新型コロナウイルスが全国的に感染拡大していた。この段階で栃木県内に関しては感染者が多い状況ではなかったが、今後の社会状況で、工事が休止・中止した場合の対処はどう対応したら良いか。

また工事に関する感染症防止対策は確立されていなかったため、マニュアル等はなく、今後の感染拡大、現場でのクラスターが発生した場合の対処、熱中症対策と関連してマスク着用などの安全対策をどう遂行すればいいかが問題点となった。



図-1 マスク着用での作業状況

### 3. 工夫・改善点と適用結果

先ず施工体制の確立を行った。当初は外注での施工を考えていたが、外注工事で行うと、現場作業員の健康管理を十分に把握する事が出来ないと判断したため、工事の大部分を直営による作業で行うこととした。これにより、平時からコミュニケーションを踏まえていたため、帰宅後の行動であったり、休工時の接触者等の懸念事項を、隔たりが無く確認する事が出来た。また交通誘導に関しては、警備業法の関係上、専門会社に依頼せざるをしかなく、極力同じ人選にて対処した。

そして始業時には全作業員に対して非接触型体温計を使用しての検温を行った。37.5度以上の体温の場合には、作業中止の勧告を行うことを、事前に社内外に通達をした。併せて、新規入場者教育時にも個々に説明し、入場時の検温を義務付けた。毎日の検温は表にして記録することにより、各自の平熱を管理することができ、外観から判断するその日の表情とは別に、各作業員の体調管理の判断基準として役立つ事が出来た。



図-2 非接触型体温測定

続いて、手洗いの徹底を行った。現場事務所にはポリタンクの水に加え、アルコール除菌剤を常備した。水は毎日汲み直し、アルコール除菌剤に関しては、濃度が75%のものを使用した。現場への入場時、作業の休憩・終了時には、こまめに手洗いを行い、感染予防に努めた。

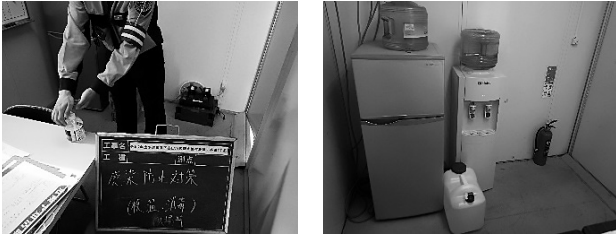


図-3 除菌・手洗い

そしてマスク着用による熱中症対策として、「熱中症対策ウォッチ」を着用して作業を行った。炎天下に加えて、マスクを着用することで、今までにない暑い環境下での作業となる。それに伴い身体にどれだけ熱が溜まっているか、身体からどれだけ熱を逃しているのか、自分自身の目で確認することができないため、着用することとした。これにより警報とLED表示で、視覚と聴覚で知ることができ、他者からも確認することができた。以前であったら、他者に迷惑を掛けないように、個々で無理に作業を行っていたが、今回着用したことで、警報が鳴った時には強制的に休憩をとる事とした。



図-4 熱中症対策

そして社会でも合言葉ともなっているソーシャルディスタンスを確保した。市道における配水管布設という狭い範囲での作業の特性上、完全に遂行する事は出来なかったが、朝礼や打合せ時には距離を確保し、事務所では換気を行い、密を避ける事が出来た。

#### 4. おわりに

新型コロナウイルスの感染拡大の真っ只中での工事となった。熱中症対策としては放熱したい一方で、マスクで顔を覆うコロナ対策。相反している感は否めないが、感染予防のため、率先して衛生管理を行うこととなった。非接触型体温計や除菌剤等の衛生用品は、本社対応で調達してくれたことで、現場においては手洗い用の水の確保と熱中症対策に注力する事が出来た。当初はアルコール除菌をすればウイルス感染は回避できると思っていたが、後に濃度が重要であると知らされてからは、品質に着目することができた。

距離をとって、マスク着用での会話は、相手の声が聞き取りにくく、通常よりも大声での会話となり、弊害が生じることとなった。フェイスシールド・マウスシールドも着用して作業を行ってみたが、唾液の飛散・曇りによる視界不良等により、今回に関しては継続使用を断念した。

ウイルス感染防止に加えて、工事が梅雨時期と重なったことで、現場従事者には、普段以上の負担を強いたことに対して感謝したい。現場を預かる立場上、入場した全ての人に対して感染して欲しくないという思いで、今回の現場運営を行った。特に衛生に重点を置いた安全管理を徹底した。工事終了2週間後に、協力業者及び自社作業員に聞き取り調査を行った結果、感染者がいなかったことに安堵し、胸を撫で下ろすことができた。

今後の現場に関しても、今回以上の衛生管理が必須と考える。新たな知識を取り入れ、他現場も参考にして運営していこうと思う。

# 65 安全管理

## 交通規制に係る地元車両への対応と舗装の品質確保

長野県土木施工管理技士会

株式会社倉品組

技術係長

寺嶋 孝雄<sup>○</sup>

土木部長

木村 良紀

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：令和元年度 県単道路占用路面復旧・県単道路橋梁維持（舗装修繕）工事
- (2) 発注者：長野県大町建設事務所
- (3) 工事場所：（一）川口大町線 大町市 大塩
- (4) 工期：令和元年7月11日～  
令和2年2月14日

舗装修繕工 L=401m W=3.4～8.2m

$$A=2,589\text{m}^2$$

本工事は、配水管工事における舗装の本復旧と破損劣化した舗装の修繕工事である。（図-1）

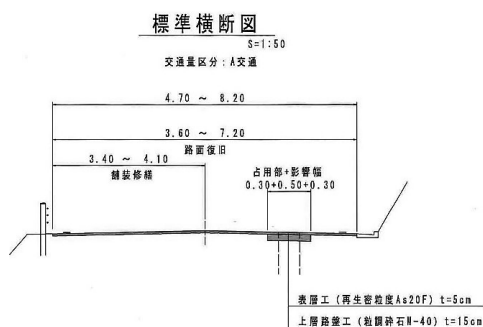


図-1 (標準横断図)

### 2. 現場における問題点

舗装修繕施工を行なう道路幅員はW=3.4mと狭く、通行車両を通しながらの作業は難しいと予想された。地元車両と共に公共バスやごみ収集車、高齢者福祉車両も通行しており、これらに対応す

る交通規制対策が課題となった。また、既設のガードケーブル基礎部が逆勾配のため路面に雨水がとどまりやすい上、山側からの湧水が道路脇の水路で排水できず路面上に流れている箇所があり、冬期には凍結によるスリップ事故の発生が懸念されながら長年補修・修繕が行われてこなかったため、今回の舗装修繕工事に合わせて対策が求められた。以上、①地元車両等の交通規制、②路面上の湧水・溜水処理への対策、の2点を課題とした。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### ①地元車両等の交通規制

幅員が狭い箇所は作業効率、安全性の観点から原則全面通行止めで作業を行う計画だったが、地区内の高齢者を送迎する福祉車両の運行については利用者の負担も考慮して、例外的に規制時間内でも通行できるようにした。また予め該当住民には通行許可証を配布し（図-2）、交通誘導員が優先車両を判別して現場内作業の一時中断を行い、安全に通行できるよう周知徹底した。



図-2 (地元車両通行証)

公共バスは現場手前のバス停で迂回してもらい、ゴミ収集車については最寄りの規制区域外の収集所で対応してもらった。そのため、ゴミ収集日には規制区域内の収集所に出されたゴミを規制開始前に規制区域外の収集場に運搬移動（図-3）し、住民も収集車も通常通りの収集ができるように配慮した。結果、苦情やトラブルもなく地元住民の方々から当工事への理解も得られ、無事竣工した。



図-3 (ゴミ収集規制区外収集場へ移動)

#### ②路面上の湧水、溜水処理

既設のガードケーブル基礎部が逆勾配のため降雨時に雨水が路面に溜まってしまうので、ガードケーブル基礎部のコンクリートを溝状に削孔して雨水を排水出来る様にした。（図-4）



図-4 (ガードケーブル基礎部排水溝作成)

また、地元住民から山側からの湧水が道路上に流れてきて冬期は凍結してスリップするから改善して欲しいと要望がでていたので、既設水路内に長年溜まった土砂を撤去清掃し、甲蓋ジョイント部に溝を切ってスリットを設け湧水を全て水路へ誘導した。その結果舗設作業も湧水の影響を受けずに行うことができ、舗装の品質確保ができた。

#### 4. おわりに

現場周辺の道路は見通しが悪く道幅も狭い箇所が多いので、地域住民との交通事故防止のためカーブミラー及び道路標識の清掃を行い、現場車

両運転者の安全意識の向上につなげた。また路面清掃と同時に現場内のガードケーブル清掃も行い周辺の環境美化に努めた。地元車両通行証を渡すと共に地元日影地区の方々に対して、工事着手前および施工中に工事のお知らせ、工程表を定期的に配布することによって作業内容・工程・規制時間が分かるように配慮した他、地元からの要望、意見等を聞き工事の進捗に反映させた。（図-5）

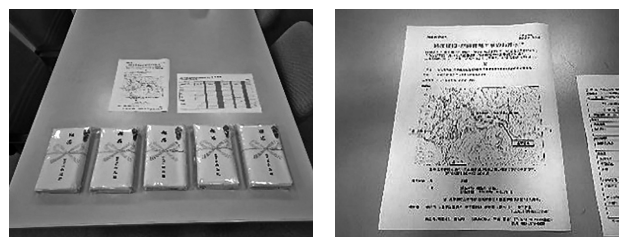


図-5 (地元地区お知らせ文、工程表)

路面上の雨水・湧水処理と同時に、複数あった破損が著しい既設構造物の補修も行い、当舗装復旧工事竣工後も道路構造物として機能するように、また道路を使用する地域住民が使い易い様に配慮した。安全面では、公衆災害防止の観点からNETIS製品を積極的に導入した。高輝度スリム看板は遠くからも見やすいという道路幅員も確保できるので、交通規制区間延長が長い当現場では有効であった。また日没が早まってくると施工時間内でも薄暗くなるので、現場内に照明設備（図-6）を配置し、作業性、安全性の向上に努めた。



図-6 (照明設備使用状況)

今後も現場を施工するにあたり地元からの要望等に誠意ある対応を心掛けて信頼関係を築いて行きたい。

# 66 安全管理

## 工事用車両進入路の計画及び工夫による安全確保

長野県土木施工管理技士会  
庫昌土建株式会社

小澤 史明

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：平成30年度 防災・安全交付金  
広域河川改修工事  
(一) 砥川 赤砂1工区
- (2) 発注者：長野県諏訪建設事務所
- (3) 工事場所：長野県諏訪郡下諏訪町
- (4) 工期：平成30年9月26日～  
令和1年7月12日

### 2. 現場における問題点

本工事は下諏訪町砥川の護岸改修工事であり、1・2工区併せて施工延長が左岸側約L=374m（1工区下流側199m・2工区上流175m）で、（図-1、2）現況の川幅が15mに満たない狭隘な河川内に仮締切りを設置し、工事用スペースを確保して環境保全型大型ブロックを設置する工事であった。また、両岸には家屋が密集しているため、当初は対岸の右岸側から畑を借地し堤防天端まで盛土を行った後、仮設管を設置し左岸側に進



図-1 施工箇所上空全景着手前写真

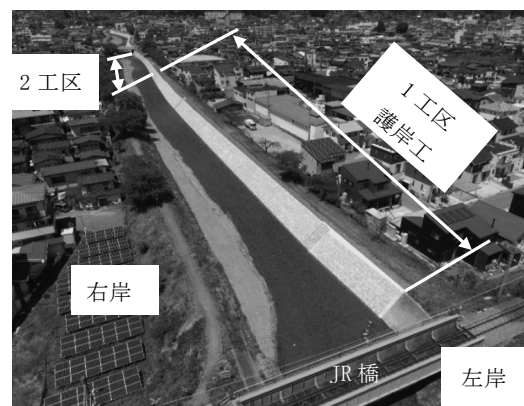


図-2 施工箇所上空全景完成写真

入路を設置する計画であったが、降雨による水位の上昇が激しい河川であることが経験上わかってきたため、より安全な進入路の設置が課題であった。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

1) 仮排水計画の工夫による地域住民の安全確保  
工事により仮締切りを施工する影響で川の流が通常と変わるため、特に右岸側の未施工区間で降雨による増水で堤防が浸食され二次災害が発生してしまうことが懸念された。

対策案として、右岸側未施工区間の既設護岸の根入れ状況も不明であったため、既設護岸を保護する目的も兼ね右岸側未施工区間の堆積土を約2.0m残置した上で、想定最大流量（ $20.38\text{m}^3/\text{s}$ ）を確保できる仮設計画（図-3）を提案・協議し施工することで（図-4、5）期間中堤防が浸食せれることなく施工完了できた。

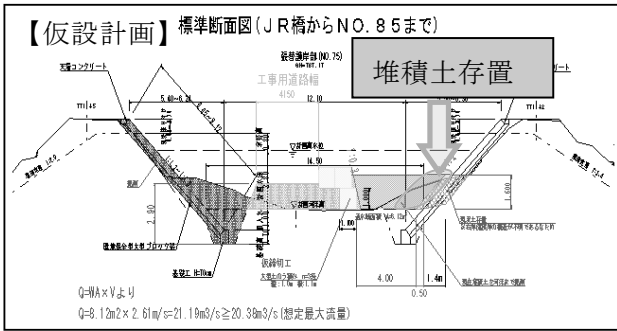


図-3 仮設計画

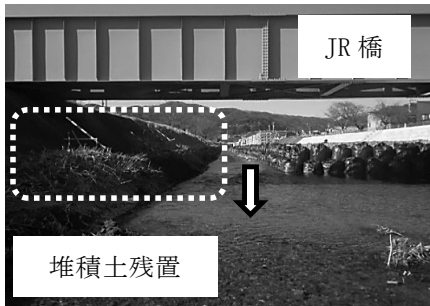


図-4 仮排水設置完了  
(下流から上流方向へ撮影)



図-5 仮排水設置完了 (上空写真)

## 2) 工事用車両進入路の計画及び工夫による安全確保

工事用仮設進入路について、当初は右岸側より仮設管を設置して砥川を横断し左岸側を施工する計画であったが、降雨による水位の上昇が激しい砥川の工事を経験している上、近年のゲリラ豪雨等の異常気象を考慮し、また、前項に記載の通り右岸側の堆積土を残置する関係でコルゲートパイプφ2000仮設管を3列の施工は難しい、何よりも降雨により仮設管に流木が詰まり、堤防が決壊し甚大な被害になる可能性を考えると、より安全な進入路が必要と判断した。

そこで左岸側民間事業者駐車場を借地して進入路とする案を提案し、民間事業者へ相談したところ、周辺住民の方々の了解が得られれば工事用車

両進入路としての使用を許可できる事となり、進入路周辺の各家庭(約50軒)に工事概要・工程・運行経路・通行時間帯8:30~17:00及び土、日、祭日の大型工事用車両通行禁止等を説明し交差点等の危険箇所には交通誘導員を配置計画することで周辺住民の了解が得られ、各関係機関と調整を行い、民間事業者駐車場(駐車台数20台分)の代替駐車場用地を民間事業者への負担を最小限に留める場所を検討し結果了解を得られた。

進入路を下記(図-6)へ変更することで仮設管(コルゲートパイプ)φ2000の組立・設置・撤去工程が短縮できたほか、必要な工事用道路幅員も確保でき、安全に工事が完成できた。



図-6 進入路設置完了

## 3) 鉄道の近接施工に関する安全確保

施工箇所最下流にJR鉄橋があり、瀬追工施工時に鉄橋下の堆積土を除去する必要があった。JR東日本と協議を積極的に行い、対策を講じて施工した。

まず、鉄橋から5メートル以内を近接工事区間と定め、明示テープを設置して表示喚起した。

近接工事区間内は鉄橋下1メートルの高さを制限区域とし、高さ制限装置付きのバックホウを用いて高さ制限をセットした上で保安員を配置し、事故なく施工完了できた。

## 4. おわりに

本工事では隣接業者、地元住民の協力と発注者を含む関係機関の指導により工期が短縮できたほか、事故なく安全に工事が完成できた。

# 67 安全管理

## 作業性の向上と交通事故防止対策

長野県土木施工管理技士会  
株式会社倉品組

松澤 敬吾<sup>○</sup> 酒井 裕美

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：令和元年度 県単道路防災工事
- (2) 発注者：長野県大町建設事務所
- (3) 工事場所：(一)川口大町線 大町市  
蝮坂スノーシェルター
- (4) 工期：令和元年6月18日～  
令和元年9月27日

本工事は、スノーシェルター屋根材の劣化した箇所（L=79m A=663m<sup>2</sup>）における屋根修繕工事であった。

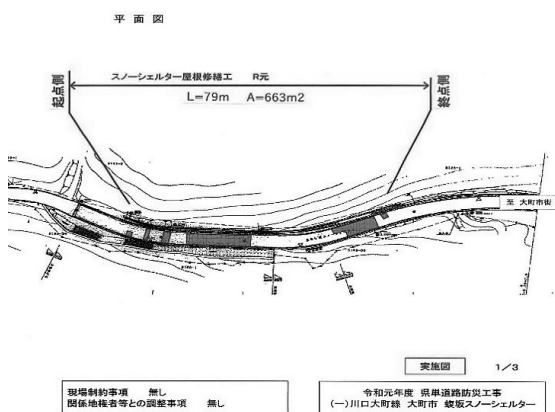


図-1 (スノーシェルター施工位置図)

