

3Dプロダクトモデルを利用した 設計効率化の検討

藤澤 泰雄¹

¹正会員 八千代エンジニアリング株式会社 技術推進本部 (〒111-8648 東京都台東区浅草橋5-20-8)

E-mail:fujisawa@yachiyo-eng.co.jp

CIM(Construction Information Modeling)による3次元現況地形モデルをベースにした設計が可能となっている。従来の設計は、ベースとする地図の縮尺に合わせて、概略設計・予備設計・詳細設計という設計区分で設計の詳細度を上げている。CIMの3次元現況地形モデル作成に用いる国土地理院の5mメッシュ(標高)は、1/1,000の地形図相当でありこれをベースに設計を行えば、概略設計と予備設計を同時に行っていることと等しい。更に、UAVを用いた3次元測量では、0.05m精度の地形が得られ地形図の精度では詳細設計と等しいレベルとなる。こうしたモデルを用いることにより設計の効率化を図り、建設生産性の向上が可能となる。

Key Words : *cim, i-construction, product model*

1. はじめに

国土交通省が提唱したCIM(Construction Information Modeling)と、i-Constructionにより3次元プロダクトモデルを利用した建設生産性の向上が開始されている。国土交通省では、平成24年度よりCIMの取組みを開始し、官主導のCIM制度検討会、民主導のCIM技術検討会を発足しCIMが推進されてきた。

CIMの効果を確認するために、平成24年度より設計を対象としたCIM試行業務を、平成25年度から施工を対象としたCIM試行工事を開始し、平成27年度までに全体で試行業務は56件、試行工事は110件が実施されている¹⁾(表-1、表-2参照)。

試行業務では、従来の2次元をベースとして設計された結果をもとに、3次元プロダクトモデルを作成し、可視化、干渉チェックなどを行った結果を評価しているのが現状で、3次元モデルからすべてを開始していないため、CIMの正確な評価ではないが、過渡期の評価といえる。

平成28年度には、先導的CIM導入ガイドライン(トンネル、橋梁、ダム、河川、土工)が策定され、平成29年度より運用が開始される予定になっている。

また、国土交通省では、2015年11月に土工の生産性向上のためのi-Constructionを提唱した。i-Constructionは、(1) ICT技術の全面的な活用(土工)、(2) 規格の標準化(コ

ンクリート工)、(3) 施工時期の平準化の3つのテーマにより建設現場の生産性向上を図るものであり、(1)の土工に関しては、CIMにおける土工と共通の取り組みとなっている。i-Construction実現のために、2016年3月に新たに導入する15の基準及び積算基準を公開し、CIMとともにICTを活用した生産性の向上を目指している。

表-1 CIM試行業務件数

	河川		道路		合計
	詳細設計・ 修正設計	検討・概略・ 予備設計	詳細設計・ 修正設計	検討・概略・ 予備設計	
H24	0	0	11	0	11
H25	3	1	11	4	19
H26	2	1	6	1	10
H27	8	2	6	0	16
合計	13	4	34	5	56

表-2 CIM試行工事件数

	指定型	希望型	合計
H25	6	15	21
H26	8	20	28
H27	1	60	61
合計	15	95	110

指定型：発注者の指定によって、CIMを試行する工事
希望型：受注者の希望によって、CIMを試行する工事

2. 現状の設計手法

現在の設計は、表-3,4に示すように道路設計では、概略設計、予備設計(A)、予備設計(B)、詳細設計という4区分に、橋梁設計では、橋梁予備設計、橋梁詳細設計に区分されて業務が発注されている。この区分の元は、使用する地形図の縮尺であり、概略設計では、1/2,500の地形図をベースに設計を行い、最適路線の選定を行い、最適な路線を成果物として作成している。

今までは、常に最新の地形図を入手することが難しく、一般的な国土地理院の1/2,500などの地図を利用して、これに路線測量結果の実測を追加して設計を行ってきた。

表-3 道路設計の設計区分とその内容

設計区分	元となる地形図の縮尺	作業内容	成果物
概略設計	1/2,500	最適路線の選定	路線図
予備設計(A)	1/1,000	ルート中心線の決定	道路中心線形
予備設計(B)	路線測量 1/1,000 幅杭 1/500	用地幅杭位置の決定	用地境界
詳細設計	1/500	詳細構造の設計、工事発注に必要な図面・報告書の作成	平面図, 断面図, 数量 小構造物詳細図

表-4 橋梁設計の設計区分とその内容

設計区分	元となる地形図の縮尺	作業内容	成果物
橋梁予備設計	1/1,000	最適橋梁形式とその基本的な橋梁緒元を決定する	橋梁形式
橋梁詳細設計	1/1,000 または 1/500	工事に必要な詳細構造を経済的かつ合理的に設計し、工事発注に必要な図面・報告書を作成する	平面図, 断面図, 数量 小構造物詳細図

