

北海道縦貫自動車道事業における BIM/CIMを活用した軟弱地盤対策について —軟弱地盤対策を対象としたBIM/CIMの事例紹介—

旭川開発建設部 旭川道路事務所
旭川開発建設部 旭川道路事務所
新谷建設株式会社

○星 洸太
宇高 勝美
湊 聡

北海道縦貫自動車道士別剣淵～名寄は、高速ネットワークの拡充による道北圏と道央圏の連絡機能の強化等を目的とした延長24.0kmの整備を行う事業である。

本報告では北海道縦貫自動車道における軟弱地盤対策の施工報告とともに、南町改良工事におけるBIM/CIMを活用した受発注者双方の業務効率化・高度化の取り組みを報告するものである。

キーワード：生産性向上、BIM/CIM、i-Construction、軟弱地盤対策

1. はじめに

我が国の建設現場は、激甚化する災害に対する防災・減災対策や老朽化するインフラの戦略的な維持管理・更新、強い経済を実現するためのストック効果を重視したインフラ整備など、安全と成長を支える重要な役割が期待されている。このような背景の中で、国土交通省では総力を挙げ生産性の向上に取り組んでおり、測量・調査から設計、施工、監督・検査、維持管理・更新までの建設生産・管理システムの各段階における ICT 等の活用や規格の標準化、履行期限の平準化等による継続的な「カイゼン」を推進する i-Construction を重要施策の1つとして取り組んでいる¹⁾。

旭川道路事務所では、令和3年度より北海道におけるインフラDX・i-Constructionの取り組みを推進するための「インフラDX・i-Construction先導事務所」を担っており、同年度よりBIM/CIMを活用した道路改良工事を開始し、受発注者双方の業務効率化・高度化の取り組みを行った。そこで得られた結果については報告しているところである²⁾。

本報告では、令和3年度にて実施した盛土工事のBIM/CIM活用において得られた結果を踏まえ、旭川道路事務所が実施する北海道縦貫自動車道事業の内、北海道縦貫自動車道 士別市 南町改良工事（以下、「本工事」という。）において、盛土工および軟弱地盤対策工を対象としたBIM/CIMの活用、検討事例を基に、今後の有用な活用の可能性について報告するものである。

2. 事業概要・工事概要

(1) 北海道縦貫自動車道 士別剣淵～名寄

北海道縦貫自動車道は函館市を起点とし、室蘭市、札幌市、旭川市、士別市、名寄市などを経由して稚内市に至る高速自動車国道である。そのうち士別剣淵～名寄（以下、「本事業」という。）は、士別市と名寄市を通過する路線であり、高速ネットワークの拡充による道北圏と道央圏の連絡機能の強化を図り、地域間交流の活性化、物流の効率化等の支援を目的とした、延長24.0kmの事業である。（図-1）

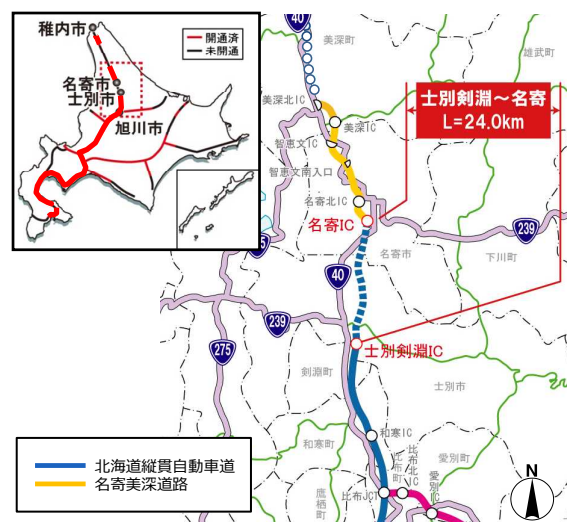


図-1 北海道縦貫自動車道 士別剣淵～名寄

(2) 工事概要

本工事は道路土工が主体であり、起点側に位置する切土区間において土砂掘削を行い、盛土区間へ運搬して路体盛土工34,000m³を緩速載荷工法にて施工した。また、本事業全体で70万m³程度の不足土となる計画のため、上川総合振興局北部耕地出張所にて実施している圃場整備事業で発生した土砂を事業連携にて有効活用し、本事業の盛土材として使用している。工事区間を下図にて示す。(図-2)