### 2. 現場における問題点

修繕箇所が点在しているが、資材の搬入には、クレーン車を使用できる場所が起点側からの1箇所しか無いため、そこから各修繕箇所までの資材の搬入・運搬等をどのように行うか。また、地上

からH=5m以上の屋根上で作業をするため、作業員の転落防止と資材等の落下防止対策用に安全ネットを設置するが、シェルター内が昼間でも薄暗く、通行車両から認識される安全対策が必要のため、どのように対応するか。以上2点が課題となった。(図-1)

### 3. 工夫・改善点と適用結果

資材の搬入には、構造物の立地条件上、施工箇所が荷上げ位置から遠い部分にあるため、資材の保管場所は出来るだけ施工箇所の近くに作りたかった。当初25t級のクレーンにより起点側道路からの荷上げを考えていたが、スノーシェルター屋根の起点側に転落防止の柵があり、高く上げられても遠くへの資材搬入は困難であることがわかった。そこで、スノーシェルター横のスペースが幅約5m有ったので、水路に敷鉄板を設置し碎石を敷き均して搬入路を作り、25tより機械幅が狭い5tクレーンを設置、少しでも施工箇所に近い位置から荷上げができるようにした。(図-2)



図-2 (5tクレーン設置状況)



その結果、25tでは起点側10～15mまでしか届かない所を最大24mも伸ばすことができ、人力運搬の距離を短縮できた。修繕開始時は施工箇所が近かった為、既設屋根材を撤去～新設屋根材の施工、運搬を1枚ごとに行っていたが、施工箇所が遠くなるにしたがって施工時間が減少してしまうため、作業効率の改善として人員を増やし施工班を「張替施工班」と「運搬班」の2班に分かれて作業を出来るようにし、少し離れた施工箇所には、独自に作製した台車を用いて、人力運搬の作業効率を上げると共に、屋根材の破損に細心の注意を払い、資材の品質確保に努めた。(図-3)



図-3 (独自作製荷台付台車使用状況)

その結果、作業効率がそれまでの2倍の施工速度に上がり、計画よりも早く竣工する事が出来た。

次に、シェルター内の仮設安全ネット設置時には、通常のトラック型高所作業車は、移動毎にアウトリガー設置のために運転手の乗換えと設定・解除で時間を要するが、クローラ型だと作業バケット内で車両の移動が操作できる(図-4)ので、作業性が向上し、効率よく施工することができた。



図-4 (高所作業車(クローラ型)作業状況)

また、シェルター内での作業では、薄暗く視認性が悪いため、作業員に光るベストを着用させて、第三者との交通事故等の防止に努めた。

(図-5)



図-5 (光るベスト着用)

#### 4. おわりに

今回の工事は、冬期の降雪による通行障害と交通事故防止を目的としたスノーシェルターの屋根補修を行った。シェルター内を通行させながらの工事であり、第三者への交通災害と、高所作業に伴う墜落、転落等を防止するために、細心の注意をはらって施工した。工事期間中の交通規制は朝夕の通勤時間を避けAM8:30～PM4:30間を片側通行とし、規制の周知は事前看板や回覧板等で広報し周辺地域住民の方々の理解を得て行う事ができた。施工中の墜落転落防止対策としては、スノーシェルター屋根上の清掃、足裏清掃マットを使用して足元の清潔を徹底し、滑りにくい作業靴を使用させ、降雨時は、作業を中止して危険要因を取り除き事故防止に努めた。その他シェルター内の道路標識や反射板の清掃、路肩のゴミ拾い、シェルター屋根を覆うように伸びた雑木の枝の伐採を行う等、現場周辺の環境美化に配慮した。工事中も発注者、地域住民からのご指導やアドバイスをいただいて現場での施工管理、安全管理に役立てた。今後も創意工夫を心掛け、安全管理の向上、作業効率の改善、環境配慮等を検討し、地域からの信頼される工事を行っていきたい。

# 68 安全管理

## 高速道路営業線近接施工における追加安全対策

岡山県土木施工管理技士会

株式会社 大本組

東京本社土木部

棚橋 正忠<sup>○</sup>

東京本社土木部

浅賀 泰夫

東京本社土木部

防村 弘幸

### 1. はじめに

日本の大動脈である東名高速道路（以下「東名」と略す）のダブルネットワーク化として建設が進められている新東名高速道路（以下「新東名」と略す）。御殿場ジャンクションから名古屋方は2012年に開通したが、今回の工事は東京方に向けた第一工区の工事で、御殿場ジャンクション内での施工が特徴である。

工事概要は以下の通りである。

- (1) 工事名：新東名高速道路  
新駒門東第二高架橋他3橋（下部工）工事
- (2) 発注者：中日本高速道路（株）東京支社
- (3) 工事場所：静岡県御殿場市駒門
- (4) 工期：2014年9月2日～2018年11月9日

### 2. 現場における問題点

本工事の施工箇所は、**図-1**に示すように供用中の東名と新東名御殿場ジャンクションランプ橋と交差するため、各橋脚は東名、新東名の近接箇所での施工となる。日8万台以上の通行量を持つ両高速道路に支障をきたす事は日本の物流にも影響を及ぼすため、安全対策を十分に行う必要があった。今回は、東名及び新東名での近接施工時に実施した追加の安全対策について述べる。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

- ①レーザーバリアシステムの設置



図-1 高速道路近接施工



図-2 レーザーバリア

高速道路に近接してのクレーン作業が多いため安全距離として高速道路桁もしくは盛土法肩から2m離隔を取った位置にレーザーバリアシステムを設置した。高速道路近接時に警報音と回転灯で運転手及び作業員に知らせることで、接触を防止した。さらにヤード敷鉄板上にレーザーバリア範囲をラインで明示することで、危険範囲を見える化し、離隔に余裕を持ったクレーン作業に努めた。

#### ②コンクリートポンプ車配管防護

高速道路の防音壁を超える高さにポンプ車のブームがあがるため、ポンプ車の配管やジョイントからコンクリートが飛散することがないように、

配管及びジョイントの全体を防護材で覆うことで飛散を防いだ。防護材はマジックテープで脱着可能なタイプにし、作業前点検が容易にできるよう工夫した。



図-3 ポンプ車配管防護

### ③玉掛けの二重化

高速道路走行車両よりも高い位置でのクレーン作業が多数あるため、玉掛治具の点検を確実に実施するとともに、玉掛けの二重化を実施した。常に二重の玉掛けとすることで、高速道路への吊荷落下リスクを低減し、第三者災害を防ぐことができた。



図-4 玉掛けの二重化

### ④ICTを活用した監視システム

施工箇所に配備したWi-Fiネットワークを通じて、デジタル気象観測計や土留工に設置した挙動観測計等のデータを随時インターネットに伝達し、事務所で確認することができる情報通信ネットワークを構築した。

常に事務所で状況を把握できるだけでなく、職員が所持するスマートフォンからも、それぞれの状況を確認することができるため、インターネットがつながる場所であれば、どこでも状況を知ることができる。さらに、それぞれに管理値を設定し、管理値を超えた場合は、職員のスマートフォ

ンにメールが届き、確認するようシステム構築を行った。なお、挙動管理表示画面については、パソコンでの画面構成を簡単に修正できるよう、マイクロソフトエクセルをベースとし、誰が見ても理解しやすいよう表示画面を工夫した。

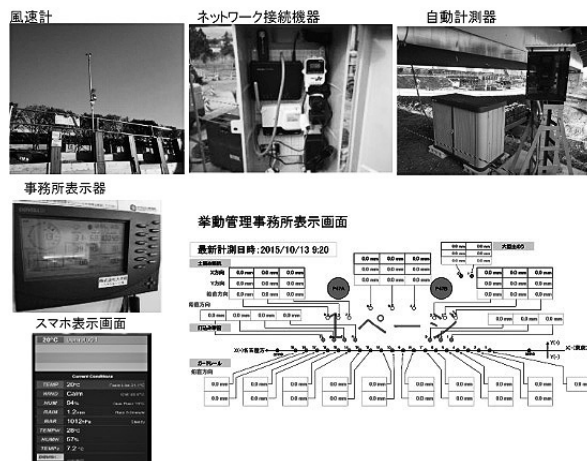


図-5 ICTを活用した監視システム

なお、高速道路近接箇所での足場・支保工設置範囲については、関係者と協議を重ね、「建設工事公衆災害防止対策要綱（土木工事編）」で示されている俯角75度の範囲に走行車線が含まれる場合は走行車線に固定規制を実施し、車両への影響を最小限にした。

施工期間中、各種対策を実施することで、事故災害等を防ぐことができた。着手当初は危険と感じる施工条件でも、同一箇所での施工を続けることにより感覚が麻痺し、マンネリ化することが大きな懸念材料であったが、毎日の対策を確実に実施するとともに、アラームによって機械的に危険を知らせるシステムを構築したことで、マンネリ化を回避できた。

## 4. おわりに

各種センサーを現場に多く設置したが、データの連係や進捗との比較については人力で実施してきた。IoTなどの普及により、進捗管理も自動化され、それぞれのデータとの連携が図れば、施工全体での判断ができるうえ、AIの発達により、危険性の自動アラーム等が実現できる。そのためにも、関連する技術開発が待たれる。

# 69 安全管理

## 現道隣接工事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  
川 島 智 伸

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工 事 名：広川草場地区築堤工事
- (2) 発 注 者：国土交通省 九州地方整備局  
筑後川河川事務所 大川出張所
- (3) 工事場所：福岡県久留米市三潞町草場地先
- (4) 工 期：令和元年7月24日～  
令和2年3月31日
- (5) 主な工事内容：河川土工 掘削 $3,900\text{m}^3$ 、路体（築堤）盛土 $1,5950\text{m}^3$ 、法面整形（盛土部） $7,250\text{m}^2$ 、法覆護岸工 植生工 張芝 $7,900\text{m}^2$ 、矢板護岸工 一式、付帯道路工 アスファルト舗装工 一式、側溝工 プレキャストU型側溝 $217\text{m}$ 、自由勾配側溝 $720\text{m}$ 、集水柵7箇所、付帯道路施設工 一式、ブロック積擁壁工 $324\text{m}^2$ 、仮設工 一式



図-1 完了全景（終点側から起点側を望む）

本工事は、筑後川水系広川左岸 $0\text{k}600+50 \sim 1\text{k}600+50$ の位置において、既設高水敷に延長 $917.6\text{m}$ の築堤嵩上の盛土および法面整形、盛土

法面に張芝の施工を行った。

また、付帯道路工として、築堤盛土法尻と県道47号久留米城島大川線の間にはプレキャストU型側溝と自由勾配側溝を施工、堤防天端はアスファルト舗装を施工する工事であった。

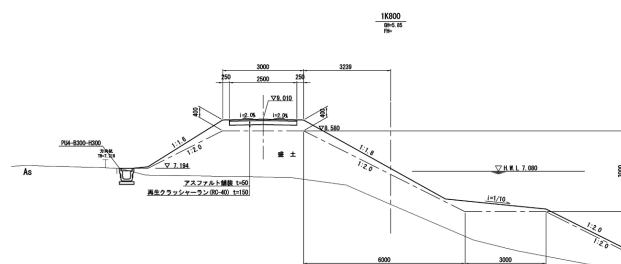


図-2 標準横断面図

### 2. 現場における問題点

施工箇所は、交通量が多い県道と並行しており、県道路肩を掘削し、側溝の施工を行うため、作業時および夜間（作業を行っていない時間帯）における、交通災害等が懸念された。このため、交通災害防止について検討し対策を行った。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

- (1) 地元へのチラシの配布

施工内容、工事工程、工事期間等を記入したチラシを作成し、工事開始に先立ち、地元区長を通じて地元住民へチラシを配布し、工事内容の周知を行い、協力を得た。

(2) 県道際側溝施工時および夜間の注意喚起措置  
 県道に近接して施工を行う為、ソーラー式LED電光表示板およびソーラー式LED大型回転灯、ソーラー式LED矢印板を使用することで、作業時および夜間の一般車両への視認性が向上し、交通災害防止対策に繋がった。

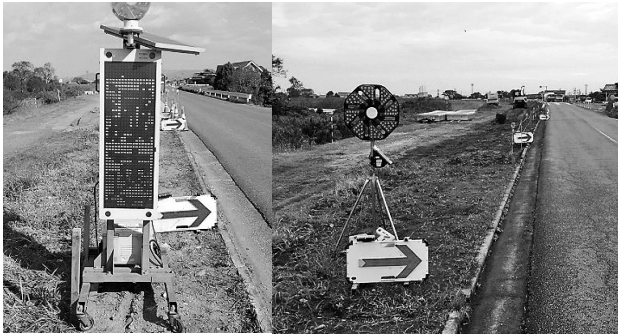


図-3 注意喚起措置

(3) 夜間時の掘削箇所の路肩明示

掘削箇所に反射テープを貼った鉄ピンおよびトラロープにて路肩明示を行った。また、夜間時の一般車への視認性向上のため、ソーラー式保安灯及びカラーコーン等を併用することで、夜間の視認性向上に繋がり、一般車両の掘削箇所への転落防止対策を行った。



図-4 路肩明示

(4) 県道際側溝施工時における交通誘導警備員の配置

一般車との接触防止の為、バックホウは県道側への旋回を行わない様、指導を行った。

また、県道際の掘削時には、バケットが車道に近接する事により一般車への恐怖心を与える為、

交通誘導警備員を配置し、一般車両接近時は、旗および笛にて重機オペレーターへの合図を行い、重機作業等を一旦停止し、一般車両が通過後、再度作業を開始することにより、一般車両のスムーズな走行を妨げないよう指導し接触防止対策とした。



図-5 交通誘導警備員の配置

#### 4. おわりに

現場周辺には住宅や酒蔵、工場等があり騒音・振動・粉塵には十分配慮し施工を行った。また、施工箇所川表側には、漁船が多数停泊しており、漁業者の現場往来があるため第三者災害防止および河川への油流出防止対策を徹底して行った。

隣接道路は交通量が多く、施工区間が約1kmと長いため、一般車の通行を妨げないよう一般車の目線で夜間時の掘削箇所をソーラー式LED電光表示板および大型回転灯、矢印板等の安全施設の設置、また鉄ピンおよびトラロープ等にて養生を行い、交通災害にも十分な配慮を行った結果、苦情等が1件も発生することなく工事を完了することが出来た。

新型コロナウイルスの流行により、現場施工にも大きく影響し、感染症予防対策として施工時のマスク着用・正しい手洗い・アルコール消毒・体温管理等を徹底し、朝礼時・作業時・休憩時・打合せ時において3密にならないよう現場管理を行い、新型コロナ感染者の発生を防止出来た。

最後に地元住民、工事関係者、隣接工事業者の協力のおかげで無事故・無災害で工事を終えることが出来た。今後の工事においても、今現場の経験を活かして行きたい。

# 70 安全管理

## 夜間工事における安全管理及び工程管理の工夫

福岡県土木施工管理技士会  
株式会社 廣瀬組  
監理技術者  
津村 太輔

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工 事 名：福岡208号大川東IC改築外工事
- (2) 発 注 者：九州地方整備局  
有明海沿岸国道事務所
- (3) 工事場所：福岡県大川市大字三丸地先
- (4) 工 期：令和2年3月24日～  
令和2年11月30日

本工事は、有明海沿岸道路の佐賀方面への延伸に向けた改築工事と橋桁下部周辺を約1kmにわたって排水構造物と防草対策を行った工事である。

### 2. 現場における問題点

本工事では夜間工事に伴う通行止め規制を約2ヶ月間行う必要があった。その際の事故防止及び工程短縮の工夫を重要課題として対策を行った。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

通行止規制の打合せをする際、先行工事で発生していた一般車の工事箇所への誤進入の情報があり、その防止対策として警察協議を慎重に行った。

夜間工事として、まず、先行工事の引継ぎで、交差点部の吊り足場解体作業が残っていた。解体作業には、25t吊りラフテレーンクレーンと高所作業車を併用して大ばらしを行い、地上に降ろした後、人力による小ばらし作業を行った。

その結果、高所作業が減少し、墜落・転落災害

の防止に繋がった。また、解体作業日数を8日間で予定していたところ、5日間で解体作業が完了し、工程短縮にも繋がった。

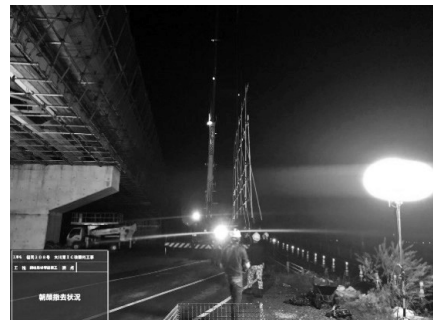


図-1 吊り足場解体状況

通信管路を道路上下線の路側部に埋設する際、施工班を4班体制とし、土工2班と管路埋設2班とに分かれ施工を行った。着工前に地下埋設物調査を実施した際、埋設箇所には、既設電線管が埋設されており、新設管路の掘削作業中に地下埋設物切断事故が発生する可能性があった。事故防止対策として既設電線を地上に約500m露出切廻しをさせた。



図-2 既設電線露出切廻し状況

材料の工夫として、埋設通信管路の路線毎にその長さの管材を用意し、切断及び接続作業の発生による手間を省略した。ハンドホールの接続箇所は、昼間に削孔作業を行い、削孔待ちを解消した。

通信管路を埋設する法面部の防草対策として道路上下線に200mずつ張コンクリートを施工してあった。復旧に夜間でのコンクリート施工は工程を圧迫するため、防草シートを昼間に施工することを提案し、採用された。



