

設計，施工，維持管理にわたる 橋梁の3次元データ利活用の検討

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

室長 えんどう 遠藤 かずしげ 和重・研究員 いほし 井星 ゆうき 雄貴

1. まえがき

国土交通省では、「CALS/ECアクションプログラム2008¹⁾」の中で、工事生産性の向上等を図るため、調査・設計・施工・維持管理に渡り3次元データを流通・利活用する具体的方法を橋梁を対象として検討、モデル工事で検証することとしている。

工事目的物の3次元による表現は、技術者の技量にかかわらず、設計、施工、維持管理に関する業務やその問題点の発見を容易に確認できる。製造業や建築業では広く3次元の設計やシミュレーションが導入されている。

3次元手法は、3次元データそのものと3次元ビュー（設計のプレゼンテーション、コンピュータグラフィックス、シミュレーション結果の表示など）に分けられる。

本研究では、橋梁分野において、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および3次元ビューを実際の公共事業においていかに適用するかについて、「国土交通省CALS/EC推進会議3次元データ利活用検討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. 研究方法

日本の建設プロセスは、設計、建設、維持管理のそれぞれのプロセスで、コンサルタント、建設会社、維持管理専門の建設会社といった異なる企業が発注者である国や自治体と契約を結ぶ。この建設プロセスにおいて、プロジェクトのデータ、情報、成果品がそれぞれの企業と発注者間で受け渡しされる。

橋梁の分野では、設計は2次元で行われているが、橋梁上部構造物の工場製作の段階では3次元手法が採用されている。しかし、維持管理段階では、まだ2次元図面など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。橋梁については、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、事業フェーズごとに現状の3次元データの利用状況を整理したので紹介する（図—1）。

(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。

	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		→	→	→

図一 橋梁 3次元データの利活用の現状

(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)

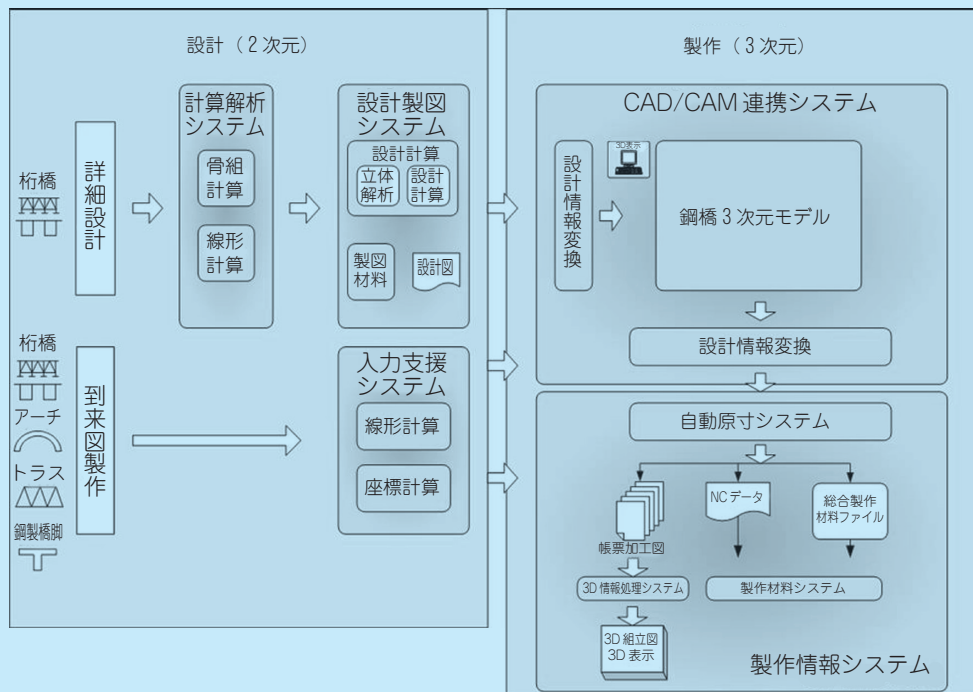
- ・ 2次元図面での建設生産システムが確立している
- ・ 鉄筋までモデル化するのに、かなり時間がかかる
- ・ 鉄筋の3次元部品データがなく、個々の設計で作成することになる

(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
- ・ 3次元での納品の仕様 (製図, ファイル形式など) が存在すれば、導入のきっかけになる可能性がある
- ・ 細部構造をモデル化できるソフトがあれば、3次元化が進むと考えられる (配筋ソフトがない)

(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、図一2に示すCAD/CAMシステム (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacture) 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。