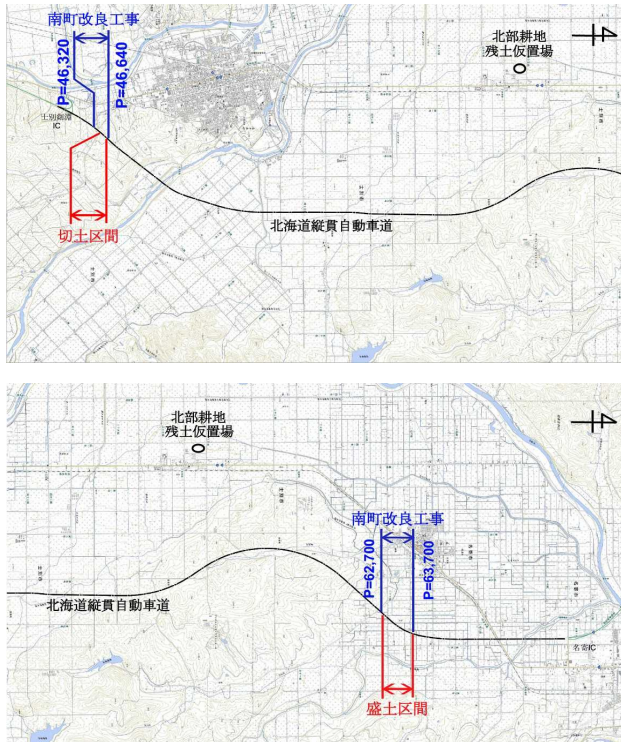


図-2 南町改良工事 工事区間

3. 令和3年度におけるBIM/CIM活用の取り組み内容について

令和3年度の本事業のBIM/CIM活用は、図-2切土区間近隣の盛土工事を対象に下記4項目のリクワイヤメントを設定し実施した。

- ①段階モデル確認書を活用した品質確保
- ②情報共有システムを活用した関係者間の情報連携
- ③BIM/CIMモデルを活用した効率的な設計照査
- ④BIM/CIMモデルを活用した効率的な監督・検査

主な取り組み内容は、2次元設計データを基に3次元設計データを作成し、3次元モデル上で重機・施工方法の照査を実施し、盛土各層毎において品質管理情報を付与した3次元設計データに、出来形管理・写真管理・工程管理の情報も加えて一元的に管理した。結果、重機・施工方法の選定が効率化し、また、管理項目を一元化することで生産性向上に寄与する結果となった²⁾。

4. 軟弱地盤と対策について

本事業では過年度の地質調査の結果、盛土区間の一部に軟弱地盤が存在していることが判明している。本工事の盛土区間では、原地盤が軟弱層と位置付けられる粘性土層および礫質土層で構成されており、安定・沈下解析の結果、緩速載荷工法による対策が必要となるものの、盛土安定解析においては盛土L・R両方向共に安全率が基準値 ≥ 1.2 を満足したため、緩速載荷工法に伴う側方移動の対策工は不要となった。(図-3)

なお、補足ではあるが、本事業区間全線においては主に終点側にて安全率が基準値を満たさないため、安定・側方移動に対する対策工の検討が必要となる区間が存在する。側方移動に対する対策としては、固結工法を実施している。

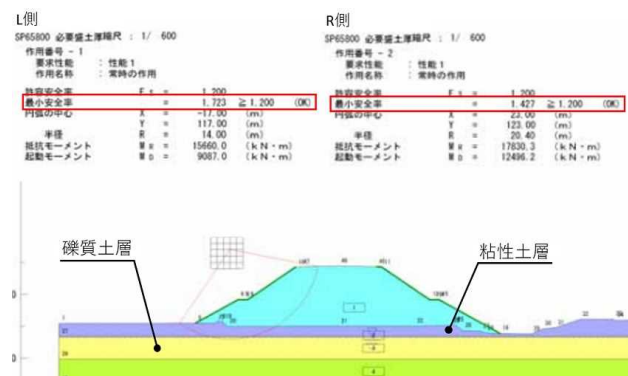


図-3 盛土区間の安全率

本工事の緩速載荷工法においては盛土工事にあたり、サンドマット工法が必要となる。しかし、士別・名寄地区は砂材料が不足している現状にあるため、本工事では砂材料の代替として「6号砕石（5～13mm）」を使用した。(図-4)



