

I S S N 1880-0114

国総研プロジェクト研究報告第43号

平成26年3月

国土技術政策総合研究所 プロジェクト研究報告

PROJECT RESEARCH REPORT of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.43

March 2014

3次元データを用いた設計、施工、維持管理の
高度化に関する研究

Research on Advancement of Design, Construction and Maintenance Management Using 3D-Data

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

3 次元データを用いた設計、施工、維持管理の高度化に関する研究

藤本 聰 (平成 22 年 4 月～平成 23 年 3 月)	*
上田 敏 (平成 23 年 4 月～平成 24 年 8 月)	**
塚田 幸広 (平成 24 年 8 月～平成 25 年 3 月)	***

Research on Advancement of Design, Construction and
Maintenance Management Using 3D-Data

Satoshi Fujimoto (2010.4~2011.3)	*
Satoshi Ueda (2011.4~2012.8)	**
Yukihiro Tsukada (2012.8~2013.3)	***

概要

本プロジェクト研究は、現状の2次元設計から円滑に3次元化技術へ移行するために、簡易な3次元モデルの設計、施工、維持管理での流通、利活用技術を開発することが目的である。また、3次元情報の利活用にあたっては、従来の2次元情報を利用した設計、施工、維持管理における仕事のやり方とは異なることから、3次元情報を扱う情報化施工の監督検査等の基準類の見直しを行った。

キーワード : 3 次元モデル、情報通信技術、情報化施工

Synopsis

This research aimed to develop the technology for utilization and distribution of simple 3D-Data at phases of design, construction and maintenance in order to smoothly shift the phases from 2D to 3D-based. Also, standards for the management of Intelligent construction architecture has been revised because utilization of 3D-Data is different from way of work in design, construction and maintenance using 2D-data.

Key Words : 3D-Model, Information and Communication Technology,
Intelligent Construction Architecture

*～***

高度情報化研究センター

Research Center for Advanced
Information Technology

目次

第1章 研究の概要	1
1. 研究の背景・目的.....	1
2. 研究の内容	5
3. 研究体制、スケジュール.....	10
第2章 2次元を3次元化するデータ交換標準の策定	12
3次元設計データ交換標準（道路、河川堤防）の策定	
1. はじめに.....	12
2. 3次元設計データ交換標準（案）の策定	14
3. 施工現場でのデータ修正場面を想定した現場利用マニュアルの作成	21
4. 3次元設計データ交換標準のサンプルデータ及びデータ作成ノウハウ集の作成	24
5. 3次元設計データに係わる電子納品運用ガイドラインの作成.....	28
6. ソフトウェア開発の支援.....	31
7. 課題と今後の展開.....	33
TSを用いた出来形管理の施工管理データ交換標準の策定	
1. はじめに.....	34
2. データ交換標準（案）Ver4.0の開発コンセプト	36
3. データ交換標準改訂に向けた検討.....	39
4. Ver4.0の特徴とVer2.0からの変更点	42
5. 課題と今後の展開.....	46
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	47
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	
1. はじめに.....	47
2. 下流工程へ流通させる3次元データ	47
3. 橋梁工事における3次元データ流通の現場試行	50
4. 3次元モデルの標準仕様の検討	60
5. 運用ガイドラインに基づいた現場試行	67
6. 課題と今後の展開	73

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の作成	
1. はじめに.....	74
2. システムのイメージ.....	74
3. 橋梁および周辺地形の3次元モデル化.....	82
4. プロトタイプシステムの作成.....	89
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.....	94
6. 課題と今後の展開.....	95
第4章 情報化施工を普及・定着させるための基準類の策定	97
TS を用いた出来形管理要領および監督検査要領の策定	
1. はじめに.....	97
2. TS を用いた出来形管理要領および監督検査要領の検討.....	97
3. 課題と今後の展開.....	108
TS を用いた出来形管理の機能確認ガイドラインの作成	
1. はじめに.....	109
2. TS による出来形管理の概要とシステム構成	110
3. 機能確認ガイドラインの策定に向けた経緯.....	111
4. 機能検証に向けた運用の検討.....	112
5. 機能確認ガイドラインの策定.....	115
6. 課題と今後の展開.....	119
第5章 研究成果の活用	120
第6章 今後の展開	121
成果一覧	124
参考文献	126
巻末資料	127
1. 研究評価委員会説明資料	128
2. 用語集	137

※本報告における3次元技術等に関する専門用語は、巻末資料の**2.用語集**にて解説

研究担当者一覧

プロジェクトリーダー

平成 22 年度

高度情報化研究センター長

藤本 聰

平成 23 年度

高度情報化研究センター長

上田 敏

平成 24 年度

高度情報化研究センター長

上田 敏 (8 月まで)

塙田 幸広 (9 月以降)

プロジェクトメンバー

平成 22 年度

高度情報化研究センター 情報基盤研究室 室長	遠藤 和重	(10 月まで)
	平城 正隆	(11 月以降)
主任研究官	青山 憲明	
主任研究官	梶田 洋規	
研究官	北川 順	
研究官	井星 雄貴	
交流研究員	東耕 吉孝	(現三菱電機)

平成 23 年度

高度情報化研究センター 情報基盤研究室 室長	平城 正隆	(6 月まで)
	重高 浩一	(7 月以降)
主任研究官	青山 憲明	
主任研究官	梶田 洋規	
研究官	北川 順	
研究官	井星 雄貴	

平成 24 年度

高度情報化研究センター 情報基盤研究室 室長	重高 浩一	
主任研究官	青山 憲明	
主任研究官	梶田 洋規	
研究官	北川 順	
研究官	谷口 寿俊	(8 月以降)

第1章 研究の概要

1. 研究の背景・目的

現在、わが国は、急速な少子高齢化による本格的な人口減少社会を迎えようとしており、建設事業への予算・人材の確保が難しくなっている。また、高度経済成長時代に建設されたインフラの老朽化が進んでいる。

図1-1は、建設投資額及び建設業就業者の推移を示したものである。建設業就業者数は、1997年（685万人）をピークとしてその後は減少が続いている。また、建設投資額も1992年（84.0兆円）をピークに減少が続いており、2011年にはピーク時の50%まで減少している。

図1-2は、土木技術者の年齢別割合を示したものである。2012年は、2004年に比べて若年層が減少する一方で、50代以上の高齢層の割合が増加し、高齢層が全体の半数以上を占めている。今後も、この傾向が続くのであれば、建設業就業者数の減少とあわせて、今後建設事業を担う若手、中堅の人材の不足は、より深刻になる。

図1-3は、建設業の労働生産性を、全産業及び製造業とで比較したものである。1990年代前半は、建設業と製造業の労働生産性は同じ水準であったが、製造業の労働生産性は年々増加する一方で、建設業の労働生産性は減少している。これは、建設生産の特殊性（単品受注生産等）、および事業費の減少時期と比べて就業者の減少時期が遅いことに起因するが、製造業では生産システムにCAD、CAMなどによって設計、製造の自動化が図られている一方、建設業では生産システムへのICT導入が遅れていることも、要因の1つとして考えられる。

図1-4は、建設後50年を経過するインフラの割合の年度毎の推移を示したものである。20年後の平成43年度には、50年を経過するインフラの割合が半数を超えると予想されており、適切なインフラ管理が最重要の課題となる。

上記のように、予算、人材の縮減のなかで、建設生産の品質を確保するとともに、高齢化するインフラを適切に管理するには、ICTを活用した建設生産システムの高度化が早急に求められている。



図 1-1 建設投資額及び建設業就業者数の推移（日本建設業連合会より）

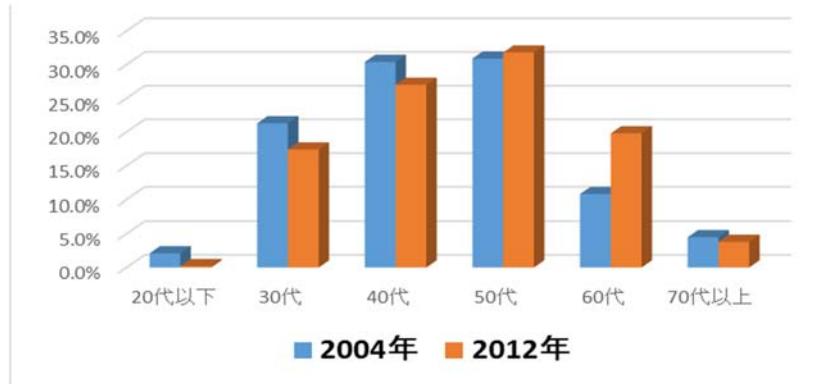
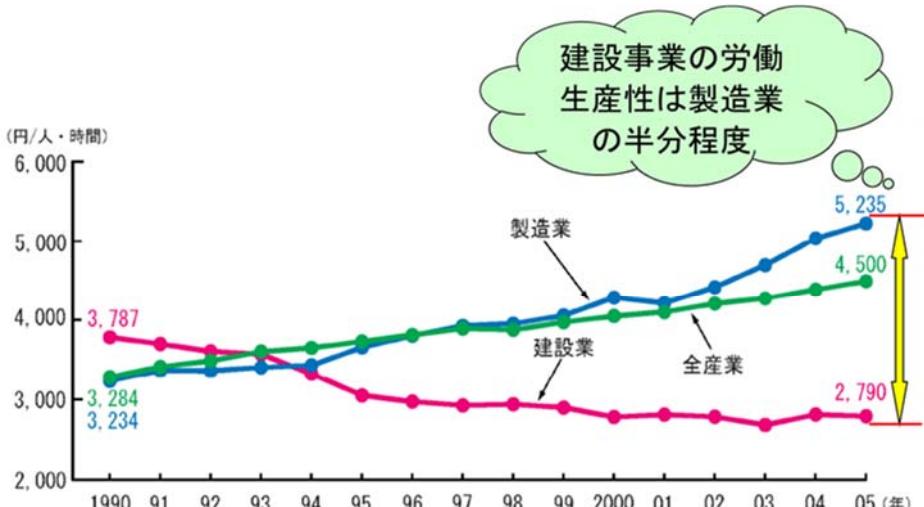


図 1-2 土木技術者の年齢別割合



(出展)「建設業ハンドブック2007」(社団法人 日本土木工業協会):生産性と技術開発

図 1-3 建設業の労働生産性の推移（日本建設業連合会より）

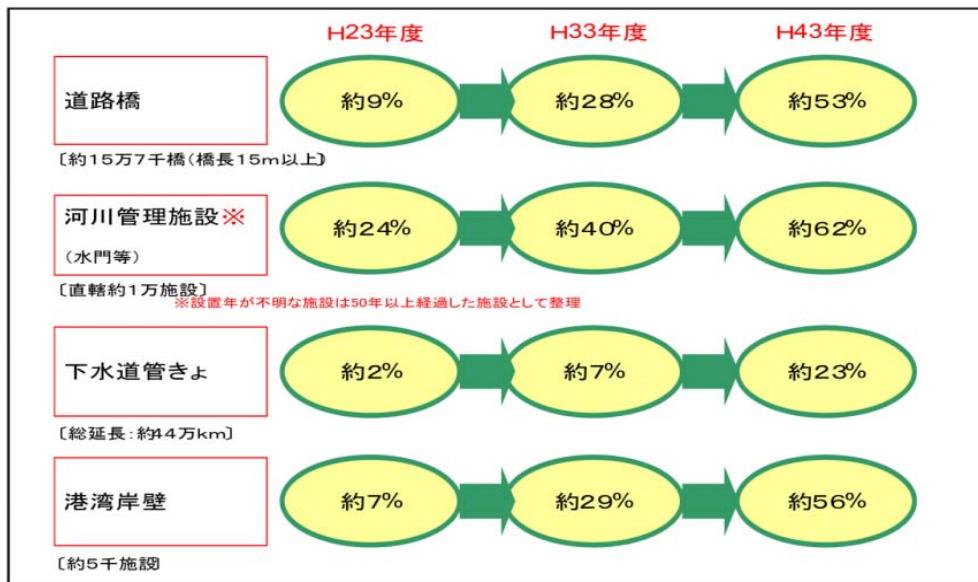


図 1-4 建設後 50 年を経過するインフラの割合

このような状況のもと、建設事業では CALS/EC の推進によって、調査設計業務や工事の成果品の電子化や 2 次元図面の CAD 化など、紙を電子化したレベルの情報交換、共有、保管、データの再利用が行われてきている（図 1-5）。このうち、図面に関しては、「2 次元 CAD データフォーマット（SXF）」や「CAD 製図基準」を策定して、CAD データが再利用しやすい環境が構築されている。また、情報化施工では、情報化施工に対応する技術基準として「TS（トータルステーション）を用いた出来形管理要領」を策定した。しかし、現状の課題としては、効率的な情報の蓄積管理、CAD データによる図面の修正、再利用の効率化が実現されるものの、紙資料や図面を基にした業務をベースとしており、抜本的に業務を効率化するまでには至っていない。



図 1-5 C A L S / E C に関する研究成果

一方、製造業では、CAD、CAM といった 3 次元情報技術を導入し、設計、製造のシミュレーションや自動化によって生産性向上に寄与している。同様に建設事業においても 3 次元情報技術の導入が必要と考えられている。

しかし、建設事業での 3 次元 CAD の導入・普及には至っておらず、製造業のような 3 次元 CAD、CAM を利用した設計、施工の自動化の実現は、将来的な目標とならざるを得ない。このため、本プロジェクト研究では、現状の業務を大きく変えず、今あるソフトウェアを少し高度化することで 3 次元技術を活用できる技術開発を目指していく方針とした。

本研究では、現状の 2 次元設計を前提として、2 次元設計から円滑に 3 次元化技術へ移行するために、簡易な 3 次元モデルの設計、施工、維持管理での流通、利活用技術の開発を目的とする（図 1-6）。また、3 次元情報の利活用にあたっては、従来の 2 次元情報を利用した設計、施工、維持管理における仕事のやり方とは異なることから、それを規定する基準等の見直しも必要となる。そのため、3 次元情報を扱う情報化施工の監督検査基準等の見直しも行っていく。

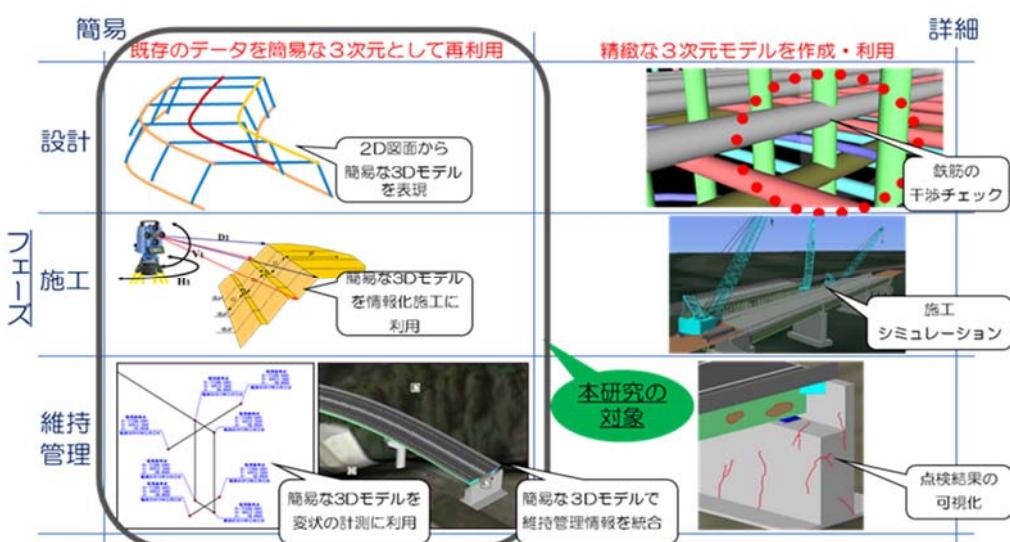


図 1-6 本研究の対象（簡易な 3 次元モデルの流通、利用技術）

2. 研究の内容

本プロジェクトでは、「設計～施工～維持管理（災害対応を含む）」のうち、「設計～施工」については情報化施工技術が導入され始めた「土工、舗装工」を対象とし、「設計～維持管理」については今後の維持管理が問題となり注目されている構造物の中から「橋梁」を対象として検討を進めることとした。

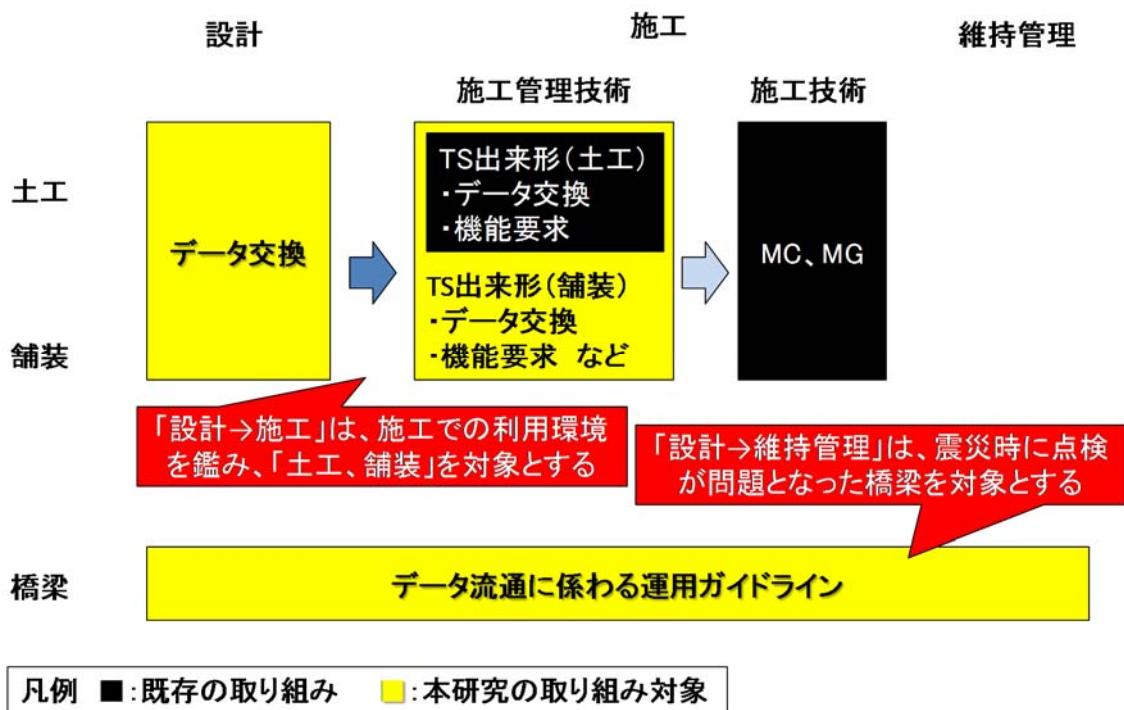


図 1-7 本研究の取り組み対象

本プロジェクトは、3次元データを利用したICTを積極的に活用して、設計・施工・維持管理の効率化を図るため、具体的なテーマとして①～③を設定し、実施した。

- ① 2次元で設計したデータを3次元化するデータ交換の標準の策定
- ② 設計～維持管理に渡り3次元データが流通・利用できる環境の構築
- ③ 情報化施工技術を普及・定着させるための基準類の策定

上記①～③について、本プロジェクトで実施した研究を表1-1に示す。以下に、①～③の研究の概要を述べる。

表 1-1 本プロジェクトで実施した研究

研究	
1	3 次元設計データ交換標準（道路、河川堤防）の策定
2	TS を用いた出来形管理の施工管理データ交換標準の策定
3	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
4	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の策定
5	TS を用いた出来形管理要領及び監督検査要領の策定
6	TS を用いた出来形管理の機能確認ガイドラインの策定

【2次元を3次元化するデータ交換標準の策定】

本研究テーマは、情報化施工や施工段階での設計変更等に 3 次元設計データを利用するため、道路の 3 次元形状をモデル化した「3 次元設計データ交換標準の策定」、及び TS を用いた出来形管理において、設計データ作成、出来形計測、工事帳票作成、維持管理への引き継ぎなどの場面での円滑なデータ流通のために、「TS を用いた出来形管理の施工管理データ交換標準の策定」を実施した。

図 1-8 は、3 次元設計データ交換標準の策定の概要を示す。道路設計では、道路設計専用 CAD を利用した設計が実施されるが、システムでは設計自動化のために、2 次元データである平面線形、縦断線形、横断形状をパラメトリックなモデルとして扱って設計を行う。平面線形、縦断線形、横断形状を組み合わせることで 3 次元モデルが構築できることから、図 1-8 に示すような 3 次元形状のデータ交換を策定した。2 次元の設計パラメータをモデル化しているので 2 次元 CAD でも作成可能であり、設計変更に対して柔軟に対応でき、情報化施工（TS 出来形管理）で利用可能なモデルとなっている。

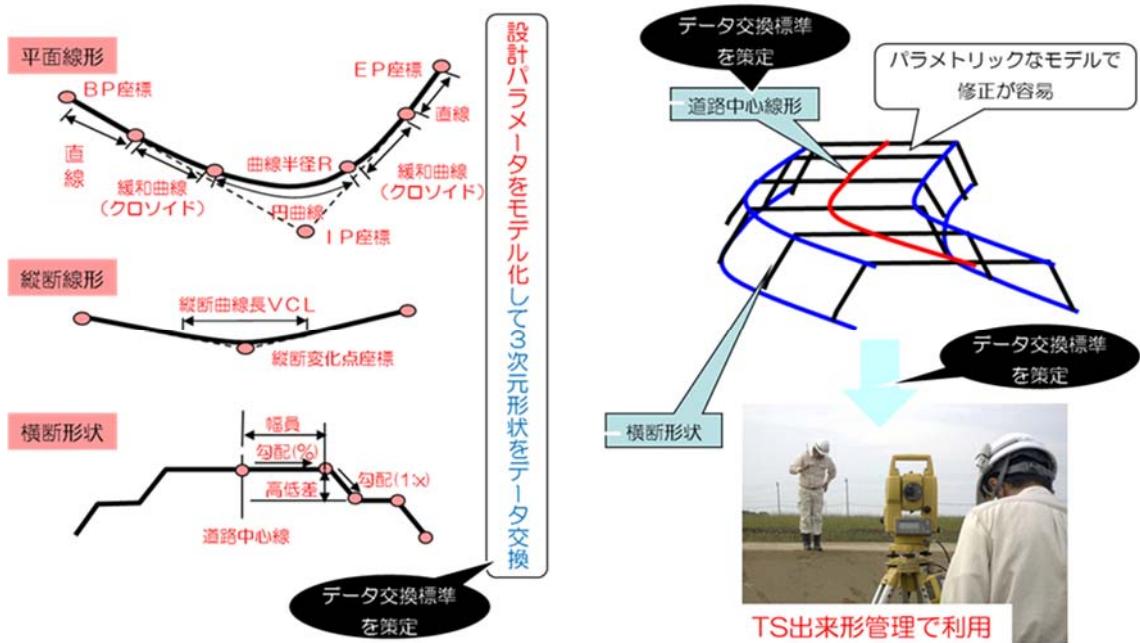


図 1-8 2 次元を 3 次元化するデータ交換標準

【設計～維持管理に渡り 3 次元データが流通・利用できる環境の構築】

3 次元データの高度利用方法として、3 次元設計、部材の干渉チェック、3 次元システムを用いた各種シミュレーション、2 次元図面では容易に把握が難しい複雑な構造や不可視部分の可視化などが考えられる。しかし、これを実現するためには、詳細な 3 次元モデルを作成しなければならず、3 次元 CAD 利用が一般化していない状況では、この実現は将来目標となる。このような将来目標を見据えて、現時点で実現可能な 3 次元データの流通、利用技術を提案し、現場に普及する研究を実施する。データ作成が容易な簡易 3 次元データを利用して 3 次元化のメリットを享受することで、現場導入の利用環境が徐々に整備されていくことを期待する。

図 1-9 に、橋梁の 3 次元データの流通に係わる運用ガイドライン作成に関する研究の概要を示す。維持管理に必要な 3 次元情報として、災害時の橋台、橋脚の変位を監視するために 3 次元座標を提案し、3 次元座標を流通、管理するための研究を実施した。3 次元データの利用として、詳細なモデルを作成しなくとも、維持管理で必要な 3 次元座標を簡易なモデルに取り込んで利用することにより、無理なく 3 次元技術が現場事務所に普及することを期待したものである。現場試行で効果を確認し、運用ガイドラインを作成した。

図 1-10 に、3 次元モデルを用いた統合情報システムのプロトタイプ作成に関する研究概要を示す。維持管理における簡易な 3 次元モデル利用方法の提案であるが、3 次元モデルに紐付けることで 3 次元位置空間に関連して情報の管理ができる。維持管理で必要な情報は、取り扱いに情報リテラシーが必要な 3 次元モデルを持たせるのではなく、外部にある情報共有サーバで管理させるシステムを構築し、現場事務所への導入しやすいものとした。