図一2 CAD/CAMシステムの概要

(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すべての事業に適用済みである。しかも、電子データは標準化等された形式(SXFやDWG)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、ポテンシャルは非常に高いと考えられる。

TS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などさまざま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、橋梁の3次元データの流通により、構造物のライフサイクル全体をさらに効率化するため、標準化されたプロダクトモデルなどが関連団体などで研究開発されている。

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次元データの利活用ニーズとして、以下のようない取り組みが考えられる。

鋼橋の設計～施工ではCAD/CAMシステムを

核とした3次元データの活用、すなわち、プラス α の3次元データを流通させ、現状作業(2次元図面より3次元データを作成)を効率化する。

PC橋の設計～施工では過密鉄筋の干渉チェック、施工計画等を可視化・共有化する。

維持管理では、下部工の3次元設計データを追加することで、維持管理へ3次元データを流通させ、日常定期点検および地震等危機管理で活用する。

(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

現状では、施工者は、道路線形データから構造物の各点の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、長さ、高さ、位置等に関するミスをなくすことが可能である。

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(各関係業界からいただいた提案を後述する)。

(1) 構造物の設置位置を決める基準点

- ・ (仮称) 構造物設置基準点
- ・ 利用場面

第三者が構造物の設置位置を決める設計成果の表記間違いを容易に把握でき、「間違い防止」につながる。

3次元可視化により、工事責任者が危険な場面を現場で働く者へ分かりやすく表現することができ、「現場での事故防止」につながる。

(2) 構造物を監視する上での基準点

- ・ (仮称) 監視基準点
- ・ 利用場面

管理者が工事完成時に構造物を監視するための3次元位置データを容易に取得でき、「維持管理支援」につながる。

(3) 構造物設置基準点の例

① 日本土木工業協会案 (図-3)

- ・ 設計において、道路線形より計算され、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。

② 日本橋梁建設協会案 (図-4)

- ・ 下部工から製作に引き継がれる管理ポイント

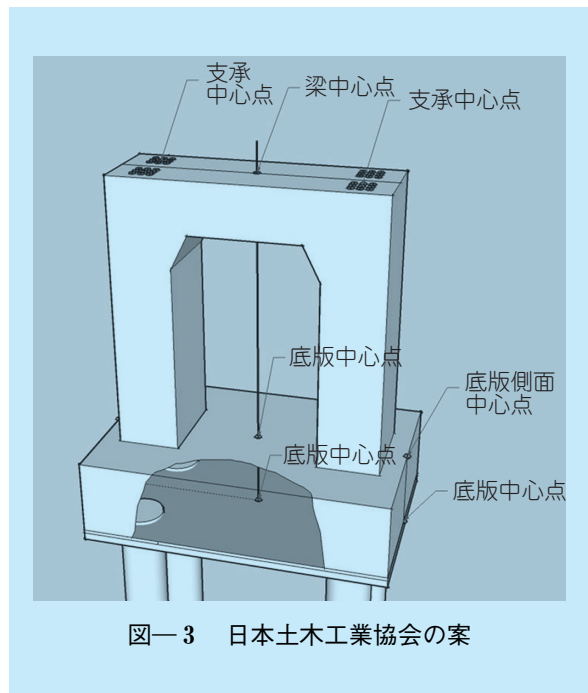


図-3 日本土木工業協会案

は、支承中心点 (出来形座標)、支承高さ、斜角、勾配

- ・ 製作から上部施工に引き継がれる管理ポイントは、支承中心点、主桁総高さ、橋面幅、構造骨組

③ 日本橋梁建設協会、PC建設業協会案 (図-5)

- ・ 設計から製作工 (鋼橋、PC橋) に引き継がれる管理ポイントは、基本となる道路線形計算結果より算出される構造骨組のデータ、主桁総高さ、支承

(4) 監視基準点の例 (図-6)

