

26 施工計画

BIM/CIM を用いた効率的な施工計画と 狭隘部盛土工事における省人化施工

宮崎県土木施工管理技士会

旭建設株式会社

土木部長

河野 義博

1. はじめに

この工事は、九州中央部を東西に結び九州の高速道路網の骨格をなす九州中央自動車道五ヶ瀬高千穂道路（延長9.2km）五ヶ瀬東インターチェンジ建設工事である。

工事の特徴として、工事着工当時、施工中の函渠工事業者と現場に隣接する土地所有者（林業者）による工事の始期と終期に制約がある状況の中で、現場の状況に応じICT技術など最新技術を用いた施工計画を立案し問題を解決できたことを述べる。

また追加工事として施工した残土処理場盛土造成工事についてもBIM/CIMモデルを用いた施工協議を行った事や盛土規制法に基づく施工についても併せて述べていく事とする。

工事概要

- (1) 工事名：宮崎218号室野地区改良工事
- (2) 発注者：国土交通省 延岡河川国道事務所
- (3) 工事場所：宮崎県西臼杵郡五ヶ瀬町三ヶ所

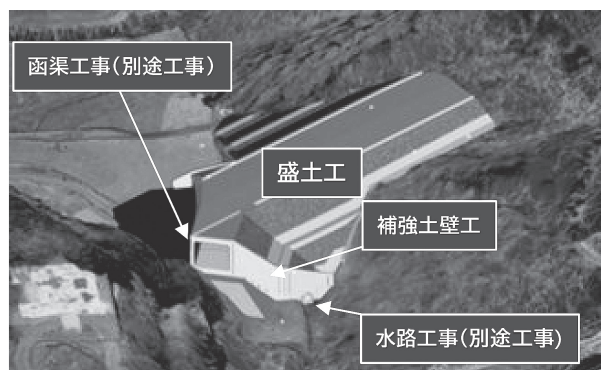


図-1 五ヶ瀬東IC完成予想図

- (4) 工期：令和6年1月17日～10月25日

- (5) 主要工種 路体盛土工 (ICT) $V = 8,000\text{m}^3$
盛土法面整形 (ICT) $A = 100\text{m}^2$
補強土壁工 $A = 104\text{m}^2$
残土処理場盛土工 $V = 32,000\text{m}^3$
排水工 $L = 140\text{m}$

2. 現場における問題点と課題

1 件目の問題点と課題を述べる。

工事受注直後は、図-1 五ヶ瀬東IC完成予想図に示す2件の先行する別途発注工事（水路工事と函渠工事）が施工中であり、これら先行する構造物工事が完了しないと盛土工事には着手できない状況だった。

このことから、発注者を交えた工程調整会議を行ったところ、我々が盛土工事に本格着工できるのは約半年後の8月からという事が判明した。

更に高速道路建設用地に隣接する土地所有者が11月初頭には買収予定地の立木伐採を開始しなければならないとの制約事項が判明し工期延期も不可能な状況で、これら条件をもとに施工可能日を整理した結果、当初計画していた延べ102日の工事期間が、8月1日から10月25日までの延べ84日間となる事が判明した。

工事概要に示すように、工事規模はさほど大きくなく、補強土壁施工エリアなどは $5\text{m} \times 10\text{m}$ と非常に狭隘な施工ヤードしか取れず、このような環境の中、安易に土日など休日出勤の選択

はせず、働き方改革に示す完全週休2日を確保しつつ当初計画との18日の差をいかにして解消するかが本件の課題となった。

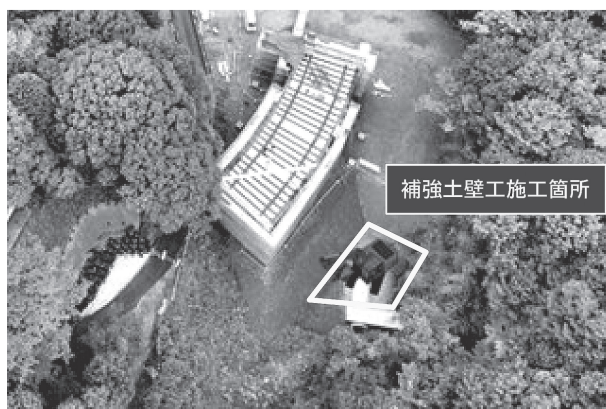


図-2 補強土壁工施工箇所 (狭隘部)