図-3 防草シート施工状況

また、施工時期は梅雨期に掛かっていたため雨天による作業中止の判断には、気象情報を常に収集し発注者と打合せを密に行い、夜間作業の実施・中止の判断を行った。

その結果、雨天による作業中止日が12日間発生したが前述で記載した対策を行ったことで、規制終了予定日内に完了することができた。

#### 4. おわりに

今回の夜間規制は、交通量の多い道路を通行止規制し、規制看板等を約3kmにわたって設置する事により、一般車に分かりやすく周知した結果、苦情が1件も発生することなく完了した。今回、規制時の安全施設でバルーン型投光器を交差点付近に設置する必要があった。その際、近隣に住宅があり、騒音による苦情発生が予想された。苦情発生防止の工夫として、使用するバルーン型投光器を騒音が発生しないバッテリー発電式を使用した。経費は通常タイプの発電機によるバルーン型投光器より3倍程度掛かったが、結果として苦情が発生しなかったため、周辺住民への配慮となった。



図-4 バルーン型投光器(バッテリータイプ)

夜間施工をしている際、昼間の施工も同時に行っており、昼間施工とのからみもあり工程管理の不具合による遅延が発生しないように情報共有を徹底した。また、元請職員の配置を昼夜各2名ずつで対応を行った。

コロナ禍における施工においても非常に気を使った現場であり、感染症予防対策として作業員のマスク着用・手洗い、体温管理を徹底し、3密にならないよう分散した作業を意識した現場管理を行った。



図-5 ソーシャルディスタンス

久しぶりの夜間工事でいろいろ大変な場面があったが無事故・無災害で竣工できたことは地元の協力あってのことだと思う。また、事前に段取りすることがこんなにも有益かつ安全に繋がることを経験させてもらった現場であった。今後もこの経験を活かして、現場運用に役立てていきたい。

# 71 安全管理

## 市街地の舗装工事における 地元とのコミュニケーション

宮崎県土木施工管理技士会  
旭建設株式会社  
岡田 久美子

### 1. はじめに

本工事は、宮崎県内の主要道路である10号線において、アスファルト舗装を切削オーバーレイにより修繕する工事である。施工箇所は複数箇所にあるが、いずれも交通量の多い箇所であることから夜間施工である。

施工は片側交互交通規制を行いながら、1車線毎に切削からオーバーレイを一日で行う計画である。

#### 工事概要

- (1) 工事名：平成30年度延岡管内舗装修繕工事
- (2) 発注者：延岡河川工事事務所
- (3) 工事場所：延岡河川国道事務所管内
- (4) 工期：2019年4月1日～2019年12月25日
- (5) 主な工事内容：切削オーバーレイ

### 2. 現場における問題点

舗装工事では車両の通行ができない時間帯が発生する。施工範囲内には市道との交差点、店舗等の乗り入れ口が多く、交差点の利用や店舗への乗り入れができないことについて、地元住民や店舗経営者への事前説明と対応が必要である。

#### ① 住民への対応

工事内容と交通規制の内容、通行出来ない日が発生することを記載した工事ちらしを作成し、まずは地元の代表者への説明と挨拶に伺った。その際、交差点の利用状況やどの範囲まで周知して

おくべきか等の助言を頂いた。

施工箇所に近いアパートや民家へは事前に戸別訪問し、工事内容と車両の通行出来ない日があること、夜間に騒音や振動が発生する恐れがあること等を伝え、理解を得た。

#### ② 夜間営業の飲食店への対応

個別に訪問し、工事の内容や目的、店舗の乗入れ口を施工する場合、店舗への出入りができない時間帯が発生すること等を説明し、工事への理解と協力を求めた。

その上で、飲食店の定休日や閉店時間などをヒアリングし、可能な範囲で施工日を定休日に合わせる提案や店の乗入れ口の舗設時間が閉店後になるよう施工順番を検討する事を提案し、理解を得た。



図-1 店舗への聞き取りと施工日

#### ③ 24時間営業店舗への対応

こちらも深夜営業の飲食店同様に、施工予定の



1ヶ月以上前に個別に訪問し、工事の内容や目的、店舗への車両の出入りができない時間帯が発生すること等を説明した。

24時間営業の店舗については、閉店後や定休日等がないため、どうしても店舗への出入りができない時間帯が発生する。また大型の舗装機械があることで、まだ通行出来る時間帯であっても店舗への出入り口ができないと思われたり、出入り口が利用者に分かりにくかったりする恐れがある。そこで、通行車線側に店名等を示した看板を設置し、誘導員を配置した。



図-2 店舗の出入口看板と誘導員

時間帯によっては、切削後の路面を横断して店舗への出入りを行ってもらう事があったが、その際には舗装の段差部に擦付け用のゴムマットを設置し、乗り入れる際の段差による衝撃を少しでも和らげるよう配慮した。

#### ④ 大型車の通行

運送会社からの大型車の出入りが終日行われる交差点が1箇所あった。迂回路が設定できないため、運送会社の配車担当部署と連絡調整と打合せを行い、大型車の通行のない数時間を狙って交差点内の舗設→転圧を行えるよう施工順番を計画した。

計画通りの時刻までに転圧を終え、大型車の通行を行う事ができたが、念のため防災シートを交差点に広げ、その上を通行してもらった。



図-3 防災シートによる養生

### 3. 工夫・改善点と適用結果

事前の工事のお知らせとお願いは当然であるが、利用状況や営業状況に合わせ、店舗への出入りや大型車運行への影響が少なくなるような工程が組めないか検討し、提案を行った。

### 4. おわりに

交差点や店舗乗入れ口の多い区間の夜間舗装工事において、事前の挨拶と工程の打合せを密に行うことで、工事への理解と協力を頂き、苦情や事故無く工事を終えることができた。

今回の工事では、現場代理人、監理技術者とは別に2名の若手女性担当技術者の計4名が配属されており、それぞれが決められた役割を行う事で、きめ細かい対応を行う事ができた。地元代表への挨拶やチラシの配布では、担当技術者が担当することで、一般の方に近い視点で分かりやすい工事説明を行うことができた。

工事終了後にはある店舗の経営者より「(工事をしたことで)おかげで大型車両通行時の騒音・振動が随分と軽減された。」とのありがたい言葉を直接聞くことができた。

これも良好な関係を気づいていたからこそできた事ではないかと感じる。

最後に、この工事の施工に当たってご指導頂いた発注者の方々、ご協力頂いた地元住民や店舗・事業所関係者並びに協力業者の方々に厚く感謝しお礼を申し上げます。

# 72 安全管理

## 交通規制と第三者に対する配慮について

宮崎県土木施工管理技士会

日新興業株式会社

志田 和弘

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：令和元年度延岡日向地区舗装修繕工事
- (2) 発注者：九州地方整備局延岡河川国道事務所
- (3) 工事場所：延岡河川国道事務所管内
- (4) 工期：令和2年4月1日～令和2年12月25日

本工事は宮崎県北部の経済・物流・文化を支える重要な道路である国道10号及び中央道の劣化した舗装を修繕する工事です。

本線を片側交互通行及び1車線閉塞とし切削オーバーレイ（即日復旧）の施工を、場所を移動しながら（施工箇所7箇所）行うことが主たる工事です。

### 2. 現場における問題点

県北地区の国道10号は交通量も多く夜間は主に大型車両の通行が多い、理由として周辺の大規模工場への物流運搬等が主たる理由となります。

問題点として下記に記入した3つが重要な問題点となった。

1. 当現場では施工箇所が7箇所に分かれており昼間施工2箇所、片側交互通行・夜間施工5箇所、1車線閉塞に分けられるため施工箇所による規制方法の選定及び周辺住民対策。

2. 各施工箇所の交通規制に伴う第三者災害。

3. 即日開放となるため規制開始から開放までの施工時間が決定しているため作業者の焦り・不注意等による事故防止。

この3つの問題を最重要問題として施工に取り組んでいます。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

#### 1. 規制方法及び住民対策

##### 1) 規制・誘導方法について

交通規制において最も重要な役割は交通誘導員です。日々変化する交通・気象状況に応じた確に対応しなければならないため、着手前に各施工箇所の交通規制に対し当社側より交通規制図・人員等を作成し交通誘導員及び各協力業者と事前に打合せを行い、更に現地にて規制方法の再確認を行った。

#### 主な内容

- ① 合図・誘導方法の統一及び指示・命令・連絡方法の一本化。
- ② 各誘導者の能力に合った適正配置。
- ③ 交代要員を含めた人員の確保。

また日々の朝礼時に上記を含む規制図を配布し各ポジションの役割を明確にすることで適切な交通誘導を実施している。



図-1 事前打合せ



図-2 現地確認

## 2) 周辺住民対策

着手前に各地区の区長及び沿線住民に工事案内を配布すると共にヒアリング調査の実施を行い可能な限り要望に応える等の対応を実施。

## 2.交通規制に伴う第三者災害

近年、交通規制中に一般車が規制内に突入する事故が事例で多い事から、安全に施工ができるよう、また両者の安全を確保するため事前に予告看板を施工の10～7日前より設置し、施工中は高輝度看板及び電光掲示板を通常より広範囲に設置することで通行車両、歩行者が早めに認識できるように対応し、規制開始30分前より電光掲示板による予告と夜間では照明の点灯を行い早めに認識できるように対応した。

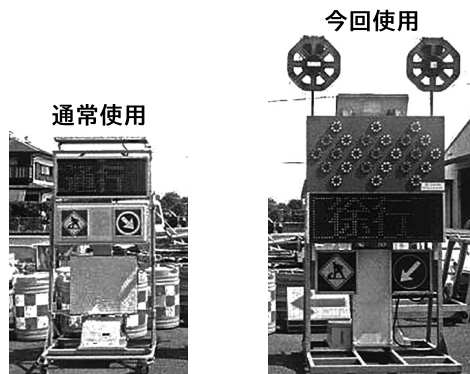


図-3 電光掲示板比較

また規制車に装備する電光掲示板を通常のタイプより大きく遠方より認識できる物を配置した。

夜間規制時は施工箇所に配置する照明を約50m間隔に設置し施工箇所を明るくすることにより一般車が早期に認識し速度を減速できるようにした。

## 3.作業者の事故防止

施工時間が限られているため規制開始から開放までの時間内に路面切削、表層、仮区画線と多くの施工を実施しなければならず作業者に余裕を持って作業して貰うために、また時間を有意義に使うため事前検討会を開催した。

着手に対し施工箇所の順番を決定する際に交通規制の難易度・車両及び歩行者の通行量・プラントまでの距離・外気温などを考慮し、交通誘導員・下請けと現地を確認し各自の意見を考慮し、7箇所に分かれる施工箇所の順番を決定し、更に各箇所の交通規制及び誘導方法・機械、材料の搬入出方法・1日の施工量・各自の役割等を細部まで決定することで各作業者が施工前にシュミレーションしやすくなり不明な点等を事前に確認することで余裕を持って施工ができタイムロス無くした、また各作業者の休憩も一度に行わず交代制にて行うことで作業を止めずに施工ができた事により着手から完了まで余裕を持って施工ができた。

以上により全施工箇所を通じて規制における事故、苦情等も無く無事に施工を完了することができた。

## 4. おわりに

今回の現場は交通量の多い中での作業が多く、どのような工事でも第三者との関係性、作業者の安全衛生管理、関係機関との打合せが重要な要素なのだ改めて感じた。

今後も各外部機関等による講習及び現場見学などを活用しながら、自分を含めた現場場に携わる作業員全員のステップアップを図って行きたい。

# 73 安全管理

## 外国人建設就労者に対する安全管理

宮崎県土木施工技士会  
日新興業株式会社

佐藤 豊明

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：宮崎218号高野地区改良工事
- (2) 発注者：九州地方整備局  
延岡河川国道事務所
- (3) 工事場所：宮崎県 西臼杵郡 日之影町
- (4) 工期：令和1年7月1日～  
令和2年5月29日

今回工事は、道路土工・法面工・補強土壁工を主体とした道路改良工事である。

### 2. 現場における問題点

建設業界においても昨今は労働者不足のあおりを受け、外国人労働者に頼らねば事業を継続していけない事例も多々ある。

今回の現場において、下請けの法面工事を請負う業者に、外国人建設就労者が数名入るとの報告を事前に受けた。

私ども地方の業者においては法律が整備されて以降の外国人就労者との現場は数えるほどの経験しかなく、施工体制台帳の整備を進めるとともに、国によって安全意識も異なる中で労働者不足の折せっかく日本まで来てもらいケガをさせて返すようなことがあってはならない、

今後につなげるためにも、まず第一に現場に応じた安全に対する理解を深め安全意識を高めてもらおうと考えた。



図-1 日々の安全確認

### 3. 工夫・改善点と適用結果

向こうではエリートの中から選ばれ、教育を受けて来ただけあって、日本に来て数カ月である程度の日本語もできる。かたことではあるが朝の一人KYKも職長が隣でフォローしながら自分で喋るし、書き込みも教えてもらいながら何とか出来る。そのような中でもこちらの理解してもらいたい事を正確に伝えるためには、言葉の壁を乗り越えることが一番の課題となる。

まず皆さんやっておられるであろう、ちょっとした工夫だが、スマートフォンの無料アプリ翻訳ソフトを活用した。10ヶ国以上は使用できるので、今回の就労生の母国語（インドネシア語）にも対応済みである。「おはよう」「足元に注意して」「そこは危険だから下がって」など、こちらで言った言葉を翻訳して音声で伝えてくれるので

大助かりであった。

次に工夫改善したのは、作業手順書である。ここからが一番理解して欲しいことであった。通常は職長を交えながら日本語でやりとりするし、日本の現場で働く訳なので今後のコミュニケーションの為にも日本語を主体にしたほうが良いと考えるのが普通である。

ただ安全に関する確認事項だけは行き違いがあってはならない、正確に把握して欲しいと思っていたので、法面作業に関する安全手順書をすべてインドネシア語に書き換えて、教育資料とした。新規入場時にその資料を中心として現場説明を行い、理解を深めてもらうこととした。

特に安全帯の点検や装着において、図解を交えながら丁寧に教育した。手順書による教育後は実際に現場での訓練とした。

結果として、このような工夫を行うと彼らも自分たちのために努力してくれていると感じ、目に見えて理解しようとする雰囲気伝わるとともに、現場に出ても危険箇所等の把握を自ら行っており、高い効果を得たと感じた。

なにせ翻訳の素人が作成したものなので言葉が違うなどと指摘を逆にうけながら、それすら互いの熱意を伝えながら確認の意味につながったと感じている。

改善すべき点としては、日々の安全指示事項等

も日本語と母国語でわかりやすく指示すると、彼らの理解も深まるとともに語学力の助けにもなると思われる。手間暇がかかることではあるが、安全には変えられないことである。

#### 4. おわりに

特に海外事業で活躍されている企業の方々にとっては珍しいことでもなく、多様な安全管理を行っていることと思われる。

私どものような地方の企業においても、このような細かな工夫から始めていけばと感じている。安全に簡素化はなく、積み重ねであると再認識している。

今回の現場は九州でも山間部で、雪の降る日もあった。「信じられない」と言いながら無事に請負分の現場を終え、笑顔で去って行った。

この報告を行っている最中にも、台風の影響で県内の建設業に来ておられた海外の方が2名行方不明になっている不幸な自然災害が発生している。

あと数年は日本にいるのだろうが、現在のコロナ危機が治まりいつの日か無事に母国に帰って活躍できることを願っている。

次回、またこのような機会があれば言語は変わるかもしれないが、さらに工夫して多国籍になっても誰もが安全に働ける現場を構築したい。

図-2 作業手順書

# 74 安全管理

## 国道49号線上大ブロック一括架設における、 安全性の向上及び工期短縮施策

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

監理技術者

工事担当

柿沼 康浩<sup>○</sup>

多留 彰男

角田 慶一

### 1. はじめに

本工事は常磐自動車道の暫定2車線区間の内、いわき中央IC～広野ICの27kmの4車線化に拡張する工事の約7kmの範囲に点在する4橋梁（いわき中央橋・常住川橋・下小川橋・真似井川橋）の新設工事及びいわき中央橋既設橋脚の耐震補強工事である。その中でも、いわき中央橋の新設工事では、I期線と隣接した状態で、国道49号線上（P9橋脚～P10橋脚間）に鋼桁を架設する計画となっており、安全性にも配慮した架設計画を立案、施工することが求められた。図-1に架設地点状況を示す。



図-1 いわき中央橋 架橋地点

本技術報告書では、いわき中央橋の国道49号線上大ブロック一括架設における現場施工上の課題点及びその改善点を報告する。

### 工事概要

- (1) 工事名：常磐自動車道 いわき中央橋（鋼上部工）工事
- (2) 発注者：東日本高速道路株式会社  
東北支社 いわき工事事務所
- (3) 工事場所：（自）福島県いわき市好間町北好間  
（至）福島県いわき市上平窪
- (4) 工期：平成30年5月29日～  
令和2年9月24日

### 2. 現場における問題点

いわき中央橋の国道49号線上の鋼桁架設計画において、当初計画では、国道49号線に550t吊りオールテレーンクレーンを配置し、夜間架設する計画であった。しかしながら、詳細に検討していく段階で以下の課題点が明らかとなった。

- (1) クレーンの主ブームが既設のI期線と干渉
- (2) クレーンの組立及び解体時間を考慮すると、夜間規制時間内の架設作業が困難

### 3. 工夫・改善点と適用結果

550t吊りオールテレーンの配置及び夜間通行止め時の時間的制約を考慮し、クレーン2台による相吊一括架設へと変更した。この架設工法は、国道49号を挟んだ両方の施工ヤードで、昼間に3ブロックずつ地組立しておき、夜間通行止め後に国道49号線上で6ブロックに添接し、一括架設するというものである。この変更により、クレーンは