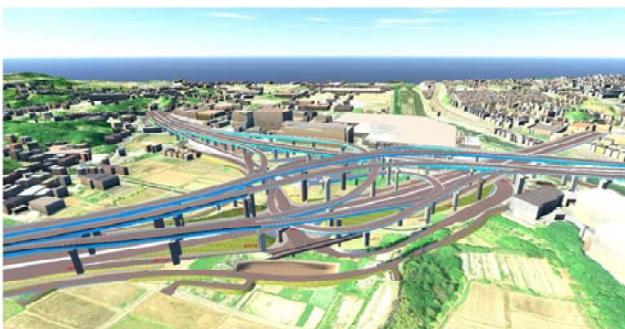


図-1 平成26年度CIM試行業務(横浜環状南線 栄IT,JCT(仮称)) 事例²⁾

国土地理院では、従来地図として整備していた情報をデジタル化して、基盤地図情報として整理し公開している。基盤地図情報は基本項目として「測量の基準点」、「海岸線」、「行政区画の境界線及び代表点」、「道路縁」、「軌道の中心線」、「標高点」、「水涯線」、「建築物の外周線」、「市町村の町若しくは字の境界線及び代表点」、「街区の境界線及び代表点」の11項目を、基盤地図情報数値標高モデルとして10mメッシュ(標高)、5mメッシュ(標高)をデジタルデータとして公開している。CIM試行業務では、図-1のようにこれらの情報をベースに3次元の現況地形モデルを作成し、道路や橋梁などの3Dプロダクトモデルと組み合わせて利用している。

3. 設計効率化の考え方

(1) CIMで用いる地形図の精度

表-3,4に示したように従来の設計は、地形図をベースとしており、この縮尺(精度)に沿ってルート中心などを決定してきた。

CIMを用いた3次元ベースの設計では、国土地理院の5mメッシュ(標高)を用いる場合が多い。表-5は、国土地理院が公表している数値地形図データの位置精度と5mメッシュ(標高)の精度をまとめたものである。表から、5mメッシュ(標高)の水平位置精度は地図情報レベル1000と2500の間、標高点では、地図情報レベル500と1000の間の精度となっている。これは、5mメッシュ(標高)を用いて設計の検討を行った場合、1/1,000の地形図相当の精度で検討しているのと同程度で検討していると考えてよい。

したがって、5mメッシュ(標高)、地図情報レベル2500の数値地形図データを用いて検討を行うと、表-3の道路設計区分では、概略設計と予備設計(A)を同時に実施していることに等しく、将来的にはこの区分をひとまとめとして考えることも可能で、設計の効率化に繋がる。

表-5 数値地形図データの位置精度及び地図情報レベル³⁾と5mメッシュ標高の精度⁴⁾

地図情報レベル	水平位置の標準偏差(以内)	標高点の標準偏差(以内)	等高線の標準偏差(以内)
250	0.12m	0.25m	0.5m
500	0.25m	0.25m	0.5m
1000	0.70m	0.33m	0.5m
2500	1.75m	0.66m	1.0m
5000	3.50m	1.66m	2.5m
10000	7.00m	3.33m	5.0m
5mメッシュ標高	1.0m	0.3m(航空レーザ) 0.7m(写真)	—

(2) UAVを用いた空中写真による3次元点群測量

国土地理院は、i-Construction推進のために、「UAVを用いた空中写真による3次元点群測量」の基準を公開した。これは、3次元を用いた土工の設計を行う際に、UAVにより簡易に現況地形を面的に取得するための要領を定めたものである。この要領によれば、「UAVで取得した空中写真から3次元形状復元ソフト等を用いて測られた評定点と検証点における座標の誤差は、平面位置、高さともにすべて0.05m以内であること」が規定されている。従来は路線測量時に、路線区間(線)と20m間隔の横断(線)が正確に測量されていたものが、路線区間と横断を含む領域が0.05m以内の精度で面的に測量された結果を用いることが可能となることを意味する。こうした結果を用いれば、当初より詳細設計と同等の地形情報を初期の段階から利用することが可能となり、設計のフロントローディングを容易に実施することが可能となる。

(3) 3次元現況地形モデルを用いた設計手順

このように、3次元の現況地形が精度良く取得できるようになっており、従来の地形図の縮尺(精度)に応じた検討を行う必要がなくなっている。これからは、3次元地形モデルをベースに、現況地物モデルを追加した設計ベースを作り、このモデル上で各種の検討を行う設計スタイルへの変更が可能となっている。

