

設計、施工、維持管理にわたる橋梁の3次元データ利活用

青山憲明* 井星雄貴** 東耕吉孝***

1. はじめに

国土交通省「CALIS/ECアクションプログラム2008¹⁾」では、工事生産性の向上等を図るために、調査・設計・施工・維持管理に渡る3次元データの流通・利活用を目標として掲げている。

3次元化についての製造業の実態をみると、3次元CAD (Computer Aided Design: コンピュータ設計支援) を用いた設計や製造等のシミュレーション、製品加工組み立てなどの自動化によって、生産性向上に寄与している。一方、建設事業では2次元CADの利用が主であり、CADの利用は、図面の作成や修正などの限定的な利用に留まっている。建設事業における生産性向上を図るためには、3次元データを利用した設計や施工の自動化、シミュレーションによる施工計画の確認といった業務の高度化、効率化が不可欠と考えられる。すでに、道路設計、住民説明のためのCG作成や情報化施工では3次元データ利用が始まっているものの、まだ全体の一部にすぎない。

本研究は、CALISの理念である設計、施工、維持管理を跨ぐデータの円滑な流通によって、3次元設計や施工自動化による建設生産システムの導入を進めることを目的としている。そこで、3次元データの利用が進んでいる橋梁分野を対象として、設計、施工、維持管理における3次元手法の現状、課題を整理した上で、3次元データそのものや、3次元形状を可視化した3次元ビューを実際の公共事業において如何に適用するかについて、「国土交通省CALIS/EC推進会議3次元データ利活用WG (第1回～第3回)^{2), 3), 4)}」においてとりまとめた内容を紹介するものである。

2. 現状プロセスにおける3次元データ利用実態

橋梁分野での現状の業務プロセスは、設計は2次元で行われ、2次元図面 (CADデータ) が設計成果として納品される。一方、橋梁上部構造物の工場製

作段階では、3次元データを利用した生産システムが導入されているが、維持管理段階では、また2次元図面での管理が行われており、図面データの一貫性が確保されていない。しかし、橋梁分野では一部において3次元データを利用した業務プロセスが実現できていることから、3次元データを標準化すれば、CADソフトの発達に伴って、設計の照査、施工・維持管理の効率化に向け、3次元データが普及していきやすいと考えられる。

以下、関係業界へのヒヤリング結果をもとに、事業フェーズ毎に現状の3次元データの利用状況を整理したので紹介する (図-1 全事業フェーズでの利活用状況)。

| | データ | 測量 | 設計 | 施工 | 維持管理 |
|-----|--------|-----|---------|----------|------|
| | 図面 | 地形図 | 平面図・断面図 | 施工図面 | 竣工図 |
| 鋼橋 | 3次元データ | → | | 製作工 → | |
| | 2次元データ | | → | 架設工 → | → |
| PC橋 | 3次元データ | → | | | |
| | 2次元データ | | → | → | → |

図-1 橋梁3次元データの利活用の現状

(1) 設計において

動的解析 (FEM) などを実施する場合があるが、部材設計では3次元設計を行っていない。

(利活用していない原因)

- ・ 現段階では必ずしも設計の効率化につながるとは考えられない
- ・ 設計がわかる技術者が3次元CADを扱えるわけではない
- ・ 細部構造をモデル化できるソフト (例えば、3次元配筋図作成ソフト) が少ない

(2) 施工 (PC橋、下部工) において

ポストテンション、プレテンションの上部構造物製作および下部工の施工では3次元のデータ利用は行われていない。

(利活用していない原因)

- ・ 2次元図面での建設生産システムが確立

Examination of three dimension data profit use of bridge over design, construction, and management and maintenance

- ・鉄筋までモデル化するのにかなり時間がかかる
- ・鉄筋の3次元部品データがなく、個々の設計で作成することになる

(3) 施工（鋼橋）において

設計の2次元図面より3次元データを作成し、NC(Numerical Control：工作機械の自動制御)、原寸、板取などを、図-2に示すCAD/CAM(Computer Aided Manufacture：コンピュータ支援製造)システムで実施。また、仮組立シミュレーションによる検査など、上部構造物製作の個別プロセスで3次元データを利用しているが、工事全体で3次元データを流通させているわけではない。

(4) 維持管理において

維持管理のための3次元レベルのシステムは存在しないが、研究段階のものが土木学会等の論文で発表されている。

(利活用していない理由)

