

都市部の狭隘部での高速道路ランプ建設工事における CIM モデルの活用

清水建設（株） 土木技術本部
清水建設（株） 関西支店
阪神高速道路（株）

正会員 ○柳川 正和
正会員 井内 崇也 辻 正邦
若槻 晃右

1. はじめに

国土交通省では、2012 年に CIM(Construction Information Modeling/Management) という概念を提唱し、試行を進めている。2017 年 3 月には「CIM 導入ガイドライン（案）」が発刊され、モデルの詳細度や発注者・受注者の役割、基本的な作業手順や留意点などが明示された。また、海外では BIM(Building Information Modeling) は建設分野全体を指し、土木分野は BIM for infrastructure と呼ばれることが多い。これらを受けて、2018 年には国際標準化などの動向に呼応し、「BIM/CIM」に名称を統一する方針が打ち出された。

一方、建設業就業者は平成 9 年の 685 万人から平成 27 年には 500 万人に、約 30%も減少している。また、55 歳以上が 30%を占めているが、29 歳以下の就業者は約 10%となっており、高齢化の進行が顕著である。合わせて、技術の伝承や生産性の向上が緊結の課題となっている。

そのような中で、政府の未来投資会議では 2025 年度までに建設現場の生産性を 20%向上させる方針が打ち出されている。公共工事の現場での測量にドローン技術を導入することや、施工・検査に至る建設プロセス全体を 3 次元データでつなぐ建設システムが提唱されている。

建設システムの各プロセスをつなぐ 3 次元データが、CIM である。調査・設計から施工・維持管理までを、一つの 3 次元データを受け渡ししながら、さらに各段階で情報を付加することで建設システム全体での生産性向上を図るものである。しかしながら、設計や施工、維持管理が分割して発注されることが多い土木分野では、一部の試行工事を除いて 3 次元モデルでの工事発注が行われることは、まだ一般的ではない。

本稿では、都市部の狭隘部での高速道路ランプ建設工事において、施工段階単体で 3 次元モデル（≒CIM モデル）を作成し、活用を行った事例を報告する。施工段階単独であっても 3 次元モデルを作成・活用することで、建設現場で得られる効果は非常に大きかった。

2. 施工場所と施工構造物

(1). 工事概要

本工事は、阪神高速道路株式会社発注の大阪市西区から中央区にかけて、16 号大阪港線（東行）と環状線（北行）の渡り線増設工事のうちの下部工を構築するものである。工事の概要を表-1 に、工事場所を図-1 に示す。

表-1 工事概要

工事件名	西船場 JCT 下部その他工事	
発注者	阪神高速道路株式会社	
工事場所	大阪市西区西本町 3 丁目付近～西区江戸堀 1 丁目付近	
工事概要	阪神高速 16 号大阪港線（東行）から阪神高速環状線（北行）に接続する渡線の増設工事のうちの下部工工事	
主な 工事内容	① 大阪港線拡幅部	鋼製橋脚基礎工 12 基、RC 橋脚改築工 13 基、RC 橋脚再構築工 4 基
	② 渡り線部	鋼製橋脚基礎工 3 基（ケーソン工）
	③ 環状線拡幅部	RC 橋脚工 17 基、RC 橋脚改築工 3 基
	④ 信濃橋入橋部	橋台工 1 基、RC 橋脚工 3 基、フーチング補強工 4 基、RC 橋脚改築工 4 基、PC3 径間連続中空版ラーメン橋工 1 連



図-1 施工位置概要

キーワード CIM, 3 次元モデル, 施工段階, フロントローディング, 点群

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋 2 丁目 16-1 清水建設株式会社土木技術本部設計部 TEL03-3561-1049

(2). 施工場所

施工場所は大阪市中心部のオフィス街であり、阪神高速環状線と 16 号大阪港線が立体的に交差する箇所にランプを新設するものである。施工箇所の周囲には大阪市内を東西に結ぶ中央大通りや雑居ビルが密集するエリアである。そのため、施工場所周辺の道路幅員は狭く、さらに供用中の高速道路が離接しており、平面的かつ立体的に施工の制限を受ける場所である。

