

目次

I. 技術論文

番号	表彰	分野別	題名	工事名			頁
	技士会名			会社名	主執筆者	共同執筆者	
1		施工計画	住宅密集地域内における雨水中大口径管理設工法の提案	国補公共下水道 那珂川第1排水区枝線（4-1工区）工事			2
	茨城県土木施工管理技士会		株式会社秋山工務店	鬼澤 直樹			
2		施工計画	鋼版定着ビーム型ジョイントを22時間以内に取替よ	H30京浜大橋（西行）補修工事			6
	無所属		株式会社拓進工営 （東日本高速道路株式会社関東支社派遣）	鎗田 裕視			
3		施工計画	床版取替工事における効率的な品質管理および生産性向上について	上信越自動車道 香坂川橋床版取替工事			10
	東京土木施工管理技士会		鉄建建設株式会社	吉原 昂平			
4	最優秀賞	施工計画	国内最大級のアーチカルバート設置工事	佐賀497号脇田地区函渠設置工事			14
	佐賀県土木施工管理技士会		松尾建設株式会社	清永 友和	真海 一昭		
5		施工計画	荒砥川橋PC上部工工事施工	R4・5国道17号上武道路荒砥川橋上部工工事			18
	無所属		東日本コンクリート株式会社	平間 俊行	伊藤 寛彦		
6		施工計画	橋梁撤去と新設工事（田尻川大橋）	田尻川大橋修繕工事			22
	無所属		東日本コンクリート株式会社	佐々木 雄基			
7		施工計画	設計照査における3Dモデルの活用	球磨村道松本大坂間線 災害復旧松本橋下部工（P1）基礎工事			26
	兵庫県土木施工管理技士会		株式会社新井組	久保田 耕司			
8		施工計画	PC2主桁架設工事	下八山橋梁上部工工事			30
	無所属		東日本コンクリート株式会社	大橋 泰之			
9		施工計画	改良地盤でのクレーンベント架設における架設計画の変更	東関東自動車道 塔ヶ崎高架橋（鋼上部工）工事			34
	日本橋梁建設土木施工管理技士会		川田工業株式会社	白崎 吉彦	小川 喜和		
10		施工計画	龍ヶ鼻橋上部工架設工事における鋼橋架設の工夫	補助公共 道路改築事業（地方道・連携） 龍ヶ鼻橋上部工製作架設工事			38
	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	岡本 智史	赤石 篤志	今 和也	
11		施工計画	「新」単管足場の構造計算書	-			42
	長野県土木施工管理技士会		北陽建設株式会社	荻久保 武志			
12		施工計画	送り出し架設の過大荷重に対する技術課題	紀伊停車場田井ノ瀬線（仮称新南田井ノ瀬橋上部その4）道路改良工事			46
	日本橋梁建設土木施工管理技士会		高田機工株式会社	畑 康隆	中出 真史		
13		施工計画	交差条件を有する多径間多主桁橋梁の架設計画と安全対策	令和3年度 東海環状西深瀬高架橋鋼上部工事			50
	日本橋梁建設土木施工管理技士会		高田機工株式会社	市川 満帆	末村 修		
14		施工計画	先行架設・部分合成した桁上を利用した送り出し架設について	令和3年度 佐世保道路 佐世保高架橋北（鋼上部工）工事			54
	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	高橋 鴻	森添 慎司	西岡 秀和	
15		施工計画	縦取り工法を採用した鋼製梁の架設	令和3年度1号清水立体庵原高架橋東鋼製梁工事			58
	日本橋梁建設土木施工管理技士会		瀧上工業株式会社	柿木 建二	齋藤 雅俊		
16		施工計画	供用中の国道近傍における補修工事の工夫	令和3年度1号清水立体横砂跨道橋鋼上部工事			62
	日本橋梁建設土木施工管理技士会		瀧上工業株式会社	上田 晃正	山口 武留	上田 将行	
17		施工計画	函渠上における多軸式特殊台車一括架設工法～黒崎西ランプ～	福岡3号黒崎西ランプ橋上部工（A1-RP2）外工事			66
	日本橋梁建設土木施工管理技士会		JFEエンジニアリング	小野 拓海	安田 恭之助	須田 健太郎	
18	インフラDX賞	施工計画	RPAとAI技術を活用した資材管理のオートメーション化への取組	十勝川改修工事の内 川西築堤堤防保護工事			70
	（一社）北海道土木施工管理技士会		萩原建設工業株式会社	早川 剛史	大籠 雅敏		

番 号	表 彰	分野別	題 名	工 事 名			頁
	技 士 会 名			会 社 名	主執筆者	共同執筆者	
19		施工計画	橋梁区間内に縦断勾配変化点を有する鋼桁の送り出し架設	新名神高速道路 吉祥寺川橋他2橋（鋼上部工）工事			74
	日本橋梁建設土木施工管理技士会	川田工業株式会社	福嶋 貴生	伊藤 賢也	大羽澤 宏至		
20		施工計画	狭小占有帯におけるクローラクレーンによる大ブロック桁架設	大和御所道路種原高田種原高田IC・Cランプ橋上部工事			78
	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	吉川 彰彦				
21		施工計画	軌陸車を使用した機材及びクレーンの現場搬入	第一白川橋りょう復旧工事			82
	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	伊藤 大貴	三谷 隼人			
22		施工計画	湯渡戸橋上路式トラス桁の解体について	湯渡戸橋旧橋撤去工事			86
	無所属	東日本コンクリート株式会社	星野 仁志				
23		施工計画	上下部剛結構造の張出架設および桁閉合	R3 圏央道利根川橋上部工事			90
	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	下澤 誠二	稲田 博史	井崎 茜		
24		施工計画	ケーブルクレーンPCT直吊り工法について	西普天間橋梁上部工事			94
	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	渋谷 大輔				
25		施工計画	狭あいな施工ヤードにおける鋼橋の架設	令和3年度 247号西知多道路 東海JCT・H-1ランプ橋鋼上部工事			98
	日本橋梁建設土木施工管理技士会	日本車輦製造株式会社	中村 信哉	加藤 亮			
26		施工計画	BIMCIMを用いた効率的な施工計画と狭隘部盛土工事における省人化施工	宮崎218号室野地区改良工事			102
	宮崎県土木施工管理技士会	旭建設株式会社	河野 義博				
27		工程管理	トンネル坑口上部変状箇所におけるのり面補強対策工の設計方針について	東海環状自動車道 久々利第二TN他1TN工事			106
	無所属	大成エンジニアリング株式会社	幸山 一成	上野 淳	石野 法道		
28	優秀賞	工程管理	配筋検査ツール「Modely」活用による生産性の向上について	すさみ串本道路江田川橋P2下部工事			110
	兵庫県土木施工管理技士会	株式会社新井組	森谷 光希	伊東 瞳			
29		工程管理	法面補修補強関連工事における工程短縮の取り組み	令和4年度 国補土砂災害対策道路工事			114
	長野県土木施工管理技士会	北陽建設株式会社	小林 信敬	杉木 雅			
30		工程管理	エレクショントラスによる橋体吊上げを併用したフィレンディール橋の架設工事	R5国道19号松本拡幅落合橋側道歩道橋上部2工事			118
	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	栗田 真輝	鈴木 元美	古茂田 靖夫		
31		品質管理	強く美しいコンクリートを目指して～スランプ値12cmへの警鐘～	令和4年度岡山西バイパス北長瀬高架橋下部工事			122
	岡山県土木施工管理技士会	株式会社荒木組	宮脇 潤	齋藤 衛			
32		品質管理	渓谷に架かるスパンドレル・ブレースド・バランスドアーチ橋の桁たわみ計測	第一白川橋りょう復旧工事			126
	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	北川 淳一	森谷 和貴	梅林 栄治		
33		品質管理	合成床版を有する既設橋梁の拡幅工事について	令和3-5年度横断道津田高架橋上部P3-P7工事			130
	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 大阪事業場	奥村 優介	佐野 ゆり枝	禪野 航平		
34		品質管理	高精度3次元測定器を活用した出来形計測のメインオフィスからの現場支援	新名神高速道路 宇治田原第一 高架橋（鋼上部工）工事			134
	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	田中 啓介	島元 保道			
35		品質管理	炭素繊維巻き立てにおける品質管理の工夫	山陽自動車道 第二西藤橋他1橋耐震補強工事			138
	岡山県土木施工管理技士会	蜂谷工業株式会社	杉田 康太郎				
36	優秀賞	品質管理	補強土壁のCIM活用・TLS測量による3次元品質管理	令和4年度岡山環状南道路東畦地区第15改良工事			142
	岡山県土木施工管理技士会	蜂谷工業株式会社	勝下 晃太郎				
37		安全管理	下り勾配での送出し架設における安全対策	三遠道路9号橋鋼上部工事			146
	日本橋梁建設土木施工管理技士会	株式会社横河NSエンジニアリング	川口 浩平				
38	最優秀賞	その他	鋼製橋梁現場溶接への多関節溶接ロボット適用	大阪湾岸道路西伸部六甲アイランド第三高架橋PE3鋼製梁工事			150
	日本橋梁建設土木施工管理技士会	佐藤鉄工株式会社	橋爪 忠雄	青木 寛信			

番号	表彰	分野別	題名	工事名			頁
	技士会名			会社名	主執筆者	共同執筆者	
39		その他	用・排水構造物における3Dプリンター製品の適用	山陽自動車道 第二西藤橋他1橋耐震補強工事			154
		岡山県土木施工管理技士会	峰谷工業株式会社	秀平 旭			
40	優秀賞	その他	鋼橋出来形管理省力化システムの開発と有効性の検証	R4東関道JR鹿島線橋上部工事			158
		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	西田 正人	木村 光宏	松元 健一郎	
41		その他	上部工工事におけるICT技術の効果（省力化、高精度化）について	R3 横環南栄IC・JCT D ランプ1号 橋他上部工事			162
		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	植村 肇	池田 誠一郎	山田 勉	
42	特別賞	その他	建設ディレクター制度を取り入れ生産性向上	宮崎218号 室野地区改良工事			166
		宮崎県土木施工管理技士会	旭建設株式会社	江藤 登美宣			
43		その他	縦横断勾配のある曲線送出し架設について	国道121号6号橋上部工工事			170
		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	沢田 一郎			
44		その他	橋脚撤去により構造系変化を伴う既設橋梁の補強における安全・品質管理	(改) 都心環状線（日本橋区間）呉服橋・江戸橋出入口撤去工事			174
		日本橋梁建設土木施工管理技士会	JFEエンジニアリング	藤田 翔吾			
45		その他	公共工事における土木構造物に対する建設用3Dプリンター活用の効果検証	令和4年度 復旧治山事業 竹元谷			178
		宮崎県土木施工管理技士会	旭建設株式会社	木下 哲治			

Ⅱ. 技術報告

番号	表彰	分野別	題名	工事名			頁
	技士会名			会社名	主執筆者	共同執筆者	
1	優秀賞	施工計画	被災した裏込工のICT起工測量	八戸港八太郎・河原木地区航路 泊地（埋没）付帯施設裏込外工事（その2）			184
		東京土木施工管理技士会	東亜建設工業株式会社	河村 昌益	小笠原 均	鈴木 健彦	
2		施工計画	出水期の護岸工事	令和3年度 防安広域 第50-1-9号 祝子川 宇和田地区護岸工事その3			186
		宮崎県土木施工管理技士会	日新興業株式会社	佐藤 宗近			
3		施工計画	トンネルの先の架設桁架設	国道47号有田沢橋上部工工事			188
		宮城県土木施工管理技士会	東日本コンクリート株式会社	伊藤 広監			
4		施工計画	効率よく施工する為の工夫	土樽越後中里停車場線 松川橋補修工事			190
		新潟県土木施工管理技士会	株式会社森下組	荒川 勇			
5		施工計画	支承接替工事における支承受座構造の変更に関する報告	R4国道298号葛飾大橋補修その1工事			192
		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 橋梁事業部	芳川 陽一	秋野 友之		
6		施工計画	支承接替工事における支承受座構造の変更及び補強材の設置方法に関する報告	R4国道298号葛飾大橋補修その2工事			194
		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 橋梁事業部	高山 寛	忌部 史郎		
7	優秀賞	施工計画	都市内高速道路特有の厳しい施工条件に対する大規模塗替塗装の対策	7号小松川線錦糸町付近大規模修繕工事			196
		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	平野 良和	蔭山 裕太		
8		施工計画	ベント設備を削減した架設方法の工夫による工期短縮	令和4年度 23号蒲郡BP金野第5橋鋼上部工事			198
		日本橋梁建設土木施工管理技士会	日本橋梁株式会社	西川 岳志	津田 悟		
9		施工計画	狭隘ヤードにおける多軸特殊台車による鋼桁一括架設	海老江工区鋼桁及び鋼製橋脚工事			200
		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	徳原 英範	甲斐 智弘		
10		施工計画	RC床版コンクリート付き鋼橋上部工の急速施工と寒中養生管理	西脇北バイパス下戸田高架橋（P26-A2）鋼橋上部工事			202
		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	橋本 真一郎	濱田 稀吏都		
11		施工計画	狭隘なヤードでの桁架設について	令和3年度 23号蒲郡BP蒲郡Cランプ橋西鋼上部工事			204
		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	水田 礼治			

番 号	表 彰	分野別	題 名	工 事 名			頁
	技 士 会 名			会 社 名	主 執 筆 者	共 同 執 筆 者	
12		施工計画	橋梁補修工事における取組	花島橋外橋梁補修工事			206
		無所属	東日本コンクリート株式会社	佐藤 耕平			
13		施工計画	奥尻港防波堤（北外）提頭部工事に関する施工報告	奥尻港外1港北外防波堤その他 建設工事			208
	(一社) 北海道土木施工管理 技士会		株式会社富士サルベージ	杉崎 恵一	小野 裕哉		
14		施工計画	北部第5排水区ほか1排水区下水暗渠改築工事施工報告	北部第5排水区ほか1排水区下水暗渠改築工事			210
	(一社) 北海道土木施工管理 技士会		株式会社富士サルベージ	山本 健一	足立 憲彦		
15	優秀賞	施工計画	塗替え塗装の塗膜剥離における特殊部のIH(電磁誘導加熱)式塗膜剥離施工	若戸大橋(吊橋部) 橋梁補修工事			212
	日本橋梁建設土木施工管理 技士会		日本橋梁株式会社	絹見 哲也			
16		施工計画	湊川_空頭制限下におけるパワーリフトを用いた鋼製橋脚架設	湊川付近鋼製橋脚等大規模更新工事			214
	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	島原 慎司	伊藤 義彦		
17		施工計画	橋梁補修工事での事例	長沖橋橋梁修繕工事			216
		無所属	東日本コンクリート株式会社	鈴木 啓太			
18		施工計画	プレキャストPC床版の拡張工事	新名神高速道路 城陽第三高架橋(下り線)他2橋(鋼上部工)工事(その2)			218
	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	笹本 英樹	工藤 彰裕		
19		施工計画	橋梁撤去工事における安全性向上対策	伊達橋上部工撤去工事			220
	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	宇田川 重朗	高川 真仁		
20		施工計画	高圧電線直下における架設計画と安全対策の取組について	155号豊田南BP横山橋鋼上部工事			222
	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	齊藤 雄輝			
21		施工計画	片側2車線を確保した床版取替工事における増設桁の設計と施工	中央自動車道(特定更新等)多摩川橋床版取替工事(平成30年度)			224
	日本橋梁建設土木施工管理 技士会		日本橋梁株式会社	有居 賢人	秀 和則		
22		施工計画	狭隘な施工ヤードにおける施工管理について	一級河川 寝屋川 加納元町調節池築造工事(発進立坑)			226
		無所属	株式会社森組	河本 菜緒			
23		施工計画	大規模土工におけるUAVを用いた盛土の日常管理について	北海道新幹線、札幌トンネル(銭函)			228
	(一社) 北海道土木施工管理 技士会		岩田地崎建設株式会社	山本 一輝			
24		施工計画	河床掘削における出来形管理・工期短縮について	令和4年度小田川付替柳井原地区 築堤護岸他第2工事			230
		無所属	株式会社荒木組	楠井 隼斗	栗原 達也		
25		施工計画	一般道路近傍軟弱地盤ヤードでの架設について	令和5年度国道2号道照高架橋鋼上部工事			232
	日本橋梁建設土木施工管理 技士会		UBEマシナリー株式会社	安達 到	土谷 浩		
26		施工計画	鋼箱桁橋切欠き主桁の支承取替工における工夫	名古屋地区土木構造物大規模改修その他工事(鋼橋R5)			234
	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	堀籠 雄基	酒瀬川 伸吾		
27		工程管理	既設水道管下のBOXカルパト設置について	西小松3-1工区外区画整理工事			236
	宮城県土木施工管理技士会		株式会社阿部土建	三塚 廣志			
28		工程管理	PC上部工工事での事例	鮎川橋上部工工事			238
		無所属	東日本コンクリート株式会社	三浦 位名典	三島 一彦		
29		工程管理	工期短縮への取り組みについて	令和5年度筑後川菅原地区護岸補修工事			240
	福岡県土木施工管理技士会		株式会社廣瀬組	下條 敬			
30		工程管理	築堤工事における工程短縮について	筑後川下田地区築堤工事			242
	福岡県土木施工管理技士会		株式会社廣瀬組	松藤 隆起			
31		工程管理	大規模掘削他工事における工程短縮および河川汚濁対策	令和4年度小田川付替新合流点 右岸護岸他工事			244
	岡山県土木施工管理技士会		株式会社荒木組	岡田 康平	寺戸 慎一		

番号	表彰	分野別	題名	工事名			頁
	技士会名			会社名	主執筆者	共同執筆者	
32		工程管理	消波ブロック製作における安全かつ効率的な工期短縮方法	令和5年度中浜漁港整備工事（その1）			246
	京都府土木施工管理技士会		西田建設株式会社	西田 英生			
33		工程管理	断面修復工における作業効率向上に向けた工夫	令和5年度 道路メンテナンス補助事業橋梁長寿命化修繕工事			248
	長野県土木施工管理技士会		株式会社倉品組	松澤 敬吾	倉科 友行		
34		工程管理	架設・床版打設計画の工夫による工程短縮	ずさみ串本道路二色川橋上部工事			250
	日本橋梁建設土木施工管理技士会		UBEマシナリー株式会社	岡田 拓也	清水 征也		
35		品質管理	プレキャスト部材に連結するコンクリートの品質確保について	宮崎218号五ヶ瀬東IC構造物設置工事			252
	宮崎県土木施工管理技士会		上田工業株式会社	羽賀 康博			
36		品質管理	床版コンクリートの品質向上に向けた工夫について	(一) 松尾青野ヶ原停車場線 大門橋 橋梁上部工工事			254
	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	石本 好幸			
37		品質管理	地盤改良工の品質向上に対する取り組みについて	福岡208号 新港地区改良（4工区）外工事			256
	福岡県土木施工管理技士会		株式会社廣瀬組	古賀 隼人			
38		品質管理	支承取替工事におけるデジタル技術の活用による精度の向上	東名高速道路（特定更新等）菅ヶ谷高架橋他3橋支承取替工事			258
	日本橋梁建設土木施工管理技士会		日本車輻製造株式会社	奥田 晃則	川口 博史		
39		品質管理	漁港内での消波ブロック製作における環境負荷低減の取り組み	令和5年度中浜漁港整備工事（その1）			260
	京都府土木施工管理技士会		西田建設株式会社	安里 政男			
40		品質管理	応力導入状態での主桁溶接について	大阪モノレール 鋼軌道桁建設工事（B957工区）			262
	日本橋梁建設土木施工管理技士会		川田工業株式会社	龍頭 実			
41		品質管理	保全工事におけるARを活用した事前検証に関する取り組み	-			264
	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	荒木 健二	楨元 秀樹		
42		品質管理	鋼コンクリート合成床版における充填性向上について	東海環状板屋川高架橋鋼上部工事			266
	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	伊東 卓二	山本 勝利		
43		品質管理	ケーブルクレーン直吊り工法による架設時の形状管理	令和3年度 交付観改日 第2号道路改良工事			268
	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	衛藤 俊介	埜 博道		
44		品質管理	ダウンザホールハンマー工法の管理方法及びICT建機の活用	鳴瀬川ダム宿尻地区工事用道路整備工事			270
	無所属		株式会社森組	前田 興志			
45		品質管理	高所・長距離モルタル吹付工事における品質確保及び安全対策	白石地区林地荒廃防止工事			272
	無所属		株式会社親和テクノ	小田和 満紀			
46		品質管理	既設橋面との段差解消と作業スペース確保	令和4年度 道路メンテナンス補助事業橋梁長寿命化修繕工事			274
	長野県土木施工管理技士会		株式会社倉品組	酒井 裕美	川田 幸二		
47		品質管理	集中工事における鋼床版板桁の張り出し架設	中国自動車道（特定更新等）吹田JCT～中国池田IC間橋梁更新工事			276
	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	林 光博	佐藤 功武		
48		品質管理	支承取替に伴う支持設備の検討について	第二神明道路 伊川谷IC～玉津IC間橋梁耐震補強工事			278
	無所属		大成エンジニアリング株式会社	石橋 諒平			
49		安全管理	歩道・車道隣接工事に対する安全対策について	福岡208号 新港地区改良（2工区）工事			280
	福岡県土木施工管理技士会		株式会社廣瀬組	江口 輝			
50	優秀賞	安全管理	土砂運搬におけるダンプトラックと誘導員の接触事故防止対策	石狩川改修工事の内 石狩川みらい大橋右岸下流低水路掘削外工事			282
	(一社)北海道土木施工管理技士会		岩田地崎建設株式会社	山内 敦貴			
51		安全管理	新技術を活用した県道交通の安全確保について	主要地方道高岡環状線道路改築橋梁上部工（2工区）工事			284
	日本橋梁建設土木施工管理技士会		川田工業株式会社	井上 康太郎	今井 裕規		

番 号	表 彰	分野別	題 名	工 事 名			頁
	技 士 会 名			会 社 名	主執筆者	共同執筆者	
52		安全管理	ケーソン仮置時における安全対策	令和5年度川内港（唐浜地区）岸壁（-12m）ケーソン製作外1件工事			286
	岡山県土木施工管理技士会		株式会社大本組	佐野 大介	阪口 真太郎		
53		安全管理	湧水・漏水を伴う背面盛土における擁壁工事の安全対策について	令和5年度【第34-B3067-01号】二級河川興津川4年災害復旧工事4年災害査定第212号（護岸工）			288
	（一社）静岡県土木施工管理技士会		株式会社アースシフト	小野田 翔			
54	最優秀賞	その他	現況構造物の3D化とICTバックホウによる排雪作業	R5湯沢工区除雪作業			290
	新潟県土木施工管理技士会		株式会社森下組	森下 真朋			
55		その他	王子橋上部工事におけるUAVを用いた起工測量	令和4年度 橋梁更新 第3-1-1号 県道高城山田線王子橋工区（仮称）王子橋上部工工事			292
	日本橋梁建設土木施工管理技士会		日本橋梁株式会社	前田 航平	神山 直人		
56		その他	長大吊橋のセンターステイ取替工の報告	関門自動車道 関門橋主ケーブル改良工事			294
	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 大阪事業場	大西 健二	廣川 謙		
57		その他	縦横断勾配の大きい鋼床版桁橋における架設工程短縮の取組	(仮称) 夢洲北高架橋架設工事-2			296
	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	首藤 敏行	神野 勝樹		
58	優秀賞	その他	地域の民間工事におけるICT技術の活用と普及	平島工業団地造成工事			298
	岡山県土木施工管理技士会		株式会社荒木組	仲達 貴世	杉井 良隆		
59		その他	三次元計測によるスノーシェッド復旧工事の調査事例	立山有料道路 維持改良 細谷第3 スノーシェッド応急復旧工事			300
	日本橋梁建設土木施工管理技士会		佐藤鉄工株式会社	永瀧 健一	鴻池 専一郎		
60		その他	高圧線直下での架設と狭隘なヤードの対応について	R4圏央道三坂新田高架橋上部その1工事			302
	日本橋梁建設土木施工管理技士会		株式会社バコーレーション	前田 宗国	南部 雅俊		
61		その他	施工動作を加えたAR重畳の活用	R4国道17号上武道路赤城跨道橋上部工事			304
	日本橋梁建設土木施工管理技士会		株式会社バコーレーション	上野臺 英孝	田高 清		

I. 技術論文

1 施工計画

住宅密集地域内における 雨水中大口径管埋設工法の提案

茨城県土木施工管理技士会
株式会社秋山工務店
現場代理人
鬼澤 直樹

1. はじめに

本工事は、水戸市が中心市街地を対象に総合的な雨水対策により、浸水被害箇所的大幅な減少を目指すため平成27年度に策定された「水戸市雨水排水施設整備プログラム」の事業として発注された工事である。早期に浸水被害の軽減を図るため下流から順に幹線水路の整備が進められてきた。

このような状況の中、近年の局地的な集中豪雨や都市化の進展・緑地の減少に伴う雨水流出量の増加によって、浸水被害が多く発生している。住宅地域の浸水を解消するべく枝線水路の工事を急務としていた。

本工事は、住宅密集地域内（図-1）における雨水中大口径管埋設工事の施工計画・施工上の課題・問題点、それを改善する工法提案と摘要結果を述べるものである。



図-1 現場周辺状況

工事概要

- (1) 工事名：国補公共下水道 那珂川
第1排水区枝線（4-1工区）工事
- (2) 発注者：水戸市
- (3) 工事場所：茨城県水戸市渡里町地内
- (4) 工期：（自）平成29年5月30日
（至）平成30年3月15日
- (5) 施工内容：密閉型中大口径管推進工 HPφ1200 L=277m、開削工FRPMφ1200 L=2.3m、立坑工 ライナープレートφ3800mm 1箇所、組立式4号人孔1基、地盤改良工、土留め工、付帯工一式

2. 現場における課題・問題点

当初設計の施工フローは、次のとおりである。

- ① 供用中の既設矩形マンホールの北側4mの位置に路面覆工と深さ10m・直径3.8mの円形ライナープレート立坑を築造し発進立坑とする。
- ② この立坑から北側（下流側）の既設人孔に向かって、泥濃式推進工法により、内径1200mmの推進用鉄筋コンクリート管を延長277m布設する。（人孔到達・掘進機回収）
- ③ 推進完了後に組立マンホールを設置し、立坑埋戻しと路面覆工を解体した後に、道路の仮復旧を行う。
- ④ 連絡管（FRPMφ1200mm）を接続するために南側（上流側）の既設矩形マンホールと新設した組立マンホールを開削工法により深さ6m、延長2m、管路の掘削土留めを行い、内径1200mmの強化プラスチック複合管を

布設する。既設矩形マンホールと新設組立マンホールを接続することで、既設水路の増強を図る計画であった（図-2）。

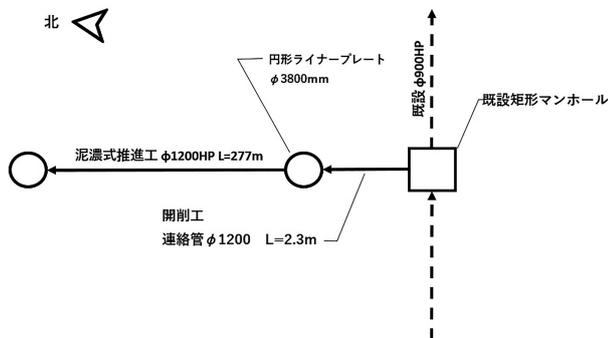


図-2 概要図

施工計画を立案するにあたり、連絡管接続工の設計仮設計画及び施工方法について、課題と種々の懸案事項が生じた。

(1) 連絡管接続工の設計仮設計画

連絡管接続工は、①管縦断方向に長さ5.5mの鋼矢板Ⅱ型を打設する。②管横断方向に長さ7.0mのH型鋼を親杭として打込み、横矢板及び切梁を設置し、掘削しながら順次土留め支保工を行う。③既設矩形マンホール側壁を人力にて取り壊す。④FRPM管φ1200mmを布設し、管口に巻き立てコンクリートを打設するというものであった（図-3・4）。

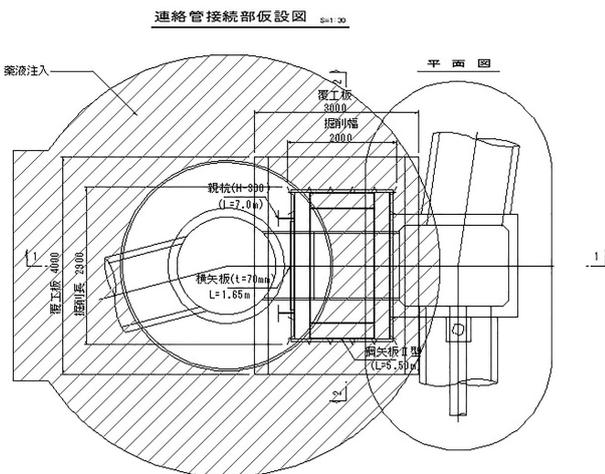


図-3 連絡管接続部仮設図 平面図

施工数量が小規模で、作業工程が多いため、段取り替えに要する日数損失と、作業日当りの標準作業量が確保できず、工期内完成は不可能となる。

また、架空線直下でのクレーン作業による、架空線切断事故の危険要因を伴っていた。このような状況のなか、工程を短縮することができ、且つ安全な施工方法の立案が課題となった。

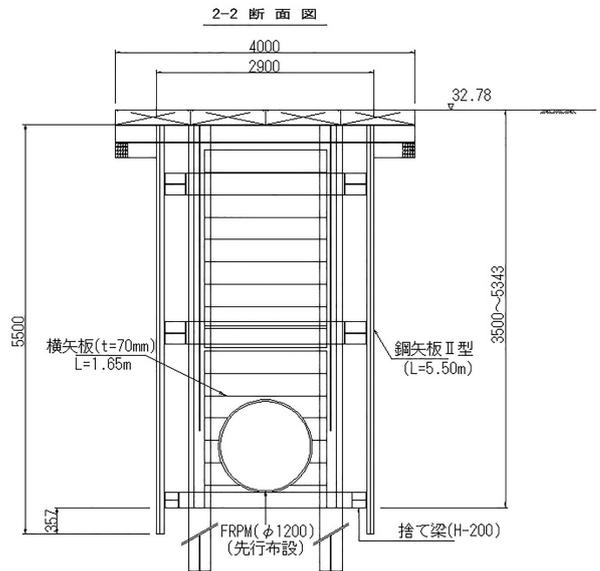


図-4 連絡管接続部仮設図 断面図

(2) 施工困難なヤード条件

現場確認において、鋼矢板を打設する直上には、複数の配電線や通信ケーブル等の架空線が存在していて、ラフタークレーンを配置できる場所が限られることから、施工の際に支障になると考えられた。打合せを進めていく中で架空線を移設するためには、2ヶ月以上の期間を要するとの回答を得た（図-5）。



図-5 施工箇所直上

架空線を移設せずにラフタークレーンを配置するためには、道路を全面通行止めにする必要が

あった。

(2) 住民の生活環境への影響

鋼矢板及びH形鋼の打込み・引抜きにあたっては、バイブロハンマを使用することとなるが、施工箇所周辺は住宅街であり、半径10m以内には、3軒の民家が建っている。環境省の定める振動規制法の特定建設作業においては、振動の大きさは、「敷地境界線において、75デシベルを超えないこと」とされている。環境省の資料によると、バイブロハンマの作業場所から7m離れた場所では、70～90デシベルの振動が観測されるとある。

このため、騒音や振動の少ない単独圧入工法（サイレントパイラー）での施工を検討する必要がある。しかしながら、鋼矢板及びH形鋼の最長根入れ部の地層をボーリング柱状図で確認すると、N値40以上の砂礫層となっているため、ウォータージェット併用工法や、オーガ併用工法が想定される。そうした場合、布堀りの範囲、工事用水の供給、濁水・排土処理方法を検討すると、道路を全面通行止めにする必要があった。

(3) 地盤沈下の懸念

当初設計には、鋼矢板及びH形鋼は全数引抜きとなっているが、引抜き時の土圧変化による完成した構造物への影響や家屋の沈下等が起こらないように、安全に撤去・回収できる方法も検討しておく必要がある。①引抜きながら速やかに砂を充填し、水締めをする。②セメントモルタル等での空隙充填。③後の工事の障害物となり、経済的ではない方法だが、上部のみ切断して、残りは残置する。以上のことを検討したが、いずれにしても、施工中の家屋の沈下や後に道路陥没が発生した場合のリスクは大きいのではないだろうか。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

(1) 鋼製さや管推進工法の提案

これまでに、課題として挙げた工程短縮と安全な施工方法の計画立案における問題点や懸案事項を明らかにした。

これら種々の問題点を解決するべく、勘案した

結果、非開削による鋼製さや管推進工法のうち、ボーリングー重管ケーシング方式に分類されるベビーモール工法を提案することとした（図-6）。

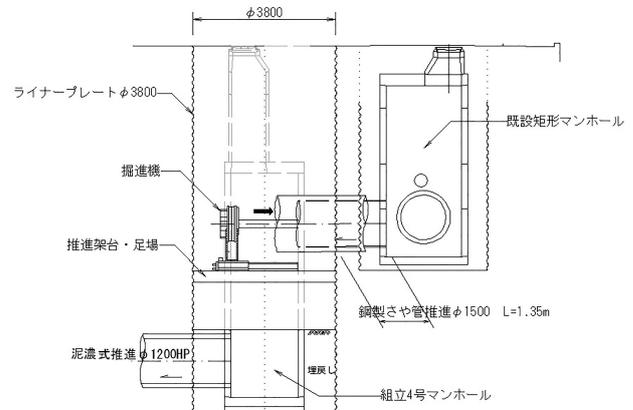


図-6 ベビーモール工法 仮設図

ベビーモール工法は、鋼管の先端にビットを付けて、さや管自体を回転させて掘進する非常にシンプルな工法である。

(3) 適用結果の確認

本工事において、ベビーモール工法φ1500mmを採用したことで、以下の適用結果を得た。

- ①掘進機及び設備が比較的小型で軽量であることから、架空線直下で定格荷重の大きなクレーンを使用せずに安全に作業することができた。騒音・振動を発生させることなく作業できたので、
- ②騒音による苦情や、振動による家屋への影響もなかった。地域住民の方々の生活環境に配慮できた。
- ③先行して施工した泥濃式推進工事のライナープレート式立坑と路面覆工を、そのまま利用したので、交通規制形態を変更することなく、施工できた（図-7）。そのため、道路を通行止めにすることはなかった。また、路面覆工の架け替えをする必要がなくなり、工程も短縮することができた。
- ④ベビーモール工法は、土質の適用範囲も広く、障害物への対応にも優位な工法であったため、本工事で、掘進中に最大粒径35cmの礫を確認したがトラブルに見舞われることなく掘進・到達できた。
- ⑤鋼管φ1500mmによる掘進挿入の完了後に、φ1200mm用のコア削孔機を「さや管」内に挿入し、既設矩形マンホール側壁のコア削孔を掘進作業の



図-7 ライナープレート立坑からの掘進状況
一連として施工したことにより、人力による取壊し作業を省いて工程短縮した(図-8・9)。開削工で施工して、万が一、障害物に遭遇した場合の除去作業を考えると、工程遅延の心配もなく、経済的でもある。



図-8 既設人孔側壁 削孔コア回収状況

⑥鋼製のさや管内に強化プラスチック複合管を挿入し、その隙間を充填することで、外周が堅剛な鋼管に覆われた一体構造となるため、埋設管に作用する外圧に抵抗することができる。

⑦この工法を採用したことで、21日間の工程短縮を実現できた。連絡管接続工の当初計画の作業日数と実績作業日数の比較を-表-に示す(-表-)。



図-9 既設矩形マンホール到達状況

-表- 施工日数の比較表

変更案	連絡管接続工(非開削工：ベビーモール工法)	
	作業名	実施日数
施工 プロ ロー	0. 泥濘式推進工法 完了	—
	1. 推進架台設置、既設外副管閉塞(エアモータル充填) 掘進機撤付、鋼管及び刃口取付、発進鏡切り	1
	2. 鋼製さや管掘進 L=1.35m	2
	3. 既設矩形マンホール側壁コア削孔 t=20cm、コンクリート回収	1
	4. 強化プラスチック管φ1200スペーサー装着、挿入	1
	5. 中詰め注入(鋼管と強ブラ管の間)	1
	6. 組立マンホール設置、埋戻し、路面覆工撤去、路面仮復旧	5
	合計	11

当初	連絡管接続工(開削工：鋼矢板Ⅱ型、親杭横矢板)	
	作業名	計画日数
施工 プロ ロー	0. 泥濘式推進工法 完了	—
	1. 組立マンホール設置、埋戻し、路面覆工撤去、路面仮復旧	6
	2. 路面覆工架設 A=12.0m ²	1
	3. 鋼矢板Ⅱ型(L=5.5m、N=10枚)、親杭H300*300(L=7.0m、N=4本)打設	2
	4. 掘削山留めV=22.0m ³ (切梁旋起し3段)	7
	5. 既設外副管閉塞、残留ライナープレート撤去	2
	6. 既設矩形マンホールコア削孔、コンクリート撤去	2
	7. 強化プラスチック管φ1200布設L=1.35m、巻立コンクリート打設・養生	6
	8. 埋戻し、山留め(切梁・旋起し)解体	3
	9. 鋼矢板Ⅱ型、親杭引抜き・空隙充填	2
10. 路面覆工解体、仮復旧	1	
	合計	32

4. おわりに

本工事においては、狭隘な住宅密集地域内という十分な施工ヤードが確保できない現場条件のなか、課題としていた工程短縮と安全な施工を実現し、無事故で工期内に竣工を迎えることができました。

今後も、創意工夫と提案をもって施工管理にあたり、地元企業として地域住民の方々が安心・安全に暮らせるインフラ整備の担い手として、また、災害時には地域の守り手となり、専門的知識及び経験を活用し地元企業として社会に貢献していきたい。

2 施工計画

鋼床版定着ビーム型ジョイントを 22時間以内に取り替よ

無所属

株式会社橋梁メンテナンス（一次下請け）

鎗田 裕 視

1. はじめに

現在橋梁用伸縮装置は橋梁の長支間化や連続化に伴って伸縮量が拡大、広遊間化され大型化が図られていると共に、免震支承の採用により橋軸方向だけでなく複数方向に伸縮可能な伸縮装置が求められている。

ビーム型ジョイントは輪荷重を橋軸直角方向で直接支持するミドルビームと、そのミドルビームを橋軸方向で支持するサポートビームなどによって構成され、ミドルビームの本数を増やすことで、より大きな伸縮量を許容し、広遊間な橋梁に適用可能で、橋軸直角方向・鉛直方向への変位にも追従することができるため、使用条件が広範囲な伸縮装置である。

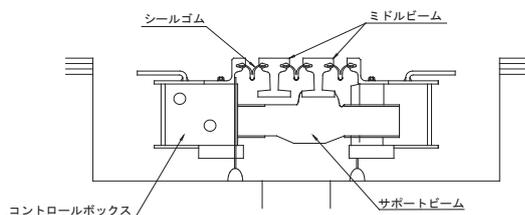


図-1 ビーム型ジョイント断面イメージ図

今回そのビーム型ジョイントを取替えることとなり、その撤去方法などを以下に示す。

工事概要

- (1) 工 事 名：H30京浜大橋（西行）補修工事
- (2) 発 注 者：国土交通省関東地方整備局東京国道事務所
- (3) 請 負 者：鹿島道路株式会社東京支店

- (4) 専門工事会社：株式会社橋梁メンテナンス（伸縮装置）
- (5) 工 期：令和元年11月1日～
令和元年11月29日（伸縮装置）
- (6) 橋梁形式：三径間連続鋼床版箱桁橋一連、単純鈹桁橋二連
- (7) 橋 長：398.1m
- (8) 伸縮装置：P1：車道部8.0m，歩道部2.5m
P4：車道部8.0m，歩道部2.5m

国道357号は千葉県千葉市中央区から、神奈川県横須賀市に至る通称「東京湾岸道路」と呼ばれ、京浜大橋は大井ふ頭と京浜島を結ぶ橋長391.8m、主径間部が331.3mの三径間連続鋼床版箱桁橋と側径間部が単純鈹桁橋となり、今回取替えたのは昭和59年建造の首都高速道路から見た海側の橋梁で、鋼床版箱桁橋と鈹桁橋の掛違い部P1とP4橋脚上の伸縮装置である。



図-2 京浜大橋（海側）全景

2. 現場における問題点と解決策

ビーム型ジョイントは橋面上からも確認できるミドルビームの本数を増やすことによってその間のセル（シールゴム）数が増加し、許容伸縮量が拡大、広遊間に適用可能となる。そのため大伸縮量・広遊間適用型となるとその本数も多くなり、併せてサポートビームの本数も増加（図-4）、重量も重くなっていく。

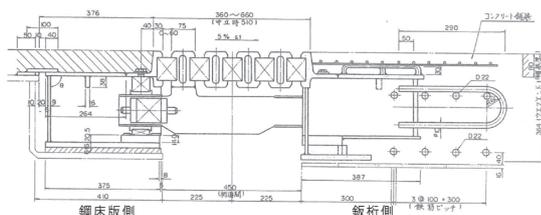


図-3 既設ビーム型ジョイント断面図 [P4]

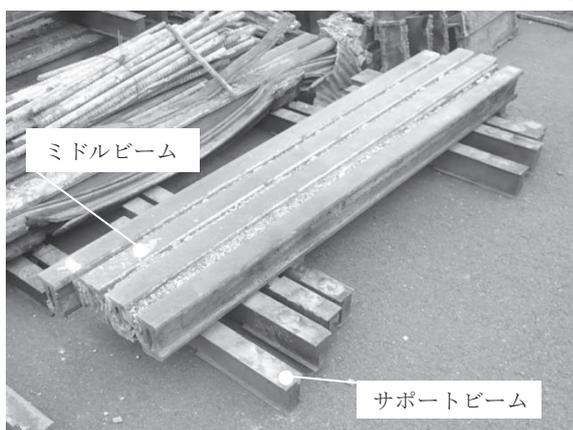


図-4 ビーム型ジョイント部材構成 [P4]

当該橋梁はP1で設計伸縮量108.5mm、標準遊間量250mm、P4で設計伸縮量220.8mm、標準遊間量450mmで、既設ビーム型ジョイントはP1で許容伸縮量240mm（ミドルビーム数2本）、適用標準遊間量300mm、P4で許容伸縮量400mm（ミドルビーム数4本）、適用標準遊間量550mmの大伸縮量・広遊間適用型であった。

ミドルビームは有効幅員を一本で構成されているために、一次施工と二次施工の分割位置にて分断する必要があり、その分断位置はミドルビームが片持ち梁となることから、二次施工側にサポートビームを取り囲んだコントロールボックス（図-6・7）が残る腹板近傍を溶断又は切断する必要がある。当該工事では車両通行帯に隣接し、溶

断ではスパッタの飛散が懸念されることから、時間を要するものの正確に切断可能なダイヤモンドカッターにて切断することとした（図-5）。分断位置から既設伸縮装置の重量が、P1で450kg/m〔一次・4,303m=1,940kg、二次・3,697m=1,660kg〕、P4で700kg/m〔一次・4,283m=3,000kg、二次・3,717m=2,600kg〕となり、撤去の際に2.9t吊りクレーン付トラック車では作業半径が3m以下と吊り上げ荷重を超過することが予想されるために、分断した長さを更に半分以下に分割することとした。

既設伸縮装置の撤去状況を以下に示す。

取替伸縮装置はP1で許容伸縮量240mm、適用標準遊間量320mm、P4で許容伸縮量320mm、適用標準遊間量435mmの大伸縮量・広遊間適用型で、フェイスプレートがくし形状のアルミ製ジョイント、P1が175kg/m、P4が215kg/mと既設伸縮装置に比べ半分以下と比較的軽いものの、仮設材（吊上げ用H鋼等）を含めた重量では、P1で



図-5 一次施工と二次施工の分断



図-6 コントロールボックス

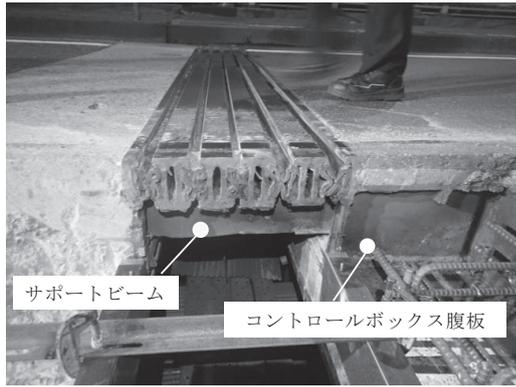


図-7 サポートビームとコントロールボックス



図-8 ビーム型ジョイント撤去



図-9 撤去完了

306kg/m [4,313m=1,320kg, 3,837m=1,170kg]、P4で350kg/m [4,293m=1,500kg, 3,857m=1,350kg]となり、1tを超過することから、アウトリガー3.5m張り出しで、作業半径が8m可能な13t吊りラフテレーンクレーンを使用し設置した(図-11)。

また、伸縮装置の取替工事では、一次施工、二次施工と車線毎の施工となり、製品に組み合わされた止水材を現場で接合することとなる。その場合接合部には将来的な漏水発生の懸念があることから、二次止水材となる排水ゴム樋を接合するこ

となく、歩道部も含めた有効幅員を一本化して現場で取り付け、将来の漏水に備える排水装置を取り付けることとした(図-11)。

取替伸縮装置の設置状況を以下に示す。



図-10 二次止水材(排水ゴム樋)の取付



図-11 アルミ製ジョイントの据付

3. まとめ

橋梁用伸縮装置は大きく分けて三つに分類され、鋼材を主材料とし、車両荷重をくし形の部材で支持する構造で、設計条件に応じて製作する鋼製フィンガージョイント、金属を主材料とした荷重支持型の製品で、基本的構造が定まっております。適用伸縮量などに合わせて選定可能な製品ジョイント、舗装材料を主材料とする埋設ジョイントに分類される。

製品ジョイントは適用伸縮量と遊間量に合わせて既製品の型式を選定することから、小伸縮量・狭遊間から大伸縮量・広遊間に適用可能なものがあり、メーカーにより形状が異なって、多種多様な製品がある。製品ジョイントの一種となるビー

ム型ジョイントは海外（ドイツやスイスなど）で開発、輸入されているものが殆どで、現在ではミドルビームのみ輸入しその他の部品は国産化している傾向が多い。日本での採用は「道路橋伸縮装置便覧」社団法人日本道路協会（昭和45年4月発行）に当該ジョイントが明記されておらず不明となるものの、単純桁から連続桁の採用が進んだ昭和40年代以降から採用が進んだものとする。当該橋梁の昭和46年に架橋された山側（図-12）では鋼床版定着の鋼製フィンガージョイントが採用、昭和59年完成の当該橋梁で鋼床版を切下げ、定着スペースを設けて採用したものとなる。



図-12 京浜大橋（山側）全景

近年橋の連続化や免震支承の採用などにより、伸縮量が拡大化、遊間量も広遊間化する傾向にあり、伸縮装置も大伸縮量・広遊間に適用可能なものも多く、構造上鋼材などを多く使用することから、大型で、100kg/m超*の重量型となって、取替施工時には施工機材や施工時間、施工費用が高んでくる。

当該工事では、交通規制時間の制約上、22時間以内（交通規制の設置・撤去作業を含む）の工事完了が求められ、今回時間工程を参照にしたものは、当該橋梁の北東部に位置し、城南島にかかる城南大橋で、その鋼床版定着鋼製フィンガージョイントの更新実績（平成23年実施）を参照し、その際の実働時間20時間から計画した（図-13）。実際には撤去時間を2時間短縮することにより18時間で工事完了することができた。

本書が今後、伸縮装置取替時の参考となりましたら幸いです。

-表- 時間工程表

(時間)

	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
既設伸縮装置切断	■									
既設伸縮装置撤去	■	■	■	■	■					
取替伸縮装置設置					■	■	■	■	■	■

■ 計画 ■ 実施



図-13 城南大橋の施工事例

末筆ながら、当該工事において多大なるご協力をいただきました国土交通省関東地方整備局東京国道事務所品川出張所様、鹿島道路株式会社東京支店様、そして協力会社のサウスロード企画株式会社様ご一同様に無事故、無災害にて工事が完了したことを心より感謝申し上げます。

※. 土木コスト情報、橋梁用伸縮継手装置設置工、市場単価の範囲、軽量型27.8kg/m未満、普通型27.8kg/m以上、100kg/m以下。

〔参考文献等〕

- 1) 社団法人日本道路協会：道路橋伸縮装置便覧、1970.4
- 2) 東日本高速道路株式会社、中日本高速道路株式会社、西日本高速道路株式会社：設計要領第二集橋梁建設編、2016.8
- 3) 八木貴之、山田健太郎、小塩達也：道路橋伸縮装置の疲労耐久性評価法の検討、土木学会論文集A Vol.63 No.3,486-495、2007.7
- 4) 伏屋和樹、竹市雅人、山田健太郎：ビーム型伸縮装置の溶接部の疲労試験、土木学会構造工学論文集Vol.60A、2014.3

3 施工計画

床版取替工事における 効率的な品質管理および生産性向上について

東京土木施工管理技士会
鉄建建設株式会社 関越支店
工事主任
吉原 昂平

1. はじめに

工事箇所は、上信越自動車道の碓井軽井沢IC～上田菅平ICの積雪・寒冷地域に位置する香坂川橋、大石沢川橋、金井橋の上り線であり、平成5年の供用開始以来、30年以上経過しており、冬季の凍結防止剤散布の影響や大型車や交通量の増加に伴い、走行面である床版の劣化が顕著化している。そのため、橋梁の長寿命化および耐久性向上を目的として、劣化した床版をリニューアル(取替)するものである。

工事数量を以下に示す。

- ・香坂川橋：橋長L=274.5m、幅員W=10.0m
 - ・大石沢川橋：橋長L=42.0m、幅員W=10.5m
 - ・金井橋：橋長L=46.5m、幅員W=10.5m
- 床版取替工：4,200㎡、

断面修復工：3,000L、詳細設計：1式

当工区の特徴として、2車線以上(片側1車線以上)かつ断面交通量が5,000台/日以上

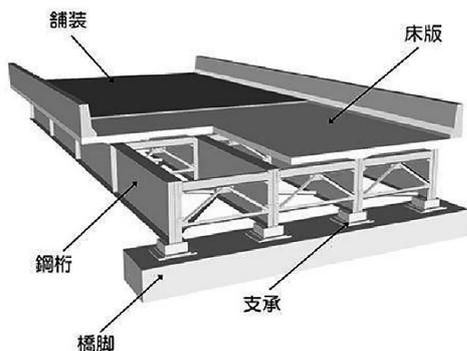


図-1 高速道路の上部構造図

において、車線変更を促す規制を行う工事である。(図-2参照)。また高速道路利用者への影響が最小となるようGWやお盆といった交通混雑期および雪氷期間を避け、通行止めではなく、上下線両方向の通行を確保する対面通行規制を採用し、可能な限り交通の影響を抑えて工事を行う必要がある。

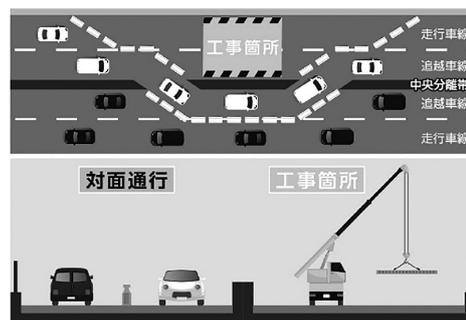


図-2 交通規制イメージ図

施工箇所(高速道路上)である3橋(香坂川橋、金井橋、大石沢川橋)は点在しており距離にすると約30kmと非常に離れている。また、今後継続して他2橋(和美沢橋(上り線)・八城橋(下り線))の工事も予定している。



図-3 現場案内図

工事概要

- (1) 工 事 名：上信越自動車道香坂川橋床版取替工事
- (2) 発 注 者：東日本高速道路株式会社 関東支社 長野工事事務所
- (3) 工事場所：自) 群馬県安中市松井田町
至) 長野県上田市住吉
- (4) 工 期：自) 2023年2月1日
至) 2025年2月19日

2. 現場における課題・問題点

3橋の床版取替工事を行うにあたり、以下のような課題が挙げられる。

① 壁高欄 効率的な寒中コンクリート対策

当初、中央分離帯側の壁高欄はプレキャストコンクリート（以下、PCaと称す）部材による設置を予定していたが、背面（一部下り線）からの衝突試験（車両衝突時の安全性の検証）を行っていないことが後に判明した。

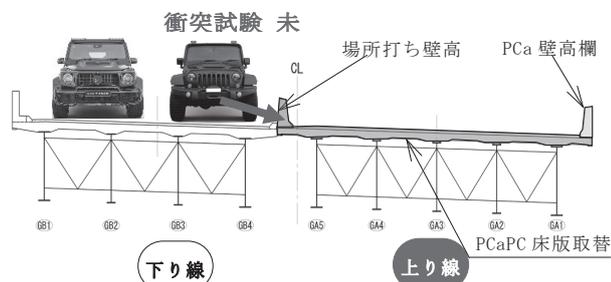


図-4 壁高欄概略図

床版取替本体工事である春施工には、PCa高欄部材の製作・設置が間に合わないため、事前に搬入されたPCa床版への場所打ち工法（陸打ち）へ変更が余儀なくされた。場所打ち壁高欄施工時期は、12月～3月の冬季であり施工箇所である長野県佐久市は、最低気温が -7°C を下回る厳冬期のため、高品質な壁高欄を構築するためには、品質管理上効率的な寒中コンクリート対策が非常に重要な課題となった。

② より一層の生産性の向上

建設業の就業者は減少を続けており、今後、現場の労働力が減少傾向であることを考えれば、建設現場の生産性向上は、避けることのできない課題である。また、2024年4月からは労働基準法に基づく時間外労働の罰則付き上限規制が適用され、時間外労働を抑制し、同規制をクリアするためには、より一層の労働生産性の向上と週休2日（土日閉所）の定着が必要不可欠である。

当現場は、事務所から施工箇所が約30km以上離れている（後続工事の各2橋も含めると距離約51km）ため、それぞれの往復の移動時間や立会業務を合わせると1日のほとんどが終わってしまうこともしばしばあった。また、工事概要で説明した通り、施工する各3橋および後続工事の各2橋の施工範囲は非常に広範囲であり、24時間施工である床版取替工事期間中も、それぞれの橋の施工計画や準備工事も並行して同時に行う必要があるため、多岐にわたり非常に多くの業務を同時に行う必要があった。こういった問題点を解決するため、DXを駆使して業務効率を上げることが課題となった。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

前項に挙げた課題について以下の策を講じて改善を図った。

① 壁高欄 効率的な寒中コンクリート対策

①-1 給熱養生

コンクリートの初期凍害を防止するため、打設前および打設後に、パネルヒーター+ジェットハーネスによる給熱養生（図-5参照）を行った。その結果、外気温がマイナスでも壁高欄コンクリート養生内部は常時 5°C 以上を確保し、初期凍害を防止することができた。

①-2 温度確認

コンクリート養生内部の温度を常時可視化することが重要と考えた結果、壁高欄コンクリート打設養生内部に、温湿度WEB測定管理システム「おんどとりロガーシステム」を設置した。



図-5 打設後 給熱養生状況

コンクリート養生温度が24時間リアルタイムで計測可能となり、計測データはPC・スマホで常時閲覧可能で予期せぬ異常を検知した際は自動警告メールを送信することによって、即時に対応できる体制を構築可能とした。



図-6 コンクリート養生 温湿度計測状況

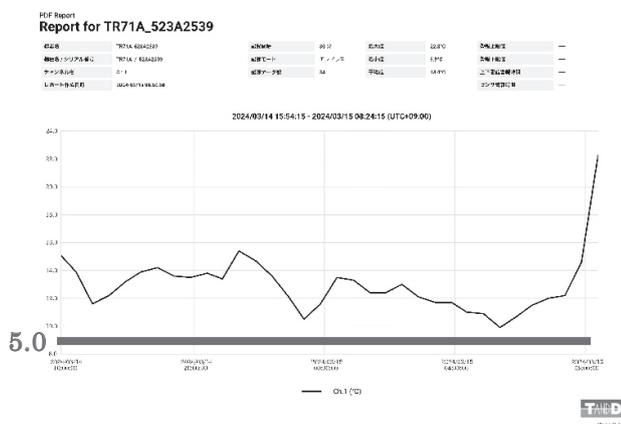


図-7 オンドリによる温度計測状況

② 生産性向上の工夫

②-1 3Dスキャナによる測定～反映

事前の情報収集・検討の工夫として「工事開始前の既設構造物の3Dスキャナによる測定～3DCADへの反映」を実施した。



図-8 3Dスキャナによる測定～反映 概要図

3Dスキャナによる測定によって、既設床版や高欄の形状・重心位置等の情報収集から吊り上げ撤去作業の検討によって、撤去作業の不確定要素を排除して安全性を確保した上で工程遅延を防止した。

②-2 オフィスカーの使用

オフィスカーとは、ワンボックスバンに机など必要最低限のオフィス機能を備えた車両である。移動に加えて、現場用品の運搬、事務処理、休憩の場を確保しているため、事務所との往復回数の削減、労働時間の短縮に寄与することができる。



図-9 オフィスカー外観

オフィスカーを導入したことによって、以下の4点に顕著な効果が得られた。

1. 現場移動時間の大幅な削減
2. 隙間時間の活用による残業時間の削減
3. Teams会議による意思疎通および安全周知事項等情報の共有化の改善
4. 打合せ等による高速道路規制内への出入りを極力減らすことができ安全性の向上にも繋がった。

以上によって、移動時間が無くなったので1日2時間程度（移動時間往復）業務軽減が行われた。

②-3 ウェアラブルカメラによる遠隔臨場・定点カメラによる遠隔現場監視

DX業務効率化を行うため、ウェアラブルカメラを用いた遠隔臨場・定点カメラによる遠隔現場監視を行った。従来の現場臨場から遠隔現場に変更した結果、発注者が現場への移動時間による、発注者待ちの後工程への影響が無くなり、施工がスムーズに進んだ。



図-10 ウェアラブルカメラ遠隔臨場状況

また、従来、現場から作業手順の変更などの提案・要望があった際は、実際に現場へ向かって確認し、ときには一度事務所に持ち帰って検討していたのだが、ウェアラブルカメラの活用によりリアルタイムで事務所と現場をつなぎ、的確な判断を速やかに行うことが可能となった。昼夜連続で

高速道路上に規制帯を設置しているときには、一般車による事故も発生するため、事故発生時には状況証拠や現場の安全面の強化にも非常に役立っている。



図-11 定点カメラ遠隔現場監視状況

4. おわりに

効率的な寒中コンクリート対策で場所打ち高欄の品質は確保され、各DX技術によって当現場の生産性は非常に向上した。

現在は床版取替本体工事を前に、吊り足場の設置、場所打ち高欄の構築、中央分離帯改良等の施工等を急ピッチで行っている。

今後は、いよいよ春施工で香坂川橋、秋施工で大石沢川橋・金井橋の床版取替本体工事が始まるのだが、工程は非常にタイトであり、施工難易度も非常に高く、気の抜けない作業が常時続く。

当現場は床版取替工事経験者が少なく、手探り状態の中ではあるが、当社で施工し既に竣工している、北陸自動車道 栄橋床版取替工事、北陸自動車道（特定更新等）姉川橋他1橋取替工事でのアドバイスをもって、工事竣工まで無事故・無災害を達成したい。

4 施工計画

国内最大級のアーチカルバート設置工事

佐賀県土木施工管理技士会

松尾建設株式会社

作業所長

部長

清 永 友 和[○] 真 海 一 昭

1. はじめに

本工事は、西九州自動車道の一部である伊万里道路6.6kmの自動車専用道路において県道黒川松島線の一部と交差するため、プレキャストアーチカルバートボックスL=48.0m（内空15.0m×10.1m）を設置する工事である。

工事概要

- (1) 工 事 名：佐賀497号脇田地区函渠設置工事
- (2) 発 注 者：国土交通省 九州地方整備局
- (3) 工事場所：佐賀県伊万里市脇田町地先
- (4) 工 期：2022年9月13日～2024年3月15日

2. 現場における課題・問題点

内空断面積126㎡のアーチカルバートは国内最大規模であり、設置実績がほとんど無いため、事前の仮設計画、施工計画を周到に行う必要がある。

問題点①：上部は3分割のアーチ形をしている。下部の脚部材と接合する機械式継手箇所での誤差が±8mm以内で高い組立精度が求められているため、組立時及び吊作業時の変形への対策が必要である。

問題点②：高さが約17m、上部のアーチ部だけで重量は約50tあるのに対し縦断勾配が3%あるため、重心が中心から下流側にずれているため転倒の危険性がある。

問題点③：最大50tの重量物を吊るためクレーン災害の防止が必須である。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

問題点①：アーチカルバートの組立精度を上げるために、組立ヤードに打設するコンクリートの平坦度の向上を目指した。5m間隔で打設箇所には高さの目印を設置する。打設中はオートレベルで

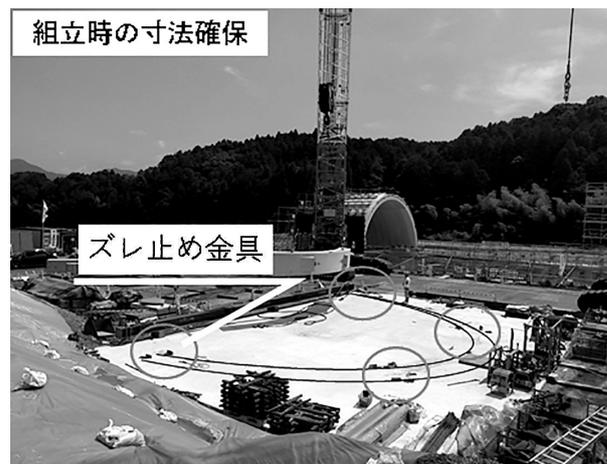


図-1 ズレ止め金具4箇所設置状況



図-2 接合部ズレ止め金具

1mの間隔で測定しながら仕上げを行った。特に精度が必要な接合部及び下方の4箇所においては、事前に二次製品コンクリートブロックを設置し、標高差2mm以下になるように設置し打設を行った。その後、各部材が同じ形状に組み立てられるように、接合部を含めた4箇所にズレ止め金具を設置した。

アーチ部は3分割で構成されており、トレーラーでの搬入後に1スパンずつ組立を行う。事前に設置したズレ止め金具に合わせて各部材を設置し連結する。その後、カルバート組立後に行う継ぎ目処理などで使用する足場材を取付ける。

アーチ形状の幅が大きく下方幅は16.4mあり、巨大ゆえに吊上げ時に内側に変形を起こす。変形を防ぐために下方から1.5mの位置に支保鋼材を設置することにした。支保工材は通常の出留材を使用し、幅が調整できるようにキリンジャッキを用いた。鋼材設置位置の間隔については、全てのアーチ形状が同じ寸法になるように、レーザー距離計を使用し ± 2 mmを基準として調整を行った。また、吊上げ時に荷重が分散するよう応力解析を行い吊り位置を定めた。3分割の部材1つにつき2箇所の吊り位置を設けるようにした。上部及び側面部に過度な荷重変位が生じないようにするため、解析ソフトを用いて強度応力計算を行った。

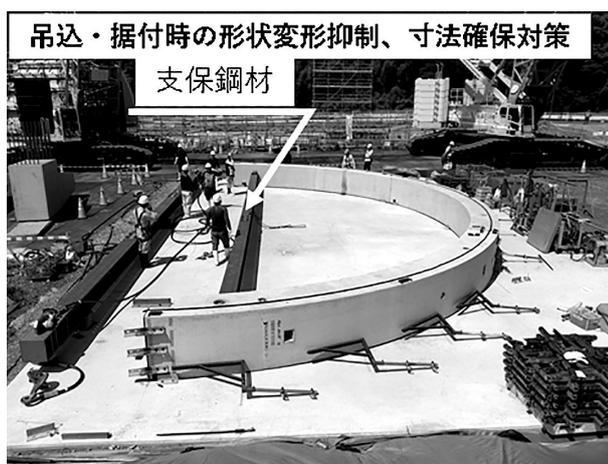


図-3 支保鋼材設置状況

50tの重量物に対して6箇所の吊り位置がある。ワイヤーに吊荷重が均等に分散する必要があるため、吊金具への工夫を行った。各吊箇所

ワイヤーでは、ワイヤーの伸びや吊部材の形状に影響されて平行を保ったまま、上部のアーチ部が吊上げられないことが懸念された。この対策として11個の滑車を用いて1本のワイヤーで各吊箇所を連動できるようにした。吊り上げる手順は、350t及び200t吊のクレーン2台を使用し、アーチ部材を組立した形状のまま水平に吊り上げる。徐々に部材を立ち上げたあとに、350tクレーンのみで部材を吊上げ、200tクレーンで左右の脚部接合箇所が水平になるように調整を行った。吊上げ後の水平調整が最小限になるように、事前に水平位置が確認できるよう目印をワイヤーに付けた。その目印が滑車の接点部に合うようにし吊り上げることで部材が平行になるための調整が容易になった。



図-4 アーチ部吊上げ状況

上部のアーチ部材を設置する前の脚部材についても工夫を行った。1スパンの部材幅は1mであるため、1m間隔で位置出しを行い、基礎コンクリートに脚部材接合部にアングルをボルト止めし、L鋼材のズレ止め金具を設置した。設置誤差2mmを基準にして設置した。

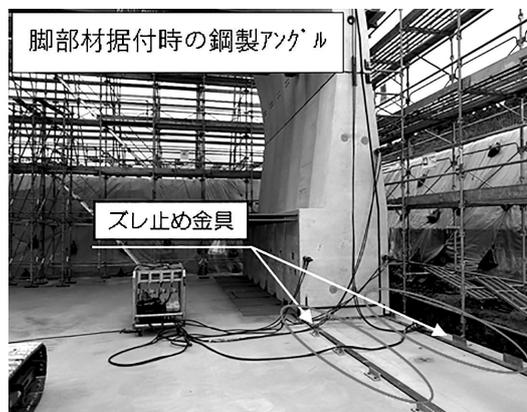


図-5 ズレ止め金具設置状況

ズレ止め金具に合わせて、脚部材の設置を行い両端の幅員を測定し、またトランシットで通りを確認した後にアンカーで脚部を固定した。

問題点②：縦断勾配が3%あるため、高さ17m、部材幅1mに対して重心は約26cm中心から下流側にずれる。1スパン目は特に不安定であり、2スパン目の上部部材を設置する時に1スパン目に接触し転倒する危険性がある。よって転倒防止対策を計画した。以下の4項目の対策を計画した。

- i) 転倒防止鋼材：1スパン目の下流側にH鋼部材を使用し直角三角形形状に加工した転倒防止鋼材を左右の脚部に設置し、基礎コンクリートにアンカー止めを行い固定した。
- ii) 引張りワイヤー：手順として基礎コンクリートにフック型の埋込用アンカーを打設時に片側2個埋め込む。1,2スパンの脚部を設置し連結する。

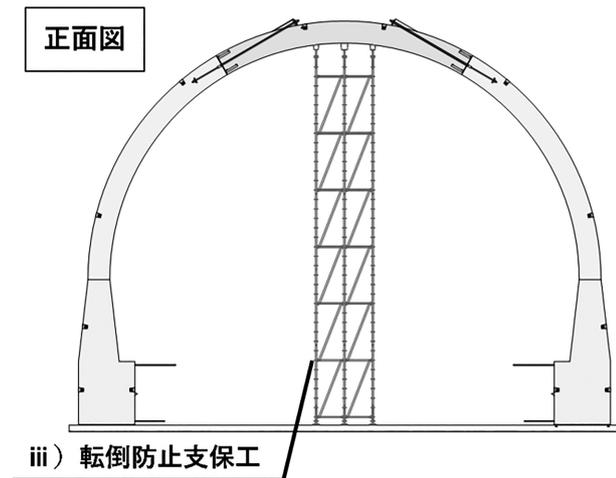


図-6 転倒防止対策正面図

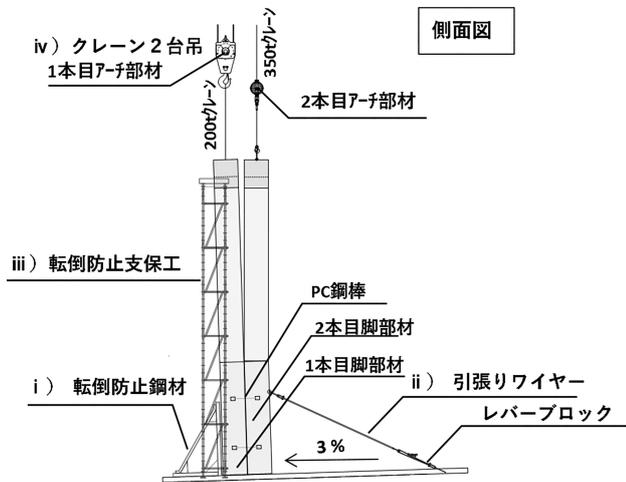


図-7 転倒防止対策側面図

脚部材上方3分の1の位置のフックと埋込みアンカーを引張りワイヤーで結び、レバブロックを用いてにテンションをかける。

iii) 1スパン目のずれている重心に対して、その荷重を支えるために、アーチ部材の頂版下方面面に支保工を設置した。

iv) 2スパン目のアーチ部材を設置するときに、1スパン目のアーチ部材に2スパン目が寄り掛かる荷重を低減し転倒そのものを防止するために、1スパン目のアーチ部材を200tクレーンで吊りテンションを掛けるようにした。

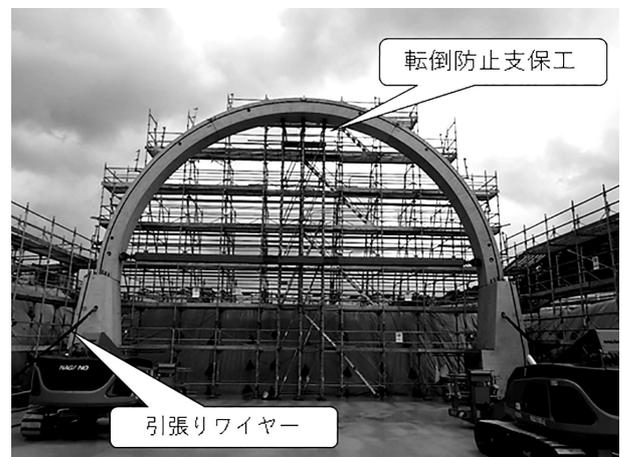


図-8 転倒防止対策状況

手順としては、1スパン目を設置する前に、両サイドに転倒防止鋼材を設置し固定する。次に転倒防止支保工と同時に下流側の作業足場を組み立てる。1,2スパンの脚部材を所定の位置に設置し脚部材同士を連結する。その後、両サイドの脚部材を引張りワイヤー及びレバブロックでテンションを掛ける。アーチ部の1スパン目を設置し、脚部材と連結し、転倒防止支保工で支えながら調整し所定の位置に設置する。2スパン目のアーチ部材を吊上げて350tクレーンで平行に保持した状態にし、200tクレーンで1スパン目のアーチ部材が転倒しないように吊りテンションをかける。1スパン目のアーチ部材の頂上部を、2方向からトランシットで変位を観測しながら、2スパン目のアーチ部材を慎重に設置する。転倒防止対策の効果が発揮され、1スパン目のアーチ部材の変位は観測されなかった。

問題③：クレーン災害を防止するために、主に2つの対策を行った。i) 重機足場の支持力を調査し地盤強度の確認を行いクレーン転倒防止について検討した。ii) 二次製品の吊作業時に玉掛警報器を用いて吊り荷災害の対策を行った。

i) 重機足場の検討：クローラの最大接地圧は56.7t/m²である。クレーン作業ヤードの6箇所においてサウンディング調査を行った。当然ではあるが、養生なしでは地盤強度は不足していたため、クレーン足場に厚さ25mmの敷鉄板を用いた計算では、クレーン荷重の分散により地盤は支持できることが確認できた。しかし、計算上では大丈夫であっても実際の施工中に転倒する可能性があるため、吊作業中は監視員を配置し、クレーン足場の地盤変位を確認するようにした。

ii) 玉掛警報器は、スイッチをONにすると90デシベルの大音量を発するため、周囲の作業員に対して注意を促すことができる。

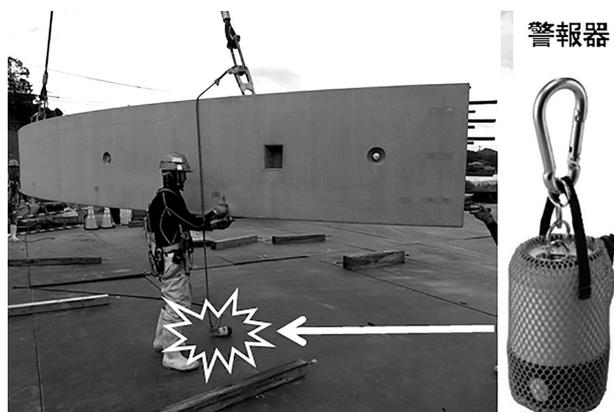


図-9 警報装置使用状況

手順としては、二次製品の吊上げ時に玉掛者が介錯ロープに警報器を取り付け、スイッチをONにすると大音量が鳴る。警報機は吊り荷の移動中に、警報と音声を発するため、作業員は吊り荷の位置を認識することで人払いができる。荷受け者が介錯ロープを誘導し、所定の位置まで移動したら警報機のスイッチをOFFにする。通常は人が声を発しながら吊り荷を誘導するのだが、かなりの大音量であるため、気づかない作業員はゼロで効果は絶大であった。

4. おわりに

工事箇所は車道及び歩道を含めると約16mの幅員が必要であり、設計当初は現場打の函渠が検討されたが施工費が高額になり、経済比較を行った結果、二次製品が選定された。二次製品の施工サイクルを検討した結果、工期は現場打函渠に比べて現場施工期間が約60%短縮することが解った。しかし、問題点で述べた通り国内最大級のアーチカルバートで施工実績もほとんどなく、施工方法、安全対策に検討を重ねる必要があった。社内の技術部や二次製品のメーカー、クレーン及び施工業者と知恵を出し合い、無事に施工することができた。このプロセスは私を含めて関係者のかけがえのない経験となった。施工途中においても県内外より多数の官民見学者が訪れ、施工プロセスについて見聞を広められる機会を得られた。これらの経験は、今後において困難な現場に遭遇しても考え、対処し乗り越えていける自信ができたと思う。



図-10 完成写真

5 施工計画

荒砥川橋 PC 上部工工事施工

無所属

東日本コンクリート株式会社

現場代理人 現場担当

平 間 俊 行[○] 伊 藤 寛 彦

1. はじめに

工事概要

- (1) 工 事 名：R4・5 国道17号上武道路荒砥川橋上部工工事
- (2) 発 注 者：国土交通省関東地方整備局高崎河川国道事務所
- (3) 工事場所：群馬県前橋市富田町地内
- (4) 工 期：自) 2022年10月19日
至) 2024年02月29日

型式：PCポストテンション方式 2 径間連結T桁橋

橋長：83.9m 幅員：7.982～8.017m



図-1 着工前 (奥が供用中の1期線)

2. 現場における問題点

本工事は、2022年10月に当社が受注した。工事の特徴としては、主桁8本が現場製作であることと斜角が45°であること。更に現在開通している

1期線のすぐ脇で工事を行わなければならないことなどがあげられた。

受注後直ちに現場の精査を行い本社にて施工検討会を開催した結果、以下のような課題が浮かび上がった。

1. 主桁を現場製作しなければならないが、主桁重量が140tで桁高が2.3mあり斜角が45°ときついため主桁配筋図を見ると鉄筋が非常に密に配筋されておりポンプ車を使用してコンクリート打設は投入口の確保が困難であること。
2. PC桁製作の一部であるグラウト注入作業において品質確保の観点から水分管理の面で工夫が必要であった。
3. 主桁重量が140tと比較的重いのでガーダー架設に際して十分な安全対策及び工法の選定が重要であること。
4. 斜角が45°ときついため従来の外付けのアンカープレートを使用した場合、アンカープレートの回転が懸念材料としてあった。また、横締めケーブルの緊張管理も人為的なプロットミスなどが以前から指摘されていたため、有効な管理手段を選定する必要があった。
5. 現場が位置する群馬県前橋市は、夏季には日本有数の高温を記録する場所である。近年の高温に対して熱中症対策を施してきたが現場従事者は東北出身者とりわけ青森、岩手両県出身者が多数を占めるので通常より1ランク上の熱中症対策が必要であった。

3. 工夫・改善点と適用結果

現場の進捗に合わせて以下のような工夫・改善を実施した。

1. 主桁コンクリート打設に関して

社内の施工検討会でもまず注目されたのが斜角45°の主桁であるということであった。配筋図が通常の配筋より非常に密であることは一目瞭然であった。これは斜角がきついため、ねじりに対する抵抗性を増すために鉄筋量の増加が必要であるためであった。主桁重量が140tありコンクリート打設数量は60m³もあったのである。主桁製作ヤードには門型クレーンが設置されていたが、門型クレーンを使用して1m³バケットでコンクリート打設することは頭の片隅にもなかった。となるとコンクリートポンプ車による打設となるのだが、桁高が2mを越しているため打設に際しては、骨材の分離を防止する観点から投入口を設けコンクリートの落下高さを低く抑える必要があった。

しかし、打設作業中に投入口を開け閉めするのは時間のロスでしかなかった。そこでNETISにも採用されているコンクリート打設用の先端ゴムホース「フラットシュート」を採用し打設投入口の開閉作業を無くして円滑にコンクリート打設作業を完了することが可能となった。

2. PC桁グラウト注入作業に関して

従来からグラウトの品質管理として水セメント比の一元的な管理の必要性が叫ばれていた。この問題は従来作業従事者がセメント、水の計量を実

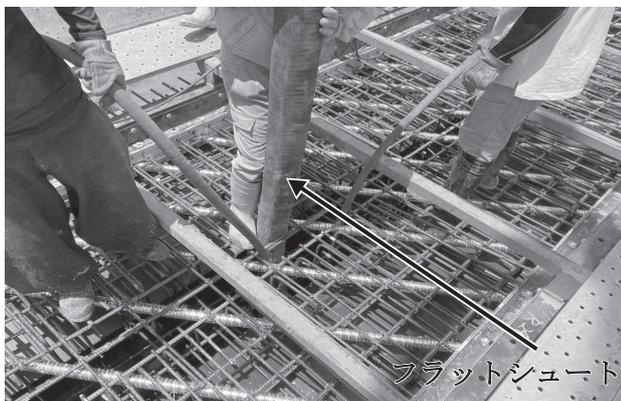


図-2 主桁コンクリート打設作業状況

施していたのであるが、絶えず人為的なミスによる品質低下が問題となってきたのである。本現場においてはNETISにも採用されているタッチパネル式水量計を使用しグラウト作業の作業効率向上及び、水セメント比が一定に保つことが可能となったため、グラウトの安定した品質が確保できた。



図-3 タッチパネル式水量計

3. 主桁架設作業に関して

主桁重量は140tあり、桁長も40mを越していた。耐力的にはシングルガーダーでギリギリ架設可能であったが、交通量も非常に多い1期線脇の主桁架設作業であったため、ダブルガーダーによる架設工法を採用し「より安全に」をモットーに作業計画を立案した。ダブルガーダーを採用したため耳桁（両端の桁）架設に際しては、ダブルガーダーのままでは横行距離の問題が生ずるため一度主桁を仮置きしシングルガーダーに盛替える



図-4 主桁架設作業状況

というひと手間が増加した。シングルガーダーに比して架設に要した日数は10日程増加したがより安全に架設作業を完了することができたのである。

4. 横締めケーブルに関して

数十年前から横締め緊張に関しては、PC鋼材のよりが影響して回転したり、斜角が70°以下になるとアンカープレートがずれて主桁の一部に欠損が生じたり・・・様々な問題が発生していた。本工事においても、後付けのアンカープレートが図面に記載されており、緊張作業時のずれが懸念された。本工事では主桁コンクリート打設時にエコプレートを埋めこんでいてアンカープレートのずれを生じないような対策を講じた。

また、横締め緊張管理は従来から、職員が手書きで緊張管理図をケーブル1本ごとに作成していた。

手書きの管理図作成が悪いわけではないが、プロットミス、読み間違いや最終緊張力決定に際して個人差が指摘されることもあった。本現場での横締め緊張管理には、NETISにも採用されている「PCケーブル横締め用自動緊張・管理システム」を採用し品質向上に努めた。緊張作業時のポンプ操作及び最終緊張力決定はすべてパソコン(図-5○印参照)で行いヒューマンエラー防止に努めた。

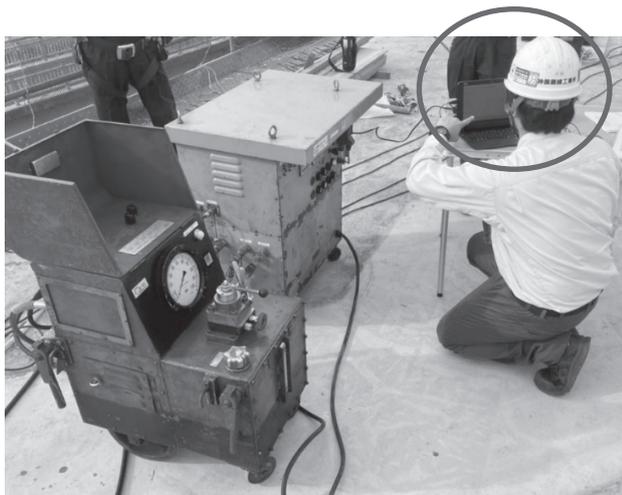


図-5 横締め自動緊張作業状況(緊張ポンプ)

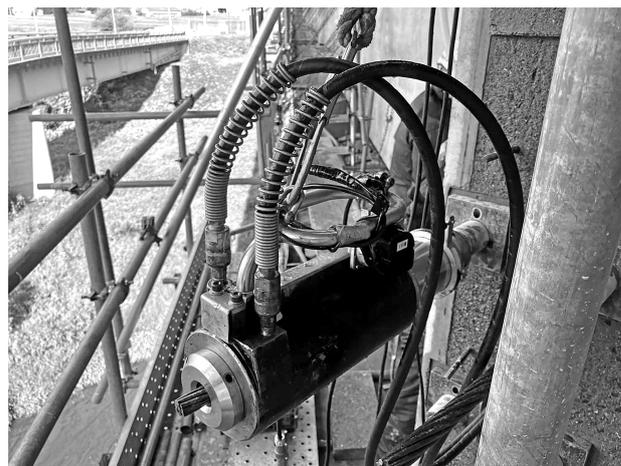


図-6 横締め自動緊張作業状況(緊張ジャッキ)

5. 熱中症対策について

現場の位置する前橋市は、近年日本でも有数の高温を記録するところである。熱中症の対策は年々進化しているものの、我々東北人には関東地方の気候は異質な感じがするものである。

とは言え工事を工期内に無事完了することが我々に与えられた命題である。経験したことのない40°近くの気温に対応するためにまず考えたのが、作業時間の設定である。以前九州にいた時に地元業者が朝5時から作業開始して15時前には作業終了していたのを思い出し、この現場でも6時に作業開始し、15時には終了することとした。また昼休みも前後10分ずつ長くして80分とした。現場休憩所にはソーラーハウスを設置しエアコンを常時かけておくことにした。ウォーターサーバーを置いて自由にいつでも水分摂取できるようにした。休憩所前にはWBGT値が一目でわかるように測定装置を設置しWBGTが27を超えた場合、作業員全員に強制的にソーラーハウスに行き60分に一回5分の休憩(水分摂取を兼ねて)を取らせることとした。また、この際水分摂取管理表に水分補給したことを記録することを義務づけた。

昨年の前橋は最高気温が38°を超える日が幾度あったが当現場で熱中症を発症者は0であった。



図-7 ソーラーハウスにウォーターサーバー設置

4. おわりに

本工事は、職員、協力業者の方の協力により2024年3月に無事無事故で竣功を迎えることができた。今思えば主桁を現場製作するのはわが社においては約20年ぶりのことであった。慣れない土地で久しぶりの主桁製作工事、乗り込み当初はどのようなことかと肝を冷やしたが無事竣工できたことは何にも代えがたい喜びである。前述した五つの課題のほかにも問題が山積していたが、本社における施工検討会での適切な助言や担当各部署の支援による物が大きかったと感じている。

わが社において国交省関東地方整備局の受注は今回の荒砥川橋が最初であった。最初の受注でよい評価をいただいたことも喜びを倍増させる一因となった。今回の現場は、供用中の国道17号上武道路の2車線化工事であり、主桁製作ヤード、主桁架設中のヤードなどかなり制約を受ける部分があった。中でも斜角が45°と非常にきつい角度で架設作業は困難を極めたのであった。施工検討会においても様々な課題が抽出され一つ一つ克服すべくCAD図面を製作したのであったが、我々の想像をはるかに超える困難に直面する日々の連続で主桁架設作業が完了するまで眠れない日々の連続であった。

平面的な作図は必要であるが、今後3D対応の図面作成の必要性を実感させられた現場であった。慣れない気象条件も悩みの種であった。天気

予報を見て最高気温が35°以下であるとホッとするなどと言うことは地元になれば絶対ないはずであった。この現場の記録を今まとめているが、社内において何かの機会に若手技術者に施工内容、苦労話を聞かせる機会があればいいと考えている今日この頃である。



図-8 荒砥川橋完成

6 施工計画

橋梁撤去と新設工事（田尻川大橋）

無所属

東日本コンクリート株式会社

現場代理人

佐々木 雄基

1. はじめに

本工事は、宮城県大崎市発注の旧橋撤去後に上部工を施工する鋼橋工事であった。現場の位置する大崎市田尻地区は、のどかな田園地帯が広がる風光明媚な大崎平野の中央に位置する町である。施工箇所は、JR東北本線田尻駅より南方に約1.9km行った田尻川に架かる橋梁であった。旧橋は昭和50年代に完成し供用開始から50年近く経過しており、老朽化がかなり進行し、架け替え工事が必要な状況であった。本工事の施工に際し、旧橋撤去施工開始後は、新設橋の完成まで全面通行止めとなるため、地元住民の方々の理解と協力が不可欠であった。

工事概要

- (1) 工事名：田尻川大橋修繕工事
- (2) 発注者：宮城県大崎市
- (3) 工事場所：宮城県大崎市田尻地域大沢地内
- (4) 工期：自) 2022年12月15日
至) 2024年6月28日

工事内容

旧橋上部工撤去 一式 L=44.8m
上部工架替 L=44.8m、幅員W=8.7m
下部工沓座拡幅N=3基 (A1, P1, A2)、支承工N=24個、伸縮装置L=26.4m
橋面防水工A=324.0㎡、橋面舗装工A=330.0㎡

特に宮城県でも有数の穀倉地帯であるので、2023年9月からの稲刈りは無理でも翌年4月末か

らの田植えシーズンには新橋の開通が強く望まれていた。



図-1 田尻川大橋工事施工開始前

2. 現場における問題点

受注後ただちに現地確認を行い、社内で施工検討会を数回開催した。その結果以下に示すような課題が浮かび上がった。当社において撤去工事、新設工事夫々数多くの実績があったが、撤去後に新設工事を施工するのは初めてであった。

- 1) 旧橋撤去に際し、最初に床版撤去をするため、床版をロードカッターにて小割に切断するのだが発注時の計画図によるとW=2.65m、L=3.75mに切断する計画であった。撤去した床版を10t車で場外に搬出する場合、2.65mでは厳しいのではないかと。また10t車積載可能な大きさに切断寸法を変えた場合、切断する延長数量の変更が生じ発注者との協議が必要になる。
- 2) 同じく床版撤去作業において、設計書では

25tクレーンを床版の上に乗せて撤去することで計画されていたが、解体する橋梁の型式が合成桁であったため、床版の耐力も主桁耐力として見込んでいたため、設計通り25tクレーンを床版に乗せて撤去作業を行うと主桁の耐力低下を招き落下の恐れがあった。

- 3) 1) での問題点で挙げたことであるが、 $W = 2.65m$ の撤去では運搬作業に支障が出るため、幅を狭くする方向で検討に入ったが、 $W = 2.65m$ で切断すれば切断後の床版が主桁に15mmしかからず、狭くすることで主桁にかからず宙に浮き落下することが懸念材料として浮かび上がってきた。
- 4) 下部工改造工において、A1, A2橋台は天端から750mmはつり鉄筋を配置しコンクリートを打設する計画であった。P1橋脚については河川内であり発注時の計画は大型土嚢で橋脚周りを締め切り、枠組み足場を組み立てて施工する計画であった。河川内は軟弱であり支持力も期待はできない。更に重機による作業スペースの確保も困難と思えた。

5) 強風対策

現場は河川部が開けた状態でいわゆる風の通り道となっていた。昨今現場作業においてはクレーンの存在が不可欠であり、強風情報を正確に把握し作業員に周知し、作業の可否についての的確な判断が求められた。

- 6) 新設橋の型式はパネルブリッジであり鋼橋では珍しい足場不要の工法であったが、主桁接合部が支間中央に位置し足場等の設置が不可欠と思えた。

3. 工夫・改善点と適用結果

1) 床版切断の検討を行った際

- ①撤去した床版を2次切断して搬出する。
 - ②発注時の計画より小さい寸法で切断する。
- の2点で検討を行ったが①の場合切断延長が増加するので発注者からは良い反応は得られなかった。最終的には②の施工方法で行い切断寸法は $W =$

2.15m、 $L = 3.75m$ とした。これで問題解決となるはずであったが、切断寸法を小さくしたため、上フランジに残る床版の数量が当初の9.1tから18.8tと増加したため当初予定の160tクレーンでは能力不足となり200tクレーンにランクアップして対応した。

- 2) 設計照査を行い構造形式が合成桁であることが判明したため、25tクレーンを橋面に乗せての撤去作業を断念し、発注者と協議を重ね橋台背面から200tクレーンを使用しての撤去に変更して対応した。



図-2 床版切断作業状況

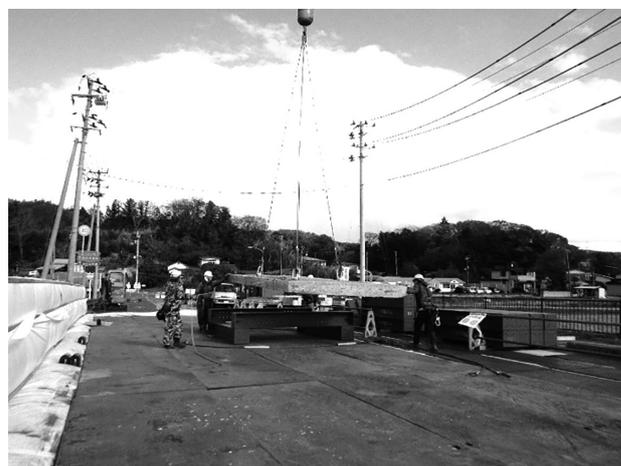


図-3 床版撤去作業状況

- 3) 床版撤去において切断寸法を当初より小さくしたことで切断した床版が主桁から外れてしまい、宙に浮き切断と同時に落下する事が懸念されたため、桁下に床版を支える支保工を組立てることにした。支保工を組立てることで切断後の床版落下を防止することができ、安全に作業を進める事ができた。

- 4) 河川内に枠組支保工を組み立てるのは増水による流失のリスクを背負うことになる。リスク回避の手段として下部工にブラケットを取り付けその上に支保工を組立てた。こうすることで安定した支持力を得ることができ、所定の品質、出来形を確保することができた。
- 5) 主桁の構造上どうしても支間中央に接合部が出るため添接部の現場塗装施工用に足場が必要であった。このことを発注者と協議し足場を組立てた。幸い現場塗装が完了すれば足場は不要となるため足場の存置日数が60日に満たなかったため、労働基準監督署への足場設置届は不要であった。



図-4 床版用支保工組立



図-5 足場組立



図-6 主桁撤去作業状況

6) 強風対策

強風対策には、まず正確かつピンポイントの気象情報が必要であった。そこで気象モバイルソフト「KIYOMASA」を活用して正確な気象情報を入手し毎朝、昼礼時に作業員に連絡し情報の共有に努めた。また現場には、携帯用のデジタル風速計を配置し、強風時にはすぐに測定できるようにした。昼前、終業前には徹底した整理整頓と飛散防止を実施し、最後は職員がチェックリストを持ちながら確認を実施した。



図-7 デジタル風速計（携帯）配置

4. おわりに

今回の田尻川大橋の修繕工事においては、無事故で6月末に竣工検査を迎えることができた。地元農家の方々の強い要望であった田植えシーズン前には橋面伸縮部の段差部分に仮舗装を施工し、片側交互通行にて交通開放を行った。



図-8 新設橋施工状況



図-9 交通開放実施

農家の方々には、昨年秋の稲刈り時期には大変な不便を懸けたため、今春の田植え時期前に一部でも開通できたことに安堵したものである。農家の方々においては、施工開始前に施工のお知らせ等を配布した時から大変好意的で、新橋の完成を心から待ち望んでいるのが手に取るように分かったものである。

また、現場は風の通り道となっており冬季間のみならず常に強風にさらされており、資材の飛散防止は勿論のこと、クレーン作業がメインであったため稼働率の低下に伴い工程管理も困難を極めたのである。

当社でもPC橋、鋼橋の撤去工事実績は多数あった。特に鋼橋の場合クレーンへの依存度が高く、クレーンの稼働率を上げられるかどうかは工程管理のカギを握っていると言っても過言ではない。

当社においては、旧橋撤去、下部工補修工事、

鋼桁新設工事は単独工事の実績は多数あったが、全部一緒に発注された工事は初めてであった。一般的に旧橋撤去工事は部材を傷めたりなどと言う事は気にしなくて良いが、構造形式による施工の可否など検討事項が多数ある。技術課の協力により計算的な部分や図面作製などの支援は心強い物があった。改めて感謝する次第である。今回の工事受注後、現地調査を重ね社内施工検討会の開催も5回を数える事となった。議論を重ねるたびに新しい疑問が生じ、そのたびにこの現場本当に竣工できるのかと頭を痛めたのも今となっては楽しい思い出である。

今後このような形態の発注増加が予想される。今回の貴重な経験を記録に残し、個人のみならず社内の共有財産として残すことは勿論であるが、竣工検査時には工事課員全員創意工夫は作成し、記録に残しておくこととした。しかし、苦労した記録、小さな躓きに関しては記録に残らない物である。

私は、常日頃施工日誌をつけることを日課としている。殴り書きではあるが、いつかこの記録を清書して若手職員を含めて技術だけでなく苦労話として伝達できればと考えている。今後社内の会議等で施工経験を発表する機会があれば職員の技術向上を目的として経験を披露するつもりである。

最後になるが竣工検査では、我々の努力に対して好評価をいただいたことを報告しておく。



図-10 田尻大橋現場完成

7 施工計画

設計照査における 3D モデルの活用

兵庫県土木施工管理技士会
株式会社新井組
久保田 耕司

1. はじめに

建設業における施工とは、設計者によって作成された設計図書に基づき、所定の場所に所定の構造物を構築したり、既存構造物を補修・補強あるいは除却撤去したりする行為である。設計図書は工事発注者の要求事項・目的を果たすべく、自然条件や環境条件、施工条件を明示した上で作成されるものである。

設計時に明示した各種条件と施工時に明らかとなる現場条件が合致すれば設計図書どおりの施工が可能となる。しかし、施工時に予見できない条件が判明したり、周辺環境が変化したりすれば、設計図書どおりの施工が困難となり何らかの変更、すなわち設計変更が発生する。

この設計変更の手続きは工事費や工程に大きな影響を及ぼすので、あらかじめ施工者が工事着手時に設計図書の照査(設計照査)を行う必要がある。

本稿はこの設計照査において、構造物やそれを構成する部材の詳細な位置形状を把握するために、設計図書をもとに3Dモデルを作成し、位置形状や部材の干渉等のチェックを容易としたケースを紹介・報告するものである。

2. 設計照査

設計照査においては、現場の状況・環境が設計時に明示された条件と合致しているかどうかの確認の他に、

①設計計算書の計算結果が設計図面に正しく反映されているかどうか。

②材料の仕様や構造寸法が各種関連基準に合致しているか。

といった設計図書についてのチェック・確認も行っている。

その前提として目的とする構造物の詳細な形状寸法を正しくイメージ・理解することが重要で、それにより設計図面の整合性や配筋チェックが可能となる。

構造物の形状について、延長方向に一定の断面形状をもつようなボックスカルバートや擁壁等は比較的容易に設計図面から読み取ることができる。しかし、水門や樋管、排水機場等はスラブ・壁・開口部等が複雑に入り組んだ構造物であることが多いので設計図面からの読み取りは容易とは言いがたい。また、土留め工や構台といった仮設構造物との位置関係も把握する必要がある。

このように、設計図面から目的とする構造物やそれを構築するための仮設構造物の立体的な形状や位置関係を正確にイメージすることは、照査する上で重要なことである。これをより確実にするための何らかの手立て・手法があれば設計照査におけるミス・錯誤を減らすことが可能となる。

ここで事例として、斜面上に構築する道路橋の橋台の設計照査について以下に述べる。

この橋台は段差フーチングを有する直接基礎形式の逆T式橋台である(図-1)。

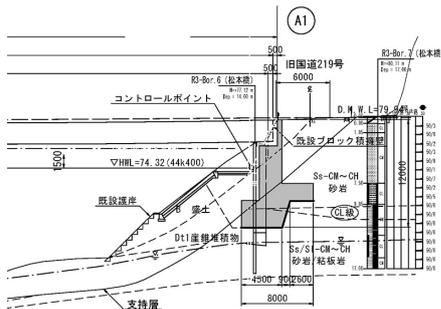
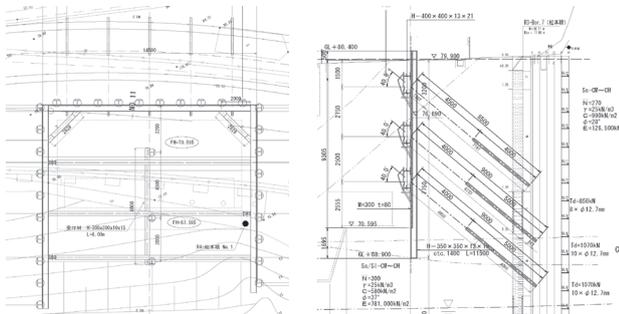


図-1 斜面上に構築する道路橋の橋台¹⁾

斜面を掘削するため周囲三方を親杭横矢板の土留め工が計画されている。支保工は、両側面は切梁により腹起しを支持し、背面はアンカー工により腹起しを支持している (図-2)。



平面図 断面図

図-2 土留め工²⁾

設計図面からは、

- ①土留め工と橋台の間に十分な離隔がとれていないこと、
- ②切梁や中間杭が橋台躯体を貫通していること、
- ③躯体と土留め工が一連の図面になっておらず、整合性がとれているか疑わしいこと、

等が初見で判明したが、互いの位置関係や形状寸法を明確に把握することは容易ではなかった。

3. 2D図面から3Dモデルの作成

橋台・土留め工の位置関係や形状寸法を明確にするために、2Dで表現されている設計図面から立体的な3DモデルをPC上で作成し、これを確認することとした。

3Dモデルの作成はオートデスク社のAutoCADを使用した。AutoCADは建設業界においては2Dの図面作成に幅広く使われていたが、本来は3次元座標を扱えるソフトウェアであり、今回の3D

モデルを作成することは十分可能であった。

3Dモデルの作成は基本的には断面形状の外形線を延長方向に「押し出す」ことで作成した。また、複雑な形状の3D図形 (オブジェクト) については複数のオブジェクトを合成して作成した。

(1) 橋台

橋台は段差フーチングのある逆T形の断面なので設計図面のCADデータから断面形状を示す外形線を抽出し、橋軸直角方向に橋台の幅だけ押し出してオブジェクトを作成した。パラペット周辺の部材 (踏掛版受台、親柱基礎等) は別途作成したオブジェクトを合成して作成した (図-3)。

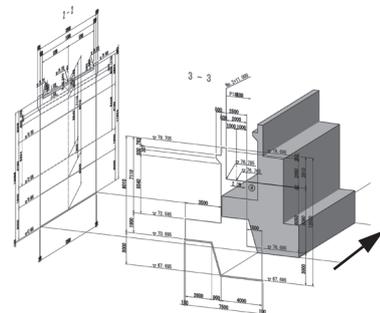


図-3 断面形状の押し出し

(2) 地盤面

地盤面は掘削床付けの面を3D面で作成した。これも設計図面のCADデータから橋軸直角方向の掘削形状の線を抽出し、掘削幅だけ押し出して作成した (図-4)。

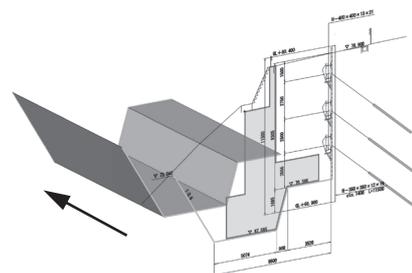


図-4 地盤面の押し出し

(3) 土留め工

土留め工は多くの部材から構成されているのでそれぞれの部材はその断面形状を延長方向に押し出す方法で作成した。そして、それらをxyz方向に移動や回転といった操作で配置した。例えば、横矢板は直方体で作成してz方向に横矢板 (幅) の間隔で複写し、親杭はH形鋼の断面を杭長だけ

押し出して作成し、xまたはy方向に親杭間隔で複写した。

腹起し・切梁・中間杭等も同様に作成・配置した(図-5)。

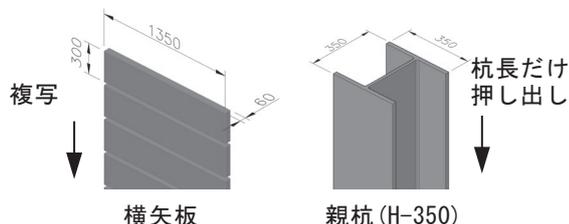


図-5 横矢板・親杭の作成

アンカーはケーブルを円柱で作成したほか、台座金物、ブラケットについては構成される部材を分けて作成し合算して1つの台座金物、ブラケットとして所定の位置に配置した(図-6)。

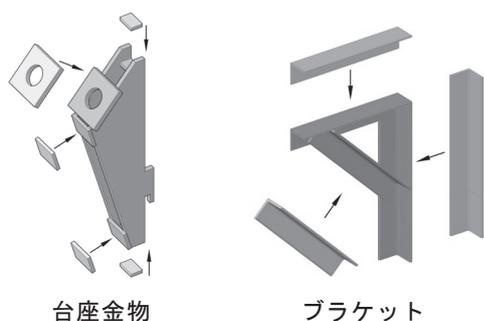


図-6 台座金物・ブラケットの作成

4. 構造物の位置形状、干渉のチェック

以上の手法を用いて3Dモデルを作成した。設計図面では2Dの断面図で判断するが、3Dモデルだと全方向から全体を見渡すことができた(図-7)。

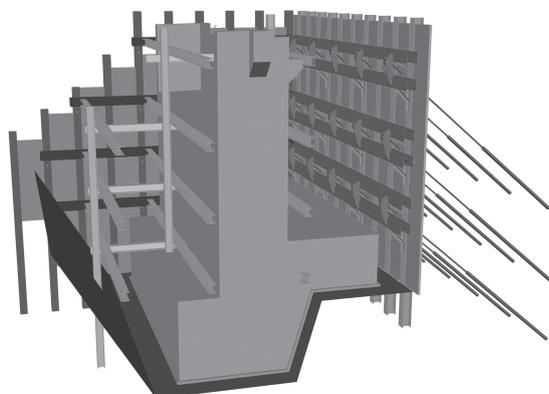


図-7 橋台と土留め工の3Dモデル

また、画層切替により隠された部分を確認したり、3Dモデルを回転させて様々な角度から確認したりしてチェックを行った。その結果、判明した内の4件を下記に示す。

(1) 支保工と橋台躯体の干渉(貫通)

切梁と中間杭が橋台躯体を貫通している位置が明らかとなった(図-8)。

ただし、設計図面にはその処理について記載が無かった。鋼材を躯体に残置するのであれば補強鉄筋が必要となり、コンクリート打設前に干渉する支保工を撤去するのであれば支保工の盛替えが必要となる。

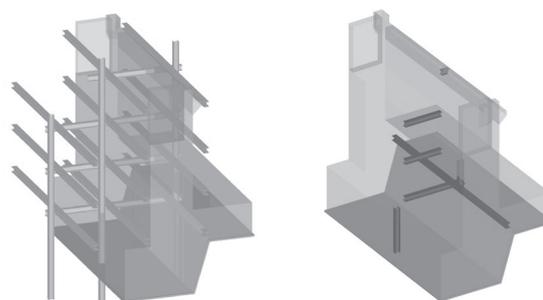


図-8 支保工の干渉(貫通)

(2) 切梁と躯体の干渉

切梁のH形鋼下フランジが壁背面の張出部分(踏掛版受台)にわずかではあるが食い込んでいることが分かった。このままでは型枠を組むことが不可能である(図-9)。

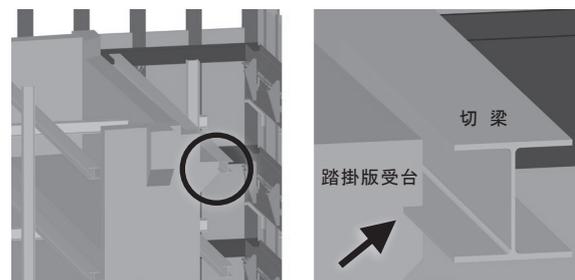


図-9 切梁フランジの干渉

(3) 支保工と躯体の離隔

側面側土留め工の腹起しとパラペット側面にある親柱基礎張出部の離隔がほとんど無いことが分かった。両者の離隔距離を測ると50mmで前項と同様型枠を組むことが不可能である(図-10)。

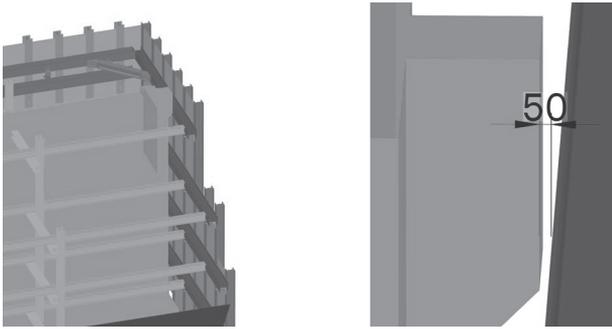


図-10 躯体張出部と腹起しの離隔

(4) アンカー頭部と火打の離隔

干渉はしていないが、アンカー頭部と火打が近接していることが分かった。作業に必要なスペースが確保できているかどうかは、施工手順や施工方法の確認が必要である（図-11）。

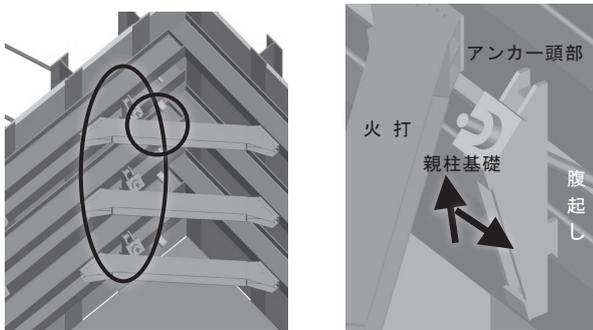


図-11 アンカー頭部と火打の離隔

5. 3Dモデルによるチェックの効果と今後の課題

以上については設計図面を注視すれば気づくことかもしれないが、それとわかるようなジャストポイントの断面図・詳細図が無いと気づきにくいところである。しかし3Dモデルを作成し様々な方向から見ることで設計図面に描かれていない部分を見ることができ、干渉や不具合があったり逆に無かったりを確認することができた。

3Dモデルを作成するには、設計図面の2次元データから3次元の形状をいかに正確に読み取り、イメージできるかが重要である。比較的単純な構造物であれば3Dモデルの作成は容易だが複雑な構造物だとまずその理解に時間を要する。

今回は設計図面をもとにいわば0から3Dモデルを作成したのであるが、H形鋼などの基本的な

部材については、省力化・時間短縮を図るため、それらのモデルをブロックとしてあらかじめ登録・ストックしておくことが今後必要になると考えられる。

また、ツール（3Dモデルを扱えるソフトウェア）の普及が十分でなく、費用や運用等の解決すべき問題点は少なくない。誰もが手軽に扱える環境が整備されることを望むところである。

6. おわりに

設計照査においては設計図面の構造物を正しく理解することがまず重要であり、それを補う手段として3Dモデルを作成し確認した実例を挙げた。

3Dモデル作成の過程においては、設計図面の整合性（平面図と断面図で矛盾が無いかなど）の確認も合わせて行うことができた。

その結果、設計図面のみからでは読み取ることが難しい詳細部分も容易に確認することができた。

また仮設計画や施工手順の検討等においても、構造物や施工機械の配置・干渉チェックに3Dモデルは有効に活用でき、さらに設計・施工・維持管理の流れや品質管理・出来形といった属性情報が加わればBIM/CIMの活用につながる。

普通に2Dの図面を作成するのと同じように、今後3Dモデルの作成およびその利用が容易なものになることを期待するものである。

(参考資料)

- 1) 2) 設計図面 球磨村道松本大坂間線
災害復旧松本橋下部工（P1）基礎工事
（国土交通省 九州地方整備局）

8 施工計画

PC2 主桁架設工事

無所属

東日本コンクリート株式会社

現場代理人

大橋 泰之

1. はじめに

本工事は、活火山蔵王山の噴火時の防災対策である河川改修のために橋長が不足となる現在の下八山橋の架け替え工事として発注されたものである。またこの旧橋は沈下橋であり付近には別荘地が多数あり地元の方々からは、高欄が設置された道路橋の整備が望まれていた。

工事概要

- (1) 工事名：令和5年度下八山橋梁上部工工事
- (2) 発注者：宮城県大河原土木事務所
- (3) 工事場所：宮城県刈田郡蔵王町遠刈田温泉
地内、一級河川阿武隈水系松川
- (4) 工期：自) 2023年6月20日
至) 2024年9月20日

型式：PC3径間連結ポストテンション方式バルブ
T桁橋

橋長：97.6m、支間：30.8m + 30.9m + 30.8m

幅員：4.0m、主桁重量 $W = 83t$ 、 $N = 8$ 本



図-1 下八山橋 現場施工前

2. 現場における問題点

6月の工事受注後、発注図他を確認後社内にて施工検討会を開催し以下のような問題点があげられた。

1) 有効幅員が4.0mと狭いため主桁は2本である。主桁架設参考図は門構+ガーダーを使用したいわゆる上路式架設となっている。一般的に、門構架設は主桁2本の場合径間内にガーダーと主桁1本を架設させる。最後の1本は架設した主桁上に置いてからガーダーを次の径間に送り出して2本目の主桁を正規の位置に据え付けしなければならない。しかし、通常主桁の上に仮置きする場合は2本の主桁にH鋼を敷いて行っている。1本の主桁にそのまま仮置きすることは、応力的な問題が発生し主桁に悪影響が発生することが予想された。

2) 現場の位置する蔵王町遠刈田温泉は蔵王山に近く、火口湖である御釜の水が灌ぐ濁川の支流である松川の水はPHが酸性であることを示すため鉄筋の防錆対策が必要であること。

3) 現場付近は、温泉地であるとともに温泉付き別荘が点在するため、観光客や地元住民の方への工事への理解と協力が不可欠であること。また、現場で使用する建設機械、発電機などによる騒音への苦情が予想される。

4) 現地調査時に地元の方から聞いたことであるが、現在の沈下橋は幾度となく水没しており、近年の異常気象を考慮すると台風シーズンのみなら

ず線状降水帯が発生することも視野に入れて事前に対策を建てる必要がある。

3. 工夫・改善点と適用結果

1) 主桁架設工法について

一般的に当社が架設計画を立案するならば、門構+ガーダーによる上路式架設は主桁本数が3本以上と定めている。なぜならば、主桁1本に主桁を載せると耐力的に厳しいと考えているからである。桁上を引き出す場合も同様の考えで主桁2本以上で1本の主桁を支持することとしている。そこで急遽架設計画に関する検討会を開催し、橋脚上に鋼製ペントを設置してガーダーを高く設置して主桁を吊り下げる工法である。吊りながら横移動して所定の位置まで持って行くのは門構架設と同様であった。私が入社した当時は頻繁にこの工法で主桁を架設していたが、近年ガーダーを高く設置するための技能者不足やヤードの広さの関係でクレーン使用の可否が問題となり敬遠されがちな架設方法であった。更に橋脚巾全体を使用してペントを設置するために、耳桁を据え付ける際（今回はすべて耳桁ではあるが）横移動の際に所定の位置まで移動することができないこともしばしば問題となっていた。しかし今回の橋脚巾は十分な広さが確保されており横移動に問題は生じなかった。また現場条件として橋台背面施工ヤードが18m程度であるため1径間目のガーダーの組立・引き出しのために発注者と協議し河川内に工事用道路及びガーダー受のペント材組立ヤードを確保し、**図-2**の形にてガーダーの組立てを行った。協力会社の選定においてもガーダー架設経験者が数多く在籍している宮城県の業者に依頼することとした。

また、発注者との架設方法の変更協議はなぜ工法を変えなければならないのか？ということがなかなか理解を得られず苦戦したが、打合せを重ねることで発注者も理解してくれてGOサインを出してくれたのであった。

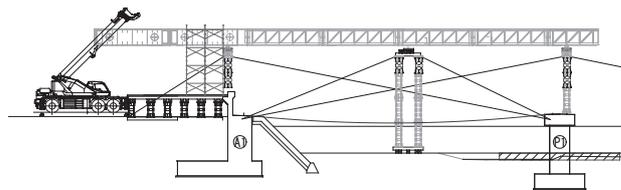


図-2 1径間目ガーダー組立て要領図及び施工状況写真

2) 鉄筋の防錆対策について

蔵王山の御釜から流失する水は強酸性を示しておりその水が濁川に流れだしている。濁川はその名の通り白濁しており酸性を示している。現場の位置する松川は濁川ほどでないにしろ、PHは酸性傾向にある。鮎、イワナなどの川魚も極端な増水期でない現場付近には確認できないと言われている。対策として防錆効果が12か月継続するハイサイラズを工場製作時に露出部に塗布することとした。間詰、地覆、伸縮鉄筋について実施した。鉄筋の防錆対策とともに計画したのが、コンクリートのひび割れ防止である。コンクリートにひび割れが発生すると鉄筋まで雨水などが浸透し発生の原因となりうるためである。当現場では床版、橋面工、連結工に使用するコンクリートに耐久性向上を目的として低添加型膨張剤『太平洋ハイパーエクспан』を使用し養生期間もコンクリート標準仕様書に記されている期間より+3日とした。



図-3 ハイサビラース塗布状況（工場）

3) 現地住民の方への配慮について

現場付近は、所在地住所が示すように県南有数の温泉地である遠刈田温泉の入り口にある。しかもホテル、温泉旅館だけでなく現場の先には温泉付き別荘地が数多く存在する。ゴールデンウィーク、お盆などは観光客でにぎわうことも予想された。まず地元町内会会長を訪問し工事開始のお知らせを配布することとした。また、最初で最後のお知らせにならないように、工事進捗状況を毎月1回に配布し地元の方々との交流を深めた。

町内会長から聞いた情報であったが、現場付近では観光客が誤って現場付近に侵入することがよくあったようで、工事現場であることをアピールする看板を多めに設置した。またクレーンなどの建設機械を使用する場合は、排ガス規制対応、低騒音型仕様とし、さらに防音シートをエンジン部付近に設置し騒音の低減に努めた。



図-4 騒音対策写真

4) 異常気象対策

近年の異常気象には現場従事者として頭を痛めているところである。テレビやインターネットの情報があてにならないことも多い。わずか5kmほどしか離れていないのに全く天候が異なる場合も珍しくない。当社では近年この対策として現場付近を1kmメッシュとしてピンポイントで予測可能な『気象予測管理モバイルKIYOMASA PRO』を採用している。このシステムはNETIS Aに登録済みである。この予測システムとインターネットを活用して河川付近での作業時は、河川部に不要な資機材を置かないことなどを朝礼時から全作業員に周知していた。

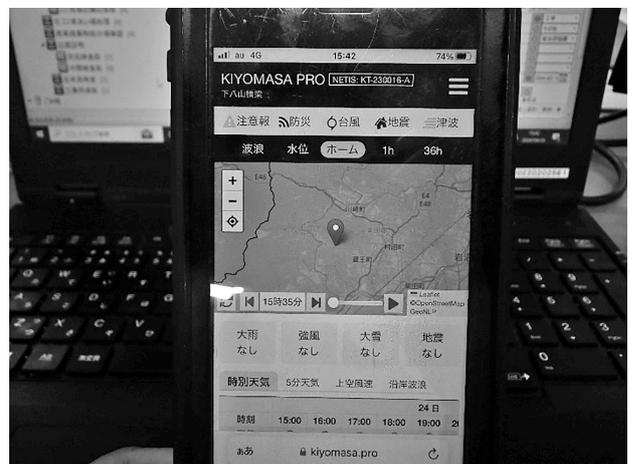


図-5 気象予測管理モバイル KIYOMASA PRO（スマホによる確認）

4. おわりに

本現場を受注したのが2023年6月であったが、まず架設計画図を確認し愕然とした。主桁1本の上に主桁1本を載せる計画であったのだ。

私の中ではありえない工法であった。2主桁の3径間、しかも川の中……。最悪の現場状況に思えたものである。昔ならいざ知らず現在の作業はクレーン抜きでは考えられない部分が多い。我々現場従事者にとっては、クレーンのリース代をいかに低減できるかがどうか、大きな命題でもあるわけだが……。社内の様々な方を招いて検討を重ね前述のような架設計画に変更し3月から準備作業を開始し4月下旬のゴールデンウィークに

入る前に無事故で主桁架設作業を終えることができたのであった。架設作業には高所作業が必ずついてくるもので、墜落事故防止には細心の注意を払いながら無事故で作業完了を迎えることができたことは大きな喜びであった。

PC上部工工事を生業としてきた当社であったが、最近上部工工事発注数量が減少し寂しい限りである。今後もこのような社内の皆さんに知恵を借りる場面が必ず来るであろう。その際は、私も知恵を借りる側から貸す側になり今回の貴重な体験を若手技術者に継承していかなければならないと強く感じている。近年協力会社においてこの業界に就労する若者が少ない。このような現状の中我々元請業者がしっかりと記憶と記録に留め技術力を維持していかなければと思っている。

最後に本工事は、無事無事故で9月に完成したことを付け加えておく。



図-6 主桁架設完了（3径間）



図-7 下八山橋 工事完成

9 施工計画

改良地盤でのクレーンベント架設における 架設計画の変更

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

現場主任

白崎 吉彦[○] 小川 喜和

1. はじめに

本工事は東京外環自動車道高谷JCTを起点とし北関東自動車道茨城町JCTまでを結ぶ東関東自動車道水戸線の未開通区間である潮来IC～銚田IC間のうち北浦IC（仮称）～銚田ICのNEXCO東日本施工区間の鋼上部工工事である（図-1）。

工事概要

- (1) 工事名：東関東自動車道
塔ヶ崎高架橋（鋼上部工）工事
- (2) 発注者：東日本高速道路（株）関東支社
- (3) 工事場所：茨城県銚田市野友～銚田市当間
- (4) 工期：令和3年2月5日～
令和6年5月29日

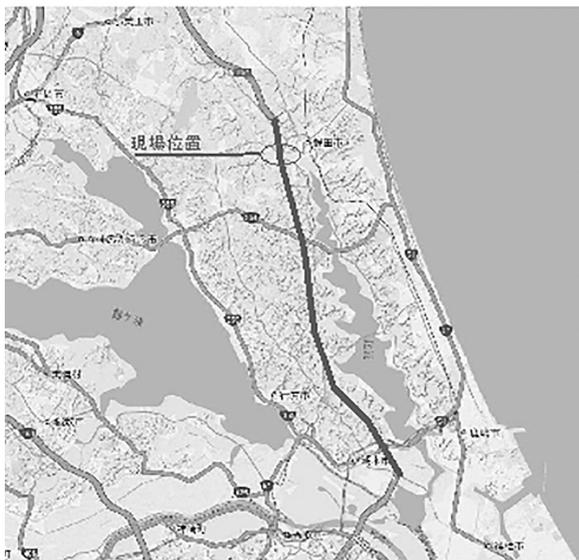


図-1 架設現場位置図

2. 現場における課題・問題点

当該事業区間の地盤は全区間にわたり軟弱層があり（図-2）、本工事においても先行工事で地盤改良（中層混合処理）を行ったうえで、図-3のように軟弱層を考慮してのクローラークレーンによるベント架設が基本計画であった。



図-2 施工前現場状況

基本計画で選定していたクローラークレーン機種は同規格ではクローラー幅が最小の機種であった。しかし実施計画を進めるなかで同機種の手配が困難であること、地盤改良によりヤード地盤が上がったことで地盤改良境界（用地境界）線が法面形状となり用地幅が狭くなってしまったこと、橋脚及びベント設備が支障となりクローラークレーンの必要な幅が走行確保できないことより、架設作業は不可能であることが分かった。

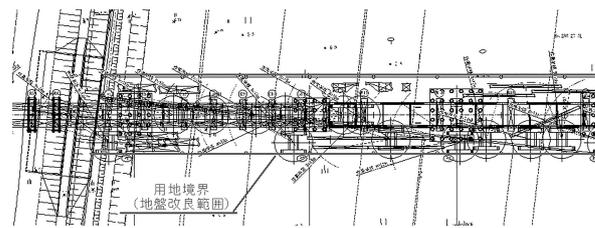


図-3 基本計画 架設計画図

また、交差する河川横断部の架設にはベント設備が必要で、杭基礎を施工する必要があり、杭基礎を施工する上でも河川兩岸からクローラークレーンで施工する計画であった。この兩岸から杭基礎を施工する計画についても同様な理由で、現場の課題となった（図-4）。

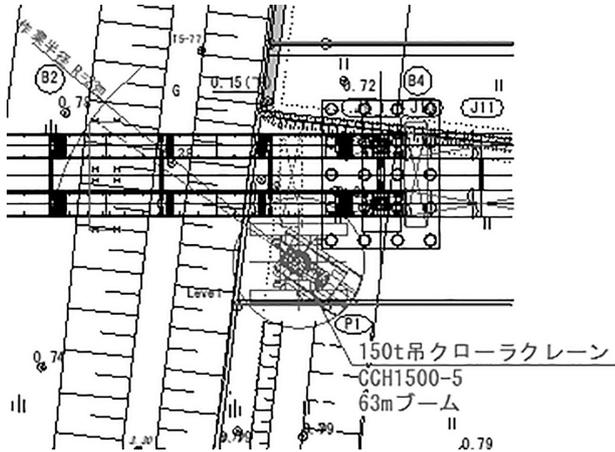


図-4 河川交差部 ベント基礎杭計画

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

【クローラークレーン架設施工不可への対応】

架設方法の変更を行う上で、まず基本計画のクローラークレーン架設を変えずに架設を行うにはどうすれば良いかということで検討を行った。

作業ヤード範囲として地盤改良をおこなっている事業用地幅よりも外側の民地を借地してクレーン作業ヤードを確保し作業を進めることを検討した。

ただし、当該地はハス畑の休耕地が広がる一体であり基本計画でもクローラークレーン作業範囲について、地盤改良を行っており民地借地範囲についても同様に軟弱地盤対策が必要であった。

