# 複雑な道路構造に対するICT土工の高度化に向けた取り組み

きやまたかひろ
○木山貴裕[1]

[1]株式会社オリエンタルコンサルタンツ九州支社（〒812-0011 福岡市博多区博多駅3-2-8）

現状の土工部のICT施工では，施工段階で独自に2次元図面を組み合わせた概略的な3次元モデルを作成し，ICT施工の建機用データに変換しているため，設計で作成した精緻なBIM/CIM 3次元モデルが使われていないことから，複雑な形状となる箇所でのICT施工が出来ず，従来施工との併用を余儀なくされており，生産性向上の障壁となっている．

本稿では，複雑な道路構造に対する設計～施工段階の全体最適を実現する視点に立った3次元モデル作成，起工測量の品質向上，効率的な建機用データ作成などICT土工の高度化の取り組みを紹介する．

***Key Words*** ： *ICT土工，実証実験，生産性向上*

## １．はじめに

現状のICT土工は，施工段階で独自に2次元図面（平面図・縦断図・横断図）を組み合わせた概略的な3次元モデルを作成し，ICT施工の建機用データに変換している．

そのため，設計で作成した精緻なBIM/CIM 3次元モデルが使われていないことから，比較的平坦な地形や，単路部を中心に活用が進んで効率化が図られる一方で，複雑な形状となる箇所（拡幅部や地形変化がある箇所）でのICT施工は出来ず，従来施工との併用を余儀なくされており，生産性向上の障壁となっている．

また，建設会社がICT施工へ対応するためには，BIM/CIM関連やICT施工に必要なハード・ソフトを調達する必要があり，我が国の9割を超える地方の建設会社ではその調達が難しく，ICT施工の普及が進まない一因となっている．

本稿では，複雑な道路構造に対する設計～施工段階の全体最適を実現する視点に立ち，設計で作成した盛土の3次元モデル（単路部，複雑な形状）を対象に，ICT施工の高効率化に向けた実証実験の取り組みを紹介する．

## ２．ICT土工の概要

一般的にICT土工は，図-1の通り設計成果図面から3次元データを作成［①］，UAVやTLS等による起工測量［②］，起工測量を反映した3次元データの修正と，建機への入力データとして変換［③④］，MC/MGによる施工［⑤］，3次元データを活用した出来高管理［⑥］の手順で施工されている．

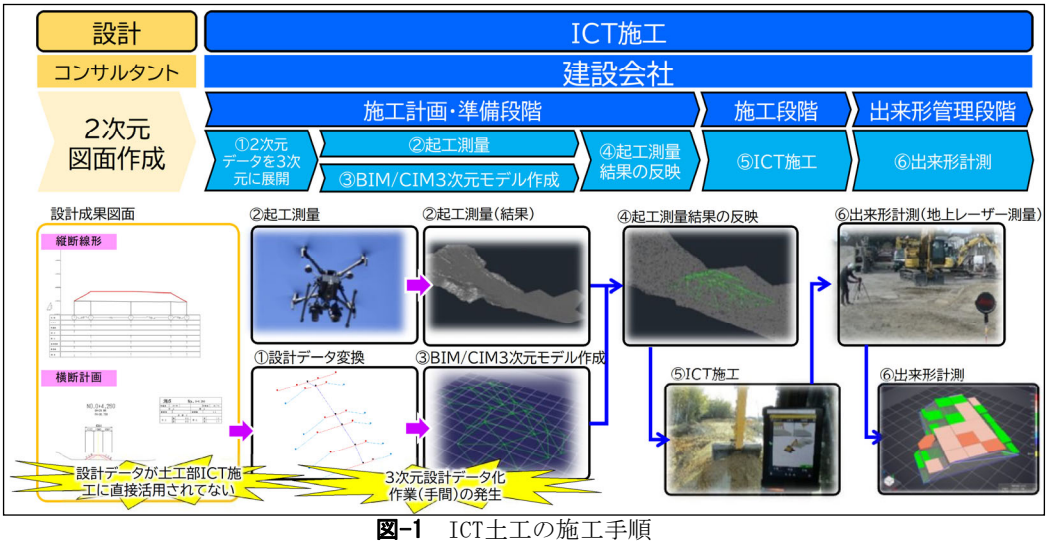



**図-1**　ICT土工の施工手順

## ３．ICT土工のプロセスにおける現状と問題点

ICT土工における現状と各プロセスにおける問題点を表-1に整理した.

