

40 i-Construction 等

道路上架設に4D-CIMを適用した 架設計画例について

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日立造船株式会社

監理技術者

現場代理人

山本

岳

鈴木

正人

1. はじめに

工事概要

- (1) 工事名：一般国道5号余市町
登川大橋（A橋）上部工事
- (2) 発注者：国土交通省 北海道開発局
小樽開発建設部 小樽道路事務所
- (3) 工事場所：北海道余市郡余市町登町
- (4) 工期：平成30年10月18日～
令和2年12月22日
- (5) 諸元：（形式）3径間連続鋼細幅箱桁橋
（鋼重）1,001.5t（橋長）216.75m
（幅員）11.15m
（工事内容）工場製作、鋼橋架設工

本工事は倶知安町から余市町を結ぶ延長39.1kmの終点（図-1）に位置する一般国道5号線倶知安余市道路事業の一環として、二級河川の登川を跨ぐ全長216.75mの3径間連続鋼細幅箱桁橋を架設するものである。

本稿では道路上架設に4D-CIMを適用した架設計画例について報告する。

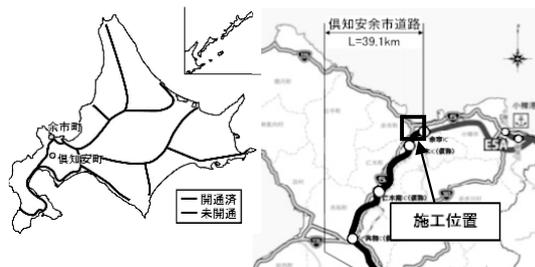


図-1 位置図

2. 現場における問題点

河川上と道路上の架設ステップを図-2に示す。主桁はA-1橋台～B-3間とB-4～B-5間まで架設し、登川上の落とし込み架設を行った。登川上の落とし込み架設後に、B-6～P-3橋脚間を架設してから、道道登余市停車場線（以降、道道）上を落とし込み、閉合した。

河川上、道路上の張り出し架設桁先端のたわみ処理を行うため、架設済の桁上に斜吊鉄塔を搭載した。

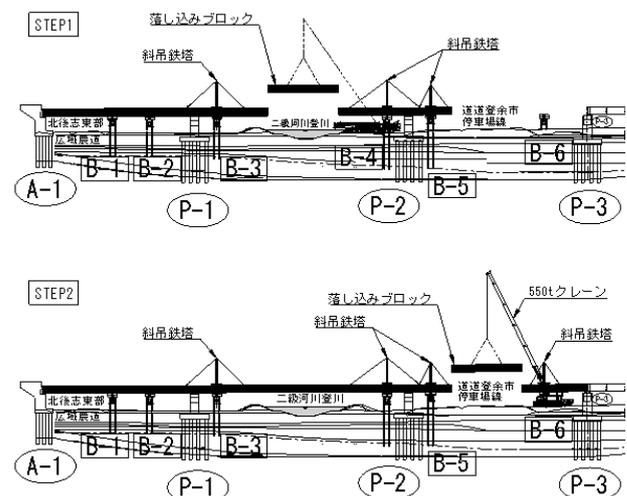


図-2 架設ステップ図

夜間規制を伴う落とし込み架設は、限られた道路規制時間（22：00～5：00）内に架設を完了するため、閉合手順やタイムスケジュールなどの緻密な事前計画が必要であった。特に大型クレーンを設置するP-3橋脚付近のヤード（以下、P-3

ヤード)は非常に狭隘なヤードであるため、地組立や架設時にクレーンのブームやウェイトが既設構造物との干渉を回避できる最適なクレーン位置を検討する必要があった。P-3ヤードの地組桁、クレーン配置位置を図-3に示す。