ヤード内に配置するため、夜間架設時にクレーンの組立及び解体の時間を考慮する必要もなく、また、既設のⅠ期線との干渉も解消することができた。図-2に当初架設計画図及び変更後の架設計画図を示す。

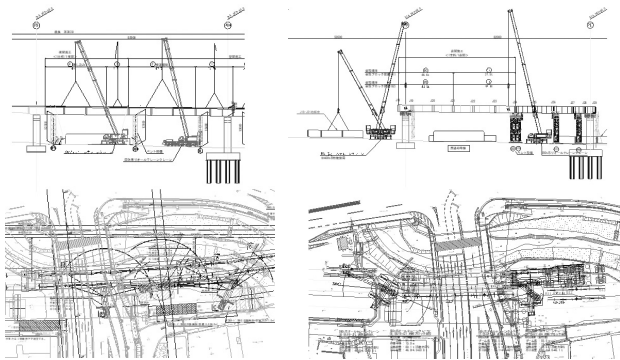


図-2 架設計画図（左図：当初、右図：変更後）

国道49号線上の大ブロック一括相吊り架設における、安全性の向上及び工程短縮施策を以下に示す。

#### (1) 狭隘部架設における安全性向上

相吊り架設時には、既設のⅠ期線と橋脚との間から、鋼桁を吊上げるため、架設時にはⅠ期線との干渉に配慮する必要があり、また、夜間架設となるため、昼間架設に比べ視認性が劣る。そこで、架設する鋼桁にレーザーバリアセンサーを設置し、Ⅰ期線との離隔が0.5mより狭くなると、地上のパトライトが作動するような安全対策を施した。この対策により、Ⅰ期線との離隔を明確にし、狭隘部の桁架設時における安全性を向上させた。図-3にレーザーバリアの設置概要及び架設状況を示す。

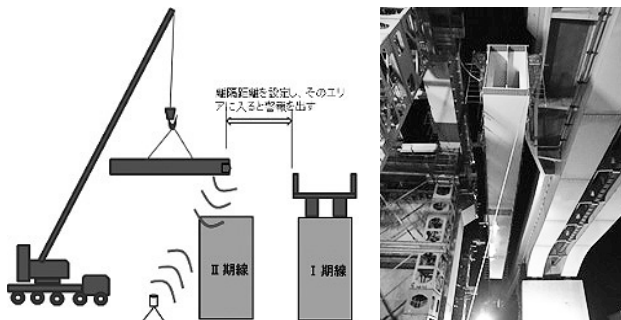


図-3 レーザーバリア設置概要及び架設状況

#### (2) ヤード内横取り設備による工程短縮

今回の国道49号線上の鋼桁架設は、一夜間で主桁ずつ架設する計画であった。地組立するヤードは、既設のⅠ期線が架橋されているため、鋼桁を吊上げることが可能な箇所が限れていた。そのため、二夜間目に架設する地組立ブロックについては、事前に一夜間目に架設するブロックと並列に地組立しておき、一夜間目の架設が完了した時点で横取りし、架橋できる状態とした。このように、横取り設備を事前に設置することで、一夜間目の架設完了後に、地組立する必要がなくなり、二夜間目までの鋼桁架設工程を短縮することが可能となった。図-4に横取り概要を示す。

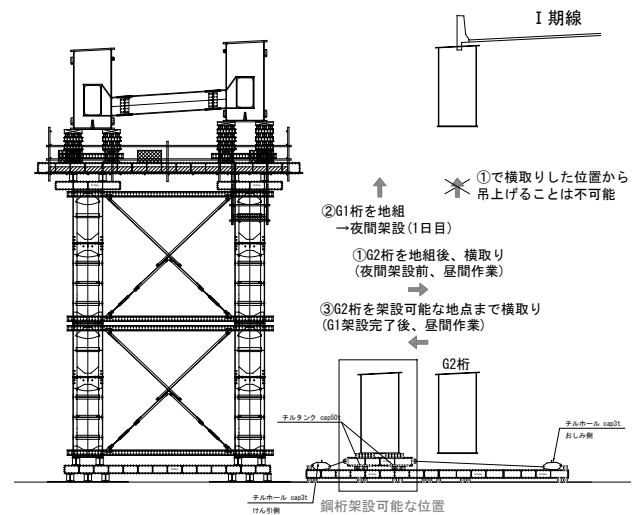


図-4 横取り概要

## 4. おわりに

本架設は、国道49号線を夜間通行止めし、狭隘部での大ブロック一括相吊架設という、厳しい制約条件で行った。今回の架設工法が今後類似する工事の参考となれば幸甚である。

最後に、東日本高速道路株式会社及び当該工事の関係各署の皆様には、現場の施工条件を十分に理解していただき、適切な助言とご協力を頂いたことに深く感謝の意を表します。

# 75 安全管理

## 高層の高架橋工事における 仮設足場の強風対策の工夫

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本ファブテック株式会社

現場代理人

監理技術者

土 屋

充〇

升 本

和 喜

### 1. はじめに

本工事は、高速横浜北西線の横浜港北ジャンクションに位置し、都市型高速道路にみられる上下部剛結の2層ラーメン構造が採用されていた。

特に本線橋とランプ橋が交差する工事起点側は、橋桁が3層に重なっており、最上層となるランプ橋では、架設高さが地上40mを超える線形となる。以下に工事概要、図-1に完成写真を示す。

- (1) 工 事 名：高速横浜環状北西線  
港北地区上部・橋脚（その1）工事
- (2) 発 注 者：首都高速道路株式会社
- (3) 工事場所：神奈川県横浜市都筑区川向町地内
- (4) 工 期：自）2015年8月6日  
至）2020年3月10日

### 2. 現場における問題点

本工事は、施工が複数年にわたる長期間の工事のため、春先の強風や台風接近による強風に晒されるリスクが非常に高い。加えて、工事範囲の殆どが供用路線（横浜高速北線、第三京浜道路および横浜市道）に近接、または上空での施工であること、さらに地上高さが40mを超える高所での施工であることなどから、作業に用いる仮設足場の崩壊を確実に防ぐ強風対策の工夫が求められた。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

本工事では、40m級となる橋脚昇降設備と風の影響を受け易い鋼桁吊足場の板張り朝顔防護設備に着目し、それぞれの構造および作業特性を勘案した仮設足場の倒壊防止対策を実施した。

- (1) 橋脚昇降設備における倒壊防止対策



図-1 完成写真



高さが40mに達する橋脚昇降設備は、作業従事者の昇り降りにおける移動性を考慮し、階段の両側に踊り場を交互に設けた幅広の構造（図-2左）としたが、橋脚の横幅よりも昇降設備の横幅が広いと、昇降設備側端部が橋脚から突き出る構造となり、風の影響を受け易くなる課題があった。

そこで、昇降設備と橋脚を直角に固定する壁つなぎ材に加えて、突出した昇降設備側端部を平面斜めに固定するプレス材を追加した。（図-2右）

これにより、三角形の壁つなぎ材で橋脚と昇降設備を一体化することで、従来の壁つなぎ構造と比較して突出した昇降設備側端部に繰返し作用する風荷重による振動や煽り挙動を抑制でき、荒天時の設備安定性向上が図られた。（図-3）



図-2 昇降設備全景と三角形の壁つなぎ

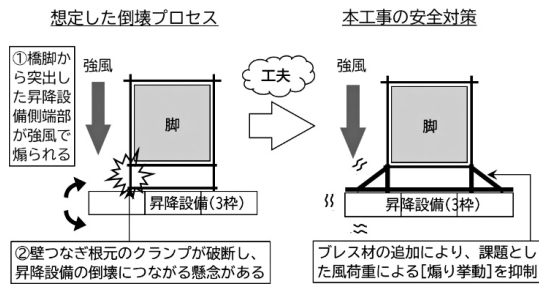


図-3 昇降設備の倒壊防止対策

(2) 板張り朝顔防護設備における崩壊防止対策

供用路線近接区間や供用線上空を跨ぐ区間に設置する全面板張りの朝顔防護設備は、その構造から風に対して十分抵抗できなければならない。また、作業スペースを確保するために朝顔防護設備の上端付近は、控え材（やらず材）から上方に張出す構造となるため、風の影響を受け易く、かつ構造上の弱点でもあった。

そこで、朝顔防護設備を必要とする橋面での施工の進捗に併せて、取外し可能な朝顔上端固定材

（以下、固定材）を追加することとした。

固定材は、通常作業の支障となるため、荒天（強風）が予測された際に追加で取付けることとし、取付け作業が迅速、かつ容易に広範囲で行えるよう汎用性の高い単管パイプとクランプを用いた。

なお、固定材と躯体等の間には、躯体の損傷防止を目的として緩衝材を挟み込み固定している。

以下に、壁高欄鉄筋組立中および壁高欄施工完了後における固定材設置写真（図-4）を示す。

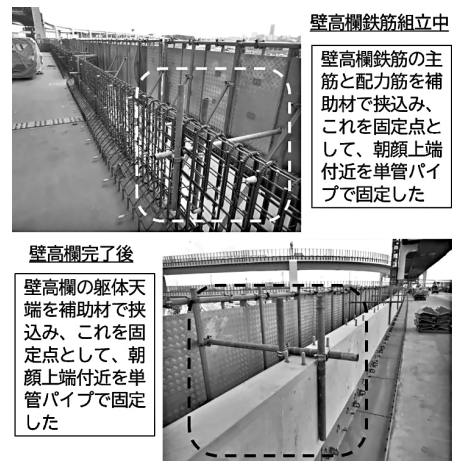


図-4 朝顔防護設備の固定材設置状況

これにより、施工の進捗に併せて、朝顔防護設備の弱点となる上端近傍を躯体等と堅固、かつ広範囲に固定することで、風荷重による煽り挙動を抑制でき、荒天時の設備安定性向上が図られた。

4. おわりに

本工事は、現場着工から施工完了までが3年4か月にわたる長期工事であり、10回を超える台風の影響、来襲を経験した。

特に2018年9月の台風24号（横浜地方気象台観測の最大瞬間風速38.5m/s）、2019年9月の台風15号（同41.8m/s）、10月の台風19号（同43.8m/s）と来襲したが、本稿で報告した安全対策の実践により、被害を出すことなく無事に最接近した台風の通過を乗り越えることができ、無災害で2020年3月に工事しゅん功を向かえた。

最後に、本工事を遂行するに当たり御指導、御協力を賜った首都高速道路株式会社の方々、ならびに協力業者の方々に感謝の意を表します。

# 76 安全管理

## 供用道路上における鋼橋の架設工事の安全対策

日本橋梁建設土木施工管理技士会  
日本ファブテック株式会社  
監理技術者  
原田 裕也

### 1. はじめに

本工事は、三陸沿岸道路の下閉伊郡田野畑村大芦から田野畑村田野畑を結ぶ延長約6kmの田野畑道路の一環で施工した鋼橋架設工事である。本橋は、供用中の主要幹線道路である国道45号の上空に位置したため、本稿では、施工の際に特に留意した供用道路近接施工時の安全確保対策を中心に報告する。

#### 工事概要

- (1) 工事名：浜岩泉こ道橋上部工工事
- (2) 発注者：国道事務所東北地方整備局  
三陸国道事務所
- (3) 工事場所：岩手県下閉伊郡田野畑村  
浜岩泉地内
- (4) 工期：平成31年1月25日～  
令和2年5月29日
- (5) 工事内容：鋼単純非合成箱桁橋  
橋長：64.500m 有効幅員：13.500m



図-1 全 景

### 2. 現場における問題点

本橋は、図-1、2のとおり国道45号を斜めに跨ぐ橋梁であった。また、標高が高い山間に位置し、海岸線が近く海風を直接受ける地形であるため、本橋施工時期の冬期は、特に強風に注意が必要であった。

以上の特徴から、鋼橋架設時は以下の2つの課題に対する安全対策が重要と考えた。

- (1) 架設時の強風時の安全管理の工夫
- (2) 架設中のベント倒壊防止対策と管理手法

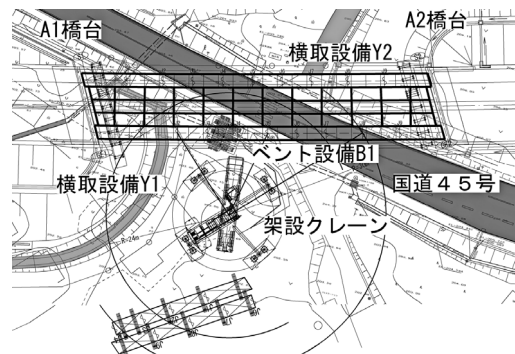


図-2 架設計画図

### 3. 工夫・改善点と適用結果

- (1) ICT技術を活用した風速管理の工夫

鋼桁架設時の強風時に対する安全管理手法として、ICT技術を活用した風速管理システムを導入した。

一般的な現場の風速管理は、現場の見易い場所に吹き流しを設置して、現場作業者が目視で確認

する方法が採られる。しかし、吹き流しによる確認方法は目安としては良いが、見逃したり、降雨によって湿ってしまうと正しい風速を知ることは難しい。そのため、施工計画段階で強風時の作業中止基準を定めると共に、ICT技術を活用したリアルタイム風速監視システムを導入し、現場にWi-Fi環境を整え設置したデジタル風速計の計測値をクラウド上に保存し、現場事務所から常時監視した。システムで設定した管理限界風速を超過した場合は、現場代理人や監理技術者の携帯電話にアラームメールを発出する仕組みとなっているため、常にシステム画面を監視する必要が無い。

風速監視システムの構築により、作業中止指示や作業再開判断などを時系列の記録から、定期的に行うことができ、架設作業における強風時の安全管理強化に有効であった。(図-3)



図-3 常時風速監視システム確認画面

## (2) ベント倒壊防止対策と管理手法

本工事は、国道45号に近接した施工ヤードにベント設備を設置して架設する計画であるため、ベント設備の不同沈下や傾斜及び、これに伴うベントの倒壊に起因する桁落下などの重篤災害を防止する管理手法が重要であった。そこで、ベントの傾斜量を把握する目的で、全てのベント設備に傾斜測定監視システム「チルトウォッチャー」を設置し、ベント設備の傾斜量を常時監視できるシステムを構築した。(図-4)

また、最も国道に近接したベント設備は、基礎梁を延長し、斜梁を増設して頂部梁を支持するとともに基礎梁上にウェイト2tを搭載することによりベント設備の転倒に対する抵抗モーメントを増加させて安定性の向上を図った。(図-5)

以上の設備強化と管理手法強化の二重の転倒防

止対策を図ることで落下倒壊災害を防止し、無事架設を完了することができた。なお、傾斜測定システムの観測結果は、架設期間を通じて温度変化による鋼桁の伸縮に伴う傾斜量(ベント頂部で15mm)程度に収まっていた。



図-4 傾斜測定管理システム



図-5 ベント設備転倒防止設備

## 4. おわりに

本工事は、主要幹線道路の供用道路上を跨ぐ橋梁架設工事であったが、ICT技術を用いた対策を講じ無事架設を完了した。従来の安全確認手法は、現地目視が鉄則だが、今回取入れた様々な監視システムの導入により、現場事務所や発注者との打ち合わせ中であっても、現場の安全性をリアルタイムで把握できたことは大変有効であった。従来の安全確認手法に加えて、当該システムの導入により、現場施工の安全性がより高まると感じたため、今後の同種工事にも適用していきたい。

# 77 安全管理

## 名二環における鉄道上送出し架設について

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本車輛製造株式会社

主任技術者

現場代理人

工事担当

吉野 佑紀<sup>○</sup>

手綱 勇二

加藤 進

### 1. はじめに

本工事は名古屋第二環状自動車道の名古屋JCT～飛鳥JCT間の工事において、鋼4径間連続非合成鋼細幅箱桁橋で橋長252mの内JR関西本線の上を跨ぐ1径間(76.7m)の橋梁架設工事であった。また、架設重量は588t、仮設備機材は約4500t使用した。

本橋直下には国道302号が併走しており、交通量が非常に多く、工事による規制影響の削減及び第三者災害を発生させない安全管理が求められた。また、JR関西本線が交差しており、旅客災害防止のための安全対策が必要であった。

#### 工事概要

- (1) 工事名：関西本線春田Bo新設
- (2) 発注者：ジェイアール東海建設・鉄建建設  
工事共同企業体
- (3) 工事場所：愛知県名古屋市名中区(図-1)
- (4) 工期：2019年3月18日～2020年12月31日



図-1 現場位置図

### 2. 現場における問題点

#### (1) 送出し軌条設備の組立精度

他工事で架設した主桁の上に最大高さ約4mの軌条設備(架台+H鋼+レール)を設置し、その上に送出し桁を組立て、台車を使用して、送出しを行う計画であった。送出し時に台車の反力管理を行う上でレールの高さが非常に重要であることから、軌条設備の組立精度の確保が必要であった。

#### (2) 国道、鉄道近接作業の安全確保

前述した通り本橋直下は国道302号線が併走しており、施工については一般車両に近接、または一般車両の上空で作業することになるため、特に飛散・落下物防止対策が必要であった。また、JR関西本線上を送出し架設するため、旅客災害の防止や飛散物の防止に対しても配慮が必要であった。(図-2)



図-2 架設場所(発進側より撮影)