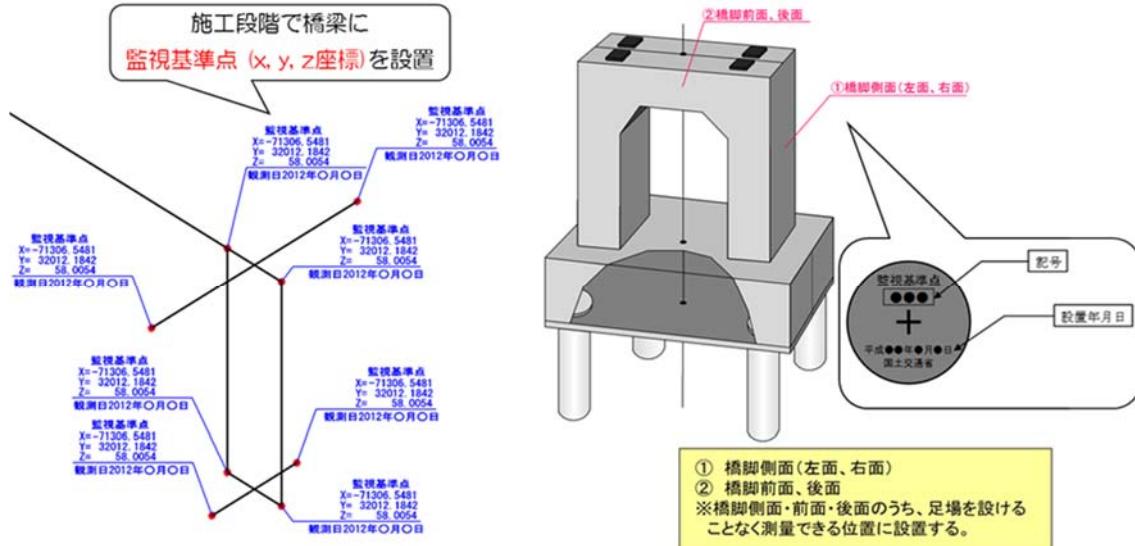
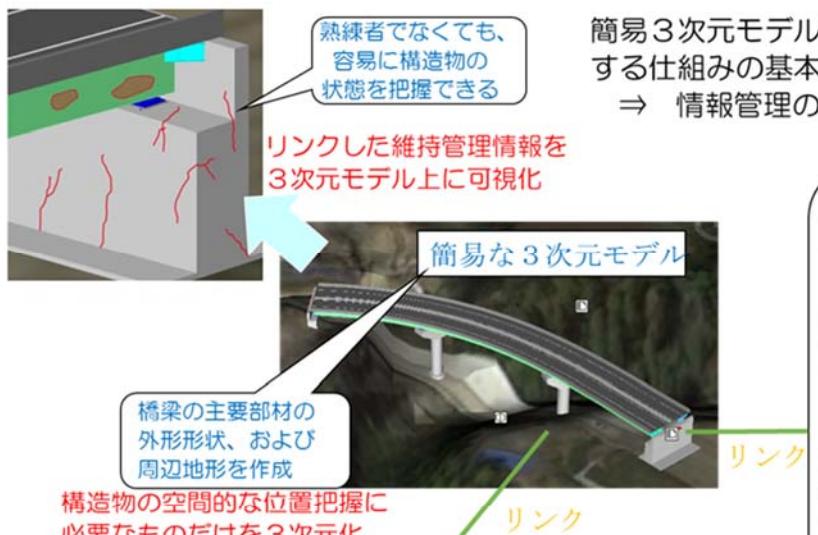


図 1-9 橋梁の変位を計測する監視基準点（3次元座標データ）の流通、利用



簡易3次元モデルに維持管理情報を集約する仕組みの基本概念を整理 ⇒ 情報管理の一元化

点検記録・写真			
	部 材	損 傷	箇所数
構種	構	腐食 ボルト脱落 破断	19 0 0
	床版	ひびわれ 錆防薬出 抜け落ち	4 0 0
	下部工	ひびわれ 鉄防薬出	0 10
	支承	下部工損傷 機械障害	0 25
伸縮装置		損傷	5
機 數		63	
実構梁数		28	
点 検 数		36	
損 傷 率		78%	

構造物の空間的な位置把握に
必要なものだけを3次元化

橋梁の属性情報					
橋梁基本情報		橋梁構造		橋梁性能	
橋梁区分	本線橋	橋梁形式	鋼単純合成板	橋梁区分	1等級
橋梁種別	高架橋	橋梁延長	22.80	上部構造	昭和39年鋼道路設計橋示方書
分割区分	上下線一本	橋面積	250.8	下部構造	昭和39年鋼道路設計橋示方書
事業区分	街路	絆径間数	1	耐震構造	平成8年道路橋示方書
架橋状況	道路上	平面形状	斜橋		
交差物名称	市道〇〇号	平面形線	○○		
堆害地域区分	D	綫形勾配	+0.5		

図 1-10 3次元モデルを用いた統合情報システムのプロトタイプ作成

【情報化施工技術を普及・定着させるための基準類の策定】

情報化施工技術の普及、定着させるために、情報化施工に長けていない施工者、監督職員でも、情報化施工の効果を十分に発揮できるように、情報化施工に適した業務のやり方を示す必要がある。このため、「TS を用いた出来形管理要領」、および「TS を用いた出来形管理監督検査要領」を策定し、これらに基づく現場試行を実施した。

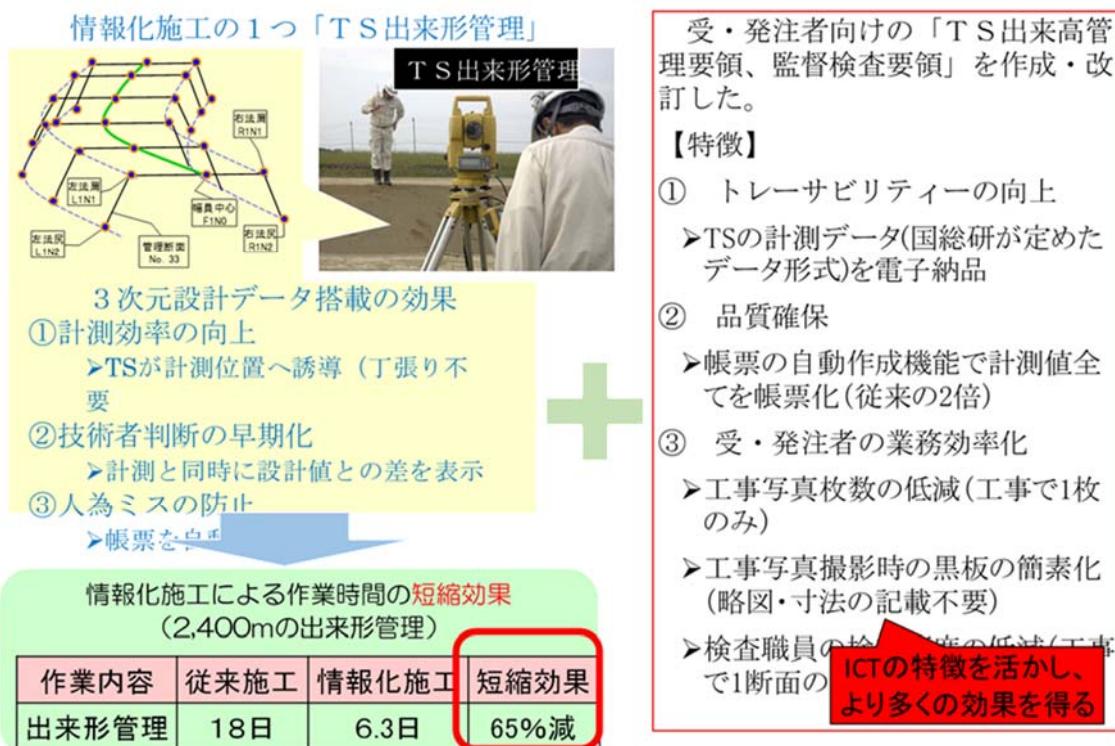


図 1- 11 情報化施工の効果を発揮するための基準類の策定

3. 研究体制、スケジュール

本プロジェクト研究の研究体制を図 1-12 に示す。

道路局、水管理国土保全局から道路、河川事業に 3 次元データを利用するためのリクワイアメントを受けるとともに、大臣官房技術調査課及び公共事業企画調整課で策定した CALS/EC、CIM、情報化施工の施策および全体計画と連携を図りつつ研究を行った。また、各地方整備局の協力の下で現場試行を実施して、本プロジェクト研究で得た研究成果の効果や課題を確認した。さらに、実務を行う建設業及びソフトウェア開発の関係団体と連携した研究体制を構築した。

この結果、実務に基づく有効性や実現性の高い研究成果が得られ、円滑に施策へ反映できる等、成果利用の観点から効率的に研究を実施できた。

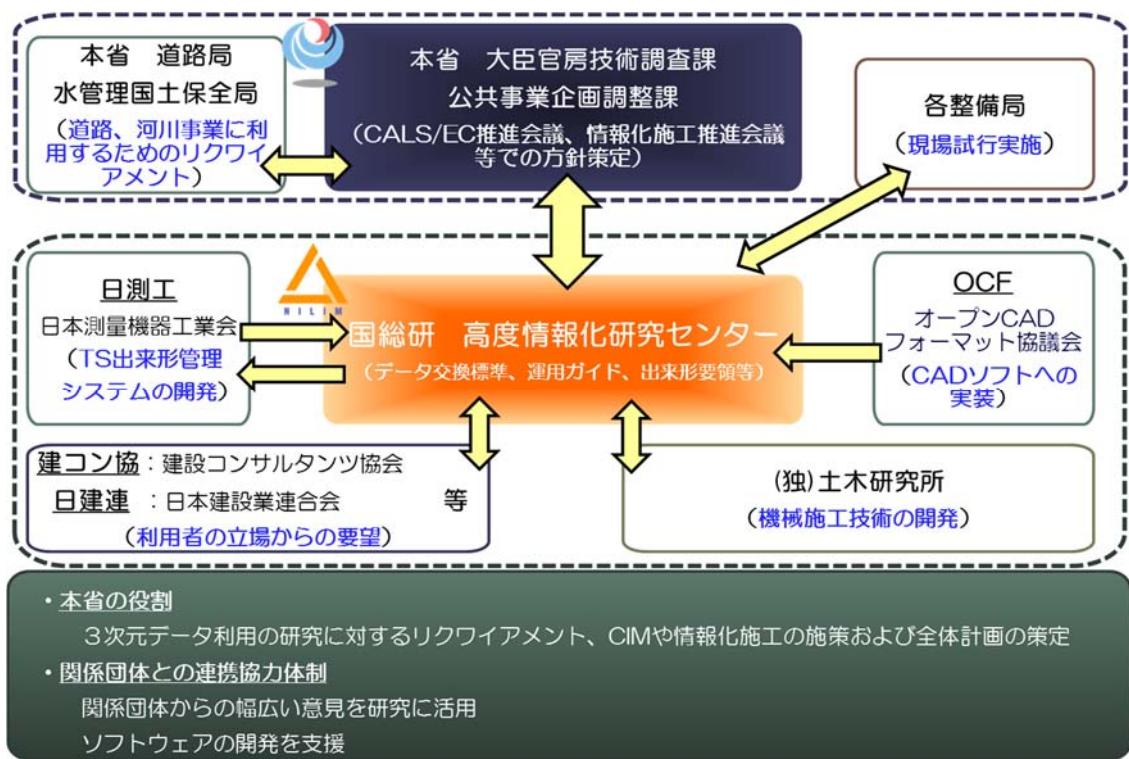


図 1-12 研究実施体制

また、本プロジェクト研究のスケジュールを表 1-2 に示す。

本プロジェクト研究では、平成 22~24 年度の 3 カ年の研究期間で実施した。情報基盤研究室で実施してきた過年度研究の成果を受けて、データ交換標準、要領・基準類、運用ガイドライン等を策定した上で適用性を検討してブラッシュアップしていくといった計画で実施した。また、研究が進んでいるテーマについては現場運用が行われているので、最終年度は現場へのフォローを実施した。

表 1-2 研究スケジュール

研究		実施年度		
		H22 H23		H24
1	3 次元設計データ交換標準 (道路、河川堤防) の策定	標準案策定	標準案検証	運用検討
2	TS を用いた出来形管理の施工管理データ交換標準の策定	舗装工への導入検討	舗装工対応版の策定	現場運用・フォロー
3	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	橋梁 3 次元データ運用 ガイドライン策定	現場試行	現場試行 ガイドライン修正
4	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の策定		維持管理での利用方法 検討	プロトシステム開発、 検証
5	TS を用いた出来形管理要領及び監督検査要領の策定	舗装工への導入検討 土工編の改訂	舗装工事編の策定	現場運用・フォロー H25 からの計画策定
6	TS を用いた出来形管理の機能確認ガイドラインの作成	舗装工への導入検討 土工編の改訂	舗装工事編の策定	現場運用・フォロー

第2章 2次元を3次元化するデータ交換標準の策定

3次元設計データ交換標準（道路、河川堤防）の策定

概要：設計段階で3次元データを作成し施工段階へ流通することが出来れば、情報化施工やTS出来形管理での活用により事業の効率化が図れると考えられる。本研究では、3次元設計データを流通させるに当たり、各関係団体への意見照会を行い、情報化施工への適用性を確認しつつ3次元設計データ交換標準を策定した。また、施工現場での運用を検討した現場利用マニュアルの作成、3次元設計データを流通させるための電子納品運用ガイドラインの作成や対応ソフトウェア開発の支援を実施した。

1. はじめに

(1) 研究目的

現在、情報化施工の実績が増加しており、トータルステーションを利用した出来形管理（以下TS出来形管理）が定着してきている。ただし、そのためのデータは2次元図面を元に施工者が3次元データに変換している状況である。設計段階で作成した3次元データを流通することで事業全体の効率化を図ることが望まれている。ここで、「3次元設計データ交換標準（案）」は、道路事業、河川事業に関する設計及び工事において、必要となる情報の内容及びデータ構造・形式を定めたものである。

本研究では、3次元設計データ交換標準（案）を情報化施工、TS出来形管理での活用を想定し、関係機関への意見照会を行って策定する事で、事業の効率化に寄与することを目的とした。また、3次元設計データの適正を確認するとともに、施工段階で運用するために必要な利用マニュアルやソフトウェア開発支援を実施した。

(2) 全体スケジュール

本研究では表2-1にしめす項目およびスケジュールで実施した。以下に各項目の概要を示す。

1) 3次元設計データ交換標準（案）の策定

3次元設計データ交換標準（案）を策定するに当たっては、各関係団体へ意見照会し要望を踏まえて修正を行った。また、先行して策定された「TS出来形管理データ交換標準」と整合が取れるよう、用語の整理を行った。道

表2-1 研究項目とスケジュール

検討項目/実施年度	H22	H23	H24
1. 3次元設計データ交換標準（案）策定			
各関係団体への意見照会の整理と標準への反映			→
道路と河川を統合したデータ交換標準の検討		→	
3次元設計データ交換標準（案）のLandXML化の検討			→
2. 施工現場でのデータ修正画面を想定した現場利用マニュアルの作成			
現場利用マニュアルの作成		→	
実データを用いた机上検証		→	
3. 3次元設計データ交換標準のサンプルデータ及びデータ作成のノウハウ集の作成		→	
サンプルデータ作成		→	
ノウハウ集の作成		→	
4. 3次元設計データに係わる電子納品運用ガイドラインの作成			→
5. ソフトウェア開発の支援		→	
ソフトウェア開発者からの問合せに対する対応		→	
ソフトウェア開発に必要となるデータ辞書作成		→	

路と河川堤防を別途検討していたが、3次元設計データ交換標準を、データ交換標準のメンテナンス性やソフト開発の効率化につながると想定して統合を行った。

国際標準への対応として、海外の3次元CADソフトへの導入が進んでいるLandXMLへの対応方針を明確化するために、「3次元設計データ交換標準（案）」のLandXML化の対応を検討するとともに「LandXMLに準じた3次元設計データ交換標準（案）」を作成した。

2) 施工現場でのデータ修正場面を想定した現場利用マニュアルの作成

3次元設計データは、地形等の施工条件によって現場で修正したものを情報化施工で利用していることから、様々な修正場面を想定し、施工会社や建機リース会社などにヒアリングを行い、データ修正に係る実務で使いやすい現場利用マニュアルの素案を作成した。

また、机上検証により実現場のサンプルデータを利用して、3次元設計データ交換標準により適切にデータを作成することが可能である事を確認した。

3) 3次元設計データ交換標準のサンプルデータ及びデータ作成のノウハウ集の作成

3次元設計データ交換標準に基づくデータ作成の理解を深めること、および正確な3次元データ作成が困難である標準形ではない道路形状のデータ作成の参考にする目的に、作成にノウハウを必要とする事例のサンプルデータを10例程度作成し、作成における改善案を加えて3次元データ作成のノウハウ集を作成した。

4) 3次元設計データに係わる電子納品運用ガイドラインの作成

3次元設計データを流通させるに当たり、3次元設計データの電子納品の運用を照査・納品面から検討を行い、要領・基準等の改定案、特記仕様書の記載例を作成した。

5) ソフトウェア開発の支援

3次元設計データ交換標準（案）に対するソフトウェア開発者からの問い合わせに対して回答を作成し、データ交換標準（案）の修正を行った。3次元設計データを作成するためのソフトウェア開発において、用語の解釈やデータの必要となる精度を明確にした。

2. 3次元設計データ交換標準（案）の策定

（1）概要

平面線形と縦断線形を合わせた3次元中心線形については、道路中心線形データ交換標準が策定されているが、横断形状については、道路形状データ交換標準（素案）及び河川堤防形状データ交換標準（素案）が検討されてきた。この2つのデータ交換標準（素案）に対して、各関係機関への意見照会結果を実施し、修正案を作成した。また、道路形状、河川堤防形状のデータモデルは、多くのデータ項目が重複しており、データ利活用やデータ交換標準のメンテナンス性などを考慮し、道路形状、河川堤防形状を統合した3次元設計データ交換標準（案）を検討した。

加えて、平成24年度のCIM技術検討会において国際標準モデルを利用することを求める意見があり、海外で多数実装しているソフトウェアのあるLandXMLについて、「3次元設計データ交換標準（案）」が対応可能か検討を行った。さらに、LandXML1.2のスキーマに準じて表記した「LandXML1.2に準じた3次元設計データ交換標準（案）」を試作した。

（2）3次元データモデルの概要

道路の土工区間の3次元形状は、道路中心線に対して、直交する方向の横断形状を規定することで再現できる。平面線形及び縦断線形とも、パラメトリックの設計データを基にモデル化できる。横断形状要素も、横断構成要素の幅員、勾配、比高等のパラメトリックな設計データを基に形状をモデル化することができる。このような道路設計データを利用した3次元プロダクトモデルを作成すると、一部の設計パラメータを修正することで、オブジェクト指向をもつCADソフトでは全体の3次元形状の自動修正が可能となる。このため、3次元プロダクトモデルは、設計や設計変更の効率化につながると考えられる。

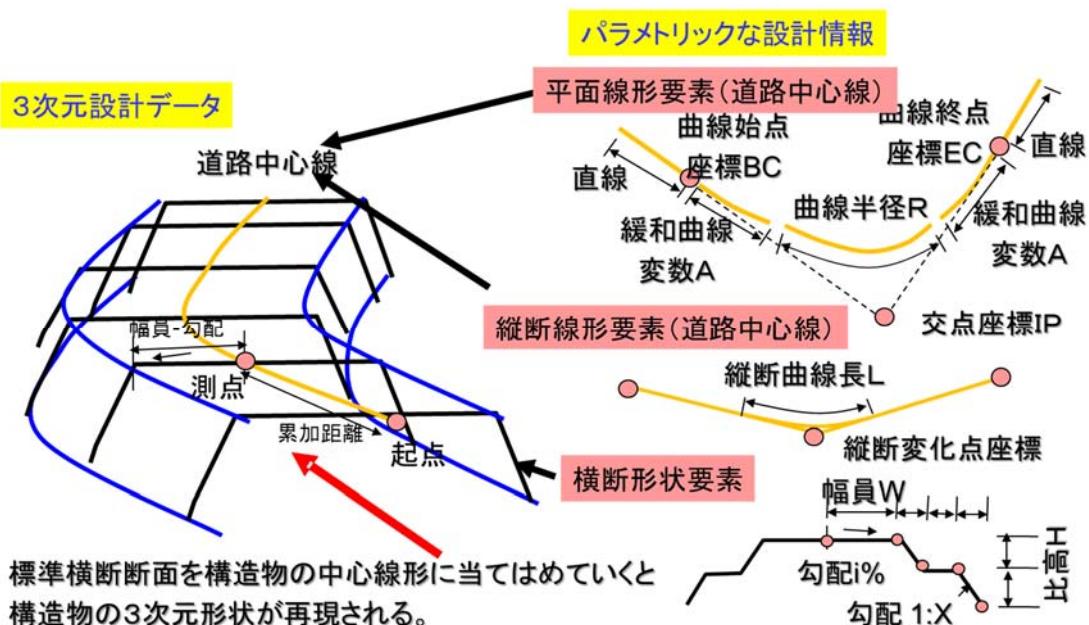


図2-1 3次元設計データモデルの概要図

本検討における3次元設計データ交換標準（案）では、断面定義パターン、要素定義パターンによってモデル化を行っている。断面定義パターン、要素定義パターンの概要を次に示す。

A)断面定義パターン		B)要素定義パターン	
A)断面定義パターン	B)要素定義パターン	A)断面定義パターン	B)要素定義パターン
モデルの定義方法	幅員・横断勾配・法面形状等、横断形状が変化するごとに断面を定義する。	断面を構成する要素ごとに、構造物の属性、要素の並び順、形状(要素幅・勾配・比高)を定義する。	
参考とした既存モデル	・LandXML/CrossSect要素 ・TSによる出来形管理に用いる施工管理データ交換標準(案)Ver.1.0	・LandXML/GradeModel要素 ・TS試行モデル ・国総研研究成果 Skelton Ver.1.1	
利用状況	・施工者: TS出来形管理データは、横断ごとにデータを入力・管理。断面定義パターンの考え方による。	・設計者: 道路設計ソフト等では、累加距離で幅員、勾配等を入力・管理。要素定義パターンの考え方による。	
対応可能と判断されるソフト※	・施工者が利用するTS出来形管理ソフト(建設システム、福井コンピュータ、CMIなど)	・設計者が利用する道路設計ソフト(MTC、川田テクノ、三英技研など) ・国総研が以前に開発	

図2-2 断面定義パターンと要素定義パターンの概要

図に示すように、断面定義パターンは、LandXML／CrossSect要素を参考に作成したモデルである。このモデルは、幅員・横断勾配・法面形状などが変化する毎に断面を定義するもので、設計の横断面図を見ながらデータ作成ができるメリットがある反面、設計思想が伝わりにくく、断面変化点が多い場合はデータ量が多くなるといった欠点もある。本研究で作成したモデルは、LandXML／CrossSect要素を参考に作成したが、LandXML／CrossSect要素との違いは、横断構成点の座標は、横断面の幅員、比高、横断勾配等の設計パラメータから算出するパラメトリックモデルにしたことである。

要素定義パターンは、LandXML／GradeModel要素を参考に作成したモデルである。このモデルは、車道、路肩、歩道、法面等、断面を構成する要素に着目し、要素ごとの形状変化点における幅員、比高、横断勾配を定義するものである。設計自動化が進む道路専用CADで用いられるモデルである。設計思想に基づくモデルであるので、少ないデータで3次元モデルが作成でき、設計変更があった場合のモデルの修正が容易である。ただし、欠点としては道路設計に精通していない利用者にとっては、やや難解である。

設計思想も含めてデータ交換ができ、少ないデータで3次元モデルが作成できる点で要素定義パターンが優れているが、施工でのモデルの運用やソフトウェアの対応を考慮し、本プロジェクト研究では、断面定義パターンと要素定義パターンの2案をモデル化している。

(3) 3次元設計データ交換標準（案）の修正

1) TS出来形管理データとの整合性

TSによる出来形管理に用いる施工管理データ交換標準（以下、「TS出来形管理データ交換標準」という。）と、3次元設計データ交換標準では、用語が異なるので、それぞれの違いを整理した上で、標準化を検討した。

基本的には、先行する標準であるTS出来形管理データ交換標準と整合を図る形で3次元設計データ交換標準を修正するが、一部、修正しない方針としたものを次に示す。

- falseの表記方法
- 属性値等の選択肢の英語表記

2) 意見照会結果を反映させた修正

3次元設計データ交換標準を修正するにあたり、素案を下記意見照会対象機関（建コン協、日建連、CADベンダー、測量機器工業会等）に対して意見照会を行った。その結果を整理し、回答案を作成するとともに必要に応じて3次元設計データ交換標準への反映を行った。意見照会対象期間と代表的な意見と回答案を以下に示す。

【意見照会対象機関】

- 一般社団法人建設コンサルタント協会CALS/EC 委員会
- 一般社団法人全国建設業協会CALS/EC 情報交換会
- 一般社団法人才オープンCAD フォーマット評議会
- 一般財団法人日本建設情報総合センター建設情報研究所
- 一般社団法人日本建設機械施工協会情報化施工委員会
- 一般社団法人日本測量機器工業会事務局
- 一般社団法人日本機械土工協会技術委員
- 一般社団法人日本道路建設業協会情報施工WG
- 社団法人日本建設業連合会CALS/EC 部会
- 独立行政法人土木研究所技術推進本部

