

第3章 設計から維持管理へ3次元データを流通・利用できる環境の構築

橋梁3次元データ流通に係わる運用ガイドラインの策定

概要：本研究では、橋梁事業における3次元データの流通と利活用基盤の構築と普及を目的として、現時点の現場環境で実装が可能な3次元データの流通、および利活用手法を提案し、実工事における現場試行でその効果を確認した。さらに、試行結果に基づき、橋梁の3次元データ流通における標準仕様として「橋梁3次元データ流通に係る運用ガイドライン（案）」を作成した。

1. はじめに

国土交通省 CALS/EC アクションプログラム 2008（以下、AP2008 という）では、3次元 CAD を利用した建設生産システムを導入して生産性向上を図ることを目標に掲げている。国土技術政策総合研究所は、AP2008 のこの目標を実現するために、3次元設計データ交換標準の策定、3次元データ可視化技術の導入や3次元データの利用技術の開発に取り組んでいる。

本研究では、3次元データの利活用技術を開発するために、橋梁を対象に「設計ミスの防止」、「工程上の安全性向上」、「維持管理性の向上（被災や損傷の早期把握、早期復旧）」の観点から、構造物の基本的な位置情報であるコントロールポイントの座標を設計～施工～維持管理段階で流通させる試行工事を実施し、その効果と課題を検証した。また、試行結果等に基づき、橋梁の3次元データ流通に関する標準仕様として「座標図製図基準（案）」、「橋梁3次元データ流通に係る運用ガイドライン（案）」を作成した。

2. 下流工程へ流通させる3次元データ

設計から施工、維持管理に受け渡す3次元データについて、橋梁事業に携わる各業界団体へ意見照会を行い、その結果を基に以下の方針を立て、流通すべき3次元データとその利活用方法を検討した。

(1) コントロールポイント

橋梁の現状課題を分析し、それを解決する3次元データの利活用を検討した結果、現状の3次元利用環境で実現可能な方法として、コントロールポイントの3次元座標の流通を導出した。平成21年度の「3次元データ利活用WG」では、設計ミスの防止、工程上の安全性の向上、維持管理性の向上（被災や損傷の早期把握、早期復旧）の施策目的の観点から、構造物の基本的な位置情報であるコントロールポイントの座標を設計～施工～維持管理を通じて流通させ、活用していく方針が示されている。そこで、コントロールポイント（構造物設置基準点、監視基準点）について検討を行い、具体的な取得位置を次のとおり

定義した。コントロールポイント（構造物設置基準点、監視基準点）のイメージを図 3-1、図 3-2 に示す。

■ 設計から施工へ引き継がれるコントロールポイント（構造物設置基準点）

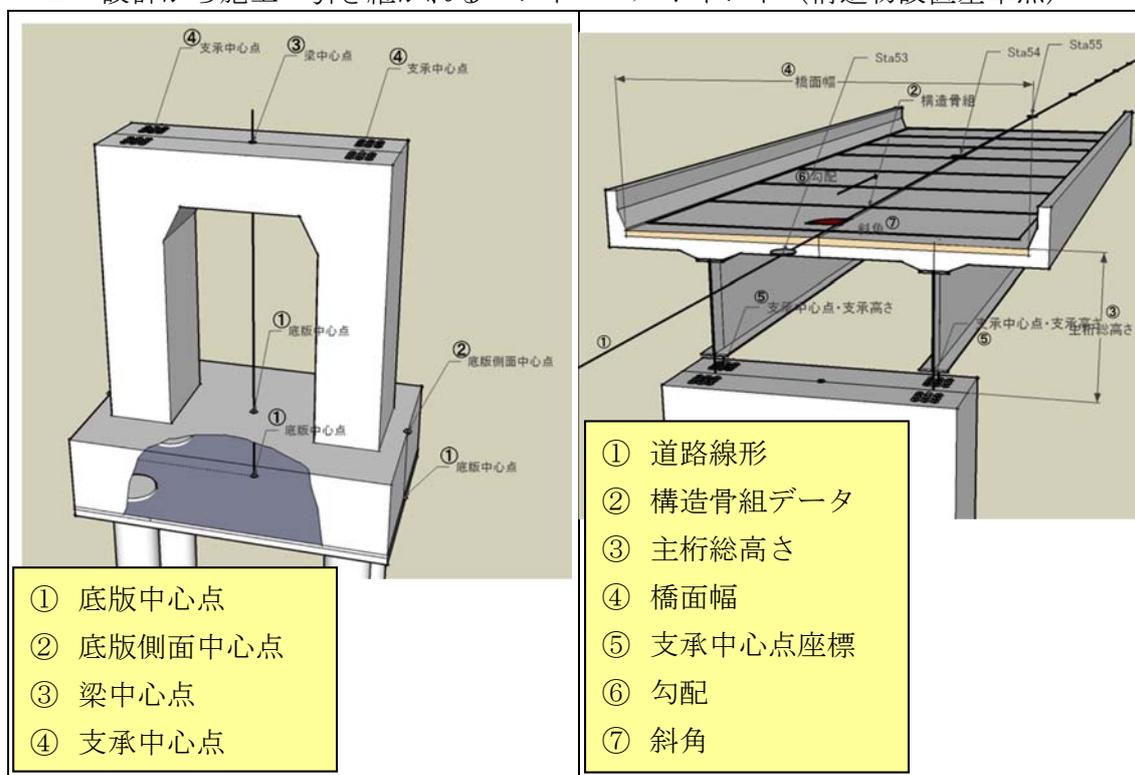


図 3-1 設計～施工に引き継がれるコントロールポイント（構造物設置基準点）

- ・ 構造物設置基準点（下部工）：①底版中心点、②底版側面中心点、③梁中心点、④支承中心点
- ・ 構造物設置基準点（上部工）：①道路線形、②構造骨組みデータ、③主桁総高さ、④橋面幅、⑤支承中心点座標、⑥勾配、⑦斜角

構造物設置基準点は、設計において道路線形データより位置座標の値を計算し、施工へ受け渡されるコントロールポイントであり、構造物の設置位置を決める図面表記の間違いを第三者が容易に確認できることを目的として設置する。構造物設置基準点を杭基礎や主桁の打設、型枠設置の基準位置として活用することで、設置位置のミス防止や座標計算の手間軽減に繋がる。また、出来高計測の基準位置として活用することで出来高管理の効率化も期待できる。

■ 施工から維持管理へ引き継がれるコントロールポイント（監視基準点）

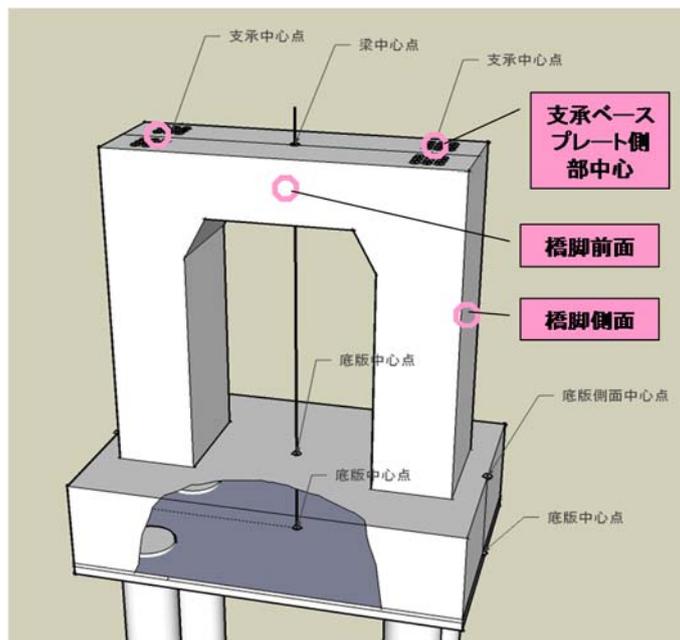


図 3-2 施工～維持管理に引き継がれるコントロールポイント（監視基準点）

- ・ 監視基準点：支承ベースプレート側部中心、橋脚側面、橋脚前面

監視基準点は、施工から維持管理へ受け渡されるコントロールポイントであり、構造物の変位や変状を監視する基準となる位置座標を指す。橋梁構造物が地震などの災害により損傷を受けた場合に、監視基準点の座標を計測することで橋梁全体の変位、傾斜やねじれを素早く把握できる。

(2) 座標図の 3 次元座標記載とコントロールポイント流通

橋梁の設計図面では、必要な座標がどの図面に記載されているか分かりにくい、Z 座標（高さ）の記載がない、上部工の図面は小座標で記載されることから線形計算書を参照しなければ大座標（測地座標系）が分からない等の課題があり、後のフェーズで設計図面の座標をそのまま活用できないことが多い。これらの課題を踏まえ、座標図の座標記載方法を統一するとともに、座標図にコントロールポイント（構造物設置基準点、監視基準点）の座標も記載して流通させることで、施工、維持管理に利用する。

(3) 3 次元モデルの流通と利活用

コントロールポイントでは、単に 3 次元座標の流通にとどまるが、将来、3 次元利用環境が向上し、橋梁の 3 次元設計が一般化すると、3 次元モデルの流通も期待できる。この

ため、本研究では、3次元モデルの流通と利活用も検討した。従来の2次元図面では、複数の図面から位置関係を読み取らねばならず構造物の空間的な把握が困難であることから、上部工と下部工の取り合いや部材間の干渉等の照査において不具合を見落とすリスクが存在する。そこで、簡易な外形形状とコントロールポイントのみの3次元モデルを作成し、支承や落橋防止装置等の重点箇所のみを選定し詳細モデル化する。これによって、費用対効果が高く現場でも導入しやすい3次元モデルによる設計照査、施工計画検討等を実現できる。

3. 橋梁工事における3次元データ流通の現場試行

現場のデータ利用環境でも実現可能で3次元データの利用および流通の効果が高いと考えられる試行方法を策定し、提案した3次元データの流通と利活用手法を実工事に適用して現場試行を行った。

具体的には、あらかじめ現場事務所より橋梁詳細設計の2次元図面および設計業務報告書等入手し、これを基に3次元データ、および3次元モデルを作成した。そして、作成した3次元データを施工、維持管理へと流通させ提案手法の効果を検証するとともに、作成した3次元データを事務所職員や施工業者に確認してもらった上で、その効果や課題についてヒアリングを実施した。

(1) 3次元データの流通方法

現状での3次元データ利用環境で実現可能であり、3次元データの利用および流通効果の高いと考えられる試行方法の案を以下に示す。

1) 座標図の作成【着工前工事】

橋梁工事における設計図書では、座標図の作成ルールが存在しない、上部工では小座標で座標図が作成されるため線形計算書を参照しなければ大座標がわからないといった課題があり、現状として後の工程で座標図が適切に活用されにくい。これら課題を踏まえ、本研究では、コントロールポイントを追記した座標図の作成ルールを定めるとともに、試行対象工事において座標図を作成する過程で明らかとなった効果と課題を整理した。座標図は、以下の座標位置を基本とし、座標系は下部工、上部工ともに大座標（世界測地系、平面直角座標系）として作成した（図3-3）。

- ・ **上部工のコントロールポイント**

道路線形、支承中心点等

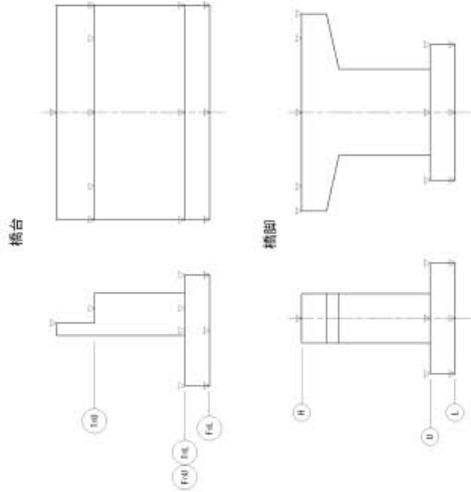
- ・ **下部工のコントロールポイント**

道路線形、底版中心点、底版側面・前面中心点、梁中心点、梁側面・前面中心点、支承中心点等

下部工座標図 (参考図)

平面図 54-1.200

下部工断面図



平面線形

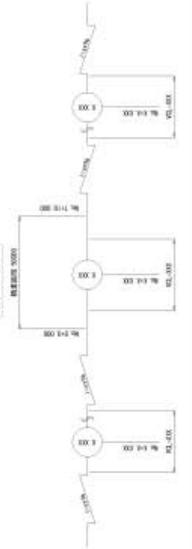


架化点	橋台	1号橋脚	2号橋脚	要素
M1-1	0+0.000			0.000
M1-2	10+0.000			

ピア設定方法

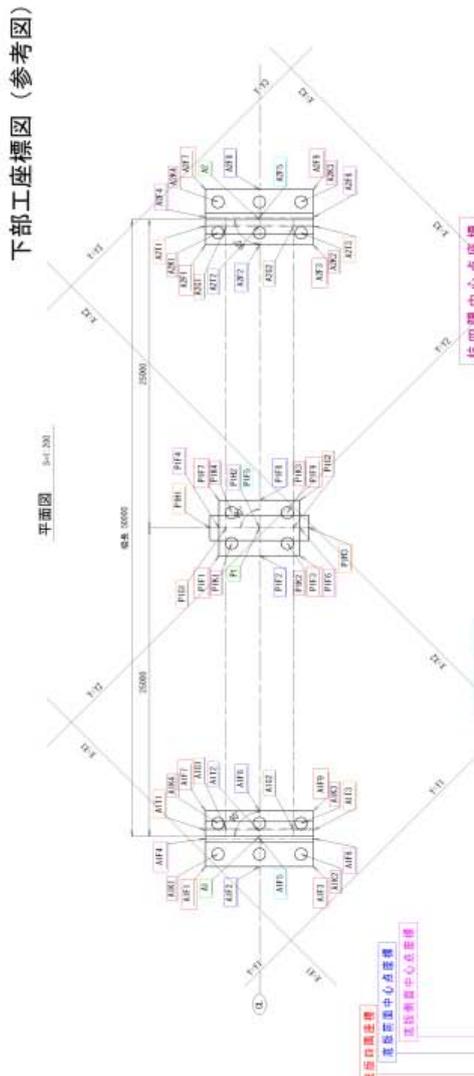


橋脚断面記



注記: 橋脚台座標は別表に示す

工種名	下部工座標図 (参考図)
図番	54-1.200
作成者	
承認者	
作成日	
図面番号	
設計者	
校核者	
製図者	



A1橋台座標値表

P1橋脚座標値表

A2橋台座標値表

架	橋	x	y	z
A1	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A1	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A2	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A2	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A3	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A3	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A4	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A4	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A5	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A5	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A6	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A6	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A7	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A7	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A8	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A8	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A9	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A9	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A10	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A10	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A11	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A11	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A12	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A12	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A13	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A13	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A14	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A14	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A15	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A15	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A16	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A16	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A17	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A17	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A18	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A18	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A19	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A19	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A20	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A20	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A21	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A21	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A22	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A22	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A23	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A23	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A24	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A24	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A25	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A25	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A26	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A26	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A27	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A27	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A28	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A28	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A29	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A29	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A30	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A30	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A31	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A31	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A32	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A32	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A33	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A33	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A34	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A34	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A35	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A35	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A36	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A36	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A37	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A37	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A38	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A38	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A39	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A39	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A40	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A40	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A41	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A41	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A42	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A42	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A43	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A43	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A44	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A44	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A45	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A45	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A46	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A46	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A47	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A47	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A48	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A48	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A49	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A49	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A50	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A50	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A51	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A51	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A52	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A52	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A53	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A53	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A54	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A54	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A55	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A55	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A56	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A56	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A57	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A57	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A58	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A58	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A59	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A59	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A60	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A60	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A61	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A61	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A62	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A62	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A63	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A63	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A64	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A64	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A65	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A65	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A66	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A66	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A67	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A67	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A68	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A68	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A69	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A69	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A70	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A70	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A71	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A71	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A72	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A72	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A73	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A73	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A74	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A74	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A75	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A75	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A76	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A76	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A77	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A77	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A78	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A78	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A79	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A79	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A80	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A80	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A81	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A81	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A82	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A82	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A83	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A83	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A84	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A84	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A85	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A85	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A86	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A86	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A87	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A87	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A88	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A88	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A89	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A89	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A90	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A90	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A91	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A91	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A92	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A92	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A93	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A93	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A94	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A94	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A95	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A95	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A96	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A96	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A97	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A97	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A98	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A98	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A99	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A99	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A100	U	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ
A100	L	XXXX.XXX	YYYY.YYY	ZZ.ZZZ