3. 点群データ

施工を行う中で、3 次元的モデルを作成して検討を行うこととした。施工箇所をバーチャルに再現するために 3D レーザースキャナによる測量を行い、点群データを取得した。測量は、施工箇所を概ね網羅する範囲について実施した。施工場所の写真と得られた点群データを、写真－1、図－2 に示す。



写真－1 施工場所付近



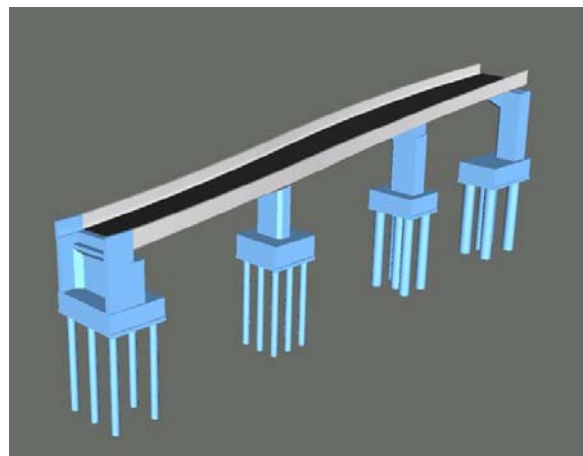
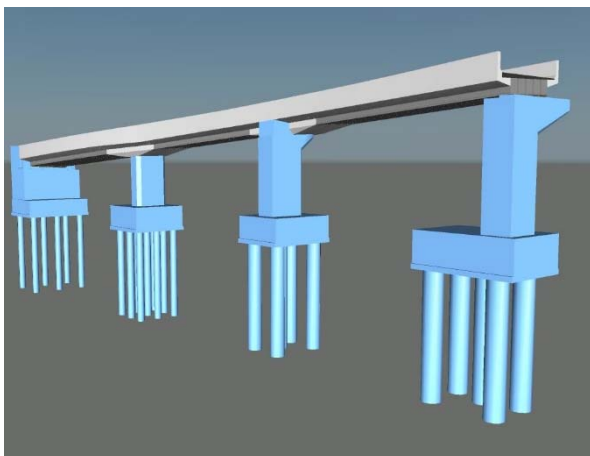
図－2 点群データ

得られた点群データは Autodesk 社の統合ソフトである Navisworks に取り込み、その後に作成する 3 次元モデルと統合することができるようにした。点群データは座標をもっているため、Navisworks 内で任意の構造物間の距離、離隔などを測定することが可能である。

4. 複雑な構造の 3 次元検討

(1). 構造物

本工事では、構造が複雑な信濃橋入橋部の PC3 径間連続中空版ラーメン橋部（以下「ラーメン橋部」）を 3 次元モデル化することとした。ラーメン橋部は平面および縦断線形を持った構造であり、桁および床版部分は PCa 構造である。基礎部、フーチング部、橋脚および床版をモデル化した。3 次元モデル化したことで、構造を可視化することが出来、関係者間で完成形のイメージを共有することが出来た。また、図面で不足している情報が顕在化されたため、早期に協議・確認や修正を行うこともできた。



図－3 構造物の 3 次元モデル

(2). 建築限界

ラーメン橋部は、上記の通り複雑な線形を有しており、また、連続的に建築限界の境界線が変化していた。2次元図面では数か所の断面図が作成されており、建築限界と近接構造物の干渉がないことを確認していた。しかし、入橋部は複雑な線形を有し、かつ建築限界の境界線が変化すること、さらに新設するランプ部と非常に近接していることから、建築限界を3次的に再現することとした。その結果、線形が複雑に変化している個所で、新設構造物と建築限界の干渉する箇所があったが、盛土路床高さの変更により建築限界を確保することが出来た。2次元図面では確認が非常に難しい形状でも、3次元化することで干渉を確認することが出来た事例である。

