

吉田バイパス事業におけるBIM/CIM活用に 向けた3次元地盤モデルの導入について

中里 倫子¹・岡田 英治¹・高橋 泰斗¹

¹新潟国道事務所 計画課 (〒950-0912 新潟市中央区南笹口2-1-65)

現在、事業を進めている国道116号吉田バイパス事業は、平地に盛土を主体として構築される新規バイパス事業である。今後実施する軟弱地盤解析業務等において、BIM/CIMモデルの効果的な利用が可能であると考え、地質調査結果を用いた3次元地盤モデルの作成に至った。本論文では、現段階におけるBIM/CIM活用の効果および今後の展望について報告する。

キーワード BIM/CIM, 3次元地盤モデル, 地質調査, 軟弱地盤解析

1. はじめに

現在、我が国では人口減少や高齢化が進んでおり、建設業においても担い手不足等が問題となっている。建設業は社会資本整備の担い手であると同時に、社会の安心・安全の確保等国土保安上重要な役割を担っている。この役割を持続的に果たしていくためには、賃金水準の向上や休日の拡大等による働き方改革が必要であるが、その前提として生産性の向上が必要不可欠である。

国土交通省では、働き手の減少を上回る生産性の向上を推進するために、2016年度より建設現場においてICTの活用を進める「i-Construction」を推進している(図-1)。近年では、気候変動の影響による自然災害の激甚化・頻発化、高度経済成長期以降に建設されたインフラの老朽化が進行するなど、社会資本整備をめぐる状況は大きく変化してきている。このような状況の中、i-Constructionの取組み以降、3次元データやICT建設機械の活用等、デジタル技術の活用が一般化している。2023年度からは、BIM/CIMに取り組むことを原則化するなど、業務のあり方を変革していく体制は整ってきており、今まさに、抜本的な省人化対策が進められている¹⁾²⁾。

2. BIM/CIMとは

BIM/CIM (Building/Construction Information Modeling, Management) とは、調査・計画・設計段階からBIM/CIMモデルを構築し、その後の施工・維持管理の段階においても情報を充実させながらこれを活用することである。また、事業全体にわたる関係者間において情報を共有す

ることにより、受注者双方の業務効率化および高度化を図ることが可能となる。ここで、BIM/CIMモデルとは、対象とする構造物等の形状を3次元で表現した「3次元モデル」と3次元モデルに付与する部材の「属性情報」(部材の名称、形状、寸法、物性および物性値、数量、その他付与可能な情報) および「参照資料」を組み合わせたものである。

BIM/CIMの活用による効果として、地質調査結果や設計成果の可視化による設計ミスの防止や施工手順のチェック等による施工段階での手戻り防止等を図る「フロントローディング」、事業関係者との共同作業化により意思決定の迅速化や持ち時間短縮等を図る「コンカレントエンジニアリング」が挙げられる。また、BIM/CIMモデルをデータベースとして共有することで、関係者が適宜情報の追加・変更・修正を行うことが可能となり、迅速な判断および合意形成への効果も期待される³⁾⁴⁾。

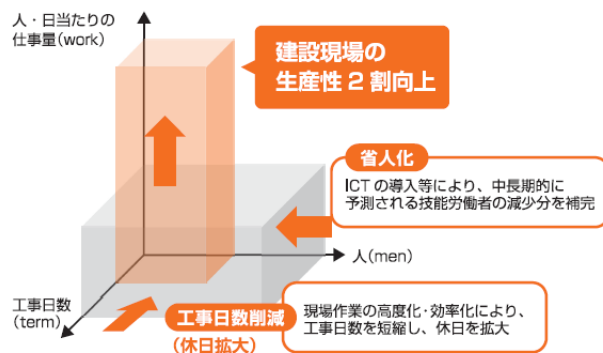


図-1 ICT活用の概要³⁾

3. 吉田バイパス事業の概要

(1) 事業の概要

吉田バイパスが位置する国道116号は、新潟県柏崎市長崎を起点とし、長岡市、燕市を經由し、新潟市中央区本町を終点とする延長約80kmの主要幹線道路である。北陸自動車道および国道8号を補完するとともに、日本海沿岸諸都市の地域経済を支える基盤施設として重要な役割を果たしている道路となっている。

国道116号においては、燕市吉田市街地で1日あたり2万1千台～2万7千台程度の交通量を推移している。しかし、渋滞状況を調査した結果、夜間を除くすべての時間帯において速度低下がみられ、特に燕市吉田市街地を中心に慢性的な渋滞が発生している。また、信号が連続する交差点を中心に事故が多発しており、特に渋滞が原因で発生する追突事故が約8割というのが現状である。