図1 下部工座標図イメージ

図 3-3 座標図の例 (下部工)

2) 3次元モデルの作成【着工前工事・施工中工事】

試行対象工事の発注図面に基づき、3次元モデルを作成した（図 3-4～図 3-6）。3次元モデルの作成範囲は、上部工、下部工の外形形状にコントロールポイントを付加した必要最低限の範囲とした。詳細構造部分のモデル化箇所を限定することは費用対効果やデータサイズの面からも得策であることから、3次元モデルの作成においては、後の設計図書の照査や施工時での活用等を想定して重点箇所を選定し、その部分を詳細に作成した。また、後の照査や現場での安全教育等で活用できるよう、必要に応じて施工ステップや重機の配置計画を反映させた3次元モデルを作成した。なお、3次元モデルの作成においては、Autodesk社のAutoCAD Civil3D 2011、およびNavisworks 2011を用いた。

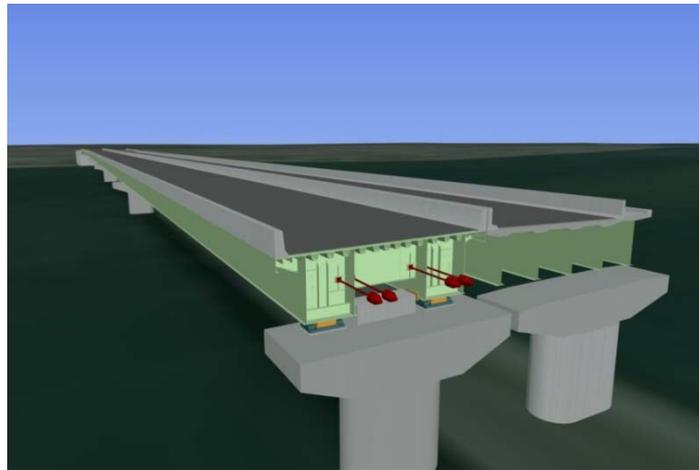


図 3-4 豊川橋（名四国道）Ⅱ期線上部工端部（PD4 橋脚）

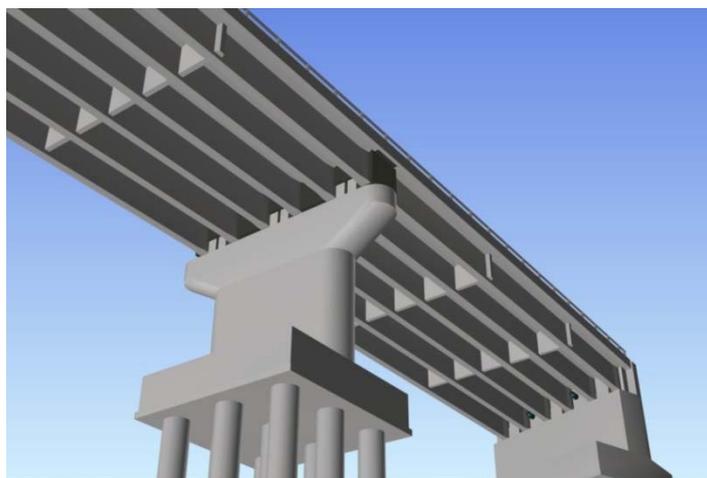


図 3-5 神田川橋（山口河川国道）上部工下面

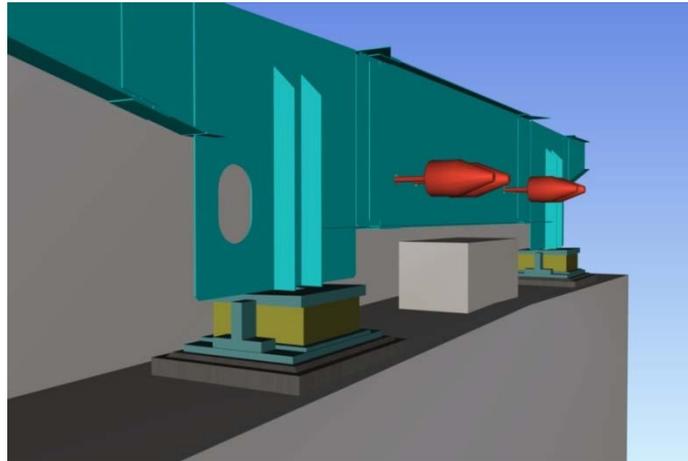


図 3-6 平蔵川 IC 橋（千葉国道）落橋防止構造（A2 橋台）

3) 3次元データを利用した工事設計図書の照査【着工前工事】

3次元座標を座標図および3次元モデルで流通させて利用することで、図面間の不整合や空間的な把握の難しい部材間の干渉等、従来の2次元図面の照査において照査漏れの多い設計ミスを経易かつ確実に照査できる。また、3次元モデルでは、構造物の形状や施工手順を視覚的にイメージしやすくなる。そのため、2次元図面では判別の難しい施工性・安全性を容易に確認できることから作業員の安全教育がやりやすくなり、事故防止につながる。そこで、座標図や3次元モデル等の3次元データ（図3-7～図3-10）を利用して工事設計図書の照査を実施し、効果を検証した。3次元データを利用した照査の効果は以下の視点で整理した。

- ・ 照査の効率性
2次元の照査と比較して、効率的にミスを発見できたか
- ・ ミス防止の効果
2次元で見抜けなかったミスを発見できたか
- ・ 施工性・安全性向上の程度
施工困難な箇所、危険な箇所等を特定できたか

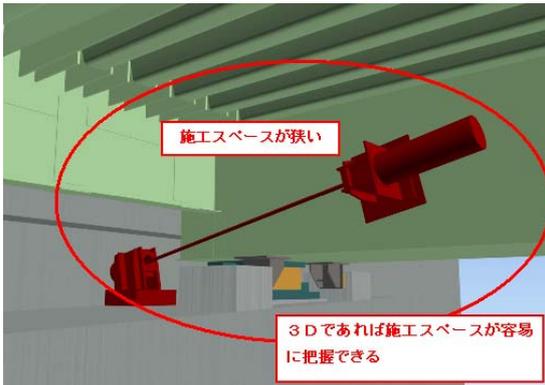


図 3-7 施工困難な箇所の特定期例

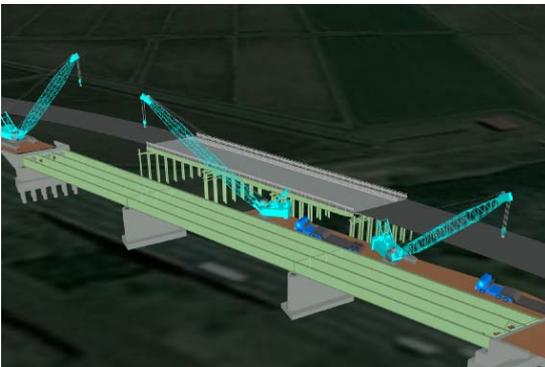


図 3-9 工事の施工性の照査例



図 3-8 危険な箇所の特定期例

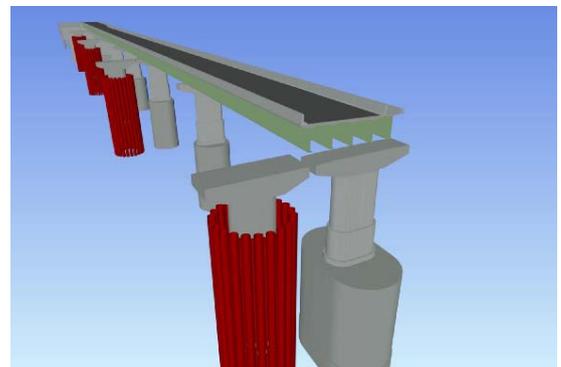


図 3-10 工事の施工性の照査例

4) 監視基準点の明示【施工中工事】

監視基準点（写真 3-1）は、後の維持管理段階で監視すべき位置を設定し、後の維持管理段階で構造物の変位が把握できるよう、5 面（橋台は 4 面）に設置することを基本とし、後の維持管理段階で足場を設置することなく測量できる位置に設置するものとした。また、その 3 次元座標値を座標図に記載、もしくは 3 次元モデルに明示（旗上げ）した（図 3-11）。



写真 3-1 監視基準点設置状況（滋賀国道）

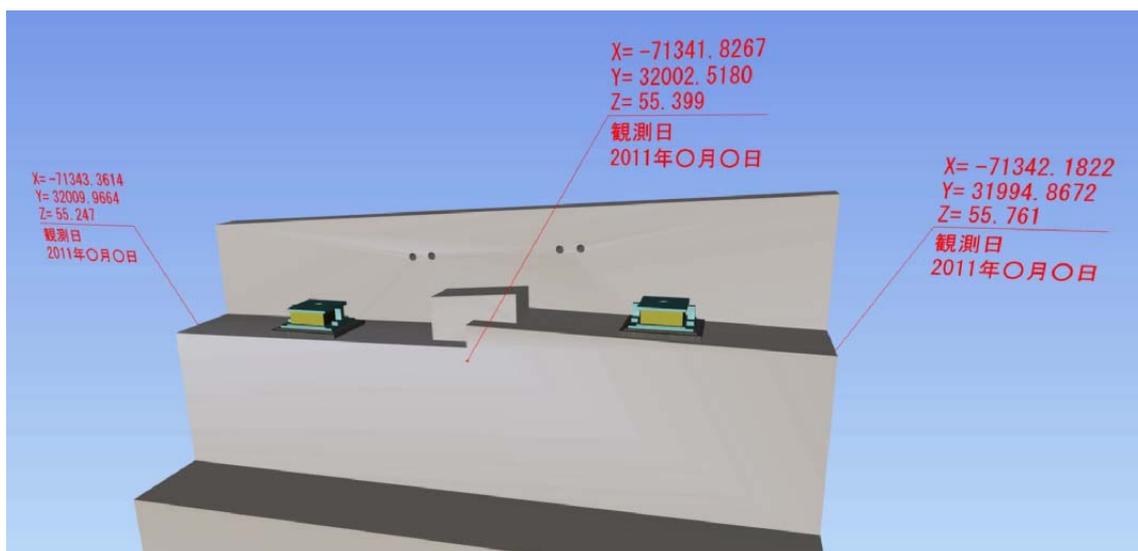


図 3-11 監視基準点明示の例

(2) 3次元データ流通の現場試行の実施

検討した3次元データの流通方法に基づいて、表3-1に示す着工前3工事、施工中2工事を対象とし、表3-2に示す試行工事を実施した。

表 3-1 試行対象工事

種別	工事発注者	事務所	工事内容	橋梁形式
着工前	北海道開発局	苫小牧道路	鋼橋上部工	3径間連続非合成鋼鈹桁橋
	中部地方整備局	名四国道	鋼橋下部工	4径間連続鋼床版箱桁橋
	中国地方整備局	山口河国 PC	橋上部工	3径間連結ポステン T 桁橋
施工中	関東地方整備局	千葉国道	鋼橋上部工	鋼3径間連続箱桁橋
	近畿地方整備局	滋賀国道 PC	橋上部工 PC	3径間連続箱桁橋

表 3-2 試行対象工事と試行実施項目

種別	事務所	座標図の作成	3次元モデルの作成	3次元データを利用した工事設計 図書の照査	監視基準点 の明示
着工前	苫小牧道路	○	○	○	—
	名四国道	○	○	○	—
	山口河国	○	○	○	—
施工中	千葉国道	—	○	—	○
	滋賀国道	—	○	—	○

(○印は試行対象、—印は試行対象外)

試行工事の結果として、図面間の整合性照査においては、正面図と側面図の寸法形状に不整合があると3次元モデルを作成できなかったことから、2次元図面から3次元モデルを作成する過程において、不整合のある設計ミスを発見できた。上・下部工の取り合い照査においては、座標図の場合、記載した支承中心点の3次元座標の値が一致するかを確認するだけで照査できた。また、設計における作成の負担もほとんどかからなかった。そのため、座標図による構造物設置基準点の流通は、照査の効率化に有効であることが確認できたと考える。ただし、数値の比較による照査となるため、照査漏れのリスクを完全に防ぐことは出来ないと考える。

一方、3次元モデルでは、上部工のモデルと下部工のモデルを重ね合わせることで、上部工で計算した支承中心点の座標が下部工で計算した座標と一致するかを視覚的に照査できた。そのため、3次元モデルによる構造物設置基準点の流通は、照査の効率化と品質向上に有効であることが確認できたと考える。

工事の施工性・安全性の照査では、2次元図面での重機配置計画において、図面からの

判別が難しかったクレーンのブームと既設上部工との接触を視覚的に確認できた。

これらの結果から、構造物設置基準点の3次元座標を座標図および3次元モデルで流通させて利用することで、図面間の不整合や空間的な把握の難しい部材間の干渉等、従来の2次元図面の照査において照査漏れの多い設計ミスを経易かつ確実に照査できることがわかった。そのため、各照査項目にかかる作業負担を軽減、もしくは限定的な照査で済むことから、各地方整備局で整備している詳細設計照査要領で定められた照査項目から推測して、従来の負担を約2~4割程度軽減できると予想でき、照査に要する人件費が軽減されるとともに、照査の品質向上を期待できる。

また、試行現場の事務所職員、施工業者に3次元モデルを利用した照査結果を確認してもらったところ、3次元モデルを用いた照査の有効性が高いとの意見が多かった。特に、発注者の立場として、これまで詳細に確認しなければ判明しなかった不整合が3次元モデルで経易かつ確実に確認できること、設計段階で施工性と安全性を検証できることで、事前に問題点を抽出できることから、発注者の業務効率化に対して非常に有効であるとの意見が得られた。

施工における3次元モデルの利用については、構造物の築造位置が明確になり施工しやすい、可視化により施工性や安全性を照査できる、施工計画を作成しやすくなる等、施工ミス防止や安全性向上に役立つとの意見が多く寄せられた。

(3) 現場試行の課題と対応方針

本試行の結果から判明した課題について、対応方針を系統立てて整理した(表3-3~表3-6)。なお、整理にあたっては、試行対象工事の発注者・受注者へのヒアリング結果を反映させた。

表 3-3 座標図の作成の標準化に向けた主な課題と対応方針

整理の観点	課題	対応方針
座標の計算	線形計算書にない座標は CAD 計算となる。	設計段階で必要な座標位置を考慮し、線形計算を実施する。
精度	必要な座標精度を設定する必要がある。	CAD により mm 単位で取り扱う。
座標系	上部工事では小座標系の方がわかりやすい。	必要に応じて大座標系と小座標系の両方で作成する。

表 3-4 3次元モデル作成の標準化に向けた主な課題と対応方針

整理の観点	課題	対応方針
3次元モデル作成	使用目的を明確にした上で作りこむレベルを設定する必要がある。	目的を明確にした上で、モデル作成箇所、精度を設定する。
	工事の段階で3次元モデルを作成するのは手間がかかる。	設計の段階で3次元モデルを作成する。
現場での運用	誰でも3次元モデルを作成・修正できる訳ではない。	3次元ソフトウェアの普及と操作方法の習得（今後の課題）
	現場での変更をモデルに反映させるのか。	モデルは修正せず旗上げ（座標）のみ修正する。
設置基準点・監視基準点のモデル化	設置基準点や監視基準点の旗上げモデルをどのように活用するか。	今後の活用・管理方法の明確化（今後の課題）
	本来は工事の流れの中で設置基準点が活用されるべき。	設計段階で設置基準点を設定する。

表 3-5 3次元データを利用した工事設計図書の照査の標準化に向けた主な課題と対応方針

整理の観点	課題	対応方針
3次元CADの操作	設計の知識がないと3次元モデルの作成過程で照査できない。	設計者自ら3次元CADで設計する。（今後の課題）
コスト	詳細な構造のモデルで照査するためにはコストがかかる。	重点箇所を選定した上で、その部分を詳細に作成する。
施工計画	設計段階で実際の施工計画を完全にシミュレートすることはできない。	設計段階での問題点抽出のために活用する。