図-4 サンドマット材料「6号砕石」

サンドマット工法は施工機械のトラフィカビリティの確保の他、排水層の役割がありサンドマット材料の使用要件としては透水性の良い砂または砂礫で「75μmフルイ通過分が3%以下」または、暗渠排水の配置を要する「75μmフルイ通過分が3～15%程度」³⁾であるが、本工

事で使用した6号砕石は75 μ mフルイ通過分が0.73%であったため、サンドマット材料として採用することができた。また、土別・名寄地区においては、砂材料よりも6号砕石の方が安価であるため、コスト削減に寄与した。

5. 緩速載荷盛土について

本工事では施工延長1.0kmの盛土区間で余盛を含む平均盛土厚が約4.5mで緩速載荷盛土34,000m³を10cm/日のサイクルで施工した。盛土開始から盛土終了までのおおよそ4ヶ月の期間における累計沈下量は約11cm、盛土終了から2ヶ月における累計沈下量は最大で13cmであった。(図-5)

測定日	測定時間	経過日数 Δt (日)	経過日数 累計 (日)	放置日 t (日)	盛土厚 (m)	盛土高 (m)	沈下量 S(m)	沈下量 S(cm)
2023/7/7	AM	1	44		3.500	118.028	0.068	6.8
2023/7/10	AM	3	47		3.800	118.324	0.072	7.2
2023/7/11	AM	1	48		3.800	118.324	0.072	7.2
2023/7/12	AM	1	49		3.800	118.324	0.072	7.2
2023/7/13	AM							7.2
2023/7/14	AM							11.3
2023/7/15	AM							11.3
2023/7/20	AM	1	57		4.435	118.918	0.113	11.3
2023/7/21	AM	1	58		4.685	119.168	0.113	11.3
2023/7/24	AM	3	61		4.685	119.168	0.113	11.3
2023/7/25	AM	1	62		4.685	119.168	0.113	11.3
2023/7/26	AM	1	63		4.685	119.168	0.113	11.3
2023/7/27	AM	1	64		4.685	119.168	0.113	11.3
2023/7/28	AM	1	65		4.685	119.168	0.113	11.3
2023/8/1	AM	4	69		4.685	119.168	0.113	11.3
2023/8/4	AM	3	72		4.685	119.168	0.113	11.3
2023/8/8	AM	4	76		4.685	119.168	0.113	11.3
2023/8/17	AM	9	85		4.685	119.168	0.113	11.3
2023/8/22	AM	5	90		4.685	119.168	0.113	11.3
2023/8/25	AM	3	93		4.685	119.168	0.113	11.3
2023/8/29	AM	4	97		4.685	119.166	0.115	11.5
2023/9/5	AM	7	104		4.685	119.163	0.118	11.8
2023/9/12	AM	7	111		4.685	119.160	0.121	12.1
2023/9/19	AM	7	118		4.685	119.155	0.126	12.6
2023/9/26	AM	7	125		4.685	119.152	0.129	12.9
2023/10/3	AM	7	132		4.685	119.152	0.129	12.9
2023/10/10	AM	7	139		4.685	119.152	0.129	12.9
2023/10/17	AM	7			119.152	0.129	12.9	
2023/10/24	AM	7			119.151	0.130	13.0	
2023/10/31	AM	7			119.151	0.130	13.0	
2023/11/7	AM	7			119.151	0.130	13.0	
2023/11/14	AM	7	174		4.685	119.151	0.130	13.0
2023/11/21	AM	7	181		4.685	119.151	0.130	13.0