対策として拡幅する民地借地部は現況復旧を考えると、基本計画作業ヤード範囲と同様に中層混合処理による軟弱地盤対策は不可能であることから、以下の検討を行った。

① 杭構台によるヤード拡幅

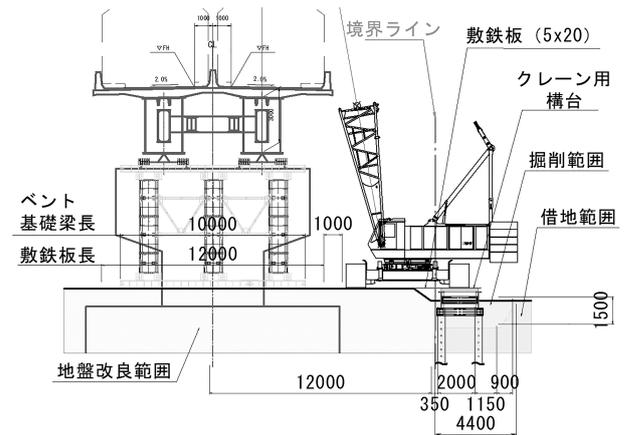


図-5 杭構台によるヤード拡幅

- ・ 民地借地が必要である。
- ・ 杭構台設置撤去期間について工程への反映が必要である。
- ・ 構台設置のためにに民地借地の掘削が必要で、掘削および、杭施工による改良地盤への影響が懸念される。
- ・ 一帯がハス畑休耕地であることから、地下水位が高いことが予想され、掘削施工時の地下水位の影響が懸念される。

② 碎石置き換えによるヤード拡幅

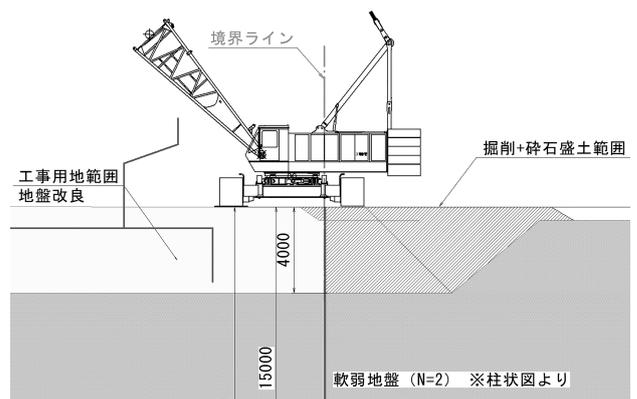


図-6 碎石置き換えによるヤード拡幅

- ・ 民地借地が必要である。
(掘削仮置き土のための用地も必要)
- ・ 碎石置き換え施工期間について工程への反映が必要である。
- ・ 一般的でない4m深度の置換工法のため施工性について検証が必要である。

- ・杭構台と同様に地下水位が高い場合の鋼板等による止水について検討が必要である。

③ ヤード掘削によるクレーンヤード拡幅

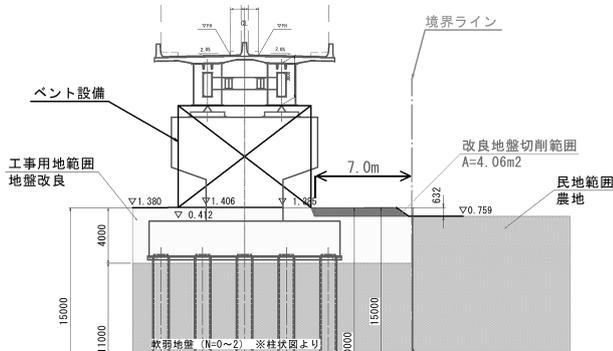


図-7 ヤード掘削によるヤード拡幅

- ・民地借地は不要である。
- ・地盤改良境界部へのクレーン反力荷重となるので側圧に対する対策が必要である。
- ・改良地盤下面の現地盤地耐力不足が懸念される。

以上が、基本計画での架設用クレーンを変更せずに作業できるように、ヤードを拡幅する案であり、それぞれ民地借地を行ったうえで軟弱地盤対策として、「杭施工による」「碎石置換えによる」軟弱地盤対策を行うものと、地盤改良による地盤高さが上がったものを「ヤード掘削による」ヤード拡幅を行い、クレーン作業幅を確保しようとするものである。

それに代わって、ヤード幅はそのままにしてクレーン機種・規格を変更することで架設を行おうとする案として、クローラークレーンに変えて油圧クレーンで架設を行うものを検討した。

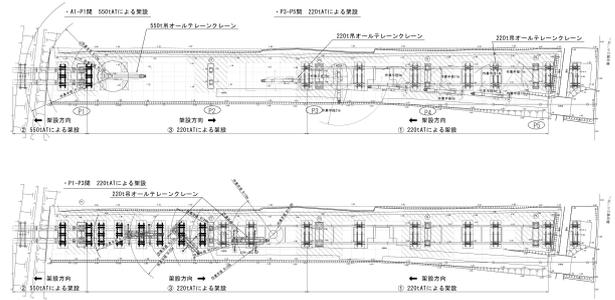


図-8 トラッククレーンによるヤード内架設

- ・民地借地は不要である。
- ・径間移動時アウトリガー伸縮により橋脚部移動が可能である。
- ・クレーン反力に対する改良地盤地耐力の確認、対策が必要である。
- ・河川横断部のベント杭基礎施工の施工方法の検討が必要（クローラークレーン設置不可）である。

上記4案を工程的リスク、費用面での優位性、安全性などを考慮した技術的問題点を発注者と検討協議を行い、工程への影響が少なく安全性を確保するための追加設備を最小限と出来る、トラッククレーン架設で行うこととした。

ただし、クローラークレーン架設計画で施工された改良地盤であり更に、架橋部横を鋼桁架設クレーンヤードとして地盤改良強度と改良範囲を決定施工された地盤なので、施工に先立ち地盤改良時の発現強度強度結果の確認と併せて、施工に先立ち平板載荷試験で地盤耐力の確認を行い、アウトリガー部は専用鉄板で養生を行うなどシアウトリガー反力の荷重分散を行った。

また改良地盤強度がクレーン施工を考慮していない範囲もあったため現場内表示を行い（図-9）クレーン転倒防止対策を行うこととして、クレーン転倒事故などないように施工を行うこととした。



図-9 地盤強度表示

但しトラッククレーン架設を採用することで河川交差部のベント基礎杭施工におけるクローラークレーン施工が出来ない事の問題は解決されていなかった。

【河川交差部施工への対応】

河川交差部のベント設備は右・左岸両岸の河川流水側の堤防法面に各1基設置する計画であり非出水期施工という限られた期間内で、ベント基礎杭打設から鋼桁架設を完了させ、ベント基礎杭引抜きまでを行うことが課題となった。

基本計画では両岸の基礎杭施工を150t（左岸）、200t（右岸）クローラークレーンでそれぞれ施工し、鋼桁架設を650tクローラークレーンで行うものであった。しかし左岸の鋼桁架設をヤード拡幅を行わずトラッククレーンで施工することとしたため左岸側ベント基礎杭施工を左岸から施工出来なくなったため右岸左岸両岸の基礎杭打設から鋼桁架設そして基礎杭引抜き施工までをすべて基本計画の右岸側の鋼桁架設用として選定していた650t（750tに変更）クローラークレーンで行うこととした（図-10）。

またこのことで、非出水期施工という限られた期間内で基礎杭施工クレーン及び、架設用クレーンの組立・解体などの作業工程を圧縮し、工程リスクの低減を図る事が出来た。

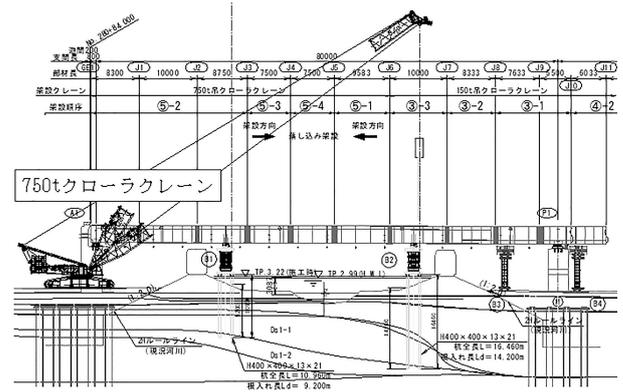


図-10 河川交差部 基礎杭施工計画図

実際、非出水期に入り基礎杭施工を始めたところ記録ないブロック積護岸が確認され、河川管理者との協議が発生した。

この協議の結果護岸ブロックは復旧まですることとなり、護岸ブロックの調査・撤去・復旧という想定していなかった工程が発生したが、非出水期施工という限られた期間内に河川交差部の施工を終えることができた。

4. おわりに

今回の施工場所となった場所はハス畑や、水田が広がり地下水位も高く、軟弱地盤で容易にヤード造成もできない条件のなか、基本計画のヤード地盤改良の元計画となっていたクローラークレーン架設が出来ないという課題に直面した。

しかしあらゆる可能性を否定せずに検討を行い、クレーン特性の異なるクローラークレーンからトラッククレーンへ変更することで無事工事を完遂することができた。

今後同様に課題に直面した場面において、あらゆる可能性を否定せず検討を行うことが、解決の糸口になると考える。

今後の、他の参考になればと考える。

最後にご指導頂いた東日本高速道路株式会社つくば工事事務所の方々、並びにご協力頂いた関係機関及び、工事関係者の方々にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

10 施工計画

龍ヶ鼻橋上部工架設工事における鋼橋架設の工夫

日本橋梁建設土木施工管理技士会

株式会社横河ブリッジ

計画担当者

岡本 智史〇

監理技術者

今 和 也

現場代理人

赤石 篤志

1. はじめに

本工事は、現在建設中の上信自動車道の植栗・中之条ICと中之条町、高山村を結ぶアクセス道路である一般県道植栗伊勢線の改良工事の一環として、幅員が狭小な現橋の架け替えを行う工事である。架設工法は、大型クレーンによるトラッククレーンベント工法であり、渇水期内（令和5年11月～翌5月）に河川敷内作業を完了させる必要があった。本稿では、その具体的な課題と対応策について詳述する。

工事概要

- (1) 工事名：補助公共 道路改築事業（地方道・連携）龍ヶ鼻橋上部工製作架設工事
- (2) 発注者：群馬県 中之条土木事務所
- (3) 工事場所：一般県道 植栗伊勢線
自) 群馬県吾妻郡東吾妻町大字植栗地内
至) 群馬県吾妻郡中之条町大字伊勢町地内
- (4) 工期：令和4年12月14日～
令和6年9月30日
- (5) 橋梁形式：鋼3径間連続非合成細幅箱桁橋
- (6) 橋長：177.0m
- (7) 支間長：54.5m + 68.0m + 52.7m
(道路中心線上)

図-1に本橋の構造一般図、図-2に着工前現場写真を示す。

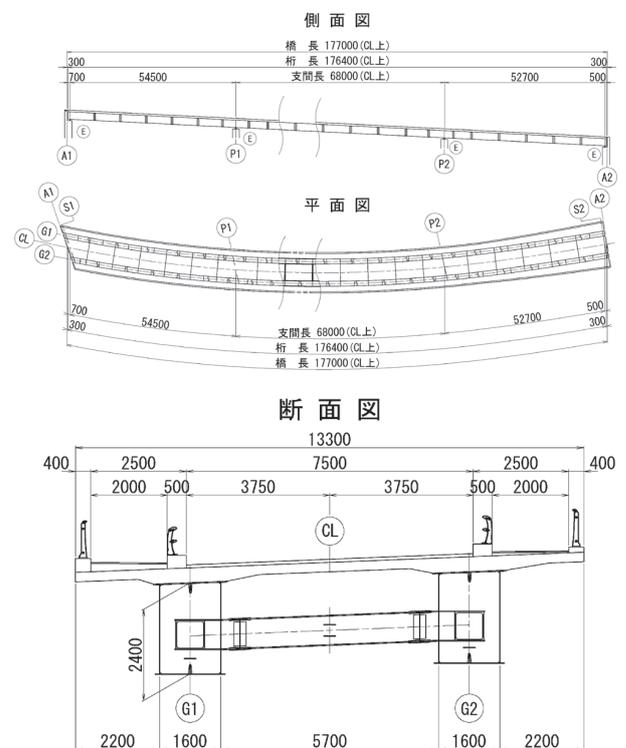


図-1 構造一般図

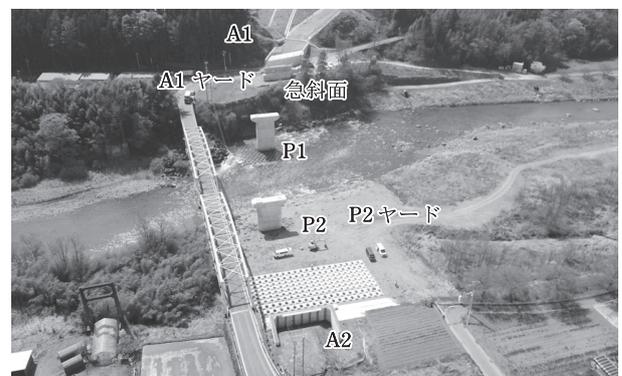


図-2 着工前現場写真

2. 現場における課題・問題点

本工事の架設工法は、550t吊オールテレーンクレーン（以降、550t吊ATC）にてA1-P1間、A2-P2間の順に中央径間に向かって架設した後、最後に中央径間のP1・P2橋脚から張り出した片持ち桁の遊間に落とし込み閉合する工法であった。また、渇水期内で施工を完了するため河川敷内のベント基数を最小限にし、ベントを省略する必要があった。現地調査の結果、以下の問題点があることが分かった。

以下に、**図-3** 架設要領図を示す。

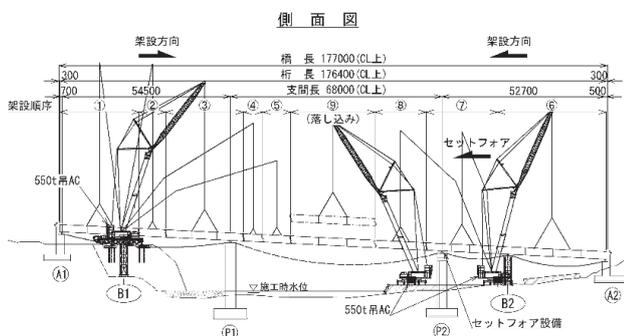


図-3 架設要領図

(1) 地形による問題点

大型クレーンの据付とベントの設置箇所となるA1ヤードは、急斜面上にあり斜面は風化していて崩れやすい状態であった。またヤードも狭隘であったため、550t吊ATCは組立解体および架設時吊り能力を精査すると、急斜面近傍に据え付ける必要があった。ベントはA1ヤードのベント基礎部と急斜面下に設置するベント柱を架設桁でつなぐ門形ベント構造であったが、急斜面近傍にベント基礎部を設置する必要があり、急斜面下のベント柱位置は、急斜面および護岸ブロックにより設置場所が制限された。加えて、地盤調査（スクリーウェイト貫入試験：以降、SWS試験）の結果から、A1ヤードの表土は換算N値が10未満の軟弱な地盤であるが、表層4m以深は硬質地盤となることが判明した。

(2) 施工条件による問題点

中央径間（P1-P2）は、渇水期内であれば築堤を構築できるが、施工に時間がかかり渇水期中に撤去まで終わらないため、ベントの設置はできなかった。よって、曲線桁を張出し架設して中央径間を落とし込んで閉合架設しなければならなかった。そこで落とし込み閉合時、左右の張出し桁の先端たわみ高さや曲線形状による仕口ねじれ角度を合わせる必要があった。以下に、**図-4** 落とし込み閉合時の高さ、仕口角度調整イメージを示す。

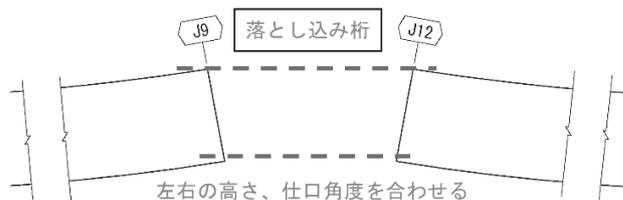


図-4 落とし込み閉合時の高さ調整イメージ

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

前述の課題に対する検討結果を以下に述べる。

(1) 地形による問題点への対応策

1) 大型クレーン・ベント基礎部の地盤養生

地盤養生方法として、直接基礎と杭基礎の検討を行った。SWS試験の結果より、表土のN値が小さいため直接基礎の場合は地表から3m程度の碎石置換が必要となるが、急斜面近傍での掘削作業は斜面崩壊の恐れがあり安全性に懸念があった。そこで、急斜面から離れた位置にH形鋼を打ち込むH鋼杭基礎構造を採用することで、急斜面近傍の掘削作業による斜面崩壊のリスクを低減した。

しかし、杭基礎施工時の振動を抑える必要があった。そこで、斜面崩壊を避ける施工方法として振動が少なく、表層4m以深の換算N値が大きい地盤にも打設可能なバイプロ併用圧入工法のRG工法を選定した。RG工法は、一般的なバイプロ工法に対して高N値（ $N < 300$ ）の硬質地盤にも対応でき、バイプロハンマーと圧入を併用して打設するため振動が抑えられ、急斜面近傍であっても安全性を確保した打設が実現できた。

次頁に**図-5** H鋼杭打設状況を示す。



図-5 H鋼杭打設状況

2) 門形ベントの検討

A1ヤードに設置する門形ベントは、急斜面下に必要最小限の築堤と護岸ブロックを避けた位置にベント柱を設置した。その結果、桁長35m、桁高2m、重量45tの架設桁を頂部梁に使用した。当該ベントは、本設桁の直下にあることから単純なクレーンでの撤去が不可能であり、長スパンで重量物となる架設桁の撤去が課題となった。仮支柱で支えて分割撤去する方法も検討したが、急斜面と護岸ブロックにより設置が困難なため本設桁に仮吊り点を設け、本設桁を利用して架設桁を吊り下げて一時的に支持する方法を採用した。以下のステップ1～3の手順で架設桁を分割撤去した。

ステップ1

架設桁が無応力状態になるまでG1桁側のチェーンブロックで吊り上げる。

分割撤去に備え、G2桁側にリギンスクリューを設置する。

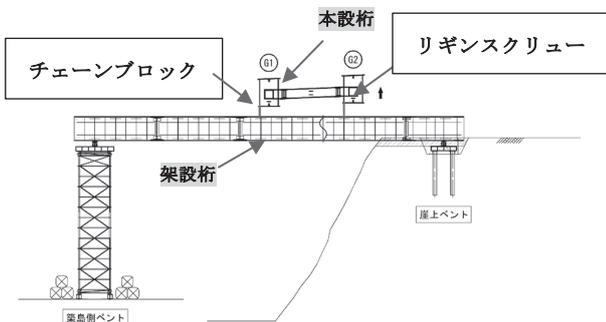


図-6 門形ベント撤去ステップ1

ステップ2

本設桁直下を外れた架設桁に玉掛けし、解体ジョイントを外して3ブロックを先行撤去する。

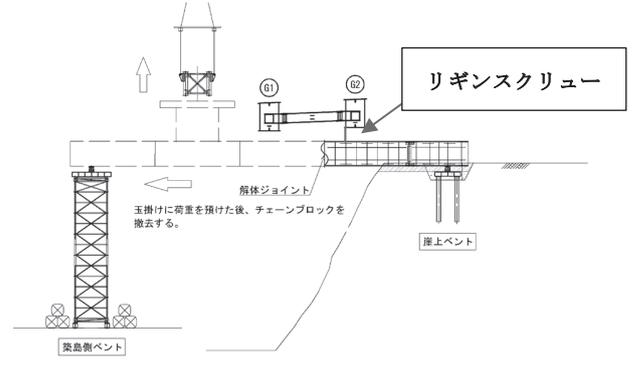


図-7 門形ベント撤去ステップ2

ステップ3

残りの2ブロックを後続撤去する。

上記の方法により、大規模な解体設備を使用することなく、550t吊ATCにて安全かつ確実に架設桁を撤去することができた。

以下に図-8 門形ベント、図-9 リギンスクリュー仮支持状況を示す。

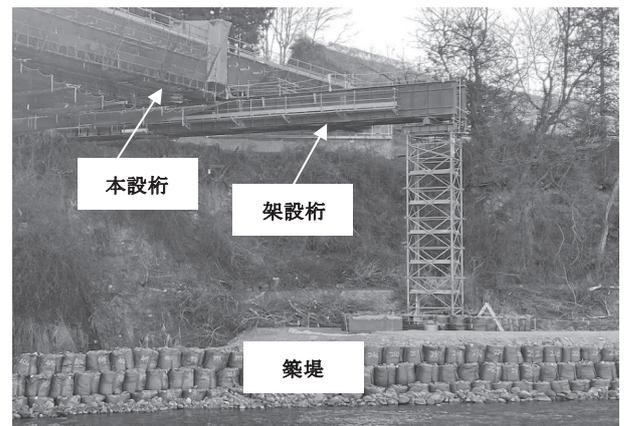


図-8 門形ベント

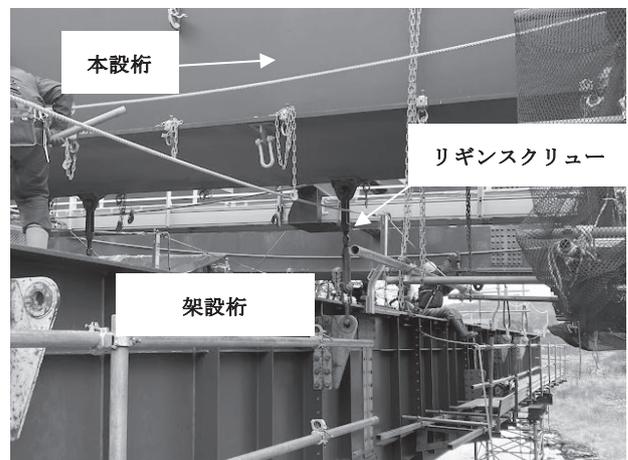


図-9 リギンスクリュー仮支持状況

(2) 曲線桁の落とし込み架設の検討

中央径間にベントの設置が不可能であったため、主桁がP1橋脚とP2橋脚から2ブロックずつ張り出した架設系の桁遊間に3ブロックの落とし込み桁を閉合架設する必要があった。製作・計画段階の対応として、本橋梁は、細幅箱桁断面の曲線桁 (R=420m) であることから、落とし込み閉合時のねじれの影響を電算シミュレーションにより把握した。その結果、両張出し桁先端 (J9、J12付近) にダイヤフラムを追加することにより同桁先端のねじれ量を1.5mmから0.04mmに抑えることができた。一方で、G1桁架設後のG2桁仕口先端の変動が懸念されたが、影響が極めて小さいことが分かった。落とし込み閉合架設をスムーズに行うため、仕口形状を逆ハの字加工と拡大孔 (φ24.5→φ26.5) に製作反映することで落とし込み作業、閉合添接作業が確実に進められるようにした。

施工時の対応として、張出し架設により仕口先端部の仕口角度とたわみを電算シミュレーションにより算出し、落とし込み桁の仕口角度とたわみが左右で同程度になるよう、A1・A2橋台およびP2橋脚におけるジャッキアップ量を算出した。また、A2-P2間の桁を予めセットバックした状態で架設し、P2橋脚、A2橋台にはセットフォア設備を配置することで、落とし込みブロックのジョイント遊間を確実に確保することができた。以上の結果、出来形精度を満足することができた。

以下に図-10電算シミュレーションモデル、図-11落とし込み閉合架設要領を示す。

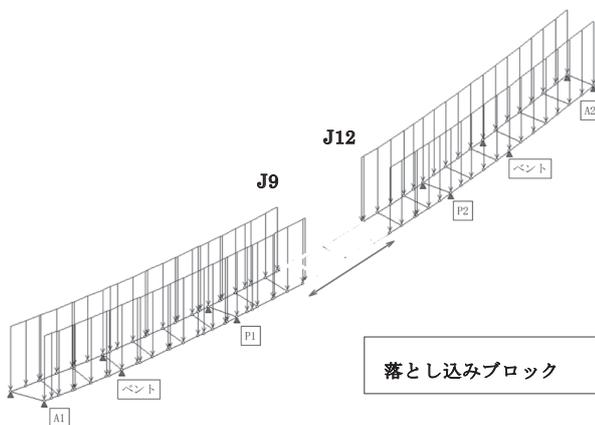


図-10 電算シミュレーションモデル

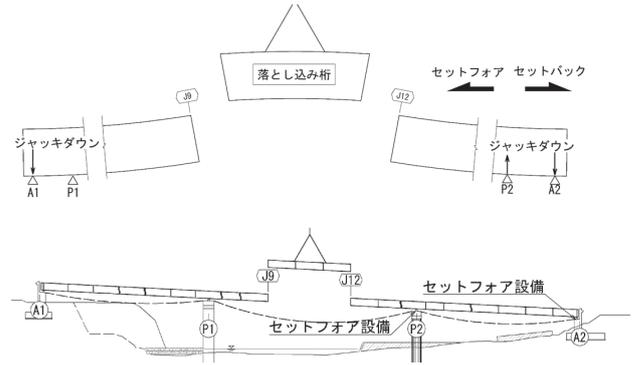


図-11 落とし込み閉合架設要領

4. おわりに

本工事では、河川を横断する鋼橋架設に関する施工計画で直面した地形による問題、選定した架設工法により生じた曲線桁の落とし込み閉合架設上の問題について対策を行った。架設工法自体は一般的なトラッククレーンベント工法ではあるが、地盤条件に応じた支持地盤対策、門形ベントの直吊り撤去、曲線桁を張り出した後に落とし込む閉合架設への配慮が必要であった。また、渇水期内で河川敷内作業を完了するための工程調整も必要であったが、前述した対策により種々の問題を解決し、無事に工期内に完遂することができた(図-12完成写真参照)。

本工事の施工にあたり、ご協力いただいた群馬県中之条土木事務所および工事関係部署の方々、ならびに協力業者の皆様に感謝申し上げます。



図-12 完成写真

11 施工計画

「新」単管足場の構造計算書

長野県土木施工管理技士会
北陽建設株式会社
工事部長
荻久保 武志

1. はじめに

アンカー工事やボーリング工事では、単管パイプをクランプで緊結しながら格子状に組み立て、その上に2,500kg程度のボーリングマシンを載せて作業を行うことが通例である。

この仮設構造物は「作業構台」であるが、本論文内ではより一般的な名称の「足場」とする。

図-1では他に、筋交い、根がらみ、等も必要な部材だが省略している。

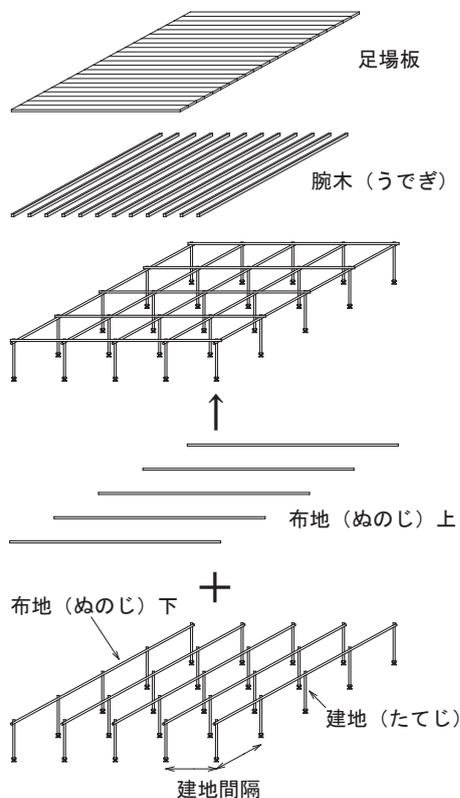


図-1 足場の構造と名称

2. 現場における課題・問題点

足場の構造計算はどの文献にも明確に記載されたものは無く、1 mあたりの荷重を各部材にあてはめた「計算例」に沿って検討するしかないのが現状である。

実際に組み立てた足場は皆さんが想像する以上に頑丈なものである。以前に技術報告を提出した単管パイプによる乗用車の迂回路や、重量14トンのマシンを足場に載せた事例もある。

従来の計算例は格子状による力の伝わりを考慮しておらず、計算式の根拠が不明な部分もある。そのため過剰に建地間隔を狭くしないと「安定」の計算結果がでない。

足場の構造計算書は必須の提出書類である。現況にそぐわない構造計算を見直し、適切な建地間隔が得られる方法はないか、長い間考えていた。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

今回、実際に組み立てた足場すべての建地に荷重計を設置して計測することにした。

足場に載せるマシンは、保有している中で最も重量があり底面積の小さいものを使用した。実測重量は2,658kg、底面の幅1.28m、長さ1.90m。

実験は自社建物内の天井クレーンで常に玉掛けされている状態で行い、監督者の指示のもと安全に配慮して行った。

建地間隔を1.0mとし、上から見た図の網掛け部

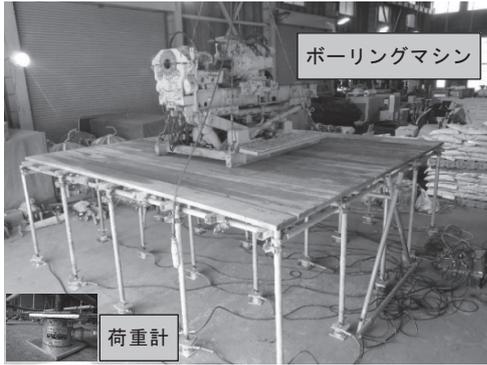


図-2 荷重計測状況

分にマシンを載せて荷重を計測した。すると黒い9本の建地以外は数本に最大でも50kg程度と、ほぼ荷重がかかっていないことが判明した。

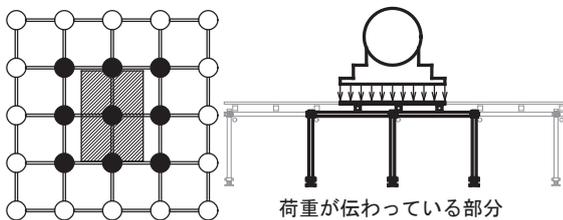


図-3 荷重のかかっている建地

自分は25本すべての建地にある程度平均な荷重がかかるものと想像していたが、荷重の伝わる範囲は明確に分かれる結果となった。

このことから布地の単管パイプは直接荷重がかかっていない限り、クランプで接続した箇所から先に荷重が伝わらないと考えることができる。

その後、建地間隔を1.3m、1.5m、2.0mと広げて同様に計測すると、9本の建地にかかる荷重に一定の規則性が現れた。

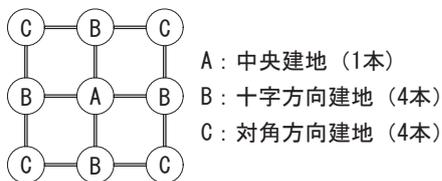


図-4 建地 (9本) の名称

わかりやすく9本すべてにかかっている荷重の合計を100%とし、その割合で記載する。

A中央建地にかかる荷重は、建地間隔が広くなるにつれて17%→21%→34%→48%と大きくなった。

B十字方向4本は、建地間隔にかかわらず一律で、平均1本あたり12～13%であった。

C対角方向4本は、平均1本あたり8%→7%

→4%→1%と減少していた。

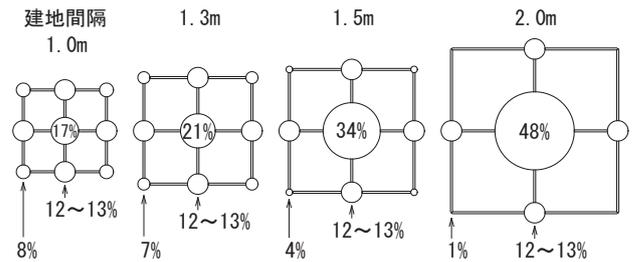


図-5 荷重割合を○の大きさで表した模式図

建地間隔2.0mではほぼ5本の建地で荷重を受け持ち、Aには約半分の荷重がかかっていることがわかる。

この規則性をもとに、新計算では「荷重の負担割合」という考えで建地にかかる荷重を算出する。

まず、Bは建地間隔にかかわらず4本で50%、1本あたり12.5%の荷重を負担する。

Aが負担する荷重は、直線回帰式を求めることで建地間隔×0.328-0.177となる。

Cが負担する荷重は (50%-A) / 4 となる。

例として、マシン重量3,000kg、建地間隔1.2mで計算すると、建地1本あたりにかかる荷重はこのような結果となる。

$$A : 1.2m \times 0.328 - 0.177 = 0.217 \quad (21.7\%)$$

$$3,000kg \times 21.7\% = 651kg$$

$$B : 3,000kg \times 12.5\% = 375kg$$

$$C : (50\% - 21.7\%) / 4 = 7.075\%$$

$$3,000kg \times 7.075\% = 212.25kg$$

ここからは差が出るケースを選んでしまうが、建地間隔を1.2mとした場合の新計算結果について、各部材にかかる荷重を従来計算例と比較する。

○建地 (1本にかかる最大荷重)

実験では建地の長さを1.2mとした。実際の現場でも1段の高さはこれ以下とすることがほとんどである。1本の建地にかかる荷重は、従来計算例の約37%となる。

○布地 (建地間にかかる最大荷重)

下の布地は直接荷重がかかっていないことから力は伝わらない。布地にかかる荷重は、腕木が直

接載している上の布地A～B間で最大となる。

Aは布地、腕木、それぞれ2方向の荷重が伝わっているため布地にかかる荷重は1/4となる。Bの荷重負担割合12.5%は、他に荷重が伝わる箇所がないためすべて布地にかかっていることとなる。よって布地にかかる最大荷重は、 $A/4 + B$ となる。

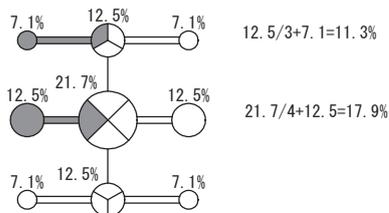


図-6 布地の荷重負担割合（建地間隔1.2m）

3,000kgの荷重なら $3,000 \times 17.9\% = 537\text{kg}$ がA～B間の布地にかかっていることとなる。

その荷重を等分布荷重に置き換え、応力度を算出する。従来計算例では単純梁としているが、布地の両端はクランプで固定されているため、新計算は固定梁と考えることとした。

せん断応力度は従来計算例の約61%、曲げ応力度は約41%となる。

○腕木（布地間にかかる最大荷重）

従来計算例と同様の考え方とした。マシン1㎡あたりの荷重を布地間隔の単純梁として算出する。従来計算例と同値である。

○足場板（腕木間にかかる最大荷重）

足場板についてもマシン1㎡あたりの荷重を腕木間隔の単純梁として算出する。従来計算例は安全側の状態ということで集中荷重として算出しているが、新計算は等分布荷重で統一する考えとし、約50%となった。

表-1 各部材へかかる荷重の計算結果比較

部材	検討項目	新計算/計算例 (%)
建地	座屈	36.60
布地	せん断応力度	60.59
	曲げ応力度	40.50
腕木	せん断応力度	100.00
	曲げ応力度	100.00
足場板	せん断応力度	100.00
	曲げ応力度	49.85

新計算は9本の建地の中心にマシンを設置した場合だが、位置によっては偏った荷重となり荷重負担割合の考えは適用できないのでは？と疑問が生じる。実験ではマシンを足場端中心、足場端にも設置して計測した。

結果、建地1本にかかる最大荷重はほとんど変わらなかった。ただし、すべての荷重を9本以下の建地で負担するため、主に端部に近い建地から荷重の増加がみられた。

このように足場の端部にマシンがある場合、布地にかかる荷重は増加するため、新計算は適用できない。実際は手すりがあるので設置できないが、現場でも端部建地の真上にマシンを置くことは避けるべきである。

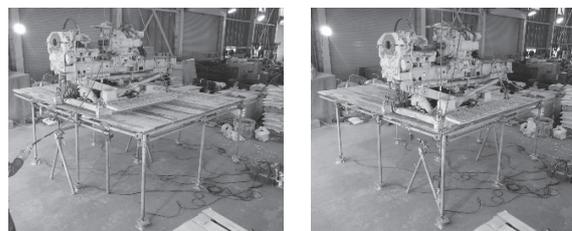


図-7 足場端部へのマシン設置

マシン幅より建地間隔が広い場合も9本の建地に荷重が伝わらない。純粹に布地に荷重をかけてみたかったこともあり、足場板、腕木を外して建地間隔1.3mの間の布地に、幅1.28mのマシンを直接設置した。

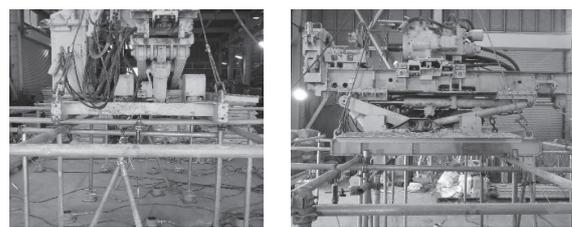


図-8 マシン幅より建地間隔が広い場合

結果、全体の約90%の荷重を4本の建地で負担していた。この場合マシンを乗せた布地2本にすべての荷重がかかるため新計算は適用できない。

実際マシンは足場に載ったがぐらつきもみられ、かなり不安定な状態であった。

このくらい重量のあるマシンでは最低1本の建地がマシン底面の下に入るように、建地間隔はマシン幅以下とする必要があると考えられる。

更に、実験を通して確認できた事もある。

○衝撃係数

荷重の計測は1秒間隔で連続したデータを取得する方法とした。このため、マシンを足場上に載せて安定するまでの荷重の変化も取得できた。

最大荷重／安定荷重を衝撃係数とすると、実験での最大値は1.21であった。足場の構造計算では衝撃係数を1.3とするのが妥当と考えられる。

○たわみ

実験では腕木の角パイプ、布地の単管パイプのたわみ（建地間隔中心の鉛直方向の変位量）も同時に計測した。



図-9 変位計によるたわみの計測

最大で30mmの変位が計測されたが、実験後の各部材に永久的な変形はみられなかった。

従来計算例では腕木のたわみについても検討し、5mm以内という厳しい基準値を設けている。曲げ応力度が許容値内であれば、たわみはその過程にあるものなので、足場の構造計算ではたわみの計算は不要と考えられる。

最後に、構造計算結果によって実際の現場ではどのような違いが出るか比較してみる。

マシン重量2,900kg、底面積2.43㎡、その他機材、作業員重量500kg、衝撃係数割増1.3、合計4,420kgの荷重。

足場は、幅5m、高さ5m、延長40m、体積1,000空㎡。

各々計算すると、新計算では建地間隔が1.2m、従来計算例では0.8mとなった。

この足場を組み立てる際に使用する部材で、数量が変わるものを算出した。比較すると、約半分13トンの部材が新計算では不要となる。

これらの部材を現場まで運搬することもさることながら、人の手で持ち上げ、渡して、組み立

て、解体しているのが現況である・・・。

表-2 計算結果による足場の必要部材比較

部材	単位	新計算	計算例
単管パイプ 長さ5.0m	本	540	892
ジャッキベース	個	170	357
クランプ	個	1,700	3,570
重量計	kg	14,371	27,663
新計算／計算例	%	51.95	100.00

- ・端部建地の真上にマシンを設置しない。
- ・建地間隔はマシン幅以下とする。

新計算はこの2点を考慮することで適用できることが今回の実験で確認できた。

また、格子状の単管足場は荷重が分散されて伝わっており、従来の計算例で用いられている荷重は過剰であることも確認できた。

今後は実際の現場で検証を重ねることに注力し、広く普及されることを願う。

4. おわりに

まず、長い間足場の組み立て解体作業に携わっていただいている方々に感謝とお詫びを申し上げます。その負担を軽減できる確信は前からあったにもかかわらず、このような成果にするまでに時間がかかってしまい、やるせなさを感じています。

また今回の実験には数十万円の費用を要しましたが、協力していただいた社長、ならびに社員の方には感謝いたします。

自己責任で使用していただく条件であれば、エクセルの「新」単管足場の構造計算書を作成していますのでお問い合わせください。

DXの活用による効率化や省力化も大切であるが、慣例で途方もない労力が消費されている可能性も大いにあります。

日々行っている業務について、疑問や改善する気持ちは多くの方が持っていると思いますが、行動に移せる人はほんの一握りです。誰かが決めた基準やマニュアルに囲まれた部屋にこもっていても新しい景色は見られません、自分の足で部屋から出て歩き出さなくちゃね。

12 施工計画

送り出し架設の過大荷重に対する技術課題

日本橋梁建設土木施工管理技士会

高田機工株式会社

現場代理人

監理技術者

畑 康 隆[○] 中 出 真 史

1. はじめに

本工事は、和歌山県道の紀伊停車場田井ノ瀬線のうち小豆島から出島へ架かる橋梁の架け替え工事である。橋梁形式は5径間連続鋼床版箱桁橋で、3工区に分割発注された工事で、施工範囲はP1～P3の製作・架設およびA1～A2の地覆・高欄工事である（図-1）。



図-1 新南田井ノ瀬橋と旧南田井ノ瀬橋

架設は先行工事で架設されたA1～P1、P3～A2の桁上を利用し、P1～P3の2径間を送り出し工法にて架設した後、セッティングビームにて桁を降下させ所定の位置で桁を連結させた。

工事概要

- (1) 工 事 名：紀伊停車場田井ノ瀬線（仮称新南田井ノ瀬橋上部その4）道路改良工事
- (2) 発 注 者：和歌山県
- (3) 工事場所：和歌山市出島外地内
- (4) 工 期：令和3年12月18日～令和6年2月5日

2. 現場における課題・問題点

課題・問題点としては下記3点の検討が必要であった。

1) 桁送り出し時の技術課題

送り出し部分の桁の総重量は1194.0t、前方手延べ機は201.1t、後方連結工は49.8tであり、総送り出し重量は1444.9tであった。支間長はP1～P2が81.0m、P2～P3が91.2m、手延べ機の長さが70.0mであり、総送り出し距離は242.2mであった。重量、支間長ともに規模が大きく、到達前の支点最大反力は約8000kNとなったため、送り出し作業時の桁の座屈が懸念された。

2) 降下作業の技術課題

既設桁の上を利用した送り出し工法では主桁の降下量が大きくなりやすい。本工事では5.831mの降下量があり、降下設備の高さは6.5mであった。降下作業日数は平均降下量1m/1日・1支点とし

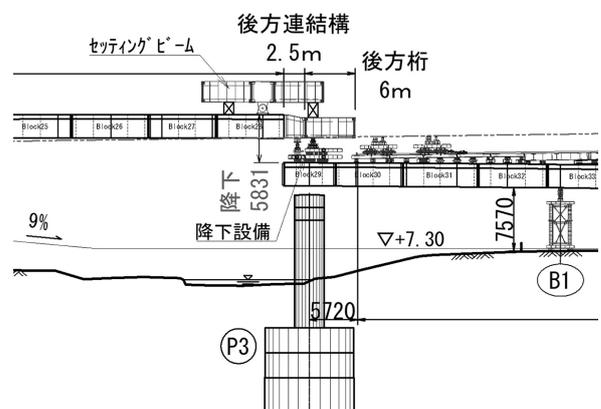


図-2 送り出し後降下量

て約18日間要した。作業日数の短縮も重要であるが、作業性と安全性を充実させた設備とすることが重要であると考えた。また送り出し時と同様、降下時も中間支点のP2では約7600kNの荷重が1支点にかかるため、降下時の反力荷重による橋脚の損傷が懸念された。

3) ソフト面での安全課題

送り出し工法では送り装置、台車、架台に分かれ、降下作業では各支点に分かれて荷重操作を行う場面が多く存在するため、各持ち場の連携が重要になる。軌条設備の長さの関係上、すべての桁を組み立てて送り出すことができないので、2ブロック単位で桁連結と送り出しを交互に行うサイクルとした。同じ作業の繰り返しではあるが、送り出し架設では作業が進むにつれて先端部の張り出し量が大きくなり転倒モーメントが増大することで転倒に対する安全率が低下し危険な状態に近づくという特性を持つ。よって送り出し作業のサイクルの中で現在の状況を知ることが事故・災害を防ぐ上で重要であると考えた。

3. 対応策および工夫・改善点と結果

1) 送り出し時の対策

送り出し時の最大反力がいつどこで発生するのかを分析するため、送り距離1m毎のステップで反力シミュレーションを実施した。

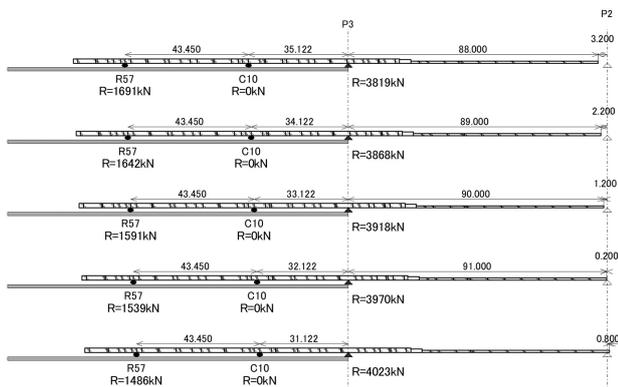


図-3 1m毎の解析結果 (P2到達前)

次に送り出しを行うすべての断面の解析で得た最大反力に対して橋軸方向に800mm幅で支持する条件で腹板座屈照査を行い、安全率を確認し

た。また作業時の限界反力の簡易的な確認方法として、主桁1ブロック毎に安全率が一番低い断面をピックアップした。作業時は橋軸方向800mm幅で支持する条件に対し、1000mmで支持することによって作業上の誤差や不均等荷重に対してのフェールセーフを行った。

その他には、従来の送り出し作業ではジョイント部に差し掛かった際、ボルトやスプライスなどの段差を解消するため、ボルトの隙間に入る樹脂製の細長いライナープレート（通称：ヒシプレート）を使用することが多い（図-4）。



図-4 ヒシプレート使用例

樹脂製のヒシプレートでは、耐力を超える荷重載荷により脆性破壊をおこし、割れた破片が作業員を直撃し負傷した災害事例もあることから、本工事では耐力が高い鉄製のライナープレート（図-5）を使用することにした。本橋は耐候性鋼材の橋梁であり、下フランジのスプライスは滞水防止のためウェブ直下で分割されており、その隙間は70mmであった。よってウェブ直下にスプライスによる段差はないがジョイントを跨ぐ下フランジ厚の違いによる段差と、スプライスとボルト頭の厚みがあるため、全ジョイントの段差を検証した。



図-5 鉄製ライナープレート使用図

その結果、鉄製ライナープレートの断面は幅60mm×高さ50mmとした。この50mmは下フランジ厚による段差とスプライス厚、ボルト頭の厚みの総

計の最大値が43mmに対して7mmの余裕を持たせた構造にした。

2) 降下作業の安全対策

降下設備の構造は基本的にジャッキ受けと桁受けに分かれ、前後で積み上げたサンドルブロック(以下サンドル)を抜きながら降下を行った。サンドルは作業性を考慮して、本工事では最大でH150×150×1200のH鋼を用いることにした。また高さ1m毎にH400×400×13/21のH鋼で横つなぎおよび縦つなぎを設けて井桁に組んで設備全体の剛性を高めた。出来るだけ作業の単純化を図るため、同じ構造で連続した設備にしてサイクル作業が出来るようにした。



図-6 降下設備組立状況

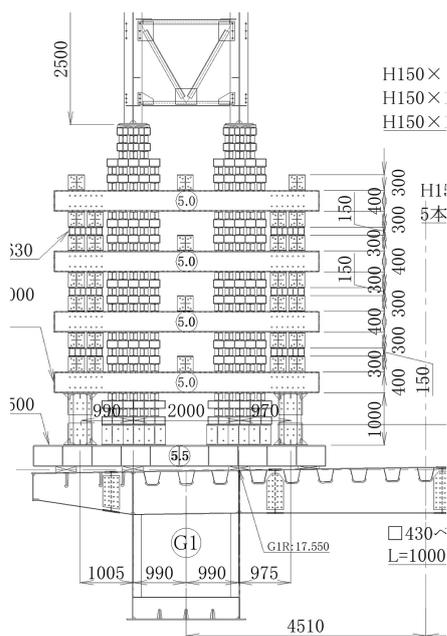


図-7 降下設備図

また、降下が進むにつれてジャッキ反力の作用点と橋脚との距離が近くなり、ジャッキ荷重の分散範囲が縮小する。特にP2に関してはジャッキ設備の機械高が支承高を超えるため降下用ジャッキで最終まで降下できない事と、降下時の最大反力が1主桁当たり3600kNになり、この荷重を2箇所ジャッキ支持することで1箇所あたり1800kNの荷重を橋脚に載荷することになった。橋脚のコンクリートの圧縮強度は30N/mm²で上記の荷重に対する必要受圧面積は、安全率を3、不均等荷重1.25として算出すると約500mm×500mm以上であった。支承台座外から橋脚縁端までの幅は550mmで縁端から50mm程度の余裕しかなかった。さらに配筋図から橋脚の鉄筋かぶりは109mm～113mmであることが確認され、そのまま載荷するとコンクリートの角欠けの損傷が懸念された。

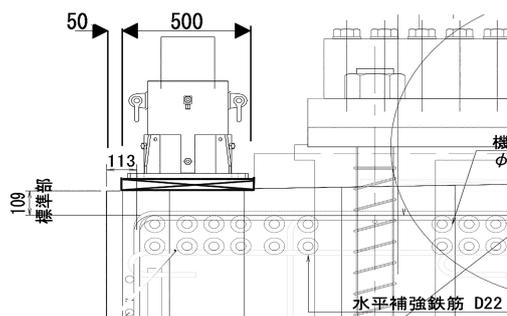


図-8 ジャッキ設置位置および鉄筋配置図

これらのことから、橋脚の橋軸方向幅が3.5m、ジャッキの作用位置が橋脚縁端から0.5mであったため、荷重分散角45°を考慮して、橋脚天端からジャッキ反力作用位置までの高さが3.0mになるまで降下した後、降下ジャッキを1主桁あたり4箇所支持するように組替えを行い、1箇所あたりのジャッキ反力を軽減させた。

3) ソフト面の安全対策

1サイクル工程の中で送り出し作業を行う日を基準日として、基準日ごとに次の送り出し作業までの流れや荷重変動、送り出し作業時の人員配置、その他注意が必要な事項をホワイトボードに書き上げ、その内容を盛り込んだ資料を基に、送り出し作業の従事者全員に作業手順周知会をその都度行った。また質問や意見がある場合はその場

でディスカッションを行い、関係者全員に周知徹底させた。特に座屈の危険に対しては関係者全員に理解してもらうことが重要であると考え、休憩室に主桁1ブロック毎の限界反力表や周知会の資料を掲示するなど送り出し作業時の安全意識向上が図れるように工夫した。



図-9 送り出し作業手順周知会

4) 対策結果と考察

3つの課題に対して重点的に対策することによって当現場は無事故・無災害で送り出し架設を完了することができた。送り出し時、ジャッキの受け点は人の目で合わせるため誤差が生じることが多く、受け点に対してフェールセーフを行ったことは効果があった。通常の送り出しでは樹脂製のライナープレートを使用するところ、過大な荷重が作用する送り出し作業のため鉄製ライナープレートに変更した点については、破損や飛散により作業員が負傷することはなかったが、重量が重いため作業性が損なわれた。今後は作業性を考慮し軽量で高強度なライナープレート材料を検討する必要がある。

また、降下作業はH鋼の横や縦つなぎの解体をサイクル作業としたことで解体に使用する吊具の仕込みも同じものを繰り返し使用することができ、計画通り18日で無事完了することができた。



図-10 降下設備解体状況

次にジャッキ反力の低減対策のための降下途中でのジャッキの入れ替えについては、降下作業工程の遅延による全体工程への圧迫のおそれも懸念されたが、降下時の橋脚損傷は大きな事故につながる恐れがあったため最重要課題として対策を施した。

上記に対して有効な対策が取れた背景には、作業員との日頃からのコミュニケーションやソフト面での安全意識向上などの対策で効果を発揮することができ、各所の作業内容を全作業員が把握していることで無駄な移動や作業を減らすこともできた。また、サイクルごとに周知会を行うことで送り出し作業時の細かな変更点を共有する場ができ、手戻り作業の抑制が図れたことも無事故無災害で作業を終わることができた一因であった。

4. おわりに

本工事では技術的に重要な課題が多数存在していたが、問題が見えはじめた時点で早急に対策を行い危険の芽を摘むことが安全作業への近道だと感じた。また、計画した対策が有効に働いたのは、ほぼ毎日行った作業員とのディスカッションが大きな要因であったと思われる。

今回の送り出し架設時の過大荷重への対策は、本工事が送り出し最大支間長91mと比較的長スパンで、橋梁形式が鋼床版箱桁により送り出し総重量も1445tと大きかったことで行った。その結果、対策の効果が実を結び無事故無災害で工事を完成することができた。

今後、同等規模の送り出し架設工事を行う場合は今回の対策が効果的であると考えられる。

最後に本工事の施工においてご指導、ご協力いただいた皆様方に厚く御礼を申し上げます。

13 施工計画

交差条件を有する 多径間多主桁橋梁の架設計画と安全対策

日本橋梁建設土木施工管理技士会

高田機工株式会社

現場代理人

監理技術者

市川 満帆[○]

末村 修

1. はじめに

国道475号東海環状自動車道は東海3県（愛知・岐阜・三重）に跨る総延長約153kmの高規格道路である。本工事は、この高規格道路のうち、山県インターチェンジの合流地点から大野神戸インターチェンジへと繋ぐ橋長287.984mの鋼7径間連続少数鉸桁橋（合成床版）の製作および架設を行う工事である。5主桁を有する合理化形式の多主桁かつ多径間橋梁であるため、工程や施工性を考慮した施工計画の立案が重要な工事であった。

本橋の概要を下記に示す（図-1）。

工事概要

- (1) 工事名：令和3年度
東海環状西深瀬高架橋鋼上部工事
- (2) 発注者：国土交通省 中部地方整備局
- (3) 工事場所：岐阜県山県市西深瀬

- (4) 工期：令和4年1月6日～
令和6年7月13日

2. 現場における課題・問題点

(1) 架設計画

本橋は、中央径間のP8橋脚からP9橋脚間で三田又川を渡河し、市道15010号、13108号などが交差する橋梁である。架設ヤード内のこの河川には栈橋があり、その手前にはゲートが設置されていた。

発注当初の架設計画（図-2）は、G1～G3主桁をP5橋脚からP12橋脚までの全径間を先行架設し、残りのG4～G5主桁をP5橋脚から順次、終点側であるP12橋脚に向かって架設する計画となっていた。この架設計画の場合、架設クレーンが河川上の栈橋及びゲートを架設期間中にそれぞれ3回通過することとなる。本橋の架設に使用する360tオールテレーンクレーンは、栈橋の耐力と

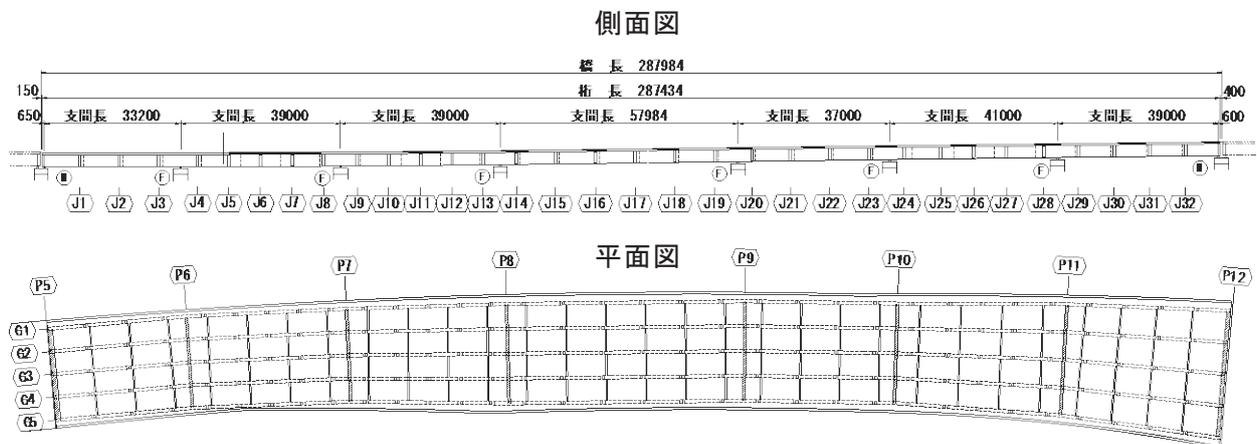


図-1 構造一般図

ゲート幅を考慮するとカウンターウェイト（以下、ウェイトという）の重量によっては、そのままの状態での移動ができず、1径間架設完了ごとに、クレーン移動のためウェイトの脱着を行う必要があった。

ブームの取り外しを伴うクレーンの移動にはウェイトの脱着も伴うため2日の作業日程が必要であり、その間は大型クレーンを使用する作業が行えず架設工程が後ろへずれる要因であった。また、ウェイト脱着作業は主に高所作業と重量物を取り扱う作業であるため重大な事故発生リスクもある。これらの課題を解消するためにもクレーンのウェイト脱着作業回数の削減は必須であった。

また、交差道路上の架設は、地元からの要望により同時に規制できる道路の本数には制限が設けられていたため、同時期に架設作業を行う隣接工区と道路規制の時期が重ならないような工程調整が必須であった。発注当初の架設計画では、若番側3主桁（G1～G3）の架設と残りの2主桁（G4、G5）の架設が連続して行われなため、道路規制も架設の時期に合わせて2回行う必要があった。1回目の規制が終了し2回目を行うまでに期間が空くことやクレーンのウェイト脱着作業が発生するため、工程調整をより円滑に行うには道路

規制の回数削減も大きな課題であった。

以上の課題を解決するため、クレーンのウェイト脱着作業回数及び道路規制回数を削減可能な架設計画の検討を行うこととした。

(2) ベント設備

本工事の架設工法はクレーンベント工法が採用されており、ベント設備を合計17基設置する計画であった。そのうち2基については交差道路に近接した設置計画となっており、ベント設備の道路への転倒に対するフェールセーフを考慮する必要があった。

以上より、クレーンの移動およびウェイト脱着作業回数の削減を目的とした架設計画を立案し、架設に対する作業性の改善とともに、転倒に対するフェールセーフや組立時の時間短縮及び安全性の確保を目的としたベント設備の構造等を検討することとした。

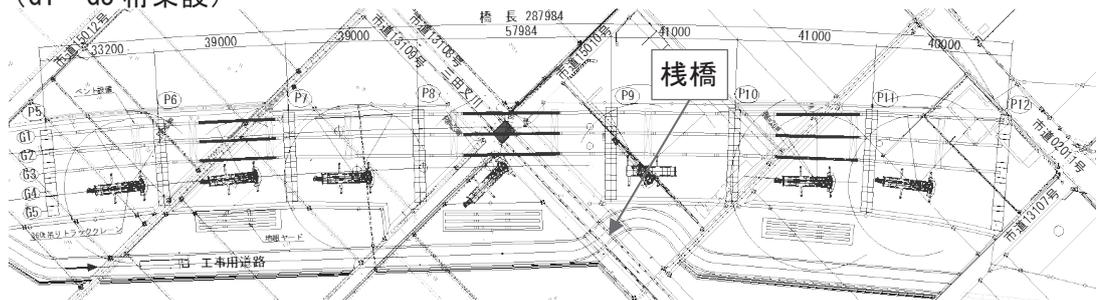
3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

3-1 課題解決のための対応策

(1) 架設計画

クレーンのウェイト脱着作業回数及び道路規制回数の削減のため、当初の架設計画を変更した。架設計画の変更概要は以下である。

STEP-1 (G1～G3 桁架設)



STEP-2 (G4、G5 桁架設)

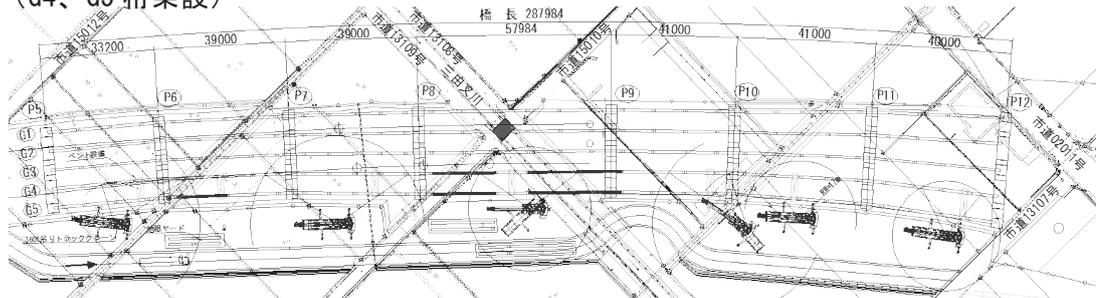


図-2 架設計画図（発注当初）

＜当初架設計画＞（図-2）

（P5橋脚からP12橋脚）

- ② 3主桁（G1～G3）を先行架設
- ② 2主桁（G4、G5）を架設

＜変更架設計画＞（図-3）

（P5橋脚～P8橋脚）

- ① 2主桁（G1、G2）を架設
- ② 3主桁（G3～G5）を架設

（P8橋脚～P9橋脚）交差道路上

- ③ 主桁（G1～G5）を架設

（P9橋脚～P12橋脚）

- ④ 2主桁（G1、G2）を架設
- ⑤ 3主桁（G3～G5）を架設

当初架設計画の3主桁（G1～G3）先行架設から、2主桁（G1、G2）先行架設に変更することで、カウンターウェイトの重量を減らすことが可能となった。また、当初計画の全径間先行架設（P5橋脚～P12橋脚）から、3区間（P5橋脚からP8橋脚、P8橋脚からP9橋脚、P9橋脚からP12橋脚）で5主桁を架設してからクレーンを移動させることで栈橋やゲートを通る移動回数及び道

路規制回数の削減を図った。

(2) ベント設備

1日の作業日程を予定しておりベント設備の転倒に対するフェールセーフ及び施工時の工程短縮及び安全性の確保として以下の対策を施した（図-4～6）。

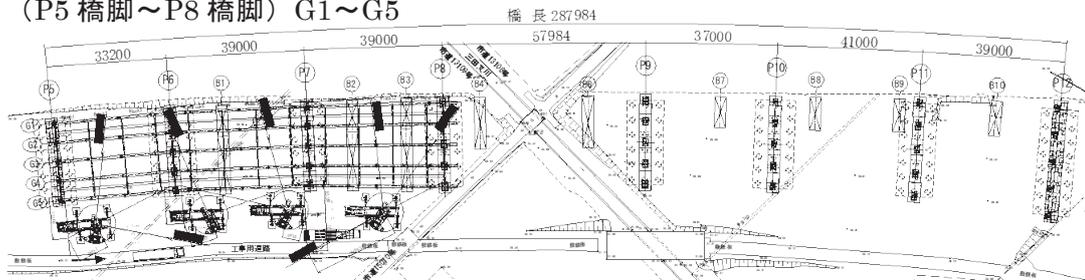
- ①基礎梁の延長・カウンターウェイトの設置
- ②傾斜計・沈下計（DXチルトダウン）の設置
- ③箱ベントの使用

① 基礎梁の延長及びカウンターウェイトの設置
転倒防止対策として市道に面するベント設備については、下部のH形鋼（基礎梁）を3mのH形鋼から4mのH形鋼へ延長した。更に基礎梁の上へカウンターウェイトとして3mのH形鋼を2本ずつ設置することでベント設備の転倒対策を講じた。

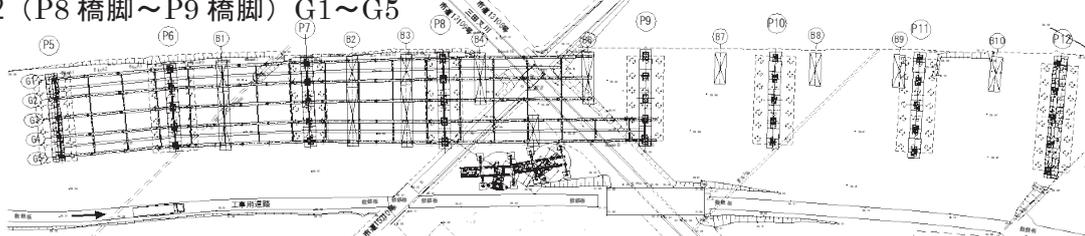
② 傾斜計・沈下計の設置

市道に面するベント設備の柱下部へ傾斜計及び沈下計を設置し、ベント設置期間中は24時間自動計測を行った。計測値はPCやタブレット端末においても確認できるようになっており、異常値が計測された際は点検・補強措置及び対策を講ずる

STEP-1（P5橋脚～P8橋脚）G1～G5



STEP-2（P8橋脚～P9橋脚）G1～G5



STEP-3（P9橋脚～P12橋脚）G1～G5

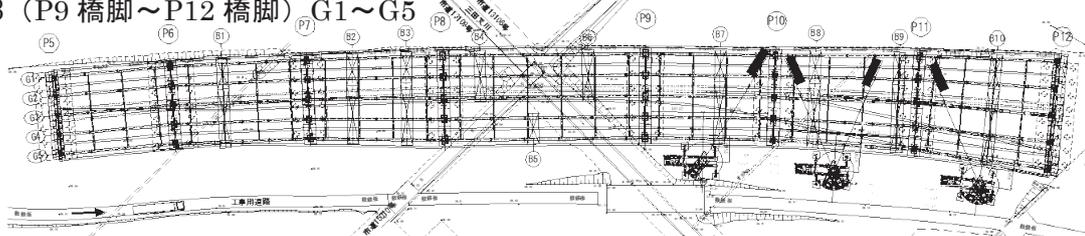


図-3 架設計画図（変更）

こととした。

② 箱ベントの使用

3主桁（G3～G5）を受けるベント設備については施工性及び安全性の向上のため、一般的に使用されている角柱ベントではなく、あらかじめベント材を箱状に組み立て固定された「箱ベント」を使用し、組立・設置を行った。

3-2 適用の結果

(1) 架設計画

当初の架設計画であるG1～G3主桁の全径間先行架設からG1、G2主桁の先行架設に変更したことで、クレーンの移動や、移動に伴うウェイトの脱着回数、道路規制の実施回数を削減することができた。また、径間ごとにG1～G5桁を架設することで、P5橋脚からP12橋脚までの移動を往復移動せずに済み、ウェイトの脱着を伴うクレーンの移動回数は当初の6回から3回へと50%の削減が可能となった。クレーンの移動回数削減は、クレーンのウェイト脱着作業の削減となっただけでなく、高所作業及び重量物を取り扱う作業の削減にもなり、安全性もさらに向上した。また、架設計画の変更によって道路規制の実施回数の削減も可能となった。当初の架設計画で予定されていた2回の規制から1回の規制のみで交差道路上の架設から足場の組立までを完了することができた。

(2) ベント設備

交差道路に近接するベントへの転倒防止対策として設置した傾斜計及び沈下計は、現場管理における「安全の見える化」の大きな役割を担った。

計測結果としては、特筆すべき大きな値は計測されなかったが、これは、フェールセーフとして施した基礎梁の1m延長が、荷重分散とベント設備基部の回転抑制に寄与したものと考えられる。また、「箱ベント」は箱状のブロックを積み上げるように施工していくため、一般的な角柱ベントの組立よりも施工の手順が少なく、1基あたりの組立日数を削減することもできた。加えて、あらかじめ箱状に組み立てられた部材の内部底面には床材が設置されており、積み上げた部材の連結は内部の床材より行える。そのため、一般的な角柱ベントの組立作業時と比べて不安定な状態での作業が少なくなり、より安全に作業を進めることができた。

4. おわりに

本工事では、架設計画の変更によってクレーンのウェイト脱着回数及び道路規制回数の削減を行った。また、施工性及び安全性を考慮したベント設備の計画を行い、大きな事故やトラブルもなく竣工することができた。

本橋を含めた東海環状自動車道の山県インターチェンジから大野神戸インターチェンジ間は令和6年度に開通予定であり、開通後には沿線地域の地域産業・観光産業がより活性化されることを期待しております。

本工事においてご指導を賜りました中部地方整備局 岐阜国道事務所の担当者の方々をはじめ、関係者各位にお礼申し上げます。



図-4 傾斜計、カウンターウェイト



図-5 箱ベント、基礎梁



図-6 桁架設状況

14 施工計画

先行架設・部分合成した桁上を利用した 送出し架設について

日本橋梁建設土木施工管理技士会

宮地エンジニアリング株式会社

設計担当

高橋

工事計画担当

鴻○ 森添 慎司

設計担当

西岡 秀和

1. はじめに

本工事は、定時走行性の向上、輸送路の確保、交通の渋滞緩和、災害時の代替ルートおよび防災機能の拡充を目的とした西九州自動車道の4車線化による拡幅事業のうちの1つである。周辺に主要な施設も多く、工事による交差道路の交通阻害を最小とすることが求められた。

工事概要

- (1) 工事名：令和3年度 佐世保道路
佐世保高架橋北（鋼上部工）工事
- (2) 発注者：西日本高速道路株式会社九州支社
- (3) 工事場所：自）長崎県 佐世保市 矢岳町
至）長崎県 佐世保市 平瀬町
- (4) 工期：令和3年10月5日～
令和6年1月31日

2. 現場における課題・問題点

本橋は、西九州自動車道に架かる鋼4径間連続合成2主桁桁橋で、床版は鋼コンクリート合成床版を採用している。P62からAk2の4径間のうちP62からPk64までの2径間をクレーンベント工法によって先行架設・部分合成し、その後先行架設した橋梁上で、残りのPk64からAk2までの2径間の地組立及び送出し架設を行う計画であった。架設概要図を図-1に示す。

2-1 本工事の課題

本工事の課題を以下に示す。

- ①送出し架設前に部分的に床版打設を行う必要があるため、詳細な架設ステップを考慮したキャンバー計算とキャンバー管理が不可欠である。
- ②先行架設された桁上で桁の地組立及び送出しを

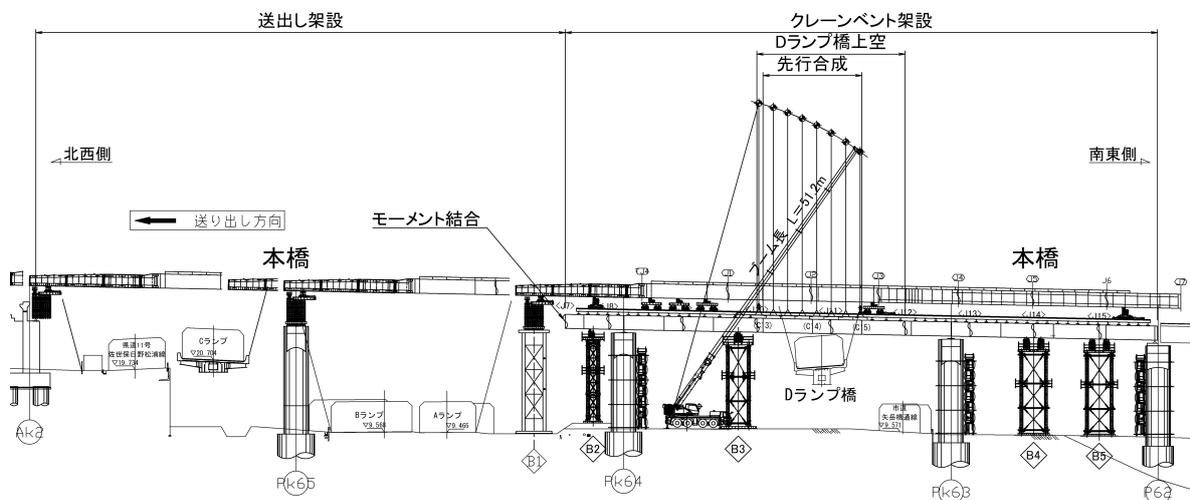


図-1 架設概要図

行うため、先行施工の床版コンクリートのひび割れが懸念される。

- ③本橋とDランプ橋との離隔が狭いため、架設途中の桁の変形及び供用後の活荷重たわみにより建築限界を超えることが懸念される。

2-2 課題の詳細

- ①クレーンベント架設範囲で桁下を横断しているDランプ橋において、送出し架設期間中に北西側の本線から走行してきた車両をDランプ橋を経由して平面道路に降ろすため、Dランプ橋は通行を遮断することが出来ない。そのため、Dランプ上空の架設は、短期間の夜間通行止めで、桁の落とし込みと合成床版パネル、検査路を施工する。さらに、P62からPk64の桁上で、送出しを実施するため、床版打設を先行させる必要がある。床版まで施工された合成桁と、その後を送り出される合成前の桁を連結することになり、剛性の差が生じ、架設中の変形挙動に影響を及ぼす。送出し架設桁の接合は、夜間通行止め期間の3日間で行う計画であり、その中で仕口部を合わせるためには、詳細な架設ステップを考慮したキャンバー計算とキャンバー管理が不可欠である。

- ②P62からPk64の桁上で送出し桁を地組立し、送出し架設を実施する。床版上に載荷される桁荷重及び送出し架設荷重により、コンクリートに付加応力が発生することが考えられ、先行施工の床版コンクリートのひび割れが懸念される。

- ③本橋とDランプ橋の建築限界との離隔は計画値



図-2 本橋とDランプ橋

で約140mmと小さく、Dランプ橋の実際の形状誤差で、さらに離隔が狭い可能性がある。そのため、架設時の変位や供用活荷重たわみにより、建築限界を超えることが懸念される。また、Dランプ橋は縦横断勾配が大きく、平面線形の曲率半径が小さい橋梁で、架設される本橋も縦横断勾配があるため、実際の形状を計測する方法を検討する必要がある。本橋とDランプ橋の状況（完成後）を図-2として示す。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

3-1 架設時のキャンバー管理

クレーンベント架設範囲及び送出し架設範囲で、桁本体や床版だけでなく、仮設備や付属物荷重を含めた架設手順を考慮して詳細な解析ステップを考え、施工ステップ解析し、施工管理のデータベースを構築した。本橋のキャンバー図を図-3に示す。

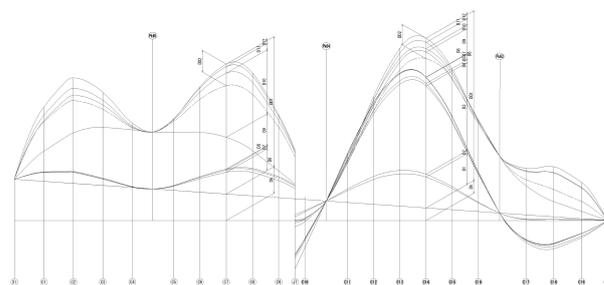


図-3 本橋のキャンバー図

先行架設するクレーンベント架設範囲のステップを以下に示す。

- stepB1：クレーンベント架設範囲における鋼重、検査路によるたわみの算出
- stepB2：吊足場によるたわみの算出
- stepB3：先行の床版打設によるたわみの算出
- stepB4：ベントによる仮受け点の追加
- stepB5：送出し軌条設備の設置によるたわみの算出
- stepB6：送出し台車設備の設置によるたわみの算出

クレーンベント架設範囲に関する解析ステップ図を図-4に示す。

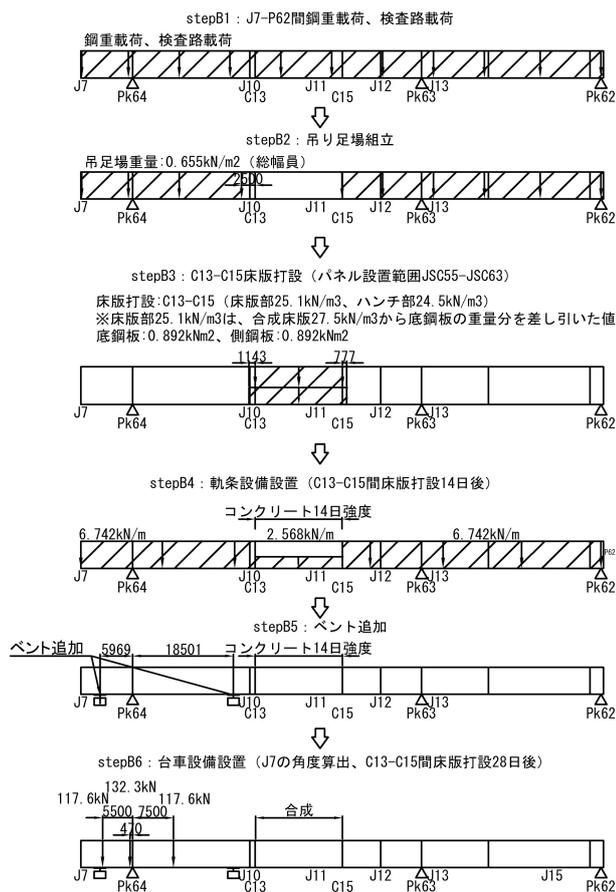


図-4 クレーンベント架設範囲解析ステップ図

stepB4では、ベントによる仮受け点の追加は床版打設による桁の変形後のタイミングで解析ステップに考慮した。また、stepB5の送出し軌条設備の設置は、床版打設から14日後、stepB6の送出し台車設備の設置は床版打設から28日後の計画であったため、それぞれの経過日数を考慮した床版剛性で逐次合成したモデルによりたわみ量を算出した。

送出し時のベント位置を考慮した送出し架設範囲の解析ステップを以下に示す。

- stepL1：送出し架設範囲の鋼重、検査路によるたわみの算出
- stepL2：合成床版の底鋼板及び側鋼板の設置によるたわみの算出
- stepL3：仕口角度調整の回転量の算出

送出し架設範囲のステップ図を図-5に示す。

送出し架設後に合成床版の底鋼板及び側鋼板を設置するためのクレーンが配置できないため、送出し架設時に合成床版の底鋼板と側鋼板を桁に設

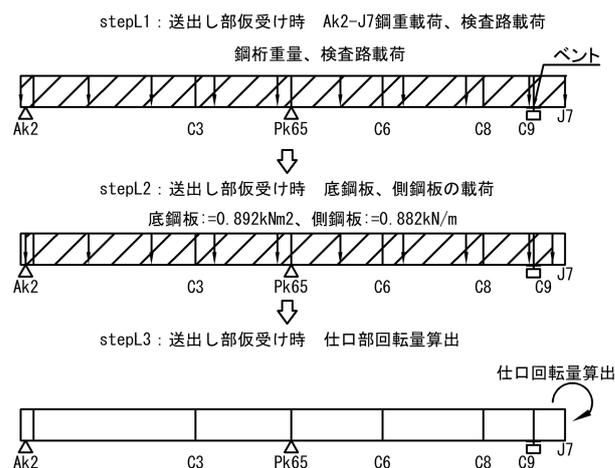


図-5 送出し架設範囲解析ステップ図

置して送出しを実施し、たわみ量の算出にも反映した。また、送出し桁はPk65及びAk2の支点上でジャッキにより桁高さを調整し、クレーンベント架設側の仕口角度に合わせることにした。前述した解析ステップに基づき、ジャッキアップ量を算出し、架設時のキャンバー調整を実施した。

クレーンベント架設側と送出し架設側でそれぞれ計算したたわみ量をキャンバーの値から差し引き、残キャンバーを算出した。これらの検討を基に、図-6のような残キャンバーの簡易図を作成し、現地でのキャンバー管理に活用した。クレーンベント架設桁における送出し架設仕口部の残キャンバーは約+53mmであった。また、送出し架設桁は、Pk65地点で約+160mm、Ak2で約+200mmのジャッキアップが必要であると算出され、これらの計算に基づき、不具合や施工不備なく計画通りに架設が完了した。

3-2 床版ひび割れ制御について

先行した打設された床版上において、送出し設備の設置及び主構造の地組立を行う際の床版ひび割れ照査を行った。その際、ベントによる仮受け点の有無などの架設状況も考慮した。照査の結果、地組立時に発生する付加応力と送出し架設範囲の床版打設による付加応力により、Pk63及びPk64の支点部に床版ひび割れが生じることが明らかとなった。先行する床版打設範囲をクレーンベント架設範囲全体から、近接するランプ橋上のみで制限した。その結果、ひび割れを生じさせる

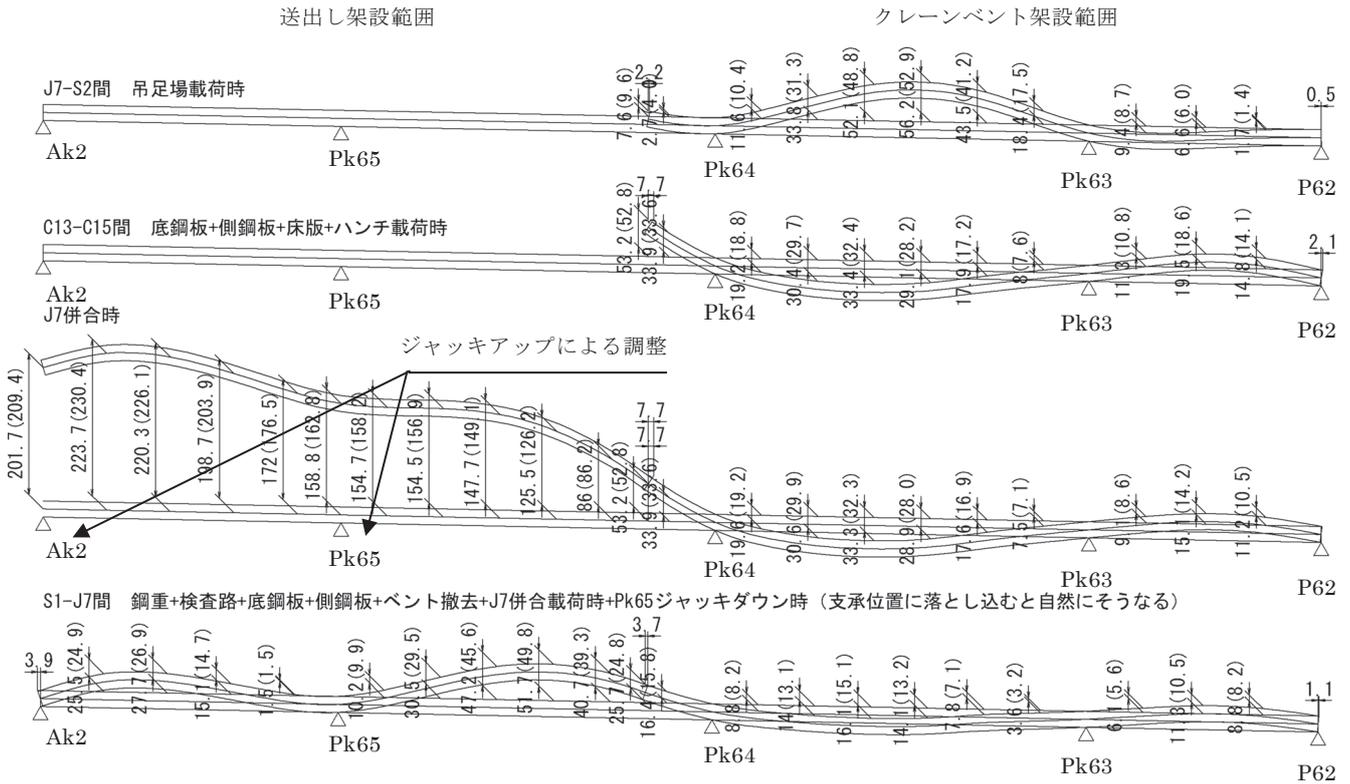


図-6 残キャンパー簡易図

ことなく施工を行うことが可能となった。また、先行の床版打設範囲を再検討した結果、P62支点到に負反力が生じるため、カウンターウェイトとして、巻き立てコンクリートを床版打設前に施工した。

3-3 Dランプ橋の建築限界の対応策

Dランプ橋は、平面線形の曲率半径が小さく、縦横断勾配が大きいいため、最も近接している位置の特定が困難であった。そのため、3Dスキャナ

を用いた現地計測を実施した。Dランプ橋の位置及び本橋の橋脚位置を測定し、電子データ上で重ね合わせることで現地での離隔を確認した。3Dスキャンによる計測データを図-7に示す。これにより、ランプ橋の建築限界と本橋との最小の離隔は約141mmであることが明らかとなった。架設時のたわみ量は約20mmであり、活荷重たわみは約35mmであったため、建築限界を超えないことが確認された。

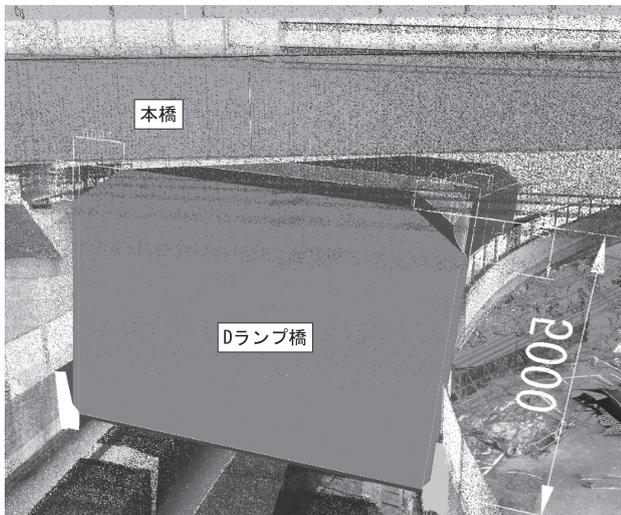


図-7 3Dスキャン計測データ

4. おわりに

本稿では、主構造の架設過程において一部の床版を打設し、その後に送出し架設を行う際のキャンパー管理及び床版のひび割れ照査について工夫した点を中心に述べた。架設条件を考慮し、詳細な解析ステップを考慮することにより、所定の時間内に不具合や施工不備なく計画通りに架設を完了させることができ、工事完了後に、安全表彰対象工事に選定された。最後に、当工事の施工にあたりご協力いただいた皆様にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

15 施工計画

縦取り工法を採用した鋼製梁の架設

日本橋梁建設土木施工管理技士会

瀧上工業株式会社

監理技術者

現場代理人

柿木 建二〇

齋藤 雅俊

1. はじめに

本工事は庵原交差点を跨いだ3基の複合式張出橋脚の鋼製梁工事である。図-1にP14橋脚の概要図を示す。主な施工範囲は工場製作工・地組工・現場溶接工・現場塗装工・架設工・中詰めコンクリート工である。

本工事は国道1号線の上下線に挟まれた中央分離帯において、隅角部を架設するため、部材の地組立および架設作業は大型クレーンで行う計画であった。本稿では現場条件による制約に対して行った架設の工夫について報告する。

工事概要

- (1) 工事名：令和3年度1号清水立体庵原高架橋東鋼製梁工事
- (2) 発注者：中部地方整備局
静岡国道事務所
- (3) 工事場所：静岡県静岡市清水区庵原町
- (4) 工期：自) 令和4年2月4日
至) 令和5年11月10日

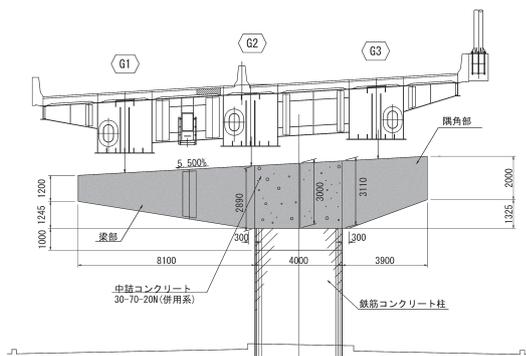


図-1 P14橋脚鋼製梁部概要図

2. 現場における課題・問題点

2-1 歩道橋によるスペースの制約

P14橋脚は図-2に示す歩道橋が近接しており、架設作業の支障となった。そのため、橋脚隅角部の地組立の計画と隅角部架設用クレーン組立・解体の計画の双方について検討を行った。



図-2 P14橋脚ヤードの状況

(1) 隅角部の地組立計画

図-3に示す地組立ヤードの幅が約9m、歩道橋から隣接するP13橋脚までの距離が約39mであった。地組立を行う隅角部の部材幅は4mであり、図-4に示す現場溶接用の風防設備を組み立てた場合、ヤード幅の大部分を占有することとなった。ヤードの長さ方向については架設時の計画作業半径20mに対して、風防設備の総延長は約14mであり、歩道橋から隣接するP13までの範囲に収まるため、地組立は可能であることがわかった。

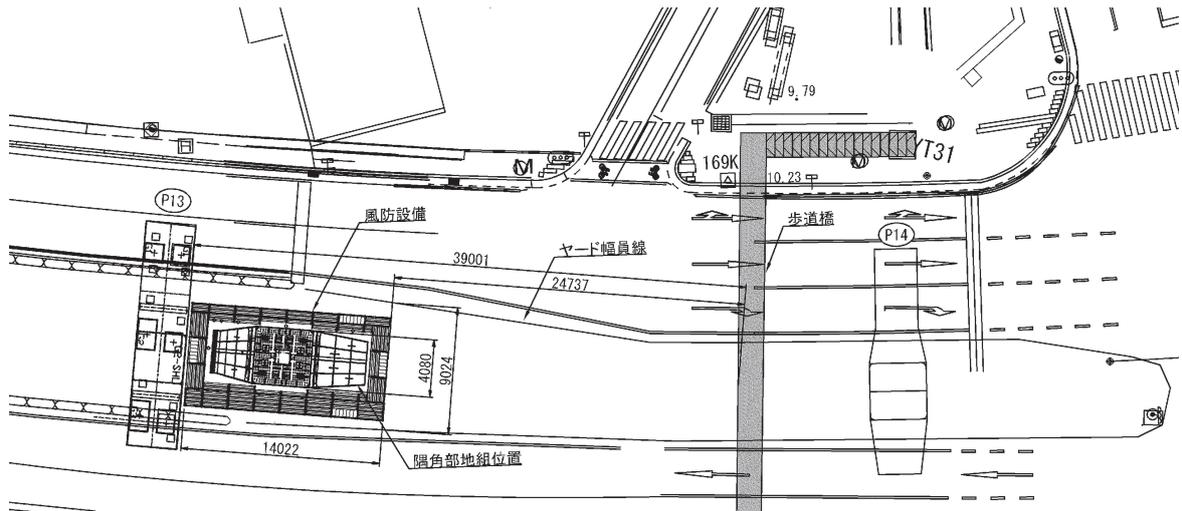


図-3 ヤード配置図

(2) 隅角部架設用クレーン組立・解体計画

隅角部の架設に使用する550t吊クレーンは夜間車線規制での組立・解体の必要があり、大型クレーン組立用のリフターが使用不可であった。そのため、図-5に示すとおり、ブームおよび旋回体の設置作業は70t吊クレーンを中央分離帯内に2台横並びで配置して組み立てを行うこととした。ただし、2台のクレーンを設置する場合、風防設備と歩道橋との離隔が25m必要であり、スペースが十分でなかった。そこで、クレーンの組立を優先して隅角部の地組位置をP13橋脚側へ5m移動させる計画とした。これに伴い、必要作業半径が5m増加するため、計画作業半径を超過することとなり、地組部材の吊上げができない状態であった。

2-2 時間と期間の制約

ヤード両側の車線が施工時の俯角75度の影響範囲内に入るため、架設作業時は交通規制が必要であった。国道1号線は交通量が多く、交通規制を伴う作業は21時から翌朝6時に限られたため、大型クレーンを使用する地組立や架設作業は全て時間の制約を受けることとなった。加えて、隣接工区とのヤード調整に伴い、使用するP13-P14ヤードは対面通行規制の分岐点となった。そのため、令和5年6月までにP14橋脚の架設を完了し、機材の搬出を完了させなければならないという期間の制約を受けることとなった。

隅角部の架設作業では隅角部下フランジの鉄筋貫通孔に全ての既設鉄筋コンクリート支柱の鉄筋を同時に挿入する必要があったため、時間・期間の制約を受ける条件で遅滞なく架設を進めるためには、迅速かつ精度の高い施工が要求された。既設鉄筋コンクリート支柱の鉄筋径は最大で51mmであり、架設当日に人力作業による位置調整は不可能であった。

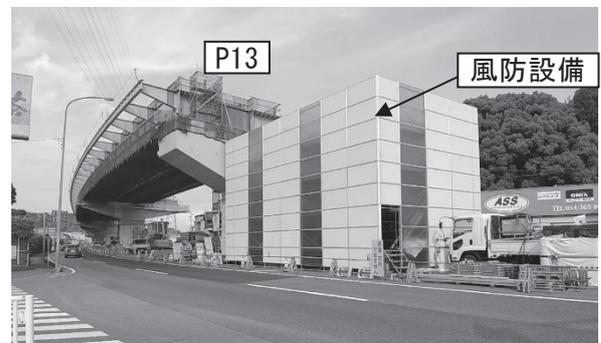


図-4 風防設備設置状況

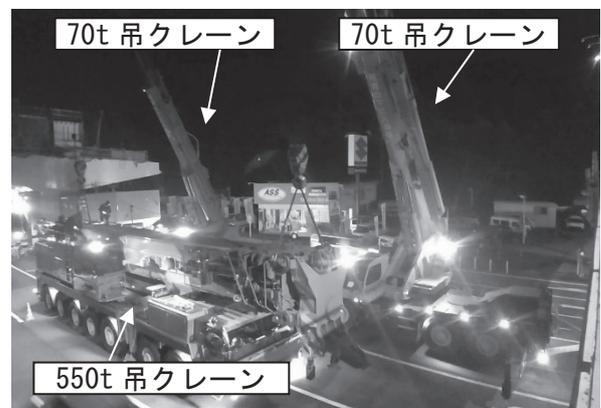


図-5 550t吊クレーン組立状況

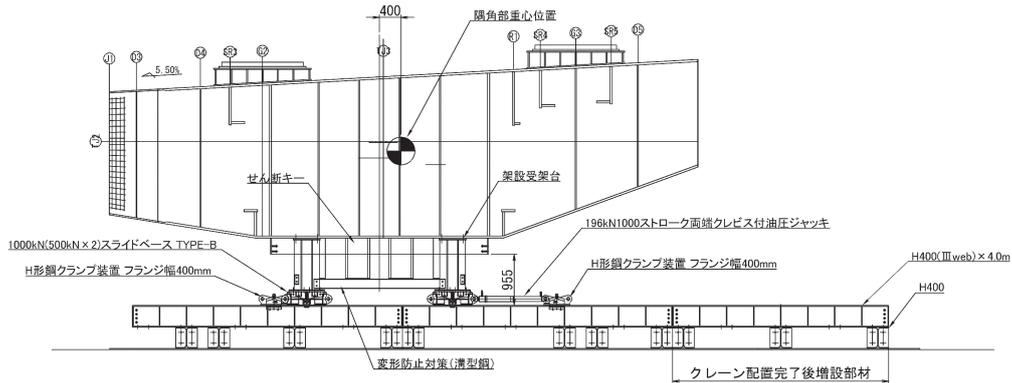


図-6 縦取り設備の概要

2-3 隅角部の天端高さの制限

隅角部の架設において、高さ管理は最も重要な管理項目といえる。橋脚架設工の基準高の規格値は±20mmである。しかし、上部工架設業者が施工する調整プレートの板厚は支承からの反力を均等に下部工に伝達するため、22mm以上を確保しなければならない。本工事の調整プレート厚さは32mmであり、杓座上の高さの上限値は+10mmとなるため、非常に厳しい管理基準であった。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

3-1 隅角部の地組部材の縦取り工法の採用

550t吊クレーンの作業半径内に隅角部の地組部材を移動させる手法として、ヤード内を縦取りする工法を採用した。縦取りに使用する機材はヤード両側の車線の安全性を考慮し、反力管理が可能なスライドベースと水平ジャッキを併用することとした。さらに、地組架台は図-6に示すとおり、軌条設備を兼用することで550t吊クレーン据付後に地組架台の増設が可能となる構造とした。地組立の状況を図-7に示す。縦取り作業では以下に留意しながら作業を行った。

(1) ジャッキ反力の管理

ジャッキの受け点は図-6に示すとおり、架設受架台と同一箇所のスライドベース上に設置した。重心の位置は受け点の中央よりG3側（R側）に400mmの位置であるため、反力がL側とR側で異なる。反力変化や固定クランプの緩みによる地組部材の逸走を防止するため、目視確認およびジャック

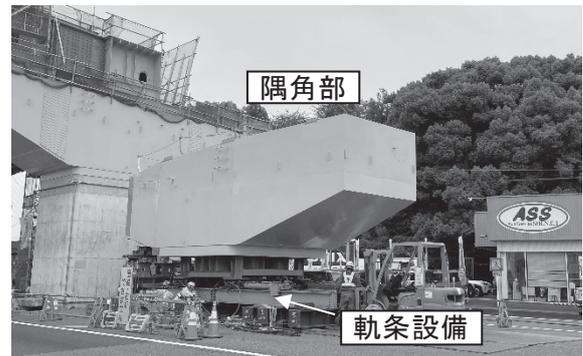


図-7 隅角部の地組立状況

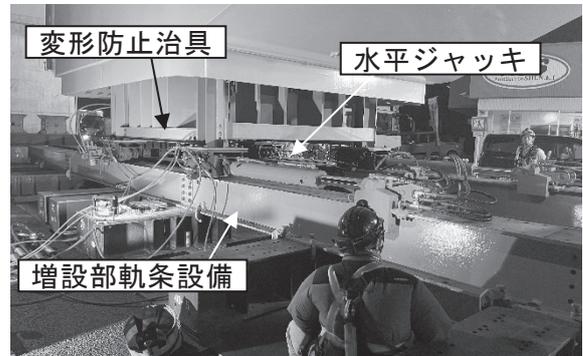


図-8 550t吊クレーン組立状況

キオペレーターの合図の確認を密に行った。

(2) 架設受架台の変形防止

隅角部の下フランジからせん断キーが750mm突出しているため、架設受架台を高くする必要があったが、架設受架台が高くなると縦取り時に変形する懸念があった。そこで、図-8に示すとおり、架設受架台下部の橋軸方向および橋軸直角方向に溝形鋼を取り付け、変形防止対策を行った。

縦取り工法の採用により、550t吊クレーンの組立に支障がないように隅角部の地組立から架設作業を進めることができた。

3-2 現地事前確認による遅延防止

隅角部の鉄筋貫通孔に既設鉄筋コンクリート支柱の鉄筋を円滑に挿入するため、以下の2つの対策を行った。

(1) 現況の鉄筋配置を工場製作に反映

隅角部の工場製作前に既設橋脚の基準測量を実施し、既設橋脚の設計座標に対する差異を事前に確認した。その際、既設鉄筋コンクリート支柱の主鉄筋の平面位置も計測し、隅角部の工場製作に反映した。

(2) テンプレートによる事前挿入試験

隅角部の架設前に既設鉄筋が鉄筋貫通孔に干渉することなく挿入できることを確認するため、全ての橋脚でテンプレートを用いた事前挿入試験を実施した。テンプレートとは、**図-9**に示すとおり、隅角部の工場製作に反映した鉄筋貫通孔の平面位置を再現したプレートである。これを既設橋脚主鉄筋に挿入し、上下に動かすことで隅角部の架設時の挿入作業を模擬的にを行い、干渉しないことを確認した。

以上の現地事前確認により、**図-10**に示すとおり、実際の施工で既設橋脚主鉄筋と隅角部の鉄筋貫通孔の干渉を回避でき、迅速かつ精度の高い施工で遅滞なく隅角部の架設作業を進めることができた。

3-3 架設受架台の高さの調整

橋脚架設工の基準高を確実に遵守するため、架設受架台の天端高さが設計値に対して -5mm となるように、全ての橋脚で架設受架台設置位置の既設コンクリート支柱高さを事前に計測したうえで、調整を行った。**図-11**に事前の計測状況を示す。なお、 -5mm は仮組時の部材高さの出来形を考慮して設定した。架設後の隅角部の高さの管理は**図-12**に示すとおり、夜間架設時の荷重解放後、かつクレーンの玉掛け解放前に隅角部の四隅を計測した。

既設コンクリート支柱高さの事前計測結果を反映した架設受架台の高さ調整により、全ての沓座上の測点で $+10\text{mm}$ を超過することなく、施工することができた。

4. おわりに

本工事は限られたヤード条件下で縦取り工法の



図-9 テンプレート設置状況

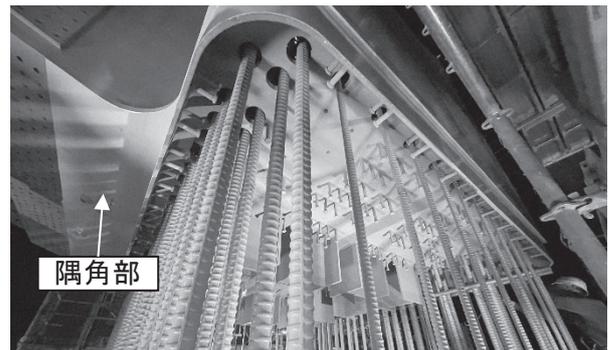


図-10 架設時鉄筋貫通孔挿入状況



図-11 既設コンクリート支柱計測状況



図-12 夜間架設時天端高さ計測状況

採用や現地事前確認などの様々な工夫を行ったことで、令和5年6月にヤードを引渡すことができた。最後に本工事の施工にあたり、静岡国道事務所をはじめとする関係者各位に多くのご指導を賜りましたこと、心より御礼申し上げます。

16 施工計画

供用中の国道近傍における補修工事の工夫

日本橋梁建設土木施工管理技士会

瀧上工業株式会社

監理技術者

現場代理人

設計担当

上田 晃正[○]

山口 武留

上田 将行

1. はじめに

本工事は静清バイパス横砂北交差点付近の鋼単純鋼床版桁橋の製作・架設工事（新設）である横砂地区と、下野東交差点付近の鋼3径間連続非合成鉄桁橋の製作・架設（拡幅）および支承取替工事である高橋地区の施工工事である。本稿では上記のうち、拡幅桁の製作・架設工および支承取替工である高橋地区の現場条件、構造特性上の課題に対する工夫について報告する。図-1に高橋地区の平面図を示す。

工事概要

- (1) 工事名：令和3年度1号清水立体横砂跨道橋鋼上部工事
- (2) 発注者：中部地方整備局
静岡国道事務所
- (3) 工事場所：静岡県静岡市清水区高橋

- (4) 工期：自) 令和4年2月25日
至) 令和6年5月29日

2. 現場における課題・問題点

2-1 上部工反力の受替え手法

静清バイパスは交通量が多いため、供用しながら支承取替を行う必要があった。通常、支承取替工事では大きな上部工反力の受替えに次の方法が採用される。

- ・既設橋脚に直接補修ジャッキを設置する方法
- ・躯体前面にアンカーを打ち込み、鋼製ブラケットを取り付けて補修ジャッキを設置する方法

本工事においても発注段階では鋼製ブラケットを使用してジャッキアップを行う計画であった。しかし、ブラケット用アンカーはφ51で根入れ長が625mmと深く、21箇所/1ブラケットと多くのアンカーを施工する必要があった。あと施工アン

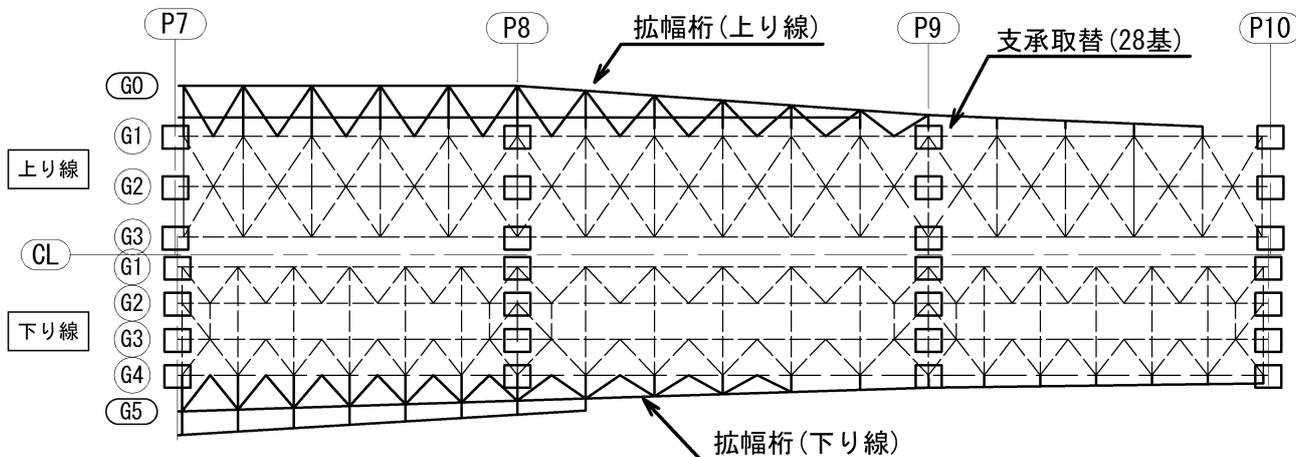


図-1 高橋地区平面図

カーは既設のコンクリート躯体の鉄筋を避けて削孔する必要があるため、鉄筋探査を事前に行う。しかし、探査結果で避けた場合でも鉄筋と干渉するリスクがあり、干渉した場合は削孔位置をオフセットし、アンカー定着位置を鋼製ブラケットの製作に反映する必要があるため、工程遅延の懸念があった。

2-2 支承アンカー位置の実測反映

本工事では桁拡幅による上部工死荷重の増加に伴い、取替後の支承が既設支承よりも大きくなった。死荷重増加による水平力増大分をアンカー本数の増加により相殺しているため、既存のアンカー位置を利用したコア削孔ができなかった。そのため、新しい位置で削孔する必要がある。ブラケットと同様に支承ベースプレートもアンカー削孔位置を製作に反映するため、削孔完了後の製作開始となる。支承ベースプレートの製作は通常2ヶ月を要するため、工程遅延のリスクがあった。

2-3 調査足場兼用の作業足場

各補強部材の製作にあたり、既設桁の調査が必要となった。簡易的な調査の場合、高所作業車や橋梁点検車を使用して、足場を設置することは少ない。しかし、本工事では既設構造物の計測箇所が多く、計測作業後に既設部材の撤去作業を連続的に行うため、足場を設置することとした。

橋梁工事で一般的に使用される足場は、単管パイプ、吊チェーン、足場板からなる吊足場が主体である。吊足場は、メインフレームが単管であるため自由度が高く、設置期間中のコストも安価である。一方、ころばしパイプの上に足場板を置く構造のため、開口部が多くなる点と作業空間を大きく確保することが課題であった。

2-4 新旧横桁連結部の横桁形状の検討

本工事は工程の都合上、既設床版等撤去前の出来形を元に、新設横桁形状を決定する必要がある。既設横桁仕口は、非常駐車帯を構成するブラケットであった。既設主桁ウェブに対するブラケットフランジの取付け角度などは格点ごとに異なっており、従来手法では正確な仕口形状の計測

が困難であった。また、既設橋は供用下であるため活荷重による振動の影響を考慮した計測が課題であった。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

3-1 ベントを使用したジャッキアップ設備

アンカー定着位置を反映した鋼製ブラケットの製作による工程遅延リスクを低減するため、**図-2**に示すとおり、スペースの関係でベントが設置できない一部を除き、橋脚側面にベントを構築し、ベント上に補修ジャッキを設置する方法を採用した。ベントは角ベント柱を使用し、ジャッキアップ作業から既設支承の撤去および新設支承の設置を連続して行える構造とした。ベントが設置できない交差点近傍の支柱は橋脚拡幅時に既にセットされていたアンカーを流用し、ジャッキの機材高さを確保するため、ウェブ高さ700mmの受梁を構築した。これにより、アンカー位置の反映が必要な製作部材を省略し、工程遅延を防止できた。



図-2 ベントによるジャッキアップ設備

3-2 三次元計測機による実測反映の効率化

アンカー削孔位置の反映による支承ベースプレート製作までのタイムラグを解消するため、新設アンカー削孔位置を変更した。具体的には、**図-3**に示すとおり、新規アンカー削孔位置を既設支承の外側にオフセットすることにより、先行削孔を可能とした。

さらに、支承アンカーホール位置を効率的にベースプレート製作に反映するため、ワイドエリ

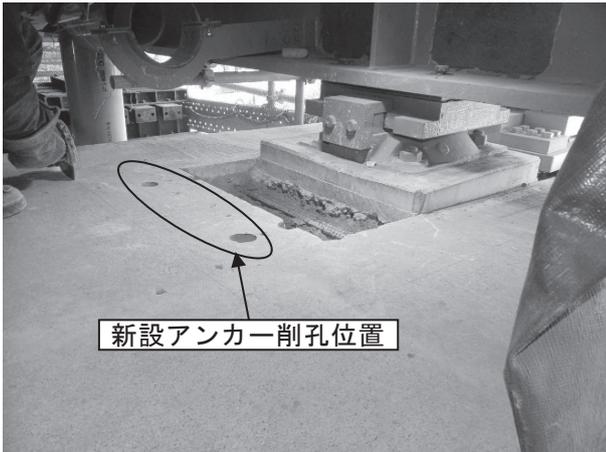


図-3 アンカー削孔位置

ア三次元測定機を使用した。ワイドエリア三次元測定機は、ワイヤレスプローブと呼ばれる端末を用い、測定者がプローブ先端を計測対象に直接当てX、Y、Z座標を計測することで、各種要素（平面、直線、点、円等）を自動取得するシステムである。図-4に計測イメージを示す。

測定の際、対象箇所をプローブ内臓のカメラで撮影し、パソコン画面で画像と計測結果をリアルタイムに重ね合わせ確認しながら計測する。計測結果は2D・3DCADと、図-5に示すような画像付き検査成績書で出力することが可能である。これを用いて、図-6に示すようなアンカーホール位置計測を行った。

これにより、アンカー削孔からベースプレート製作までのタイムラグを解消し、効率的にベース

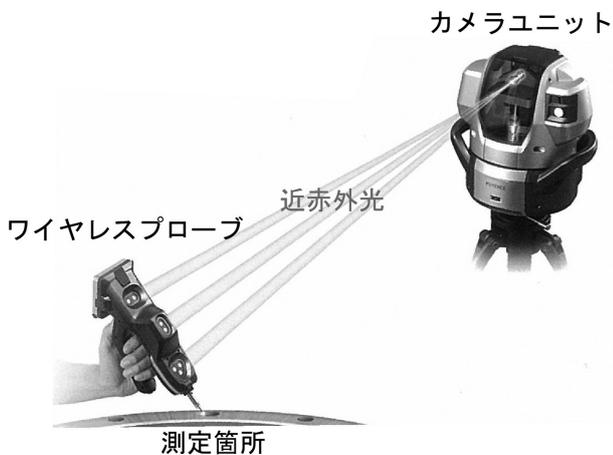


図-4 ワイドエリア三次元測定機計測イメージ (製品カタログより)

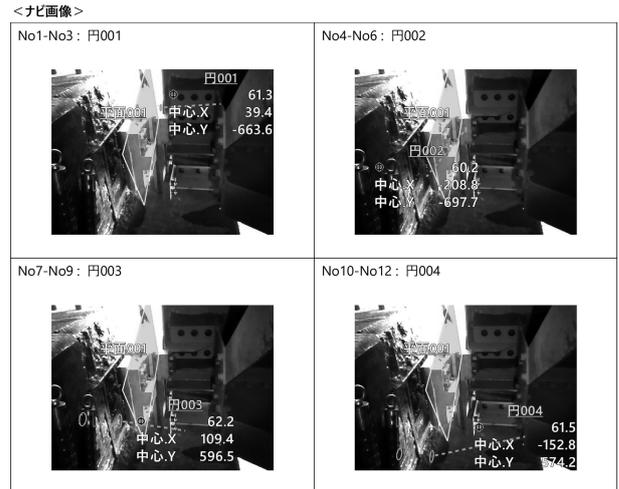


図-5 検査成績書出力イメージ



図-6 支承アンカーホール計測状況

プレートの製作・施工を完了することができた。

3-3 パネル式足場による調査足場兼用作業足場

本工事の足場に要求される性能として、以下の3点が重要と考えた。

- ・計測器具の設置スペースを確保できる構造
- ・開口部が少ない構造
- ・計測から撤去の作業を連続的にできる構造

以上の点に着目した結果、構造的に開口箇所が少なく、作業スペースが十分確保可能な図-7に示すパネル式足場を採用することとした。パネル足場の採用により、作業性と安全性を兼ね備えた足場とすることができた。



図-7 パネル式足場設置状況

3-4 3Dスキャンによる高精度な現場実測

既設桁の主桁のそりを測定するため、地上から既設桁下フランジに向けて3Dスキャンを実施した。取得した点群データは、別途作成したCIMデータに図-8のように重ね合わせた。点群データは、供用中である既設橋の活荷重による振動の影響で誤差を含んでおり、製作図面にそのまま反映することは困難であった。このため、従来手法の近接計測（レベル計測機）も併用し、点群データの妥当性を確認しながら設計値を決定した。スキャンは立体交差道路上の足場未設置となっている近接実測不可箇所に対しても実施できたため、点群データから出来形を予測し、製作図面を作成した。さらに全ての既設横桁仕口において近接3Dスキャンを実施することで密な点群データを取得し、詳細な仕口形状を把握することができた。確認状況を図-9に示す。

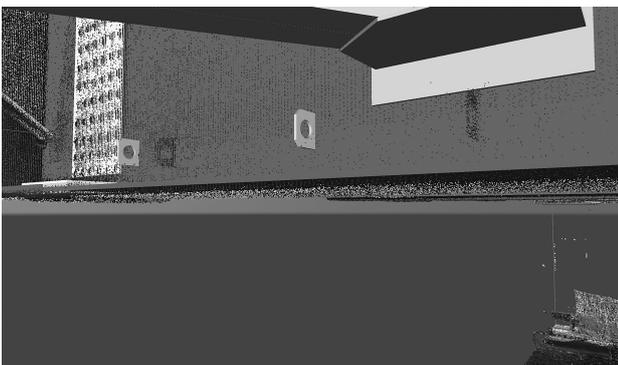


図-8 既設橋点群データとCIMとの重ね合わせ

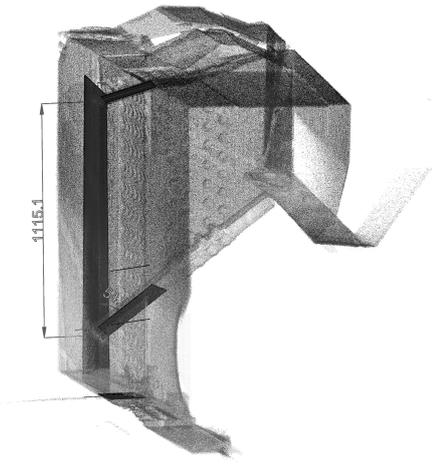


図-9 既設横桁仕口の形状確認状況

以上により、点群データ、近接実測データ、CIMの併用で、近接計測困難箇所の既設出来形予測が可能であることが確認できた。ただし、点群データそのものが誤差を多く含んでいたり、機械から離れるほど点群密度が疎となったりするため、製作図への適用には十分な検討が必要である。また、信頼できる従来手法による実測データとの比較をしながら活用することも重要である。

4. おわりに

本工事は供用中の国道近傍における補修工事であり、現場や工程の制約が厳しい中でハード・ソフトの双方で工夫が必要とされた。これまで当社で活用実績のない新技術を駆使し、既設桁との取り合い構造を高精度かつ効率的に施工することができた。また、周囲には民家が密集しており、騒音に伴うクレームや作業の危険性が予想されたが、安全を最優先した施工と地域の方々との情報共有により、事故やトラブルなく無事に工事を終えることができた。

本工事の施工にあたり、多くのご指導を賜りました国道交通省中部地方整備局静岡国道事務所の皆様、現場計測作業を進めるにあたりご協力いただきましたワイドエリア三次元測定機の製造・販売・サポート会社である株式会社キーエンスメトロロジ事業部を含む関係者の方々に、厚く御礼申し上げます。

17 施工計画

函渠上における 多軸式特殊台車一括架設工法～黒崎西ランプ～

日本橋梁建設土木施工管理技士会

JFE エンジニアリング株式会社

現場代理人

監理技術者

工事主任

小野 拓海[○]

安田 恭之助

須田 健太郎

1. はじめに

本工事は福岡県北九州市黒崎にて、国道3号黒崎バイパスと国道200号を接続するランプ部の鋼2径間連続非合成箱桁橋及びT型橋脚1基の製作・架設工事である。本工事において架設する橋梁は国道3号と国道200号の交差点上空に位置しており、夜間通行止めを実施しての多軸式特殊台車一括架設工法が採用された（図-1参照）。本稿では一括架設における計画・施工について概説する。

工事概要

- (1) 工事名：福岡3号黒崎西ランプ橋上部工 (A1-RP2) 外工事
- (2) 発注者：国土交通省 九州地方整備局
- (3) 工事場所：福岡県北九州市八幡西区黒崎地先
- (4) 工期：令和5年2月2日～
令和6年12月27日

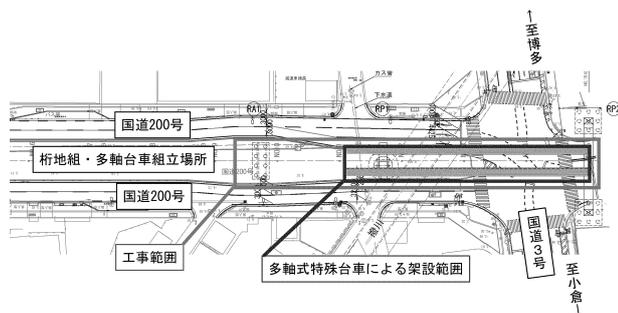


図-1 工事施工箇所

2. 現場における課題・問題点

本工事の架設における制約条件を以下に挙げる。

- ①並走する国道200号直下に函渠が横断している。
- ②国道上での作業となり夜間交通規制を伴う。
- ③マンションなどが密集する市街地である。

特に、①について、多軸式特殊台車（以下、多軸台車という）による架設を行うにあたって、現状のままでは函渠が桁運搬の荷重には耐えることができないため、函渠上をどのようにして桁を運搬するかが課題となった。また、②について、国道3号の通行止め可能時間は0時から5時と時間的制約が厳しい中での施工が必要であった。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

3-1 架設工法の検討

①について函渠上の桁運搬を行うための対策として下記の2種類が考えられた。

対策1：函渠にたいして、桁運搬の荷重に耐えられるような補強を行う。

対策2：函渠に荷重をかけずに桁を運搬する。

対策1において函渠の位置が交差点に近接していることから、補強工事の施工に伴う交通影響が大きいことや擦り付け舗装の走行性の観点から実施困難であると判断し、対策2による施工を主に検討を行った。

検討の結果、多軸台車による受け替えを伴った工法を提案した。多軸台車を3台使用し、桁を運搬する途中で函渠を挟んで桁の受け替えを実施することで、函渠上に桁の荷重を載荷せずに桁の運搬を行う方法である。具体的架設の流れを下記に示す。多軸台車を桁組立地点から架設地点に向かって、1号車・2号車・3号車とする。

STEP1：桁地組立地点から函渠手前までを1・2号車にて運搬（図-2参照）

STEP2：函渠の先に3号車を配置し、函渠を挟んで2号車から3号車に桁の受け替え実施（図-3参照）

STEP3：1・3号車にて架設地点までの運搬・架設（図-3参照）

上記により、函渠に桁の荷重をかけることなく、地組立地点から架設地点までの運搬・架設を可能とする。

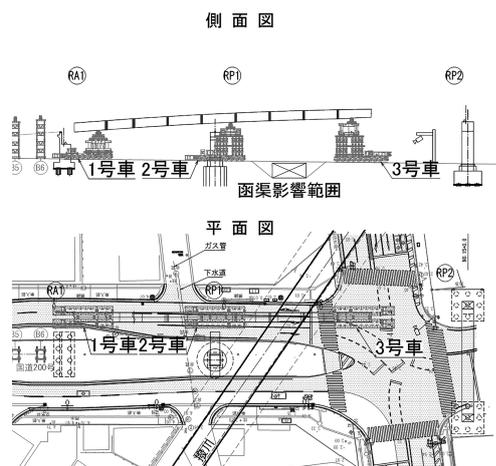


図-2 変更架設方法（1・2号車での桁運搬）

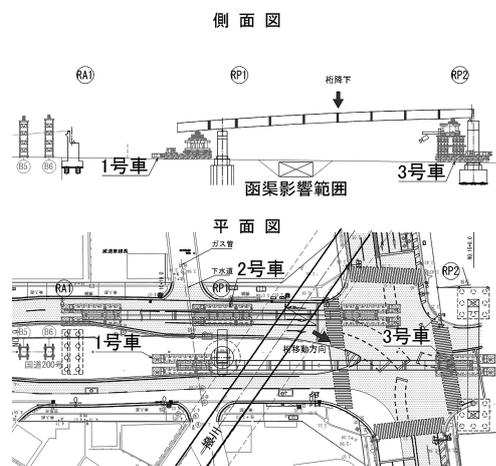


図-3 変更架設方法（桁の受け替え→架設）

○運搬する桁の諸元

桁長：77.5m

桁高：2.4m

鋼重：165t

○多軸台車1台あたりの諸元

編成：6軸台車×2台+3軸台車×2台

+デッキリフト2台

+ターンテーブル1台

軸数：9軸

最大輪荷重：74.6kN

この架設工法実施するにあたっての条件として、下記2点が必要である。

- 1) 桁の荷重を受けていない状態であれば多軸台車が函渠上を通行可能であること
- 2) 函渠に荷重を与えない多軸台車の配置で桁の受け替えが可能かつその配置で函渠手前までの運搬が可能であること

これらの条件を満たすかを確認するために1) 2) それぞれについての照査を実施した。詳細を下記に示す。

1) について、函渠設置時の構造計算書を踏襲し、桁の荷重を受けていない状態の多軸台車の荷重に函渠が耐えうるか検討した。上記構造計算書において、活荷重として、多軸台車が函渠上を通過するときの5.0m範囲における輪荷重の総和(74.6kN×16輪)を等分布荷重に換算して照査を行った（図-4参照）。

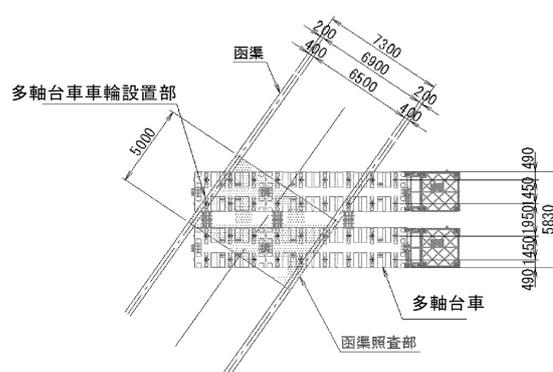


図-4 多軸台車によって函渠にかかる荷重

照査の結果、多軸台車による荷重が作用しても函渠の頂板・底板・側壁のすべて部材において許容応力度以内に収まることが確認できた。これにより、桁の荷重をかけない状態であれば多軸式台車が函渠上を通行しても問題ないと判断した。