表 3-6 監視基準点の明示の標準化に向けた主な課題と対応方針

整理の観点	課題	対応方針
監視基準点の位置	足場がなければ高い位置に設置できない。	現場状況に応じて設定する。
	低い位置では後の植生のため維持管理段階で測量できない可能性がある。	現場状況に応じて設定する。
測量精度	高い位置は維持管理段階でノンプリズム方式の測量が前提となり測量精度の低下が懸念される。	必要な精度の発注者協議、測量機器の開発（今後の課題）
維持管理での運用	監視基準点は誰がどうやって更新するのか。	管理のあり方を明確化する（今後の課題）

(4) 監視基準点設置効果

設置した監視基準点の効果を確認するため、2011年の東北地方太平洋沖地震による地殻変動後に監視基準点の再測量を行い、震災前と震災後のスケルトンモデルを作成して、その比較を行った（図3-12）。測量作業は、危険な橋脚の上部（高所）に人が立ち入る必要のないノンプリズム方式のトータルステーションを用いて実施した。

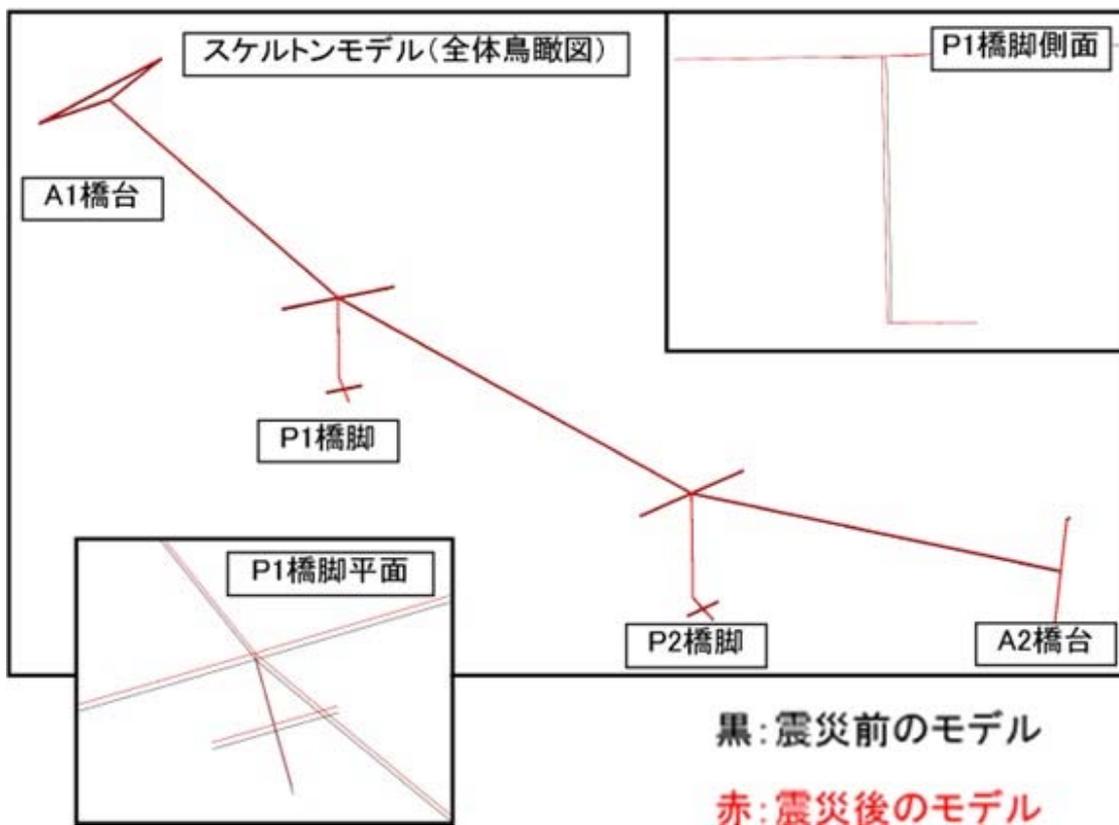


図 3-12 震災前後のスケルトンモデルの比較

監視基準点から作成した震災前後のスケルトンモデルを比較したところ、橋梁全体が南東に 17cm 程度移動して 5~12cm 程度沈下していたが、各橋台と橋脚の相対的な変位はほぼ無く、橋台と橋脚の倒れや橋梁全体のねじりの変状は見られなかった。このように、災害発生前後の監視基準点の測量結果に基づき作成したスケルトンモデルを計測することで、竣工時からの橋梁の変位を容易かつ視覚的に把握、管理できることを確認できた。将来、監視基準点に IC タグを設置することで、現場で即座に場所や座標を確認し、点検データをその場で入力するといった点検手法も考えられ、維持管理業務や点検データ管理の更なる効率化が期待される。

4. 3次元モデルの標準仕様の検討

橋梁工事における3次元データ流通の現場試行の実施結果等に基づき、橋梁の3次元データ流通に関する標準仕様として、「座標図製図基準（案）」と「橋梁3次元データ流通に係る運用ガイドライン（案）」（以下、運用ガイドラインという）を取りまとめた。以下に取りまとめにあたっての検討内容を紹介する。

(1) 座標図製図基準（案）

運用ガイドラインには、設計段階で作成した座標図を後の施工や維持管理で活用することを目的として、座標の記載方法を標準化して取りまとめた「座標図製図基準（案）」を掲載している。

座標の記載方法の標準化に際し、以下の検討を実施した。

1) Z座標値の追加

上部工線形図および下部工座標図には、Z座標値（高さ）を追加し、3次元座標を明示する。Z座標は、X、Y座標を記した座標値表に付加する形で記載する。

2) コントロールポイントの明示

設計から施工へ流通させるデータを選定し、その座標値を明記する。コントロールポイントについては、設計段階で「構造物設置基準点」を座標図に記入する。構造物設置基準点に該当する座標値には、「○」を付けて明示する。「監視基準点」は、設計段階で記載用の枠を設けて施工段階で座標値を記入する。

3) 座標系に関する検討

ヒアリング結果を踏まえ、「上部工は小座標系を、下部工は大座標系を原則として、上部工には大座標系の座標値も併記する形で座標を作成する」という方針とする。

4) 施工後の出来形に対する座標の取り扱い

施工後の出来形の座標値を用いて構造物の外形図を更新すると、全ての構造物がいびつな形になる。その誤差は数 mm 程度であり、その誤差を反映させた出来形の構造物を流通させるメリットはない。以上のことから、構造物の外形図については出来形の座標値を反映させないこととする。

以上の検討を踏まえ、座標図の仕様や作成方法を座標図製図基準として取りまとめるとともに、座標図のサンプルを作成した（図 3-13(1)～(2)）。

(2) コントロールポイント記載の標準仕様

コントロールポイントとして、施工時に必要な座標値である「構造物設置基準点」と維持管理時に必要となる「監視基準点」について標準仕様を検討した(図 3-14～図 3-16)。座標図への記載の標準仕様は、上述の座標図製図基準(案)で記述している。

特に、「監視基準点位置の座標情報だけでは 3 次元モデル全体を修正することは難しい」ことに着目し、橋梁全体の動き、ねじれ等を捉えることが可能なスケルトンモデルの利用を提案した(図 3-17)。