### 3. 工夫・改善点と適用結果

- (1) レールの高さ管理について、軌条設備の組立ステップごとに（軌条設備組立前の主桁上で1回、架台及びライナープレート設置後に1回、H鋼組立中・後にそれぞれ1回、レール設置後に1回計測を行い、合計5回）高さの確認を行った。また、約4mの高さの軌条設備を組み立てる際には、容易に高さ調整出来るように、柱部材間に調整プレートの設置を計画した。（図-3）これにより、途中の計測で高さに誤差があった場合は調整プレートにより高さ調整でき、最終レール高さは誤差±10mm以内に収まった。その結果台車の反力も計画通りとなり、送出し架設を無事完了することができた。

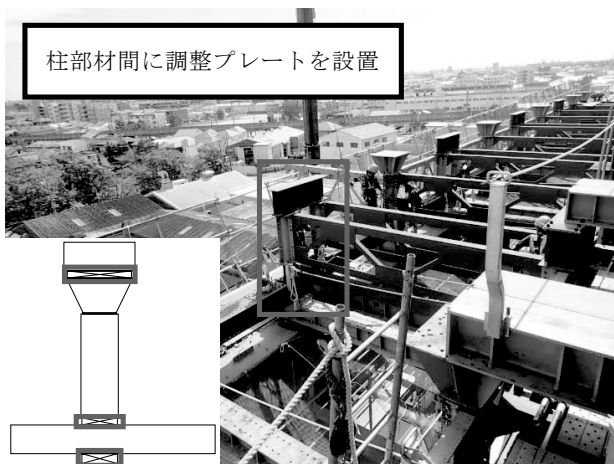


図-3 軌条設備組立時

- (2) 飛散・落下物防止対策として、通常行う下面足場+朝顔板張り防護に加えて本工事ではさらなる安全対策を行った。軌条設備組立前の主桁間に水平ネットを設置し、設備下部施工時の落下物対策とした。また、設備中段～上段施工時も同様に設備間に水平ネットを設置した。設備最上段（レール設置場所）には作業床を全面足場板で組立を行い、足場板とH鋼の間のすき間には栈木等により間詰を行い、極力すき間を無くすように努めた。（図-4）

また、作業員全員に足場上で作業するときは落下防止器具を着用し、余分な工具類を身に着けな

いように指導を徹底した。送出し施工前には作業員全員で手延べ機及び送出し桁に落下するような物がないかどうか確認を行った。また、JR関西本線上の送出しでは、夜間に線路上に監視人を配置し、落下物がないか確認を行った。また、緊急時の対処方法をリスト化し、問題が起きた時でも冷静に対処できるように準備を行った。昼間の送出し作業も列車の間合いで行い、工事管理者と見張り員の指示に従って安全に施工することができた。



図-4 軌条設備上足場

### 4. おわりに

本工事において供用中の国道とJR線の上空の作業ということで、より一層安全対策について重点的に対策し、第三者災害を起こさず、施工中も無事故で無事に架設することができた。

今後もこのような条件での施工案件が多々あると思うが、本案件の実績が今後の施工につながれば幸いです。

最後に本工事に携わった全ての関係者の方に厚く御礼申し上げます。



図-5 完了時全景（東側から撮影）

# 78 安全管理

## 密閉された現場内での夏季施工時の熱中症対策等について

ウノインフラプランテック株式会社

工事管理部係長

宇野 達也<sup>○</sup>

取締役

宇野 美香子

工事管理部主幹

松本 誠

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：公共 防災・安全交付金（道路維持修繕）（国補正）（翌債）事業
- (2) 発注者：岐阜県多治見土木事務所
- (3) 工事場所：岐阜県土岐市中肥田
- (4) 工期：令和2年5月15日から  
令和3年3月10日まで

本工事は、岐阜県土岐市にある主要地方道に掛かっている横断歩道橋の塗替塗装工事である。

塗装面積は約800m<sup>2</sup>で塗装仕様はRC-1である。

また塗装工事以外に、舗装打換工、排水管延長工、裾隠し板取替工、目地補修工、シール工の付帯工事が伴う工事である。

### 2. 現場における問題点

国土交通省によると、過去5年間の業種別の熱中症による死者数をみると建設業が最も多く、次いで製造業で多く発生しており、全体の約5割がこれらの業種で発生している。月別で見ると、熱中症は6月から9月にかけて多く発生し、死亡災害では7月と8月に多く発生している為、当現場でも十分な対策が必要である。

当現場は日本一暑いとされる岐阜県多治見市の隣の市で土岐市もまた夏は酷暑の地域である。

施工時期については5月15日より施工打合せを行い、各関係機関と協議を経て6月下旬より仮設

足場設置開始、8月中旬より塗装工事を開始した。その為、塗装工事は真夏の施工となった。

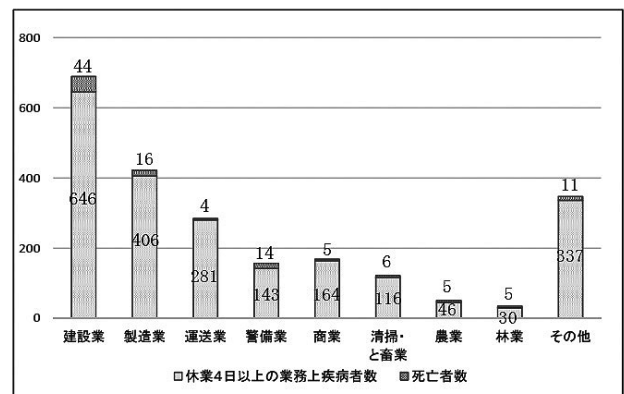


図-1 熱中症による死傷者数（業種別）

国土交通省

「建設現場における熱中症対策事例集」より  
また、塗装の為の仮設足場は塗装仕様（RC-1）に伴いプラスト材及びスプレーでの塗料が飛散しないよう板張り+シート張りという密閉空間になっており、夏季には現場内はかなりの高温が予想される。その為、熱中症対策が重要な課題となった。



図-2 現場内密閉状況

### 3. 工夫・改善点と適用結果

熱中症を発症する要因には①環境要因②身体要因③行動要因の3つがある。工事での対策を前提とする場合は①の環境要因の改善をする事がベストであると想定した。その中でも、環境・雰囲気・温湿度を改善できる大型エアコン（大型冷風機）の導入を契約段階より検討をした。

空調服も検討したが、現在夏季施工のほとんどの現場で使用しておりその効果は高いが、密閉された空間で、その中の気温が高い場合は、どんなに服の中に送気しても、現場内の暑い空気が入るだけでほとんど効果が得られない事が判明しており、今回は現場用エアコン（大型冷風機）を設置することで熱中症を予防することとした。

大型エアコン導入により、環境温度を低温に保つことが出来る事により、被塗面である鋼材の温度も下がることから、ふく射熱による2次的な熱中症の原因も取り除くことが出来た。

現場用エアコンは（大型冷風機）1台設置し、ダクトを通路部及び階段部2カ所の計3カ所に設置した。



図-3 現場用エアコン設置状況1

現場用エアコン設置前の気温測定では、9時（4日平均）で平均33度、13時（4日平均）には41度を超えてしまいとても作業が出来る環境ではなかった。現場用エアコン導入後の気温測定では、9時（計27日平均）30度、13時（計27日平

均）33度になりその後の気温測定でも35度を超える日が無かった。その為、本工事中に一人も熱中症患者を出すことなく、工程の遅延も無く無事に塗装工程が完了した。



図-4 現場用エアコン設置状況2

### 4. おわりに

温暖化が進んでいる現在、熱中症対策は重要課題であり、密閉された現場内での夏季施工の場合、温現場用エアコン（大型冷風機）はとても有効である事が判った。しかしながら、昨今現場用エアコンを採用する現場が増えており、エアコン不足は深刻な問題である。今後の更なる対策としては、年毎に温暖化が進んでいる為、エアコン本体の設置場所や設置方法の検討が必要になると思われる。具体的には本体を日陰に設置する、又は本体の上に屋根を設置しエアコン本体に直射日光が当たらないようにする等更なる対策がより有効であると思われる。また、空調服との併用も検討事項である。

（RC-1）での塗装仕様が大半の工事を閉める状況から、密閉空間での工事が今後も増えると思定される。それらを鑑みて今後も熱中症対策に真摯に取り組んでゆく意向である。

# 79 環境管理

## 狭小地での現場施工と搬入計画について

栃木県土木施工管理士会

株式会社前原土建

工事課長

工事課長

入江 直之<sup>○</sup> 永井 誠 司

### 1. はじめに

工事概要

- (1) 工事名：市道8254号線外擁壁整備工事  
分割1号
- (2) 発注者：下野市
- (3) 工事場所：下野市仁良川地内
- (4) 工期：令和元年6月12日～  
令和2年3月25日



図-1 着工前

### 2. 現場における問題点

①運行計画：製品の搬入において、近隣道路を損壊する恐れがある。隣接する分割工事においても搬入経路が同一となるため、工程調整が生じる。近隣で区画整理に伴う道路工事が多数行われているため、計画時と搬入時で、道路状況が変化している可能性がある。現場への進入路が一方のみであり、内部で転回することが出来ず、前後進での対応が迫られる。

②プレキャスト擁壁の施工管理：L型擁壁

(H=4,500) 設置において、通り（垂直・水平）の確認や天端高の確認方法

③品質管理：埋戻し材の搬入が、外部5か所からの搬入となっており、埋戻し材として適正なのか。不同沈下の原因にならないか等の懸念が生じた。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

①運行計画に先立ち、既に発注されている近隣工事の進捗状況と、今後の公共工事の発注情報を確認した。特に道路工事に伴う交通規制により、幅員減少に関しては、注意を払った。また、アスファルトを撤去し、路盤での開放を行っている箇所や舗装が切断している箇所に関しても、備に事前調査を行った。調査結果をもとに、擁壁を載せた大型トラックの通行は、事故や渋滞等の発生が懸念されると判断して、搬入経路の見直しを行うこととした。

次に考えたのが農道側からの搬入であった。擁壁設置予定が、稲刈りの収穫時期と重なり、農耕車の路上駐車等の懸念が生じる。しかし先の計画よりも道路環境が良く、収穫時間が昼間であり、擁壁の搬入時間と隔たりがあるため、こちらの案で実施する事とした。

そして隣接する分割工事業者と連絡調整の上、搬入日及び搬入時間を決定し、翌週の工程に合わせて協議を行った。製品の購入先が隣接業者とも同じであった為に、現場納入の調整はしやすかった。また、不測の事態に備えて、近隣の『道の駅



しもつけ』の大型車両駐車場を待避所として計画した。結果、近隣道路の路肩等で路上駐車を回避することができ、併せて片側交互通行などの交通渋滞を発生することを抑制できた。

②通常、高さの低い擁壁に関しては、丁張を設け水糸を張り、通りに合わせて設置を行うが、今回は製品の高さが4.5mあるため、丁張を設けた場合、丁張に使用する木杭・貫などの固定方法で傾きなどのズレが生じ、規格に沿った設置が出来ない。そこで、光波測距儀とバケットクローラを併せて活用した。通り・傾きに関しては測距機にて測定し、バケットクローラに作業員が乗り込むことで、上部作業を安全に行うこととした。



図-2 L型擁壁設置状況

仮に梯子を使用した場合、足元が不安定になり、後ろ向きでの作業も生じるが、今回バケットタイプを活用したことで、作業床の確保、不安定な姿勢での作業を回避でき、目通りの良い状態で、且つ短時間で擁壁を設置する事が出来た。

③仮置きされている土砂置き場にて、全箇所の現地保持状況を確認した。雨水の流入や雑草の繁茂による、埋戻し土として性能が著しく低下していないか。また同一の箇所であっても、保管位置によって含水比に差異が生じていないかなど、試掘を行いながら、チェック項目を活用して、問題を洗い出した。併せて各仮置き場ごとに土壌成分検査を行い、品質管理も徹底した。

チェック項目と成分検査の結果、両方において問題が無かったため、次に土砂の搬入順へと移行した。堆積土のうち、上部の比較的水分

の少ない部分からの搬入を先行で行い、順に下部へと移行して積込・搬出作業を行った。日陰による湿潤の箇所に関しては、日照の良い場所に移し、日中に抜気対策を講じることで、含水を少なくする対策を講じた。また11月から12月にかけての作業であったため、降霜・降雪の影響もあったので、作業終了後にはブルーシートを敷設する対策も講じた。



図-3 完成

#### 4. おわりに

新型コロナウイルスの感染拡大が日々増加しているさなかに竣工を迎えた。コロナ渦真っ只中の施工だとしたら、どの様な管理が出来たのだろうかと考える。

衛生資材の欠如に加えて、管理基準が見えない状況。マスク購入に関しても品薄状態であり、物流にも問題があり、手元に届くのか不安でしかない。最近になって品薄状態からも開放された感はあるが、密を避けて作業が捗るのだろうか。作業を振り返り、接触を避けて作業することは可能だったのだろうか。

加えて年々被害が増している自然災害に関してだ。台風10号に関しては、早期に通過したため、当現場に関しては影響が少なかったが、仮設現場事務所が風圧で押された。近隣河川では堤防の破損が相次ぎ、決壊までとはならなかったが、決して他人事ではなかった。

今後の現場運営に関しては、安全管理内に新型コロナウイルス対策等の衛生管理も含まざるを得ない状況になっているのではないだろうか。

# 80 維持管理

## 8 径間連続鋼床版箱桁橋の伸縮装置取替工における ゴムジョイント圧縮装置の開発

酒井工業株式会社 大阪本社

現場代理人、監理技術者

小谷 政治<sup>○</sup> 川上 修 小坂 敏彦

### 1. はじめに

本工事は、和歌山県和歌山市の紀の国大橋の損傷したゴムジョイントの取替工事である。

紀の国大橋は8径間連続鋼床版箱桁橋で橋脚部が水平力分散支承に支持された橋長689mの橋梁で、施工箇所となる両橋台部の伸縮装置には、長大な伸縮桁長によって大きな温度伸縮量が生じることに対処する必要があった。

本書は、伸縮装置に生じる大きな温度伸縮量に対応するため製作したゴムジョイント圧縮装置について開発時の創意工夫について報告するものである。

#### 工事概要

- (1) 工事名：紀の国大橋他橋梁補修工事
- (2) 発注者：国土交通省 近畿地方整備局  
和歌山河川国道事務所
- (3) 工事場所：和歌山県和歌山市粟地先
- (4) 工期：令和2年4月～令和2年10月

### 2. 現場における問題点

本工事は、伸縮装置取替工の施工時期が8月であり、夜間における施工ではあるが外気温が35℃程度と予想された、この気温での伸縮装置には主桁の伸びが80mm程度生じており、ゴムジョイントにそれに応じた圧縮量を与えられる装置が必要であった。

また、歩車道境界の地覆に挟まれた箇所があり、ゴムジョイント上に収まる装置が必要であった。

さらに、現道交通規制帯内での作業となるため、持ち運び可能で、簡易な操作で使用できる装置が必要であった。

以上の条件に配慮してゴムジョイント圧縮装置の開発を行った。

表-1 温度伸縮量

橋長	伸縮桁長	線膨張係数	伸縮量
689m	344m	$12 \times 10^{-6}$	4.1mm/℃

### 3. 工夫・改善点と適用結果

圧縮装置は、長いストロークを持ち軽量で操作が簡易な、油圧引きラムを用いることとした。



図-1 油圧引きラム

#### ① アイボルトを用いた圧縮試験の実施

ゴムジョイントにアイボルトを取り付け、油圧引きラムで引き寄せることで圧縮を行った。

圧縮試験の結果は、ゴムジョイントの圧縮と共に生じる曲げにより、ゴムジョイント端部が反り返り、固定用ボルトがとどかない状態となるため、当構造は不採用とした。

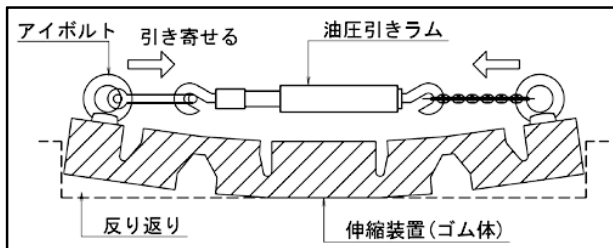


図-2 ゴムジョイントの反り返り

② フック板を用いた圧縮試験の実施

次に、ゴムジョイントにかかる曲げを低減させるため、フック板を用いた圧縮装置を検討した。

これにより、油圧引きラムとゴムジョイントの偏心量が低く抑えられ、また、フック板のベースプレートによりゴムジョイントの反り返りを抑制させる効果に期待した。

圧縮試験の結果は、アイボルトのみの場合より反り返りを抑制させることができたが、圧縮量が60mmを超えると反り返りが大きくなり、固定用ボルトがとどかない状態となったため不採用とした。

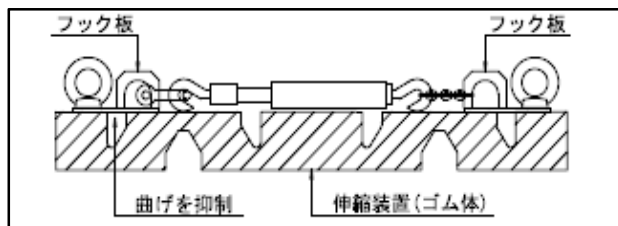


図-3 フック板

③ 反り返り抑制フレームを用いた圧縮試験

油圧引きラムとゴムジョイントの偏心量を小さくし曲げを低減させても反り返りを十分には低減させることができなかつたため、ゴムジョイントをフレームで拘束し、反り返りを抑制する方法を検討した。

