

論文・報告

余戸南第4高架橋の施工

～余戸南第4高架橋におけるCIMの取組み～

CIM Initiatives at Yougominami 4th Viaduct

今里 一 *1
IMAZATO Hajime

原 正臣 *2
HARA Masatami

福原 恵子 *3
HUKUHARA Keiko

池田 勝平 *4
IKEDA Katsuhira

亀本 雄一郎 *5
KAMEMOTO Yuichirou

余戸南第4高架橋は、松山外環状道路のPC5径間連続ラーメン中空床版橋である。架橋位置は、人口集中地区内であり、空港も近く交通量も多いため、頻繁に渋滞が発生している。本橋は、桁高が1.3mと低く、横桁部における鉄筋・PCケーブルの高密度配置による作業性の低下と、交通量の多い一般交通に挟まれた中での固定式支保工架設による事故発生リスクが問題となった。そこで横桁部での配筋の作業性確保と支保工施工時における事故発生リスクの低減を図った。

本稿は施工の効率化・高品質化を図るために、実施した横桁部での鉄筋・PCケーブルの干渉確認と、供用交通への負荷低減・公衆災害発生防止を目的とした支保工の施工計画に着目したCIMの取組みについて報告する。

キーワード：BIM/CIM PC橋 生産性向上 交通負荷低減

1. はじめに

建設業界において、人口減少や少子高齢化にともなう担い手不足の対応として国土交通省が提唱するi-Constructionの取組みの一環として、ICTの全面活用推進を目指しBIM/CIM（Building / Construction Information Modeling Management）の導入を推進している。そこで本工事においても、建設生産システムの課題を解決し業務効率化を図るためにBIM/CIMモデルの活用を行った。

本稿は、本工事で実施したa) BIM/CIMモデルを活用した効率的な照査、b) 施工段階におけるBIM/CIMモデルの効率的な活用方法について報告する。

2. 余戸南第4高架橋の概要

(1) 架設場所の特徴

松山外環状道路（図1）は慢性的な渋滞がみられる松山環状線の外側に位置し、松山空港や松山港といった地域開発拠点を結び、同時に松山自動車道松山ICや伊予・松山港連絡道路を接続するため、飽和状態に達した松山市内の渋滞解消はもちろん、松山環状線のアクセス改善効果も期待される。

その中での余戸南第4高架橋はPC5径間連続ラーメン中空床版橋である。施工位置（図2）は、民家が密集しておりDID市街地に指定されている。製作ヤードの両側

には、供用中の道路があり毎時500台近くの交通量がある。この道路の終点側に松山空港があり、クレーン作業による上空作業制限高さが設定されている。作業時間の制約はないものの公衆災害防止の観点から供用中の道路端から俯角75°に干渉する部分では、規制作業がある。



図1 施工区間



図2 施工位置

*1 川田建設株式会社大阪支店工事部工事課 係長
*2 川田建設株式会社大阪支店工事部工事課 担当工事長
*3 川田建設株式会社CIM支援室 課長

*4 川田建設株式会社大阪支店工事部工事課 担当工事長
*5 川田建設株式会社大阪支店工事部工事課

(2) 工事諸元

本工事の橋梁概要を表1に、全体一般図を図3に示す。

表1 橋梁概要

工事名	令和2-5年度 外環空港線余戸南第4高架橋上り, 下り上部工事
発注者	国土交通省 四国地方整備局
工事場所	愛媛県松山市余戸南地先
工期	2020年 2月~2023年 6月
構造形式	PC5径間連続ラーメン中空床版橋 (2連)
橋長	143.0 m
支間	27.750 m+3@28.600 m+27.900 m
有効幅員	18.380 m~29.287 m (上下線)