【代表的な意見】

表 2-2 意見照会の代表的な意見と回答

質問	意見	回答
3D モデルとして、ソリッドモデル、サーフェイスモデルが一般的だが、道路、河川堤防の 3 次元形状を作成するモデルとして道路を中心線・堤防法線と横断形状を組み合わせた簡易な 3 次元モデルを作成したが、この考え方についてご意見をお聞かせください。	基本は、道路中心線・堤防法線と横断形状の組み合わせモデルで十分であるが、場合によってはこのモデルでは表現しにくい部分がある。例えば道路に付帯する駐車施設など。この場合は他のモデルとの組み合わせが必要だと思われる。	本標準により交換すべき範囲、不足する標準の構築の必要性については、今後の運用等を踏まえて検討いたします。 なお、正確な 3 次元モデルデータが困難である標準形ではない道路・河川形状のデータ作成を必要とする事例のサンプルデータを作成する予定です。
舗装モデルの一つとして、要素定義パターンに相当するモデルを一つ作成した。舗装幅を示すモデルとして舗装左右端を道路構成要素の端部を基準にして、その離れが変化する箇所を断面変化点とするといった詳細な舗装幅の変化に対応するモデルとなっているが、モデル自体は若干複雑になっている。舗装モデルの要素定義パターンの考え方についてお聞かせください。	正しく舗装工の形状を表現するには、もっと詳細な設定が必要である。 ○端点からの水平離れだけではなく、勾配も必要。また、中央分離帯側にも設定が必要。 ○車道、路肩、歩道の舗装は別物なので各に設定が必要。 ○北海道では凍上抑制層、地下排水工などがあり、形状が全く異なる。 各地方整備局の設計便覧に記載されている形状が表現出来なければ実用出来ない。	ご指摘を踏まえて、標準の修正を検討いたします。 →標準の修正を実施。(6. (2) 参照)
道路横断形状データ交換標準の全体的なことや属性データの追加、変更について、ご意見があればお聞かせください。	交差点における計画高の取り扱いについて ・横断面上での計画高位置と横断勾配の表現について仕様が不足している。	現段階は車線に係わる情報を明示的に受け渡すための情報は存在しません。ただし、車線毎に要素種別（車道:carriageway）を定義し、要素名にて複数の車線を認識すれば、車線毎の計画高位置、横断勾配については表現可能であると考えます。よって、これらの表現方法をデータ交換標準案において解説する事とします。

(4) 道路と河川を統合したデータ交換標準の検討

道路の線形ソフトや CAD ソフトは多く存在しているものの、河川堤防形状は道路系のソフトを利用してデータを作成している現状がある。これは道路形状、河川堤防形状では、ほぼ同一のデータ要素から構成されるため、道路横断形状、河川堤防形状のデータ交換標準では、両データモデルを統合することによって、データ交換標準のメンテナンス性の向上、道路と河川の両方に対応したソフトウェア開発の誘導などの効果をつながると考えられる。ここでは、道路と河川のデータモデルを統合した、3 次元設計データ交換標準について検討を行った。

道路横断形状、河川堤防形状を統合した 3 次元設計データ交換標準について以下の検討を行った。道路と河川では、設計フローや法面に対する斜交方向の横断図の取り扱いなどに差があることが明らかとなり、これらに対応した 3 次元設計データ交換標準を作成した。

- 河川では、詳細設計当初の測量中心線を基準線として、横断図等の図面を作成する。詳細設計の過程で測量中心線と堤防法線がずれた場合でも、基準線は修正されないため、計画堤防法線に斜行する横断図が作成される。
- 河川では、余盛を行うため、計画高とは別途、施工高が示される。
- 道路では、舗装を含めた計画高が図面に示され、土工面の高さが図面に示されない。
※舗装面の高さ、舗装厚から土工面の高さは算定可能

(5) 3 次元設計データ交換標準（案）の LandXML 化の検討

LandXML は海外でも多数、実装しているソフトウェアがあり、CIM においても標準モデルとして検討がなされている。ここでは、「3 次元設計データ交換標準（案）」に対する LandXML の対応について検討を行った。加えて LandXML1.2 のスキーマに準じて表記した「LandXML1.2 に準じた 3 次元設計データ交換標準（案）」を試作した。

1) LandXML の対応状況の調査範囲

標準案に対する LandXML の利害得失を整理する上で、対応する要素の関係は、それぞれ表 2-3 のとおりである。

表 2-3 3 次元設計データ交換標準（案）と LandXML1.2 の対応関係

3 次元設計データ交換標準	LandXML1.2	補足
横断構成 ※要素定義パターン	GradeModel	横断構成を作成する上で参考とした要素
	DesignCrossSectSurf	横断構成と同等の表現が可能な要素
横断面 ※断面定義パターン	CrossSectSurf	横断面を作成する上で参考とした要素
	DesignCrossSectSurf	横断面と同等の表現が可能な要素

よって、ここでは GradeModel、CrossSectSurf 及び DesignCrossSectSurf の 3 要素について対応状況を調査するものとする。なお、全体構成を整理する上で必要なことから、道路中心線形と Alignments についても必要な範囲について整理している。

2) 利害得失の整理

3 次元設計データ交換標準（案）の横断形状における要素定義パターンを LandXML の横断形状モデルの DesignCrossSectSurf と Grade Model を利用した場合のメリット・デメリットを表 2-4 に再整理する。

表 2-4 横断形状モデルのメリット・デメリット

観点	項目	Design CrossSectSurf	GradeModel	(参考) CrossSectSurf
用途適合性	測点毎の断面図作成	○	○	○
	任意位置の断面図作成	○	○	△
	断面変化点の抽出	○	○	△
	厚さの表現	○	×	×
	材質の表現	○	△	×
	構造物の表現	○	△	×
実装容易性	CAD 対応状況	△	×	△
	データ量	△	○	—
仕様柔軟性	仕様の明快さ	△	×	△
	断面定義パターンとの対応	○	×	△
	要素定義パターンとの対応	○	○	×

【評価の凡例】○：問題なし、もしくは適切である
 △：○に比して悪い、もしくは×に比して良い
 ×：問題あり、もしくは不適切である

DesignCrossSectSurf は、データ量を除き全ての評価項目において優位であると評価できる。また、要素定義パターン、断面定義パターンのいずれにも対応できることから標準仕様を統一できる。以上より、「LandXML1.2 に準じた 3 次元設計データ交換標準（案）」を作成するにあたっては、DesignCrossSectSurf を採用するのが妥当であるとした。

3) LandXML1.2 に準じた 3 次元設計データ交換標準（案）の作成

2)において適切と整理した要素（DesignCrossSectSurf）を用いることを前提に、「LandXML1.2 に準じた 3 次元設計データ交換標準（案）」を作成した。

「LandXML1.2 に準じた 3 次元設計データ交換標準（案）」を作成するにあたって、標準案で想定する要素に対して、LandXML1.2 に完全に合致する要素が存在しない場合の対応方針は、以下とした。

a) 道路設計概念を明示的に示す必要のない場合、自由に属性を追加できる要素（Feature）を使用して定義する

我が国の道路・河川設計で利用されている設計情報のうち、LandXML においてデータ交換すべき以下の要素については、Feature(自由に属性を追加できる要素)を使用して定義する。

- 測点間隔
- 片勾配摺り付け
- 幅員中心
- 中間点における一部の属性（累加距離標、折線方向角）

b) 上記に該当しない運用ルールは注記を入力する要素（desc）を使用して定義する

我が国の道路・河川設計で利用されている設計情報のうち、データ交換のための運用ルールに該当し、設計データとして明示化すべきとまでは言いがたい以下の要素については、desc（注記）を使用して定義する。

- 標準案でも注記に該当するもの
- 3 次元構築物情報の一部の属性（路線名、構築情報種別、規格・等級、左右岸区分）

なお、a)のうち、中間点における一部の属性（累加距離標、折線方向角）について、設計データとして明示的にデータ交換することを目的に、LandXML1.2 をあえて拡張した場合の標準案「3 次元設計データ交換標準（案）に準じた LandXML1.2 拡張（案）」も策定した。

3. 施工現場でのデータ修正場面を想定した現場利用マニュアルの作成

(1) 概要

3次元設計データを、地形等の施工条件によって現場で修正したものを情報化施工で利用していることから、様々な修正場面を想定したデータ修正に係る実務で使いやすい現場利用マニュアルの素案を作成した。なお、現場利用マニュアルの作成に当たっては、工事施工会社や建設機械のリース会社等を対象にヒアリングを行った。現場ヒアリング等をもとに、設計から施工へ至る過程での3次元設計データの作成・修正場面等を整理した。これらの整理結果に基づき、現場でのデータ作成・修正等を反映した現場利用マニュアル素案を作成した。

(2) 施工者側でのデータ作成の実態調査

平成22年のTSを用いた出来形管理の試行工事を行った2社にヒアリングしたところ、施工者は主な作業手順は以下の通りであった。

- ① 契約図書を確認後、起工測量に基づき、発注図を編集し、TS、MC・MGデータを作成する。
- ② これらの施工図の作成過程において、不足する必要断面を追加する。
- ③ 必要寸法を図面から拾い出すなどの作業を実施している。

また、データ作成は以下のように行われていることが確認された。

- 必要断面の追加：20mピッチの断面以外に、変化点の横断図を追加で作成
- 直交方向の横断図：構造物に対して斜行する横断図の場合、直交方向の横断図を作成
- 必要寸法の拾い出し：発注図に明記されていない高さ、長さなどの寸法を拾い出し
- 中心線と堤防法線の離れ：横断図に、中心線、堤防法線の離隔が明示されていないため、長さを読み取る
- 端部の結線：法尻、法肩などの端点において線がきちんと結線していない場合、つなぎ直す
- 土工面の高さ：完成形状（舗装面）以外に、土工面の高さが必要
- 描画された線分と旗揚げ寸法の違い：CAD上の線分の長さと旗揚げ寸法（丸めた数字）が整合しない。旗揚げ寸法でデータを作成した場合、法長が長いケースなどで終端部に大きなずれが生じる

(3) 3次元設計データの流通に当たっての課題の抽出

上記の調査結果から、設計段階に作成した3次元設計データを施工段階に流通するに当たっての課題を抽出した。各課題と対応方針を表2-5に示す。

表2-5 3次元設計データの流通に当たっての課題と対応方針

課題	課題の説明	対応
河川における堤防法線に斜交した横断図の取り扱い	河川では、設計時に当初の測量法線に対し、堤防法線がシフトすることがあり、再測量等が実施されないため、堤防法線に斜交した横断図が作成される。	後工程でのデータ利活用等を考慮し、設計では、堤防法線の中心線形データを作成し直す。堤防法線に直交した横断図を作成する。
道路におけるランプ部など本線に斜交した横断図の取り扱い	ランプ部については、側道の中心線形は作成される場合が多いが、本線に直交する断面のみ測量が実施されるため、側道に対して斜交した横断図が作成される。	側道部の中心線形データに対し、直交方向の横断図を作成する。
20mピッチ以外の変化点での追加断面の作成	幅員、勾配など横断形状が変化する測点での横断図データが必要となるが、設計段階で作成されていない。現状では、施工段階で追加断面として作成される。	20mピッチ以外の変化点での横断図データは、施工側への設計思想の伝達、ソフトウェアの慣れなどを考慮し、設計者が追加作成する。
土工面データの作成	現状では、完成高の図面データのみ作成され、土工面のデータは作成されない。標準横断などで、舗装厚等と合わせて土工面が示される。	土工面は、完成高と舗装厚から算定されるため、ソフトウェアで自動算出するようにソフトウェアベンダーに機能の実装を呼びかける。
法面・地形データの入力	地形データについては、起工測量後に見直されるため、設計段階で負荷をかけてデータ入力しても意味がない。	設計段階では、標準横断に基づく最大段数の法面のデータと、測量横断の地形データという必要最低限のデータを入力し、施工側へ受け渡す。

(4) 現場ヒアリング

3次元設計データの作成・変換・修正・チェックに関する具体的な作業内容、留意点などの把握を目的に、工事施工会社や建設機械のリース会社等を対象にヒアリングを行った。

特に、(3)で整理したデータ流通に当たっての課題の解消に関して、現場での苦労や工夫などをヒアリングした。

ヒアリングのポイントは、以下のとおりである。

- 施工では、断面をベースにデータ修正、作成などの各種作業が進められる。設計段階からの流通データとして、要素定義パターン、断面定義パターンの2つのデータモデルが想定されるが、施工では必ず断面に変換して作業が進められる。

(5) 実データを用いた机上検証

3次元設計データ交換標準を検討する際に収集した、詳細設計・工事完成図書のデータと TS 出来形管理もしくは MC・MG データが入手できた道路土工事、舗装工事、河川土工事のサンプルデータを用いて、3次元設計データの作成・変換・修正・チェック等の机上検証を行った。

設計から施工へのデータ流通過程やデータ交換標準の修正点等を踏まえて、主要な検証項目を次のとおり設定した。

■ データ交換標準の修正点の検証

- 範囲 (Range) の検証：構成要素が消滅しても要素幅 0 として要素が連続すると仮定し、全区間で 1 つの範囲 (Range) を設定しモデル検証を行う。特に、切土・盛土が変化する区間でも、モデルが適用可能かを検証する。
- 舗装モデルの検証：要素定義パターンのモデルに準じたモデル修正をおこなうが、修正モデルにおいて、横断構成要素を参照し、勾配等のデータを取得できるかなどを検証する。

■ データ修正過程の検証

- 起工測量後の地形データの修正や、設計変更による図面修正など、施工時のデータ修正を再現し、作成したモデルデータが適用可能かを検証する。

検証した結果、道路土工事、舗装工事、河川土工事それぞれにおいて、策定した 3 次元設計データ交換標準により適切にそれぞれのデータが作成できることを確認した。

(6) 現場利用マニュアルの作成

上記の検討をもとに、3 次元設計データの現場利用マニュアルを取りまとめた。現場利用マニュアルには、次の項目を含めるものとした。

- マニュアルの利用目的・適用範囲
- 3 次元設計データ利用の全体の流れ
- 3 次元設計データに関する解説
- データの変換・修正・確認方法に関する解説
- 用語集

4. 3次元設計データ交換標準のサンプルデータ及びデータ作成ノウハウ集の作成

(1) 概要

3次元設計データ交換標準に基づくデータ作成の理解を深めること、および正確な3次元データ作成が困難である標準形ではない道路形状のデータ作成の参考にすることを目的に、作成にノウハウを必要とする事例のサンプルデータを断面定義パターンと要素定義パターンの双方で10例程度作成し、作成における改善案（データ作成において工夫するポイントおよび留意点等）を加えて3次元データ作成のノウハウ集を作成した。

ノウハウ集は、概要、効果を提示する事に加え、データ作成の一連のプロセス毎に、現行要領・基準類との関連性を明記し、発注者・受注者双方の確認点を明示する。また、データの適用範囲を明確に示すとともに、関連団体の意見を取り入れ、より実務的な内容とした。

(2) データ適用条件と対応案の検討

上記にて整理したサンプルデータ（事例）について、作成データの適用条件とデータ作成上の対応方針を検討し、表2-6に整理した。

表2-6 3次元設計データ適用条件と対応案

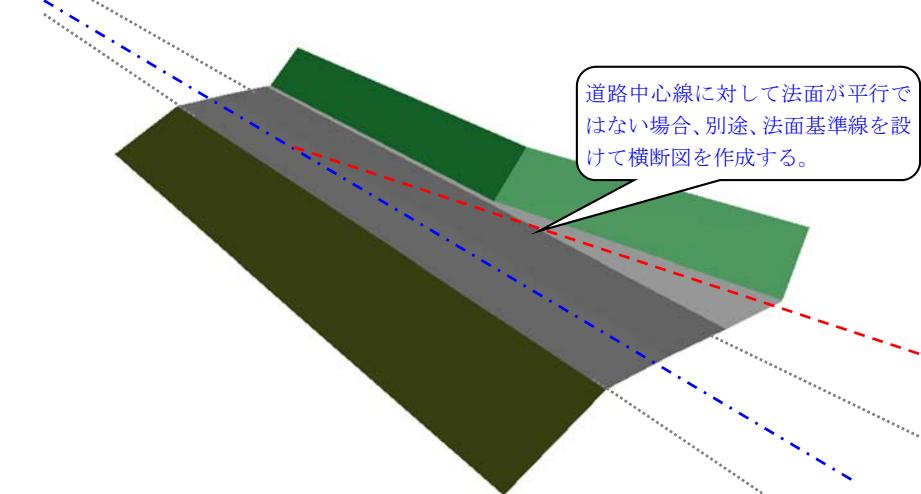
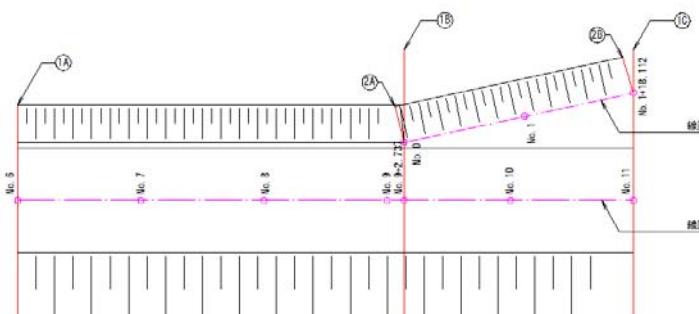
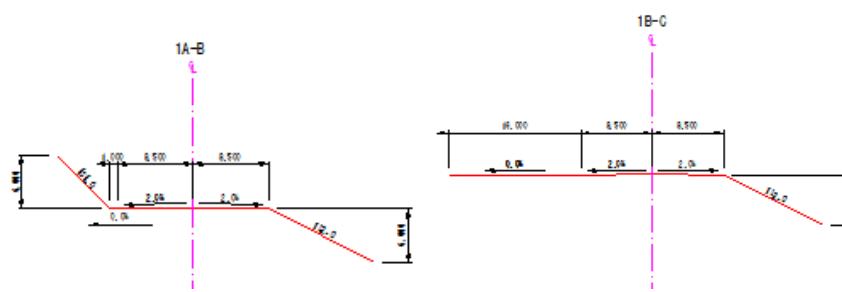
サンプルデータ	適用条件	対応案
① 土工法面が道路中心線と平行ではない道路	土工法面が道路中心線に対して斜交している場合	道路中心線と法面が平行とならない部分を切り出し、サンプルデータを作成する。
② インターチェンジで本線とランプ車線が合流する道路	道路中心線は本線のみで、IC部には中心線形がない場合	本線に接合するIC部の断面を切り出し、サンプルデータを作成する。
③ カルバート等との接続部で土工法面が前後で連続しない道路	カルバート等の既設構造物によって土工法面が切断されている場合	カルバートで土工法面が切断されている断面を切り出し、サンプルデータを作成する。
④ 舗装修繕工事等で道路中心線形が無い場合の舗装設計	舗装修繕工事のため、既往の設計図面が無い、または道路台帳レベルの資料しか無い場合	舗装断面を想定し、サンプルデータを作成する。
⑤ 切土・盛土が交互に出現する道路区間	切土と盛土区間が交互に出現し、切盛境界が現地標高とずれが生じるおそれがある場合	切土面、盛土面がそれぞれ交差するものとし、サンプルデータを作成する。
⑥ 法面に管理用道路を持つ河川堤防	河川堤防に管理用通路があり、管理用通路法面が堤防法線に対して斜行している場合	管理用通路法面が堤防法線に対して斜行するものとし、サンプルデータを作成する。
⑦ 測量法線と堤防法線が異なる河川堤防	既往設計成果の横断図が測量法線を元に作成されていた場合	測量法線ではなく堤防法線で横断図を作成するものとし、サンプルデータを作成する。
⑧ 本線に直交する土工法面	本線中心線に直交する法面が存在する場合	本線に直交する法面が存在するものとし、サンプルデータを作成する。
⑨ 延長・土量が多く、工事発注断面が不明な道路	工事発注が設計図面の完成形ではなく、途中段階での施工となることが想定される場合	発注形状（完成形状の中間断面）から横断図を作成し、サンプルデータを作成する。
⑩ トンネル区間が隣接しており上下線が分離している道路	トンネル等により、上下線が分離されており、かつ、上下線の中心線が平行となっていない場合	上下線の中心線が平行となっていないもののとし、サンプルデータを作成する。

※：切り盛り境界はTS出来形管理対象外

(3) サンプルデータ作成

前項により整理・検討した事例に基づき、サンプルデータを作成した。なお、サンプルデータは「断面定義パターン」と「要素定義パターン」の双方で10事例作成した。その一例を以下に示す。

表 2-7 サンプル事例（土工法面が道路中心線と平行ではない道路）

三次元 イメージ	
平面図	
横断図	
XML (一部抜 粋)	<p><断面定義 : 線形要素></p> <pre> <Composition name="No.64-No.69 横断構成"> <Formation centerLineOf fseTStandardValue="0.00" formationHeightOffsetTStandardValue="0.00"> <CLOffset cumulativeDist="1280.0000"/> <FHOffset cumulativeDist="1280.0000"/> </Formation> <LComposition name="左横断構成_1" startStationNO="64" startTAddDist="0.0000" startTCumulativeDist="1280.0000" endStationNO="69" endTAddDist="0.0000" endTCumulativeDist="1380.0000"> <ComponentElement name="土工面_1" componentType="EarthWorkBaseLineFill" slopeType="Percent" widthStandardValue="8.5000" slopeStandardValue="-2.0000" priority="1"/> <ComponentElement name="盛土法面_1" componentType="SlopeFill" slopeType="Rate" slopeStandardValue="2.0" heightStandardValue="-6.0000" priority="2"/> </pre>

(4) ノウハウ集の作成

発注者・受注者（施工者、ベンダー、3次元データ作成試行業務受注企業等）の両者にとって双方の対応事項を把握することは、データ作成の理解を深めるためにも効果的である。

ノウハウ集では、概要、効果を提示する事に加え、設計図書の確認、データ作成範囲の決定、設計データ抽出、設計データ作成ソフトでのデータ作成といった一連のデータ作成プロセス毎に、現行要領・基準類との関連性を明記するとともに、双方の確認点を明示した。

1) ノウハウ集の構成

ノウハウ集の構成は、対象となるデータの概要、データ作成上の課題、データ作成のプロセス（①設計図書の確認、②データ作成範囲の決定、③データ作成、④3次元設計データの引き渡し、⑤情報化施工等への活用）に分類し、図2-3に示す構成とした。

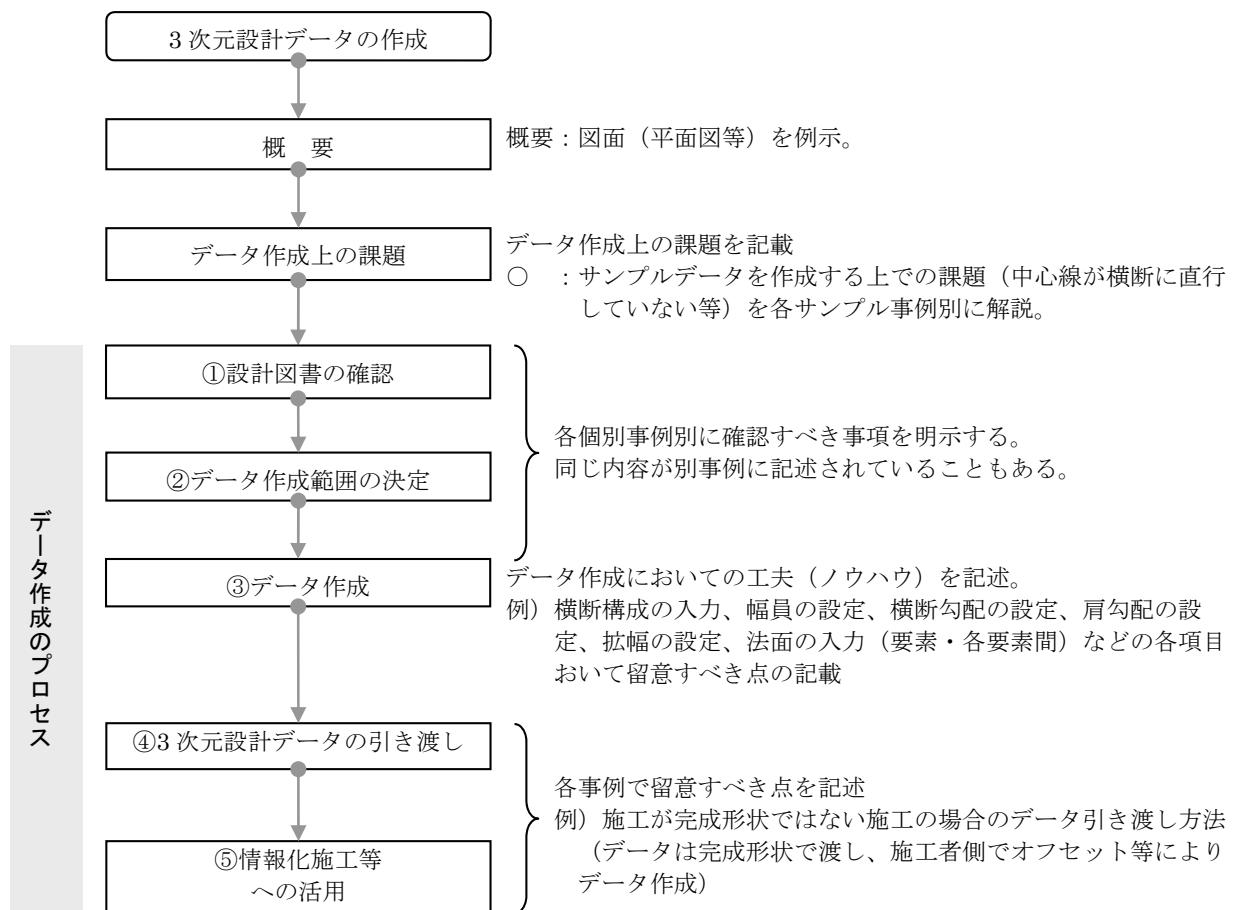


図2-3 ノウハウ集の構成

2) ノウハウ集（案）の作成

上記までの検討結果に基づき、ノウハウ集（案）を作成した。以下に、その一部を示す。

表 2-8 ノウハウ集（案）（一部抜粋）

（1）事例概要

①概要	<p>土工法面が本線に対して平行ではなく、本線道路中心線の離れて横断図が作成されている。</p>
	<p>3次元データ交換標準では、法面が道路中心線に対して直交するモデルを想定している為。</p>
②課題	<p>TS出来形管理に3次元設計データを活用する場合、横断図は道路中心線に直交する必要がある。横断図が道路中心線に直交しない場合、正確な出来形が管理できない。</p> <p>また、転圧管理、路体・築堤盛土管理（MC/MG）の場合も、基本設計データを基準としてTINデータ（面データ）を作成することとなることから、道路中心線とは別に法面の平行となる基準線が必要となる。</p>