2件目の問題点と課題を述べる。

前述のように盛土工事に着手できるのは約半年後の8月となるため、それまで残土処理場整備工事を追加で施工することになった。

この施設は、複数社で利用している残土処理場で、他社が持ち込む土砂を利用して盛土施設を造成するものであるが、土砂供給スピードに対する残土処理場の盛土工や小段排水工・縦排水工の工程を考慮した施工計画立案が課題であった。

また、令和5年5月26日施行の盛土規制法に基づき安全な盛土体を構築するための施工計画立案も課題となった。

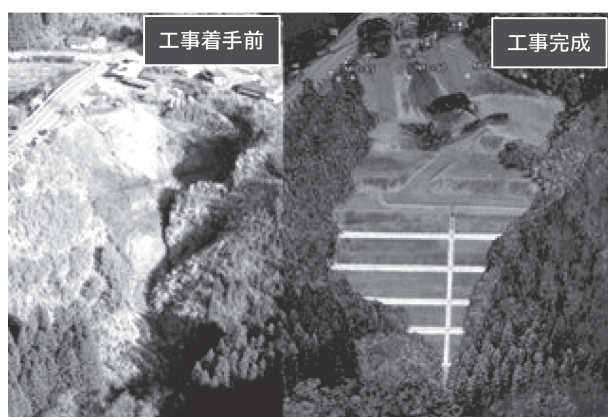


図-3 着工前・完成 (残土処理場)

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

現場における問題点と課題の順番と記述順序が前後するが、時系列順に2件目の問題点・課題へ

の対応策から先に述べる。

現場に搬入される日々の土量(600m³/日)という土砂供給工程に、樹木の伐採・処分、排水工などのクリティカルパス工程を重ねた結果、盛土作業や排水工の工程が土砂供給の工程に追いつかない状況となり日々の受け入れが困難になると予測された。

600m³/日という受け入れを可能にするためには、盛土全体の設計を見直し、時間を要する小段排水工や張コンクリートといった工種の不要部分を減じるとともに盛土形状もシンプルになるように検討を行った。

検討の手法は、UAVによる三次元測量を行い施工箇所全体の詳細な地形把握を速やかに実施し、計測データ解析と同時並行でBIM/CIMモデルや三次元設計データを制作し設計図書の照査を行った。

その結果、図-4に示す囲みの範囲は、盛土厚が $t = 0 \sim 50\text{cm}$ と盛土厚が薄くなる事から脆弱な盛土体となりやすい範囲と考えられたため、設計から減じる事を発注者に提案した。

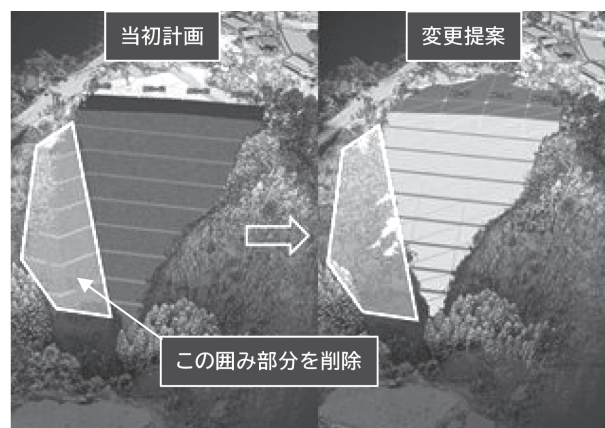


図-4 BIM/CIMモデル

この結果、以下の効果を得る事ができた。

- 排水工を225m削減(45日短縮)
- 伐採及び処分量を約2,000m³削減(15日短縮)
- 工事費の削減(排水工・伐採工)
- 盛土量 $V = 82,000\text{m}^3 \rightarrow 80,000\text{m}^3$ と若干減ったが、4%程度の数量減に止まった。