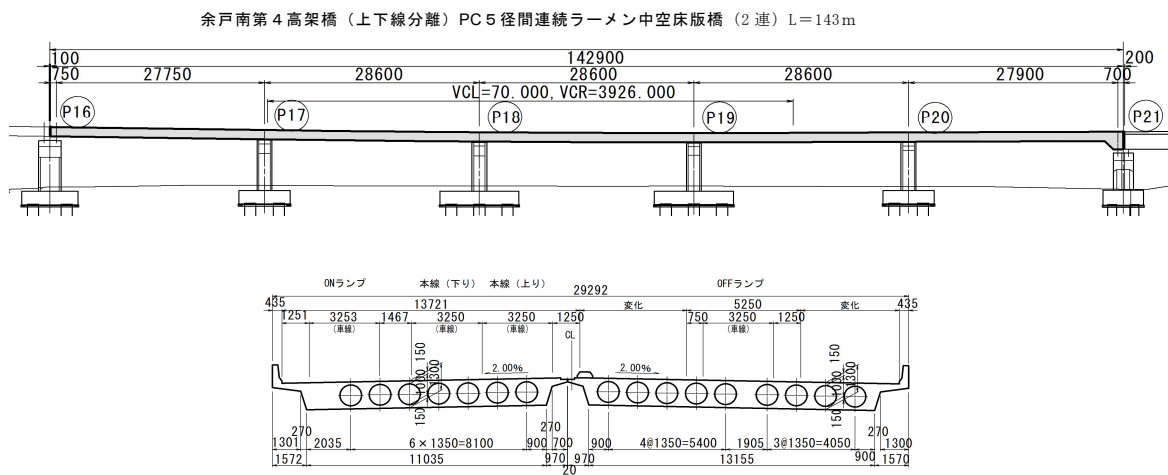


図3 全体一般図 (上:側面図 下:断面図 単位:mm)

3. BIM/CIMモデルを活用した現場作業の効率化

(1) 概要

今回施工を行う橋梁は中空床版橋である。支点横桁部は、桁高 1.3 m の断面に鉄筋・PC ケールが高密度に配置されており、鉄筋・PC 鋼線干渉や組立手順の確認は、工期遅延リスクの低減となる。このため、フロントローディングの観点からは、事前に設計検討や問題点の改善を図ることで、鉄筋・PC 鋼線干渉リスクを低減するとともに、設計品質を高めることが可能となった。

(2) CIMモデルを活用した照査

CIMモデルの照査範囲は、端支点・中間支点横桁部とし、鉄筋・PC鋼材・支承装置をモデル化した。CIM作成モデルを図4に示す。

・対象構造物

上り線 端支点部 : P16・P21

中間支点部 : P17・P18・P19・P20

・3次元モデルの種類 :

詳細度 (ソリッド・詳細度400)

・使用ソフト : V-nasClair2021 (64BIT) + アドオンソフト (i-ConCIM_Kit)

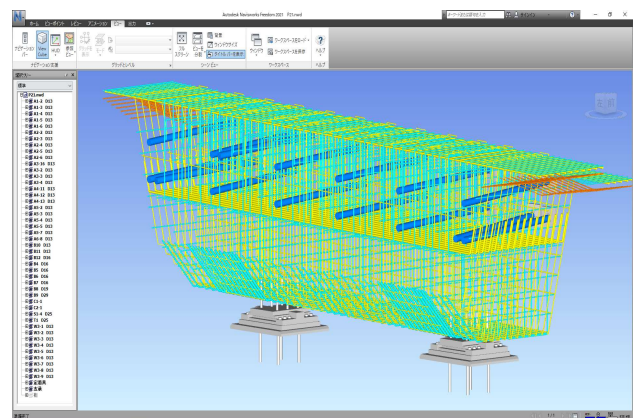


図4 P21橋脚部3Dモデル

(3) 照査結果と改善対策

照査の結果、以下の4つの干渉が確認された。

- ① 支承配置部について、支承アンカーと桁高変化による主桁橋軸鉄筋・橋軸直角鉄筋の干渉を確認し(図5)、鉄筋の配置位置を変更することにより事前に対応した(図6)。