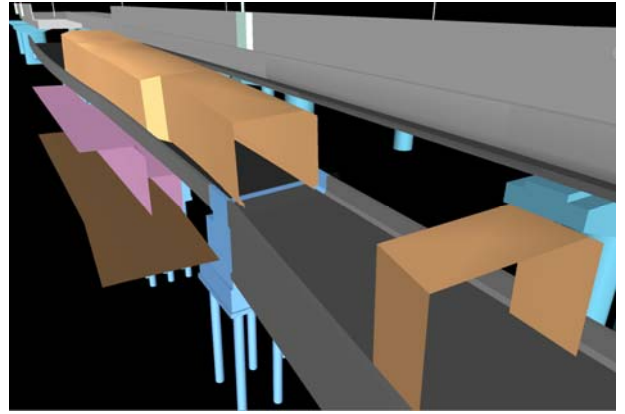


図-4 3次元モデル化した建築限界

5. 複雑な鉄筋の3次元検討

本構造では、現場打ちコンクリートの橋脚と床版がねじれた状態で接続される。そのため、接続部は非常に複雑に鉄筋が配置されている。また、PC構造であるため、シース管と鉄筋の干渉も懸念された。そのため、施工前に鉄筋やシース管を含めた3次元モデルを作成し、各種確認を行った。鉄筋とシース管を実寸でモデル化して干渉の確認を行ったが、干渉は見られなかった。

しかし、鉄筋のモデル化を行ったところ、橋脚から床版に伸びる鉄筋と床版の鉄筋が干渉する可能性があることが分かった。橋脚の鉄筋は、先端がフック形状になっており、床版内に定着されている。しかし、橋脚と床版はねじれて接続しているため、橋脚の鉄筋を橋脚の構造に直交に配置すると、床版の鉄筋と平行な配置にならない。そのため、橋脚内で鉄筋を接続する際に、橋脚とスラブのねじれを考慮した向きで配置する必要があった。床版の配筋図には橋脚から伸びる鉄筋は描き切れていないため、配筋図を単純に見ていては顕在化しない事象であった。