反り返り抑制フレームには溝形鋼を使用し、溝形鋼の内側に油圧引きラムを設置することでゴムジョイントとの偏心量を小さくすることと、フレームの効果で反り返りを抑制する効果に期待した。

また、反り返り抑制フレームは、圧縮量を添接部のスライド板に設けた長孔でスライドさせる構造としボルト組み立ててユニット化した、装置の

質量も持ち運びも人力で行えるものとし作業現場での取付作業が容易に行えるものにした。

圧縮試験の結果は、80mm程度の圧縮量を与えてもゴムジョイントの反り返りが抑制され、固定ボルトの設置が可能であったため、当構造を採用し作業現場に必要な数量を製作することとした。

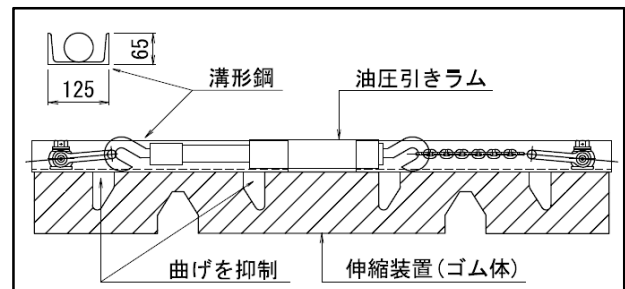


図-4 反り返り抑制フレーム



図-5 現場でのゴムジョイント圧縮作業

4. おわりに

ゴムジョイント圧縮装置の開発により、現場での伸縮装置取替工は順調に遂行することができた。

今回の工事のように既設橋梁の補修工事では、供用中の道路を交通規制して作業を行うことが多く、作業スペースや作業時間、持ち込める資機材の制約がある条件下での施工が求められる。

本工事では、着手前の事前調査で施工上の問題点を洗い出し、対処を工事準備期間中に検討し、必要な資機材を適切に準備したうえで施工にあたることの重要性をあらためて感じさせる現場であった。

今後の工事でも工事準備の期間を有効に活用し万全な施工が行えるように努めていきたい。

# 81 新技術活用（NETIS 含む）

## ゼニフロート X (浮き足場) を用いた 橋梁点検等について

ゼニヤ海洋サービス株式会社

技術本部長

技術本部 副本部長

担当部長

佐藤 明久<sup>○</sup>

登坂 浩二

堤 修

### 1. はじめに

橋梁点検は、管理する橋梁の現状を把握し、安全性や耐荷力・耐久性に影響すると考えられる劣化・損傷等を早期に発見することにより、常に橋梁を良好な状態に保全し安全かつ円滑な交通を確保するとともに、点検結果等で得られた情報を蓄積することにより効率的な維持管理を行うことを目的に実施するものである。

本事例は、東京都千代田区の神田川に架かる万世橋（全長26m、幅員36m、桁下高5m以内、石およびコンクリート製アーチ橋、1930年架設）について橋梁点検を実施したものである。本稿では現地状況を踏まえた橋梁点検の工夫について報告する。

### 2. 現場における問題点

橋梁点検は、橋の道路上に橋梁点検車を止め、点検車に取り付けたブーム先端のバケットに作業員が乗って行うのが一般的である。（図-1）



図-1 橋梁点検車による点検状況

本橋梁点検は、東京都千代田区の神田川に架かる万世橋（中央通り、国道17号）が対象であり、

以下の問題点がある。（図-2、図-3）

- ・万世橋は、秋葉原電気街の南端に位置し、神田駅周辺と結んでいるため、交通量が非常に多く日中の車道および歩道の交通規制を必要とする橋梁点検車による点検作業が困難である。
- ・万世橋は、桁下高5m以下で低く幅員が36m（車道6車線と両側に歩道）あることから、橋梁点検車による点検作業が困難である。



図-2 万世橋の外観



図-3 万世橋の交通状況

### 3. 工夫・改善点と適用結果

本問題点を改善するために以下の工夫・改善を行った。

○工夫・改善点

万世橋の車道および歩道の交通規制を回避するものとし、橋梁点検車以外での点検方法を検討した結果、水上での浮き足場による橋梁点検を行うこととした。

工夫1：ゼニフロートX（浮き足場）の使用

本橋梁点検では、橋梁点検用足場および点検員4名が安全に作業できるように、長さ2.0m、幅2.0m、高さ0.3m、重量420kg、余裕浮力400kgのゼニフロートXを縦2基×横2基の合計4基を連

結し、面積16m<sup>2</sup>、合計浮力1,600kgの浮き足場として使用した。(図-4)

- ・材質：環境に配慮したリサイクルポリプロピレン (PP) 製、熱可逆性で繰り返しリサイクル可能
- ・連結方法：箱型ユニットで連結が自由自在

なお、ゼニフロートXの橋梁点検における適用条件は、橋梁下に水面を有し、桁下高が水面から5m以内の橋梁において、水深30cm以上の河川で波高0.5m以下である。また、風速10mおよび流速0.5m/sを超える場合は、作業の安全性が損なわれるため中止する。

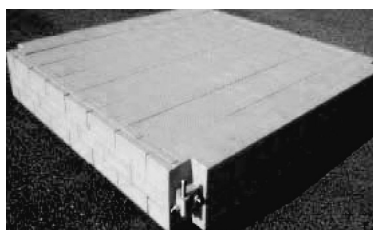


図-4 ゼニフロートXの外観

工夫2：ゼニフロートXの搬入出

ゼニフロートXの搬入出は、交通規制の不要な万世橋の袂からユニック車（小型クレーン付トラック）を使用して行った。(図-5) このとき、ゼニフロートXは、1基ごとに着水させ水上で連結作業を行った。

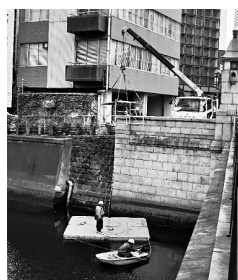


図-5 ゼニフロートXの搬入状況

工夫3：ゼニフロートXの水上移動

ゼニフロートXの搬入場所から点検場所までの水上移動は、迅速かつ設置場所の微調整が容易にできる小型作業船で行った。(図-6)

工夫4：ゼニフロートXの機材配置

連結したゼニフロートX上に橋梁点検用足場および点検員4名を積載することから、水平を保つために重心を考慮して、これらの配置に留意した。(図-7)



図-6 ゼニフロートXの水上移動状況



図-7 ゼニフロートXを使用した橋梁点検状況

○適用結果

橋梁点検車に代わりゼニフロートX（浮き足場）を使用した橋梁点検の適用結果は、以下のとおりである。

- ・搬入出および橋梁点検中の交通規制が不要となった。
- ・桁下高5m以下、幅員36mの点検範囲を迅速かつ的確に点検することができた。
- ・万世橋の袂からユニック車によりゼニフロートXの搬入出を行うことにより点検期間を短縮できた。
- ・ゼニフロートXを連結することで必要な点検作業スペースおよび安定性を確保することができ、橋梁点検中の安全性が向上した。
- ・点検作業の機材コストが約2割削減できた。

#### 4. おわりに

交通量が非常に多く日中の車道および歩道の交通規制が難しい桁下高の低い橋梁点検に対して、ゼニフロートX（浮き足場）を使用することによる最大の利点は、交通規制が不要となり、桁下高5m以下の橋梁点検を迅速かつ的確に実施できたことである。

なお、ゼニフロートXは、橋梁点検以外にも水路・暗渠点検、工所用浮き足場、水上機材置き場、水上仮設通路、浮消波、浮棧橋および水上ステージ等の導入実績があり、多様な用途で使用できるものである。

# 82 i-Construction 等

## ICT舗装工(修繕工)の MCフィニッシャー使用とその成果報告

長野県土木施工管理技士会

庫昌土建株式会社

土木部長

大 藏 将 寿

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工 事 名：令和元年度防災・安全交付金  
(修繕) 舗装補修工事
- (2) 発 注 者：長野県諏訪建設事務所
- (3) 工事場所：長野県諏訪郡下諏訪町
- (4) 工 期：2020/08/04～2021/03/01

### 2. 現場における問題点

本現場の施工概要は切削オーバーレイ工A=4,600m<sup>2</sup>(切削厚さ10cm、表層5cm、基層5cm)であり、ICT舗装工(修繕工)(フィニッシャーによるMC)を実施する旨で設計変更した。施工に当たり、既設構造物及び既設舗装版から縦横断面を作成し設計データに反映したが、中間に交差点があったため、本線である県道と町道部のすりつけが問題となった。

レーザースキャナー測量で取得した測量データを参照し現況高さを確認したところ、県道部は基本的に既設舗装版勾配も約2%の両勾配であったが、交差点部は町道とのすりつけもあり、1%～1.7%の片勾配であった。交差点部は隅切り始めから5m間で両勾配→片勾配に変化していることがわかった。

路側構造物が決まっているため、両勾配→片勾配に短距離で勾配変化する必要があり、勾配変化をスムーズに行う横断面の設計と、初めて使用す

るICTフィニッシャーが対応できるかが問題であった。

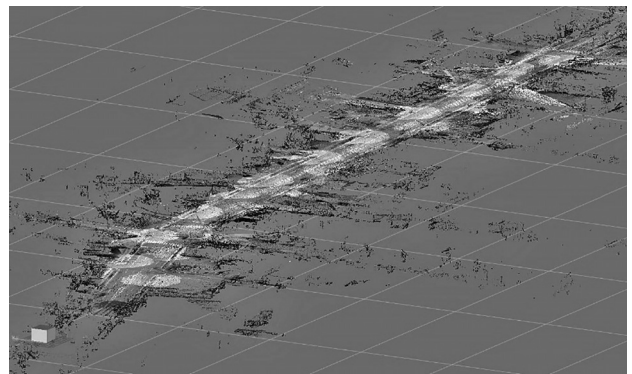


図-1 3Dスキャナー現況

### 3. 工夫・改善点と適用結果

既設路側構造物を基点として横断面を作成しセンター高さを設定した仮設計の縦断勾配では、本線(県道)センター高さはほぼ通っていたため、横断勾配の変化にICTフィニッシャーが対応できるかを調査した。協力会社土場にてICTMCフィニッシャーを用いて試験施工を実施した。協力会社作業員の方々の施工訓練も兼ねた試験施工では追尾用プリズムの設定方法、コントロールボックスの操作方法等をリース業者にレクチャーしてもらいながら施工を行った。

#### 結果

1. 敷均し始めは安定しない。安定してからAuto施工にする必要がある。
2. スクリードの勾配や高さの変化速度は油圧シリンダーの設定で変更可能。

3. TSの追尾はDtの荷台が上がった10秒ほどでもロストする。
4. コントロールボックスの表示が±0の箇所は高さもほぼ設計通り。
5. TSでの測位でも最大約2cmの誤差がある。等 様々な有効な結果が得られた。



図-2 試験施工の様子

試験施工から勾配の変化には対応できなかったのがわかったので、実際現況道路を走行してみたところ、交差点部の勾配変化が急なため車両が浮くイメージがあった。そこで、県道部を優先して勾配変化を延長5m→7m間で少し緩やかにすることとし、町道部は影響する範囲をすりつける設計に変更して三次元設計データを作成した。

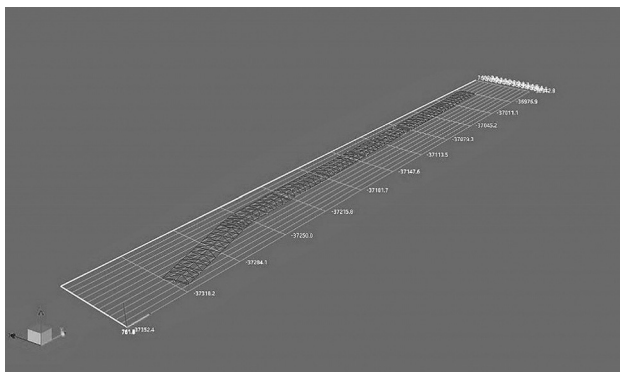


図-3 三次元設計データ

以上を計画・準備して実際に施工を行った。

切削オーバーレイ工の出来形管理項目は、厚さは標高較差で求めるが、今回は夜間工事であり切削面・基層面でのレーザースキャナーのデータ取得が難しいと言うアドバイスもあり、切削面・基層面の高さに関してはTS出来形にて管理し、表層面の高さをTS出来形の高さとレーザースキャナーの出来形評価を比較することで発注者と協議

し対応した。

切削完了後TS出来形で高さの確認を行った後、機械用TSに位置情報を設定し、プリズムからMCフィニッシャーに三次元位置情報を与え、フィニッシャーの位置情報を確認した後施工した。



図-4 基準局精度確認 図-5 移動局測位確認

初日はTSが違うプリズムを読んだりロストしたりでコントロールボックスに正確な情報が来ない等問題が色々あったが、試行錯誤して施工し、最終的にはTS出来形では規格値の50%以内に入り、平坦性は平均1.11 ICT出来形評価は図-6の通りであった。



図-6 出来形ヒートマップ

#### 4. おわりに

今回初めてMCフィニッシャーを使用して施工管理を行ったが、現状ICT施工を行うには社内だけでなく、協力会社の協力がなければ実現は厳しいものがあることを実感した。協力会社の皆様が前向きな姿勢でICTでのMC施工に向き合い、TSの移設やその他の対応に協力してくれたおかげでこの結果がある。きちんと準備・計画して活用すれば良いものが出ることを周知してICTの垣根を下げる必要があると感じた。

# 83 i-Construction 等

## 堤頭部スリットケーソンの据付における ICT 施工

岡山県土木施工管理技士会

株式会社 大本組

土木本部工務部

東京本社土木部

広島支店土木部

伊藤 宏 志<sup>○</sup>

浮田 洋 一

磯野 準

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：宿毛湾港池島地区  
防波堤（Ⅱ）築造工事
- (2) 発注者：国土交通省四国地方整備局
- (3) 工事場所：高知県宿毛市新港地先
- (4) 工期：自）令和元年10月21日  
至）令和2年3月25日

宿毛湾港では、港内の静穏度を確保することで、港湾利用者の安全で効率的な物流、大型旅客船の安全な着岸を可能とし、地域の振興に資することを目的として、平成21年度より池島地区防波堤（Ⅱ）（延長380m）の整備を進めている。本工事は、当該防波堤の最終函を含むスリットケーソン3函の据付を担う築造工事（延長40m）であった。

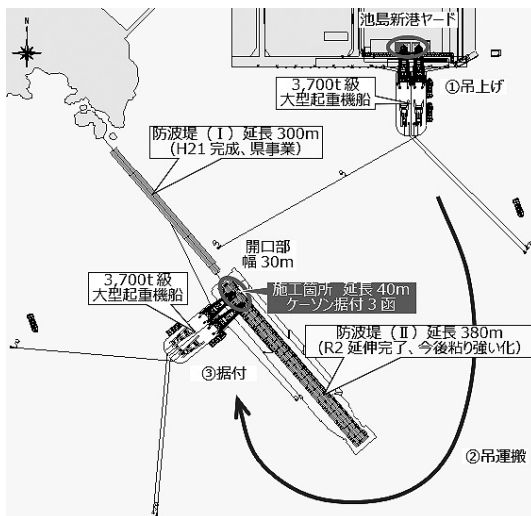


図-1 ケーソン据付作業概要図

ケーソン据付の施工方式は、過年度工事により池島新港ヤードで陸上製作されたスリットケーソンを国内最大級の3,700t吊級大型起重機船を用いて吊運搬（運搬距離1.2km）し、注水沈設する吊降し方式による計画であった。

### 2. 現場における問題点

ケーソン据付作業では、据付精度の確保と捨石マウンドとの接触による損傷防止のため、波浪等で常に動揺するケーソンの位置や傾斜を測量者が計測して作業指揮者に伝達し、指揮者の無線指示に基づき、クレーン操作者、操船ウインチ操作者、注水ポンプ操作者が各機器を操作してケーソンの姿勢を修正するが、計測から修正操作までにタイムラグが生じてしまうため、思うように修正が進まないことが普遍的な課題として挙げられる。

また、本工事の堤頭部スリットケーソン(2,952t/函)は、

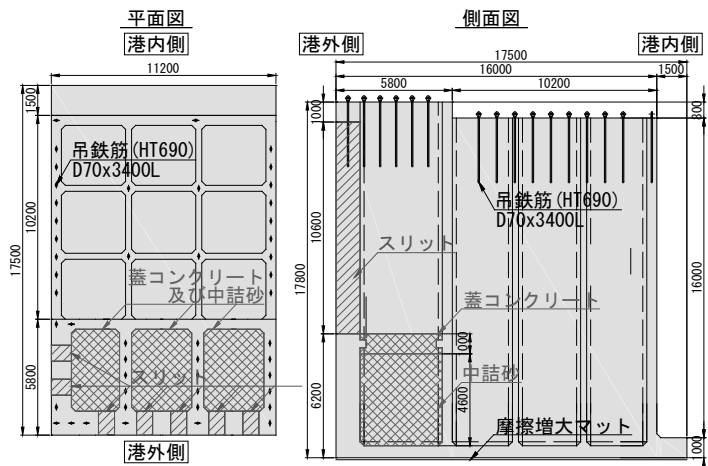


図-2 堤頭部スリットケーソン構造図



側壁2面が消波機能を有するスリット構造となっており、その下部は陸上製作段階で中詰砂と蓋コンクリートを施工済み（合計約400t）であったため、前後左右に非対象で重量差が大きく、据付時におけるケーソンの姿勢修正が難しいことが現場特有の課題として抽出された。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