- ・専門家の視点からは、3次元化のニーズが顕在化していない
- ・日常、定期的、緊急時の点検や維持管理が効率化・改善されるような方向で3次元化を検討すべき

3. 3次元データ利活用の方向性

(1) 3次元データの利活用に関する環境

国土交通省の公共事業では、2次元データの電子納品は全ての事業に適用済みである。しかも、電子データは標準化されたデータ形式であるSXF(Scadec Exchange Formatの略で、STEP/AP202に準拠したCADデータの規格)で交換・共有が可能であり、3次元の電子データが流通する可能性、ポテンシャルは高いと考えられる。

トータルステーションといった測量機器や情報化施工に対応した自動化施工機械によって3次元データが使用されたり、CADなどの様々なソフトウェアやハードウェアで3次元データの利用が今後推進されることが予想される。

また、土木構造物の設計、施工、維持管理といったライフサイクル全体のデータ利用を更に効率化するため、関係団体では標準化されたプロダクトモデルなどの研究開発が進められている。

一方、3次元データの実用化を進めるためには、発注者によるルール策定と動機付けが不可欠であるが、3次元化による効率化やコスト縮減が定量的に把握できないため、発注者側からの制度設計は進んでいない。

(2) 3次元データ利活用のニーズ

3次元化による生産性向上が本研究の目的ではあ

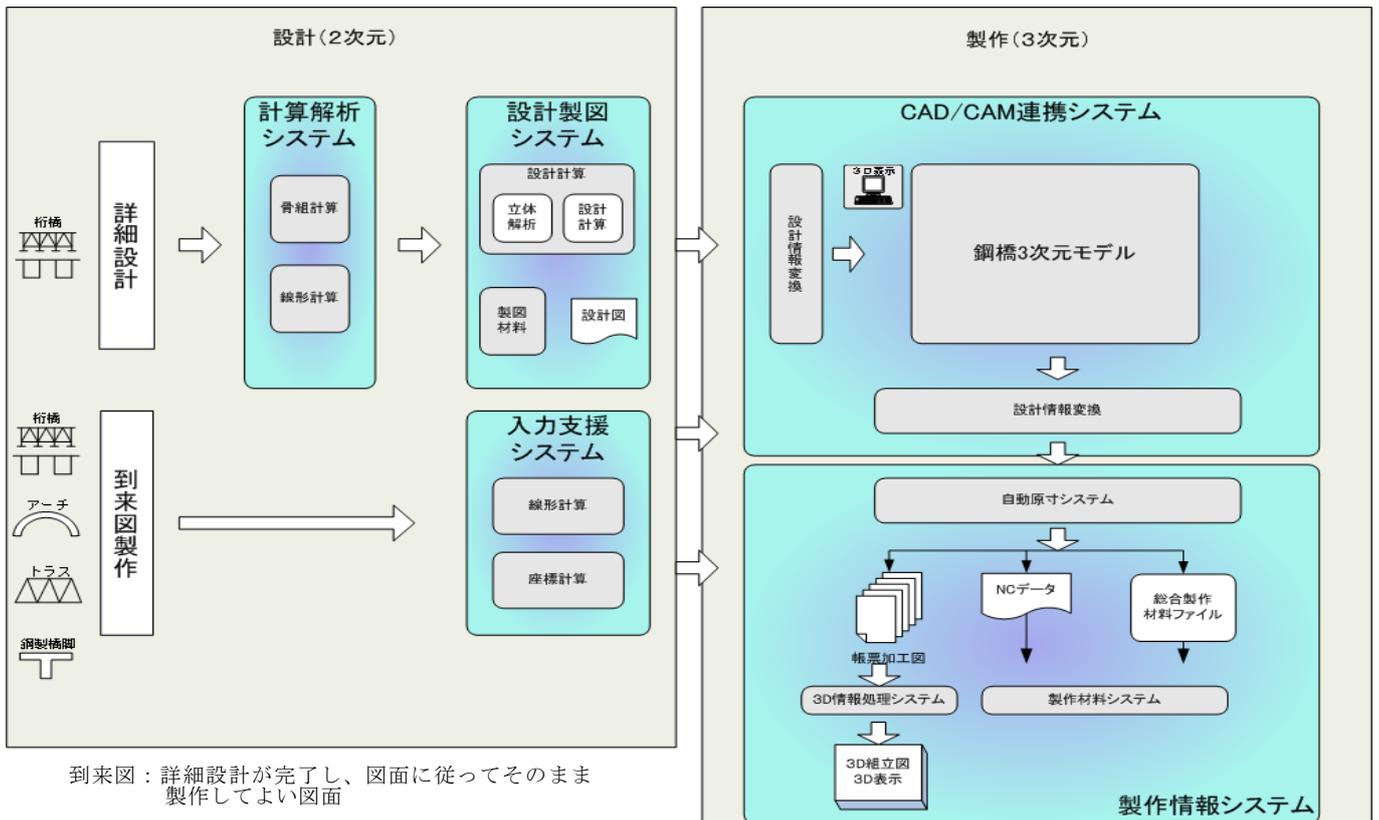


図-2 CAD/CAMシステムの概要

るが、現時点では効率化、コスト縮減効果の定量化が難しいことから、始めに施策ニーズに着目した3次元データ利用ニーズを検討した。施策ニーズとしてWGで検討したものは、「間違いの防止」、「現場での事故防止」、「維持管理支援」の3点であった。

間違いの防止の具体的な場面として、以下が考えられる。

- ① 上部工及び下部工の設計からの3次元座標の引き渡しと座標系の統一によって設置位置の計算ミスを防止する
- ② 上部工と下部工の設計が別々の場合のそれぞれの取り合いのミスを防止する
- ③ 過密鉄筋箇所の鉄筋干渉を防止する

現場での事故防止の具体的な場面として、以下が考えられる。

- ① 安全設備の3次元図化により、関係者間の一層の理解を図り、見落とされやすい危険箇所の具体的な明示
- ② 仮設計画における3次元図を利用したシミュレーションによる最適化、周囲支障物との離隔を確認する接触防止

維持管理支援の具体的な場面として、以下が考えられる。

- ① 災害直後の変状や経時的な劣化による変状を統一した3次元座標で把握する