（2）具体的な対応方法

データ作成プロセス	発注者	受注者	備考
①設計図書の確認	既往最新図面（最終図面）を一式準備する。	<p>■新たに設計する場合</p> <ul style="list-style-type: none"> 道路中心線に対して横断を作成する。 <p>■修正設計の場合</p> <ul style="list-style-type: none"> 各横断が本線中心線で作成されていることを確認し、別途法面基準線を設けることについて発注者の承諾を得る 	情報化施工を実施しない場合は道路中心線に基づき作成された横断図で問題なし（現場合わせによる）
②データ作成範囲の決定	今後の情報化施工実施有無等を勘査し、3次元設計データを作成するかどうかを決定する	3次元設計データ作成の必要性について発注者に確認する。	斜交断面に斜比をかけて数量算出する場合もあるため、追加断面を作成する・しないは事前に確認すること。
③データ作成	-	<p>■データ作成上のノウハウ</p> <ul style="list-style-type: none"> 道路中心線に平行しない法面は、別途法面基準線を作成し、それを基に横断図を作成する。 法面基準線は法肩もしくは法尻に設定する。 横断はそれぞれの中心線ごとに作成する。 地山と交わることが想定される部分は、必ず交わるよう法面を延長して作成する。 	

5. 3次元設計データに係わる電子納品運用ガイドラインの作成

(1) 概要

設計段階で作成した 3 次元設計データを確実に施工段階へ流通させるため、3 次元設計データの電子納品の運用を照査・納品面から検討を行い、要領・基準等の改定案、特記仕様書の記載例を作成した。

3 次元設計データは、従前の 2 次元図面データ（SXF）に追加で納品する形とするが、2 次元図面データ（SXF）、3 次元設計データはともに正式な成果品として位置づけ、互いの整合性をチェックする方針とした。これらを踏まえて、照査ガイドラインの改定案、電子納品運用ガイドラインの素案を作成した。

(2) 3次元設計データに係る電子納品運用ガイドラインの作成

現行の 2 次元設計データに対し、3 次元設計データに移行した場合の電子納品方法について、電子納品仕様、運用方針等を検討した。

a) 電子納品仕様

道路横断形状データ（XML ファイル）は、「土木設計業務等の電子納品要領（案）（平成 20 年 5 月）」で規定されている「報告書オリジナルファイルフォルダ」に、「REPPV_nn.XML」として格納する。また、道路横断形状データ（PDF ファイル）は、「報告書フォルダ」に、「REPORTPV.PDF」として格納する。河川堤防形状データ（XML ファイル）は、「報告書オリジナルファイルフォルダ」に、「REPLE_nn.XML」として格納する。また、河川堤防形状データ（PDF ファイル）は、「報告書フォルダ」に、「REPORTLE.PDF」として格納する。道路横断形状データの格納フォルダ及びファイル形式を表 2-9 に示す。

表 2-9 道路横断形状データの格納フォルダ

フォルダ	サブフォルダ	格納する電子成果品	ファイル形式
		<ul style="list-style-type: none"> 業務管理ファイル DTD 	 INDEX_D.XML INDE_D04.DTD (業務管理ファイル)
	報告書フォルダ 報告書に関する電子成果品を格納します。	<ul style="list-style-type: none"> 報告書管理ファイル DTD 報告書ファイル 	 REPORT.XML REPO4.DTD (報告書管理ファイル)
	報告書オリジナルファイルフォルダ	<ul style="list-style-type: none"> 報告書オリジナルファイル 舗装に関する道路横断形状データ 	 (オリジナルファイル)
	図面フォルダ 図面に関する電子成果品を格納します。	<ul style="list-style-type: none"> 図面管理ファイル DTD 図面ファイル ラスタファイル SAFファイル 	 DRAWING.XML DRAW04.DTD (図面管理ファイル) (SXF形式) ラスタファイル SAFファイル
	写真フォルダ 写真に関する電子成果品を格納します。	<ul style="list-style-type: none"> 写真管理ファイル DTD 	 PHOTO.XML PHOTO05.DTD (写真管理ファイル)
	写真フォルダ	<ul style="list-style-type: none"> 写真ファイル 	JPEGファイル(デジタル写真)
	参考図フォルダ	<ul style="list-style-type: none"> 参考図ファイル 	JPEG, TIFF, 他ファイル(参考図)

b) 運用方針

以下の項目について、運用方針を検討した。

- データ作成
 - * 法面、地形データの作成
 - * 舗装、土工面データの作成
 - * 中心線形に対し斜交した横断図
- チェック方法等
 - * 3次元ビューアを用いた目視チェック
 - * 2次元図面データと3次元設計データの整合性チェック
 - * チェックシステム等による確認

c) 現行要領・基準等の改定案の検討

電子納品に関連する現行の要領・基準等をレビューし、3次元設計データを電子成果品として取り込む場合に、改定が必要となる範囲、及び改定案を取りまとめた。検討の対象とした規程類を表2-10に示す。

表 2-10 検討対象規程類

分類	規程類
設計業務の仕様書等	設計業務共通仕様書 特記仕様書（業務） 設計図書の照査ガイドライン
設計業務の電子納品要領・基準類	土木設計業務等の電子納品要領(案) CAD 製図基準(案) 電子納品運用ガイドライン(案)【業務編】 CAD 製図基準に関する運用ガイドライン(案) 道路中心線形データ交換標準(案)基本道路中心線形編 Ver.1.0 道路中心線形データ交換標準に係わる電子納品運用ガイドライン(案)

d) 3次元設計データに係る電子納品運用ガイドラインの作成

前項の検討を受けて、3次元設計データに係る電子納品運用ガイドラインを修正した。修正に際して留意した主な事項は、以下のとおりである。

- ガイドラインのタイトルを修正した。
- 用語の統一を図った。
- 河川編のガイドラインに道路編の用語が散見されたので修正した。
- 誤記を修正した。

6. ソフトウェア開発の支援

(1) 概要

2. (3).2)で行った意見照会において得た 3 次元設計データを取り扱うソフトウェアの開発者からの問い合わせに対して、回答案を作成した。また、ソフトウェアを開発する上で、3 次元設計データから TS 出来形管理データ交換標準へのデータ変換に関するロジックを検討し、検討結果をとりまとめてソフトウェア開発の参考となる資料を作成した。

あわせて、CAD ベンダーがソフトウェア開発を行うに当たって必要となる、データの定義、必要精度等を検討し、XML スキーマのデータ辞書を作成した。

(2) ソフトウェア開発者の問合せに対する回答の作成

3 次元設計データを取り扱うソフトウェアの開発者から受けた 2 点の問い合わせに対して回答案を作成した。CAD ベンダーからの意見照会の回答を整理する上で実施した 3 次元設計データを取り扱うソフトウェアの開発者との意見交換の内容について整理した。

1) 舗装端部に係わる形状について

【問合せ内容】

正しく舗装工の形状を表現するには、もっと詳細な設定が必要である。

各地方整備局の設計便覧に記載されている形状が表現できなければ実用にならない。

【対応】

設計者に対するヒアリングを実施した上で、舗装端部の勾配を指定することの可能な形式にデータ交換標準を修正するものとした。

2) 交差点における計画高（及び車線）の取り扱いについて

【問合せ内容】

交差点における計画高の取り扱いについて、横断面上での計画高位置と横断勾配の表現について仕様が不足している。

【対応】

データ交換標準を修正せずとも、車線毎に要素種別を定義・識別することにより、車線毎の計画高位置、横断勾配について把握が可能であることを確認したため、上記の通りデータ交換標準に基づいて表現可能であることをデータ交換標準において解説するに留めた。

(3) データ辞書作成

データ辞書は、異なるシステムやソフトウェア間でのデータ交換、データ利用にとって必要不可欠である。すなわち、異なるシステムでデータを利用する場合に、データの意味、内容、データ型、単位等がそれぞれのシステムで共通に認識されていないと、データ交換されてもそのデータを利用することはできない。データの定義、必要精度等を検討し、XMLスキーマのデータ辞書を作成した。

データ辞書については ISO15143（土木機械及び道路工事機械の施工現場情報交換を対象とした ISO）に準拠する形で、データ要素ごとの項目を定義したデータ辞書（DataElements）と、値域（許容値）を定義したデータ辞書（ValueDomain）を作成した。以下の表 2-11、表 2-12 にそれぞれの定義項目の抜粋を示す。

表 2-11 データ辞書（DataElements）の定義項目（抜粋）

項目（英名）	項目（和名）	説明
Classification scheme item value	分類体系項目値	分類体系項目（CSI）の実現値（JIS X 4181-3:2004 参照）。
Data element concept name	データ要素概念名	データ要素概念を指定するための項目。
Name	名前	特定の文脈の中で管理項目を指定するための名前（JIS X 4181-3:2004 参照）。
Definition text	定義テキスト	管理項目の定義のテキスト（JIS X 4181-3:2004 参照）。
Data element example item	データ要素実例項目	データ要素の典型的な例（JIS X 4181-3:2004 参照）。
Definition source reference	定義元参照	定義元の参照（JIS X 4181-3:2004 参照）。
Data origin	データ源	データの物理的源泉参照：測定を行いデータ要素の値を創出する機器、個人又は装置。

表 2-12 データ辞書（ValueDomain）の定義項目（抜粋）

項目（英名）	項目（和名）	説明
Representation class name	表現形式クラス名	特定の表現形式クラスに割り当てられた称呼を識別するテキストストリング。
Conceptual domain name	概念定義域名	許容される概念の集合。
Value domain name	値域名	特定の値域に割り当てられた称呼を識別するテキストストリング。
Datatype name	データ型名	データ型の指定（JIS X 4181-3:2004 参照）。
Datatype scheme reference	データ型体系参照	データ型の仕様元を特定する参照（JIS X 4181-3:2004 参照）。
Unit of measure name	測定の単位名	測定の単位の名前（JIS X 4181-3:2004 参照）。

7. 課題と今後の展開

- 関連基準の公開：本業務で検討を行ったデータ交換標準、電子納品運用ガイドライン、システム機能要件等を早期に公開し、周知を図る必要がある。3次元設計データの電子納品運用のためには、民間ベンダーによるソフトウェア整備、建設コンサルタントにおけるソフトウェア導入、オペレータ教育などの準備が不可欠であり、電子納品適用までの十分な準備期間を確保する必要がある。
- ソフトウェア開発・検定に関する調整：民間によるソフトウェア開発を促進するため、OCF（オープン CAD フォーマット評議会）等を通じて開発ベンダーと調整を行う必要がある。対象となる開発ベンダーは OCF に加盟していない企業も含まれるため、これらの OCF 非加盟の民間企業も含めて調整を行う必要がある。また、建設コンサルタント協会からは、ソフトウェアの検定制度に関する問合せ等もあり、OCF 検定の実施などを含めて今後検討・調整する必要がある。
- 2次元図面作成に関する基準類：3次元設計データの電子納品については、民間ベンダー、建設コンサルタント等における準備期間が不可欠であり、適用までに時間を要する。一方で、情報化施工に必要となるデータは、設計から施工へ早期に流通させる必要があり、別途、CAD 製図基準（案）の改定等で対応することになっている。これらの 2次元図面作成に関する基準類整備の動向と整合を図る形で、3次元設計データも整備を図っていく必要がある。

TSを用いた出来形管理の施工管理データ交換標準の策定

概要：平成20年4月よりTSを用いた出来形管理の運用が開始されているが、これまでの現場運用のフォローアップ調査結果、および新たな工種や利用技術の拡大検討を踏まえ、いくつかの改善点があげられている。

平成20年度以降、データ交換標準（案）およびソフトウェアの機能要求仕様書に関する改良の検討を継続して実施し、平成22年度に新たなデータ交換標準（案）Ver4.0を策定した。

1. はじめに

多くの現場で電子納品に対応したソフトウェアの普及が進み、データを入力することで様々な資料作成が簡単に作成できるが、ICT機器の入出力データに互換性がないと、ソフトウェア別に同じデータを何度も入力する必要が出てしまう。データ交換標準の役割は、ICT機器のデータ入出力の互換性を高めて、データ再入力などの余計な作業の軽減を図ることである。

国土技術政策総合研究所では、情報化施工で得られるデータの分析・モデル化を進め、情報化施工機器の効率的な運用と情報化施工機器で得られるデータを利用した業務改善手法の構築に向けた取り組みを進めてきた。

その取り組みの一環として、施工管理（出来形管理）に着目し、出来形管理で利用する情報化施工機器の入出力データの標準化を図り、その適用効果の検証を実施してきた。

「施工管理データを搭載したトータルステーションによる出来形管理」における電子納品やデータ流通による業務の効率化のイメージを示す（図2-4）。

データ交換の標準化が図られた出来形管理においては、情報化施工機器を用いた現場作業の効率化、取得データを活用した資料作成手間の削減を実現する。さらに、現在は、情報化施工機器で得られる納品データをダイレクトに活用した新たな監督・検査や、座標データなどの再利用価値の高いデータの施工以外での利活用も期待できる。

上記のように情報化施工の効果を最大限に活用するために従来の作業区分を跨いでデータを交換する場合が多くあり、そのために交換すべきデータ項目や交換フォーマットを定めたデータ交換標準（案）が必要となる。

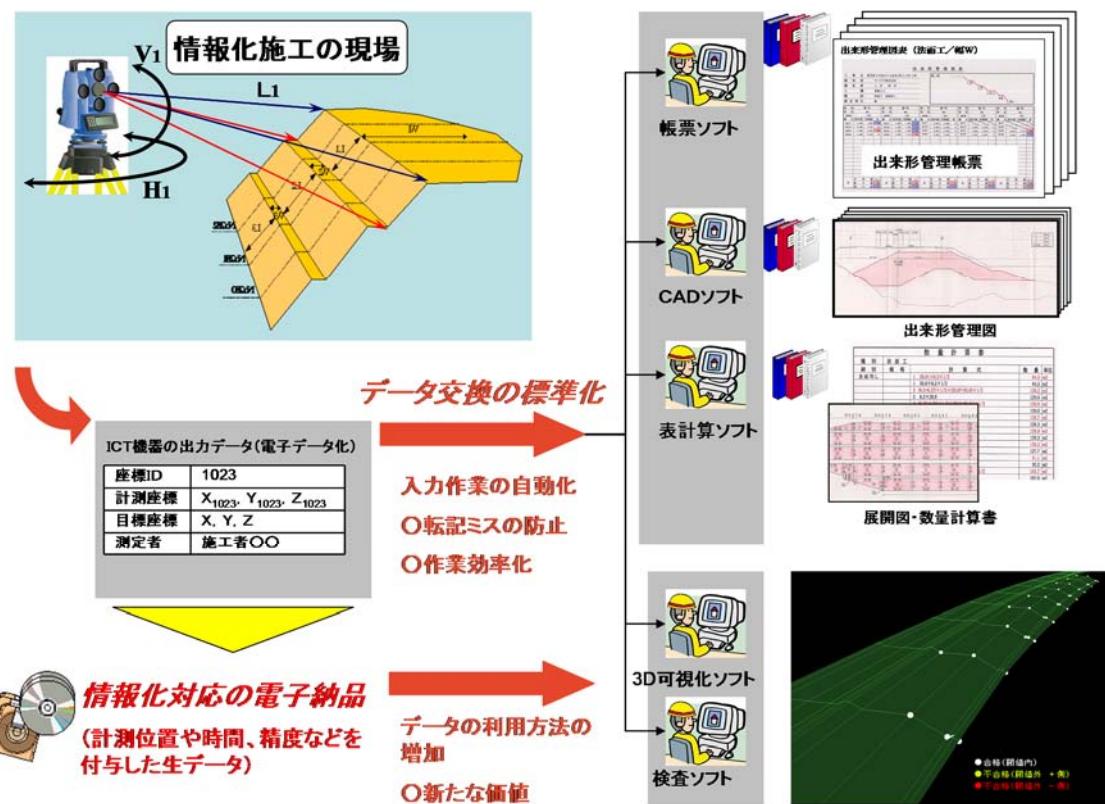


図 2-4 情報化施工のデータ活用を想定したデータ流通のイメージ

TSを用いた出来形管理について、本研究では「適用工種の拡張」、「利用機器の拡大」、「データ利活用場面の拡大」の検討を進め、この検討成果が実装可能な「TSを用いた出来形管理の施工管理データ交換標準（案）」（以下、データ交換標準（案）と略する）のVer4.0 の開発を行った。

2. データ交換標準（案）Ver4.0 の開発コンセプト

データ交換標準（案）Ver4.0の開発コンセプトを以下に解説する。

（1）適応工種の拡大

平成20年度に道路土工を対象としてデータ交換標準（案）Ver2.0が策定された。その翌年に河川土工へ適用工種を拡張した。その後、地方整備局で様々な工種について、TSを用いた出来形管理の適用可能性の検討が実施され、舗装工、道路地下埋設工や擁壁などの構造物にも適用可能なことが示された。

このことから、拡大する適用工種に対応できるTS出来形管理要領Ver4.0 の検討が進められてきた（図 2-5）。データ交換標準（案）Ver4.0 は、このような検討事例から様々な構造物の出来形管理に対応することを目的とした。また、データ交換標準（案）Ver4.0 では、現在のTSを用いた出来形管理の管理要領の適用工種にかかわらず、その他の工種でも利用できるよう、作成したデータの構造物の種別を識別できる仕様とし、再利用時のデータ検索が可能な仕様とした。

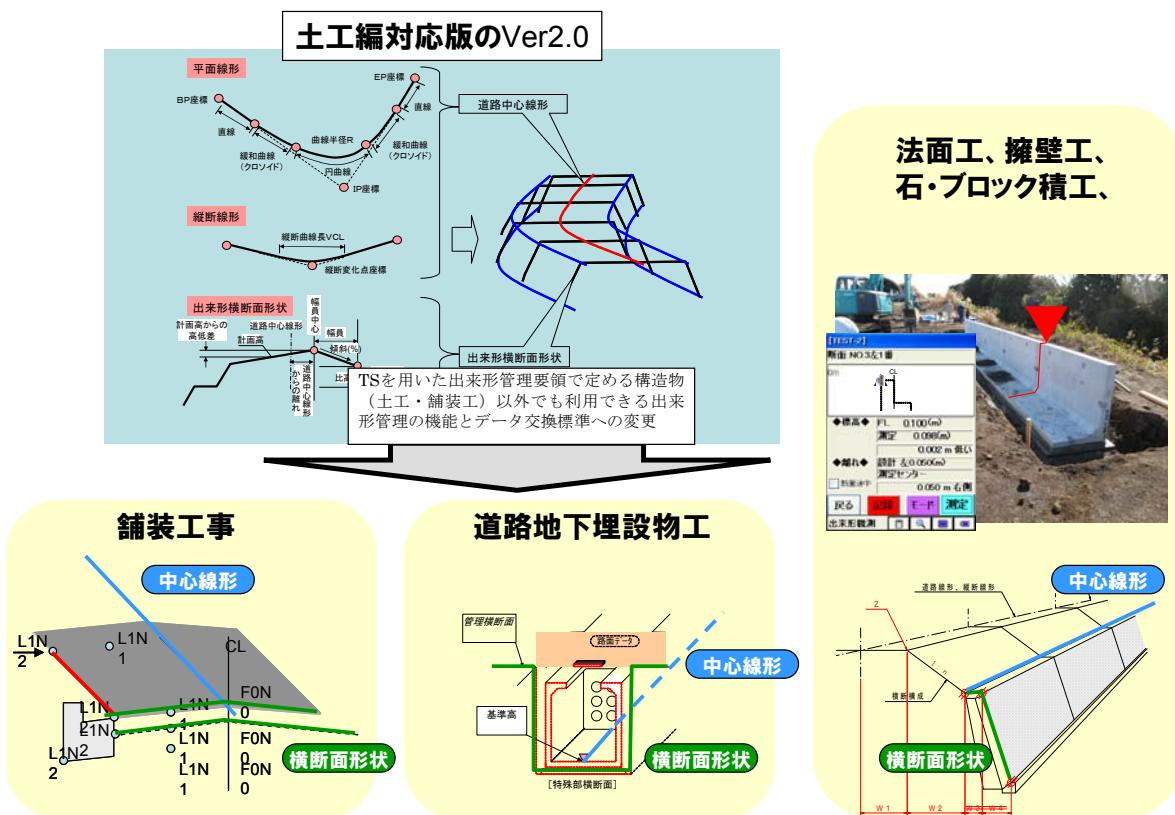


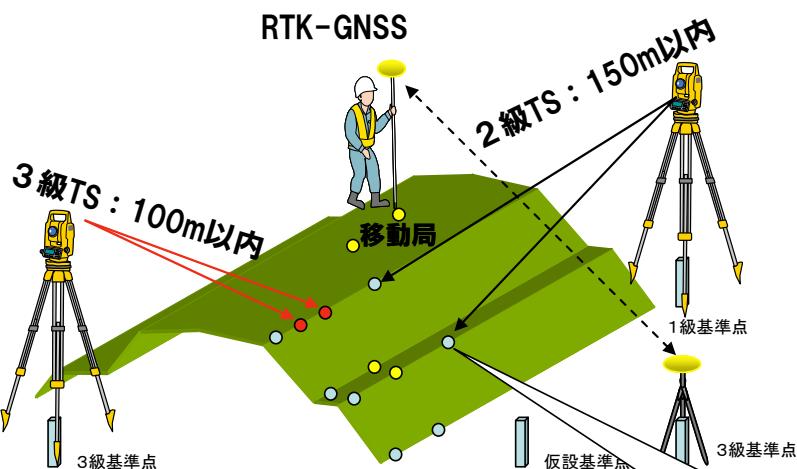
図 2-5 適用工種拡大のコンセプト

(2) 利用機器の拡大と計測結果の信頼性向上

TSを用いた出来形管理では、計測精度確保の観点から、計測機器の等級毎の計測可能距離や計測に利用する基準点等級に制限を設けている。さらに信頼性向上を図るために、データ交換標準（案）Ver4.0では、トレーサビリティ確保のため計測時に利用した基準点や計測時間などをデータとして記録することにした。この結果、納品データの検証によって、正しく作業できたかの適否を確認できる（ただし、これを解析するソフトウェアが必要）。

また、衛星測位システムを利用したGNSS機器が情報化施工で普及してきたことから、RTK-GNSSを用いた出来形管理が実施できるようにした。

- ①計測機器により取得精度が異なる。
2級TS、3級TSは高さで±1cm程度
RTK-GNSSでは高さで±3cm程度
- ②計測機器により適正な計測が可能な条件が異なる
2級TSは150m以内、3級TSは100m以内
GNSS方式では、RTK-GNSS方式が前提



施工管理データ交換標準Ver2.0の課題（×の項目が不足）

データの種類	必要な属性	施工管理データ交換標準との比較
計測データ	計測値	○：座標値／累加距離／CL離れ
	計測者	○
	計測時間	×：必須でないので必須とする
	管理対象	○
	使用機器	×：名称／型番／性能
	参照基準点	×：計測精度の基準となる点の名称
	基準点の値	×：設置日／管理者／座標

- ①適切な計測条件下での計測が条件
- ②再利用時に精度や計測時期の異なるデータを識別する必要がある

図 2-6 利用機器の拡大と計測結果の信頼性向上のコンセプト

(3) データの再利用方法の拡張

データ交換標準（案）Ver4.0では、横断面内での出来形管理部位の設定の他に、同一測点内の別の横断形状との部位設定、別の測点の横断形状を含む管理部位設定が可能となる。この様に、計測データの意味を示す属性データを追加することで、数量計算の自動化や地図データとしてのデータ活用などの利用価値を増やすことが可能となる。