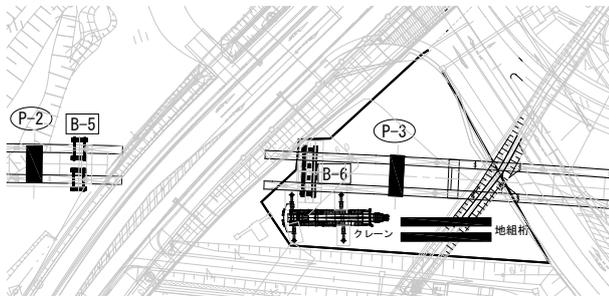


図-3 P-3ヤード

道路上の落とし込み架設のクレーンや桁等との干渉は、以下の3ケースが考えられた。

- (1) 大型クレーンブームと架設済桁との干渉
クレーンの吊能力と地盤条件により、クレーン位置が架設済の桁に近い位置に限定されることから、落とし込み架設時にクレーンブームと架設済桁との干渉が想定される。
- (2) 大型クレーンブームと落とし込み桁との干渉
地組位置で落とし込み桁をクレーンで所定高さまで巻き上げる時に、クレーンブームに桁が近寄ってくるため、クレーンブームと落とし込み桁との干渉が想定される。
- (3) 落とし込み桁と斜吊鉄塔との干渉
斜吊鉄塔は落とし込み架設前に架設済桁上に搭載されているため、落とし込み桁旋回時に干渉することが想定される。

3. 工夫・改善点と適用結果

先の問題に対し、桁、橋脚、大型クレーン、ベント設備、斜吊鉄塔、地形の3D-CIMモデルを作成し、これに架設ステップごとの工程を紐付けた4D架設ステップシミュレーションにより施工の流れを可視化することで、施工計画段階で干渉確認を行った。なお、モデル作成にあたっては、3Dプロダクトモデルを構築するシステムである「Symphony」を使用した。

また、架設ステップシミュレーションの作成には、3D施工支援システム「Concerto」を使用した。Concertoの特徴としては、Symphonyに地形データや仮設備等のデータを組み込んで3D仮想空間を構築するソフトである。その仮想空間を利用して施工手順や作業状況の確認、鋼重などの属性情報を利用した各種応力照査等を実施することで施工計画を効率的に行うことができる機能である。

各モデル作成の概要を以降に示す。

主桁モデルは承認申請図の2Dデータをもとに、Symphonyによる3Dプロダクトモデルに変換した。なお、この主桁モデルは、材質や板厚等の属性情報に加え、製作キャンバーを含んだ形状である。主桁モデルは図-4、図-5に示す。

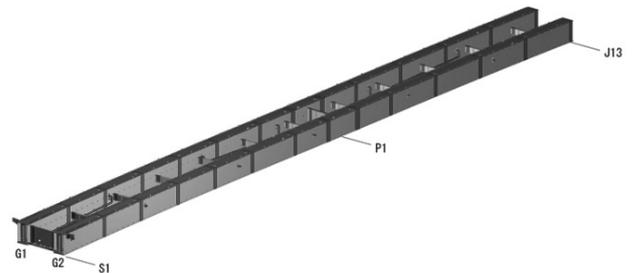


図-4 主桁モデル (その1)

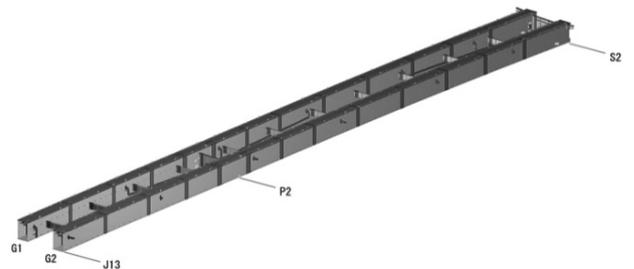


図-5 主桁モデル (その2)

橋台及び橋脚はConcertoの「橋台・橋脚モデル作成機能」にて簡易モデルとして作成した。また、支承についても簡易モデルとして作成した。橋台モデル及び橋脚モデル、支承モデルは図-6に示す。