 - ② 橋梁の専門家以外でも、日常点検、定期点検の際に橋梁構造・部材が理解がしやすくなる
- 業界団体からも、構造物の3次元座標データの流通によって座標計算の手間が減る、設計ミスが迅速に確認できる、設計ミスの防止によって工事の手戻りがなくなるなど、結果的に生産性の向上につながるといった意見が出され、後述する構造物設置基準点等の3次元データ流通の提案がなされた。また、安全教育等での3次元データ活用も有効であるといった意見が出された。

(3) 基本的な方向性について

現状では、受発注者の3次元CADを利用する環境が十分整っていないこと、また、3次元データ作成に要するコストが高いことから、詳細なデータを3次元化して受け渡しするのは無理がある。

従って、必要なデータの受け渡しで、業務合理化などを図り、3次元データ流通を行うことが現実的であり、鋼橋の工場製作に必要な線形構造データ、下部工の施工に必要な管理ポイント、橋梁の全体変

状を確認するための管理ポイントの3次元データの利活用を基本的な方向とすべきとの結論に至った。

4. 3次元データ利活用方法の提案

施工者は、道路線形データの座標と図面に記載されている寸法等から構造物の各点の3次元座標を計算して求めている。設計から施工に引き渡す位置座標、維持管理での構造物の変位を計測する位置座標といった管理ポイントの3次元データを、設計から施工、維持管理にわたり流通させると、下部工の設置位置や、上部工と下部工との取り合い（支承位置のズレ、上部工の橋壁との干渉や高さの不一致）に関するミスを無くすることが可能である。

必要な3次元データを、無理のない範囲で流通させることが現実的な方法であることは前述したとおりであるが、WGでは、構造物の設置位置を決める点、構造物を監視する点を管理ポイントとして、その内容を具体化することとした。

(1) 構造物設置基準点の提案

構造物の設置位置を決める基準点として、構造物設置基準点（仮称）を提案する。その利用は、施工者が構造物の設置位置を決める場合や上部工と下部工の取り合いを確認する場合が考えられ、設置位置や上部と下部の取り合いの「間違い防止」につながる。

構造物設置基準点をどこにするかを、日本土木工業協会、日本橋梁建設協会、プレストレスト・コンクリート建設業協会より具体的にご提案いただいた。その結果を以下に示す。

a) 下部工施工への引き渡し

設計から下部工施工に引き継ぐ管理ポイントは、橋脚の底版中心点、底版側面中心点、梁中心点、支承中心点とする（図-3）。底版中心点、底版側面中心点、梁中心点を管理ポイントとしたのは、構造物の設置位置を代表するポイントであり、この位置の座標と寸法値から構造物全体の座標計算が可能となるからである。