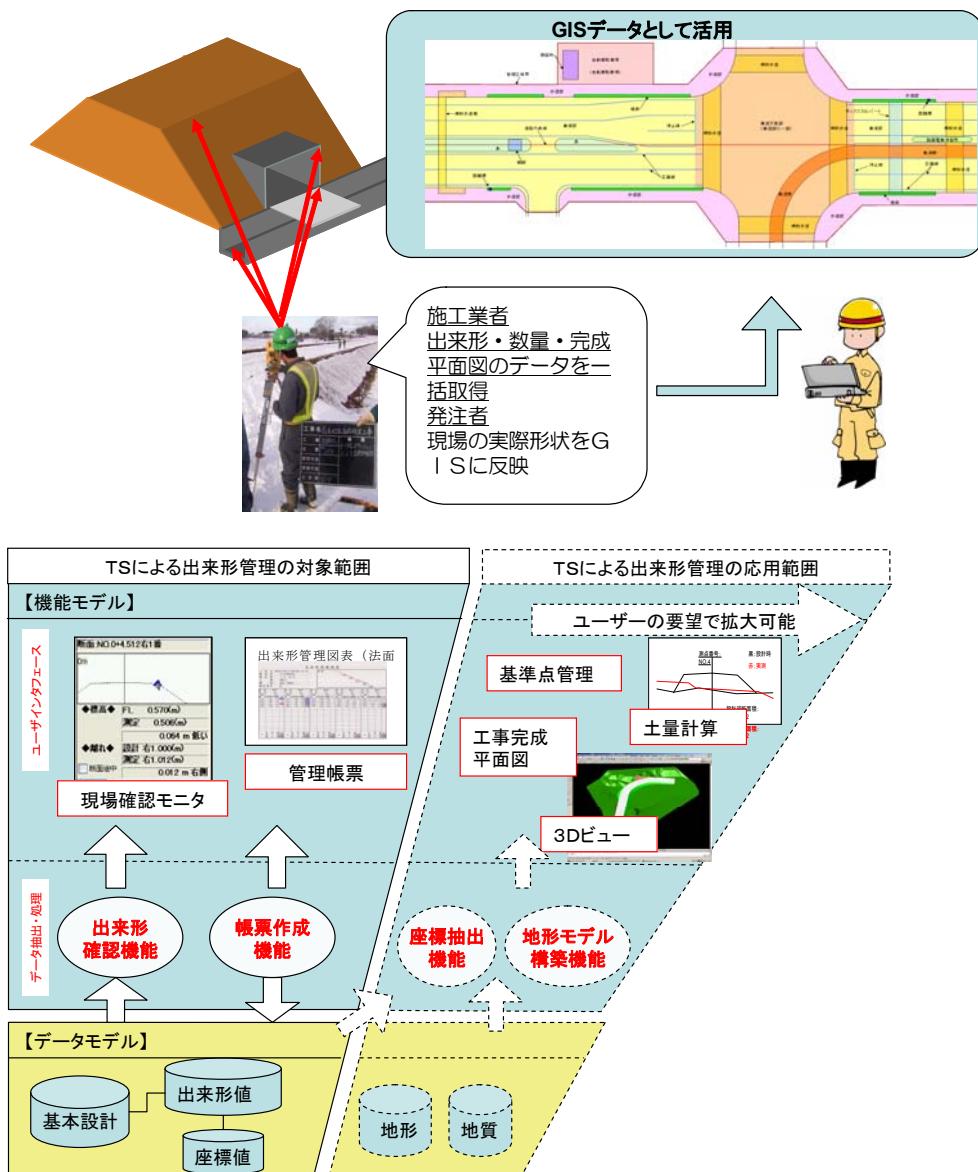


図 2-7 データの属性追加による利用場面の拡大のコンセプト

3. データ交換標準改訂に向けた検討

本研究では、従来は盛土や切土等の土工を対象としたデータ交換標準であったが、舗装や地下埋設工、法面、擁壁など土工周辺の工事に適用対象の拡大を検討した。例えば、舗装工は、路盤、基層、表層と層で構成され、出来形では、その厚さを管理する必要がある。しかし、データ交換標準（案）Ver2.0は土工の最終形状のように1層のものしか表現できず、層状構成をもつ構造物の厚さも管理することができない。

その課題に対応すべく、データ交換標準（案）をVer2.0からVer4.0へと改訂を検討した。データ交換標準の主な改訂点は以下のとおりである。

(1) 層状構造物への対応

データ交換標準（案）Ver2.0では、横断形状として最終形状しか表現できなかつたが、層を持った構造物を表現できる構造とした。具体的には、Ver4.0では層を表現することで、現在検討中の舗装工への工種拡大のために、各層におけるZ座標の差から、舗装の厚さを算出することとした（図2-8）。

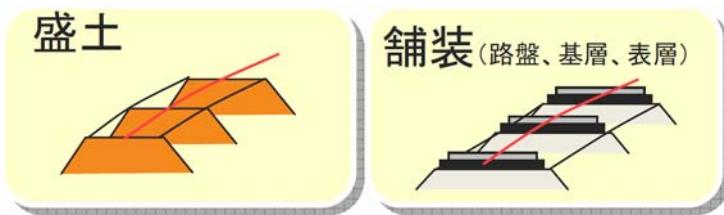


図2-8 土工と舗装工の違い

(2) 管理項目の追加

これまででは、土工を対象としたことから「基準高」、「法長」、「幅」の3種類のみの出来形管理項目としていたが、Ver4.0では、これらに加え、舗装を始め、地下構造物、法面、擁壁等の様々な工種への適用拡大を図るために「延長」、「深さ」、「厚さ」、「高さ」を管理できる仕様とした。また、データの利活用場面が拡大する事を期待するため、「面積」、「断面積」を管理項目に追加した。これにより、出来形だけでなく数量算出も可能となる（図2-9、図2-10）。

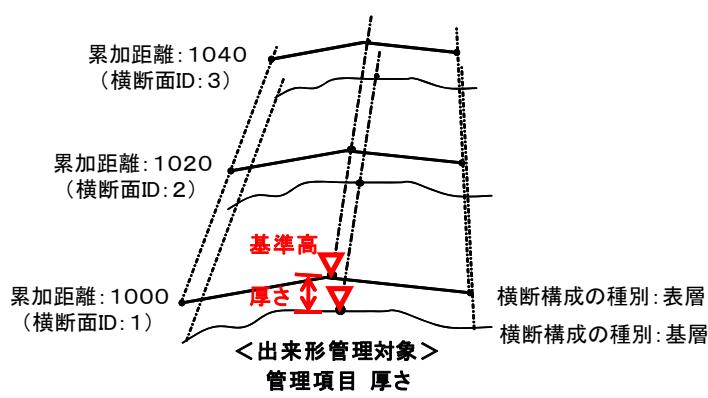


図2-9 追加した管理項目 (厚さ)

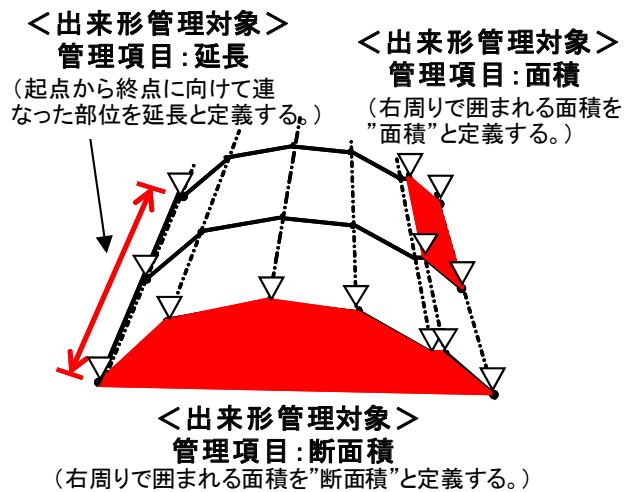


図 2-10 追加した管理項目（延長、面積、断面積）

(3) 新しい計測機器への対応

舗装工などでより精度の高い計測が要求されること、また現場での計測効率化からより計測距離を長くしたいといった要求があることから、計測範囲が150mとなる2級TSを利用できるようにした。また近年、衛星測位技術の利用が広まってきており、情報化施工においてもMC・MG等で、重機の位置測定にRTK-GNSSが使用されている背景から、出来形管理への適用も要望されている。そこで、RTK-GNSSによる出来形管理にも対応した(図2-11)。



図 2-11 新しい計測機器の活用

(4) 道路中心線に直交しない断面への対応

舗装の打ち換え等では、計算による中心線形を用いず、現地で測量した横断面を用いて横断方向を決定する場合がある。この場合、中心線形が無いため横断方向が定義できない。データ交換標準(案)Ver4.0では、これに対応するために、「横断面の角度を指定する方法」

と「横断方向にある座標と指定する方法」の2種類の方法によって、横断方向を設定できる構造とした（図 2-12）。

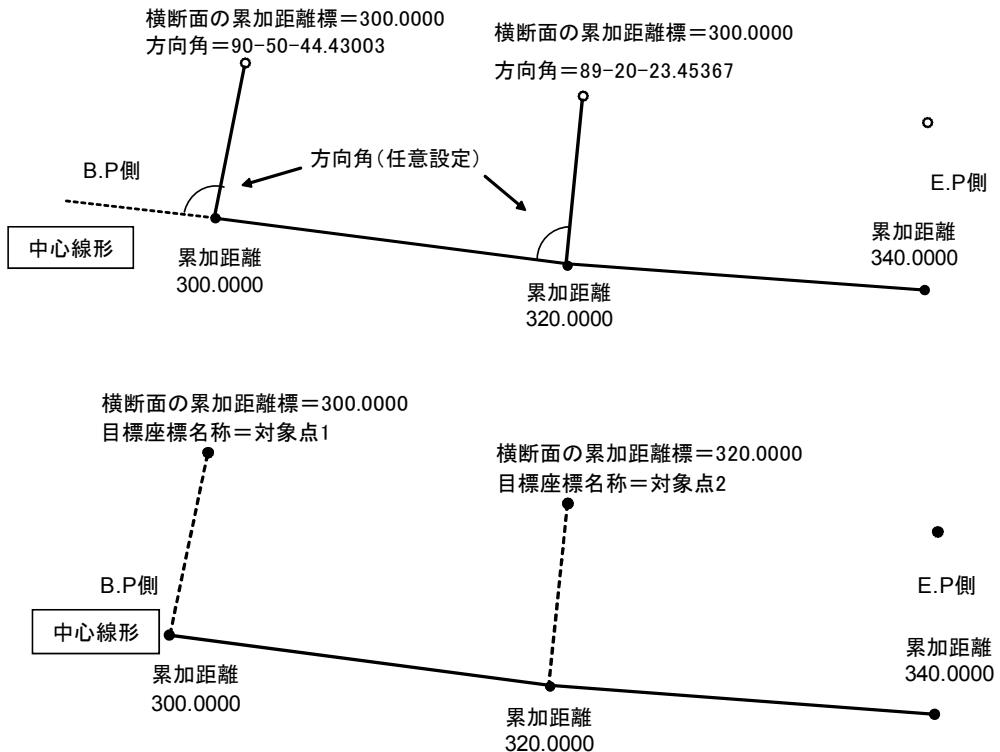


図 2-12 横断方向の定義方法

(5) 計測結果の信頼性向上

計測結果の信頼性向上の一環として、トレーサビリティを考慮し、器械の設置位置や衛星の配置状況等、計測機器に応じた計測精度に影響する情報項目を設けた。また、設計データの修正履歴や計測した日時を記録できる構造とした。これにより、トレーサビリティが向上する他に、以下のような利用方法も考えられる。

a) データ改ざんの防止

計測点の座標と計測時刻から、プリズムの動線を把握することが可能である。これにより、例えば計測者の移動速度を算出し、データ改ざんを見つけることができる。

b) データ分析

出来形計測後の施工管理データは、出来形管理要領において、電子納品成果品に格納することが定められている。これらのデータを蓄積し、解析することでデータ修正が行われる要因や、出来形計測の歩掛等の調査に活用可能となる。

4. Ver4.0 の特徴とVer2.0 からの変更点

データ交換標準（案）Ver4.0は、Ver2.0に対して、TS出来形管理に利用する道路中心線形、及び横断構成そのものの変更は行っていない。しかし、上述した「3. データ交換標準改訂に向けた検討」を受けて、適応工種の拡大、計測結果の信頼性向上のためのデータ追加、新たな計測機器への対応等のための改訂を実施した。データ交換標準（案）Ver4.0について、Ver2.0 の構造の違いの概要を図 2-13 に示す。また、主な違いは以下の項目であり、その概要を整理した。

データ交換基準改訂による修正及び追加点

ファイル管理に必要なデータ項目の追加	適応工種拡大のためデータ交換標準上で、データ種別を認識できる識別クラスを追加した。
非線形構造物への対応	線形の未定義に対応して、横断面のみを定義出来る構造とした。
適応工種拡大のための管理項目の追加	適応工種拡大のため、層を持った構造物を表現できる構造とし、また「延長」「深さ」「厚さ」「高さ」「面積」「断面積」の管理項目を追加した。
新しい計測機器への対応	データ取得の機器拡張のため、データ上での利用機器等の識別出来る構造とした。
計測結果の信頼性向上	データ取得時に、計測時の条件や計測時間などを自動的に記録する構造とした。

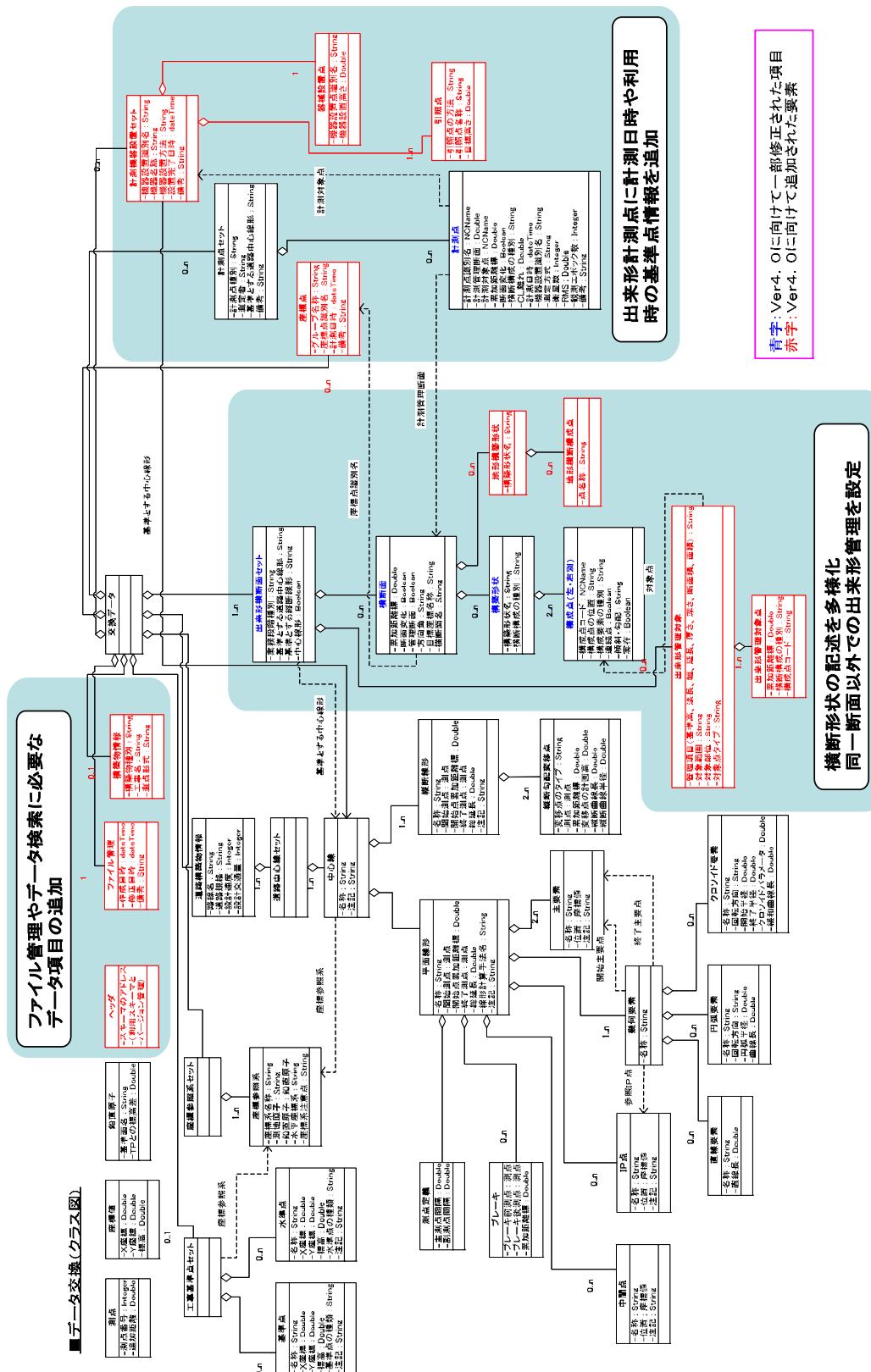


図 2-13 データ交換標準(案)

① Ver2.0ではデータ交換標準（案）上で土工の種別（河川土工や道路土工）を識別することができないが、Ver4.0ではデータ種別を識別できる。識別クラスを追加した。

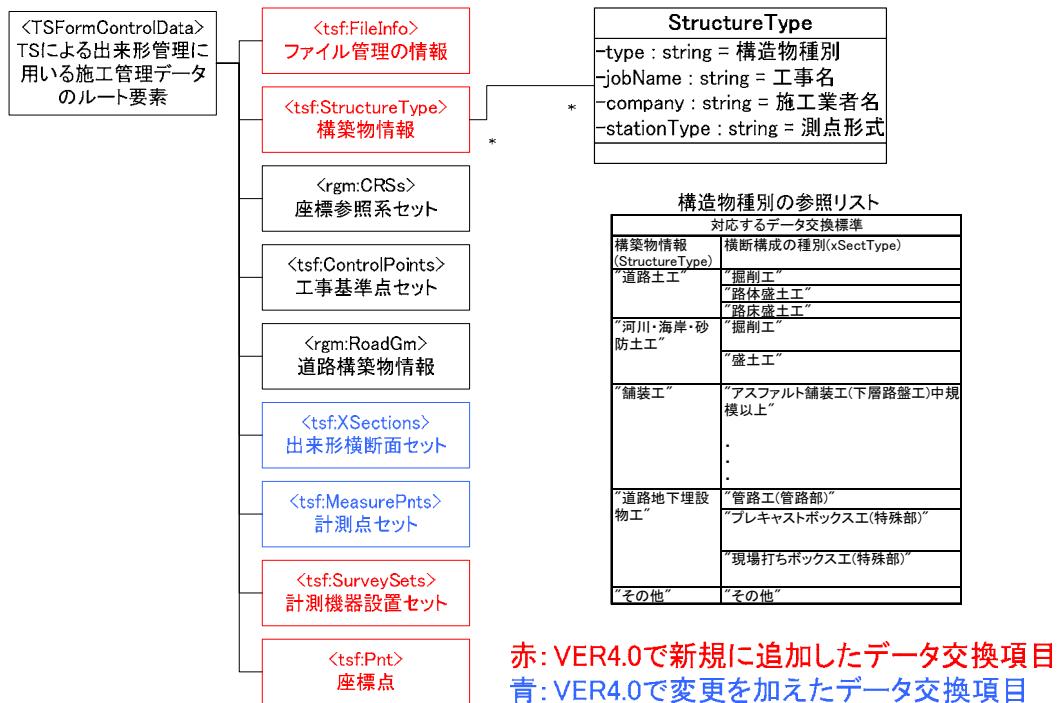


図 2-1 4 クラス図

② Ver2.0では線形に対する法線方向の横断形状しか定義できないが、舗装修繕工などで線形が定義されない工事もあることから、横断面の方向のみを定義できる構造とした。

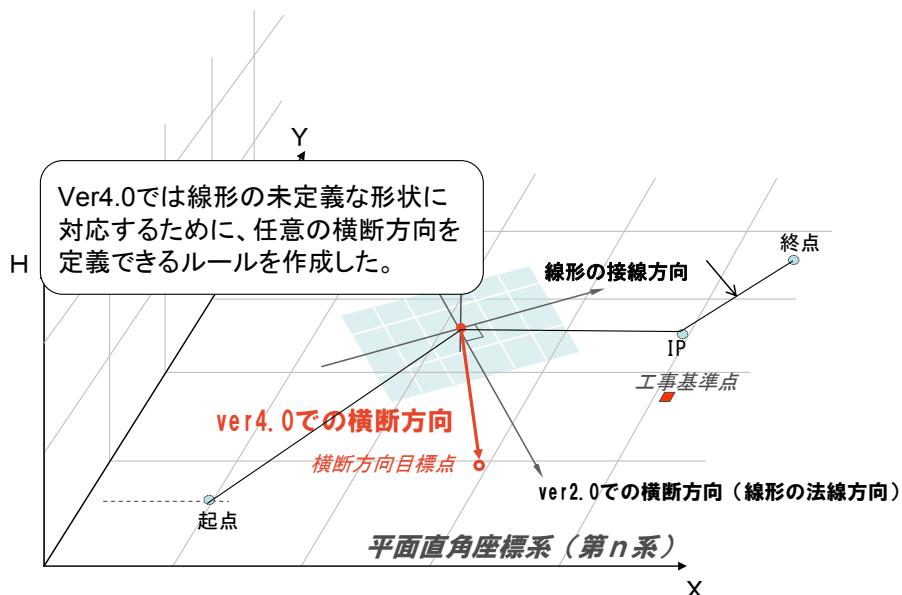
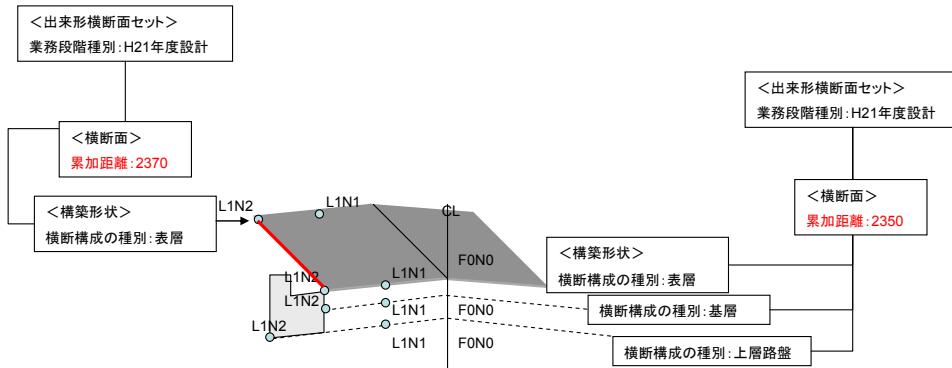


図 2-1 5 道路中心線形と横断方向の関係

③ Ver2.0では、出来形管理は一つの横断形状の中で管理対象となる法長、幅、基準高を指定することが前提であったが、適用工種拡大に向けて別の横断形状（前後の測点や下層、上層）を構成する点と出来形管理が可能な構造とした。



データ記述例(厚さ)

<FormCtrlTarget=…> 2350 表層 L1N1 2350 基層 L1N1 </ FormCtrlTarget>

データ記述例(延長)

<FormCtrlTarget=…> 2350 表層 L1N2 2370 表層 L1N2 </ FormCtrlTarget>

図 2-1 6 出来形管理項目の拡大（例：舗装工の厚さ計測点）

④ Ver4.0ではデータ取得の機器拡張への対応として、2級TSやRTK-GNSSの利用を可能とするために、データ上でこれらの利用機器を識別でき、計測時の条件や計測時間なども自動的に記録する構造とした。