1) コントロールポイント：構造物設置基準点の位置

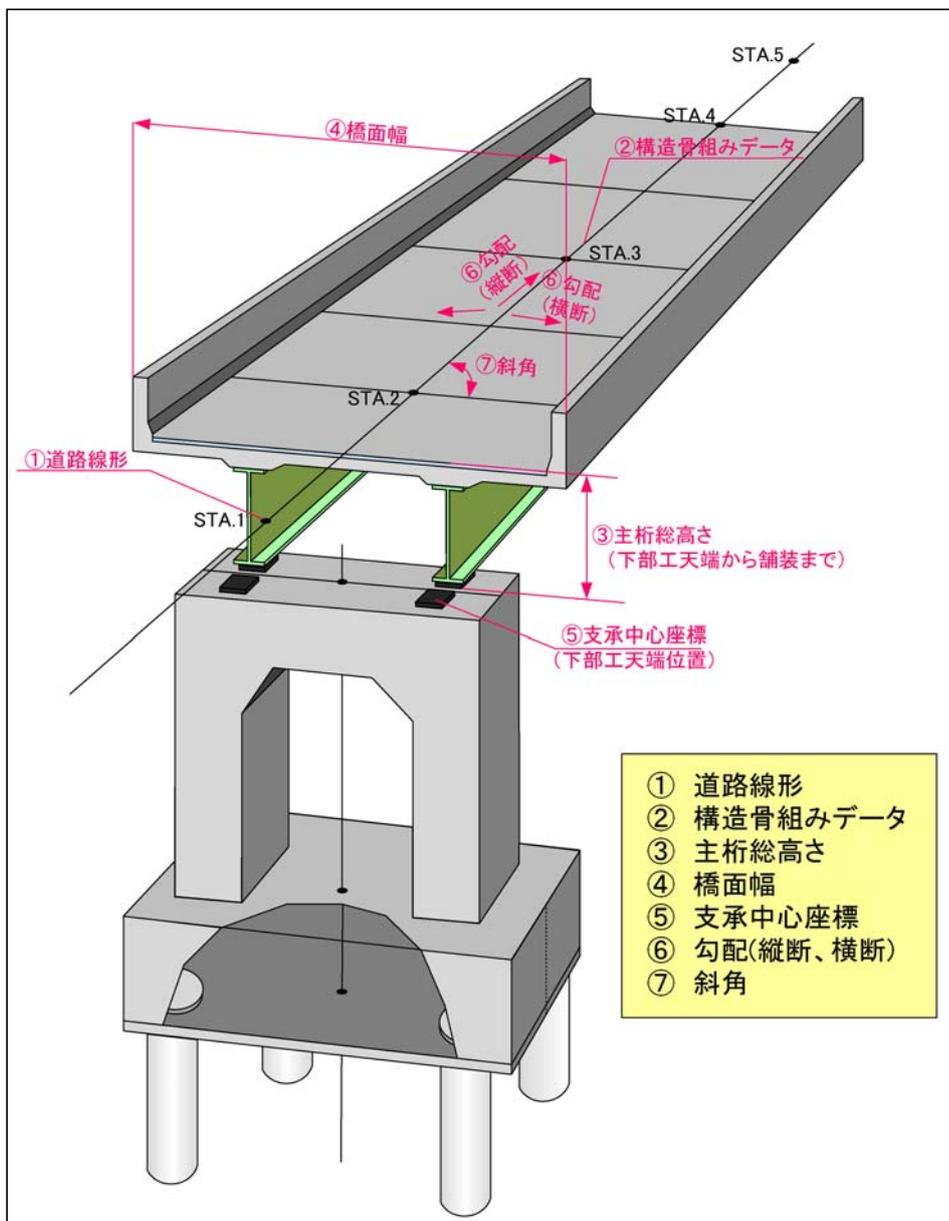


図 3-14 構造物設置基準点(下部工)の位置

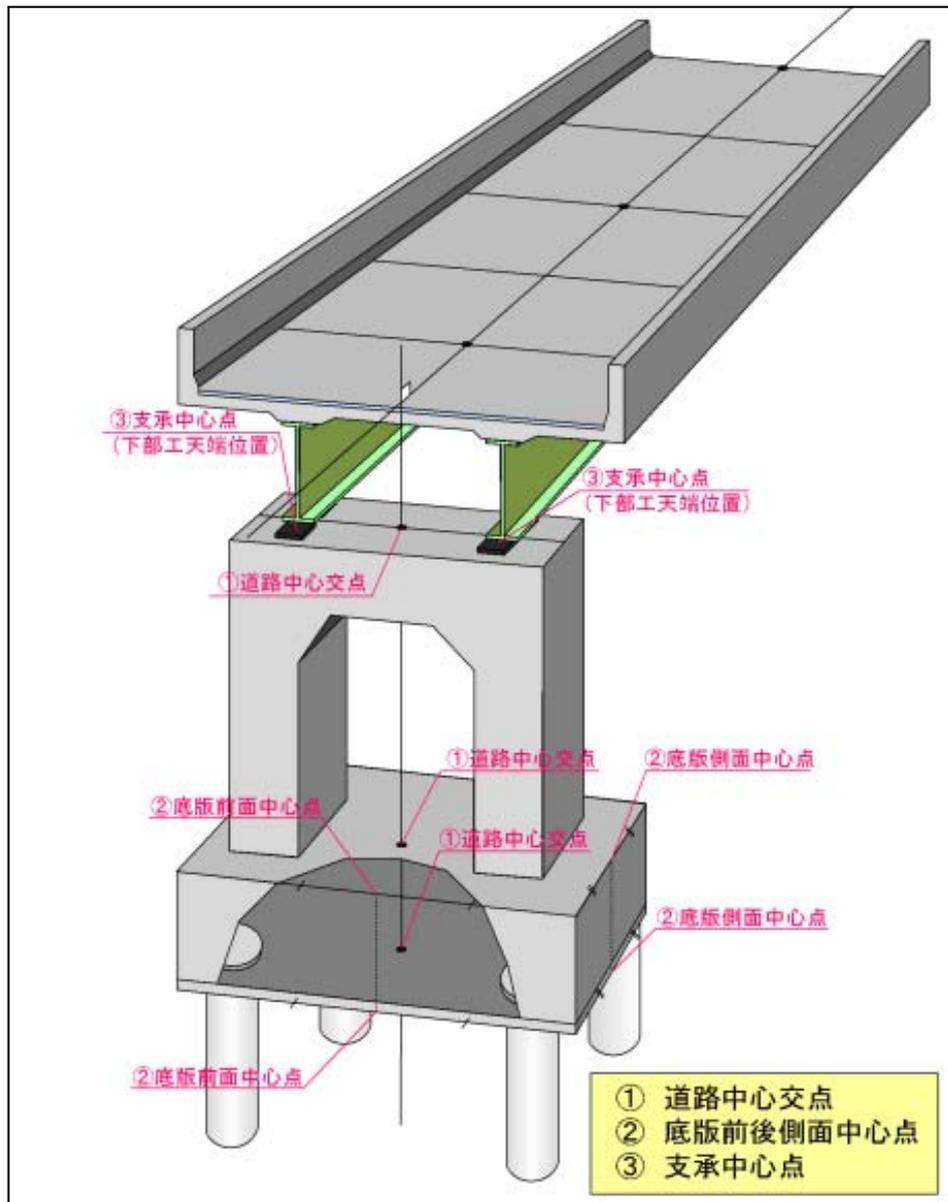


图 3-15 構造物設置基準点（上部工）の位置

2) コントロールポイント：監視基準点の設置位置

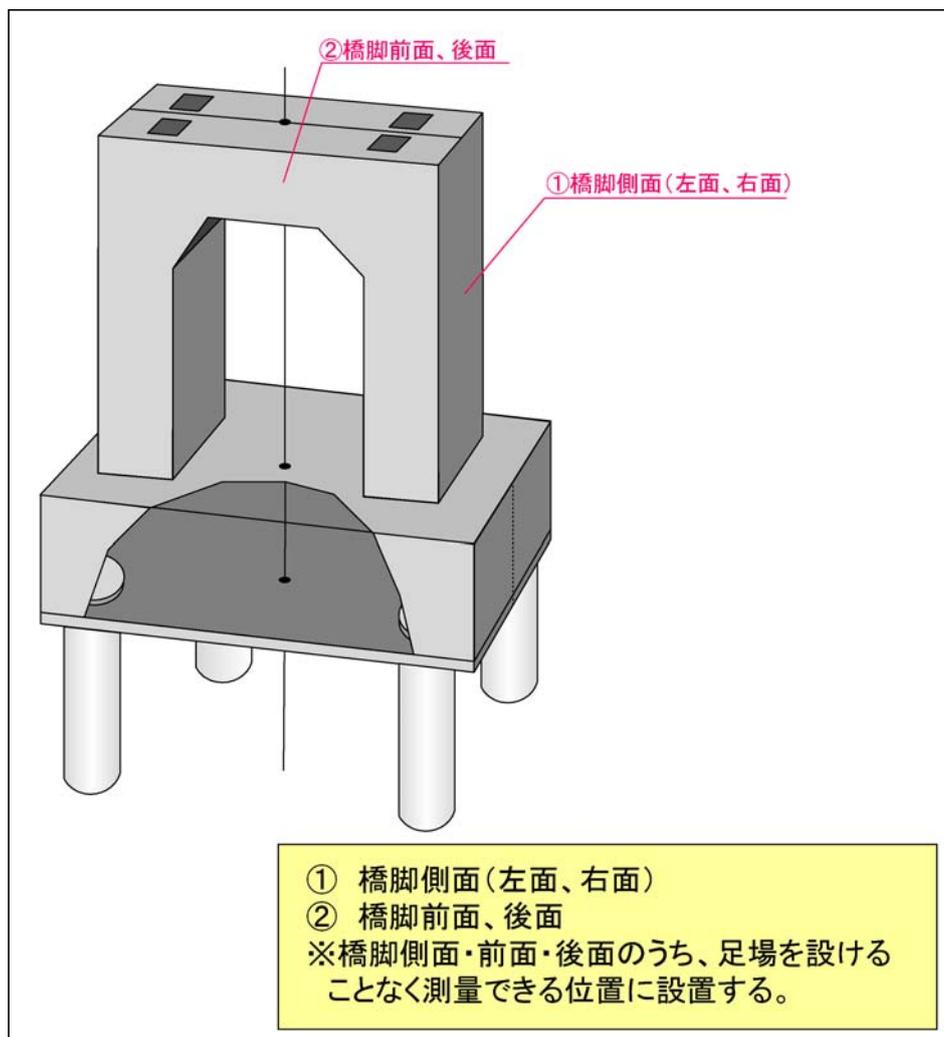


図 3-16 監視基準点の設置位置

3) コントロールポイントの標準仕様：スケルトンモデルでの表現

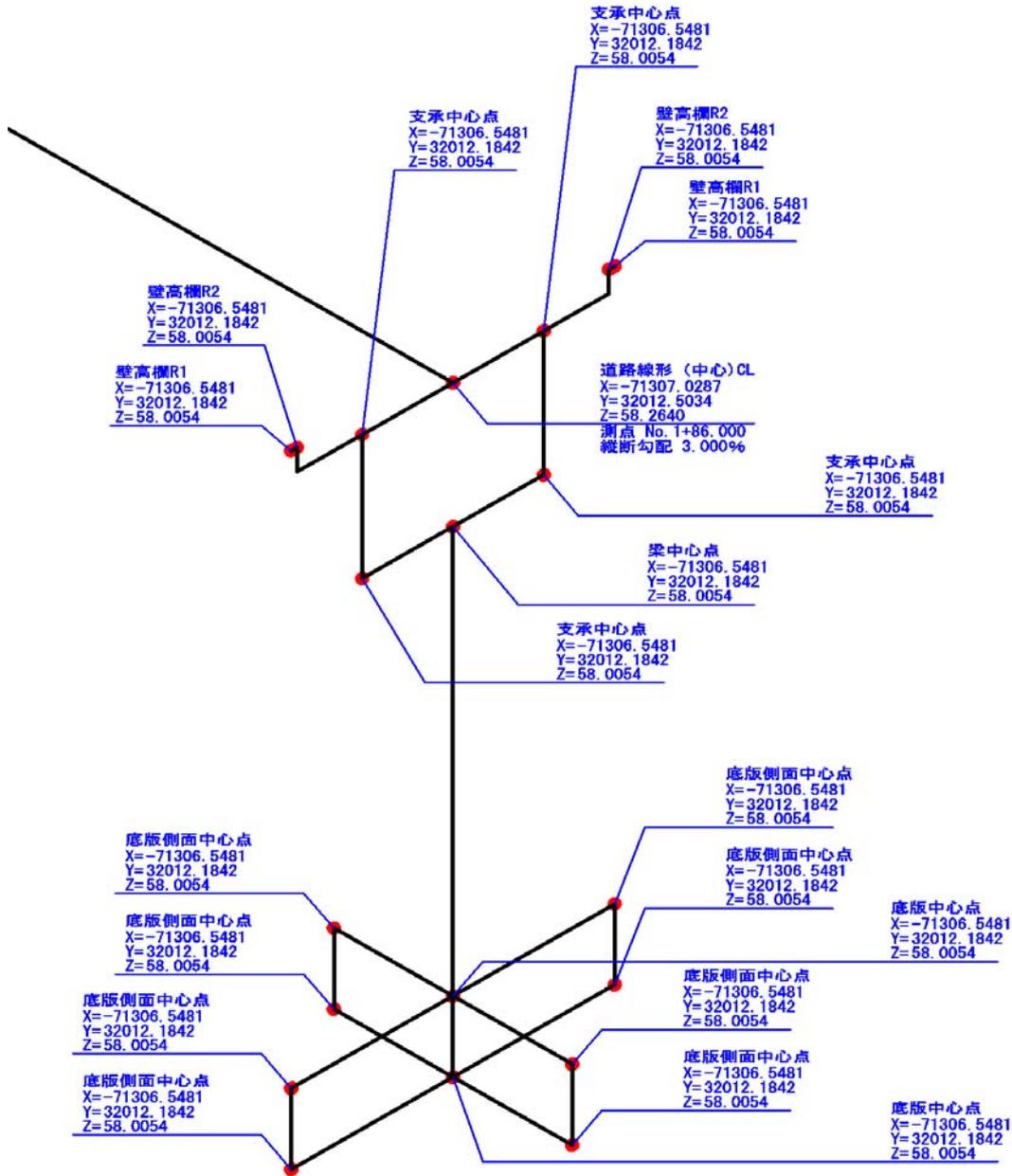


図 3-17 橋脚の監視基準点の図示方法（スケルトンモデル）

橋台・橋脚の3次元モデル（スケルトンモデル）には、①設置した監視基準点の座標
②監視基準点の観測年月日を明記するものとした。

(3) 3次元データを利用した設計照査方法

3次元データを利用した設計照査に関連する項目の整理・再検討を行った。提案した座標図や3次元モデルを利用することで特に効率的に照査できる照査項目は以下の4つと考える。

① 高さの整合性の照査

従来：照査のために必要な成果品は図面5枚、線形計算書である。

提案座標図：照査のために必要な成果品は図面3枚のみである。

② 上部工、下部工の取り合いの照査

従来：照査のために必要な成果品は図面3枚以上である。

3次元モデル：3D-CADによる重ねあわせ作業の中で確認できる。

③ 工事の施工性、安全性の照査

従来：空間把握は困難である。

3次元モデル：施工機械、工事用道路をモデル化し重ねあわせ作業の中で確認できる。

④ 交差条件の照査

従来：別の図面を見比べる必要がある。

3次元モデル：3D-CADによる重ねあわせ作業の中で確認できる。

5. 運用ガイドラインに基づいた現場試行

(1) 現場試行の実施事項

検討した橋梁の3次元データ流通に関する標準仕様に基づき、橋梁3次元データ流通の試行を実施するための手順を取りまとめた。手順の作成にあたっては、試行における実施事項を整理し、試行レベル（試行実施の難易度）を3段階に分けて整理した。現場試行で利用する運用ガイドラインでは、橋梁3次元データ流通の試行における実施事項を整理し、その後実施事項に対する具体的な実施内容を記載する構成で作成している。

なお、橋梁3次元データ流通の試行に際しては、流通の難易度に応じて試行レベルを3段階に分けている。対象構造物に対して試行レベルを設定し、その試行レベルに対する実施事項に基づいて試行を行う方針としている。

■ 試行レベル1（2次元CADのみを用いる。）

- ・ 構造物設置基準点と監視基準点を設定する。
- ・ それらを座標図にて表現する。
- ・ 従来の2次元設計図をベースとしており、3次元CADは使用しない。

- 試行レベル 2 (3次元 CAD を用いてフレームによるモデルを作成する。)
 - ・ 構造物設置基準点と監視基準点を設定する。
 - ・ それらを座標図とスケルトンモデルにて表現する。
 - ・ スケルトンモデル作成のために 3次元 CAD を用いなければならない。
 - ・ 試行レベル 1 に対して試行レベル 2 は、監視基準点をスケルトンモデルにて表現して、監視基準点の視覚化を行っていることが特徴であり、監視基準点の変位を視覚的に表現することが可能となる。

- 試行レベル 3 (3次元 CAD を用いて面を有するモデルを作成する。)
 - ・ 構造物設置基準点と監視基準点を設定する。
 - ・ それらを座標図と 3次元モデルにて表現する。
 - ・ 3次元モデル作成のために 3次元 CAD を用いなければならない。
 - ・ 試行レベル 2 に対して試行レベル 3 は、スケルトンモデルより複雑な 3次元モデルを用いていることが特徴であり、監視基準点の変位を視覚的に表現することに加えて、3次元モデルによる設計図書の照査、施工時の安全確保の照査等が可能になる。

(2) 運用ガイドラインに基づいた現場試行

作成した「橋梁 3次元データ流通に係る運用ガイドライン (案)」の妥当性や効果、課題を確認するため、運用ガイドラインに基づいて実施した現場試行 (新設橋梁の設計段階における 3次元データの作成と設計照査の試行) を実施した。現場試行の対象業務を表 3-7 に示す。

表 3-7 現場試行業務一覧

	業務名	発注者	橋梁形式	試行レベル※
①	H24 年度東海環状瀬古南・北高架橋詳細設計業務	中部地方整備局 岐阜国道事務所	鋼 6 径間連続非合成少数鈹桁橋	1
②	H24 年度天城北道路湯ヶ島高架橋詳細設計業務	中部地方整備局 沼津河川国道事務所	PC 3 径間連続ラーメン箱桁橋	1
③	H23IC・JCT 本線第一橋梁詳細設計業務	関東地方整備局 横浜国道事務所	鋼 6 径間連続非合成少数鈹桁橋	1、2、3
④	H24 中部横断道入之沢川橋詳細設計業務	関東地方整備局 甲府河川国道事務所	鋼 6 径間連続細幅箱桁橋	1、2

※運用ガイドラインでは、3次元データ作成の難易度に応じて試行の難易度を 3段階に分けており、現場試行は上表の試行レベルに対応する 3次元データを作成した。

試行レベル 1：構造物設置基準点の設定、座標図作成、座標図を用いた設計照査

試行レベル 2：試行レベル 1 + スケルトンモデルの作成

試行レベル 3：試行レベル 1 + 3次元モデルの作成 + 3次元モデルを用いた設計照査

現場試行に先立って、現場試行の実施事項、運用ガイドラインの概要等を現場試行者に理解してもらうための現場説明会を開始し、運用ガイドライン概要説明用資料等を作成した。

(3) 運用ガイドラインの妥当性検証

運用ガイドラインに基づくことで3次元データを作成することができたか、できなかったのであれば、その原因は何かをアンケートとヒアリング調査によって確認した。

現場試行者のスキルに着目した効果と課題の分析

作業者のスキルを分類し、各種ヒアリングを実施した上でスキルに着目した分析を実施した。

試行難易度区分の妥当性検証

運用ガイドラインでは、3次元データ作成の難易度に応じて橋梁3次元データ流通試行の難易度を3段階に区分した試行レベルを定義した(表3-8)。各試行レベルにて3次元データを作成・流通させることができるか、できないならばその理由は何かを検証し、どの試行レベルでも3次元データの作成・流通が可能となるように運用ガイドラインを修正した。

表 3-8 スキルレベルの分類

橋梁設計に関するスキル		CAD操作に関するスキル	
レベル A	橋梁設計の経験・知識共に豊富である。	レベル a	3次元CAD、2次元CADの操作に長けている。
レベル B	橋梁設計に携わって数年で知識はそこそこである。	レベル b	3次元CAD操作の径間は少ないが、2次元のCAD操作には長けている。
レベル C	橋梁設計の経験はない。	レベル c	2次元CAD操作には長けていない。もしくはほとんど経験がない。

明らかになった課題

構造物設置基準点、監視基準点の設定根拠および座標図に記載する座標値表と構造高表の設定方法を明記してこなかったことから、設定方法を明確にし、どのような設計者でも、構造物設置基準点、監視基準点の設定および座標図の作成ができるように運用ガイドラインを修正する必要がある。また、座標図の測地系は世界測地系を標準とするが、世界測地系以外の測地系を用いているケースが散見されたことから、その旨を座標図に記載するようにして、測地系の柔軟な運用が可能となるように修正する必要がある。さらに、スケルトンモデルと3次元モデルの目的が運用ガイドラインでわかり難いとの意見があったことから、これらの目的を明確にして取扱いがわかりやすくなるよう、運用ガイドラインを修正する必要がある。

(4) 設計段階における3次元データ利活用の効果検証

3次元データを用いた設計照査に対する妥当性（照査が出来たか否か、記載通りの効果を得ることが出来たか否か）について確認した。

設計照査の方法と妥当性の検証

運用ガイドラインには、座標図と3次元モデルを用いた設計照査の方法および設計照査の効果が記載されている（図3-18）。これらの記載内容の妥当性（照査ができたか否か、記載通りの効果を得ることができたか否か）についてヒアリングを実施し、ヒアリング時の指摘等を反映させることで実効的な運用ガイドラインへと修正した。

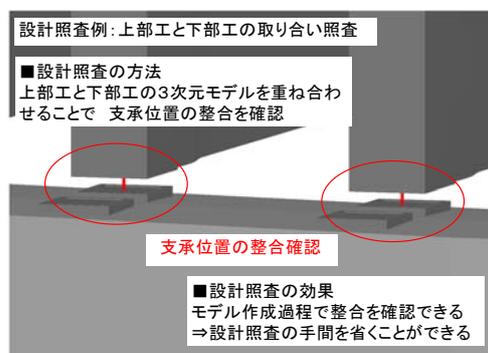


図 3-18 設計照査の具体例

設計者の負担に対する費用対効果に対する評価

現場試行において3次元データ作成に要した費用と3次元データを用いた設計照査に要した費用についてヒアリングを実施し、前者を費用、後者を効果として、設計者の負担を評価した。

明らかになった課題

座標図を用いた設計照査について、現場試行者によっては照査のメリットの捉え方が異なっていた。そのため、メリットを具体的に記載することで、どのような設計者もメリットを感じる事が出来る運用ガイドラインへと修正する必要がある。また、3次元データとして作成する座標図、3次元モデルに対する費用対効果については、設計段階のみでは十分な費用対効果を得ることが難しい結果となった。今後は、施工段階等の下流段階にて3次元データの利活用の効果を検証し、橋梁事業全体での3次元データ流通の効果を検証する必要がある。

(5) 橋梁事業における3次元データ利活用の効果と課題の検証

現場試行者が3次元データを用いることによって感じる様々なメリット（効果）、デメリット（課題）を整理して、現場試行者から見た3次元データ流通に関する効果や課題を整理した。

3次元データ流通に関する効果や課題の効率的な抽出

現場試行者が3次元データを用いることによって感じるメリットやデメリットを抽出し、その内容を運用ガイドラインに反映した。現場試行者が感じたことを効率的に抽出するた

め、「3次元データでなければできないこと」、「3次元データを用いてよかったこと」、「3次元データを用いて困ったこと」、「将来的に期待すること」、「このようなことが出来れば便利になること」についてヒアリングを実施した。

明らかになった課題

試行レベル 3 を実施することで設計段階での負担が増大することに、設計者が懸念を持っていることを確認した。現状では、試行レベル 3 における作業の効率化は難しい現状であることから、線形図作成ツールや部品作成ツールなどを充実させて 3 次元モデル化に対する負担を軽減させることが必要となる。

(6) 課題に対する対応策

試行とアンケート、ヒアリング調査を通じて明らかになった課題に対する対応策について検討した。

1) 構造物設置基準点、監視基準点、座標図の座標値表と構造高表の設定根拠の明確化

・ 構造物設置基準点の設定根拠

構造物設置基準点は、施工に必要な点、および出来形の確認をするために必要な点に大別できる。運用ガイドラインでは、この考え方に基づいて構造物設置基準点を設定していることから、この考え方を運用ガイドラインに追記することで、構造物形式が変わっても、設計者の判断で構造物設置基準点を設定できるようにした。