これらの課題を解消するために、市街地を迂回する吉田バイパスが計画された。吉田バイパスの整備により、整備区間を通過する交通は市街地における渋滞を回避することが可能となり、走行時間は整備前と比較して約9分の短縮が期待される。また、整備区間の渋滞が緩和されることによる交通事故の減少や、物流を担う大型車の交通が転換することによる交通騒音の低下に寄与することも期待されており、現道環境の改善が可能であると考えられる。さらに、燕市には工業団地が複数立地しており、バイパスを整備することで、物流の速達性向上や通勤時間の短縮など、地域産業の発展を支援することが可能であると考えられる。

(2) 吉田バイパスの構造

吉田バイパスは、新潟県燕市熊森から新潟県新潟市西蒲区高橋に至る約11.5kmが事業区間となっている。中心市街地を迂回するバイパス部が2車線、その前後に現道拡幅部として4車線という計画である（図-3）。

バイパス部は高盛土の構造となる計画であり、バイパス部への出入りが可能となる交差点はインターチェンジ形式で整備される計画である。交差する市道や農道とは構造物により立体交差となることで、沿道からの出入りがなく自動車の交通機能に特化した構造となる（図-2）。

(3) 吉田バイパスの特徴

吉田バイパスが位置する越後平野は、潟や沼が散在していた土地に放水路等が整備され、排水が行われたことにより、広大な圃場となっている。そのため、水はけが悪く、さらに土砂が堆積してできた平野であるため地質が悪いという特徴が挙げられる⁹⁾。

また、吉田バイパスは市道や農道との交差部分や、用水路との交差部分が多く存在する。そのため、交差箇所は立体交差となる計画であり、ボックスカルバート等の構造物が多数設置される。さらに、計画道路に対し、下水道管が複雑な位置関係（並走または横断）で埋設されているという特徴も挙げられる。



図-2 吉田バイパスの整備イメージ

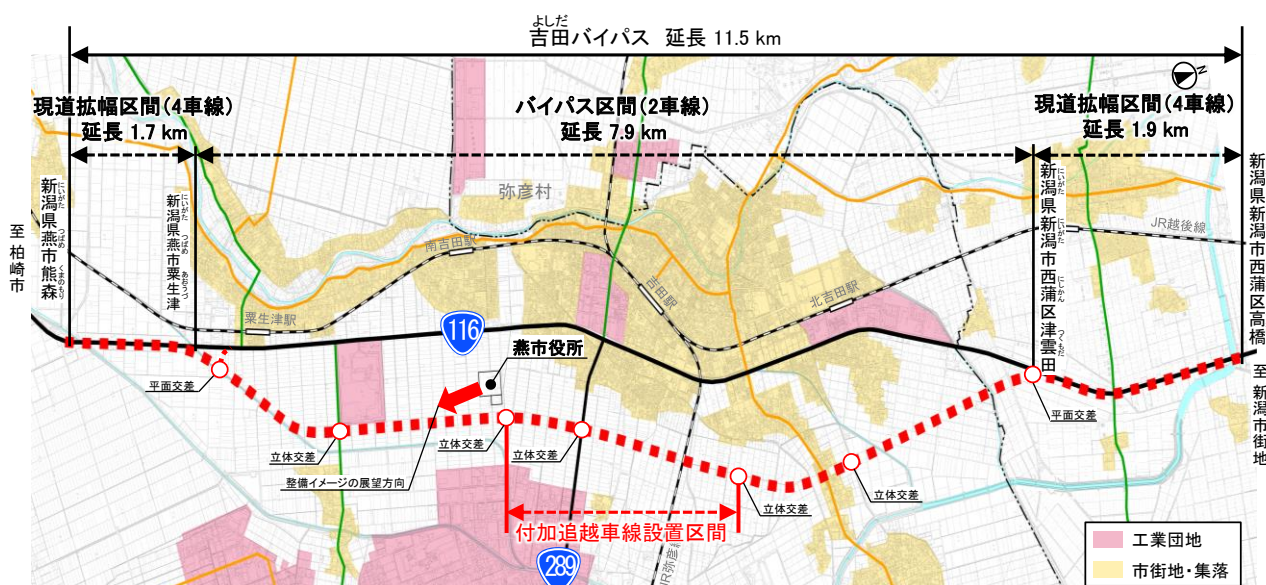


図-3 吉田バイパス概要

4. 吉田バイパス事業におけるBIM/CIM導入

(1) BIM/CIM導入の経緯

吉田バイパスは、厚さ20～25m程度の軟弱地盤上に建設される計画であるため、深層混合処理工法等の軟弱地盤対策工が全域で不可欠と想定される。また、農道や市道、用水路との交差箇所が多く、ボックスカルバート等の構造物が多数設置されるため、構造物の取り合いを検討する必要があると考えられる。さらに、計画道路に対する下水道管との位置関係の妥当性を検討する必要があると考えられる。