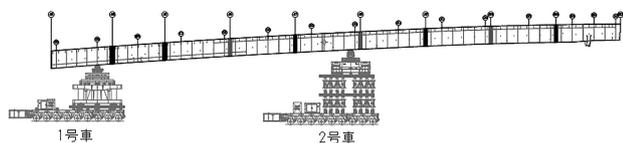


図-5 1・2号車での桁運搬時における姿勢

2) について、函渠を挟んで桁を受け替えるためには、受け替え前は張り出し構造での運搬が想定される(図-5参照)。2号車と3号車の桁受け点を決定する際、受け替え時において、2号車3号車の両方が函渠に影響を与えない位置(函渠底板から45度分布の範囲外)とした。1・2号車にて桁運搬を行っている状態において、2号車を支点とした転倒について照査を行った。照査の結果、抵抗モーメント/転倒モーメント $=1.38 > 1.2$ となることが確認できた。これにより、1・2号車にて桁運搬において、張り出し構造での運搬が可能と判断した。

1) 2) により、3台の多軸台車を使用して函渠を挟んで桁を受け替えることによる一括架設が可能であると判断した。

3-2 BIM/CIMの活用

本工事の架設作業は、国道3号の通行止め可能時間が0時から5時となっており、短時間での確実な施工が求められた。また、市街地における狭隘なヤードでの施工となるため、事前の施工計画の精度向上が必要不可欠であった。そこでまず地上型レーザースキャナを用いて現地の点群データを取得し、現況の3次元モデルを作成した。この詳細な現況データと設計モデルを組み合わせることで、施工ステップごとの干渉チェックや作業スペースの確認を実施した。作成したBIM/CIMモデルは、クラウドプラットフォームであるkolc+上で共有し、関係者がいつでもどこでも閲覧・確

認できる環境を整備した。さらに、タイムライナー機能を活用して日々の作業スケジュールをモデル上で可視化することで限られた時間内での行程管理の効率化を図った(図-6参照)。また、このBIM/CIMモデルを用いて作成した架設シミュレーション動画により、発注者との事前協議や作業員への作業手順の説明を実施した。特に、1・2号車での桁運搬時における安全確保の重要性がより明確となり以下に述べる追加の安全対策の検討へつながった。



図-6 架設シミュレーション

3-3 施工にあたっての工夫

実際に架設を行うにあたって実施した工夫について述べる。1・2号車での桁運搬時において転倒照査の結果安定が確認されたが、さらなる安全対策として2つの対策を実施した。

3-3-1 ジャッキを使用した多軸台車と桁の固定

1・2号車での桁運搬時において転倒に対する安全性向上のため、1号車の荷重が転倒に対する抵抗モーメントとして作用する効果に期待し、通常のレバブロックによる固縛に加えてPC鋼棒を用いた固定を行った。桁上に設置したH鋼と多軸台車を両側2本ずつ計4本のPC鋼棒を用いて連結した(図-7参照)。このPC鋼棒にセンターホールジャッキにより緊張力を加え、桁を挟み込む形で固定した。この方法により、ジャッキ反力によって固定力をコントロールできるだけでなく、桁運搬中に反力の変化によって、異常発生の有無を確認できる。



図-7 桁固定状況

3-3-2 桁運搬時における3号車の並走

1・2号車での桁運搬時、桁の張り出し部先端直下に3号車を配置し、荷重をかけない状態で並走させた(図-8参照)。これにより、想定外の事象により桁が異常な挙動や反力を示した際は、すぐに3号車で張り出し部を受けられるようにした。また、一括架設時においては一般の見物人が多くみられることも予想されたため、視覚的な安全性・安心感の向上も重要な役割であると考えた。ただし、この方法を実施するにあたって、同時に動く多軸台車が2台から3台に増えるため、多軸台車のオペレータ・監視員含めた作業員の増強の必要や、3台同調運搬による施工の難化が想定された。そのことで、移動速度の低下によりタイムスケジュールにも影響を与えた。本工事ではこれらのデメリットを承知の上で安全性を優先するという観点から3号車の並走を行うこととした。



図-8 3号車並走状況

3-4 施工において生じた問題・課題

1・2号車での運搬時、2台の多軸台車は同一の経路を走行するため、離れた2台の多軸台車を同期し、オペレータ1人での運搬を計画した。しかし、実際の施工では鉄板の段差等路面状態の差により、実挙動に大きな差が出てしまったため、それぞれの台車にオペレータを配置しての運搬とした。また、1・3号車での桁運搬時には、国道200号上と交差点上では道路勾配が異なるため、動きを同調させての運搬に苦労した。

4. おわりに

本工事では、多軸台車の受け替えを行うことにより、道路直下に函渠がある場合の多軸台車による一括架設について、函渠の補強を行わずに架設を行った。架設完了後の状況を図-9に示す。本工法を用いることで、函渠だけでなく、河川や橋梁部等運搬経路に荷重制限がある場合においても多軸台車による架設を実施することができる可能性になったと考える。

最後に、工事を施工するにあたりご指導及びご協力いただきました国土交通省 九州地方整備局 北九州国道事務所殿をはじめとする関係者の方々に厚く御礼申し上げます。



図-9 架設完了

18 施工計画

RPA や AI を用いた 資材管理のオートメーション化への取組

(一社) 北海道土木施工管理技士会

萩原建設工業株式会社

現場代理人

監理技術者

早川 剛史[○] 大籠 雅敏

1. はじめに

本工事は、北海道十勝川の内3大支川の一つ、札内川における工事である。

急流河川である札内川は流水の強大なエネルギーにより引き起こされる洗堀や浸食により堤防が決壊し、洪水や氾濫が起こる恐れがある。それらを防止するために必要な保護対策を実施する堤防保護工事である。

工事概要

- (1) 工事名：十勝川改修工事の内
川西築堤堤防保護工事
- (2) 発注者：北海道開発局 帯広開発建設部
- (3) 工事場所：北海道帯広市川西町
- (4) 工期：令和6年3月12日から
令和7年2月25日まで

主な工種は、堤防保護工における根固めブロック工と法覆護岸工におけるコンクリートブロック工（大型連節ブロック張）であり、工事延長は620mと工事規模を考慮すると比較的長い。

根固めブロックと大型連節ブロックによって堤

防の法足部分を保護しつつ、根固めブロックをシャックル連結により屈とう性を持たせて、高水敷の洗堀や浸食に追随させることで堤防の強靱化を図る工事である（図-1）。

本稿では、当現場で実施した『RPAやAIを用いた資材管理のオートメーション化』について、活用に至った現場の課題や活用効果をまとめる。

なお、RPAとはRobotic Process Automationの頭文字を取ったもので、仮想的労働者という概念に基づく技術でありパソコン内にいる“目に見えないもう一人の職員”とイメージして頂きたい。

2. 現場における課題・問題点

本工事の根固めブロックや大型連節ブロックなどの総数は約8300個に上るため、ブロック資材の発注や納入・在庫管理などの業務はブロック納入業者との綿密な打ち合わせや、納入された資材の個数と布設した個数を把握するなど多大な時間を要する。そのため、いかに業務時間を圧迫させないかが課題であった。

従来は、発注の無駄や打合せの効率化を図るた

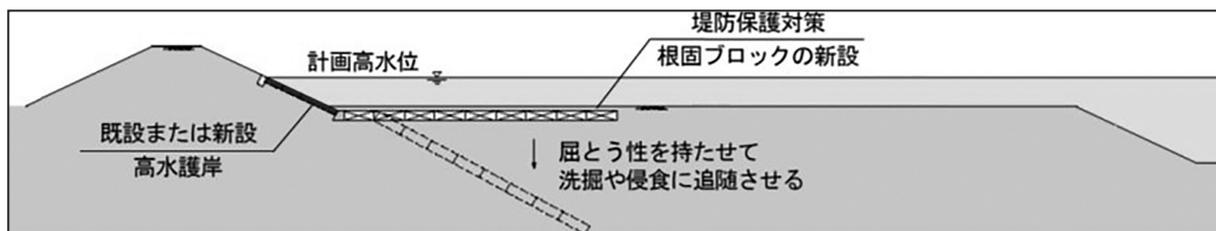


図-1 事業計画概要

めに、拡大分割して印刷した“紙のブロック割付図”を繋ぎ合わせ、どこまで発注し、どこまで納入されたかを色分けで記入し把握することで、次工程での発注数を調整していた。この管理方法は、限られた資材ヤードに効率的に資材を納入していくために重要であり、非効率な発注は資材ヤードの圧迫やブロック資材の不足に繋がり生産性を低下させる。当然“紙のブロック割付図”の誤記入は非効率な発注に繋がり、記入には相当な精度が求められる。さらには、納入後に納品書を一枚一枚確認し工事材料管理簿の整理業務もあり、資材管理に要する業務時間は多大であった。そのため、発注から施工までのブロック資材を効率的に管理し、業務負荷軽減が求められた。

以上により、従来の管理方法のように発注数や納入数を見える化しつつ、着色や計数する業務負荷を軽減できる管理方法を検討した。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

3-1 工夫・改善点

資材の発注から納入、施工（使用）までの管理をオートメーション化するシステムを独自に開発した（図-2）。

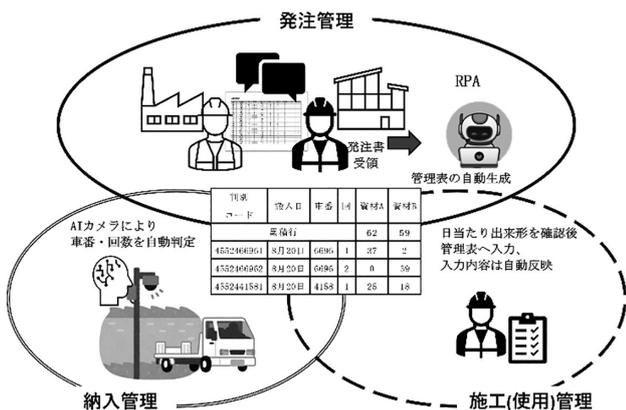


図-2 資材管理のオートメーション化概要

【発注管理】

現場指定の発注書データ（Excel）をビジネスチャット上でブロック納入業者から受領すると、RPA技術により自動でダウンロード・展開・コピー＆ペーストを行うことで管理表（Google

Spread sheet）に自動集計し、その管理表を基に管理図に着色していく。

表-1は自動集計される管理表の概要である。発注書から搬入日・車番・回数・資材内訳が、RPAによってペーストされ判別コードが自動生成される。

表-1 管理表概要

判別コード	搬入日	車番	回	資材 A	資材 B
累積行				62	59
4552466961	8月20日	6696	1	37	2
4552466962	8月20日	6696	2	0	39
4552441581	8月20日	4158	1	25	18

【納入管理】

AI技術を用いてWEBカメラをリアルタイムに解析し、通行する全車両の記録時刻や車番、車種を記録していく（図-3・4）。

記録したデータの中から、ブロック運搬車の車番・運搬回数を管理表に集計し判別コードを作成



図-3 AIカメラによる納入管理

時刻	入出場	車両ID	車種	ナンバープレート	トラック積載品	画像車両	合計運搬回数
2024/8/22 11:52:30	入場	トラック	6696	ブロック	6696		15
2024/8/22 11:39:11	入場	トラック	5451	ブロック	5451		14
2024/8/22 10:22:12	入場	トラック	6072	-	6072		13
2024/8/22 10:21:24	入場	トラック	6696	-	6696		12
2024/8/22 9:52:09	入場	トラック	6072	ブロック	6072		11
2024/8/22 9:43:38	入場	トラック	6696	ブロック	6696		10

図-4 AIカメラによる納入管理集計表

する。なお、AIは実車・空車を識別するため復路の運搬車を重複して集計することはない。

発注管理・納入管理で作成されたそれぞれの判別コードを照合し、発注書通りの納入が行われていることを確認する。

【施工（使用）管理】

その日布設したブロック数を元請職員が出来形確認し、管理表に入力することで管理図に自動的に反映されるシステムとした。

上記三つの管理により管理図には発注・納入・施工のそれぞれの段階で着色が施され一目で発注分・納入分などが把握可能となった。

着色方法としては、各納入業者から送られてくる発注書が自動で集計され累積の値を算出する。管理図のブロック種類ごとに番号を付与しており、累積値と照合することで着色される仕組みとなっている。着色には10分程度の時間を要し、発注は黄、納入は緑、施工は青とそれぞれ分かれている（図-5）。

3-2 適用結果

I) 働き方改革

RPAによる帳票管理の自動化により、職員は別の業務を行うことができるため生産性が向上した。

また、帳票の整理等を“後回し”にすることがないので常に最新のデータを閲覧することができた。

AIカメラにおいては、車番を読み取ることで発注書通りの納入がなされているかの確認ができるので、工事材料管理簿と同時に過積載管理の資料も兼ねることができ、業務を効率化することができた。

II) 定量的な効果

従来の管理に比べ、どの程度の省人化が図れたのかを記載する（表-2）。

表-2 資材管理のオートメーション化による定量的効果（省人化）

管理方法	日業務 (h/人日)	業務日数 (人日)	総人工
従来管理	1.5	160 (2人*80日)	240h
今回技術	0.167	80 (1人*80日)	13.36h
省人化：(13.36h-240h) ÷ 8h/人日			-28.33人日

表-2の通り約28人日の省人化が図れた。しかし、この日数にRPAやAI技術の開発や設定、保守点検などの業務日数を含んでいない。これは、RPAやAI技術が本社の支援によるものであり、現場業務とは並行作業となっているためである。参考として表-3に本社支援による業務日数及び人日数を記す。

表-3 本社支援による業務日数

技術	開発・設定 (人日)	保守点検 (人日)	総人工 (人日)
RPA	8.75	0.5	9.25
AI	8 (38)	0.0	8 (38)
着色	4	0.0	4
合計			21.25 (51.25)

※ () 内はAIの学習期間を含んだ日数



図-5 管理図の着色状況

今回の技術は弊社が以前に共同開発した『複合ナンバー解析AIダンプ入退場管理システム』を一部改良・機能追加したものとなっており、AI開発にかかる日数は削減できているが、AIが荷台にブロックが積載されているか否かを判定するには、コンクリートブロックの形状が変わるたびに学習させる必要があり、AIの学習時間に日数を要した。

Ⅲ) 付帯効果

自動化に伴い、発注書と過積載管理資料を統合したことで作成する書類を削減することができ、尚且つデータでやり取りすることでペーパーレス化による印刷物の削減が図れた。また、これらの効果は我々元請だけではなく納入業者でも同じことが言える。

Ⅳ) 今後の課題と方針

RPAやAI技術は、扱える人材を社内で確保できず外注が発生することで割高になってしまう恐れがある。また、RPA技術は“単純な作業”には向いているが、現場管理においてそういった作業は稀であり適用できるケースが少ない。さらに、パソコン内にあるRPAはパソコンと同様定期的にシャットダウンして休ませる必要があり、働かせ過ぎはRPAが起動しなくなるなどの不具合が生じる可能性がある。RPAが行う作業は単純で簡単なものの、人が手作業で行う場合には煩雑で少なからず負担感を伴う。この軽微な負担を無くしていくことこそ働き方改革であり、大きな改革よりも小さな改革の積み重ねが重要であると考えられる。

AIカメラにおいては誤認識や検知漏れなどは少なからず発生しており、AI学習という意味でも適用ケースを増やし、より正確な情報を抽出できるよう学習させる必要がある。

今回のシステムでは、ExcelやGoogle Spreadsheetのような表計算ソフトで管理した。今後は3Dモデルを活用した“管理図”による管理方法に取

組みたい。

このように“管理図”を発展していくことや“管理表”の作成方法次第で他の職種でも検討ができる。

例えば、橋台工などの現場打ちコンクリート構造物の打設管理に活用する場合。“管理図”に打設ロットの3Dモデルを作成し、“管理表”にコンクリートミキサー車の運行管理を反映させれば、打設計画と実施の差から残りの生コンクリート量を概算できる。

これは一例に過ぎなく、“管理図”と“管理表”の工夫次第で様々なことのオートメーション化が可能となる。現場管理の様々なプロセスの一部をオートメーション化することは建設現場全体のオートメーション化に繋がる。これは国土交通省が取り組む『i-Construction2.0』に合致する。

4. おわりに

今回の工事を通じてRPAという最新技術を知る機会を得た。この機会はとても貴重なものとなり、今後も施工管理をしていく上での検討材料となり得ると感じた。

また、本稿が『i-Construction 2.0』推進の一助となれば幸いであるとともに、同じく施工管理をする方々に、本稿を通じてRPAを身近なものに感じていただきたい。

最後に、本工事の施工にあたり多大なるご指導をいただいた帯広開発建設部帯広河川事務所の方々、ご協力いただいた工事関係者、工事をご理解いただいた近隣住民の皆様に、この場お借りして厚く御礼申し上げます。

19 施工計画

橋梁区間内に縦断勾配変化点を有する 鋼桁の送出し架設

日本橋梁建設土木施工管理技士会

川田工業株式会社

工事長

福嶋 貴生〇

工事長

大羽澤 宏至

主任

伊藤 賢也

1. はじめに

本工事は、高速道路ネットワークの機能強化、名神高速道路の混雑解消、また災害や事故における名神高速道路との代替機能による交通利便性の向上を図る目的である新名神高速道路の天津～城陽間の25.1kmの新設路線のうち、吉祥寺川橋、上中野橋、宮川橋の3橋上下線を架橋する鋼橋上部工工事である（図-1）。

3橋あるうちの吉祥寺川橋は、一級河川吉祥寺川を渡河する橋長421mの鋼8径間連続合成3主鋼桁橋であり、床版には鋼・コンクリート合成床版（以降、合成床版と称す）を採用している。架設工法は、架橋位置における制約条件および工程確保のため、合成床版を桁上に載荷した状態での送出し架設が採用された（図-2）。

工事概要

- (1) 工事名：新名神高速道路 吉祥寺川橋
他2橋（鋼上部工）工事
- (2) 発注者：西日本高速道路株式会社
関西支社 新名神天津事務所
- (3) 工事場所：自）滋賀県大津市上田上中野町
至）滋賀県大津市田上羽栗町
- (4) 工期：令和2年4月15日～
令和6年10月31日



図-1 架橋位置図

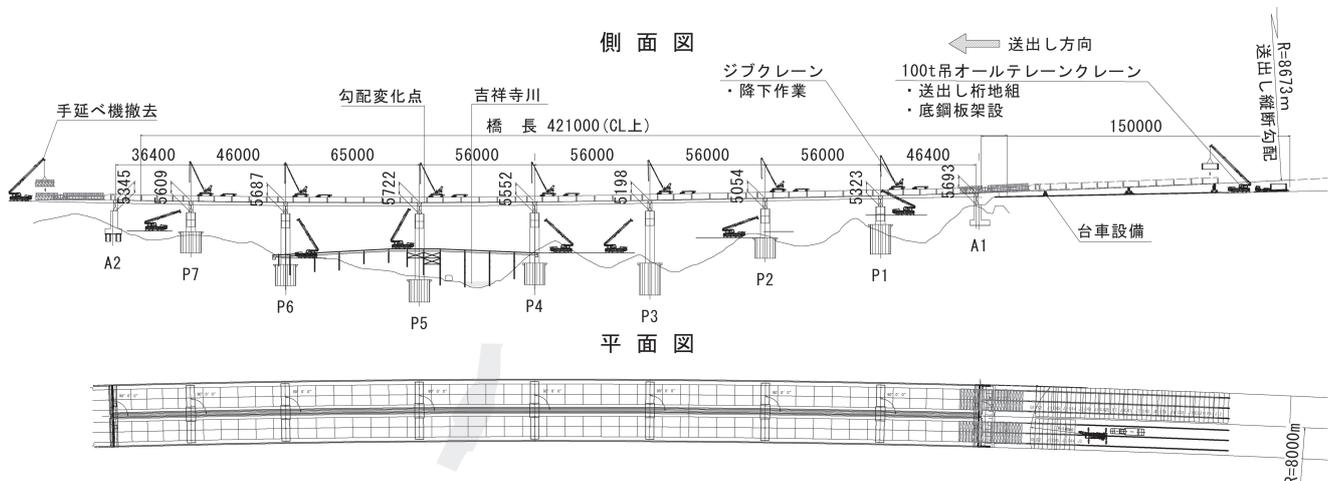


図-2 架設概要図

2. 現場における問題点

2-1 送出し縦断勾配の設定における問題点

一般的な送出し架設では、送出し時の縦断勾配をLEVELや一定勾配に設定されることが多く、当初の基本計画も2%の一定勾配の送出しで計画されていた。しかし、本橋は橋梁区間内に縦断勾配変化点を有し、A1からP5は下り勾配、P5からA2は上り勾配となるすり鉢状の縦断線形となっており、一定勾配で送出し架設を行うと、架設桁の一番低い点が到達先の橋脚の高い箇所を越えていかななくてはならないため、送出し時の起点を高く設定する必要がある。また、架設桁が各橋脚（支点）上に設置した脚上設備を通過していく際に、架設桁の形状に合わせるように高さを逐次調整する必要があり、設備高の変化量が5m程度必要となってしまう。

さらに、当初の基本計画時は、架設時の設備高および架設後の桁降下量を抑えるために、橋台パラペットの施工を送出し架設完了後とし、施工ヤードが橋台天端面に計画されていた。しかし、送出しヤードは硬質な岩盤であり、掘削・整地に多大な時間を要することから、工程上の理由で当初の基本計画のヤード標高まで下げることが困難であった。そのため、完成形路盤高さが送出し施工ヤードとなり、橋台天端面から完成形路盤までの4m程度、橋脚上設備高を上げる必要があった（図-3）。

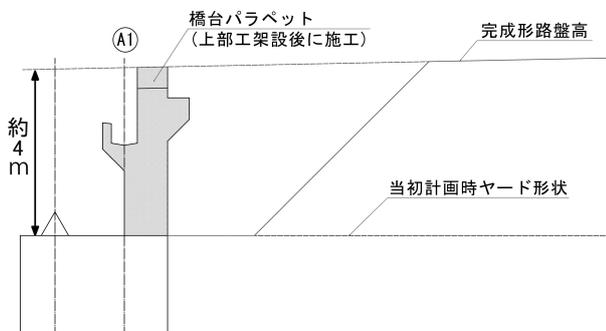


図-3 送出し施工ヤード

以上より、本橋において一定勾配で送出し架設を行うと、各橋脚（支点）上での設備高が最大

10m程度となり、高所で設備高を変化させる必要があるため、高所作業を減らし安全に作業ができる送出し縦断勾配の設定が課題となった。

2-2 工程上の問題点

本橋において、以下に示す工程遅延リスクが挙げられた。

- ・受注後に暫定形（4車線）から完成形（6車線）に構造変更となったことにより上部工工事、下部工工事共に大幅に施工量が増加となった。
- ・下部工引渡しにおいて、当初計画時は送出し架設前に全橋脚引渡しとなっていたが、A1～P4、P5～A2の2期に分かれての下部工引渡しとなった。

以上より、下部工の引渡し時期を考慮した上で、工期内に施工完了させるための工程遅延のリスク低減策の検討が必要となった。

2-3 架設時における桁の横ずれの問題点

本橋の平面線形はR=8000mの比較的緩やかな曲線形状であるが、送出し架設は1年間と長期間に及ぶこと、日照の影響で内桁と外桁で温度差が生じることから、送出し架設中の温度変化によって、橋軸直角方向に約160mmの移動が想定された。

また、本橋は3主桁での送出し架設であり、内桁と外桁で僅かな高さの差があったとしても大きな反力差（不均等）を引き起こすため、安全に反力を調整するために各主桁の直下に送出し装置を設置する必要があった。

以上より、日照による主桁の移動量に対して、各主桁直下に配置した送出し装置が追従できる設備の構築が必要となった。

2-4 橋脚上設備解体における問題点

本橋は、当初は暫定形（4車線）での送出し架設が計画されており、橋脚上設備の解体の際は、橋脚下の施工ヤードに配置した移動式クレーンにより解体作業が可能であった。しかし、受注後の条件変更（完成系6車線化および合成床版の採用）に伴い、橋脚下ヤードから移動式クレーンを使用して解体する際に、移動式クレーンのブー

ムが主桁や合成床版に干渉することが判明したため、設備の解体方法の工夫が課題となった。

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 送出し縦断勾配の工夫

本橋の送出し縦断勾配の設定において、以下の項目に対して留意し最適な送出し縦断勾配の比較検討を行った。

- ①橋脚上設備や台車設備等の設備高を低く設定し施工性を向上させる。
- ②橋脚上設備や台車設備等の設備高さの変化量を小さくすることで、高所作業を減らし安全性を向上させる。
- ③送出し勾配に対して、送出し設備や逸走防止設備などが過大とならないようにする。

比較検討の結果、桁の送出し縦断勾配には、完成時の縦断を近似した円弧曲線（ $R=8673\text{m}$ ）を設定した。

当初の基本計画における、一定勾配（ -2% ）の送出しから近似円弧曲線への送出し縦断勾配の変化により、送出し架設中の設備高を当初の10mから5m程度まで大幅に削減できた（図-4）。

さらに、完成時縦断と送出し縦断勾配の差は強制変位として主構造に作用させることで、送出し途中における設備高さの変化を最小限とした。

以上より、送出し架設における脚上設備の高さ変化を大幅に小さくすることで、設備上での高所作業を減らすことができ、施工時の安全性を確保した上で施工を完了することができた。

一方で、近似円弧曲線への変更により、軌条は2%の下り勾配、主桁は約4%の下り勾配での台車支持状態となり、縦断勾配による慣性力が作用するため、安全対策として逸走防止に必要な制動設備が必要となった。

そこで、台車の逸走防止としてレールクランプジャッキを設け、加えて、主桁を軌条設備後端に構築したワイヤー惜しみ設備に定着させることで、二重の逸走防止対策を取った。

さらに、台車設備と主桁の受点に生じる勾配差

に応じてテーパ PLを設置することで、桁からの作用力を確実に台車に伝えるようにし、万全の対応を図った。

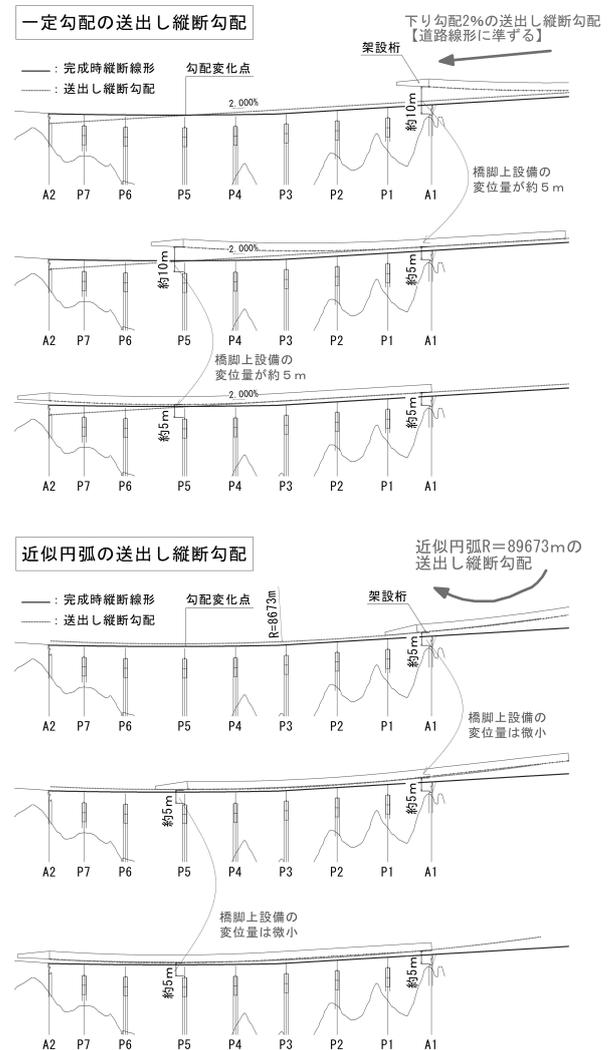


図-4 送出し縦断勾配の比較

3-2 工程短縮における工夫

(1) 床版形式の変更による工程短縮

発注時の床版形式は場所打ちPC床版であったことから、送出し架設後に吊足場組立、床版型枠組立が作業のクリティカルパスとなり、なんらかの要因で工程が遅延した場合の工程回復が困難であった。そのため、合成床版（側鋼板全高タイプ）に変更し、底鋼板（鋼製型枠）を載せた状態で送出し架設時を行うことで、吊足場の設置および床版型枠の設置を不要とし、工程短縮を図った。一方で、合成床版に変更したことにより現場で底鋼板継手部のボルト締め作業および添接部の

塗装作業が必要となる。本橋では樹脂製特殊ナット「IWナット」を採用することで効率化を図った。工場であらかじめIWナットで高力ボルトを仮固定し、塗装を施した状態で現場に搬入することで、現場塗装作業および吊足場設置を不要とした。

(2) 架設順序の工夫による工程短縮

当初の基本計画は、上り線を架設後に下り線を架設する、1橋ずつの送出し架設を想定していた。しかし、下部工の引渡し時期が2期に分かれたため、引渡された橋脚に対して、可能な限り上部工施工を進める必要があった。本橋では上下線同時に送出し架設することで、工程遅延のリスク低減を図った。当初計画時の上り線を8径間架設するのに対して、上下線で各4径間架設することが可能であり施工量を変えずに下部工工程に配慮した施工が可能となった。

3-3 架設時における桁の横ずれ対策

日照による主桁の横ずれにおける対策として、送出し装置が橋脚上設備の頂部梁上でスライドが可能な横移動装置を設置した。送出し架設時における主桁の横ずれ量に対して管理値設け、その値を超える前に横移動装置を使用し、主桁に追従させた(図-5)。

その結果、各主桁と送出し装置に軸芯ずれを生じさせることなく主桁を支持することができ、安全性確保につながった。

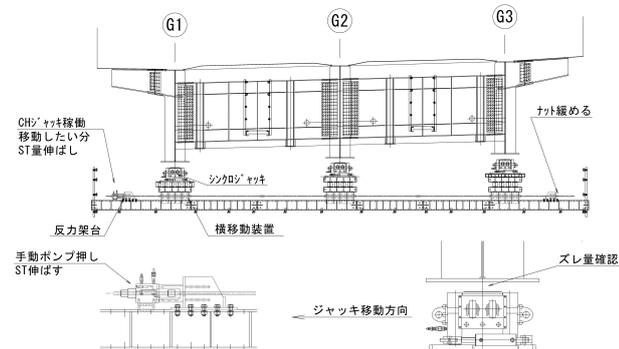


図-5 横移動装置

3-4 橋脚上設備解体における工夫

橋梁下面や橋梁側面からのアクセスに制約があるため、設備解体や支点上巻き立てコンクリート

の施工は、桁上にジブクレーンを据え付けて行った。ジブクレーンでの施工のため、桁上に軌条を設け、資機材運搬台車およびジブクレーン搭載台車を走行させた(図-6)。

本設備により、橋長421m間の鉄筋運搬やH鋼運搬なども効率よく施工することが出来た。



図-6 桁上ジブクレーン

上記対策が功を奏し、安全を確保した上で送出し架設を無事に完了できた(図-7)。



図-7 送出し完了時全景

4. おわりに

今後、狭隘な地形条件など、施工条件が厳しい工事や、橋梁区間内に縦断勾配変化点を有する鋼桁の送り出し架設において、本報告が参考になれば幸いである。

最後にご指導を頂いた西日本高速道路株式会社関西支社新名神大津事務所の方々、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。

20 施工計画

狭小占有帯における クローラクレーンによる大ブロック桁架設

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

吉川 彰彦

1. はじめに

大和御所道路は、京都・奈良・和歌山を結ぶ京奈和自動車道の奈良県域約47.5kmの内、大和区間（大和郡山IC～橿原高田IC）と御所区間（橿原高田IC～五條西IC）からなる延長約27kmの高規格幹線道路である。御所区間は、平成29年8月に供用開始されており、大和区間においても、大和郡山IC～橿原北ICまでの延長9.4km区間は供用を開始している。現在、橿原北IC～橿原高田IC間の約4.4km区間で事業が進行中である。大和区間と御所区間の接続地点となる奈良県橿原市新堂町では、京奈和自動車道と一般国道165号（以下、大

和高田バイパス）が接続する新堂ランプ交差点があり、交通量が集中するため慢性的な渋滞が発生している。京奈和自動車道の全線供用開始と大和高田バイパスとの接続が完了することで、交通アクセスの向上による交通量の増加が見込まれる。そのため、新堂ランプ交差点での交通渋滞の緩和を目的とした（仮称）橿原JCTの工事が進められている。本稿では、狭小占有帯におけるクローラクレーンによる大ブロック桁架設について計画検討および現場施工について述べる。

工事概要

- (1) 工事名：橿原高田IC・Cランプ橋上部工事
- (2) 発注者：国土交通省 近畿地方整備局

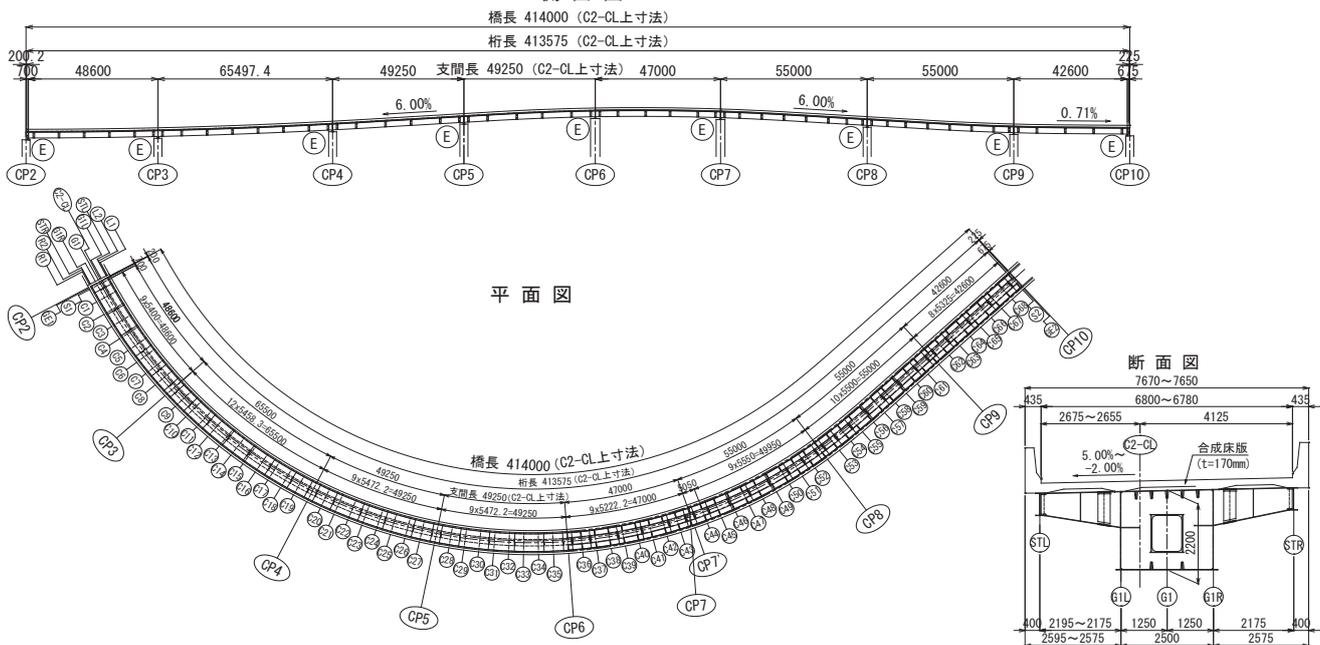


図-1 構造一般図

(3) 工事場所：奈良県橿原市東坊城町～新堂町

(4) 工 期：(自) 令和3年3月23日

(至) 令和6年9月30日

図-1に構造一般図を示す。

2. 現地条件による桁架設計画の課題

本橋は、8径間の内6径間が供用道路上での橋桁架設であり、そのうちCP5～CP8橋脚間は、大和高田バイパスおよび新堂ONおよびOFFランプを跨ぐ高架区間である。また、CP3～CP4橋脚間は、京奈和自動車道橿原高田IC出口を跨ぐ高架区間である。架橋位置の地形図を図-2に示す。

橋桁架設には、大型クレーンの据付け場所と橋桁の地組立スペースを確保する必要がある。しかしながら、CP6～CP8橋脚間に橋桁架設作業ができるスペースがなく、大和高田バイパスと民地に挟まれた狭小なスペース以外に確保できる用地は無かった。そのため、市道、バイパス側道およびバイパス下のボックスカルバート接続道路を一時的に占有して架設作業を行う計画とした。



図-2 架橋位置の地形図 (BIM/CIM図)

3. クローラクレーンによる大ブロック桁架設

CP6～CP7橋脚間およびCP7～CP8橋脚間は、交通量の多い大和高田バイパス上であり、橋桁を仮受して支えられるベント設備を常設することができない。そのため、1径間分の橋桁を一括で架設を行う「大ブロック桁架設工法」を採用した。

3-1 大ブロック桁架設計画

架設計画は、①重機据付場所および地組立場所の確保、②架設重機選定、③架設手順検討について実施した。地組立する桁は、現地条件よりJ26～J32の6ブロックとする。大ブロック桁の諸元を-表-に示す。

-表- 大ブロック桁諸元

項目	数量	備考
ブロック数	6台	J26～J32
地組部材延長	47.334 m	
地組部材幅	9.780 m	
部材質量	約 158 ton	
吊上げ質量	約 167 ton	玉掛具含む

地組立ヤードは、大和高田バイパスと民地に挟まれた狭小なスペースしか無く、大型重機の組立て場所と重複した。そのため、重機の組立てを先行し、完了後に大ブロック桁の地組立を行った。狭小スペース内での重機組立て、曲線桁の地組立のため、限られたスペース内で精度良く位置決めを行い、大ブロック桁の架設に支障が生じないよ

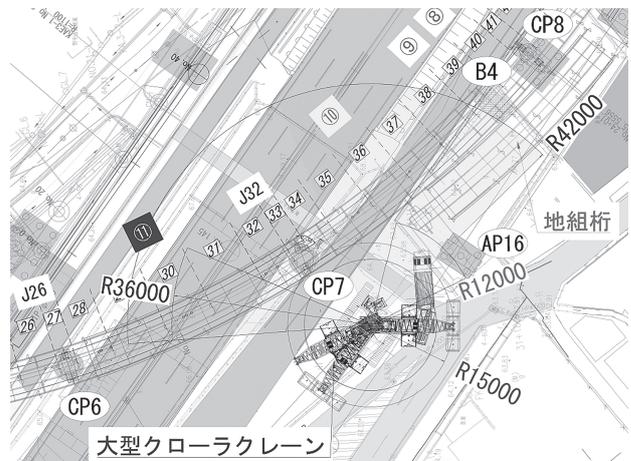


図-3 大ブロック桁地組立・重機据付図

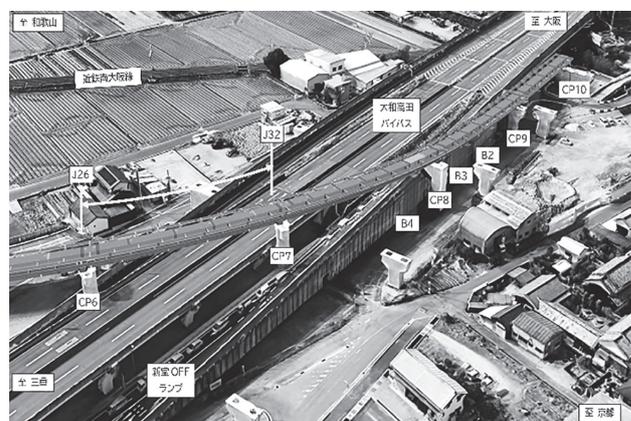


図-4 大ブロック桁架設範囲図 (BIM/CIM図)

う施工ステップを考慮した検討を行った。

大ブロック桁の地組立位置および重機据付位置を図-3、大ブロック桁架設範囲図を図-4に示す。

次に、桁架設重機の据付可能位置より機種を選定を行った。架設桁の質量とクレーンの作業半径（ $R=35m$ を超過）から、750t吊クローラクレーン（LR1750/SLDB仕様 主ブーム：84m Dマスト：31.5m 本体ウエイト45t+170t）を採用した。また、施工条件に適用する機種を選定した場合、機種単体では占有帯に収まらない規格外の重機が必要となることから、背面ウエイトを設置して吊上げ能力を向上させた仕様を適用した。背面ウエイト構造は、狭小作業スペース内で、作業半径に応じてウエイト半径を可変して施工能力を調整することができるパレット仕様（外部ウエイト：400t）を採用した。

ブーム長の選定は、重機と地組桁が縦列配置となるため、縦方向に吊上げる。そのため、隣接する構造物を避ける高さまで架設桁を吊り上げた際にブームとの接触を回避できる長さとして、84mのブームとした。桁吊上げ計画図を図-5に示す。

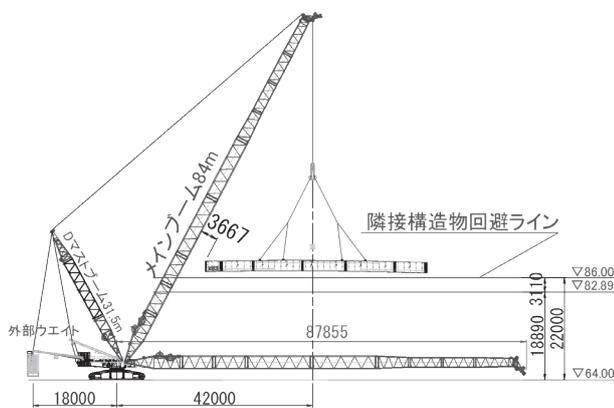


図-5 大ブロック桁吊上げ計画図

3-2 大型クローラクレーンの組立

大型クローラクレーンを使用するにあたり、組立スペースの確保が課題となる。本工事の場合、前述で述べた通り、占有帯も含めた作業ヤード内で組立て解体作業を行う必要がある。そのため、少しの誤差で作業に支障が伴うことから、大型部材の搬入出や組立重機の作業場所の確保、ブームの建て起こし時に近接する下部工との離隔確保等、念入りに検討する必要がある。また、大型ク

レーンの据付位置は各作業段階で生じる接地圧に対し、事前の地耐力測定結果で地耐力が不足していたため、地盤改良（柱状改良工法）を実施した。地盤改良図を図-6に示す。

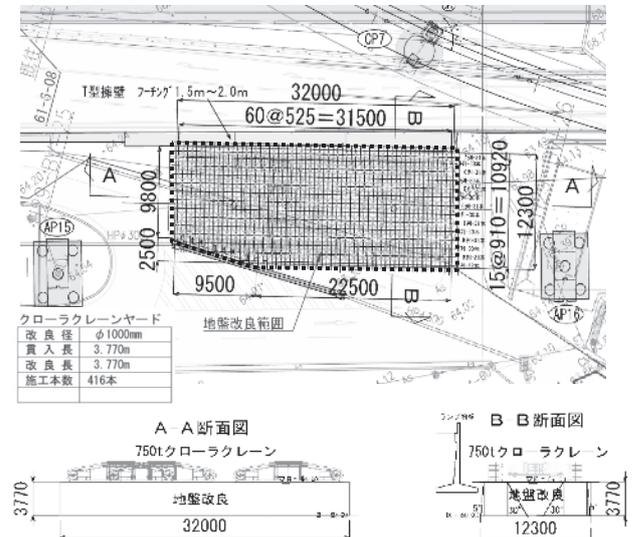


図-6 大型クレーン据付位置地盤改良図

レーン組立時は、クローラシューを装着したセンターセクションからブームの通りとなる軸線を座標管理にて精度よく管理することで、メインブームの組立て時に近接する下部工との離隔をCP8橋脚とAP16橋脚でそれぞれ約400mm確保した。組立精度誤差を少なくすることで、ブーム建て起こし時に接触させることなく作業を完了することができた。大型クローラクレーンの組立て計画図を図-7、メインブームの建て起こし前状況

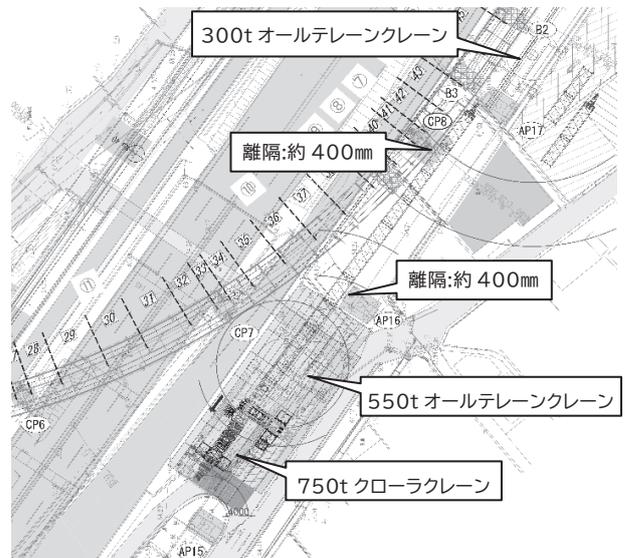


図-7 大型クローラクレーン組立て計画図

を図-8示す。



図-8 メインブーム建て起こし前状況

3-3 狭小スペースでの地組立

大ブロック桁の地組立を行うヤードは、大型クローラークレーンのブーム建て起こし後のスペースを利用した。今回、大和高田バイパス本線上となるCP6～CP7橋脚間は、吊足場を設置した際にバイパス本線の道路建築限界高さに近接する。

そのため、地組立の段階で高力ボルトの本締め、現場塗装、合成床版パネルの設置、排水装置の設置を先行して行い、吊足場の設置を不要とした。

なお、床版および壁高欄のコンクリート打込み作業に必要な張出し足場は、地組立段階で設置した。限りなく道路規制の伴う作業を減らすことで、第三者への影響を軽減させた。地組立位置が大和高田バイパスと民地に挟まれたヤードのため、地組立作業は750t吊クローラークレーンと300t吊オールテレーンクレーンを併用して行った。狭小なスペース内で曲線桁を張出し足場まで設置するため、地組立時の位置も重点管理して施工を行った。地組立位置図を図-3に示す。

3-4 架設状況

バイパス本線上の大ブロック桁地組立状況を図-9、大ブロック桁架設状況を図-10に示す。

大ブロック桁架設の実施にあたり、橋梁直下のバイパスおよび周辺道路において夜間道路通行止め規制を行った。大和高田バイパスを約4kmにおよぶ通行止め規制は供用開始してから実績が無く、大型車両や特殊車両の迂回路の選定に難航した。関係機関との協議の結果、道路規制時間は21:00～翌6:00とし、バイパス本線、各ランプ出入

口、現場周辺道路に交通誘導員を配置し、規制対応者を含めて32名を動員した。架設当日は、規制開始段階で一時的に渋滞は発生したものの、時間と共に解消しトラブルなく道路規制の解除ができた。



図-9 大ブロック桁地組立状況



図-10 大ブロック桁架設状況

4. おわりに

本稿では、作業スペースが非常に限られた場所での大型クローラークレーンを用いた大ブロック桁架設について、クレーンの選定、組立検討、架設計画や施工について概説した。重交通道が近接した狭小スペースにおいて、大型重機を用いた桁架設の施工例として活用いただくと幸いである。

最後に、本工事を遂行するにあたり、国土交通省近畿地方整備局奈良国道事務所をはじめ、占有帯として市道を提供いただいた橿原市役所、道路規制に係る関係者の方々、その他施工時にご協力をいただいた皆様に感謝の意を表します。

21 施工計画

軌陸車を使用した 機材及びクレーンの現場搬入

日本橋梁建設土木施工管理技士会

エム・エムブリッジ株式会社

工事主任 主席

伊藤 大貴[○] 三谷 隼人

1. はじめに

第一白橋りょうは、1級河川白川に架かり、南阿蘇鉄道高森線の立野駅～長陽駅間に位置する全長152.1mの単線鉄道橋である。本橋は国内でも珍しい橋梁形式である2ヒンジスパンドレル・ブレースド・バランスドアーチが採用されている。

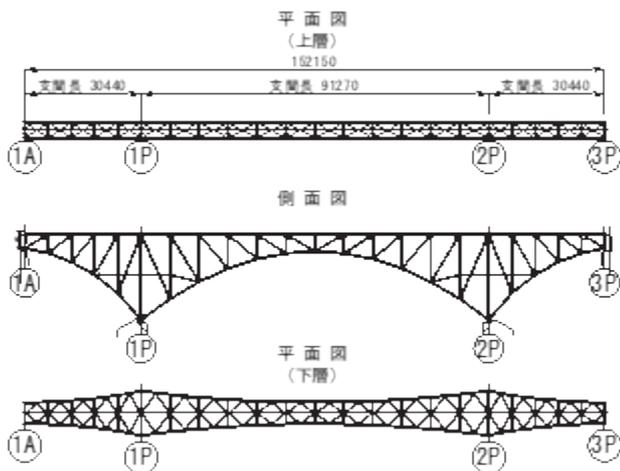


図-1 橋梁一般図



図-2 現場状況

本橋梁は平成28年4月に熊本地方を襲った震度7の地震により橋梁の移動、変形等の甚大な被害を受けた。本工事は、損傷した旧橋を撤去し、下部工（橋台・橋脚）の損傷箇所を補強した後に、新橋を建設する工事である。旧橋撤去と新橋架設にはケーブルエレクション直吊り工法を採用した。1A橋台と3P橋脚それぞれに鉄塔を建て、ケーブルエレクション設備を組み立てる必要があるが、3P橋脚は急峻な斜面にあり、戸下トンネルと隣接している。そのため、3Pヤードへは車両進入ルートが無く、資機材の運搬に最大の課題があった。本稿では車両進入ルートが無い3Pヤードへの資機材搬入に関する課題と工夫について述べる。

工事概要

- (1) 工事名：第一白川橋りょう復旧工事
- (2) 発注者：南阿蘇鉄道株式会社
- (3) 工事場所：熊本県阿蘇郡南阿蘇村
～熊本県菊池郡大津町
- (4) 工期：令和元年7月31日～
令和5年3月31日
- (5) 橋梁形式：2ヒンジスパンドレル・
ブレースド・バランスドアーチ
- (6) 橋長：152.1m

2. 軌道上での運搬設備の選定

- (1) 軌陸車仕様の検討
現場調査を行ったところ、3Pヤードへの搬入



図-3 鉄塔柱部材運搬状況

ルートは南阿蘇鉄道の軌道のみであることが明らかになったため、資機材の搬入には軌陸車を使用することを決定した。軌陸車の選定にあたっては、以下の2点に着目し検討した。

- ① ケーブルエレクション設備の最大重量部材の運搬が可能であること
- ② 鉄塔設備の組立解体が可能なクレーンの運搬が可能であること

(2) ケーブルエレクション設備の運搬

3Pヤードへ搬入するケーブルエレクション設備の最大部材重量は、鉄塔柱部材4.7t/本（幅1.3m×長さ5.0m）であった。これより、使用する軌陸車は9T平ボディ車で検討を始めた。9T軌陸車は最大積載重量5.2t、荷台の大きさは2.2m×4.0mであり、運搬部材が荷台から1m突出することとなる。この条件に対し、初動時及び運搬路勾配を加味して8.0の転倒安全率が確保されていることを確認した上で、9T平ボディ車の採用を決定した（図-3）。

(3) クレーンの運搬

クレーンの運搬計画に先立ち、鉄塔組立解体クレーンの仕様を決定する必要がある、以下を条件として検討を行った。

- ① 鉄塔組立解体に必要な吊り能力を有すること
- ② 軌道上の運搬設備の規格内であること
- ③ 3Pヤードの作業構台スペースに設置可能であること

上記3条件のうち、最も制約が大きかったのは



図-4 ラフテレーンクレーン運搬台車

②に示した軌道上の運搬設備の規格に関するものであった。既存の運搬設備を調査したところ、積載重量の制限により、35t吊ラフテレーンクレーンを搭載可能なクレーン台車が最大であったため、鉄塔組立解体は35t吊ラフテレーンクレーンに限定された（図-4）。

35t吊ラフテレーンクレーンによる鉄塔組立解体の施工計画は、以下の条件を満足する必要があった。

- ① 最大部材重量となる柱部材（4.7t/本）の組立解体が可能であること
- ② 高さ40.5mの鉄塔頂部に配置する直吊サドル（2.0t/基）の組立解体が可能であること

対応として、3P作業ヤードとして構築予定であった作業構台を、35t吊ラフテレーンクレーンの作業半径を考慮し、鉄塔側に4m拡張する

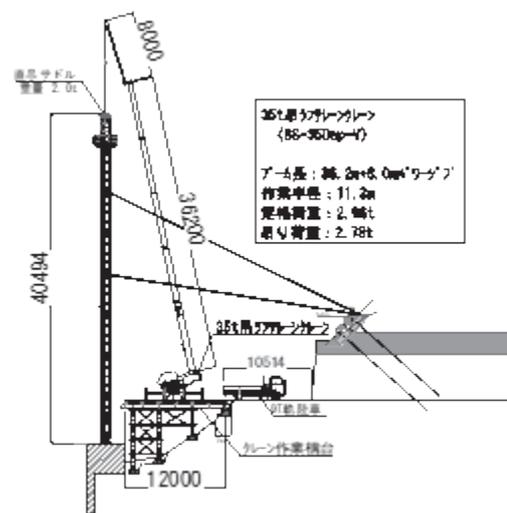


図-5 鉄塔組立作業概要

こととした。これにより、柱部材架設時の吊り能力、鉄塔頂部作業時の吊り揚程を満足させた(図-5)。

3. 搬入ルートを選定と評価

(1) 搬入ルートの選定

搬入ルート(軌道)の選定にあたっては、ルート起点を決定する必要がある。ルート起点は以下の条件により選定した。

- ① 車両による資機材の搬入ができること
- ② クレーンによる運搬設備への積込み、荷降ろしができること
- ③ クレーン台車を使用するため、軌道上に35t吊ラフテレーンクレーンが進入できること
- ④ 3Pヤードに至るまでの軌道が地震による損傷を受けていない健全な線路区間であること

軌道沿いで上記の条件を満足するヤードを調査したところ、3Pヤードから約2.4km離れた場所にヤード候補地を見つけることができた。当該地は農地であったため、農地転用手続きを行い長陽資材ヤードとして活用することができた(図-6)。

3Pヤードへの資機材の搬入は、第二白川橋梁及び戸下トンネルを通過する必要があったため、クレーン台車走行時に支障がないかの検討を行った。



図-6 搬入ルート

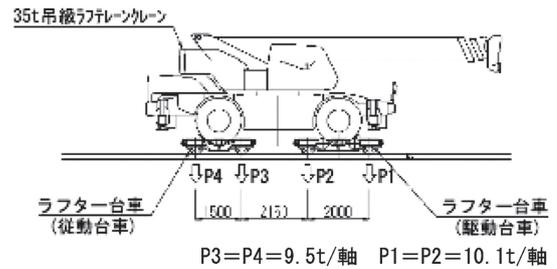


図-7 ラフテレーンクレーン台車軸重



図-8 第二白川橋梁ガイド設備

(2) 第二白川橋梁の走行検討

第二白川橋梁の通過検討は、ラフテレーンクレーン台車の軸重と設計列車荷重の比較により行った。橋梁建造時の設計資料によると、列車活荷重は機関車動輪軸重33,000ポンド(軸重15.0t/軸)で設計されていた。これに対し、ラフテレーンクレーン台車は10.1t/軸であり、通過可能であると判断した(図-7)。

また、第二白川橋梁はルート上で最もカントの大きい箇所であった。ラフテレーンクレーン台車の走行時の許容カント151%に対して、26%程度であり走行に支障はなかったが、万一に備えカーブの内側にH鋼を使用したガイド設備を設け逸走防止を図った(図-8)。

(3) 戸下トンネル内の走行検討

戸下トンネル内の走行検討は、ラフテレーンクレーン台車によるクレーン搬入時のクリアランスが高さ方向で770mm、幅方向で440mmあることから通過可能であると判断した(図-9)。

4. 搬入時の安全管理

戸下トンネル内の軌陸車運搬、クレーン運搬時の安全確保のため、トンネル内の照明設備及び電

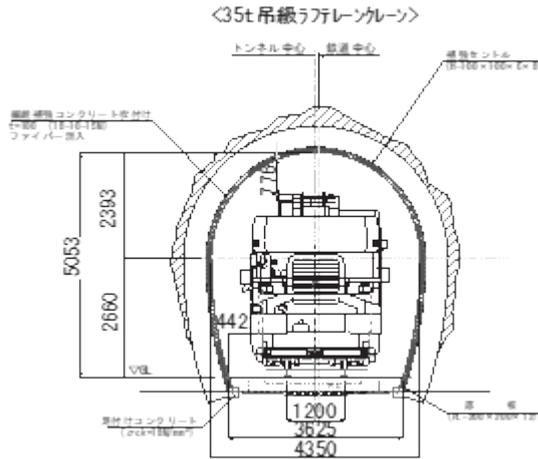


図-9 戸下トンネルクリアランス照査



図-10 戸下トンネル内照明設備

源設備を設置した(図-10)。

3P側には電源が無かったため、1A側から旧橋上に電源を這わせ、電源を確保した。旧橋撤去時には旧橋上に這わせることができないため、1A側から電線を抱かせた架空線を渡河させ3P側に電源を確保した(図-11)。

3P側に電源設備を設置することで鉄塔組立解体時、新橋架設時にも使用することができ、発電機を使用した場合の燃料補充作業や白川への油流出リスクなどを軽減することができた。

その他の安全対策として、現場内ルールを設定した。搬入路の途中には第三者の歩行者専用通路が3箇所あったため、通過前にクラクションを3回鳴らし、人がいないことを確認した上で徐行運転することを徹底した。また、軌条運搬区間の縦断勾配が24%と大きいため、降雨・夜露・結露等の水分やレール上の落ち葉により、レールと運搬



図-11 架空線渡河状況

台車車輪の間の摩擦が不足し空転が発生し運搬作業を中断することがあった。レールに空転防止としての砂散布、雨天及び早朝の運搬作業を抑制する等工程調整が必要となった。

早期の復旧を求められる震災復旧工事の為、隣接工事の戸下トンネル補強工事との並行作業となり、3P側唯一の搬入路である戸下トンネル通過時の密な工程調整が必要であった。工事期間中は休日・早朝・夜間等での通行を余儀なくされることもあったが、工事関係者の相互協力により大きな混乱なく工事を終えることができた。

5. おわりに

今回の工事では、急峻な斜面にある3P側ヤードに車両進入ルートがないという課題を、軌陸車を活用することで解決した。また、軌道上運搬台車の規格上、運搬可能な最大能力である35tラフテレーンクレーンで鉄塔を組立解体するという課題に対しては、必要吊り能力を発揮できる作業半径となるよう、荷降ろしや鉄塔組立スペースとして構築する作業構台を鉄塔側に拡張することで解決した。搬入ルート上の戸下トンネルのクリアランス確認や第二白川橋梁の照査等を行い、約2.4kmの距離を軌陸車は約25分、クレーンの運搬は約半日で、安全に運搬することができた。

最後に、本工事の施工にあたり、ご指導頂いた方々、並びにご協力頂いた関係者の方々、そして、南阿蘇鉄道の関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

22 施工計画

湯渡戸橋上路式トラス桁の解体について

無所属
東日本コンクリート株式会社
現場代理人
星野 仁志

1. はじめに

本工事は、宮城県仙台市と山形県山形市を繋ぐ国道48号線に架かる湯渡戸橋の架替え事業の一環として、旧湯渡戸橋を撤去する工事である。1953年（昭和28年）に架けられた旧湯渡戸橋は開通から今日までの間、主要路線として利用されてきたが、車両の大型化や交通量の増加により、幅員6.2mでは大型車同士のすれ違いが困難という道路条件に起因する通過待ちの渋滞問題が発生していた。また、開通から約70年が経過し、橋梁構成部材の劣化も顕著に現れていた。そこで、主要幹線道路としての機能確保のため、令和4年9月に新湯渡戸橋が完成し、旧湯渡戸橋は役目を終えた。

本稿では、支間62mの上路式トラス橋の撤去について述べる。

工事概要

- (1) 工事名：湯渡戸橋旧橋撤去工事
- (2) 発注者：国土交通省東北地方整備局仙台河川国道工事事務所
- (3) 工事場所：宮城県仙台市青葉区作並湯ノ原
- (4) 工期：自) 2022年10月28日
至) 2024年3月20日
- (5) 橋梁形式
車道橋：単純鋼非合成鉄桁＋単純鋼上路式トラス橋（図-1）
- (6) 橋長：96.7m、全巾員7.1m（車道部）
2.6m（歩道部）

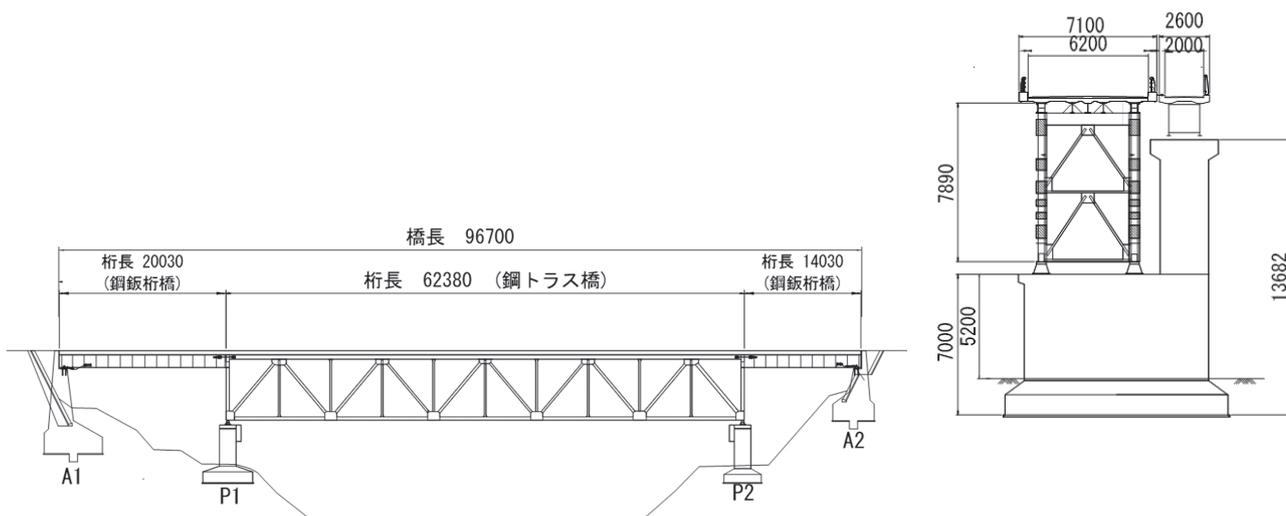


図-1 橋梁一般図

2. 現場における問題点

発注時の撤去計画は、以下の通りであった。

側径間（鉸桁橋）：橋台背面に250tトラッククレーンによる一括撤去

中央径間（トラス橋）：200tクローラークレーンと河川内にベント2基を使用しての分割撤去

側径間部分に関しては、A2側にホテルが隣接しており、施工ヤードが狭隘という問題はあったが、ホテル側の協力もあり、主桁の撤去は可能であった。



図-2 側径間主桁撤去状況

しかし、中央径間部であるトラス桁の撤去計画には、以下に示す問題点があった。

- ① 200tクローラの作業半径では、3分割した中央部のトラス桁を吊り上げる能力が不足している。
- ② ベント設備基礎のためのパイプロハンマによるH鋼杭打込み・引抜作業が200tクローラークレーンでは能力不足となる。
- ③ トラス桁の解体は、部材の一部を撤去することにより構造の不安定化を招くことから解体順序や応力状態を検討する必要がある。
- ④ 河川内での作業は濁水期施工（11月以降）となり、発注者から2024年3月末までに撤去完了を求められた。

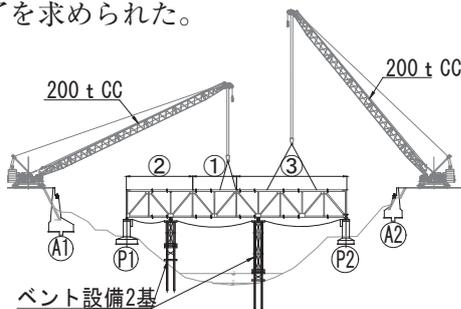


図-3 発注時の撤去計画

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 トラス橋撤去方法の検討

まず①、②の問題点からクレーンの能力をランクアップさせ、A1側に500tクローラークレーン、A2側に750tクローラークレーンを配置する案を検討した。しかし、750tクローラークレーンの組立と配置は、必要な施工ヤードの面積が確保できず、配置する場合は撤去期間内の国道48号を通行止めする必要があることから廃案とした。

次に、A1-P1間とP2-A2間に作業構台を設けて200tクローラークレーンを配置し、河川内の2基のベント上に設置したガーダーにてトラス桁を下から支持する形での撤去方法を検討した。しかし、ベント設備に必要な仮設備の増加や、ベント基礎・設備の組立・解体に約5ヶ月を要し工程遅延となるため廃案とした。

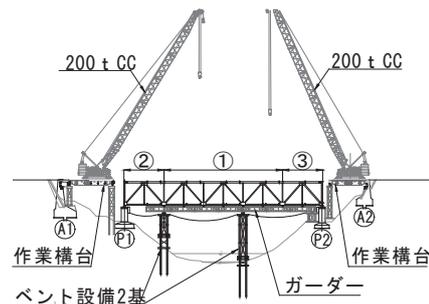


図-4 作業構台を使用してのベント2基、ガーダーと200tクローラークレーンによる撤去

次に、橋梁上空にダブルガーダーを設置して、トラス桁を格点で吊り下げる形で支持し、P1側に引き戻しながらA1-P1間に設置した作業構台上にて80tクローラークレーンで撤去していく工法を検討した。この工法は隣接する国道48号やホテル

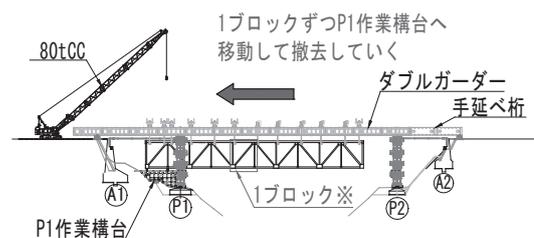


図-5 ダブルガーダーと80tクローラークレーンによる撤去

ル、橋面下を流れる河川に影響を及ぼさず施工できることから、ダブルガーダーを使用した吊り下げ工法を採用した。

中央径間のトラス桁を撤去するためのダブルガーダーは、トラス桁直上を避けた両外側に設置した。ダブルガーダーはA1背面及びP1、P2の両外側に設置したベント設備で支持する2径間構造で、全長約100mに及ぶ設備となった。ダブルガーダー上の台車に載った吊り装置からゲビンデスターブでトラス桁の全格点を支持して吊り下げ、P1に設置した作業構台へ1ブロックずつ電動ウインチで引き戻し、各部材をガス切断して80tクローラークレーンで撤去を行う計画とした。

ダブルガーダー吊り下げ工法の断面図と撤去ステップ図を以下に示す。

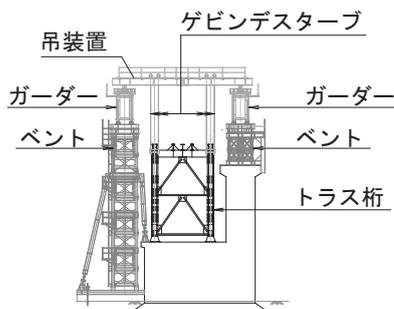
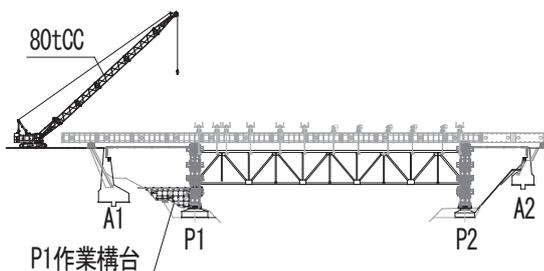


図-6 ダブルガーダー吊り下げ工法 断面図

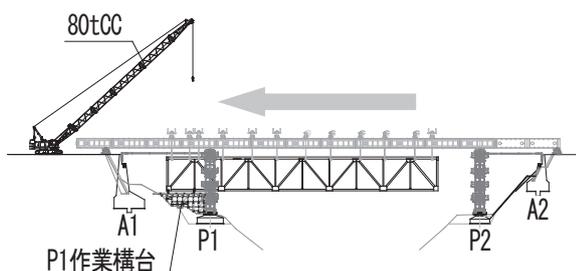
【ステップ1】トラス桁吊り下げ

トラス桁を格吊り装置に吊り下げる。



【ステップ2】トラス桁移動

ウインチを使用して作業構台上に移動する。



【ステップ3】トラス桁解体

作業構台上で部材毎に切断撤去する。

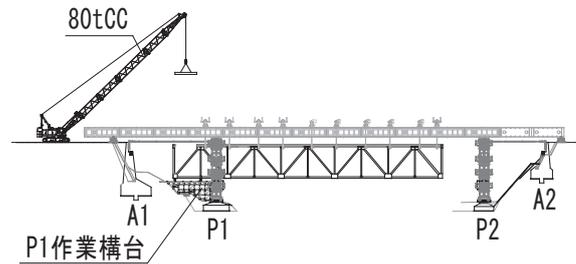


図-7 トラス桁撤去 ステップ図

3-2 受梁間の合板設置

トラス桁は受梁を介してゲビンデスターブで吊り下げる形となるが、トラス桁のリベット突出部を受梁で直に受けると複数の点支持となり桁を吊り上げた時不安定になる恐れがあった。そこで、合板をリベットに合わせて加工したものを受梁の間に挟み込むことによって面指示とし、吊上げ時の安定を図った。結果、吊上げ時に桁と受梁のずれが生じることなく、安定して吊り上げることができた。

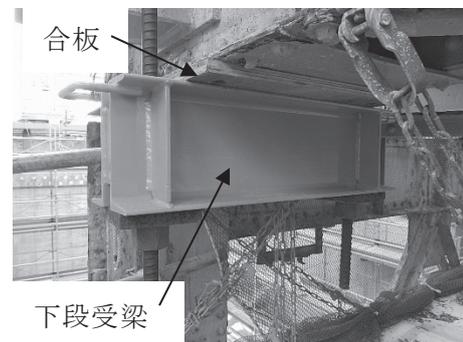


図-8 吊装置下段受梁合板設置状況

3-3 高さ調整材の使用

P1作業構台に引き戻したトラス桁はサンドル材にて仮受けする手順となる。サンドル材とトラス桁の隙間は薄ベニア等の木材で調整するケースが多いが、トラス桁を安定した状態で切断・撤去していかなければならないことから、隙間には薄型ジャッキの高さ調整材“ユニブロック (60t用)”を使用した。小部材の切断除去にともなって仮受けの支持力は刻々と変化していくが、インパクトレンチのみで容易に高さ調整が可能であることから効率的に安定状態を保持することができた。

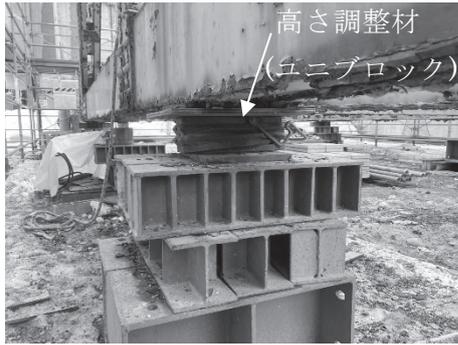


図-9 吊装置下段受梁合板設置状況

3-4 ベント設備の傾き計測

ダブルガーダーを設置するために組み立てたベント設備4基の傾き具合を、桁撤去時にチェックする必要があった。そこでベント設備4基にそれぞれ傾斜計を設置した。傾斜計は、X軸、Y軸の2方向の傾き具合の計測を毎分単位で計測することができ、スマートフォンと連携させることにより、常に数値をチェックしながら作業を進めることができた。数値の現場限界値は50mmと定めたが、施工中の計測値は0.9mmから33mmの範囲で変動し、限界値を超えることなく作業を終えることができた。



図-10 ベント傾斜計

3-5 撤去時のトラス桁のたわみ測定

前述の問題点③で記載したとおり、トラス桁は発生する応力を各上・下弦材、斜材、垂直材で分散させ、支承部分で反力を受け持つ構造である。そのため部材の一部を撤去することにより構造の不安定化を招く恐れがあった。また、トラス桁を部材ごとに撤去するにあたり、自重による応力の分散が変動することでたわみが発生し、桁切断時に桁が跳ね上がってしまうことも懸念された。本

撤去案を発注者に提案した際にも上記が懸念事項である旨を協議し、撤去時における段階的なたわみ量を設計コンサルタントにて算出、その結果を基に現場で管理した。たわみ計測の方法としては、光波でトラス桁の垂直材の高さを測定し、両端の測定値からたわみ量を計算した。経時的に垂直材の高さを測定するために、レーザーを反射させるプリズムシートを全垂直材の下端から1400mmの位置へ事前に貼り付けた。光波は新橋A2橋台の上に据え付け、桁の各部材を撤去するごとに測定を行った。設計コンサルタントが算出した各ステップのたわみの計算値と実測値を比較し撤去作業を行った。1ブロック撤去後の最大たわみの計算値は16mmであったが、実際の測定値は18mmであり、大きな誤差が生じることはなかった。各ブロック撤去後の実測値も計算値と大きな誤差が生じることなく、撤去作業を終えることができた。



図-11 トラス桁撤去状況

4. おわりに

本工事は開通から約70年が経過している旧湯渡戸橋の劣化状況の調査から始まった。劣化状況もさることながら、上路式トラス桁の撤去方法としては実績が少ないダブルガーダーを使用しての主桁撤去作業であったが、撤去方法の検討および撤去時における対策により計画通り施工を完了し、無事故で工事を完了することができた。今回の工事に携わって頂いた各関係者および円滑に施工ができる用ご協力いただいた地元の皆様はこの場を借りてお礼を申し上げますとともに、本稿が今後の同種工事の参考となれば幸いです。

23 施工計画

上下部剛構造の張出架設および桁閉合

日本橋梁建設土木施工管理技士会

宮地エンジニアリング株式会社

監理技術者

計画担当

計画担当

下澤 誠 二〇

稲田 博 史

井崎 茜

1. はじめに

本工事は、首都圏中央連絡自動車道のうち久喜白岡JCT～大栄JCTの4車線化事業において稲敷東IC～神崎ICに位置する利根川橋の上部工事である。橋梁形式は鋼10径間連続細幅箱桁橋で、橋長886.0m、幅員10.0m、架設工法は河川内の3径間はクレーン台船による張出架設工法、それ以外はクレーンベント工法で施工し、左岸側、右岸側の県道、国道上の桁は夜間通行止め規制を実施してクレーンによる落とし込み架設を行った。

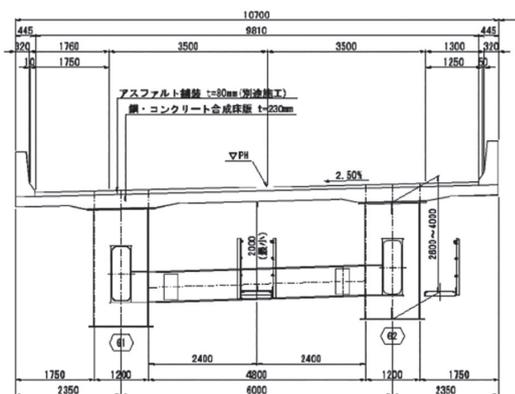


図-1

本稿では河川内の上下部剛結部の施工とクレーン台船による張出架設および桁閉合における施工上の課題とその対策について述べる。

工事概要

- (1) 工事名：R3圏央道利根川橋上部工事
- (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：茨城県稲敷市河内町～
千葉県香取郡神崎町
- (4) 工期：自) 2022年3月18日
至) 2025年3月29日
- (5) 架設方法：片持ち架設工法（河川内）

2. 橋梁の特徴

本橋梁の構造的な特徴は、鋼10径間連続細幅箱桁橋のうち、中央部に位置するP57～P60の4橋脚で上部工と下部工を剛結する構造が採用されているという点が挙げられる。剛結のラーメン形式とすることで、橋梁全体構造系での耐震性の向上やたわみの抑制による騒音・振動の低減、また支承の省略によるメンテナンスの省力化が図れると

上下部剛結構造

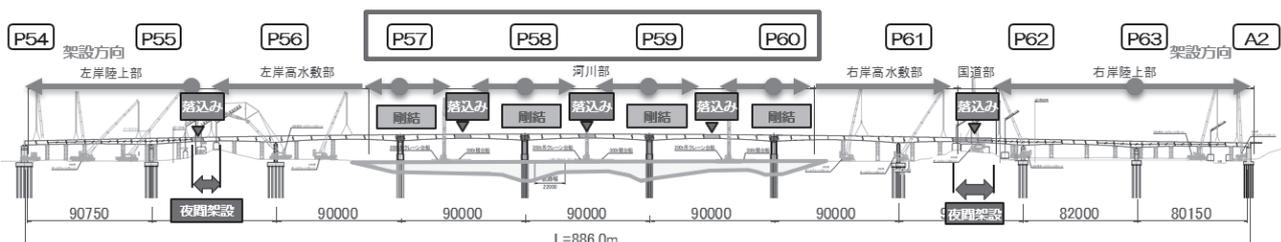


図-2

いうメリットがある（図-1～3）。

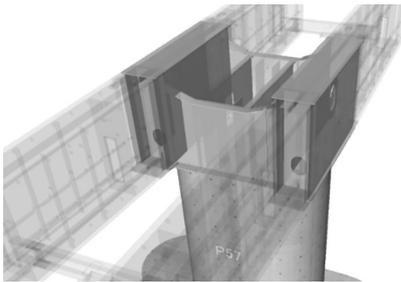


図-3

3. 施工における課題

河川内でのクレーン作業は非出水期施工（11月～5月）となり、水切り栈橋、コンクリート打設用栈橋の組立・解体、剛結部の架設、剛結コンクリート打設、桁の張出架設および合成床版の架設が該当する。この河川内での施工を非出水期施工期間内で確実に完了させるため、以下の3点を課題として挙げ、それに対する対策を実施することとした。

- ① 剛結ブロックの架設精度の確保
- ② 剛結コンクリートの品質確保
- ③ 落とし込みブロックの確実な閉合

4. 課題に対する対応策・工夫等

4-1 剛結ブロックの架設精度の確保

剛結ブロックは張出架設時の起点となるため、その据付けは特に高い精度が求められる。そのため、剛結ブロックの据付け時は橋梁桁変位自動計測システムを用いて設計値と実測値を確認しながら据え付けることで、人的なミスを排除するとともに高さ方向と橋軸方向、橋軸直角方向の3方向を1台のジャッキ調整できる3軸ジャッキを4箇所仮受け位置で使用し、より効率よく位置調整を行うこととした（図-4）。据付け時の計測は、剛結ブロックの主桁天端の4点で行い、計測管理画面には水平方向と高さ方向の計画値と実測値、目標調整量を表示させ、調整量を確認しながら据付けを行った。

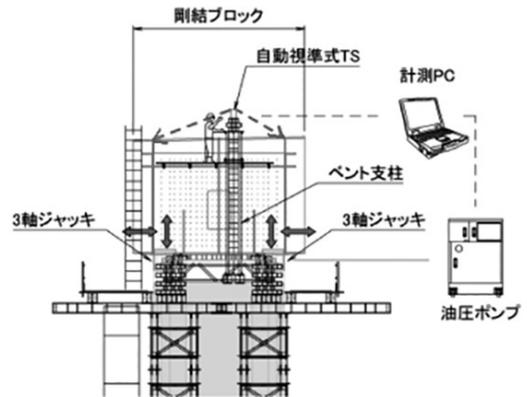


図-4



図-5

剛結部の横桁ブロックは橋脚天端にて4点で仮受けすることが可能であったが、主桁ブロックの仮受け位置は橋脚躯体の外側に位置していたため、橋脚基部の頂版コンクリート上から橋脚を囲うようにベント設備を設置することで主桁ブロックを2点で仮受けできる構造とした（図-5）。架設は横桁ブロックを先行して橋脚上に架設後、両側の主桁ブロックを架設する手順で行った。コンクリート打設時に剛結ブロックが動くことがないように、橋脚上の架台は橋脚天端とアンカーボルトで固定し、主桁ブロックはベント設備からラッシング固定を行った。

4-2 剛結コンクリートの品質確保

剛結ブロック架設後、横桁天端までコンクリートを打設して上部工と下部工を一体化させるという施工手順になるが、施工時期が冬季となるとともに打設するコンクリートはマスコンクリートに分類されるため、温度応力によるひび割れが懸念される。本工事では横桁も含めた実際の剛結モデルを作成し、使用するコンクリート配合と施工時期の気温を考慮して温度ひび割れ評価のための温

度応力解析を実施した。その結果、以下の2点のひび割れ防止対策を行うこととした。

- ① 剛結コンクリートは「躯体部」と「充填部」の2分割打設とする（図-6）。
- ② 躯体コンクリートの型枠側面をシート養生し、養生期間を7日、型枠存置期間を15日確保する。

また、2回目に打設する充填コンクリートについては表面のひび割れ防止対策として膨張材を添加することとした。

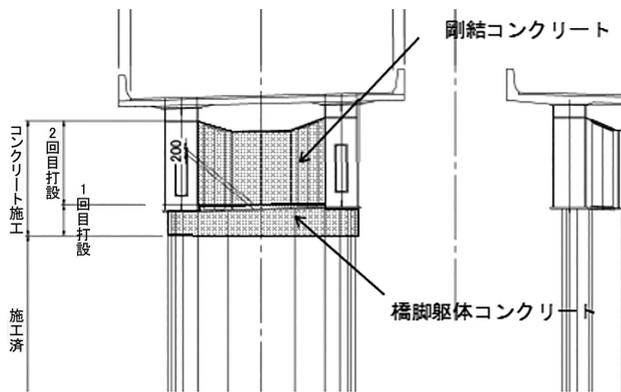


図-6

剛結コンクリートは陸上部からの配管打設となるが、河川内に設置したコンクリート打設用栈橋上に配管し、両岸からコンクリートポンプ車にて打設を行った（図-7）。



図-7

1回目に打設する躯体コンクリートは主桁下フランジに接する構造となり、コンクリートの充填を直接目視で確認できないため、型枠に空気抜き孔を設け、空気抜き孔からコンクリートが溢れることを目視確認することでフランジ下面まで確実に充填されていることを確認した。2回目に打設する横桁内のコンクリートは高さが約3mとなるため、横桁内にコンクリート打設用の作業足場を

設け、作業員が無理な体制で作業することのないよう配慮した。

4-3 落とし込みブロックの確実な閉合

本工事での張出架設は、一般的なクレーンベント工法とは異なり河川内での架設となるため、たわみ分の上げ越しや仮設支保工等でキャンバー調整を行うことができない。非出水期の限られた施工期間中で確実に桁を閉合させるため、工場製作と現場施工の両面から対策を検討しておく必要があるが、本工事では以下の3つの対策を実施した。

(1) 閉合ブロックの製作反映

支間中央部で閉合する主桁ブロックは施工誤差を吸収するための「調整ブロック」としておき、下部工の基本測量後に主桁の部材長を決定、その後、剛結コンクリート打設後に剛結ブロック上で再度支間の測量を実施し、閉合ブロックの添接板のボルト孔位置を決定することとした。また、当初は添接部の遊間は0mmとなっていたが、確実にボルト添接を行うため20mmの遊間を設けるとともに、添接部のボルト孔は全て拡大孔（φ26.5）にすることとした。

(2) 張出架設時のたわみ量の管理

張出架設時は鋼重によるたわみが発生するが、橋脚中心からの張出長は約39m（3ブロック張出）となる。今回、剛結ブロック据付時と同様に橋梁桁変位自動計測システムを用いてたわみ量を計測し、事前のステップ解析により算出した計画たわみ量との差を確認しながら架設を進めた。

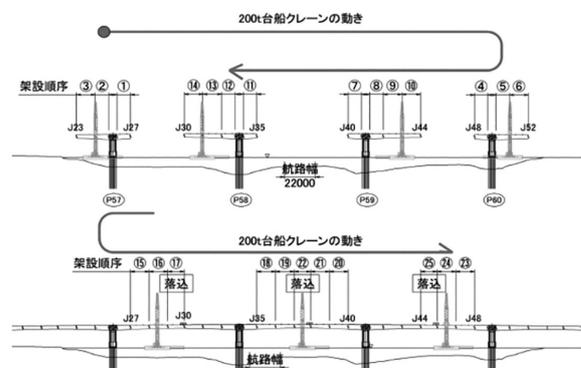


図-8

張出部の架設は剛結コンクリートの硬化後（2024年1月中旬）から開始し、架設は船舶の航

路幅22mを確保しながら200t吊クレーン台船にて行った。架設ブロックは架設ステップに合わせて製作工場から海上輸送した（図-8・9）。



図-9

(3) 閉合手順と引き込み設備

主桁の閉合ステップを図-10に示す。

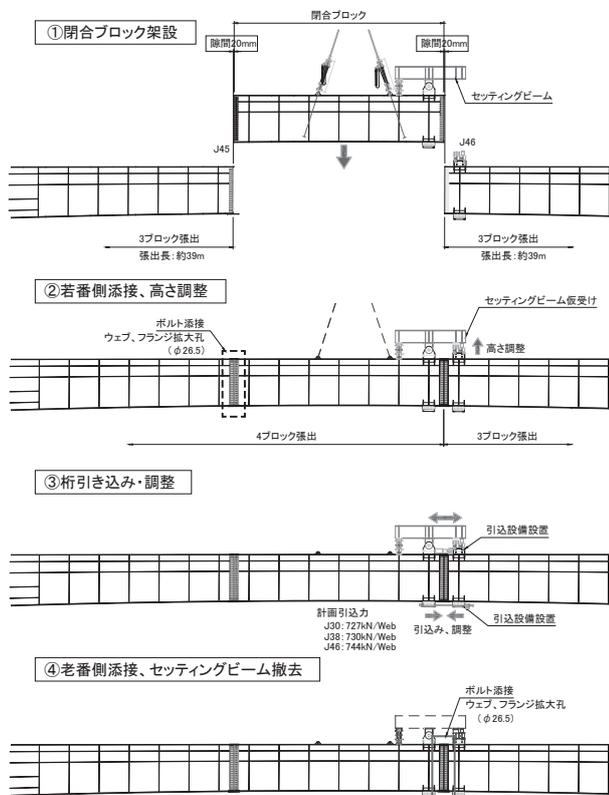


図-10

閉合ブロック架設時は先行して若番側の高力ボルト添接を行い、老番側はセッティングビームで仮受けして高さ調整を行う。その後、上下のフランジに設けた引込設備（センターホール型油圧ジャッキでPC鋼棒を引き込む構造（図-11）にて事前に解析で算出した断面力を目安に軸力を導入し、仕口角度が合ったところで高力ボルト添接を行うことでモーメント連結する手順とした。

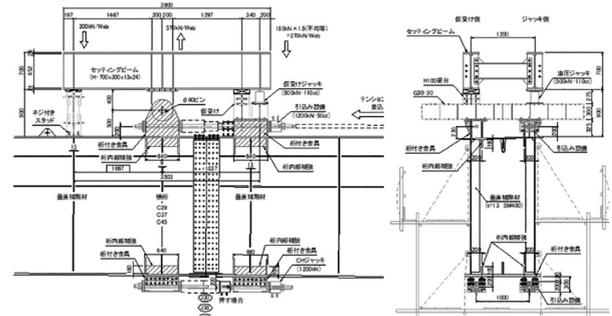


図-11

閉合ブロック架設時は事前に遊間を確認して落し込みが可能かどうか確認するとともに、設計の基準温度である20℃に近い時間帯で架設を行った（図-12）。

以上の対策を実施することで、天候不良による桁輸送の遅れはあったものの、2024年4月下旬に桁を閉合することができた。



図-12

4. おわりに

本工事は上下部一体となった剛結構造からのクレーン台船により張出架設を行い、閉合ブロックをモーメント連結するという特殊な架設方法であったが、事前に課題を抽出して工場製作段階から対策を実施し、施工段階でも架設精度を確保することで非出水期内に無事に架設を終えることができた。

最後に本工事を施工するにあたりご指導いただきました常総国道事務所関係者の皆様、ならびに協力会社の皆様に深く感謝し、紙面をお借りしてお礼を申し上げます。

24 施工計画

ケーブルクレーン PCT 直吊り工法について

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
澁谷 大輔

1. はじめに

西普天間住宅地区土地区画整理事業は、嘉手納飛行場以南の駐留米軍用地の返還計画に先駆けて、跡地利用の先行モデルとして、沖縄に潜在する発展の可能性を最大限に引き出すとともに、後追いで返還される跡地利用をけん引することを目的に進められている。西普天間橋梁は西普天間住宅地区の幹線道路西普天間線の構造物として計画され、地区内の貴重な自然地形「イシジャー緑

地」を保全するため、中間橋脚を省略できる下路式アーチ構造が採用された。本稿では、ケーブルエレクション PCT 工法を用いた鋼桁架設について報告する。図-1 に架設計画図を示す。

工事概要

- (1) 工事名：西普天間橋梁上部工工事
- (2) 発注者：宜野湾市建設部市街地整備課
- (3) 工事場所：沖縄県宜野湾市西普天間住宅地区
- (4) 工期：令和3年3月11日～令和6年1月31日

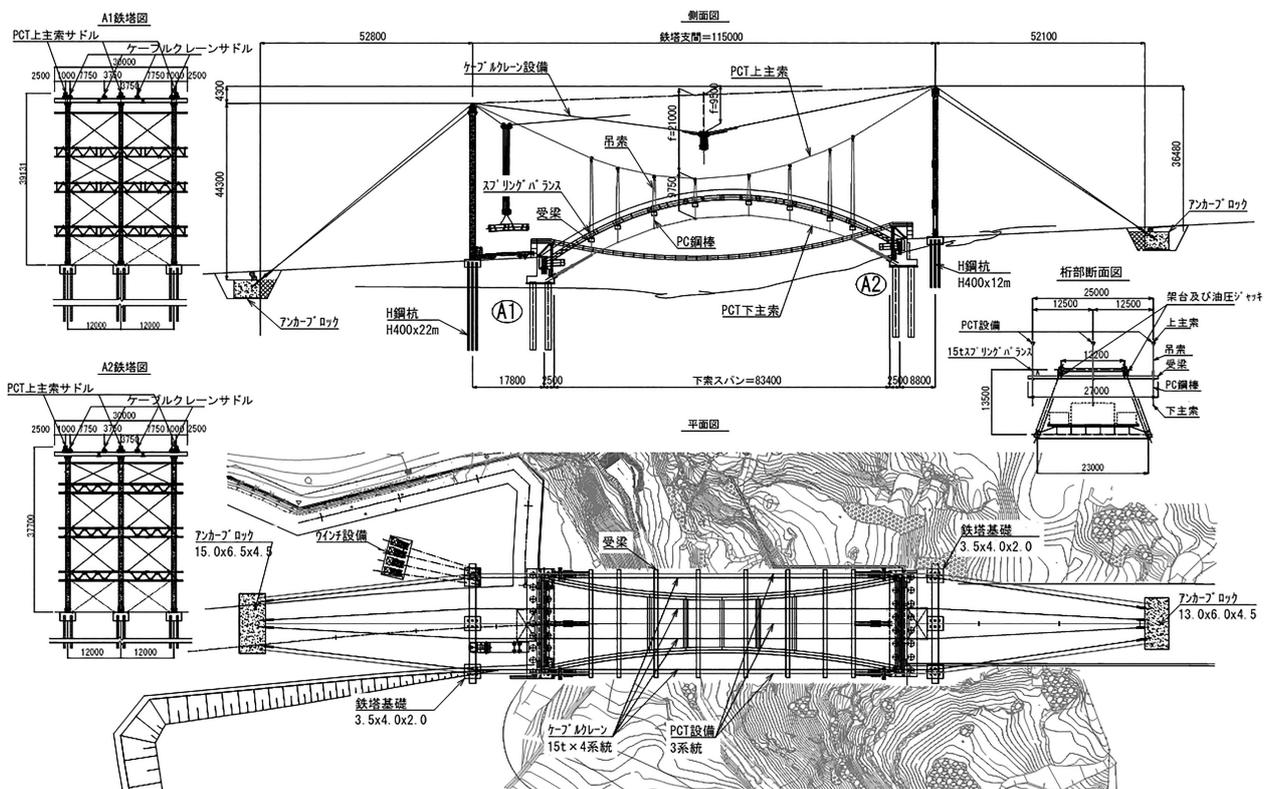


図-1 架設計画図

- (5) 構造形式：バスケットハンドル型ニールセンサーゼ橋

2. 現場における課題

本橋はアーチリブが全断面溶接であることから、架設完了時（溶接施工前）にアーチリブを無応力で支持することが必要であった。斜吊り工法では、アーチ軸方向に応力が生じるため、アーチリブを受梁用いて支持する直吊り工法で架設を行なった。

また、アーチリブの構造形式が隅角部の幅員23mから頂部では幅員13.2mと大きく変化するバスケットハンドル型のため、受梁の長さが27mとなり、両端と中央で吊り下げる必要があった。

補剛桁の架設においては谷底が浅く、架設用ステージを作る場所がなかったため、アーチリブから吊り下げて架設する方法を採用した。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

1) 鉄塔およびケーブルクレーン設備

ケーブルクレーン設備は鉄塔幅を24mとし、橋軸直角方向への部材の調整や引込を考慮して4系統とした。また、PCT上主索はアーチリブを支持する受梁を両端と中央の3点で吊り下げるため3系統とした。鉄塔の塔頂梁中央にかかるケーブルクレーン反力とPCT上主索の反力の合計は3200kNにおよぶため、鉄塔の柱本数は許容耐力の関係から中央に柱を追加して3本柱とした。

鉄塔基礎はH鋼杭を採用し、ダウンザホールハ

ンマー工法で打設したが、撤去を考慮して砂充填工法としたことにより、架設施工途中に沈下するリスクが否めないため、杭全数をバイプロハンマによる動的支持力換算式を用いた支持力確認を行った。

橋体重量全体を支えるアンカー設備はコンクリートブロックとした。ブロック前面の土質の周摩擦係数を決定するために事前にボーリング調査を行ったが、前面の土質は一様に沖縄固有の琉球石灰岩層で多孔質な不安定層であることが判った。そのため、降雨時は地下水位の上昇も予想されたため、ブロックの大きさは浮力を考慮して決定した。また、架設の進捗による経時的な動きをモニタリングできるように傾斜計を設置した。

2) PCT設備

PCT設備とは一般的な直吊り工法に下主索を追加し、図-2のように上主索と下主索を吊索で引き合うことで受梁を固定する設備である。吊索にはスプリングバランスと呼ばれるバネ構造の機器を設置し、架設時の反力に対して、各支持点の吊索が変位と張力のバランスを保ちながら、安定して架設を進めることが出来る。

PCT設備の特徴は下主索と受梁を利用して、PC鋼棒を引込むことで吊索に張力を導入し、通常のケーブルクレーン直吊工法でアーチ部材を架設完了したときに等しい状態を作ることである。これによる長所として、架設前に鉄塔やアンカー

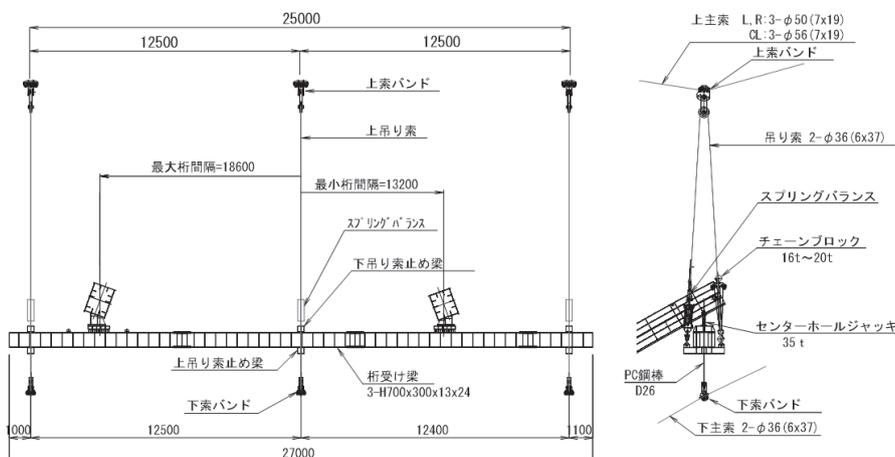


図-2 PCT設備図



を含めた設備全体の安全性を確かめることができること、また架設途中においては、あらかじめ吊索に張力を導入することから、ステップ毎の受梁の変位が少なくなり、架設時の安定性が非常に高いことが挙げられる。

アーチリブ架設完了時の形状管理は、アーチ部材の高さとスプリングバランスが示す反力で確認する。現場ではアーチ部材の高さは受梁の高さが基準となることから、吊索に張力を導入しながら受梁の高さを調整した。図-2に示すように受梁の高さはプリズムを使用し、アーチ部材の架設ステップ毎に計測が可能ないように受梁の底面に設置した。

PCT設備への張力導入は下主索と吊索により行う。まず上主索は、所定のサグ量となるようにアンカーブロック側で引込み固定した後に受梁の直上となる位置にバンドを取り付ける。次に①図-3のように下主索の張力調整は調整装置と油圧ジャッキを使用して行い、②図-4のように吊索

の張力調整は受梁の止め梁を反力にしてセンターホールジャッキでPC鋼棒を引込むことで張力を導入した。

吊索の張力は設置したスプリングバランスの目盛りから読み取ることができ、現場では①と②の作業を3回程度繰り返すことで受梁高さや吊索の張力を調整した。図-5にPCT設備組立完了を示す。

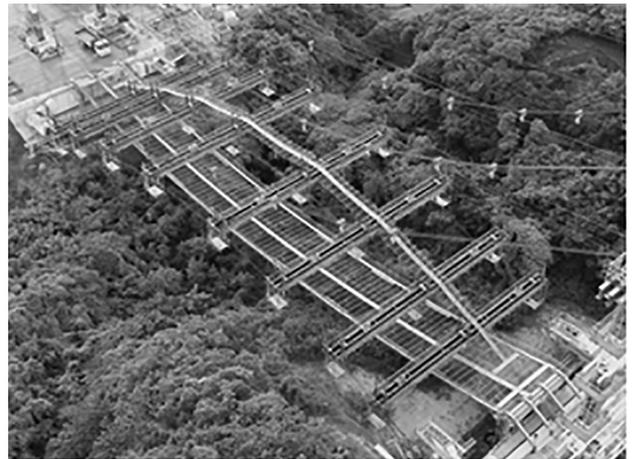


図-5 PCT設備完了

3) 架設時の管理

架設時の形状管理については解析結果と実測との対比を行った。全8カ所ある受梁のうち、起点側より2箇所目と5箇所目について、各ステップの受梁の高さとスプリングバランスが示す反力をまとめた。尚、図-6に架設部材のステップを、図-7に受梁の高さ、図-8に吊索の張力を示す。

アーチ部材は全11の架設行程からなり、PCT設備に影響する架設部材はステップ3からとなる。現場は架設開始からアーチ閉合前まで途中段階での設備の調整は行わずに架設を進めた。

図-7が示す値から着目すべき点は、ステップ③や⑥の部材を架設した時に受梁2の変位量が少ないことである。通常の直吊り設備では下索が無い場合このように受梁が安定を保つことができない。これがPCT設備全体の安定性を示している。ステップ毎の実測値は設計値との大きな差異がないことから、PCT設備の調整段階においてアーチリブ架設完了時の再現ができていたと考えられる。また、スプリングバランスが示す吊索の張力についても設計値との差異が同じ幅で推移してお



図-3 下索張力調整状況



図-4 吊索張力調整状況

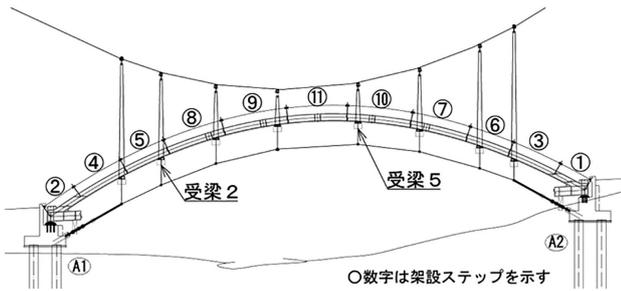


図-6 架設ステップ

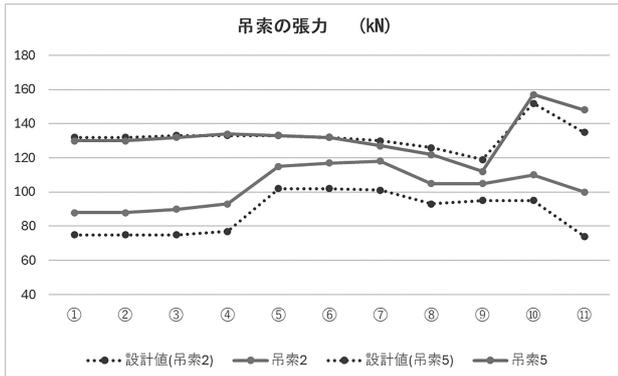


図-7 受梁の高さ対比表

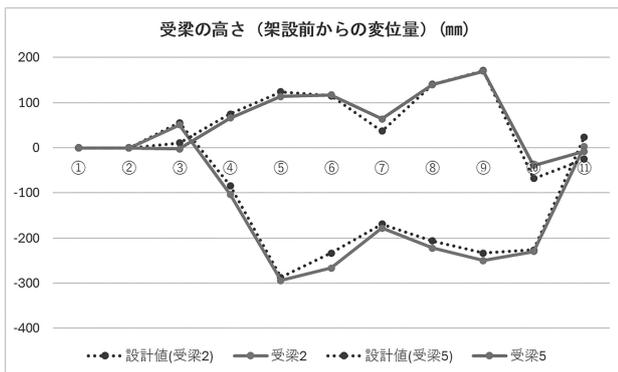


図-8 吊索の張力対比表

り、解析通りの結果が得られていた。アーチ閉合前には吊索5で先端の上げ越し調整を行ったが、その結果が表に反映されている。

4) 補剛桁・他二次部材の架設

アーチリブ架設完了後、補剛桁を含めたその他の部材については、PCT設備解体後に行った。橋体直下には架設用のステージを吊り下げられるような作業スペースがなかったため、部材は全て架設地点で直接アーチリブより吊り下げの方法とした。

部材の架設順序は①横桁②縦桁③横構④補剛桁である。横桁についてはアーチリブから吊り下げるため、地組立てを行ってから架設した。地組後

の横桁幅は18mあり、バスケットハンドル型のアーチリブの桁間よりも広いため、架設途中で吊り替え作業を行った。縦桁は横桁間隔を保持する程度に本数を減らして架設を行い、補剛桁は吊り下げられた横桁に対して、横から払い込むような形で架設を行なった。全ての部材がアーチリブ本体より直接吊り下げられた状態で架設が進められるため、足場設備は慎重に検討する必要があった。

4. おわりに

今回の架設工法であるケーブルクレーンPCT直吊り工法は、あたかも空中に支保工を設けたような設備であり、受梁上でジャッキ操作ができるほど非常に安定していた。実際にアーチリブの架設途中で台風の接近を伴ったが、桁を受梁にラッシングすることで台風養生とし、災難を逃れることができた。通常のケーブルエレクション設備では台風養生として、耐風索等のワイヤー設備等を用意する必要があるが、PCT設備においてはそのような設備は一概には言えないが必要なく感じられた。

本現場はケーブルエレクションPCT工法という大変希少な架設工法であったため、多方面からの注目を集めていたと同時に、多くの方々に現場施工状況を見学いただいた。図-9に完成写真を示し、本橋が宜野湾市のランドマークとして将来にわたり愛されることを願います。

最後に、本橋の施工にあたりご指導を賜りました宜野湾市市街地整備課の皆様、並びにご協力いただきました関係各位に深く感謝の意を表します。



図-9 完成写真

25 施工計画

狭あいな施工ヤードにおける鋼橋の架設

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

監理技術者

現場代理人

中村 信哉[○]

加藤 亮

1. はじめに

247号西知多道路は、中部国際空港と名古屋港および伊勢湾岸自動車道を連絡し、名古屋都市圏自動車専用道路網を形成することで、知多地域の交通混雑の緩和、更には知多半島道路と共に空港アクセスのダブルネットワーク化に寄与する道路で、そのうち、Hランプ橋は、伊勢湾岸自動車道を跨ぎ、名古屋高速道路と247号西知多道路を連絡する接続橋である（図-1）。

本工事で施工するH-1ランプ橋の施工ヤードは、Hランプ橋の最も起点側に位置する橋梁で、国道302号、名古屋高速道路、工場および架空線に囲まれ、非常に狭あいであった。PH1-PH2間は工場出入口があり、PH3-PH4間は隣接工区も工事用道路として供用していたためヤードの使用に大きな制限があった。

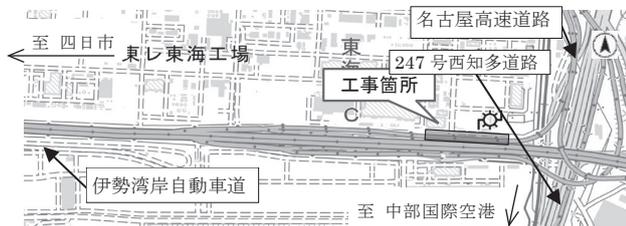


図-1 施工位置図

工事概要

- (1) 工事名：令和3年度 247号西知多道路 東海JCT・H-1ランプ橋鋼上部工事
- (2) 発注者：国土交通省 中部地方整備局

愛知国道事務所

- (3) 工事場所：愛知県東海市新宝町

- (4) 工期：自) 令和3年10月1日

至) 令和6年3月29日

施工範囲：工場製作工、工場製品輸送工、架設工、現場継手工、現場塗装工、床版工、橋梁付属物工、鋼橋足場等設置工

構造諸元：鋼4径間連続非合成少数鈹桁橋
主桁重量239t、合成床版1044㎡
橋長158.3m（図-2）

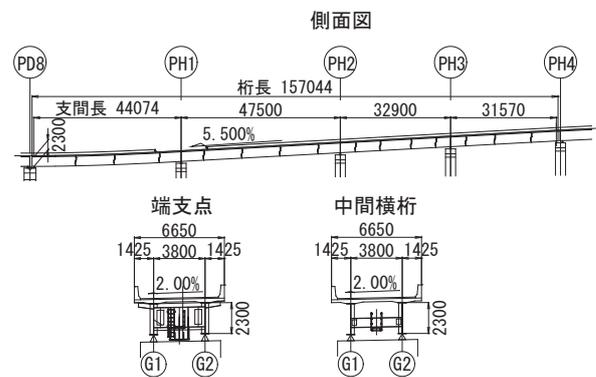


図-2 上部工一般図

2. 施工条件・課題

1) 施工条件

- ①施工ヤードは、国道302号、名古屋高速道路、伊勢湾岸自動車道、工場および歩道に囲まれており、歩道上空には架空線がある。
- ②新設橋梁は、供用中の名古屋高速道路と約3mの離隔でほぼ平行に隣接している。新設

橋梁が架設されると、使用できるヤードは、新設橋梁の両側約3mである。

- ③中央径間PH1-PH2間は、施工ヤードを分断して隣接工場の出入口がある(図-3)。

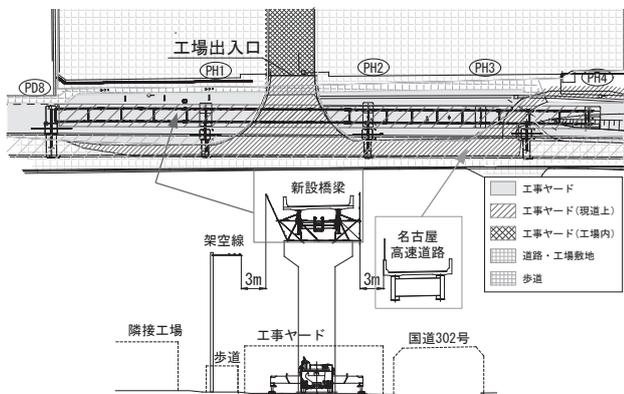


図-3 工事ヤード図

2) 施工における課題

- ①施工ヤードが狭あいであるため、クレーンの配置や架設順序はもとより、地組位置、搬入順序、資機材置き場に至るまで詳細な計画が必要であった。
- ②架空線や既設構造物との干渉や、荷ぶれによる施工ヤード外への越境を防止するために、施工時の安全対策が必要であった。
- ③現道上での施工は、夜間ごとにヤード内からクレーンを移動・組立・解体する。現道上へのクレーン配置時に、既設構造物との干渉の不具合が発覚した場合、再配置によるタイムロスによって、規制時間内に施工が完了できないことが懸念された。夜間の交通規制時間内に施工を完了させるために、架設手順と重機や資機材・車両の配置、タイムスケジュールについて詳細な検討が必要であった。

3. 3次元モデルおよびMR技術での検討

これらの課題に対して、通常の2次元CADモデルの作図検討に加えて、3次元モデルおよびMR技術(複合現実)による検討を行った。

- ①架設手順や桁・資機材配置の検討にあたり、3次元測量(点群データ取得)を行い、現地を再現した3次元モデル空間で比較検討を

行った。既設構造物と作業中のクレーンとの離隔を確認し、狭あいなヤードを効率的に使用できる計画とした。具体例として、次の2点を挙げる。

- [1] 端支点横桁PH4を架設する際の干渉を確認した結果、桁架設用360t吊クレーンではブームが橋脚に接触することが判明した。そこでPH4橋脚背面側から70t吊クレーンで架設する計画とした。狭あいであつ不陸があり限られたヤード内で、アウトリガの設置可否とともに、歩行者用通路の確保を確認した(図-4)。
- [2] 地組桁や合成床版パネルの配置は、搬入車両および架設用クレーンの位置を考慮し、架設済の新設橋梁と干渉がない位置とした。

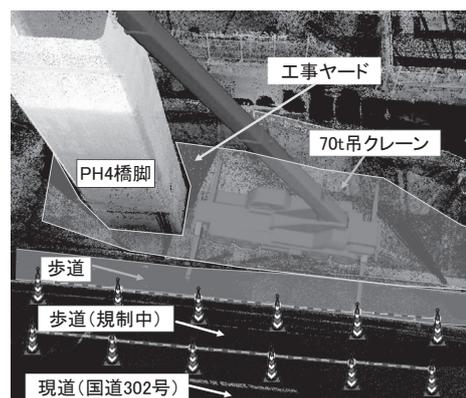


図-4 架設検討モデル図

- ②本橋梁は縦断勾配5.5%と大きいことから、名古屋高速道路との相対的な高さが変化するため、3次元モデル空間で位置関係を確認した。越境防止のため、クレーン架設時に巻き上げ高さ制限を設ける計画とした。
- ③現道上での夜間施工については、事前の干渉確認が困難なため、MR技術を活用して、現地で配置計画の妥当性を確認した。昼間のうちに現地で、可視化した重機モデルにより、配置や動線の確認を行った。特に立入が困難な現道上や工場内に、原寸大の重機モデルを配置することで、目視による配置の妥当性を検証できた(図-5)。



図-5 落とし込み架設時のMR再現状況

4. 施工時の安全対策

1) 架設桁の既設構造物への干渉、施工ヤード外への越境防止対策

3次元モデルでの検討から、名古屋高速道路への俯角の影響が大きいPH4橋脚上は、クレーン架設時の荷ぶれで架設桁が越境する恐れがあることがわかった。橋脚より10m以上巻き上げた場合、架設桁が俯角75°の範囲を侵すことから、2倍の安全率をとり、巻き上げ許容高さを橋脚から5m以下で旋回させ、横移動で所定位置に架設する手順とした。さらに架設桁の両端に介錯ロープ設置し、クレーン旋回や風圧による荷ぶれを抑えた(図-6)。

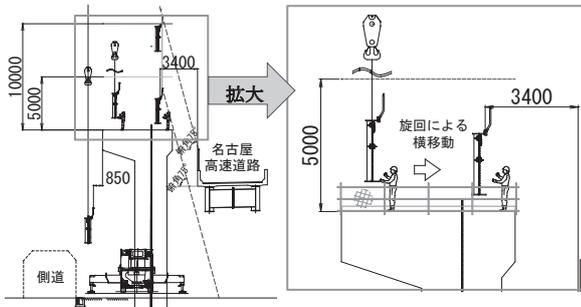


図-6 桁架設施工状況図

2) 架空線への安全対策

3次元モデル上で、地組、架設作業における架空線との離隔を検討した結果、荷ぶれで架空線および先行架設桁の足場に接触する危険性があった。そこで、設定エリア内に桁が侵入した場合、音と警告灯で周囲に知らせるレーザーバリアシステムを設置した。

3) PH3-PH4区間の足場構造の変更

3次元モデルで検討した結果、名古屋高速道路への俯角75°の範囲を侵すことがわかった。PH3-PH4区間の吊足場を直立型に構造変更を行うことで、名古屋高速道路の通行止めを回避した(図-7)。

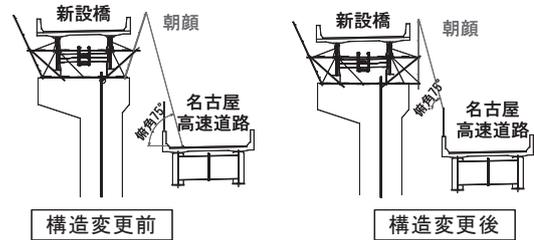


図-7 高速道路への俯角検討図(2次元モデル)

5. 施工計画

以下に、3次元モデルおよびMR技術により検討し、決定した施工計画を記載する。

1) 施工STEP

ヤードが狭あいでもクレーンの配置に制約が生じることから、端部側の桁から中央径間に向けて架設し、PH1-PH2間を落とし込む架設方法とした(図-8・9)。

STEP1. 架設順序①～④、⑥

端部側の桁(PD8-PH1、PH3-PH4)はクレーン架設とし、橋脚を山越して架設

STEP2. 架設順序⑤、⑦、⑧

先行桁に後続桁を連結。橋脚を山越してクレーン架設(現道上に配置した架設用クレーンは夜間規制の架設日ごとに、組立解体)。

STEP3. 架設順序⑨

中央径間(PH1-PH2)は、夜間規制の架設日ごとに、工場敷地内にクレーンを設置し、落とし込み架設

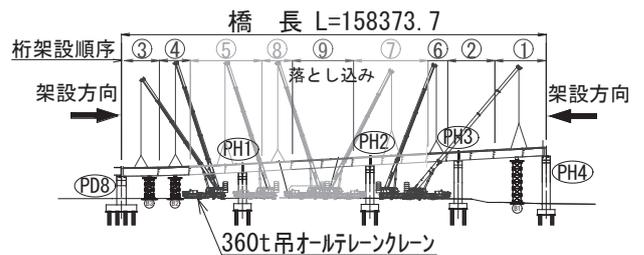


図-8 桁架設施工STEP図(側面図)

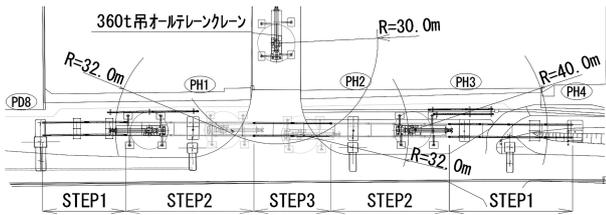


図-9 桁架設施工STEP図 (平面図)

※桁架設STEPに合わせて、合成床版・上部工検査路の架設も完了

2) 交通規制時のクレーン配置手順

現道上の架設時におけるクレーン配置手順は下記の通り行った。

- ①クレーンをブームのみ取り付けた状態 (構内移動姿勢) でヤード内に待機
- ②規制開始
- ③ヤード内から現道上に移動
- ④ウェイト組立、組立完了 (ウェイトは場内仮置きまたは場外から搬入)
- ⑤架設、架設完了
- ⑥ウェイト解体 (構内移動姿勢)
- ⑦現道上からヤード内に移動
- ⑧規制解除

クレーン配置および地組桁やウェイトの配置について、干渉や動線の検討を行った。また、架設順序に応じてウェイトの仮置き・搬入の検討をした (図-10)。これらより、現道上における架設時間を十分に確保できるタイムスケジュールとした。

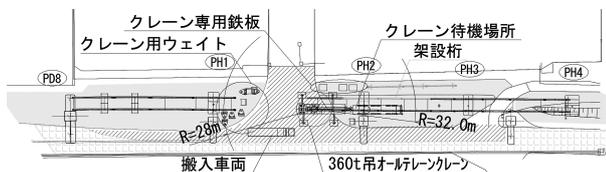


図-10 配置検討図 (PH2-PH3間架設時)

3) 落とし込み架設について

落とし込み桁は、モーメント連結 (桁連結部の仕口角度を一致させて連結する) するため、以下の検討を行った。

- ①桁の仕口形状を合わせるため、PD8-PH1の1径間側と、PH2-PH4の2径間側それぞれにおいて、桁・合成床版の死荷重載荷条件で

格子解析により、仕口角度およびたわみ角を算出し、落とし込み作業前の桁の計測管理を行った。

- ②架設STEPごとのそりの精度を確保するために、地組ブロックごとに本締を完了させる工程とした。1径間ごとにキャンバーを管理・調整した。
- ③桁落とし込み部の間隔や仕口角度は、架設当日と同条件の、同時刻に事前計測を実施し、数日間の計測により傾向を把握した。
- ④落とし込み桁のそり、仕口形状の調整を可能とするためのジャッキアップ・ダウン位置を2箇所設けた (ベント設備解体の工程を調整)。

6. 反省点・今後の展望

- 1) 狭あいなヤードを効率よく利用するため、3次元モデルおよびMR技術による検討を行った。既設構造物に非常に近接していたが、検討結果をもとに足場構造の変更や施工手順の決定をし、さらにレーザーバリアシステムによる安全対策を行うことで、無事故を達成した。
- 2) 次STEPで使用するため仮置きしていたクレーンのウェイトが、架設した桁の真下にきてしまい、ウェイト撤去が困難となった事象が発生した。3次元モデルでの検討に加え、時間軸も考慮した4次元CIMを活用した検討により、再発防止に努めたい。
- 3) MR技術を活用して、現場にてモデルの重ね合わせを行い施工手順の把握を行った。今後、現場臨場しながら重機配置をリアルタイムで修正を行い、その場で施工計画に反映できる手法を確立させたい。

7. おわりに

今後既設構造物が多く存在する狭あいな施工環境が増えていくことが想定される。本物件での施工方法や安全対策が、今後の工事において参考になれば幸いである。最後に本工事に携わった関係者の皆様に感謝いたします。

26 施工計画

BIM/CIM を用いた効率的な施工計画と 狭隘部盛土工事における省人化施工

宮崎県土木施工管理技士会
旭建設株式会社
土木部長
河野 義博

1. はじめに

この工事は、九州中央部を東西に結び九州の高速道路網の骨格をなす九州中央自動車道五ヶ瀬高千穂道路（延長9.2km）五ヶ瀬東インターチェンジ建設工事である。

工事の特徴として、工事着工当時、施工中の函渠工事業者と現場に隣接する土地所有者（林業者）による工事の始期と終期に制約がある状況の中で、現場の状況に応じICT技術など最新技術を用いた施工計画を立案し問題を解決できたことを述べる。

また追加工事として施工した残土処理場盛土工事についてもBIM/CIMモデルを用いた施工協議を行った事や盛土規制法に基づく施工についても併せて述べていく事とする。

工事概要

- (1) 工事名：宮崎218号室野地区改良工事
- (2) 発注者：国土交通省 延岡河川国道事務所
- (3) 工事場所：宮崎県西臼杵郡五ヶ瀬町三ヶ所

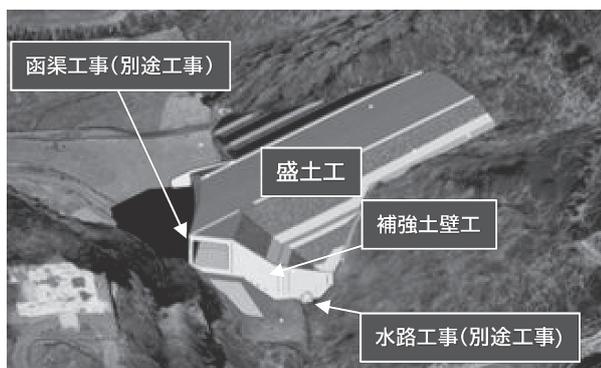


図-1 五ヶ瀬東IC完成予想図

(4) 工期：令和6年1月17日～10月25日

- (5) 主要工種
- | | |
|--------------|--------------------------|
| 路体盛土工 (ICT) | V = 8,000m ³ |
| 盛土法面整形 (ICT) | A = 100m ² |
| 補強土壁工 | A = 104m ² |
| 残土処理場盛土工 | V = 32,000m ³ |
| 排水工 | L = 140m |

2. 現場における問題点と課題

1 件目の問題点と課題を述べる。

工事受注直後は、図-1 五ヶ瀬東IC完成予想図に示す2件の先行する別途発注工事（水路工事と函渠工事）が施工中であり、これら先行する構造物工事が完了しないと盛土工事には着手できない状況だった。

この事から、発注者を交えた工程調整会議を行ったところ、我々が盛土工事に本格着工できるのは約半年後の8月からという事が判明した。

更に高速道路建設用地に隣接する土地所有者が11月初頭には買収予定地の立木伐採を開始しなければならないとの制約事項が判明し工期延期も不可能な状況で、これら条件をもとに施工可能日を整理した結果、当初計画していた延べ102日の工事期間が、8月1日から10月25日までの延べ84日間となる事が判明した。

工事概要に示すように、工事規模はさほど大きくなく、補強土壁施工エリアなどは5m×10mと非常に狭隘な施工ヤードしか取れず、このような環境の中、安易に土日など休日出勤の選択

はず、働き方改革に示す完全週休2日を確保しつつ当初計画との18日の差をいかにして解消するかが本件の課題となった。

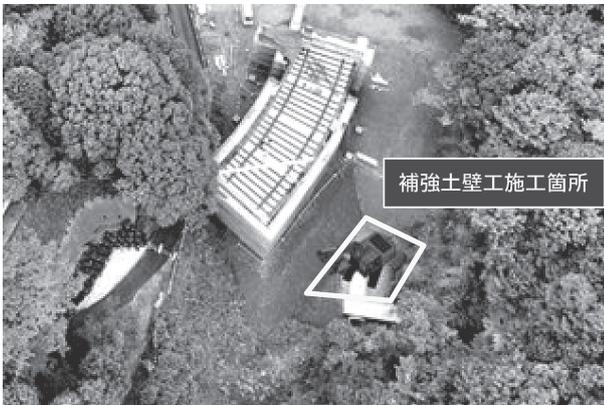


図-2 補強土壁工施工箇所 (狭隘部)