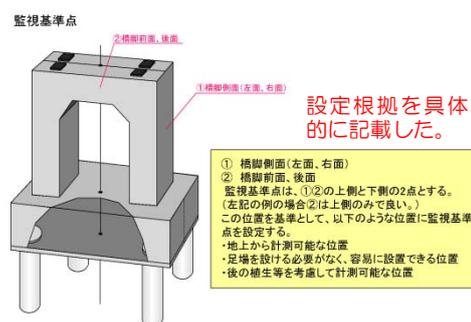


図 3-19 監視基準点の設定根拠

・ 監視基準点の設定根拠

現行の運用ガイドラインでは、監視基準点の設定根拠となる橋梁全体の変位、傾斜、ねじりがわかる箇所、現場状況に応じて臨機応変に設定する箇所が具体的にどこかわかり難いため、これらを具体的に記載した (図 3-19)。

・ 座標図の座標値表と構造高表に記載する座標点の設定方法

現行の運用ガイドラインでは、座標値表に記載すべき座標点が記載されているが、その座標点の設定方法が明確でないため、橋梁形式が違う場合にどのように対応すべきかが判断できなかった。そこで、「どのような考え方に基づいて座標値表に記載すべき座標点を設定しているか」について運用ガイドラインへ追記した。構造高表についても座標値表と同様であり、その設定方法が明確でなかったことから、構造高表に記載すべき座標点の設定方法が明確になるように修正した。

2) 座標図の測地系の定義について

座標図は、世界測地系を標準とするが、日本測地系を用いた場合はその内容を座標図に記載する旨を運用ガイドラインに追記した。

3) スケルトンモデルと3次元モデルの目的の明確化

現行の運用ガイドラインでは、スケルトンモデルと3次元モデルの概要が混在して記載されているため、スケルトンモデルと3次元モデルの目的と概要を整理した。さらに、スケルトンモデルの活用方法（座標値データのみで表現されている監視基準点の視覚化）について明確に記載した。

4) 座標図を用いた設計照査のメリットの具体的な記述の追記

3次元設計（座標図）を用いた設計照査は、従来座標図と同様に座標図そのものの照査は必要であり、その時は構造一般図等も確認する必要がある。一方、設計者や施工者が高さを確認する時などに作業手間を省くことが出来るため、作業手間の軽減についての記述をそのような旨の内容に修正した。

5) 現場試行成果に基づく運用ガイドライン修正の課題

アンケート、ヒアリングの調査結果とは別に、現場試行の成果（座標図）について内容の確認と各成果間の比較を行った。その中で明らかになった以下の課題について、運用ガイドラインに反映した。

- ・ 支承中心点座標値表について、他の座標値表同様に支承中心点座標値も大座標系と小座標系を併記することを明確に記載した。

構造物設置基準点の道路中心線について、道路中心線が構造物上にない場合、暫定形と完成形で構造が異なる場合の構造物設置基準点の設定箇所が明確ではないことから、設定箇所が明確になるよう運用ガイドラインを修正した（図3-20）。



図 3-20 道路中心線の概要

6. 課題と今後の展開

本研究では、橋梁事業における3次元データの流通と利活用基盤の構築と普及を目的として、現時点の現場環境で実装が可能な3次元モデルによる流通と利活用手法を提案した。また、実工事における現場試行を行うことで、その効果を確認し、「橋梁3次元データ流通に係る運用ガイドライン（案）」として取りまとめた。さらに、現場試行によって運用ガイドラインに関する課題を抽出し、その課題の対応策を検討して運用ガイドラインを修正することで、より実効的な運用ガイドラインとした。運用ガイドラインの本運用に向けて、今後は以下の課題について検討を進めていく。

・ 運用ガイドラインに基づく3次元モデル作成の可否の検証

3次元モデルの作成可否を判断するため、サンプル数を増やしたさらなる検証が必要である。

・ 下流段階での3次元データ利活用の効果検証

設計段階では、3次元データ作成費用に対して十分な効果を得ることが難しいことから、今後の下流段階において3次元データの利活用の効果を検証し、橋梁事業全体での3次元データ流通の効果を検証する必要がある。

・ 座標図および3次元モデル導入に向けた取り組み

座標図については、標準化に対する肯定的な意見が多く、設計段階への早期導入が望ましい。一方、3次元モデルについて、設計者は、設計段階での負担が大きくなることに懸念を持っており、3次元モデル流通を促進するためには設計段階での負担軽減が必要である。そのため、部品作成ツールなどの充実による3次元モデル作成の負担を軽減させる等の環境整備が必要である。

結果として、提案手法の有効性を確認できたが、3次元モデル作成にかかるコスト、現場利用に必要な技術者の育成、利用環境の整備等、橋梁事業への本格的な導入普及に向けて対応が必要な課題も多い。しかし、3次元データの利活用については、建設業界全体で積極的な取り組みが行われており、CIM（Construction Information Modeling）の導入も期待されていることから、今後更なる3次元データの流通と利活用の仕組み作りが重要になると考える。本研究で顕在化した課題に対して引き続き検討を行い、橋梁事業、ひいては公共事業全体における設計、施工、維持管理における3次元データの導入普及を図るものである。

3次元モデルを用いた情報統合システムのプロトタイプ作成

概要：本研究では、橋梁の維持管理で必要となる材質、品質、出来形、点検記録や補修記録などの各種情報を設計段階で作成する3次元モデルによって空間的に統合し、可視化することで、トレーサビリティに優れた情報管理を実現するシステムを提案した。さらに、提案システムのプロトタイプを作成し、現場の業務担当者に対してヒアリングによる調査を実施し、その効果と課題を確認した。

1. はじめに

国土交通省 CALS/EC アクションプログラム 2008（以下、AP2008 という）では、3次元 CAD を利用した建設生産システムを導入して生産性向上を図ることを目標に掲げている。国土技術政策総合研究所は、AP2008 のこの目標を実現するために、3次元データ可視化技術の導入や3次元データの利用技術の開発に取り組んでいる。

本研究では、橋梁の維持管理で必要となる材質、品質、出来形、および外部の情報共有サービスに保存した点検記録や補修記録などの各種情報を設計段階で作成する3次元モデルによって空間的に統合し、可視化することで、検索性やトレーサビリティに優れた情報管理を実現するシステムのプロトタイプを構築し、ヒアリング調査を実施することで効果および課題と対応策を整理した。

2. システムのイメージ

(1) 現状の課題整理

システムの構築にあたって、橋梁の維持管理業務における現状の課題を整理した。現状の課題として以下の5点が挙げられる。

① 情報の重複（不整合リスク）

- ・ 橋梁の維持管理において、橋梁台帳や点検台帳、竣工図面など参照すべき資料が多く、かつ紙媒体や電子データが混在している。
- ・ 資料が複数箇所に保管・管理されていることで、情報の重複管理が発生し、最新のデータが参照されにくい。
- ・ 点検・補修を重ねるうちに、更新される情報と更新されない情報があることで、不整合のリスクが常に発生している。

② 資料の検索が非効率

- ・ 様々なメディアで散在している図面・台帳等から必要な情報を検索・抽出・整理しなければならず、非効率である。たとえば、点検・補修の履歴を把握するためには、複数の資料を参照する必要であるが、非常に多くの図面から任意の図面を探し出すのは困難である。

③ 資料の閲覧・加工は事務所に限定

- ・ 紙媒体や CD-R に収録された台帳、図面、報告書資料の閲覧・加工は、事務所での作業に限定される。そのため、点検に必要な図面や台帳をあらかじめ探して現場に持参し、現場でチェックした内容を事務所に持ち帰って入力する必要がある。

④ 情報の履歴の管理

- ・ 維持管理業務は長期にわたって複数の担当者・企業によって行われることが多く、情報の履歴の管理は重要であるが、実態として、情報を一元的に管理できていないため、履歴を時系列に参照することが難しく、維持管理の際の負担となっている。

⑤ 複雑な構造物の空間的把握が困難

- ・ 従来の設計では、膨大な 2 次元図面を見て立体形状を頭の中で組み立てる必要がある。そのため、複雑な構造物を空間的に把握するためには、図面を読む技術が必要であり、ある程度の経験がなければ困難である。

(2) システム構造の検討

本システムは、橋梁の維持管理において運用することを想定している。設計段階で作成する 3 次元モデルを共通プラットフォームとして、維持管理に必要な情報が統合管理されるシステムとする。プロトタイプシステムの必要要件は以下の 3 点である。

① 3 次元技術：橋梁の 3 次元モデルを活用

従来の 2 次元図面では、複雑な構造物の全体像や詳細な形状を把握することが困難である。3 次元モデルを利用することで、簡単な操作で誰もが構造物を視覚的に捉えて形状を把握することができるわかりやすいシステムとなる。そこで、システムを統合するプラットフォームには 3 次元モデルを採用し、維持管理に必要な情報を関連付けて統合管理するシステムを検討した。

イメージとしては、全体的な形状・位置を把握できる位置図的役割を果たす概略 3 次元モデル、および各部材が持つ属性情報を参照できる詳細 3 次元モデルの 2 種類のモデルを作成し、地形データ上に配置するものとした。

② 属性情報 : 橋梁名、工種、構造形式、材質、点検記録、補修記録等

属性情報については、3次元モデルをプラットフォームとしてリンク付け、位置図である概略3次元モデル上のリンクをクリックすると情報共有サーバに保存する情報を参照できるとともに、詳細3次元モデルの一部分をクリックすると部材の属性情報が参照できる等、クリックを重ねることで属性情報をすぐに入手できる構造とした。

プロトタイプシステムは、3次元モデルの活用を前提とするが、属性情報には「2次元でよいもの」もある。そこで、位置図、地形の形状や橋梁全体の形状は3次元モデルで表現し、配筋や付帯構造物等の詳細図面や点検記録、文書等の既存資料については2次元のまま取り扱うなど、3次元データと2次元データのベストミックスとなる構造とした。プロトタイプシステムで取り扱う情報と2次元・3次元の種別を表3-9に示す。

表 3-9 プロトタイプシステムで扱う情報と2次元・3次元の種別

情報	2次元	3次元
位置図		○
地形の形状（基盤地図情報数値標高モデルと航空写真を基に作成）		○
橋梁全体の形状（詳細設計図面を基に作成）		○
配筋図や付帯構造物の詳細図面	○	△（主要な部分のみ）
点検記録	○	
補修記録	○	
協議記録	○	
現場写真	○	

③ 一元的活用 : 各種情報の一元管理、下流工程へのシームレスなつなぎ

関連データは、3次元モデル、もしくは情報共有サーバ上に保存することによって一元管理し、どこからでも常に最新の情報へアクセスできることが望ましい。本システムでは、インターネットを介して事務所外からもアクセスすることを考慮し、情報共有サーバとしてASPサービスを活用するものとした。図3-21にシステムの構造イメージを示す。

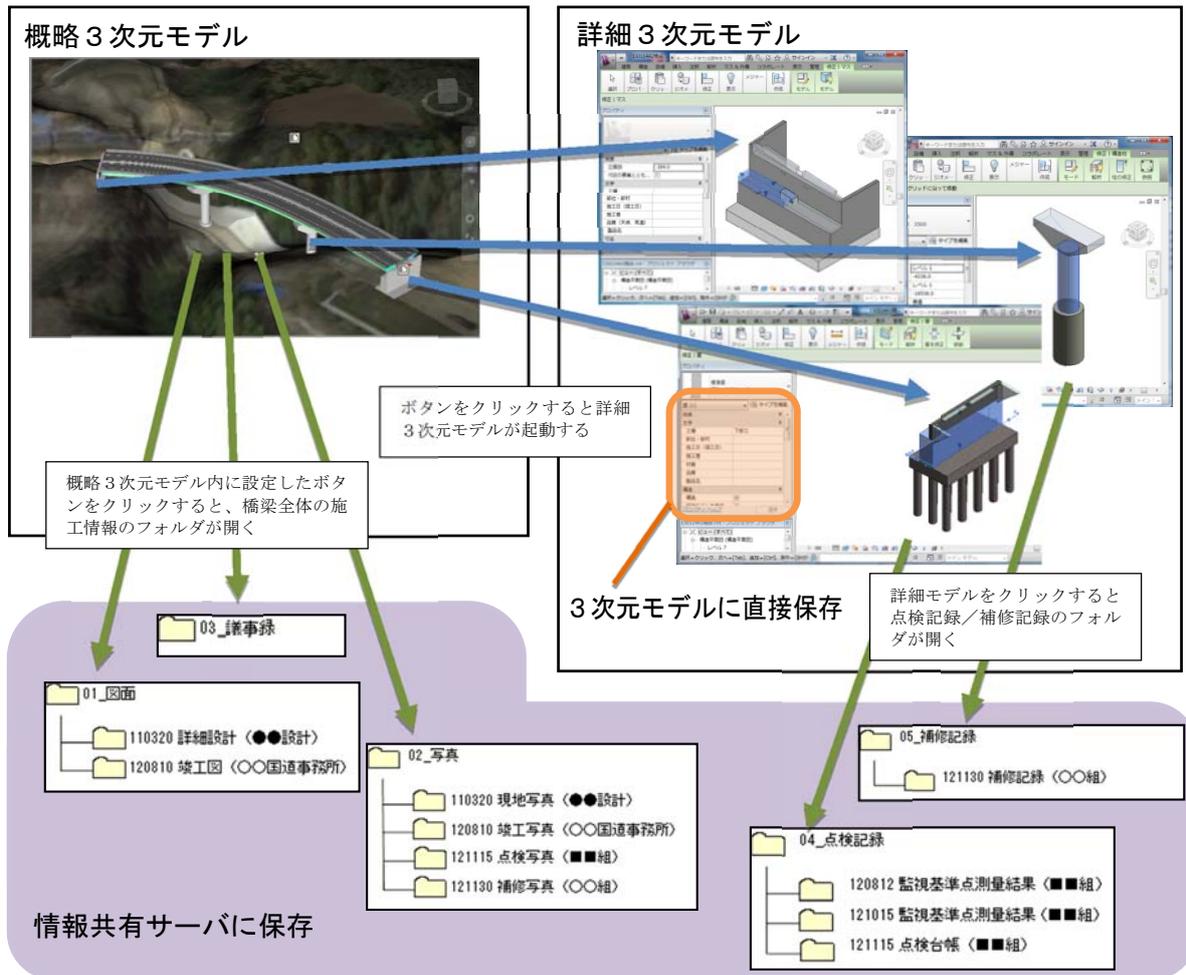


図 3-2 1 プロトタイプシステムの構造イメージ

(3) システム運用イメージの設定

プロトタイプシステムは、橋梁の維持管理段階で運用することによって、現状における課題に対するメリットを得られることをイメージしている。そのメリットには、「情報管理システムを導入することによるメリット」、および「3次元モデルを利用することによるメリット」の2つがあると考えられる（図3-22）。

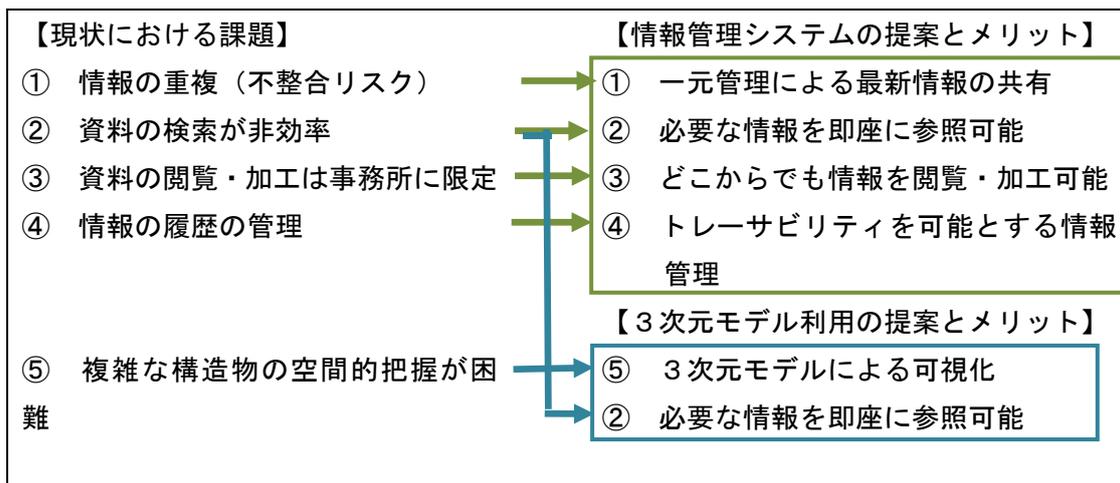


図3-22 課題に対するシステムのメリット

以下にその効果を具体的に示す。

① 一元管理による最新情報の共有

- ・ 情報の重複や不整合のリスクを回避するためには、データの一元管理による最新情報の共有が効果的である。
- ・ 情報共有 ASP サービスを活用することで、常に最新の一つのデータにアクセスできる。
- ・ データの登録・更新の権限は管理者のみに与え、各利用者（プロジェクトメンバー）は一元管理された常に最新のデータに情報共有 ASP サービスを介してアクセスし、参照するものとする。