次に令和5年5月26日施行の盛土規制法に基づく盛土の安全性の確保項目を以下に示す。

- 盛土材料の三軸圧縮試験を実施。
- 粘着力 $C = 11.8\text{KN/m}^2$ (10以上)

○内部摩擦角 $\phi = 38.6^\circ$ (30以上)

このデータを設計コンサルタントに提供し盛土全体の安定計算結果を確認。

○盛土全体の安全率 $1.98 > 1.20$ OK

○試験盛土及び現場密度試験実施 (33回)

○動態観測を日々実施。挙動監視を行った。

以上により、限られた期間内において効率的にかつ安全な盛土工事の施工を進める事ができた。

次に最初に挙げた1件目の問題点・課題への対応策を述べる。

課題点の整理として項目は以下。

○工事期間102日→84日 (18日間の短縮)

○補強土壁工及び函渠周りの裏込盛土工は狭隘な施工スペースでの効率的な施工方法立案。

以上2点の問題点・課題への対応策を述べる。

工期18日短縮に向けた実施事項

無人航空機搭載型レーザースキャナー起工測量を実施。※テラドローン社製LiDAR搭載

特徴は下の図-5の様に現場内に立ち並ぶ立木があってもその隙間を縫って地表面を計測できる。

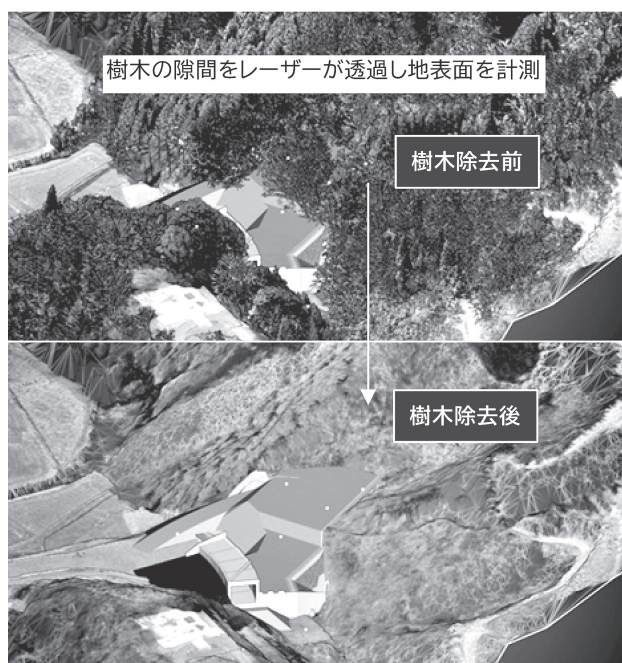


図-5 樹木透過状況

他社が施工している最中は倒木作業など危険を伴う作業に着手できないが、この計測技術を使用すると伐採せずとも起工測量を実施できる。

このため以下に示す日程の短縮が実現できた。

従来：伐採作業6日+産廃搬出4日=10日間

→空中写真起工測量・解析3日=計13日

※この日数はクリティカルパスとなる。

対策：無人航空機搭載型レーザースキャナー測量及び解析作業：3日 (クリティカルパス)

13日-3日=10日間短縮

※伐採・処分は自社補強土壁工と平行作業。

次に、狭隘な施工スペースでの効率的かつ安全な施工方法として、0.4m級チルトローテータ付きマシンコントロールバックホウを採用した事例を紹介する。

この機械は、 45° チルト、 360° ローテーション (回転) するアタッチメントを備えており、人間の手の様に可動する器用な重機だが、加えてマシンコントロール機能も備えた機械となっている。

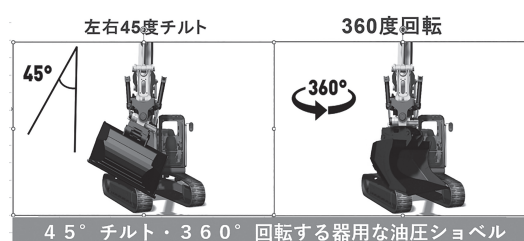


図-6 チルトローテータバックホウ

(出典：コベルコ建機株式会社HP)