2件目の問題点と課題を述べる。

前述のように盛土工事に着手できるのは約半年後の8月となるため、それまで残土処理場整備工事を追加で施工することになった。

この施設は、複数社で利用している残土処理場で、他社が持ち込む土砂を利用して盛土施設を造成するものであるが、土砂供給スピードに対する残土処理場の盛土工や小段排水工・縦排水工の工程を考慮した施工計画立案が課題であった。

また、令和5年5月26日施行の盛土規制法に基づき安全な盛土体を構築するための施工計画立案も課題となった。

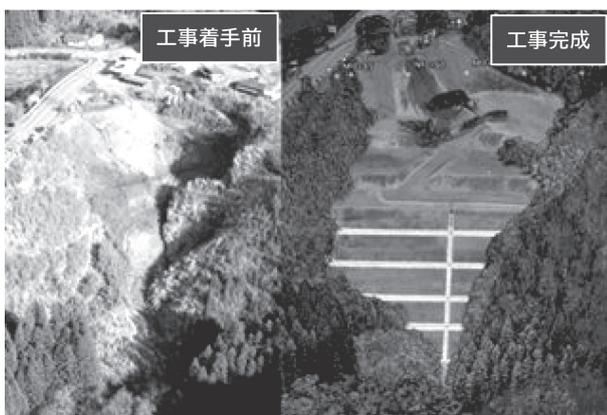


図-3 着工前・完成 (残土処理場)

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

現場における問題点と課題の順番と記述順序が前後するが、時系列順に2件目の問題点・課題へ

の対応策から先に述べる。

現場に搬入される日々の土量(600m³/日)という土砂供給工程に、樹木の伐採・処分、排水工などのクリティカルパス工程を重ねた結果、盛土作業や排水工の工程が土砂供給の工程に追いつかない状況となり日々の受け入れが困難になると予測された。

600m³/日という受け入れを可能にするためには、盛土全体の設計を見直し、時間を要する小段排水工や張コンクリートといった工種の不要部分を減じるとともに盛土形状もシンプルになるように検討を行った。

検討の手法は、UAVによる三次元測量を行い施工箇所全体の詳細な地形把握を速やかに実施し、計測データ解析と同時並行でBIM/CIMモデルや三次元設計データを制作し設計図書の見直しを行った。

その結果、図-4に示す囲みの範囲は、盛土厚がt=0~50cmと盛土厚が薄くなる事から脆弱な盛土体となりやすい範囲と考えられたため、設計から減じる事を発注者に提案した。

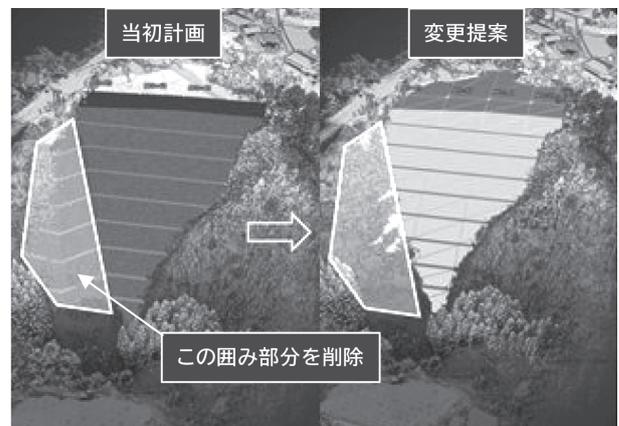


図-4 BIM/CIMモデル

この結果、以下の効果を得る事ができた。

- 排水工を225m削減 (45日短縮)
- 伐採及び処分量を約2,000m³削減 (15日短縮)
- 工事費の削減 (排水工・伐採工)
- 盛土量V=82,000m³→80,000m³と若干減ったが、4%程度の数量減に止まった。

次に令和5年5月26日施行の盛土規制法に基づく盛土の安全性の確保項目を以下に示す。

- 盛土材料の三軸圧縮試験を実施。
- 粘着力C=11.8KN/m² (10以上)

○内部摩擦角 $\phi = 38.6^\circ$ (30以上)

このデータを設計コンサルタントに提供し盛土全体の安定計算結果を確認。

○盛土全体の安全率 $1.98 > 1.20$ OK

○試験盛土及び現場密度試験実施 (33回)

○動態観測を日々実施。挙動監視を行った。

以上により、限られた期間内において効率的にかつ安全な盛土工事の施工を進める事ができた。

次に最初に挙げた1件目の問題点・課題への対応策を述べる。

課題点の整理として項目は以下。

○工事期間102日→84日 (18日間の短縮)

○補強土壁工及び函渠周りの裏込盛土工は狭隘な施工スペースでの効率的な施工方法立案。

以上2点の問題点・課題への対応策を述べる。

工期18日短縮に向けた実施事項

無人航空機搭載型レーザースキャナー起工測量を実施。※テラドローン社製LiDAR搭載

特徴は下の図-5の様に現場内に立ち並ぶ立木があってもその隙間を縫って地表面を計測できる。

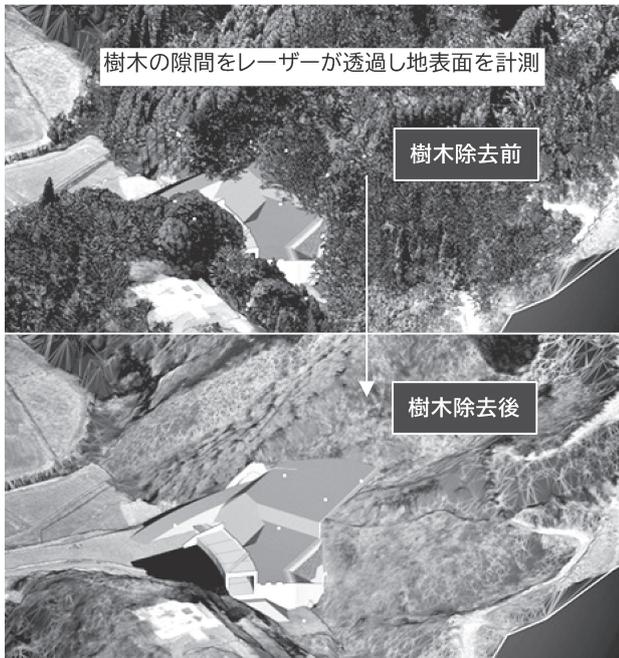


図-5 樹木透過状況

他社が施工している最中は倒木作業など危険を伴う作業に着手できないが、この計測技術を使用すると伐採せずとも起工測量を実施できる。

このため以下に示す日程の短縮が実現できた。

従来：伐採作業6日+産廃搬出4日=10日間

→空中写真起工測量・解析3日=計13日

※この日数はクリティカルパスとなる。

対策：無人航空機搭載型レーザースキャナー測量及び解析作業：3日 (クリティカルパス)

13日-3日=10日間短縮

※伐採・処分は自社補強土壁工と平行作業。

次に、狭隘な施工スペースでの効率的かつ安全な施工方法として、0.4m級チルトローテータ付きマシンコントロールバックホウを採用した事例を紹介する。

この機械は、 45° チルト、 360° ローテーション(回転)するアタッチメントを備えており、人間の手の様に可動する器用な重機だが、加えてマシンコントロール機能も備えた機械となっている。



図-6 チルトローテータバックホウ
(出典：コベルコ建機株HP)

盛土工事や床掘などの掘削作業において、施工面に正対しなければ正確な作業できなかった従来機とは違い、重機を移動しなくても図-7の写真の様に、バックホウバケットを施工面に平行にできるなど自由に角度を変えられるため、効率の良い施工が可能という優れものなのである。

端部作業などでは、手元作業員を必要とせずワンマン作業が可能で、人を介さない作業は安全性に加え効率面でも優れており、表-1に示すように、補強土壁工の施工効率が向上。『8日間』の工期短縮と起工測量の10日間と合わせ、完全週休2日を達成しつつ18日間の工期短縮に成功した。



図-7 擁壁床掘状況

表-1 従来機との所要日数比較表

作業内容 補強土壁工	所要日数	
	0.4mバックホウ(従来機)	0.4mチルトローテータバックホウ
床掘	丁張1.0/掘削0.7/残土0.3=2日	丁張0/掘削0.2/残土0.3=0.5日
基盤排水層	砕石撒き出し2日	砕石撒き出し1.5日
壁面材設置	3段30枚/10枚/日=3日	3段30枚/10枚/日=3日
補強盛土23層	盛土撒き出し0.75日/層 24層×0.75日/層=18日	盛土撒き出し0.5日/層 24層×0.5日/層=12日
集計	2+2+3+18=25日	0.5+1.5+3+12=17日
低減効果	工期を8日間短縮、39%削減効果	

また、図-8のように構造物に囲まれた狭隘な工事範囲という施工条件の中、補強土壁工の施工全般にわたりチルトローテータバックホウを活用し、『人を介さない作業』を意識的に実施した事で、表-2に示すように必要人員数72人→37人、35人減、48%の削減効果を確認。

省人化施工効果が数値で明確に表れる結果を得る事ができた。

ただし、手元作業員が全く必要なくなるというものではなく、構造物近接部は多少人の手を要する場面があった事は事実である。



図-8 補強土壁工におけるワンマン施工

表-2 省人化効果検証表

作業内容 補強土壁工	人員	
	0.4mバックホウ(従来機)	0.4mチルトローテータバックホウ
床掘	1.5日×2人=3人	0.5日×2人=1人
基盤排水層	2.0日×3人=6人	1.5日×2人=3人
壁面材設置	3日×3人=9人	3日×3人=9人
補強盛土23層	18日×3人=54人	12日×2人=24人
集計	3+6+9+54=72人	1+3+9+24=37人
低減効果	人員数を35人削減、48%削減効果	

4. おわりに

近年、国土交通省が推進するi-construction施

策により技術の進化は少しずつ進んでいるが、日々の業務に没頭する我々は、その進化の過程のど真ん中に居るため、大きな変化を感じる事は難しかったが、土木工事における生産性は確実に飛躍的に向上しているとこの論文を執筆しながら振り返る事ができた。

今回の工事では、BIM/CIMを使った効率的な施工計画の立案や変更提案、最新の建設機械を使用した生産性向上効果の検証を兼ねて工期短縮策として取り組む事ができ、これからの土木工事の更なる生産性向上の可能性を確認する事ができた。

その中でいくつか改善点を得たので以下に示す。

1つ目は、チルトローテータMCバックホウは、0.7m級の大型バックホウが良いという事である。チルトローテータバックホウは手先が器用に可動するため、本体はそれほど動き回る必要がない。

狭いエリアでの施工に適しているのも、大きいほうがより効率的であると感じた。

2つ目は、チルトローテータ標準装着バケットは、背面に横溝が5本あり、法面整形時に平滑仕上げがしにくい。またバケット深さが浅く非効率な点が挙げられるが、これはアタッチメント交換で容易に改善できるので次回に活かす事とする。

最後に、地元工業高校土木科の学生を招いた現場見学会では、将来チルトローテータバックホウの運転手になりたいという声があり、担い手確保にも効果的である事をお伝えして終わる事とする。



図-9 地元高校生の現場見学会

27 工程管理

トンネル坑口上部変状箇所における のり面補強対策工の設計方針について

無所属

大成エンジニアリング株式会社

施工管理部次長

幸山 一成〇

五洋建設株式会社

土木営業部主任

上野 淳

大成エンジニアリング株式会社

施工管理部課長代理

石野 法道

1. はじめに

当該工事は、東海環状自動車道東回り可児御嵩IC～土岐JCT間付加車線事業6.0kmのほぼ中央に位置している久々利第二トンネル（L=299m）と久々利第一トンネル（L=202m）のトンネル工事である。本工事は、供用路線の近傍でトンネル掘削を実施するため、供用トンネルへの影響を監視しながら施工する必要があった。坑口は急峻な地形に位置し、特に久々利第二トンネル終点側坑口（掘削開始側）は、偏土圧を受けやすい地形を呈しており（図-1）、トンネル掘削中における地山の変位が懸念されていたが、20m掘削した時点で坑口付近に急激な変位が発生した。幸い、供用

路線への影響は確認されなかったが、恒久的な
のり面安定対策が課題となり、本報文は、その際の
設計方針を示したものである。

工事概要

- (1) 工事名：東海環状自動車道
久々利第二TN他1TN工事
- (2) 発注者：中日本高速道路株式会社
名古屋支社
- (3) 工事場所：岐阜県可児市久々利
- (4) 工期：令和3年2月6日～
令和6年10月24日（変更予定）

2. 現場における問題点

久々利第二トンネルは、供用路線への影響を考

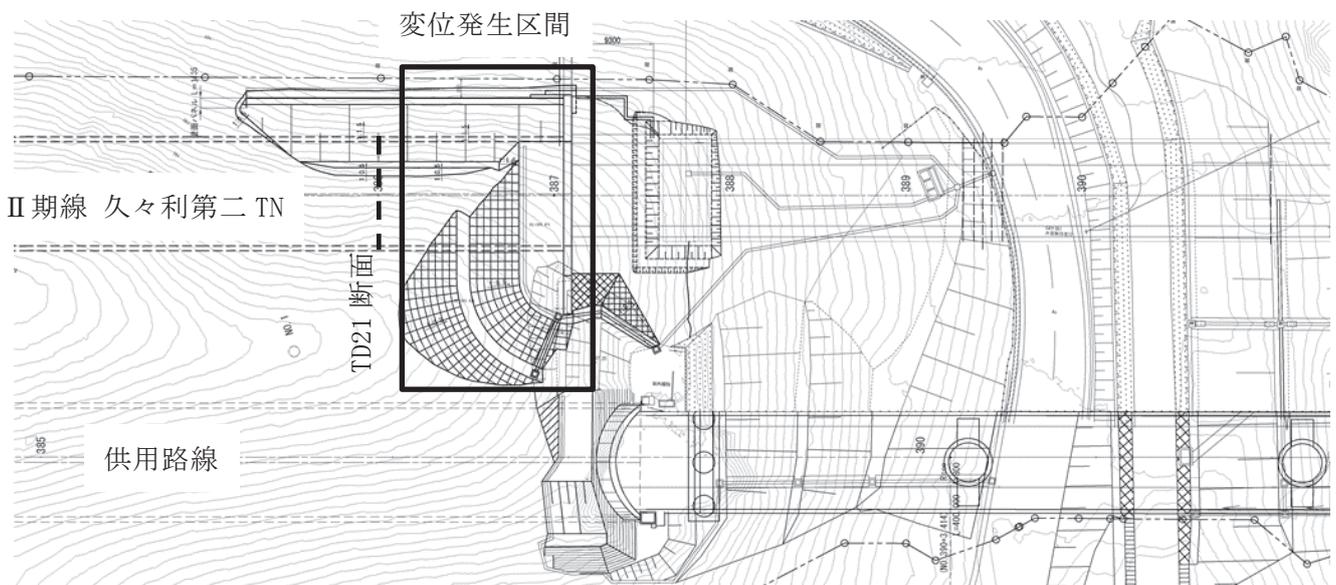


図-1 久々利第二トンネル平面図

慮し、坑口部のトンネル変位計測（A計測）の管理基準値を通常より厳しく定め、供用路線へ影響が出る前に対策を講じられる体制を構築した。しかし、掘削開始から僅か20m掘進した段階で坑口付近に急激な変位が発生し、半日（12時間）で管理基準値を突破した。

現場は、トンネル掘削を一時中止し、供用路線へ影響が出ないように対策工をⅡ期線トンネル側から計画・実施することにより、供用路線へ影響を出さずに偏圧地形部分を突破することが出来た。

ここで、今回発生した変位のメカニズムについて計測結果から推測、整理し、今後同じような変位が起こりうるのか、また、その際ののり面安定対策をどう設計するかが課題となった。

3. 変位事象の考察

今回の変位については、下記のとおり考察した。

- 1) トンネル坑口部は尾根部の風化が厚い部分が長雨に曝されたことにより間隙水圧が増していたと想定される。
- 2) トンネル掘削によるゆるみが発生した際に雨水の影響で岩片同士を接合する粘着層が流出し、トンネル上方の地山が割目からはく離する方向に土圧として作用していたと想定される。

これらのことから、想定外の土荷重がトンネル支保に作用し相対的に土被りが薄い谷側に応力が発生したと推定し、図-2に、計測結果から推測される荷重分布図を示す。

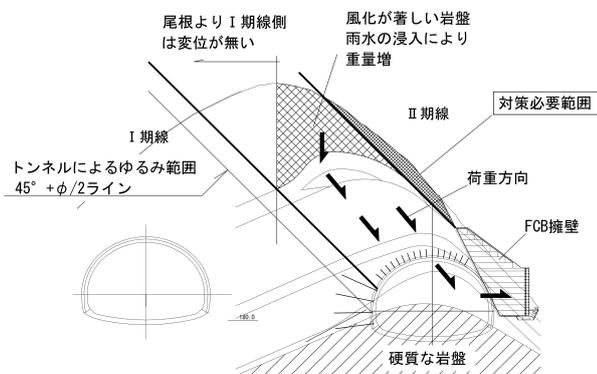


図-2 変位発生メカニズム図

図-2で示した想定ゆるみ範囲は、変状対策として実施したトンネル補助工法で受け持っている。

しかし、FCB擁壁上部のり面については過去の表層崩壊の形跡があったこと、トンネル変位が発生したこと、供用後の恒久的な安全確保及びのり面下の市道への安全確保を考慮し、のり面安定対策が必要と判断した。

そこで、のり面の変位とトンネル内空変位の関係性を整理し、トンネル内空変位が以下のいずれの影響に起因するのかを再度検証した。

1. トンネル掘削
2. 上部のり面
3. 1,2の複合同時の影響による動き
4. FCB擁壁単体の動き(1,2に関連していない)

検証期間は、①導坑拡幅開始から1次支保完成までと②1次支保完成5ヶ月後で行った。

①導坑拡幅開始から1次支保完成までの変位の挙動

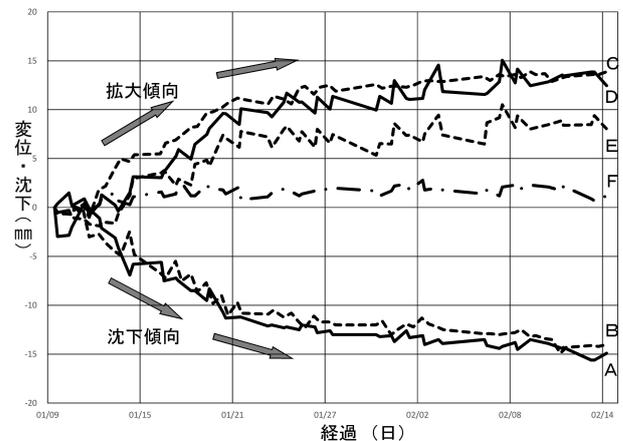


図-3 1次支保完成までの経時変化図

TD21断面（図-1参照）の経時変化図を図-3に示す。導坑拡幅時、トンネル坑内の天端沈下（A）と地表面沈下（B）は同様の挙動を示している。拡幅完了後2/14時点の沈下量も同様の値を示した。また、トンネル内空変位（C）と地表面変位（D）、FCB平面変位（E）は、同様の挙動を示しており、拡幅完了後2/14時点の変位量も同様の値を示していた。しかし、FCBの沈下（F）は発生していなかった。

平面変位が見られた箇所をFCBと地表面に分

けて確認すると 地表面変位は、地山尾根部からFCB側（谷側）に変位していることが確認された。

TD21断面において、トンネル中心上で7.1mm、FCB天端で12.7mmの変位量を確認した。坑内内空変位はFCB側上半のみ、8.2mm FCB側（谷側）に変位していた。

② 1次支保完成5ヶ月後の変位の挙動

TD21断面の経時変化図を図-4に示す。経時変化は計測誤差を含み、バラツキが大きい為、近似曲線で示した。久々利第二トンネルが貫通した4月10日以降、すべて横ばい（変位が無い）となり、トンネル坑内・地表面共に変位量は±5mm以内に収まっていることを確認した。

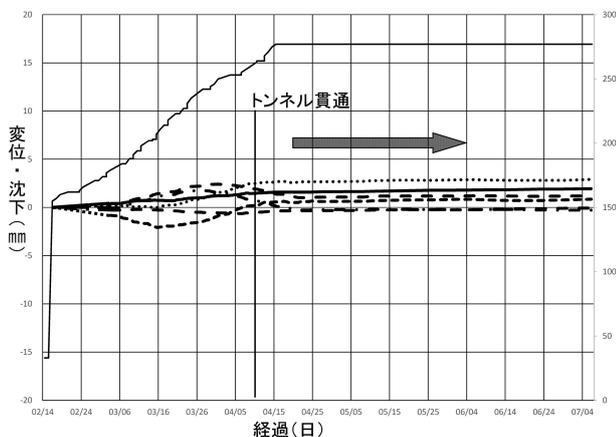


図-4 1次支保完成から5ヶ月の経時変化図

以上①、②より、導坑拡幅時は、トンネル掘削に伴う内空変位量と同量の変位が地表面、FCB擁壁に確認出来ることから、これらの変位はトンネル掘削の影響によりトンネル上部の地山（のり面）が谷側に動いたことによるものと推察できる。

導坑拡幅完了後の2月14日以降は、貫通した4月10日から影響を受けなくなっていることが図-4より確認出来る。これらより、変位はトンネル掘削の影響に起因して発生したといえる。また、貫通後、地山側からの変位を受けていないことから、今後変位が発生するリスクはかなり低いといえる。以上のことからトンネルの変位は収束し、今後、大規模な変位は発生しないと結論付けた。しかし、トンネル掘削で緩んだ範囲ののり面へはのり面補強は必要と判断した。

4. のり面安定対策の設計方針

久々利第二トンネルの終点側坑口は、建設のために設置した仮栈橋工がないと到達できない急峻な場所にある。なので、供用後、同じ場所に変位、変状が発生しても容易に対策工を講じることが不可能であり、それら現地特性を考慮する必要があった。下記に検討した内容を記す。

- 1) トンネル掘削でのり面が緩んだ範囲（表層から1m）を想定すべり線とし、安全率が「1」になるように想定C、 ϕ を逆解析から算出した。
- 2) 一般的な対策である吹付のり枠工（F-300 2m×2m）+鉄筋補強（L=2.0m）に対する安全率を算出した結果、安全率は、「1.12」となり、計画安全率「1.20」を満足する事が出来なかった。
- 3) 次に補強鉄筋3.0mで同様に算出した結果、安全率は「1.24」と計画安全率以上となった。
- 4) 新たに設置した傾斜計のボーリング結果から得られた地山の地質条件を基に補強鉄筋3.0mで再度算出した結果、安全率は、「1.07」と計画安全率を確保することが出来なかった。
- 5) 地山の地質条件から新たに想定すべり線（図-5）を設定し、計画安全率「1.20」を確保できるように安定計算を実施した結果、鉄筋補強5.0mで、表層から1mのゆるみに対する安全率は「1.48」となり、計画安全率「1.20」以上を確保することができた。

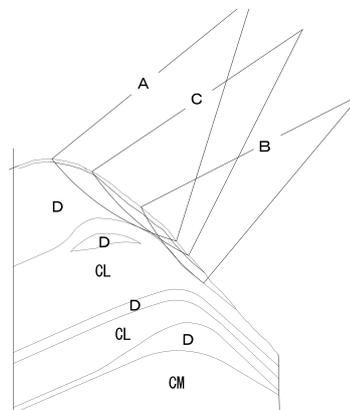


図-5 更なる安全確保の為に想定すべり線

これは、鉄筋補強2.0mの際の対策に対し、安全率が1.32倍向上したことになる。

計算結果を図-6の表内に示す。

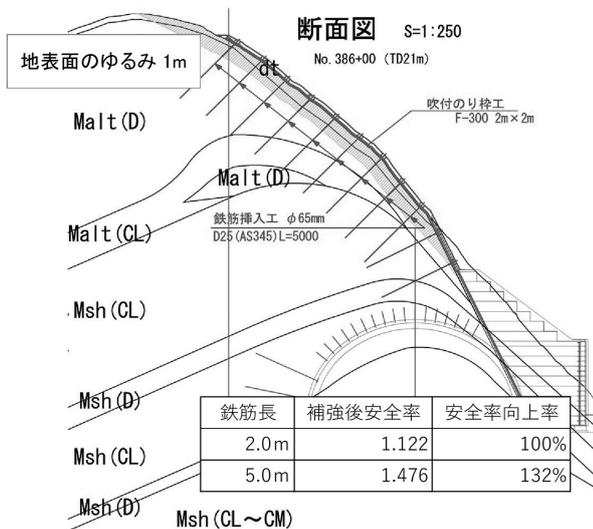


図-6 補強後安全率の比較

現地の条件等を踏まえ、のり面安定対策工は、吹付のり枠工 (F-300 2m×2m) + 鉄筋補 (L=5.0m) で設計する方針とした。

5. 現時点での評価と改善すべき点

久々利第二トンネルの変状は、偏圧地形を呈していることが事前に分かっていたにも関わらず、発注前に実施した調査ボーリング結果 (TD20m付近) のみを参考に設計し、坑口部の地山劣化を評価出来なかったことが今回の変位の要因の一つと考え、反省点と考える。通常であれば、偏圧地形対策としては、抱き擁壁 (コンクリート擁壁) が妥当であるが、ボーリング結果を用いてFEM解析を行った結果、偏土圧は発生しない。との結果であった為、掘削土量が抑えられるFCB擁壁としてしまった。ただ、トンネル施工中のA計測の管理基準値を下げていることで供用路線への影響がなかったことは不幸中の幸いであった。

今後同様な偏圧地形を呈している場合は、まず、抱き擁壁による設計を検討し、工程見直しを含め、早急に発注者と協議する必要があると考える。

また、今回検討したのり面安定対策工は、開通後の実施が困難であるため、通常より高めの安全

率を用いた設計とした。当初設計からこのような設計は出来ないが、何らかの変位が予測されているのであれば、地質調査を追加で実施し、標準計画 + a の計画提案を行い、対策工の安全率を向上させることにより、供用後の地山変位リスクが軽減されるのであれば、提案すべき案件であると考ええる。

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

以上

28 工程管理

配筋検査ツール「Modely」活用による 生産性の向上について

兵庫県土木施工管理技士会
株式会社新井組
森谷 光希[○]

東京土木施工管理技士会
株式会社新井組
伊東 瞳

1. はじめに

本工事は、すさみ串本道路（和歌山県東牟婁郡串本町サンゴ台～和歌山県西牟婁郡すさみ町江住 延長19.2km）のうち、串本町江田地先で橋梁下部工事及び、串本町田並地先で道路改良工事を施工する。工事内容は以下のとおり、江田地先ではP2橋脚1基（大口径深礎杭 ϕ 13.5m 深さH=26.0m）田並地先では場所打ち函渠（B1～B3ブロック及びウイング）を施工した。

工事概要

- (1) 工事名：すさみ串本道路江田川橋P2下部工事
- (2) 発注者：国土交通省 近畿地方整備局紀南河川国道事務所
- (3) 工事場所：和歌山県東牟婁郡串本町江田地先・田並地先
- (4) 工期：自）令和5年4月1日
至）令和6年6月15日



図-1 江田地先（橋梁下部工）完成全景



図-2 田並地先（道路改良）完成全景

2. 現場における課題・問題点

本工事の当初計画工程では、令和6年4月末に橋梁下部工の施工を完了する計画であったが、発注者より事業計画書上、令和6年3月末に施工を完了し、4月より上部工業者への引き渡しを指示された。これにより、橋梁下部工の計画工程を1ヶ月短縮する必要が発生した。また、道路改良と橋梁下部工の施工時期が重なるため、施工管理業務を限られた時間、人員で、生産性を向上させ、確実な施工管理をする必要があった。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

(1) 配筋検査ツール「Modely」の活用

施工管理業務の中で、時間、人員を要する配筋検査において、生産性を向上し確実な施工管理を実施すべく、3次元データを活用した配筋検査ツール「Modely」（NETIS：CB-230008-A）を

活用した。また、活用現場は、道路改良における場所打函渠工の鉄筋工とする。

1) 必要な機器

- ・ LIDAR機能を備えたiPadPro (1台) (インターネット環境必要)
- ・ 計測アプリScaniverse-3Scanner (ToolboxAI.Inc)

2) 機能一覧

① 配筋検査項目の自動検出

自動で検出できる検査項目は、鉄筋の本数、平均ピッチ寸法、最小かぶり厚、ラップ長、スパーサー個数等である。また、格子状、円周形状だけでなく、ダブル配筋も計測可能である。

② 検出結果の帳票出力機能

自動検出した検査項目を帳票として出力可能である。(PDFまたはExcel)

③ 発注者とのデータ共有

「Modely」は、発注者と点群データ、3次元モデル及び、帳票をクラウド上で共有可能である。

発注者とクラウドで共有することにより、現場臨場ではなく、机上での遠隔確認が可能となり、発注者の生産性も向上した。

④ 任意箇所へのコメント及び画像・設計図(PDF)のアップロード

3次元データの任意の箇所に写真やコメントを入れることが可能である。計測箇所の全景等を入れることにより、発注者との遠隔確認時、容易に測定箇所が判別できた。

⑤ 鉄筋間距離や、鉄筋かぶり厚の表示機能

鉄筋間隔及びかぶり厚を、どこかの点で計測しているかが表示され、全長からの平均間隔だけではなく、各々の間隔寸法を可視化できる。

3) 計測から数量算出・帳票化までの流れ

- ① Scaniverse-3Scannerにて、現地鉄筋を検測。(点群データを取得)
- ② 取得した点群データを「Modely」にて3

次元モデルへ変換。

- ③ 変換した3次元モデルより、本数・配筋平均間隔・最小かぶりを自動検出し帳票化
- ④ 3次元モデルと帳票をクラウド上で共有。

※計測時のポイント

- ・ 動画を撮るように、自身が動きながら、iPadは水平直角移動を意識。
- ・ 斜めからのアングルを入れることで、精度向上。
- ・ 計測物とは約1m程度離れる。

※制約条件

- ・ 特に無し。
- ・ 夜間工事であっても、照明設備で照度が確保できれば計測は可能である。
- ・ 逆光が強い箇所では、測定が可能であるが、検出の精度が低下する可能性がある。



図-3 計測状況

次ページの、**図-4** 赤色着色部分が、3次元モデル化した後、帳票作成のために、検出した範囲である。検出後自動で作成される帳票を**図-5**に示す。また、自動で作成された帳票の、測定箇所を1つ選択すると、選択された測定箇所の鉄筋のみ赤色となり、測定箇所の平均間隔の寸法が表示される。例えば、頂版上筋の上側の鉄筋であれば、**図-6**のような表示となる。

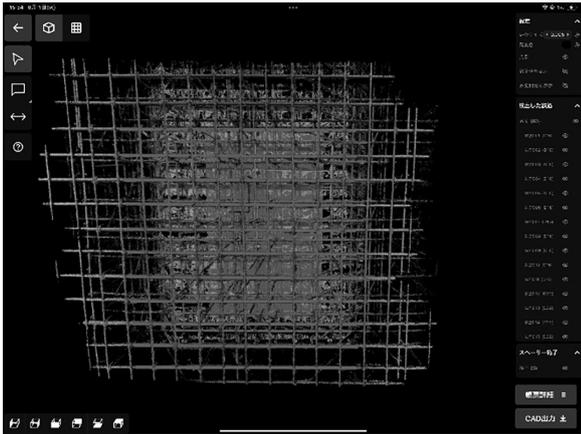


図-4 点群データモデル化



図-5 自動で作成される帳票

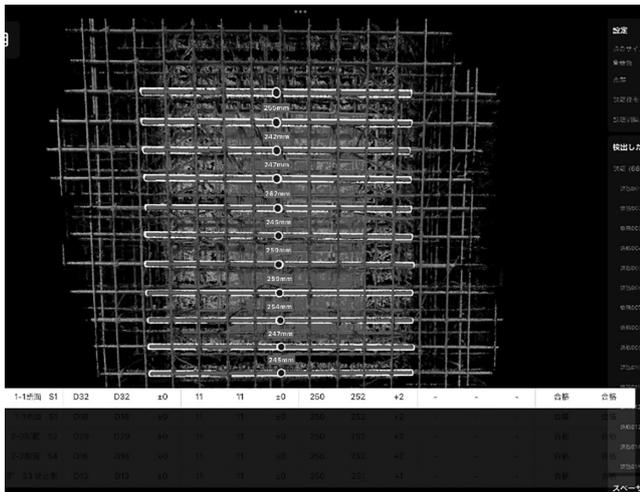


図-6 選択した測定箇所の計測寸法表示

4) 精度検証について

3次元モデル化した検測データ寸法と従来通りのスケール等で検測した鉄筋平均間隔寸法の誤差は、0～5mm程度と高精度であった。

ラップ長の精度については、現地にて検測した

点群データの精度によって、左右される。読み取った点群データを3次元モデル化し、3次元モデルからラップ部を選択するため、鉄筋の端までしっかりと点群データを検出できないと、ラップ部を3次元モデル化すること自体が非常に困難である。当現場ではラップ長の部分については細かく検出を行い、3次元モデル化を実施した結果の誤差は、10～15mm程度となった。

かぶり厚の誤差については、最大で5mm程度であった。

平均間隔においては、十分に現場で活用できる精度である。

ラップ長、かぶりにおいても誤差は小さいが、過密配筋部分や、計測が困難な箇所では、適時スケール等による計測を併用することが望ましい。(従来計測方法の場合でも、ラップ長、かぶりの計測は時間を要さないため。)

5) 適用結果

① 配筋検査に係る所要人員の削減

通常の配筋検査では、カメラマン1名、検尺要員2名の計3名必要だが、3次元データを活用した配筋検査ツール「Modely」を活用したことにより、1名での配筋検査が可能となり、2名の省人化となった。

② 配筋検査から帳票作成までの所要時間削減

通常、現場での配筋検査は約60分～90分程度、帳票作成が30分～60分程度、計120分程度を要する。「Modely」を活用したことにより、現場配筋検査から帳票作成までの所要時間は約60分となり、50%の省力化となった。また、「Modely」を活用することにより、現場で点群データを取得した後、クラウドに即アップロードすることで、検測とデータの整理、帳票作成を並行して行うことが可能であり、より一層生産性が向上する。

③ 検測精度の向上(ケアレスミスの防止)

通常の配筋検査では、検測した数値を読み上げる作業、それを電子黒板に入力する作業、写真の数値を確認しながら帳票を作成する

作業等、ケアレスミスが発生する場面が多々あり、電子黒板に入力に誤りがある場合は、再検測、再撮影等時間を要するが、「Modely」を活用することにより、点群をモデル化し、自動で検測から帳票作成までが可能のため、検測精度が向上しケアレスミスが無くなり、確実な配筋検査を実施出来る。

④ 安全性の向上

一般的な配筋検測に必要な持ち物は、図面、ピンポール、鉄筋色別マグネット、スケール等、多数の撮影道具が必要であるが、「Modely」を活用することにより、必要な持ち物は「iPadPro」1台となるため、移動や昇降時の事故を防止でき、安全性が向上する。

⑤ その他

一般的な手順は、配筋状態をカメラにて撮影し、2次元でデータを保管、管理する。この場合、コンクリート打設後は不可視部になるが、「Modely」の場合、点群データを3次元にて保管、管理しているため、コンクリート打設後も可視化が可能であり、検査時や竣工後の完成図書として確認が容易である。

4. おわりに

建設業界において、人手不足が懸念されるなか、3次元データを活用した配筋検査ツール「Modely」は大いに建設業界へ寄与する技術である。省人化、省力化により生産性が向上することはもとより、安全性が向上することや、経験年数が浅い若手技術者でも容易に操作が可能なことなど、費用対効果が非常にある技術である。また、技術者が配筋図の理解や、配筋イメージを描くには、ある程度の経験が必要であるが、「Modely」だと、3次元にて取得したデータが閲覧可能なため、若手技術者への教育にも活用可能である。

2024年4月から、建設業においても、時間外労働の上限規制が適用となった。「Modely」のような、限られた時間、人員で、品質を低下させることなく生産性を向上できる新技術をこれからも活

用することや、情報を随時取り入れる必要がある。

(参考図書)

すさみ串本道路江田川橋P2下部工事、完成図書

29 工程管理

法面補修補強関連工事における 工程短縮の取り組み

長野県土木施工管理技士会

北陽建設株式会社

工事部 次長

技術管理室 課長

小林 信敬[○]

杉木 雅

1. はじめに

本工事は、長野県大町市と千曲市を結ぶ大町麻績インター千曲線にある差切2号トンネル坑口上部からの転石および法面崩落の防止工事である。主な工事内容として、当初計画では斜面上部からの堆積物が溜まった既設防護柵の撤去、杭式落石防護柵工の施工、老朽化吹付法面の全面取り壊しと再度吹付工による復旧が発注されていた。この路線は、地域の生活道路および高速道路や隣接国道のアクセスを担う道路ではあるが、対面での行き違いが難しい箇所も多く、道路施設の異常発生時には、1時間近い迂回が必要とされた(図-1)。

工事概要

- (1) 工事名：令和4年度 国補土砂災害対策道路工事

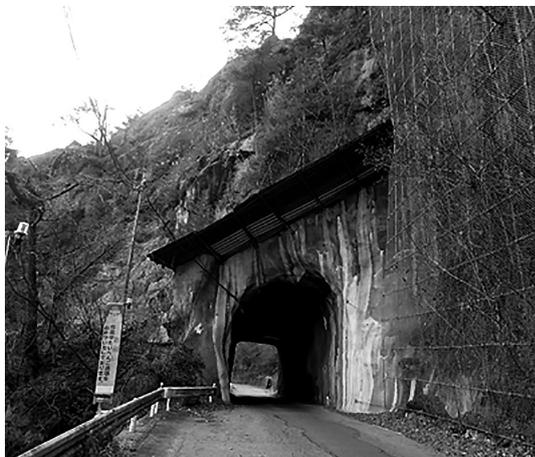


図-1 施工箇所(差切2号トンネル)

- (2) 発注者：長野県 松本建設事務所

- (3) 工事場所：(主) 大町麻績インター千曲線
大町市～千曲市 (生坂村 差切
2号トンネル)

- (4) 工期：令和4年11月
～令和5年6月(240日)

2. 現場における課題・問題点

本工事は施工にあたり、作業時間帯は通行止めによる作業が可能であったが、作業時間帯外の道路通行を可能とするため、当初計画ではトンネル坑口を門型状にH鋼仮設構台を施工し、上部に単管足場を設置する計画であった(図-2)。

地域の主要道路において、昼間の道路通行止めでの施工を進めるにあたり、地元要望として以下の内容を受けて工事着手をすることとなった。

- ①道路通行止めの時間帯は、通勤帰宅時間帯の影響を考慮して9:00～16:00とし、現場の作

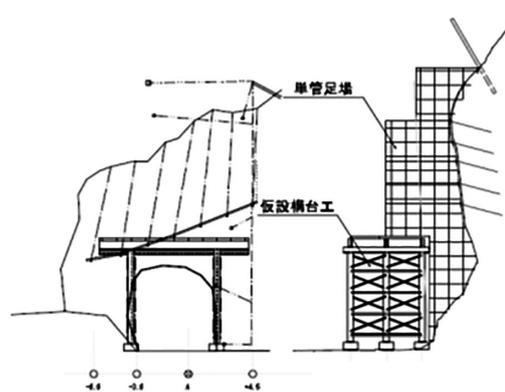


図-2 仮設H鋼構台計画図(当初計画)

業可能時間は7時間（昼休憩を含む）での対応
 ②通行止め時間帯以外は、工事区間内での片側交互通行での道路規制は可能だが、道路通行規制期間は最大で2ヶ月以内（令和5年1月～同年3月）

道路利用者の目線から、工事に伴う迂回による道路通行の負担軽減のため、早期の現場完了が重要であった。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

当初計画の工事内容から、作業進捗管理の難しい既設構造物撤去や老朽化吹付法面の補修が含まれており、与えられた作業可能期間内に工事を完了させるためには、仮設計画や補修工法の見直しが必要であると判断された。そこで、求められている機能を確保した上で、安全かつ工程短縮が可能となる工法変更の検討を進めた。

3-1 仮設構台の工法検討による工程短縮

当初計画にあるH鋼仮設構台では、建地となるH鋼建込のために下地処理として道路上にコンク

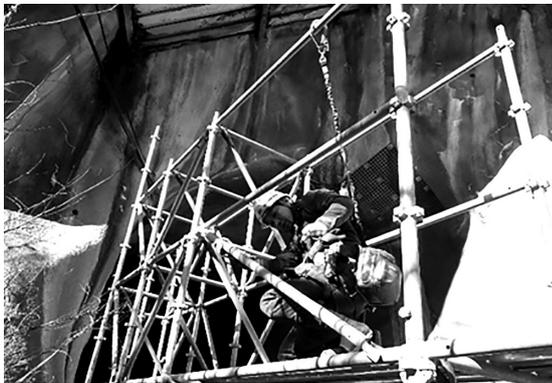


図-3 高強度足場組立（YTロック）

リート基礎工の施工、および施工完了後には取り壊し撤去が必要であった。基礎工は、小規模構造物ではあるものの、施工手間や養生による手待ち期間による工程面、また取り壊しに伴うコンクリート殻処理等の環境負荷が懸念事項であった。そこで、構造計算の内容を元に、コンクリート基礎を必要としない現地形状に合わせた施工が可能な高強度システム足場（YTロック工法）を建地材として活用した（図-3）。

仮設構台の組立から撤去に関わる必要作業日数について比較すると、H鋼を支柱とした仮設構台が15日間に対して、高強度システム足場による仮設構台では8日間となり、7日間の短縮が可能となった（図-4）。

H鋼仮設構台の支柱建込に必要な基礎工の施工と撤去、舗装復旧が作業日数のネックとなっており、地形改変が不要なYTロック工法の優位性を感じた。



図-4 作業構台 作業工程日数比較

3-2 法面補修補強工法検討による工程短縮

差切2号トンネルの孔口には、地山の表面保護の吹付工および上部からの落下物対策として鋼製吊柵が施工されていた。しかし、吹付面の経年劣化によるモルタル剥落片および防護柵上の落葉や堆積物による上載荷重の増加は、道路通行の安全性を確保する上で支障となり、既設構造物の撤去更新および老朽化した吹付工の撤去および再吹付、鉄筋挿入工による法面補強が計画されていた（図-5）。



図-5 既設吹付面剥落、防護柵堆積物

しかし、既設構造物撤去に関して、特に老朽化吹付法面の撤去作業では、背面地山の安定度や作業進捗に関して不確定要素が多く、工程に与える影響が大きいと判断された。また、法面補強で施工する鉄筋挿入工では、400mm×400mmのFRP製受圧板設置を計画していたが、凹凸の激しい法面での受圧板設置には不陸調整が必要となり、設置作業の工程遅延が懸念された。

そこで、対象となる法面の状態を調査し、不陸面の受圧板設置に応用可能な老朽化吹付法面の補修工法（クロスカバーネット工法：NETIS HR-230002-A）を提案し、発注機関に採用頂いた（図-6）。

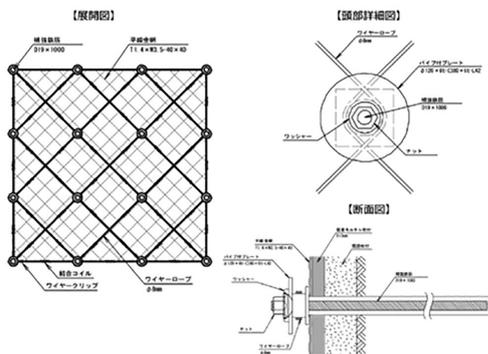


図-6 クロスカバーネット工法概要

当該工法の特徴として、既設吹付法面を残した状態で、法面の安定化を図ることが可能となることにある。施工の流れとして、法面調査後に不良個所の法面処理、そして既設吹付面に接着効果を高めた接着モルタルを吹付け、補強鉄筋を打設する。最後に、平線金網とワイヤーロープを用いて表面を覆い補強鉄筋を介して補修吹付面と一体化させることで、既設吹付と背面土砂の風化を併せて抑制することが可能となる。この現場では、既

設法面の健全性調査結果を元に、老朽化面のはつり取り範囲を特定することで取り壊し数量が低減し、振動騒音等の環境負荷低減と併せて、工程面では当初計画より5日程度の工程短縮が可能となった。

また、鉄筋挿入工においては、上記の平線金網、ワイヤーロープを鉄筋挿入工の受圧構造物とすることにより、工程遅延要素となる不陸調整処理を必要としない法面の不陸に密着した施工範囲全面をカバーする受圧構造物が形成された（図-7）。

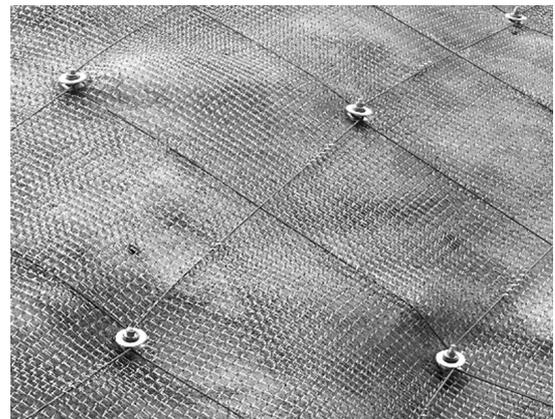


図-7 クロスカバーネット設置状況

3-3 適用結果

仮設工と老朽化吹付法面の補修工法について、当初計画と変更案で経済性の比較を行うと以下の表のようになる（-表-）。

-表- 当初設計と変更案との経済性比較

当初	H鋼仮設構台、既設吹付取り壊し+ 吹付工					
	工種	規格	数量	単位	単価	工費
経済性 (概算工事費)	仮設工	H鋼仮設構台	1	式		¥1,852,729
	吹付面取り壊し	人力施工	95.0	m ²	¥2,722	¥258,590
	搬運物処理		9.5	m ³		¥154,985
	鉄筋挿入工	受圧板あり N=53本	1.0	式		¥4,197,119
	吹付工	t=10cm	157	m ²	¥9,904	¥1,554,928
	合計					¥8,018,351

変更案	YTロック工法構台、老朽化吹付法面補修工法					
	工種	規格	数量	単位	単価	工費
経済性 (概算工事費)	仮設工	YTロック工法仮設構台	1	式		¥1,443,091
	吹付面取り壊し	人力施工	52.0	m ²	¥2,722	¥141,544
	搬運物処理		5.2	m ³		¥84,835
	鉄筋挿入工	受圧板なし N=53本	1.0	式		¥2,647,671
	クロスカバーネット工法		157	m ²	¥12,424	¥1,950,568
	吹付工	t=10cm	157	m ²	¥9,904	¥1,554,928
	合計					¥7,822,637
						差額 -195,714

仮設構台について経済性比較をすると、YTロック工法での仮設構台は、H鋼仮設構台より経済性に優れていることが分かる。また、法面補修補強工法では、吹付工自体は同額となったものの、現場調査の結果、取り壊しや産廃処理に関する費用が低減した。

また、クロスカバーネット工法を鉄筋挿入工の受圧構造物とした変更は、当初案より経済性に劣るものの、受圧板背面の不陸調整費用が未計上の状態において、比較検討に値する結果となった。当初案と変更案の概算工事金額の総額比較では、変更案は経済性に優れた結果となった。

本工事では、地元要望を受けて道路規制に伴う道路迂回期間を短縮するために、高強度足場による仮設構台組立と老朽化吹付法面補修補強工法の変更提案を採用頂いた。今回の変更提案により、同程度の経済性を維持した状態で、防災上必要な機能を確保しつつ、産業廃棄物の抑制、実働時間や施工日数の短縮が達成されたことで、懸念事項であった、道路迂回に伴う第三者影響を最小限におさえることが可能となった。

更には副次的効果として、時間外労働の抑制および確実な休日確保が可能となり、作業従事者の安全性向上も図られ、労働環境改善にも寄与する結果となった。

4. おわりに

労働環境の改善を目的とした長時間労働の是正に関して、2019年4月に施工された「働き方改革関連法」に関する時間外労働の上限について、建設業に設けられた5年間の猶予期間も、2024年4月からは全面的な適用となり、企業として対応が求められている。昨今の建設業界では、ICT技術の活用による生産性向上や建設現場のオートメーション化による省力化の取り組みによる建設現場のDX（デジタルトランスフォーメーション）が進む中で、小規模工事や地域的事情により高額な建設機械導入やシステム採用が難しい企業もあると思われる。

このような状況下において、当現場で行った構造物に求められている機能面に着目した技術的提案は、企業規模にとられない取り組みである。更には、工期短縮と産業廃棄物抑制にも繋がり、建設業の抱える社会的課題（働き方改革、環境負荷低減）を解決する一助になるのではないかと感じた。そのためにも、企業としては、自社の特徴を踏まえて得意分野で力を発揮できるように、日常的な社員教育の充実やナレッジマネジメントに取り組んでいくことが重要であると考えている。



図-8 完成

通水断面は、過去5か年の内の非出水期最大流量で検討していたが、集中豪雨に加え雪解け水の影響で最大流量の倍の水量となり、ベント基礎・設備が被害を受けた。その結果以下の問題が想定された。

(1) 桁のたわみ値が最大で設計値の7倍以上

河川中央部（支間中央）のベント設備2基が無くなることにより、桁のたわみは想定されたベント設備4基の状態と比較すると支間中央で最大7倍以上となる解析結果となり、この状態で上弦材の架設を進めると、当初と桁のたわみ差が大きすぎるため、上弦材の仕口角度が合わず架設できないだけでなく、ベント設備及び主構応力も超過し橋が崩壊する危険性があった。そのため、ベント設備の再構築は必須条件であったが、2週間以内で2度も集中豪雨等の河川増水によりベント基礎が流出していることからベント設備の再構築が出来ず、別の架設工法の検討が必要となった。

(2) 非出水期での作業完了

河川内作業は非出水期施工という制約があったため、早急に対応策を検討し架設を再開する必要があった。架設作業後の河川内ヤード撤去作業は非出水期内に他業者が施工するためこの工程も見据えた工程検討も必要であった。この時点で架設完了までに必要な残り作業は、上弦材の架設が5ブロック、鉛直材13本の現場溶接、上弦材の高力ボルト本締めがあった。

また、架設を再開してから再度大雨等の被害を既存の両端部ベントが受けた場合、橋が応力超過し崩落する危険性がある。そのため、架設を始めてからの後戻りは不可能であり、最速工程で現地を進めていく必要があった。

上記の通り、既存の両端部ベントは現状の橋を支えるうえで最重要ポイントであることから、同規模の増水が発生しても耐えられる構造とする必要があった。そのためベント基礎は、D-BOXを3段積みに加えて地盤の洗掘防止対策として大型土のうで周りを2重で囲い更に大型土のうの足元

に袋詰め玉石を設置した。

(3) 代替架設工法の立案

不安定な状況を一刻も早く改善して架設作業を進めるため店社の設計・計画部門と現場で代替架設工法について検討を進めた。

主構を下から支持する、上から吊上げる等様々な架設工法が提案され、その検証を実施した。現場状況や施工性、安全性を勘案して軽量で長支間に対応できる工事桁（エレクショントラス）を使用した主構吊上げ架設工法を立案し、発注者へ提案した。

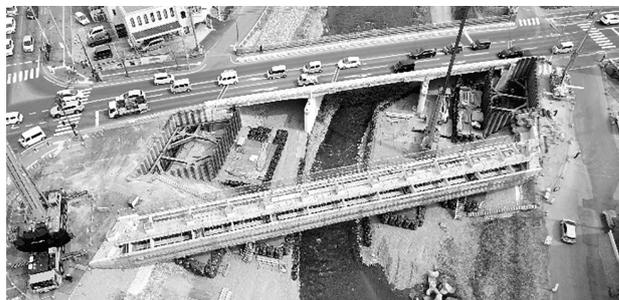


図-2 架設状況（河川増水前）



図-3 河川増水後

3. 工夫・改善点と適用結果

発注者に承認され実施することになった代替架設工法は、図-5、図-6の通りエレクショントラスを下弦材のL側・R側にそれぞれ架設し、エレクショントラス上にH鋼・ゲビン棒・センターホールジャッキ等で構成された吊上げ設備を設けて吊上げる方法である。エレクショントラスは3m、6m、7m、12mのブロックで構成され、それぞれピンとHTBで連結することで一体化できる構造となっている。今回は1トラス44mとなる組

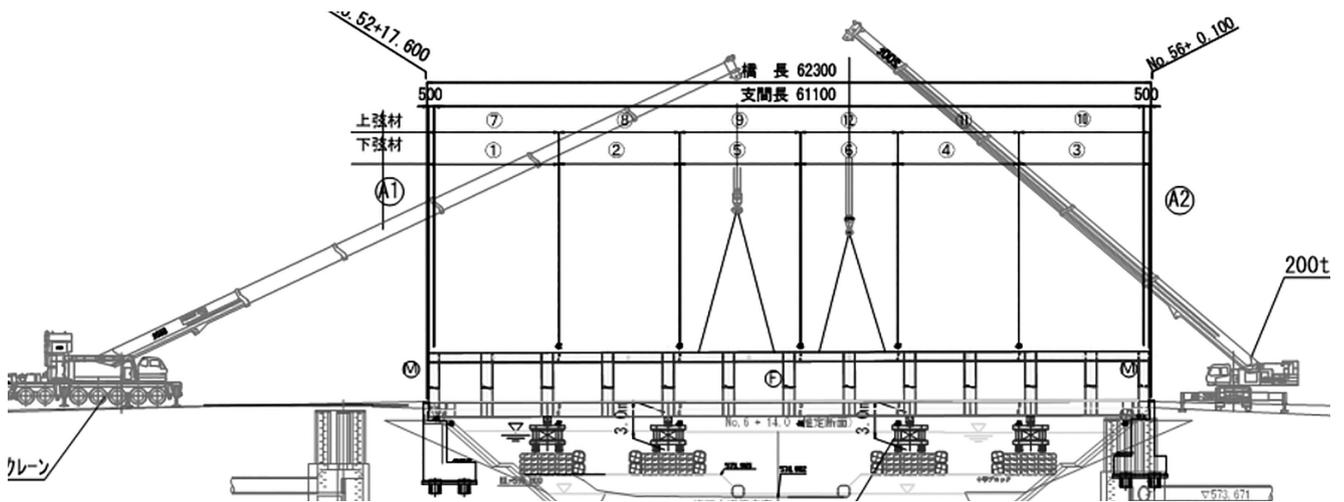


図-4 当初架設計画図

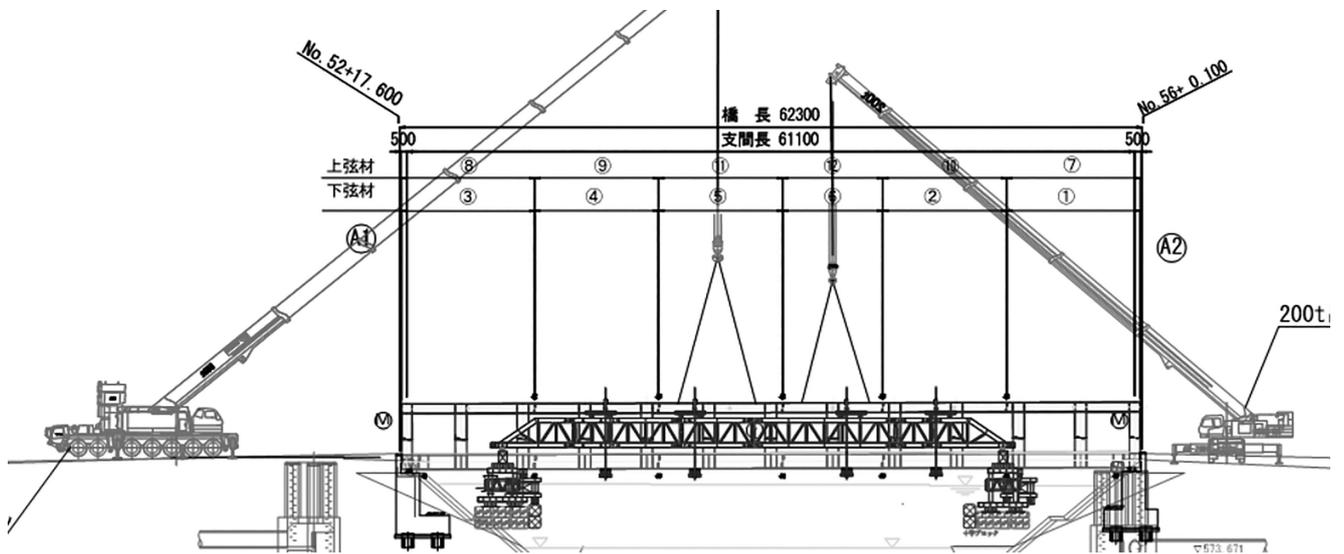


図-5 変更架設計画図

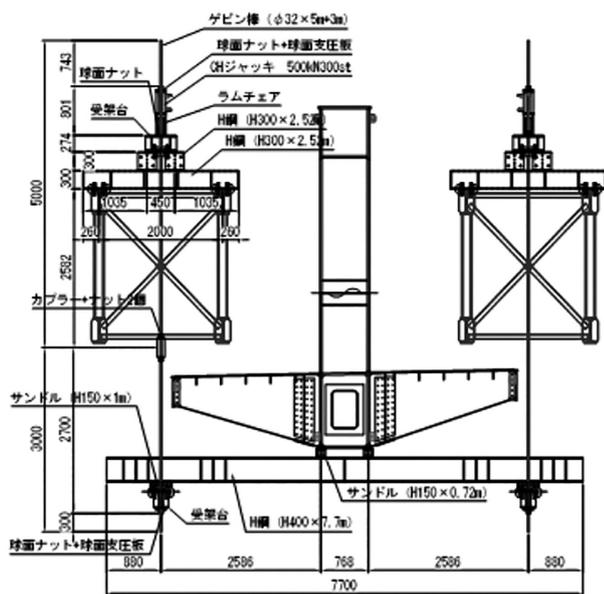


図-6 吊上げ設備詳細図

み合わせて使用した。

エレクショントラスは計画の詳細検討を行いながら整備・必要に応じた補強等を進めた。

エレクショントラスを架設する位置は、吊足場の朝顔と干渉してしまうため、朝顔の解体から着手した。また、吊上げ設備のH鋼が下弦材の下面に配置するため、底面足場も一部解体した。

次に、エレクショントラスを支えるためのベント設備が必要となるが、既存の両端部のベント基礎を橋軸直角方向に拡幅し、そこにベント設備を新たに4基設けた。

エレクショントラスの架設は、主構造と同様にA1ヤード、A2ヤードからそれぞれ行う計画とし、A1ヤードでは7m+3mブックと6m+6mブ



図-7 エレクショントラス架設状況

ロックを地組立し22mブロックで架設、A2ヤードは7m+3mブロックと12mブロックをそれぞれ架設した。

エレクショントラスの架設後、吊上げ設備を設置した。吊上げは4箇所とし、1点あたり500kNのセンターホールジャッキを使用した。

吊上げ設備設置後、主構のたわみ調整を行った。どの程度のジャッキ反力でたわみが何ミリ戻るかという明確な数値はなかったが、各ジャッキの最大反力をエレクショントラスの許容耐力より算出し、ジャッキ反力管理を行った。主構たわみはジャッキ反力を確認しながら、一定のストローク量に達したところで確認し、当初のベント設備4基で支持していた状態の形状まで戻すことが出来た。主構たわみの戻り量は、ジャッキストロークが30mmに対し10mm程度であったため約20mmはエレクショントラスのたわみであると考えられた。

主構たわみ調整後、上弦材の架設を再開した。1ブロック架設ごとに主構たわみの変化が確認できたため、必要に応じて調整を実施した。その結果、最終的な架設出来形を規格値の50%以内に収めることができた。出来形確認後、現場溶接作業へ移行した。

当初工程では、架設完了後に鉛直材の現場溶接を行い、上弦材の高力ボルト本締め付けを施工することにしていた。工程短縮を目的に上弦材の仕口先端角度に影響を及ぼさない端部から溶接を開始した。その結果架設完了時点で13箇所中の6箇所

所の溶接を終えることができ、工程短縮を図ることが出来た。

溶接完了後高力ボルトの本締め付けを行い、吊上げ設備・エレクショントラスの撤去、ベント設備・ベント基礎の撤去作業を行い、非出水期のリミットから10日以上余裕をもって、河川内ヤードを他業者へ引き渡すことが出来た。

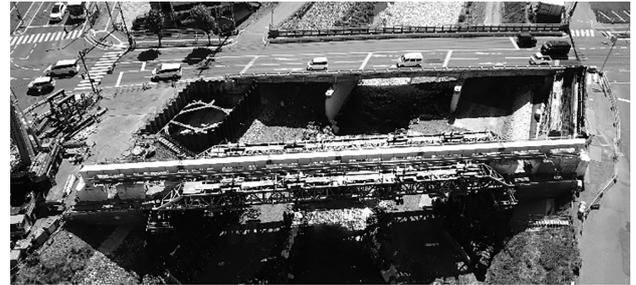


図-8 上弦材架設完了



図-9 完成写真

4. おわりに

本工事は架設途中に架設工法が余儀なくされた稀なケースであり、これまで培ってきた知識を生かしつつも私一人では対応しきれない事象であった。しかし、発注者・店社・他部署・協力業者と連携して最適案を導き出し、迅速に対応することが出来た貴重な経験であった。保有していたエレクショントラスが現地に見合った長さに組み立てが出来ること、エレクショントラスを架設することが出来る大型クレーンが現地に据えてあること、断面の小さい橋桁であったこと、現場溶接期間に雨が降らなかった等、多くの幸運に恵まれた結果、無事に工事を終えることが出来た。

また、工法変更や工程短縮に協力いただいた協力業者の方々、多くのご指導をいただいた国土交通省長野国道事務所の皆様に心より御礼申し上げます。

31 品質管理

強く美しいコンクリートを目指して ～スランプ値 12cmへの警鐘～

岡山県土木施工管理技士会

株式会社荒木組

課長

主任

宮 脇

潤〇

齋 藤

衛

1. はじめに

本工事は、岡山環状線道路網計画における国道180号線岡山西バイパス区間の橋梁下部工事となっている。主な工事数量は以下の通りである。

・橋梁下部工

P11橋脚 (H=10.6m、w=14.7m、L=2.5m)

・場所打杭工 (Φ1200mm、L=15.5m) N=20本

・土留め・仮締切工

鋼矢板Ⅳ型 L=13m N=144枚

・仮設工他 1式

工事概要

(1) 工 事 名：令和4年度岡山西バイパス

北長瀬高架橋下部工事

(2) 発 注 者：国土交通省 中国地方整備局

(3) 工事場所：岡山県岡山市北区日吉町地内

(4) 工 期：R5年4月1日～R6年3月29日

P11橋脚の施工において、2つの目標を設定した。1つ目の目標として、劣化因子を浸入させる要因である有害なひび割れやコンクリート表面の不具合（豆板、沈下ひび割れ等）の無い緻密なコンクリートを施工すること。そして2つ目の目標は完成時の美観にこだわり目違いや砂筋の発生を抑制する事である。この2つの目標により「強く美しいコンクリートを目指して」と題して取り組んだ事例を以下に取りまとめる。

2. 現場における問題点

(1) 設計標準スランプ12cmについて

弊社実績において、同発注者の平成29年度工事よりコンクリートの設計スランプ値が8cmから12cmになっている。その背景としては、まず構造物鉄筋の過密化によりコンクリートの自己充填性を向上させる必要があった点である。近年の過密鉄筋により、コンクリート打設時にコンクリートポンプ車の筒先やバイブレーターが挿入しにくい箇所が発生していた（図-1）。これによりコンクリートの充填不足による品質低下が懸念され対策が必要であった。次に生産性向上の一環としてのワーカビリティの確保である。少子高齢化により建設業の技能職が減少している昨今、コンクリート打設時の施工性向上を図った取り組みとして、スランプ値を大きくし流動性を高め、ワーカ



鉄筋径 D22~35 平均ピッチ 150mm 標準隙間 128mm

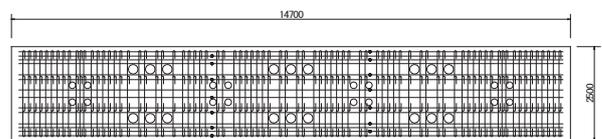


図-1 P11橋脚天端部における過密鉄筋

ビリティを確保するといった事である。これらの2つの理由により設計標準スランプ12cmへ変更になっている。

しかしながら、設計標準スランプが12cmへと変更になった初年度のカルバート工事において、乾燥収縮による規則性のあるひび割れが数多く発生した(図-2)。この工事以降も土木工事共通仕様書に基づいて適正に施工したにも関わらず、有害なひび割れが発生する事例がその後も続いており、コンクリート材料への対策が必要であると考えられた。



⑤ブロック 東内

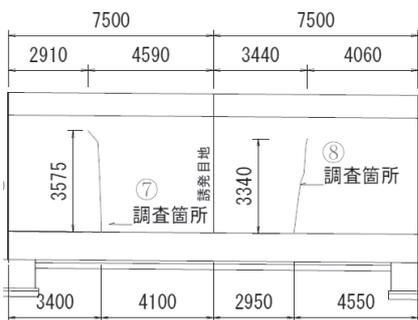


図-2 カルバート工ひび割れ調査状況・結果
(全ブロック内外に同様のひび割れ発生)

このことはブリーディング水による劣化のメカニズム(図-3)の影響がスランプ値を向上させたことで、大きくなっていることが想定された。

(2) コンクリート表面の緻密性・美観の確保

表面の緻密性と美観を確保するために、型枠工における水密性の確保が課題であった。特に重要であった点として、「①橋脚梁部の支保工水平変位の防止 ②型枠端部加工部の水密性不足 ③水平打ち継ぎ部の処理」以上の3項目であった。①に関しては、型枠支保工の計算書上では、水平応力に対しても問題ないとの事だったが、傾斜のついた型枠支保工はコンクリートから水平力を受け

▨: ブリーディング水

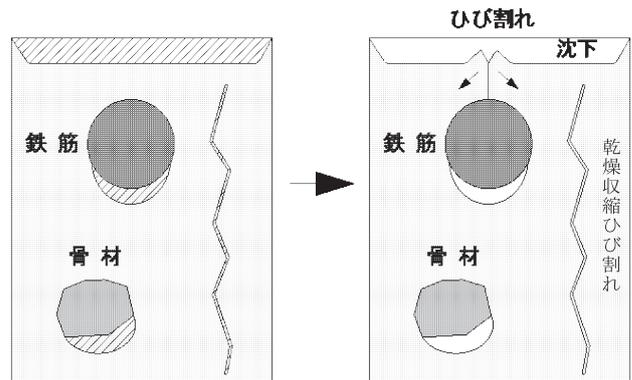


図-3 ブリーディング水による劣化メカニズム

るので実際には水平変位や滑動に対して補強を慎重に検討する必要があった(図-4)。

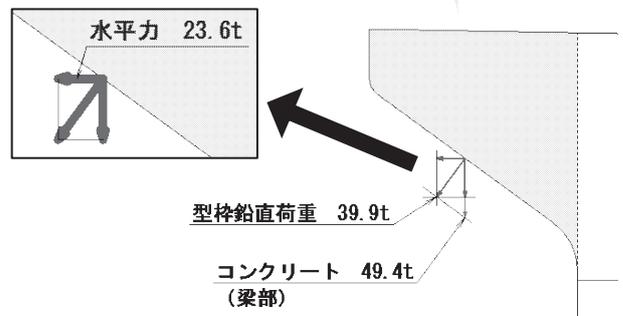


図-4 型枠支保工水平滑動応力の影響

そして、②に関して型枠端部加工部は面木により水密性が確保されているものの、ノロの流出により砂筋が発生する事も多くある。そのため、面木以外の水密性の確保を検討する必要があった。最後に、③に関しては打ち継ぎ処理がうまくいっていない構造物が多くある。その原因として、既設構造物に型枠を添わす際に、何らかの隙間が発生し、目違いやノロの流出による豆板が多くみられることが原因であった(図-5)。

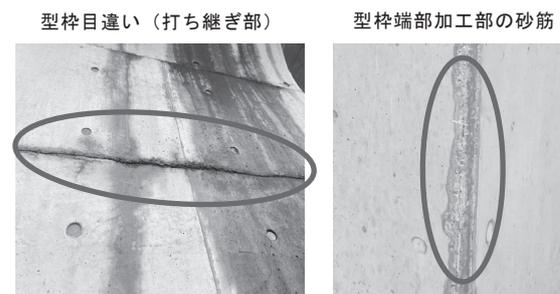


図-5 打継部の目違い、型枠端部の砂筋

3. 工夫・改善点と適用結果

(1) スランプ値の変更 (12cm→8cmへ)

コンクリート材料への工夫として、スランプ値を設計12cmから8cmへ低減させることで、フレッシュコンクリートの配合設計における単位水量およびセメント量を低減する取り組みを採用した。それにより、ワーカビリティと自己充填性が低下するため、対策として、現場添加によりスランプ値を大きくさせ、ワーカビリティおよび自己充填性を確保する「こわばり低減剤」を採用した(図-6)。試験練りの結果、コンクリート4m³に対して、2袋添加により平均2cmのスランプ値の上昇を確認できた。そのため、施工時のスランプ値は10cm相当の施工を想定した。



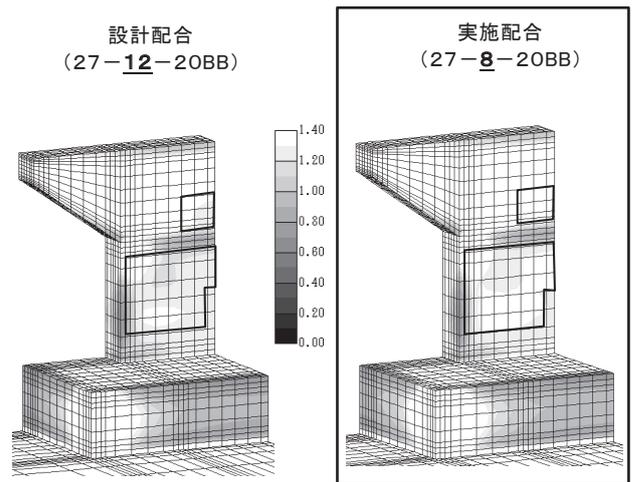
試験結果 (30-8-20BB)		試験結果 (27-8-20BB)	
練り混ぜ時間及び経過時間	スランプ (cm)	練り混ぜ時間及び経過時間	スランプ (cm)
練り混ぜ直後	9.0	練り混ぜ直後	9.0
静置15分後	8.0	静置15分後	7.5
チキソリデュース後添	10.5	チキソリデュース後添	9.0

図-6 試験練状況・試験結果表

この取り組みにより設計配合と実施配合を比較すると単位水量・セメント量は橋脚1基あたり「単位水量3,624kg、セメント量6,644kg」を削減する事ができた(-表-)。よって、ブリーディング水による各種劣化現象や温度応力によるひび割れの抑制(図-7)を図ることができる。

-表- スランプ値による材料比較表

単位水量				
	コンクリート数量	スランプ8cm	スランプ12cm	差
底版	410 m ³	68,880 kg	71,340 kg	2,460 kg
柱	76 m ³	12,768 kg	13,224 kg	456 kg
台座	118 m ³	19,824 kg	20,532 kg	708 kg
単位水量削減合計				3,624 kg
セメント量				
	コンクリート数量	スランプ8cm	スランプ12cm	差
底版	410 m ³	132,840 kg	137,350 kg	4,510 kg
柱	76 m ³	24,624 kg	25,460 kg	836 kg
台座	118 m ³	38,232 kg	39,530 kg	1,298 kg
セメント量削減合計				6,644 kg



※色が薄いほど、ひび割れ指数が高い→ひび割れにくい

図-7 温度応力解析によるひび割れ指数比較

(2) 型枠水密性の確保について

①橋脚梁部の型枠支保工変位

型枠支保工の計算書においては水平方向の移動は検討されることが少ない。実際には水平滑動応力はかなり大きく、補強が必要となる場合が大半である。補強の方法は数多くあるので、ここでは本工事で行った補強を紹介したい。以下に記す5つの対策を行った(図-8)。

- i 水平壁つなぎの設置
- ii 外部セパレーターによる支保工左右の連結
- iii 支保工足元ジャッキのアンカー固定
- iv 橋脚底版からの直接支持
- v 単管による足場との連結

②型枠端部加工部の水密性確保

躯体端部の砂筋の発生防止を図るため、水の浸

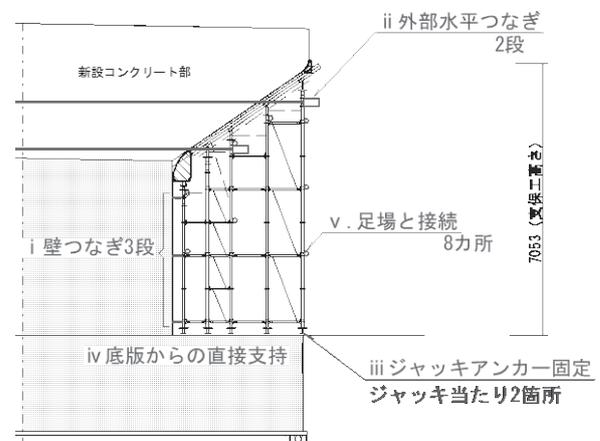


図-8 支保工追加補強内容

透により膨張し隙間を埋める作用のある止水テープを型枠に設置した。それによりコンクリート打設時のノロの流出を防ぎ、砂筋の防止を図った。

③水平打ち継ぎ部の処理

水平打ち継ぎ部分にはセパレーターを打ち継ぎ近くに配置し、ノロ止めテープとパネルキャッチャーにより型枠を圧接させ既設躯体と型枠との隙間を無くす対策を実施した。

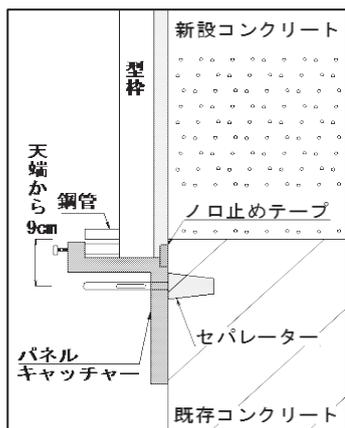


図-9 型枠水密性確保対策

4. 評価

(1) コンクリート表面の劣化要因の発生状況

①有害ひび割れ無し

フーチング部において0.2mm以下のひび割れが発生したが、柱や梁部分においては沈下ひび割れを含め、ひび割れはなくスランプ値低減の減水効果・抑熱効果が出たと考えられる。

②表面の緻密性の確保・良好な美観

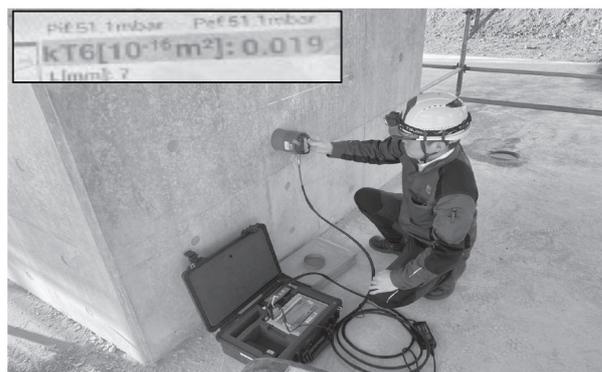
鉄筋コンクリートの劣化要因に直結するような目立った砂筋や豆板は発生しなかった。また、型枠においては水平変位防止対策や水密性の向上による効果が確認できた。水平応力による梁底型枠の変位は平均24mmであり、広がりがあったものの、面木により水密性が確保され良質な表面であった。変位の大きな原因として、大引き受けのジャッキ部が変位したことが要因であり、支保工そのものの変位は防げたと考えられる。

(2) コンクリート表面の緻密性の評価透気試験

コンクリート表面の緻密性を評価する試験として「透気試験」を採用した。この試験はコンク

リート表層部分の空気の透過性（透気係数）を測定する試験方法である。評価値クラスが良いほどコンクリート表面が緻密であり、CO₂等の劣化因子の浸入を防ぐ高品質のコンクリートとなる。

本橋脚においては、透気係数0.019の値であり評価としては「良い」であった。今回の様々な対策の効果が良好に評価されたと考えている。



クラス	透気係数 (KT値)	コンクリートの品質
PK1	0.01未満	非常に良い
PK2	0.01以上～0.1未満	良い
PK3	0.1以上～1.0未満	普通
PK4	1.0以上～10未満	悪い
PK5	10以上	非常に悪い

図-10 透気試験状況および透気係数評価表

5. おわりに

近年の設計標準スランプ12cmに関しては土木工事共通仕様書の標準養生期間等に乖離が発生していると考えている。そのため、標準施工を行った構造物へひび割れ等の悪影響が出ているのではと推測している。本論文はスランプ12cm標準への警鐘とし、土木工事共通仕様書の改定もしくは適正なスランプ選定を土木技術者が行う契機になればと思っている。



図-11 P11橋脚全景

32 品質管理

渓谷に架かるスパンドレル・ブレースド・ バランスドアーチ橋の桁たわみ計測

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

監理技術者

北川 淳 一〇

森谷 和 貴

梅林 栄 治

1. はじめに

第一白川橋りょうは、一級河川白川に架かり、南阿蘇鉄道高森線 立野駅～長陽駅間に位置する全長166.3mの単線鉄道橋である。昭和2年に建設された本橋は、2ヒンジスパンドレル・ブレースド・バランスドアーチと呼ばれる国内でも数少ない橋梁形式を有しており、平成27年度には、選奨土木遺産として選出された。しかし、その翌年の平成28年4月に熊本地方を襲った最大震度7の地震により、この第一白川橋梁も大きな損傷を受け、架け替えを余儀なくされた。本工事では、旧橋の解体計画・新橋の詳細設計から始まり、旧橋の解体工事～新橋製作～新橋架設までの全てを行った。その中でも難関であった撤去工事に関しては、第26回 土木施工管理 技術論文にて紹介しているので参照されたい。図-1に、架け替え後の第一白川橋りょうを示す。新橋は、旧橋と同じ形式を踏襲し、色調も実際に旧橋と見比べ再現することで、多くの人に愛され記憶に残る土木遺産としての景観美を復活させた。

工事概要

- (1) 工 事 名：第一白川橋りょう復旧工事
- (2) 発 注 者：南阿蘇鉄道株式会社
- (3) 工事場所：熊本県阿蘇郡南阿蘇村
- (4) 工 期：平成30年7月19日～
令和5年2月24日

鉄道橋では、開通前の最終検査として車両が走

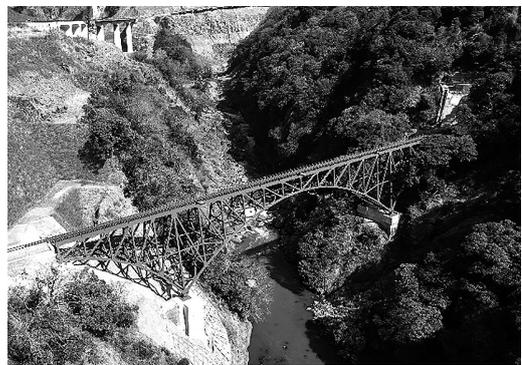


図-1 架け替え後の第一白川橋りょう

行した際のたわみを計測することとなっている。本稿は、第一白川橋りょうでのたわみ計測における課題とその対策について述べるものである。

2. 車両走行時のたわみ計測

鉄道橋では、開業監査に伴い、桁たわみ測定を実施することが『開業監査における桁のたわみ測定の手引き』（独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構）に定められている。

桁たわみ測定とは、橋梁において列車通過時の鉛直方向の変位を時系列的に測定するものである。

たわみ測定の目的は、列車の走行安全性の確保、乗客の乗り心地の確保、実構造物の強度の確認、設計法の安全性の確認、設計法の改善資料の収集とされている。上記目的のため、鉄道橋である本橋も、桁たわみ測定を実施することとなった。

3. 試験車両における桁たわみ計算

今回の試験には、南阿蘇鉄道の復興に合わ

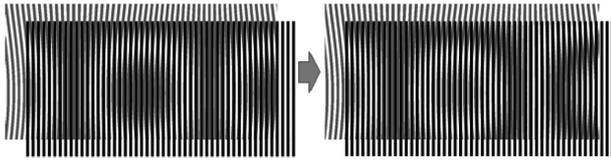


図-4 モアレ縞

称す)による計測を採用することとした。しかし、通常のもアレ方式では、橋に対して正対する必要があったが、それでは本橋のような渓谷にかかる橋では計測できない。そのため、今回は橋軸方向からの撮影でもたわみを計測できる方式(産総研方式)を採用することとした。

5. モアレ法とは

周期的な規則模様を持つ画像を二つ重ねると、図-4に示すような干渉模様(モアレ縞)が現れる。このとき、一方の画像をわずかに動かしただけでも、モアレ縞の模様が大きく変化する。(図の左側の画像を1%動かしたとき、右側の画像のようにモアレ縞が大きく変化することがわかる。)

モアレ縞の模様変化は、数学的には位相変化と呼ばれるが、モアレ縞を利用することで、わずかな変形を大きな位相変化として観察することができるため、それを構造物の変位計測に用いることができる。

周期的模様をデジタルカメラで撮影すると、規則的に配列されたイメージセンサーに周期的模様の輝度情報が記録される。この撮影画像に対して、間引きと輝度補間を行うことでモアレ縞を作成することができる。そこで、構造物が変位する前後の画像から作成したモアレ縞の位相分布変化を観測することで、構造物の変位分布を評価することができる。

6. 桁たわみ計測

6-1 使用機器とマーカー

計測用のカメラは、カメラ設置位置から計測対象までの距離と、計測要求精度によって決まる。今回の条件から、図-5(a)に示す6K相当のデジタルカメラとシネマレンズを採用することとした。



(a) 6Kカメラ

(b) LEDライト

図-5 使用機器

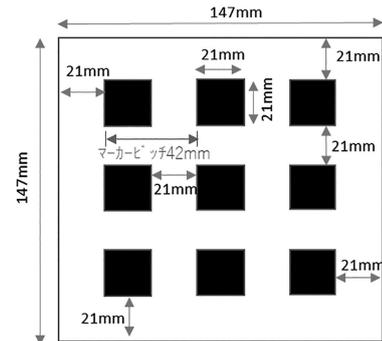


図-6 マーカーのパターン

マーカーは、図-6に示すパターンを印刷した再帰性反射フィルムをプラスチック板に貼り付け製作した。計測精度は、マーカーピッチの $1/100 \sim 1/1000$ となる。そのため、このマーカーでは 0.042mm から 0.42mm の精度となる。また、再帰性反射フィルムを使用することで、マーカーの黒白の輝度勾配値(コントラスト)が高まり、カメラ位置から図-5(b)に示すLEDライトでマーカーを照射しながら計測を行うことでさらに精度を上げている。

6-2 マーカーとカメラの配置

マーカーとカメラの配置を図-7に示す。1A側(陸上部)に計測カメラを設置し、橋軸方向に撮影する。マーカーはさらに金属板に貼り付け、振動ずれないようにCクランプにて上弦材、縦桁に固定した(図-8)。また、基準点となる固定マーカーをカメラと計測点の間に設置した。

6-3 計測ケースと計測結果

計測は以下の2ケースにて行った。

- 1) 中央部に静止した状態でのたわみ計測
- 2) 65km/h で走行中のたわみ計測

計測の手順は、①車両無載荷の状態でカメラ撮影②中央に車両が停車した状態でカメラ撮影③車

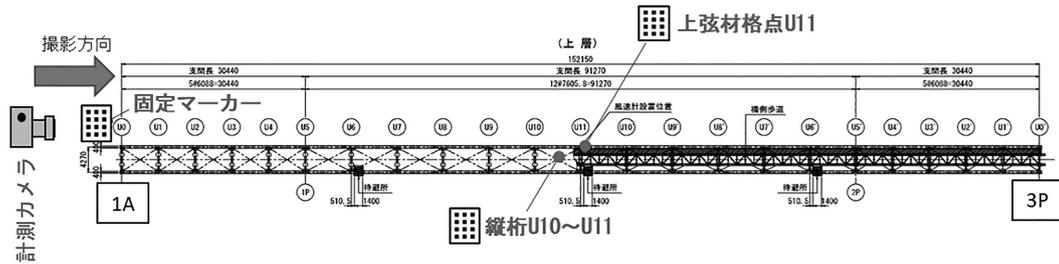
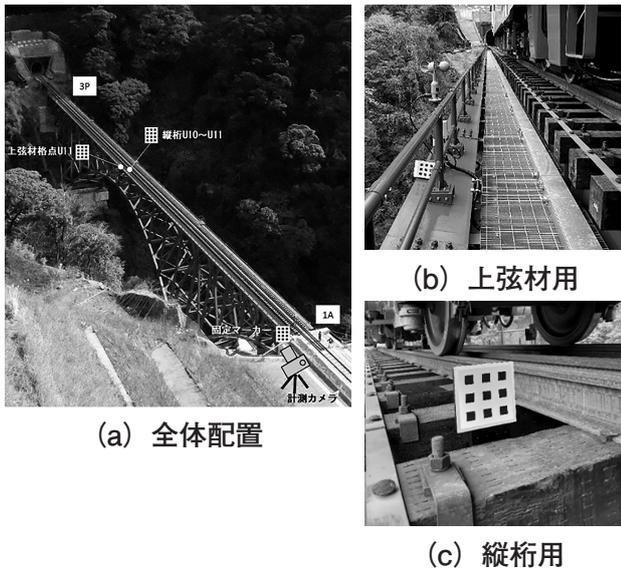


図-7 マーカーとカメラの全体配置



(a) 全体配置

(b) 上弦材用

(c) 縦桁用

図-8 マーカーの固定状況



(a) 中央静止時

(b) 65km/h走行時

図-9 たわみ計測状況

両が65km/hで走行中にカメラ（ビデオ）撮影の順で行い、それぞれのケースでのたわみ量を計測することとした（図-9）。計測した結果を図-10に示す。中央静止した状態では、上弦材の設計制限値4.64mmに対し、最大発生たわみは2.203mmであった。また、運用速度である65km/h走行時は、設計制限値5.43mmに対し、最大発生たわみは3.101mmであった。それぞれのケースで設計制限値以下のたわみ量であることを確認でき、本計測

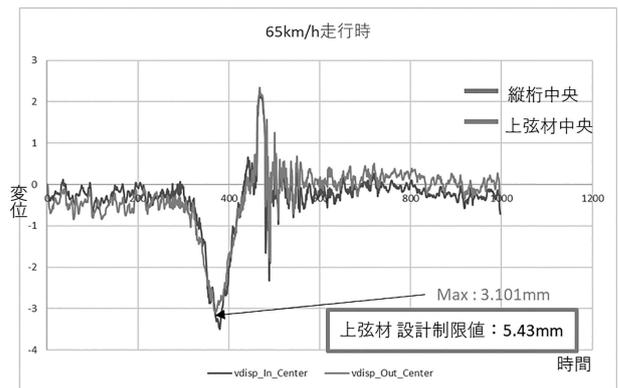
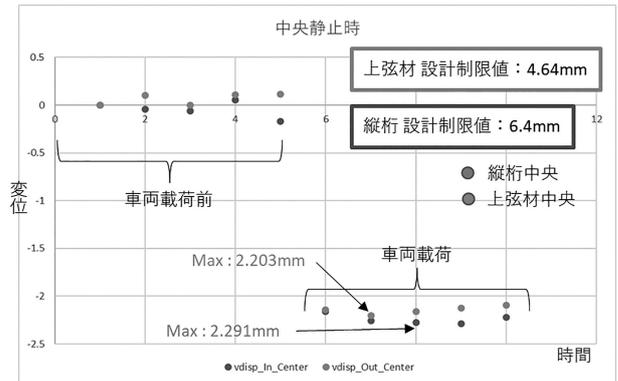


図-10 桁たわみ計測結果

の目的である、列車の走行安全性・乗客の乗り心地が確保されていること、実構造物の強度・設計法の安全性を確認することができた。

7. おわりに

今回、非常にたわみ量も小さく計測精度が求められ、かつ架橋位置も溪谷に位置することから、計測方法の選定に課題があった。橋軸方向からも計測できるモアレ方式を採用することでこの課題をクリアし、小さなたわみ量も計測することができた。たわみ量も制限値内に収まっており、安心して運行頂けることを確認した。

南阿蘇鉄道は令和5年7月に無事復興開通し、現在では多くの観光客で賑わっている。

合成床版を有する 既設橋梁の拡幅工事について

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

奥村 優介[○] 禅野 航平 佐野 ゆり枝

1. はじめに

本工事の施工対象である津田高架橋は、四国横断自動車道の徳島沖洲IC～徳島津田IC間に位置し、橋長216.0m、支間54mの鋼4径間連続非合成少数鈹桁橋であり、合成床版にはTRC床版が用いられている。本橋梁は、完成形6主桁のうち4主桁が暫定形として供用されている。

本工事は、暫定形から完成形へと移行するために、既設橋梁の横に新たに2主桁を架設し、合成床版の幅員を拡幅する工事である。本稿では、既設橋梁の拡幅に伴う課題に対しての工夫や検討について述べる。

工事概要

- (1) 工事名：令和3-5年度横断道津田高架橋上部P3-P7工事
- (2) 発注者：国土交通省 四国地方整備局
- (3) 工事場所：徳島県徳島市津田海岸町
- (4) 工期：令和4年3月7日～令和6年3月8日

2. 現場における課題

既設橋梁を拡幅するにあたり、新設する桁および合成床版を、既設桁と既設床版に接合しなければならないが、製作・施工誤差などにより設計値通りでは接合できない可能性がある。そのため、既設形状把握を目的とした計測および誤差を吸収できる構造への変更を行わなければならない。ま

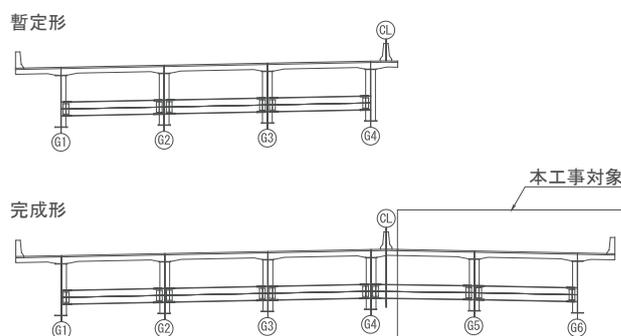


図-1 津田高架橋 断面図

た、新設桁の架設から新設床版の架設までの期間が短いため、既設形状を精度良く計測し、事前に主部材を製作する必要がある。

これらの課題に対して、実測方法および部材の構造について検討した。

3. 対応策・工夫と適用結果

3-1 事前計測

本橋は新設と既設が横桁および床版パネルにて取り合う構造であるため、横桁の仕口位置および角度を確認するために横桁仕口部の上フランジ、下フランジおよびそこに位置する主桁の上フランジ、下フランジのXYZ座標をトータルステーションで計測する。また、床版パネルの位置を確認するために、合成床版の各パネルの角のXYZ座標を計測することで、現状の位置把握を行うこととした。

計測した結果、設計値に対して高さ方向のズレ

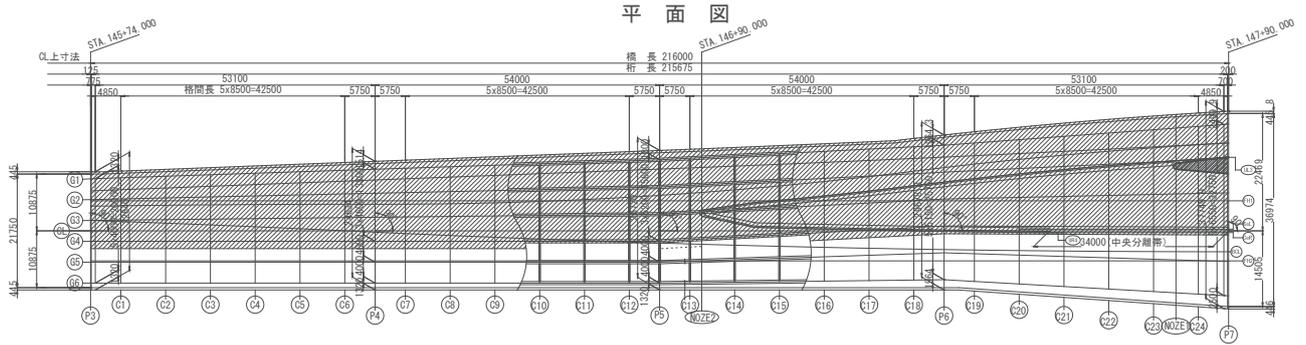


図-2 津田高架橋 平面図（ハッチングは暫定形範囲を示す）

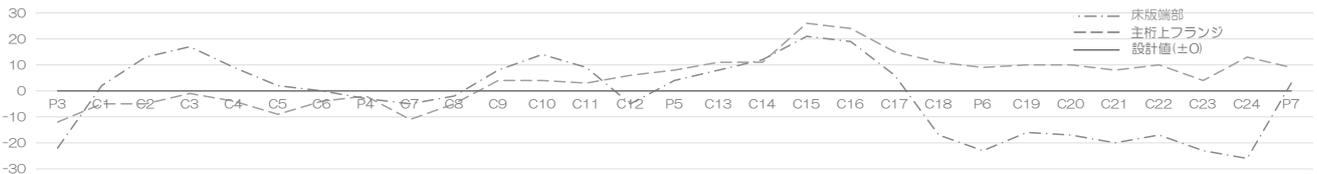


図-3 高さ方向の設計値と実測値の差

が大きいことがわかった（図-3）。また、合成床版パネルの平面的なズレについても確認できたが、床版のはつり撤去完了後に再計測して対応することとした。

3-2 事前計測結果の精査検証

事前計測時に合わせて3Dレーザースキャナを用いて点群計測も行った。点群計測を実施した目的としては、計測点の座標計測のみでは、その計測結果の妥当性が把握できないため、点群計測という別の計測方法により計測データを取得することで、座標計測の妥当性を確認することとした。

支点部は高さ方向のズレが生じにくいと考えていたが、P3およびP6では大きい結果となっていたことから、各支点部で主桁・床版端部の計測結果を比較し精査することとした。設計値とのズレを比較した結果を図-4に示す。主桁上フランジでの計測値を比較すると、ほぼ同じズレ量であることから、座標計測に問題ないと判断した。次に床版端部での計測値を比較すると、最大で10mm程度の違いが見られた。これは、床版端部のエッジ部分の点群を抽出しているため、計測値にばらつきが出たと考えられる。設計値からのズレには、同じ傾向が見受けられたため、座標計測の値を使用することで問題ないと判断した。



図-4 高さ方向の設計値と実測値の差



図-5 点群データ

3-3 誤差吸収構造の検討

当初は既設の床版パネルに直接、新設パネルを接合する構造となっており、計測結果の通りに誤差が大きい場合、床版パネル同士が接合できないという懸念があった。そこで、図-6のように、一次床版と間詰床版に分割することで継手を2箇所とし、誤差を2箇所で吸収できる構造に変更し

た。また、新設パネルの据付け時に主桁ウェブ上にある高さ調整ボルトでハンチ高さを調整できる構造とした。

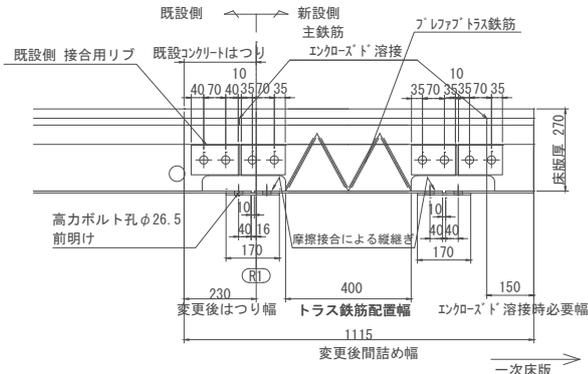


図-6 床版パネル接合部 (変更後)

3-4 部材への変形量導入

図-3に示す計測結果より、床版端部の高さ方向のズレ量が大きかったことから、主桁および床版パネル製作時に計測結果を反映してズレ量を吸収することとし、既設側と高さを合わせることにした。

P3~P6間については、各支点間のズレ量が放物線状になっていることから主桁への変形量を導入することでズレ量を吸収することが可能と判断し、図-7のような調整変形量を設定した。

次に、支点部でのズレ量に着目すると、P3およびP6では20mm以上のズレがある。そのため、主桁への変形量の導入だけでは支点部の合成床版のズレ量を吸収することができないため、図-8のように床版パネルの張り出し部に変形量を導入することで対応した。また、P6~P7間については、P3、P6と同様に床版パネルへの変形量にて吸収することとした。

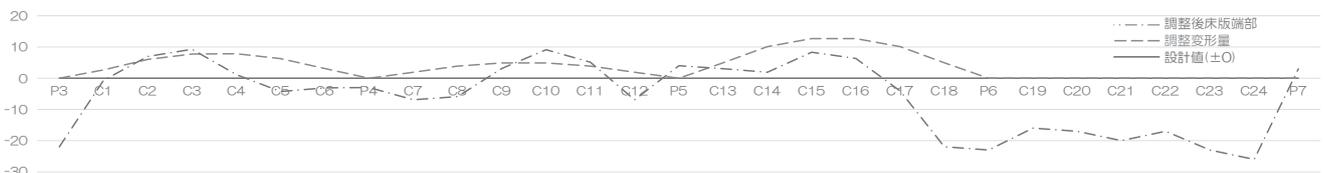


図-7 主桁への変形量導入後のズレ量

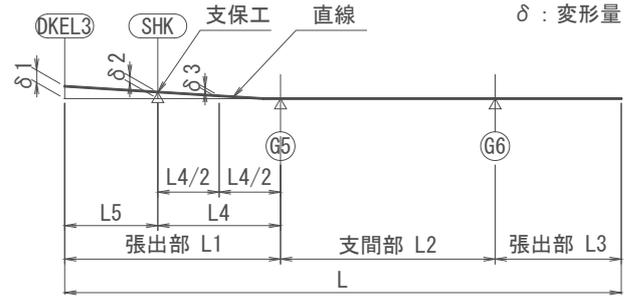


図-8 床版パネルへの変形量導入

3-5 横桁の接合方法の検討

新設桁を架設する際に、橋軸直角方向の設置位置の施工誤差が大きい場合、G4-G5間の間詰パネルの設置ができなくなる可能性があったため、新設桁架設時にG4-G5間の横桁を設置することで橋軸直角方向の間隔を固定する方針とした。しかし、新設桁は一次床版打設に伴って変形が生じるため、床版コンクリート打設時に横桁を追随させる必要がある。そのため、図-9に示す仮添接板を架設時に使用することで、追随できる構造に工夫した。

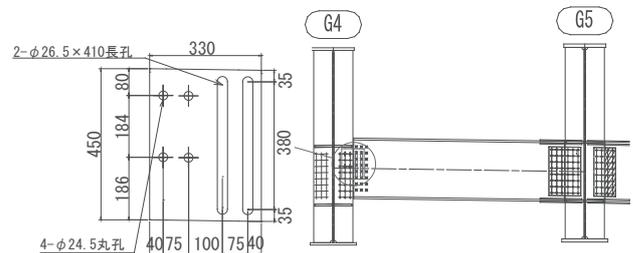


図-9 横桁用仮添接板

3-6 床版打設後の実測反映部材

誤差吸収構造の採用や部材への変形量導入により、横桁および一次床版パネルについては、設計寸法で先行して製作し、施工工程を遵守した。間詰部パネルは製作誤差や施工誤差などを考慮し、G4桁側に設置する添接板を床版打設後に実測し、実測結果を反映して製作することで対応した。

(図-10)。添接板にて最終調整を行うことから各部材の遊間量を20mmに設定した。

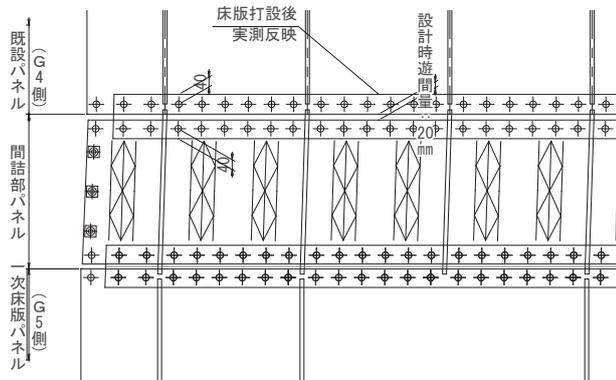


図-10 床版打設後の実測反映部材 (平面図)

3-7 新設床版のたわみ防止用支保工の設置

設計上、間詰部施工までは既設桁に対して新設床版荷重を載荷できない。また、一次床版のG4-G5間の張出し量が最大4m以上と大きい。そこで、コンクリート打設後のたわみ変形による出来形不良を防止するために、図-11のようにG4-G5間に張出し支保工を設置することとした。

また、支保工設置時は支保工受点位置において格点間隔で高さ管理を行い、合成床版架設後に支保工と床版パネルの間にキャンバー材を設置し、最終的な高さ調整を行うこととした。

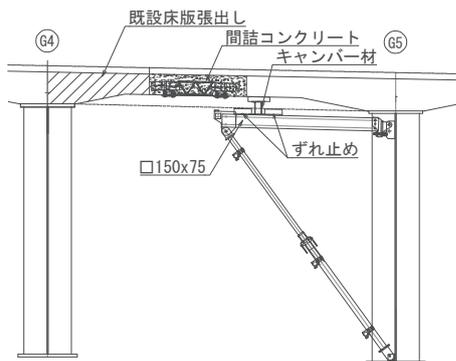


図-11 合成床版支保工構造

3-8 誤差吸収部材の詳細計測

G4-G5間の横桁は誤差吸収が必要であるため、添接板は実測反映とした。添接部の詳細計測時はウェブ面に設置している仮添接板でウェブ面を合わせ、横桁の孔位置の計測を行った。高さ方向は計画通りにキャンバーが落ちており、軽微な誤差

についてはフランジの添接板によりフランジ面を合わせることで対応した。孔位置のズレについては、添接部全体の約1/3が設計値で問題なかった。計測結果の反映が必要な箇所では設計値より最大で10mm程度の誤差があったため、製作する添接板のボルトを計測結果に合わせて変更配置した。

床版添接部については、新設床版のコンクリート打設完了後に、既設と一次床版との相対関係の実測を行った。新設パネルの位置から設置予定の間詰パネルを図面上に配置し、既設パネルと取り合える添接板形状を決定した。その結果、計測結果反映を行った添接板は無事に全て設置することができた。

4. おわりに

合成床版を有する既設橋梁の拡幅工事の前例が少ないなか、設計の段階で誤差吸収できる構造を提案し、品質確保に向けた施工時の工夫についての検討を行うことで、工事を進めることができた。

今回は、事前計測（手計測）の結果と3D計測の結果を併用し、計測精度の確認を行うことで部材製作の手戻りなどの作業の低減に寄与することができた。また、課題であった製作工程の逼迫については、主部材を先行して製作し、添接部のみを計測して製作することのできる諸対策を講じたことで、製作期間の短縮に繋げることができた。

最後に、本工事を進めるにあたりご指導いただきました国土交通省 四国地方整備局 徳島河川国道事務所の方々ならびにご協力いただきました関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

34 品質管理

高精度 3 次元測定器を活用した 出来形計測のメインオフィスからの技術支援

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

田中 啓介[○] 島元 保道

1. はじめに

新名神高速道路は名古屋市から神戸市に至る延長174kmの高速道路であり、このうち本事業は大津JCT～城陽JCT間の新規建設を行うものである。

本事業により、既に開通済みの亀山JCT～大津JCT間および城陽JCT～八幡京田辺JCT間と接続し、さらに京奈和自動車道と接続することで、高速道路ネットワークの機能強化や災害・事故時の名神高速道路等と相互代替機能の発揮が見込める。

本工事は、新名神高速道路の京都府と滋賀県の県境付近に位置し、片側3車線の鋼橋上部工2橋（上り線、下り線）を建設する新設工事である。



出典：西日本高速道路（株）HP<<https://corp.w-nexco.co.jp/>>

図-1 施工位置図

工事概要

- (1) 工事名：新名神高速道路 宇治田原第一高架橋（鋼上部工）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：京都府綴喜郡宇治田原町禅定寺

- (4) 工期：（自）2020年9月9日
（至）2024年4月9日

- (5) 構造諸元

上り線：鋼6径間連続鋼床版桁橋

（橋長）275.5m（鋼重）1993.5t

下り線：鋼5径間連続鋼床版桁橋

（橋長）294.5m（鋼重）2230.0t

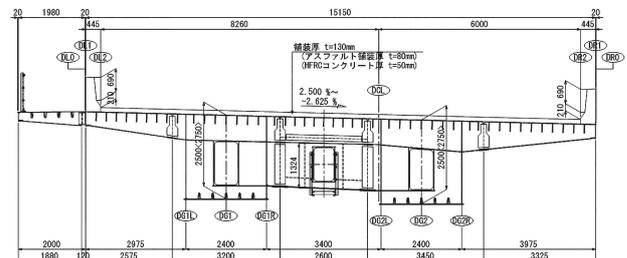


図-2 上部工断面図（下り線）

2. 現場における課題・問題点

本橋の特徴として、近接する宇治田原トンネルの施設物添架のため、壁高欄の外側に「張り出し鋼床版（幅2.0m）」を設置する構造となっている（図-3）。



図-3 橋梁区間の張り出し鋼床版

施工済みの橋台側面部にも同様の「張り出し鋼床版」を設置しなければならず、以下の点から施工中の不具合が発生すると考えられた。

問題1. 張り出し鋼床版の構造が、「歩廊部とブラケットが一体」となった構造

問題2. 橋台躯体側に「打ち込み式アンカーボルト」を予め設置しなければならない

【問題1について】

橋台躯体付きの張り出し鋼床版は、図-4・5に示すとおり、歩廊1基あたり、5台のブラケットが溶接構造で接合されている。また、ブラケット1台あたり、10本のアンカーボルトを必要とする。よって、張り出し鋼床版を設置するためには、50本のアンカーボルトが工場製作のものと同位置になければならない。

【問題2について】

打ち込み式アンカーボルトはM16を採用しているため、躯体コンクリートの削孔深さは72mmとなる。これに対し、躯体側の鉄筋純かぶりは70mmのため、鉄筋探査機を用いて削孔位置を選定しなければならない(図-6)。また、橋台躯体施工時のPコン穴埋め箇所がアンカーボルト位置と重なった場合も打ち込み式アンカーボルトを設置することはできない。よって、製作図に図示されているアンカーボルト位置と同一の箇所への設置は不可能であるため、現地での計測結果を工場製作に確実に反映させなければならない。

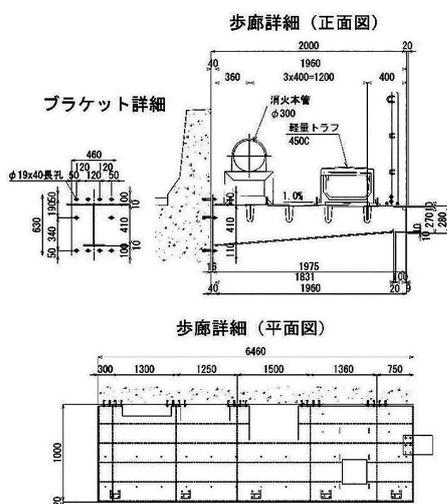


図-4 橋台躯体付き張り出し鋼床版 詳細図



図-5 橋台躯体付き張り出し鋼床版



図-6 橋台躯体削孔状況

3. 従来の対応策

通常、アンカーボルトの計測結果を設計および工場製作に反映する際は、「現地で確定したアンカーボルト位置をフィルムに転写」し、これをフィードバックしている。しかし、この場合はアンカーボルトが垂直に設置されていることが大前提であるため、打ち込んだアンカーボルト自体が傾いている場合は、アンカーボルト先端位置を工場製作に反映することはできない。また、本橋のように延長6.5mと長いフィルムの場合、フィルムのよれや歪みにより正確に計測できない場合がある(図-7)。その他にも、フィルムの表裏の取り扱い間違いや基準点の設定間違いなど、ヒューマンエラーが発生する可能性が高いだけでなく、計測対象物に精通した者が図面反映等を行う必要があり、現地技術者の作業量の増加や計測者個人の力量にゆだねられてしまう点も問題である。



図-7 フィルム設置状況



図-8 工業計測用高性能カメラによる計測状況

4. 対応策・工夫・改善点と適用結果

本工事では、従来の手計測およびフィルム転写ではなく、「3次元フォトグラメトリシステム(V-STARS)」による位置計測を採用した。なお、同システムを採用するにあたり、現場特性から適した技術の選定を行った。

【現場特性】

- ・対象物と測定箇所が近距離であること
- ・対象物がアンカーボルトであること
- ・計測作業が足場上で振動があること

【類似技術】

- ・3Dレーザースキャナーは、固定式のため足場上での据付けが困難である。
- ・ハンディ型3Dスキャナーは、計測結果を速やかに出力することができない。

※この工事では当日のデータ出力が必要であった。

採用した技術は、コンパクトな工業計測用の高性能カメラを使用するもので、移動時の安全性を確保しつつカメラに精通していない作業員でも容易に撮影することができ、撮影した画像データから計測点の3次元化が可能である(図-8)。

さらに、撮影後に現地のノートパソコンを使用してシステム処理が可能のため、計測結果をその場で速やかに確認することができる点もメリットといえる。

計測点においてシステムが自動認識するシールターゲットの設置が必要となるが、アンカーボルトの径に応じた治具を使用することで、個々のボルトに野書を行わずに計測ターゲットをアンカーボルトの中心に高精度で設置することが可能である。また、張り出し鋼床版の上面となる点を躯体コンクリートに追加することで、アンカーボルトと同一の座標系で計測を行うことが可能である。本システムの特徴である2次元バーコード型のコードターゲットは、特定の規則に従わずに計測範囲内に配置することができ、撮影位置と画像を自動でつなぎ合わせるため、広範囲の計測にも対応可能である。さらに、部材位置番号や図面上の記号を同時に撮影することで、施工記録としても活用することができる(図-9)。

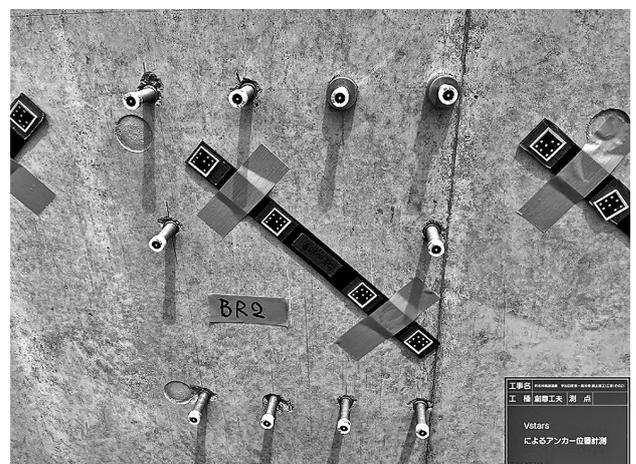


図-9 コードターゲット設置状況

計測データの出力は、撮影した画像をソフトウェアに取り込んだ後、解析が約10分で終了し、計測点を任意の点を原点とした座標で出力することが可能である。(表-)

また、ソフトウェア内の3Dグラフィックビューア(図-10)を用いることで、測点名や測定位置を確認することができるため、撮影者や現地技術者でなくとも容易に計測点の漏れや撮影不足を判別することができる。

表- 計測値の3次元座標値

	X	Y	Z
K0	0	0	0
K1	-2548.9	691.9	0
K2	1498.9	691.9	0
K3	0	690.7	2.4
BR1T1	-2729.4	598.5	55.6
BR1T2	-2607.1	595	55.9
BR1T3	-2479	596.2	53.5
BR1T4	-2348.8	596	53.2
BR1T5	-2683.2	404.1	57.2
BR1T6	-2349.2	402.6	52.3
BR1T7	-2730.7	95.1	54.2
BR1T8	-2584	95	50.6
BR1T9	-2491.4	92.6	52.5
BR1T10	-2369.8	93.3	52.4
BR2T1	-1437.9	592.9	54.4
BR2T2	-1307.9	593.7	56.2
BR2T3	-1189.3	592.8	53.3
BR2T4	-1068.5	593.9	55.7
BR2T5	-1437.6	403.4	54.6
BR2T6	-1069.5	402.6	55.6
BR2T7	-1428	94.6	51.6
BR2T8	-1309.8	95.5	52.3
BR2T9	-1189.9	96.2	54.9
BR2T10	-1071.2	94.7	55.3
BR3T1	-181.9	592.7	56.4
BR3T2	-59.1	593.3	56.7
BR3T3	59.1	591.3	56.4
BR3T4	181	594.5	56.3

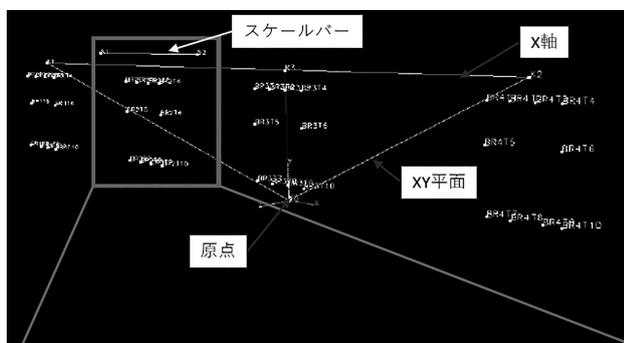


図-10 V-STARS上での3Dグラフィック

本工事においては、「3次元フォトグラメトリシステム」を用いた現地計測および計測結果のデジタルデータ出力により、設計図面および工場製作の一元データ管理を実現させた。このシステムの導入により、リードタイムの短縮およびヒューマンエラーの防止に顕著な効果が見られた。具体的には、現地での計測データを迅速かつ正確にデジタル化し、設計図面と連携させることで、工場での製作プロセスが効率化された。また、張り出し鋼床版設置時には50本全てのアンカーボルトが工場で作成した製品のボルト孔と完全に一致し、

干渉なく設置することができた。これにより、製品設置時での調整作業や製品自体の再製作が不要となり、施工の効率化と品質の向上が達成された(図-11)。



図-11 張り出し鋼床版施工完了

5. おわりに

本工事で採用した施工箇所は支障物が少なく、またほぼ同一平面の箇所であったため、撮影枚数が80枚程度と比較的少なかったと考えられる。支障物が多い箇所や最適な撮影距離(1.5m～5.0m程度)が確保できない箇所では、撮影枚数が増加し、コードターゲットの設置枚数が多くなることで、撮影データのつなぎ合わせ時に誤差が発生する可能性が高くなる。したがって、システムを採用する場合は、既設構造物や足場等の構造を事前に十分に検討する必要がある。

昨今の建設業界における担い手不足に伴い、現地技術者の不足が深刻な問題となっている。本工事で記述したような高精度3次元計測技術に限らず、今後ますます発展するDX技術やICT技術を導入することで、現地技術者の過度な投入を減らすことができるだけでなく、メインオフィスとの協同による技術支援の拡充、不具合発生への減少、作業工数の削減が期待できる。今後も積極的に先端技術を導入し、作業の効率化および建設現場の安全性の向上に努めていきたい。

35 品質管理

炭素繊維巻き立てにおける品質管理の工夫

岡山県土木施工管理技士会
蜂谷工業株式会社
杉田 康太郎

1. はじめに

本工事は、第一西藤橋及び第二西藤橋の橋脚が道路橋示方書（平成29年）により照査すると地震時保有水準耐力が不足するため耐震補強を行うものである。橋脚の耐震補強工法には、RC巻き立て、連続繊維補強等があるが、本工事は高橋脚であるため、補強対策による荷重増加が少ない連続繊維補強工法（炭素繊維）が選定された。第二西藤橋上下線P1、下り線P3ではライナー坑内部（図-2）また、第一西藤橋上下線P1では池内での施工であったため、その際の品質管理方法について述べる。

工事概要

- (1) 工事名：山陽自動車道
第二西藤橋他1橋耐震補強工事
- (2) 発注者：西日本高速道路株式会社
中国支社 福山高速道路事務所

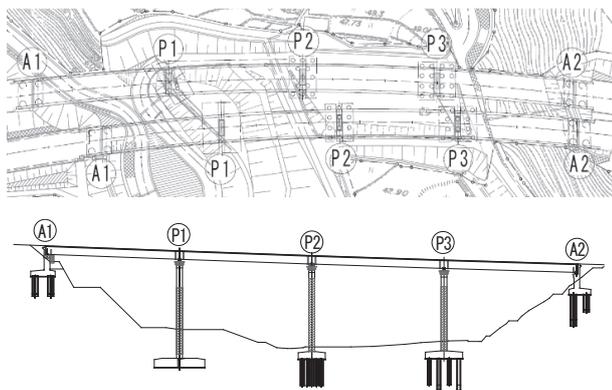


図-1-① 第二西藤橋 平面図

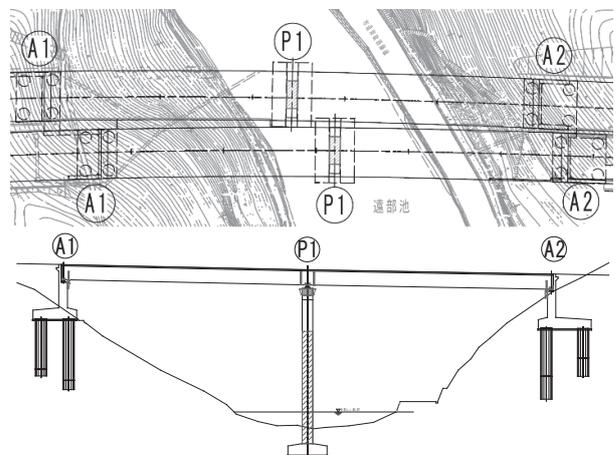


図-1-② 第一西藤橋 平面図

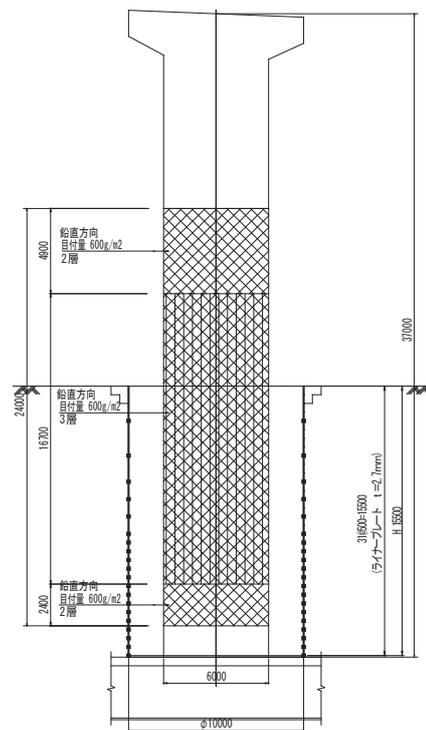


図-2 第二西藤橋P1橋脚（上り線）

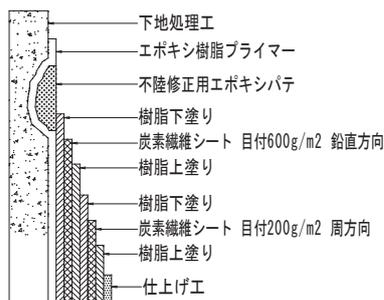


図-3 炭素繊維補強標準図

- (3) 工事場所：自) 広島県福山市東村町
至) 広島県尾道市美ノ郷町本郷
- (4) 工事数量：炭素繊維巻き立て工… 8基
その他…一式
- (5) 工 期：自) 令和3年3月20日
至) 令和6年3月3日

炭素繊維シート補強工法とは、計量・耐久性に優れた特徴を持つ炭素繊維シートを、施工用のエポキシ樹脂等で、既存鉄筋コンクリート構造物の躯体表面に巻き付けCFRP化することにより鉄筋量を補い、せん断、曲げ耐力向上やクラック発生の抑制にも効果が期待できるものである。

2. 現場における課題・問題点

2-1 多湿・低温箇所での施工不良

第二西藤橋上下線P1及び下り線P3はライナー坑内部で湧水が発生する箇所であり、年間を通して高湿度であった。また、第一西藤橋の施工は池内で且つ出水期は施工できなかった。出水期が明け炭素繊維シートの貼付までには作業ヤードの整備、足場組立てを行う必要があり、施工開始が1月中旬となり、低温であった。プライマー及びエポキシ樹脂については、湿度85%以上では空気中の水分に反応して白化現象を起し接着性が確保できなくなり、温度5℃以下では硬化速度が著しく低下し硬化、含浸不良発生が予想された。

2-2 暗部施工

ライナー坑内はH=15mと深く、照度が低いため作業員のヘッドライトのみでは一部しか照らすことができない。また、足場上での作業となることから移動及び炭素繊維貼付作業がやりづらく、

墜落、落下等の危険性が増してしまう。さらに施工不良箇所を見落としやすく、施工品質低下の原因となることが予想された。このため、坑内の照度を確保する対策が必要となった。

2-3 炭素繊維シート貼付時のヒューマンエラー

本工事で使用する炭素繊維シートは設計目付量が200,300,400,600g/m²と4種類であった。各橋脚で目付量が変わる為、貼間違いが起きてしまう可能性があり、一度間違えると炭素繊維シートの撤去にはかなりの期間が必要となるため、多大な工程の遅延が考えられた。作業中貼り付ける炭素繊維シートの種類間違いをどうすれば防ぐことができるか対策が必要となった。

2-4 1橋脚において連続施工ができない端部処理

第二西藤橋下り線P1橋脚の構造物掘削を行う箇所については、埋戻しを行う必要がある為、埋戻し部を第1期施工、埋戻し後の残りを第2期施工とした。その際、第1期と第2期の施工間隔は短い場所では4ヶ月、長い箇所では1年以上が開くところもあり、その間最終工程の塗装未施工部が剥き出し状態となる。炭素繊維シートを張り付ける際塗布するエポキシ樹脂は紫外線に弱く、直接日光に当たると白化現象を起し、表面が少しずつ崩れていく。このため施工間隔が空く際の対応が必要となった。また、第1期施工、第2期施工の炭素繊維シートを各層でラップさせる必要があったため、対応が必要となった。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

3-1 送風機及びジェットヒーターの設置

ライナー坑内部の湿度を低下させる目的として、送風機を設置した。設置箇所については、孔内の外部から内部への送り風用で2機、内部から外部への空気抜き用として2機設置した。同時に湧水が常時発生しているため、水中ポンプにて排水を常時行った。設置後坑内の湿度を計測した結果、元々95%以上だったものが80%を下回る結果となり施工可能湿度を確保することができた。

また、橋脚面の結露の除去も同時に行うことができた。

第一西藤橋の施工時にはジェットヒーターを設置し、足場内全体に温風が行きわたるよう穴あき耐熱ポリダクトを足場内に設置した。結果、5℃以上の温度を確保することができた。降雨時で気温、湿度が条件を満たしている際、最上段の橋脚面に面木をシール材にて固定し、橋脚面から雨水が施工箇所に入らないよう工夫をした。結果、施工中の材料への影響を抑えることができた。