前述した課題に対応するため、以下のICT（情報通信技術）を導入し、測量者による計測作業（計測、データ整理、情報伝達）の改善を図った。

#### (1) 注水管理システム

隔室毎に水位センサを設置し、函内の水位を自動連続計測した。その結果は、図及び数値により情報端末のモニター上にリアルタイム表示することで、注水情報の「見える化」を図った。さらに、隣接する隔室の水位差が90cm以上となった場合には、自動報知する警報機能を付加した。



図-3 注水管理システム概要図

#### (2) 位置管理システム

既設防波堤（I）の上に自動追尾トータルステーションを3台設置し、常に変動するケーソンの3次元位置を自動連続計測した。その結果は、設計位置までの差分を図及び数値によりモニターに誘導表示し、位置情報の「見える化」を図った。

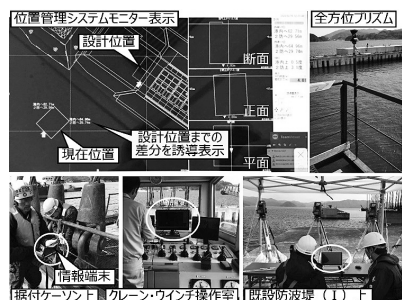


図-4 位置管理システム概要図

据付作業時は、両システムのモニターを作業指揮者、クレーン操作者、操船ウインチ操作者、注水ポンプ操作者の付近に設置し、それらの情報を確認しながらケーソンの姿勢を修正して据付した。

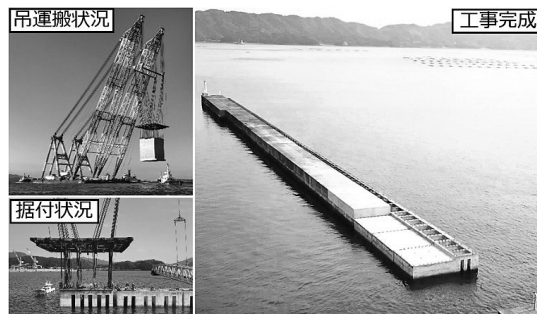


図-5 ケーソン据付状況及び工事完成写真

両システムの導入により、以下の有効性が確認された。

- ①計測作業で生じるタイムラグ及びヒューマンエラーを排除することで、各操作者が正確な情報をタイムリーに確認しながら適時適量の姿勢修正操作が可能となり、据付精度（法線に対する出入りは許容範囲 $\pm 30\text{cm}$ に対して港内外とも1cm）と施工性が向上した。
- ②施工性の向上により、据付作業時間を短縮できるため、一般船舶に対する海上交通規制を軽減し、第三者に対する安全性が向上した。
- ③常に動揺するケーソン上での測量者による計測作業を排除できるため、安全性が向上した。
- ④水位差警報機能により、隔室間の水位差を常に1m以下で管理し、隔壁の損傷を防止した。

なお、導入に際して、システム機材や設置・撤去に要する費用が発生するため、経済性が低下する点には注意が必要である。

### 4. おわりに

現在、国土交通省では、ウインチ方式によるケーソン据付作業を対象として、ICT本体工のモデル工事の実施や要領（案）等の検討が進められている状況である。本工事では、大型起重機船による吊降し方式に対してICTを適用し、当該方式においても複数の有効性を確認できた。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。

# 84 i-Construction 等

## ICT 技術を活用した地域高規格道路の盛土工事

大分県土木施工管理技士会

梅林建設株式会社

現場代理人

秋吉 浩之<sup>○</sup>

監理技術者

長野 健一

工事主任

山領 大介

### 1. はじめに

大分県中津市と日田市を結ぶ地域高規格道路（中津日田道路延長約50km）の一部分である三光本耶馬溪道路の青の洞門・羅漢寺インターチェンジ（以下、IC）において、本工事は函渠工及び路体盛土の一部を施工する工事である。

当ICは本線とランプが重なり合い、施工面積が比較的広くなること、ランプ線形が急曲線となることから、路体盛土工事において3次元起工測量、3次元設計データ作成、ICT建機による施工、3次元出来形管理及び品質管理、3次元データ納品までのICT技術を当社で初めて活用した。（図-1）工事概要

- (1) 工事名：大分212号三光本耶馬溪道路  
跡田地区第2工区改良工事
- (2) 発注者：国土交通省九州地方整備局  
大分河川国道事務所
- (3) 工事場所：大分県中津市本耶馬溪町跡田
- (4) 工期：令和元年10月2日～  
令和2年3月28日

### 2. 現場における問題点

1) ICは曲線部の管理測点が多く、また本線と重なり合う箇所は施工面積が広がる。このため、測量及び丁張設置の点数が多くなり多大な時間を要するとともに、施工時においては丁張の見間違えによる施工ミスにつながり、手戻りが懸念された。

2) 盛土品質管理において、従来の現場密度試験による方法は試験結果を得るまでに時間を要し、再転圧の有無によっては次施工の着手が遅れるため、品質管理手法の検討が必要であった。

3) 盛土地盤上で実施する砂置換法やR I法では、大型重機と人との接触事故が懸念された。

4) 出来形管理において、他工区からの受入れによる盛土材の正確な施工量を日々把握するとともに、盛土残量を常に管理して他工区との調整を行い、盛土引渡し期限に間に合わせる必要があった。

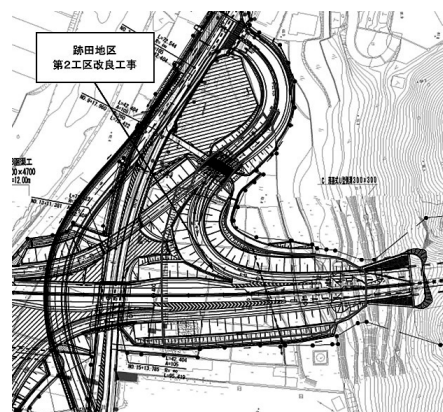


図-1 平面図

### 3. 工夫・改善点と適用結果

今回の問題点に対して、盛土工事の全工程においてICT活用技術を導入した。

- 1) ICの盛土区間の起工測量において、UAV（ドローン）による3次元測量を実施し、基礎データとなる現況地盤の3次元点群データを取得した。
- 2) 盛土品質管理は現場密度試験に替わる「GNSS

を用いた「締固め回数管理」を採用することとし、試験盛土によりまき出し厚（30cm）、転圧回数（5回）を決定した。施工機械は、敷均しにマシンコントロールブルドーザ（20t級）、転圧にGNSS締固め管理システム搭載型振動ローラ（30t級）を採用し、運転席のモニター画面で敷均し厚、転圧回数及び転圧軌跡を確認することで転圧回数不足や踏み残し箇所のない均一な盛土を構築できた。

また、法面整形にはマシンガイダンスバックホウを導入し、3次元設計データを基に運転席のモニターに示される設計形状にバケット位置を合わせ、ランプ部の急曲線法面の整形仕上げを行った。

3）盛土の現場密度試験は工法規定方式に変更したことで、試験回数と試験時間の削減と、大型重機と人との接触を無くすことができ、無事故で施工できた。

4）盛土出来形管理は、UAVによる写真測量を実施し得られた完成時の点群データと3次元設計データから出来形管理図（ヒートマップ）を作成した。出来形管理における計測性能（地上画素寸法10mm/画素）を満たすための必要な飛行高度36.5mに対し、平坦で飛行障害物等の無い現場であったため、計画高度30.0mとした。測定精度を確保するため、日光による陰影や評定点の配置等に注意して撮影した結果、TS観測との比較による検証点の測定精度は規格値50mmに対し最大19mmと良好であった。

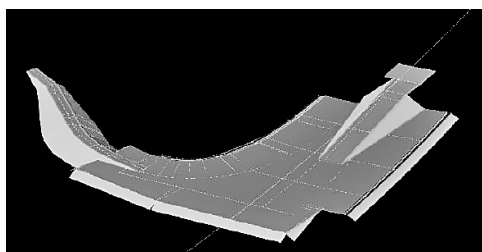


図-2 3次元設計データ

盛土量の管理においても写真測量を実施し得られた点群データから毎月の盛土量を算出し、盛土進捗率を把握した。また、ブルドーザ稼働履歴の

管理ソフトを導入して、施工進捗情報を収集し、稼働日毎、月毎に盛土出来高及び盛土残量を管理することで、盛土作業の効率化を図った結果、盛土の引渡し期限内に完了することができた。



図-3 ランプ部におけるバックホウのモニター

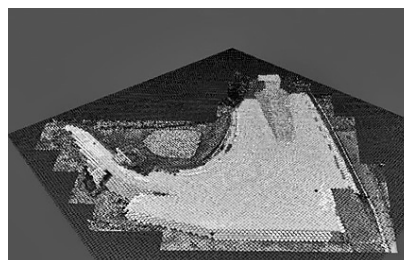


図-4 ヒートマップ（出来形管理）



図-5 完成写真

#### 4. おわりに

今回、IC路体盛土工事において起工測量から電子納品にわたる一連のICT技術を実施した結果、マンパワーによる煩雑な丁張設置、現場密度試験の省略および測量帳簿作成の時間節約が大きな活用メリットと感じた。また、出来形管理はこれまで測点ごとの断面形状を測定していたが、UAVによる1回の測定で3次元的な管理が可能となり、出来形精度の向上に加え、現場担当職員の仕事改革にも大きく貢献できた。

最後に、無事故無災害で竣工を迎えることができ、紙面を借りて関係者の方々に感謝申し上げる。

# 85 i-Construction 等

## 3Dスキャナーを用いた 既設構造物の現地計測について

日本橋梁建設土木施工管理技士会

株式会社 IHI インフラ建設

監理技術者

平賀 高之

### 1. はじめに

本工事は三陸自動車道の織笠高架橋P11橋脚において落橋防止システムを設置する耐震補強工事である。また、その他、一般国道45号の経年劣化により損傷した橋梁の補修工事を実施した。

工事概要

- (1) 工事名：織笠高架橋外補強工事
- (2) 発注者：国土交通省 東北地方整備局  
三陸国道事務所
- (3) 工事場所：岩手県釜石市両石町第4地割～  
下閉伊郡山田町織笠第11地割地内
- (4) 工期：平成30年9月6日～  
令和2年1月17日



図-1 織笠高架橋全景

### 2. 現場における問題点

変位制限構造を設置する既設面の形状は、平らな面ではなく、上部工は曲線面、下部工は斜線面となっており、その面にコンクリート削孔、アン

カーボルト定着を行い、コンクリート拡幅により平らな面を形成した後、鋼製ブラケットを設置する構造となっている。図-2に落橋防止システムの一般構造図、図-3に施工完了写真を示す。

上部工の横断勾配や縦断勾配、上部工と下部工の高さおよび斜角などの取合いの計測では既設構造物の形状を正確に把握するために、非常に高い精度で現地計測を行う必要があった。

従来のスケール等による手計測では、点と点の2点間距離しか計測できず、曲線面や斜線面を計測するには側点を増やし何回も計測する必要があるため、現場での労力が増える。また、目盛りの読み違いや、数値記帳ミスなど人的要因によるミスが発生する可能性も高くなることが予想された。

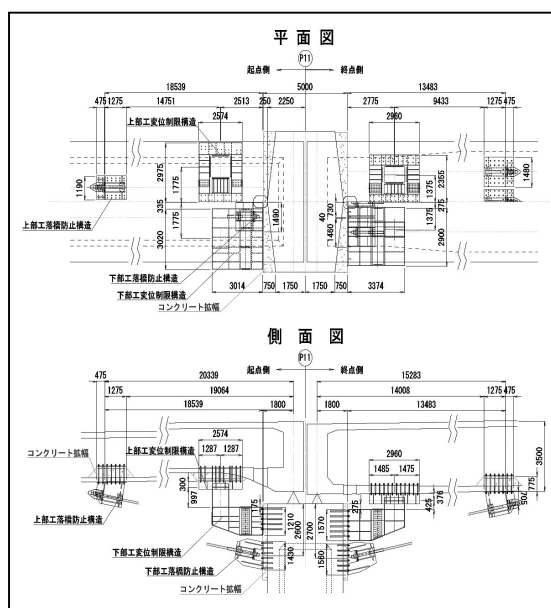


図-2 落橋防止システム一般構造図



図-3 施工完了写真

### 3. 工夫・改善点と適用結果

計測には3Dスキャナーを採用した。特徴として、対象物の表面形状を無数の点の座標集合データ（点群データ）としてデータを取得し、専用ソフトで座標間の距離などを測定することが可能となっている。

計測方法は、計測する対象物の周囲に点群データ合成用のターゲットマーカー球を配置し、撮影範囲にターゲットマーカー球が3個以上写るように3Dスキャナーを設置し、撮影を開始する（360°自動回転）。1回の撮影では足場などが死角となり、対象部の表面すべてを撮影することができないため、死角を無くすように3Dスキャナーの位置を変えて数回撮影を行った。実際の撮影では、少ない撮影回数で必要なデータが得られるよう、ターゲットマーカー球と3Dスキャナーの配置計画が重要となる。図-4に3Dスキャナー計測状況、図-5に点群データのイメージ図を示す。



図-4 3Dスキャナー計測状況



図-5 点群データのイメージ図

今回、3Dスキャナーを使用して気付いたことを以下に示す。

- ①現場の計測作業に従来3～4日かかっていたものが、1日と短縮され、現場での作業負担が軽減される。
- ②現場の計測人員も従来3人程度必要なところ、1～2人で撮影が行えるため効率的である。
- ③計測した点群データ結果もデジタルデータとして使用できるため、CADデータ化することで多くの技術者が利用できるようになる。
- ④対象範囲を一度計測してしまえば、任意の断面の形状寸法が確認できるようになるため、計測し忘れや計測精度不足などによる再計測の手間がなくなる。
- ⑤計測結果も±2mm程度と高い精度で計測することが可能である。
- ⑥高温・多湿など現場作業環境の良くない場所でも作業時間短縮ができ、手が届かないような高所でも計測可能であるため、安全性に優れている。
- ⑦点群データの合成に7～10日程度かかるため、計測の範囲（規模）が少量の場合は、成果データを受領するまでのトータル日数は変わらない。もしくは悪化してしまう。
- ⑧計測には専用機器、専用ソフト、専門知識が必要となるため、計測できる技術者が限られる。
- ⑨専門性が強い技術のため、費用が高額である。

### 4. おわりに

本工事において3Dスキャナーを用いた既設構造物の現地計測を行った結果、現場での作業負担は大幅に軽減され、非常に効果的であったと考える。しかし、費用が高額であるため、工事の規模や難易度を考慮し、3Dスキャナーを適用する工事か否か選定する必要があると感じた。

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。

# 86 i-Construction 等

## タブレット端末を活用した施工管理

エム・エムブリッジ 株式会社  
日本橋梁建設土木施工管理技士会  
現場代理人  
森 谷 和 貴

### 1. はじめに

近年、国土交通省が推進しているICT技術を活用することで、工事現場における生産性向上が求められている。今回、橋梁架設現場で実施した、ICT技術の活用として、「タブレット端末 (iPad) を活用した施工管理」について報告する。

#### 工事概要

- (1) 工 事 名：福山沼隈線道路改良工事 (1 工区)
- (2) 発 注 者：広島県 東部建設事務所
- (3) 工事場所：広島県福山市草戸町地先 (芦田川)
- (4) 工 期：平成30年10月3日～  
令和2年7月31日
- (5) 橋梁形式：鋼7径間連続非合成鈹桁橋
- (6) 橋 長：368.0m
- (7) 支 間 長：51.15m+5@53.0m+50.15m
- (8) 総 重 量：1,661ton

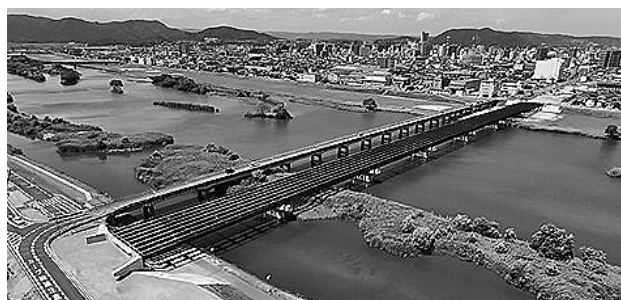


図-1 橋梁全景

### 2. 現場における問題点

架設工法は、トラベラクレーンベント工法である。高力ボルト逐次剛結によるサイクル架設のため、高力ボルト締付け作業が連続し、架設日の大半で、現場予備試験を行う必要があった。また、ベント基礎杭支持力の算出、桁地組および各架設ステップでの形状測定データの把握と日常の施工管理業務の増大が想定された。そのため、上記における日常管理業務の時間短縮および管理の簡素化に着目し、現場に従事している社員全員が携帯しているタブレット端末 (以下iPadと略称する) を活用した現地作業時の施工管理方法を模索した。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

本工事において、日常行う施工管理業務にタブレット端末を活用したのでその内容を以下に紹介する。

#### (1) タブレット端末による図面等の閲覧

通常、現場詰所から施工地点まで移動距離がある場合は、図面や施工資料をリュックに入れて持ち歩いている。しかし、必要な書類を持ち合わせていない場合は、その場での判断が出来ない。本工事では、社員が携帯しているiPadに最新図面や施工資料等を保存し、施工地点でiPadで確認することにより時間ロスを削減した。

(2) ベント基礎杭打設作業時における支持力算出

ベント基礎杭打設時の支持力管理は、パイプロハンマの電流・電圧および最終30cmにおける打ち込み速度から支持力を算出し想定する。この計算式をiPad内に組込むことで、施工場所での測定値の入力により、迅速な合否判定が可能となった。また、従来は作業後に事務所で帳票作成を行っていたが、作業時の測定値入力と同時に管理調書まで完成していることで、日々の作業後の書類作成作業を削減できた。