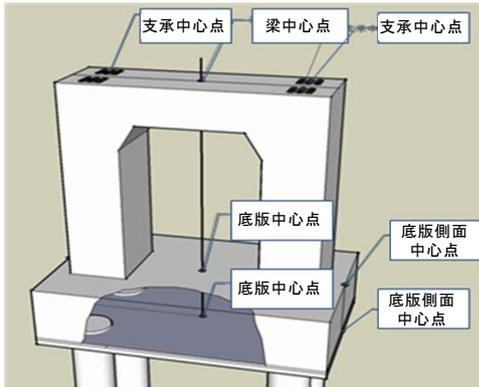


図-3 設計から下部工施工へ引き渡す管理ポイントの案

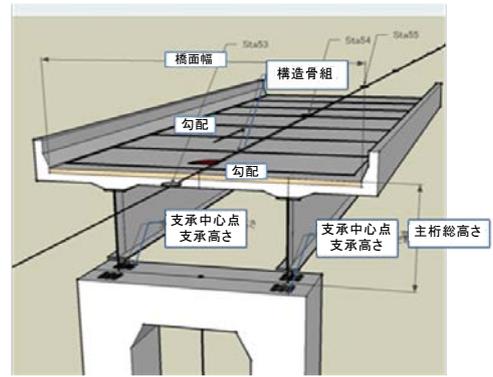


図-4 設計から上部工施工に引き渡す管理ポイントの案

b) 上部工施工への引き渡し

設計から製作に引き継がれる管理ポイントは、道路中心線、構造骨組データ、主桁総高さ、橋面幅、支承中心点、斜角、斜角、勾配とする（図-4）。また、下部工（出来形値）から製作に引き継がれる管理ポイントは、支承中心点、支承高さ、斜角、勾配とする。

(2) 監視基準点の提案

構造物を監視する上での基準点として、監視基準点（仮称）を提案する。監視基準点は、管理者が構造物を監視するために設置するターゲットであり、その点を測量機器で計測することで構造物の変状を監視することができ、「維持管理支援」につながる。

監視基準点の設置は、施工から維持管理にはこれまで利用された管理ポイントが視認できないため、新たに管理ポイントを設ける。支承側部、橋台側面などが考えられ、変位の向きを把握するためポイント数は3点以上とする（図-5）。

5. おわりに

今後、標準的な3次元データ（構造物設置基準点、監視基準点、外形形状）の流通方法、現場のIT環境を考慮した導入シナリオなどの検討を行うとともに、3次元データ流通に関するモデル工事を実施し、

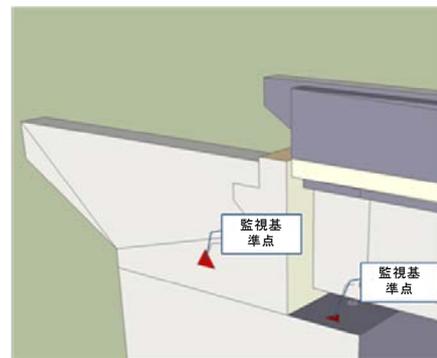


図-5 監視基準点の案

3次元データ利活用の効果検証を行う予定である。

参考文献

- 1) 記者発表資料「国土交通省CALs/ECアクションプログラム2008」の策定について、平成21年3月31日 (http://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_000045.html)
- 2) 国土交通省：「国土交通省CALs/EC推進会議 3次元データ利活用WG（第1回）」資料、平成21年7月 (http://www.cals-ed.go.jp/index_cals_suishinkaigi.htm)
- 3) 国土交通省：「国土交通省CALs/EC推進会議 3次元データ利活用WG（第2回）」資料、平成21年12月 (http://www.cals-ed.go.jp/index_cals_suishinkaigi.htm)
- 4) 国土交通省：「国土交通省CALs/EC推進会議 3次元データ利活用WG（第3回）」資料、平成22年5月

青山憲明*



国土交通省国土技術政策総合研究所高度情報化研究センター情報基盤研究室 主任研究官
Noriaki AOYAMA

井星雄貴**



国土交通省国土技術政策総合研究所高度情報化研究センター情報基盤研究室 研究員
Yuki IBOSHI

東耕吉孝***



国土交通省国土技術政策総合研究所高度情報化研究センター情報基盤研究室 交流研究員
Yoshitaka TOUKOU