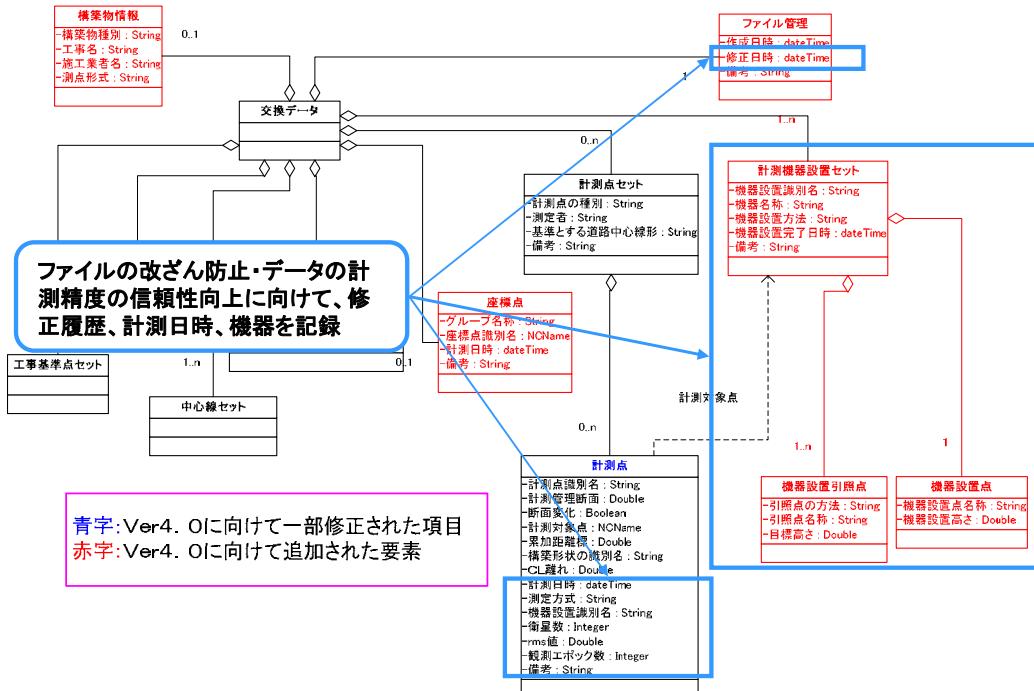


図 2-1 7 計測時条件および計測時間等の自動記録構造

5. 課題と今後の展開

今回のデータ交換標準（案）Ver4.0は、舗装工事編（舗装工、縁石、側溝）への対応やトレーサビリティ確保に必要となる出来形管理項目の追加を行った。

今後も更なる普及にむけ工種の拡大や技術拡大、データ流通・利活用場面の拡大へむけ検討を行い、データ標準仕様（案）の改訂を行っていく予定である。このような大幅な改訂は、施工者にとってソフトウェアの購入など影響が出るため、毎年できるものではなく、一定期間を空けて改訂する必要がある。このため、順次検討し改訂を行うのではなく、4～5年程度かけて上記の検討を行い、データ標準仕様（案）の改訂を行う予定である。

これによって情報化施工の更なる適応場面と効果の拡大に繋がっていくと考える。

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）

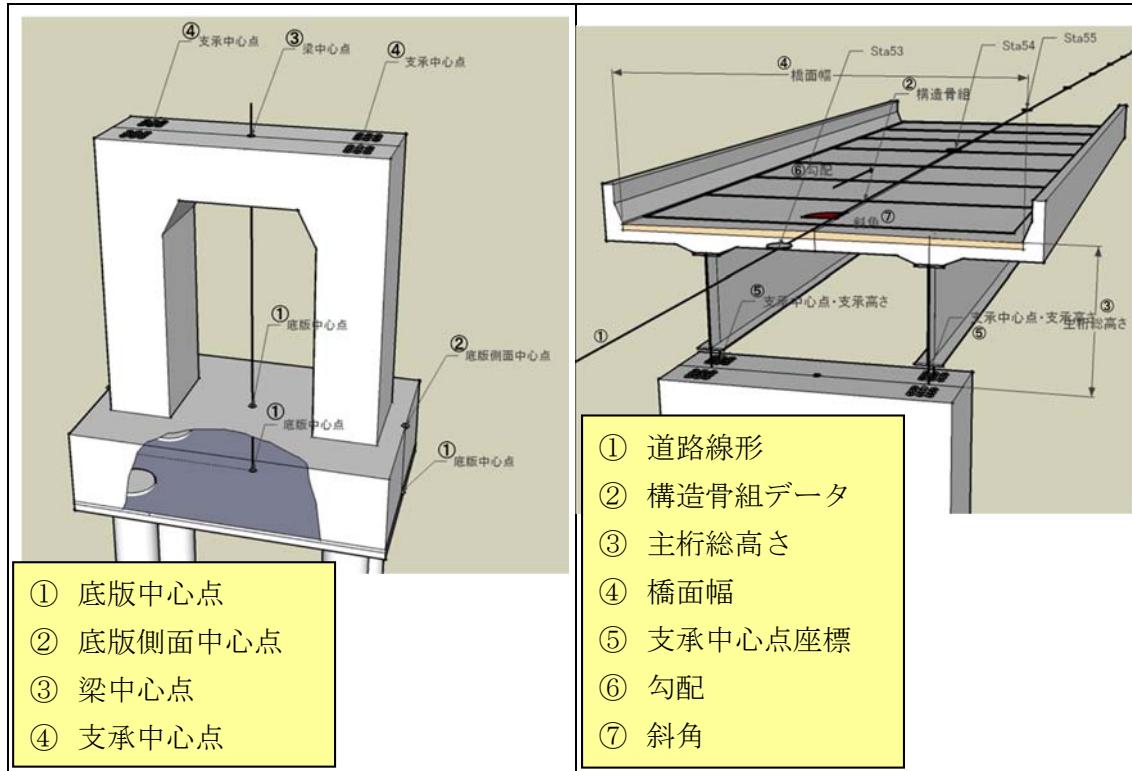


図 3-1 設計～施工に引き継がれるコントロールポイント（構造物設置基準点）

- ・ 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）

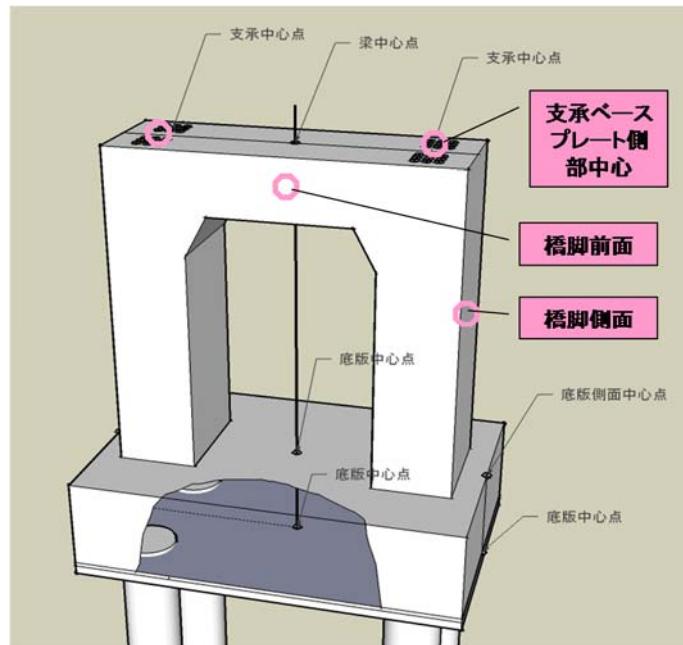


図 3-2 施工～維持管理に引き継がれるコントロールポイント（監視基準点）

- ・ 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）が分からぬ等の課題があり、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を入手し、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）。

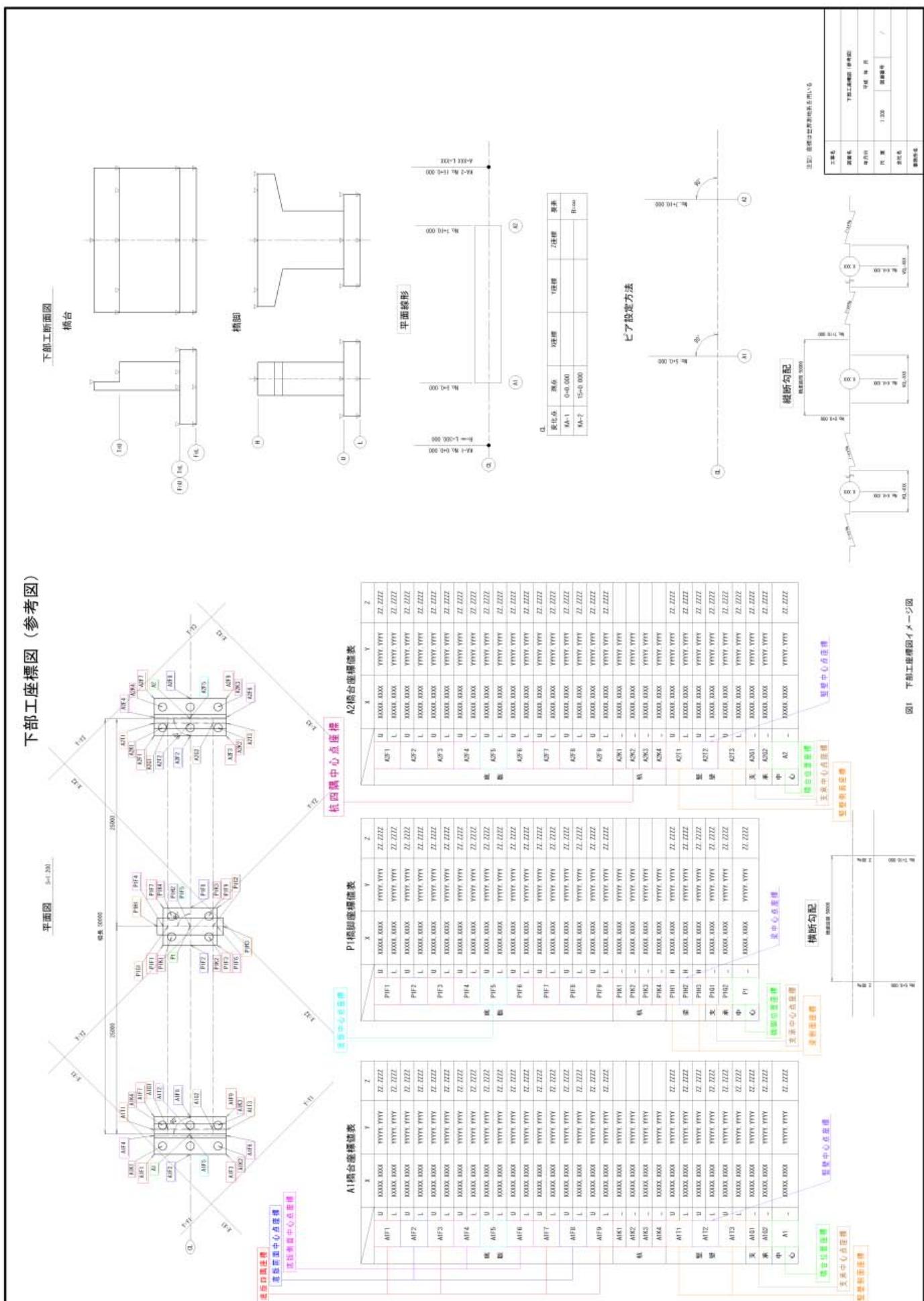
- ・ 上部工のコントロールポイント

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

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。

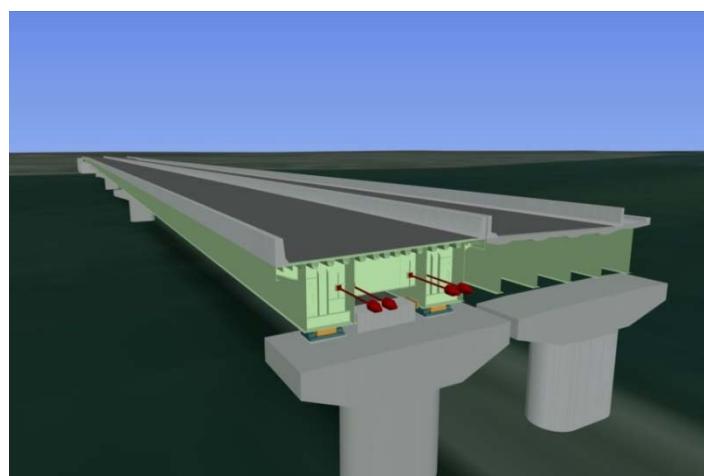


図3-4 豊川橋（名四国道）Ⅱ期線 上部工端部（PD4 橋脚）

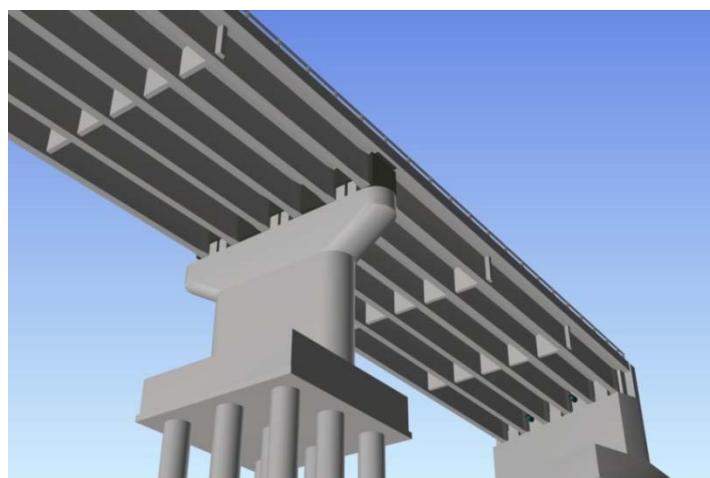


図3-5 神田川橋（山口河川国道）上部工下面

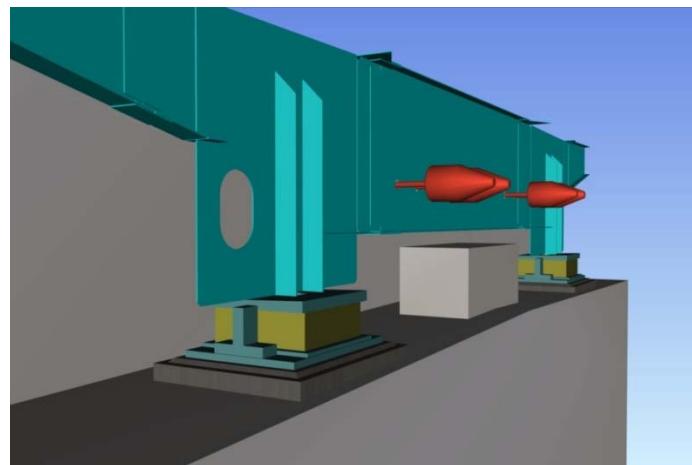


図 3-6 平蔵川 IC 橋（千葉国道）落橋防止構造（A2 橋台）

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容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

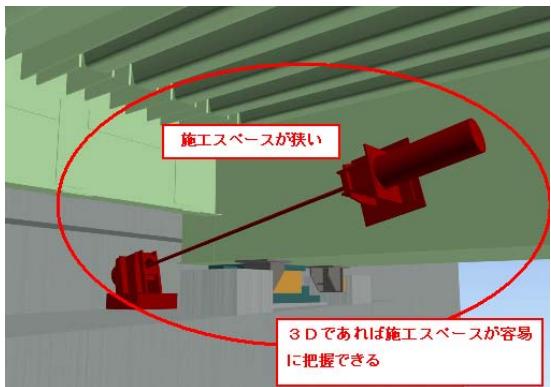


図 3-7 施工困難な箇所の特定例

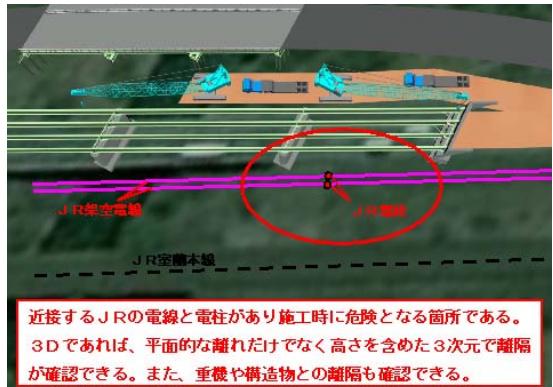


図 3-8 危険な箇所の特定例

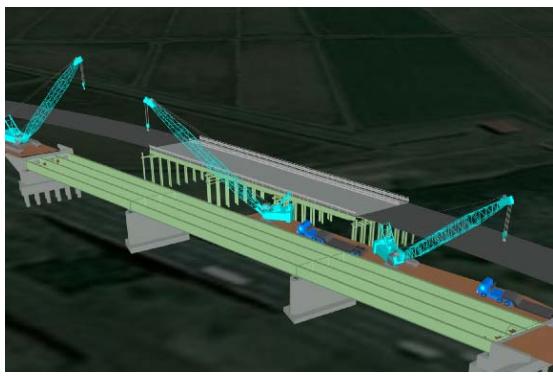


図 3-9 工事の施工性の照査例

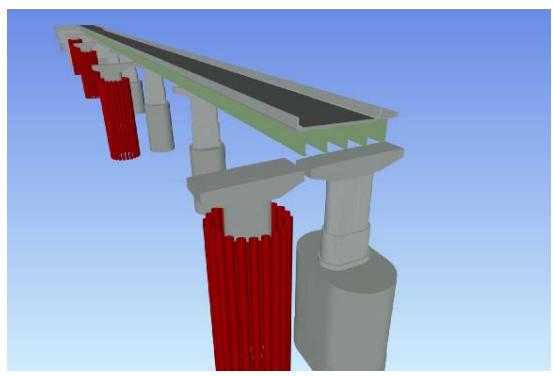


図 3-10 工事の施工性の照査例

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）

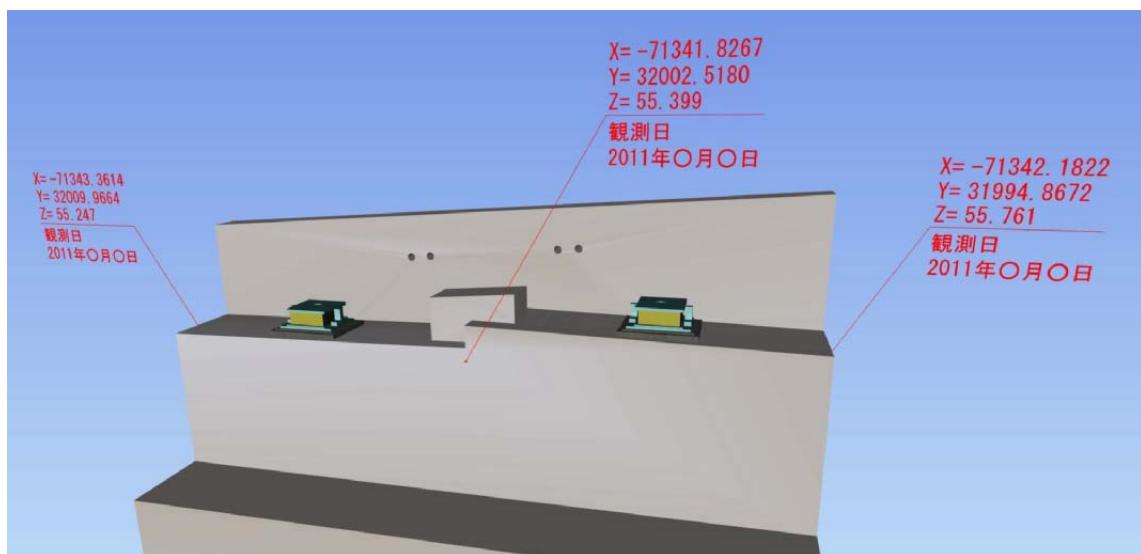


図 3-11　監視基準点明示の例

(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径間連続非合成鋼板桁橋
	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容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くあった。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次元モデルで容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。

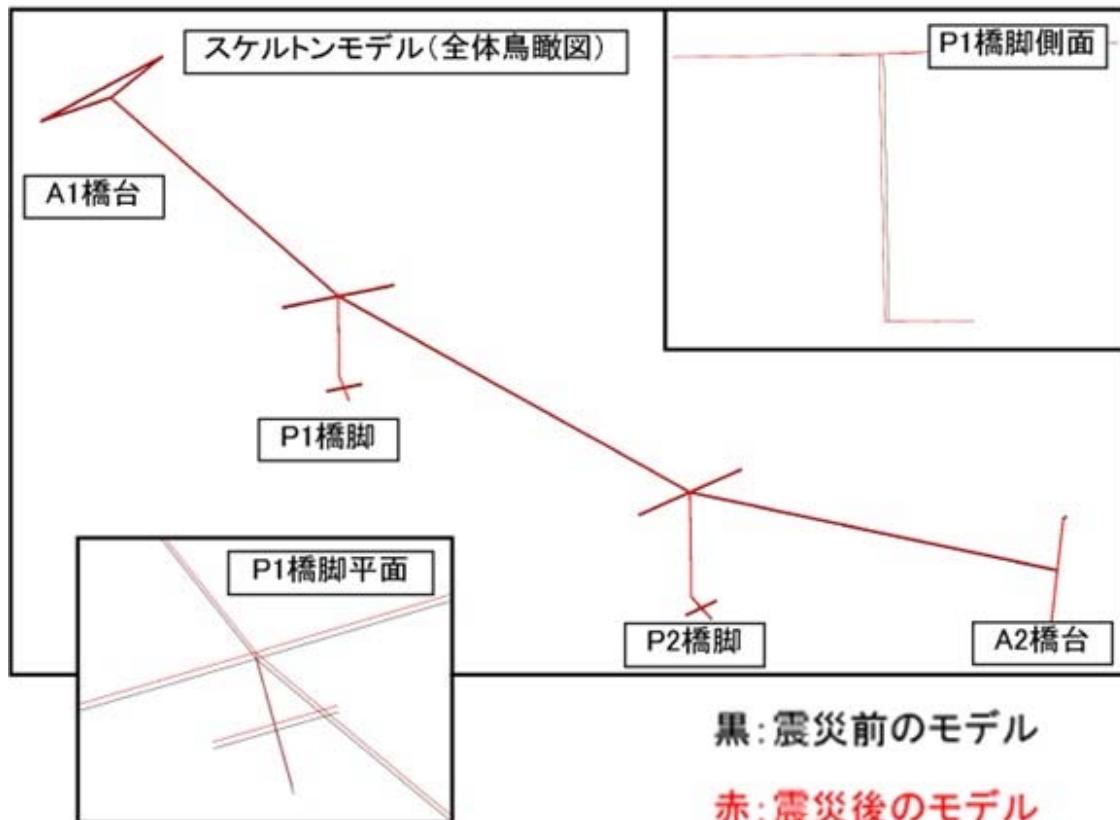


図3-12 震災前後のスケルトンモデルの比較

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。将來、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)）。

下部工座標図(参考図)
(設計コンサルタント仕様)



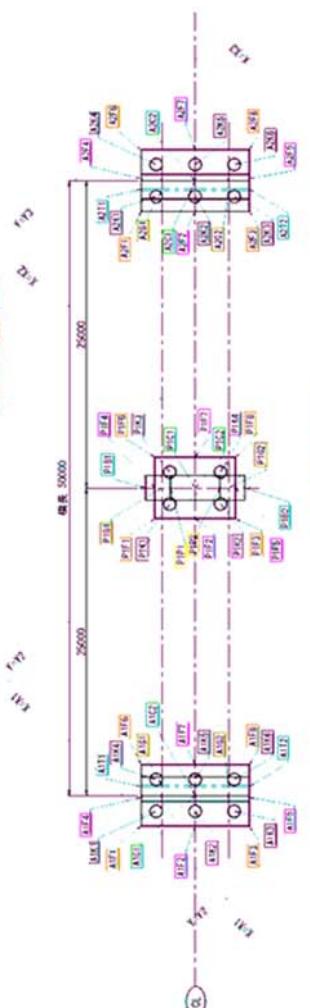
構造物設置基準にば「〇」印

図 3-1 3(1) 座標図のサンプル（構造物設置基準点）

下部工座標図(参考図) (設計二)

卷之三

卷之三



卷之三

洋詩翻訳者には序譜を附ける。
筆者著者に「人との力を鼓舞する。
力だし、激励」などする。

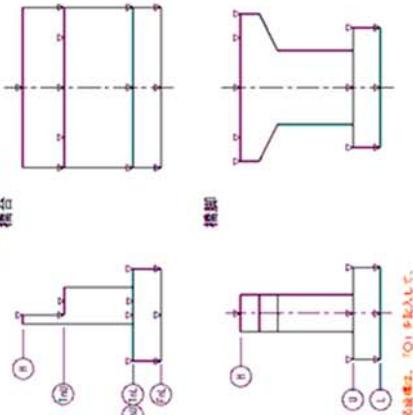
地図上に位置する点をつなぐ線を、 $\text{○} \rightarrow \text{○}$ などと書いて、地図上の点を結ぶ線と呼ぶ。

直達は工事完了後に出来形値を記載する。
直達は公垂に応じて変更する。

卷之二

サルタント仕様)