**表-1**　ICT土工のプロセスにおける現状と課題

| プロセス | 現状 | 各プロセスにおける問題点 |
|---|---|---|
| (1)設計データ変換 | a)複数の道路中心を有する道路構造は、汎用ソフトで設計データ変換を一括でできない<br>b)管理断面（@20mピッチ）から横断面モデルを作成し、連結して3次元化 | a)3次元データ作成が手作業となり非効率<br>b)横断面間は、前後の横断面モデルを繋いでいるだけで、計画断面の変化点等が自動処理できないため、追加断面を多数作成し非効率 |
| (2)起工測量(3D計測) | a)UAV測量で広範囲に測量した後、植生繁茂部等の計測困難箇所をTLSで補測 | a)補測の方法が基準化されておらず、技術者の力量で計測精度がばらつく |
| (3)3Dデータ修正・建機用データ作成 | a)仕上がり厚に必要な余盛高等の3次元データ作成を都度現場で作成<br>b)施工手順に応じた3次元データを手作業で作成している | a)管理基準、現場に搬入される土量、余盛高などを考慮した日毎施工分の3次元データ作成の手順が一般化されていない<br>b)手作業で作業量が多い上に、施工進捗に歩調を合わせる必要があり、非効率 |
| (4)3D出来形管理 | a)大規模な土工工事での日毎出来形管理は、丁張を用いた従来手法で管理している | a)丁張による管理とICT土工用の管理（ヒートマップ）や自動追尾型のTSの2重管理を余儀なくされている |

## ４．ICT土工の高度化に向けた取り組み

### (1) 設計データ変換

現行の設計データ変換は,汎用ソフトにより道路設計で作成されている管理断面（20mピッチ）を用いて横断面を作成し,これを繋ぐことで3次元化している.そのため,20mの中間に切盛境や盛土の段数が変化しているなどの断面変化点がある場合は,横断面を複数追加で作成する必要があり,作業量の増加に繋がっている（図-2の例では,作成横断面が7断面→32断面に大幅増）.

そこで,道路設計CADにより,断面変化に対応した3次元設計モデルを作成,汎用ソフトへコンバートし,これら課題を解決した.これにより従来では実現できなかった複数の道路中心線を有する道路構造でも,簡便に建機用データ作成が可能となり,道路分合流部や断面変化区間が多い道路構造でのICT土工の効率化が図れる.

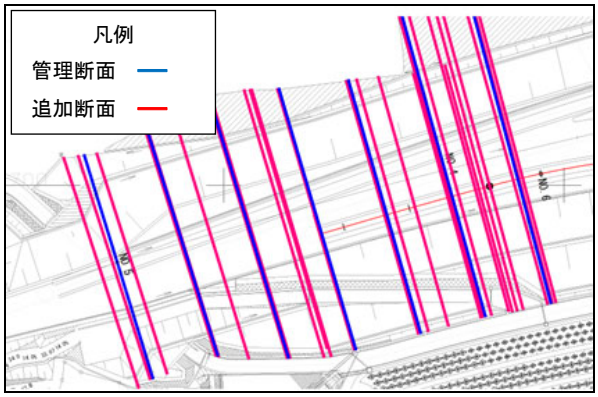



**図-2**　断面変化点に対する追加断面設置（例）

### (2) 起工測量（3D計測）

起工測量は,伐開除根後にUAV測量を行う工程であり,計測を行う上で障害物がないことが望ましい.

しかし,実際の工事現場では,用地境界の外側から道路敷地内に垂れ下がる樹木,伐開した樹木の仮置き,往来する施工重機など,様々な障害物がある.