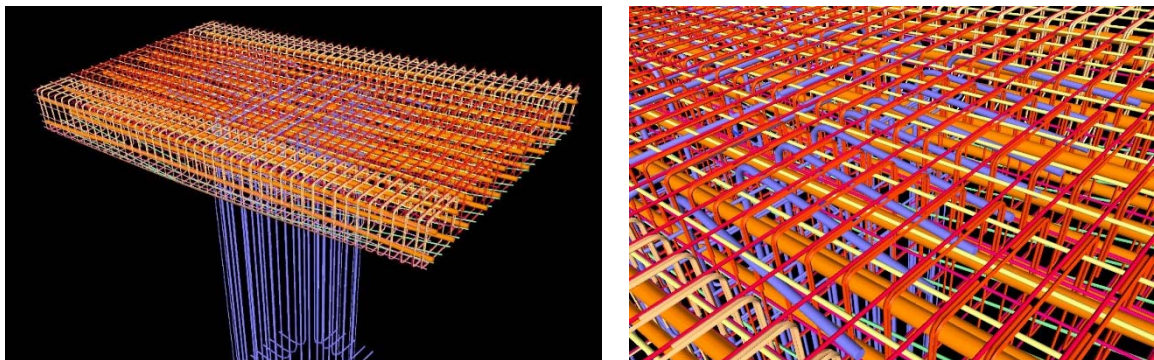


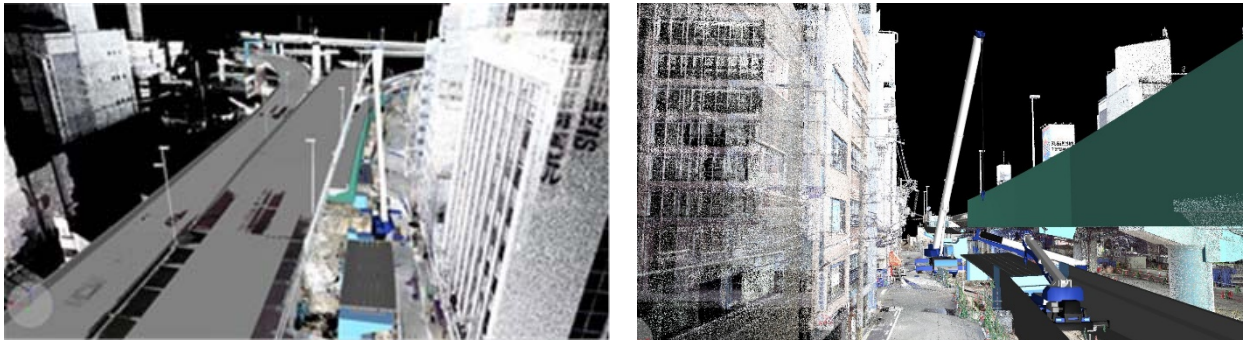
図-5 橋脚部の3次元配筋モデル

6. 狭隘な施工箇所での重機配置の検討

本工事は、都市部での施工であり、かつ供用中の高速道路に近接した施工である。非常に限られたスペースの中で、PCa部材の架設が必要であった。仮設用クレーンは供用中の高速道路に隣接した場所への配置が必要であり、さらに雑居ビルなどの一般構造物が近接していた。供用中の高速道路は高架であるため、クレーンの移動や配置には、3次元的な検討が必要であった。

そのため、点群データを用いて再現した空間内に、構築する躯体やクレーンなどの重機を配置し、3次元モデルを構築した。点群データはもちろんのこと、クレーンなどの重機を含め、全ての構造物は実寸大でモデル化し

ているため、モデルの空間内は実際の空間とほぼ同様に再現されている。この空間内で施工の検討を行うことで、3次元的な検討が可能であった。



図－6 モデル内での重機配置検討

7. CIM モデルを用いた各種検討の効果

(1). 点群データを用いた施工現場の再現

3D レーザースキャナでの計測から得られた点群データを用いて PC 上で施工現場をバーチャルに再現することで、施工計画を 3 次元的に行うことが可能となる。本工事のように平面的かつ立体的に制約を受ける施工箇所では、2 次元的な施工検討では顕在化しにくい課題も、3 次元化することで明らかになる。また、点群データでは任意の 2 点間の距離や面積などを測定できるため、歩行者や車両の導線の検討や、重機や資機材の配置などの検討も簡易に行うことが出来る。

(2). 複雑な構造の 3 次元検討

複雑な構造は、3 次元化による検討の効果が非常に大きい。特に線形を持った構造物の場合、連続的に断面形状が変化するため、2 次元図面では全てを描き切れないという事象が発生しやすい。3 次元モデルを作成することは、2 次元図面で描いている断面間を含めてモデル化するということであり、そのためには 2 次元図面で描かれている断面間が、どのように変化しながら接続しているのかを明確に定義する必要がある。これは、3 次元モデルを作成する際には「2 次元図面の整合性の確認」と「情報の不足」が顕在化するということである。3 次元モデルを作成することで、任意の位置での検討・確認ができるようになり、詳細な検討を行うことが可能となった。また点群データと合わせてモデル化することで、既設構造物と構築する構造物との位置関係が明確になり、詳細に施工イメージを把握することが出来るようになった。

(3). 複雑な鉄筋の 3 次元検討

2 次元の配筋図は、鉄筋を簡略化した線で描いた図面であり、配筋の仕様を表現したものである。そのため、実際の配筋形状を完全に再現したものではない。特に、複数の部材の交差部では鉄筋が入り組み過密配筋となることが多いが、2 次元配筋図では断面配筋図に全ての鉄筋が描かれているわけではない。

