

次世代の建設生産システムに関する研究



田原 孝*



金子 達哉*

鉄道事業における建設・改良プロジェクトには、多くの部署・組織が関係しており、プロジェクトの進捗に応じて、業務プロセス段階ごとに紙の図面をもとに部署間の業務引継ぎが行われている。各引継ぎでは図面の加工に多大な時間を費やしているとともに、情報は部署ごとに分散して蓄積されているため、効率的な運用とは言えない状況である。フロンティアサービス研究所では、これらを改善し、併せて構造物の品質の向上を図るため、各部署のプロジェクトに関する情報を一元化し、企画・計画、調査・設計、工事施工段階から維持管理段階まで一貫して、一元化した情報に新たな情報を追加しながら利活用を続けていく、「次世代の建設生産システム」の構築をめざしている。本稿では、同システムの概念を説明するとともに、建設業界の動向を交えながら、これまでの取組みについて報告する。

●キーワード：建設生産システム、3次元CAD、3次元プラットフォーム、一元化

1. はじめに

鉄道事業における建設・改良プロジェクトでは、企画・計画段階から調査・設計、工事施工、維持管理段階に至るまで、多くの部署・担当者が関係している。プロジェクトの進捗に伴う業務プロセス段階毎の関係者間の引継ぎは、主に紙の図面により行われ、また、引継ぎ時に使用したデータは部門・系統毎に個別に蓄積されている。そのため、現状の仕組みでは引継ぎを重ねるたびに情報が分散し、必要とされる情報が十分に流通していない場合があるため、施工段階での品質の低下や手戻りを招く要因のひとつになっている。また、業務プロセス段階毎に紙媒体の図面や帳票を何度も作成するため、手間がかかるなど、現状の業務の仕組みはいくつかの問題点を抱えている。

本研究ではこれらの課題を解消し、併せて業務の効率化、構造物の品質向上を図ることをめざして、新たな建設生産システムを考案し、同システムの定義づけを行うとともに、実用に向けて取組む上での技術的な課題を明らかにした。

2. JR東日本の建設生産システムの現状

鉄道建設工事に関係する部署は多岐にわたる。例えば駅部での建設工事では、直接的に施工に携わる部署として、建築、土木、軌道、機械設備、停車場設備、電車線、電灯・電力、信号、通信、用地などが挙げられ、この他にこれらの保守部門、間接部門の部署も加わる。現在の建設生産システムでは、それぞれの部門・系統において独自にデータベースを構築してデータを保有し、紙の図面により管理・引継ぎが行われている。紙媒体は見やすい、書き込みやすい、持ち運びが容易といった利点があるものの、段階毎に図面の加工・作成が必要で手間がかかるとともに、独立した媒体のため情

報の流通・共有が難しいといった欠点もある。情報が十分に反映されていない図面での施工は、構造物の品質の低下や手戻りを招く一因となる。一つの構造物が複数の図面に跨る設計の場合、それら同士の不整合に設計時点では気づかず、施工段階になって初めて発覚し、現場で設計・施工を改めるといった事象も発生している。

また、プロジェクトに携わる要員は年々減少してきており、以前よりも少ない要員で品質を落とすことなく、これまでと同等の作業量をこなす必要があるため、手間のかかる作業の見直しや効率化が求められている。

そのため、施工の効率化、構造物の品質向上を図るには、現状の紙媒体を用いた業務を電子化により削減し、併せて3次元化を行うことで2次元図面では見落としやすいディテールの明確化を可能にし、設計の精度を高めるとともに、情報を一元的に管理することで関係者間の情報共有を容易にする仕組みを構築する必要がある。そこで、ICTを活用して関係する各部署の情報を共有し、企画・計画、調査・設計、工事施工から維持管理段階まで一貫した情報管理を行う新たな建設生産システムの構築をめざすこととした。

3. 建設業界での取組み

建設業の生産性は低く、業務の効率化、生産性向上に向けて、これまでさまざまな取組みが行われている。

(1) CALS/EC

国土交通省は、紙情報を電子化するとともに、ネットワークを活用して、情報共有を行い、公共事業の生産性向上、コスト削減を目指したCALS/EC (Continuous Acquisition and Life-cycle Support/Electronic Commerce: 公共事業支援統合情報システム) (図1)¹⁾の運用を2001年度(建設CALS整備基本構想は1996年度)より開始している。入札