また,伐開除根を工事進捗に合わせて複数回に分けて行うため,その都度地形が変化することから,工事工程を考慮した複数回の測量が求められる.

そのため,現場実態に合わせた測量方法の基準がなく,測量実施者の経験に測量精度が左右されやすい.

そこで,これまでに蓄積したノウハウを当社独自の起工測量マニュアルとして整備し,起工測量の細部にわたる作業の標準化を図り,測量精度の均一化を実現した.

### (3) 3Dデータ修正・建機用データ作成

実際の施工に用いる建機用データの作成に際しては,3次元設計データとは別に余盛を考慮し,敷き均し厚も設定する必要がある.

これらは施工時にその都度対応しているため,非効率となっている.

そのため,予め施工手順に応じた建機用データ作成に関するノウハウを当社独自の標準仕様として整備し,標準仕様に沿ったデータを提供することで,施工時の作業手戻りを防ぎ,効率化を図った.

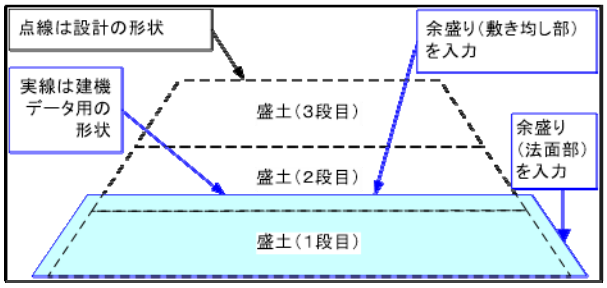



**図-3**　建機用データ作成時の概念図

### (4) 3D出来高管理

出来形管理は，最終出来形と日々の出来形に対して行っているが，大規模土工での日毎出来形管理は，従来の丁張を用いている．

これは，現行の基準やガイドラインでは，3次元データの照査が管理断面（20mピッチ）のみ求められており，断面間はビューワーによる目視照査とされているが，施工者は断面間の変化点を照査する必要があると判断しているためである．