3-2 照明設備の増設

ライナー坑内の照度を上げるため、テープ式ライトの設置を行った。テープ式ライトは特に照度の低い、最下層から10m上部へ足場内の4隅に設置した。設置したことにより足場内全体の照度を確保することができた。橋脚面ははっきりと見やすくなり、エポキシ樹脂未塗布箇所、シート貼付後の未含浸部分などが分かり、作業員への指示・指導を行うことができ、施工不良箇所を全て補修した。また坑内が明るくなったこともあり、移動、作業する際足場等で体を打ち付けることなく、安全に作業を進めることができた。



図-4 テープ式ライト (LED) 設置状況

3-3 炭素繊維シートの縦糸色分け

各目付量ごとに炭素繊維シートの縦糸に着色を下表のように行った。これを行うことにより炭素繊維シートの貼り間違いを防止することができ手戻り等の工程遅延を防ぐことができた。

-表- 炭素繊維シート識別一覧

目付量	縦糸色
200g/m ²	赤色
300g/m ²	白白
400g/m ²	黄色
600g/m ²	青色

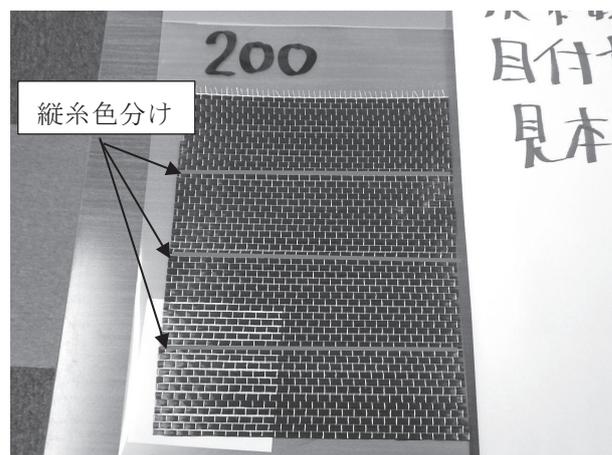


図-5 炭素繊維シート縦糸色分け

3-4 施工日数が空く際の養生及び第1期施工端部の処理

3-4-1 ブルーシート+ロープでの養生

第1期施工範囲が終了した後、構造物掘削坑内に組み上げた足場を一度解体した。その際、第1期施工部の端部は炭素繊維シートが剥き出し状態となるため図-5のように、直接日光等による紫外線の影響を抑えるため、ブルーシートで覆い飛散防止としてロープで固定を行った。また、シートが上下で位置ずれしないようブルーシート上部



図-6 紫外線対策状況

はサン木で固定し、橋脚上部の検査路からロープで引っ張り上げ補強した。この結果、第2期施工を行う前に表面の確認を行ったが、紫外線の影響で白化現象が起きることなく、施工前に表面の埃を少々ふき取る程度だった。

3-4-2 第1期施工端部の工夫

第1期施工端部は(図-7)のようなジグザグに処理を行った。(図-7)は第二西藤橋上り線P1橋脚で炭素繊維シートの貼付は設計で、鉛直方向4層(長手方向)、5層(短手方向)、周方向1層であった。炭素繊維シート貼り付ける際、ラップを行う時は $L=20\text{cm}$ 以上、ラップする位置が同一面に集中しないようずらす必要があったためジグザグに仕上げた。結果、各層の貼付始まりが分かりやすくなり貼付間違いの防止ができたとともに、各層の管理を容易に行うことができた。



図-7 第1期施工終了後状況

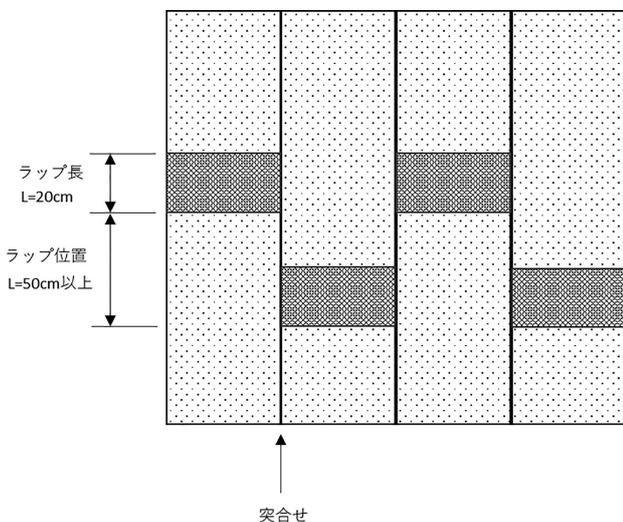


図-8 炭素繊維シート貼付管理(鉛直方向)



図-9 完成

4. おわりに

本工事における炭素繊維シート巻立て工の作業は環境に左右されることが多く、橋脚自体が高かったため、かなりの日数が掛かると予想していたが、発注者様並びに協力会社意見交換等、現場での工夫を行ったことで、作業をスムーズに進めることができた。今後の留意点とすれば、降雨翌日はどうしても湿度が高く施工可能湿度を下回ることが難しいため、除湿をよりよい方法で行わなければならないと感じた。

最後に本工事の施工にあたり多大なご指導を頂いた、西日本高速道路株式会社 中国支社 福山高速道路事務所の関係各位をはじめ、工事に関係された協力会社の方々に心より感謝の意を表します。

36 品質管理

補強土壁の CIM 活用、 TLS 測量による 3 次元管理

岡山県土木施工管理技士会
蜂谷工業株式会社
勝下 晃太郎

1. はじめに

本事業で施工する岡山環状南道路は、高規格道路「岡山環状道路」の一部を構成する一般国道30号（岡山市南区藤田）から一般国道2号（岡山市南区古新田）に至る延長2.9kmの道路である。竣工すると通過交通などの交通流を適切に分散導入し、岡山市中心部で発生している交通混雑を緩和することが期待されている。

本工事は岡山環状南道路のうち、東畦地区の補強土壁を施工するものである。本稿はその補強土壁の施工において、CIM活用、地上型レーザースキャナー測量（以下TLS測量）による3次元品質管理事例について述べるものである。

工事概要

- (1) 工事名：令和4年度岡山環状南道路東畦地区第15改良工事
- (2) 発注者：国土交通省岡山国道事務所
- (3) 工事場所：岡山県岡山市南区東畦地内
- (4) 工期：令和5年3月16日
令和6年2月29日

2. 現場における課題・問題点

- (1) 施工中の変位確認の課題

本工事は補強土壁は、中心線形R=4000mに沿って施工する曲線である。またシフトL=40mの区間があり、平面図（図-1）ではシフト区間と曲線が混在していた。断面図（図-2）を正として

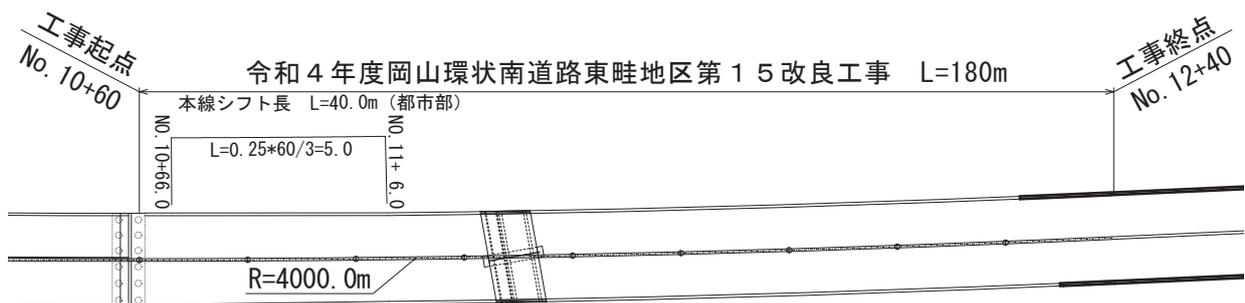


図-1 平面図

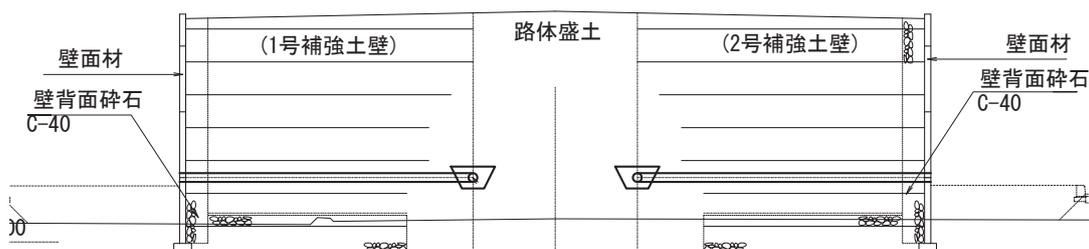


図-2 標準断面図

施工する事となったが、完成形のイメージが伝えづらく、施工時に通りがまっているか視覚的に判断できない事を課題とした。

(2) 出来形管理の課題

補強土壁は日々鉛直度、高さを確認しながら施工するのは言うまでもないが、巻き出し、敷均し、転圧作業により壁面材が設計からどの程度変位したかの確認は壁面材天端で行うことになる。ただ天端下段の壁面材については確認が難しく、どの程度倒れやはらみ出しが発生したのか、規格に収まっているかを確認する方法が課題となった。

また、補強土壁における出来型管理の測定基準は施工延長40mにつき1箇所である。補強土壁はその特性上変位しやすいこと、壁面ごとに変位する構造であることから、従来通りの出来形管理に加え、より正確で緻密な管理方法を課題とした。

(3) 竣工後の変位確認の課題

本工事で施工するのは図-2の通り補強土壁の壁面材までである。道路完成時に壁背面砕石や補強土壁盛土天端は本来露出しない構造であり、雨水の侵入を直接許す事になってしまう。

降雨等による水が盛土内に浸入することにより、壁面変位が発生した事例があることから、竣工し引き渡した後、次の工事までの間は特に変位しやすい状況である。よって引渡し後、仮に変位が起きてしまった場合でもすぐに変位を観測できる様な工夫を課題とした。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

(1) 課題への対応策

前述した課題への対応策として、CIMモデルの活用、TLS測量による3次元品質管理を実施することにした。内容は

1. CIMモデルを活用した補強土壁完成形の共有
2. 施工途中における倒れやはらみ出しの点検
…施工中の変位確認に対する対応策
3. TLS測量による出来形管理
…出来形管理に対する対応策
4. 施工途中と施工完了時の点群同士の差分解析

を行い、変位を確認する

…竣工後の変位確認に対する対応策である。

1-1 3次元設計データ作成

3D次元管理を行うにあたり必須になる3次元設計データを作成(図-3)した。

・使用ソフト: TOREND-CORE、TOREND-POINT

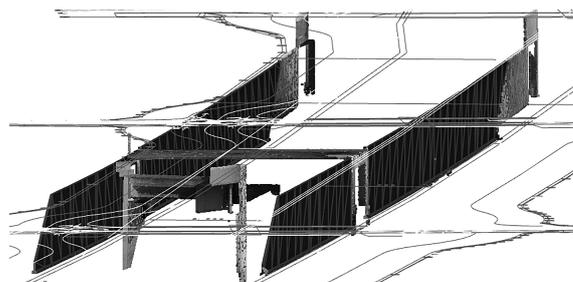


図-3 3次元設計データ

本工事では中心線形が $R=4000m$ で直線ではないこと、シフト区間があることから、3次元設計データと設計に差異が発生しないように5.0m毎に断面を作成した。これにより補強土壁の曲線と、5.0m毎に結んだ断面の中間点の差は0.0007mとなり、非常に高精度な3次元データを作成することができた。

3次元計測技術を用いた出来形管理の監督・検査要領(構造物工(橋脚・橋台)編)(案)に従って管理する事とし、CIMガイドライン(案)第5編橋梁編より、付属物などの細部構造、接続部構造を除き、対象の外形形状を正確に表現した詳細度300でモデルを作成した。

1-2 CIMモデルの活用

次に補強土壁完成形の共有を目的としたCIMモデル(図-4)を作成、活用した。



図-4 補強土壁CIMモデル

・使用ソフト：TOREND-CORE、TOREND-POINT
 視覚的に分かりやすいことから、協力会社、職員への説明がスムーズに行えた。特にシフト区間の完成形が可視化できたことで、作業打合せ、新規入場者教育での理解促進につながり、施工時の手戻りを防ぐことが出来た。施工途中に通りを確認する時にも活用でき、直線の補強土壁を施工する時と遜色ない施工量を確保できた。

また、補強土壁周辺の市道や作業ヤード等の可視化を行ったことで、当工区内における危険個所の洗い出し、資機材の配置計画、施工時の課題を早期に発見、共有する事ができた。

2-1 施工途中における倒れやはらみ出しの点検

施工中の変位確認を迅速に行うため、TLS測量を実施し点群データ(図-5)を計測、3次元設計データとの差分解析(図-6)を行った。差分解析結果は色が薄いほど設計値に近く、濃いほど設計から離れている。

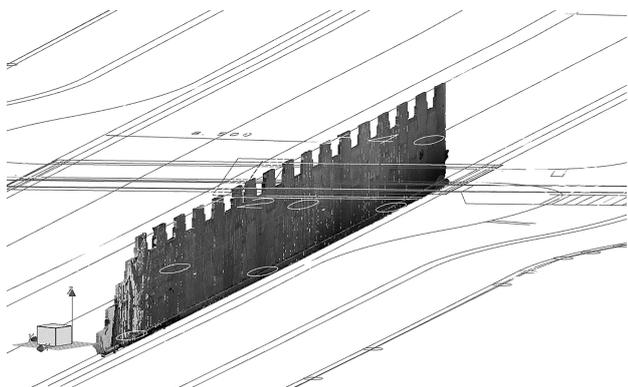


図-5 現地点群データ

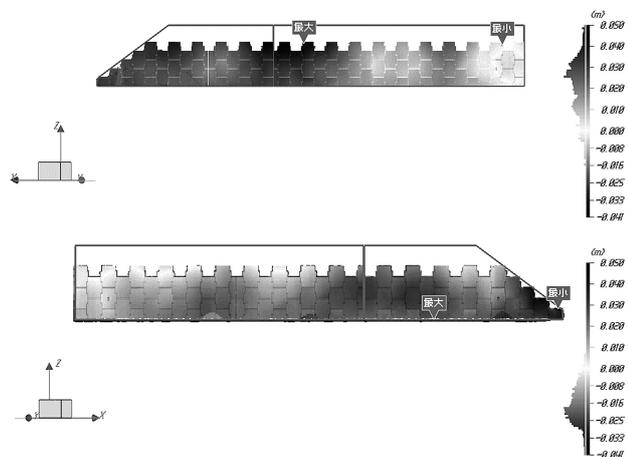


図-6 補強土壁差分解析結果

解析の結果、外カーブ側の補強土壁は設計よりやや外側に倒れていることが分かった。基準面から最大+0.050m、最小-0.015m、平均+0.021mである。同様に内カーブ側の補強土壁の解析を行ったが、設計よりやや内側に倒れており、基準面から最大+0.007m、最小-0.041m、平均-0.017mである。いずれも基準を満たしており、完成に向けた施工方法の検討、壁面材の調整に大いに役立つ結果となった。

従来の施工方法では、壁面材1枚ごとに座標ないしは距離と角度で変位を確認していたが、色で視覚的に分かるため、施工時の微調整を1枚ごとに行う事も容易となり、品質の確保と労力の短縮につながった。

3-1 出来形計測、出来栄え評価

補強土壁完成時、断面的な寸法評価でなく、面出来栄えを評価するためにTLS測量を実施した。本工事ではテープ、巻き尺、下げ振りによる従来方法の計測も実施し、測量による誤差の確認も行った。(表-) 自社目標として測定基準は施工延長20mにつき1箇所、規格値の50%を出来形管理基準とした。

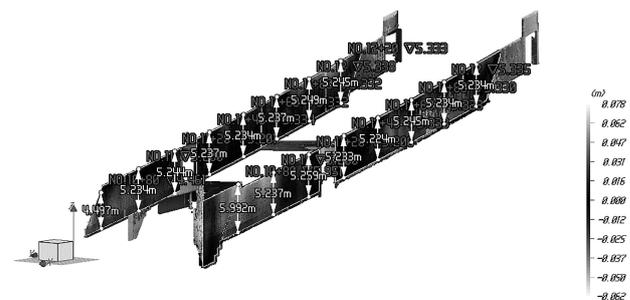


図-7 出来形評価、出来栄え評価

表- TLS測量と従来方法による測定差

1号補強土壁出来形比較					
	従来方法による計測		TLS測量による計測		備考
測点	NO.11+60	NO.11+80	NO.11+60	NO.11+80	自社目標値
測定項目	鉛直度Δ	鉛直度Δ	鉛直度Δ	鉛直度Δ	0.015Hかつ±150以内
許容値 mm	±150	±150	±150	±150	測定基準
実測値 mm	+13	+10	+14	+7	20m毎に1回
測定項目	高さH	高さH	高さH	高さH	自社目標値
設計値 mm	5230	5230	5230	5230	-50
実測値 mm	5242	5245	5234	5237	測定基準
差 mm	+12	+15	+4	+7	20m毎に1回
測定項目	基準高▽	基準高▽	基準高▽	基準高▽	自社目標値
設計値 m	5.330	5.330	5.330	5.330	±25
実測値 m	5.336	5.337	5.332	5.332	測定基準
差 mm	+6	+7	+2	+2	20m毎に1回

面で評価することにより、従来通りの出来形管理だけではわからない壁面1枚毎の評価が可能となり、より詳細な出来形確認が可能となった。また、TLS測量と従来方法の測量誤差も10mm以下に収まっており、測量の誤差が殆ど確認されなかった。結果として、

- ・点群データによって机上でも出来形確認が可能。
 - ・測定したい箇所をどこでも計測することが可能。
 - ・点群データによって変位確認が容易。
 - ・鉛直度など埋戻し後でも再確認ができる
- である有用なデータを取ることができた。

4-1 施工途中と施工完了時の点群同士の差分解析

前述のデータの活用として、補強土壁施工時に施工途中段階の結果からの変位を確認し、施工前後の出来栄評価結果を合わせて確認する事で変位の方向を特定し、設計値へ近づいたことを確認できた(図-8)。差分解析結果は色が薄いほど設計値に近く、濃いほど設計から離れている。

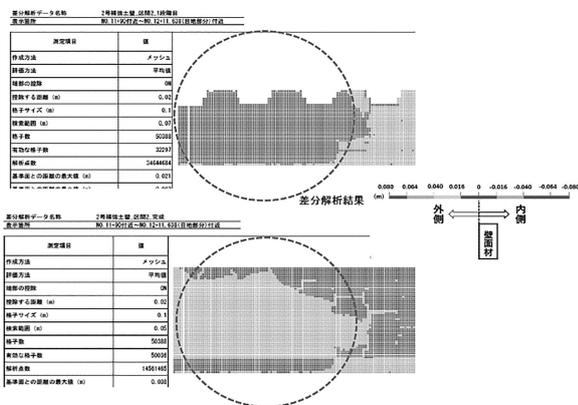


図-8 施工前後の出来栄評価の変遷

施工前後での比較が容易であることから、竣工後このデータがあれば変位の観測も容易にできることが分かった。前述の通り本工事は補強土壁壁面材までの施工であることから、引渡し後、雨などで仮に変位が起きてしまった場合でもすぐに変位を特定できる仕組みを残すことができた。

4. おわりに

(1) 課題解決結果

補強土壁のCIM活用・TLS測量による3次元品

質管理の最大の利点はその「分かりやすさ」にあった。本工事のような曲線であること、シフト区間があり完成形のイメージがつかみにくい場合特に有効な施工管理方法であり、諸課題の解決につながり出来形も非常に良好だった。

特に出来栄評価について発注者様よりご好評であり、ひと目見て良し悪しの判断が可能なおと、成果物の見栄えだけでは分かりにくい壁面の差異を確認できることが評価された。

補強土壁天端から下げ振りを垂らしての鉛直度の確認、高さの確認など、どうしても危険作業が伴っていた作業についても、安全な方法で確認作業ができ、TLS測量の強みを十分に発揮できた。

(2) 今後の課題

費用は外注の場合、モデル作成から現地の測量、成果報告書作成等一式で約700万円程度必要になり、施工上の課題が軽微なものである場合は費用対効果が見込めないと考えられる。また、TLS測量機、専用ソフトウェアも高価であり自社内製化の敷居が高かった。

TLS測量は正確なデータを観測できるのが強みであるが、人工と時間がかかるのが課題だった。点群の密度にもよるが、公共工事の出来形評価、出来栄評価に用いる質を求めるとすれば、測量によって工程が前後することもある。

現在スマートフォンの3次元測量分野が発達しているため、それらを活用できると更に安価で簡単にできるだろう。

(3) 今後の展望

「点群データによって変位確認が容易」と述べたが、今後大規模な災害や経年劣化などの要因で発生する維持管理にも役立つことが予想される。本工事のような状況で竣工する場合にも、変位の確認が容易であるデータを残すことが今後重要である。

補強土壁だからこそ要点である倒れやはらみ出しが重要であり、目では見えない劣化もTLS測量で容易に観測できる。以上の事から今後データによる面管理が普及する事を願いたい。

37 安全管理

下り勾配での送出し架設における安全対策

日本橋梁建設土木施工管理技士会
株式会社横河N Sエンジニアリング
主査
川口 浩平

1. はじめに

本工事は三遠南信自動車道 鳳来峡ICを跨ぐ鋼2径間連続非合成箱桁橋の架設工事である。

供用中のICを跨ぐ位置に架設を行うため、送出し架設が採用されている。

本稿では、下り勾配での送出し架設を行うにあたり実施した安全対策について記す。

- (1) 工事名：三遠道路9号橋鋼上部工事
- (2) 発注者：国土交通省中部地方整備局
- (3) 工事場所：愛知県新城市名号
- (4) 工期：令和4年10月8日～
令和6年5月31日
- (5) 橋梁形式：鋼2径間連続非合成箱桁橋
- (6) 橋長：152.000m
- (7) 支間長：63.8m (A1-P1) + 85.8m (P1-A2)

施工内容

- 工場製作工：一式
工場塗装工：一式

- 鋼橋架設工：一式 (778.3t)
橋梁現場塗装工：一式
橋梁付属物工：一式
鋼橋足場等設置工：一式

2. 現場における課題・問題点

本橋梁は、支間長がA1-P1径間が63.8m、P1-A2径間が85.8mと不等支間であることに加え、橋梁区間の縦断線形が下り0.94%と下り3.0%のクロソイド曲線内であり各橋台橋脚を結ぶ縦断勾配はA1-P1が-1.36%、P1-A2が-1.96%である。更に、送しヤードが-1.3%であり一定勾配での送出しが困難であり、安全かつ効率的な送出し線形を設定する必要があった。

また、A1-P1径間にはオフランプ、P1-A2径間にはオンランプに加えて林道大六線、六所川の交差物件があり、夜間施工にて送出しを行った翌朝には橋台・橋脚に到達し安全を確保した状態で交通開放を行い、道路解放時の落橋防止対策を行う

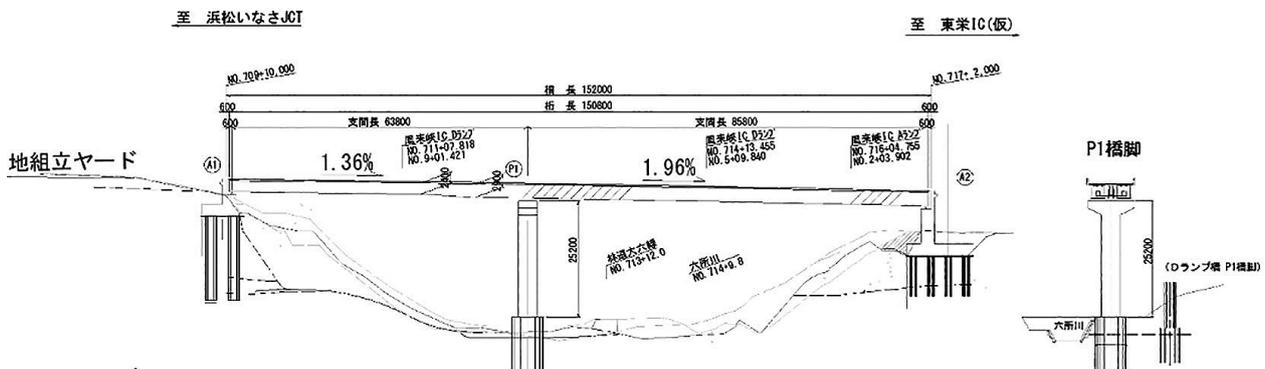


図-1 橋梁一般図

必要がある。

三遠南信自動車道を夜間全面通行止めにて送出し架設を行い、ひと夜間にて最大支間長85.8mの送出しを行うことが課題であった。



図-2 施工前写真

3. 施工計画

施工計画を立案するにあたりドローン・地上レーザースキャナを使用し現状地形の計測を行い、CIMモデルを作成した。

CIMモデルを活用し施工ヤードの形状に合わせた資機材の配置・施工用クレーンの検討を行った。

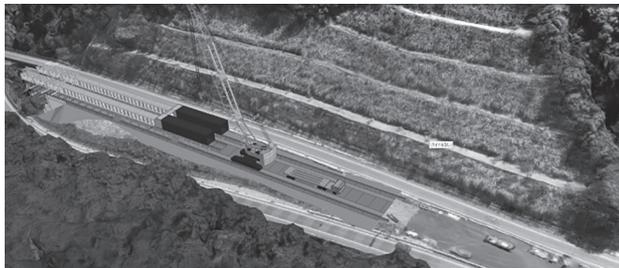


図-3 CIMモデルを活用した施工計画図

3-1 送出しステップ

送出しヤード背部に工事用車両転回場があり、車両通行路を確保するために桁全延長分の組立ヤードを確保することが困難であったため、送出し回数を3回に分けて施工することとした。



図-4 桁地組立計画図

1回目送出しでは、手延べ機58.3mと橋桁63.0mの地組立を行い71.3m送出し、P1橋脚に到達。

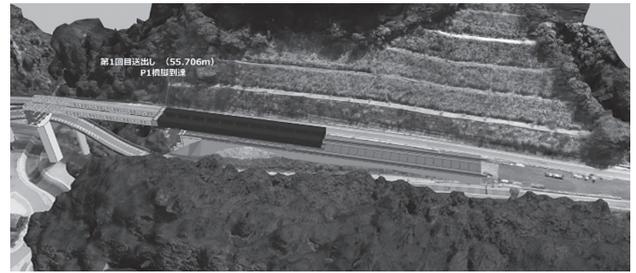


図-5 1回目送出し計画図

2回目送出しにて、橋桁69.3mの地組立を行い70.2m送出し、A2橋台に到達。

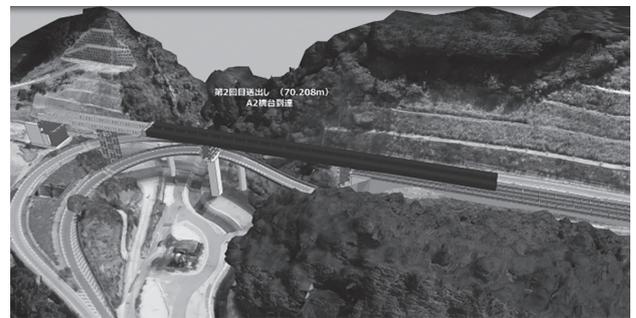


図-6 2回目送出し計画図

3回目送出しにて、橋桁18.5mを地組立し57.4m送出し、手延べ機は適宜解体・撤去。

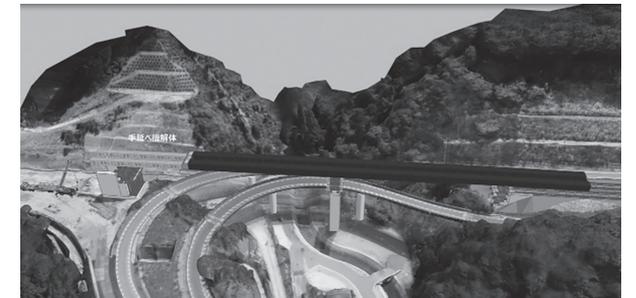


図-7 3回目送出し計画図

CIMモデルを活用した施工計画・架設計画を行ったことにより、施工ステップの可視化が可能となり、作業に携わる関係者全員で意思疎通を図り施工することができたと考えます。

3-2 送出し装置

送出し条件には三遠南信自動車道を夜間全面通行止め（21時から翌6時）とする時間的制約があり、交通規制時間内に橋桁を橋台及び橋脚に支持・固定した状態で規制を解放する必要があった。

規制時間内に送出しを完了するためには、連続的な送出しが必須となるため、推進速度が速いエンドレス滑り装置とエンドレス送り装置を採用した。更に、送出しヤード勾配と送出し線形の差、製作キャンバーを台車設備のジャッキにて高さ調整し吸収するものとした。台車設備にもジャッキを設けることにより、反力・ストローク・変位の計測・監視・管理も可能となり送出し作業に対する安全性の向上を図った。

3-3 逸走防止設備

橋梁区間、送出しヤードともに下り勾配であったため、送出し時の逸走防止に加えて地組立時の滑動防止対策を行った。また、橋梁直下に供用中のオンランプとオフランプの2車線があることから、より確実な固定及び対策が不可欠であった。

そこで、送出し時の逸走防止設備として軌条設備の後方に深さ1.5m、長さ2.5m、幅12.0m、重量104tのコンクリート製アンカーブロックを構築し、そこにブレーキング装置を設置し滑動防止兼用逸走防止設備とした（図-8）。

地組立時の活動防止対策としては、台車設備にクレビスジャッキとレールクランプジャッキを設置し、一時的にブレーキング装置を解放する際にはレールクランプジャッキにて台車と軌条設備を固定した（図-9）。

送出し作業時には上記ブレーキング装置に加えて、ブレーキング装置の不具合や設定以上の逸走に対するフェールセーフとして、能力3tのチルホール4台を設置し2重の安全対策を施し、送出し時と地組立時の活動防止・逸走防止による確実な固定を行うことにより、安全を確保することとした。



図-8 ブレーキング装置

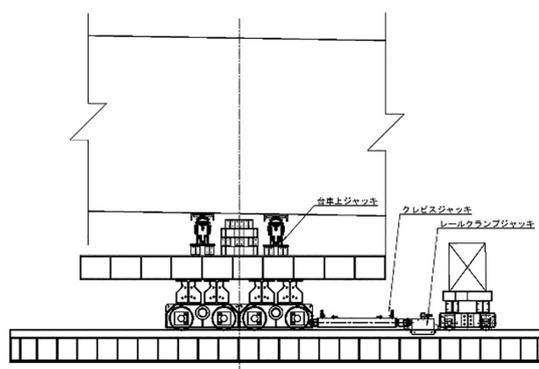


図-9 台車設備図

4. 送出し施工

4-1 作業手順周知会、送出し試験施工

1回目の送出し施工に先立ち、施工要領の周知と人員配置の確認を行うため作業手順の周知会を関係者全員にて実施。その後、送出し設備の確認、作業手順の確認、供用路線に影響のない範囲（4m）にて試験施工を実施し、人員の配置・作業手順・無線合図の順序や使用可否の確認、送出し装置設備やブレーキング設備などの異常有無を行し送出し作業に備えた。

関係者全員にて作業手順周知会を行い全作業員の意見を取り入れ周知することにより、意思疎通を図り人的要因による事故の防止。試験施工を行うことにより機材・設備による事故防止を図った。

4-2 反力・挙動計測管理

送出し作業では連続的に桁の位置や受け点の反

力が変化するため、ステップ毎の橋桁の位置や受け点反力・変位の管理値・制限値を設け、計画に対する数値を常に監視・管理する必要がある。

本工事では送出し進捗量（今回は1m毎）、各受け点（橋台・橋脚・台車設備）の反力に加えて、エンドレス滑り装置のストローク量、橋桁の横方向への横ズレ量を一元管理し、常時監視・管理を行いログによる記録を残せるシステムを構築した。今回、橋台・橋脚にて12点、台車設備にて16点の受け点があり、合計28点を数値による監視・管理では誤認のリスクが生じるため、グラフによる視覚的な管理を実施するとともに、そのシステムの表示画面を複数のモバイル端末にて画面共有することにより、全管理者がリアルタイムで確認・把握が可能とし、無線連絡を必要最小限とすることによる緊急時における無線の混乱を防止した。

4-3 送出し施工の実施

1) タイムスケジュール

トラブルなくタイムスケジュール通りに施工を進めることができ、交通規制時間内に橋桁を橋台及び橋脚に支持・固定した状態で安全に交通規制を解放した。

2) 送出し作業

試験送りにより推進力や橋桁の挙動を確認していたことにより、想定通りの管理値にて送出しを行うことができ、トラブル・事故もなく終えることができた。

3) 反力・挙動管理

1回目の送出しでは送出し途中にて横ズレする傾向があったが、2回目以降はエンドレス滑り装置の方向を調整する対策を施して、横ズレを防止することができた。反力管理においても、エンドレス滑り装置と台車設備を適宜調整しつつ反力管理を行ったことにより、反力超過もなく安全に送出しを終えた。

5. おわりに

本工事は令和5年7月から現場施工に着手したが、同時期に発生した橋梁落下事故に対する再発防止策を反映した架設計画とするために幾度と再確認・再検討を行い施工に臨んだ。

また、各作業におけるリスクの洗い出し、繰り返しの施工要領検討会・作業手順周知会を行うことにより、施工の係わる関係者全員が共通認識を持って施工を行ったことがトラブルや事故もなく安全に施工を完了することができたと考える。

最後に、本工事の施工計画・現場施工に関わって頂いた技術者の方々にこの場を借りて深く感謝の意を表します。



図-10 送出し施工状況



図-11 送出し完了

38 その他

鋼製横梁現場溶接への多関節溶接ロボット適用

日本橋梁建設土木施工管理技士会

佐藤鉄工株式会社

部長代理

主任技師

橋爪 忠雄[○] 青木 寛信

1. はじめに

今後の労働人口減少及び建設現場での労働者不足による現場溶接作業員減少に対する省人化対策を見据えて、鋼橋現場溶接の多関節溶接ロボットでの施工を実施するために、鋼製横梁（図-1）での現場溶接がある3工事にて一部施工したので報告する。

工事概要

- (1) 工事名：大阪湾岸道路西伸部六甲アイランド第三高架橋PE3鋼製梁工事
：大阪湾岸道路西伸部六甲アイランド第三高架橋PE4鋼製梁工事
：大阪湾岸道路西伸部六甲アイランド第三高架橋PE5鋼製梁工事
- (2) 発注者：国土交通省近畿地方整備局
- (3) 工事場所：兵庫県神戸市東灘区向洋町地先
- (4) 工期：(PE3) 令和5年3月14日～令和6年3月31日
：(PE4) 令和5年6月16日～令和6年7月31日
：(PE5) 令和5年6月20日～令和6年5月28日



図-1 完成写真（手前からPE5, PE4, PE3橋脚）

2. 現場における課題・問題点

多関節溶接ロボットは工場で使用することを前提として設計・製作されており、これまで鋼橋の現場溶接で多関節溶接ロボットを導入しているケースはほとんど見られない。現場施工前に以降の項目について事前検討を実施した。

(1) 溶接環境の構築

溶接方法は炭酸ガスアーク溶接のため防風対策が必要であり、さらに工程を守るために雨天でも作業する必要があった。また、工場製作では問題にならない電源・炭酸ガスの安定供給やケーブルの取り回しなどの綿密な事前計画が課題となった。

さらに、今回の工事で多関節溶接ロボットの対象とした箇所以外は通常の人による溶接が実施されるため、お互いに干渉されないような工程・作業管理が必要となった。

(2) 多関節溶接ロボットの設置

重量約300kgの多関節溶接ロボットを溶接する場所に安定的に設置するため、移動可能であり所定の位置で固定できる架台（図-2）が必要であった。また、風防設備内のため重機は使用できず、横梁上で人力による移動が必要であった。

さらに溶接ワイヤ、溶接機、ロボットのコントローラ等を限られた作業スペースで施工可能な位

置に配置する必要があり、他の現場作業の障害にならないように調整する必要があった。

今回の現場溶接で使用した機器は下記の通り。

- ・ロボット：ダイヘンFD-19B4LS（7軸）及びFD-19V6LS（7軸）
- ・溶接機：ダイヘンWelbeeM500 II
- ・発電機：デンヨー DCA-100ESI（100KVA）

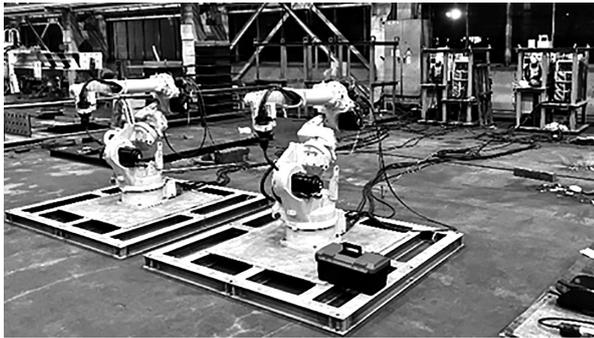


図-2 多関節溶接ロボットと架台

(3) 非破壊検査要求レベルへの対応

本工事は鋼製橋脚の横梁であり、隅角部について非破壊検査（超音波探傷検査）の判定基準はL/2 検出レベルでキズ指示長さが板厚の1/3 以下合格というスペックであったため、非常に高品質な溶接施工が求められた。検出レベルの感度が高く、小さなキズでも不合格になるリスクがあったため、現場施工前に非破壊検査の合格率を確認しておく必要があった。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

(1) 溶接環境の構築

本工事では鋼製横梁を既設橋脚の上で一体化する工法を採用したため、横梁の半分を地組立にて完成させた。その際、地組立・溶接・塗装の養生として屋根付きの風防設備（図-3）を設置する事とした。風防設備の計画段階で多関節溶接ロボットを配置できるように足場材との干渉など検討を進め、多関節溶接ロボットが設置・移動できる環境を整えた。

電源は発電機を使用しなければならないが、ロボットの動作動力と溶接電流・電圧を安定させるために発電機の選定は最低限必要な定格容量の約

30KVAに対してメーカー推奨が定格の3倍であったため100KVAの発電機を準備した。事前に工場と同容量の発電機による実験を実施し、溶接アークの安定性及びロボット各軸の作動状況が工場電源と同じであることを確認してから現場施工を実施したので、現場施工時は各機器が安定して作動した。



図-3 地組立時の風防設備

(2) 多関節溶接ロボットの設置

本工事で多関節溶接ロボットの現場溶接対象とした箇所は、初めての試みであったため対象箇所を限定し梁上面の下向き溶接と、梁側面の立向き溶接を選定した。対象箇所の詳細について（表-1）に示す。

表-1 対象箇所詳細

橋脚	箇所	開先形状	板厚	溶接姿勢
PE3	梁上面	R:5~12mm θ :30~45°	24mm 66mm	下向き
PE4	梁上面 梁側面	R:5~12mm θ :30~45°	24mm 62mm	下向き 立向き
PE5	梁上面 梁側面	R:5~12mm θ :30~45°	21mm 30mm	下向き 立向き

R：ルートギャップ θ ：開先角度

まず下向き溶接で設置する架台は、稼働中の多関節溶接ロボットが安定して溶接できるようアジャスターボルトを設置して固定できる構造とし、梁上で移動出来るようにキャスターを取付け、人力でも移動できる構造（図-4）として設計・製作した。最初のPE3工事にて梁上面は吊り金具や付属物の取付板が多くありロボットの移動に苦勞したため、2番目のPE5工事からは架台を

幅・長さを1,800mmから1,000mmにコンパクト化して干渉しないように再製作し対応した。

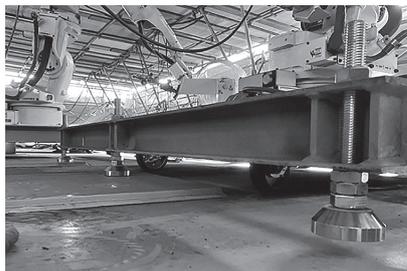


図-4 ロボット架台（下向き用）

ロボットの設置場所については事前検討で対象溶接線を決定し、3D-CADデータとロボット用アプリケーションを使用して設置場所でのロボット可動域を事前シミュレーション（図-5）することで、現場施工をスムーズに行うことができた。

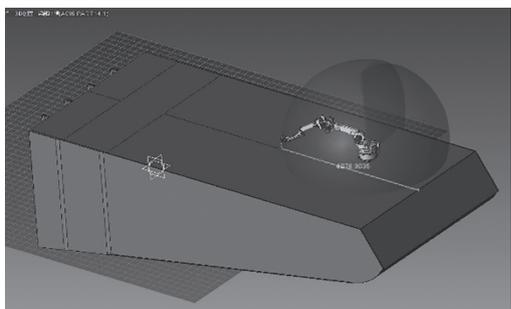


図-5 事前シミュレーションでの確認

次に立向き溶接では、多関節溶接ロボットの可動範囲で立向き溶接線を全線カバーできる位置に設置するために（図-6）のような架台を設計・製作し風防設備組立時に設置した。懸念された架台の安定性については、工場ですべて事前にロボットアームの可動によるふらつきが無い事を確認した。現場では敷鉄板上に設置したが可動によるふらつきは見られなかった。

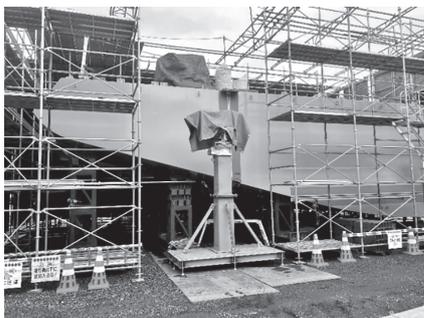


図-6 ロボット架台（立向き用）

また、風防設備の関係でロボット設置位置に制約ができたため、7軸ロボットでも動作が窮屈な区間が発生し、現場にてプログラムの微調整が発生した。立向き溶接の施工状況を（図-7）に示す。特に狭い場所での施工では事前シミュレーションにて十分確認しておく必要があった。



図-7 立向き上進溶接の施工

また、現場ではスペースの制約が多くあるため、工場で使用している溶接機及び周辺機材が収まるラックを現場施工に向け小型化（図-8）し、運搬し易く設置場所を選ばず置けるように改良した。



図-8 溶接機等のラック改良

(3) 非破壊検査要求レベルへの対応

多関節ロボット溶接での完全溶け込み溶接部施工の実績が少ないので、工場ですべて事前にテストピースを溶接して非破壊検査を実施し、合格範囲内での施工が可能と判断した。

特に作業範囲に限られる多関節溶接ロボットは溶接と溶接の繋ぎ部が必ずあり、内部キズの入り易い箇所の一つとなる。工場での事前テストでは、3パターンの繋ぎ順を試験し非破壊検査の結

果と作業効率を考慮して、先行溶接の終端クレータをグラインダー処理して後行溶接を被せる順序を決定した。



図-9 工場での事前テスト

現場溶接後の非破壊検査結果は、(表-2)の通り多関節ロボット溶接で施工した箇所からはキズは検出されなかった。高い溶接品質を維持できたと言える。

表-2 超音波探傷検査結果

橋脚	ロボット溶接対象箇所	検査結果
PE3	TJ1上フランジ (24t) J3上フランジ (66t)	キズは検出されず
PE4	TJ1上フランジ (24t) J3上フランジ (62t) J1ウェブ (62t)	キズは検出されず
PE5	TJ1上フランジ (21t, 30t) J1上フランジ (21t) J1ウェブ (21t)	キズは検出されず
判定基準：L/2検出レベルで板厚の1/3を超えるキズ指示長さが検出されないこと		

(4) 生産性に関する考察

人による従来工法と、多関節溶接ロボットによる自動溶接との生産性を比較した。

同一形状の箇所において、人による従来工法では、10日を要した。多関節溶接ロボットによる自動溶接では、オペレータ1人がロボット2台を同時に操作して5日間で終わることができた。よって、生産性は2倍向上し、省人化率は50%減という結果であった。

また、ロボットは条件出しを最適にできれば、人よりも安定した品質を確保できるので、手直しが少なくなり総合的に効率が上がる。

現場溶接は過酷な状況下（俗に言う3K）が多いため、人間の負担を減らすために積極的にロボットを活用していく必要があり、ロボットメーカー各社で開発中の軽量の協働ロボットで溶接する事ができるようになれば、移動・設置の制約が少なくなり普及が進むと期待している。

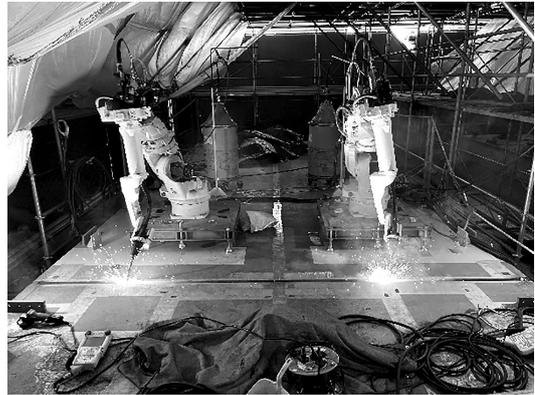


図-10 下向き溶接の施工状況

4. おわりに

本工事にて限定条件下での多関節溶接ロボットによる現場溶接が問題なく施工できる事を実証できた。これからも適用範囲を広げるべく、対象工事を選定して実証していく予定である。

今後の課題としては、

- ①多関節溶接ロボットセッティングのスピードアップと、一人で稼働させる多関節溶接ロボットを増台させる事を検討し、作業効率向上及び省人化を推進していく必要がある。
- ②ロボットオペレータに対しユニック・クレーン操作、ロボットのオペレーション、溶接作業、工程調整などの幅広いスキルが必要であり、対応できる人員の育成が必要不可欠である。
- ③設計段階から多関節溶接ロボットを想定した構造を検討していけば、スムーズな現場施工が実現できると考えられるため、今後対象となる工事では設計段階からの検討を実施していく。

最後に、本施工に際しご支援頂いた近畿地方整備局浪速国道事務所の関係者、並びに工事関係者にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

39 その他

用・排水構造物における3Dプリンター製品の適用

岡山県土木施工管理技士会
蜂谷工業株式会社
現場技術員
秀 平 旭

1. はじめに

現在の日本では、少子高齢化による人口減少から建設作業員の担い手不足が問題となっている。

この問題を解決するため、生産性向上を目指して、様々な新技術が開発されている。

その一つとして、3Dプリンターを活用した、建設部材の製作がある。

今回、用・排水路の部材を建設用3Dプリンターで製作し、施工を行ったのでその概要を報告する。

工事概要

- (1) 工 事 名：山陽自動車道 第二西藤橋他1橋
耐震補強工事
- (2) 発 注 者：西日本高速道路株式会社
中国支社 福山高速道路事務所
- (3) 工事場所：自) 広島県福山市東村町
(KP208.750)
至) 広島県尾道市美ノ郷町本郷
(KP214.514)
- (4) 工 期：令和3年3月20日～
令和6年3月3日

2. 現場における課題・問題点

今回の適用箇所は、本工事で撤去した用・排水路の復旧であり、周囲の道路幅員や地盤高、法面勾配の関係から現状復旧が必要であった。

そのため、水路のルートや集水柵の位置、二次製品の規格などが事前に決まっていた。

その中で水路に屈曲箇所があり、直線部はコンクリート二次製品を使用して復旧するが、屈曲箇所は、場所打ちコンクリート水路とする計画で、掘削から埋戻しまで養生期間を含めて2週間程度の日数が必要となっていた。



図-1 水路屈曲箇所

しかし、用・排水路復旧の施工時期が完工前であったことから、他工種からの工程圧迫や多くの工事が完工時期を迎え繁忙度が増し、様々な作業が輻輳しており、次工程もあったため、排水路の埋戻しをできるだけ早く行い工程の遅れを出さない必要があった。

一方、コンクリート二次製品は、継手がソケットタイプのものを計画しており、製品切断による接続は、品質低下になる恐れが高いため、切断接

続は避けて、継手はソケット形状のまま施工したい。

そこで、水路の屈曲箇所は、3Dプリンターで二次製品の規格と屈曲箇所を再現して、作業時間の効率化や製品の一体性による漏水防止で品質確保を図った。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

(1) 使用した建設用3Dプリンター、プリンディング技術

・3Dプリンターの特性

平面図や各断面図から立体的な3Dモデルを作成し、それを具現化できる画期的な技術である。

今回の建設用3Dプリンター部材製作は、(株) Polyuseに依頼した。

その特徴としては、ポリマーセメントを積層させて3Dモデルを造作するタイプであった。

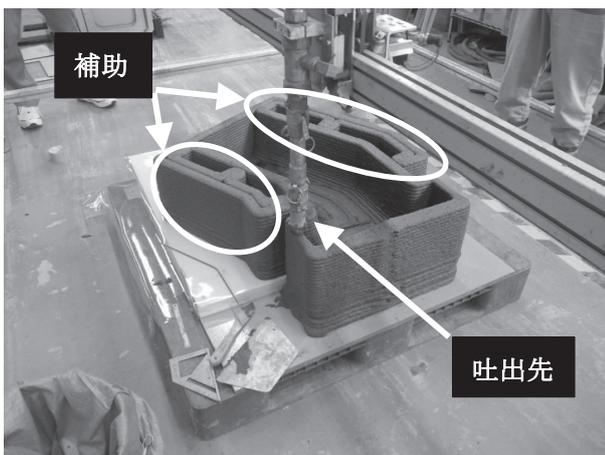


図-2 3Dプリンター製品の製作状況
(モルタル積層状況)

・使用材料

建設用3Dプリンターのプリント材料としてブレミックスモルタル材料の「POLYMO-HP」を用いた。POLYMO-HPは、結合材、細骨材及び複数の混和材料が3Dプリント用に独自配合されており、プリント時には上水道水と練り混ぜて使用した。

・材料特性 mm^3

各強度については、以下の通りであった。

圧縮強度 σ_7 45N/ mm^2 σ_{28} 56N/ mm^2

曲げ強度 σ_{28} 7.8N/ mm^2

・モデル作成の工夫

基本的には、平面図と各断面図があれば3Dプリントは可能である。

しかし、水路の斜めの立ち上がり角度や厚み、R形状、ソケット部分のテーパー部の形状は、図示されていなかったためメーカーへ問い合わせをし、細かい寸法の把握が必要であった。

それを踏まえて、二次製品細部の形状再現の為に3回のテストプリントを行った。

- ① 二次製品の平面図、断面図からイメージモデルの作成 (作業時間1時間程度)
- ② イメージモデルを元に3Dプリントを行うため3Dプリントマシンのプログラミングデータの作成 (作業時間1時間程度)
- ③ プログラミングデータより1回目のテストプリント (作業時間30分程度)
- ④ プログラミングデータの修正とチェック (作業時間6時間程度)
- ⑤ 修正したプログラミングデータより2回目のテストプリント (作業時間30分程度)
- ⑥ プログラミングデータの修正とチェック (作業時間6時間程度)
- ⑦ 修正したプログラミングデータより2回目のテストプリント (作業時間30分程度)

以上の平面図や造形物の正確な寸法などの必要情報の打合せやテストプリントなどの下準備を約2週間程度行ない本製品の製作をした。

テストプリントでは、側壁部の傾斜を再現することは、材料硬化時間の関係から難しいため、傾斜部分の外側へ補助的にモルタルを積層して成形し、硬化後補助部分を撤去した(図-2)。

また、二次製品と接続がスムーズに行えるかを確認するため、直線部で実際に使用する二次製品と建設用3Dプリンターで造形した製品を接続し、水路の天端と流水部に段差が無いかや接続部分に隙間が出来ないか接続具合を確認した。

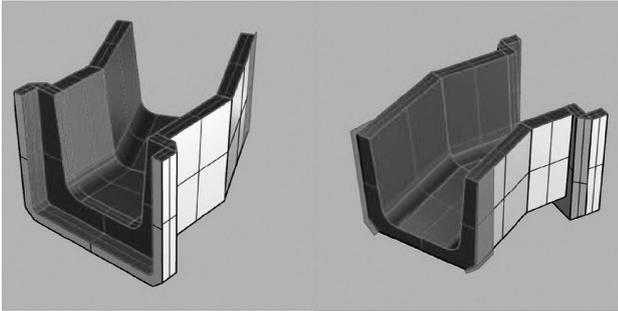


図-3 イメージモデル

(2) 3Dプリンターの問題点と解決方法

3Dプリントマシンとモルタルの積層には、以下の問題点があった。

- ・今回の3Dプリントマシンの特性上、常にモルタルの吐出先が下を向き製作するため（図-2）水平方向への配筋は可能であったが、鉛直方向への配筋が不可能であったため、土圧により変形する懸念があった。

そのため、土圧による曲げ引張応力度についてコンクリート引張応力で確認したが、耐久性に問題は無く車両や歩行者の通行は、安全であると判断した。

- ・モルタルの硬化に一定の時間が掛かるため、傾斜のある立壁の製作は難しい。

そのため、傾斜部分の外側へ補助的にモルタルを積層し成形して硬化後、補助部分を撤去する必要があった。

- ・モルタルを積層して造形するため、全面に凹凸が出来てしまい、出来形寸法にバラつきが出来てしまうことや流水箇所の粗度係数が大きくなる可能性がある。

そのため、二次製品との接続部分や流水部分は、出来形寸法と粗度係数を担保するため左官工で寸法や表面の整形を行った。



図-4 整形の様子

左官工での寸法調整は、型枠を図面通りの寸法で機械加工した物を用意し、正面と断面部分の寸法を確認しながら作業を行った（図-5）。

建設用3Dプリンターでの造形物は、大きさが50cm程度であり、重量は約60kgであったため、運搬は、宅急便で現場まで搬入することができた。製作費用としては、二次製品に比べて約10倍となった。二次製品はL=2000、建設用3Dプリンターの造形物は、L=500であることを考慮すると、さらに価格差が大きくなる。

しかし、掘削から埋戻しまで養生期間を含める2週間の工程短縮と作業員4人×10日、重機作業を削減し、省人化・省力化ができた。

通常の水路の屈曲箇所では、二次製品を屈曲角度に合わせて切断し、少し隙間を空けて据付、目地仕上げ作業が必要となる。そのため、目地部分の剥離や劣化が原因で漏水する恐れがあるが一体化が図れたことによりそれらの弱点は、克服できた。

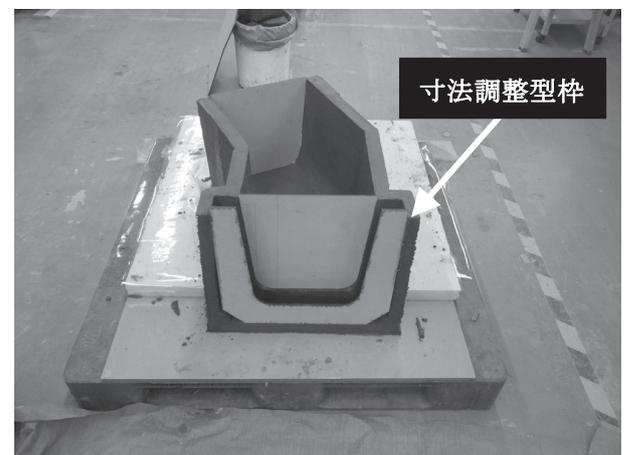


図-5 寸法調整の様子

(3) 現地設置状況について

設置については、従来通りクランプ式の専用吊り金具とクレーン仕様のバックホウ0.15㎡級で揚重作業を行い、据え付け作業を行った。

必要であれば、目ネジアンカーを製品中に埋め込み、アイボルトを取付けて揚重作業を行なうことも可能である。

今回の据付時は、水路屈曲角度や位置については問題なかったが、二次製品との接合部分で必要になるパッキンを取付けての接合具合を確認していなかったため、据付作業がスムーズに行えず何度かやり直し、多少であったが時間がかかってしまった。

また、部材の重心位置が確認しにくいいため、揚重中のバランスが取りにくいことも作業時間の増加につながってしまった。



図-6 現地設置後

4. おわりに

今回使用した建設用3Dプリンター製品は、現状建設業全体でも数少ない事例であった。

技術的には、一部の配筋が不可能なことや表面が滑らかにできないこと等の問題点があり、解決が必要である。しかし、特殊な形状の部材を製作することが可能な点は、大きな長所である。今後さらに、コストダウンを含めた諸問題点が解決できれば、建設業が抱える省人化・省力化対策として、より大きな可能性をもっていると考えられる。

今回は、製作部材が1個のため、工場で作成後、現地へ搬入したが、部材数が増えれば3Dプリンターを現地へ設置し、部材製作することも可能である。これにより、異なった部材寸法や形状等の細かい対応が可能となる。

今回、弱点や短所が多く新技術を活用するには労力、時間をかなり費やすことがわかったが、まずは「やってみる」と挑戦への精神が大切であると痛感した。

今後も良いモノづくりをモットーに、従来の施工方法にとらわれず、効率化や品質向上を図れる新技術を取り入れ、建設業の発展、進化に貢献したいと思う。

40 その他

鋼橋出来形管理省力化システムの 開発と有効性の検証

日本橋梁建設土木施工管理技士会

宮地エンジニアリング株式会社

監理技術者

西田 正人[○]

主任技術者

木村 光宏

品質保証 GL

松元 健一郎

1. はじめに

近年、働き方改革や建設DX推進の流れを受け、建設現場では省力化と少人化が強く求められている。鋼橋工事においても、従来の品質基準を維持しつつ、効率的な出来形管理を実現することが重要である。しかし、従来の管理手法では多くの工程で人手を要し、労働力不足が顕在化している。

この課題に対応するため、筆者らは鋼橋の出来形管理作業の省力化を目的に、「建設DXに資する鋼橋出来形管理省力化システム（以下、本システム）」を開発した。

本稿では、本システムの概要と、**図-1**に示す実工事での実証実験を通じた検証結果について、概説する。

工事概要

- (1) 工事名：R4東関道JR鹿島線橋上部工事
- (2) 発注者：国土交通省 関東地方整備局
- (3) 工事場所：茨城県潮来市小泉地先
- (4) 工期：令和4年11月29日
～令和7年3月31日



図-1 JR鹿島線橋上部工事全景

- (5) 橋梁形式：鋼7径間連続2主桁桁（橋長304m）

2. 出来形管理作業の課題

鋼橋における出来形管理の主な目的は、規定値と実測値を比較し、その差が許容値内であることを確認するとともに、管理帳票を作成して記録に残すことである。

鋼橋では、**図-2**に示すように、施工段階に応じて出来形形状が製作系、架設系、完成系と変化するため、各段階における管理値（規定値）をそれぞれ算出する必要がある。従来の作業では、この規定値を設計図から管理寸法として読み取り、工場では仮組立の値（全死荷重キャンバー、支点の回転、縦断の倒れを考慮）や、現場では架設ステップに応じた値（後死荷重キャンバーなど）を算出し、手作業で管理帳票に記録している。

一方、実測値はレベルやセオドライト、トータルステーション（以下、TS）を用いて計測し、手書きで記録した後、管理帳票にデータ入力を行っていた。この一連のプロセスには、多大な労

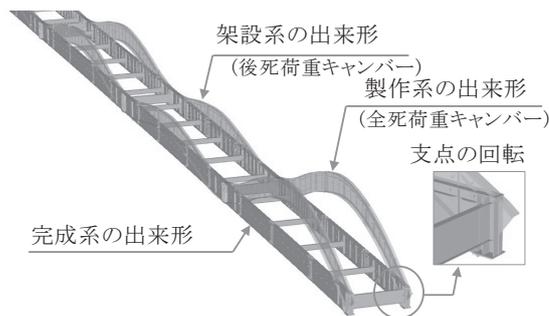


図-2 鋼橋の出来形形状の変化

力と時間を要し、出来形管理作業の効率化を阻む大きな課題となっている。

3. 工夫・改善点

3-1 システム開発

従来の作業では、出来形管理帳票に規定値、許容値、測定値をすべて手作業で入力している（図-3）。

この入力作業をすべて自動化することができれば、大幅な少人化と省力化が実現できると考えた（図-4）。

そこで、既に工場製作で使用されている自動原寸システムの3次元データを基に、仮組立の出来形管理帳票を作成する「仮組立情報処理システム（A-sys）」の活用を検討した。このシステムを架設現場向けに拡張し、3次元計測データを管理帳票に自動記入する機能を追加することで、設計から工場製作、架設現場まで一貫した出来形管理を可能にするシステムの開発を目指した（図-5）。本システムの作業手順は以下の通りである。

- ①自動原寸システムから出力される、キャンバー（製作系や架設系）を付与した3次元出来形標準フォーマット（XML形式のABIファイル）を本システムに読み込む。これに支間長やそりなどの測定位置を追加し、計測指示データ（CSV形式）を出力する。
- ②TSから取得した計測データ（CSV形式）を、計測データ変換プログラムを用いて座標照合プログラム用の中間ファイル（MDI形式）に変換し、出力する。
- ③座標照合プログラムを使用して、設計データと計測データのデータ照合（突合処理）を行う。
- ④手順③で作成されたExcelデータを本システムに読み込み、出来形管理帳票（Excel形式）を出力する。

3-2 出来形管理の効率化

(1) 架設系出来形管理値の算出

工場仮組立（製作系）での管理値は、全死荷重キャンバー（多点支持無応力状態での仮組立形状）の値を用いている。このため、本システムを用い

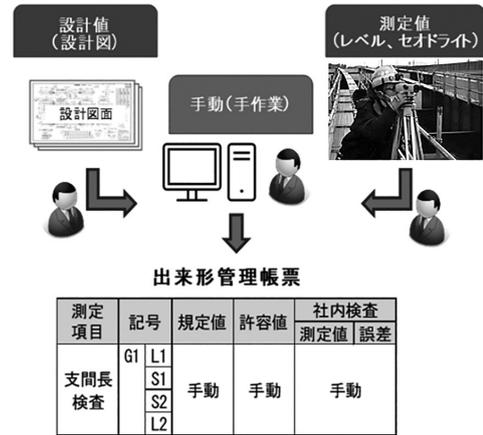


図-3 従来作業

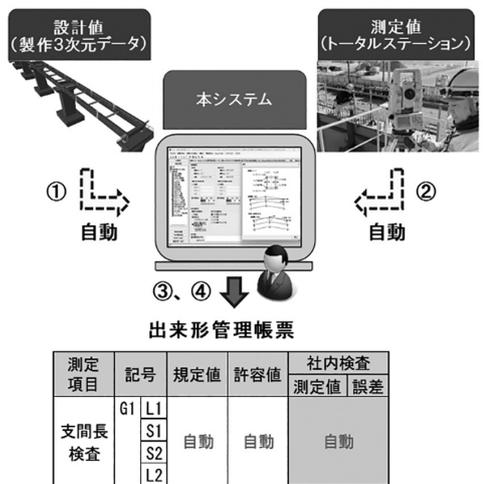


図-4 本システム

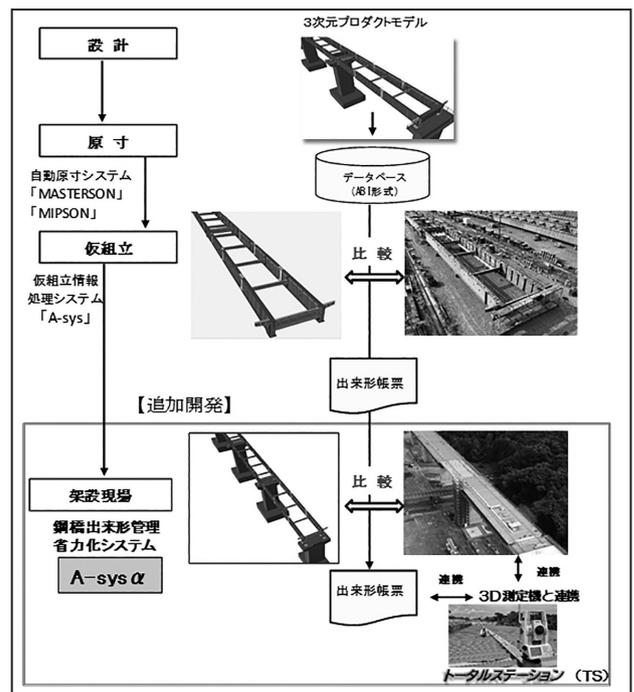


図-5 本システムのフロー

て現場架設用の管理値（架設系）を作成するためには、架設ステップに応じた管理値（後死荷重キャンバー考慮した3次元データ）が必要である。

そこで、3次元データを作成できる自動原寸システムのキャンバー入力データを、現場架設用に変更することで、製作系と同じ手順で架設系管理値の算出を可能にする。

3-3 計測作業の工夫

(1) オフセット計測

現場での計測は、架設用吊り金具など、計測上の障害物の影響で主桁中心などの必要なポイントを直接計測できない場合が多い（図-6）。そこで、事前に障害物を特定し、本システムのオフセット機能を使用することで、計測可能な位置にずらした管理値を算出して対応した。

(2) TS（自動追尾型）の活用

現場における主な計測項目は、以下の3項目（道路橋示方書の出来形管理組立精度）である。

- ・支間長（全長）：±(20+L/5) mm
- ・そり（キャンバー）：±(25+L/2) mm
- ・通り：±(10+2L/5) mm

※Lは支間長（m）

従来の計測作業では、支間長（全長）および通りをTS（手動）で、そりをレベルで計測していた。

しかし、そりの計測をTSで行うことで、これら3項目の出来形管理を一度の計測で行うことが可能となる。また、TS（自動追尾型）を使用することで、通常は2人で行う計測作業を1人で実施できるようになり、作業効率の向上と省力化が図れる。そこで、レベルとTSの鉛直（高さ）方向の計測精度を、使用した機器のカタログスペック（表-1）に基づいて比較する。

そりの計測で使用するレベルの最大視準距離は、カタログスペックで約100mとされている。一方、TSで100m先の高さを計測した場合の誤差は次の式で算出される：誤差 = $\tan(1'') \times 100\text{m} = \pm 0.5\text{mm}$ 。さらに、後視と前視を考慮すると、誤差は次のようになる： $0.5 \times 2 = 1.0\text{mm}$ 。

これにより、TSはレベルと同等以上の精度を

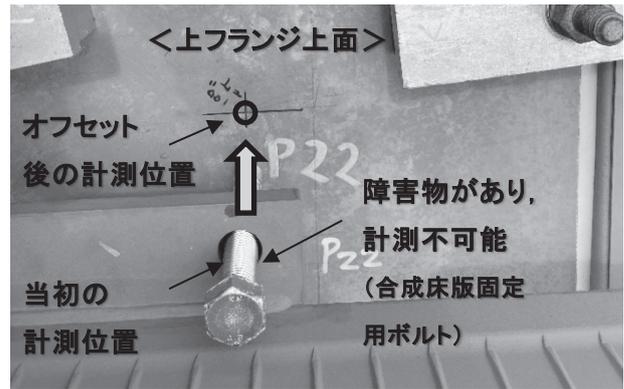


図-6 計測位置のオフセット機能

表-1 鉛直（高さ）方向の計測精度

	測定機名称		
	TS（1級） NETIAX II	電子レベル （2級）SDL30	アナログレベル （3級）参考
鉛直角精度（高さ）	1" 以下	—	—
カタログスペック 100m先の誤差	※1 ±0.5mm	※2 ±1.2mm	※3 ±2.0mm

※1 1" は、100m先で0.5mmの誤差

※2,3 1 km区間の往復計測をした場合に1.2、2.0mmの誤差

持つため、そりを計測する機器として十分実用に耐える精度であると考えている。

4. 検証結果

本工事で実施した工夫や改善項目について、従来方法と比較した結果は以下とおりである。

4-1 作業時間の比較（現場）

<従来方法>

- ①計測指示用出来形帳票の作成・・・1人×8時間
- ②計測時間：支間長・通り(TS)・・・2人×1.5時間
- ③計測時間：そり（レベル）・・・2人×2.5時間
- ④データ整理・入力・・・1人×2時間
- 合計作業時間・・・18時間

<本システム>

- ①計測指示用出来形帳票の作成・・・1人×1時間
- ②計測時間：支間長・通り(TS)・・・2人×1時間
- ③計測時間：そり(TS)・・・1人×2時間
- ④データ整理・入力・・・1人×1時間
- ⑤準備作業(架設時3次元データ)・・・1人×1時間
- 合計作業時間・・・7時間

- (1) 出来形帳票の作成においては、架設ステップごとの3次元データを準備しておくことで、

帳票作成が大幅に効率化される。ただし、視認性の高い計測位置図などは、必要に応じて手作業での対応が必要となる。

- (2) 計測作業においては、TSを使用したそりの計測やワンマン計測を行うことで、作業時間を5時間程度短縮できる(図-7)。ただし、合成床版およびスタッドを回避するため、ターゲット(360°プリズム)の高さを桁上面から400mmに設定した。この際、気泡管を用いてターゲットを鉛直に保つ必要があるため、支間長および通りの計測精度を確保する目的で2人計測を実施した。
- (3) データ入力・整理作業においては、データ入力や整理作業の効率化により、作業時間を1時間程度短縮できる。しかし、図-5本システムのフローに示すように、本システムでは3つのプログラムを使用する必要があり、作業手順がやや複雑である。そのため、更なる効率化を図るためには、プログラム間の連携を改善する必要があることが判明した。



図-7 支間長・通り・そり計測 (TS)

表-2 そり計測結果の誤差比較

	主桁そり G1			主桁そり G2		
	TS誤差	レベル誤差	差	TS誤差	レベル誤差	差
P21	-1.1	-2.5	+1	-3.1	-2.3	-1
C20	-0.3	-1.4	+1	-1.9	-1.7	±0
C21	-0.7	-1.8	+1	-3.6	-3.8	±0
C22	-2.8	-2.7	±0	-3.7	-4.3	+1
C23	-5.0	-3	-2	-2.7	-1.8	-1
C24	0.9	-1.8	+2.7	-1.8	-1.6	±0
P22	-3.7	-4.5	+1	-1.7	-2.9	+1
C25	-4.4	-3	-1	-1.7	-0.1	-2
C26	-5.9	-6.8	+1	-3	-2.3	-1
C27	-6.3	-6.9	+1	-3.8	-3.5	±0
C28	-2.0	-2.2	±0	-2.1	-1.8	±0
C29	2.5	3.1	-1	0.9	1.6	-1
P23	0.2	0	±0	1.2	-0.6	+2
C30	1.3	1.9	-1	-1.1	0.1	-1
C31	-3.0	-2.3	-1	-6	-4.7	-1
C32	-5.0	-3.6	-1	-7.7	-5.7	-2
C33	0.1	1.8	-2	-5.2	-1.6	-3.6
S2	3.5	2	+2	0	0	±0
	差 = TS誤差 - レベル誤差			差の標準偏差S		
				1.4		

4-2 そり計測精度の検証

同日同箇所において主桁のそりを電子レベルとTSで計測し、規定値との誤差を比較した(表-2)。

レベルとTSの差は最大で3.6mmであり、標準偏差は1.4mmであった。この結果、1級のTSを用いることで、架設時の管理値の許容誤差である±46mmや仮組立検査の管理値-5~+15mmでの出来形管理も可能である。

4-3 計測における課題と更なる検討

実証実験を通じて計測における課題も判明した。現場では手摺等の作業用安全設備が設置されているため、場所によってはTSから視準できる高さまでターゲットを鉛直方向に上げる必要がある。

ターゲットを高くした場合、支間長・通りの計測誤差が大きくなることが懸念される。今後、最大400mmで使用しているターゲットの高さを1200mmに高くした場合などで、計測精度に問題ないか検討していく。

5. おわりに

本論文で検証した「鋼橋出来形管理省力化システム」とTSを使用した出来形管理は、現場作業時間の大幅な削減を実現し、省力化・省人化に有効であることが確認された。また、手作業による測定値の記録ミスや出来形帳票への入力ミスを防止する効果も明らかとなった。一方で、幾つかの課題も判明したため、更なる改善に努めていきたいと考えている。

今後、国土交通省の「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)」の適用工種に、鋼橋の仮組立検査および現場架設完了組立検査が追加され、さらに、設計情報属性ファイル等の情報連携が進めば、BIM/CIM導入の効果が一層拡大することが期待される。最後に、現場検証を実施する場をご提供いただいた国土交通省 関東地方整備局 常総国道事務所をはじめ、関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

41 その他

上部工工事における ICT 技術の効果(省力化、高精度化)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

監理技術者

現場代理人

工事主任

植 村

肇[○]

池田 誠一郎

山 田

勉

1. はじめに

本工事は、神奈川県横浜市栄区飯島町を起点とし、横浜市栄区田谷町に至る高速横浜環状南線のうち、6径間及び2径間連続非合成箱桁橋の製作及び架設工事であった。将来的に橋梁構造が5層に輻輳するジャンクションの一部工事であったため、ヤード内は既設橋梁が立体交差し狭隘であった。また、本工事範囲に道路交差部の架設があり、この架設は公共交通機関の通行時間帯を避けた6時間という短い規制時間内で行う必要があった。

これらの条件下で、後戻りなく工事を進めるためにICTを活用した。本稿では、このICT試行結果について概説する。

工事概要

- (1) 工 事 名：R3横環南栄IC・JCT Dランプ1号橋他上部工事
- (2) 発 注 者：国土交通省 関東地方整備局
- (3) 工事場所：自) 神奈川県横浜市栄区飯島町
至) 神奈川県横浜市栄区田谷町
- (4) 工 期：自) 令和3年9月3日
至) 令和6年6月28日

2. 現場における課題・問題点

2-1 輻輳する橋梁内での架設

本工事はトラッククレーンベント工法により、

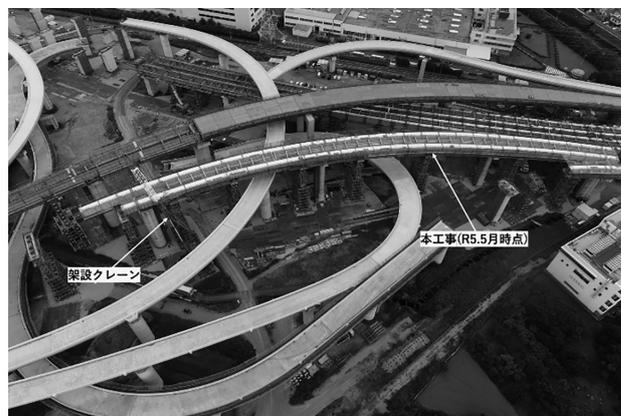


図-1 架設状況 (R5.5月時点)

ジャンクション内で立体交差する橋梁の中で架設を行った(図-1)。

通常、トラッククレーンを使用して架設を行う場合は、クレーンの分組移動日数を控えるために、1箇所からできるだけ多くのブロックを架設できるように検討しなければならない。しかし、前述に記載している通り、架設地点は既設橋梁で張り巡らされている。そのため、クレーンを既設橋梁や架設桁と干渉することから防ぎ、かつ、架設進捗に合わせて確実に施工を進められる位置に据付けることが課題であった。

2-2 アウトリガー梁を要する構造物の架設

本工事の範囲には、 $R=70\text{m}$ と曲率半径の小さい2径間連続の単ボックス橋(以下:Hランプ)がある。Hランプはこの特性から、中間支点及び端支点上の構造は転倒を防ぐためにアウトリガー構造となっている。また、中間支点上のアウトリ

ガー梁は全断面溶接となっており、これが一体となった構造物を1基30tある左右の支承に同時に落とし込む必要があった(図-2)。アウトリガー梁は溶接断面で固定され、支承もその重量及び大きさより架設中の微調整ができないことから、事前にアウトリガー梁の出来形と支承据付位置を詳細に計測できるかが課題であった。

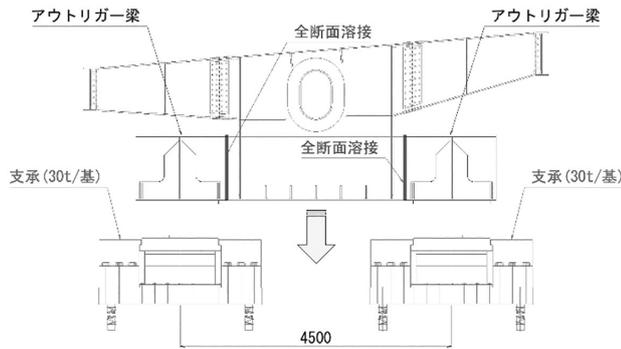


図-2 中間支点上Hランプ概略図

2-3 夜間落とし込み架設

道路交差部の架設は夜間通行止め規制を設置し、2台の架設クレーンを使用して3地組立ブロックと2地組立ブロックの同時落とし込み架設により閉合させるものであった(図-3)。尚、6時間という短い規制時間内で確実に閉合を遂行するために、落とし込み箇所の遊間や仕口角度の挙動を施工時に監視する必要があった。



図-3 夜間落とし込み架設状況

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

3-1 デジタルツインの活用【2-1対策】

工事着手前の計画段階で、上部工の3Dモデルと時間軸(工程)を連動させた4Dシミュレーションにより、架設ステップの検討を行った。また、ヤード形状の点群データを3Dスキャナにより取得し、架設進捗に応じて変化する近接構造物、架設クレーン、ベント設備等の位置・形状を前述の4Dシミュレーションに複合した。その結果、計画段階で検討した架設ステップの一部で、架設クレーンと橋梁足場が干渉することが判明した。これは、図面上に記載されている地盤高と実際の地盤高に誤差が生じていたことから発生したものである。従来の起工測量と比較し、3Dスキャナによる測量は短時間でヤード形状を広範囲に計測することができ、取得した点群データを現地の測量基準点と結びつけることで、現実空間と同等の地形データを作ることができる。よって、点群データと4Dシミュレーションを複合することで、計画段階で検討した架設ステップにおける干渉等の不具合による手戻りの発生を施工前に排除でき、工程延伸の防止を図ることが可能となった。更に、現場施工時は、計画したクレーン据付位置をMRデバイスにより現地に可視化し、その整合性を確認しながら施工を進めた。このようなデジタルツインを活用したことにより、精度よく架設クレーンを据付けることができ、不具合なく施工を進めることができた(図-4)。

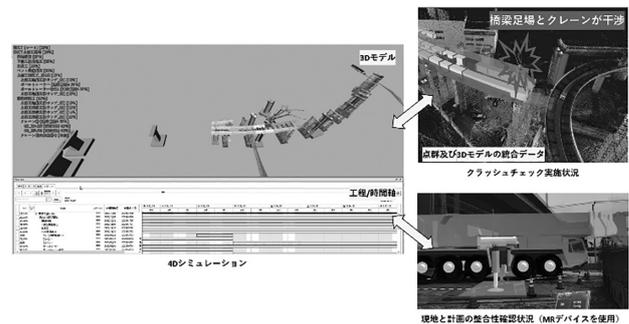


図-4 デジタルツインの実施

3-2 カメラ計測の活用【2-2対策】

Hランプアウトリガー梁の出来形及び支承の据付精度をPIXXIS2(カメラ三次元計測)にて計測を行った(図-5)。

この測定方法は、測定する対象物に予め設置したターゲット（図-6）とソフト解析により複数の写真データを複合化・三次元化し、対象物の出来形精度を確認するために使用されている。



図-5 カメラ計測実施状況

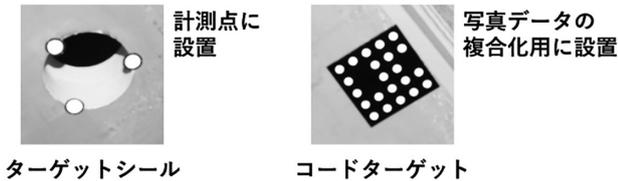


図-6 測量ターゲット設置状況

PIXXIS2により、計算処理された三次元座標値から、Hランプアウトリガー梁及び支承の据付精度を事前に確認することができた（図-7）。

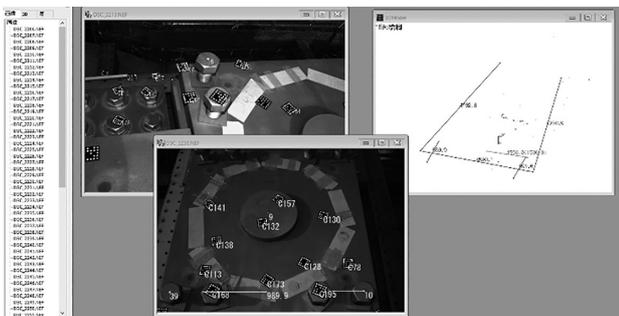


図-7 PIXXIS2により得られた出来形精度
PIXXIS2より得られたHランプアウトリガー梁

の出来形精度に合わせ、架設クレーンにて支承位置を事前に微調整できたことで、中間支点上のHランプの架設をスムーズに行うことができた。

従来の光波測距儀による測量に比べ、PIXXIS2の手法ではターゲットの設置、測量を1人で行うことができ、複雑なデータ処理もPCソフトにより瞬時に行えるため、今後の省力化・省人化が期待できると考える。

3-3 Bridge Monitorによる精度管理【2-3対策】

計画段階で事前に、面内解析により閉合時の主桁の挙動を解析した。閉合時の主桁の仕口は鉛直になるように設計をしているが、実際の架設時に仕口が平行にならなかった場合の調整方法を4ケース検討した（図-8）。

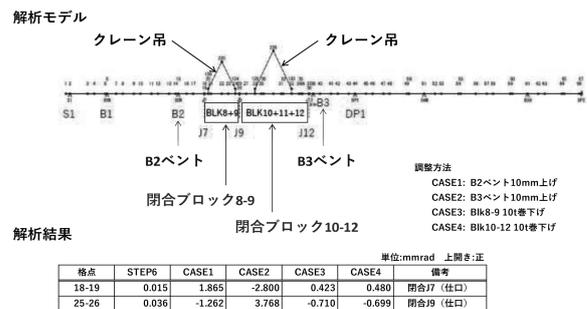


図-8 閉合時の面内解析結果

面内解析結果より、閉合時の仕口調整への応答はCASE2のB3ベントによる高さ調整が良いことが分かった。次に、面内解析結果をもとにBridge Monitorのモニタリング準備に移行する。

閉合箇所の遊間距離は、主桁上にレーザー変位計を設置して管理する（図-9）。

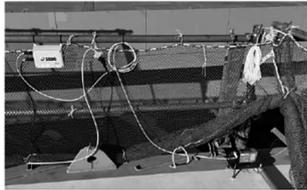
レーザー変位計のキャリブレーションは、光波測距儀により仕口の端部座標を計測し、その時の変位の計測値を補正した。

次に、閉合箇所の仕口角度を管理するために、高精度傾斜計を仕口付近にマグネットで設置する（図-10）。

傾斜計のキャリブレーションは、仕口面にデジタル水平器を当て、仕口面の角度を計測し、そのときの傾斜計の計測値を補正した。

閉合架設時は、ここまで準備してきた変位計

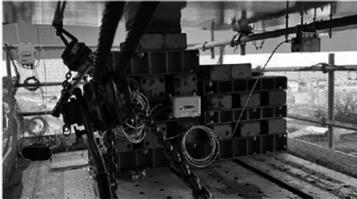
及び傾斜計から得られる計測データをPCに集約し、閉合が完了するまで常時監視することにした(図-11)。



レーザー変位計設置状況(上フランジ)



レーザー変位計視準状況



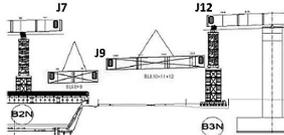
レーザー変位計設置状況(下フランジ)



ターゲット設置状況(下フランジ)



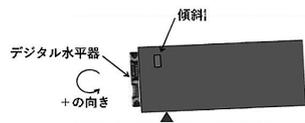
図-9 レーザー変位計設置状況



傾斜計設置状況



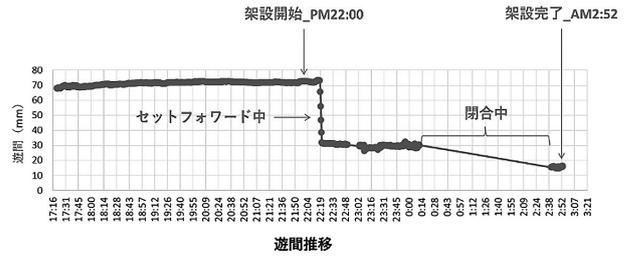
高精度傾斜計



傾斜計キャリブレーション状況

図-10 高精度傾斜計設置状況

Bridge Monitorを本工事で初めて試行したが、図-11に示す通り、閉合時の遊間変位はセットフォワードの動きや、閉合完了後の仕口遊間を精度よく計測できたと考える。また、仕口角度の方も図-11に示す推移の通り、イベント毎で仕口角度が変化していることを精度よく確認することができた。



時刻	センサ1 J7起点側	センサ2 J7終点側	センサ3 J9起点側	センサ1 J9終点側	センサ2 J12起点側	センサ3 J12終点側	イベント
① 22:00	0.005	-2.173	-2.272	-2.488	-2.484	-0.132	規制開始
② 22:17	-0.007	-2.183	-2.282	-0.007	0.054	-0.133	BLK10+11+12地切り完了
③ 22:19	-0.006	-2.183	-2.279	0.565	0.578	-0.132	BLK10+11+12巻上げ
④ 22:26	-0.005	-2.184	-2.285	0.744	0.690	-0.134	S1側40mmセットフォワード
⑤ 22:43	-0.007	-2.185	-2.285	0.735	0.679	-0.132	BLK10+11+12足場完了、巻上げ中
⑥ 22:48	-0.005	-2.184	-2.284	0.694	0.666	-0.134	J12仕口タッチ前
⑦ 23:01	-0.009	-2.186	-2.286	0.665	0.606	-0.115	J12添接作業中
⑧ 23:04	-0.004	-2.184	-2.286	0.344	0.276	-0.069	BLK10+11+12クレーン巻上
⑨ 23:26	-0.005	0.562	0.463	0.377	0.149	-0.133	BLK8+9吊上げ
⑩ 23:40	-0.011	0.656	0.588	0.344	0.138	-0.135	BLK8+9落とし込み前
⑪ 0:03	-0.012	-0.162	-0.287	0.348	0.141	-0.131	BLK8+9チェーンロ調整後
⑫ 0:08	-0.011	-0.296	-0.384	0.352	0.144	-0.127	J7、J9添接作業中
⑬ 0:34	-0.104	0.225	0.118	0.295	0.103	-0.165	B3ジャッキアップ後
⑭ 1:00	-0.108	0.278	0.165	0.282	0.100	-0.163	J7、J9添接作業中
⑮ 2:10	-0.109	0.296	0.176	-0.030	0.102	-0.162	本締中
⑯ 2:41	-0.160	0.284	0.131	-0.033	0.179	-0.091	クレーン巻下げ
⑰ 2:51	-0.162	0.269	0.129	-0.036	0.179	-0.090	玉バラシ完了

※1% = 上下差29mm回転 = 10mmrad

仕口角度水位

図-11 閉合時の主桁変位及び仕口角度の推移

今回、仕口角度の変位が大きく影響する工事であったが、Bridge Monitorを導入したことにより、監視者の指示(遠隔からの指示)により、現地配置技術者の計測手間を省くことができ、その上、設計通りの出来形で施工を遂行できたことから、このシステムの効果は高いと考える。

6時間という短い規制時間内での閉合架設であったが、Bridge Monitorを導入したことで、不具合なくスムーズに主桁を閉合することができた。

4. おわりに

今回の工事では従来手法だけに囚われることなく、建設ICTの活用・試行を実施した。結果、今回のようなICTを活用したことで、現地技術者の労働量を減らしつつも、従来と同等以上の出来形・品質を確保し、工事を無事に終えることができた。今後も進化していくICT技術の活用に積極的に取り組んでいきたいと考える。

本工事の施工を進めるにあたり、ご指導及びご協力を賜りました関係者の皆様に深甚なる感謝を申し上げます。

42 その他

建設ディレクター制度を取り入れ生産性向上

宮崎県土木施工管理技士会
旭建設株式会社
土木部次長
江藤 登美宣

1. はじめに

本工事は、九州中央自動車道のうち国道218号五ヶ瀬高千穂道路の道路改良工事である。

現国道218号線は湾曲線形と縦断勾配が厳しい箇所が連続し走行性が悪いことに加え、防災点検対策箇所が集中しているなど被災リスクが高い区間である。このため計画の内、五ヶ瀬東インターチェンジと駐車場の2ヶ所において盛土工を施工するものでインターチェンジ部においては、置換工の後に補強土壁工（A=104㎡）と平行し路体盛土工を、駐車場造成においてはL=100m、W=80m、落差45mの範囲で日々500㎡超を受け入れつつ、下方から盛土を行う工事である。

工事概要

- (1) 工事名：宮崎218号 室野地区改良工事
- (2) 発注者：国土交通省 延岡河川国道事務所
- (3) 工事場所：宮崎県西臼杵郡五ヶ瀬町三ヶ所
- (4) 工期：自 令和6年1月17日
至 令和6年10月25日



図-1 五ヶ瀬東IC



図-2 駐車場

2. 現場における課題・問題点

2019年から順次施行されている働き方改革関連法により、従業員の月45時間、年360時間を超える時間外労働が原則禁止された。建設業界においてはDX化やICT施工の導入が進み、現場担当者の負担軽減に繋がっている一方で、業務量の多さや人手不足といった課題も依然として残っている。週休二日制の実現と残業規制の両立を図るためには現場担当人員の増員が有効な手段の一つと考えられるが、この増員は現場経費の増加を招くという課題も同時に抱えることになる。

工 事 中 の 業 務	日々の安全工程会議 (安全打合せ記録等)	安全注意事項等の記録 作業内容・人員等の実績記録 使用機械や資機材(労働人数・労働時間等の集計) その他記録	
	工程表	月間工程表、週間工程表の作成 工程表の点検	
	施工体系図・施工体制台帳	必要書類(契約書・通書、保証証、資格証明書等)の整理 施工体系図・再下請物件業務範囲の作成	
	安全書類	施工体系図の作成	
		作業員名簿の確認	
		加入保険の確認	
		要開示、工事用票書、火災等使用票等の確認	
	各種点検表	点検表(点検項目・点検者のチェック)	資料の一時的な確保(施工やひき出しから引揚)
		点検表(点検項目・点検者のチェック)	新規入場者教育資料(労働安全衛生)の作成
		点検表(点検項目・点検者のチェック)	新規入場者教育資料の作成 新規入場者教育の実施 新規入場者の労働安全衛生の確認
	安全教育訓練	安全教育訓練のネット作成	安全教育訓練の資料作成 安全教育訓練資料の確認
		安全教育訓練の実施	安全教育訓練の実施 安全教育訓練実施のフォロー
	工事進行報告書	報告書の作成	
		工事進捗率	現場進捗より工程・項目ごと進捗率の確認 工事ごと及全体進捗率の把握
		工程表等添付書類	工程表等添付書類の作成 工程表等添付書類の発行
写真・PDFファイルの作成		定点写真の撮影	
防災協、安全衛生協議会	防災協、安全衛生協議会の作成	防災協、安全衛生協議会の資料作り指示 防災協、安全衛生協議会の資料作成	
		関係者へ、出欠確認 円滑進行	

図-3 業務の例

上記(図-3)の添付資料は現場技術者が処理すべき業務のほんの一部である。代表的な業務を見ても約250、細分化すれば更に増え、近年ではICT施工に付随する業務もあり、受注後から検査後まで現場を運営しつつ現場技術者が処理する必

要がある。社としても、魅力ある建設業界への変革と若手参入による活性化のために完全週休二日、残業禁止、先にも述べたDX化など含め、働き方改革を推し進めてきた中で当現場においても生産性の向上が課題となった。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

まず、現場の業務を現場にいる技術者が処理しなければならないのか、外注できるではないかという点について、費用面だけでなく、社内に蓄積したい知識や技術力の流出という問題も考えられる。企業としては、こうした知識や技術力の流出は避けたい。そこで検討が始まったのが、建設ディレクター制度である。ここからは、建設ディレクター制度を社内仕組化するまでを説明させていただきたい。



図-4 社内への制度説明会

制度導入にあたり、社内で建設ディレクターとして配属された社員は一般社団法人建設ディレクター協会が企画する育成講座を受講。講座は複数回にわたり、建設ディレクターが誕生した背景や具体的な業務内容、建設業法や施工管理など、幅広い基礎知識を学んできた。技術者確保が課題となる昨今、現場実績のある技術者は工事受注のため現場へ派遣されることも少なくない。このため、現場サイドから自分で処理した方が早い、教える時間がないといった意見も多く、なかなか定着しない企業も少なからずある様だ。この問題は、当社の配属社員も現場経験のない女性社員2名という事もあり、無関係とは言えず例外ではないと考え、課題解消のためにプロジェクトチーム

「Team Switch」を結成した(図-5)。



図-5 Team Switch結成

Team Switchの構成は経営者、経営幹部、統括安全衛生責任者、女性を含めた技術者、建設ディレクターの計10名から成る。技術者からリーダーとして私が選出され協会の協力の元、早期の建設ディレクター定着をサポートした。重要なのは決裁権を持つ者がチームに入ることではないだろうか。今回、結成から完全移行まで、このチームによる検討や進捗確認は8回ほど実施することになる。

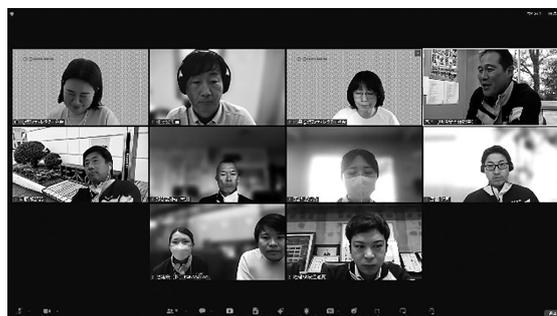


図-6 webでの経過報告と検討の様子

最初の会議で共通認識として、建設ディレクターは現場専属の補助者ではないということを踏まえ移管できる業務の選別、業務の受け渡し方法など検討していった。現場として移管したい業務は多くあるのだが、全てを現場経験のない社員にお願いすることはできない。まず、実施したのは「移管できる業務の選別」と「業務のレベル分け」である。難易度をスキル低・中・高の三段階に分けることで、成長やレベルに合わせた業務により実力を養う。洗い出しを予め行うことで一つの業務に対して、その都度、移管する側が考える手間を省く。

項目	内容	技能者が 必要	建設ディレクターに託せる業務		
			習熟が 必要	多タレクチャが 必要	今すぐでも
			スキル高	スキル中	スキル低
各種書類のファイリングやインデックスの作成	各種書類のファイリング作業 各種書類のインデックス一覧表作成				○
日々の安全工程会議 (安全打合せ記録等)	作業内容・作業人員・使用量機等の記載	○			○
	安全注意事項の記載	○			
	作業内容・人員等の実績記録	○			
	使用機械や労務統計(労働人数・労働時間の集計)	○			
工程表	進捗記録	○			
	月間工程表、週間工程表の作成	○			
施工体系図・施工体制表	工程表の消通	○			○
	必要書類(建設業許可・保険証・資格証明書)の依頼				○
	必要書類(契約書・請書・保険証・資格証明書)の整理				○
	施工体系図・施工体制表・下請負作業通知書の作成				○
安全書類	施工体系図の作成				○
	必要書類の依頼				○
	作業員名簿の確認				○
	加入保険の確認				○
	車両系、工務用車両、火気等使用届等の確認				○
	資料の一般的な項目 新規入業者教育資料の作成		○		○

図-7 業務のレベル分別例

次に業務の依頼や受け渡し方法についての検討である。業務の迅速性や視認性を考えるとインターネットメールは向いていない。当社の場合にはLINE WORKSを活用することとした。現場単位でのグループトークで情報の共有ができることと、容量の大きいファイル直接送信もできるためだ。逆に建設ディレクターからの成果ファイルについては、現場毎のクラウドフォルダへ保存することにした。更に現場毎のフォルダ構成では規則性がなく、どこに格納すべきか明瞭ではなく貴重な時間のロスとなる。その解決方法として建設ディレクター用の共通フォルダを作成した。大分類-中分類-小分類での構成である(図-8)。統一フォルダにつき迷うことなくファイルの格納と取り出しができるようになった。社で長年取り組む5S活動はファイルにも適用され「ファイルを探すのは30秒以内」というルールにも則っている。

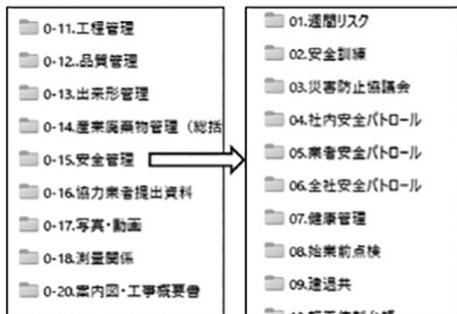


図-8 定型フォルダ(大分類-中分類)

続いて、建設ディレクターの業務の特徴は様々なライフステージの者が自宅や会社などどこでもサポートできるところにある。社の体制づくりとして、バックヤードのベースとなる本社には執務室(図-9)を設け、各現場の状況が360°カメラ

で確認できるモニター(図-10)を設置した。



図-9 執務室



図-10 モニター

さて、ここから当現場にて仮運用し課題や問題を洗い出しつつ完全運用へ移行させていく。まず時間短縮の対策として先に述べたLINE WORKSで、お互いに文書保存先や参考文書保存先のフォルダアドレス(図-11)を送信すると取り決めた。履歴の保存にもなり、コピー・ペーストで探す手間やクリック回数を減らせる。

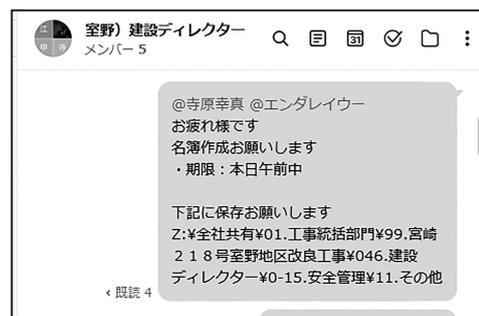


図-11 フォルダアドレス

小さな時間だが、このような積み重ねがお互いに時間を作る。現場を進めていくうちに最初に課題となったのは専門用語だった。我々は正式名称を使用することを徹底し、先の育成講座で覚えたこと以外については生成AIなど活用し各自で調べてもらい学習とした。次に課題となったのは情報共有システムや電子納品などの操作系作業である。このような説明に時間が掛かるものについて

は手順書を作成した。新たに配属された者への教育資料、業務引き継ぎ書としても活用できる。文字は少なく、挿絵を多く視覚的に分かるように配慮した（図-12）。



図-12 電子納品手順書

このように丁寧に積み重ねることで他の現場に対してスムーズに定着するよう促した。作業系のタスクを依頼し、我々現場サイドは思考系に注力できる環境を整えていった。思考系の書類のなかでも作業系の業務があるという発見もできた。書式の作成などが一例である。業務移管にあたり、自分で処理した方が早い、という誤った認識は、一つの業務に完成を求めるのではなく、柔軟に臨機応変にサポートしてもらって考えで解消できるのではないかと考える。以上のような育成的対応で、安全資料の手配や作成、社会性等活動の準備、出来形・品質管理資料の書式作成など移管したことにより、制度導入初期の当現場だけで最低40時間の削減（-表-）、細かい業務も計算すれば更に削減されていると思われる。40時間ではあるが、小さな作業系タスクが40時間分減ると考えればその効果は見掛けの時間以上である。ディレクターの成長や練度によって更に現場の負担は減っていくのではないだろうか。

-表- 従来との比較

時間	人		
従来:現場員	40.3 h	従来:現場員	16.5 人
対応:建設 D	40.3 h	対応:建設 D	2 人
対応時間	-40.3 h	対応人数	-16.5 人

1 業務あたり余裕日数があるので、建設ディレクター勤務時間の 8:00~17:00 で処理
 ※現場完了後の業務（電子納品処理など）を除く

以上、会社全体で仕組化を徹底し取り組んだことで残業削減や休日確保などの働き方改革を実現しつつ現場業務に集中することができた。

4. おわりに

現在は配属者も増え、本社で待機中の現場技術者からもサポートを受けながら1人3現場までを担当している。注意点だが、現場サイドが業務を依頼すぎて建設ディレクター側が残業しては本末転倒である。その性質上、現場技術者が作成すべき書類もある。1人3現場程度まで、かつ、現場担当者は余裕を持った期限を設定する事が重要である。建設ディレクターを配置したが、どのように制度を活用してよいか分からないという話も聞くことがある。人が動く以上、課題・問題の発生が予想されるので下記（図-13）のように相談できる窓口など体制を明確にする必要がある。制度を取り入れている企業は彼らの成長を促して欲しいと思う。

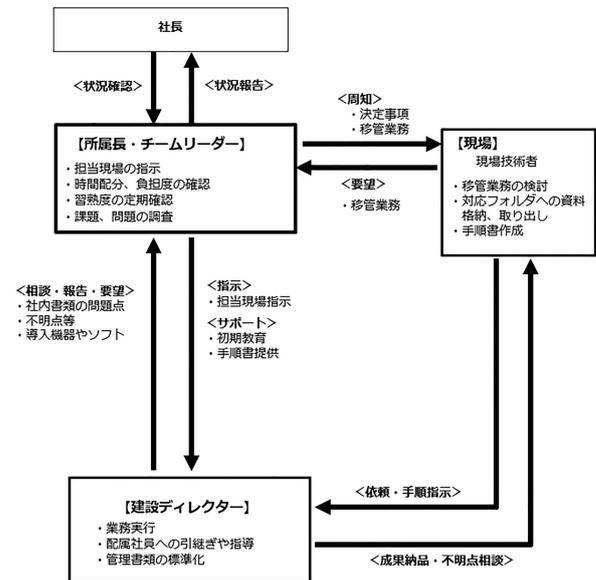


図-13 支援体系図

最後に、このような制度が標準化し働きやすい環境が整うことで建設業が魅力ある業種として発展し、また、新たな職域として評価が得られることを願いたい。

43 その他

縦横断勾配のある曲線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
沢田 一郎

1. はじめに

国道121号湯野上バイパスは、会津地域と南会津地域を結ぶ広域道路ネットワークを形成する延長約50kmの「会津縦貫南道路」の一部として計画された地域高規格道路である。交流圏の拡大による産業振興を支援し、高速交通網を整備する目的として行われている。本橋は、湯野上バイパス内に位置し観音川をまたぐ橋梁であり、曲線送出し工法にて架設を行った。

工事概要

- (1) 工事名：国道121号6号橋上部工工事
- (2) 発注者：国土交通省
東北地方整備局 郡山国道事務所
- (3) 工事場所：福島県南会津郡下郷町大字中妻～
南会津郡下郷町大字合川地内
- (4) 工期：令和5年1月20日～
令和6年2月26日

2. 現場における課題・問題点

本工事では、昨今発生している同種架設工法の落橋事故の再発防止及び安全対策を確実に履行するために、各設備における課題の洗い出しを行い計画に反映した。また、床版工事への引き渡し時期が決まっていたが、着手時点で別工事（送出しヤード造成工事）が遅延し、引継ぎが1カ月程度遅れ、工事に着工出来なかった。床版工事の打設時期を考慮すると、なるべく当初の引き渡し時期を厳守する必要があった。

【問題点1】

本橋の特性として、図-1のように、桁の勾配が縦断方向に4%、横断方向に2.5%～3.6%程度となっており、送出し時の縦断勾配は完成形と同じ4%である。そのため、送出し装置の受梁には反力の4%の水平力が作用し、油圧ジャッキやベント設備の転倒が懸念された。

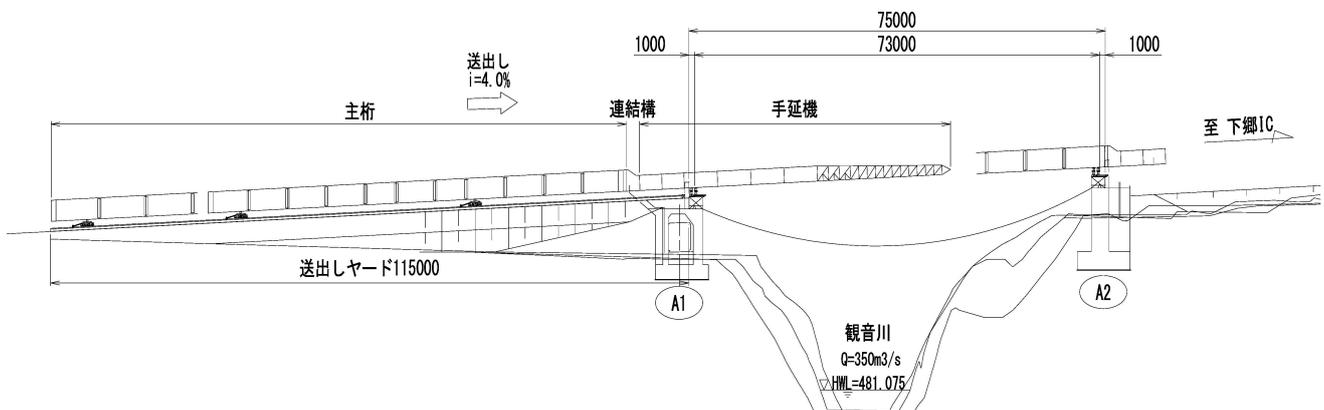


図-1 送出し架設側面図

【問題点2】

送出し架設時には、曲線の影響により送出しステップごとに生じる横ずれや主桁に作用する反力のずれを適切に調整しながら架設を行う必要がある。また、曲線送出し架設時には、横ずれの調整に時間を要することが予想された。効率的かつ安全に架設を進めるために、曲線に合わせた送出しを行うための適切な管理方法を検討することが課題であった。

【問題点3】

架設参考図では軌条設備後方にトラッククレーンを配置し、軌条設備後方から橋台背面まで、桁の縦送りが必要な地組立計画となっていた。この計画では、桁の縦送りを合計22回行う必要があった。しかし、桁の縦送りをを行う際には、送出しジャッキの盛替えや縦送りラインの管理など、多くの手間がかかり、作業効率が悪くなることが懸念された。そのため、作業の効率化と安全性の向上を図るために、別の工法による主桁地組立の方法を検討することが重要な課題となった。

【問題点4】

支点近傍は、支承補強リブ、支点上ダイヤフラム及び支点上横桁控え材に囲まれた狭隘空間であり、作業姿勢を保てないことから溶接や塗装作業が困難となり、維持管理時の通行性にも問題が生じる懸念があった。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

【問題点1への対応策】

送出し時の盛替え設備及び降下設備において、図-2のように複数の桁受架台を追加配置し、桁受架台にかかる反力を分散させることで、ベント設備への水平荷重を効果的に低減することが可能となった。

また、送出し勾配の4%に対応するために、各設備に4%のテーパライナーを設置した。このテーパライナーの設置により、反力が設備に対して垂直に作用する構造となり、油圧ジャッキやベント設備にかかる負荷が均等に分散され、転倒

リスクの低減を図ることができた。



図-2 桁受け設備

送出し降下期間は1か月程度であったが、計画を実施する上で水平力として設計水平度の1/2を考慮した。また、地震時水平力(256.6KN)に抵抗するために、サンドル直下の枕梁をRアンカー(使用後に抜き取り撤去可能な接着系アンカー：自社製品)を使用して、橋台に固定を行った。また、ダブルセーフティーとして、ラッシングワイヤーの設置も行った。

軌条設備は、発注時の計画において、軌条レールと枕木のみで構成されるシンプルな構造であった。しかし、曲線送出しの際には、桁の移動に伴い台車に水平力が蓄積され、レールの変形・脱輪が想定された。また、レールが梁としての役割を果たす際の耐力不足や枕梁の下部における耐力不足が懸念された。そこで軌条設備は敷鉄板上に400H鋼を送出し曲線に沿って配置して、上部工からの反力を効率的に分散できるように、小型ピースをH鋼と敷鉄板に溶接し、堅固に固定した。また、形鋼やターンバックルを使用して軌条同士を連結し、水平力に対抗する構造とした。

【問題点2への対応策】

曲線送出し架設(クロソイド曲線)のため、送出し装置の推進ジャッキストロークに内側と外側で最大7mmの差を設け、橋台上に設置した移動制限装置を使用し、横方向の移動を拘束できるようにし、横ずれ量の閾値を設けた。その閾値を超える横ずれが発生した場合には、送出し装置に付随する横方向調整装置にて、位置修正を行えるよう

にした。この調整装置により、送出し中に発生する微細な位置ズレも迅速に修正することができた。

送出し時に管理する反力は、はり解析では曲線の影響を反映した値を取得できないため、主桁・手延機の平面モデルを作成し、骨組解析により送出し1m毎の反力を算出した。桁位置・反力の管理については、集中管理システムを導入し一括で管理を行った。

桁位置は、図-3のように橋梁桁変位自動計測システム3Dブリッジ（NETIS登録番号SK-230145-A）を用い、手延べ機先端と主桁横桁ライン（両端部及び中央）に計8箇所、GNSSアンテナを設置し3次元座標により管理を行った。反力及び桁位置の計測は、送出し装置の1工程（1m）ごとに行い、反力のずれ20%、桁の横ずれ量50mm以内となるように調整・管理を行った。



図-3 桁位置・反力の監視システム

【問題点3への対応策】

現場作業ヤードの実測結果から、架設参考図より施工ヤードを広く使用可能なことが判った。架設参考図では軌条設備後方にクレーンを配置し、軌条設備後方から橋台背面まで、桁の縦送りが必要な計画となっていたが、軌条設備側方にクレーンを配置可能なスペースを設けることができたため、桁の縦取りを行わず、図-4の通り直接クレーンにて桁の地組を行った。地組立時の桁単品での縦移動をなくすことで不安定状態での作業の

回避ができ、効率化にも繋がった。主桁のそり・通りの出来形を高精度に確保できた。



図-4 地組立

【問題点4への対応策】

図-5のように、発注時の構造を再現した3Dモデルを用いてVRにて工場製作時の作業姿勢及び点検時の通行性を確認し、問題箇所の抽出を行った。

その結果、以下の問題があることが分かった。

- ① 横桁控え材下は作業員の頭が入らず、支承補強リブフランジ下面の溶接・塗装作業時に手元を見ることができない。そのため溶接や塗装の品質確保が困難となる。
- ② マンホールの設置位置が低く、支承補強リブフランジとも近接しているため、出入りが難しく点検時の通行性が悪い。

以上の問題点から、支承補強リブのフランジを外側取付けに変更し、手元を覗き込まずに作業できるようにすることで、溶接および塗装の品質を確保した。また、図-6のようにマンホール設置位置を上げ、ダイヤフラムにステップを追加した。これにより、正立に近い姿勢でマンホールを通過できるようになり、通行性を向上させた。さらに、図-7のように支承セットボルト部の点検も容易にできるようになった。

一連の設計照査にVRを利用することにより、製作時および完成時の問題点を早期に発見し、当事者間での状況共有・認識統一を効率的に行うことができた。



図-5 VRを用いた支点近傍での作業姿勢の確認



図-6 マンホール



図-7 支承セットボルト

4. おわりに

本工事は、福島県下郷町という豪雪地帯での曲線送出し架設であったため、降雪が始まるまでに送出しから降下までを完了することが安全上望ましかった。橋梁桁変位計測システム、集中管理システムを併用することで、リアルタイムで桁の位置、反力を確認でき、調整を随時行うことでスムーズな送出し架設を行うことが可能である。

無事に年内送出し～降下作業を終わらせ工期内に完成することができ、なおかつ、無事故無災害で完工することができた。

最後に本工事においてご指導いただきました郡山国道事務所の皆様ならびに関係各所の皆様から感謝申し上げます。



図-8 送出し完了

44 その他

橋脚撤去により構造系変化を 伴う既設横梁の補強における安全・品質管理

日本橋梁建設土木施工管理技士会
JFE エンジニアリング株式会社
設計担当者
藤田 翔吾

1. はじめに

首都高速道路都心環状線（日本橋区間）の地下化に先立ち、呉服橋ランプの撤去工事が行われた（図-1・2）。地下化にあたってトンネルを構築する前に呉服橋ランプの橋脚を先行して撤去し、日本橋川の河積阻害を低減する必要があった。

本稿では、呉服橋ランプの橋脚撤去により、横梁を3点支持の連続梁構造から単純支持の構造に改造する工種について、品質及び安全管理上の工夫及びその結果を概説する。



図-1 工事概要

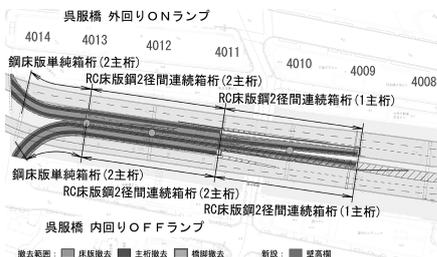


図-2 呉服橋ランプ撤去平面図

工事概要

- (1) 工事名：(改) 都心環状線（日本橋区間）
呉服橋・江戸橋出入口撤去工事
- (2) 発注者：首都高速道路株式会社 更新・建設局

- (3) 工事場所：東京都中央区八重洲一丁目 他
- (4) 工期：2020年11月14日～
2024年6月25日

2. 橋脚撤去に伴う既設横梁補強の課題

呉服橋ランプ区間の橋脚は断面的に3本の柱で横梁が支えられており、主桁はこの横梁に剛結または単純支持されている構造である。上部構造撤去により、上載荷重が減少する4010、4012、4013橋脚は横梁を支える3本の柱の内、中央の4010-2、4012-2、4013-2を撤去する計画である。これにより、横梁の構造系が変化することになるが、実施設計の結果4010の横梁のみ横梁断面の応力照査を満足せず、図-3に示す補強が必要となった。なお、撤去する中間橋脚の支点解放にあたっては、橋脚と横梁にジャッキアップブラケットを配置しジャッキアップを行う。これにより、反力が解放された支承を撤去したのちに、ジャッキダウンすることで支点解放を行う（図-4）。設計反力は5811kNであり、施工余裕を考慮し10000kNの補修用ジャッキを2台用いた。横梁補強を実施する上での品質・安全管理上の課題を以下に示す。

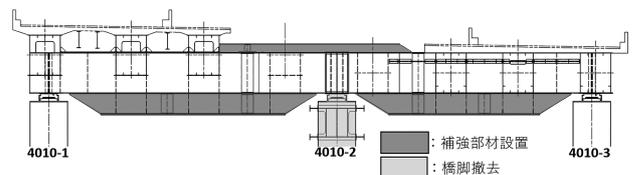


図-3 4010横梁正面図

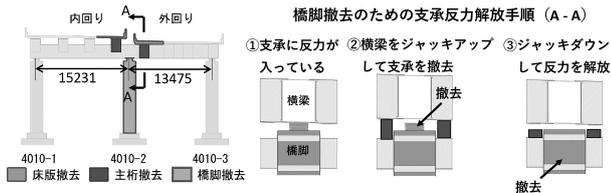


図-4 4010撤去断面図、橋脚撤去手順

2-1 品質管理上の課題

4010橋脚の横梁補強について、補強部材取付時には補強部材自体は無応力であるが、4010-2の反力解放に伴い構造系が変化し補強部材に応力が導入される。このとき解放する支点反力が理論値よりも大きいほど補強部材が多く応力を負担し、少ないほど既設断面が多く応力を負担する（図-5）。このように、補強部材締結時に4010-2橋脚に導入されている支点反力の大小が、補強部材の応力状態に影響を及ぼすことが考えられる。横梁補強の品質を確保するためには、補強部材締結時のジャッキアップ反力を制御することが課題であった。

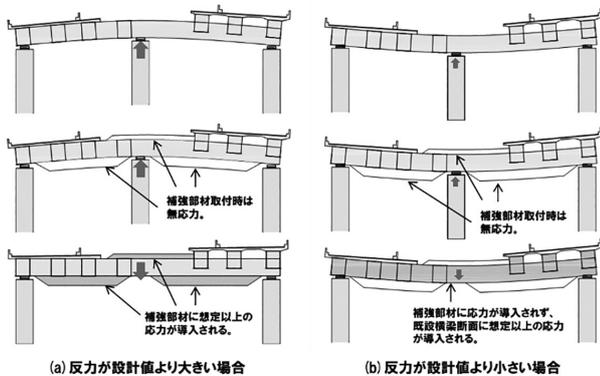


図-5 支点反力の大小と応力状態の関係

2-2 安全管理上の課題

橋脚撤去に伴う支点解放は横梁の構造系が大きく変化する施工であり、供用中の構造物を対象としていることから、施工中に構造物に想定外の損傷やトラブルが生じたときに甚大な第三者被害を引き起こす恐れがある。このため、何等かの異常・損傷が発生した場合、直ちに施工を中断し安全性を確保する必要がある。施工時における構造物の状態把握及び安全確保の方法確立が課題であった。

3. 品質・安全管理上の工夫

3-1 品質管理上の工夫

1) 施工フローの確立

横梁補強の設置段階から図-6に示す施工フローに従って施工を進めることで、補強部材締結時のジャッキアップ反力を制御した。まず、中間支点のジャッキアップを行い、反力を確認する。このとき、反力が設計反力より小さい場合は、横梁を更に持ち上げることで反力を大きくし、反力を調整する。反力が設計反力より大きい場合は、先に支承を撤去して横梁を下げる必要があるため、反力調整に先立って支承を撤去するものとした。反力調整後、補強部材のボルトを締結し、既設横梁と補強部材を一体化するものとした。反力確認及び反力調整時は、活荷重による反力変動の影響が懸念されたため、交通量の少ない夜間(24:00～翌5:00)の時間帯に実施することで、活荷重の影響を極力排除した。なお、支点解放後に生じる最終たわみを予測するため、補強部材締結後にジャッキの反力を設計反力の1/4程度の大きさで変動させることにより、事前に補強後の横梁の剛度を確認した。剛度確認の結果、想定されるたわみに問題無いことを確認したうえで、支点解放を実施するものとした。

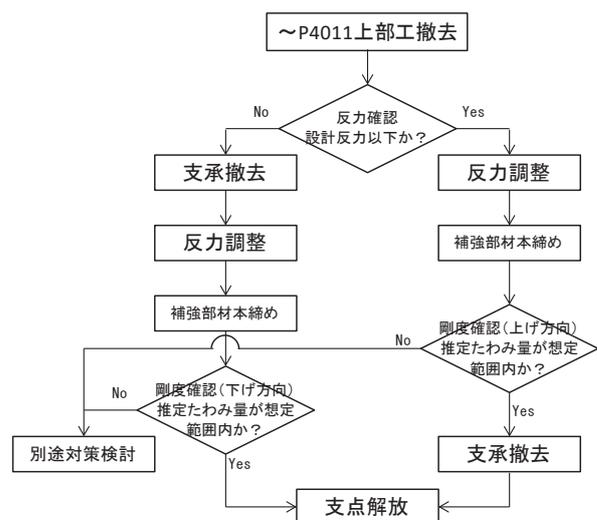


図-6 支点解放施工フロー

2) ジャッキの校正

油圧ジャッキは重量物を降下・扛上させること

を目的とした機材であり、校正されているものではない。出力される反力は単純にジャッキの油圧×受圧面積で算出されるが、実際にはポンプ内の圧力損失等の影響により、表示される出力値と実際に作用している反力が乖離している可能性がある。施工時にジャッキとジャッキアップブラケットの間にロードセルを挟むことも考えられたが、ロードセルの受圧面積が小さく施工時に安定性が損なわれることが懸念された。このため、事前に油圧ジャッキを大型圧縮試験機とロードセルを用いて校正した。

油圧ジャッキの校正は、600ton級の大型圧縮試験機を用いて実施した(図-7)。圧縮試験機の耐圧板とジャッキの間に校正された500ton級のロードセルを挟みジャッキ反力の出力値を校正するものとした。試験は、ジャッキ1台に対して0～5000kNの範囲で載荷と除荷のサイクルを3回実施し、ジャッキとロードセル(試験機)で同時性のある反力を取得した。ジャッキの反力とロードセルの出力値の差異を表すグラフを図-8に示す。実施工で反力を管理する荷重帯(約3000kN)における試験結果の平均値から、ジャッキの出力値に補正係数0.982を乗じてジャッキ反力を補正した(-表-)。



図-7 油圧ジャッキ校正状況

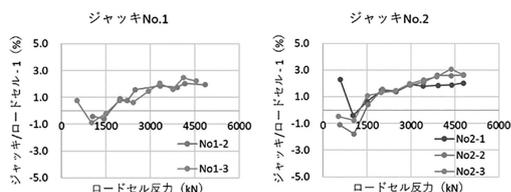


図-8 ジャッキ反力とロードセル出力値の差異

-表- 試験結果一覧

	荷重(kN)	増分(%)	ジャッキ平均	補正係数
No1-2	2489	+1.6	+1.5	0.983
No1-3	2933	+1.5		
No2-1	2987	+1.9	+1.9	
No2-2	2967	+1.9		
No2-3	2951	+2.0		

※No1-1は計測不備のため結果を除外した。

3-2 安全管理上の工夫

1) 損傷発生懸念箇所のモニタリング

支点解放時は以下に示す箇所から損傷が発生することが考えられる。

- ・断面決定位置近傍での降伏・座屈(塗膜割れ)
- ・床版コンクリートのひび割れ
- ・支点補強部での座屈

このため、支点解放時は図-9に示す箇所に監視員を配置し、反力解放時に常時モニタリングを実施した。

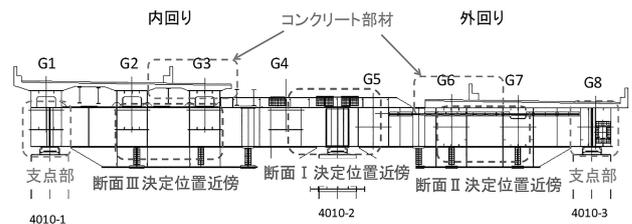


図-9 常時モニタリング箇所

2) 線形性モニタリング

構造系の変化は弾性梁理論に基づいて計算されており、施工中に構造物に何等かの損傷が生じた場合、非線形的な挙動を示すことが考えられる。このため、支点解放時のジャッキ反力と横梁中央位置での橋脚と横梁の相対変位の関係(剛度)に着目し、これを随時モニタリングした。剛度の定義を図-10に示す。支点解放時のジャッキダウンは設計反力の1/4刻みで段階的に反力を漸減させ、各ステップ間での剛度が、事前に確認した剛度から-10%以下となっていないことを確認しながら進めた。剛度が-10%以下となった場合は、施工を一時中断し1)に示した損傷の発生が懸念される箇所の一斉点検を実施するものとした。損傷が確認された場合、ジャッキ反力を設計反力まで戻し施工を中止する。

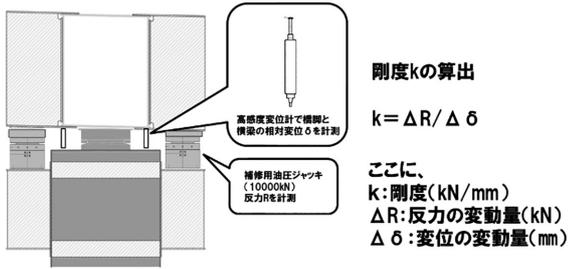


図-10 剛度の定義

3) サンドルによるフェールセーフ

支承撤去後は、支承が配置されていた箇所を図-11に示すようにサンドル及びテーパライナーを配置することで、既設横梁及び横梁補強に損傷が生じた場合や、ジャッキに不具合が生じた場合にすぐに荷重を受替え可能な状態とした。