以上より、今後実施する軟弱地盤解析業務および設計段階、施工段階において、BIM/CIMの効果的な利用が可能と考え、事業初期段階で実施した地質調査結果を用いた3次元地盤モデルの作成に至った。

(2) 3次元地盤モデルの作成

3次元地盤モデルは以下の手順で作成する。

- ① 2次元CADで縦断方向の地質断面図を作成する。
- ② 3次元CAD上に地形情報（UAVレーザ測量により得られた3次元点群データおよびオルソ画像）を取り込む。ここで、オルソ画像とは、空中写真を位置のずれがない画像に変換し、正しい位置情報を付与したものである。
- ③ 3次元CAD上に地質情報（2次元CADによる地質縦断面図）を取り込む。
- ④ ボーリング地点を円柱状の疑似モデルで表現する。
- ⑤ 作成した疑似モデル（ボーリング柱状図）と室内土質試験結果をリンクさせる。

なお、本事業において作成した地盤モデルは、2次元図面である縦断方向の地質断面図等を平面図上の断面線に沿って3次元空間に配置した「準3次元モデル」である。

5. 現段階における効果

図-4、5に本事業で作成したBIM/CIMモデルを示す。地表面に赤い線で表されているモデルは、盛土を施工した際の計画断面および橋梁上部工の断面である。緑色で表されている3次元モデルはボックスカルバートを、灰色で表されている3次元モデルは橋梁の橋台を再現している。現段階では、地質調査を実施した一部区間のみ地質断面図が反映された状態である。今後、未実施区間においても地質調査が実施された場合、異なる事業者であっても位置情報（座標等）が正確であれば地質縦断面図等の情報を反映することが可能である。

現段階におけるBIM/CIM導入の効果として、地質調査の結果を視覚的に確認できることが挙げられる。これにより、計画路線沿いの地形および地質縦断面図、ボーリング柱状図を3次元地盤モデル上で確認することが可能である。ボーリング柱状図は、室内土質試験結果とリンクさせているため、3次元地盤モデル上のボーリング柱状図を選択することで、各ボーリング実施地点における詳細なボーリング柱状図および室内土質試験のデータを確認することが可能である。今後実施する軟弱地盤解析業務および設計段階においても、3次元地盤モデルを活用することで、即座に詳細なボーリング柱状図および土質試験データシートの確認が可能である。