## 5．実証実験の実施内容

### (1) 実証実験概要

実証実験では，図-4の通り設計段階で作成されたBIM/CIM 3次元モデルをICT土工に直接活用することで図-1の［③④］の手間を削減．

### (2) 3Dモデル作成概要

土工量300m3程度となる3Dデータを作成し実験を行った．作成概要を示す．

①作成モデル

・幅員：12.0m（第1種第3級，2車線相当）
・延長：10.0m
・盛土高：約1.7m
・勾配：横断勾配2.0%，縦断勾配1.0%

②作成ソフト

設計から一連でのICT土工実施を行うため，道路設計ソフト（STRAX）にて平面縦断横断の設定を行い，3Dデータを作成する．

③データ拡張子

データ拡張子は，「1_LandXML1.2に準じた3次元設計データ交換標準の運用ガイドライン（案）」に準じた形式とする．

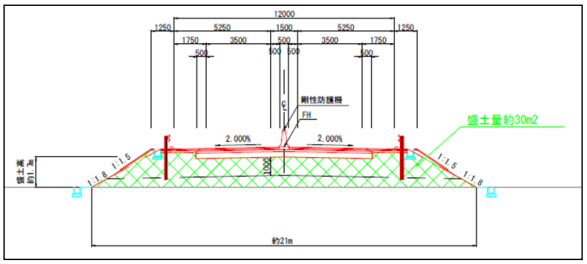



**図-5**　作成モデル断面

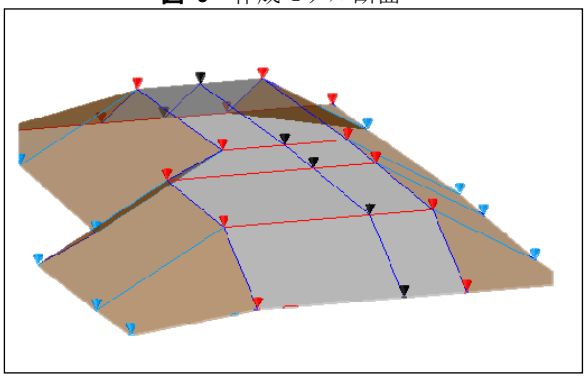


**図-6**　作成モデル

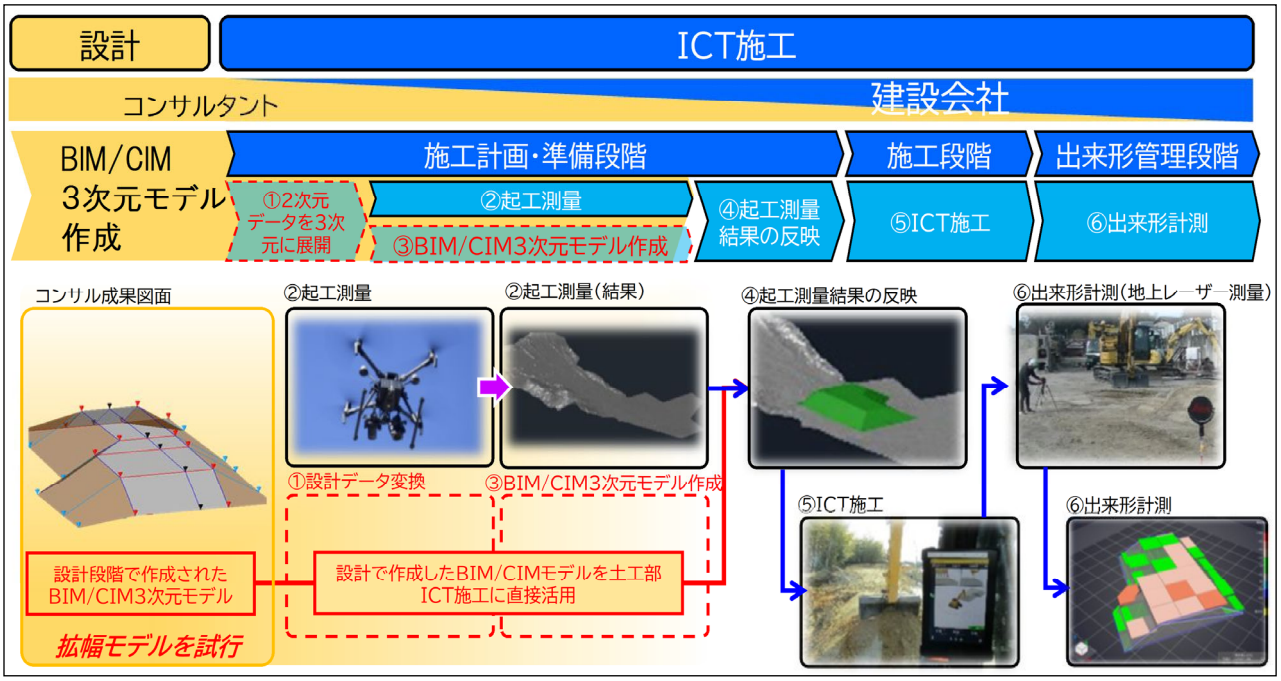



**図-4**　設計3次元モデルを活用したICT土工の施工手順

### (3) 出来形管理

空中写真測量(無人航空機)によるヒートマップにより出来形管理を行う.

土木工事施工管理基準及び規格値(案)の表-2に示す規格値と個々の計測値と平均値の較差より作成した出来形帳票により,合否判定を行う.

**表-2　出来形管理基準**

| 工種 | 測定箇所 | 測定項目 | 規格値(mm) 平均値 | 規格値(mm) 個々の計測値 | 測定基準 | 測定箇所 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 掘削工 | 平場 | 標高較差 | ±50 | ±150 | 注1 注2 注3 注4 注5 | |
| | 法面(小段含む) | 水平または標高較差 | ±70 | ±160 | 注1 注2 注3 注4 注6 | |
| 路体盛土工 路床盛土工 | 天端 | 標高較差 | ±50 | ±150 | 注1 注2 注3 注4 注5 | |
| | 法面(小段含む) | 標高較差 | ±80 | -190 | 注1 注2 注3 注4 注6 | |