と納品の電子化、情報の共有は達成されているが、アクションプログラム2008¹⁾のなかで掲げた建設生産システムの全フェーズを通じた電子データの利活用については、実現していない。

国土交通省中部地方整備局では、ICTを活用して生産性の向上、行政サービスの向上、現場技術力の強化を図ることを目的として、2008年11月に建設ICT導入研究会（現建設ICT導入普及研究会）が設立され²⁾、TS（Total Station）やGNSS（Global Navigation Satellite System）を用いたMC（Machine Control）、MG（Machine guidance）といった情報化施工を主に大規模工事を対象に普及させている。今後は、工事対象の拡大と施工以外の設計や維持管理と

いったフェーズの活性化が期待される。

(2) BIM

建築分野では、設計、施工から維持管理までのライフサイクルに3次元のプロダクトモデルを導入し、情報の蓄積・共有・活用・管理を行うBIM（Building Information Modeling）の手法が2008年頃から国内で導入されている。国土交通省官庁営繕事業の2010年度からのBIMの試行³⁾や各自治体で義務化されているCASBEE（建築環境総合性能評価システム）とBIMソフトウェアの連動が開始されたことなどにより、近年導入が拡大している。企画から施工段階にかけての活用は浸透しつつあるものの、施主と建築物の運用者が別であることが多いため、BIMデータを維持管理まで活用できていない点が現在の課題である。

(3) CIM

これらの流れを受け、国土交通省の佐藤直良技監（当時）は、2012年4月にCIM（Construction Information Modeling）を提唱した⁴⁾。CIMはBIMの手法を建設工事に導入し、情報の有効活用、設計の最適化、施工の効率化・高度化、維持管理の効率化・高度化をめざすものである（図2）⁵⁾。2012年度に10件の設計件名で試行され、本年度の試行事業のフォローアップを経て、来年度から一般化に向けた基準の策定に取り掛かる計画となっているため、動向に注目が集まっている。



図1 CALS/ECの全体像

4. 次世代の建設生産システム

現状の業務プロセスを改め、施工の効率化、構造物の品質向上を図るためには、紙媒体を用いた業務、情報交換を電子化により削減させるとともに、情報を一元的に管理することで関係者間の情報の共有・活用を容易にする仕組みを構築することが必要である。また、電子化に併せて3次元化を

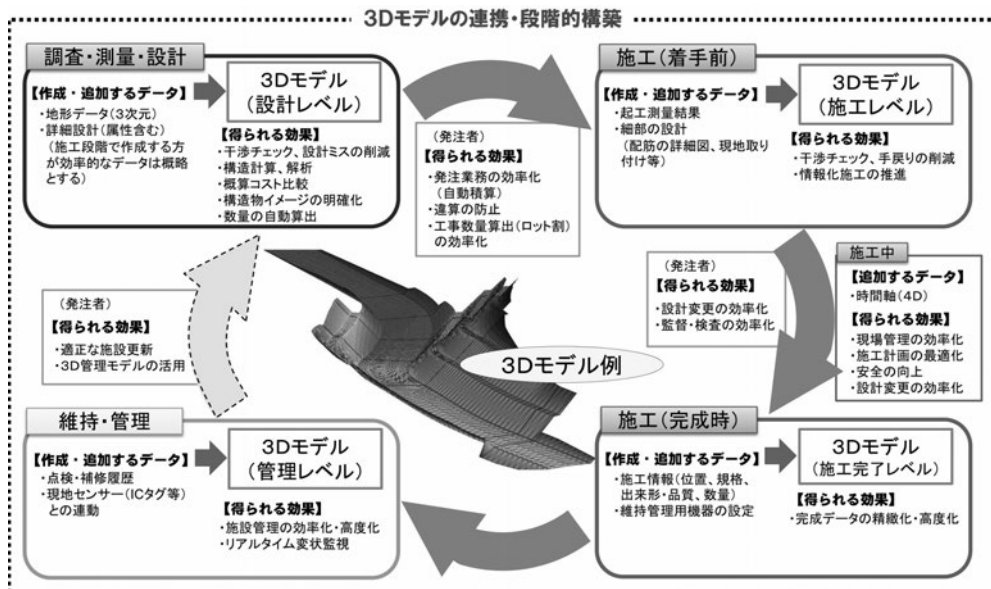


図2 CIMの概念

行うことで2次元図面では見落としやすいディテールの明確化を可能にし、それにより設計・施工の精度を高めていくことが望ましい。そこで、3次元プラットフォームを用いて関係する各部署の情報を共有し、企画・計画から調査・設計、工事施工、維持管理までの各段階の情報を一貫して管理し、活用していく建設生産システムを「次世代の建設生産システム」と名づけ、同システムの構築をめざし、検討を行った。