図-2は、Autodesk社のInfraworks360によりこれらを再現し、さらに現場でのMMS、地上レーザにより取得した点群データを重ね合わせたものである。

Infraworks360では、地形モデル上に直接、3次元の道路モデルを作成したり、橋梁モデル、トンネルモデルなどを配置でき、さらに詳細な検討が必要な場合は、他のAutodesk社のAutoCAD Civil 3D、Autodesk Revitなどの製品を用いて、詳細設計レベルでの成果にアップデートしていくことも可能となっている。表-6に使用するデータの種類を示す。



図-2 現況地形の再現例

(4) 成果の集積

従来の成果物は、印刷物であったりデジタル化した電子データであったため、1か所にまとめておいても相互に参照するような形式は取りにくかった。3D地形モデル・地物モデルや作成された設計モデルなどに、測量座標系を与えておけば、こうしたモデルを統合して表示できるツール(Infraworks等)で統一的に表示・管理することが可能となる。

課題としては、どこに集積していくかと点にある。国土交通省の場合は、各地方整備局ごとに電子納品保管管理システムを持っており、同じように集積することも可能であるが、長野県には3つの整備局が入っており整備局間を跨ぐような表示・検索は難しい。

最近では、クラウド環境の能力が上がっており、クラウド上で3次元表示が可能な環境も構築されている。クラウド環境であれば、接続できる環境さえ整えば、図-3のようにパソコンでもスマートフォンでもタブレットでも3次元表示が可能となっている。

このように、多くのモデルを一元化していくことで、近隣での次の計画に役立てたり、既設構造物との取り合い確認などにより、作業環境が改善されていく。

表-6 3次元現況地形モデルを用いる場合のデータの種類

種類	元のデータ
地形モデル	5mメッシュ(標高)[国土地理院] UAV測量成果
地表面イメージ	航空写真, 衛星写真
地物データ	基盤地図情報基本項目 海岸線, 道路縁, 軌道の中心線, 水涯線, 建築物の外周線
地物データイメージ	点群データ(MMS, 地上レーザ)
計画構造物モデル	各種ツールで作成されたモデル



図-3 クラウド上に格納したモデルをiPadで表示した例

4. まとめ

従来の測量成果は点もしくは線でしか得られず、面的データを取得するには非常にコストがかかっていた。地上レーザ、MMS(Mobile Mapping System)、UAVなど測量技術の進歩により非常に高速に安価に面的にデータを取得することは可能となってきた。

草・木などのフィルタリング技術も向上しており、制度の良い現況地形モデルを取得できるようになっている。

一方で、建物、土木構造物など地物のモデル化も、地上レーザ、UAVなどを用いて取得可能となるなど、現況を再現する技術の進歩は目覚ましい。

現況地物の再現は、パスコ社のオブリークカメラによる都市域全体も3次元モデルにすることも可能⁹⁾となっており、さらに、日本スペースイメージング社では衛星写真からの3次元モデルの提供予定されている。

CIMによる3次元モデルの活用は、新設構造物の計画にとどまらず、地震前後の現況地形モデルを比較することで、崩落土量を求めたり、災害などでも大きな力を発揮可能である。

i-Constructionは2016年度から、CIMは、2017年度から先導的事業への適用が開始される予定であり、3次元モデルを用いた業務・工事が増加していくであろう。従来のスタイルのとらわれず、新しい設計スタイルや契約制度の導入など、効率化のために検討していくべきことはまだ多く残されている。

発注者・設計者・施工者が生産性向上のためにも協働していく日も近いと確信している。

参考文献

- 1) CIM 制度検討会：第 9 回 CIM 制度検討会資料, 2016.
- 2) CIM 技術検討会：CIM 技術検討会 平成 26 年度報告, 2015.
- 3) 国土地理院：作業規定の準則, 2016.
- 4) <http://www.gsi.go.jp/kiban/faq.html>.
- 5) 土木学会誌 第 100 巻 第 6 号 pp.20～21, 2015.

(2016. 4. 22 受付)

CONSIDERATION OF EFFICIENCY WITH A DESIGN BY 3D PRODUCT MODEL

Yasuo FUJISAWA

A CIM (Construction Information Modeling) can design using a three-dimensional present state topography model. A conventional design raises the degree of details of the design at design repartition as a summary design, definition study and a detailed design according to the reduced scale of the map. 5m mesh of Geographical Survey Institute used for a 3D present state topography model construction of a CIM is topographical map equivalence of 1/1000. When designing based on this, it's equal to doing a summary design and definition study at the same time. Moreover 3D measurement using UAV gives us the topography of the 0.05m precision, and it'll be the level equal to a detailed design by the precision of the topographical map. It becomes possible to plan for efficiency with a design by using such model and improve the construction productivity.