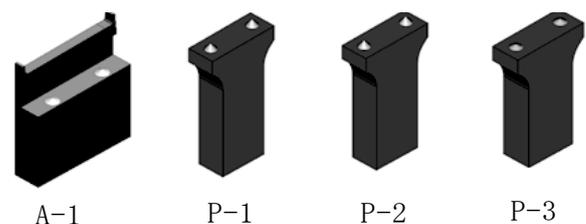


図-6 橋台・橋脚・支承モデル

大型クレーンは実際に使用するクレーンのCADデータをもとに簡易モデルとして作成した。また、仮設備であるベント設備及び斜吊鉄塔についても同様に簡易モデルとして作成した。大型クレーンモデル及び仮設備モデルは図-7に示す。

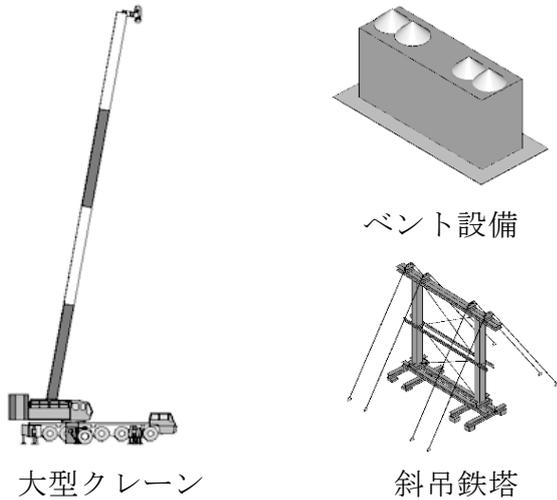


図-7 大型クレーン及び仮設備モデル

地形モデルは国土地理院のデータをもとに簡易モデルとして作成した。地形モデルは図-8に示す。



図-8 地形モデル

各3D-CIMモデルを統合させた全体モデルを作成した。この全体モデルに架設ステップごとの工程を紐付けた4D架設ステップシミュレーションの作成を実施した。この4D架設ステップシミュレーションの特徴としては、主桁部材を架設単位でグループ化した後、図-9に示すように架設順序をバーチャートにて決定すれば、図-10に示す通り、各作業の施工ステップを3D仮想空間上で架設状況が再現できる機能である。

3D仮想空間内にて大型クレーンによる落とし込み架設状況を確認し、懸念される干渉の確認を行った。

工程	開始	日数	2019/7				2019/8					
			'10	'17	'24	1	8	'15	'22	'29	6	12
C4 取付	2019/06/11	4										
C6 取付	2019/06/15	4										
C8 取付	2019/06/20	4										
C15 取付	2019/06/25	4										
C16 取付	2019/06/29	4										
C21 取付	2019/07/04	4										
C22 取付	2019/07/09	4										
3D-T社製550tオーホ	2019/07/13	1										
地組BLK26 地組	2019/07/15	2										
地組BLK27 地組	2019/07/17	2										
STEP1-G2地組/地組	2019/07/19	2										
Boom長: 39.4m	2019/07/19	2										
STEP1-G2地組/架設	2019/07/22	2										
STEP1-G2地組/架設	2019/07/22	2										
STEP1-G1地組/架設	2019/07/24	4										
STEP1-G1地組/架設	2019/07/24	2										
Boom長: 55.5m	2019/07/26	2										
地組BLK27 横断部	2019/07/29	2										

図-9 架設順序設定工程



図-10 3D架設ステップ図

4D架設ステップシミュレーションによる動的干渉確認結果を以下に示す。

(1)大型クレーンブームと架設済桁との干渉確認

道路上の落とし込み架設作業時における大型クレーンの動作を4D架設ステップシミュレーションにて再現することで、ブームと先行架設主桁との干渉有無を事前にモニター上で確認した。

(図-11)

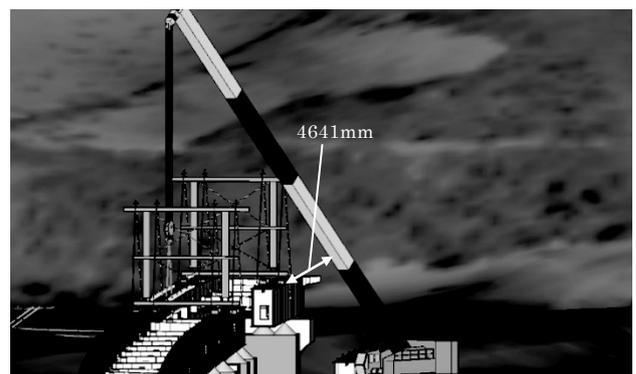


図-11 ブームと先行主桁との干渉確認状況

(2)大型クレーンブームと落とし込み桁との干渉確認

上記(1)と同様のシステムにて、地組桁の吊り上げ時におけるブームと地組桁との干渉有無を事前にモニター上で確認した。(図-12)