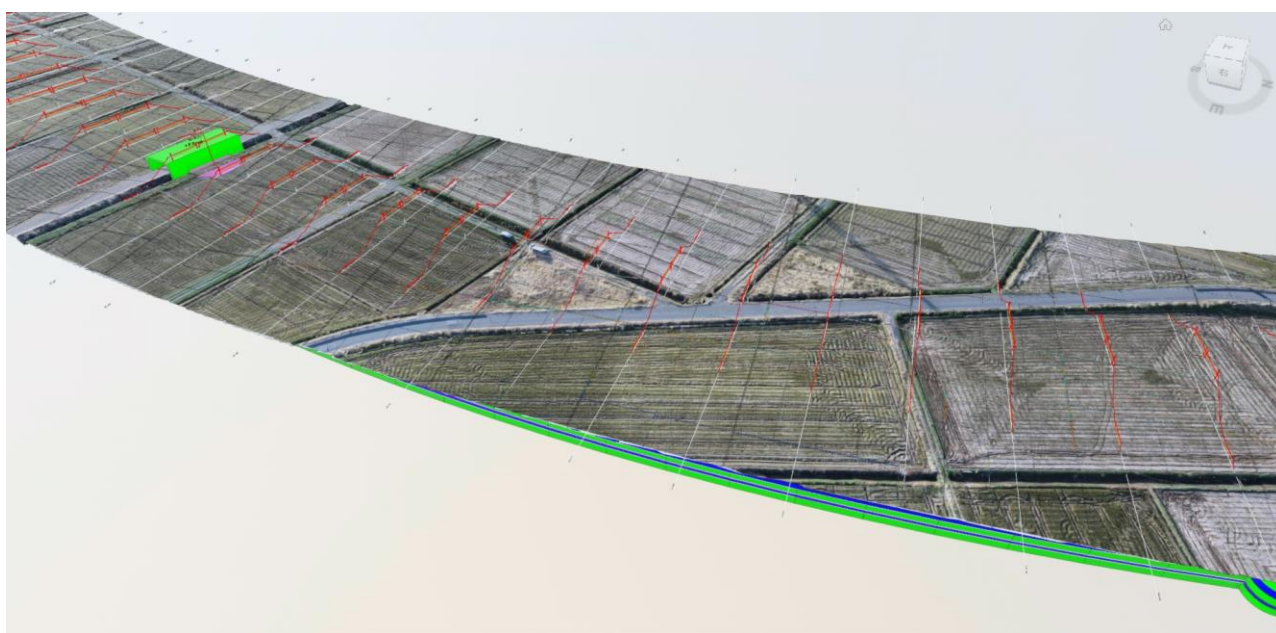


図-4 BIM/CIMモデル（地形情報）

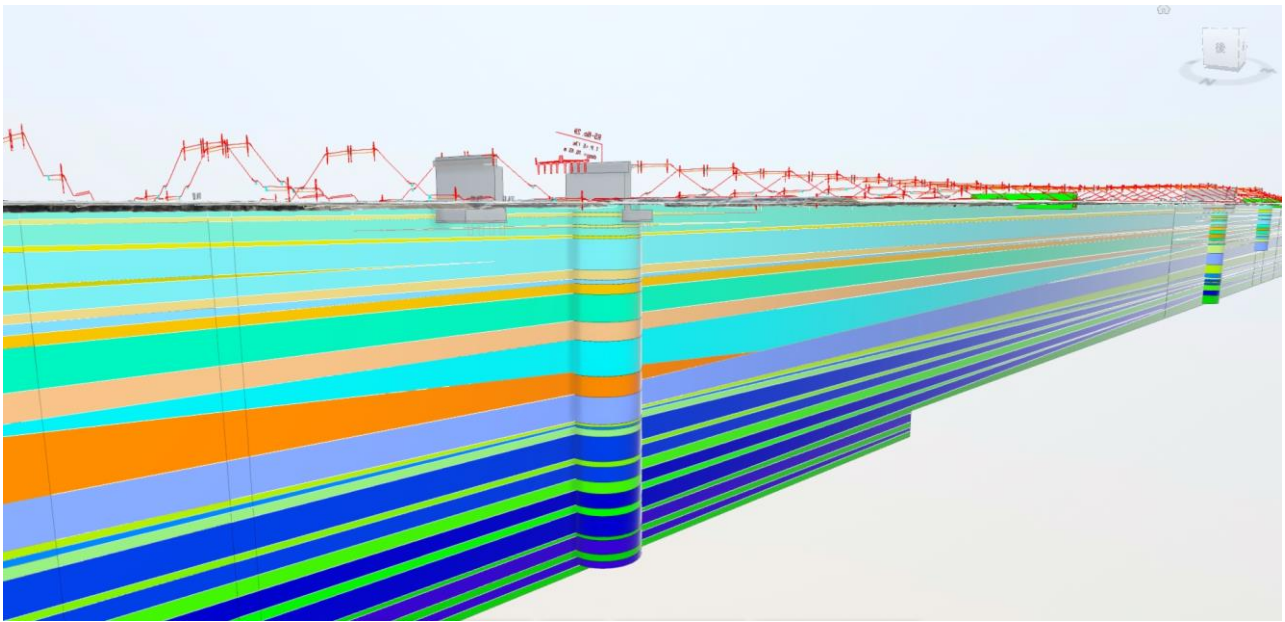


図-5 BIM/CIMモデル（地質情報および構造物）

また、土質試験結果としてまとめる土質試験データシートは表を用いて整理するが、特に吉田バイパス事業のように試験数が極めて多い場合、試験データを取り違える危険性がある。3次元地盤モデルを活用することで、視覚的にもデータを把握することが容易になることに加え、データの取り違い等のミスを減少させることが可能であると考えられる。

一方で、3次元地盤モデルについて、現段階においては、2次元図面である縦断方向の地質断面図等を平面図上の断面線に沿って3次元空間に配置した「準3次元モデル」となっている。今後、複数のボーリング柱状図や地質平面図および地質断面図等を基に作成される「3次元モデル」（図-6）の作成が期待されるが、地層モデルを作成するためのアルゴリズムが研究段階であり、ルールが明確に定められていないのが現状である。そのため、モデルの作成ルールの明確化等の対応を進めていく必要があると考えられる。