次世代の建設生産システムをイメージで示すと図3のようになる。この仕組みの導入により、ネットワークを活用して部門・系統間、業務プロセス段階間で鉄道構造物に関する情報の共有、流通、連携が可能となる。また、地形、構造物の3次元モデルによる可視化を実施し、これと企画・計画、調査・設計、工事施工、維持管理の情報をデータベースにより連携させることで、完成形のイメージを各段階で視覚的に共有でき、施工前に設計、施工、および構造ディテール上の問題点を把握することが可能になる。さらに、現場での品質管理、施工管理の高度化をめざし、現在、技術開発を行っているが、それらの成果を取入れることが可能なシステムとすることで、品質管理の効率化とそれに伴うコストダウンへと繋がる。これらにより、鉄道構造物の高品質化、ライフサイクル全体の生産性向上などを図ることができる。

次世代の建設生産システムを実現するためには、情報共有を行うための3次元プラットフォームの構築と業務プロセス段階毎に3次元情報の利活用ができるツールの整備が必要となる。これらを実現させるため、いくつかの取組みを行っている。

5. 情報共有についての取組み

情報共有のためのシステムについては、情報を一元的に集約する機能、いろいろな方面から情報を活用できる機能、情報を更新・配信する機能などが必要となる。情報が散在している現状を改善するため、新たな情報共有の仕組みにつ

いて検討を進めており、将来的には3次元プラットフォームの構築を視野に入れている。

(1) 部門間の情報の交換・連携

工事施工と維持管理では対象構造物が同一であっても、必要となる情報の内容は大きく異なるため、現状では建設部門と保守部門ではそれぞれ独自のデータベースがあり、各々で様々な種類・形式の情報を保持している。しかし、設計図面など他部門でも必要となる情報も多々あり、必要に応じて図面やデータの受け渡しを行っている。このため、スムーズな情報交換を実現するためには、各部門のニーズを調査した上で、部門間で共有すべき情報を整理し、現状の各データベースのほかに、部門を跨ぐデータベースを構築することが有効である。そこで、新たなデータベースの構築に向け、仕様の検討、コンテンツの整理、情報蓄積の方法の検討を行っている。

(2) 設計・施工会社との連携

設計・施工会社が発注者から必要とする情報としては、図面、基準、要領などがあげられる。図面については、発注段階で発注者から受領するものの、規程、要領等は随時見直しが行われるため、実施時においては最新のものを入手する必要があるが、最新情報が周知されるまで時間を要する場面も生じている。そのため、発注者・受注者間の情報共有システムを構築し、タイムリーな情報交換を実現することが有効と考えられる。この点については、JR東日本では2010年度より、インターネットを介して仕様書、マニュアル、鉄道建設事故情報などを配信する「鉄道建設情報ポータル」サイトの運用を開始し、最新の情報をユーザに配信している。同サイトの現在の目的は情報配信のため、設計図の受渡し機能はないが、将来的な3次元情報の共有については同サイトの活用も視野に入れ、検討している。