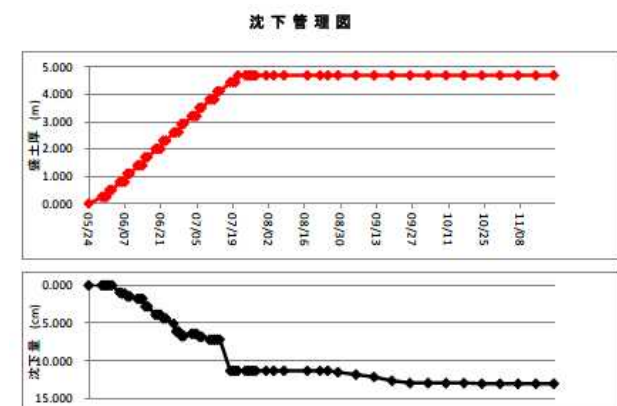


図-5 沈下板による沈下測定の沈下量

6. 本工事におけるBIM/CIMの取り組みについて

本工事では盛土工を対象にBIM/CIMの取り組みを行うにあたり、令和3年度に実施したBIM/CIM活用の取り組み内容を踏まえ盛土工の品質管理の一元化を主とした計画を立てたが、盛土工のBIM/CIMによる工程管理に使用することとしていた空中写真測量 (UAV) について、軟弱地盤対策を要する盛土の沈下状況を3次元データに反映し可視化することができないか試みた。(図-6)

Kota Hoshi, Katsumi Udaka, Satoshi Minato



図-6 空中写真測量の様子

従来は沈下板による沈下測定で得られた軟弱層の沈下量を測点箇所毎に図-5によるグラフで表記し管理していたのに対し、本工事では従来の管理方法に加えて、沈下測定で得られた沈下量を1層当りに換算して測点間の各層沈下の3次元データを作成した。さらに、作成した3次元データに各区間の各層の施工及び沈下時期情報を加えて、プレビュー機能で施工日・施工順序・放置期間を再生表示することで沈下の可視化を行った。(図-7)

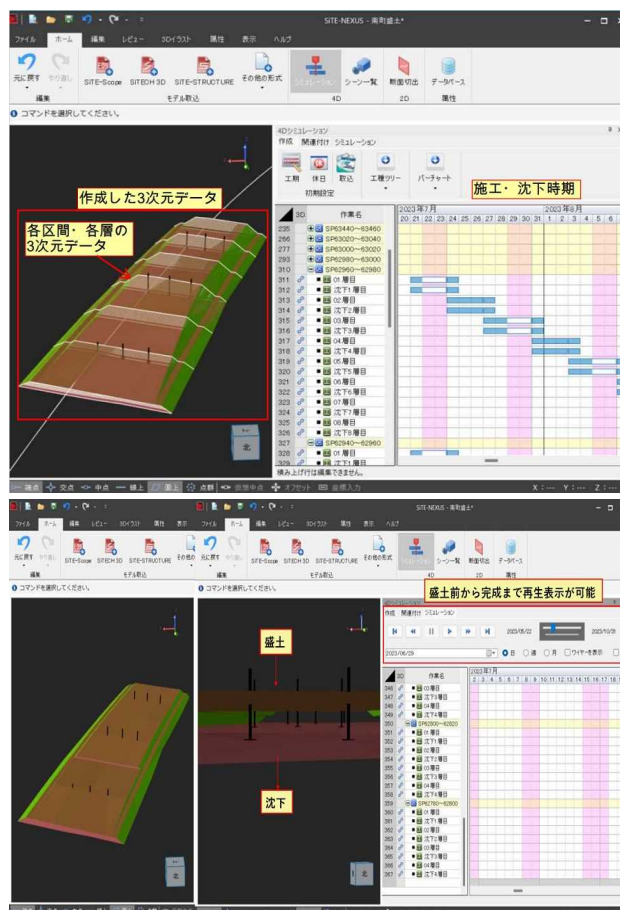


図-7 3次元データによる可視化

本工事においては、今年度の工事計画に伴い、盛土高が余盛りを含めた計画高まで達しない箇所が多く、累計

沈下量が13cmと少なかったこともあり、3次元データ上での沈下の可視化が明確となる3次元データとはならなかった。(図-8)

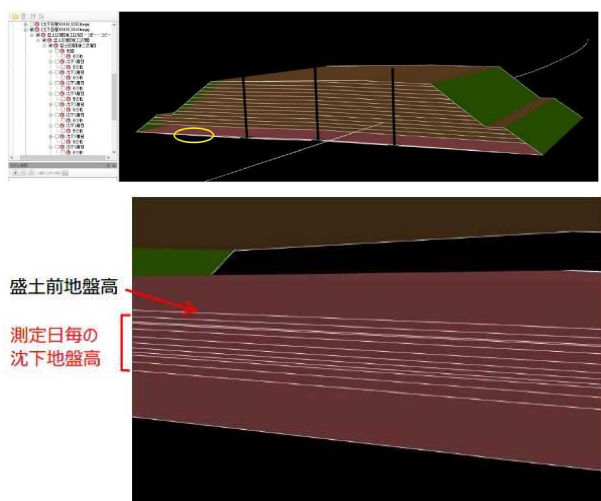


図-8 3次元データによる沈下の可視化

しかし、測点箇所毎のグラフによる従来の沈下測定管理を3次元データ上で一元化させ、施工日・放置期間の時間軸を追加することにより、緩速載荷工法において簡易的且つ確実に管理することを可能とした。