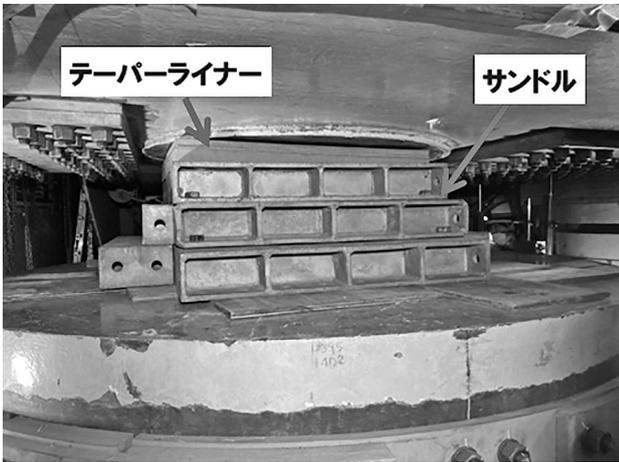


図-11 サンドルによるフェールセーフ

4. 品質・安全管理の結果

4-1 品質管理の結果

反力管理による品質向上効果を確認するために、横梁の支間中央部の補強部材上端部にひずみゲージを設置し、反力解放時の応力の変化を計測した。計測結果及び理論上の応力分布を重ねたグラフを図-12に示す。これより、概ね設計値通りの応力が補強部材に導入されていることが確認された。

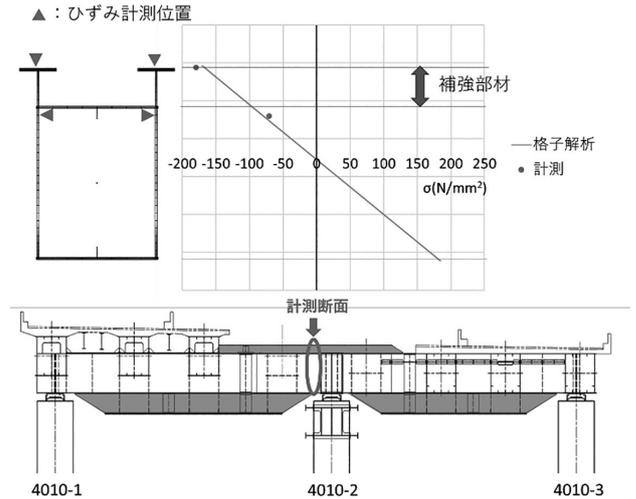


図-12 反力解放時の応力計測結果

4-2 安全管理の結果

図-13に実際に計測した、ジャッキ反力-変位関係と剛度-ジャッキ反力関係を示す。図中には、骨組解析で得られた剛度、及び事前の剛度確認で得られた剛度を示す。解析と実剛度は概ね一致しており、また施工途中に大きな剛度の変化はなく、線形性を保った状態でジャッキダウンが完了した。これにより、構造物に有害な損傷が生じることなく構造系が変化していることが確認された。

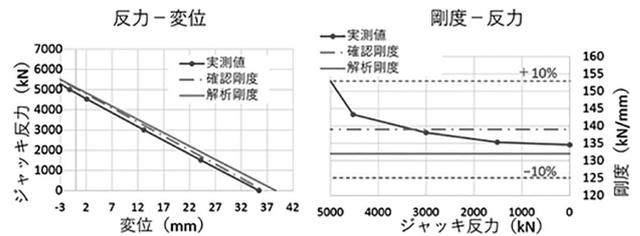


図-13 反力解放時の変位と剛度

4. おわりに

首都高速道路日本橋区間地下化事業は、全国的にも類を見ない大規模更新プロジェクトであり、本出入口撤去工事はプロジェクトの一端を担う重要な位置付けとなっている。本線橋梁を供用させながら大規模な構造系変化を伴う施工を行う必要があり、施工時の構造物の状態把握や、施工後の構造物の品質確保のため、特殊な施工管理を実施することとなった。今後も続くプロジェクトの中、本工事で蓄積された技術やノウハウが役立てられれば幸いである。

45 その他

公共工事における土木構造物に対する 建設用 3D プリンター活用の効果検証

宮崎県土木施工管理技士会
旭建設株式会社
取締役専務
木下 哲治

1. はじめに

本工事は、令和元年9月の台風17号の影響により発生した大規模地すべりに対する地すべり対策工事である。

工事内容は、頭部排土工として切土掘削及び残土運搬を行い、地すべり抑止工としてグラウンドアンカーを施工する。また、グラウンドアンカーの反力となる鋼製受圧板に対し、切土法面の方向と法勾配を調整する構造物として、裏込め工（ざぶとんわく）が計画されていた。

工事概要

- (1) 工事名：令和4年度復旧治山事業 竹元谷
- (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大字板谷
- (4) 工期：R5年8月8日～R6年9月30日

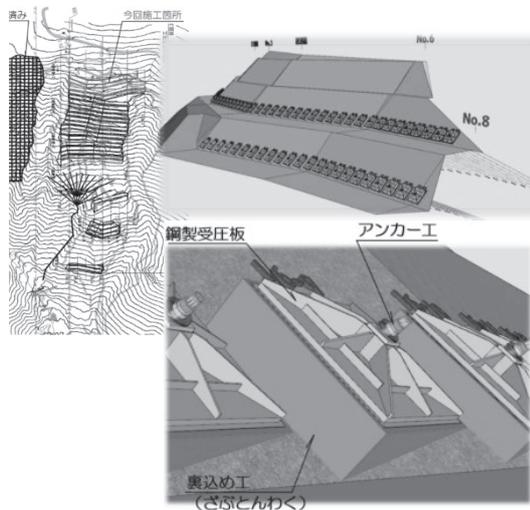


図-1 工事概要

2. 現場における課題・問題点

本工事では、法面工におけるコンクリート構造物である裏込め工（ざぶとんわく）にフォーカスした。それは、後に示す従来施工における各種の問題点をいかに解消し、深刻化する法面技能者の担い手不足・高齢化が進む中で生産性向上を図っていくことが喫緊の課題だからである。

まず、裏込め工（ざぶとんわく）の従来施工での作業手順を以下に示す。

- ①型枠組立として、表面に大型の溶接金網（2.0m×2.0m）、外周には吹付用金網を法面に設置する。
- ②吹付時に型枠が動かないようアンカーピンにより各所を固定する。
- ③型枠内をモルタル吹付により充填する。
- ④吹付完了後、裏込め工（ざぶとんわく）表面を

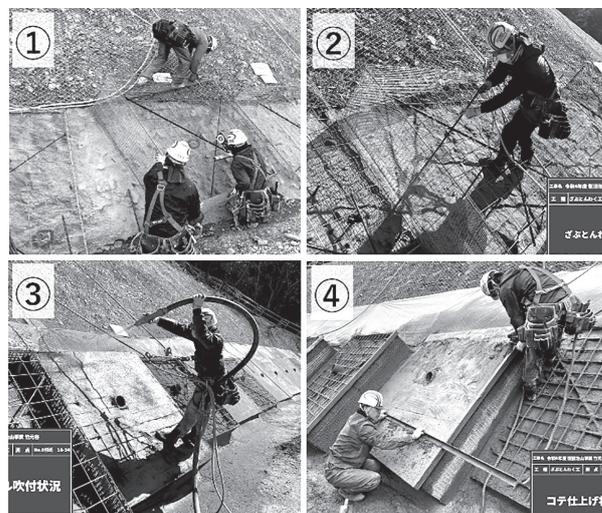


図-2 従来施工手順

定規やコテを使用し平滑に仕上げる。

従来、裏込め工（ざぶとんわく）の作業環境は、足場のない法面上において、常に親綱ロープにぶら下がりながら、資材運搬や金網型枠の設置、モルタル吹付、コテ仕上げを人力作業にて行っている。平均的な作業人員は4名～6名である。

次に、裏込め工（ざぶとんわく）の従来施工に伴う問題点は以下に示す。

- ①斜面上における作業は常に重労働を伴い、墜落・転落の危険性のリスクは高まる。
- ②モルタル吹付、コテあてに伴う熟練技能者（ノズルマン、ガンマン等）の不足。
- ③大掛かりな吹付プラントが必要である（モルタルガン、コンプレッサー、発電機等）



図-3 吹付プラント（従来施工）

- ④現地に合わせた型枠組立により、型枠端材（金網、鉄筋くず）が発生する。
- ⑤吹付リバウンドの発生、コテあて時のモルタル廃材により産業廃棄物の処理が必要となる。

以上の施工プロセスにおける問題点に対し、省人化・省力化、安全性向上を目的とした作業環境の改善が課題である。

3. 対応策・工夫・改善点

従来施工における問題点における解決策の一つとして、裏込め工（ざぶとんわく）に建設用3Dプリンターを活用することとした。省人化・省力化及び安全性等の効果検証を行うものである。

建設用3Dプリンターによる裏込め工（ざぶとんわく）造形については、現場作業との並行作業により工程短縮が図れることも効果として考慮しオフサイトでの実施とした。

実際に行った建設用3Dプリンター造形プロセ

スは次の通りである。

①建設用3Dプリンター設置・設定

建設用3Dプリンターの設計図として、裏込め工（ざぶとんわく）の3Dモデルデータを作成し、3Dプリンターが正常に駆動するか確認を行った。

設備としてプリンター、ミキシングポンプ、水タンク等、また造形する材料を置く必要があるため平坦な場所に造形スペース（8m×4m）を確保した。また、印刷中の造形物は外部環境の影響を受けやすい。急激な乾燥を防止するため、屋根や周囲に幕を設置した。



図-4 3DP設置・設定作業

②造形準備

材料には増粘剤をプレミックスしたモルタル粉体を使用しミキサーホッパーに投入し水と攪拌する。その際、材料の圧力やノズルヘッドから排出される材料の状態を確認しながら造形可能な練り具合になるよう調整を行った。

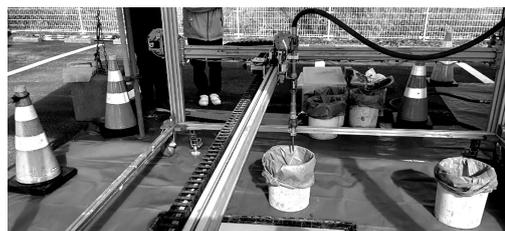


図-5 3DP練り具合調整

③造形（印刷）

裏込め工（ざぶとんわく）の造形開始に先立ち、モルタルの品質確認として供試体を採取した後、造形（印刷）を開始、排出される材料の状態や温度に注意しながら混合の調整や圧送の調整を繰り返し行いながら印刷を進めていく。

裏込め工（ざぶとんわく）1基に対する積層作業時間は約2時間、完了後は、モルタル表面の急激な水分蒸発によるクラックを発生させないためポリラップにより封かん養生を行った。

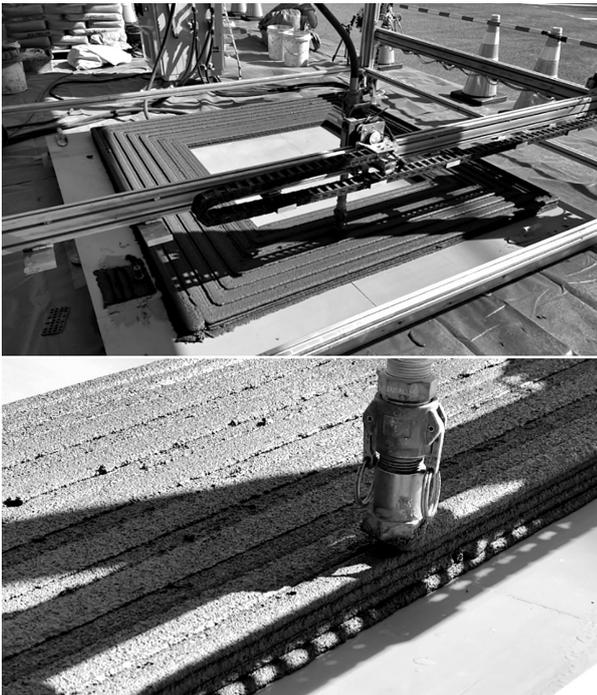


図-6 3DP積層（印刷）状況

④造形物運搬・据付け

供試体の強度確認後（1週強度37.2N/mm²）、造形した裏込め工（ざぶとんわく）を4tユニットにて現場搬入し、クレーン機能付きバックホウにより法面に据え付けた。

今回は効果検証ということもあり、開口部よりモルタル吹付を行い地山と密着させることとした。



図-7 運搬・据付け

4. 検証結果、効果

裏込め工（ざぶとんわく）に対する従来施工（モルタル吹付）と建設用3Dプリンティングについての比較検証結果は下表の通りである。

-表- 比較検証結果一覧表（10基当たり）

項目	従来施工 （モルタル吹付）	建設用3Dプリンター	従来との 比較評価
生産性 （省人化）	①金網型枠設置 3日×4名=12名 ②プラント設置 1日×4名=4名 ③モルタル吹付 3日×6名=18名 合計 34名	①プリンター設置、設定 1日×2名=2名 ②印刷（積層） 3日×2名=6名 ③据付 2日×3名=6名 合計 14名	◎ 59%削減
工程	①金網型枠設置 3日 ②プラント設置 1日 ③モルタル吹付 3日 ④養生 7日 合計 14日	①プリンター設置 1日 ②印刷（積層） 3日 ③養生 3日 ④据付 1日 合計 8日	◎ 43%削減
	（日当り施工量） 10基/7日=1.4基/日	（日当り施工量） 10基/5日=2基/日	◎ 43%向上
施工ヤード 占用面積	（吹付プラント） 延長20m×幅3m=60m ²	（プリンター設備） 幅8m×幅4m=32m ²	◎ 47%削減
安全性	・組立、吹付作業時の墜落転落リスク	・据付け作業における吊り荷の落下災害リスク	◎ 向上
環境性	・型枠廃材（金網、鉄筋くず）発生 ・吹付リバウンド発生	・必要最小限の材料 → 型枠廃材が発生しない	◎ 向上
経済性	—	・従来単価の10倍以上と高価	× 低下

建設用3Dプリンティングに対する主要な効果（メリット）について4つ列挙する。

1つ目は、省人化である。

モルタル積層中は1人の作業員がプリンティングの作業時間設定や、モルタル積層での圧力調整を行うのみである。3Dモデルデータを元に機械が自動で造形（印刷）するため、コンクリート工のSCM改善による作業工程の簡略化が図られる。そのことにより、熟練技能者を必要とせず、省人化による一人当たりの生産性が向上することを確認した。

2つ目は、工程短縮である。

現場での掘削作業と並行で作業できることに加え、テントや倉庫内であれば雨天での作業も可能である。また、高強度材料であることから養生期間も3日（従来は7日）と大幅に短縮可能であることがわかった。

3つ目は、廃棄物の削減である。

建設用3Dプリンターでは必要最低限のモルタル材料しか使用しない。また、型枠も必要としな

いため、従来施工で発生する型枠廃材や鉄筋くず・吹付リバウンド等のモルタル殻の発生がなく、環境への配慮に効果を認めた。

4つ目は、安全性の向上である。

裏込め工（ざぶとんわく）の据付時に吊り荷落下災害等のリスクが発生するものの、法面からの転落や苦渋作業等の人的災害リスクが大幅に低減され、安全に作業できることが確認できた。

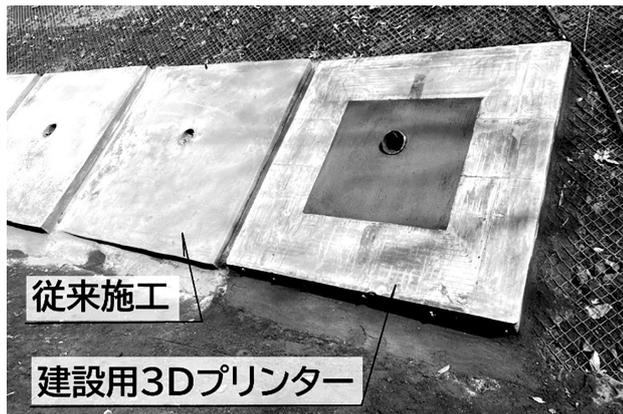


図-8 3DP「ざぶとんわく」(写真右側)

5. おわりに（今後の課題、展望）

法面での作業という現場条件もあり、ここ数十年、機械化が全く進んでいない。いまだ多くの工程が人手による作業に依存している。

今回、法面に特化した構造物である裏込め工（ざぶとんわく）について、従来施工（型枠組立＋モルタル吹付）と建設用3Dプリンターによる造形（印刷）の施工比較を行うことで、4. 検証結果、効果の通り、建設用3Dプリンターでの施工は、人材・工程・原材料の効率化及び、安全性向上、産廃抑制など、全体最適化が図れるメリットを享受できたと考える。

反面、建設用3Dプリンターでの施工で浮き彫りとなった今後の課題点を3つ列挙する。

1つ目は、法面との密着性（一体化）である。今回この点を解消するため、裏込め工（ざぶとんわく）設置時に地山法面との隙間をモルタル吹付により充填を行った。背面の密着性については、パッカーやポリエチレンフォーム等の使用など検討が必要である。

2つ目は、積層という造形の性質と、法面という地形上、オンサイトプリンティングが不可能であり、吊り作業及び据付け作業が伴う。クレーン等の荷役・揚重機械の作業半径内での適用となるため、造形する構造物を分割施工により軽量化するか、従来施工との棲み分けの検討が必要である。

3つ目は、高価な施工費用である。従来施工と比較して10倍以上の単価となる。人件費や製造プラントでの機械費等の削減は図れるものの、積層されるモルタルの品質性能を確保するための特殊モルタルが高価であることが要因である。

しかし、工程短縮による現場管理者の従事期間の短縮や現場事務所等の経費削減、また、道路規制を伴う工事であれば、交通誘導員や規制材等の削減など、全体的な経済比較により検討を図ることが肝要であると考えます。

今後、建設用3Dプリンターは、省人化、工程短縮等の多様な観点でのメリットを考慮した設計検討に加え、脱炭素社会への貢献、品質・出来形管理基準の確立、労働基準安全衛生法の遵守を通して、建設DXの一つとして技術革新が進んでいくものと考えます。

最後に、これから法面作業における熟練技術者の減少・高齢化、及び若手人材の担い手不足が加速度的に進行することは避けることができない。

相まって、気候変動に伴う激甚化も頻発しており、豪雨災害に対する斜面防災の遅れは国民の生活、生命・財産が脅かされることに繋がる。

そのことから、建設分野のDX化・社会実装は急務である。人とテクノロジーの共存により生産性向上を図るとともに、3K領域の職場環境を魅力ある業界に変革していくことが重要である。

とは言え、今回の建設用3Dプリンターや、ICT施工、無人化遠隔バックホウ、XR、BIM／CIM、センシング技術などDX技術は、手段・ツールである。インフラ整備のプレーヤーとして本来の目的を見失うことなく、現場作業環境に応じた効果検証を行い、現場にあった建設DX技術の適正な選定・駆使に努めていきたい。

II. 技術報告

1 施工計画

被災した裏込工の ICT 起工測量

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

河村 昌益[○] 小笠原 均 鈴木 健彦

1. はじめに

本工事は、八戸港八太郎・河原木地区航路泊地（埋没）付帯施設の内、波浪により被災した裏込工の復旧を行ったものである。

工事概要

- (1) 工事名：八戸港八太郎・河原木地区航路泊地（埋没）付帯施設裏込外工事（その2）
- (2) 発注者：国土交通省 東北地方整備局
- (3) 工事場所：青森県八戸市八戸港港内
- (4) 工期：2023（令和5年）年3月20日～2024（令和6年）年2月22日

2. 現場における問題点

工事内容の内、被災した裏込工は、延長500mを平均断面法により3測線の断面から概算数量を算出したものであった。裏込工着手に先立ち、正確な裏込石の投入数量を把握するため、現地測量及び数量計算を行う必要があった。

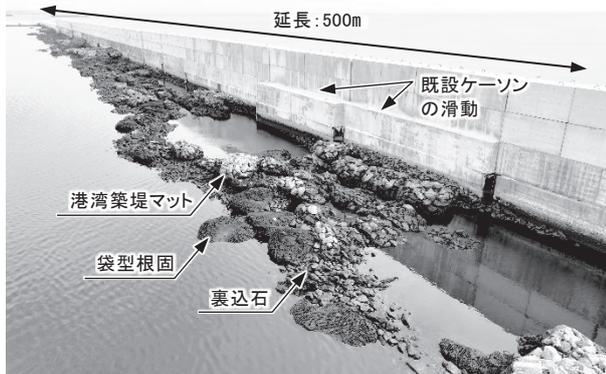


図-1 施工箇所全景写真

測量範囲は干満帯を含むD.L.+2.5～-9.0m程度の範囲であり、実施にあたっては以下に示す問題があった。

・問題1：気中部の測量（干満帯を含む）は、被災した裏込工範囲が、裏込石の天端を養生する港湾築堤マットや袋型根固を含んで飛散しており、凸凹の多い複雑な形状で気中部から水中部にかけて不陸が最大で3mであった。従来方法のレベル測量では、気中部と水中部が点在しているため、潜水土により測量を行う必要があった。裏込石、袋型根固、港湾築堤マットが混在しているため、1断面あたりの変化点（測点数）が多く、裏込工天端の歩行や潜水を繰り返し、移動しながらの測量には躓きや転倒、送気ホースの損傷が懸念され、危険を伴った。水中部の測量では、従来方法のシングルビーム測量（指向角6度）を行うが、測深器直下の深度のみを取得するため、起伏の大きい範囲を測定できない。また、局所的に浅い箇所もあり、測量船が座礁する懸念があった。

・問題2：従来の数量算出方法である平均断面法は、最大10m間隔の測線であった。測線間隔内で断面変化を生じる際は、新たに断面変化した測線を数量計算に反映させるが、当現場では既設ケーソンの大部分が滑動しており、最大で2mの出入りが生じていた。正確な数量算出には、延長500mのケーソンによる断面変化を含めると、200測線以上の測量が必要となり、施工着手前に正確な裏込石の投入数量を把握するまでに多大な手間と時間を費やす懸念があった。

3. 工夫・改善点と適用結果

被災した気中及び水中部の裏込石の投入数量を安全かつ正確に把握するため、以下の工夫を実施した。

・工夫1：従来の測量方法に代えて、ICT起工測量に変更した。ICT起工測量は、干満帯を含む気中部の測量をUAVレーザ測量（浅海域の水中部を測深可能なグリーンレーザ仕様）で、水中部の測量をラジコンボート（吃水0.2m）によるナローマルチビーム測量（以下、NMB測量）（スワ幅155度）で実施した。

UAVレーザ測量により、気中部及び水中部が点在した裏込工天端を潜水士が歩行や潜水することなく、遠隔操作により安全かつ未測箇所を排除して測量できた。加えて、測量は操作者含めて4名で実施し、準備から測量まで1日で完了でき短時間かつ省人化することができた。

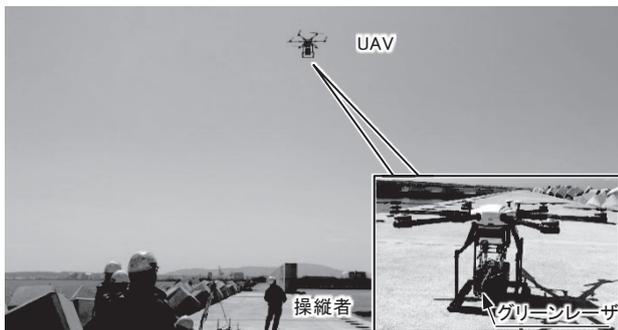


図-2 UAVレーザ測量状況写真

ラジコンボートによるNMB測量により、浅い測量範囲で座礁することなく、広範囲を未測深範囲なく測深できた。気中部と水中部の測量に要した期間は3日であり、短時間で現況測量を完了できた。加えて、従来の深浅測量は、測量船を回航してくる必要があり、往復2時間の航行時間を要するが、本測量では施設内から簡易にボートを降ろすことが可能であったため、測量船の回航を省き、一般船舶との接触リスクを排除することもできた。

・工夫2：数量計算は、平均断面法に代えてICT起工測量により取得された点群データからデータ



図-3 マルチソナービーム測量状況写真

解析及び合成を行い、3次元地形モデルを作成した。このモデルと別途作成したケーソンの出入りを反映した3次元設計モデルを用いて、プリズムイダル法による3次元数量計算を実施し、裏込石の投入数量を算出した。点群データを用いた詳細な現況モデルによる数量算出としたことで、詳細かつ正確な数量を短期間で算出できた。さらに、3次元地形モデルは局所的に浅い箇所を考慮した施工検討資料や現場見学会等での説明資料とすることで、現地盤を含めたCIMの活用を行った。

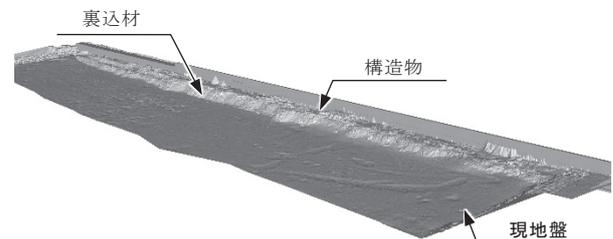


図-4 3次元現況モデル

4. おわりに

本工夫において、従来の測量や数量計算と比較し、より安全な測量を省人化しながら実施し、正確かつ効率的に裏込石の数量把握を可能とした。さらに、成果物を数量把握以外に3次元モデルを用いた施工検討や対外説明資料、CIMの地形モデルにも活用し、業界全体で取り組むICTを活用した円滑な施工やインフラ情報の蓄積に貢献できたと考えている。

実施にあたり、協力頂いた測量会社、ICT起工測量への協議に前向きに検討頂いた発注者の皆様に誌上をお借りして感謝申し上げます。

2 施工計画

出水期の護岸工事

宮崎県土木施工管理技士会
日新興業株式会社
土木部
佐藤 宗近

1. はじめに

本工事は、祝子川左岸宇和田地区の既設堤防を掘削し連節ブロック張りをする工事であった。

工事概要

- (1) 工事名：令和3年度防安広域第50-1-9号
祝子川宇和田地区護岸工事その3
- (2) 発注者：宮崎県延岡土木事務所
河川砂防課
- (3) 工事場所：宮崎県延岡市宇和田町
- (4) 工期：2022年5月12日
2023年3月27日

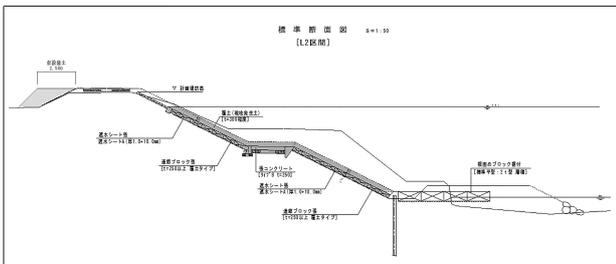


図-1 標準横断面図

2. 現場における問題点

- ① 隣接工事との兼ね合い
掘削・護岸工事が主体で、1工区～5工区が横並びの施工であった。
- ② 進入路
現場への進入路は下流側の祝子清流橋北詰めから一部舗装された幅約4mの堤防道路しかなく、上流側は未舗装で草木が生茂り、最近車の通行はされていない状況であった。

③ 河川の増水

上流にダムがあり降雨があると度々貯水量調節の為、放水により短時間で水位が上昇して施工箇所の水没が予想された。

3. 工夫・改善点と適用結果

- ① 隣接工区との兼ね合い
 1. 5社で安全協議会を作り、週間工程表をメール送信して資材の搬入等の情報を共有した。また毎月1回発注者を交えて安全協議会を開催して工程等の調整を行い、各社の協力体制を築いた。
 2. 施工箇所に繁茂している竹等の伐採を行い、伐採材は堤防法面にそれぞれ集積した。積込・運搬は安全協議会で同じ協力会社をお願いし2班体制で1工区から上流側に、5工区から下流側へと2方向から搬出を行い工期の短縮に努めた。
 3. 伐採材搬出後、掘削土砂を流用して既設堤防道路の裏側に腹付盛土を行い施工は1、5工区を優先する事で、工事車両の離合が可能となった。連節ブロックの材料搬入は2、3工区を優先した事で上下流の2方向から、連続性を損なう事なく施工ができた。
- ② 進入路の確保
 1. 発注者及び地元区長と協議して、上流側からの工事車両通行の承諾を得て、仮設盛土による拡幅 $W=2.5\text{m}$ 、全幅 6.5m を行い堤防道路上での工事車両の離合を可能にした。

2. 堤防道路で工事車両の離合は可能であるが大型車両の方向転換は難しいので高速下の高水敷を整地した事で現場への出入りがスムーズになった。また工事期間は市道入口に交通誘導員を配置した。
3. 連節ブロック完了後、発生土を用いて覆土し堤防道路を原型復旧する設計であったが、隣接工区が施工中であった為、トレーラー等の通行を考慮し部分的に仮設盛土を残置した事で、車両の通行が安全に出来た。
4. 作業時は工事車両の通行が出来る様にする為、全工区、原則ラフテレーンクレーンは使用せずバックホウ（クレーン仕様）を用いる事を安全協議会で申し合わせた。



図-2 増水時（9月19日 台風14号）

③ 河川の増水対策

1. 増水対策として安全協議会で退避判断基準を統一し、合同安全訓練も実施して避難場所の確認を行った。
2. 安全協議会で合同パトロールを実施し、各業者の安全管理体制や取組を共有した。



図-3 高水護岸部完了（覆土前）

3. 降雨が予想される時は作業終了時にバックホウ等の機械を堤防道路に移動し、堤防法面は

ブルーシートで覆い、法肩は土のうを積んで保護した。しかし台風14号では水位の上昇で一部覆土まで完了していた低水護岸の上流部横帯工1箇所と肩止コンクリート10m、連節ブロック320㎡が崩壊し高水護岸の土砂が殆ど流失し小段部がなくなった。

4. 被災後、発注者と協議して崩壊構造物を撤去、再設置する事となったが覆土を行っていた為、連節ブロック連結部の土砂を人力で取除くのに時間と労力が掛かって大変であった。流出した高水護岸は築堤に適した土砂を購入して盛土を行いブロック基礎は工期短縮の為、2次製品を使用した。増水による作業休止は協議期間も含めて12日あり、復旧に19日を要した。



図-4 完成

4. おわりに

出水期の施工で河川水位の上昇から何日か現場休止をする日があるとは思っていたが、台風によるあれ程の被災は予想もつかなかった。早く現場を復旧しなければという新たな問題も出てきたが自社及び協力業者にお願いして人員を増やし、何とか復旧し工事を再開する事ができた。また安全協議会でお互いに工程を調整して、優先順位を共有する事で隣接工区とのトラブルなく工期内に完成する事が出来た。

3 施工計画

トンネルの先の架設桁架設

宮城県土木施工管理技士会
東日本コンクリート株式会社
現場代理人
伊藤 広 監

1. はじめに

工事概要

- (1) 工事名：国道47号有田沢橋上部工工事
- (2) 発注者：国土交通省東北地方整備局山形河川国道事務所
- (3) 工事場所：山形県最上郡戸沢村古口地内
- (4) 工期：2021年8月31日～2022年7月15日

2. 現場における問題点

本工事は、国道47号線から工事用道路を入り約3kmのトンネルを通った先にある橋長22.0mのポストテンションPC単純中空床版橋（場所打ち）で発注された。その先に工事用道路は無く対岸へ行く手段はなかった。その先のトンネルを掘削するには橋梁工事の完成が不可欠で、本工事は早期完了することが求められたのである。



図-1 有田沢橋施工前状況

受注以来、現場状況や、設計資料を確認してい

るときに、現場は土石流や雪崩の発生しやすい地域であることや、他工事が施工をしており、順調に施工が進んでも2022年1月が主桁コンクリートの打設予定となり、コンクリートの品質管理が寒中施工となる見込みで、品質管理面でも注意が必要であった。

安全管理の点から、

- 1) 土石流発生地域での場所打ちのオールステージでは、主桁のコンクリート打設・緊張前に発生してステージングが崩壊するのではと考え、危険と判断した。
- 2) また雪崩に関しても、予測が不可能なので、作業中に人を巻き込むおそれがあるので、これも危険と判断した。
- 3) 品質管理の観点から、3m位積雪のある地域で、冬季に施工をするのではコンクリート打設箇所を上屋養生することを考えなければならないが、1回の積雪量を最大で50cmと想定して組み立てられる、幅員12mを超えるビーム材は約1tあり、トンネル坑口にセット出来るクレーンは25t吊りクレーンが限界で、組み立てが不可能と考えた。

3. 工夫・改善点と適用結果

土石流や雪崩の危険性及び、コンクリートの品質管理の点から、工法をプレテンションPC単純中空床版橋へと方向転換を行った。

最善策がプレテンション桁であったが、今度は架設工法の選定をする必要があった。通常であれば、300tクレーン架設や、100tクレーンでの相吊

り架設が考えられるが、大型クレーンの搬入・設置は不可能であるので、クレーン架設は断念した。



図-2 架設桁送り出し状況

次に考えたのは、架設桁架設工法である。通常は手延べ桁を設置し、架設桁の重心が交差するように対岸まで引き出して行くが、対岸が山で手延べ桁が引き出せず、また手延べ桁を解体するクレーンも設置出来ないことから、手延べ桁を使用せず、重心を交わすために中間ベントを設置して架設桁を送り出すことを考えた。

対岸へ大型機材を架設・設置することが不可能であることから、桁横取り梁・門構は設置せず、桁座にH鋼を敷設し、ステンレス板とルーロン板を併用して、レバーブロックで横取りすることで架設桁架設が可能となったのである。



図-3 主桁引き出し状況

4. おわりに

現場施工条件による問題があり、構造形式を変更することで問題解決と思ったが、架設工法を考える中で、トンネル内での高さ制限での作業、トンネル坑口の狭窄部でのクレーン作業と、普段では気にしていない箇所での作業で、うまく作業が進むか心配であった。平面図・側面図・断面図にクレーンを設置し、何度も作業半径を慎重に確認しながら作業計画を進めて無事に完成することができたのである。

以前にトンネルとトンネルの間に架かる橋梁工事で、トンネル内で桁を製作し、架設を行ったことがあったが、その時は、対岸もトンネルが貫通しており、トンネル坑口と橋台の間が15mほどあり、大型クレーンでの作業が可能であったことを考えれば、今回は施工条件がかなり厳しい現場であったことは間違いない。



図-4 有田沢橋 完成

プレテンション桁を架設桁架設することもあるが、今回は、桁座横取りを採用し、架設には、1日2本で（最終日は3本）17本の架設に8日間を要した。

様々な形を組み合わせた工法ではあったが、経験したことのない作業を無事故で完成させた、熟練した技術と経験をもつ協力業者と、若手社員には感謝である。

1つの経験が、次回の現場の問題点の解決になることを信じて、貴重な財産として、次の現場に生かしたいと考えている。

4 施工計画

効率よく施工するための工夫

新潟県土木施工管理技士会
株式会社森下組
土木部課長
荒川 勇

1. はじめに

本工事は、湯沢町土樽地内の魚野川に架かる一般県道松川橋における、ひび割れ劣化防止対策の補修工事、舗装部の防水工事、伸縮目地交換工事である。昭和31年から平成16年施工橋梁の為、幅員が狭く（5.5m）、延長（170.0m）は長く、十分な迂回路もない。大型交通車両のすれ違いが困難で片側規制における安全対策、接触防止対策が重要だった。加えて河川占用工事と砂防指定地域であった為、豪雪地域での施工開始時期の制約があり工程管理にも課題があり対策の必要があった。

橋梁補修工 1式（橋面防水工A=521㎡）

伸縮装置取替工 L=39.9m

断面修復工 V=3.05㎡

工事概要

- (1) 工事名：一般県道土樽越後中里停車場線
松川橋補修工事
- (2) 発注者：新潟県南魚沼地域振興局地域整備部
- (3) 工事場所：新潟県南魚沼郡湯沢町地内
- (4) 工期：令和5年3月23日～
令和6年1月16日

2. 現場における課題・問題点

1. 橋梁の伸縮装置取替及び橋面防水工を行う補修工事である。本橋は幅員が狭く（5.5m）、延長（170.0m）が長い為、大型交通車両のすれ違いが困難で、片側交互規制における。

安全対策及び、接触防止対策が必要であった。

2. 幅員が狭い橋梁な為、交通規制による材料及び資材の荷卸しが困難な状況で、尚且つ、河川からの材料搬入は砂防指定地域による作業可能な時期ではない為、材料搬入方法の策定や選定を、見直しする必要があった。
3. 砂防指定地域において、河川内の施工はHWL迄の吊足場施工は10月1日以降との取り決めがあり、10月からの施工では、降雪前に施工完了が、工程的に間に合わない為、10月より前に橋梁下の施工開始する方法の、工夫や提案が必要であった。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

1. 橋梁の幅員が狭く（5.5m）安全対策の工夫として、規制材を幅の狭いタイプのポストコーンを使用した。通常300mmを150mmに変更し、少でも作業幅員と規制幅員を確保するよう対策し、作業スペースの確保に努めた（図-1）。歩行者通行時は、車両を通行させないよう安全管理を徹底し、歩行者に配慮した交通規制を実施し歩行者通行時は、通行車両を一時止めて、誘導員による誘導を行った（図-2）。接触防止対策、飛散防止対策として、毎日片側規制解除を行う為、簡易テントを使用しネットを設置して、作業箇所での識別及び飛散防止を実施した（図-3）。飛散事故、接触事故共に無く無事故で完工ができた。



図-1 狭い規制材



図-2 歩行者誘導



図-3 飛散防止

2. 台車及びレール設置による作業環境改善について 幅員が狭い橋梁な為、交通規制による材料及び資材の荷卸しができない為、吊足場仮設図作成時に吊足場の上流側に900mmのスペースを構築し、吊足場上にレールを設置し台車にて作業員が橋台側より、いつでも資材運搬が可能な状態にしたことにより、施工性の改善につながった。当初想定していなかった、吊足場資材の移動もレールにて移動でき、重機等を使用しなくても現場で対応可能で施工ができた。



図-4 台車レール使用状況

3. 河川占用工事と砂防指定地域であった為、施工開始制約が有り工程管理に課題があり、砂防指定地域において、河川内の施工は10月1日以降との取り決めが有り、10月からの施工では工程的に、間に合わない為、2ステップ施工の提案協議を行った。10月までに河川に影響のない箇所（①ステップ）の施工を先行で作業を行い、10月には影響箇所（②ステップ）の施工を行うよう、各官公庁と協議や施工調整を行い、降雪前に施工が終わるよう、工程を間に合わせた。結果的に吊足場資材も再利用が可能だったため、吊足場資材を半分に減らす事ができ、資材搬入の削減にも繋がった。



図-5 施工ステップ図

4. おわりに

現場毎の様々な条件があり、問題事項のスムーズな対応策により施工性の向上に繋がれば、全体工程にも影響し安定した施工管理に繋がります。その条件を見極め、行動することが大切である。

今回施工の工程ステップ調整や吊足場上のレール設置により、工程は停滞することなく進捗することができました。現場の創意工夫で施工管理が改善し、少しでも安全で効率よく工事が行える対策を、今後も考案して行きたい。

5 施工計画

支承取替工事における 支承台座構造の変更に関する報告

日本橋梁建設土木施工管理技士会

株式会社 IHI インフラ建設

現場代理人

監理技術者

芳川 陽一 ○ 秋野 友之

1. はじめに

1979年（昭和54年）に江戸川に架設された本橋梁は、国道298号埼玉県和光市から千葉県市川市に至る重要な路線の一部であり、大型車両混入率も高く、貨物の流動に欠かせない主要道路である。本工事は、P2橋脚とP4橋脚において支承ローラー部に亀裂が生じていたため、劣化要因の排除と耐久性向上としてゴム支承に取り替える工事である。

工事概要

- (1) 工事名：R4国道298号
葛飾大橋補修その1工事
- (2) 発注者：関東地方整備局 首都国道事務所
- (3) 工事場所：東京都葛飾区東金町地先
～千葉県松戸市小山地先
- (4) 工期：2023年4月1日～2024年3月29日

2. 現場における課題・問題点

支承取替対象のP2橋脚には、既設の耐震補強部材が複数存在した（図-1）。その他、下弦材の側面には道路照明配管が設置されており、支承台座の構造によってはこれらと干渉し、新たに支承を設置できない可能性があった。また、既設橋脚の鉄筋配置間隔が密であるため、当初計画通りのアンカー削孔（削孔径： $\phi 61$ ）では、既設鉄筋と干渉する可能性があった。そのため、支承取替を施工するにあたり、限られた橋座面のスペース

を活用した支承台座構造の検討を再度行い、安全と品質を確保した上で、定められた期間内に作業を完了させる必要があった。



図-1 P2橋脚支承周辺の既設耐震補強部材

当初設計の支承台座構造は、コンクリート台座を用いた支承構造であり、現地調査の結果、新たに設置するコンクリート台座と既設耐震補強部材の一部が干渉することが判明した。また、既設橋脚の鉄筋配置間隔も現地で鉄筋探査を実施した結果、当初計画通りのアンカー削孔は不可能なことが判明した。そのため、上記の現場条件を考慮した支承台座構造を再度検討することとした。

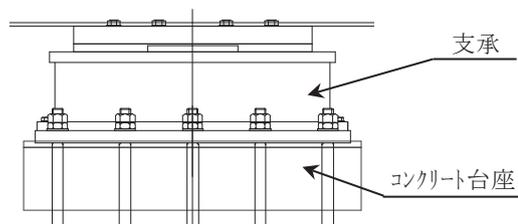


図-2 当初の支承台座構造（コンクリート台座）

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

検討結果を次に示す。第1案として、コンクリー

ト台座を低くすることで台座縁端距離を小さくし、平面形状を縮小するコンクリート台座縮小案(図-3)。第2案として、干渉する既設耐震部材を再度製作することで小型化し、コンクリート台座の設置範囲を確保する既設耐震部材再製作案(図-4)。第3案として、アンカーボルトの縁端距離をコンクリート台座より小さくし、台座構造自体を小型化できる鋼製台座案(図-5)とした。そのなかで施工性、経済性、維持管理の容易さの3項目について検討し、評価した。

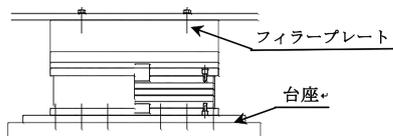


図-3 第1案：コンクリート台座縮小

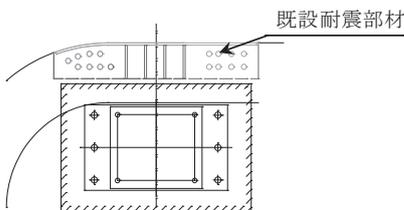


図-4 第2案：既設耐震部材再製作

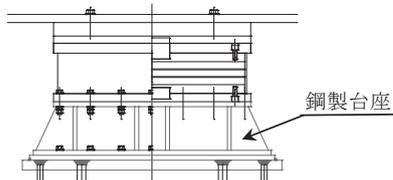


図-5 第3案：鋼製台座

第1案は、台座高さが低くなるため、高さ調整用のフィルタープレートが別途必要となり鋼材重量が3案のなかで最も重い。また、既設耐震部材と台座構造が別材料であるため、維持管理の観点からも好ましくない。加えて、新たなアンカー削孔が必要となり、鉄筋干渉による台座構造の再検討が懸念される。

第2案は、耐震部材の形状変更に伴う追加のアンカー削孔や耐震部材の追加の撤去・復旧作業が必要となり、作業工数が増加する。また、耐震部材の形状変更に伴う設計検討期間も必要となり、工期内での支承取り替えが現実的に不可能である。

第3案は、既設支承のアンカーボルトを新設支承のベースプレートに再利用することができるた

め、新たに支承アンカーを追加する必要がない。また、台座構造を小型化でき、既設耐震部材と同じ鋼製であるため、維持管理も容易である。

上記の理由より検討した結果、橋脚の鉄筋配置間隔によりアンカー削孔が不可能だった点および既設耐震部材と支承台座が干渉する点を解決することができ、経済性においても優位な第3案を採用することとした。

支承台座構造の変更で鋼製台座案を採用したが、既設アンカーボルトを再利用するにあたり、既設アンカーボルトが所定の埋め込み長を確保できているか確認する必要があった。アンカーボルトは橋脚に埋め込まれており、目視では計測できないため、パルス状の超音波を用いる計測器にて、既設アンカーボルトの埋め込み長が確保できていることを確認した。

以上の確認作業を行い、安全と品質を確保した上で、無事、支承取替工を工期内に完了することができた。これは、現場の問題点およびリスクを事前に排除できた結果だと考える。

4. おわりに

本報告では、P2橋脚の支承台座構造の変更について紹介したが、本工事の対象であったP4橋脚においては前述の問題は発生しなかった。しかし、発注者と協議を重ね、全橋脚で支承台座構造を統一するため、コンクリート台座から鋼製台座に変更し、施工した。また、下弦材に設置されていた道路照明配管については、発注者と事前に協議を行い移設したことにより、配管を損傷させることなく、支承取替工を完了することができた。



図-6 P2橋脚支承取替完了

6 施工計画

支承取替工事における支承台座構造の変更及び補強材の設置方法に関する報告

日本橋梁建設土木施工管理技士会

株式会社 IHI インフラ建設

現場代理人

監理技術者

高山

寛

忌部

史郎

1. はじめに

本工事は、国道298号線葛飾大橋（上り線）のP1橋脚およびP3橋脚において、支承取替を施工したものである。

工事概要

- (1) 工事名：R4国道298号
葛飾大橋補修その2工事
- (2) 発注者：関東地方整備局 首都国道事務所
- (3) 工事場所：東京都葛飾区東葛飾地先
～千葉県松戸市小山地先
- (4) 工期：2023年4月1日～2024年3月29日

2. 現場における課題・問題点

本工事では、下記の2点について課題・問題点があった。

- ① 支承取替工における台座構造について
 - ② ジャッキアップ補強材の設置方法について
- ①について、次の2点（a. b.）に着目し報告する。
- a. 発注図ではコンクリート台座が計画されていたが、橋脚天端には既設落橋防止装置が設置済みであり、コンクリート台座と干渉することが判明した。（P1：干渉, P3：遊間0mm（接触））（図-1）。
- b. 既設橋脚の橋座部は、既設鉄筋および沓座補強筋のピッチが削孔径 $\phi 61\text{mm}$ 以下であり、発注図にあるアンカー削孔ができないことが判明した（図-2）。

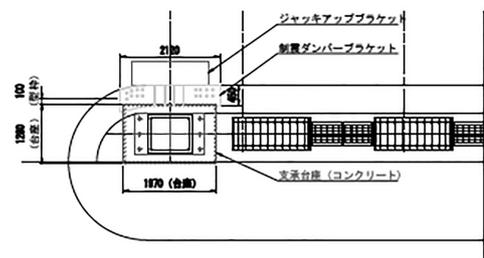


図-1 発注図のコンクリート台座

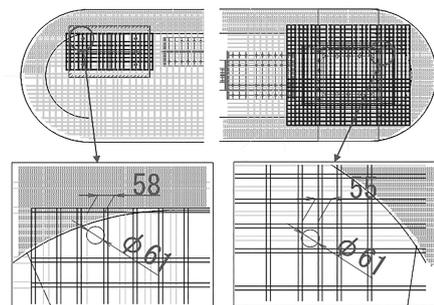


図-2 支承縁端距離確保のための削孔NG範囲

②について、取込を行うクレーンの設置箇所は片側1車線規制の範囲内かつトラス構造の橋梁であるため、クレーンの複数台配置は不可能であった。橋梁下は大規模河川（江戸川）であるため、橋梁下へのクレーンの配置も不可能であった。

また、本工事におけるP3ジャッキアップ補強材は、約 2500×3400 のL型形状と大きく、重量は横梁上段：2.516t、ファイラー：0.2tであった。締付ボルト本数はトルシアボルト：300本/基、ワンサイドボルト：260本/基であり、車線規制時間（21：00～翌05：00）一晩での全数締付が困難であった。そのため、ジャッキアップ補強材の設置検討が必要であった。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

①の対応策として、本工事では3案を検討した。案1は、コンクリート台座が干渉する箇所の落橋防止装置を小型化（再製作）する。この案では支承用アンカーボルトの他に落橋防止装置用アンカーボルトの削孔が必要となり、課題点bを解決できない。案2は、コンクリート台座高さを調整し、コンクリート台座を小型化する。高さを調整するためのフィラープレートが別途必要となる。また、発注図通りの新たなアンカー削孔が必要であり、課題点bを解決できない。案3は、コンクリート台座を鋼製台座に変更する。台座構造の変更により、アンカーボルトの縁端距離を短くすることができ、台座を小型化する。鋼製台座への変更により既設支承アンカーボルトを再利用できるため、新設アンカーボルトの径と本数を減らすことができる。

結果として、本工事では課題点a・bを同時に解決できる案3の鋼製台座を採用した。

aに対してはコンクリート台座から鋼製台座へ変更することで、アンカーボルトの縁端距離を短くすることができ、台座構造の小型化し台座と既設落橋防止装置の干渉を回避することができた。

また、bに対しては支承アンカー部の削孔において、鋼製台座への変更により既設支承アンカーボルトを再利用でき、新規に削孔するアンカーボルトの径と本数を低減することができた。なお、既設アンカーボルトの再利用に際しては、超音波測定により既設図面通りの長さを確認した。本工事の既設支承アンカーボルトは、一部屈曲したものを使用しており、その結果アンカーボルトの超音波測定結果が出ない箇所があった。当該箇所については、既設図面通りの長さを有していないと判定し、新規削孔するアンカーボルトの本数を増やすことで対応した。以上の結果、支承取替を行うことができた。

②の対応策として、既設トラス上弦材で補強材を仮吊りすることで対応した。

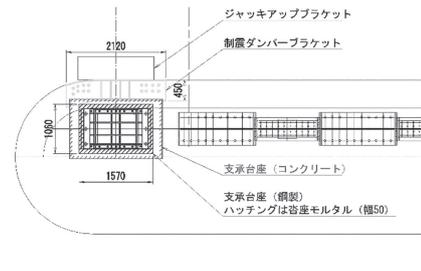


図-3 検討後の支承台座

13tクレーンによる補強材の取込作業後に、部材同士の接合のため既設トラス上弦材からワイヤーおよびチェーンブロックにて高さ調整を行うことで、狭い作業ヤード内での部材取込の問題を解消することができた。また、仮吊りすることで補強材自重に耐えるボルト本数締結までの期間の安全性を保つことができた。

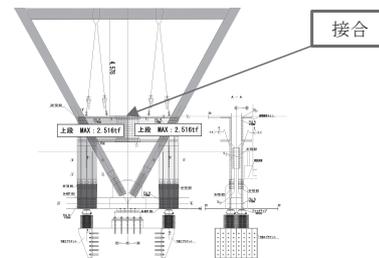


図-4 ジャッキアップ補強検討

4. おわりに

本工事は東京都葛飾区から千葉県松戸市松戸市の人口密集地であった。そこで、住民からの苦情対策として、施工前にお知らせビラを配布するとともに、近接となる施設や民家については、一軒毎に工事内容説明を行ったことで、苦情もなく無事故で工事を終えることができた。

今後の留意点としては、鋼部材などの部材撤去設置時に既設トラス材の隙間を縫って部材取込を行うため、クレーンや既設トラス部材等との干渉有無の事前確認に時間がかかったため、3DモデルなどのICTツールを有効活用することで、より分かりやすく早急な工事計画ができると考える。

また、鋼部材の設置時にフィラープレートなどの小部材を予め本部材に取付可能な構造としておくと、より安全で、かつ工程短縮を可能とするのではないかと考える。

7 施工計画

都市内高速道路特有の厳しい施工条件に 対する大規模塗替塗装の対策

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

工事本部東京工事第二部

設計本部東京設計第一部設計第一課

平野 良和[○]

蔭山 裕太

1. はじめに

本工事は首都高速道路高速7号小松川線および9号深川線における大規模修繕工事であり、鋼桁・橋脚他塗替塗装工、支承取替工、疲労耐久性向上工、高力ボルト取替工など様々な工種を実施するものである。

本稿では7号小松川線で実施した、近隣条件に制約が多い大規模な塗替え塗装（橋梁総延長約1km、総面積約8.5万㎡）の課題に対する対策方法を述べる。

工事概要

- (1) 工事名：(修) 上部工補強工事 2-204
- (2) 発注者：首都高速道路株式会社
- (3) 工事場所：東京都江東区毛利二丁目他
- (4) 工期：平成29年3月14日～
令和5年6月30日

2. 現場における問題点

対象橋梁は住宅密集地で、区立公園や運河などと交差しており、近隣条件による制約（粉塵、騒音対策等）が多いこと、既存塗膜に鉛の含有が確認されたこと、および既存塗膜の経年劣化が顕著なことから以下の問題が生じた。

2-1：既存塗膜に含有した鉛

既存塗膜に鉛が含有していることで、素地調整作業で生じた鉛粉塵の外部飛散を防止することが強く求められた。特に鉛粉塵発生区域（以下、鉛

区域）の出入り口は入退場や気圧の変化により飛散が生じやすく、大型の対策設備が必要であったものの、近隣条件による制約で橋梁直下へ設備の設置が出来ない問題があった。

2-2：既存塗膜の著しい劣化

詳細調査の結果、経年劣化により既存塗膜の付着力が失われており、品質確保のため既存塗膜を完全に除去する必要が生じ、発注時よりも素地調整（1種）を実施しなければならない範囲が大幅に増加することが判明した。これにより当初予定していた電動工具による作業では作業効率が悪く、工程延伸の危惧が生じた。

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1：鉛粉塵の飛散防止対策

鉛区域は密閉性を高めるため、難燃性のシートによる二重防護を行い密閉性の向上を図った。さらに、負圧集塵機により15分に1回空気を置き換えることで常時負圧状態を保ち、作業中の粉塵拡散を防いだ。使用した負圧集塵機は足場内に持ち込み可能な小型機種を採用し、狭あいなスペースの中で最も効果的な配置や台数を検討した。

また、鉛区域の出入り口となるセキュリティルーム（図-1）を橋梁足場内に設けることで、外部への飛散防止と用地確保の問題を解決した。

セキュリティルームは、ダーティルーム（前室）、クリーンルーム（洗身室）、着替えルーム（更衣室）の3つの部屋で構成され、全て二重扉

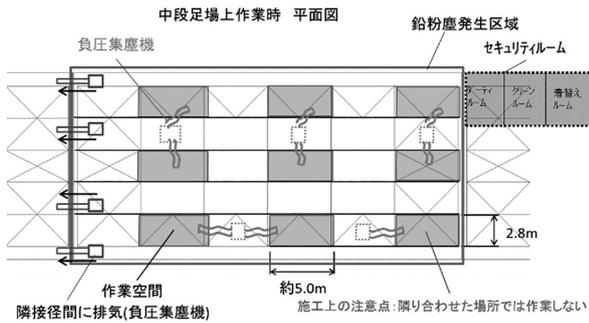


図-1 鉛区域の飛散防止対策

として密閉性を向上させている(図-2)。休憩や作業終了時の着替えを徹底し、エアシャワー等により体に付着した鉛粉塵を除去して外部への飛散を防止した。

しかし、セキュリティルームを施工径間内に設けると作業範囲が減少し、施工効率が下がるため、隣接径間に設置することにした。そのため、塗替え塗装以外の他工種の工程を調整し、設備を配置できるスペースを確保できる足場計画を立案し、足場上への設置を可能とした。

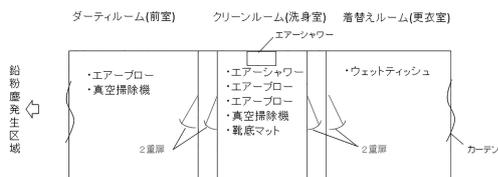


図-2 セキュリティルーム詳細

3-2: 作業効率低下の対策

本工事の施工条件では、電動工具での素地調整作業と比較し、3.5倍の施工能率を確保できる循環式エコクリーンブラスト工法(図-3)を採用することで作業効率の向上を図った。また、従来式工法と同程度の施工能率を確保しながら、後方設備の省力化と産業廃棄物の抑制を図るメリットもある。



図-3 循環式エコクリーンブラスト

本工法の採用にあたり後方設備が発する騒音の

問題が生じた。そこで、事前に防音壁の模型を作成し実検証を行うことで、より効果的な防音計画を検証した(図-4・5)。検証の結果、施工時のコンプレッサーの圧力を低圧に調整することで、騒音を75dbから64dBと15%程度低減することが出来た。

また、ブラスト施工箇所が住宅に近接する径間では、朝顔足場の板張り防護に加えて防音シートを追加設置し、施工班数を減らすことで足場内からの騒音を低減させた。

さらに、後方設備の発する熱を外部に排出する排熱口の形状や位置の改良、および低騒音の排熱設備を採用することにより、近隣住民への配慮と機材の故障による施工能率低下を防いだ。

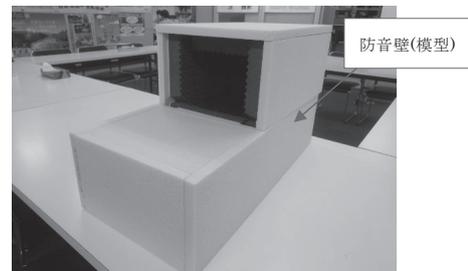


図-4 防音壁模型



図-5 ブラスト後方設備の防音壁

4. おわりに

本工事は住宅密集地特有の制約条件をうけ、設備等の配置に制限を受ける中、近隣住民への対策や公園利用者に配慮した施工が求められた。

鉛粉塵飛散の対策設備、および作業効率向上の対策を実施することで、周辺環境を保全しながら品質および工程を遵守することができた。

最後に、本工事の施工にあたり多大なるご指導を頂きました、首都高速道路株式会社および協力会社の皆様方に厚く御礼申し上げます。

8 施工計画

ベント設備を削減した 架設方法の工夫による工期短縮

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

現場代理人

西川 岳志[○]

津田 悟

1. はじめに

本工事は、名古屋市と豊川市を結ぶ国道23号名豊道路建設工事の一環として、蒲郡バイパスの未開通区間である蒲郡ICと豊川為当ICの間において鋼橋上部工の新設工事を行うものである。

本稿では、蒲郡バイパスの開通に向けて行った工期短縮施策の一つである施工計画について報告する。

工事概要

- (1) 工事名：令和4年度 23号蒲郡BP
金野第5橋鋼上部工事
- (2) 発注者：国土交通省 中部地方整備局
- (3) 工事場所：愛知県豊川市御津町
- (4) 工期：令和4年5月25日～
令和6年6月28日
- (5) 橋梁形式：鋼7径間連続少数主桁橋
- (6) 橋長：283.0m
- (7) 主な工事内容：工場製作、鋼橋架設、
現場塗装、合成床版、壁高欄

2. 現場における課題・問題点

50年以上の年月をかけて工事が行われてきた名豊道路の全線開通が目前に迫っているなかで、本工事がクリティカルとなった。開通予定日を遵守するうえで工期厳守はもちろんのこと、他工事への引き渡しを早期に行う必要があった。

そこで、当初の鋼桁架設計画では7径間全ての径間にベント設備を設置して架設を行う計画であったが、ベント設備数を7基から1基に削減し、ベント設備の組立解体日数を削減することで工期の短縮を図った（図-1）。

しかし、この変更計画では地組ブロックが長尺化するため、安全管理および出来形管理に配慮する必要があった。安全管理の配慮事項は、限られたヤード内での地組スペース確保と、地組場所から架設位置までの地組桁の軌跡検討および、クレーンの大型化にともなうクレーンの安定性確保である。出来形管理の配慮事項は、架設した後の出来形調整を各支間のベント上でできなくなるた

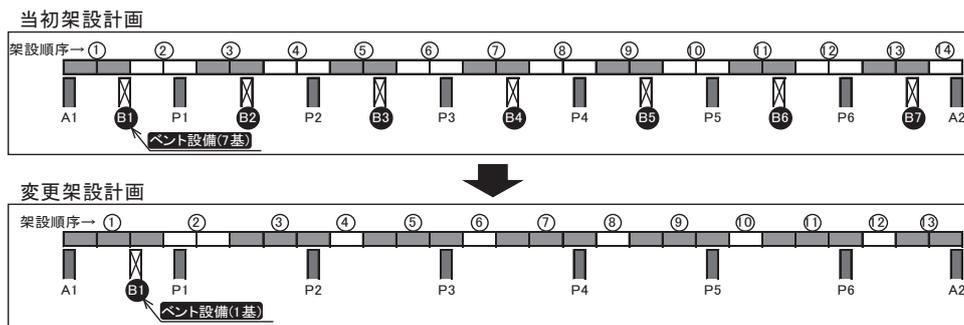


図-1 架設計画概略側面図

め、地組時に出来形精度を確保することである。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

安全管理の工夫として、架設計画時に従来の2D架設計画図作成に加え、3Dによる架設計画シミュレーションを行った(図-2)。まず2D架設計画で、架設する桁の重量および作業半径から架設用クレーンの能力をチェックし、次に3D画面上で地組位置から架設位置までの地組桁の軌跡を全ての架設ステップについてチェックした。地組桁が長尺になることから既設構造物や既に架設した桁への干渉、ならびにクレーンブームとの干渉をチェックし、どのような軌跡をたどれば安全にまた効率よく架設できるかをあらゆる角度から検証した。これにより、架設する桁を介錯ロープで誘導する作業員の配置計画や最も注意して監視しなければならない箇所が視覚的にわかりやすく認識でき、安全に長尺な桁を架設することができた。



図-2 3D架設計画シミュレーション

クレーンの大型化にともなう安定性の確保については、クレーン設置位置の地耐力をクレーン設置前に確認したうえで、クレーン本体に無線式傾斜監視システム「チルフォメーション」(図-3)を設置し、架設期間中のクレーン傾斜を常時計測して、管理値を超過した場合は管理者およびクレーン運転手にアラートを自動配信するシステムを構築した。



図-3 チルフォメーション

出来形管理の工夫としては、地組時の出来形精度に管理値を設けて地組出来形精度を調整したうえで、高力ボルトの本締めを架設前に行った。当初計画では地組時は仮ボルトで地組桁を連結し、架設完了後、ベント受点にて架設出来形精度の調整を行う予定であったため、地組時の出来形精度管理値は設けていなかった。そこで、工場製作工における仮組立精度の「出来形管理基準及び規格値(案)」を採用して地組桁の通りとそりを管理した(図-4)。



図-4 地組桁の出来形精度管理状況

地組出来形精度が管理値内に収まるようジャッキ等を用いて調整した後、連結部の高力ボルトを本締めした。このように地組時の出来形精度を管理したことにより、架設完了後の出来形精度が規格値の10%以内に収まり、目標としていた規格値50%以内を余裕をもって達成した。

以上より、安全管理および出来形管理に配慮したうえで、ベント設備を7基から1基へ大幅に削減することができ、約30日間の工期を短縮することができた。

4. おわりに

ベント設備を削減することにリスクはあったが、そのリスクに対して適切に対応することで、無事故無災害で工事を終えることができた。工期短縮の施策には様々な方法があるが、そのうちのひとつとして参考になれば幸いである。

最後に、本工事の施工にあたり多くのご指導をいただいた名四国道事務所豊川建設監督官詰所の方々をはじめ、施工時にご理解とご協力をいただいた隣接業者の皆さまに厚く御礼申し上げます。

9 施工計画

狭隘ヤードにおける 多軸式特殊台車による鋼桁一括架設

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

監理技術者 工事担当

徳原 英範[○] 甲斐 智弘

1. はじめに

本工事は淀川左岸線（2期）の最西端に位置する海老江ジャンクションにおいて、現在供用中のAランプ橋、Dランプ橋に加えて、今回新たに本線橋、Bランプ橋、Cランプ橋、出路橋を建設する工事である。

本稿ではBランプ橋で採用された狭隘ヤードにおける多軸式特殊台車（以下、台車と称す）による鋼桁一括架設について報告する。

工事概要

- (1) 工事名：海老江工区鋼桁及び鋼製橋脚工事
- (2) 発注者：阪神高速道路株式会社
- (3) 工事場所：大阪市此花区高見1丁目
～大阪市福島区大開4丁目付近
- (4) 工期：2020年3月27日～
2025年8月27日

2. 現場における問題点

当該架設では、大阪市道淀川南岸線に近接する狭隘なヤードで地組した全長45m、重量250tの鋼桁を、前後に配置した台車に搭載し（図-1）、架設地点まで市道上を走行し一括架設するため、以下の問題を解決する必要がある。

2-1 狭隘ヤードでの桁地組の成立性

限られたヤード内で地組するためには、①～⑤の条件をすべて満たす必要がある。

- ① 最低5基必要となる地組用ベントの配置

- ② 大型クレーン（360t吊）の配置
- ③ トレーラーの進入と荷卸しスペースの確保
- ④ 鋼桁搭載時の安定性から長尺の8軸編成となった台車の長期間拘束によるコスト増
- ⑤ 台車と近接するベントの物理的干渉の回避



図-1 桁地組完了架設前

2-2 限られた走行範囲における干渉物回避

台車に搭載した架設桁は、平面線形（ $R=70m$ ）から断面の投影幅が11.2mにもなるが、ボトルネックを有す市道の平面線形に加え、走行路両脇に存在する壁高欄、照明柱、橋脚により、極めて狭隘な空間を走行させる必要がある。

2-3 走行路面の縦横断勾配への対応

走行路面の縦横断勾配は前後それぞれの台車で、最大3.7%、5.3%あったが、これにより前後の台車の高低差は最大850mmとなった。この高低差に対し台車のサスペンションストロークによる調整量は $\pm 350mm$ しかないため、前後台車の相対高さを一定に保持した状態での走行が困難であった。

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 狭隘ヤードでの地組計画

市道と歩道に挟まれた三角形のヤード内で鋼桁の地組を行うために地組順序、ベント位置、地組クレーンの選定等、条件を変えながら検討を行った(図-2)。

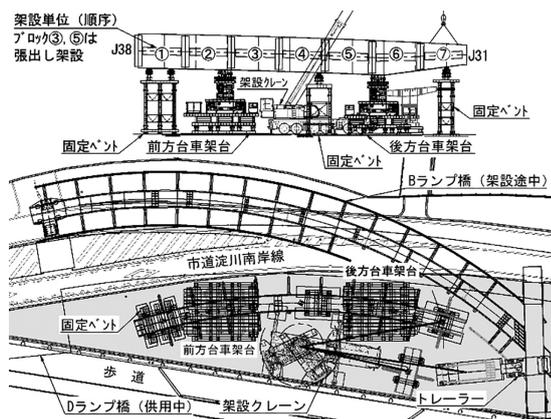


図-2 桁地組計画

地組桁を受けるベントは、「地組用固定ベント」と「地組用ベントを兼ねる台車架台」に分け、台車架台は鋼桁地組後、同架台の下に台車が潜れるように架設桁を用いて空間を確保した。

地組完了後、周囲の固定ベントを撤去し、台車架台の下に台車を潜らせ、台車のサスペンションストロークを用いて地組桁を搭載した(図-3)。

これらにより、狭隘ヤードでの桁地組立を成立させた。さらに、台車の拘束期間も最小限に抑えることでコストも抑えることができた。

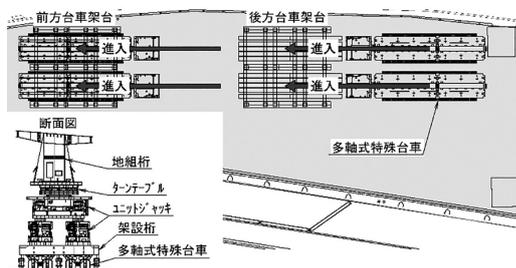


図-3 台車架台設備と台車進入要領

3-2 干渉回避のための台車走行方法

地組ヤードから市道への走行は、桁の平面線形と同じR=70mで曲線走行させることで走行幅を最小限とした。また、構造物との最小クリアランスを事前に計測しCAD上で確認するとともに実

施時には監視者を配置した(図-4・5)。これらにより、極めて狭隘な空間を干渉することなく走行できた。

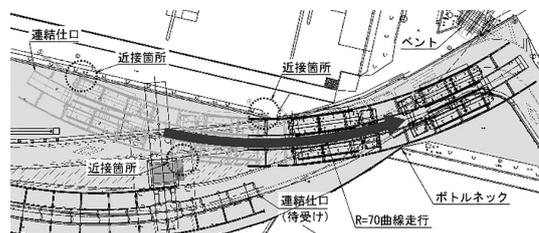


図-4 R=70曲線走行図

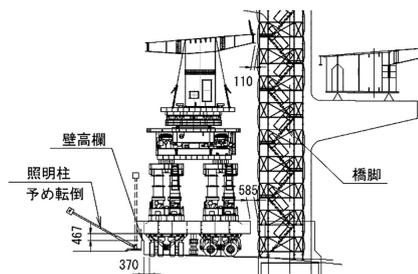


図-5 既設構造物とのクリアランス

3-3 縦横断勾配に対応する機材の選定

市道の縦横断勾配に起因して前後台車の相対高さを一定に維持できない問題については、台車の地組桁受点に、縦揺れに追従するピッチング機能付きターンテーブルを配置することで、前後台車の相対高さが変化しても桁受点に局所的な応力が作用することのない構造とした(図-6)。

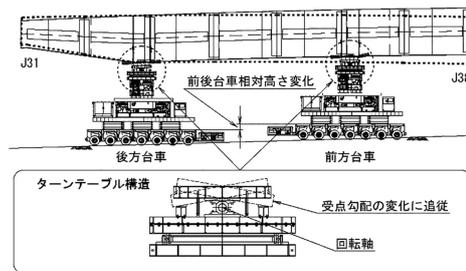


図-6 ピッチング機能付きターンテーブル

4. おわりに

上述した工夫により、様々な課題を解決し安全に架設を終えた。また、本工事で採用した地組用ベントを兼用した台車架台(桁地組完了後に台車を潜り込ませる工夫)は物理的な問題の解決に加え、台車の供用日数(コスト)の低減にも繋がるため、今後同種工事への活用が期待できる。最後に、関わった全ての関係者に感謝の意を表します。

10 施工計画

RC 床版コンクリート付き鋼橋上部工の 急速施工と寒中養生管理

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 現場主任

橋本真一郎[○] 濱田稀吏都

1. はじめに

西脇北バイパスは東播丹波連絡道路の一部を形成し、国道175号の東播磨内陸部と丹波地域間及び西脇市などから中国縦貫自動車道滝野社ICへのアクセス向上、西脇市内の国道175号の交通混雑の緩和、交通安全の確保などを目的とした道路である。本稿では、施工計画において配慮した事項ならびに現場施工を通じて得られた知見について報告する。

工事概要

- (1) 工事名：西脇北バイパス下戸田高架橋
(P26-A2) 鋼橋上部工事
- (2) 発注者：国土交通省 近畿地方整備局
- (3) 工事場所：兵庫県西脇市津万地先
- (4) 工期：令和3年11月23日
令和6年3月29日

2. 現場における課題

工事は床版コンクリートの打設時期が冬季施工であることと、桁架設から床版コンクリート施工を6ヶ月間で完了させる必要があった。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

工程短縮について

本工事の床版形式はRC床版であったことから、施工時間が合成床版よりも多く所要し、工期内に型枠解体が間に合うかが課題となった。また、鋼

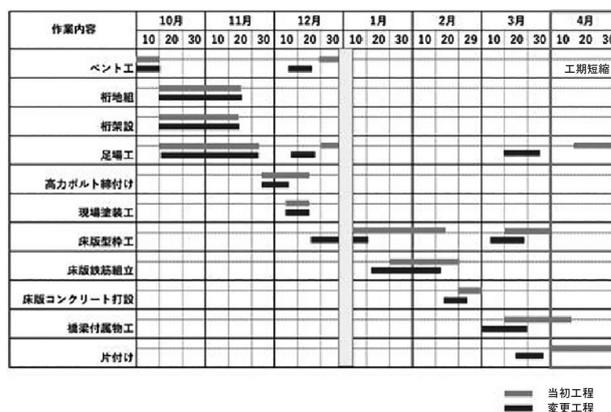


図-1 実施工程表

桁架設においても施工規模から、あまり短縮を望めなかったが、1工種から少しずつ施工日数の短縮を計画した。結果、鋼桁架設が2か月半、床版コンクリート打設までが2か月半、残り1か月で橋梁付属物工と型枠解体を施工するように計画をした。桁架設工の工期短縮の工夫は、架設用クレーンを発注時の160tクレーンから450tクレーンに規格を大きく変更し、場内移動回数を2回減らすことで4日短縮した。高力ボルト締付けは天候に左右されるため、雨養生が可能な桁地組立て時に完了させ、ボルト施工本数の約半分を地組立て時に終わらせ7日短縮した。床版工は資機材の荷揚げ・移動・荷下ろしを全て、人力作業から25t吊りクレーン作業に変更することで、施工能力を向上させた。クレーン作業が重複する時は旋回範囲を確認し、必要台数を調達し、床版型わく工で14日短縮した。結果、実施工程どおり1ヶ月短縮することができた(図-1・2)。



図-2 施工状況写真

寒中コンクリート養生について

当初の計画では床版コンクリートの寒中養生として、吊り足場内から床版上面までをブルーシートで覆い、床版面には1打設箇所当たりに4台のジェットヒーターを設置する給熱養生を計画していたが、現場がある西脇市は冬季に強風が続く地域で、目の行き届かない夜間時にシートの飛散やバタつき、ダクトの折れ曲がりによりジェットヒーターの給熱効果が低下し、コンクリートの品質低下の原因となることに加え、隣接する国道175号へシート等が飛散する恐れあったことから、寒中養生について計画を再検討した。

再検討の結果、寒中養生方法は足場内のシートの覆いは同じで、床版上面に保湿性の高いアクアマット (CG-160015-VE) を敷設し、2層目にコンクリートの初期発熱温度を利用して保温状態で養生ができる保温エコシート (KT-230298-A) (図-3) を採用、3層目に安全ネットを敷設して飛散対策を行った。また、急激な冷え込みのある夜間のみ補助でジェットヒーターを1台設置し使用した (図-5)。さらに養生中の温湿度管理には、おんどロイド (遠隔温湿度管理)

(KT-230101-A) を床版面の一番悪い条件の所で温湿度を監視した。打設日から7日間は5℃以上、更に2日間は0℃以上で管理した。養生期間中は温湿度に際して、コンクリート表面の水分不足や保温状態が確保できない場合は、警告メールが携帯に届く仕組みになっていたがメールが届くことなく管理するできた。

また、養生シート (アクアマット) の飛散対策も2層目の保温エコシートは、かなりの重量があることから強風による飛散もなく施工できた。

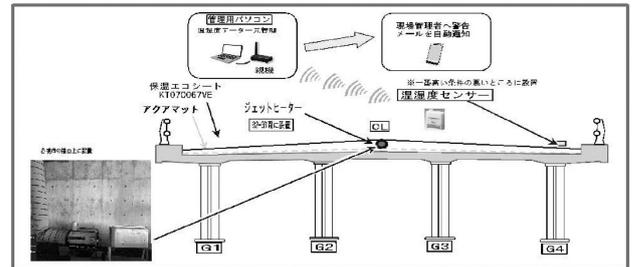


図-3 寒中養生計画図



図-5 保温養生状況

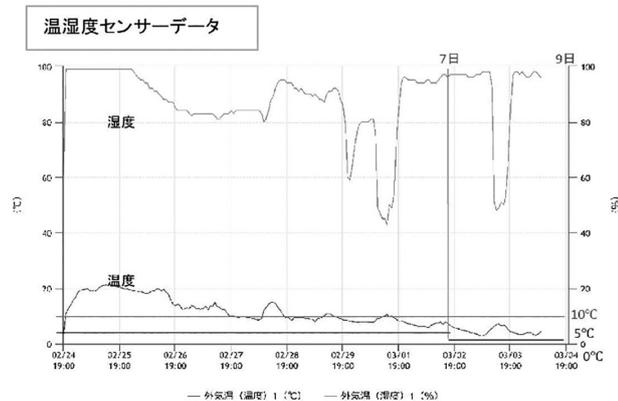


図-4 温湿度データ

4. おわりに

本工事はいろいろ制約のある工事で隣接工事での調整が大変難航した工事でしたが、無事故で工事を終えることができました。

本工事の施工にあたり、発注者と関係者のみなさまに深く感謝いたします。

盤反力の分散を図った。また先行ブロックの架設には、幅の狭い側道にクレーンを設置する必要があったが、主桁の荷取りはラフタークレーン正面で行えるため、使用するラフタークレーンはアウトリガを異張出で据付しても吊作業ができることを確認した。

CP8側に設置するベントは、転倒した場合国道に部材が飛び散り第三者に多大な影響があるため、ベントと橋台をワイヤで連結し転倒防止措置を行った(図-3)。

道路上の落込み架設がスムーズに行えるように、先行ブロックはCP8側に20mmセットバックして架設を行い、落込み遊間を確保した。主桁の落込み架設は1主桁ずつ行うため、下横構や対傾構での拘束を緩和するために添接部のボルトは完全に締付ないで落込み架設を行った。

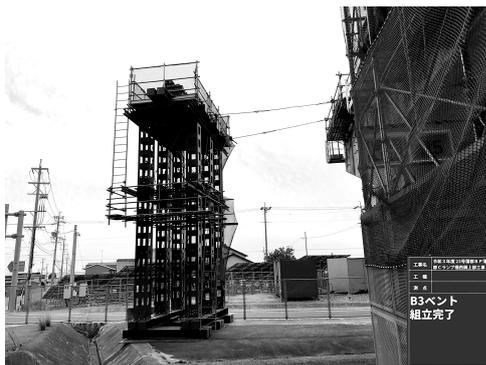


図-3 ベント設備

(2) 規制日数の低減

国道の通行止め日数を削減するためには、主桁架設に要する時間はクレーンが1台であるため短縮するには限界がある。一方足場組立設置に関しては主桁架設後に行う施工量をなるべく減らすことができれば工程短縮に繋がるので足場組立設置で工夫することに着目した。

まず桁地組立時に本体足場と板張防護工をできるだけ事前設置を行った。具体的には、主桁1本に対して隣接する主桁までの足場を地組ヤードで組立てておくことで組立作業を削減した。隣接桁との主体足場の接続部は、ころばしパイプになる。あらかじめ100mm程度ラップするように組んでおいて、次の主桁を架設すると、接続部のころ

ばしパイプのみをクランプで緊結すれば足場の骨組みが完成するように計画した。主体足場は主桁から振れ止めを設置することで、1主桁であっても主体足場が不安定にならないように工夫をして隣接桁との接続を容易にした。主桁架設後は、道路上に据え付けた高所作業車にて吊足場の隙間を埋める作業のみとし、吊足場設置時間を大幅に短縮した(図-4)。

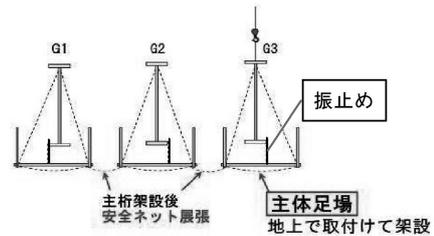


図-4 足場図

主体足場の設置には、架設後にころばしパイプが隣接桁とうまく取り合えるように配置を罫書いて設置を行った。そのため夜間架設では雨模様の天気であったが、混乱することなく足場の設置を行うことができた。

4. おわりに

本工事は、夜間架設日を他工区とも調整を行い3カ月前に決定した。そのため工程管理を徹底して、夜間架設日に間に合うようにして安全に架設を行えることができた。特にあらかじめ足場を組立しておいて架設後に隙間だけを施工するようにしておいたことは、夜間通行止めの日数低減に役立つもので、今後も同種工事にて、技術面・安全面で貢献できるよう技術力の構築を図るものである(図-5)。



図-5 完成写真

12 施工計画

橋梁補修工事における取組

無所属

東日本コンクリート株式会社

現場代理人

佐藤 耕平

1. はじめに

本工事は、宮城県南部に位置する角田市、丸森町にある5橋の橋梁補修工事であった。施工内容は、支承防錆、主桁塗装、舗装工、防護柵工、断面修復工など多種多様にわたっていた。いずれの橋梁も完成から40年以上が経過しており、実情を調査しながら補修計画を立案しなければならないものであった。

工事概要

- (1) 工事名：令和4年度花島橋外橋梁補修工事
- (2) 発注者：宮城県大河原土木事務所
- (3) 工事場所：宮城県角田市花島三森地内外
- (4) 工期：令和4年12月21日～
令和5年9月29日

花島橋、大谷橋、西向橋、大川口橋、千軒橋



図-1 花島橋施工前状況

2. 現場における課題・問題点

1) 大谷橋

この現場は、支承防錆、主桁塗装がメインであったが、施工するために足場組立解体が必要であった。足場組立時は橋面を片側交互通行にして資材を桁下におろさなければならなかった。隣接する橋長200m程の角田橋でも片側交互通行にて大規模な橋面補修工事を施工中であり通行車両の待ち時間が増加しており、渋滞が発生していたため大谷橋でも渋滞発生が予想され対策が必要であった。

2) また、宮城県では近年橋名板の盗難が多発し、テレビなどでも報道されており盗難防止措置の実施が求められた。

3) 主桁塗装を行う際、ブラストにて塗膜剥離を行ったが、桁下が河川であるため塗膜片が河川に落下しないよう十分な対策が求められた。

4) 千軒橋

この橋梁は断面修復がメインであった。施工には桁下に作業足場を組み立てることが必要であった。しかし、水位が下がらずヘドロもかなりの量が体積していることが事前調査により判明したため対策が必要であった。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

1) 大谷橋は橋長が50mと比較的短いため片側交互通行による待ち時間を片側3分と設定した結果、過度な渋滞の発生を防止することができた。また

規制時には、作業内容を表示した規制看板を数か所設置し通行車両の運転者に理解を求めた。

2) 橋名板の盗難防止対策として、特殊な工具でしか締めることのできない盗難防止用のボルト、ナットを使用し対策を行った。

3) 塗膜剥離を行う前に足場全面に防災シートを張り巡らしたが、使用したシートは新品であったため傷や穴はないものの、どうしても継ぎ目から塗膜片が落下するのが気がかりであった。通常は10cm程度の重ね合わせで施工していたが、今回は倍以上の25cmとすることとした。結果的に塗膜片の落下はなく環境に与える被害は皆無であった。



図-2 足場養生状況

4) 千軒橋の施工には、足場を組み立てることが困難であったためピアフロートを浮かべて作業床を形成し安定した姿勢で作業を進めることができた。



図-3 ピアフロートによる作業状況

4. おわりに

今回の現場は、宮城県発注の県南地区にある5橋の補修工事であったが、現場が2市町にまたがりかつ距離が最大30kmも離れており移動時間に大分時間が割かれた感じがしている。どの橋梁も昭和50年代に完成しており、それぞれ補修が必要な個所が異なっており、事前調査には時間を費やし慎重に進め、発注者との協議を重ねて完成に至った。当社はPC上部工専門家であるが上部工施工で培ったノウハウを活かして近年は橋梁や下部工の補修・補強工事も手掛けている。

今回のように5橋まとめた補修工事の受注は当社には事例がなく、初めての工事であった。支承防錆、交換、主桁塗装工事、橋面工事（地覆打ち換え、高欄設置）主桁断面修復など多種多様な工事が経験できたのである。会社の実績作りとともに作業手順やノウハウの蓄積という部分でも大きな成果があったと感じている。現在当社には若手社員が多数在籍している。若手社員の中には橋梁工事しか経験したことのない人たちが数多い状況である。今後は、この貴重な経験、資料を会社に持ち帰り全社的に共有して社内の技術力アップに一役買っていきたいと考えている。またほかの補修工事受注時には積極的に今回の施工経験を基に助言できればと思っている。



図-4 花島橋

13 施工計画

奥尻港防波堤（北外）提頭部工事に 関する施工報告

（一社）北海道土木施工管理技士会

株式会社富士サルベージ

杉崎 恵一〇 小野 裕哉

1. はじめに

本工事は、奥尻港防波堤（北外）の提頭部工事で青苗漁港-2.0m物揚場の改修工事を合わせたものであった。

工事概要

- (1) 工事名：奥尻港外1港北外防波堤その他建設工事
- (2) 発注者：北海道開発局函館開発建設部
- (3) 工事場所：北海道奥尻町奥尻港、青苗漁港
- (4) 工期：令和5年8月4日～
令和6年3月25日

以下、本文では奥尻港防波堤（北外）での施工上の問題及び改善点と適用結果を述べる。

2. 現場における問題点

① 直立消波ブロック55t型の開口部について

図-1に示すように、既設の終点部は直立消波ブロック55t型であり開口部があるため、三方枠による水中コンクリート打設は困難であった。そこで、直立消波ブロック55t型の開口部に型枠の代わりとなるものを取り付けるなど、対策する必要があった。

直立消波ブロック55t型は3段積であり、事前調査の結果、直立消波ブロック55t型の2段目と3段目の間で段違いが起きており、型枠とするものは既設提頭部に合わせられる工夫が必要であった。

② 水中コンクリート型枠の据付について

水中コンクリートは打設完了時の天端が水中のため、潜水士が型枠天端で均し作業を行う必要があった。そのため、型枠を水平に据付しなければいけなかった。捨石マウンドは潜水士によって±5cmに均されているが、型枠を設置するときには少なからず高低差が生じると考えられた。そこで、型枠の水平を調整しながら精度よく設置できる仕組みが必要であると考えた。

③ 打設中の安全施工について

本工事の施工場所は、陸の作業ヤードと近く起重機船のクレーンによる生コンクリートの卸受けが可能であった。そのため、トラックアジテータからポンプ車まで2mホッパーを用いて生コンクリートを移動させる計画であった。しかし、コンクリートポンプ車の注入口は大きいわけではなく、クレーンに吊られている不安定な状況のホッパーとでは、排出口と注入口を合わせる時間や荷下ろし中の安全性が低いため、安全性を確保できる仕組みが必要だと考えた。

3. 工夫・改善点と適用結果

① 直立消波ブロック55t型の開口部について

水中コンクリート打設時における直立消波ブロック55t型の開口部からの打ち漏れ防止を目的に、鉄板をコンクリートの側圧に耐えられるように加工し、吊りピースを取り付け起重機船で既設提頭部に設置した。加工した鉄板は段違い発生箇

所に張り付けられるように二枚に切断し、鉄板の設置は段違いが起きている箇所から上部と下部の二回に分けて行った。図-2の直立消波ブロック55t型は底版コンクリートの上に三段で構成されており、下から二段目の上面のところで切断している。結果、直立消波ブロック55t型の開口部は塞がれ提頭部の打設時にコンクリートが流れ出すことはなかった。

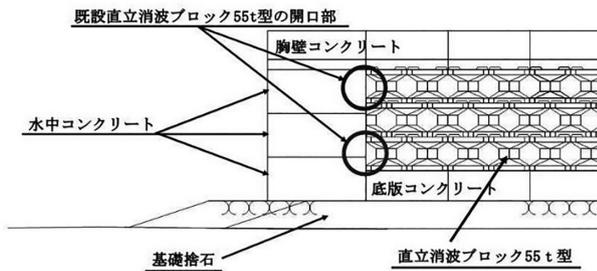


図-1 直立消波ブロック55t型の開口部

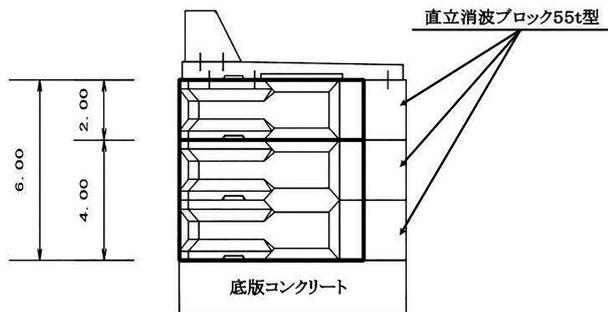


図-2 張り付けた鉄板の全体図

② 水中コンクリート型枠の据付について

捨石マウンド直上に据付する際に、型枠を水平に据付けることを目的に、型枠下部の四隅に油圧ジャッキを取り付け、据付時に型枠の上下調整を綿密に行うことができた。その結果、型枠の水平を確保することができ、水中コンクリートを打設した後、潜水士が型枠に対して水平に均し作業を行うことができ、精度の良い施工ができた。

③ 打設中の安全施行について

起重機船上での生コンクリート卸受けの際に、安全性の低さと効率の悪さを改善するため、自立型コンクリート貯蔵タンク（以降、グラウンドホッパーとする。）を利用した。グラウンドホッパーは

最大5 m³まで溜めておくことができ、受ける部分は約（3 m×3 m）と2 m³ホッパーの排出口に比べて大きいため安定性が得られ安全性が確保できた。また、グラウンドホッパーからポンプ車への投入は油圧開閉により、生コンが安定供給され、効率的打設ができた（図-3・4）。

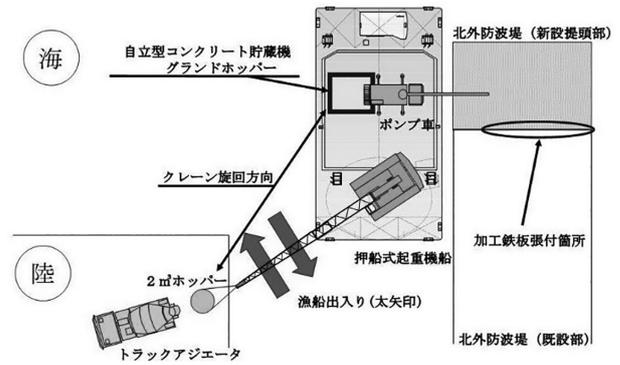


図-3 打設状況全体図



図-4 グラウンドホッパーを用いた打設状況

4. おわりに

今回の課題解決を通して、現場での実際の見聞の大切さを感じた。また、フェリーでの資材運搬になるため、海象を確認しながら早めの調達を心がけた。

最後に、本工事の施工にあたり、ご協力いただいた漁協組合の方々ならびに工事関係者に深く感謝の意を表します。

14 施工計画

北部第5排水区ほか 1排水区下水暗渠改築工事施工報告

(一社) 北海道土木施工管理技士会

株式会社富士サルベージ

山本 健一〇 足立 憲彦

1. はじめに

本工事は下水道管耐年数50年を越えた管およびマンホールを、管更生または入れ替える工事である。

工事概要

- (1) 工事名：北部第5排水区ほか
1排水区下水暗渠改築工事
- (2) 発注者：函館市企業局 上下水道部
- (3) 工事場所：北海道函館市万代町22番先、浅野町1番先、大川町5番先、6番先、追分町4番先及び7番先から9番先まで
- (4) 工期：令和5年9月28日
令和6年2月21日
- (5) 工事概要：管きょ更生工 既設管径 $\phi 1350$ (複合管； $L=111.50\text{m}$)、既設管径 $\phi 350$ (自立管； $L=169.07\text{m}$ ：管きょ工 管径 $\phi 300$ $L=39.66\text{m}$ ：



図-1 工事位置図①

管きょ更生工) 既設管径 $\phi 300$
(自立管； $L=28.76\text{m}$)：マンホール工 1式 付帯工 1式ほか



図-2 工事位置図②

2. 現場における問題点

工事位置図②の区間は函館港の埠頭間を結ぶ臨港道路であり、港湾貨物および観光客を輸送する大型車両が頻繁に通行するので、交通規制をかけると大渋滞が起これると予想されました。

更にこの区間は、管きょ工と管きょ更生工とが併用しており、管きょ工が完了していないと管きょ更生工が施工出来ないため、工期が2月下旬までであったが、道路路盤が凍結する恐れがある前に舗装復旧を終わらせる事が必要でありました。

また、舗装厚が26cmもあり5層施工であるため、道路舗装施工の一時車道解放作業にも舗装の段差が課題となりました。

3. 工夫・改善点と適用結果

① 開削施工ではじめに、マンホール・管材納入日に合わせて開削での出入りに影響のある工場に、大型車両出入りのスケジュールを確認・打ち合わせを行い、幸い工場と取引があったため打ち合わせもすんなり行えました。開削施工では土留材等4tダンプトラックに2台分と資材も多かったため、工場の出入りに支障のないところに担当者に許可を取ってから置かせてもらい、また施工で使用する資機材配置等が出入口に邪魔にならないように作業員への指示および確認を行うことで、工場への資材積込車両および営業車の出入りに支障が無いように行う事ができました。

② 舗装の段差対策として、作業能率は下がりますが、施工エリアを3区間に分けました。アスファルト安定処理材・基層材と材料は違いますがアスファルトプラント工場長に対応してもらい、1日に上層路盤・基層・中間層4層分施工し、表層4cm部分を残し擦付けを行い対応しました。

表層完了後、既設舗装に多少の轍があり、新設舗装との擦付け間でトレーラの走行速度が速いとバウンドが起き、振動が大きいことが分かりました。近隣住民からの苦情が出る恐れから役所と協議を行った結果、擦り付け延長を伸ばし、対応を行った結果、苦情が出ることはありませんでした。

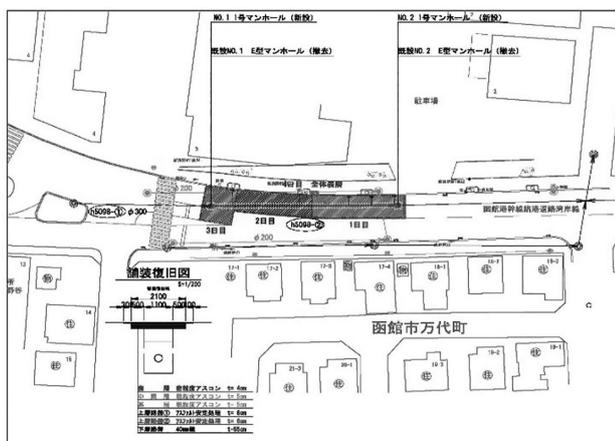


図-3 施工区画詳細

③ 管きょ更生工の作業はマンホール内での作業の為、開削作業で片側交互通行により規制で行って渋滞の規模が大きかったのを見て、作業時期が師走と重なった為、更に大渋滞が予想されました。

近くには工場があり、打ち合わせでは頻繁に車両の出入りがあるのを聞いていたので、渋滞を回避すべくマンホール近辺に作業車を配置し、作業帯を1車線分規制し幅員減少とすることで、大渋滞を回避することができました。

渋滞時間も作業帯設置・撤去だけだったので短時間で済み苦情もなく、完了する事ができました。



図-4 施工完了状況

4. おわりに

交通量が多い道路での公共工事において、地域住民及び商店等とのコミュニケーションは何よりも必要不可欠であります。今回の工事では夜間作業も検討したのですが、夜間作業だと振動・騒音が下水道工事では頻繁に出るので、極力騒音振動を抑えたとしても夜間では閑静な場所だったので苦情が頻繁に出ると思い夜間作業を避けました。

作業効率を優先して地域住民からの苦情が入ればすぐに工事ストップがかかります。

地域住民の生活に極力支障をきたさないように今後も建設業のイメージアップ及び地域貢献に努めたいと思います。

15 施工計画

塗替え塗装の塗膜剥離における 特殊部の IH（電磁誘導加熱）式塗膜剥離施工

日本橋梁建設土木施工管理技士会
日本橋梁株式会社
絹見 哲也

1. はじめに

若戸大橋は1962年の開通以来、60年以上経過して老朽化が進んでおり、長寿命化修繕計画として塗替え塗装が計画されている。本工事は本格的な塗替え塗装工事の施工に先立ち、経済的な施工方法を確立することを目的とした試験施工である。

塗替え塗装の施工にあたり既設塗膜に有害物質である鉛が含有されていることから、素地調整前に既設塗膜の除去が必要であった。また、これまでに実施された6回の塗替え塗装での重ね塗りにより、既設塗膜は1000 μ m程度の厚膜となっており、塗膜剥離剤では複数回の施工が必要であった。そのため、誘導加熱により塗装された鋼材表面を加熱して塗膜の結合を破壊することにより、厚膜でもスクレーパ等によって1回で剥離可能なIH式塗膜剥離工法で試験施工を実施した。

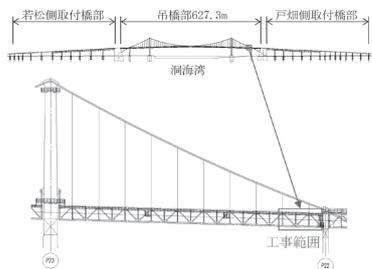


図-1 工事範囲

工事概要

- (1) 工事名：若戸大橋（吊橋部）橋梁補修工事
- (2) 発注者：北九州市建設局
(受注者：松田建設工業株式会社)

- (3) 工事場所：福岡県北九州市戸畑区川代
- (4) 工期：令和5年5月25日～
令和6年1月26日

2. 現場における課題・問題点

従来のIH式塗膜剥離工法は、一般部の平面のみの塗膜剥離を実施し、現場継手等の特殊部および部材の密集する狭隘部は、塗膜剥離剤工法を併用して施工を行ってきた。本工事においては平面的な一般部に加え、リベット接合の特殊部についてもIH式塗膜剥離工法を適用することを試みた。しかしながら、特殊部は凹凸があり形状が複雑なことから、平面用加熱ヘッドによる加熱作業が難しく、一般部と比較して作業効率低下が懸念され、特に時間的な施工速度が課題であった。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

本工事では、特殊部の塗膜剥離を実施するために、一般部の施工で使用している平面用加熱ヘッド（図-2）とは形状の異なるリベット用の加熱ヘッド（図-3）を新たに製作して、凸形状のリベット頭を有する特殊部の施工を実施した。

また、IH式塗膜剥離工法で可能な限り塗膜剥離を行うために、平面用加熱ヘッドでは部材と干渉して施工することができない箇所についても、部材の形状に合わせた狭隘部用加熱ヘッド（図-4）とコーナー部用加熱ヘッド（図-5）を製作して塗膜の剥離を実施した。

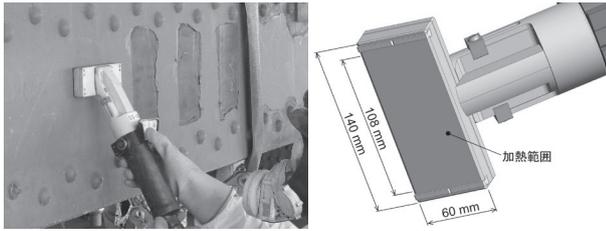


図-2 平面用加熱ヘッド

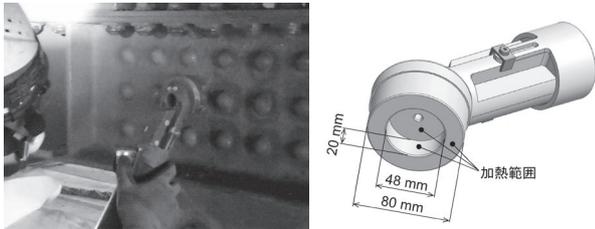


図-3 リベット用加熱ヘッド

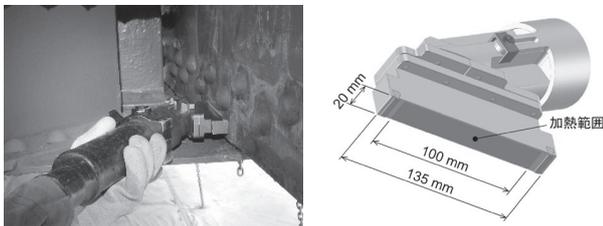


図-4 狭隘部用加熱ヘッド

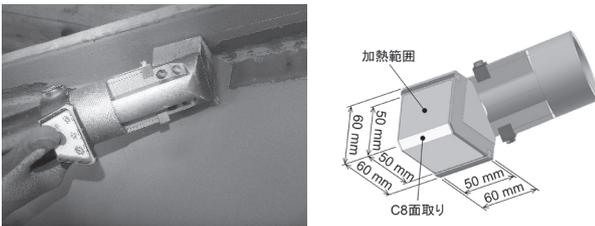


図-5 コーナー部用加熱ヘッド

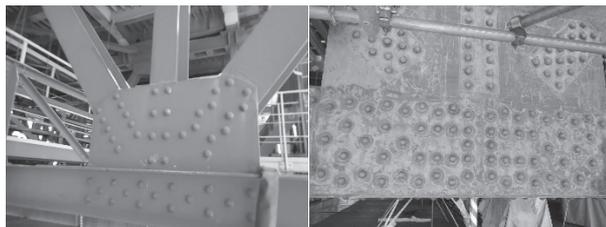


図-6 IH塗膜剥離の施工前(左)と施工後(右)



図-7 リベットを含む特殊部の塗膜剥離作業状況

これらの加熱ヘッドを使用することにより、ほぼ全ての箇所をIH式塗膜剥離工法で剥離するこ

とができた。IH式塗膜剥離施工前と施工後の状況を図-6に示す。

特殊部においても図-7のように1000 μ m程度の厚膜が容易にシート状に剥離可能であった。課題であった特殊部の施工速度は、一般部と比較するとやや劣るものの、本工事では特殊部と一般部を平均すると日当たり20～30 m^2 施工速度が得られ、実用上問題のないレベルであった。また、IH式塗膜剥離工法は塗膜がシート状に剥がれ、剥離時の粉じんの飛散が少なく、剥離した塗膜の回収が容易な特徴があるが、特殊部の施工においても、この特徴は健在で、作業性や安全性も一般部と同様であった。

4. おわりに

今後も橋梁の長寿命化対策として、老朽化が進んでいる橋梁の塗替え塗装を含めた補修工事は続く。これらの橋梁は既設塗膜に鉛・クロムのほか、PCB等の有害物質を含んでいることが多く、塗替えを行う前に既設塗膜の剥離が必要である。既設塗膜の剥離は塗膜剥離剤を用いての施工が一般的であるが、本工事の若戸大橋のような重ね塗りを複数回している橋梁で塗膜が1000 μ mを超える場合、塗膜剥離剤では施工回数が増えるため、剥離した塗膜の回収の容易さを含めて、1回で塗膜の剥離が可能なIH式塗膜剥離工法が有効と考える。

本工事により、従来IH式塗膜剥離工法では剥離できなかった特殊部、狭隘部、コーナー部といった箇所についても、部材の形状に合わせた加熱ヘッドの使用によりIH式塗膜剥離での施工が可能であることが判った。

また、高力ボルトを使用した特殊部は、IH式塗膜剥離工法の加熱によってボルト軸力の低下が生じる懸念があるため、現在、加熱条件等の様々な検討を進めている。高力ボルトの問題を解決すればほぼ全ての箇所の剥離が可能になると考える。

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

16 施工計画

湊川_空頭制限下における パワーリフトを用いた鋼製橋脚架設

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

主事

上席技師

島原 慎司[○] 伊藤 義彦

1. はじめに

本工事は、阪神高速道路の大規模更新工事の一環として、3号神戸線湊川付近の新設橋脚の追加・増設を行う工事である。対象路線の橋梁は1968年より供用されており、当時橋梁の軽量化を目的として扁平な断面構造を採用した結果、橋桁にき裂が発生していることや、供用開始から現在に至るまでの交通荷重の増加、兵庫県南部地震の影響などの複合的要因により対策が必要とされている。対策として、上部工の架け替えが予定されており、本工事で先行して橋脚を新設することで、上部工架け替えまでの間の既設桁への一時的な負担の軽減と上部工架け替え後の既設橋脚への負担の軽減を目的としている。施工する橋脚は鋼製橋脚が4ヶ所、鋼・コンクリート複合橋脚が3ヶ所の計7ヶ所が対象である。

工事概要

- (1) 工事名：湊川付近鋼製橋脚等大規模更新工事
- (2) 発注者：阪神高速道路株式会社
- (3) 工事場所：兵庫県神戸市兵庫区御所通～
神戸市長田区東尻池付近
- (4) 工期：2019年9月1日～2023年11月30日

2. 現場における課題・問題点

供用されている既設桁の直下で橋脚を新設する必要があり、施工条件として既設桁による空頭制

限があった。

その中でP6橋脚は地面から既設桁までの距離が短く空頭制限が特に厳しいため、一般的な架設方法であるクレーンによる架設を想定した場合、クレーンのブームが既設桁に干渉し施工できないことから、クレーンを用いない施工方法を適用する必要があった。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

対応策として、パワーリフトによる架設を計画した。

パワーリフトとは、シリンダーを伸長させてジャッキアップを行うことで垂直方向に重量物を持ち上げる機能と、重量物を持ち上げたままユニット自体を軌条に沿って移動させる機能を併せ持った機材である。この機能を用いて地組した橋脚をパワーリフトで架設する計画を立てた。



図-1 パワーリフト

(1) 施工手順

まず架設地点近傍で架設部材の地組を行い、次に地組位置から架設位置まで運搬できるようパ

ワーリフトおよび軌条設備を設置し、運搬・架設する手順とした。パワーリフトは部材の左右に2ヶ所ずつの計4基配置し、安定性向上のため部材を囲うようにジャッキアップの受梁を設けた。

また、架設部材には支持材となる架設用ブラケットを取付け、パワーリフトで下から持ち上げる計画とした。検討した架設ステップを以下に示す。

- ① 架設部材の搬入・地組
- ② 軌条設備およびパワーリフトの設置
- ③ 架設用ブラケット取付け
- ④ ジャッキアップ（架設部材を設備へ盛替え）
- ⑤ 設備前進（架設部材を移動）
- ⑥ ジャッキダウンによる据付・位置調整
- ⑦ 軌条設備およびパワーリフトの撤去

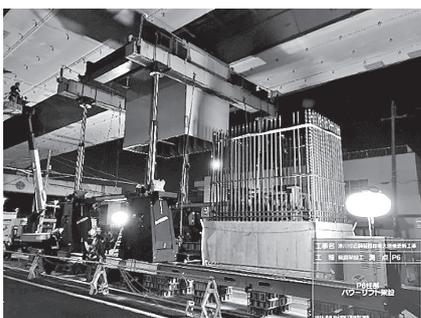


図-2 架設状況

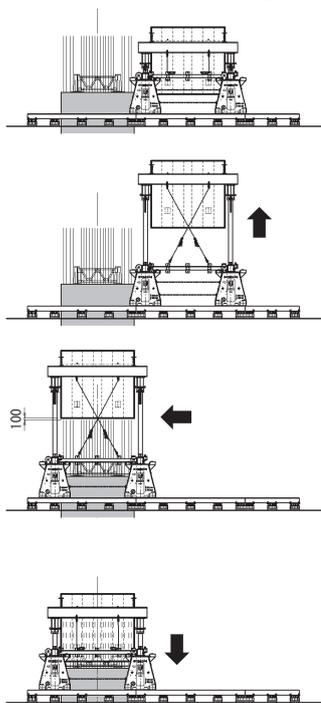


図-3 架設手順

(2) 架設時の安定性の確認

本架設方法の構造上、ジャッキアップ時及び設備移動時に重心が高くなることからバランスが崩れて転倒しやすい状況になることが懸念された。

そこで、安全面の管理として、まず施工前には軌条設備の水平度、間隔、機材継手部の不陸の調整を入念に行い、機材の設置誤差によってバランスが崩れないように留意した。また、パワーリフトの基部同士をチャンネル材等の機材で繋ぎ、横倒れに強い構造にすることで転倒対策とした。

また、施工中は部材の倒れ量を常時計測した。予め部材に倒れ量視準のための目盛を設けて、光波測距儀で視準し部材の倒れ量を確認しながら架設を進めることとした。



図-4 倒れ量視準

目盛は橋軸方向、橋軸直角方向に設置し、ジャッキアップ時・設備前進時・ジャッキダウン時に光波測距儀で視準し、倒れが発生していた場合は適時修正しながら架設を進めた。修正作業は4基のジャッキの内、傾いた方向のジャッキを調整し、倒れが是正されていることを確認してから次の施工ステップに進んだ。これにより、部材および設備を転倒させることなく、安全に架設を行うことができた。

4. おわりに

パワーリフトを用いた架設により、空頭制限のある中、既設桁に干渉することなく無事故で架設を完了させることができた。

最後に、本工事の施工にあたりご指導いただいた阪神高速道路株式会社の方々、並びにご協力いただいた工事関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

17 施工計画

橋梁補修工事での事例

無所属

東日本コンクリート株式会社

現場代理人

鈴木 啓太

1. はじめに

本工事は、宮城県でも有数の米どころである大崎市古川と山形県尾花沢市を結ぶ国道347号線に昭和50年代に完成した長沖橋の耐震補強工事であった。現場は国道4号線から尾花沢方面へ数キロ行った渋川に架かっており朝夕の通勤時間帯は交通量の非常に多い路線であった。橋梁の耐震化に向けて落橋防止装置の取り付けがメインとなる工事として発注された。

工事概要

- (1) 工事名：令和4年度長沖橋橋梁修繕工事
- (2) 発注者：宮城県北部土木事務所
- (3) 工事場所：宮城県大崎市古川飯川字馬場地内
- (4) 工期：自) 2023年2月28日
至) 2024年1月31日

橋長 28.1m、全幅員10.5m

施工内容：落橋防止装置製作、組立N=14基



図-1 現場施工前状況

2. 現場における課題・問題点

2023年2月の工事受注後、直ちに現地に赴き調査を開始した。長沖橋の完成は昭和50年代ということで完成から40年ほど経過しており耐震化工事は急務であった。本工事は、プレテンション方式中空床版橋であり、主桁型式は現在では製作されていない建設省ホローと呼ばれていた床版部分が15cmしかないタイプの床版橋であった。その中空部分にアンカーを設置し桁下面にブラケットを設置し下部工に取り付けたブラケットと連結し落橋防止とするものであった。社内にて施工検討会を開催したが、そこで課題として挙げられたのが以下の事柄であった。

2-1 アンカーを組立てた後に無収縮モルタルを打設するのだが、主桁面が粗面ではないため無収縮モルタルとアンカーの付着力が設計で示されただけの耐力があるかということであった。

苦勞してアンカーを設置し無収縮モルタルを打設しても付着力が期待できなければ、地震時にその役目を果たすことができないからである。

2-2 材料搬入時の交通規制についてであった。ブラケットなど重量のある材料を桁下に搬入する場合車線規制を実施しなければならなかった。前述したようにこの路線は朝夕の交通量が非常に多く、作業時間内でも片側交互通行を実施した場合、交通に与える影響が大きいのではないかとの懸念材料があった。



図-2 アンカー、ブラケット設置

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

3-1 付着力の問題であるが、通常工場製作された主桁の側面は仕上げ面であるため、粗面となっていない。チッピングなどの処理も桁間が9cmしかなく現実的ではなかった。そこで社内で検討した結果、現場状況と同一の供試体を作成しアムスラーにて付着力を確認することとした。

3-2 交通量に関してだが、所轄の古川警察署に問い合わせたところ、日中でも交通量が多く規制間合いが長いと渋滞による苦情が発生する可能性があるとのことだった。そこで通常の規制では交通誘導員配置は2名であるが3名に増員するとともに信号機も導入し通行止め時間を片側3分と設定することで警察署の許可を得ることとした。

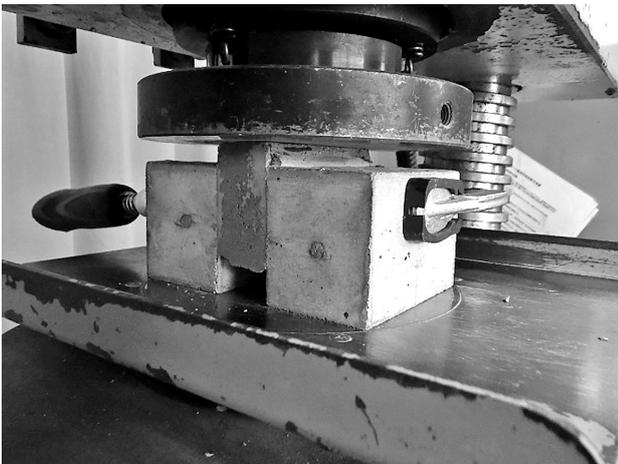


図-3 付着力試験状況

4. おわりに

今回の課題であったアンカーと無収縮モルタルの付着力も試験により耐力が確認され現場に設置した落橋防止装置は安全に機能することができた。また片側交互通行による交通への影響もほとんどなく苦情も皆無であった。社内で課題として挙げられたアンカーの付着力の確認も発注者に対して事前に計画書を作成し承認を得た。

鋼橋では、下フランジに削孔してブラケットを取り付けて落橋防止構造としている例は数多いが、PC橋における事例は、私が知る限り初めてであった。今回の事例は今後も耐震補強工事において発注が予想される。社内で検討した事例と施工手順や内容を克明に記録し社内に周知しようと考えている。施工実績や記録を自分だけの財産とせず全社で共有し技術力の向上を目指していきたいと思う。わが社はPC橋専門家であるが、PC橋新設工事の減少に伴い、鋼橋はもちろんのこと橋梁補修工の受注も増加している。今後の動向を見据えて新たな工種に的確に対応できるよう書類の整理を進めていくよう心掛けるつもりである。



図-4 長沖橋完成（ブラケット取り付け完了）

18 施工計画

プレキャスト PC 床版の拡幅工事

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

笹本 英樹〇 工藤 彰裕

1. はじめに

本工事は、新名神高速道路の高槻から大津間に位置する、城陽JCTに隣接する本線及びランプの上部工工事である。当初工事では、本線部は暫定系片側2車線の施工を行い、床版は将来的な拡幅工事を踏まえたプレキャストPC床版を採用していた。ところが、当初工事途中において、完成系となる片側3車線化工事も行うことが決定した。本稿ではその2工事として行ったプレキャストPC床版の拡幅工事について報告する。

工事概要

- (1) 工事名：新名神高速道路 城陽第三高架橋（下り線）他2橋（鋼上部工）工事（その2）
- (2) 発注者：西日本高速道路株式会社関西支社
- (3) 工事場所：京都府城陽市寺田
- (4) 工期：平成30年6月28日～令和5年7月25日

2. 暫定系壁高欄埋め込み鉄筋の対処

当初工事において、完成形となる片側3車線化は決定していたことは前項で述べたが、その施工時期は未定であったため、当初PC床版には暫定系片側2車線用壁高欄の埋め込み鉄筋が配置されていた。しかし、工事完成前に拡幅工事の施工が決定し、暫定系壁高欄は不要となったため埋め込み鉄筋を撤去することになった。現場での切断撤去に際し、プレキャスト床版の製作段階で、壁高

欄埋め込み鉄筋部のコンクリートを床版上面から40mm下げた仕上がりにする事で、必要なかぶりを確保することができた。

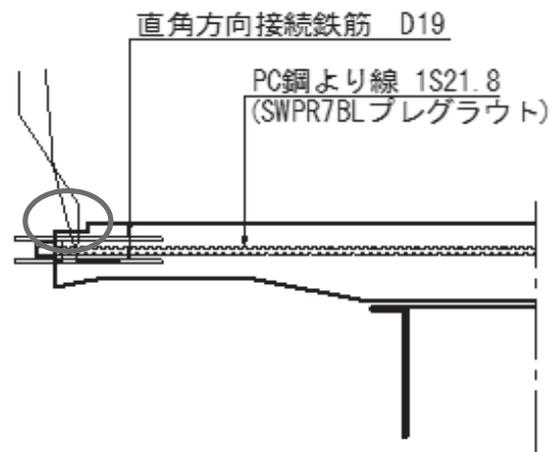


図-1 床版40mmの切り欠き部

また、40mm下げた部分のコンクリートは、拡幅床版コンクリートの打設時に充填するには厚さが薄く、将来的な割れの原因につながる恐れがあったことから無収縮モルタルで充填した。

3. 床版打ち継ぎ部主鉄筋の対処

床版の主鉄筋は、既設のプレキャストPC床版に埋め込まれた主鉄筋に対し、エンクローズ溶接（CB工法）で主筋を接続した。CB工法とは、通電性のないセラミック製の型枠を専用の金具で固定し、あらかじめ開先をとった既設と新設の鉄筋を半自動溶接にて接続するものである。



図-2 床版拡幅前全景

4. PC鋼線の接続

拡幅用のPC鋼線は既設床版側に接続するため、プレキャストPC床版側のPC鋼線端部はネジ切り構造としており、そこに鋼製のキャップを被せて現地に搬入していたため、そのキャップを外した後、PC鋼線との接続となる。接続部に樹脂充填用のカバーを取り付けた後、プレグラウトタイプのPC鋼線に傷を付けないよう細心の注意が必要であった。

PC鋼線接続完了後の接続部樹脂充填は、充填用カバー下部から圧入により樹脂を充填し、カバー上部の確認用突起部まで樹脂が行き届いているかを確認した。

5. 床版コンクリートの打設

拡幅床版のコンクリートについて、今回は道路供用前に拡幅を実施するため、通常のひび割れ抑制を考慮した打設ステップを解析して対応した。ただし、既設と新設のキャンバー差を考慮した結果、同じ打設日の中でも主桁上と張り出し部を先行打設、キャンバー差が少なくなった状態で接続部を打設する手順とすることでひび割れを抑制した。

6. PC鋼線の緊張

床版コンクリート打設後PC鋼線の緊張を行うが、今回使用したプレグラウトタイプのPC鋼線の設置時期は、下側鉄筋組立完了直後になるが、

コンクリートの打設はひび割れ抑制を踏まえた打設ステップにより決定するため、PC鋼線の設置順序とコンクリートの打設順序が合わず、コンクリート打ち継ぎ部付近でPC鋼線設置後に長期間緊張できない箇所が発生した。そこで、通常湿気硬化型のPC鋼線を使用するところを、打ち継ぎ部については熱硬化型を使用することで対応した。

コンクリート打設後のPC鋼線の緊張管理に際し、課題は設計緊張力Pdの設定であった。既設PC鋼線に拡幅用PC鋼線を接続して緊張するため、拡幅部の緊張力Pdが既設の緊張力Poを超えた場合、既設ケーブルの緊張力に影響することになる。よって、今回現場での緊張力管理は、+10%管理と設定したため、 $1.1 \times Pd < Po$ となるように緊張力 $Pd < Po/1.1$ を満たす設計緊張力Pdを設定した。

7. おわりに

新設工事として工事を開始してから、工事途中で拡幅工事を追加で行うこととなったため、後工程の変更や追加など通常発生しない作業工程に苦慮した面もあったが、開通後の拡幅工事と比較すると、既設桁側の車両走行による振動を受けずに施工できたこと、橋梁直下のヤードと既設床版上の全面を施工ヤードとして使用できたことは、開通前に拡幅工事を行うことによる大きなメリットだと考える。

最後に、本工事の計画・施工に当たりご指導・ご協力いただきました関係者の皆様には厚くお礼を申し上げます。

19 施工計画

橋梁撤去工事における安全性向上対策

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

宇田川 重朗〇 高川 真仁

1. はじめに

本工事は、令和4年3月16日に発生した福島県沖を震源とする地震により損傷した、一般国道399号の阿武隈川を渡河する伊達橋を架け替えるために撤去する工事である。橋梁形式は鋼下路式4径間連続ワーレントラス桁橋であり、渇水期でも常時流水のある2径間について架設桁併用トラベラークレーン撤去工法が採用され、撤去を実施した(図-1)。

本稿ではベント等による仮受設備の設置が不可能な場合において、安全性を向上させる施工計画について報告する。

工事概要

- (1) 工事名：伊達橋上部工撤去工事
- (2) 発注者：国土交通省 東北地方整備局
福島河川国道事務所
- (3) 工事場所：福島県伊達市箱崎地内
- (4) 工期：令和5年3月21日～
令和6年3月22日

2. 現場における課題・問題点

本工事は、鋼下路式4径間連続ワーレントラス桁橋のうちP2橋脚からA1橋台へ向かって順次切断・撤去を行うが、撤去を開始するにあたり既設トラス桁の応力解放方法や、切断時における桁の急激な挙動が懸念され、これをどのように防止・抑制するかが課題であった。

具体的には

- (1) 橋梁下部が河川内で、ベント等の仮受設備が設置不可能な場合での応力解放方法。
- (2) 応力解放作業時における無応力状態の管理・確認方法。
- (3) 切断することで構造形式が変わる際(P2橋脚上の上弦材切断時：4径間連続桁⇒2径間連続桁へ構造変化)の切断部の跳ね上がり等、急激な桁の挙動の低減・抑制方法
- (4) 部材切断時における急激な部材の挙動の低減・抑制方法上記4項目を解決することが安全性を向上させるためには重要であった。

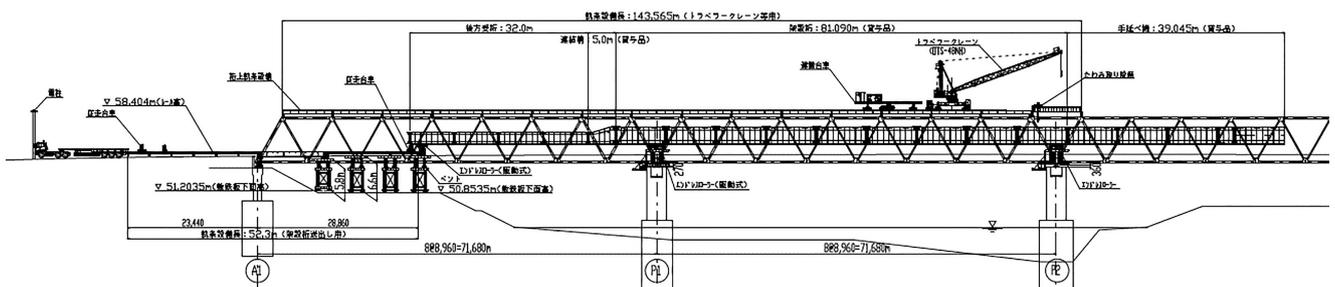


図-1 撤去要領図

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

前述の課題を解決するための方法として、次の対策・工夫を実施した。

(1) トラス桁支持・応力解放方法

設置不可能なベントに替えて、まず架設桁をトラス桁内に送出して配置した。桁の支持方法としては、トラス桁格点の横桁に吊り金具を設置し、チェーンブロックを用いて架設桁から吊り上げた。これにより、トラス桁を支持して応力解放を行った(図-2)。

(2) 応力解放時の管理手法

応力解放はチェーンブロックの巻き上げにより行い、あらかじめ平面骨組解析にて桁が無応力状態となる吊り上げ荷重を算出し、算出した荷重がチェーンブロックに導入できるように張力計を設置して荷重管理しながら巻き上げを実施した。これにより、過荷重の発生も防止することができた(図-2)。

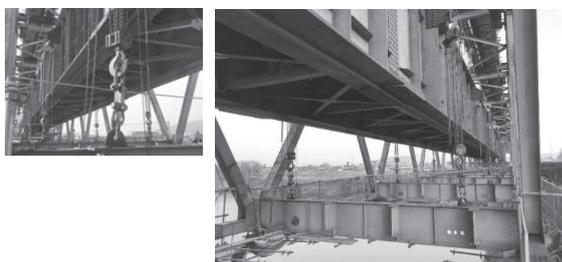


図-2 応力解放状況および張力管理状況

(3) 構造形式変化時の桁の挙動低減・抑制

前述の平面骨組解析にて

- ・ 4径間連続桁(切断前)の隣接径間のたわみ
- ・ 2径間連続桁(切断後)の隣接径間のたわみを比較する。具体的には4径間連続桁(切断前)の解析モデルで格点位置の横桁にチェーンブロックによる吊り上げ荷重を載荷して、隣接径間のたわみが切断前と切断後で同等となる吊り上げ荷重を設定した。これにより切断位置における切断前と切断後のたわみ差がほぼ0となり、無応力状態となることを確認できた。