(3) プラットフォームの構築

設計・施工上の図面や情報は紙媒体を中心に扱われ、一

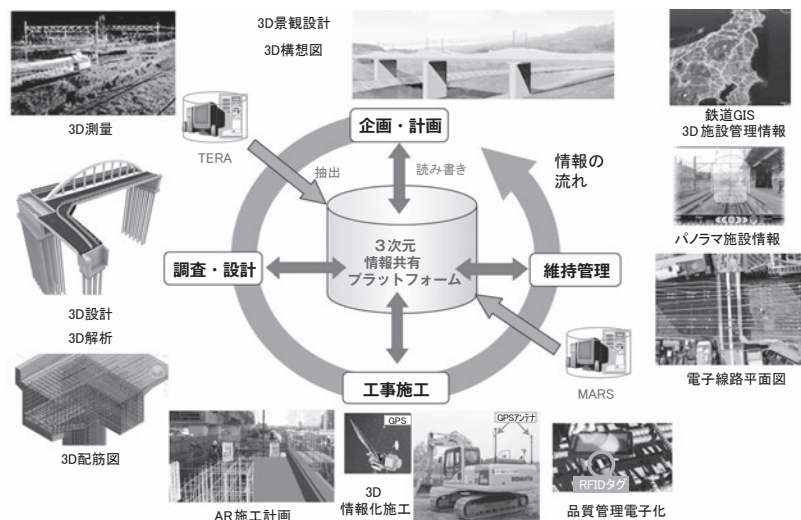


図3 次世代の建設生産システムの全体像

部が電子データとなっている。紙媒体のため、必要な情報が各業務プロセス段階でクローズされ、流通していない場合も多く、不具合を招く要因にもなっている。このため、情報の完全電子化を実施するとともに、一元的に管理することができるプラットフォームを構築して、情報の共有をすることが有効であると考えられる。プラットフォームについては、保守部門において、デジタル化された市街地図・線路平面図にキロ程・線路中心・駅・鉄道設備などを属性情報として付与し、図面管理と保守・資産台帳データベースの融合を図り情報共有を実現した「3次元鉄道GIS」(図4)が整備済みであることから、将来的には同システムを基盤として、建設部門のデータを連携した3次元プラットフォームの構築をめざして検討を進めている。

(4) 情報の次元の統一

地形情報は3次元電子基盤情報の整備が進み、線路情報については3次元の電子線路平面図が導入され、測量の分野でも3次元測量が多く行われるようになってきている。しかし、こういった3次元の情報が設計、施工には活かされず、2次元へ変換して利用しているのが現状である。このため、3次元モデル設計手法を開発し、3次元測量から、3次元設計、3次元情報化施工への流れを構築し、各業務プロセス段階で情報の利活用を可能とすることで、業務の効率化へと繋げることができると考えられる。

6. 3次元情報の活用についての取組み

JR東日本グループでは、地形データと航空写真画像をもと



図4 鉄道GIS



図5 地形情報との一体化の例

に、任意に操作可能な擬似的な3次元表示による鳥瞰図を作成し、鉄道施設と周辺の地形状況の把握を容易にした「電子線路平面図システム」を導入している。次世代の建設生産システムでは、電子線路平面図に構造物のプロダクトモデルを挿入し、図面の高度化を図ることを模索しているため、この電子線路平面図システムに、構造物の3次元モデルを挿入して、一体的な図面を作成できるか検証した。

具体的には、線路横断道路橋のデータと電子線路平面図情報の統合を行い、続いて3次元地形プラットフォームへ配置を行った。これらのファイルは、形式が異なるため、データ変換し、属性情報を関連付けた上で、Autodesk社のAutodesk Navisworks Manageを用いて一体化を行った。図5は一体化させた結果の一例を示したものである。

地形情報に構造物情報を落とし込む際に、線路方向、高さ方向ともに位置のずれが発生した。その原因は、情報の一体化は複数のCADソフトを用いて行ったが、CADベンダーにより地球の丸みに対する補正の考え方が異なるためである。そのため、基準となる点からの距離が離れれば離れるほど、鉛直方向、水平方向ともにずれが大きくなっていく。このため、連続立体交差のように延長が長い構造物を対象として一体化を行う場合、構造物そのものの位置のずれが顕著になるとともに、既設構造物との接合部に不整合が生じることから、3次元プラットフォームでの情報の連携を進めていくためには、関係者間で座標系の扱いについて標準化に向けた検討をしていく必要がある。

7. おわりに

設計、施工、維持管理の各場面で3次元を活用する個々のツールの開発についてはある程度進んできたが、残念ながら建設生産システム全体で3次元情報を活用するまでには至っていない。今後は、建築、電気といった土木以外の系統や保守部門も含め、建設生産全体での情報の交換・共有・連携を可能とする仕組み作りに取り組み、効率化、コスト削減に繋げていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 国土交通省 CALS/EC推進本部：CALS/ECアクションプログラム2008、2009.3
- 2) 国土交通省：建設ICT総合サイト、<http://www.cbr.mlit.go.jp/kensetsu-ict/index.htm>
- 3) 国土交通省：官庁営繕事業におけるBIM導入プロジェクトの開始について、2010.3.31
- 4) 一般財団法人日本建設情報総合センター：CIMノススメ、平成24年度第1回JACICセミナー、2012.4.13
- 5) 国土交通省：CIMの導入検討について、情報化施工推進会議（第10回）、2012.8.7
- 6) 田原孝、金子達哉、清水満：3次元モデルを活用した建設生産システム構築の試み、コンクリート工学、Vol.50、No.9、pp.804~809、2012.9