また試みとして、工程管理で使用した空中写真測量(UAV)による盛土高データを使用し盛土高の沈下の推移をグラフ化した。沈下板による沈下測定データと相関性が確認できれば、3次元データによる盛土の品質管理の一元化、沈下の可視化と共に、沈下板を省略できる可能性について検討できる。(図-9)

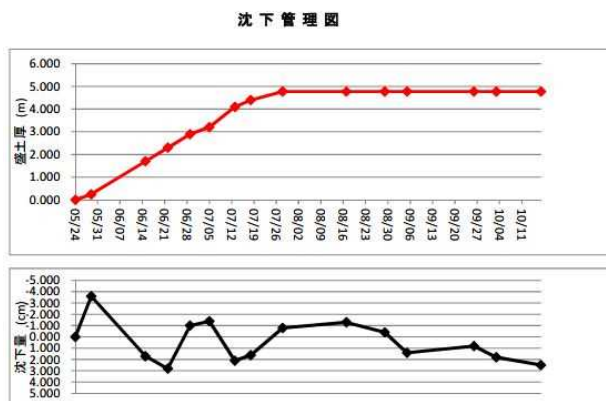


図-9 UAV測定による沈下量

UAVの測定精度を高めるため工程管理において実施した60mの高度から30mまで高度を下げて測定したが、UAV測定では沈下量がマイナス値を示すなどの測定誤差が確認され、ミリ単位の精度を要する沈下管理での実用には困難な結果となった。

7. おわりに

軟弱地盤を対象としてBIM/CIM活用に取り組んだことにより、本工事では工事計画においてまだ盛土高が余盛りを含めた計画高まで達せず、沈下量が少なかったため、明らかな実用効果までには至らなかったが、従来の測点箇所毎におけるグラフによる沈下測定管理を3次元データ上で一元化し、且つ、時間軸を追加することにより、緩速載荷工法の施工管理を簡易的にし、盛土速度を管理する上で、施工日、放置期間の管理において確実性を高める効果を得た。

明確な実用効果を得るため、今後の検証においては比較的沈下量が多い盛土区間が本事業で存在するため、BIM/CIM活用を実施する際は継続した検証を実施したい。

また、BIM/CIM活用において使用するUAV測定による沈下量と従来の沈下板による沈下測定との相関性においては、継続した調査が必要となった。現在は沈下板周辺の盛土転圧は人力施工となるため、締固め作業が非効率であり、転圧不足が懸念される。沈下板が省略されると、安全対策や作業の省力化による生産性向上を図ることができる可能性があるため、今後は測定誤差を少しでも解消する評定点を沈下板位置付近に設置するといった対策を含め、継続した検討を併せて実施したい。

(図-10)



図-10 評定点

BIM/CIMの活用はICT施工と異なり明確に生産性の向上が分かるものではないが、BIM/CIM活用で多種多様なデータを1つのデータに一元的に管理することは問題点の把握もしやすく、書類を作成する時間と閲覧する時間の短縮となる。今後、遠隔臨場によるWeb検査が増えていくことや働き方改革を踏まえると非常に有効的である。BIM/CIM活用のさらなる活躍方法を模索し、改善・改良を念頭に生産性向上に向けて取り組みを進めていきたい。

参考文献

- 1) 発注者におけるBIM/CIM実施要領(案)(令和4年3月):国土交通省
- 2) 長田 柁洋、宇高勝美、湊聡(令和3年):北海道縦貫自動車道事業におけるBIM/CIMを活用した道路土工について。国土交通省北海道開発局第65回(令和3年度)北海道開発技術研究発表会 発表論文。
- 3) 泥炭性軟弱地盤対策工マニュアル(平成29年3月):国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所