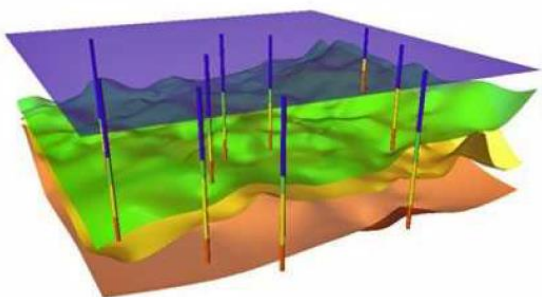


図-6 地層モデルのイメージ⁴⁾

6. 今後の展望

1つ目の展望として、3次元地盤モデルの精度向上が考えられる。縦断方向のみならず、横断方向の地質調査が実施されて調査結果が得られた場合には、横断方向の地質断面の準3次元化（パネルダイアグラム）が可能になると考えられる。ここで、パネルダイアグラムとは、3次元地盤モデルに任意に設定した断面線で切り出した断面図（パネル）群であり、地質情報等を付加した属性情報から構成される。地層モデルの作成が理想ではあるが、相当数のボーリング調査の必要性や地層モデルの作成ルールの確立等の課題があるため、早期の作成は困難であると考えられる。

2つ目として、軟弱地盤解析業務および設計段階へのBIM/CIM活用が考えられる。吉田バイパスでは、軟弱地盤対策工として深層混合処理や中層混合処理が実施されることが予想される。それらの対策工の3次元モデルを追加することで、圧密沈下層や液状化地盤等に対する対策工の施工範囲を視覚的かつ連続的に確認することが可能となり、その妥当性が検証できると考えられる。また、対策工の仕様（標準断面図等）を3次元モデルに紐づけることで、施工に必要な情報を容易に確認することが可能になると考えられる。さらに、橋台背面やボックスカルバート基礎の軟弱地盤対策工は、盛土部分の対策工と異なることが一般的である。BIM/CIMモデルを活用することで、橋台背面およびボックスカルバート部分と、盛土部分の対策工の取り合いを視覚的に検証することが可能になると考えられる。また、設計段階において、計画道路に対して複雑な位置関係（並走または横断）で埋設されている下水道管の可視化により、対策工との位置関係の妥当性を検討することが可能になると考えられる。

3つ目の展望として、施工段階におけるBIM/CIMの活用が挙げられる。施工段階においてBIM/CIMモデルを活用することで、地表における鉄塔やJR等の支障物件との干渉の有無を3次的に確認することが可能になると考えられる。

一方で、軟弱地盤対策や橋梁、ボックスカルバート等、多くの業務で1つのBIM/CIMモデルを更新していくためには、最新データの一元管理が必要である。そのため、データの一元管理が可能な「DXデータセンター」を活用することが非常に有効であると考えられる。

7. まとめ

国道116号吉田バイパス事業では、今後実施する軟弱地盤解析業務および設計段階、施工段階においてBIM/CIMモデルの効果的な利用が可能であると考え、事業初期段階で実施した地質調査結果を用いて3次元地盤モデルを作成した。

現段階の効果としては、3次元地盤モデル上において地質調査結果を視覚的に確認することが可能であることなどが挙げられる。今後の展望としては、軟弱地盤対策工の妥当性の検証（フロントローディング）やBIM/CIMモデルを活用した情報共有の効率化（コンカレントエンジニアリング）、設計段階および施工段階における埋設物との位置関係や支障物との干渉の有無の検討が可能であると考えられる。

一方、現段階での課題である地盤モデルの「3次元化」を進めるにあたり、地層モデル作成のルールの特明確化等の対応を進めていく必要があると考えられる。また、実施予定である軟弱地盤解析業務および設計段階、施工段階においてBIM/CIMモデルを活用するためには、データの一元管理が可能な「DXデータセンター」を活用する必要があると考えられる。

今後も吉田バイパスの早期供用に向けて、BIM/CIMモデルの更なる活用に取り組みつつ、鋭意事業を進めていく。

謝辞：本論文の執筆にあたり、関係者の皆様にご尽力いただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省：i-Constructionの推進、令和3年度政策レビュー結果（評価書）、2022.3
- 2) 国土交通省：i-Construction 2.0～建設現場のオートメーション化～、2024.4
- 3) 国土交通省 大臣官房技術調査課：はじめてのBIM/CIM、2019.9
- 4) 国土交通省：BIM/CIM活用ガイドライン（案）、第1編 共通編、2022.3
- 5) 国土交通省 北陸地方整備局 信濃川下流河川事務所：“越後平野の成り立ち”，https://www.hrr.mlit.go.jp/shinaga/kyougikai/archives/01_chiiki_chiiki_12.html（2024.7.22 アクセス）