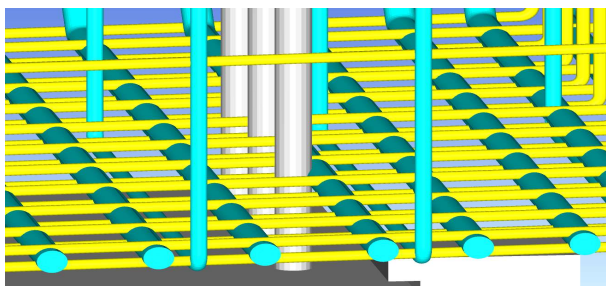


図5 支承配筋図(照査前)

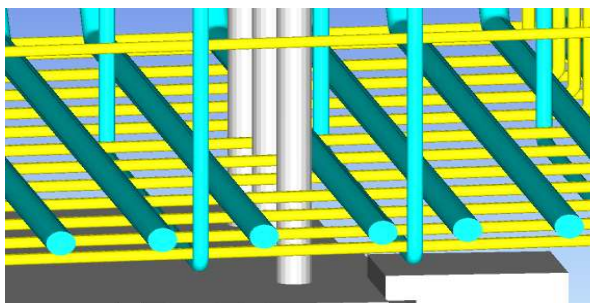


図6 支承配筋図(照査後)

- ② 主桁の配筋について、横桁スターラップと主桁スターラップの干渉を確認し、横桁鉄筋の形状を変更し干渉を解消した。
- ③ 横桁鉄筋とPCケーブルの干渉を確認し、横桁鉄筋の配置位置を変更することにより対応した。
- ④ 主桁スターラップ(図7)、張出床版鉄筋とPCケーブルの干渉を確認、PCケーブルの配置位置を優先し、主桁鉄筋の形状の変更や配置位置を移動し干渉を避けた(図8)。

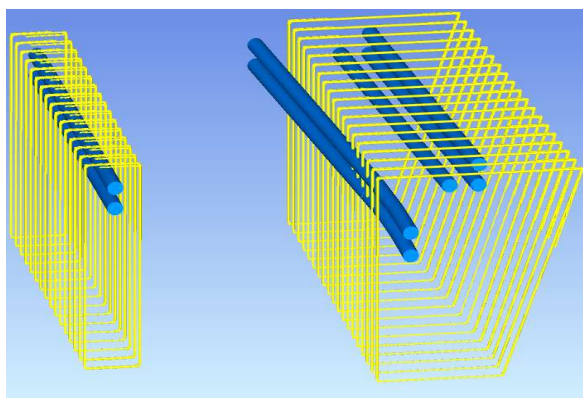


図7 主桁スターラップ形状(照査前)

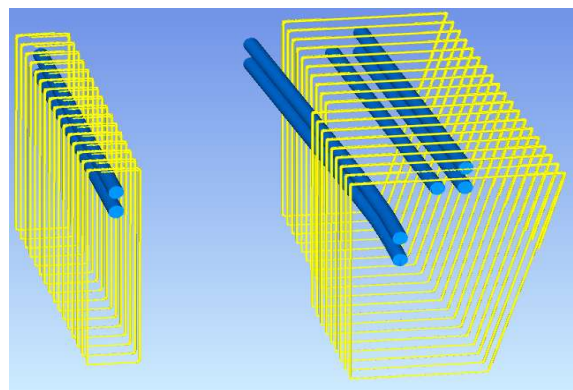


図8 主桁スターラップ形状(照査後)

4. 施工段階における BIM/CIM モデルの効率的な活用方策

(1) 施工箇所の状況

施工箇所は、事業進行中の松山環状道路空港線の延長区間であり、部分供用している道路の交通が施工箇所の側部道路に流入している。

この側道の交通量は、昼間(7時~17時)には500台/時間で、頻繁に渋滞が発生している。施工する橋体は側道に近接し、支保工の計画を行うにあたって、この一般交通を考慮した施工計画を行う必要があった。

なお、当初計画では固定式支保工架設工法が採用されていた。支保工の詳細計画にあたっては、図面により支保工の概略の設置計画を行い、支保工の側部足場はONランプ橋(写真1)を含む側道の一部車線内に配置する必要があることが確認された。