下部工断面図



姓名
性别
年龄

図 3-1 3(2) 座標図のサンプル（監視基準点）

施工時に監視基準点の座標を入力できることを成

(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

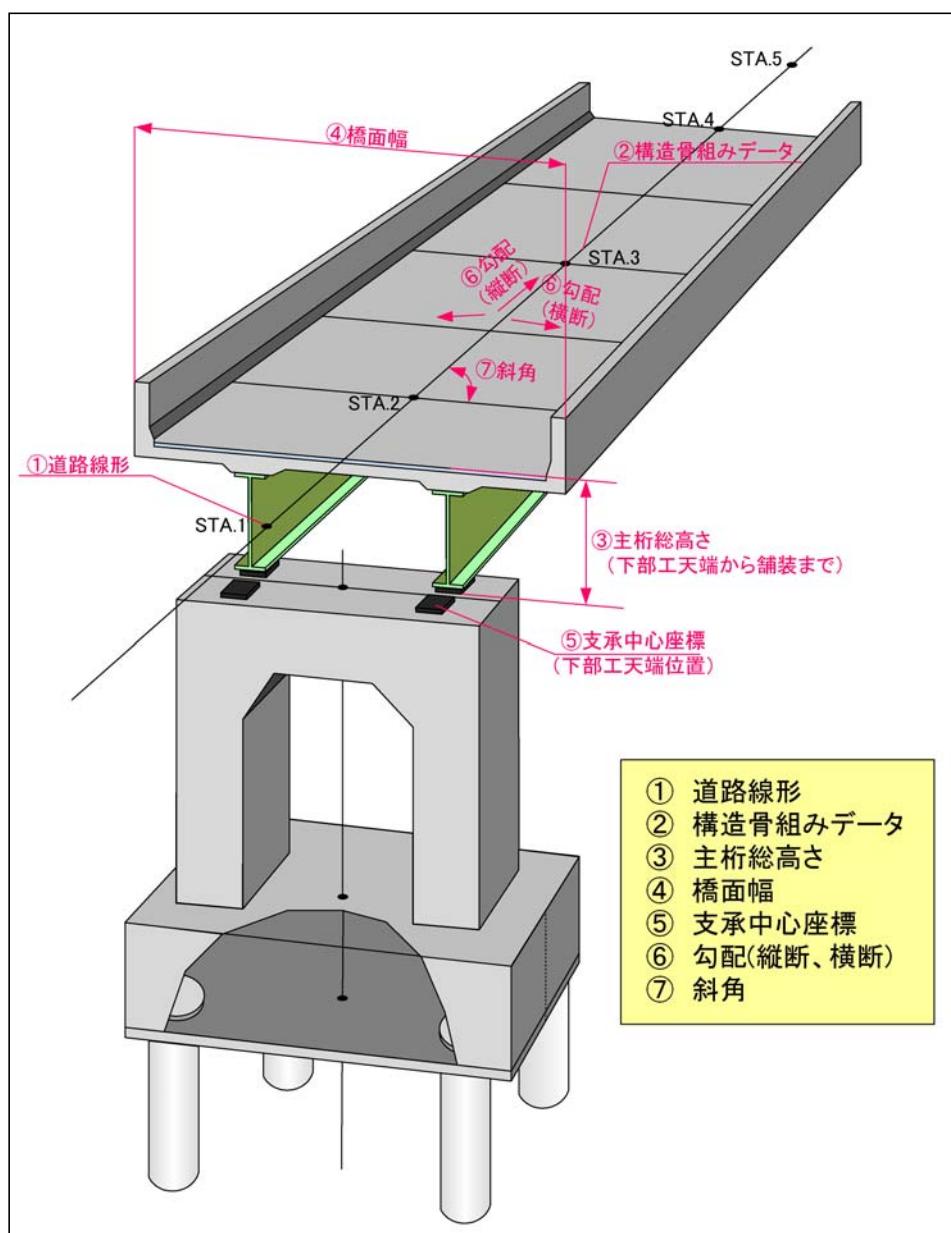


図3-14 構造物設置基準点（下部工）の位置

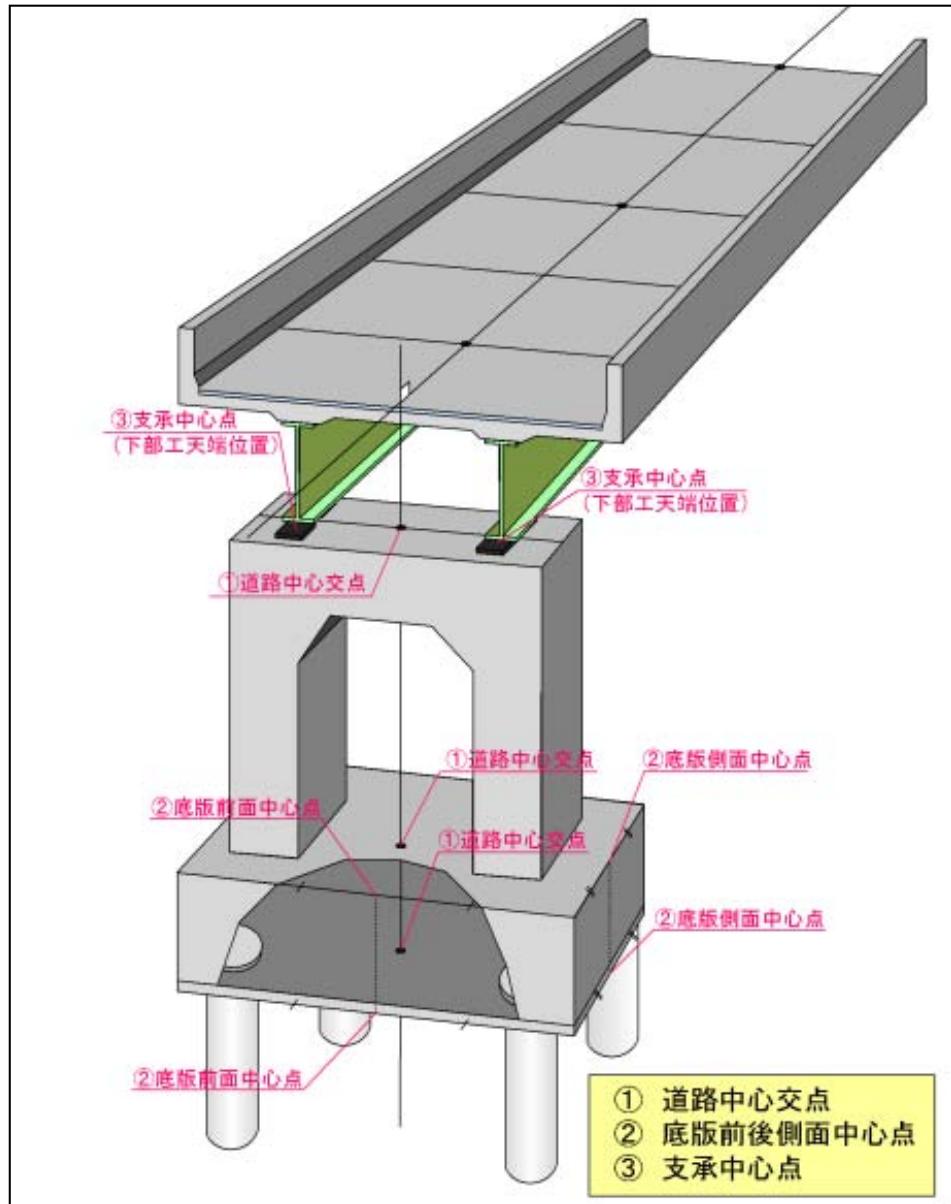


図 3-15 構造物設置基準点（上部工）の位置

2) コントロールポイント：監視基準点の設置位置

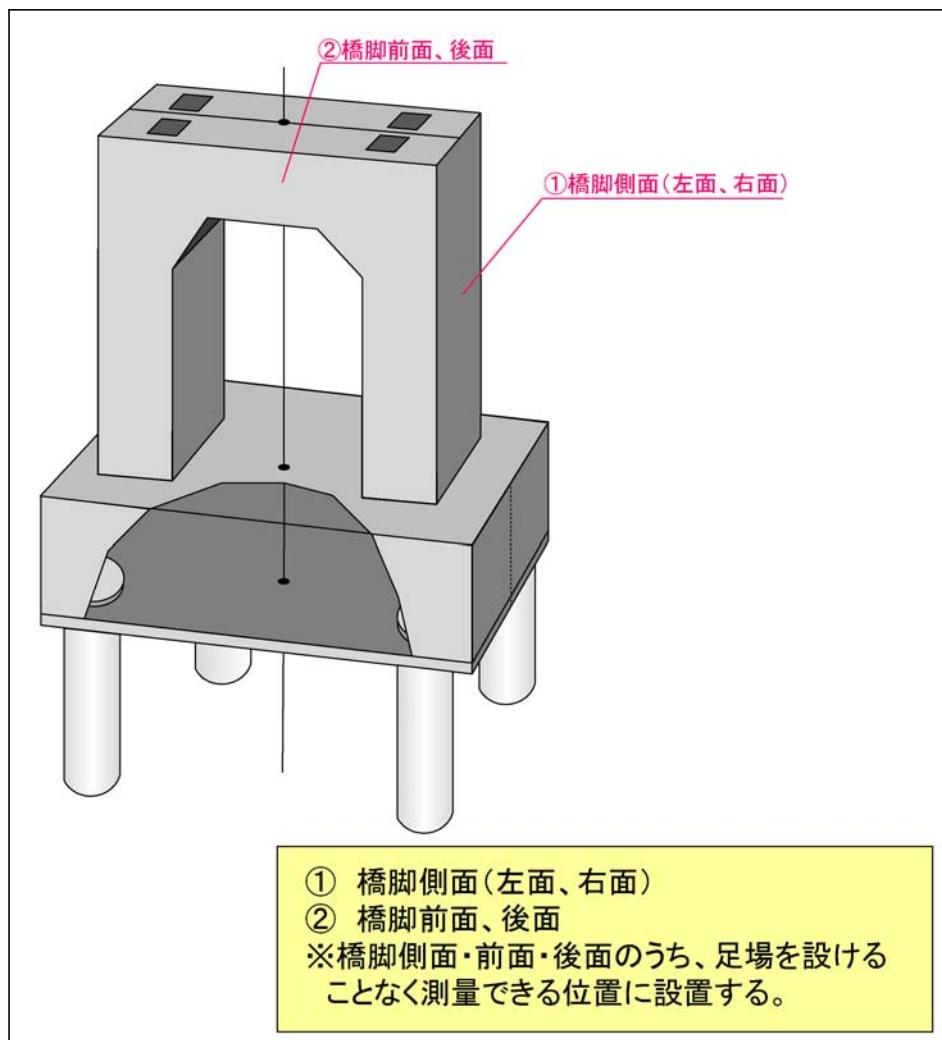


図 3-1 6 監視基準点の設置位置

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

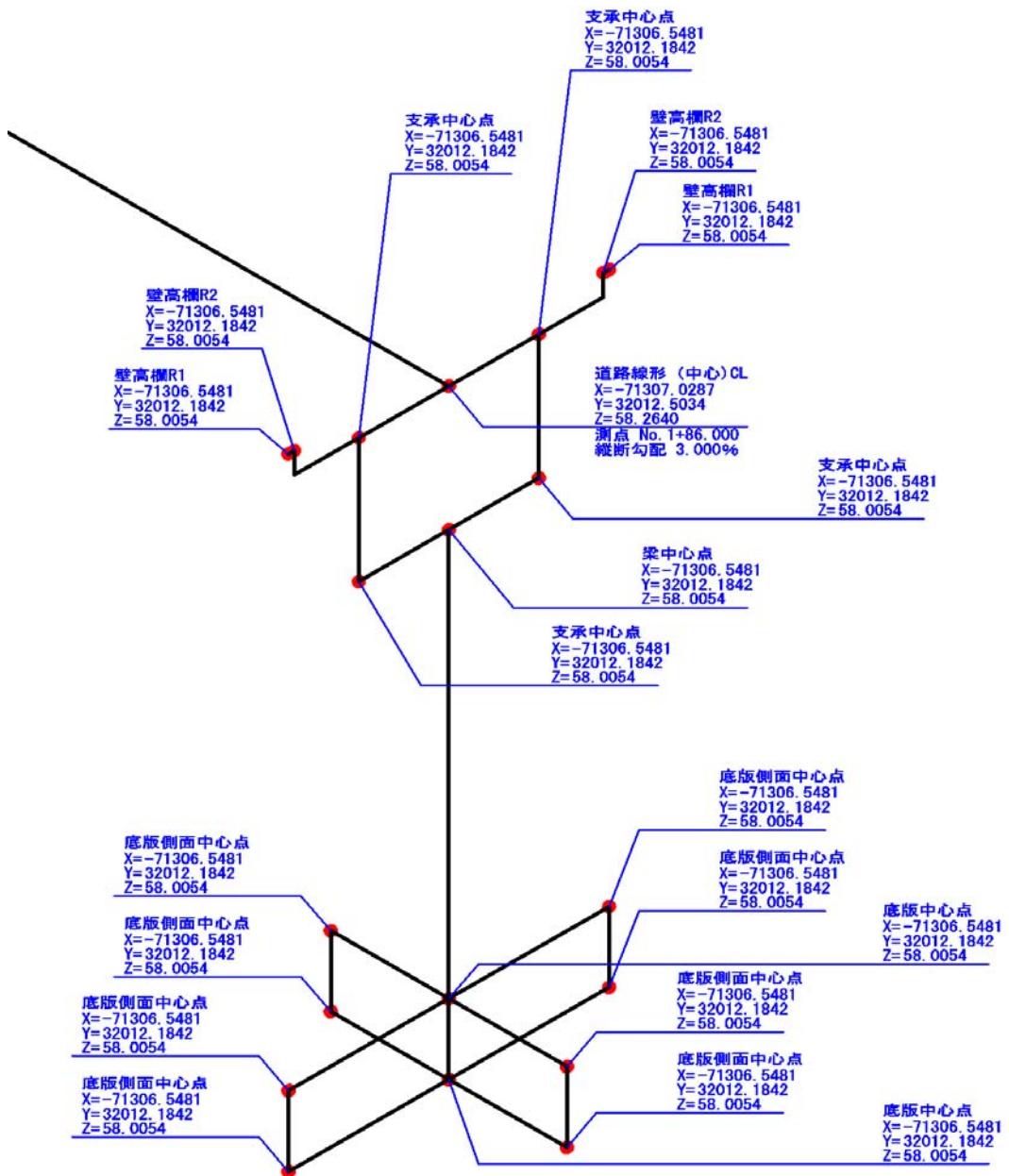


図 3-1 7 橋脚の監視基準点の図示方法（スケルトンモデル）

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次元モデルを利用して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、その後に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 数钣桁橋	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 数钣桁橋	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催し、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、できなかつたのであれば、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操作の経験は少ないが、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。

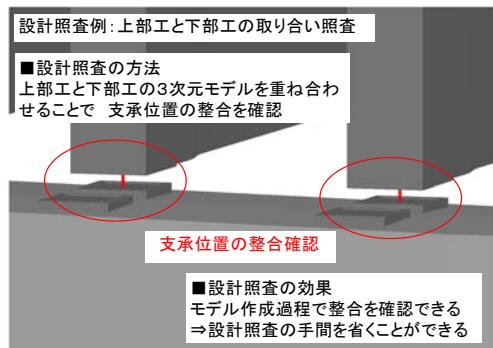


図3-18 設計照査の具体例

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こと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です」、「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。

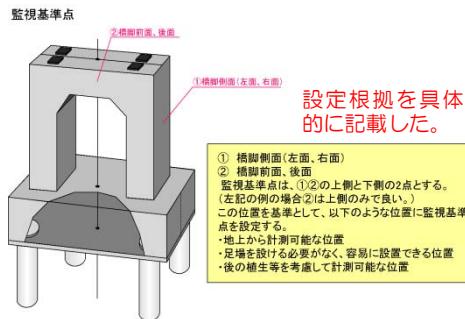


図3-19 監視基準点の設定根拠

・ 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生じる。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の作成

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次元のままで取り扱うなど、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。