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。

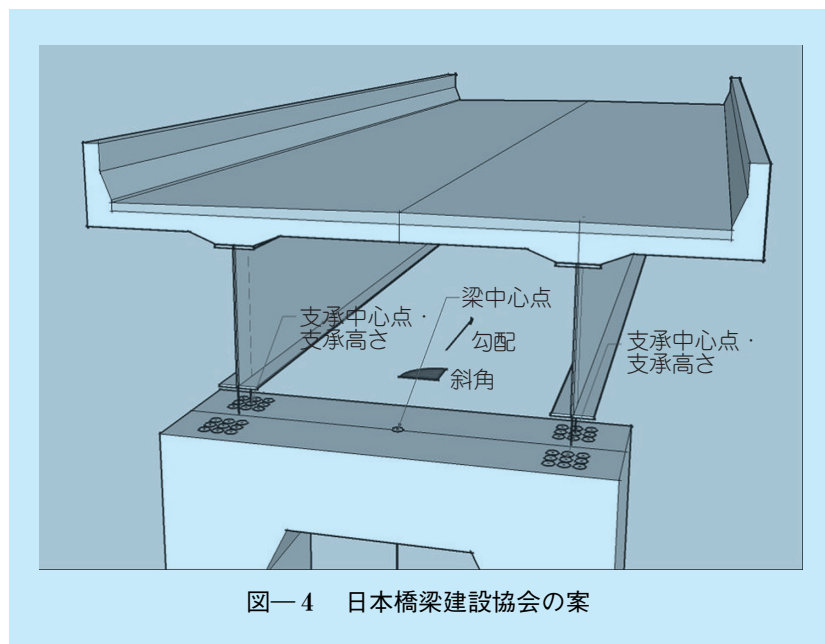
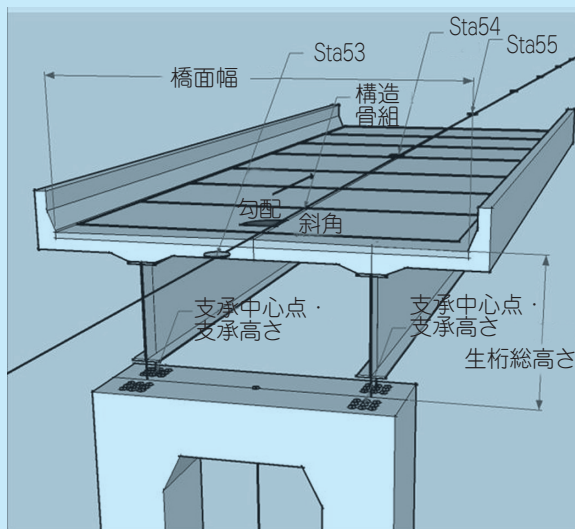
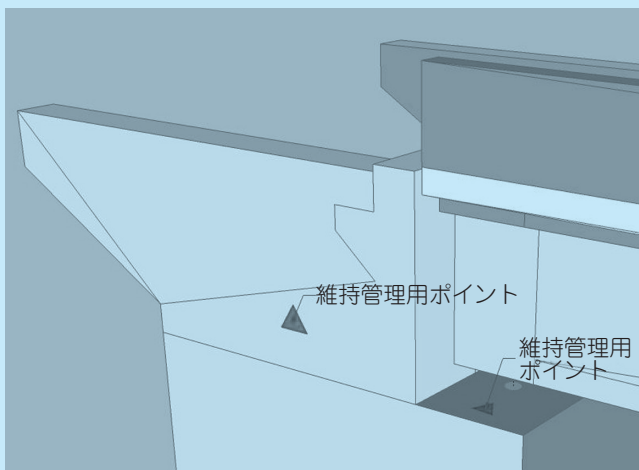


図-4 日本橋梁建設協会案



図一五 日本橋梁建設協会とPC建設業協会の案



図一六 監視基準点の案

(5) 施策ニーズと3次元データ利活用の具体化
3次元化の目的がシズ先行にならないように、すなわち、間違い防止、現場での事故防止、維持管理支援などの施策ニーズに即して、基本的な位置情報である「構造物設置基準点」「監視基準点」を、設計～工事～維持管理において利活用する方法を以下のとおり具体化した。

① 間違い防止

- ・設計座標計算結果を3次元図にプロットすることにより計算間違いの早期発見
- ・施工で求めた座標結果を図面と照合し間違いを防止

② 現場での事故防止

- ・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個所の具体的な明示
 - ・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
- ③ 維持管理支援
- ・災害・震災時における早期の変状把握による復旧対応
 - ・定期的な計測結果の比較による経年変状の把握
 - ・定期点検結果を3次元化して、非専門家でも理解できるように表現

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、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) 国土交通省：「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、2006年3月
- 2) 国土交通省：「国土交通省CALs/EC推進会議 3次元データ利活用検討WG（第1回）」資料、2009年7月
- 3) 国土交通省：「国土交通省CALs/EC推進会議 3次元データ利活用検討WG（第2回）」資料、2009年12月
- 4) 国土交通省：「国土交通省CALs/EC推進会議 3次元データ利活用検討WG（第3回）」資料、2010年5月