図3-23 に一元管理による最新情報の共有イメージを示す。

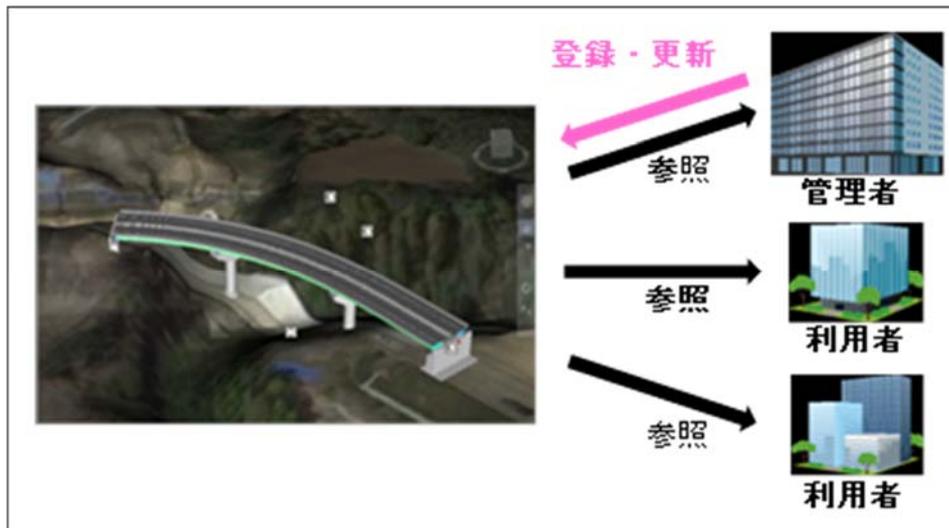


図 3-23 一元管理による最新情報の共有イメージ

② 必要な情報を即座に参照可能

- ・ 従来、紙データで様々な場所に保管されていた資料をサーバで一元管理し、3次元モデルを共通プラットフォームとして関連付ける。
- ・ 3次元モデルをクリックすることで詳細な3次元モデルや2次元図面を参照でき、さらにクリックを重ねることで他の情報も即座に参照できる。

図 3-24 に必要な情報を即座に参照するイメージを示す。

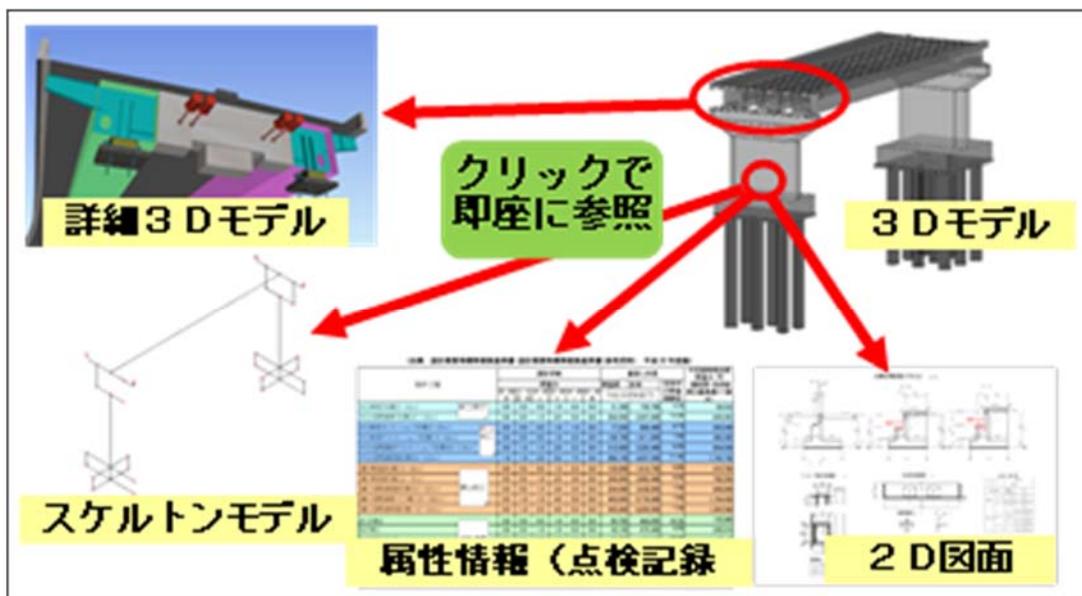


図 3-24 必要な情報を即座に参照するイメージ

③ どこからでも情報を閲覧・加工可能

- ・ 情報共有 ASP サービスによるデータの一元管理を行うため、情報にはインターネットを介してどこからでもアクセスできる。
- ・ ノートパソコンやタブレットと通信回線があれば、事務所内だけでなく、現場等どこからでもデータを閲覧・加工することができる。

図 3-25 にどこからでも情報を閲覧・加工できるイメージを示す。



図 3-25 どこからでも情報を閲覧・加工できるイメージ

④ トレーサビリティを可能とする情報管理

- ・ 維持段階において、点検記録や補修記録等は、点検や補修が行われるたびにデータが更新、変更されていく。現状では点検台帳等を保存しているが、その更新履歴を管理することが課題であった。そこで、サーバへのデータの一元管理と合わせて、メンテナンスの手間を考慮し、特別なソフトウェアを使うことなく簡易な方法として、日付、種別、作成者をフォルダ名に付けて整理する。
- ・ 維持管理者が、ルールに沿って名付けたフォルダで更新された情報を管理することにより、トレーサビリティを可能とする。

図 3-26 にトレーサビリティ可能なフォルダ構成イメージを示す。

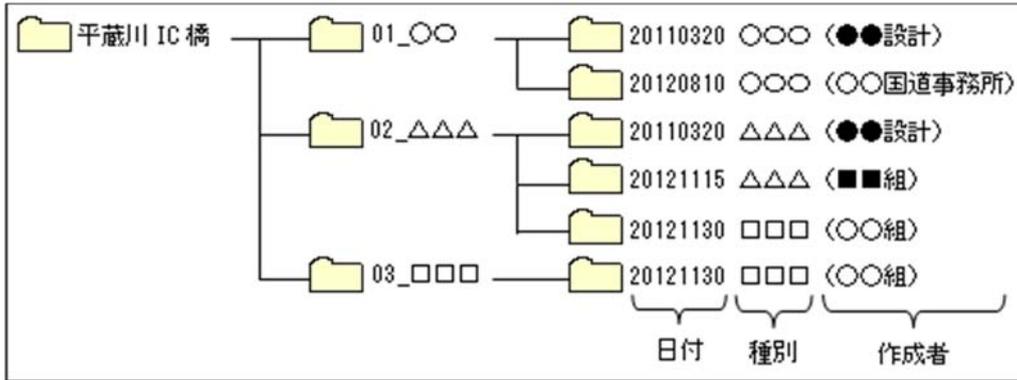


図 3-26 トレーサビリティ可能なフォルダ構成イメージ

⑤ 3次元モデルによる可視化

- ・ 3次元モデルによって、一つのモデルをさまざまな角度から見ることができ、誰にでも立体形状を把握しやすい。
- ・ 3次元モデルを共通プラットフォームとして用いることで、複雑な構造物が可視化され、空間的把握が容易になる。

図 3-27 に 3次元モデルによる可視化のイメージを示す。

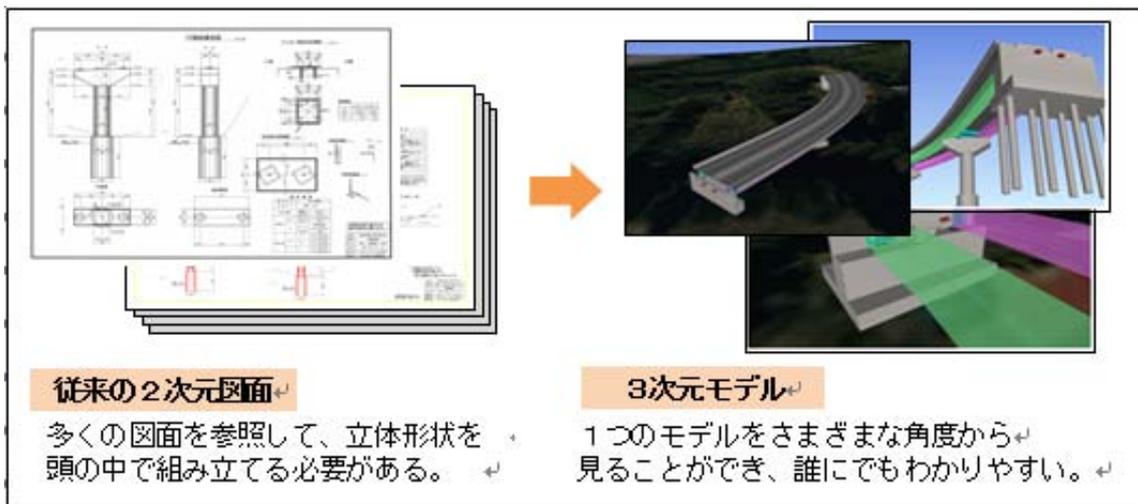


図 3-27 3次元モデルによる可視化のイメージ

3. 橋梁および周辺地形の3次元モデル化

3次元モデルの作成にあたって、3次元モデル化の範囲、モデル作成に必要となるデータを整理した。また、維持管理への利用に適したモデルとなるよう3次元モデルの要素分割、および保持する属性情報について検討した。

(1) モデル化範囲の検討

プロトタイプシステムとして作成する対象橋梁は、以下の点から平蔵川 IC 橋（関東地方整備局千葉国道事務所）とした。

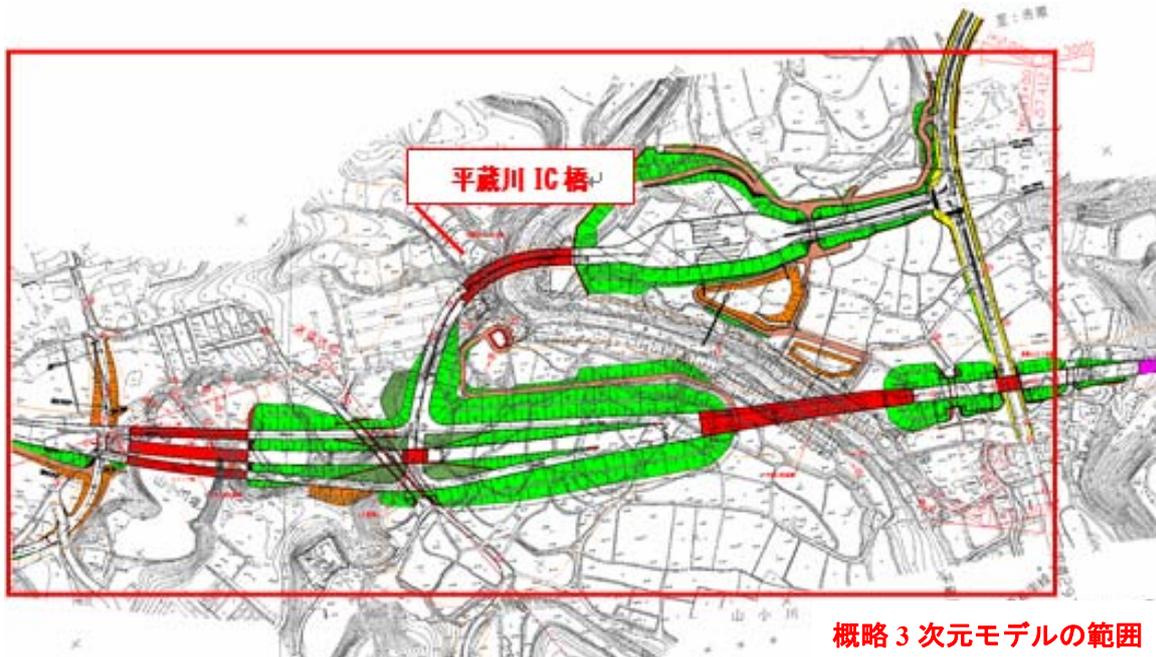
- ・ 平成 23 年度に 3 次元モデルを作成していること
- ・ 東日本大震災前後で監視基準点の測量を行っていること
- ・ 平成 23 年度に収集したデータを活用できること

プロトタイプシステムの構築にあたって、作成するモデルの種類およびモデル化の範囲を検討した。3次元モデルは、橋梁全体の索引の役割をもつ「概略3次元モデル」と、部材ごとに属性情報を保持する「詳細3次元モデル」の2種類を作成する。「概略3次元モデル」は平蔵川 IC 全体とその周辺地形、「詳細3次元モデル」は橋梁本体を対象とした。

「概略3次元モデル」の範囲は、平蔵川 IC 全体とその周辺地形を対象とし、「詳細3次元モデル」の範囲は橋梁本体（上部工、下部工）を対象とした。3次元モデル化するにあたっての内容（範囲、橋梁・周辺地形・周辺建物）について、表 3-10、図 3-28、図 3-29 に示す。

表 3-10 3次元モデル化範囲一覧

項目		概略3次元モデル	詳細3次元モデル
範囲		インターチェンジ全体とその周辺地形	橋梁本体 上部工・下部工（橋脚、橋台）別
モデル化内容	橋梁	簡易モデル	詳細モデル
	周辺地形	数値地図と航空写真で作成	—
	周辺建物	数値地図データに一定の高さを与えて作成	—
付加情報		モデル内に情報は持っていない。 橋梁全体に係る情報（図面、写真、協議記録）へリンク付ける。	モデル内に直接、部材要素等の情報を持たせる。 点検・補修記録等へリンク付ける。



概略 3 次元モデルの範囲

図 3-2 8 モデル作成対象範囲 (概略 3 次元モデル)

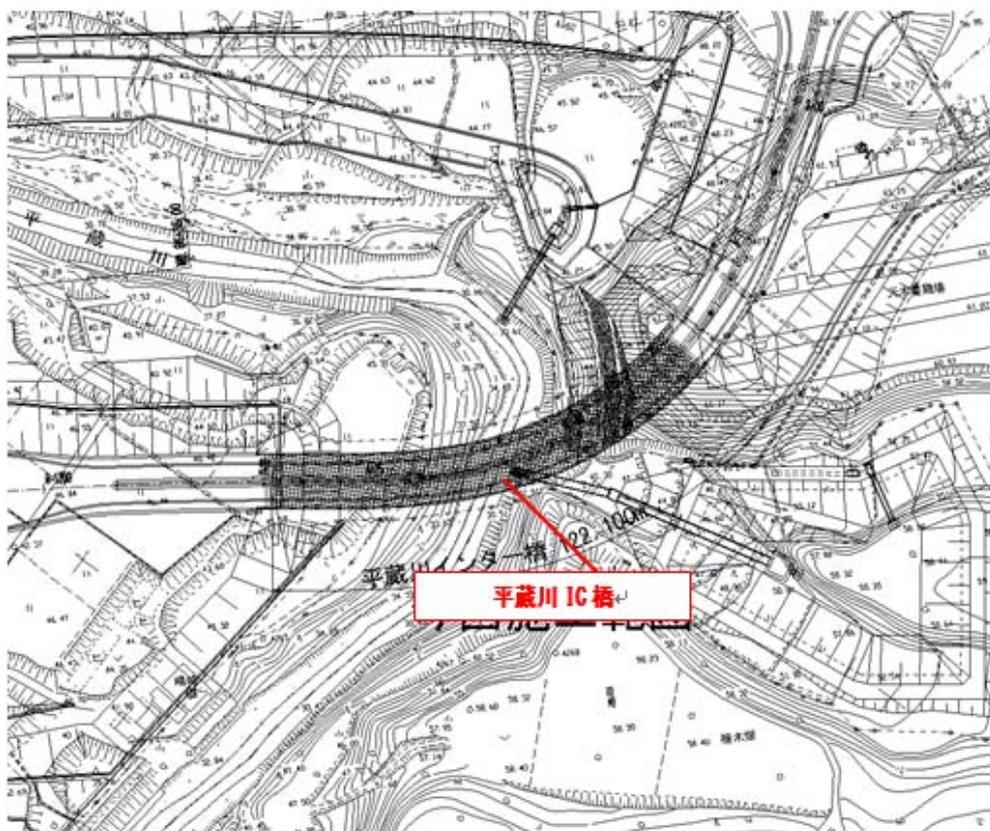


図 3-2 9 モデル作成対象範囲 (詳細 3 次元モデル)