また、実際の施工時における切断部の跳ね上がり量については約30mm~40mmほどとなり、急

激な桁の挙動は抑制でき、安全性を向上させることができた(図-3・4)。

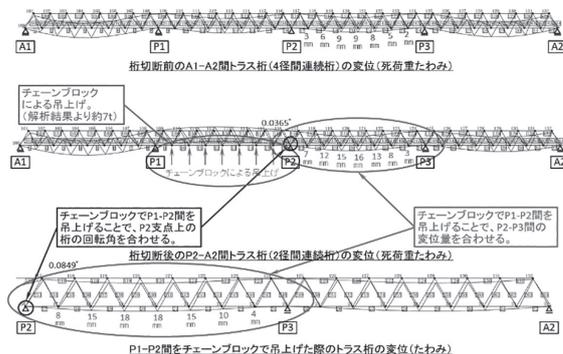


図3 構造形式変化時の桁の挙動検討



図4 構造形式変化時の桁の挙動

(4) 切断撤去時の部材の挙動低減・抑制

部材切断時は、あらかじめ設定した切断位置を考慮した部材重量を算出し、トラベラークレーンのフックに張力計を設置して、部材重量相当の吊り荷重をクレーン操作者手元のリモコンで確認しながら切断を行った。これにより切断時の部材の挙動を最小限に抑制でき、安全性を向上することができた(図-5)。



図5 部材切断撤去状況

4. おわりに

本工事は、隣接工区の撤去工事や仮橋工事、下部工補強工事が同時並行で工事を進めており、綿密な工程調整が必要であったが、十分な検討と調整により、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、撤去工法を快くご承諾いただいた東北地方整備局福島河川国道事務所の皆様方をはじめ、本工事に関わった協力会社等の関係者の皆様方に、この場をお借りして、深く感謝を申し上げます。

20 施工計画

高圧電線直下における 架設計画と安全対策の取組について

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

齊 藤 雄 輝

1. はじめに

本工事は、愛知県豊田市の国道155号豊田南バイパス工事の一部として逢妻女川を渡河する新設橋梁の上部工架設工事（クレーン・ベント架設）である。橋梁形式は、鋼単純非合成箱桁橋で橋長が69.9mであった。本橋梁のA1橋台側上空には高圧電線（77,000V）が有り、上空が制限されている現場条件であった。

本稿では、高圧電線直下の架設工法の計画および検討、安全対策を報告する。

工事概要

- (1) 工 事 名：155号豊田南BP横山橋鋼上部工事
- (2) 発 注 者：国土交通省 中部地方整備局
- (3) 工事場所：愛知県豊田市横山町
- (4) 工 期：令和5年3月7日～
令和6年9月30日

2. 現場における問題点

A1橋台上空に架線されている高圧電線直下での360t吊トラッククレーンによる架設であった。

発注当初の架設計画図では、A1橋台背面より360t吊クレーンにて2ブロック地組立を架設する計画であったが、クレーン据付け予定のA1橋台背面は、隣接工区の進捗に伴い当初計画通りに据付けが出来ない状況であった。

また、クレーンのブーム長さは、高圧電線の離隔距離を考慮された任意の長さで計画されていた

が、所定のブーム長さで検討したところ、高圧電線の離隔を確保出来なかった。高圧電線の離隔距離を確保するためには、クレーン据付け箇所の地盤高を下げる必要があるが、地盤を下げるとブームが橋台パラペット部と干渉する状況であった。上記理由により、発注時の条件では架設作業が不可能のため、架設工法の代替案を立案することが課題①である。

高圧電線直下でのクレーン作業であり、離隔距離を確保できなかった場合、感電事故を起こしてしまう。更に、豊田市は日本を代表とする工業都市であるため、高圧電線事故による大停電が発生した場合、莫大な補償金を請求される可能性もある。そのため、高圧電線直下でのクレーン作業における安全対策が課題②である。

3. 対応策・工夫と適用結果

(1) 架設工法の比較・検討

架設工法の代替案について、縦取り架設と単材架設の2案で検討した。

1) 縦取り架設工法案（ベント移動型）

高圧電線に影響のない箇所で主桁・横桁を地組して、各主桁の橋軸方向に配置した軌条設備で順次高圧電線直下に縦取り架設する工法を第1案とした。ただし、通常の縦取り架設はベント上に軌条設備を設けて橋桁を縦取りするが、本工事では高圧電線直下にベントを設置する必要があるため、ベント下に軌条設備を設け、ベントと橋桁を

一体化して縦取り架設する（図-1）。

2) 単材架設案

発注時の架設計画図は、360t吊クレーンでの架設は主桁2ブロックを地組立してから架設する方法であった。地組立を無くして、主桁を1ブロックずつ架設する単材架設する工法を第2案とした（図-2）。A1橋台背面のヤードを360t吊クレーンが据付け出来るように整備を行うことで高压電線との離隔距離が確保できる。

上記2つの案を施工性・経済性の観点において比較検討した結果、第2案を採用した。

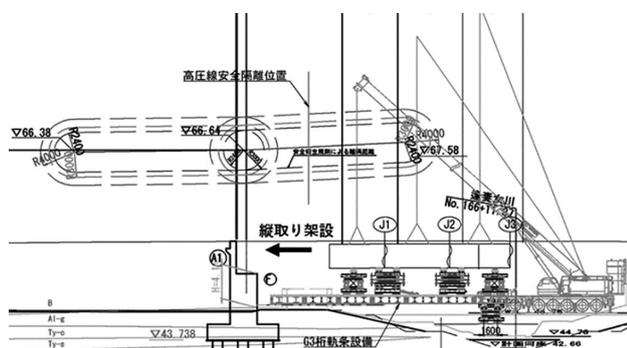


図-1 縦取り架設計画図

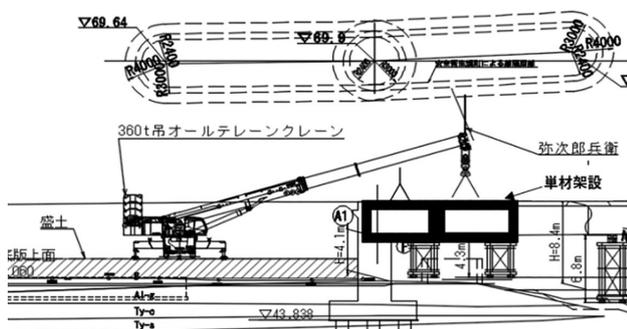


図-2 単材架設計画図

(2) 高压電線直下でのクレーン作業時の安全対策

クレーンのブームと高压電線との離隔距離を確保するために「弥次郎兵衛」と呼ばれる耐電圧棒（グラスファイバー製、長さ4m）をブーム先端に取り付けた（図-3）。弥次郎兵衛の長さを目安にすることで高压電線との離隔が一目瞭然となり、目測による誤差や判断の迷いを少なくし、的確に離隔距離の判断が出来る。仮に、弥次郎兵衛が高压電線と接触しても、絶縁性のため、感電事故は防ぐことが出来る。また、高压電線は地上から約20mの高さにあるため、地上からの監視では

正確な離隔距離を確認出来ない。そのため、監視員が高压電線と水平になるように高所作業車を使用して水平に監視出来るようにした（図-4）。

適用した架設計画の検討および高压電線直下の安全対策を講じたことにより、感電事故も無く、架設完了することが出来た。



図-3 弥次郎兵衛取付け状況



図-4 水平監視状況

4. おわりに

本稿では、橋梁上空に高压電線が有るため制限がある条件下での安全対策について、今回の実施内容が参考になれば幸いである。

最後に、当該工事の施工に当たりご協力頂いた関係者の皆様に感謝いたします。

21 施工計画

片側 2 車線を確保した床版取替工事における 増設桁の設計と施工

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本橋梁株式会社

製作担当技術者

監理技術者

有 居 賢 人 ○ 秀 和 則

1. はじめに

本工事は、中央自動車道・国立府中IC～八王子IC間に架かる多摩川橋の床版取替工事であり、初めての試みとして、中央分離帯部の活用により、現況の車線数を減らさず片側 2 車線を確保し、中央分離帯、上り線、下り線の 3 分割施工で床版取替を行う工事である。



図-1 多摩川橋全景

工事概要

- (1) 工 事 名：中央自動車道（特定更新等）多摩川橋床版取替工事（平成30年度）
- (2) 発 注 者：中日本高速道路株式会社八王子支社八王子保全・サービスセンター
- (3) 工事場所：（自）東京都国立市谷保
（至）東京都八王子市宇津木
- (4) 工 期：（自）2019年 8 月26日
（至）2028年 9 月30日

本橋は、1967年12月の開通から既に55年以上が経過しており、重交通路線であることや過積載車両の増加によって、床版の劣化が進行していた。当該橋梁は片側 2 車線で上下線分離型の橋梁（鉸

桁橋各 4 主桁）であり、RC床版には、中間支点のジャッキアップ・ダウンにより橋軸方向にプレストレスを導入した連続合成桁である。本報告では、床版取替を行うために新たに設置した増設桁の概要に関して報告する。

2. 本工事の課題

床版取替に際して、現橋が上下線分離型の主桁配置および幅員構成であることから、路肩や停車帯を廃した場合でも片側 2 車線を確保することが困難であった。この課題を解消するため、図-2 に示す手順で構造系をステップ毎に変更しながら施工を進め、最終的には上下線を一体化した 9 本主桁構造の橋梁とする計画とした。ここでは、ステップ 2 の際に上下線間（中央分離帯）に増設する主桁の設置工法について述べる。

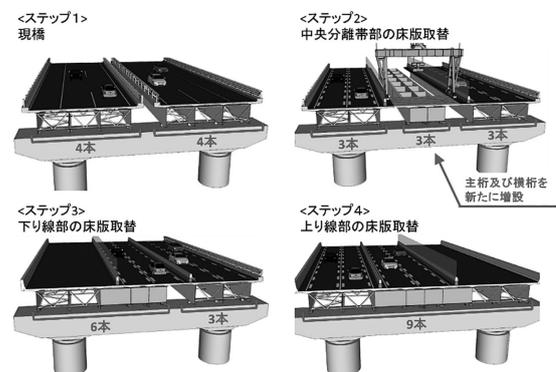


図-2 床版取替施工ステップ

3. 検討・工夫と適用結果

新たに設置する増設桁の製作・施工にあたり、

以下の項目に関する検討・工夫を行った。

① 架設方法を考慮した増設桁の設計

増設桁の架設は供用中の車線にはさまれた区間で施工するため、橋面上から増設主桁および増設横桁を架設する必要があった。さらに、上下線の地覆間隔が1.1mと狭小であることから、増設主桁を先行して設置した場合、増設横桁の架設が困難となる。また、既設主桁の補強量を低減するため、増設桁の荷重を既設主桁に負担させない設計が求められた。

前述した施工条件から、架設順序は増設横桁を仮設置し、その後に増設主桁を設置する方法とした(図-3)。増設横桁は、施工誤差を吸収するため横桁本体の高力ボルト孔の削孔と本締めを架設後の施工とした。このため、L形鋼を加工した架設用連結材を用いて、仮固定を行った。さらに、既設桁への負担軽減を目的として、増設主桁の架設はセンターホールジャッキで支持を行い、増設主桁が1径間連結された時点で荷重を支承へ移行させ、その後に増設横桁を連結する手法を採

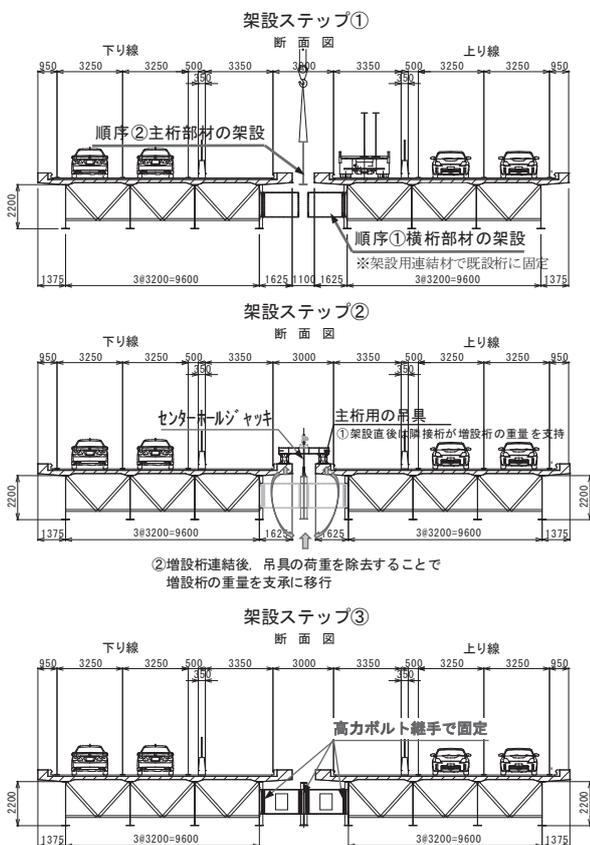


図-3 増設主桁・横桁の架設ステップ

用した。

② 既設桁との取り合い部の工夫

増設主桁は、増設横桁を介して上下線の既設主桁に接続する構造であるため、既設桁の取合い部は、鉛直方向、橋軸方向および橋軸直角方向の誤差を吸収可能な構造とする必要があった。既設主桁の寸法を計測した結果、当初の製作手法や架設時の誤差により、無視できない程度の寸法差異が確認された。特に中間支点付近では、横桁間隔が建設当初の図面より約30mm短い傾向が見られた。これらより実測値を加味し製作するとともに、増設主桁および横桁の添接部については、施工時の変形や上下線の既設主桁の寸法差異による誤差に対応するため、部材間に20mmの隙間を設け、既設桁との連結にはスプリットティー仕口を用いた高力ボルト引張接合を採用した(図-4)。

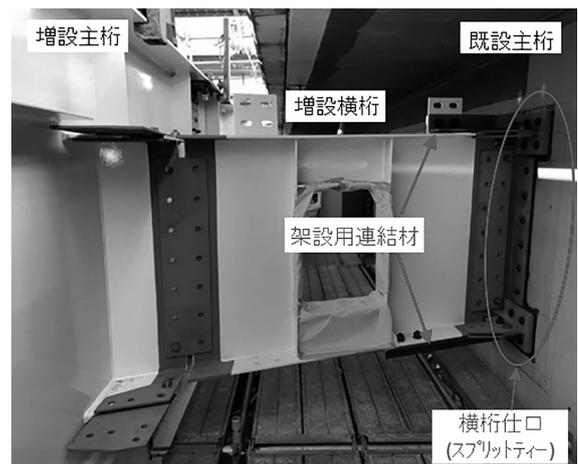


図-4 増設横桁詳細

上記①②の対策を現地計測・製作段階で正確に実施したことにより、架設後の連結作業においても、大きな不具合を発生することなく、工程を円滑に進めることができた。

4. おわりに

多摩川橋床版取替工事は、現在、中央分離帯部に続いて、下り線の床版取替がおおよそ完了し、増設桁の架設及び既設桁との連結においては、計画どおりに作業が進捗しており、上り線床版取替を残すのみとなった。今後も安全に留意し、無事に工事を完遂できるように努める。

22 施工計画

狭隘な施工ヤードにおける施工管理について

無所属

株式会社森組

担当技術者

河本 菜緒

1. はじめに

寝屋川流域では総合治水対策の一環として、流域における保水・遊水機能を持たせるための地下トンネルの整備を進めている。

本工事では圧入式オープンケーソン工法によりシールド発進立坑の築造を行った。

工事概要

- (1) 工事名：一級河川寝屋川 加納元町調節池 築造工事（発進立坑）
- (2) 発注者：大阪府寝屋川水系改修工営所
- (3) 工事場所：大阪府東大阪市加納五丁目地内
- (4) 工期：令和2年12月22日～
令和6年2月28日

2. 現場における課題・問題点

施工場所が道路の中央分離帯にあり（図-1）、施工ヤードが狭隘であるため、場内空間の効率的な利用が課題となった。また、常時クローラークレーンが稼働する中、現場事務所から作業箇所までの安全通路を確保する必要があった。



図-1 施工場所

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

場内を効率的に利用するために、以下の方法を実施した。また、施工管理において工夫した点も下記に示す。

① 仮囲いを利用した安全通路

足場材を仮囲いと連結させ、二階部分を安全通路とした（図-2）。通路の場内側へレーザーバリアを設置し、クレーンの旋回が通路近接となった際、サイレン音が鳴るよう設定した。クレーンオペレーターにはレーザーにかかる範囲を旋回させないように注意喚起を行った。



図-2 安全通路

② 地中に設置した土砂ピット

本工事では8ロットに分割して立坑築造を行った。ロット毎に繰り返し行われる施工サイクルがあり（図-3）、そのうちの掘削施工時に掘削残土を仮置き・改良する施設が必要となった。地中に鋼矢板を打込み、均しコンクリートを打設して作った土砂ピットは、掘削時は上記の目的で利用し（図-4）、掘削以外の施工時は埋戻して鉄板を敷設することにより資材を置くスペースとしても利用できた（図-5）。

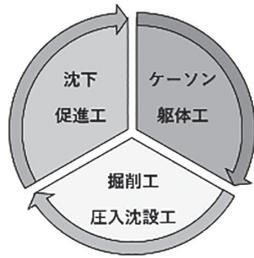


図-3 施工サイクル



図-4 土砂ピット（掘削施工時）

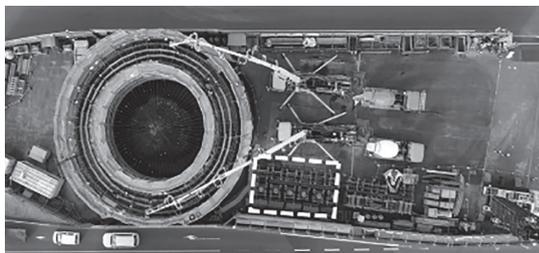


図-5 土砂ピット（掘削以外の施工時）

③ 現場配置図面の作成

繰り返し行われる施工サイクルの中で、①躯体工（鉄筋・型枠組立）、②躯体工（コンクリート打設）、③掘削工・圧入沈設工の施工時における現場配置図を作成し、その通りに資機材を配置することで、いずれの作業施工時においても整然とした状態を保つことができた。

④ 木曜日に指定した打設日

現場打ちする側壁コンクリートの打設日が木曜日になるよう工程管理を行った。それにより、コンクリート脱型強度確保のための養生期間による平日の休工日がなくなり、工期短縮につながった。

⑤ 打設時の車両管理

コンクリート打設時に「びたあっと」を使用した。各ミキサー車の位置をネット上でリアルタイムに把握でき、運転手へ直接指示できるため、現場での車両待機が途切れることなく打設できた。

⑥ トラックスケールによる積載管理

本工事における掘削残土約25000t、ダンプト

ラックの搬出延べ台数約3000台と、搬出台数が非常に多かったため、場内にトラックスケールを設置した（図-6）。積込を行う重機オペレーター並びにダンプ運転手から見える位置に重量表示モニターを設置し、重量の見える化を行った。重機オペレーターが重量を見ながら土量調整することで積載量が安定し、日々の搬出土量管理に役立った。



図-6 トラックスケール

⑦ デジタルサイネージ、工法説明板の掲示

交差点沿いの仮囲いにデジタルサイネージ及び工法説明板を設置した。サイネージでは週間工程や概要説明動画などを掲示した。

⑧ 時間外労働削減の取り組み

現場事務所のインターネット通信環境を整え、現場用パソコン、複合機等を設置した。それにより、拠点としている事務所に戻らなくても現場で書類作成や印刷ができ、労働時間短縮につながった。現場における測量時、自動追尾機能付きの測量器を使用することで、通常2名で行う測量をワンマンで行えた。また、「Buildee」を採用し、作業内容等を各協力会社の職長にアプリ上で入力させた。それにより打合せ簿の入力作成に時間が取られず、業務効率化できた。

4. おわりに

当現場は狭隘な施工ヤードであったが、計画段階や日々の管理・工夫で場内空間を有効活用し、無事故・無災害で工期内竣工することができた。工事成績評定については、大阪府の2023年度中工事のうち最高点であった。本工事にあたり、地元住民や関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

23 施工計画

大規模土工における UAV を用いた盛土の日常管理について

(一社) 北海道土木施工管理技士会
岩田地崎建設株式会社
山本 一輝

1. はじめに

本工事は、北海道新幹線（新函館北斗・札幌間）延伸区間における、約26kmの札幌トンネルを6工事に分割したうちの約5kmの札幌トンネル（銭函）工事である。それに付随して同一トンネル他工事からも発生する約127万 m^3 の現場発生土を受入れ、残土処理場の整備を行う。受入れの際、発生土に含まれる重金属類への対策を行う必要があり、その対策工として吸着層工を発生土盛土と日々同時並行で行うが、その日常管理の効率化について報告する。

工事概要

- (1) 工事名：北海道新幹線、札幌トンネル（銭函）
- (2) 発注者：独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 北海道新幹線建設局
- (3) 工事場所：北海道小樽市
- (4) 工期：自 令和2年8月18日
至 令和8年2月12日
- (5) 工事内容：

残土処理場（発生土受入地）整備工

- ・盛土工 $V = 1,240,000\text{m}^3$
- ・透水層工 $A = 17,390\text{m}^2$
- ・吸出防止材 $A = 18,530\text{m}^2$
- ・吸着層工 $V = 814,800\text{m}^3$

2. 現場における課題・問題点

残土処理場は、面積20,000 m^2 、高低差80m程度の窪地の地形である。吸着層工は日々の盛土と同時に施工するため、リアルタイムに盛土と吸着層との区別・進捗管理・出来形管理を行うことが課題であった。しかしながら、現況の法面は岩盤に凹凸があり、従来のトータルステーション（TS）での地形測量では測定が困難であり、人員の確保、労働時間の増加という観点でも課題があった。そのため、他手法による正確な土量算出方法の検討が必要となった。以上の現場条件から、現場管理方法の検討を行った。図-1に残土処理場（発生土受入地）整備工の標準断面図を示す。

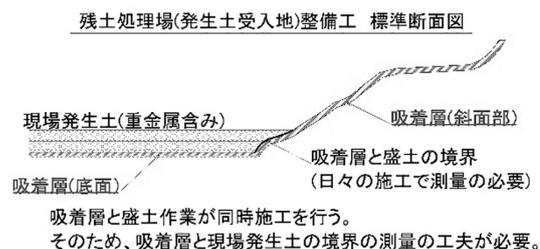


図-1 残土処理場（発生土受入地）整備工
標準断面図

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 工夫・改善点

- ・無人航空機（UAV）による空中写真測量および3次元データの取得

工事着手前の地形を正確に把握するために、

UAVによる空中写真測量を行い、3次元データの作成を行った。また、日々の盛土工と吸着層工の区別・進捗管理は、盛土と吸着層の境界を吸着層施工後にUAV測量を行い、3次元データを取得して、区別・進捗管理を行った。

また、全体の盛土量と吸着層量の土量算出時は、取得した3次元データを、重ね合わせ、総盛土量(図-2)・総吸着層土量(図-3)の算出を行った。

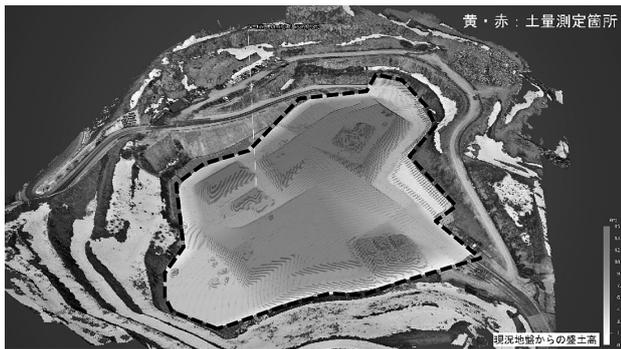


図-2 三次元測量による土量測定結果(盛土部)



図-3 三次元測量による土量測定結果(吸着層部)

3-2 適用結果

UAVによる空中写真測量を行うことにより、TSでの測量では算出が困難な地盤での正確な土量算出を可能とし、日々の盛土と吸着層の施工履歴も、3次元データによる管理によって容易に、遡ることができるようになった。

また、UAV測量を行うことで、日々吸着層施工後にTSによる測量が不要となり、作業中断等の時間を短縮することを可能とした。なお、TS測量では、日々の測量に1.5時間/日、データの取りまとめ等に1.5時間/日、計3.0時間/日を必要としていた。UAVによる3次元測量を採用するこ

とで、日々の測量時間を0.5時間/日、データの取りまとめ等を0.5時間/日、計1.0時間/日に短縮することができた。図-4に残土処理場(発生土受入地)整備工全景写真を示す。



図-4 残土処理場(発生土受入地)整備工全景

4. おわりに

UAVによる3次元測量について報告したが、今回のような大規模土工の現場では、測量作業の省力化、省人化、労働時間の削減で効果を発揮することができた。

昨今は、働き方改革の観点から、省力化、省人化、労働時間の削減が急務であり、今回のように1日に何度も測量を必要とされる場合は、UAVによる3次元測量のような生産性を向上させるICT技術の活用がとても重要であると考えられる。

今後の課題としては、3次元測量を行うための、UAVの導入・処理ソフトの導入など、初期コストが掛かること。また、3次元データの処理スキルが求められること、依然として各現場での導入には課題が挙げられる。

今後は、3次元データを処理できる担い手のスキルアップや、UAV・処理ソフトの発展に伴う、初期コストを抑えられれば、多くの現場で容易に導入することができ、各現場での生産性向上が期待される。

24 施工計画

河床掘削における 出来形管理・工期短縮について

岡山県土木施工管理技士会

株式会社荒木組

係員

主任

楠井 隼斗[○] 栗原 達也

1. はじめに

本工事は小田川合流点付替え事業の一環として、新築堤工事および新合流点箇所の護岸工事を行うものであった。

工事概要

- (1) 工事名：令和4年度小田川付替柳井原地区築堤護岸他第2工事
- (2) 発注者：中国地方整備局 小田川事務所
- (3) 工事場所：岡山県倉敷市船穂町柳井原地先
- (4) 工期：R4/10/12～R6/3/29

築堤盛土64,600m³、掘削工81,300m³、法面整形23,890m³、ブロックマット13,855m²、根固めブロック216個 他

本工事は、平成30年7月の豪雨により発生した災害の防止を図るために行われた工事であり、高梁川と小田川の合流位置を下流に付替え、河川の水位を低下させることにより、小田川沿川地域および倉敷市街地の氾濫危険度の低下を図ることを目的とした事業である。

2. 現場における問題点

高梁川本流における掘削作業では、掘削床高より0.7m～0.8m上まで水がある状況であった為、掘削完了後の出来形計測方法が課題となった。出来形面が水中であり、UAV、TLS等の多点計測技術を使用して出来形の面管理を実施することが困難である一方で、従来手法であるTS等を用いた

断面管理を実施すると生産性が向上しない。さらに、水没箇所の出来形管理は図-1に示すように直接水中に入り込み計測を実施するため危険を伴い制度が悪くなる事が懸念された。



図-1 水中部の出来形計測の様子

3. 工夫・改善点と適用結果

前項で記した問題点において、ICTバックホウ施工履歴データにより出来形管理を行こととした。

ICTバックホウ施工履歴データとは、3次元MG（マシンガイダンス）またはMC（マシンコントロール）バックホウにより直接出来形を計測する技術である。ICTバックホウは作業装置（ICTバックホウの場合であればバケット刃先位置）の座標データをリアルタイムで取得してい

る。したがって、ICTバックホウを計測機器と見做し、バケット刃先の座標データ（以下施工履歴データ）を出来形管理に用いることが可能である。

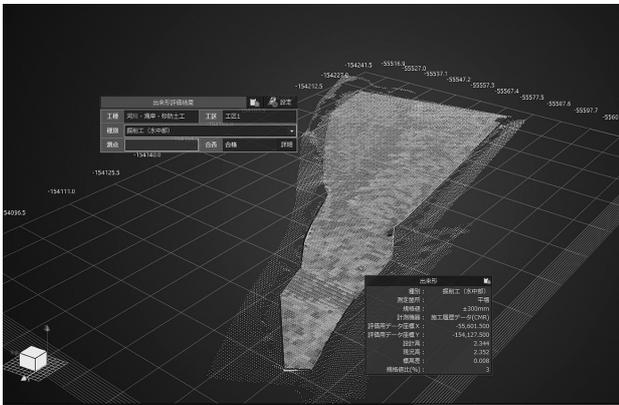


図-2 施工履歴データによる出来形管理

しかし、施工履歴データの取得の際に、オペレーターは重機内のモニターで施工履歴データを確認し作業を進めるが、MC（マシンコントロール）バックホウで施工していた為、法肩や法尻といった角がつくところでは重機のバケツが、3次元設計データ通りに動作しようとする為、履歴データを正しく取得できない事があがった。端部の履歴データについては、3次元計測技術を用いた出来形管理要領にも記載のある±50範囲内であり、出来形成果としては問題なかった。河道掘削における出来形管理は設計データを設計寸法通りに作成していると、実際作業する際に上記同様の不具合が発生した。対策として設計寸法より広くデータを作成し作業を行い、出来形比較時には設計通りのデータで比較し対応した。その点、MG（マシンガイダンス）バックホウによる施工検討であれば、車のカーナビのような機能であるので、オペレーター自身の技術が必要になるが、法肩や法尻などの箇所施工誤差が生じにくいとも考えられる。

また、電波が入りにくい山の近くや谷になっている施工箇所、天気が曇りの日など、重機内のモニターでは3次元設計データ通りに施工出来ているが、TSなどの測量機器で出来形を確認した際、

誤差が生じる事があった。対策として通常TCT機は、GPSでマシンの位置を取得し作動している為、GPSを取外し、その位置にプリズムを設置してTSでマシンの位置を確定する事で問題なく施工を進める対策を講じた。

これらの問題点に対して適時取得したデータのチェックを行い、日々作業開始前に重機の刃先確認を実施し手戻りの無いよう施工を進めた。日々の確認作業は必要であるが、従来のTS出来形測定と比較すると、安全性と生産性は大幅に上昇したと考えられる。

4. おわりに

施工履歴による出来形計測はバックホウで掘削・整形しながら出来形測定ができる為、人が直接測定位置に行かなくて済むので安全性が向上する且つ、測量していた時間を別業務に回せれるため生産性の向上にも繋がった。また、施工中に出来形測定ができていたため、作業を止めて出来形を計測する待ち時間が無くなり、作業手側からも好評であった。一方で、ICTバックホウ施工履歴データを使用し出来形管理を行う際、電波障害による誤差や、データ取得する時間間隔、距離間隔等がデータ取得頻度により誤差が生じる場合があるため適時、取得データのチェックを実施する事で水中や土砂崩壊の恐れがある所では安全性・生産性が向上した出来形管理ができた。

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

25 施工計画

一般道路近傍軟弱地盤ヤードでの架設について

日本橋梁建設土木施工管理技士会

UBE マシナリー株式会社

現場代理人

監理技術者

安 達

到[○]

土 谷

浩

1. はじめに

広島県東広島市の国道2号線と市道土与丸御蔭字線が交差する「道照交差点」は、慢性的な交通渋滞が発生しており、これを緩和するための立体交差化事業のうち高架橋架設を行ったものである。

工事概要

- (1) 工 事 名：令和5年度
国道2号道照高架橋鋼上部工事
- (2) 発 注 者：国土交通省 中国地方整備局
- (3) 工事場所：広島県東広島市西条町地内
- (4) 工 期：自) 令和5年5月9日
至) 令和6年6月28日

2. 現場における課題・問題点

本工事は、交通量の多い供用中の道路に近接しており、また架設ヤードが軟弱地盤であることから地盤の沈下に伴うベントやクレーンの転倒防止について検討し、第3者災害のリスク低減を図る必要があった。

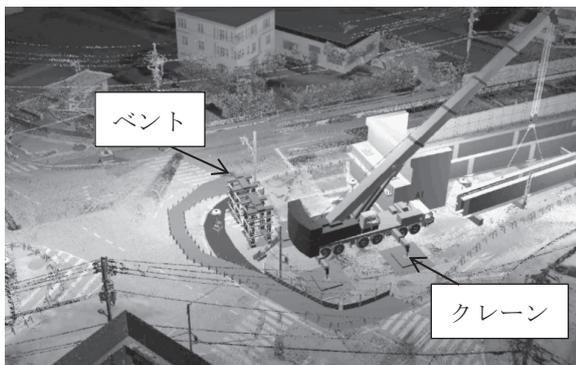


図-1 ベント及びクレーン位置

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

架設ヤードの地盤支持力の検討方法の工夫やベント及びクレーンの転倒に対する安全性向上対策と管理方法の工夫を実施した。

(1) 架設ヤードの地耐力の検討

架設ヤードの地耐力を平板載荷試験により測定した結果、安全率が4.0以上と良好な地盤支持力が得られた。一般に平板載荷試験は地表から0.6m程度の深さまでの地盤支持力を評価するものである。架設ヤード付近のボーリングデータによると、表層から1.5mまでは盛土層(N値=3)で、1.5m以深は沖積砂質土層(N値=4)で構成されており、地中面での地盤支持力に懸念があった。そこで、本現場では地下0.6m付近の照査面を設定し、N値より推定した許容地盤支持力にて追加照査を実施した。

日本建設機械化協会発行の「移動式クレーン、杭打機等の支持地盤養生マニュアル(H12.3)」を参考に盛土層(N値=3の)極限支持力を $2 \times 9.8 \times 3(N値) \times 1.5 \approx 90 \text{ kN/m}^2$ と仮定し、各ケースの安全率(極限支持力/反力)を算出した。

(ア) ベント設置部の地盤支持力

地盤支持力はベント柱2箇所当たりの反力(422kN)に対し敷鉄板の有効面積(1.1m×3.0m)を考慮して検討した。敷鉄板の基礎梁からの張出部の有効幅は鋼橋のQ&A架設編に従い、 $b=10t$ ($t=22\text{mm}$)とした。検討は地表におけるものと地下0.75mにおける照査面で行った。

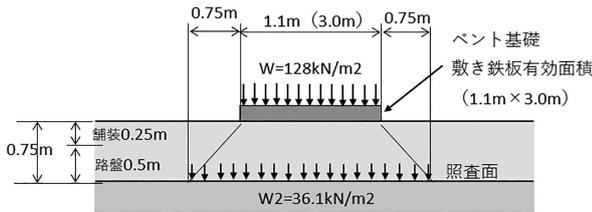


図-2 軟弱地盤へのベント荷重の影響図

(イ) 450tクレーンアウトリガー部の地盤支持力
地盤支持力は、最大アウトリガー反力(1274kN)に対し、アウトリガー下に専用覆工板(2.4m×3.5m)を敷設するものとして検討した。地表における検討に加え、地下0.65m(0.6m+砕石0.05m)の照査面で行った。

(ウ) 検討結果

ベント設置部では、地表面の地盤支持力安全率が $4.0 > 2.4$ となり、地中部の地盤支持力安全率も $2.5 > 2.4$ だったため、安全な地盤支持力であることを確認できた。クレーンアウトリガー部では、地表面の地盤支持力安全率は $4.5 > 1.5$ となり問題なかったが、地中部の地盤支持力安全率が $1.3 < 1.5$ と満足できなかった。そのため、専用覆工板に加え敷鉄板養生を追加することで養生面積を拡大し、沈下に対する安全を確保した。

(2) ベント設備、クレーンの転倒防止対策

ベント設備は供用道路と近接しているため、令和4年7月に日本橋梁建設協会より発行された「鋼橋架設工事の事故防止対策<追補版>」に準拠し、ベント設備の基礎梁にH鋼をカウンターウエイトとして配置する転倒防止設備を設けた。



図-3 ベント転倒防止設備

また、架設期間中のベント柱、クレーンアウト

リガー部の傾斜及び沈下は自動追尾式トータルステーションを用いた、24時間自動計測監視による管理を行い、異常発生時には即時の対応を行える体制を構築した。

- ・使用システム：自動変位計測システム (Loop Man) (図-4)。
- ・管理値：傾斜角1/200、(警戒値1/300)
沈下量30mm (警戒値15mm)
- ・管理値(及び警戒値)超過時の警告方法：関係者に自動警告メールおよび警告灯点灯



図-4 Loop Man 計測状況

上記計測結果は、アウトリガー、ベント部とも変位量が10mm以下であり、安全に施工を行うことができた。

4. おわりに

供用道路と近接した軟弱地盤ヤードにおける大型重機を用いた架設工事現場において、3に示した対策等により無事故・無災害で現場作業を終えることができた。最後に、本工事にあたりご指導、ご協力を頂いた発注者、工事関係者の方々に深くお礼申し上げます。



図-5 道照高架橋完成

26 施工計画

鋼箱桁橋切欠き主桁の支承取替工における工夫

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

係長

係長

堀 籠 雄 基 ○ 酒 瀬 川 伸 吾

1. はじめに

本工事は、東海道新幹線の土木構造物の予防保全のため、鋼橋の支承取替えを行うものである。

本稿では、東海道新幹線で、これまでに施工実績の少ない桁端切欠き部を有する鋼箱桁の支承取替工における仮受け方法と狭隘作業に対する工夫について報告する。

工事概要

- (1) 工 事 名：名古屋地区土木構造物大規模改修
 その他工事（鋼橋R5）
- (2) 発 注 者：東海旅客鉄道株式会社
 新幹線鉄道事業本部施設部
- (3) 工事場所：愛知県名古屋市熱田区古新町
- (4) 工 期：自) 令和4年5月31日
 至) 令和6年3月15日

2. 仮受け構造の検討

東海道新幹線における鋼橋の支承取替工法の標準設計では、軌道桁のウェブ直下に仮受けブラケットを設置して軌道桁を仮受けし、支承を取り替える構造となっている。

本橋は、軌道の曲線区間であるためレールにカントが設けられており軌道桁に傾きがある。軌道桁の直下に受桁ブラケットを設置することが困難であるため、仮受け工法について見直すことが課題となった。

仮受け工法を検討する中で、まずは軌道桁上部にセッティングビームを設置して仮受けする工

法、次に軌道桁ウェブから張出ブラケットを設置し、その直下に受桁ブラケットを設置して仮受けする工法を検討した。

セッティングビームによる工法は、過去に東海道新幹線の類似橋梁にて施工実績があり、第1案として検討をした結果、軌道桁上部に補強部材を設置する必要があると判断した。そのため、2つ目の張出ブラケットによる工法を採用した。図-1に仮受け構造図を示す。

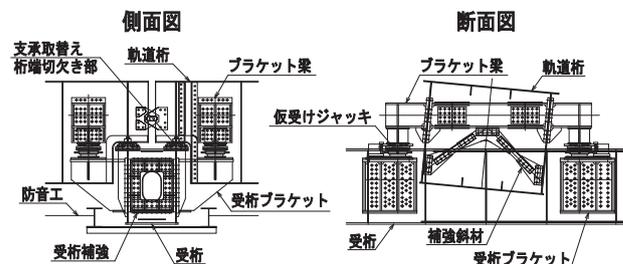


図-1 仮受け構造図

張出ブラケット工法は、軌道桁ウェブ面にブラケット梁を設置し、受桁ブラケットとの交差部にジャッキにより軌道桁を仮受けする構造とする。

ブラケット梁の支点が軌道桁ウェブになることから、ブラケット梁のウェブ位置での面外力に対し、ウェブの耐力照査を行った。

軌道桁が傾斜しているため、図-2に示すようにウェブに鉛直力が作用すると傾斜分に相当する面外力が作用することになる。

この面外力はブラケット梁を介して軌道桁ウェブに伝達され、軌道桁ウェブが面外方向に押され

ような作用となる。この影響を小さくするため、軌道桁ブラケットには面外方向の作用力を抑える補強斜材を設置した。

なお、仮受け部材を防音工の支障とならない大きさの寸法に収めることで、防音工撤去復旧作業に伴う足場設置作業を省略することができた。

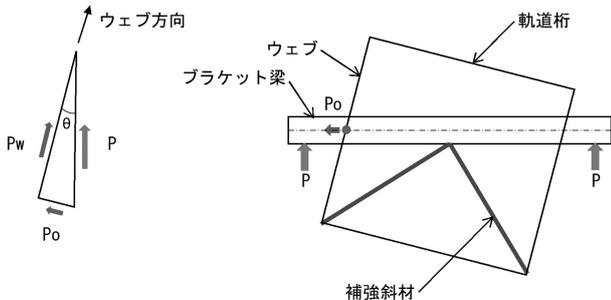


図-2 ウェブに作用する面外力

3. 重量物の取込み方法

本工事で取り付ける最大部材は受桁ブラケットであり、その重量は1.2tである。また、その他の補強部材の重量は100～400kgである。これらの部材をいかに効率よく安全に設置箇所まで運搬できるかが課題であった。

東海道新幹線の橋梁工事では、橋梁が防音工で囲まれているため、防音工の中に部材を取り込み、その後防音工と軌道桁、受桁の狭い空間を利用して設置箇所まで運搬する施工計画の流れとなる。

本橋は、橋梁上部の線路側も排水張板で塞がれており、上部からの取込みは難しいため、下面遮音板のパネルを一部撤去して桁下道路から部材を取り込む方法とした。また、受桁の直下には桁下

道路が交差しているため、交通規制が伴うものの、施工箇所直下から重量物の荷揚げ、取り込みが可能となれば防音工内での運搬を大幅に省略することができる。そこで、図-3に示すような「重量物荷揚げ運搬設備」を開発した。

「重量物荷揚げ運搬設備」の大きな特徴は、受桁ブラケット取付け位置の直上にH形鋼の梁を橋軸方向に設置し、受桁ブラケットを荷揚げ後、そのままギヤードトローリを用いて受桁ウェブ面まで橋軸方向へ移動させることで、荷揚げから設置までの一連の作業を効率的に行える点である。

4. おわりに

本工事は、東海道新幹線で施工実績の少ない桁端切欠き部を有する箱桁の支承取替工であったが、狭隘部での施工性向上、部材取込み設置作業の効率化により、無足場での施工を可能とした。また、防音工内で作業を行う工夫により騒音や飛来落下災害を抑え、住宅街での周辺住民への配慮を行い、無事故無災害で期限内に完工することができた。

今後、類似の現場条件下で工事を施工する際には、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式会社新幹線鉄道事業本部施設部工事課および名古屋保線所の皆様に深く感謝申し上げます。

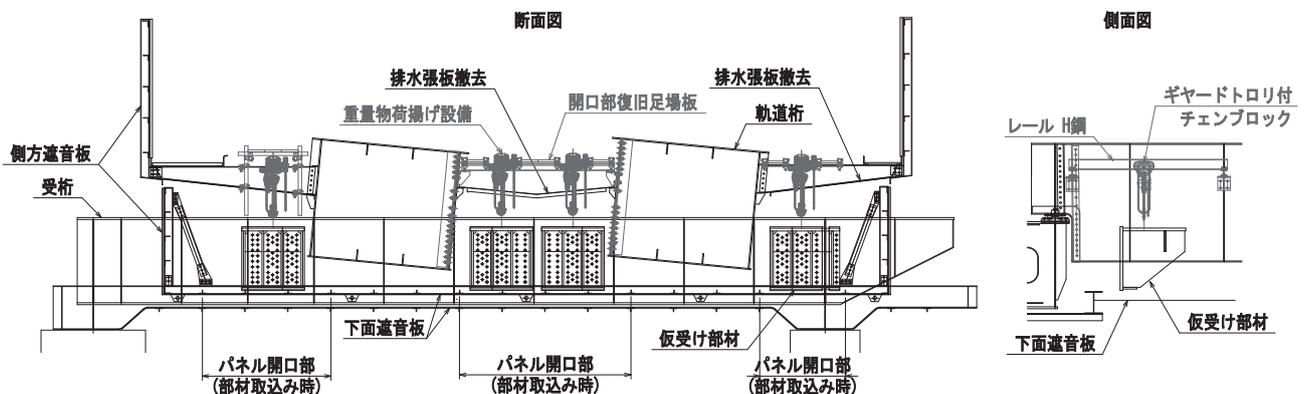


図-3 重量物荷揚げ運搬設備

27 工程管理

既設水道管下の BOX カルバート設置について

宮城県土木施工管理技士会
株式会社阿部土建
三塚 廣志

1. はじめに

本工事は既存の農地を大区画化し、大型機械の導入による労働生産性の向上や水田の畑利用による土地生産性の向上を図り、担い手への農地利用集積・集積化を促進する目的の区画整理工事である。

- 工事概要
- (1) 工事名：西小松 3-1 工区外区画整理工事
 - (2) 発注者：宮城県東部地方振興事務所
 - (3) 工事場所：宮城県東松島市矢本地内
 - (4) 工期：令和 5 年 8 月 31 日～
令和 6 年 6 月 28 日

2. 現場における課題・問題点

排水路工の付帯工種で市道を横断する排水暗渠工(図-1)の施工であり、下記の課題・問題点が生じた。

- ①：BOXカルバートを設置する掘削断面内に既設水道管(DIPΦ200K型)が約4m宙に露出することから水道管が自重により湾曲し、継手部の抜けが生じることでおこる【漏水対策】
- ②：施工時期が冬期間(2月)であることから水道管の【凍結防止対策】
- ③：試掘調査により水道管継手部が掘削断面内に露出することを確認したことでの【継手部の抜け防止対策】
- ④：水道管とBOXカルバートとの離隔距離が300mm程度と非常に狭いため、【据付時の接触防止対策】の4項目の対策が必要となった。

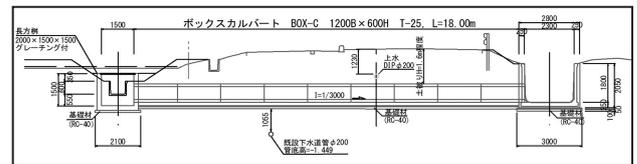


図-1 排水暗渠工横断面図

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

各課題①～③に対応した水道管防護施工図(図-2)を作成し水道管理者(石巻水道企業団)と協議を行った。

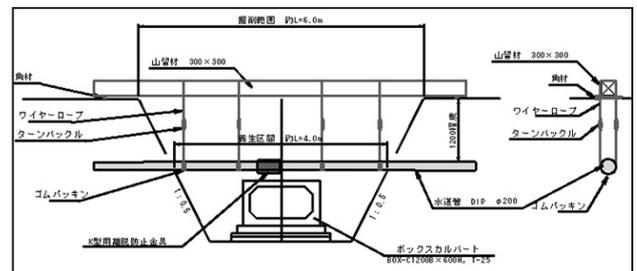


図-2 排水暗渠工横断面図

- ①：漏水対策については水道管の吊り防護を行うことにした。これは山留材(300×300)を水道管上部に配置し、ワイヤーロープとターンバックルを使用し水道管を吊ることで、自重による湾曲を防止する。注意点として水道管を持ち上げるのではなく、あくまで下方に動かない程度にワイヤーロープを張ること、山留材が地震などの影響で移動し、ワイヤーロープが必要以上に張られることを防止すること。(今回はAS舗装にアンカーボルトを打ち込み山留材を固定した)また、水道管に直接、ワイヤーロープが接触することで傷がつき腐食が発生しないように養生(ゴム板等)するこ

とが必要である。

②：凍結防止対策については水道管にコンクリート養生用の保温マットを設置、さらにその上からアルミ保温シートを巻き付けた。この対策は東松島市の2月の最低平均気温が -2°C と比較的高い地域であること、また水道管内の水は常時流動し凍結しにくい状況であることから、水道管理者との協議により簡易的な保温対策とした。



図-3 吊り防護全景

③：継手部の抜け防止対策については離脱防止金具K型用（図-4）を使用した。このことで吊り防護時の僅かな変位や施工後存置することで地震による不同沈下にも対応する継手部の保護を行った。



図-4 吊り防護全景

④：据付時の接触防止対策について前述の通り離隔距離（300mm程度）の狭い状況でのBOXカルバートの据付作業である。繊細なクレーン作業が不可欠でそのためには正確な合図・誘導が重要で

あることからラフタークレーンオペレータ・合図者・作業員にチャンネル数を同期させたヘッドセット（インカム）を装着させ、意思の疎通を図りながら作業を行った。このことで数cm単位での吊り作業の微調整を行うことができ、水道管にBOXカルバートを接触させず設置作業を終えることができた。

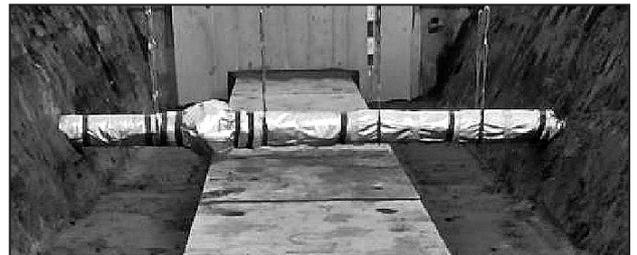


図-5 BOXカルバート設置全景

4. おわりに

上記の対策を実施したことで水道管の漏水、接触による破損もなく施工を完了した。補足として凍結防止対策については施工地域により気象条件（降雪量や最低気温）が異なり、場合によっては保温マット、アルミ保温シートに加えて電熱線による対策も必要と考えられる。また、既設水道管の構造が耐震継手である場合は水道管理者と綿密に協議し、離脱防止金具が必要か検討する。

最後に工事期間全般にわたり、ご指導、ご助言を頂いた発注者の皆様、石巻水道企業団の皆様並びに工事関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

28 工程管理

PC 上部工工事での事例

無所属

東日本コンクリート株式会社

現場代理人

現場担当者

三浦 位名典[○] 三島 一彦

1. はじめに

本工事施工箇所は、宮城県石巻市鮎川浜にあり牡鹿半島の先端部に位置していた。現場は河口から数百メートルにあり先の東日本大震災で旧橋が流失し生活に支障をきたしていた為地元の方々からは早期完成を望む声が上がっていた。

工事概要

- (1) 工 事 名：鮎川橋上部工工事
- (2) 発 注 者：宮城県東部土木事務所
- (3) 工事場所：宮城県石巻市鮎川浜地内
- (4) 工 期：(自) 令和元年 3 月 29 日
(至) 令和 3 年 5 月 31 日
- (5) 型 式：ポストテンション方式T桁橋
橋長41.8m, 全巾員12.8m(歩道2.5m×2)



図-1 現場施工前状況

2. 現場における問題点

工事受注後現地を確認したが、架橋位置は石巻

市鮎川支所と住宅街を結ぶ路線でありここに住んでいる住民の方々のことを考えると早期完成を望むのも当然であるとの思いが湧いてきた。この現場を施工するにあたり問題点として挙げられた事項を以下に示す。

- 1) 早期開通に向けて工程短縮が求められているので、工程短縮できる要素は何かを検討する必要がある。
- 2) 宮城県では近年橋名板の盗難事件が多発しており盗難防止対策を講じる必要がある。
- 3) PCグラウトを確実に注入するための材料選定が必要であった。
- 4) 伸縮装置組立完了後コンクリートを打設するが表面にクラックが発生する事例が多く、クラック防止に一工夫する必要がある。

3. 工夫・改善点と適用結果

上記問題点についての対処方法について以下に列記する。

- 1) 工期短縮の件であるが、発注時の主桁架設工法はガーダー+門構併用架設であった。工程表を作成したところ所要日数は、門構組立、解体で12日+架設で10日の合計22日であった。社内で検討した結果門構を200tクレーンの相吊りに変更するとクレーン分解組立に4日+架設5日の合計9日で作業完了となり13日の工程短縮を図ることができた。また門構組立を無くしたことで高所作業が減少し作業員の安全確保にも貢献できたと自負している。

2) 橋名板の盗難対策は、従来ナットの後ろのねじ山を削ることで対応していたが、宮城県においては盗難事件がテレビ、新聞などで数多く報じられていた。当現場では専用工具を用いてしか締めることのできないナットを使用して橋名板を取り付け盗難防止対策とした。



図-2 主桁架設作業状況

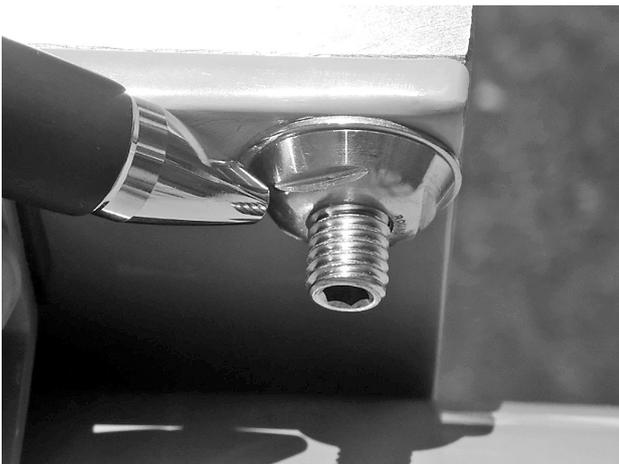


図-3 盗難防止ナット

3) 本工事の主桁ケーブルは、曲げ上げ区間があり空隙が発生しやすいという点でグラウトの確実な充填を困難なものにしていた。そこで当現場では水セメント比が小さく腐食耐久性の向上を図るため超低粘性プレミックスタイプのハイジェクター AD (NETIS KT-110037-VE) を使用して確実なグラウトの充填に努めた。

4) 伸縮装置コンクリート打設時には、毎回養生に頭を痛めていたのだが、今回は本社技術課と打ち合わせを行い被膜養生材フェアリート (NETIS KT-140071-VE) を使用した。部材が薄いため表

面が乾燥しやすい構造のため仕上げ作業時に散布することでクラック防止を図ることができた。

4. おわりに

今回の鮎川橋の現場施工中に、列記した4項目のほかの対応として書き留めておきたいのが、震度5クラスの地震が発生した際にいち早く現場に駆け付け石巻市内から鮎川浜までの道路状況を発注者に報告するなど地元寄り添った施工を心掛けたことである。現場は令和4年の5月に無事無事故で竣工を迎えることができた。

震災から年月は経過したものの、当時は慢性的な人手不足の真ただ中で下部工工事、土工事の遅延により全体工程がひっ迫していた中で、少なからず工程の進捗に貢献できたことは大きな喜びであった。完成時には地元の方々から「いい橋ができてよかったね。」と声をかけてもらい感慨もひとしおであった。現場のある鮎川浜は自然豊かな街で古くから沿岸捕鯨の基地として栄えてきた港町であり海水浴客でにぎわう場所でもあった。今後街づくりが進み以前のような活気を取り戻すことを切望してやまない。

今回の改善事例は、ここだけのものとせず会議や社内メールを活用して社内に周知し若手技術者にも技術や経験を伝承し、今後もより高品質の橋梁を発注者のもとより地域住民の方々に提供していけるよう全社一丸となって取り組んでいく所存であることを最後に申し添えておく。



図-4 現場完成全景

29 工程管理

工程短縮への取り組みについて

福岡県土木施工管理技士会
株式会社廣瀬組
現場代理人
下 條 敬

1. はじめに

本工事は、筑後川水系筑後川における護岸補修工事である。河川内を大型土のうと仮設盛土で仮締切を行い、既設護岸の崩壊箇所を矢板護岸、法覆護岸、根固めブロック据付けを行う工事である。

工事概要

- (1) 工 事 名：令和5年度
筑後川菅原地区護岸補修工事
- (2) 発 注 者：国土交通省 九州地方整備局
筑後川河川事務所
- (3) 工事場所：福岡県久留米市田主丸町地先
- (4) 工 期：令和5年8月19日～
令和6年3月25日

2. 現場における課題・問題点

本工事では、計画工程の立案時の問題点として、①出水期間が9月30日まで設けられ工事用道路の着手が10月以降となること。②施工箇所の掘削作業は、隣接するサイクリングロードについて11月からの通行止めとなっていること。③河川区域にかかる部分についての仮締切、河川部掘削作業の着手は11月15日以降となっていること。④2月中旬以降は、業種梅雨の時期となり盛土の施工に適さない期間となること。

上記を踏まえ、仮締切から護岸復旧の期間を11月中旬から2月中旬までの3カ月での計画工程の

立案をする必要があり、各施工段階の工程短縮を図ることが課題となった。

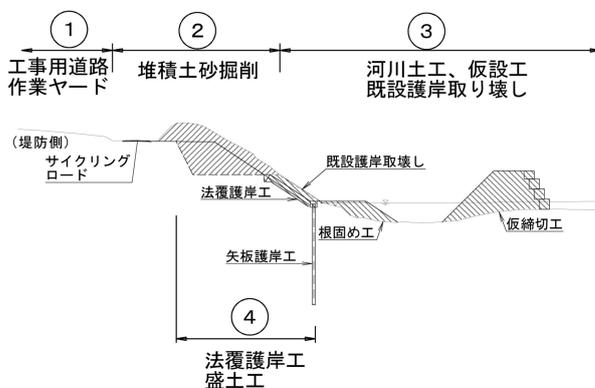


図-1 標準断面図

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

【施工管理に関する工程短縮の取り組み】

施工管理（測量や施工中の丁張設置作業）の業務効率化の取り組みとして、ICTの全面的活用を行い、施工管理に係る工程短縮を図ることとした。

伐採後の着工前測量と河川土工（掘削、盛土、法面整形）の出来形では、航空写真測量（無人航空機）による三次元起工測量及び三次元出来形管理を実施し、各管理作業は、1日程度で完了するため工程短縮を図ることができた。ICT建設機械による施工では、3D-MGバックホウシステムを活用し、河川土工の掘削、法面整形、護岸工の床掘作業において丁張設置作業、設置に要する作業人員と手間を削減し工程短縮を図ることができた。また、床掘作業時に重機の側で行ってきた計

測や確認などの人員配置も不要となるため、安全性においても向上することとなった。



図-2 ICT建設機械による施工状況

鋼矢板の位置出しや二次製品の据え付けに必要な丁張設置の測量作業では、快速ナビを活用し、通常複数人で行う作業を一人で行うことが可能となり作業の効率化を図ることができた。

【施工に関する工程短縮への取り組み】

①出水期間までの工程短縮として、仮締切に使用する大型土のう製作は、土砂仮置き場から土砂を現場内ヤードに搬入し製作する設計であったが、出水期間中に土砂仮置き場で事前に製作し、工事用道路完了後に搬入を行うことで10日程度の短縮を図ることができた。

②施工箇所の堆積土砂掘削に関しては、サイクリングロード利用者に対する安全対策を行い早期着手による工程短縮を図ることとした。

対策として、作業箇所との境界に立入禁止柵を設置し、夜間点滅灯の設置、誘導員の配置と重機作業箇所への見張員を配置することとした。

利用者に対する安全対策を行うことで10月中旬から土砂掘削が可能となり15日程度の短縮を図ることができた。

③河川区域にかかる部分についての工程短縮として、仮締切施工箇所が河川の本流となっていたため、本流の切り替えを行うこととした。

河川の最深部では、水深2.5m程度となり、仮締切の施工にあたって、土砂や大型土のうの流出により工程の遅れや施工不良が懸念された為、河川管理者と関係漁協との協議を行い、掘削押土によ

り河川中央側への本流の切り替えを行った。

これにより仮締切の施工性の向上により工程短縮を図ることができた。また、仮締切内を重機の作業ヤードとして活用することが可能となり、施工性の向上につながった。

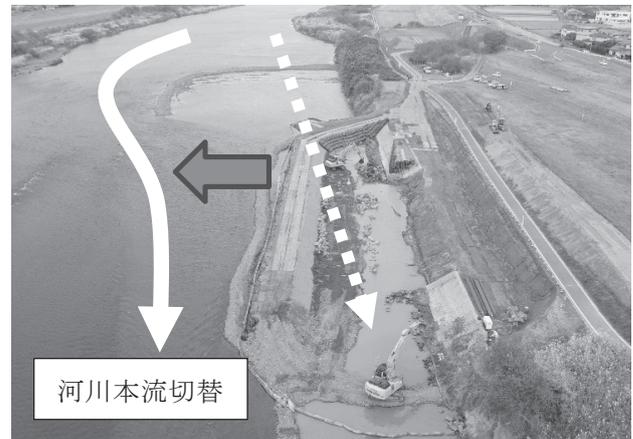


図-3 仮締切状況

④法覆護岸及び盛土の工程短縮の対策として、法覆護岸は、コンクリートブロック積で設計されており、日施工量が少ないため、大型ブロック張(連結)に変更し施工日数の大幅な短縮を図ることとした。また、小口止コンクリートに関しても二次製品を利用することで、コンクリートの養生期間が不要となり、工程短縮することができた。

盛土施工では、仮締切に使用した土砂を流用する計画であったが、含水比が高くなることが懸念された。流用するには、ばっき乾燥または改良材による含水比低下を図る必要があり期間を要するため、仮締切土砂の4割程度を流用可能と仮定し、不足の土砂は、掘削時に発生した土砂を場内へ仮置きを行い利用可能とすることで工程短縮を図ることができた。

4. おわりに

計画工程の立案時に施工条件や自然条件、週休二日の確保を考慮し、発注者との事前協議を行い工程短縮への取り組みを実施することで計画通りの工程で工事完了することができた。

30 工程管理

築堤工事における工程短縮について

福岡県土木施工管理技士会
株式会社廣瀬組
監理技術者
松 藤 隆 起

1. はじめに

本工事は、筑後川下流部の久留米市下田地区において、近年豪雨により甚大な被害が発生したことから水害に対する安全度の向上と地域生活の活性化を図るための堤防拡幅、嵩上げを行う工事である。本稿では、築堤工事における工程短縮について報告する。

工事概要

- (1) 工事名：筑後川下田地区築堤工事
- (2) 発注者：国土交通省 九州地方整備局
筑後川河川事務所
- (3) 工事場所：福岡県久留米市城島町下田地先
- (4) 工期：令和5年9月8日～
令和6年3月22日



図-1 着工前

2. 現場における課題・問題点

本工事は、当初計画では堤防法尻付近に設置さ

れているNTT柱の移設完了時期が10月下旬頃と予定されていたが、NTT柱移設工事に遅れが生じたため12月初旬から1月中旬まで移設期間を要することとなり計画より大幅に遅延が発生した。また、関係機関との現地確認によりNTT柱移設開始までに先行して排水構造物L=208m、集水柵2基、移設ヤードの造成を11月中に完了しておくことが必要となった。これらにより、施工内容の変更及び工程の見直しを行った結果、工程が非常に厳しい状況であった。そのため、いかに施工方法を工夫して全体工程短縮を図るかが課題となった。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

(1) 排水構造物工 工程短縮

1つ目に、排水構造物床堀作業時に情報化施工【杭ナビショベル（マシンガイダンスシステム）】を使用することにより丁張設置作業と床堀作業において丁張設置作業に要する作業人員と手間を削減、また床堀作業時に重機の側で行ってきた計測や確認などの人員配置も不要となるため、安全性においても向上した。

2つ目に、集水柵をすべて二次製品にて施工することにより、コンクリートの養生期間を除くことができ工程が大幅に短縮できた。

上記により、11月中に完了しておく必要があった排水構造物の施工であったが予定より早く移設業者へ引き渡すことができたことのほか、移設期間中においても移設業者と工程打合せを密に行い

移設業者に合わせた工程管理を実施したことで2週間工程を短縮することができた。



図-2 杭ナビショベルによる施工状況

(2) 河川土工 工程短縮

盛土量が $V=16,000\text{ m}^3$ 施工延長が $L=677\text{ m}$ と広範囲であったため、2班にて施工を実施することとしたが限られた人員での施工を効率化するため、盛土工においてマシンコントロールブルドーザ及び盛土の転圧管理ではGNSS締固め管理システムを搭載したタイヤローラ・コンバインドローラを採用し、締固め機械の走行軌跡を計測し、締固め回数をリアルタイムにオペレータ画面に表示することで、締固め不足の防止と均一な盛土の構築ができた。また、作成したデータに基づいて施工するため、人為的ミスや施工者の個人差が少なくなり効率的な施工ができた。



図-3 盛土施工状況

法面整形工においてはマシンガイダンスバックホウを使用することで丁張掛け作業がなくなった

ことから、測量作業員と重機との近接作業を防止でき、また重機から降りての確認作業等の必要が無くなったことから、他稼働重機とオペレータとの接触および重機昇降時の転倒などの災害も防止することができた。

上記により、工程短縮はもちろんであるが安全性の両面において向上することができた。



図-4 法面整形状況

4. おわりに

今回の工事は、施工延長が長く支障物件の移設の遅延かつ例年より雨が多い年であり特に工期末は施工ができない日が多く発生したが、以上の対策を実施することにより施工工程の確保を行い、週休2日を確保し現場を完成させることができた。

そのほか、生活道路の通行止めや切り廻しが発生したため、頻繁に各関係機関及び近隣住民の方へ工事内容を説明しコミュニケーションを図ったことで、スムーズに現場を進捗でき地域住民からの協力を得られた。

今後も第一に無事故・無災害に向けて取り組み、近隣地域への配慮を怠ることなく、全作業員で現場完成を目指して行きたいと思う。

31 工程管理

大規模掘削他工事における 工程短縮および河川汚濁対策

岡山県土木施工管理技士会

株式会社荒木組

副課長

副部長

岡田 康平[○] 寺戸 慎一

1. はじめに

本工事は小田川合流点付替え事業における最下流部箇所での河床掘削および護岸ブロックと根固めブロックを施工する工事である。主な工事数量は以下の通りである。

- ・河川土工 掘削（水中含む） $V=103,000\text{m}^3$
- ・法覆護岸工 ブロック張 $A=6,000\text{m}^2$
- ・根固め工 根固めブロック $N=2,786$ 個

工事概要

- (1) 工事名：令和4年度小田川付替新合流点
右岸護岸他工事
- (2) 発注者：国土交通省 中国地方整備局高梁
川・小田川緊急治水対策河川事務所
- (3) 工事場所：岡山県倉敷市船穂町水江地先
- (4) 工期：R5年4月10日～R6年3月29日

2. 現場における問題点

①掘削工での制約条件

掘削土量が大規模かつ、掘削土は他現場への土砂運搬が必要とされる中、土砂運搬先の受入期限や付替え下流部の本川沿いにおける掘削期間の制約などの施工条件があった。また、土砂運搬は場内の高水敷（最小幅5m）を通行する計画となっていることに加えて、土砂受入期限の制約により日当たり1,000 m^3 程度の土砂搬出が必要であることから、10tダンプトラックを使用した場合、15台

以上の車両による運搬が必要となり、離合時等の混雑により、目標搬出量の施工が困難であると予想された。

よって、厳しい工程条件がある中、本工事や付替え事業全体を完成させるため、いかに他現場との密な工程管理調整を実施するとともに、工程短縮工法を立案するかが課題となった。

②水中施工時の河川汚濁

水中部での掘削工や根固め工の施工時において、濁水の発生による河川汚濁が懸念された。加えて、根固め工は当初設計時に陸上施工で見込まれており、水中部での締切り盛土や水替えが必要となることから、濃度の高い濁水の発生が懸念された。

よって、施工手順および施工方法の再検討を行い、いかに濁水濃度および濁水発生期間を最小限に抑えるかが課題となった。

3. 工夫・改善点と適用結果

①掘削工での制約条件

アーティキュレートダンプトラックを3台稼働して土砂運搬を実施した。結果、10tダンプトラックの4倍程度の土砂積込みが可能となることに加えて、車両往来時の混雑を緩和することが可能となり、日当たり施工量を増加させることができた。また、本川沿いの掘削期間が困難と予想されたため、アーティキュレートダンプトラックを使用し、その後10tダンプトラックに

て現場外搬出を行った。なお、アーティキュレートダンプトラック後退時などの接触防止対策として、無線による合図・誘導を図った。

密な工程管理を行う工夫として、現場で稼働しているICT建機が施工した情報をクラウドへ常時共有できるシステム（SMART CONSTRUCTION Dashboard）（図-1）を導入し、日々の施工管理を行うことで、他現場や発注者と打合せの高度化・効率化を図った。

結果、厳しい工程条件がある中、各条件を遵守しての施工を行うことができた。



図-1 クラウド上での施工量計測状況

②水中掘削時の河川汚濁

掘削時の濁水対策としては、汚濁防止フェンスや沈砂地の設置に加えて、本川沿いに必要最低限（車両通行幅8m）の土堤を存置し、土堤内の土砂掘削を先行（図-2）することで、濁水が発生する期間を短縮することができた。



図-2 土堤内の掘削状況

根固めブロックの施工については、水中での締切り盛土や水替えが不要である水中施工へ工法変更した（図-3）。



図-3 根固めブロック水中施工状況

なお、水中施工を行うことで、床掘時の精度不良が懸念されたため、施工履歴を取得できるICT建機を使用して施工することで、オペレーターがモニターを確認しながら施工することが可能となり、手戻りなく且つ高精度な施工を行うことができた（図-4）。



図-4 ICT床掘状況+モニター画面

結果、濁水の発生濃度及び発生期間を最小限に抑えることができ、クレーンなく完工することができた。

4. おわりに

工程短縮のため、日当り施工量を増加させると、品質や安全面での管理が疎かになりやすいので、ICTなどのデジタル技術を活用した施工を併用することによる品質・安全確保が重要と考えられる。

河川の濁水対策では、一般的に汚濁防止フェンスや沈砂地などの抑制対策が施されるが、発生原因が最小限となるような作業手順や施工方法を立案することが、技術者として重要と考えられる。

32 工程管理

消波ブロック製作における 安全かつ効率的な工期短縮方法

京都府土木施工管理技士会
西田建設株式会社
代表取締役
西田 英生

1. はじめに

本施工は、漁港内で消波ブロックを製作するものである。

重さ16tの消波ブロックを143個製作することとなっている。

設計変更により製作個数が増えたことを受け、工期に余裕が無かったことから、迅速かつ安全に竣工させる必要があった。

については、工期短縮を図りつつ最大限の安全に配慮した工程管理方法について述べる。



図-1 消波ブロック設置ヤード範囲

工事概要

- (1) 工事名：令和5年度中浜漁港整備工事
(その1)
- (2) 発注者：京都府水産事務所
- (3) 工事場所：京都府京丹後市丹後町中浜 地内
- (4) 工期：令和5年11月1日～
令和6年3月29日

2. 現場における課題・問題点

本施工は、設計変更により消波ブロックの製作

個数が当初より23個も増えた。

これを受けて、工期内で竣工させることが困難であることが計画段階で想定された。

また、製作する消波ブロックの重量が16tにも及ぶ為、進捗ばかりを意識すると重大な災害が出る恐れが危惧された。

そこで安全かつ効率的に作業を進めることが課題となった。



図-2 消波ブロック (16t) サイズ感

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

まず消波ブロックの製作過程を簡単に説明すると次の通りとなる。

“①型枠組立→②コンクリート打設→③養生後、脱型→④指定ヤード内に転置”

施工計画書の作成段階で精査したところ、上記③④にて効率化を図るポイントがある事が洗い出された。

冬季(12月～3月)のコンクリート打設であることから保温性を有した養生シートの施工が不可

欠である。

しかし消波ブロックの形状や、強烈な海風の中で養生シートを被せるのは困難であることが示唆された。

そこで③の養生に関しては消波ブロック専用の養生シート「コマシート」を使用する事とした。



図-3 コマシート使用状況

予め消波ブロックの形状に採寸された形状である為、施工性が高く強風時でも迅速に作業が可能となることで工期短縮を図った。

更に④の転置作業については消波ブロック専用のサスペンダーを使用する事とした。

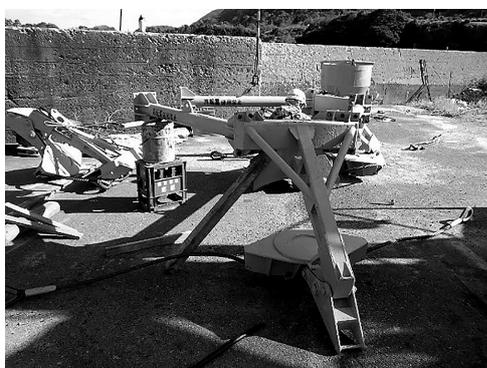


図-4 サスペンダー（メーカー指示の元で組立）

消波ブロックは通常のワイヤーロープを使った玉掛け作業も存在するが、独自の形状から手間が掛かり、吊り荷も不安定となることから安全な作業とは決して言えない。

サスペンダーを使用する事によりワンタッチで迅速に玉掛け出来るだけでなく、消波ブロックの3点支持が可能となることで非常に安定した吊作業が可能となる。

これらにより事故無く工期内で余裕を持って竣工する事が出来たことを強調したい。



図-5 サスペンダー使用状況

4. おわりに

本施工においては、設計変更による消波ブロック製作個数の増加という厳しい状況下で、工期内に安全かつ効率的に竣工することを最優先課題として取り組んだ。

特に、重量16tの消波ブロックを143個という多量にわたって製作する過程では、従来の作業手順を見直し、効率化を図ることが不可欠であった。

そのため、養生作業においては「コマシート」を使用し、風の影響を受けやすい環境下でも迅速な施工を実現した。

また、転置作業には消波ブロック専用のサスペンダーを導入することで、安全かつ安定した吊作業を確保し、作業効率を大きく向上させた。

これらの取り組みにより、当初懸念されていた工期の遅延を防ぎ、また安全面でも十分な配慮を行うことができたと考える。

工期短縮に成功し、予想以上の余裕を持って竣工に至ったことは、効率的な作業フローと、全体を見据えた工程管理の賜物であると考察する。

特に、安全管理を徹底し、事故やトラブルの発生を未然に防ぐことができた点は、今後の類似工事における重要な実績として活かすべきであろう。

引き続き、より効率的かつ安全な施工方法の改善に努め、次なる挑戦に向けて進んでいきたいと考えている。

本施工が無事に完了したことは、関係者一同の協力と努力の賜物であり、この場を借りて心より感謝を申し上げます。

33 工程管理

断面修復工における作業効率向上に向けた工夫

長野県土木施工管理技士会

株式会社倉品組

工事主任

松澤 敬吾[○] 倉科 友行

1. はじめに

本工事は、RC現場打ち箱型橋梁の補修工事で施工から約62年経過しており函渠内空に著しい劣化が見られるため、今後の長期保全を目的に施工するものである。

工事概要

- (1) 工事名：令和5年度道路メンテナンス補助事業橋梁長寿命化修繕工事
- (2) 発注者：大町市役所 建設課
- (3) 工事場所：大町市美麻千見 大平沢橋ほか
- (4) 工期：令和6年1月26日～令和6年10月31日

2. 現場における課題・問題点

RC現場打ち箱型函渠（ボックスカルバート）は施工年次が昭和35年と古く当時の図面が無いため内部の配筋位置が不明ではつり作業で鉄筋の欠損の恐れがあった。また、ボックスカルバート（図-1）の内空高さは2.5m、幅3.0mで機材等を配

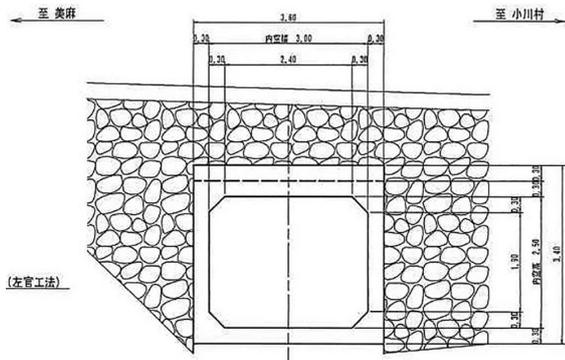


図-1 RC現場打ち箱型函渠

置すると作業スペースが狭くなり、機材との接触による転倒災害の恐れがある他、重量のあるはつり機等の長時間作業は困難で作業工程に遅れが生じる事が想定された。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

施工前に補修箇所の把握のため大平沢橋底版、側壁、頂版下面を調査した。その結果多くの補修箇所を確認したが構造物内の配筋状況が不明のままではチッピング作業時に既設の鉄筋を破損してしまう恐れがあったので、鉄筋探査機（図-2）を用いて事前に構造物内の鉄筋位置、配筋、被り厚等を把握した。この結果を基に破碎箇所の見極めを行って絞ってはつり作業を行ったため、既設鉄筋を破損する事無く作業が終了した。

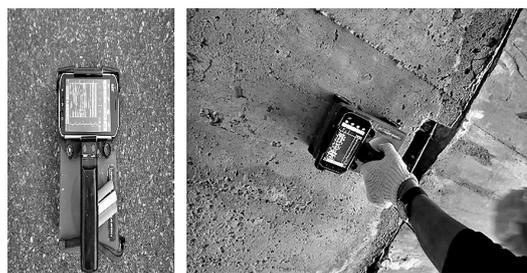


図-2 鉄筋探査機（探査状況）

また、大平沢橋頂部版下面ではジャンカの状態を数か所確認した。今回補修対象外であったが、雨水の侵入により劣化を起し橋の品質低下を招く事が予想されたのでモルタル補修（図-3）を行って橋全体の耐久性を維持し品質保持に努めた。

当現場でははつり作業は、作業スペースが狭く作業員の身体的な負担が予測された。特に頂版

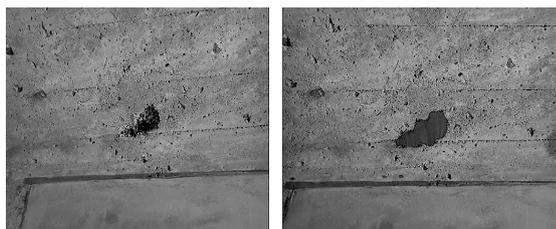


図-3 補修前・補修後

下面（天井部）でののはつり作業は、はつり機械（チップパー）が重いため長時間保持するのは困難であった。そこでチップパーに単管パイプとクランプを組んで、チップパーを手で持たずに足で押し上げるだけで、操作可能な簡易的な装置を作製し、使用した。これにより、作業員の身体的疲労は緩和され長時間上向きのはつり作業も可能となり、作業効率が向上した事で作業日数を少なくする事ができ、全体工程を短縮した（図-4）。



図-4 上向きでののはつり作業状況

次に、安全対策として現場作業場の搬入路を河川上流部に設置したが、落下の危険性が高い河川への降り口とボックスカルバート下流側端部の開口部に落下防止柵を設置し、作業員の落下事故防止のための配慮を行った（図-5）。



図-5 落下防止柵設置

現場周辺地域での環境対策として、はつり工や乾式吹付工において、作業空間を養生や閉め切り対策等で防ぎきれない微量の粉塵の飛散に対して高圧洗浄機を用いて、舞い上がった粉塵に向けて

散水を行った（図-6）。これにより、近隣の住宅や畑への粉塵飛散を防止する事ができ、人的被害も苦情も出ずに作業が終了した。



図-6 粉塵対策散水状況

4. おわりに

橋梁修繕工事中は、常に通行車両に対する安全と地域環境の確保と市道沿線の住民に対する丁寧な情報提供による交通規制へのストレス軽減を心掛けた。地元からの要望等にも耳を傾けて通勤時間帯は規制を緩和して地元車両を優先的に通行させて、現場周辺の道路破損箇所等修繕、高欄基礎部分の補修を行って道路維持、景観美化に努めた。



図-7 現場周辺道路補修

施工期間を通じて地域の方々と道路草刈り作業を一緒に行って橋梁補修工事へのご理解ご協力いただけるように努めた（図-7）。また、橋梁修繕工事を行った事で周辺環境が良くなったと感じてもらえるように現場内の清掃やゴミ等の持ち帰りを励行し地域への環境保全に配慮しながら進めた。上手くいった部分と予期せぬ事など反省すべき事案もありましたが、発注者はじめ関係機関、地元住民・地権者の皆様からご指導ご鞭撻をいただき無事故で竣工できたことにこの場を借りて感謝申し上げます。

34 工程管理

架設・床版打設計画の工夫による工程短縮

日本橋梁建設土木施工管理技士会

UBE マシナリー株式会社

現場代理人

担当技術者

岡田 拓也[○] 清水 征也

1. はじめに

すさみ串本道路は、国道42号の代替道路となる近畿自動車道紀勢線のミッシングリンク解消のために整備が進められており、本工事はその一部である二色川橋（鋼4径間連続細幅箱桁橋）の製作、架設（クレーンベント工法）、合成床版、仮栈橋撤去を施工する工事である（図-1・2）。

P2-A2間は仮栈橋上から、A1-P2間は地上から架設を行い、施工完了後の仮栈橋撤去まで工事範囲である。

JR紀勢本線と立体交差するP1-P2区間はJR委託施工範囲であり、JR委託施工業者との工程調整が重要な課題であった。

- (1) 工事名：すさみ串本道路二色川橋上部工事
- (2) 発注者：国土交通省近畿地方整備局
- (3) 工事場所：和歌山県東牟婁郡串本町二色地先
- (4) 工期：令和4年2月19日～
令和6年7月31日

2. 現場における問題点

当初の架設計画では、A1-P1間およびP2-A2間の架設後にJR委託施工業者にてP1-P2間の落とし込み架設を行う計画であったが、落とし込み架設の場合1夜間での連結作業が困難であり、交通開放ができないと判断したため、全区間を通じてA2側からA1側への片押し架設に変更となった。JR委託施工区間の施工時期は前倒し不可の条件であり、片押し架設に変更となったことでJR委託施工後にA1-P1間の桁架設を行う必要が生じたため、全体工程の遅延が想定された。

そのため、架設手順や床版打設手順を工夫することで工程遅延を防止し、工事全体の工程短縮を



図-1 二色川橋完成

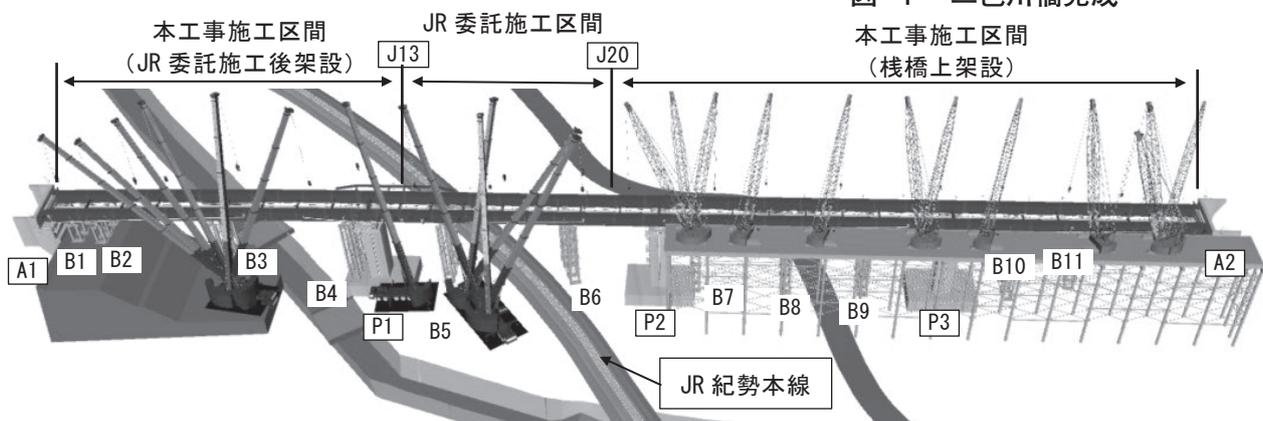


図-2 二色川橋 架設計画図

図る必要があった。

3. 工夫・改善点と適用結果

(1) 架設途中におけるベント設備の解体検討

架設工程短縮のため、JR委託施工範囲（P1-P2間）の架設作業と並行作業で先行架設区間（P2-A2間）のベント設備解体（対象：B7～B11の5基）を検討した。

ベント設備の解体作業はJR委託施工に影響のない範囲とする必要があるため、解析により架設ステップ毎の桁変形を把握し、先行解体するベント設備を決定した。

検討の結果、ベント設備を5基全て解体した場合はJR委託施工範囲との施工境界であるJ20の仕口が40mm程度跳ね上がる状態となり、JR委託施工架設に影響が生じることが判明した。次に、B8ベントのみ存置し、B7、B9～B11ベントを解体した状態で解析を行った結果、J20の仕口たわみが2mm程度と水平状態になり、JR委託施工による架設への影響がないことを確認した。よって、ベント設備B7、B9～B11の計4基についてJR委託施工架設と並行した先行解体を行い、約1ヶ月の架設工程短縮を図ることができた（図-3・4）。

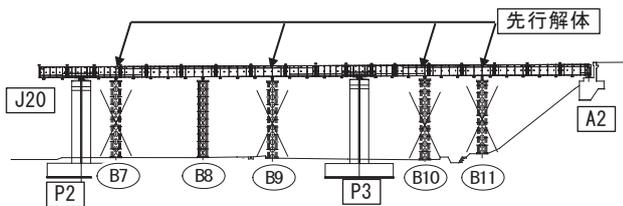


図-3 ベント設備解体検討



図-4 ベント設備先行解体状況

(2) 工程に配慮した床版打設順序の検討

床版コンクリート打設計画は、1日の施工可能量を考慮したうえでコンクリートへ有害なひび割れを発生させない打設順序を検討する必要がある。

本工事ではコンクリート品質への配慮に加え、工程短縮のために合成床版架設作業と打設作業および後工程の仮栈橋撤去工を効率的に行える床版コンクリート打設順序の検討を行った。

検討は「床版打設検討プログラムCOMPO（MHIパワーエンジニアリング（株））を使用し、仮栈橋撤去工に影響するP2-A2間の床版打設を先行しつつコンクリートへひび割れを発生させない打設順序、打設間隔を検討した（図-5）。

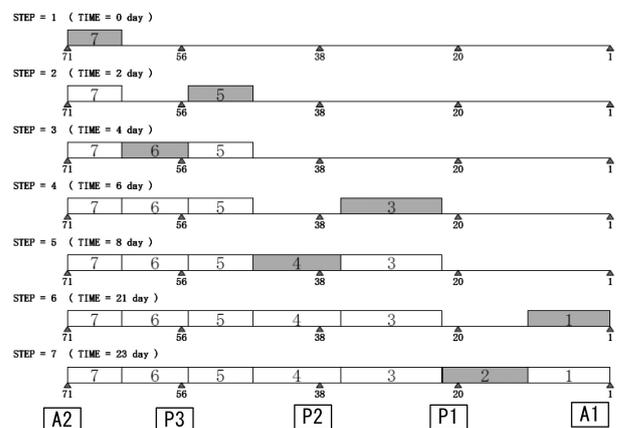


図-5 床版打設順序の検討

検討結果より、P2-A2間の床版コンクリート打設を先行して行うことが可能となった。その結果に伴い、P2-A2間の床版コンクリート打設とA1-P1間の合成床版架設を同時並行で行い、A1-P1間の床版コンクリート打設と並行作業で後工程である仮栈橋撤去を実施できたため、全体工程を約1ヶ月短縮することができた。

4. おわりに

本工事において、架設や床版打設計画の工夫により、JR委託施工業者と連携した効率的な施工が可能となり、全体工程を約2ヶ月短縮し、無事完工することができた。最後に、本工事にあたりご指導、ご協力をいただいた発注者の皆様、工事関係者の皆様に深くお礼申し上げます。

35 品質管理

プレキャスト部材に連結する コンクリートの品質確保について

宮崎県土木施工管理技士会
上田工業株式会社
羽賀 康博

1. はじめに

本工事は九州中央自動車道「五ヶ瀬・高千穂道路」の一環として、カルバート工を施工するものであった。カルバート工本体はプレキャスト製品であったが、それに連結する翼壁は現場打コンクリートであったため、その品質の向上を目的とした取り組みについて記述する。

工事概要

- (1) 工事名：宮崎218号五ヶ瀬東IC構造物設置工事
- (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：宮崎県西臼杵郡五ヶ瀬町
- (4) 工期：令和5年11月17日～
令和6年8月9日

2. 現場における課題・問題点

本工事のカルバート工は、大型のプレキャストボックスカルバートを設置し、その起終点側の頂版部または側壁部に現場打の翼壁工を施工するもので、翼壁工施工においては既設部（プレキャストボックスカルバート）に拘束されることで発生する外部拘束のひび割れの懸念があった。

また、環境条件も外気温が高い夏季の施工で、1ロットあたりの打設数量が20m³以下でありながら、打設高が最大4mあり、内上がり速度の影響による沈降クラックやコールドジョイントの発生と

脱型後の乾燥によるひび割れ発生の懸念があった。

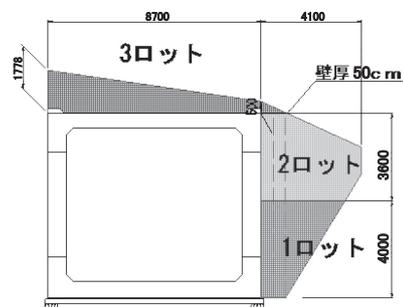


図-1 標準横断面図

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

一般に外部拘束に起因するひび割れは比較的幅も大きく、貫通ひび割れになるケースも多い事から、施工に先立ち、温度ひび割れの発生確率を事前に予測し、施工方法を選定するために温度応力解析を実施した。ひび割れ指数の目標は、その幅が過大とならないように制限することを目標として1.0以上とした。解析結果は3ロット全てにおいてひび割れ指数が目標とする指数1.00を下回る結果となった(図-2)。そのため、費用対効果を勘案し、以下に示す対策を行いひび割れ指数の改善を試みた。

- ・対策 膨張材の使用+ひび割れ誘発目地の使用。
(誘発目地は3ロット目のみ)

その結果、図-3のとおり全ロットの外部拘束に起因するひび割れ指数が改善され、全ロットにおいて目標とするひび割れ指数1.00を上回る結果となった。これにより本対策が温度ひび割れの対

策が有効であることが示されたため、膨張材の使用とひび割れ誘発目地を併用し、翼壁工の施工を行った。

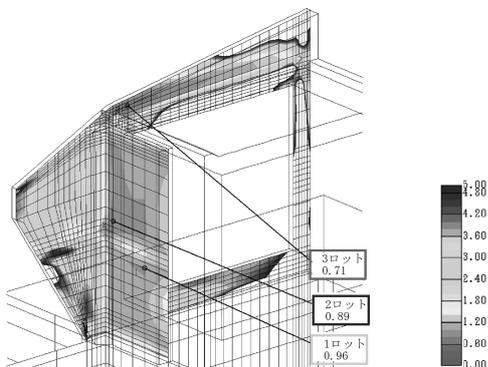


図-2 躯体中心部における最小ひび割れの指数分布(当初)

(1ロット0.96 2ロット0.89 3ロット0.71)

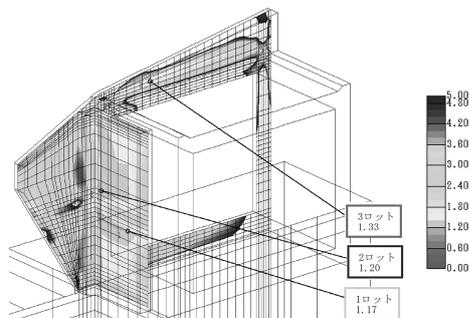


図-3 躯体中心部における最小ひび割れの指数分布(膨張材+誘発目地(3ロット目))

(1ロット1.17 2ロット1.20 3ロット1.33)

沈降クラック、コールドジョイントへの対策として、コンクリート打設は急速に打設せず、コールドジョイントが生じない範囲で3回に分けて一旦打込みを停止し(30分程度)、下部コンクリートの落ち着きを待ってコンクリートを打設した。バイブレーターには、下層に10cm程度挿入する目安として、ビニールテープにてマーキングを行い、上下層が一体となるように締固めを行った。また、セパレータ部は特に沈降クラックが生じやすい。そのため、打設後1時間程度経過した箇所から、セパレータ部は全箇所叩きなどの再振動(図-4)を行い沈降クラックの抑制を図った。また、乾燥収縮によるひび割れ対策として、1週間の養生期間を設け、脱型後は速やかにコンクリート表面養生剤(コンクリート表面に浸透し、

水分の蒸発を抑制するとともに、空隙中の自由水の表面張力を下げ、ひび割れの発生を抑制する収縮低減剤)を全面に塗布し、乾燥収縮によるひび割れ低減を図った(図-5)。

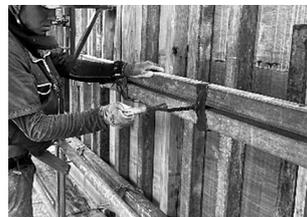


図-4

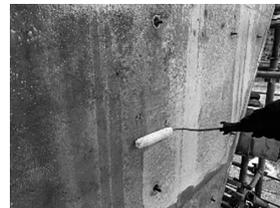


図-5

これらの結果、初期段階におけるコンクリートのひび割れ発生を防ぐことが出来た。また、沈降クラックについては、適切なタイミングで再振動を行ったことでその発生を防止することが出来たと思われる。

初期欠陥防止への取り組みは、足場解体後の出来栄にも顕著に表れ、その効果を感じる事が出来た。

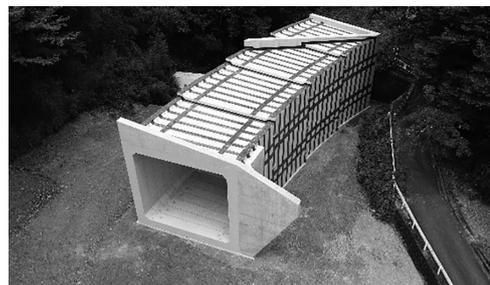


図-6 完成写真

4. おわりに

今回実施した温度応力解析では表面部のひび割れ指数は1.0を下回る箇所があったが、ひび割れ指針2016では養生により防止できる性質のものであるため、温度ひび割れ照査の対象としないため、評価外とした。今回は部材厚が薄いため、適切な養生を実施した結果、ひび割れの発生を防ぐことが出来たが、部材厚に応じてさらなる対策を講じる必要性を感じた。

建設工事の品質は、人々の生活や安全に直結しているため、高い品質の構築物を建設していくことが、施工業者の責務だと思う。今後も創意工夫をもって、より良い構築物を建設していきたい。

36 品質管理

床版コンクリートの 品質向上に向けた工夫について

日本橋梁建設土木施工管理技士会
宮地エンジニアリング株式会社
現場代理人・監理技術者
石本 好幸

1. はじめに

当現場は1級河川（加古川）上に鋼製桁を架設の後にRC床版コンクリートを施工する工事であり施工は非出水期の期間（11月～5月）限定で現場の施工期間は合計17ヶ月の工事である。

工事概要

- (1) 工事名：(一) 松尾青野ヶ原停車場線
大門橋 橋梁上部工工事
- (2) 発注者：兵庫県
- (3) 工事場所：兵庫県加東市大門地内
- (4) 工期：令和3年12月16日
令和6年7月12日まで



図-1 床版コンクリート施工前

2. 現場における課題・問題点

当現場は1級河川上の工事であるため1回目の非出水期は、令和4年11月から鋼桁架設を工程通り進捗し完了した。令和5年6月から出水期の期

間は休工として、2回目の非出水期の施工である吊り足場組立も工程通り進捗した。

令和5年12月から施工開始の河川上で冬季のコンクリート施工について施工管理及び品質管理が懸念された。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

現場で使用する床版コンクリートについて、低添加型膨張材を添加する計画とし、事前に試験練りを行い事前に品質及び圧縮強度を確認した。

床版コンクリートの施工結果で良好な結果であった為、後工程を考慮してひび割れの発生しやすい地覆コンクリートにも膨張材を添加した。有害なひび割れもなく品質・出来栄の良好なコンクリートを施工することが出来た。



図-2 膨張材投入状況

河川上の施工であるため、周辺に遮蔽物がなく風の影響で床版コンクリート打設直後にプラス

チック収縮ひび割れが生じやすい。対策を検討した結果、床版の両側面の橋軸方向全長に単管パイプとシートにて高さ2mの風防設備を設置し、風の影響によるコンクリート表面の乾燥を防止する計画とした。床版コンクリート打設開始から打設完了まで設置したことにより、直接コンクリート表面に強風の影響を受けず、外観も品質も良好なコンクリートを施工することが出来た。



図-3 風防設備設置状況

コンクリート打設後の養生に関しては、通常より保水性能の高い養生マットを使用して養生した。また養生マット内の湿度をセンサーにて常時計測し、養生マット内の湿度が80%以下になると給水を行う自動給水システムを構築して湿度管理を行った。さらに潤養生期間を通常9日間から28日間に延長して収縮ひずみを低減し、乾燥収縮ひび割れを抑制した。結果として良好なコンクリートを施工することが出来た。またコンクリートの施工時期が2月～3月であり、日平均気温が5℃～10℃程度で有り特に夜間の気温が低かった為、



図-4 練炭養生

打設日から5日間は練炭を配置して給熱養生を行い、温度低下を防止した。

現地の気象条件や施工性について事前調査を行いコンクリートの品質向上に関する工夫を計画し現場施工で確実に実施したことにより、出来栄え・品質も良くなった。工夫を実施する為に出費は増加したが、現場に関しては、出費以上の結果が得られた。現場の見た目だけでなく結果として施工管理者の経験実績に繋がった事と、工事完成後の竣工検査時に発注者の評価も高かった。

当社の施工については鋼橋架設工事が主体であり、コンクリート床版工事が施工範囲外の工事現場も多数ある。自身もコンクリート床版の施工については、約4年ぶりであり、社内の事前の詳細計画が的確であった為、現場の施工は滞りなくコンクリートの品質向上が実施できた。施工当初は若干の不安も有ったが、計画段階で多数の品質向上に関する工夫が有り不安材料も無くなった。今までの床版コンクリート打設現場では経験したことが無い計画が多数あり自分自身のスキルの向上にも繋がった。



図-5 床版コンクリート完了

4. おわりに

今回の事例を今後の類似工事にも反映させることが必要不可欠でありコンクリートの施工管理については専門的な知識が必要は基より、事前の対策も重要であることを今回の現場で痛感した。

この工事にて計画・施工を共にした関係者の様方に紙面を通じて感謝の気持ちを伝える事とする。

37 品質管理

地盤改良工の品質向上に 対する取り組みについて

福岡県土木施工管理技士会
株式会社廣瀬組
現場代理人
古賀 隼人

令和6年2月29日

1. はじめに

有明海沿岸道路は熊本県熊本市から佐賀県鹿島市に至る高規格道路で、現在39.2km（直轄工事29.2km、佐賀県事業10km）が開通している。将来的には主要な都市や重要な空港・港湾である九州佐賀国際空港及び三池港を連絡するなど、高速自動車国道を含め、これと一体となって九州の広域道路ネットワーク計画の一翼を担う高規格道路である。

当事業の直轄工事の内、三池港IC入口交差点付近は地盤高が低く、台風時の高潮による冠水が発生している状況であり、近年の台風の接近回数が増加していることから、冠水発生リスクが今後増大していく可能性があるため、三池港ICの形状変更（連絡路整備）を行い、災害発生の機能を確実に確保することが目的である。

本工事は、有明海沿岸道路整備事業の内、大牟田市新港町地先において三池港IC連絡路（L=2.7km）の一部区間内で深層混合処理（スラリー攪拌N=200本）を行う地盤改良工事である。

工事概要

- (1) 工事名：福岡208号
新港地区改良（4工区）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：福岡県大牟田市新港町地先
- (4) 工期：令和5年8月5日～

2. 現場における課題・問題点

当該地域は表層付近に有明粘土を主体とする軟弱層が10m程度堆積した軟弱地盤であるため、高品質な地盤改良杭の施工が必要であった。

本稿では、当現場の地盤改良施工時に品質向上として取り組んだことを報告する。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

一つ目は、地盤改良施工前の転石調査時にスケルトンバケットを使用して転石除去を行ったことである。

事前調査ボーリングの結果を基に、地中深さ3m程度にある30cm以上の転石及び支障物を除去することが転石調査の目的であり、これを除去せずに施工を行うと地盤改良機の攪拌翼の羽に石や支障物が絡まり、攪拌回転不足や改良不足等の起因となるため、転石及び支障物を入念に取り除くことが必要であった。

当現場では網目が細かいスケルトンバケットを使用したため、大きさ30cm以上の転石及び支障物を確実に除去することができた。これにより、転石及び支障物による改良不良の原因を解消することができた。

二つ目は、地盤改良杭の定位置再攪拌（ダブルリング）による品質確保である。

改良杭の杭頭部・杭底部は攪拌翼が全長に行き

分布深度 (GL-m)	分布標高 (E.L.±m)	地層	記事
0.00	+4.75	雑混じりシルト質砂	細砂を主体とし、全体的にシルトを含む。 所々にφ5~10mm程度の遊角礫を混入する。 深さGL-0.85m付近にφ60mm大の巨礫が点在する。
0.80	+3.95		
2.75	+2.00		
2.75	+2.00	砂	粒径が均一な細砂
3.05	+1.70		
3.05	+1.70	玉石	岩片状~短棒状コアで採取する
4.75	0.00		
4.75	0.00	砂礫	φ5~40mm程度の遊角礫を多量に混入する。 マトリックスは細砂を主体とする。 深さGL-4.00m付近に巨礫が点在し、7cm程度の短棒状コアで採取する。
8.70	-3.95		
8.70	-3.95	細・シルト混じり砂	細砂~細中砂を主体とする。 部分的に軟質なシルトが混入する。 所々にφ5~20mm程度の遊角礫を混入する。
10.90	-6.15		
10.90	-6.15	雑混じりシルト質砂	細砂~細中砂を主体とする。 部分的に軟質なシルトを含む。 所々にφ2~10mm程度の遊角礫を少量で混入する。
12.60	-7.85		
12.60	-7.85	砂	細砂および細中砂を主体とする。 全体的に軟質なシルトを含む。 所々にφ2~10mm程度の遊角礫を少量で混入する。
14.35	-9.60		
14.35	-9.60	強化砂岩・頁岩	砂岩と頁岩の互層を呈する。 全体的に砂岩が優勢である。 上部部は風化顯著で粘土化が進行するものの、 所々に粘土を含まず。 深部に硬い岩質は硬質となり、採取コアは岩片状~塊状を呈する。
19.25	-14.50		

図-1 地層分布状況



図-2 支障物除去及び転石の集積状況

渡らず、均一な改良体が形成できない恐れがあるため、杭頭部・杭底部の1m区間は繰り返し攪拌(ダブルリング)を行うことで、高品質な改良体を形成できるよう工夫した。

施工完了後のチェックボーリングによるコア確認及び一軸圧縮試験・針貫入試験において不良箇所もなく、高品質で均一な改良体を形成することができた。

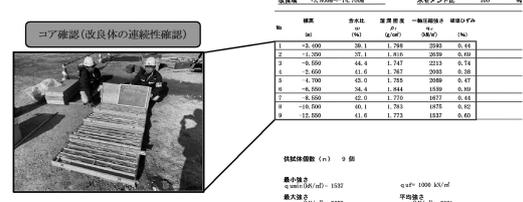
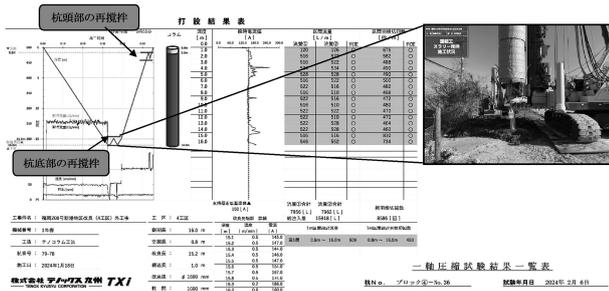


図-3 地盤改良杭の定位置再攪拌

三つ目は、ICT技術を活用し地盤改良作業を行ったことである。

当現場では『パイルナビクラウド』(NETIS登録番号:KT-220168-A)及び『パイルビューアー』(NETIS登録番号:KT-170030-VE)を併用して活用した、この2つのシステムを連動することによりGNSSを利用して杭の位置誘導、施工管理装置と連携して改良体・施工の情報を可視化し、記録することができる。

本技術を活用して施工・管理を行うことにより、杭芯位置出し・セット及び施工記録のヒューマンエラー・入力ミス等も無くなり、人為的なミスを大幅に軽減することができた。

また、杭芯位置誘導を効率化すると共に、掘削深度・電流値・スラリー量等がリアルタイムに閲覧及び容易に帳票作成が可能となることで、高品質な改良杭の施工や施工管理の簡便化にも繋がった。

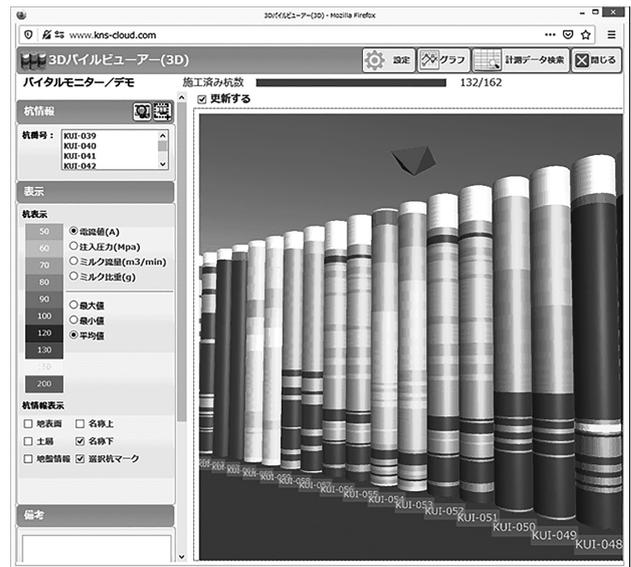


図-4 地盤改良作業時のICT技術活用

4. おわりに

今回の工事は、地質が軟弱地盤であることから、地盤改良の品質向上を目的として、着手前から様々な検討を行い、検討した内容を現場施工で実現することで高品質な改良体が形成できた。

今後も同様の地盤改良工事を施工する機会があれば、今回の工事での経験を活かした現場施工を行いたいと思う。

38 品質管理

支承取替工事における デジタル技術の活用による精度の向上

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

現場代理人

監理技術者

奥田 晃則[○] 川口 博史

1. はじめに

本工事は、東名高速道路 掛川インターチェンジ～袋井インターチェンジ間における、菅ヶ谷高架橋、垂木川橋、逆川橋、高御所橋の計50基の支承交換工事である。また垂木川橋・逆川橋は河川上で一部濁水期施工、高御所橋においては新幹線上と在来線上に架かる跨線橋であり、新幹線側はき電停止後の夜間作業のみの施工条件であった。

- (1) 工事名：菅ヶ谷高架橋他3橋支承取替工事
- (2) 発注者：中日本高速道路東京支社
静岡保全サービスセンター
- (3) 工事場所：掛川IC～袋井IC間
- (4) 工期：令和3年2月2日～
令和5年3月13日



図-1 現地写真

2. 現場における問題点

4橋それぞれの施工条件が異なり、現地計測後の製品製作工程も含め、4橋の工程が絡む複雑な工程となり、現地計測を含めた精度管理、品質管理、出来形管理の複雑さが問題となった。

2-1 支承アンカー部の計測誤差

仮受けブラケットや支承アンカーは、計測の精度が悪いと製品の再製作が発生するなど、工程・原価に悪影響がでる。従来から、仮受けブラケット部にはカメラ計測を採用してきたが、支承アンカーは主桁を挟み左右に分かれて削孔すること、削孔面と主桁が3次元的に離れていることから、手計測で複雑な計測を行っていた。

2-2 支承反力管理方法の立案

反力管理において、明確な管理方法が無い為、管理計画を立案する必要があった。このため、4橋の異なる橋梁形式もふまえ、計測者が代わっても混乱しないよう、簡易で正確に管理できる反力計測方法にする必要であった。

3. 工夫・改善点と適用結果

本工事では削孔結果にターゲットを用いて3次元カメラ計測で行い、計測結果をCADに変換して部材の製作まで行った。また、反力管理においては計画段階から細部まで打合せを行い、管理方法をマニュアル化して施工を進めた。

3-1 支承アンカー部でのカメラ計測

カメラ計測の場合、ターゲットを光の反射を利用して位置を割り出し、その結果をCADに反映していくので、仮受けブラケットのような遮るものの無い平面を撮影する分には問題ないが、支承アンカーのように主桁で分断されるような構造の場合には適していない。そのため両側から撮影可能な位置にターゲットを複数個配置して主桁の左右から写真を撮って合成することで対応した。その際に支承中心やフランジの小端などにもターゲットを設置し、精度を高めるとともにアンカー位置と主桁支点位置を3次元で計測できた。その結果、部材の再製作も無く、品質のよい施工が出来た(図-2)。



図-2 カメラ計測状況

3-2 独自開発システムによる反力管理

支承の設計反力を抽出し、橋脚毎の支承の反力比率を管理する計画とした。

反力管理の作業が複雑にならないよう独自に開発した管理ソフトに設計反力・設計反力比率を計算・入力した。ジャッキアップ時には変位量に上限を設け、上限を超えない範囲で設計反力比率に近づけるように変位と反力の管理を行った。

現地での手順としては、まずPCを現場に持ち込み、主桁に取り付けた変位計測機と油圧ジャッキに取り付けた圧力変換器をPCに接続して専用のソフトで管理を行う(図-3)。

その後、事前に作成した計算表の反力比率を確認しながら、主桁の変位量と支承反力を調整する。

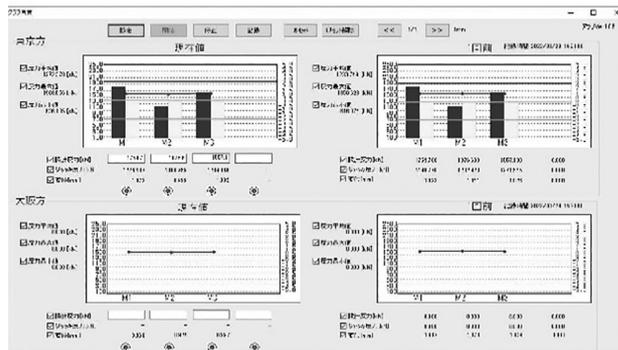


図-3 現地での反力管理状況

ジャッキアップ時の変位量の調整については、支承の変位に別途発注される床版取替時の荷重による変位を見込む必要があった。このため変位下限を+1mmと定め、変位上限はNEXCO規定値の+3mmとした。1支点の調整変位量を上下2mmの範囲内で可能な限り設計反力比率に近づけるといいう明確な制限を定めることで、4橋において複数人でも同様の管理ができた。また、当現場では全橋梁50基全ての反力を設計反力比率の±20%以内に収めることができた(図-4)。

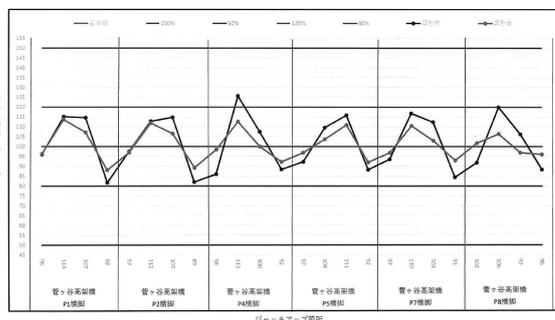


図-4 最終反力管理図(菅ヶ谷高架橋)

4. おわりに

本工事において複数橋梁の品質管理で十分な成果を得たので、今後の保全工事での計画作成・施工管理業務の簡素化に繋げることができた。

最後に、本工事の施工にあたりご指導いただいたNEXCO中日本静岡保全サービスセンターの方々、並びに、東海旅客鉄道株式会社の方々にご場を借りて厚く御礼申し上げます。

39 品質管理

漁港内での消波ブロック製作における 環境負荷低減の取り組み

京都府土木施工管理技士会
西田建設株式会社
安里 政 男

1. はじめに

本施工は、漁港内で消波ブロックを製作するものである。

重さ16tの消波ブロックを143個製作することとなっている。

目と鼻の先に海が広がっており、漁港内でウニの養殖が行われているなどの理由から、有毒物質の流出を防止する必要性があった。

については、水産資源の損失させることなく円滑に工事を遂行する為の環境対策方法について述べる。



図-1 施工箇所遠景

工事概要

- (1) 工 事 名：令和5年度中浜漁港整備工事
(その1)
- (2) 発 注 者：京都府水産事務所
- (3) 工事場所：京都府京丹後市丹後町中浜 地内
- (4) 工 期：令和5年11月1日～
令和6年3月29日

2. 現場における課題・問題点

現場周辺状況として、本施工区は中浜漁港内の一角を仕切って作業することとなる。

本工事における消波ブロックは16tの大型構造物であるため、型枠組立・コンクリート打設・型枠脱型・転置において建設機械の使用が不可欠だ。

しかし、施工箇所と海までの距離が数メートルしかない為、降雨などで建設機械の油脂類や消波ブロックの型枠剥離剤が海まで流出する可能性が示唆された。

漁港内ではウニの養殖が盛んであることから、水産資源への悪影響が危惧された。



図-2 施工箇所近景

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

まず建設機械の油脂類に対する処置として徹底した作業開始前の油漏れチェックを行った。

更に油圧ホースなどの破損による事態に備えて、油専用吸着材「ピグマット」を現場へ常備す

る運びとなった。

これは“水を弾き、油は吸着する特性”がある為、海へと流出した油への対策として非常に有効とされている。

万が一、油漏れが認められた場合でもピグマットを使用する事で水質汚濁を防ぎ、水産被害を最小限に留める事が可能となる。



図-3 油専用吸着材「ピグマット」

消波ブロックの型枠剥離剤には、植物由来オイル100%の「ヒカリオSB」を使用する事とした。



図-4 植物性油コンクリート型枠剥離剤

ヒカリオSBはナタネ油が主成分となるため鉱物油、揮発性有機化合物や重金属などの有害物質を含まず、生分解性が非常に優れる。



図-5 ヒカリオSB散布状況

つまり、本剥離剤が海へ流出しても水産資源への攻撃性は極めて低く安全性が高い。

4. おわりに

本施工における課題は、漁港内という限られた環境での作業による水質汚染や水産資源への影響が懸念される中、大型消波ブロックの製作を進める必要があったことである。

特に、建設機械の油脂類や型枠剥離剤が海へ流出することで、ウニの養殖などに影響を及ぼす可能性が高かった。

そのため、施工においては環境への配慮を最優先とし、適切な対策を講じることが求められた。

対応策としては、まず建設機械の油脂類に対して、事前に徹底的なチェックを行い、万が一の油漏れにも備えて油専用吸着材を常備する事とした。

この吸着材が油をしっかりと吸収することで、海への流出を防ぎ、広範囲における水産資源の損失防止に努めてくれる。

また、型枠剥離剤には環境に優しい植物由来のものを使用し、降雨時等で海に流出しても水産資源への影響を最小限に抑えることが可能となる。

本工事における環境対策は、現場での小さな配慮が水産資源を守るための大きな成果をもたらすことを示す事例であると考えられる。

これらの取り組みを通じて、土木工事における環境保護の重要性と、そのために必要な具体的対策を改めて認識することができた。

今後、同様の工事を行う際には、今回の経験を生かし、さらなる環境負荷低減を目指していくことが求められる。

また、関係者全員が環境意識を高め、持続可能な方法での施工を進めていくことが、より良い地域社会の構築に繋がると考察される。

環境保護を念頭に置いた施工方法は、今後の土木工事におけるスタンダードとなり、持続可能な社会の実現に貢献できると確信している。

最後に、本施工にあたりご尽力頂きました関係者の皆様へ、厚く御礼申し上げます。

40 品質管理

応力導入状態での主桁溶接について

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
龍 頭 実

1. はじめに

本現場は、大阪都心部より、放射状に形成された既存鉄道を、環状方向に結束することにより、広域的な鉄道ネットワークを形成することを目的とした、モノレール用の鋼軌道桁の架設工事である。

工事概要

- (1) 工 事 名：大阪モノレール 鋼軌道桁建設工事 (B957工区)
- (2) 発 注 者：大阪府都市整備部
モノレール建設事務所
- (3) 工事場所：大阪府門真市桑才新町地内外
- (4) 工 期：令和3年12月20日～
令和6年6月28日



図-1 現場位置図

2. 現場における課題・問題点

本現場の、主桁、架設手順は、S3からJ10、J10からJ7、J7からJ5、J5からS1、までの、4つの、地組ブロックに分割して、架設を行う予定である。

尚、添接部は上フランジが溶接、腹板、下フランジはボルト構造となる。

架設時の、添接ジョイントは、J10、J7、J5となるが、J10、J7については、ヤード内にベントを設置して桁を支持するため、無応力での添接(溶接・高力ボルト締付)が可能である。しかし、J5については、府道161号線上となるため、ベントの設置が不可となる(図-2 現場問題点参照)。

よって、桁を支持できない状態、つまり応力が入った状態で、溶接、高力ボルトの締め付けを行う事となった。

通常は、エレクションピース等を設置して、溶接部の形状を保持するが、今回はモノレール用の鋼軌道桁という事により、主桁上面(軌道面)にエレクションピース等の仮設物(形状保持材)の設置は不可能という条件が付けられた。

又、本橋はモノレール用の軌道桁ということで、道路橋に比べ厳しい管理値が要求され、桁のそりに関しては、通常の場合、 $\pm 52\text{mm}$ の規格値に対して、 $-5 \sim +15\text{mm}$ と大変厳しい規格値となっている。その為、現場での標高管理が非常に困難なること、規格値への逸脱が予想された。

そのような懸念事項に対応する為に、頻繁な標高調整と計画値の設定が必要であった。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

(1) 一般的な鋼桁において上フランジを溶接とし、腹板及び下フランジを高力ボルト摩擦接合とする場合、下フランジ及び近傍(腹板高さの1/3

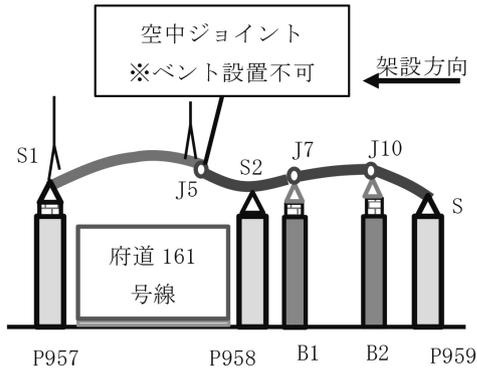


図-2 現場問題点

程度)を締め付けた後に、上フランジの溶接を行い、腹板の残りのボルトを締め付けるが、当該箇所溶接による残留応力をわずかでも排除する為に、下フランジは高力ボルトを全数締付、腹板に関しては高力ボルトを締め付けず、仮ボルト、ピンを所定本数挿入した条件で、溶接を行った。

(2) 本現場の溶接キャンバーは上フランジに2mmの隙間を設けることで設定した(図-3溶接キャンバー参照)。

この2mmの隙間に関しては、事前に地組桁で溶接を行った時の収縮量を実測した上で決定した。

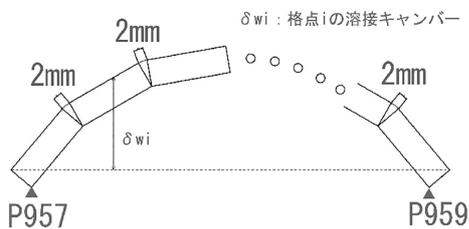


図-3 溶接キャンバー

(3) P959側より順次架設を行った後、溶接キャンバーを考慮した高さに桁の高さの調整をS2、J10、J7、S2で行い、J10の下フランジのボルトを締め付け、上フランジの溶接を行った。

次に、J7の溶接前の標高に桁の高さを調整し、J10同様に下フランジのボルトを締め付け、溶接を行い、S1～J5地組桁の架設前の標高になるように桁の高さの調整を行った(図-4桁調整図)。

この時の調整量は、空中ジョイントとなるたわみ量を解析にて算出し、加えて溶接収縮を考慮しS1受け点高さを調整した桁形状にて管理した。

S1～J5の夜間架設時にはクレーンにて桁を吊った状態にて、J5の下フランジのボルトの締め

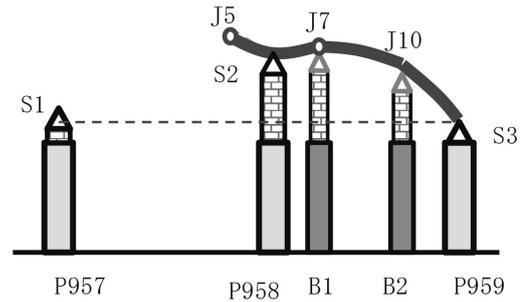


図-4 桁調整図

付けを行った。その後、桁の標高を実測確認し、J5の上フランジの溶接を行い、溶接完了後に、J10、J7、J5の腹板の仮ボルト、ピンを外し、本ボルトの締め付けを行い、各支点、ベントの標高調整材を抜き最終形状とし測量を行った。

桁のそりの出来形規格値 $-5 \sim +15\text{mm}$ に対して $-1 \sim +10\text{mm}$ という高精度の出来形が得られた。

4. おわりに

今回は、道路上にベントが設置出来ない為、桁に応力が入った状態で、溶接作業を行う必要があった。よって、モノレール軌道桁の出来形規格値(桁のそり： $-5 \sim +15\text{mm}$)を満足できない可能性も懸念されたが、事前に入念な解析を行ったことと、施工時に細かな桁調整を何度も行った結果、満足できる出来形精度を得ることが出来た。

現地で生じた問題点の解決のために、多方面に助言をいただき、ご協力を頂いた関係者の方々に厚くお礼を申し上げます。

最後に、本工事のような通常と異なる溶接を行う状況となった場合は、本工事の施工方法が参考になることを願います。



図-5 完成

41 品質管理

保全工事における AR を活用した事前検証に関する取り組み

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

荒木 健二〇 楨元 秀樹

1. はじめに

建設業において、BIM/CIMは標準的に活用されるようになっており様々な形で展開されている。鋼橋の分野においても、設計段階における照査や製作情報への展開、現場施工計画、工程管理、合意形成等様々な形で活用されている。AR（拡張現実）、MR（複合現実）といった技術により、現実空間と仮想空間を組み合わせる検証する取り組みもその一つであるが、精度や使用性などの問題あり、その適用ケースは限られた状況である。

近年増加している、保全・更新工事においては、既設構造の改築を伴うため、新設部材との取り合い検討を事前に行い、設計・施工に反映していくことが重要となる。そのような工事において、現地踏査等に合わせてAR、MR技術を適用し、精度よく事前検証が出来れば、工事の手戻り防止や工事の円滑推進に寄与するものと考えられる。

本稿では、ARの保全工事への展開について種々検証を行った結果について報告する。

2. ARシステムの概要

ARによる重畳システムは、大きくマーカー型、マーカーレス型に分類される。それぞれ使用性、正確性等の課題はあるが、本稿のARシステムは、正確性を担保した上での使用性向上を目指しマーカー型を採用している。マーカーはある程度の距離があっても認識可能な^{アルコ}ArUcoマーカー（**図-1**）

を用い、iPadによりモデルと実構造物を重畳する。本システムでは、所定の位置に設置したマーカーにより位置合わせを行い重畳が

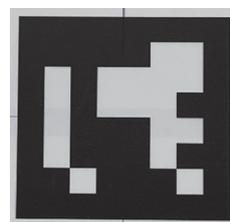


図-1 ArUcoマーカー

可能となる。さらに、3つのArUcoマーカーを同時に読み込むことにより、1mm程度の誤差での重畳を実現した（**図-2**）。しかし、上記精度を確保するためには3つのマーカーを常に認識しておく必要があり、構造物を広角に見渡し確認を行う場合誤差が発生し取り合いの確認・検証に支障が生じることも考えられる。保全工事において、現地踏査や工事中の足場からの確認は移動が制限された状況となり、広角で対象物を確認しマーカーを常に認識することは困難が想定される。そのような状況下