(3) 高力ボルト現場予備試験帳票の自動作成

当社では現場予備試験の帳票システムを独自に作成しており、測定値を入力することで帳票の自動出力を可能とした。これにより、累計84日分の試験データは、試験実施の時点で最終の報告調書まで完成しており、調書作成時間を大幅に削減できた。また、複数の試験実施者に対応ができるように、iPadからログインすることで本工事の記録の一元管理を可能とした。

計測日	判定	計測者	使用ボルト	平均値 (kN)	許容値 Min(kN)	許容値 Max(kN)	編集
2020-05-27	OK	伊藤 大貴	S10TW M22	233	212	249	
2020-05-26	OK	伊藤 大貴	S10TW M22	233	212	249	
2020-05-25	OK	伊藤 大貴	S10TW M22	234	212	249	
2020-05-23	OK	伊藤 大貴	S10TW M22	233	212	249	
2020-05-22	OK	伊藤 大貴	S10TW M22	234	212	249	
2020-05-21	OK	伊藤 大貴	S10TW M22	232	212	249	

図-2 日常管理帳票一覧画面

天気: [晴] 気温: 24℃

使用ボルト: S10TW M22 <日鉄住金ボルト> ボルト長さ: 80

ロット番号: TTNH169100 軸力計機種番号: MA16853

締付予定箇所: J2652 立会者: 自主検査

ボルト締付け強さ記録 (kN)						
1st	2nd	3rd	4th	5th	平均	σ
238	228	234	236	230	233	

許容値 212 < σ(kN) < 249 判定 OK

記事: 締付機種番号 8215

図-3 タブレット端末の測定値入力画面

(4) 桁地組・桁架設時の出来形管理への活用

桁地組の形状管理は、完成系の縦断勾配に合わせた地組ではなく、地組架台設備の最小化および作業高さの平準化を目的に水平地組を行ったため、地組時のキャンバー管理時に計測したデータの変換作業が必要であった。通常は、管理シートや野帳上にて手動計算で管理値の算出を行うが、iPadへ計算式を組み込むことで、計測データの入力のみで管理値との誤差が迅速に把握でき、桁調整に要する時間を短縮した。

桁架設ステップ毎の形状管理では、管理測点(7主桁×71格点)が多いなか、地組時と同様にキャンバー計算表をiPadに組み込み、計測データを直接入力することで、形状誤差の把握が迅速に行えた。また、手動計算による計算ミスの防止および測量後の計算や調書作成における手間が削減でき、出来形管理の効率化が図れた。

(5) 機材管理への活用

現地仮設備における社内機材の搬入・搬出時の数量や重量管理として、当社独自に作成したシステムへの数量入力により、残機材の把握および返送時の機材返送明細の自動作成やトラックへの積載重量が容易に把握できた。また、積み込み作業時に数量変更が生じた場合、従来は事務所まで戻り変更数量をPCへ入力後、機材返送明細の発行という手順であったが、iPadとポータブルプリンターの活用で、その場での入力・印刷が可能となり、業務の省力化ができた。

## 4. おわりに

現在の状況としては、建設生産性の向上に有効なICT技術活用を模索・思考している途上である。今回は作業現場でのタブレット端末の活用で、様々な日常管理業務に対し迅速化および効率化が図れたと考える。1項目の活用では、軽微な効果であるが、工事全体では大きな効果が得ることができる手段であると考え。今後も有効な活用幅を少しずつ拡大して行くことが重要であると考える。

# 87 i-Construction 等

## 検査等における ICT 活用による効率化

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

製作時現場代理人

主任技術者

品証担当者

富 永 周 佑<sup>○</sup>

小 西 英 明

小 高 知 之

### 1. はじめに

#### 工事概要

本工事は、国道163号の拡幅事業のうち府道52号を跨ぐ鋼橋上部工の製作・架設工事である。

本稿では、近年の働き方改革における生産性向上の一環として実施した、情報共有システムおよびICTを活用した電子ミルシートの採用さらに新型コロナウイルス感染症防止で行ったリモート検査について報告する。

- (1) 工 事 名：精華拡幅乾谷高架橋上部他工事
- (2) 発 注 者：近畿地方整備局 京都国道事務所
- (3) 工事場所：京都府相楽郡精華町乾谷地先
- (4) 工 期：平成30年11月16日～  
令和2年5月29日

### 2. 背景

#### <リモート検査>

従来の技術検査では受注者側は配置技術者、品質証明員並びに各担当者が一堂に会して検査に臨むため、多くの関係者が技術検査に集まる移動時間が生産性向上の課題になっている。また、「新型コロナウイルス感染症」の感染拡大の原因とされる3密「密閉・密集・密接」のうち「密集・密接」が、従来の技術検査の方式に当てはまるため、これらを避けた検査方式を採用する必要がある。

#### <電子ミルシート>

鋼板の品質証明書であるミルシートには、紙媒

体で使用されてきたが、近年の情報共有システム普及に伴い、紙のミルシートを電子媒体に変換するスキャン作業が生じるほか、工事規模の大きさに比例して、変換したミルシートのデータ容量も膨大となり、保存や処理が問題になっている。また、溶接時の予熱管理に必要な溶接割れ感受性組成（Pcm）などの鋼板特性情報を得るために、紙のミルシートを1枚ずつ検索して読み取る必要があり、生産性向上の課題になっている。

### 3. 概要

#### <リモート検査>

本工事ではMicrosoft社のビデオ会議システム「Teams」を活用して検査を実施することにした。システム概要を図-1に示す。

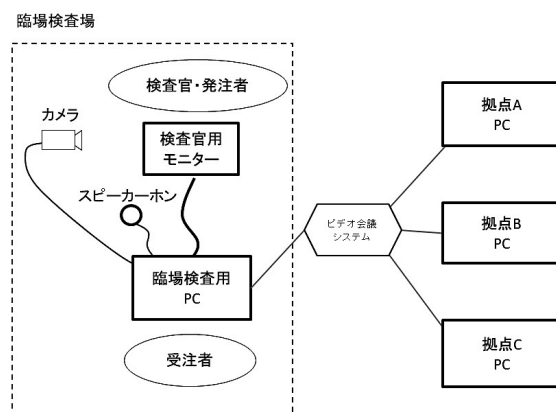


図-1 システム概要

受注者側は現場代理人のみ検査に臨場し、ほかの関係者はビデオ会議システムより検査にリ



モート臨場した。スピーカーホンを使用して検査官に対する説明や質疑応答を行うほか、双方向にカメラを設置し、検査場および各拠点の様子をお互いに確認できるようにした。また、ビデオ会議システムの画面共有機能を使用することで各拠点から担当者が資料を提示し検査をサポートした。対物確認検査ではビデオ会議システムをインストールしたタブレットを使用することで屋外での検査に対応した。

#### <電子ミルシート>

ミルシートは、電子署名によるデータ改ざん防止処理が施された電子媒体で高炉メーカーから受領した。また、ミルシート情報も同時に受領したが、直接利用できない付帯情報データであったため、新たに開発したデータ抽出プログラムでミルシート検索に必要な情報を抽出し、電子ミルシートを埋め込んだExcelファイルに反映した。なお、電子ミルシートを橋梁工事に採用した例は業界でも数えるほどしかない。

## 4. 適用結果と改善点

### <リモート検査>

#### ①通信状況について

通話品質は検査として実用上十分であり、検査時の会話も問題なく聞き取れた。カメラの画質は検査場状況を確認することは十分可能であった。(図-2) しかし、工事ヤードの中でも通信環境が異なることもあり、通信環境が悪い箇所では画質が粗くなるため、計測した数値の確認が困難な場合があった。



図-2 対物検査状況

#### ②使用機器について

対物検査ではタブレットを媒体として使用した

ため、撮影時は両手がふさがってしまった。ウェアラブルカメラ等のハンズフリーの機器適用検討が必要である。本工事では既存のシステムを使用する事で専門知識がない場合でも使用が可能となることがわかった。また、検査映像記録を録画して保存することができるため、問題が発生した場合の振り返りや、教育資料への活用も可能である。

#### ③情報セキュリティについて

発注者側の情報セキュリティの関係上、発注者側PCと受注者側PCを繋げることが出来なかった。その為、受注者側PCを現場代理人が持参して対面で受検することとなった。情報セキュリティ問題を解決することで双方が各々の事務所で検査を行う事が可能となり移動時間の削減や検査会場での密集・密接をより回避することが可能となる。

#### <電子ミルシート>

電子ミルシートの採用により、紙のミルシートを変換する時間が削減され、ミルシート1枚当たりのデータ容量も従来の半分以下に削減できた。また、電子ミルシートを埋め込んだExcelファイルは、ミルシート検索の効率化に大きく寄与し、情報共有システムへの登録・提出も可能であることがわかった。しかし、今回の工事では、ミルシート情報が直接利用できず、化学成分や特性情報が含まれていなかったため、更なる生産性向上を図る上で、受領するファイルを高炉メーカーと検討が必要である。また、1ファイル1ミルシートの構成により、ファイル数が多くなったため、情報共有システムにおける登録ファイル数制限の観点から、ファイル数を減らす検討も必要である。

## 5. おわりに

リモート検査が技術検査に適用可能である事が今回の検査を通じてわかった。今回の様な世界的流行の感染症への対策としても有用であることがわかった。また、電子ミルシートの活用で業務効率化ができることがわかった。リモート検査・電子ミルシートの課題点を解決することで、生産性のさらなる向上に繋げていきたい。

# 88 i-Construction 等

## 橋梁壁高欄配筋におけるMR技術の活用

日本橋梁建設土木施工管理技士会  
株式会社 巴コーポレーション

西川 宇市郎<sup>○</sup> 南部 雅俊

### 1. はじめに

本工事は、中部横断自動車道のうち山梨県南巨摩郡身延町に位置する時雨沢川橋の製作・架設工事である。

本工事では、受注者希望型のCIM活用工事の適用を受け、CIMモデルの作成及び属性情報の付与、CIMモデルを活用した支点周りの取り合い照査や付属物の干渉チェック、送出し架設のシミュレーション、受発注者間でのCIMモデルの共有、完成図書としてのCIMモデルの納品を実施した。

また、CIMモデルの活用範囲を広げる取り組みとして、壁高欄鉄筋に対するMRデバイスを用いた3次元モデル投影による配筋検査及び遠隔臨場の試行を行った。本稿ではその内容について紹介する。

#### 工事概要

- (1) 工事名：中部横断時雨沢川橋上部工事
- (2) 発注者：国土交通省 関東地方整備局
- (3) 工事場所：山梨県南巨摩郡身延町和田地先
- (4) 工期：平成30年9月14日～  
令和2年5月29日

### 2. MRデバイスを用いた配筋検査

壁高欄の一部の10m範囲を対象とし、設計図面に基に作成した壁高欄鉄筋のCIMモデルと現地で配筋済みの鉄筋を合成表示するMR技術による配筋検査の試行を行った。また、検査現場のMRデ

バイスと発注者事務所のパソコン間でインターネット回線を通じて映像・音声を通信して行う遠隔臨場の試行も行った。

この方法は、近年実施されているスマートグラスを使った遠隔臨場に加えて、設計CIMモデルと現実空間をMR技術で重ねる事で、設計値との相違が一目で確認できる事が新しい点である。

図-1にMRデバイス及び遠隔臨場者のパソコン画面に表示される画像を示す。



図-1 検査状況の画面

現場での純粋な検査作業時間のみで比較すると、従来方法による配筋検査では11分かかったが、MR技術を用いた検査では6分で完了し、検査作業時間が短縮した。また、検査員側は現地までの移動が不要になり、大幅な省力化になる事は言うまでもない。ただし、CIMモデルの作成や機器のセットアップ等、必要な事前準備の時間は含んでいない。また、今回は検査記録として従来の紙ベースの配筋検査資料を作成して納品したが、将来、MR技術を用いた出来形検査を本格運用す

際には、検査記録の残し方や、検査要領・検査書類の書式が整備される必要がある。

### 3. 現場における問題点

MRデバイスを用いる場合のみならず、遠隔臨場を行うには、施工現場と発注者事務所間での映像・音声の通信に良好なインターネット通信環境が必須である。特に施工現場は山間部である事も多く、インターネット通信環境の確保が大きな課題となる。

今回、検査場所のMRデバイスの通信にはスマートフォンのテザリング機能を使う予定であったが、事前に通信テストしたところ、モバイルブロードバンド回線では思うような通信速度が得られず、映像・音声途切れる状況であった。

### 4. 工夫・改善点と適用結果

対策として、バックアップとして準備していた長距離・広範囲Wi-Fiを使う事とした。長距離・広範囲Wi-Fiは多くの特許技術を用いたWi-Fiアクセスポイントであり、最大500mの長距離と、電波基本角度横60度の広範囲をカバーできる。



図-2 通信回線の構成

図-2 に通信回線の構成図を示す。

検査場所のMRデバイスと現場事務所間を長距離・広範囲Wi-Fiで無線通信し、そこから現場事

務所に敷設した有線インターネット回線で発注者事務所との通信を行った。

これによりダウンロード/アップロード共に30Mbps程度の安定した通信速度が得られ、スムーズに遠隔臨場を実施できた。

また、橋面上の複数の位置で長距離・広範囲Wi-Fiの電波強度の分布についても計測した。計測結果を図-3に示す。

Wi-Fiの電波は水分・油分で遮断される特性があり、水分・油分を含んだ木の葉に遮られる位置では電波強度が落ちる事が確認できた。

また、本橋の橋面は地上45m程度に位置しており、地上の現場事務所付近から上方に向かって電波を出す格好となり、床版コンクリートによって遮られる範囲でも電波強度が落ちる結果となった。

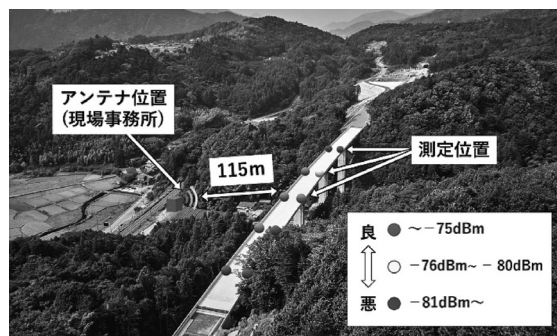


図-3 長距離・広範囲Wi-Fi電波強度測定結果

### 5. おわりに

MR技術を用いる事で配筋検査を省力化できる事、山間部でのインターネット通信環境確保に長距離・広範囲Wi-Fiが有効である事が確認できた。

また、今後の課題として、遠隔臨場を前提とした検査要領・検査書式等の整備が必要な事も確認できた。本報告が今後のCIMモデル活用の一助となれば幸いである。

最後に、本工事を施工するに当たりご指導・ご協力頂きました皆様に厚く御礼申し上げます。



第25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	鋼橋架設工事におけるCIMモデルを活用した施工および維持管理	高石 将太 鷲足 健全 今 和也	(株)横河ブリッジ	日本橋梁建設	p. 146
	優秀賞	3Dモデルの活用による現地照査の実施	近藤 弘樹 井田 智樹	丸彦渡辺建設(株)	(一社)北海道	p. 118
		鋼橋上部工事におけるCIM・ICT活用による業務の効率化	末川 勝 上原 正太郎 河村 健一	日本橋梁(株)	日本橋梁建設	p. 154
		現場条件を踏まえた法面での3次元計測手法の工夫	栗原 章	(株)興和	新潟県	p. 122
		鋼橋架設工事における計測の省人化とMRの導入	高桑 正直	川田工業(株)	日本橋梁建設	p. 138
	i-Construction賞	ICT砂防土工における内製化の取り組み	刈間 亘二	(株)守谷商会	長野県	p. 126
	特別賞	夜間大ブロック一括架設見学会での実況中継	寺口 智 福嶋 貴生	川田工業(株)	日本橋梁建設	p. 54
技術報告	最優秀賞	8径間連続鋼床版箱桁橋の伸縮装置取替工におけるゴムジョイント圧縮装置の開発	小谷 政治 川上 修 小坂 敏彦	酒井工業(株)	非会員	p. 326
		不可視条件下における施工履歴データを用いた施工と仮設計画の工夫	鳥越 伸一	蜂谷工業(株)	岡山県	p. 196
	優秀賞	橋梁壁高欄配筋におけるMR技術の活用	西川 宇市郎 南部 雅俊	(株)巴コーポレーション	日本橋梁建設	p. 342
		検査等におけるICT活用による効率化	富永 周佑 小西 英明 小高 知之	エム・エムブリッジ(株)	日本橋梁建設	p. 340
		タブレット端末を活用した施工管理	森谷 和貴	エム・エムブリッジ(株)	日本橋梁建設	p. 338
		ICT舗装工(修繕工)のMCフィニッシャー使用とその成果報告	大藏 将寿	庫昌土建(株)	長野県	p. 330
	特別賞	外国人建設就労者に対する安全管理	佐藤 豊明	日新興業(株)	宮崎県	p. 312

## 第25回土木施工管理技術論文報告集（令和2年度版）

---

令和3年6月30日初版発行

編集・発行 一般社団法人 全国土木施工管理技士会連合会

〒102-0076 東京都千代田区五番町6-2

ホームマットホライズンビル1F

TEL 03-3262-7421（代表）

URL <https://www.ejcm.or.jp/>

---

不許複製

落丁本・乱丁本はお取り替えいたします。

印刷・製本 株式会社愛甲社