(2) モデルの作成に使用したデータ

橋梁および周辺地形のモデル化に使用したデータを表 3-11 に示す。

表 3-11 使用データ一覧 (3次元モデル作成)

項目	使用するデータ	
	概略3次元モデル	詳細3次元モデル
橋梁	詳細設計図面を元に概略モデルを作成	詳細設計図面を元に詳細モデルを作成
周辺地形	国土地理院基盤地図情報 数値標高モデル JPGIS (GML)形式 10mメッシュ	—
航空写真	Google Earth Pro	—
計画道路および周辺建物	建築物外周線、道路縁：国土地理院基盤地図情報 基盤地図情報 縮尺レベル 2500 道路中心線：Open Street Map	—

概略3次元モデルは、詳細設計図面を元にして橋梁部分のモデルを作成し、国土地理院基盤地図情報（基盤地図情報 数値標高モデル 10mメッシュ）、および航空写真等を用いて作成した周辺地形のモデルと統合した。詳細3次元モデルは、詳細設計図面を元に3次元モデルを作成した。

(3) モデルの要素分割

各業務に役立つ3次元モデルは、設計者、施工者、維持管理者によって作り方が異なると想定される。たとえば、設計者は積算の区分（数量の区分）に合わせてモデルを分割したいと考える。一方、施工者は、施工情報を入力するため、施工区分に合わせてモデルを分割したいと考える。そして、維持管理者は、点検記録を入力するため、点検マニュアルに則った要素区分でモデルを分割したいと想定される。

従来の設計、施工、維持管理の流れの中では、維持管理の段階で初めて要素分割が必要となり、施工図を元に要素を分割した維持管理用の図面を別途作成している。プロトタイプシステムは、橋梁の維持管理において運用することを想定しているため、モデル作成に際しては、橋梁の維持管理の際の利便性を確保する必要がある。

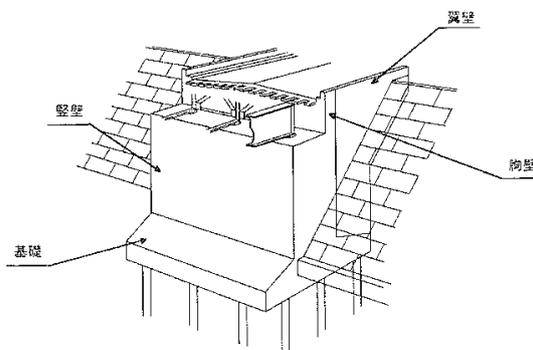
維持管理における重要な項目として点検がある。点検結果は部材ごとに損傷の種類や程度を記入する。現在の橋梁の点検は、「道路橋マネジメントの手引き」（海洋架橋・橋梁調査会、平成16年）に基づいて行われており、その中の「橋梁定期点検要領（案）」において、点検項目の標準として部位・部材区分とそれぞれの材料による点検内容点検項目（損傷の種類）が示されている。

本研究では、この仕組みをシステムに組み込むため、あらかじめ3次元モデルを「道路橋マネジメントの手引き」に則った形で要素分割し作成する（表3-12）。

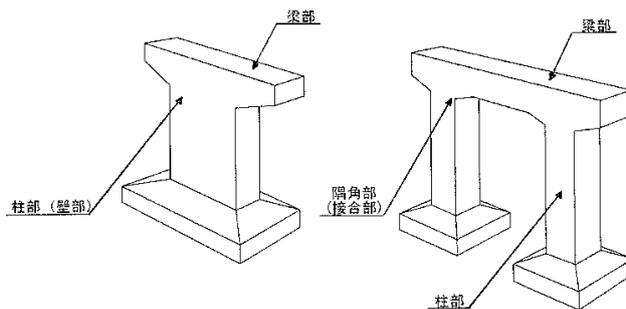
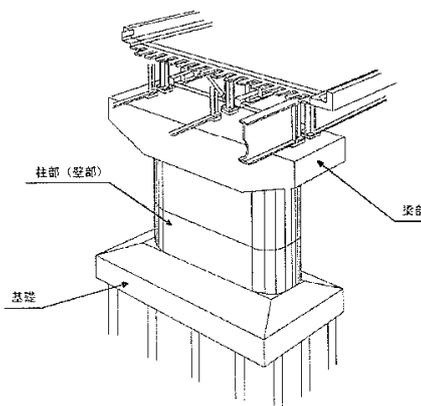
表 3-12 要素分割

工種	部位・部材	
下部工	橋脚	柱部・壁部
		梁部
		隅角部・接合部
	橋台	胸壁
		堅壁
		翼壁
		基礎
上部工		その他
		主桁
		横桁
		縦桁
		床版
		対傾溝
		外ケーブル
		その他
支承部		支承本体
		アンカーボルト
		落橋防止システム
		沓座モルタル
		台座コンクリート
		その他
路上		高欄
		防護柵
		地覆
		中央分離帯
		伸縮装置
		遮音施設
		照明施設
		標識施設
		縁石
		舗装
	排水施設	
		排水管
		その他
	点検施設	
	添架物	
	袖擁壁	

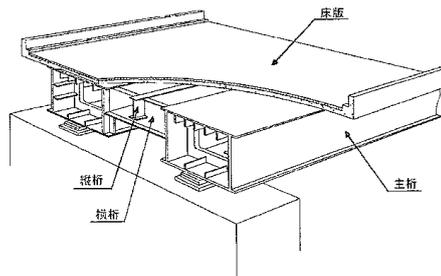
・下部構造
橋台



橋脚



・上部構造
鋼箱桁



なお、詳細 3 次元モデルには、「工種」、「構造形式」、「部位・部材」、「要素番号」を属性情報としてプロパティに入力する。また、損傷個所の特定のために、それぞれの要素に番号を割り当てておく必要がある。これについては、同手引きに示されている要素番号の付け方に則って割り当てるものとした。要素番号のつけ方（例）を図 3-30 に示す。

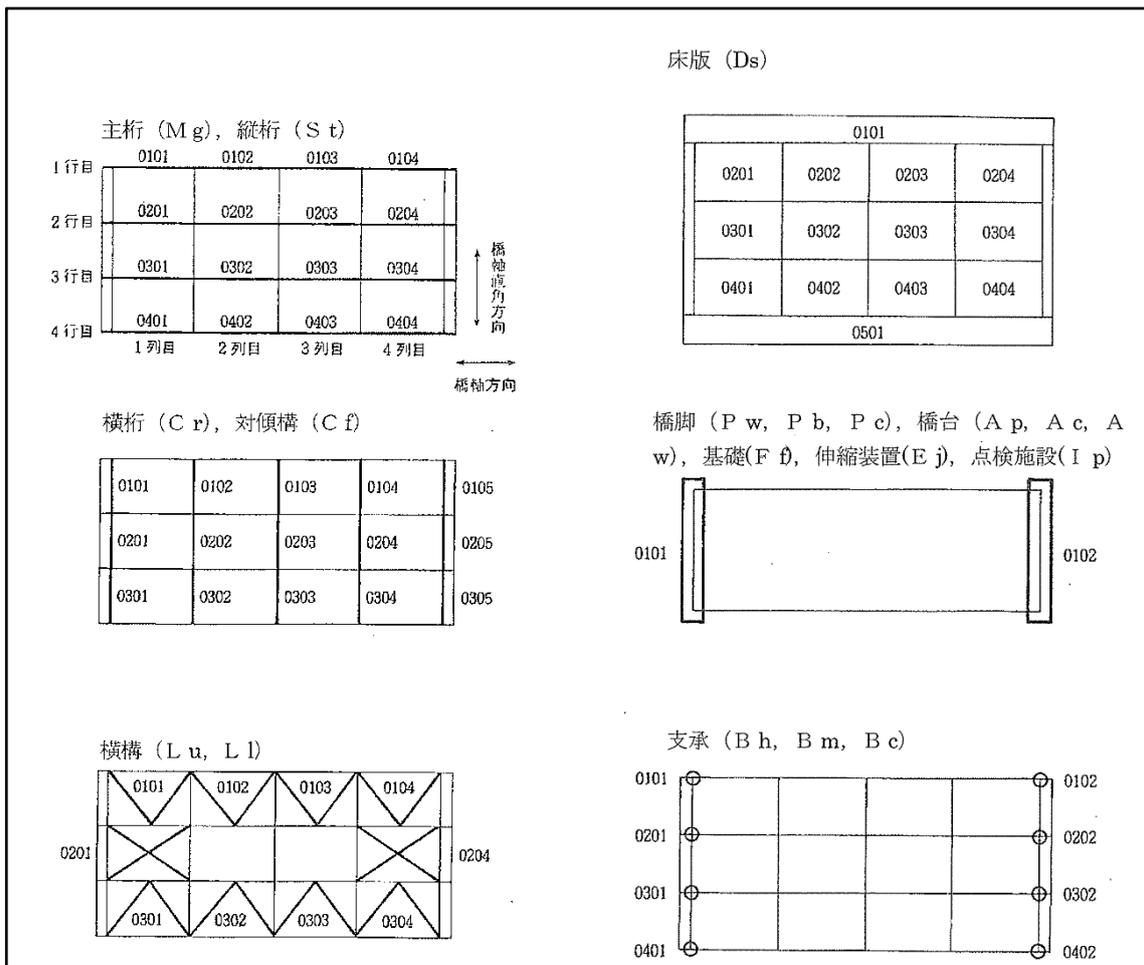


図 3-30 要素番号のつけ方（例）

(4) 属性情報の付加方法

維持管理で必要となる属性情報は、橋梁名や橋長、構造形式等の「工事完成時以降に変更の可能性がない情報」と、点検記録や補修記録等の「工事完成時以降に更新される情報」の 2 種類に分類できる。工事完成時以降に更新される情報を 3 次元モデルに直接保存した場合、更新の都度 3 次元モデル自体を編集しなければならないが、現場担当者は 3 次元モデルの取り扱いに習熟する必要がある。しかし、3 次元モデルを取り扱いに習熟した担当者の育成には時間を要する。そこで、本システムでは、前者を 3 次元モデルに属性として直接保存、

後者を外部の情報共有サーバに既存のファイルのまま保存してハイパーリンクで 3 次元モデルに関連付けて管理するものとした。3 次元モデルに直接保存する情報を表 3-13、外部から 3 次元モデルにハイパーリンクする情報を表 3-14 に示す。

表 3-13 3 次元モデルに直接保存する情報

項目	内容	理由
橋梁名	橋梁の名称	橋梁の最も基本的な情報
橋梁管理番号	ID 番号	全国道路橋マネジメントシステムと連携を図る際のキー
工種	上部工、橋脚、橋台、支承部等	工種毎に分けて点検台帳に記入するため必要
構造形式	箱桁橋、トラス橋、アーチ橋等	橋梁の特徴を示す重要な要素
	独立柱、T 型、Y 型等	
部位・部材	主桁、横桁、縦桁、床版等	橋梁の特徴を示す重要な要素
	柱部、壁部、梁部、胸壁等	
材料	鋼、コンクリート等	点検時の「損傷の種類」が材料によって異なるため必要
要素番号	各要素の ID 番号	3D モデルの要素と点検台帳の要素を関連付けに必要
竣工年月	竣工年及び月	橋歴板に記載される維持管理に必要な最低限の情報
管理者	管理業者名	
施工者	施工業者名	
設計者	設計業者名	

橋梁の維持管理において、プロトタイプシステムを運用する際には、「全国道路橋データベース」等の既存のデータベースと連携させることが重要である。このため、検索の際に橋梁を特定するキーとして、橋梁名と橋梁管理番号が必要である。また、3 次元モデル内の要素を特定できるよう、「道路橋マネジメントの手引き」により工種、構造形式、材料、部材種別と要素番号を入力の対象とした。さらに、橋歴板に記載される情報も維持管理に必要な情報であることから、竣工年月、管理者、施工者、設計者を入力の対象とした。3 次元モデルやその中の情報は、後から修正するのは難しい。このため、橋梁の完成時以降に変更・更新される点検や補修等の情報は対象としない。

3 次元モデルにおける要素の数は、維持管理を見越した要素分割を踏まえると 1 橋梁で数百から何千という単位になる。また、現時点では 3 次元モデル内に情報を入力するためには、一つずつ手入力するしかない。項目が増えると、モデル作成・情報入力の手間が膨大となる。そのため、付加する情報は、橋梁の維持管理に必要な最低限な基本情報程度に留

めておく望ましい。したがって、3次元モデル内に直接保存する情報は、閲覧性や入力の手間を考慮して、検索の際に橋梁を特定できる情報と橋梁の維持管理に必要最低限な基本情報程度にとどめた。

表 3-1 4 外部から3次元モデルにハイパーリンクする情報

項目	内容	理由
図面	設計図面、竣工図面、補修図面等	設計・施工の最も基本的な情報
写真	現地写真、竣工写真、点検時写真等	現況把握の資料として重要であり、3次元モデルとの併用が効果的
協議記録	設計、施工および近隣協議記録等	報告書や図面に示されない協議の経緯や把握に必要
点検記録	点検調書、点検台帳	5年に一度の点検結果の時系列把握に必要
補修記録	補修台帳	後の点検・補修の際、従前の補修内容の把握に必要
施工(品質)記録	品質管理関係書類	維持管理の基礎的な情報であり、工事材料やその品質の把握に必要
設計図書	設計計算書、構造計算書等	報告書や設計計算書、構造計算書を維持管理段階で確認が必要
仮設残置物記録	仮設時に設置した矢板等の残置物	図面等には示されないが、点検や補修のために必要
添架物記録	ガス管、水道管等の占有情報	現場に行く前に確認できると非常に便利な情報であるため。

橋梁の維持管理において、点検・補修等の情報は履歴を残しておき、後から参照する必要がある。これは、3次元モデルに直接保存せず、外部に保存する方が扱いやすい。また、テキスト以外の図面や写真といった情報は3次元モデル内に保存できない。したがって、外部に保存しハイパーリンクで関連づける情報は、履歴を残したい点検・補修等の情報及び3次元モデルに直接保存できない情報のうち維持管理に必要な情報を対象とする。

ハイパーリンクさせる情報には、全国道路橋データベースのデータ項目及び国土交通省が示す工事関係書類、平蔵川 IC 橋の施工関連資料等から維持管理に必要と考えられる項目を想定し、追加した。また、現場の維持管理業務担当者の意見に基づいて、設計図書、仮設残置物記録、添架物記録の3項目を追加している。