写真1 施工位置写真(ランプ橋)

また、現地踏査により、側道に設置されている道路案内標識が計画支保工に近接していることが確認された(写真2)。



写真 2 施工位置写真（案内標識）



図 10 支保工計画結合データ

(2) 支保工計画

(a) 側道交通に対する落下物に対する防護

建設工事公衆災害防止対策要綱により地上 4 m 以上で作業する場合において、俯角 75 度以上のところに一般の交通等の場所があるときは、作業する場所の周囲その他危害防止上必要な部分に落下物による危害を防止するための必要な施設を設けなければならない。

(b) 道路案内標識を考慮した計画

標識について、支保工との干渉や走行している車両からの視認性を確保しなければならない。

(c) 支保工の組立解体における道路規制の計画

支保工の組立解体時は落下物に対する防護を行うことが困難であるために側道の通行止めを実施しなければならない。

上記の 3 項目について、施工位置の状況を鑑み支保工構築における安全の配慮、干渉物の有無や支保工形状、組立解体方法などをより詳細に計画を行う必要があった。

(3) 支保工計画の CIM モデル作成

CIM モデル作成にあたっては、設置型 3 次元レーザースキャナーを用いて現地の地形点群データを取得し、測量結果を点群情報として集積・モデリングという過程を経てシームレスに CAD 化を行なった(図 9)。つぎに、測定された地形 CAD データを基に 3D CAD にて支保工計画図を作成した(図 10)。



図 9 地形データ

(4) CIM モデルの活用

支保工計画を行うにあたって詳細な地形データを基に以下の 3 つの対策を行った。

①側道交通に対する落下物の防護範囲（作業場所から俯角 75 度以上）の設定を行なった。

現場作業開始に先立って現場職員と作業員がこの 3D モデルをもとに施工会議を行い、作業手順等を確認した。

②道路案内標識について、支保工が標識に干渉しない、また一般交通からの視認性（右折車両が停止位置で

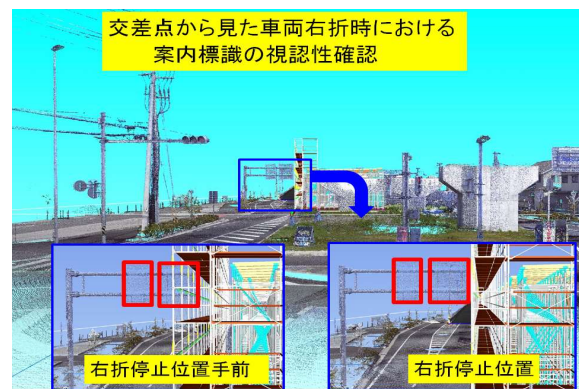


図 11 道路標識視認性確認

標識の確認が可能)を確保し支保工形状を改良した(図 11)。

③道路規制計画について、側道のランプ橋部は平面線形が曲線であり上り勾配と 3 次元的な変化となっているため道路規制が必要な部分の判断は複雑な計算が必要である。今回は CIM モデルを使用して 3 次元による。俯角 75 度の面を支保工図に投影することで道路規制が必要な位置を明確に判断することが可能であった(図 12)。

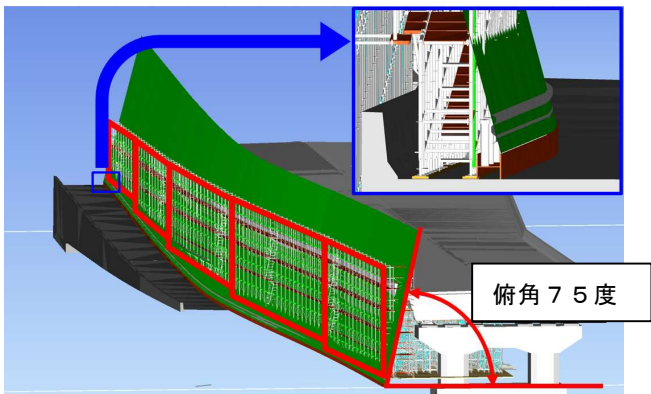


図 12 道路規制範囲計画

BIM/CIM での緻密な計画をした結果、工事看板視認性を確保し(写真 3)、俯角 75° の範囲内での支保工組立の際に支障物件(写真 4)との干渉もなくスムーズな施工を行うことができた。