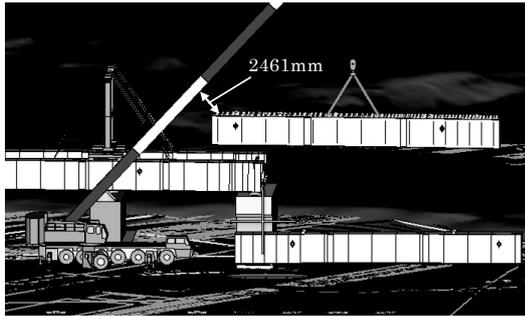


図-12 ブームと地組桁との干渉確認状況

(3)落とし込み桁と斜吊鉄塔との干渉確認

上記(1)(2)と同様のシステムにて、架設時における地組桁と斜吊鉄塔との干渉有無を事前にモニター上で確認した。(図-13)

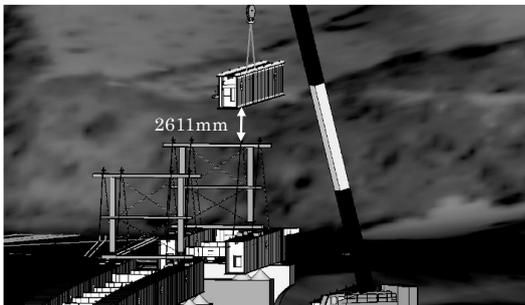


図-13 ブームと斜吊鉄塔との干渉確認状況

上記の結果を架設計画に反映させたことにより、落とし込み架設は、道路規制時間内に無事に完了することができた。(図-14)



図-14 落とし込み架設状況

4. おわりに

道路上の落とし込み架設において、規制時間内(22:00~5:00)に道路上架設をスムーズかつ事故無く完了させることが課題であったが、3D-CIMモデルに架設ステップごとの工程を紐付けた4D架設ステップシミュレーションにより架設状況を再現することで、課題に対する問題点を施工

計画段階でクリアにすることができた。その結果を架設計画に反映させることによって、現場での落とし込み架設を道路規制時間内に無事完了することができた。

今回実施した4D-CIMへの取組みは、本現場のような狭隘なヤードを有する厳しい現場条件に対して、非常に有効であることを確認できた。また、今回の業務を通じていくつかの課題も明らかになった。主な課題は以下の通りである。

①CIM作業の効率化

②CIM作業にかかる費用の増加

CIMを活用する工事では、設計・計画・現場でのミスや手戻りの減少や照査作業の省力化などの一定の効果は得られるが、契約図書である図面が2Dであることから、3Dモデルを新たに作成する必要があり、それにかかる時間と費用の増加、CIM作業段階においては試行錯誤の繰り返しによる手戻り等が発生した。

これらの課題に対して、フロントローディングを進めていき、コンサルタントの設計段階から3Dモデルを活用するなどの取組みが必要である。コンサルタントの設計段階から3Dモデルを利用することで、CIM作業の効率化や費用減などの生産性向上に繋がる。そのためには発注者・コンサルタント・受注者が共通で使用できるような互換性のある3Dソフトやデータ形式を確立させるなど、発注段階における業務整備が必要であると考えられる。

国土交通省では3Dモデルを契約図書化とする取組みを既に実施しており、今後は大規模橋梁工事に適用される。この取組みに対して、柔軟な対応ができるように準備が必要であると考えている。

最後に、本稿のCIM活用の実施にあたり、ご指導・ご協力に携わった関係者の方々に深く感謝の意を表するとともに、今回紹介した事例が同種・同現場条件の工事の参考になれば幸いである。