ハイパーリンクさせる情報は、図 3-31 のようなフォルダ名を付けてファイル共有 ASP サービス上に保存する。

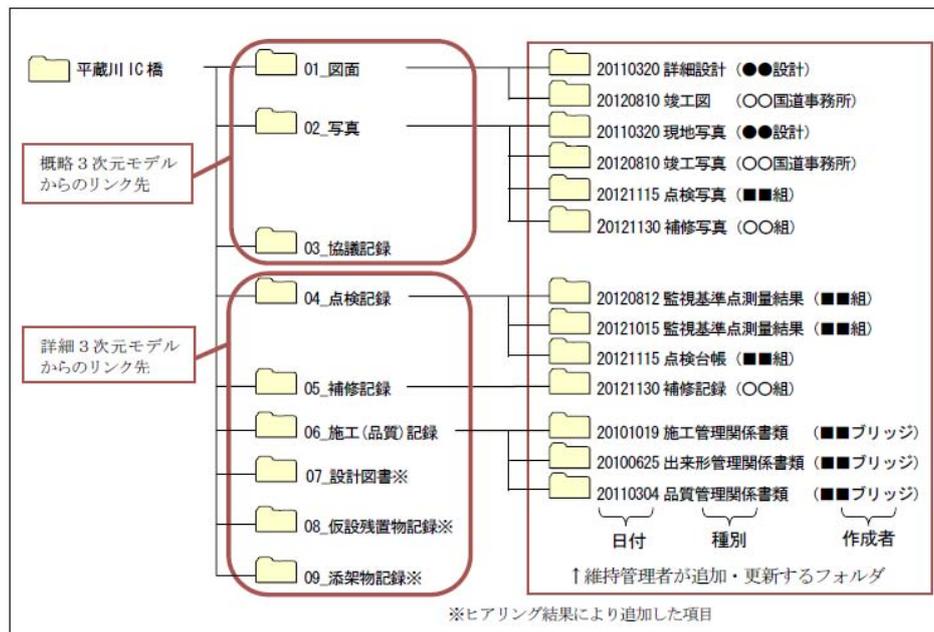


図 3-3 1 関連情報のツリー構造

概略 3次元モデル、および詳細 3次元モデルからのハイパーリンクは、各カテゴリの最上層のフォルダに対して行う。履歴管理は、新しい情報を追加する際に日付・種別・作成者を付与した名前のフォルダをツリー構造の情報共有システムに作成・格納し、いつ・誰が・何を行ったかを明確にしたうえで情報を蓄積していく。

4. プロトタイプシステムの作成

プロトタイプシステムの作成にあたっては、市販のソフトウェアの組み合わせを前提とした。3次元モデルの作成には、Autodesk Revit2013を用い、作成したモデルを統合して詳細 3次元モデルとするために Autodesk NavisWorks Manage2013を用いた。また、データの一元化のためにファイル共有サービスの Autodesk Buzzsawを用いた。

その他、使用したソフトウェアとそれぞれの用途を表 3-15 に示す。

表 3-15 使用ソフトウェア一覧

		使用ソフトウェア	用途
作成・更新	概略 3次元 モデル	Autodesk NavisWorks Manage 2013	概略3次元モデルの作成、統合 関連情報へのハイパーリンクの 付加
		AutoCAD Civil 3D 2012	3次元モデル作成
	詳細 3次元 モデル	Autodesk Revit 2013	詳細3次元モデル作成及び属性 情報の付加
	その他	Autodesk Raster Design 2012	航空写真データの加工
		Google SketchUp 8	周辺建物データを配置
		Autodesk 3ds Max Design 2012	景観イメージ図の作成
		Google Earth Pro	航空写真データの抽出
		Microsoft Office 2010	外部データの作成
	閲覧		NavisWorks Freedom 2013
情報 共有		Autodesk Buzzsaw	データの一元管理と情報共有

(1) 3次元モデルの作成

1) 詳細3次元モデルの作成

詳細3次元モデルは、Revit2013を用いて作成した。図 3-32 に作成した詳細3次元モデルを示す。



図 3-3 2 作成した詳細 3 次元モデル

維持管理での活用を想定して細かく要素分割して作成したため、詳細モデルの作成には手間と時間を要した。P1・P2 橋脚、および A1・A2 橋台については、要素分割についての影響はなかった。上部工に関しては、床版や主桁を通常のモデル作成以上に細かく分割して作成しているため、パーツ数が多くなり、それだけ作成に時間を要していると想定できる。

2) 概略 3 次元モデルの作成

橋梁と地形情報を Navisworks で統合した概略 3 次元モデルを作成し、クリックで詳細 3 次元モデルが開くようリンク付けた。図 3-33 に作成した概略 3 次元モデルを示す。

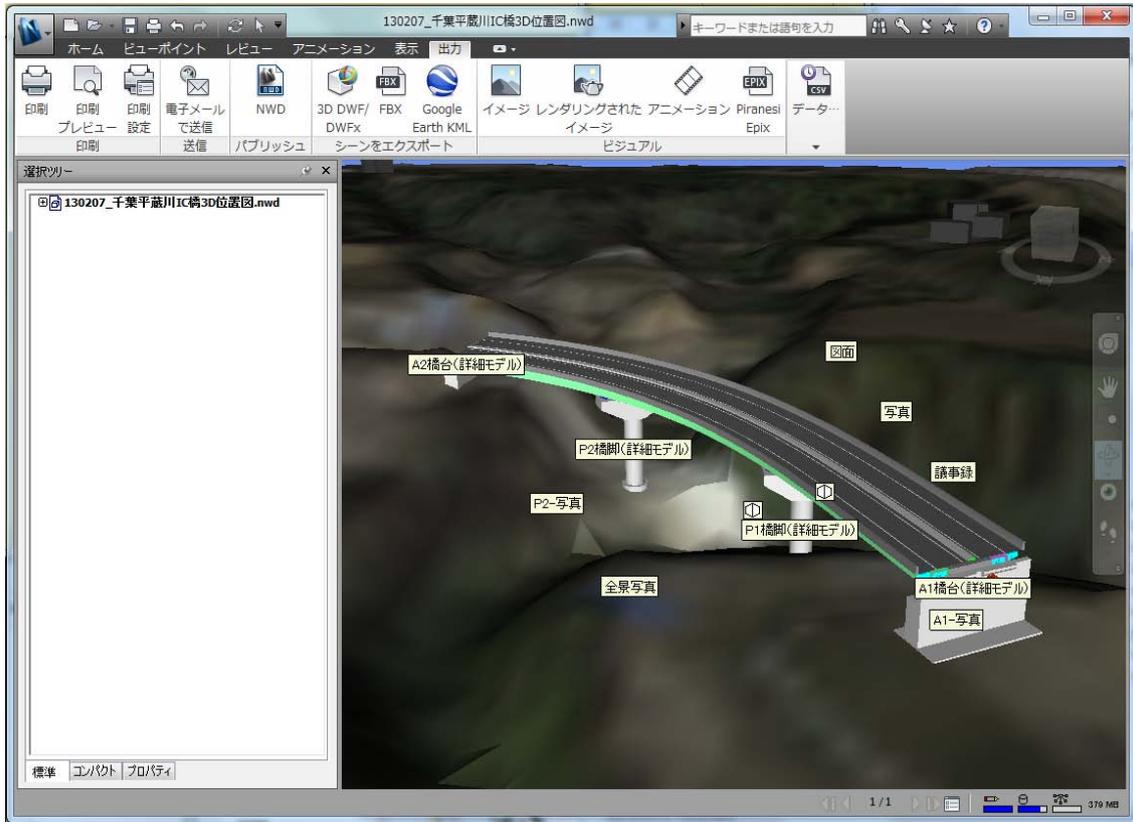


図 3-33 作成した概略 3 次元モデル

概略 3 次元モデルの A1・A2 橋台、P1・P2 橋脚、および上部工の部分に、それぞれの詳細 3 次元モデルへのリンクを設定した。また、情報共有サーバ上の「01_図面」「02_写真」「03_協議記録」フォルダへのリンクを橋梁モデル外の場所に設定した。

3) 詳細 3 次元モデルへの属性情報の付加

Revit 2013 で作成した詳細 3 次元モデルに属性情報を付加した。先述した直接保存する属性情報 11 項目を「プロジェクトパラメータ」として設定し、属性情報としてすべての要素に付加した。また、詳細 3 次元モデルには、直接、部材要素等の情報を持たせるとともに、点検・補修記録とリンク付けた。図 3-34 に情報を保存した詳細 3 次元モデルを示す。

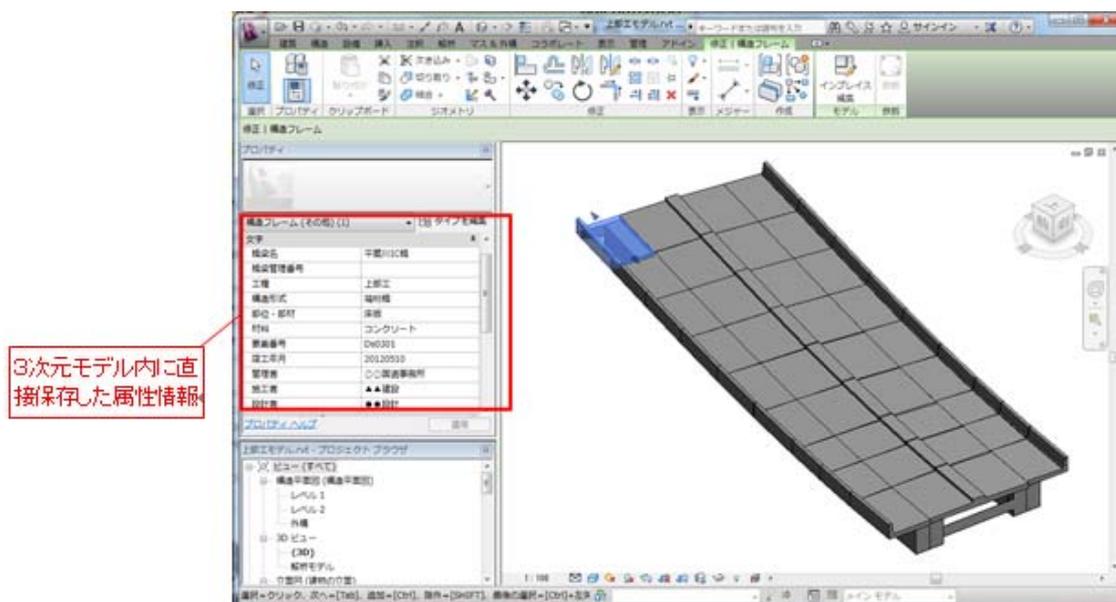


図 3-3 4 情報を保存した詳細 3 次元モデル

ハイパーリンクさせる属性情報は、ファイル共有サービスである Buzzsaw 上にデータを保存するフォルダを作成し、概略 3 次元モデルと詳細 3 次元モデルにリンク付けた。フォルダは、図 3-35 に示す 9 項目を作成した。



図 3-3 5 ハイパーリンクさせるフォルダ

このうち、「01_図面」「02_写真」「03_協議記録」については、橋梁全体に係る情報であることから、概略3次元モデルとリンク付けた。「04_点検記録」「05_補修記録」「06_施工（品質）記録」「07_設計図書」「08_仮設残置物記録」「09_添架物記録」については、維持管理の段階で追加・更新される情報であることから、詳細3次元モデルとリンク付けた。

5. 橋梁の維持管理における3次元データ利用に関するヒアリング調査

提案したシステムの効果や課題を確認するため、本システムのプロトタイプを作成し、橋梁の維持管理業務に従事する6事務所の現場担当者に対してシステムの説明とデモを実施した。プロトタイプシステムを具体的に提示することで、維持管理担当者に、実際の維持管理の現場へ導入して役立ちそうかどうか、利用イメージについてどのような課題がありそうか、統合する情報の過不足について意見を収集した。ヒアリング対象者を表3-16、ヒアリングの結果を表3-17に示す。

表 3-16 ヒアリング対象者一覧

ヒアリング対象者	
関東地方整備局	
中部地方整備局	岐阜国道事務所
関東地方整備局	東京国道事務所 品川出張所
関東地方整備局	千葉国道事務所
関東地方整備局	常陸河川国道事務所 日立国道出張所／土浦国道出張所
関東地方整備局	横浜国道事務所

表 3-17 事務所へのヒアリング結果

観点	意見
維持管理業務で役立つか	維持管理業務において、3次元モデルをプラットフォームとしたプロトタイプシステムは概ね役立ちそうである。たとえば、前回点検時に損傷度Cランク以上の箇所を抽出し3次元モデル上でビジュアライズできれば、とても便利である。また、情報を一ヶ所に統合することや、点検結果と3次元モデルを双方向に関連付けて参照できるシステムを構築できれば、参照がし易く便利である。
利用イメージについての課題	情報の重複管理にならないよう、MICHIや全国道路橋マネジメントシステム等の既存のデータベースとプロトタイプシステムを関連付け、効率的に運用することが望ましい。また、既設橋梁のデータベース化については、2次元図面や写真をプラットフォームとする簡易なシステムを構築することが効果的と考える。
統合する情報の過不足	維持管理業務において、現地の状況を確認するための地形の詳細な3次元データや、多くの写真データが保存されていると便利である。また、施工時の仮設残置物や添架物、占有物件の情報が非常に有用であるため、事前に閲覧できるようあらかじめ入力しておく仕組みが必要である。

ヒアリングの結果から、本研究で提案したシステムが橋梁の維持管理業務において一定の有効性を持つことが確認できた。また、橋梁の維持管理業務の現場では、業務計画の作成や現地の状況確認を3次元モデル上で実施できることへの期待が大きいことがわかった。

一方、本システムの導入にあたって、対象橋梁の3次元モデルを作り込む必要があるため、従来は維持管理段階で負担していた作業を設計業務に含めることによる設計業務の費用的かつ時間的な負担が増大することや業務の方法が変わることを懸念する意見もあった。

6. 課題と今後の展開

本研究では、各種データの一元管理および橋梁事業の効率化を目的として、3次元モデルを用いた維持管理のための情報統合システムのプロトタイプを構築し、その効果を確認した。本システムを導入することによって、従来、保管場所が決まっておらず担当者が個人で保管している等、様々な場所に散在していた資料を一元的に管理できることから、保管場所の省スペース化に繋がり、検索の効率も良くなると考えられる。何よりも、一元的に管理することは情報鮮度の確保にも繋がり、誰もが最新のデータをインターネット経由で共有、閲覧できることは大きな効果であると考えられる。また、3次元モデル上の部位や空間的な位置に対して関連する資料をまとめて紐付けることが出来るため、災害発生時等の迅速な対応が必要な場面に必要な資料のみを効率的かつ即座に参照、収集可能であることから、災害対応業務の効率化も期待できる。さらに、構造物と地形の3次元モデル、およびリンクされた写真等から空間的な位置関係と現場の状況を把握し易いため、事務所で詳細な業務計画を立てやすく、結果的に現場へ赴く回数の削減に繋がると考える。

本システムを導入するには、維持管理のための3次元モデル作成の費用を設計業務に含めて発注する必要があるが、一方で、フロントローディングによって維持管理段階での負担は減少し、全体最適化に繋がると考えられる。しかし、3次元技術に対応する設計技術者やオペレータが少ないことから、発注者および受注者ともに人材の育成が急務と考える。また、3次元モデルを基盤とした業務に対応した制度整備も必要になる。さらに、導入と普及にあたっては、3次元データ流通のメリットを十分に周知するために、本システムを用いた試行業務を実施していく必要があると考える。

橋梁の維持管理における情報統合システム構築の重要なポイントとして、3次元モデルの用途拡充と既存データベースとの情報統合が挙げられる。橋梁の維持管理業務において、3次元モデルによる計画作成や高度なシミュレーションへの期待は大きいですが、3次元モデルや3次元データの実用的かつ導入の容易な用途は依然乏しく、更なる用途の拡充について、調査と検討を進める必要がある。また、既存資産の有効利用の観点から、MICHIや全国道路橋マネジメントシステム等の既存の維持管理システムと3次元モデルとの連携を念頭に置いて検討を進める必要がある。

既設橋梁については、詳細な3次元モデルを新たに作成して情報を関連付けるのが望ましいが、対象橋梁数が多く、費用的にも時間的にも実施は困難であることから、既存資産の2次元図面や写真をプラットフォームとした情報の統合、および既存資産からの簡易な3次元モデル及び3次元表現の自動作成等について検討が必要である。

今後は、これらの検討に加えて、BIMソフトにおける土木向け機能の拡充をソフトウェアメーカーへ働きかけ、橋梁事業への3次元モデルの本格導入に向けて研究を進める予定である。