写真 3 工事看板視認性確保

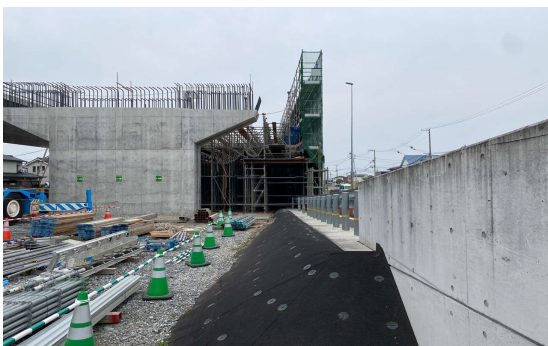


写真 4 支障物件(ガードレール)

5. まとめ

(1) BIM/CIM を活用した効率的な照査

今回の設計照査は、2次元の図面を CIM モデルで補足することで行った。CIM モデルを使用した設計照査を行うことで、施工前に 2次元の図面を基に干渉の事前確認する場合や事前知識のない場合と比較して短時間で確認できた。

また、図面に精通した照査担当者でなくとも一目瞭然に支保工組立時の干渉部を把握することが可能であった(写真 5)。CIM モデルを事前に職員と作業員が目視により確認することで、組立手順の確認を行うことができた(写真 6)。

その結果、実施工に関して干渉による問題の発生や組立手順の間違いによる手戻りが発生せず、スムーズに鉄筋の組立を行うことができ、生産性の向上につながった。

今回は BIM/CIM モデル活用工事であり CIM モデルを新たに作成した。今後は施工者が CIM モデルの作成を行うのではなく、CIM モデル化している設計図書が発注時に存在していれば、さらに業務の効率化に寄与できると考える。



写真 5 干渉部の把握(支保工組立)



写真 6 組立手順の確認

また、本橋の中間支点はラーメン構造で、下部工より突出している鉄筋が上部工に配置されるため、この鉄筋と上部工の鉄筋が干渉することが懸念された。

そのため、橋脚施工前に高所作業車にて鉄筋の標高を測定し、鉄筋配置を確認したところ鉄筋が干渉することを確認した。干渉箇所の配筋については、発注者と協議して鉄筋加工や組立を行った(写真 7)。

今回は実施できなかったが、このような場合を想定し、下部工出来形を 3D スキャナにより CIM モデル化した後

工程における活用を前提とした属性情報等を付与すれば、次工程の作業の効率化に寄与すると考えられる。



写真7 支保工組立

(2) 施工段階の効率的な活用方策

支保工計画において、施工位置の地形や構造物などを3次元レーザースキャナー測量により3次元化したデータを用いたことにより、適切な安全管理の計画や事前に周辺交通に与える影響の確認と対策を計画・実施することができた(写真8)。



写真8 レーザースキャナー測量機材

また、施工においては一時通行止め規制の時間を一定程度短縮することができ、交通負荷の低減に寄与することができた。今後、施工位置の詳細なデータの把握が可能となれば、より精密で高度な施工計画(支保工形状・桁架設工法等)を行うことが可能となる。同時に施工現場も精密な管理が必要となり、詳細な計画を正確に実施する施工能力が必要となる。

6. おわりに

最後に、本橋は、約2年3ヶ月の工期を経て、2023年6月、竣工する予定である。

本報告が類似工事の参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 原, 今里, 福原, 亀本: 余戸南第4高架橋におけるCIMの取り組み プレストレストコンクリート工学会, 第31回シンポジウム論文集, 2022.10