また、重ね継手は 2 次元配筋図ではラップ長が描かれているが、実際の配筋では接続された鉄筋は鉄筋径分だけ鉄筋軸線がずれることとなる。3 次元モデル化を行う場合、どのように配置するかも明確にする必要がある。一般的に、これらは現場で施工を行う際に検討し、配筋作業に移っている。近年、耐震基準の変更などにより、せん断補強筋が増えることが多く、過密配筋になることが増えている。全ての鉄筋をモデル化し、配置や干渉を確認することで施工時の不具合・手戻りを抑制する効果は大きい。しかし、鉄筋のモデル化には非常に労力と時間を要することから、対象範囲を選定することも必要である。

(4) 狭隘な施工箇所での重機配置の検討

本案件のような都市部での工事では、架空線や立体的な道路構造物などが多数存在することが多く、平面的な施工検討では不十分となる場合がある。本工事でも、平面的にも立体的にも非常に狭い施工ヤードの中で重機やPCa部材を効率よく配置するために、点群データを用いて再現したバーチャルな空間の中で配置・施工の検討を行った。重機の配置を3次元的に検討できることに加え、事前に施工状況を可視化することで関係者間での施工イメージの共有が容易となった。タブレット端末を用いて施工現場へモデルを持ち出したことで、実際の施工の状況を現地で確認することが出来たため、具体的な施工イメージを共有することが出来た。



写真-2 施工場所付近

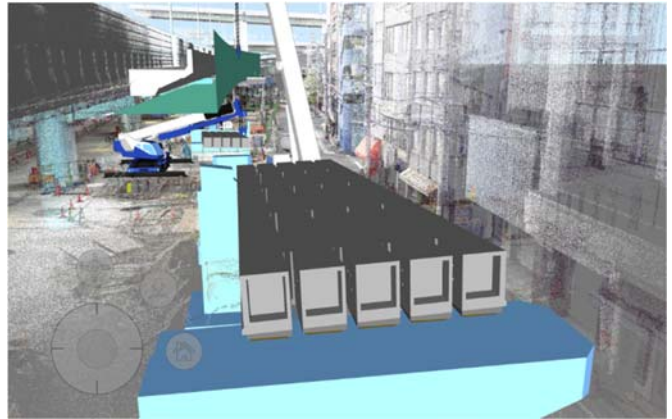


図-7 点群データと3次元モデル

8. まとめ

本件では、施工段階で発注図面から3次元モデルを作成して各種検討を実施することで、施工段階での問題点を顕在化させることができた。具体的には、2次元図面の照査や、梁やスラブの交差部など多方向からの鉄筋が交差する部位の過密配筋の検討などである。また3次元的な施工検討を行うことで、非常に詳細な施工計画を立てることができる。施工段階において、早期に3次元モデルを作成し検討を行うことの効果は非常に大きい。施工段階でのフロントローディング効果に、他ならない。

CIMの基本的な概念である、調査・設計から施工・維持管理までCIMモデルを受け渡ししながら、各段階で属性情報を付加するという取り組みは、試行が実施されている段階である。建設システムの中で各段階での情報を共有することができれば、不必要な検討や協議時間を削減することが可能と思われる。例えば調査時の情報を属性としてモデルに付加することで、設計段階・施工段階で活用することが可能となる。設計の思想、例えば配筋の考え方などを属性情報としてモデルに付加すれば、施工時の検討や変更協議も迅速に進むことが予想される。

建設産業全体の生産性向上のためにも、調査・設計から施工・維持管理まで、CIMモデルが受け渡されることが望ましいと考えている。現状では、各段階でのモデル化や属性情報の付与方法、モデルの肥大化など解決しなければならない課題は多い。しかし、建設システム全体はもちろん、施工段階での3次元モデルの活用による効果は非常に大きい。今後も、各種試行を積極的に行い、建設産業の生産性向上に寄与したいと考えている。