図-2 ARシステムによる重畳例

3. ARシステムの活用と適用結果

(1) 耐震補強工事の支点周りの確認

トラス橋の耐震補強工事において、支承の取り替え、制震ダンパーの設置、本体補強等種々改築が実施される支点周りを対象にARによる取り合い検証を行った。検証は、現場踏査時に実施し、設計照査の一環として活用した（図-3）。

本検証においては、常にマーカーを認識させながら確認することが困難であったため、マーカー認識させた後、周辺を確認している。結果として、認識後大きく体勢等変えずに周囲を確認する範囲においては精度よく検証を行うことが出来たが、大きな移動等を伴った場合ずれが生じる結果となった。踏査における事前検証としては、種々取り合い確認ができ有用であったが、精度確保の面で課題が確認された。今後適用に際しては、マーカー設置の工夫や視点の事前検証等に留意が必要である。

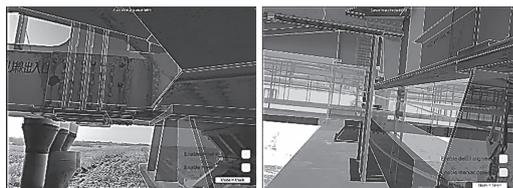


図-3 耐震補強AR重畳状況

(2) 落橋防止ブラケットの取り合い確認

既設コンクリート橋脚に落橋防止ブラケットを追加設置する際のアンカーボルトと新規ブラケットの取り合い確認に対し、アンカーボルトの現地計測結果を反映した図面（モデル）の整合性確認として活用した（図-4）。

本検証では、3つのマーカーを認識することが可能であったため、ずれの影響なく確認が出来た。ただし、アンカーボルトが突出した状況でブラケットを重畳させ確認すると奥行き方向の見え方の問題で斜め方向から捉えた場合ずれているように見えるため、確認に注意が必要であった。事前にモデル位置をボルト天端位置にするなどの調整により、確認が容易になるものと考えられる。

また、本検証においては、3つの基準となるマーカーの他に任意箇所にマーカーを配置し、基準マーカーから任意マーカーの位置定義を行い、新たな基準マーカーとする機能を付加する検証を

行った。結果として、上記仕組みの機能が確認され、ずれなく重畳出来ることを確認した。これにより、今後広範囲の検証に活用出来るものと考えている。

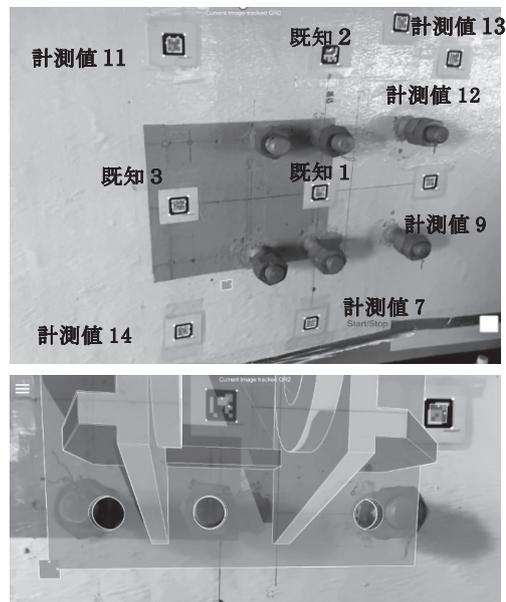


図-4 耐震補強AR重畳状況

(3) 伸縮装置の改築における確認

伸縮装置の新規取替において、既設橋の床板撤去後に伸縮装置据付前の取り合い確認を行い、現地施工状況の設計反映確認に活用した（図-5）。

結果として、平面的な確認は可能であったが、奥行き方向の取り合いはARによる確認が難しく、活用は限定的なものであった。別途点群等を取得し確認出来れば活用の幅は広がるものと思われる。

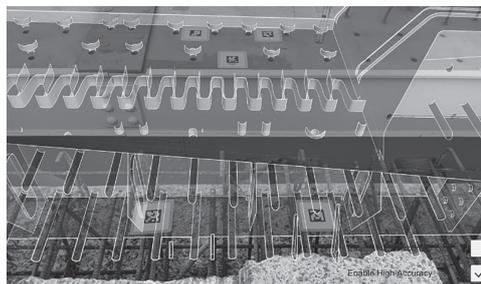


図-5 耐震補強AR重畳状況

4. おわりに

今回、ARによる重畳確認について、種々活用ケースに対し検証を行った。今回確認された課題を踏まえ改善を行い、各種段階でさらなる活用を推進し保全工事の円滑推進に取り組んでいきたい。

42 品質管理

鋼コンクリート合成床版における 充填性向上について

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

伊 東 卓 二 ○ 山 本 勝 利

1. はじめに

本工事は、令和6年度開通を予定し事業中である東海環状自動車道 糸貫ICから山県IC間に位置し、板屋川を渡河する鋼4径間連続非合成少数钣桁橋の上部工事であり、床版には鋼コンクリート合成床版が採用されている。

工事概要

- (1) 工 事 名：東海環状板屋川高架橋鋼上部工事
- (2) 発 注 者：国土交通省中部地方整備局
- (3) 工事場所：岐阜県岐阜市上西郷～御望
- (4) 工 期：令和4年3月16日～
令和6年6月14日

2. 現場における課題

本工事の床版は、鋼材が多く型枠に底鋼板を用いる鋼コンクリート合成床版であり、底板下面を直接目視できないため充填不良の確認が懸念されることから、充填不足要因ならびにその充填性向上対策が鋼コンクリート合成床版の耐久性において重要な課題である。

3. 対策と適用結果

3-1 実物大鋼板パネルを用いた施工試験

試験体は、実物大の鋼板パネル1枚の幅(2.35m)で主桁ハンチ部1箇所を両側に張出し長分とし、縦断勾配・横断勾配、配筋・排水柵・先行設置の壁高欄鉄筋・補強鉄筋等実際の状況を再現した3

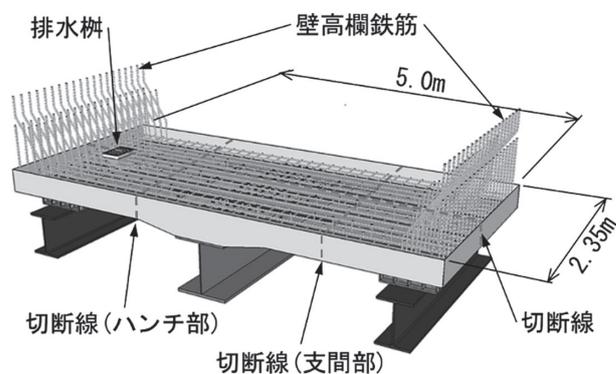


図-1 試験体

体を製作した。

施工試験では、実際に打設する配合のコンクリート(30-12-25N膨張材・高性能AE減水剤添加)を使用し、計画した人数と配置(筒先バイブレータ2名・後追バイブレータ1名)、締固め機械(筒先:φ50mm・後追:φ40mm)で締固める。試験体毎に後追バイブレータによる締固め時間を、5秒・10秒・15秒と変えて打設した。



図-2 試験体打設

打設・締固め時に、流動性・材料分離抵抗性を観察した所見は、ポンプ車の筒先からの排出時に骨材の分離は見られず、底鋼板のリブ等で固まりとなるような状況も見られなかった。また、排水柵の周囲は鋼材量が多く、筒先から排出されてすぐのコンクリートは鉄筋やリブの鋼材上に残る状態であったが、筒先バイブレータ2台配置により十分に打設出来る流動性を確認した。後追バイブレータでは、水分の浮きや気泡の排出を確認出来た。現場到着時のスランプ13.0cm・空気量3.8%・コンクリート温度34℃・気温34℃・運搬時間約15分による状況で、流動性と材料分離抵抗性について特に問題はなかった。

充填状況については、試験体を縦断方向で狭隘部となるハンチ部（リブとハンチプレート間）と一般部である支間付近の2箇所、横断方向で狭隘部となる排水柵の中心位置で1箇所切断し、直接目視確認した。所見としては、ハンチ部狭隘部は、3体とも充填されていることを確認した。排水柵部断面は、5秒・10秒の試験体では一部空隙の残留が見られたが、15秒の試験体では無かった。支間部は、空隙の残留はなく良好に充填されていることを確認した。骨材の分布およびエントラップトエアの量ともに3体で優位な差は見られず、15秒の試験体でも骨材の沈降や材料分離は見られなかった。以上から、後追バイブレータの締固め時間を排水柵周辺では15秒とし、その他の部位では5秒で締固めることにした。

3-2 充填性が低下した生コンの排除

単位水量が小さくなるとスランプが小さくなって流動性が低下し充填性が悪くなる。一方、単位水量が大きくなると材料分離抵抗性が低下し骨材に偏りが生じ空隙が生じやすくなり、充填性が悪くなる。

適切な単位水量を維持したコンクリートを打設するために、連続式水分計によりリアルタイムに単位水量を計測し、管理値を超えた生コンを排除することにした。管理値として、 $\pm 5 \text{ kg/m}^3$ 以内はそのまま打設、 $\pm 5 \text{ kg/m}^3$ を超えて $\pm 10 \text{ kg/m}^3$ 以

内はプラントへの改善指示、 $\pm 10 \text{ kg/m}^3$ を超えた場合は排除にした。アジテータ車と打設用ポンプ車の間にポンプ車と水分計を配置し、打設用ポンプ車に生コンを投入する前に全量の単位水量を確認し、管理値を超えた生コンを排除出来るようにした。

納入された生コン全量の内、 $\pm 5 \text{ kg/m}^3$ を超えてプラントに改善指示を出したことは何度かあったが、 $\pm 10 \text{ kg/m}^3$ を超えて排除することは無かった。



図-3 連続式水分計配置状況

3-3 後追バイブレータの締固め管理

前述の試験結果を実施工において確実に実施するため、後追バイブレータの作業員に5秒間隔で音を発する電子メトロノームを装備させて打設を行った。これにより排水柵周辺15秒・一般部5秒の締固めを確実に行うことが出来た。また、締固め間隔を均一にするため、塩ビパイプを加工して500mmマスの定規を作成し、後追バイブレータの締固め間隔の保持に使用した。締固め間隔を均一にすることでコンクリートの充填性が向上した。

4. おわりに

実物大試験体による試験施工の結果は、今回選定した合成床版を別工事で選定した場合でも、有効に活用できると思われる。また、今回の連続式水分計の配置方法は、配管の水平換算長が長くなるため、配合変更を要する場合があるため注意が必要である。

43 品質管理

ケーブルクレーン直吊り工法による 架設時の形状管理

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

衛 藤 俊 介 ○ 埜 博 道

1. はじめに

本工事は、九州最大の河川「筑後川」の上流部に位置し松原ダムの渡河部に架橋する鋼単純上路トラス橋の架設工事である。本稿では、ケーブルクレーン直吊り工法による架設時の形状管理について報告する。

<工事概要>

- (1) 工 事 名：令和3年度 交付観改日
第2号道路改良工事（新葦野橋）
- (2) 発 注 者：大分県日田土木事務所
- (3) 工事場所：大分県日田市中津江村栃野
- (4) 工 期：自) 令和3年9月17日
至) 令和5年6月8日

<架設概要>

架設はA2側を荷取り場として、下弦材は主構+下支材+下横構を荷取り場で地組立し、A1側とA2側から支間中央に向け、交互に架設して閉合した。また両端支点の上弦材（主構・鉛直材一体）+横桁+対傾構を地組立及び架設を行い、斜材、鉛直材、対傾構の架設はA1側からA2側へ向かって片押しで架設した。上弦材は主構+横桁の地組立を行い、吊足場を組み立て、下弦材同様に支間中央に向かい架設して閉合し、最後に縦桁、上部工検査路、上横構の順で架設を行った。

架設計画図を図-1に示す。

2. 現場における課題・問題点

ケーブルクレーン直吊り工法は、無載荷状態から両端吊点に下弦材を架設した時、部材先端の垂直変位が完成形よりも下がる傾向にあるため、次工程の下弦材の添接作業に大きな影響を及ぼす可能性があった。その添接作業を容易にかつ、完成形の出来形を確保するために、各架設ステップ毎での形状管理が課題となった。

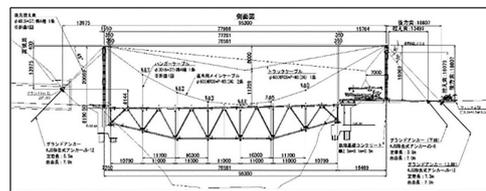


図-1 架設計画図

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

・完成形の出来形を確保するためには、架設時の形状保持、及び架設後の垂直変位を抑制することが重要と考え、以下の形状管理対策を行った。

<固定架台の設置>

下弦材の架設は直吊索の受梁で受け、かつ下弦材の構造上、受け点が斜めになっているため、下弦材を架設する際に桁が逸走しないよう、角度を合わせた「受梁固定架台」を製作し、工場製作時は主構受点部にガセットプレートを取付け、ボルトで固定する方法を採用した。受梁固定架台の設置状況を図-2に示す。

＜形状保持材の設置＞

下弦材と上弦材は地組ヤードにて面組し、形状保持を行った。対傾構については地組立する際に製作した形状保持材を取付けて架設を行い、対傾構の変形を抑制した。上弦材架設状況を図-3、対傾構の形状保持材取付け状況を図-4に示す。

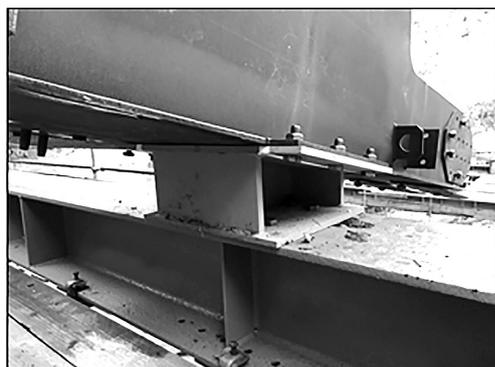


図-2 受梁固定架台



図-3 上弦材架設状況



図-4 対傾構形状保持材

＜カウンターウエイトの搭載＞

下弦材架設時の初期挙動抑制対策として、架設前にカウンターウエイト（コンクリート製1.5t）を解析結果に基づき、吊点（受梁上）に配置し、メインケーブルに張力を導入することで下弦材先端の垂直変位を改善した。カウンターウエイト有

無の計画値の比較では、実施工でもほぼ同様の傾向が見られた。また、鉄塔スパン中央部にウエイトを配置することでケーブルの挙動が小さくなり、次ブロックの添接作業が容易となった。

＜橋梁桁変位自動計測システム（3Dブリッジ）、解析プログラムの採用＞

架設時の形状管理として、橋梁桁変位自動計測システム（3Dブリッジ）を使用して3次元計測し、予め算出した架設ステップ毎の設計値と比較し管理した。架設ステップ毎の設計値は、「ケーブルエレクション直吊り工法のプログラム開発」で開発されたプログラムを使用して解析を行った。解析プログラムを図-5に示す。

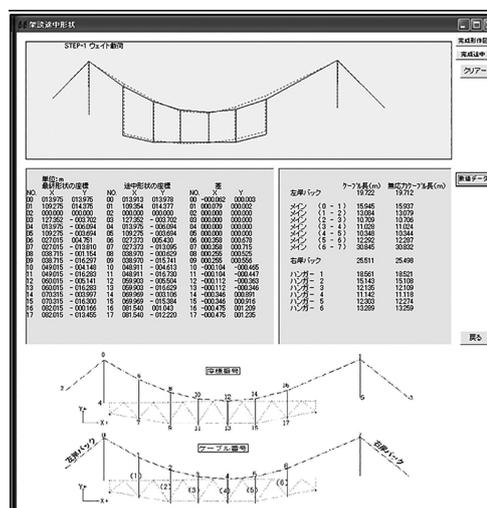


図-5 解析プログラム

4. おわりに

架設時の形状管理として、本工事ではカウンターウエイトの配置を受梁直上に固定としたが、設置面が小さくバランスを取るのに手間を要したため、ウエイトを受梁上に配置できる架台または、吊り下げられる吊金具を先行して取付けおき、容易に配置できるよう改善すれば、架設途中でもウエイトを移動することができ、更に作業効率が改善されると考えられる。

また、今回使用した解析プログラムでは吊り下げられた橋体の剛性は考慮されていなかったため、実際の計測結果との誤差が生じたことから、解析プログラムの更なる改善が必要であると考えられる。

44 品質管理

ダウンザホールハンマー工法の 管理方法及び ICT 建機の活用

無所属

株式会社森組

担当技術者

前田 興志

1. はじめに

本工事は、新たに建設する多目的ダム（鳴瀬川ダム）に必要な工事用道路を整備する工事であり、主工種として仮橋・仮栈橋（筒砂子仮橋・鳴瀬川仮橋）をダウンザホールハンマー工法により施工を行うものである。また、転流工・工事用道路工は、ICT建機を使用した施工を行うICT活用工事である（図-1）。

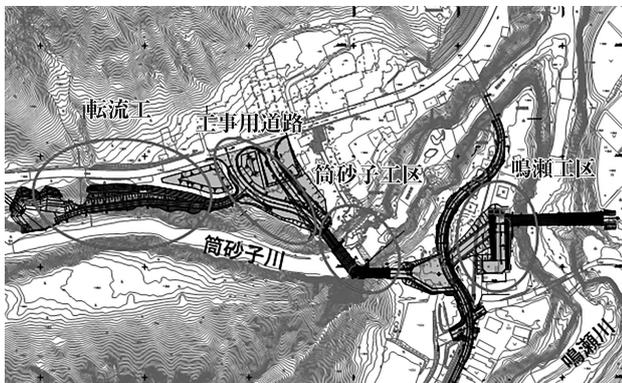


図-1 施工位置図

工事概要

- (1) 工事名：鳴瀬川ダム宿尻地区
工事用道路整備工事
- (2) 発注者：国土交通省 東北地方整備局
鳴瀬川総合開発工事事務所
- (3) 工事場所：宮城県加美郡加美町字
漆沢筒砂子～漆沢宿尻地内
- (4) 工期：令和5年4月4日～
令和5年12月20日

2. 現場における問題点

仮橋・仮栈橋工事を施工する筒砂子川と鳴瀬川のうち、筒砂子川仮橋には筒砂子東北門沢発電所の取水口が近接し、さらにその下流には大崎広域水道の取水口があった。そのため、ダウンザホールハンマー工法を用いた支持杭施工では、特に濁水・油分の流出に注意が必要であった。また、筒砂子東北門沢発電所の取水口は老朽化が進んでいることと近隣住民への配慮も必要であり、ダウンザホールハンマー工法での岩盤削孔の際は特定建設作業の騒音振動規制法の規制値を準用し、規制値以下であることを確認しながら作業を行うことが必要であった。

転流工・工事用道路工では、出来形精度の向上を図り、また遠隔地に伴う労働力不足が懸念されるため施工の効率化による工程短縮が必要であった。

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 濁水・油分対策

ダウンザホールハンマー工法施工時は、リアルタイム計測が可能な油分計・濁度計を設置し、油分計は $8(\mu\text{g}/\text{l})$ 、濁度計は $150(\mu\text{g}/\text{l})$ 以上になると自動でメール送信するようにした。結果、管理値である油分 $9(\mu\text{g}/\text{l})$ 、濁度 $200(\mu\text{g}/\text{l})$ を超過することなく施工できた。また、油分・濁度対策としてベジタブルオイル（ダウンザホールハンマー用純植物性オイル）を使用し、不測の事

態に備えて油処理剤（スノムワイド）を常設して油分・濁度対策に努めた（図-2）。



図-2 油処理剤スノムワイド・ベジタブルオイル
3-2 振動・騒音対策

ダウンザホールハンマー工法施工時は振動計・騒音計にて計測を行った。振動・騒音計の数値がクラウドを介して職員、オペレーターと作業員のスマートフォンにリアルタイムに表示され、見える化を図った。その結果、全ての杭で振動・騒音共に基準値内（振動75dB以下・騒音85dB以下）に抑え、工程に支障なく施工できた（図-3）。

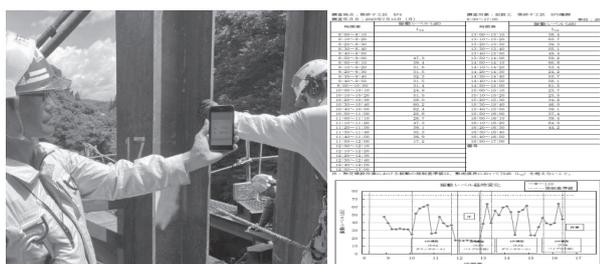


図-3 騒音・振動の見える化

3-3 ICT建機の活用

転流工と工事用道路工において、掘削及び法面整形でICT施工を行った。施工箇所までドローンを使用して3次元設計データを作成し、掘削前にキャリブレーションを行い、ICT重機のマシンガイダンスに従い施工することで施工データを可視化しながら作業効率化を図った（図-4）。

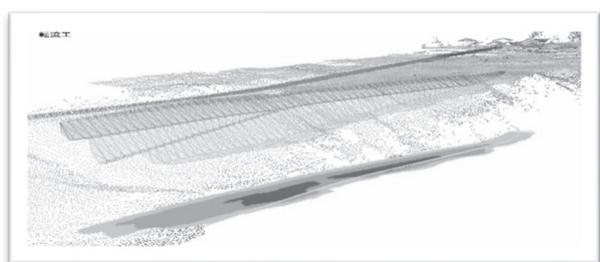


図-4 3次元出来形データ

3-4 現場3次元化・可視化アプリの活用

ICT建機の活用に加えて、出来形精度向上を目的とした日常管理としてスマートコンストラクションクイック3D（NETIS：KT-230083-A）、ダッシュボード（NETIS：KT-150096-VE）を活用した。クイック3Dは、アプリを入れたスマートフォンまたはタブレットで撮影し、撮影箇所を3次元化するシステムである。これにより、撮影したデータで土量計算、盛土・切土管理を行うことができる。また、ダッシュボードは、クイック3Dで撮影したデータを使用して工事進捗の見える化を行うものである。規格値を設定することで日々の施工後ヒートマップとして出来形管理を行うことができる（図-5）。3次元データを使用しているため、ヒートマップをクリックした点の座標と設計値との差が確認でき、規格値を満たしていない点の座標をICT建機に取り込む事で、目標箇所を的確に修正でき、効率的に出来形精度の向上を図った。



図-5 クイック3Dデータ・ヒートマップ

4. おわりに

ダウンザホールハンマー工法による施工では、振動・騒音測定値の見える化を図り、作業員・オペレーターがリアルタイムに確認出来るようにしたことで、環境基準値内に抑え施工することができた。ICT建機による施工では、施工管理の省力化が図られ、施工効率および出来形・品質の向上に効果的であった。また、作成したデータに基づいて施工するため、人為的ミスや施工者の個人差が減少し、効率的な施工ができた。スマートコンストラクションの活用では、出来形精度向上だけでなく、撮影のみの作業であるため現場職員の負担軽減となり、また施工箇所に接近不要であるため、安全面においても非常に有効だったと考える。

45 品質管理

高所・長距離モルタル吹付工事における 品質確保及び安全対策

無所属

株式会社親和テクノ

主任技師

小田和 満紀

1. はじめに

本工事は令和2年7月24日の梅雨前線に伴う大雨によって発生した県道平戸生月線付近の山腹斜面崩壊に対し、斜面の安定を図るための法面工事を行ったものである。

工事概要

- (1) 工事名：白石地区林地荒廃防止工事
- (2) 発注者：長崎県北振興局
- (3) 工事場所：長崎県平戸市主師町白石
- (4) 工期：令和4年12月5日～
令和6年10月31日

(5) 主な工事数量：

- ・現場吹付法砕工A = 2,943 m^3
- ・モルタル吹付工A = 1,982.6 m^3
- ・土工（掘削V = 7,420 m^3 、埋戻しV = 3,536 m^3 ）
- ・アンカー工N = 24本 L = 18m
- ・重力式擁壁工V = 398.4 m^3
- ・かご枠工V = 22 m^3

2. 現場における課題・問題点

当現場の吹付施工箇所は、直高72m、水平距離が114mあり配管延長が約135m必要となる高所かつ長距離での作業となるため、従来吹付工法（最大直高45m/配管長100m）での施工は困難であった。また高低差が大きく長距離圧送となることから材料分離による、圧縮強度等の品質不良が懸念された。よって、高品質のモルタルを安定して圧送・吹付

を行うための施工方法を検討する必要がある。

また、当現場の施工箇所上部の岩塊は抜け落ちによりオーバーハング状を呈していたことや、高所での作業となるため、天候が作業の安全面に大きな影響を与える危険性が考えられた。そのため、安全対策を十分に講じる必要がある。

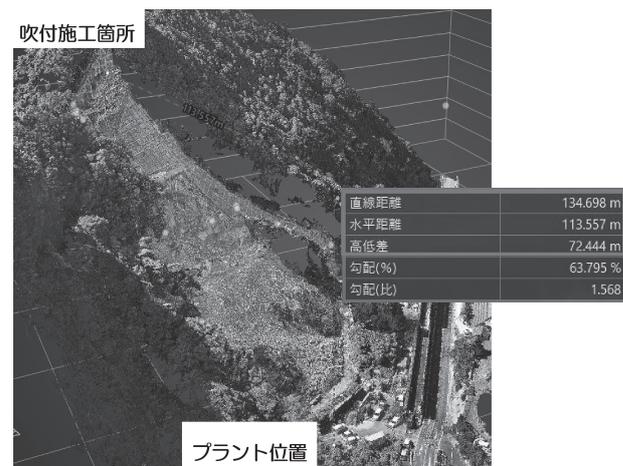


図-1 吹付施工箇所

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

【品質確保】

吹付工法はHiSP工法（最大直高160m/配管長300m）を採用した。HiSP工法はコンクリートプラントにおいて製造された生モルタルをポンプ圧送エア併用方式により品質を低下させることなく長距離・高所部に吹付が可能な工法である。流動性の高いモルタルをコンクリートポンプにより吹付ノズル先端から約40m手前まで圧送し、その地

点でモルタルの流動性を低下させる混和剤（急硬材）と圧縮空気を混合し、それ以降は圧縮空気によりモルタル圧送させ吹付をする。

また、圧送するモルタルの物性が重要なため、当現場では室内配合試験と基準試験結果を基に標準配合を決定した。

それにより高品質で高強度のモルタル吹付を施工することが出来た。

■従来工法（湿式吹付方式）との比較

■HiSP工法と従来工法との比較		
	HiSP工法 (ポンプ圧送エア併用方式吹付)	従来工法 (湿式吹付方式吹付)
配管長/直高	300m/160m	100m/45m
プラントスペース	プラント占有面積が小さい	プラント占有面積が大きい
交通規制(夜間開放等)	可動プラントで夜間・休日開放OK	固定プラントは移動NG
騒音	ポンプ圧送主体で騒音は小さい	空気圧送方式は騒音大
繊維補強モルタルへの対応	有機繊維、銅繊維	有機繊維のみ

図-2 従来工法との比較
(HiSP工法パンフレットより)

【安全対策】

施工箇所上部の岩塊はオーバハンク状を呈しており、ロープ足場のみでの施工が困難であったため、下端部に短管パイプ及びクランプを使用して根固め足場を設置した。これにより作業床の安全確保ができ資材の落下や荷崩れのリスクを軽減することが出来た。

また、現場両サイドに緊急避難退避場所（踊場）を設けた昇降階段を設置したことにより、落石等による作業員の事故を回避した。

さらに作業場に風速計を設置し、リアルタイムの数値を配信させ、関係者で情報を共有した。数値化することで作業中止の判断を明確にすることが容易になり、中止基準以上の風速が記録された場合は作業を中断し、事故を未然に防止した。

そして高感度カメラを2台設置し、24時間撮影をし、現場状況や作業状況を携帯端末やパソコンで確認できるようにし、悪天候時の現場の異常及び不安定設備や行動を早く発見することが出来る状況にした。また、赤外線カメラを採用したことにより、夜間時においても、現場の状況を監視することができた。

4. おわりに

今回採用したHiSP工法は高品質のモルタルを安定して圧送・吹付することが可能なため、耐久性に優れており、生モルタルを使用するため従来工法に比べプラント設備も省スペースであった。また、従来工法のような吹付機を使用しないため、圧縮空気により発生する騒音もなく、近辺への騒音に対する心配も不要であった。本工事では長距離吹付をする必要があり、本工法を選択したが、従来工法と比較し上記のような利点があるため、今後活用の機会が増えるのではないかと思う。

本工事において、私は現場代理人として携わった。今回の規模の施工経験はなく、長距離・高所部での吹付工事でも初めての経験であった。しかし、現場における課題に真摯に向き合い、無事に問題が解決していくたびに、技術者としての喜びを感じる事が出来た。今回の経験も技術者としての大切な財産になったと思う。

最後に、本工事を施工するにあたり発注者の皆様をはじめ、共同企業体としてともに施工を担った有限会社大川テクノ様、その他ご協力いただいたすべての関係者の皆様に深く感謝の意を表します。

46 品質管理

既設橋面との段差解消と作業スペース確保

長野県土木施工管理技士会

株式会社倉品組

工事企画課長

工事次長

酒井 裕美[○]

川田 幸二

1. はじめに

本工事は、経年劣化により不具合が生じた橋梁床板断面を修復する橋梁補修工事と箱型函渠橋の破損が確認されたボックスカルバート工の修繕工事である。

工事概要

- (1) 工事名：令和4年度国補道路メンテナンス（橋梁）工事
- (2) 発注者：長野県大町建設事務所
- (3) 工事場所：大町管内一円 橋梁補修（赤芝橋ほか2）
- (4) 工期：令和5年3月15日～令和6年1月9日

2. 現場における課題・問題点

1つ目の課題として伸縮装置を新規で設置するにあたり、老朽化による破損等で上下流方向に生じた舗装面の段差をどのように解消するか懸念された（図-1）。2つ目の課題は、破損劣化した

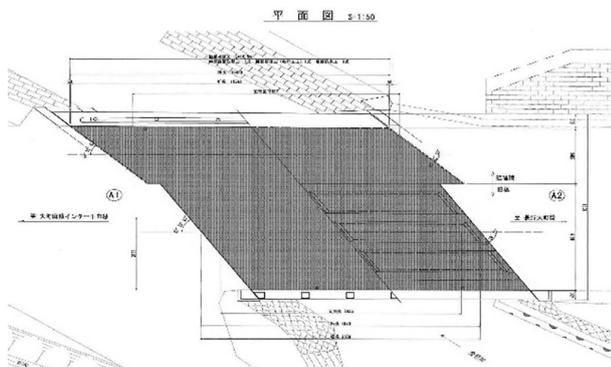


図-1 断面補修 平面図

ボックスカルバートの撤去～新規設置にあたりクレーン作業を行うが、現場上空に電線が横断しており、安全に作業を行う作業スペースをどのように確保するかであった。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

補修対象の橋は、河川下流側に拡幅されており、既設道路面は段差や陥没・ひび割れ等が見られたため断面補修工と同時に橋の上下流側も舗装修繕工を行い橋面舗装と一緒に段差の無いように擦付け舗装を行った。伸縮装置を設置するため新設した舗装面をカッティングし伸縮装置を取付け、コンクリートを打設し保護したが、コンクリート面と舗装面にわずかな段差が生じてしまう。舗装が薄い路面のすり付けは通常のアスファルト合材では施工できないため、道路補修材と混合液を混ぜたものをすり付け補修材として用い、施工の容易さと2時間程度で交通解放できる利点を生かして3～10mmの擦り付けを行った。これにより段差の解消と騒音防止及び伸縮装置のコンクリート保護を行うことができた（図-2）。



図-2 伸縮装置設置後の段差解消

次に既設ボックスカルバート取壊撤去に伴い片側通行規制を行う際、万一の道路崩壊・崩落等に備えて一般車両の幅員を確保する必要があった。そこで道路上にH鋼を設置した上に鉄板を敷き、仮設ガードレールを設置し、仮設道路として活用した。通行制限に関する安全対策としては、規制看板による事前告知、夜間のチューブライト等を多用しての現場状況の視認性向上などを行った。仮設排水路工には活荷重に対して対候性の強い鋼管φ400を使用した。設置撤去がスムーズなうえ最小限の掘削で路床等を傷めずに作業ができ、水廻しには4インチポンプで対応できた。クレーン設置場所については、ブームの上げ過ぎを防ぐため施工場所から少し河川側へ移動させ、河川土手側に大型土のうを積み上げ鉄板を前面に配置し、25tクレーンのアウトリガスペースを確保した。加えて吊上げ荷重を可能な限り軽くするためボックスカルバートの長さを1.0mで仕上げた2次製品を用意し施工性を向上させた（図-3）。



図-3 作業スペース確保、BOX吊上げ作業状況

上空の電線には赤い架空線注意標識を設置して、電線の位置が判るように注意喚起を行ってボックスカルバート設置作業を実施した。ボックスカルバートジョイント部分には、防水テープを縦横両方向に貼り付けて漏水対策を施した。ボックス上部は表層を含めて50cmの被りしかないため、冬期における凍上防止やジョイント部の破損防止の対策として路盤工施工時に養生砂を敷均し、構造物の品質保持に努めた（図-4）。

現場で発生した巨石等は洗堀防止のため河川内の巨石と一緒に河床や構造物前面に寄石として配置して、施工箇所周辺の河川の機能保持と環境保全に配慮した（図-5）。



図-4 BOX上部養生砂敷均し



図-5 寄石による河川内の洗堀防止

4. おわりに

今回の橋梁補修は現場が複数あり、それぞれが異なる工種で現場条件や作業環境も違い対応に苦慮した面もあった。地域の方々に対しては交通規制等で生じる負担感が少しでも減るよう工事の進捗状況お知らせ文等で周知した他、要望等には誠意をもって対応した。また、工事区間を含めた現場周辺の落葉や土砂の片付け等を行い片側交互通行規制中の一般車両が気持ちよく通行できるよう配慮した（図-6）。



図-6 堆積土、落葉清掃

最後に安全な作業環境で施工を進めるうえで発注者はじめ関係機関、地元住民の皆様からいただいた数々のご指導ご鞭撻にこの場を借りて感謝申し上げます。

47 品質管理

集中工事における鋼床版鈹桁の張り出し架設

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

現場担当

工区長

林

光 博〇

佐 藤

功 武

1. はじめに

本工事は吹田JCT～中国池田ICの更新工事で、終日通行止めをして既設桁を新設桁に取り替える工事である。既設RC床版から鋼床版もしくはプレキャストPC床版の選定は架設条件や設計条件に応じて行なった。ここでは、河川上の鋼床版鈹桁の張り出し架設の採用計画について述べる。

工事概要

- (1) 工 事 名：中国自動車道（特定更新等）吹田JCT～中国池田IC間橋梁更新工事
- (2) 発 注 者：NEXCO西日本 関西支社
- (3) 工事場所：大阪府吹田市青葉丘北～大阪府池田市神田
- (4) 工 期：2020年8月26日～2024年10月3日

2. 現場における課題・問題点

本工事は、大規模更新のため、種々の問題があるなかで、千里川上の河川上にベントを設置することができず、集中工事の短期間で桁を張り出し架設しなくてはならなかった。また、中間支点上には、スキューがあり、河川上で左右から伸びてくる桁のジョイントを確実に行う必要があった。

さらに、上り線の施工時には、調整キャンバーを設けたことにより、現地での出来形に影響を及ぼしたことがわかった。図-1に、鋼桁の架設概要を示す。

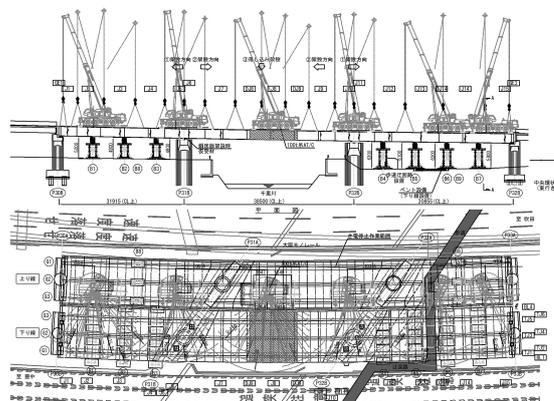


図-1 架設計画図

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

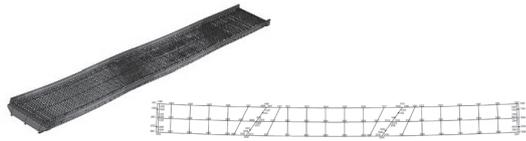
下り線では、支間中央部には調整キャンバーを設けないこととし、さらに、現場でのキャンバー管理の精度をあげるために、格子解析の他に、FEM解析を実施した。仮組立て時に現場で使用するパイロットホールを一般部と比べて2倍とした。検査後、実際の張り出し状態を再現し、桁のたわみ状況を計測し、解析値と比較した。

3-1 FEM解析と格子解析のキャンバーについて

図-2に示すモデルでFEM解析を実施した。解析ソフトは、ABAQUS Ver.2018を使用し、部材はシェル要素とし、添接部は主桁断面と同等し、簡略化した。

G3桁に注目すると、格子解析の支間中央の鋼重による最大キャンバーは、8.7mmで、FEM解析では、7.3mmであった。安全側を考慮して、格子解析のキャンバー値を採用した。

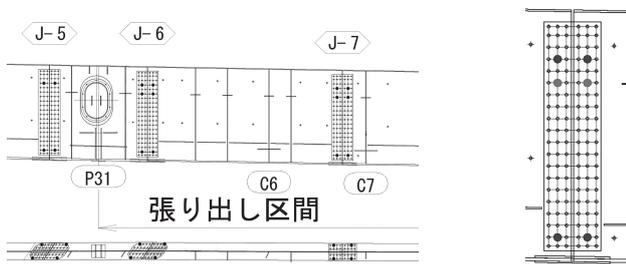
3-2 パイロットホールについて



(a) FEMモデル (b) 格子解析のモデル

図-2 解析モデル

図-3は、張り出し架設となる主桁WEBに設けたパイロットホールである。張り出し部材の主桁WEBの引張側のパイロットホールは、通常の倍設けることとした。垂れ下がろうとする部材にピンを打つことで、安定して締め付け作業をさせる狙いもあった。



(a) 張り出し部

(b) WEB

図-3 パイロットホール

3-3 仮組時における再現実験

仮組立て検査後、実際の張り出し架設時の状況を再現し、主桁のたわみの再現実験を行った。J8の添接板は、全て取り外した。中間支点上に1支承あたり1000kNジャッキを4つ使用して、ジャッキアップを行った。J8の仕口が無応力状態で添接可能かどうか（平行度と目違い）とその時のジャッキアップ量と解析上のジャッキアップ量の確認および高さの計測を行った。J8の仕口が平行となるようにジャッキアップ反力を調整した



(a) 中間支点上

(b) J8での段差計測

図-4 たわみの再現実験

-表- ジャッキアップ量 単位：mm

	P31		P32	
	L	R	L	R
①解析値	84	100	79	69
②実験値	86	98	77	70
差(①-③)	-2	2	2	-1

とき、デッキ面の目違いは、 $-1\text{ mm} \sim +3\text{ mm}$ 程度であった。ジャッキアップ量比較を-表-に示す。ジャッキアップ量の差は、最大2mmであった。

3-4 架設時の出来形管理

仮組立て検査後におこなった再現実験により主桁のたわみ値と解析値との差がないことがわかった。また、ジャッキ反力の値も得られている。変形状態を事前に理解したうえで、解析値と架設時のたわみ値を比較しながら架設を実施することができた。図-5は、G3主桁のSTEP1 (P32側からの張り出し)、STEP2 (P31側からの張り出し)、STEP3 (ジャッキアップ時)、支点支持の架設時のそれぞれの形状を表したものである。

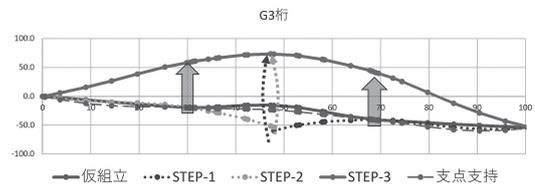


図-5 G3桁のたわみの形状

[256x16]

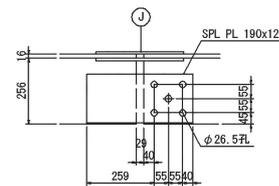


図-6 仮スプライス

3-5 仮添接板

接合部の添接板は、最悪の状況を想定して、図-6に示すように、仮添接板を準備した。片面拡大孔と片面現場孔明けの添接板を準備した。実際に、現場では、この仮添接板を使用することはなかった。

4. おわりに

集中工事期間に河川上の鋼床版桁の張り出し架設を精度よく架設するために、本番前の解析や施工実験をすることにより、問題点を整理し、準備することがいかに大切かを実感した工事であった。

最後に、本工事の施工にあたり、ご指導いただいたNEXCO西日本関西支社阪神改築事務所の方々のご協力頂いた工事関係者のみなさんにこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

48 品質管理

支承取替に伴う支持設備の検討について

無所属

大成エンジニアリング株式会社

石橋 諒平

1. はじめに

本工事は、第二神明道路の伊川谷IC～玉津IC間に位置する櫛谷川橋、丸塚高架橋、居住高架橋、玉津第二インター橋4橋の耐震補強工事を行うものである。本稿では、居住高架橋の支承取替に伴う仮設工法の検討について報告する。

工事概要

- (1) 工事名：第二神明道路 伊川谷IC～玉津IC間橋梁耐震補強工事
- (2) 発注者：西日本高速道路（株）関西支社
- (3) 工事場所：兵庫県神戸市西区玉津町居住
- (4) 工期：令和3年2月25日～令和5年7月14日
- (5) 工事内容：支承取替工 = 34箇所
落橋防止構造 = 46箇所
水平力分担構造 = 86基
連続繊維巻立工 = 972㎡

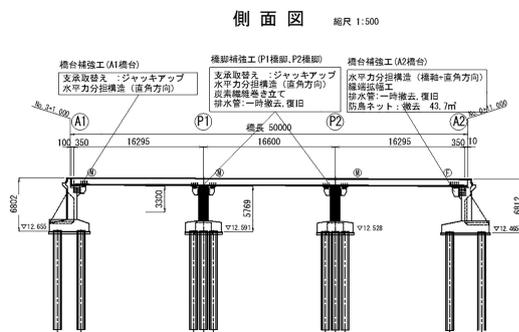


図-1 居住高架橋 側面図

2. 現場における課題・問題点

居住高架橋の支承取替に伴う当初計画は、P1

橋脚、P2橋脚の支承取替は当初、ベント工法によるジャッキアップで計画していた（図-2）。居住高架橋は図-1に示すとおり、現地盤から桁下までの離隔が3.3mと低く施工ヤードが狭小であり、桁に近接する箇所はチェーンブロックによる人力作業での仮設となるため作業性が著しく悪い。そのため下記の課題があった。

- ① ベント工法は204部材/橋（49.33t）を計画しており、ベントの仮設に40日程度を計画している。既設桁や桁に添架されている光通信ケーブル及び高圧ケーブルが長期にわたり近接しているため安全管理が課題となった。
- ② 施工ヤードの地盤は地耐力が低いことから、下部工フーチングにてベントを支持する必要がある。しかし、同橋脚は連続繊維補強が計画されており、ベント工法と枠組足場の同時仮設が不可能であるため作業工程の増加による工程管理が課題となった。

以上により、ベント工法以外の仮設工法を提案・検討する必要があった。

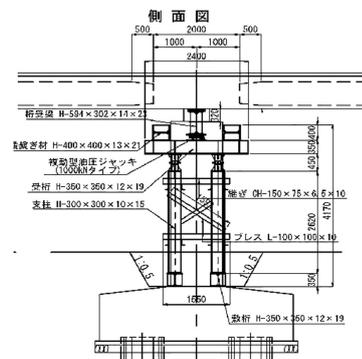


図-2 仮設計画図

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

1) 下部工ブラケットを支持設備とした工法

第二神明道路事務所管内では、しゅん功済の耐震補強工事にて支承取替を約50基施工した実績があった。居住高架橋P1橋脚、P2橋脚は当初より、水平力分担構造の設置が計画されており、先行工事にて、**図-3**に示すように水平力分担構造用の下部工ブラケットを支持設備とした仮受ブラケット工法の実績があったため、同様の工法を採用できると考え提案した。その際、下部工ブラケットで上部工反力を支持可能か設計照査にて確認し、現設計の下部工ブラケットで上部工反力を支持可能であれば、支持設備として使用できると判断することとした。



図-3 ジャッキアップ状況

2) ベント工法と仮受ブラケット工法の比較検討

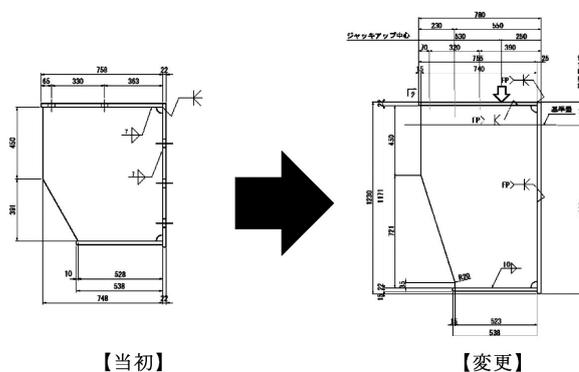
ベント工法及び仮受ブラケット工法は、下部構造の天端に油圧ジャッキスペースが確保できない場合に採用する事が多い。ベント工法の基礎にはコンクリート基礎や既設橋脚のフーチングを利用する必要がある。また、仮設ベントの部材点数により設置・撤去に日数を要する。仮受ブラケット工法はあと施工アンカー削孔が必要であり、既設橋脚の配筋状況により施工に日数を要する。

居住高架橋では橋脚に下部工ブラケット（約1.0t/基）を設置する工法であり、施工実績として4基/日であった。居住高架橋の支承取替時に使用する仮受ブラケットは2基/橋脚であり、全体数量は16基/橋梁のため、ベント工法と比較すると仮設部材数が少なく、作業日数も少ないため

工程の短縮が期待された。

3) 仮受ブラケットの設計照査及び修正設計

設計照査の結果、当初計画の水平力分担構造用下部工ブラケットでは、上部工最大反力（死荷重+活荷重）3,643kN/支点を支持出来ない結果となった。ただし、仮受ブラケット工法を採用することとし、上部工反力を支持出来るよう下部工ブラケットの修正設計を実施することとなった。その結果、**図-4**のように、下部工ブラケットの部材寸法及び鋼材板厚の変更を行い、水平力分担構造用下部工ブラケット兼仮受ブラケットとして上部工反力を支持出来る構造とした。



【当初】

【変更】

図-4 仮受ブラケット変更図

4) 適用結果

以上の検討結果により、支承取替のための支持設備をベント工法から水平力分担構造用下部工ブラケットを利用した、仮受ブラケット工法を適用した。当初計画より仮設部材数が減となり、既設ケーブル等との近接作業期間を削減したことにより、工事の作業性及び安全性が向上した。

4. おわりに

今回の対象橋梁である居住高架橋は桁下離隔が3.3m程度であり、光通信ケーブル等と近接しているためクレーン作業を行う上で制限があった。

耐震補強工事は狭小の施工ヤードであることが多いため、今回提示した工法で支承取替を行った実績を生かして今後の耐震補強工事が加速することを願う。

最後に本工事にあたり、ご協力をいただいた関係者の皆様には深く御礼申し上げます。

49 安全管理

歩道・車道隣接工事に対す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

担当技術者

江 口 輝

1. はじめに

本工事は、有明海沿岸道路整備事業の内、大牟田市新港町地先において地盤改良（深層混合処理、杭径1600mm平均打設長 14.3～18.9m平均杭長 13.5～18.1m本数208本）を施工する工事である。

工事概要

- (1) 工 事 名：福岡208号
新港地区改良（2工区）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：福岡県大牟田市新港町地先
- (4) 工 期：自）令和5年4月1日
至）令和5年12月30日

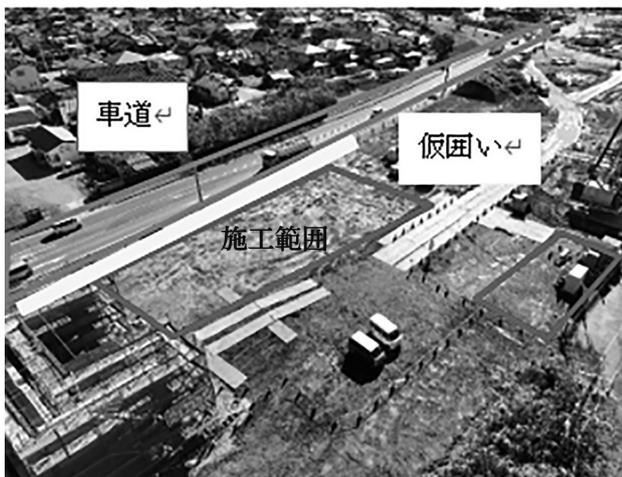


図-1 施工箇所全景

2. 現場における課題・問題点

現場条件としては、工事箇所に隣接する交通量の多い車道が並走していた。又、民家が施工箇所

に近接していた。

今回施工する地盤改良は、大型の地盤改良機を使用する必要があり、地盤改良機に付着した改良土が、交通車両及び住民への飛来防止対策及び大型機械の転倒による災害を防止する対策を講じる必要があった。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

- (1) 改良土の飛散・飛来に対する対策

地盤改良施工時、改良杭打設後の攪拌軸に付着している改良土を除去する対策として、攪拌翼上部にワイヤーブラシを設置し、攪拌軸引き上げる時に地表面付近で常時泥落としを行い、高所からの飛来を防止した。又、飛散防止対策としては、地盤改良機の攪拌軸周囲を飛散防止カバーで覆ったことで引き上げ時に周囲へ飛散していた改良土の粒子を場外に飛散しないようにし、交通車両、歩行者へ対しての悪影響を防いだ。

さらに車道に面している歩道の一部に仮囲いを設置し、飛散防止対策と兼用して粉塵・騒音対策を講じた。歩道に設置した仮囲いの夜間時の保安



図-2 飛散防止カバー・ワイヤーブラシ



図-3 仮囲い

対策としては、歩行者の視認性を向上させる為、ソーラー式保安灯及び高輝度カラーコーン、高輝度矢印板を設置することで、歩行者が接触しないよう対策を講じた。

(2) 重機足場の確保について

地盤改良工の施工は、大型重機（135tパイルドライバー）を使用する為、大型重機が転倒する可能性が考えられ、施工の安全性につながる問題となる。よって、施工前に大型重機の使用に対して地盤の地耐力を把握する為に、キャスポル試験を行った。

キャスポル試験を行った結果、大型重機使用時の必要地耐力は347.7 KN/m²に対し、現地盤の支持力は220.4 KN/m²と結果が出た為、大型重機足場に敷鉄板（5×20）を敷設し、荷重を分散する対策を検討した。結果、大型重機使用時の必要地耐力は217KN/m²となり、現地盤の支持力を下



図-4 重機足場養生（敷鉄板使用）

回った。以上の結果より、敷鉄板で養生し荷重を分散することで安全に作業を行うことができた。

(3) デジタル風速計の使用について

施工箇所は有明海沿岸に近く急な突風が吹くことがあり、突風による地盤改良機の転倒が考えられる為、作業員及びオペレーターへの強風時の作業中止の日安として、リアルタイムで風速を確認できるデジタル風速計の設置を行った。

周知方法については、作業員の目視できる場所に、三色パトライト及び吹き流しの設置し、運転席に風速値の表示計を常備した為、強風時（最大瞬間風速12m/S、平均風速10m/s）には、風速を確認でき安全な施工を行うことができた。



図-5 自動風速計の使用

4. おわりに

本工事では、現場周辺は住宅や工場等があり、騒音・振動・粉塵の発生には十分に注意し施工を行った。また、施工箇所に隣接した交通量の多い歩道・車道がある為、公衆災害を防止する対策を重点的に行った。

地盤改良を施工する中で、隣接工事と施工順序を調整する難しい課題もあったが、隣接工事業者と打ち合わせを密に行い、工程調整等の協力により工程どおりに施工を完了することができた。

今後も無事故・無災害に向けて、関係機関、工事関係者、近隣住民とのコミュニケーションを取り合い、様々な技術提案・工夫を行いながら、安全かつ工期内に工事完成を行えるよう目指して行きたい。

50 安全管理

土砂運搬における ダンプトラックと誘導員の接触事故防止対策

(一社) 北海道土木施工管理技士会
岩田地崎建設株式会社
山内 敦貴

1. はじめに

石狩川下流域に広がる低平地は、札幌市等の大都市や中核都市が集中している他に、広大な農地が多数存在し、国内有数の食料供給地となっている。

このような地域において洪水氾濫が発生すると、甚大な被害を生じるおそれがあることから、平成19年9月に、石狩川（下流）河川整備計画が策定され、戦後最大規模である昭和56年8月上旬規模の洪水流量を安全に流すことを目標として、石狩川中流部に新たな遊水地の整備を行う北村遊水地事業が開始された。

本工事は、石狩川（下流）河川整備計画に基づき、石狩川の流下能力向上のための河道掘削を行うとともに、北村遊水地事業に必要な盛土材確保のため攪拌土造成を行うものである。

工事概要

- (1) 工事名：石狩川改修工事の内
石狩川みらい大橋右岸下流低水路掘削外工事
- (2) 発注者：北海道開発局 札幌開発建設部
岩見沢河川事務所
- (3) 工事場所：北海道樺戸郡月形町
- (4) 工期：令和5年3月30日～
令和5年12月14日
- (5) 施工数量：掘削工（ICT）45,800m³
：土砂混合攪拌 44,400m³

：運搬路造成工 1式
：仮設工 1式

2. 現場における課題・問題点

本工事は、石狩川枯木上流築堤工区において約45,000m³の河道掘削を行い、そこから約8km離れた攪拌プラントまで現地発生土を10tダンプトラックにて運搬し、土砂混合攪拌を行う工事である。攪拌材料の土砂を1日当たり約1,000m³運搬する必要があり、攪拌プラントにおいて現地発生土の受け入れ時に後退するダンプトラックと車両誘導員の接触災害が発生するおそれがあった。

また、当時北海道内では約半年間という短い期間の中で車両誘導にあたった作業員が後退する資材運搬車両にひかれて死亡するという重大災害が3件も発生していた為、本工事においても類似災害の発生を未然に防ぐ安全対策が課題であった。

対策を検討する中で、誘導員に対して工事内容の把握・誘導位置等に関する教育の徹底や、視認性の確保等様々な対策を検討したが、誘導員と車両の接触災害が発生するリスクを完全に無くすことはできないという問題点があった。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

対応策としてリスクを完全に無くすため、土砂受け入れ箇所を無人化し、誘導員がいない状況下でも土砂の受け入れを可能にする設備を設置した。

土砂受け入れ箇所を無人化してもダンプトラックが指定された場所に後退できる設備として、土砂受け入れ箇所の左右側面にH鋼付き仮設ガードレールを設置した(図-1)。後方には赤外線センサーによる車両感知装置を設置し(図-2)、停止位置到達時は前方に設置した回転警報灯と警報ブザーにて運転手に合図を行った(図-3)。また、車両感知装置に不具合が生じて合図がうまく取れなかった場合を想定し、停止位置に鋼製の車止めも設置した(図-4)。作業開始前には、元請職員による設備の点検を実施し、異常が無いことを確認してから作業を開始した。

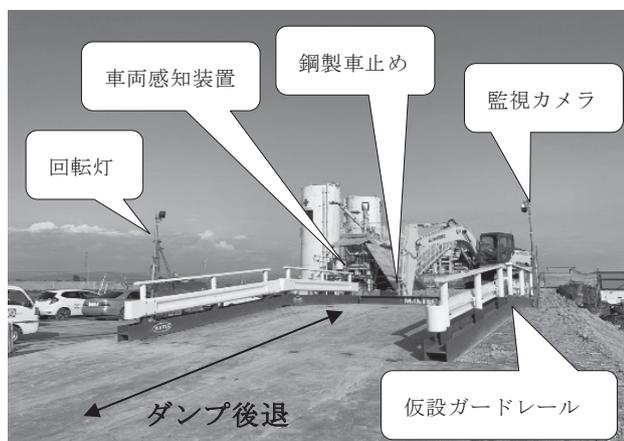


図-1 土砂受け入れ箇所



図-2 車両感知装置



図-3 回転警報灯



図-4 鋼製車止め



図-5 監視カメラ

また、作業中に設備の異常や運搬に問題が発生していないかを常に確認できるように監視カメラを設置した(図-5)。作業状況は攪拌プラント操作室のモニター画面に映し出し、常にオペレーターが監視を行った(図-6)。異常がある場合

は直ちに作業を中断し、点検を行った後に再開するように徹底した。



図-6 攪拌プラント操作室

これらにより、土砂受け入れ箇所を無人化しダンプトラックと誘導員の接触災害が発生するリスクを完全に無くすことができた(図-7)。



図-7 土砂受け入れ状況

4. おわりに

災害事例を検討し、土砂受け入れ箇所での誘導員の無人化を考案することで、事前に危険を回避することができた。その結果、無事故・無災害で工事を終えることができ、ダンプトラックと誘導員の接触災害防止対策として非常に有効であった。また、工事の中で特に大きな問題は発生しなかったが、車両感知装置のセンサーが粉じん等の汚れで機能しないことが数回発生したため、今後活用していく中で新たに対策が必要だと考える。

51 安全管理

新技術を活用した県道交通の安全確保について

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

現場担当者

井上 康太郎[○] 今井 裕規

1. はじめに

本工事は富山県道高岡環状線の高架化に伴う、本線2工区の上部工（鋼3径間連続非合成钣桁橋の製作、架設、床版、橋梁付属物）工事である。

本工事の作業ヤードは中央帯を利用しており、作業箇所をすぐ脇を県道が通るため、県道俯角への吊荷の越境や資材の飛散に十分留意する必要がある。架設計画図を図-1に示す。着色部は供用中の県道を示す。

本稿では、狭隘なヤード条件における県道交通の安全確保に関する課題と対応策について報告する。

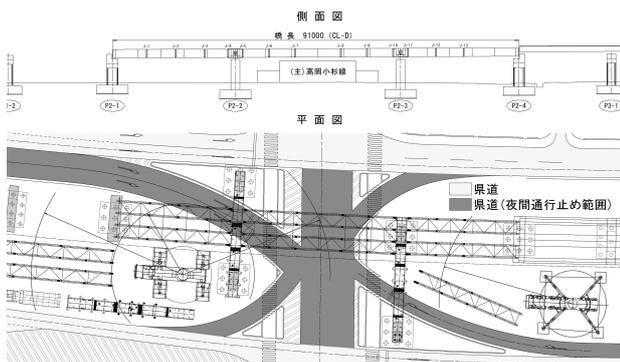


図-1 架設計画図

工事概要

- (1) 工事名：主要地方道高岡環状線道路改築
橋梁上部工（2工区）工事
- (2) 発注者：富山県 高岡土木センター
- (3) 工事場所：富山県高岡市二塚地内
- (4) 工期：令和5年3月20日～
令和6年7月31日

2. 現場における課題・問題点

本橋は交差点上に位置するため、架設及び足場の設置・撤去作業は夜間交通規制中の限られた時間内で行う必要がある。また中央径間の落とし込み架設時には、中間支点部が横梁であるため、主桁ブロックは先行して架設された横梁の仕口に連結する構造となっている（図-1）。従って、夜間作業では県道交通の安全を確保した上で、落とし込み架設ブロックの連結部における仕口角度等の精度を管理し、作業全体を効率的に行うことが求められる。これらを考慮し、次に示す3点の対応策を検討した。

- 1) 県道俯角への越境防止策
- 2) 落とし込み架設～連結作業の円滑化
- 3) 吊足場の組立・撤去作業の迅速化

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

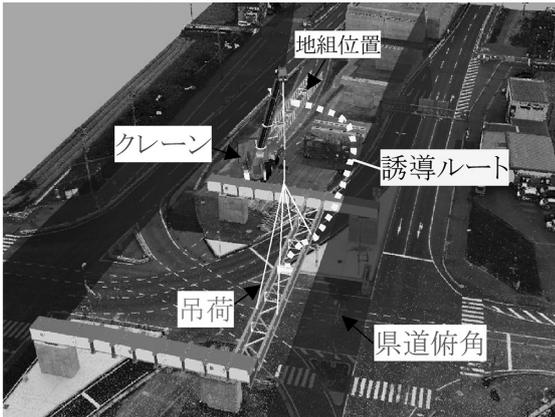
- 1) 現道俯角への越境防止策

施工計画時に現地状況を踏まえた架設シミュレーションを実施し、事前検討を行った。まず、レーザースキャンで取得した現地の3次元形状データに、県道の俯角面と施工済み下部工を重ねたCIMモデルを構築した。次に、クレーンシミュレータを用いて、架設ステップごとに県道俯角及び周辺構造物との離隔を確保するための最適なクレーン配置と吊荷の誘導ルートを決めた（図-2）。

架設時には、位置情報を用いて県道の俯角面の

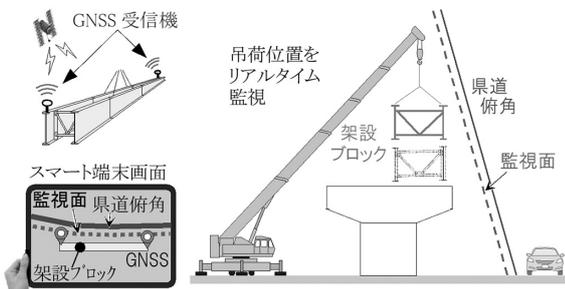
内側に停止面を設定し、架設ブロックの両端にGNSS受信機を設置して、クレーン作業中の吊荷の位置をスマート端末上で可視化し、監視を行った。また、停止面に吊荷が到達した際は回転灯と警報で周知し、即座に作業を中断させる管理体制をとることで、県道俯角内への侵入を確実に防止した(図-3)。

最適なクレーン配置と吊荷の誘導ルートを決定



ソフト名『3D建機ナビ』

図-2 架設シミュレーション



システム名『3Dバリア』

図-3 GNSS受信機を用いた吊荷位置監視

2) 落とし込み架設～連結作業の円滑化

主構造の製作段階において、落とし込み作業を円滑化するため、架設ブロックの両端および横梁仕口の連結部に逆ハの字向きの勾配を設定した。また、主桁上にセッティングビーム(ガイド目的で仮受けは考慮しない)を、横梁上に誘導用セッティングガイドを事前に取り付けることで、主桁の位置決め作業を効率化した。架設に際しては、横梁の据付箇所に3方向ジャッキ設備を追加し、高さや通り誤差の調整に伴う作業遅延を予防した。以上の対策により、架設ブロックと横梁との連結作業を円滑に行うことができた(図-4)。

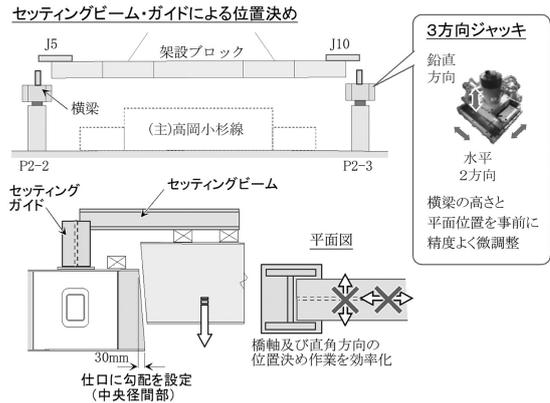


図-4 落とし込み架設～連結作業の円滑化

3) 吊足場の組立・撤去作業の迅速化

吊足場の組立・撤去作業を安全かつ効率的に行うため、県道俯角範囲内の足場にはパネル式吊り棚足場を採用した(図-5)。パネル式足場は、単管、クランプ、足場板等で構築される床部がユニットパネル化により一体となっている。従って、組立・撤去作業の手間が減少し、また板同士の段差や隙間も少ないため、作業床での躓きや資材落下防止の観点からも安全に作業を行うことができた。

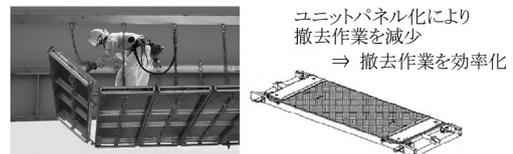


図-5 パネル式吊り棚足場

4. おわりに

施工時における第3者への影響は最も留意すべき事項である。本稿の内容は、県道交通の安全対策として新技術とその他の工夫を組み合わせた一例であるが、より安全に作業を行うことができた反面、想定以上のコストがかかる結果となった。しかしながら新技術ということもあり、実施検証を重ね簡易なシステムとすることで、今後は一般的な方法として十分使用できるものと考えられる。

最後に本工事の施工にあたり、ご指導・ご助言をいただきました富山県高岡土木センタープロジェクト推進班の皆様方、そして工事関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

52 安全管理

ケーソン仮置時における安全対策

岡山県土木施工管理技士会

株式会社大本組

佐野 大介[○] 阪口 真太郎

1. はじめに

当工事は、鹿児島県の川内港で新たに岸壁を整備することで北薩地域の木材輸出拠点を目指すことを目的とした事業のうち、仮設工及び本體工（ケーソン式）を施工するものである。

工事概要

- (1) 工事名：令和5年度川内港（唐浜地区）岸壁（-12m）ケーソン製作外1件工事
- (2) 発注者：国土交通省九州地方整備局
- (3) 工事場所：鹿児島県薩摩川内市港町地先
- (4) 工期：自）令和5年5月27日
至）令和6年3月31日
- (5) 工事内容
 - ・仮設工
 - 捨石荒均し：552m²
 - 浚渫：429m²
 - ・本體工

ケーソン仮置：8函（830t～1,310t）
ケーソン製作：3函（520t～1,310t）

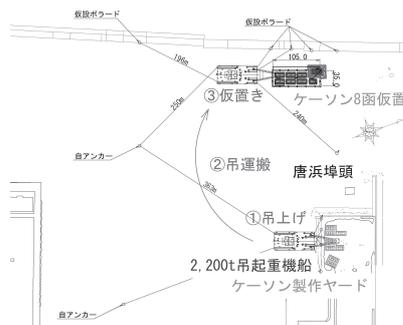


図-1 ケーソン仮置き概要図

2. 現場における課題・問題点

仮置時期である10月以降の当該地区は、季節風の影響によるうねりや突風により、作業時に作業足場や吊枠の揺動が危惧された。さらに、大型起重機船ブームトップに装備されたクレーンカメラでは吊枠等の死角により、起重機船のオペレータは、ケーソンへの作業足場等の取付位置や作業員の退避確認ができないことが懸念された。

また、ケーソン仮置の一連作業で、ケーソンを吊上げて着底するまでの間が最もケーソンが不安定な状態であり、ケーソン着底の際の注水作業は、不安定な状態（浮遊状態）のケーソン上に10人程度の作業員が搭乗し、各隔室の水位監視および注排水ポンプを操作しながらケーソン据付を行うことから、不安定なケーソン上での作業が懸念された。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

前述した2つの課題に対応するため、以下の工夫を実施した。

(1) 作業足場・水中ポンプ・吊枠の一体化

ケーソン吊枠と作業足場及び水中ポンプを一体化させることで吊荷の安定と水中ポンプ等の設

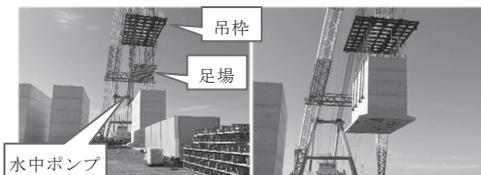


図-2 一体化した吊枠でのケーソン吊上状況

置・撤去の作業手間の低減を図った。

(2) 吊枠へのAIクレーンカメラの設置

カメラ映像内にいる人物を検知、表示するAIカメラを吊枠に設置し、AIカメラの映像は起重機船オペレータ室のモニタ及び陸上の職員がタブレットから退避状況を確認でき、音によるリアルタイム注意喚起もすることで、ヒューマンエラーや見落としの防止を図った。

またAIの解析には、クレーンカメラの視点から頭・体・手と分かりやすい特徴がない為、ヘルメットを被っている人の”形”を検知対象としてAIを構築した。

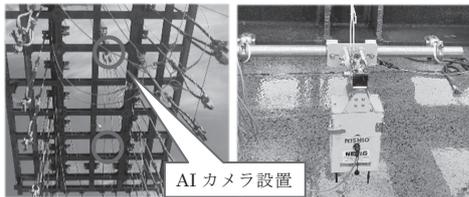


図-3 AIクレーンカメラ設置状況



図-4 オペによるAIクレーンカメラ確認状況

(3) 遠隔操作ケーソン注水管理システムの使用

従来のケーソン上での監視員のレッド検測による注水管理から、各室毎に水位センサを設置し、函内の水位を自動連続計測できるシステムとした。遠隔モニタで注水状況を確認することで、注水作業時における不安定な状態のケーソン上での作業を無人化した。

また管理値である各室の水位差1m以内の管理については、注水時の警報及び注意喚起として、監視モニタで水位差表示を色分けし、水中ポンプの動作停止も円滑に行えるようにした。



図-5 ケーソン上無人化注水状況

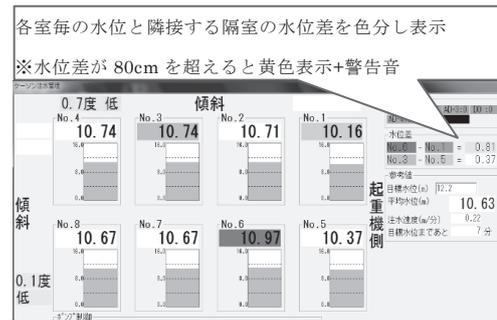


図-6 注水管理システムモニタ画面

前述の工夫により得られた効果を以下に述べる。

- ① 作業足場・水中ポンプ・吊枠を一体化し設置・撤去することでポンプの設置や吊枠の吊り作業手間の低減により、作業員の安全性が向上した。
- ② 吊枠にAIクレーンカメラを設置することで、作業足場が確実に設置され安定していることをAIカメラ映像で確認した後、作業員は作業足場に移動してケーソンの玉掛作業を行うことが出来たため、作業員の安全性が向上した。
- ③ 遠隔操作ケーソン注水管理システムを使用することにより、注水作業時において不安定な状態のケーソン上作業が無人化されたため、海中転落・躓き転倒災害の心配がなく安全性が向上した。

なお、導入に関しては、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

建設業では墜落や転倒災害が未だに多く、その可能性の芽を摘む上でもAIカメラでの監視や注水時のケーソン上無人化は有効であることが確認できた。

ただ、今回実施した吊枠の一体化は、ケーソン形状が類似していて同様の吊枠が使用できることが前提であり、当現場とは異なり多種類のケーソン形状で吊枠の改造が頻繁に必要なような据付等には適用は難しいため別途検討が必要である。

本報告が今後施工される類似工事の参考になれば幸いである。

53 安全管理

湧水・漏水を伴う背面盛土における 擁壁工事の安全対策について

(一社) 静岡県土木施工管理技士会
株式会社アースシフト
小野田 翔

1. はじめに

本現場は、令和4年9月に発生した台風15号により二級河川興津川が増水し、隣接する県道路肩法面が侵食され、崩壊の恐れがあったため、応急工事として静岡県によって河川内に腹付盛土及び袋詰め玉石袋積が、また静岡市によって腹付盛土の天端に大型土のう袋積が設置されていた(図-1)。本工事は、当箇所を含めた全延長189mについての河川護岸の本復旧工事である。

工事概要

- (1) 工事名：令和5年度〔第34-B3067-01号〕
二級河川興津川4年災害復旧工事
4年災査定第212号(護岸工)
- (2) 発注者：静岡県静岡土木事務所
- (3) 工事場所：静岡市清水区但沼町地先
- (4) 工期：令和5年6月16日～
令和6年6月27日

2. 現場における問題点

当初計画では、県道に最も近接している起点側からもたれ式擁壁を5.5m、その上流側へは大型ブロック積工を施工する計画であった。ただし市の条件により、大型土のうについては、撤去せずに袋詰め玉石積を撤去し、腹付盛土を5分勾配で掘削する設計であった。

袋詰め玉石を撤去したところ、盛土法面からの湧水や、道路に沿って設置されていた農業用水路

の老朽化に伴う大量の漏水が認められた。さらには、盛土を5分勾配で掘削した場合、大型土のうの崩落や県道が崩壊する恐れがあった(図-2)。以上のことから、法面掘削時の崩壊災害防止対策が課題となった。



図-1 施工前写真(応急復旧箇所)

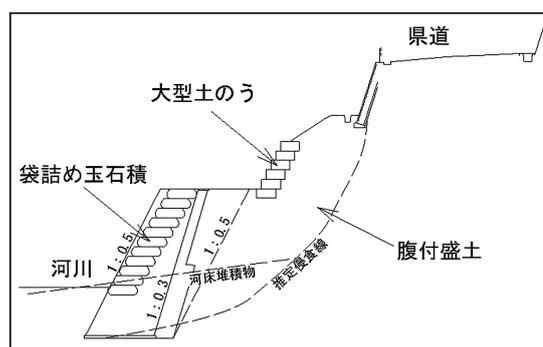


図-2 当初横断面図

3. 工夫・改善点と適用結果

起点から約30mの区間で県道崩壊が懸念されるため、法面掘削時の崩壊事故防止対策として、以下のとおり対応した。

- ① 崩壊リスクを低減させるため、盛土材に使用

されている土質を調査した上で、掘削勾配を5分勾配から8分勾配に変更。

- ② 8分勾配の掘削影響線が盛土天端の大型土のうに影響しないように擁壁構造物を設計変更。
- ③ 雨天時や閉所時には、繊維ネット等による法面の養生を行い、大規模な崩落へ起因する法面の変化がないか監視。
- ④ 掘削法面に2列×3m間隔で異形鉄筋を1本当たりの長さ3～4m程貫入し、背面法面のせん断強度を確保（図-3・4）。
- ⑤ 法肩にセンサー杭を設置し、法面崩壊による杭の傾きがないか無線センサー端末で常時に計測。一定角度まで傾いた際に杭頭部の警告灯を自動的に点灯させ、災害の発生を周知させることで、作業員の安全を確保（図-5）。

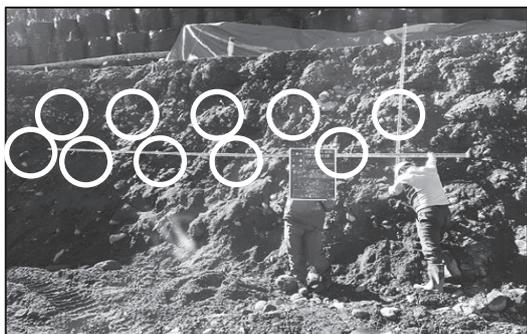


図-3 異形鉄筋貫入状況（全景）

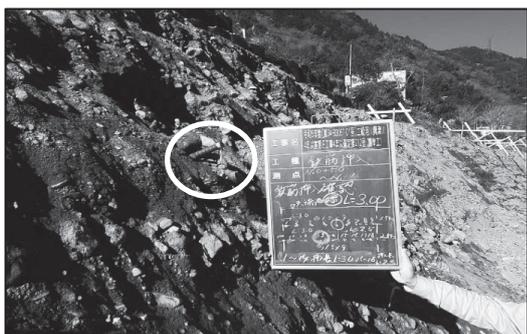


図-4 異形鉄筋貫入状況（接写）



図-5 センサー杭設置状況

これら対応により、作業中は繊維ネット内での法面表面の肌落ちを必要最小限にまで抑え、現場従業員の災害への危険周知に努めることができた。また、現場での大規模災害や第三者災害の発生リスクを減らし、無事故で安全に作業を進めることができた。

4. おわりに

私にとって、河川内工事は初めての経験であったため、市街地での工事のような第三者への配慮が必要ないと思っていた。しかし、県道の通行車両や、遊泳客・遊漁客などの第三者への事故防止対策など、河川工事においても想像以上に配慮が必要だったことを痛感した。

また二級河川興津川は雨天時に河川水位が短時間で急上昇することを経験し、道路を崩壊させてはならないという重圧から、特に仮設工や安全管理の重要性を感じた。

そこで私は地域活動に積極的に参加し、現場周辺の住民と直接コミュニケーションをとることで、住民の不安をできるだけ低減させ、自他共に地域一体での現場管理に努めた。また雨天時の河川内の重機や資機材の移動や掘削法面への仮設工や養生について新たに学んだことで、迅速な対応、対策を講じることができ、無事に工事を竣工させることができた（図-6）。

この場をお借りして、発注者・会社の先輩方・協力会社、並びに工事にご理解・ご協力いただいた地域の皆様に感謝申し上げます。

今後については、本工事により得た経験を活かし、地域との調和や、現場条件に柔軟に対応した現場運営を心がけていきたいと思います。



図-6 完成写真

54 その他

現況構造物の 3D 化と ICT バックホウによる排雪作業

新潟県土木施工管理技士会
株式会社森下組
常務取締役
森 下 真 朋

1. はじめに

本工事は新潟県の豪雪地帯である南魚沼郡湯沢町の延長13.1kmに及ぶ国道17号の除雪作業である。過去5年平均の累計降雪量は1595cm、同最大積雪深は272cmと路線上で最も降雪量が多くなる標高330m～710mの区間での作業となる。

工事概要

- (1) 工 事 名：R5湯沢工区除雪作業
- (2) 発 注 者：国土交通省長岡国道事務所
- (3) 工事場所：新潟県南魚沼郡湯沢町貝掛～
南魚沼郡湯沢町湯沢字中島川原
- (4) 工 期：令和5年10月1日～
令和6年3月31日

表-1 累計降雪量と最大積雪深

三俣 (H=630m)	過去5年平均	令和5年度
累計降雪量	1595cm	443cm
最大積雪深	272cm	153cm

(北陸地方整備局の観測データより)



図-1 除雪状況

2. 現場における課題・問題点

除雪作業において排雪作業は欠かせないものであるが、排雪作業の問題点として堆雪をバックホウで掻き出すときに既存の構造物を壊してしまう可能性が上げられる。これまでの対策は降雪前に路線のビデオ撮影を行ったり、googleマップのストリートビュー機能を使用したりして既存構造物の位置確認を行っていた。その場所での排雪に慣れているオペレーターであれば、どこにどんな構造物が埋まっているか感覚的にわかっているが、初めてその場所で排雪を行うオペレーターは作業も慎重になり作業スピードも遅くなる。場合によっては既存構造物を破損させてしまうことも考えられた。また、作業員の高齢化によりオペレーターの確保も難しくなっていく中、除雪技術の継承には時間がかかり、誰でも排雪に対応できるようにする必要があり、世代交代を早急に進めたい思いがあった。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

①排雪箇所の3次元点群化

今回の対象箇所は擁壁とせり出し防止柵が設置された区間となる。地上レーザースキャナ「GLS-2000」を使用して排雪箇所の現況構造物の3次元点群化を行った。対象箇所は延長130mであったため、対象範囲を囲うように4点基準点を設け、測定は後方交会で2箇所から行った。基準

点は標高だけベンチマークから計測し、X、Yは現場のローカル座標とした。(現場近くに基準点がなく、後で行うローカライゼーションで対応できるため)

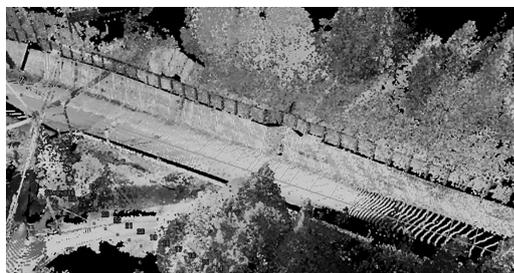


図-2 点群データと断面抽出

② 3次元点群から3Dモデルの作成

点群のままではICTバックホウで使用できないため、面データに変換する必要がある。手順としては点群処理ソフトに測定した点群を取り込み後、現道上に中心線を任意に設置し、5mピッチで断面を取得するほか、擁壁の横断変化点でも断面を取得する。続いて取得した断面の特異点(擁壁の肩や勾配変化点など)を抽出し断面の点を減らし簡素化する。この簡素化した断面と任意設置した中心線データを3Dモデル作成ソフトに取り込み、面データを作成する。

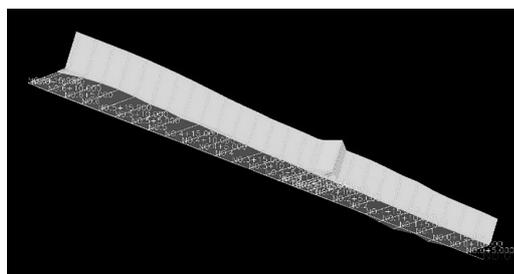


図-3 3Dモデル

③ ローカライゼーションとデータ取り込み

GNSSを使用し、現地座標のローカライゼーションを行う。現地の擁壁にはアンカーが施工されているため、作業時には40cmオフセットさせる。



図-4 擁壁のアンカーキャップ

④ ICTバックホウでの排雪作業

ICTバックホウは0.25㎡のレトロフィット(後付けマシンガイダンス機)で行った。令和5年度は例年よりも降雪量が少なかったが(累計降雪量443cm)、オフセット面の誤差も5cm程度となり、経験の浅いオペレーターでも構造物を破損すること無く作業を終えることができた。



図-5 ICTバックホウ作業状況



図-6 オフセット量とバケット位置の実測

4. おわりに

ICTバックホウでの排雪で難しかった点を上げると、バケットの形状やブームの長さを変更すると、その都度キャリブレーションを行わなくてはならない点が上げられる。また、調整基準点の設置場所にも注意しなければならない。車道に近く配置しすぎれば除雪の際に亡失してしまうし、逆に路肩に寄りすぎれば堆雪の中に埋もれてしまう(今回の作業では路肩に寄りすぎたため、基準点の確認に時間を要した)。

今後は3次元化する範囲を広げ、全工区にひろげていきたいと考える。理想としてはガードレールなどの附属構造物なども面データ化できれば排雪作業中の構造物の破損も少なくできるが、点群から面データを作成する手順を効率化しないと難しいと感じた。

55 その他

王子橋上部工工事における UAV を用いた起工測量

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本橋梁株式会社

工場製作時現場代理人 現場施工時現場代理人

前田 航平[○] 神山 直人

1. はじめに

本工事は、宮崎県道46号線の一部であるPC橋梁の老朽化に伴い、災害発生時の交通路の確保などを目的として鋼橋で架け替えをおこなう事業の一部である。

本報告では、トータルステーション（以下、TSとする）などを用いた従来の測量に代えて実施した、無人航空機（以下、UAVとする）による測量について報告する。

工事概要

- (1) 工事名：令和4年度 橋梁更新 第3-1-1号
県道高城山田線王子橋工区
(仮称) 王子橋上部工工事
- (2) 発注者：宮崎県都城土木事務所
- (3) 工事場所：宮崎県都城市
- (4) 工期：令和5年3月14日～
令和8年3月25日

2. 現場における課題・問題点

上部工と下部工は支承で取り合うが、上部工は基本的に設計値通りの形状で製作する。そのため、下部工出来形の誤差は、支承ベースプレートへ取り付けアンカーボルトの配置を変更することによって調整する。アンカーボルトの配置を決定するためには、下部工で施工済みのアンカーホール位置を計測する必要がある。一般的には図-1に示すようにTSなどを用いて測量を行う。

しかし、本工事の架設地点は河川を跨いでおり、河川内で作業は可能な期間は11月から翌年5月までの非出水期に限られていた。それ以外に下記2点の制約条件があった。

- ① 架設工程の都合により2024年1月上旬に支承を現場に搬入する必要がある。



図-1 TSによる測量

- ② アンカーボルト配置、ベースプレート厚を確定させてから支承の製作を完了するのに3か月必要である。

以上の条件から、遅くとも2023年10月上旬にアンカーボルトの配置を確定させる必要があった。これらの制約条件により、出水期においても河川内に入らずに下部工出来形を確認する方法として、まずは、発注者から貸与された下部工出来形資料におけるアンカーホールの配置を正としてアンカーボルトの配置を決定出来ないか検討した。

しかし、施工時期の違いにより、各橋台、橋脚でそれぞれ違う基準点が使用されていることが判明した。上部工工事の場合、橋脚間の相対的な位置関係が重要であり、橋梁全体において同一の基

準点を使用することが不可欠である。よって、この方法では、アンカーホールの配置を決定することが出来なかった。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

他にアンカーホールの位置を確認する方法がないか発注者を交えて検討した結果、**図-2**のUAVを用いた測量を実施することになった。河川管理者である国土交通省への河川利用を申請した後、TSでの基準点の確認を含めて3日間で測量を実施した。



図-2 UAV (製品名：DJI Matrice 300 RTK)

その後、撮影した445枚の画像を専用のソフトで処理し、**図-3**に示す3Dモデルを作成した。この3Dモデルの中から必要な点の実測値をXY座標として抽出した。



図-3 3Dモデル (P1橋脚からA2橋台を望む)

本工事では、アンカーボルトとアンカーホールの離隔が道路橋支承便覧によって規定されている20mmに、施工誤差として10mmを加えた30mmを下回った場合、アンカーボルトをアンカーホールの中心に移動させることにした。3Dモデルより算出したアンカーホールの位置とアンカーボルトの配置を比較した結果、全200本のアンカーボルトのうち40本を移動させる必要があった。

UAV測量では、既知点間の距離を基準とし、新たな測点の座標は、画像上でのその距離を比例配分して決定する。また、汎地球測位航法衛星システム（以下、GNSSとする）によって単体で高精度な位置情報を取得することの出来る装置を用

いて**図-4**に示す「精度検証点」と呼ばれる点を設ける。本工事では、既存の水準点間の距離をTSで測量し、基準とした。精度検証点のGNSSによる座標を真値とした際の、UAVを用いて精度検証点を測量した座標の精度は、**-表-**の通りであった。アンカーボルト位置を決定するのに必要なX方向、Y方向の誤差はX方向で-2mm、Y方向で1mmと、どちらも施工誤差としている10mmに収まっており、十分な精度を確保していた。



図-4 精度検証点 (製品名：エアロボマーカー)

UAVによる起工測量は、アンカーボルトの位置を決定するには十分な精度が得られるため、本工事のように河川内への立ち入りができないなどの何らかの制約がある場合には有効な方法だと考えられる。

-表- X、Y、Z各方向の測定精度

X方向	-2mm
Y方向	1mm
Z方向	-8mm

4. おわりに

測量結果を元にアンカーボルトの配置を移動させた支承は、当初の予定通り2024年1月に現場へ搬入し、**図-5**に示す通り全30基を無事に据え付けることができた。



図-5 支承据え付け完了 (A1橋台)

最後に、今回の起工測量を行うにあたり、ご指導ならびにご協力いただいた宮崎県都城土木事務所をはじめ関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

56 その他

長大吊橋のセンターステイ取替工の報告

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

主査

主査

大西 健二〇 廣川 讓

1. はじめに

関門橋は、山口県下関市と福岡県北九州市の間の関門海峡を跨ぐ橋長1068m、最大支間長712mの3径間2ヒンジ補剛吊橋である。関門橋の全景写真を図-1に示す。1973年の開通後、供用50年が経過しており、これまでに補剛桁の塗替塗装や床組の支承取替等、大規模改修工事を平成23年より継続して実施している。本工事は大規模改修工事の一環として発注され、主ケーブルの長寿命化と耐震性向上を目的とした工事である。

工事概要

- (1) 工事名：関門自動車道
関門橋主ケーブル改良工事
- (2) 発注者：西日本高速道路株式会社
九州支社
- (3) 工事場所：山口県下関市棕野町～
福岡県北九州市門司区
- (4) 工期：令和2年4月28日～
令和6年4月6日

本稿では、センターステイ取替工について報告する。センターステイは主ケーブルと補剛桁の有害な相対水平変位を抑えることを目的とした部材であり、関門橋では支間中央部にケーブル形式のセンターステイが設けられている。既設ケーブル(φ44mmロックドコイルロープ)は、腐食により素線の一部が破断し補修対策が必要な状況であった。また、更なる耐震性能の向上を目的として、耐荷力を増大したケーブル(セミパラレルワイヤケーブル 素線数：φ7mm x37本)に更新することとなった。取替前後のセンターステイを図-2に示す。



図-1 関門橋全景

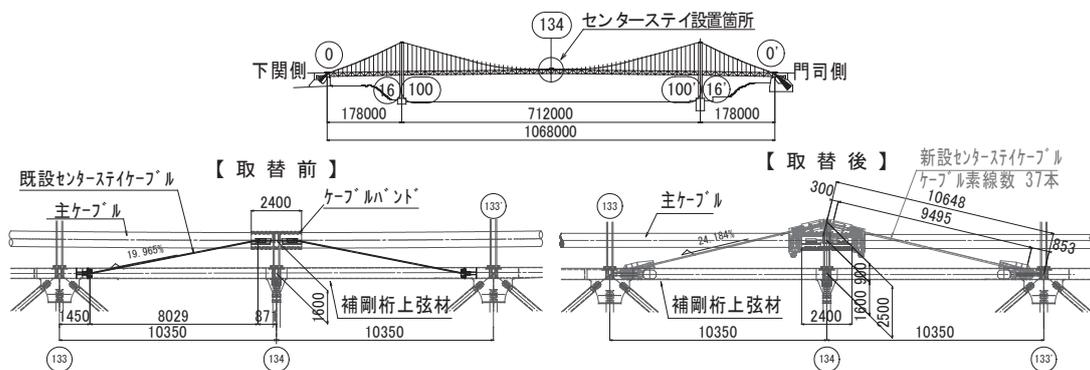


図-2 センターステイ構造図

2. 課題

吊橋における主ケーブルと補剛桁の相対水平変位は、地震動以外に活荷重や風荷重により発生する。そのため、取替施工時に既設センターステイが撤去された状態における相対水平変位への対策が必要となる。活荷重による相対水平変位は、偏った載荷状態によるねじれにより発生し、抑えることは困難である。また、風荷重についても海峡部であることから、その影響を回避することはできない。そのため、限られた空間内で相対水平変位を抑える機構を別途設ける必要があり、その構造と施工方法の検討が課題であった。

3. 対応策と適用結果

<構造について>

対応策として、補剛桁と主ケーブルを別途連結する仮センターステイケーブルを設置した後、取替施工を行った。定着位置は、構造系を変化させないよう既設センターステイと同じ格点位置とした。補剛桁側の定着部（格点133、格点133'）については、主構側面に設置済みである既設センターステイとの干渉を回避するため、補剛桁上弦材の上面に配置した。主ケーブル側の定着部（格点134）については、ケーブルバンドの前後に鋼製の仮バンドを設け、そこに仮センターステイケーブルを定着した。図-3に仮センターステイの構造図を示す。

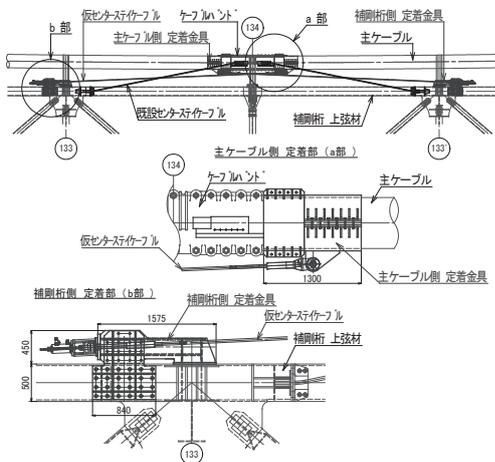


図-3 仮センターステイ構造図

なお、仮センターステイの設計荷重は既設センターステイの最大張力（風時：1028kN）で設計した。

<施工手順について>

先述の通り、センターステイ取替施工中においてもその機能を喪失させないため、-表-に示す順序で施工を行った。センターステイの機能を既設から新設へ移行するSTEPにおいては、設置・撤去に伴う部材取付け順序ならびにケーブル張力導入順序を検討し、施工に着手した。また、施工の進捗に合わせて作業用足場内の構造変更や、狭隘部作業における部材との挟まれ災害など安全面への配慮が必要であった。その上で、主ケーブルや補剛桁等の本体構造物に損傷を与えないよう、細心の注意を払い工事を完成させた（図-4）。

-表- 施工順序と機能するセンターステイ

	○：設置、機能 ×：撤去		
	既設センターステイ	仮センターステイ	新設センターステイ
STEP.0 現況	○	なし	なし
STEP.1 仮センターステイ設置	○	○	なし
STEP.2 既設センターステイ撤去	×	○	なし
STEP.3 新設センターステイ設置	なし	○	○
STEP.4 仮センターステイ撤去	なし	×	○



図-4 センターステイ取替工 完成写真

4. おわりに

本稿では、長大吊橋の改修という特殊な工事の内、センターステイ取替工の概要について報告した。本報告が今後の吊橋改修工事のさらなる合理的な設計・施工に役立つことになれば幸いです。

最後に、受注時より様々なご指導をいただいた西日本高速道路株式会社九州支社および北九州高速道路事務所の皆様、その他関係者の方々に深く感謝致します。

57 その他

縦横断勾配の大きい鋼床版箱桁橋における 架設工程短縮の取組

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本車輛製造株式会社

設計担当

監理技術者

首藤 敏行[○]

神野 勝樹

1. はじめに

本工事は、令和7年4月開催の大阪・関西万博の関連工事である。万博関連の工事車両は会場まで大きく迂回する必要があるが（図-2）、夢洲北高架橋が開通することで迂回の必要がなくなり、工事車両の円滑な通行が可能となる。本橋は橋長195m、縦断勾配：最大7%、横断勾配：最大6%、曲率R=760の鋼3径間連続鋼床版箱桁橋である。

工事概要

- (1) 工事名：(仮) 夢洲北高架橋架設工事-2
- (2) 発注者：大阪市建設局 道路河川部 橋梁課
- (3) 工事場所：此花区
夢洲中1丁目～夢洲東1丁目
- (4) 工期：(自) 令和4年3月9日
(至) 令和6年7月31日

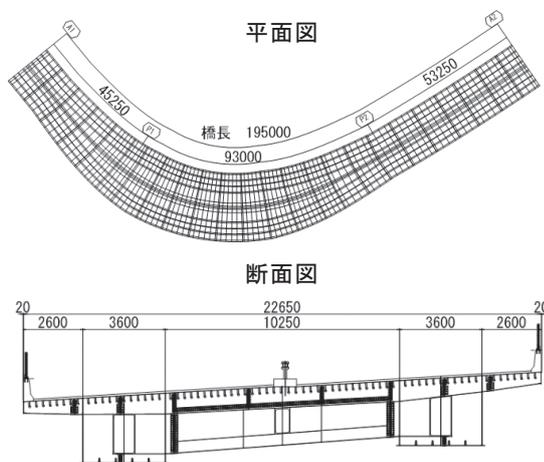


図-1 一般図

2. 現場における課題・問題点

本工事の現場付近にはコンテナターミナルがありコンテナ車だけでも渋滞が発生しているほど、コンテナ車の往来が多くなっている。そこに大阪・関西万博関連・IR関連の工事が重なるため、コンテナ車・工事車両がバッティングし、工事車両・コンテナ車による交通渋滞の滞更なる悪化が懸念された。令和6年5月から万博関連工事が本格化し夢洲関連事業の想定工事車両台数は4000台/月を超え、令和6年7月には5000台/月近くになる。本橋を工事車両用道路として早期に開通させるために客先より工期短縮に関する要望があった。令和5年8月にすべての下部工引き渡し完了を予定していたが、令和5年10月での引き渡しとなり、現場乗り込みも3カ月遅れることとなった。工期短縮の要望を受けた一方で、3カ月遅れての現場作業となり、少なくとも3カ月の工程を短縮させることが、本工事の大きな課題となった。

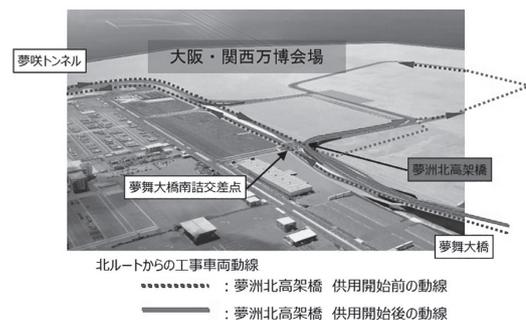


図-2 夢洲関連事業の工事車両動線

3. 工夫・改善と適用結果

工程表の確認を行い、工程遅延が懸念される工種として、「品質の確保が難しい工種」「作業の難易度が高い工種」について工種を絞り、「現場継手工」「負反力コンクリート工」の2つの工種に着目し工程短縮を図ることとした。

(1) 現場継手工

鋼床版の継手形式は溶接継手となっていた。本橋は縦横断勾配・曲率ともにきつく溶接作業時に面ずれを引き起こしやすいため、手直しによる工程遅延が懸念された。そこで、鋼床版の現場継手を溶接継手から高力ボルト継手に変更可能か構造計算、ボルト締付の観点から検討を行った。

検討の結果、構造計算上高力ボルト継手への変更は可能であったが、主桁ウェブ現場継手の最上段ボルト締め付け時に締め付けが不可能であることが判明した。すべての現場継手部でトルシア型高力ボルトの使用を想定していたが、締め付けが不可能となる高力ボルトについては、高力六角ボルトに変更し、頭締めとすることで締め付けを可能とした。現場溶接継手と比較し、現場継手部の品質確保も容易となり、当初3カ月を予定していた工程を1カ月に短縮することができた。

(2) 負反力抵抗用コンクリート工

本橋は曲率が小さく、負反力が発生するため、桁内に負反力抵抗用コンクリートを打設する計画となっていた。コンクリートは図-4に示すようにダイヤフラムの開口に合わせた形状となっており、2回に分けて打設する必要があった。また、主桁内に設置する型枠は、予め主桁内に仮置きし、組み立て、脱型後に桁端部から搬出するのではなく、主桁内で搬出可能なサイズに分割する必要があった。これらの課題を解決するため、コンクリート端部はダイヤフラムであったため、ダイヤフラムをコンクリート端部の型枠代わりとなるように、コンクリートの形状をベタ打ちとし、型枠の設置が不要となる構造に変更した。

コンクリートの形状を変更したことにより、型



図-3 現場継手（左：鋼床版，右：主桁ウェブ）

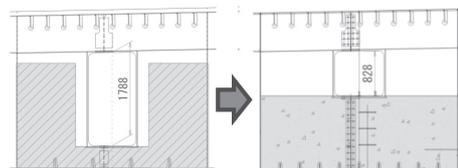


図-4 負反力抵抗用コンクリートの形状変更



図-5 全景（完成時）

枠設置からコンクリート打設で1.5カ月を予定していた工程を0.5カ月に短縮することができた。

以上より、3カ月の工程を短縮することができ、万博関連の工事車両がピークとなる令和6年7月までに橋面引渡をすることができた。

4. おわりに

本工事は大阪・関西万博の関連工事で、工事車両用道路として工事車両がピークとなる前に開通する必要があった。3カ月という遅れを取り戻すことができるか非常に不安な中での業務であったが無事に竣工できたことは大きな喜びである。また、国家プロジェクトである万博事業の一躍を担えたことに大きな喜びと達成感があり、貴重な経験をすることができた。

最後に、本工事にあたりご指導、ご協力をいただいた発注者、工事関係者の方々に深くお礼申し上げます。

<参考文献>

1) 大阪市 ホームページ

<https://www.city.osaka.lg.jp/kensetsu/page/0000631522.html>

58 その他

地域の民間工事における ICT技術の活用と普及

岡山県土木施工管理技士会

株式会社荒木組

担当技術者

監理技術者

仲 達 貴 世[○] 杉 井 良 隆

1. はじめに

当工事は工業団地造成工事である。

施工面積が約58,000㎡と盛土・整地面積が広い
ため、ICT技術を活用することで作業性の大幅な
向上が見込まれた。しかし、各協力会社がICT技
術を未導入であったため、当工事でICT技術を採用し、各社が実体験することで、生産性の向上とともに普及につなげたく試行した結果を報告するものである。

工事概要

- (1) 工 事 名：平島工業団地造成工事
- (2) 発 注 者：菱善地所有限会社
- (3) 工事場所：岡山県岡山市東区橋原地内
- (4) 工 期：R4.8.8～R5.10.30

2. 現場における問題点

当工事は施工面積が58,000㎡と比較的面積の広い造成工事であった。

① 作業性

通常の盛土、整地においては、丁張による高さ明示と人員による各所レベル確認の併用で施工するが、盛土に勾配やその変化点、段差があり、測量管理のための人員不足が懸念された。

② ICT施工未経験

中小民間造成や市町村発注の工事ではまだICT技術が普及しておらず、今回の協力会社もICT施工未経験の上、コスト的にもICT建機は通常機よ

りも高額なため、未だ導入の検討すらしていない状況であった。

③ 工期

盛土工事は外周の現場打擁壁等の構造物施工完了後に着手する必要がある、工期逼迫の要因の一つだったが、各工種の工程を重複させての短縮には限界があり、盛土工単体での短縮が求められた。



図-1 工事空撮写真

3. 工夫・改善点と適用結果

測量については元請で3次元データを作成し、概略の確認は衛星によるGNSS測量を、構造物等の精度が必要な確認はTS等による基準点からの測量を設定し、各機器を協力会社に貸与することで3次元データを利用した測量を体験してもらった。

従来の測量では機器操作と手元の2人必要で作業時間もかかるが、3次元設計を活用したGNSS測量やTS測量は1人で短時間に行えるため、人員削減と作業時間短縮ができたと好評を得た。

特にGNSS測量は広い施工範囲の中で任意の位

置や標高を簡単に確認でき、その便利さから自社で機器を導入した協力会社もあった。

ICT建機についても協力会社では利用する予定がなく、全て通常のバックホウを搬入していたため、既存のバックホウに後付けできるGNSSマシンガイダンス（以下MG）システムVR500を導入した。

ブルドーザについては、リースした機械が3次元マシンコントロール（以下MC）による施工が可能な機体であったため、アンテナやモニタ等を取り付けてMC施工を可能にすることができた。



図-2 ブルドーザー・バックホウ



図-3 誘導画面

またGNSSのみでは天候や衛星の状況で精度が落ち、エラーが多く発生したため、現場内に基地局を設置して精度を確保した。

上記ICT建機の利用により、盛土工において丁張設置及び手元作業員による高さ確認が不要になったことで、人員を他の作業へ配置することができ、生産性向上につながった。

安全面でも、重機稼働エリア内に手元作業員が不要となり、接触事故等の発生の可能性を大幅に低減できた。

また盛土の施工日数について、従来工法で21日、MC搭載ブルドーザを利用した今回の工法で7日、その差14日間の短縮ができた。

当現場で初めてICT建機を利用したオペレータからも以下のような感想が多かった。

① 丁張なしで掘削や仕上げが行え、簡単で作業

性がよい。

② 周囲に手元作業員が必要ないため安全。

盛土に勾配や段差がある場合、従来工法では目安にする丁張が多数必要で施工もしにくくなるがICT施工では丁張が必要ないため、作業効率が上がり、工程短縮できることから高評価であった。

特にMCブルドーザにおいては、走行するだけで自動的に整地の高さ決めが行えるため、作業効率の向上には特筆すべきものがあり、協力会社が仕上げ用の小型ブルドーザを追加搬入する際には高額にもかかわらず、迷うことなくMC搭載ブルドーザをリースしたことから作業効率の良さが明らかである。

また今回バックホウに後付けしたMGシステムVR500は、ICT対応建機をリースするよりもコストを低減できることから、今後の工事で使用したいと、導入を決めた協力会社もあった。

4. おわりに

今回の協力会社のような多くの一般的な土工会社にICT技術が普及しなければ、元請会社のICT技術対応力が向上しても実施工で発揮することが難しく、あまり価値を見出せない。

当工事は建設業界全体のICT普及に対する足掛かりとしての試行であったが、今後のICT技術普及の課題として、3次元設計データの作成が挙げられる。

公共事業においては、ICT施工に必要な3次元設計データが発注者側から提供される工事も増えてきたが、現状一般的な民間工事では、3次元設計データは概ね施工者側で作成する。

ICT技術に対応していない協力会社では必要なCADソフトの導入とデータ作成技術の習得が必要になるため、未だハードルが高い状況にある。

今後、ICT技術を活かすために、実施工での試行、協力会社への情報提供、測器会社やソフトウェアメーカーとのマッチング等、普及を意図した活動も重要となる。

59 その他

三次元計測による スノーシェッド復旧工事の調査事例

日本橋梁建設土木施工管理技士会

佐藤鉄工株式会社

工事担当

現場代理人

永 瀧 健 一 ○ 鴻 池 専 一 郎

1. はじめに

本工事は、富山県立山黒部アルペンルートに繋がる立山有料道路桂台～美女平間に位置するスノーシェッドの復旧工事である。令和4年5月2日に発生した落石によりスノーシェッドが損傷し、復旧工事が必要となった。損傷状況を図-1に示す。落石による衝撃で一部の梁、柱および屋根材が大きく変形した状態であった。

立山有料道路は中部山岳国立公園内にある国内でも有数の山岳観光道路であり、利用者が多いことから社会的な影響を最小限にするため、応急復旧により一時的な早期解放を行い、その後、部材取り換えなどによる完全復旧を行った。本稿ではこのうち、応急復旧前の現地調査で行ったレーザートラッカー（以下LT）を用いた三次元計測について述べる。

工事概要

- (1) 工 事 名：立山有料道路 維持改良 細谷第3 スノーシェッド応急復旧工事
- (2) 発 注 者：富山県道路公社
- (3) 工事場所：中新川郡 立山町 芦峯寺（立山有料道路桂台～美女平間）
- (4) 工 期：R4年5月18日～R4年8月30日

2. 現場における問題点

補修対象となる部材の選定および損傷範囲の設定を行う調査に際し、通常は狭くて暗い足場上や

高所作業車上で、差し金やコンベックスなどを使用して調査を行うが、以下の問題点が予測された。【安全】道路を供用しながらの調査となるため、足場上や高所作業車上で調査した場合、高所からの人の転落や物の落下リスクがある。また、暗くて狭隘な作業空間での調査となるため、調査者の負担が大きい。

【品質・工程】従来のコンベックスなどを使用した調査では、部材の変形程度や変形範囲を正確に調査することが困難であり、かつ調査に長時間を要する。

【コスト】足場や高所作業車が必要となりコスト高となる。



図-1 スノーシェッド損傷状況

3. 対応策・改善点と適用結果

3-1 対応策

上記問題点を解決するためにダイレクトスキャンが可能なLTを用いた三次元計測を行った（図-2）。LTはレーザー光を使用して既設構造物の

形状や寸法を高精度に計測する装置であり、ダイレクトスキャン機能を用いることにより高速かつ対象物に非接触で計測を行うことができる。ダイレクトスキャン機能とはLTから視野範囲内の計測対象物にレーザーを照射し、照射点の座標データを点群として扱うことができるシステムである。

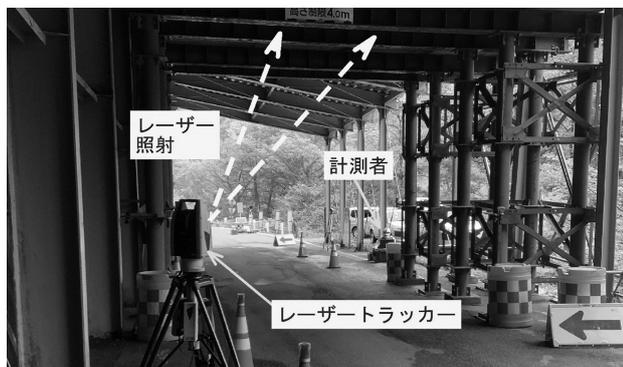


図-2 レーザートラッカーによる調査状況

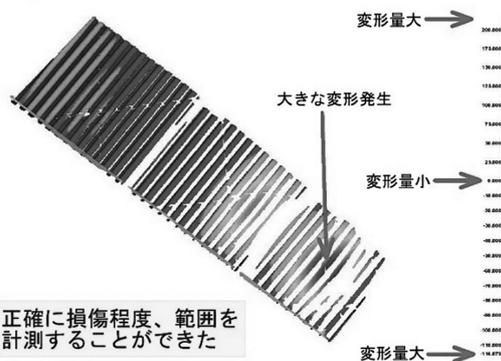
3-2 改善点および適用結果

【安全性の向上】地上から対象物に非接触で調査を行ったため、高所作業がなくなり安全に調査を行うことができた。また狭い足場上での調査がなくなり、調査者の負担を軽減することができた。

【品質の確保】従来の手作業による調査方法では計測者の技量に起因する誤差が大きくなる傾向があったが、LTを用いた三次元計測では、計測精度が $\pm 0.3\text{mm}$ 以内であることが保証されており（精度保証30mまで入射角 45° まで）、部材の変形量および変形範囲の測定精度が大幅に向上した。また、カラーマップの活用により、部材の変形程度を直感的に理解することができ、客観性の高い資料を作成することができた（図-3）。



<カラーマップ>



正確に損傷程度、範囲を計測することができた

図-3 カラーマップによる調査結果

【業務効率の改善】（省人化）レーザー技術を使用することで、従来の調査方法と比較して、調査時間を短縮することができた。従来の調査方法：2人で7日間=14工数、LT活用：1人で2日間=2工数、工数削減12工数（86%削減）

（工程短縮化）調査時間を短縮したこと、および客観性の高い資料を作成したことにより、調査～補修方針確定までの工程を短縮することができた。従来の調査方法：32日間、LT活用：16日間、工程短縮16日間（50%短縮）

【コスト削減】調査時間を短縮したこと、および足場や高所作業車が不要となったことにより現場での直接経費を削減することができた。従来の調査方法：140万円程度、LT活用：10万円程度、コスト削減130万円程度（93%削減）

4. おわりに

本工事で実施したLTを活用した三次元計測技術は、他分野でも実績を上げており、その具体的な事例について以下に述べる。

【例1】これまで計測が困難だった複雑な形状をした構造物（例：湾曲した大径の鉄管）の工場製作後寸法検査時にLTを使用するなど、架設現場だけでなく工場内でも同様の取組みを行っている。

【例2】鋼製水門設備における腐食程度を計測する際にLTを使用している。

以上のとおり、LTを活用した三次元計測技術の有効性が確認されたことから、今後は積極的な活用と効果的な運用方法の検討を進めていきたい。

60 その他

高圧線直下での架設と 狭隘なヤードの対応について

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

現場担当

監理技術者

前田 宗国[○] 南部 雅俊

1. はじめに

本工事は、久喜白岡JCT～大栄JCT間における圏央道全面4車線化工事のうち、常総市三坂新田町（現：むすび町）に新設する三坂新田高架橋の製作・架設工事である。

工事概要

- (1) 工事名：R4圏央道三坂新田高架橋
上部その1工事
- (2) 発注者：国土交通省関東地方整備局
- (3) 工事場所：茨城県常総市三坂新田町
- (4) 工期：令和4年7月1日～
令和6年9月20日
- (5) 橋梁形式：鋼7径間連続合成少数鈹桁橋
- (6) 橋長：273.5m
- (7) 全幅員：10.2m

2. 現場における課題・問題点

当現場は、一部の径間に高圧線が通っており、接触や感電災害が懸念されたためクレーン架設不可となった。そのため多軸式特殊台車での一括架設が採用されたが、近接した市道は交通量が多く施工時の俯角に入るため、道路管理者との協議により夜間作業となり、限られた時間で架設を完了する必要があった。その他の径間においてもI期線と調整池に挟まれた狭隘なヤードでの施工であり、桁や合成床版架設の施工の確実化や、各架設時のI期線との接触事故防止対策が課題となった。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

前述の課題を解決するため以下の対応を行った。

(1) 多軸式特殊台車一括架設部の工夫

架設重量は桁・合成床版・足場材等の仮設等を含め162t、架台設備が177t、架設桁長が46mであることから運搬時の安定性確保のため、6軸の多軸式特殊台車を4台連結し積載能力を1,000tの編成とした。また現場内は軟弱地盤であったことから平坦性と地耐力確認の結果から、盛土と敷鉄板敷設のヤード整備工を行った。

多軸式特殊台車の架設は架設位置へ正確に運搬することが必要であり、位置や角度の調整に時間を要することが想定された。夜間の限られた時間の中で架設を完了させるため、運搬軌跡を敷鉄板上に記し、多軸式特殊台車に取り付けた下げ振りにより軌跡に沿って運搬をすることで厳密化を図り、微調整のみとなり時間内に架設を完了した。



図-1 多軸式特殊台車による一括架設

(2) 一般架設部の工夫

一般架設部の桁の架設では、狭隘なヤードでの架設における施工の確実性のため、ヤードの点群データを取得し、架設の3Dモデルと時間軸を合わせた4D架設シミュレーションの統合モデルで、施工ステップ毎の地組位置やベントとクレーンの配置等の計画を事前に確認した。さらに4Dシミュレーションモデルを施工ステップに合わせて現場にAR重畳を行った。これにより施工前に架設の可否や留意点の把握が可能であり、また架設当日に作業員に共有することで、作業手順の周知や危険予知に活用した。



図-2 架設シミュレーションのAR重畳

合成床版の架設では、狭隘な施工ヤードに加え桁の架設が完了していることから、地上からの合成床版の架設が困難であった。そこで桁上に軌条設備を設けクレーンと合成床版運搬用の台車を設置して合成床版の架設を行った(図-3)。あらかじめ台車・25tラフタークレーン・合成床版を桁上に上げ、端部から順に軌条設備の解体と合成床版の架設を行った。桁上クレーン及び台車の撤去は唯一桁の側面にヤードがある箇所で行った。また台車の移動にはレールクランプを搭載したクレビスジャッキを使用し、軌条レールをクランプ後、ジャッキの伸び縮みにより運搬を行った。

合成床版の架設も桁同様架設シミュレーションを実施したことで、手戻りやトラブルの発生無く施工を完了した。



図-3 桁上クレーンによる合成床版架設

(3) I期線への接触事故防止の工夫

本橋はI期線に近接していることから、各架設における吊荷の接触事故が懸念された。そこで本工事ではレーザーバリアの設置と、吊荷の逸脱管理が可能なAR施工支援システムを併用した。

レーザーバリアはレーザーにより設定したエリア外に吊荷が到達すると警告灯とサイレンにより危険を知らせる。またAR施工支援システムは、クレーンに設置したリアルタイムのカメラ映像に吊荷作業領域をAR重畳し、作業主任者とクレーン運転手がタブレット上で確認できるように構築したものである。以上により音だけでなく視覚的にも作業領域を把握でき、二重管理により接触事故を防止した。



図-4 I期線への接触事故防止措置

4. おわりに

本工事は、施工ヤードに制約が多々あり、厳しい条件化での作業になりましたが下請各社の知見をお借りし、無事竣工を迎えることが出来ました。本工事の施工にあたり、ご指導およびご協力頂いた国土交通省関東地方整備局北首都国道事務所の皆様をはじめ、工事関係各位に深く感謝の意を表します。

61 その他

施工動作を加えた AR 重畳の活用

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

監理技術者

上野 臺 英孝[○] 田 高 清

1. はじめに

近年、建設現場の生産性向上を図るi-Constructionの取り組みにより、BIM/CIMを活用した3次元モデルによる施工が増加している。3次元モデルは、構造物や現場状況を実物のように立体的に認識できるため、設計や計画段階などの前工程におけるシミュレーションに活用されており、施工時の問題を事前に解決することで生産性の向上に寄与している。一方で、今後の若手教育や担い手確保等の対策として業務効率化の推進を図る建設DXに伴い、3次元モデルのさらなる活用が求められている。

そこで、施工段階における3次元モデルの活用範囲を広げる取り組みとして、施工モデルを架設現場において実物大で再現できるAR機能を活用して送出し架設の施工支援を行った。本稿では、その内容について報告する。

工事概要

- (1) 工 事 名：R4国道17号上武道路赤城跨道橋上部工事
- (2) 発 注 者：国土交通省 関東地方整備局
- (3) 工事場所：群馬県前橋市上細井町 地先
- (4) 工 期：令和5年4月3日～令和6年3月25日

2. 現場における課題・問題点

4車線化工事において、供用中のI期線とランプ部に挟まれた道路幅しかない狭隘な施工ヤード

で、夜間規制（21時～6時）の限られた時間内に交差点上の送出し架設を行うことが求められた。このため、建設機械や設備等の配置が制限される施工において施工手順の効率化を図り、供用道路利用者の安全性を確保して、時間内に手戻りなく確実に施工を完了することが課題であった。また、施工の確実性や安全性を確保するためには、送出し架設の経験がない若手の作業管理者や作業員に対して、施工手順の理解度を高めることも重要な課題であった。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

(1) AR重畳用施工モデルの構築

現場条件に適した安全かつ最適な施工モデルを構築するために、施工ヤードの点群データを取得し、解像度300程度で作成した全ての構造物と設備等の3Dモデルを使用して、送出しの設備設置から降下完了までの4D架設シミュレーションを実施した。その際、下記の対処を行い最適な施工モデルを構築した。

- ① 送出しヤードのI期線側段差部にある法面と軌条設備が重なるため、軌条を内側にずらして計画を修正した。
- ② 送出し時に送出し桁と橋名の道路標識が干渉するため、一時撤去することで対処した。
- ③ 俯角範囲を図化し、道路利用者の安全性を確認した。この際、I期線側では、境界にフェンスを設けて落下物に対する安全性を高め、ランプ部側では、送出し時に右折区間を通行



図-1 送し施工モデルのAR重畳（交差点上）
止めにすることで安全を確保した。

(2) 施工動作を加えたAR重畳

上記の最適な施工モデルにAR重畳用のソフトウェアを使用して、現実のように滑らかに動く施工動作を追加し、送し作業と降下作業のAR重畳モデルを作成した。この際、送し作業には、橋桁と台車設備の移動と台車の盛替えの動作を追加し、降下作業には、橋桁の下方への移動と合わせて降下設備の撤去動作を追加した。AR重畳は、タブレット端末を使用して行い、モデルの位置合わせにARマーカーを使用して、施工状況を確認したい位置ごとに実施した。

図-1は、交差する県道の交差点付近から送し作業全体の施工状況を確認したものである。

図-2は、供用中のI期線に最も接近するA2橋台のG2支持点上から、施工状況と送し桁と走行車の安全性を確認したものである。

施工前に、AR重畳を用いた作業手順周知会を実際の施工位置において実施した。

このように、現実的な施工動作を加えた架設手順をAR重畳することで、没入感を高めた事前教

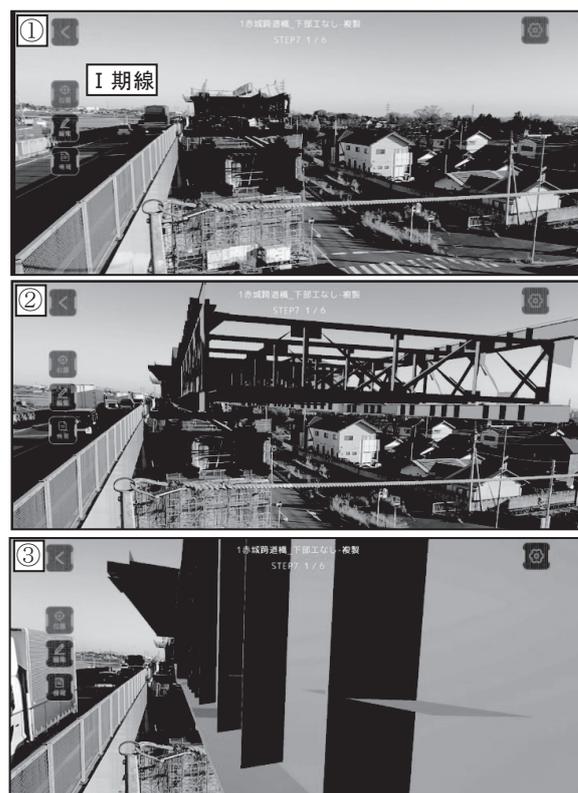


図-2 送し施工モデルAR重畳（A2橋台G2支点上）
育が可能となり、施工経験の浅い若手作業管理者や作業員の理解度を向上させる工夫ができた。

これらにより、実施工においては作業の手戻りもなく、事故もなく安全に時間内に送し架設を完了することができた。

4. おわりに

本工事では、AR重畳技術を用いて現実空間とデジタル空間を融合させ、施工動作を加えることで、施工状況を実物大でより現実的に視覚化することができた。これにより、経験の浅い作業者の理解度が向上し、施工の手戻りや遅延を防ぐことで、作業効率の向上にも寄与した。これは、作業手順を実体験に近い感覚で体験できることで、次の作業を想定して余裕を持った対応が可能になるためとも考えられる。今後は、構台の設置作業など細かな作業手順までモデル化することにより、事前教育の質の向上が期待できる。また、実際の作業手順をモデル化して記録し、別工事でも活用することで技術の伝承にも役立つと考えられる。

第29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	国内最大級のアーチカルバート設置工事	清永 友和 真海 一昭	松尾建設 株式会社	佐賀県	P.14
	最優秀賞	鋼製横梁現場溶接への多関節溶接ロボット適用	橋爪 忠雄 青木 寛信	佐藤鉄工 株式会社	日本橋梁建設	P.150
	インフラDX賞	RPAとAI技術を活用した資材管理のオートメーション化への取組	早川 剛史 大籠 雅敏	萩原建設工業 株式会社	(一社)北海道	P.70
	優秀賞	鋼橋出来形管理省力化システムの開発と有効性の検証	西田 正人 木村 光宏 松元 健一郎	宮地エンジニアリング 株式会社	日本橋梁建設	P.158
	優秀賞	補強土壁のCIM活用、TLS測量による3次元品質管理	勝下 晃太郎	蜂谷工業 株式会社	岡山県	P.142
	優秀賞	配筋検査ツール「Modely」活用による生産性の向上について	森谷 光希 伊東 瞳	株式会社 新井組	兵庫県	P.110
	特別賞	建設ディレクター制度を取り入れ生産性向上	江藤 登美宣	旭建設 株式会社	宮崎県	P.166
技術報告	最優秀賞	現況建造物の3D化とICTバックホウによる排雪作業	森下 真朋	株式会社 森下組	新潟県	P.290
	優秀賞	地域の民間工事におけるICT技術の活用と普及	仲達 貴世 杉井 良隆	株式会社 荒木組	岡山県	P.298
	優秀賞	塗替え塗装の塗膜剥離における特殊部のIH(電磁誘導加熱)式塗膜剥離施工	絹見 哲也	日本橋梁 株式会社	日本橋梁建設	P.212
	優秀賞	土砂運搬におけるダンプトラックと誘導員の接触事故防止対策	山内 敦貴	岩田地崎建設 株式会社	(一社)北海道	P.282
	優秀賞	被災した裏込工のICT起工測量	河村 昌益 小笠原 均 鈴木 健彦	東亜建設工業 株式会社	東京	P.184
	優秀賞	都市内高速道路特有の厳しい施工条件に対する大規模塗替塗装の対策	平野 良和 蔭山 裕太	株式会社 横河ブリッジ	日本橋梁建設	P.196
	特別賞	該当なし				

第29回土木施工管理技術論文報告集（令和6年度版）

令和7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ATTホライゾンビル1F

TEL 03-3262-7421（代表）

URL <https://www.ejcm.or.jp/>

不許複製

落丁本・乱丁本はお取り替えいたします。

印刷・製本 株式会社愛甲社