盛土工事や床掘などの掘削作業において、施工面に正対しなければ正確な作業できなかった従来機とは違い、重機を移動しなくても図-7の写真の様に、バックホウバケットを施工面に平行にできるなど自由に角度を変えられるため、効率の良い施工が可能という優れものである。

端部作業などでは、手元作業員を必要とせずワシマン作業が可能で、人を介さない作業は安全性に加え効率面でも優れており、表-1に示すように、補強土壁工の施工効率が向上。『8日間』の工期短縮と起工測量の10日間と合わせ、完全週休2日を達成しつつ18日間の工期短縮に成功した。



図-7 擁壁床掘状況

表-1 従来機との所要日数比較表

作業内容 補強土壁工	所要日数	
	0.4mバックホウ(従来機)	0.4mチルトローテータバックホウ
床掘	丁張1.0/掘削0.7/残土0.3=2日	丁張0/掘削0.2/残土0.3=0.5日
基盤排水層	砕石撤き出し2日	砕石撤き出し1.5日
壁面材設置	3段30枚/10枚/日=3日	3段30枚/10枚/日=3日
補強盛土23層	盛土撤き出し0.75日/層 24層×0.75日/層=18日	盛土撤き出し0.5日/層 24層×0.5日/層=12日
集計	2+2+3+18=25日	0.5+1.5+3+12=17日
低減効果	工期を8日間短縮、39%削減効果	

また、図-8のように構造物に囲まれた狭隘な工事範囲という施工条件の中、補強土壁工の施工全般にわたりチルトローテータバックホウを活用し、『人を介さない作業』を意識的に実施した事で、表-2に示すように必要人員数72人→37人、35人減、48%の削減効果を確認。

省人化施工効果が数値で明確に表れる結果を得る事ができた。

ただし、手元作業員が全くなくなるというものではなく、構造物近接部は多少人の手を要する場面があった事は事実である。



図-8 補強土壁工におけるワンマン施工

表-2 省人化効果検証表

作業内容 補強土壁工	人 員	
	0.4mバックホウ(従来機)	0.4mチルトローテータバックホウ
床掘	1.5日×2人=3人	0.5日×2人=1人
基盤排水層	2.0日×3人=6人	1.5日×2人=3人
壁面材設置	3日×3人=9人	3日×3人=9人
補強盛土23層	18日×3人=54人	12日×2人=24人
集計	3+6+9+54=72人	1+3+9+24=37人
低減効果	人員数を35人削減、48%削減効果	

4. おわりに

近年、国土交通省が推進するi-construction施

策により技術の進化は少しずつ進んでいるが、日々の業務に没頭する我々は、その進化の過程のど真ん中に居るため、大きな変化を感じる事は難しかったが、土木工事における生産性は確実に飛躍的に向上しているところの論文を執筆しながら振り返る事ができた。

今回の工事では、BIM/CIMを使った効率的な施工計画の立案や変更提案、最新の建設機械を使用した生産性向上効果の検証を兼ねて工期短縮策として取り組む事ができ、これからの土木工事の更なる生産性向上の可能性を確認する事ができた。

その中でいくつか改善点を得たので以下に示す。

1つ目は、チルトローテータMCバックホウは、0.7m級の大型バックホウが良いという事である。チルトローテータバックホウは手先が器用に可動するため、本体はそれほど動き回る必要がない。

狭いエリアでの施工に適しているのも、大きいほうがより効率的であると感じた。

2つ目は、チルトローテータ標準装着バケットは、背面に横溝が5本あり、法面整形時に平滑仕上げがしにくい。またバケット深さが浅く非効率な点が挙げられるが、これはアタッチメント交換で容易に改善できるので次回に活かす事とする。

最後に、地元工業高校土木科の学生を招いた現場見学会では、将来チルトローテータバックホウの運転手になりたいという声があり、担い手確保にも効果的である事をお伝えして終わる事とする。



図-9 地元高校生の現場見学会