注1：個々の計測値の規格値には計測精度として±５０mmが含まれている。
注2：計測は天端面（掘削の場合は平場面）と法面（小段を含む）の全面とし、全ての点で設計面との標高較差または、水平較差を算出する。計測密度は１点／m2（平面投影面積当たり）以上とする。
注3：法肩、法尻から水平方向に±５ｃｍ以内に存在する計測点は、標高較差の評価から除く。同様に、標高方向に±５ｃｍ以内にある計測点は水平較差の評価から除く。
注4：評価する範囲は、連続する一つの面とすることを基本とする。規格値が変わる場合は、評価区間を分割するか、あるいは規格値の条件の最も厳しい値を採用する。
注5：出来形評価データのうち99.7%が「個々の計測値」の基準値を満たすこととする。
注6：切土法面の凹凸は土砂 100mm 岩 500mm を目途とし、盛土法面は凹凸の土砂 100mm を目途とする。

### (4) 実証実験結果

実証実験の結果,当該モデルから作成した建機用データで,円滑に施工を行うことができ,出来形を確認した全ての箇所で管理基準を満足した.（図-7）

## ６．今後の課題と展望

これまでのICT土工は比較的地形変化の少ない,単路部での取り組みが主だった.

今回，設計で作成したBIM/CIM3次元モデルをICT施工に活用できる見通しが立ったことから,建設会社の3次元モデル作成手間の削減,設計と施工で同一モデルを使用することによるミスの防止,すなわち複雑な形状となる3次元モデルへの適用拡大について検証できた.

今後は,BIM/CIM3次元モデルを直接用いることができる利点を活かし,構築したBIM/CIMデータ変換システムについて各種改良を図り,更なる土工部のICT施工の普及に貢献する.

### 参考文献


1) 国土交通省：BIMCIMガイドライン(案),令和4年3月
1) 国土交通省：土木工事施工管理基準及び規格値(案),令和4年3月

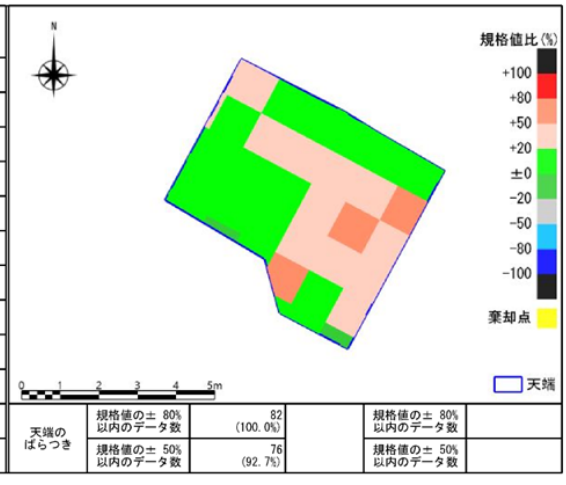
出来形検証結果

出来形合否判定総括表

工種　道路土工　　測点

種別　路体盛土工　　合否判定結果　合格

| 測定項目 | | | 規格値 | 判定 |
|---|---|---|---|---|
| 天端標高較差 | 平均値 | 27.8mm | ± 50mm | |
| | 最大値(差) | 88mm | ± 150mm | |
| | 最小値(差) | -10mm | ± 150mm | |
| | データ数 | 82 | 1点/m2以上(57点以上) | |
| | 評価面積 | 56.3m2 | | |
| | 棄却点数 | 0 | 0.3%以内(0点以下) | |
| | 平均値 | | | |
| | 最大値(差) | | | |
| | 最小値(差) | | | |
| | データ数 | | | |
| | 評価面積 | | | |
| | 棄却点数 | | | |




| 天端のばらつき | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 規格値の± 80%以内のデータ数 | 82 (100.0%) | | 規格値の± 80%以内のデータ数 |
| | 規格値の± 50%以内のデータ数 | 76 (92.7%) | | 規格値の± 50%以内のデータ数 |

**図-7**　出来形検証結果