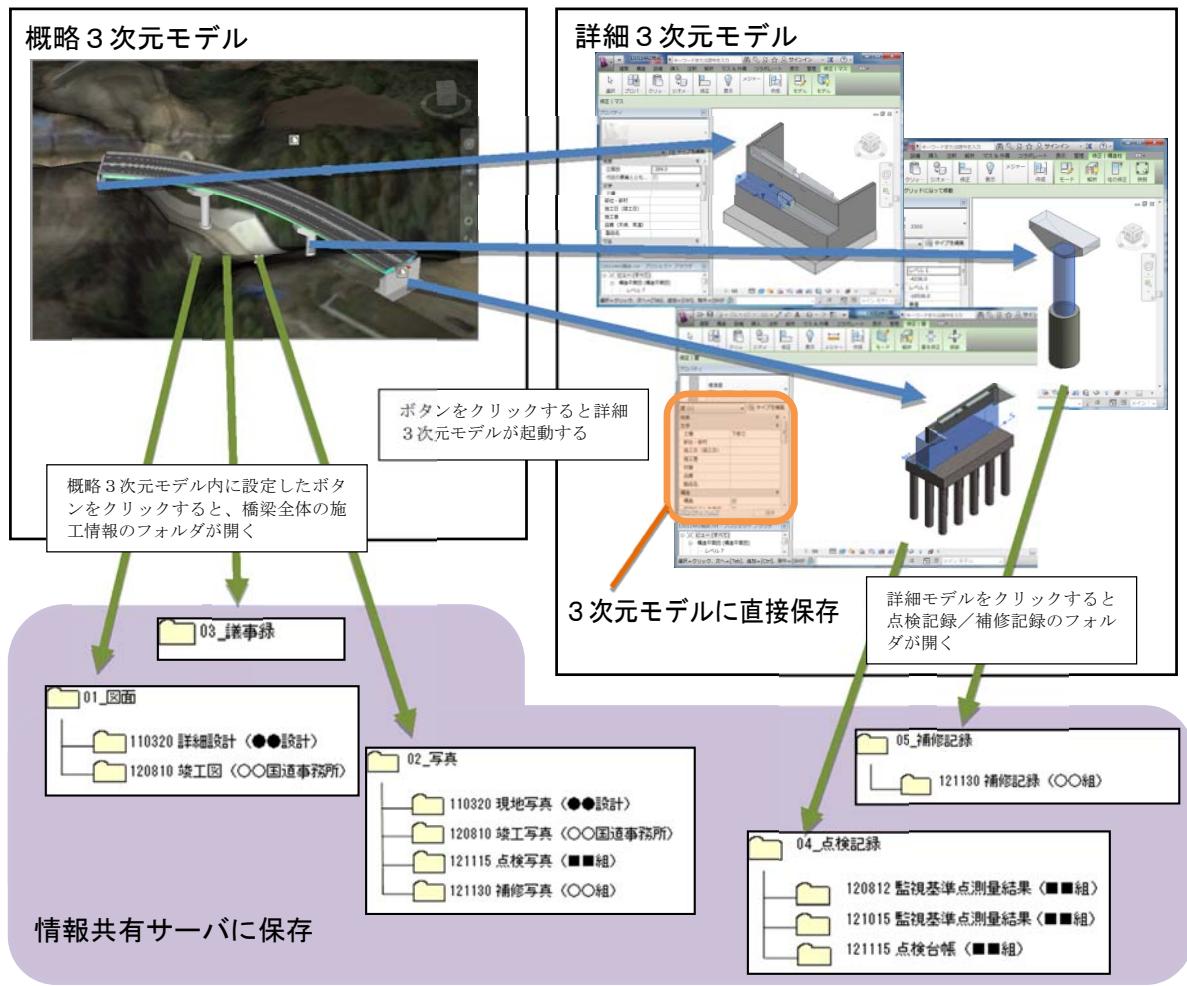


図 3-2 1 プロトタイプシステムの構造イメージ

(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）。

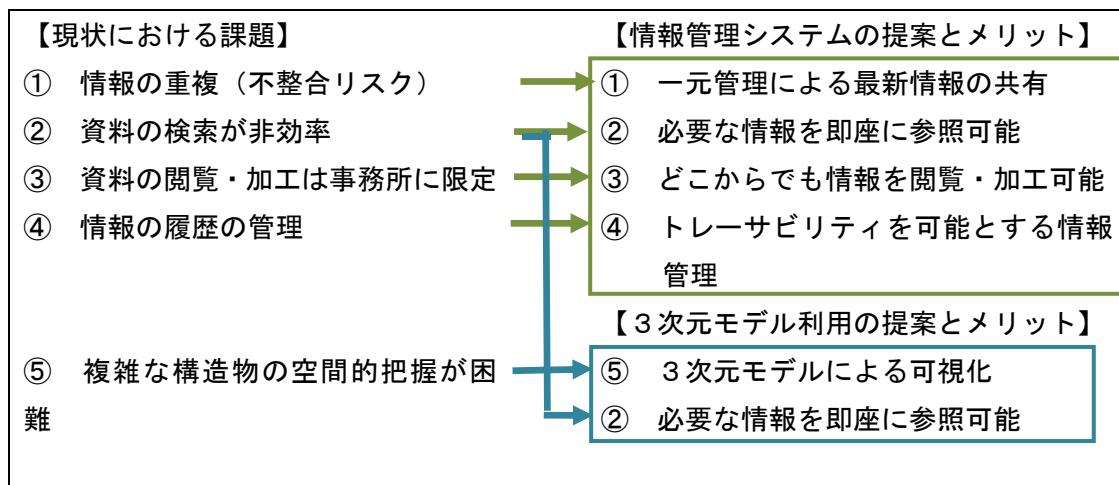


図3-22 課題に対するシステムのメリット

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。

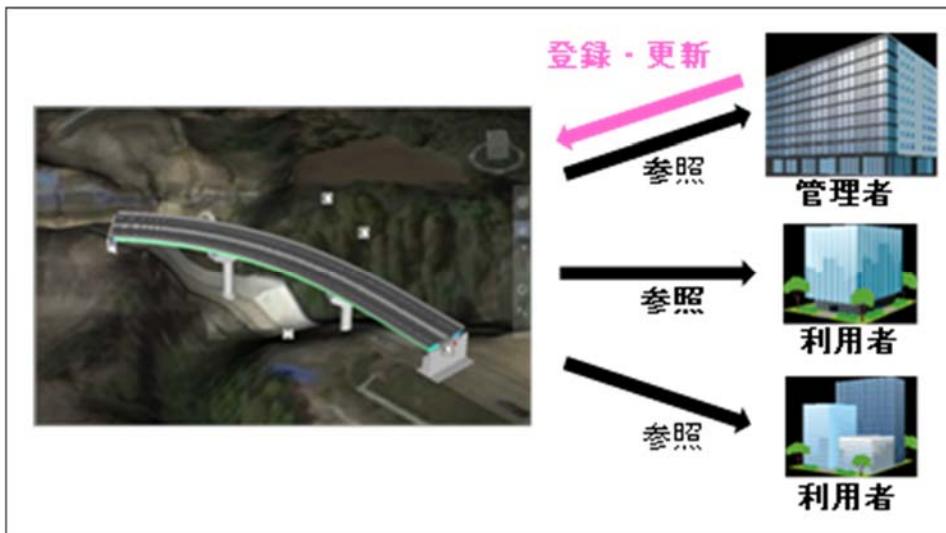


図 3-23 一元管理による最新情報の共有イメージ

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。

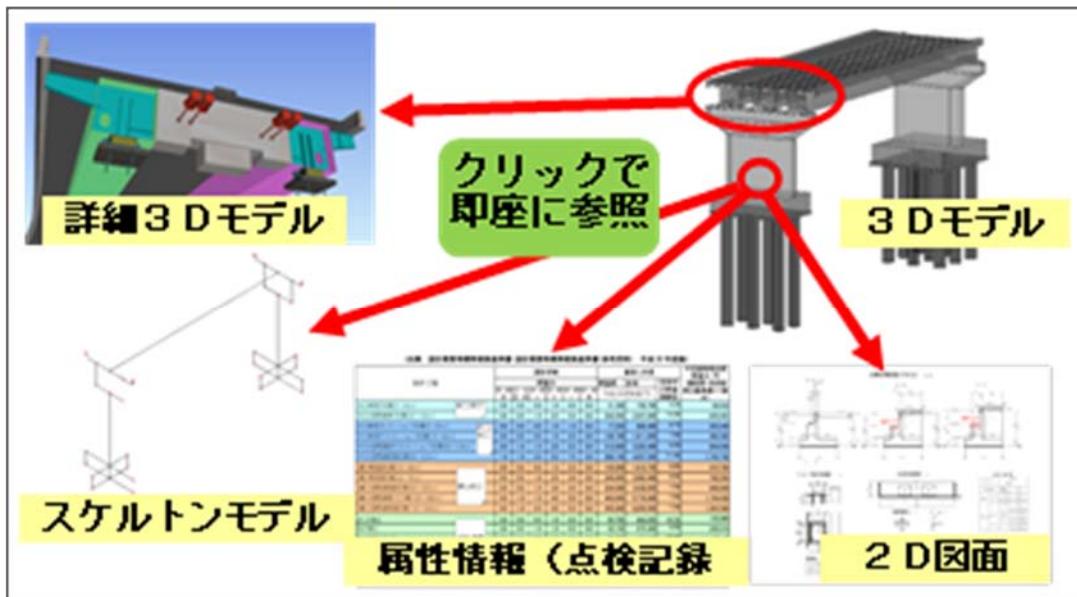


図 3-24 必要な情報を即座に参照するイメージ

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。

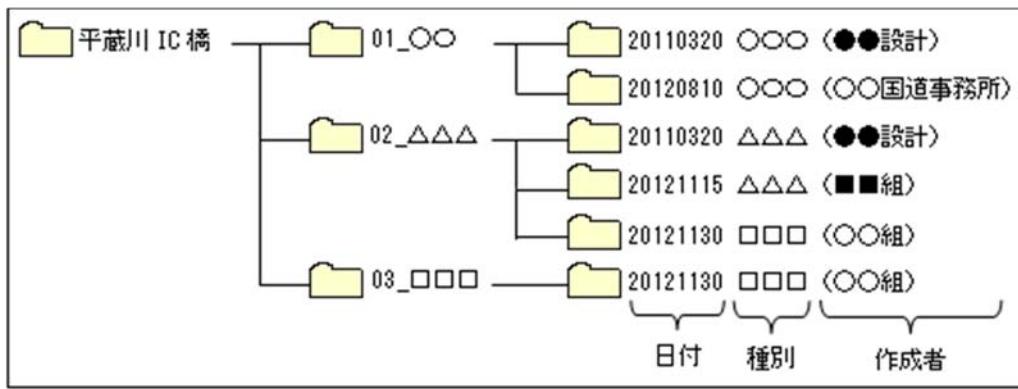


図 3-26 トレーサビリティ可能なフォルダ構成イメージ

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。

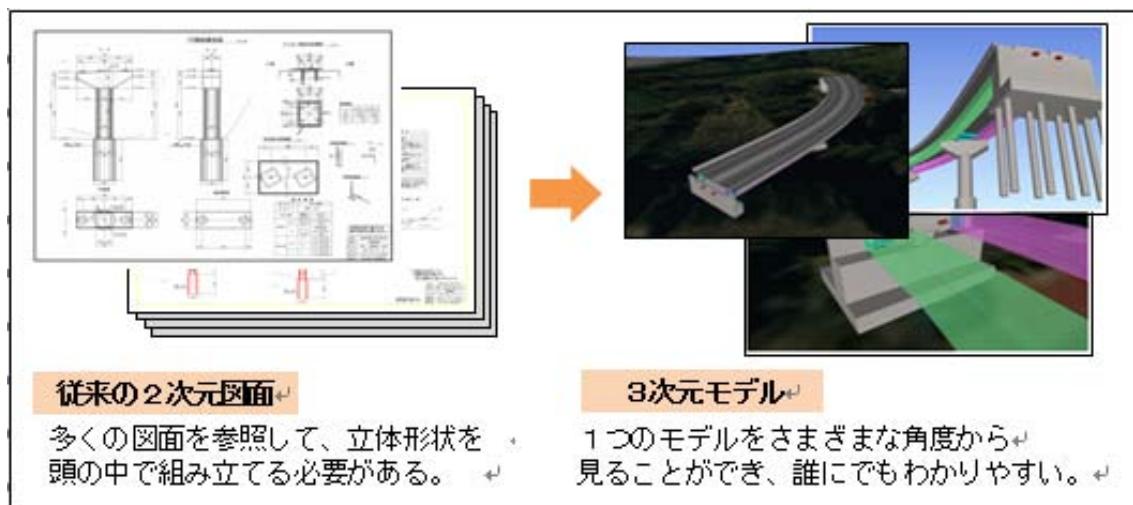


図 3-27 3次元モデルによる可視化のイメージ

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。

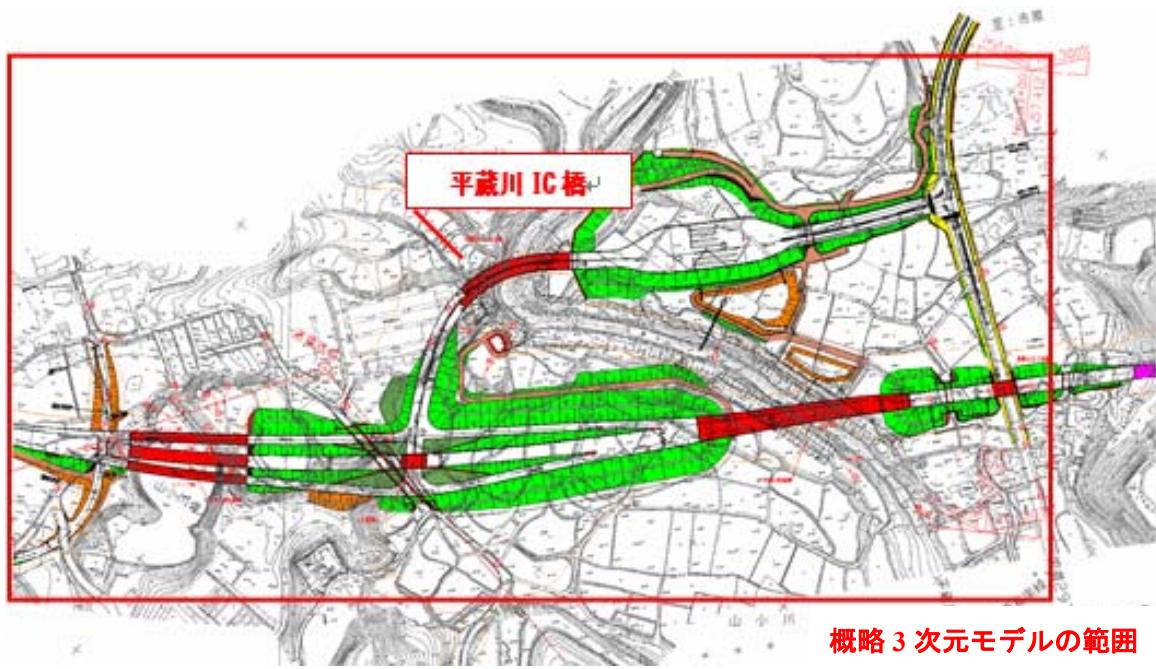
- ・ 平成23年度に3次元モデルを作成していること
- ・ 東日本大震災前後で監視基準点の測量を行っていること
- ・ 平成23年度に収集したデータを活用できること

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3-28 モデル作成対象範囲（概略3次元モデル）

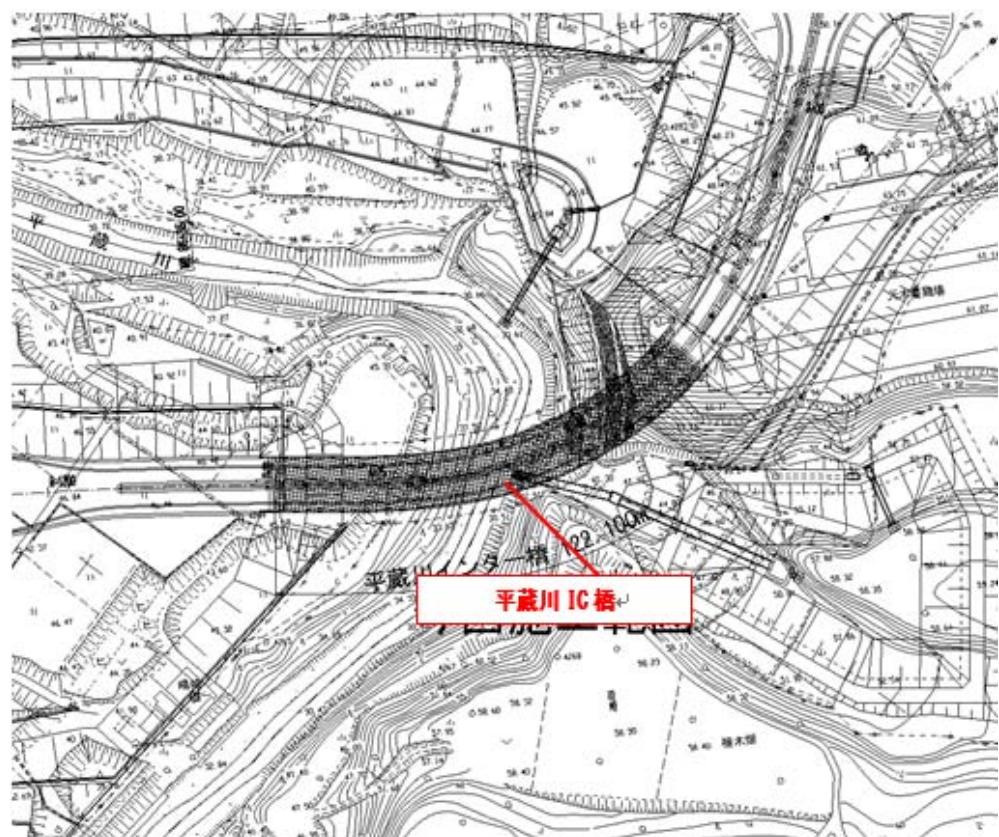


図3-29 モデル作成対象範囲（詳細3次元モデル）

(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。

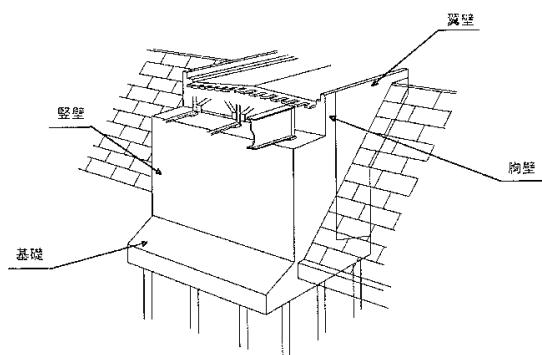
本研究では、この仕組みをシステムに組み込むため、あらかじめ3次元モデルを「道路橋マネジメントの手引き」に則った形で要素分割し作成する（表3-12）。

表3-12 要素分割

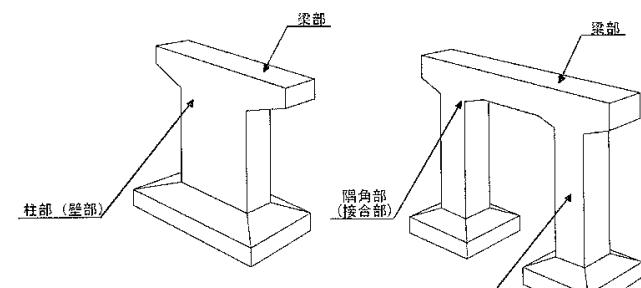
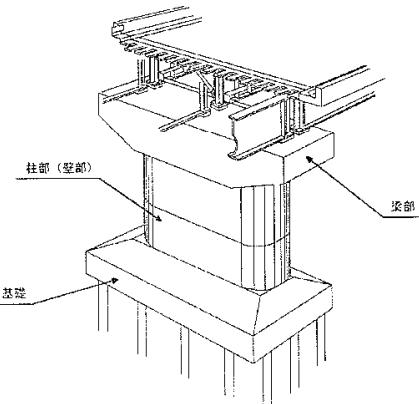
工種	部位・部材	
下部工	橋脚	柱部・壁部
		梁部
		隅角部・接合部
	橋台	胸壁
		堅壁
		翼壁
	基礎	
上部工	その他	
	主桁	
	横桁	
	縦桁	
	床版	
	対傾溝	
	外ケーブル	
支承部	その他	
	支承本体	
	アンカーボルト	
	落橋防止システム	
	沓座モルタル	
	台座コンクリート	
	その他	
路上	高欄	
	防護柵	
	地覆	
	中央分離帯	
	伸縮装置	
	遮音施設	
	照明施設	
	標識施設	
	縁石	
	舗装	
排水施設	排水ます	
	排水管	
	その他	
	点検施設	
添架物	添架物	
	袖擁壁	

・下部構造

橋台

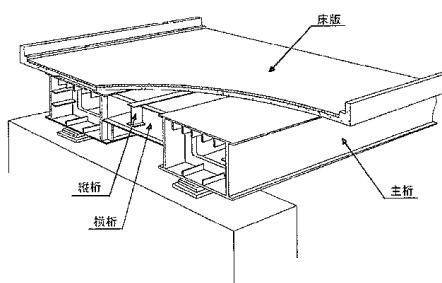


橋脚



・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。

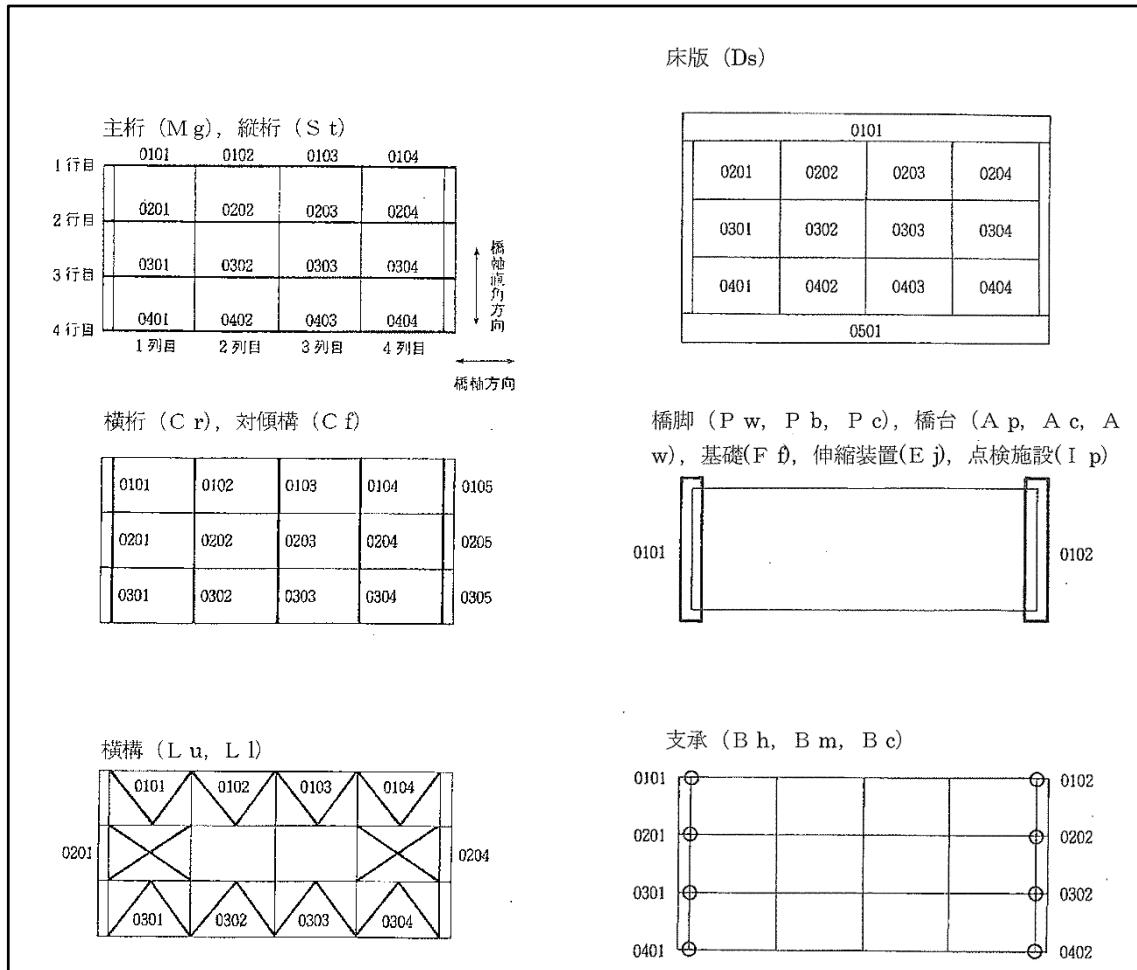


図 3-30 要素番号のつけ方（例）

(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ず、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 3-14 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。

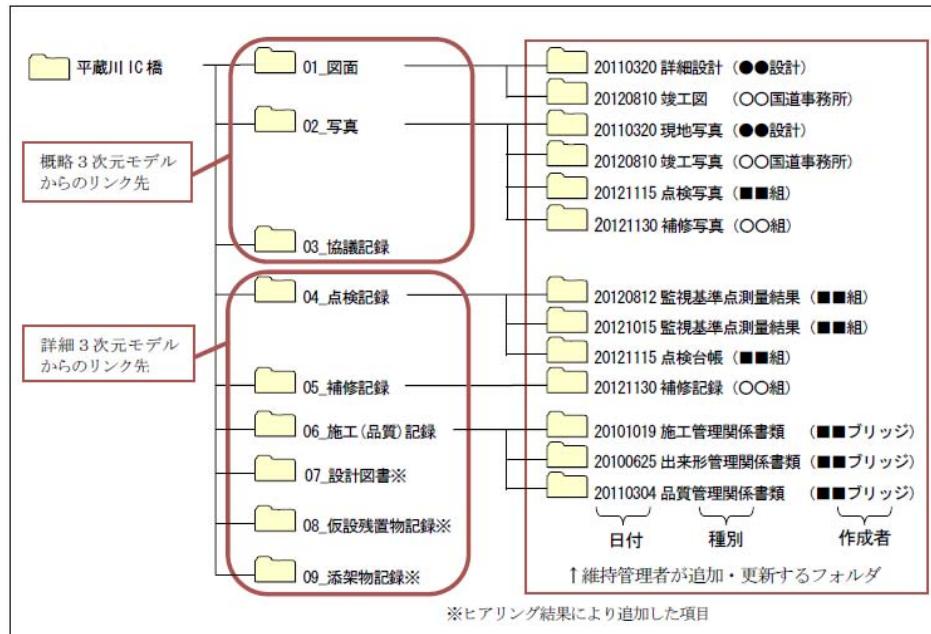


図 3-3-1 関連情報のツリー構造

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アリンクは、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アリンクの付加
		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
		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
	その他	Microsoft Office 2010	外部データの作成
		NavisWorks Freedom 2013	3次元モデル・属性情報の閲覧
閲覧		Autodesk Buzzsaw	データの一元管理と情報共有
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 3-3-3 に作成した概略 3 次元モデルを示す。

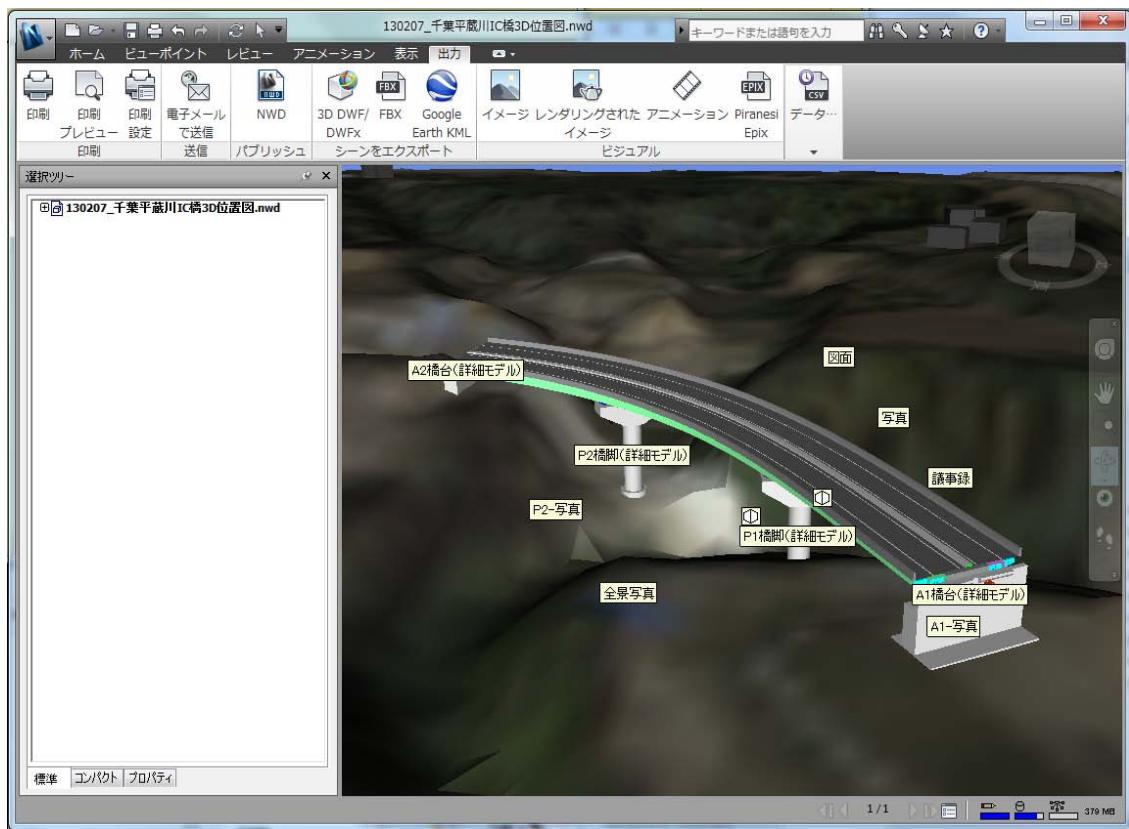


図 3-3-3 作成した概略 3 次元モデル

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。

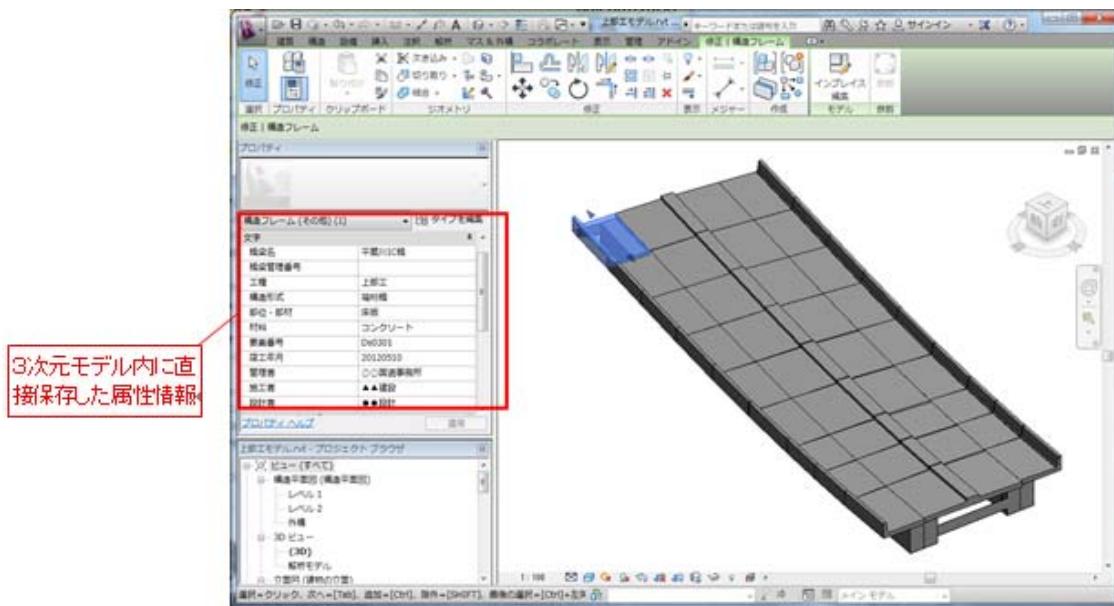


図 3-3-4 情報を保存した詳細 3 次元モデル

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 3-3-5 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で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充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。

第4章 情報化施工を普及・定着させるための基準類の策定

TSを用いた出来形管理要領および監督検査要領の策定

概要：平成20年4月よりTSを用いた出来形管理の運用が開始されているが、これまでの現場運用のフォローアップ調査結果、および新たな工種や利用技術の拡大検討を踏まえ、いくつかの改善点があげられている。

平成20年度以降、出来形管理要領および監督検査要領に関する改良の検討が継続され、本プロジェクト研究において新たに舗装工に対応した出来形管理要領および監督検査要領を策定した。

1. はじめに

国土技術政策総合研究所は、「CALS/EC アクションプログラム2008」および「情報化施工推進戦略」に基づき、2012 年度までに公共事業において情報化施工を標準的な工法として普及させるための課題解決に取り組んでいる。

TSを用いた出来形管理は平成20年3月に「施工管理データを搭載したTSによる出来形管理要領(案)（土工編）」が公開され、これまでに多くの現場で運用してきた。

その後、本プロジェクト研究の準備期間において、監督・検査の観点より「TSを用いた出来形管理の監督・検査要領(案)（河川土工編）、〃（道路土工編）」（以下、「監督検査要領」）の検討を行い、平成22年3月に策定された。策定された監督・検査要領では、ICT（情報通信技術）の特徴を活かし、施工管理データ（XMLファイル）を電子成果品として納品を求めトレーサビリティーの確保を図ることで、写真管理や実地検査の軽減を行っている。

本研究では、更なる情報化施工の普及に向けた方策として、TSを用いた出来形管理について「舗装工などへの工種拡大」や「衛星測量技術RTK-GNSSなどの新技術導入」に向け、要領策定に向けた検討を行った。

2. TSを用いた出来形管理要領および監督検査要領の検討

TSを用いた出来形管理要領（以下、出来形管理要領という）は、施工データを搭載したTSによる出来形管理が、効率的かつ正確に実施されることを目的に作成した施工者向けの基準である。また、TSを用いた出来形管理の監督・検査要領（監督検査要領）は、TSを用いた出来形管理に係わる監督・検査業務の適切な実施がなされることを目的に作成された発注者向けの基準である。これらの要領については、土工編が策定されていることから、更なる導入効果の拡大に向け、「適用工種の拡大、GNSSなどの新技術への対応」等を図るために検討するものである。

(1) 適用工種の拡大

平成18年10月に道路土工を対象とした試行を目的に出来形管理要領(案)が策定された。その翌年の平成19年9月に河川土工を対象とした試行用の出来形管理要領(案)を作成し、試験施工を通じて、平成20年3月に河川土工と道路土工を対象とした出来形管理要領(案)を策定し、実工事への導入を進めることとなった。

TSを用いた出来形管理を土工で導入し使いこなす工事では、導入効果を確認することができたことから、更なる導入効果の拡大として他工種への導入があげられた。

様々な工種が考えられるが、TSは導入効果が認められる反面、導入コストも必要となることから、工事の発注件数や実運用されている土工と関連がある工種が望まれ、「舗装工事(舗装工、縁石、側溝など)」を検討対象とすることとした。

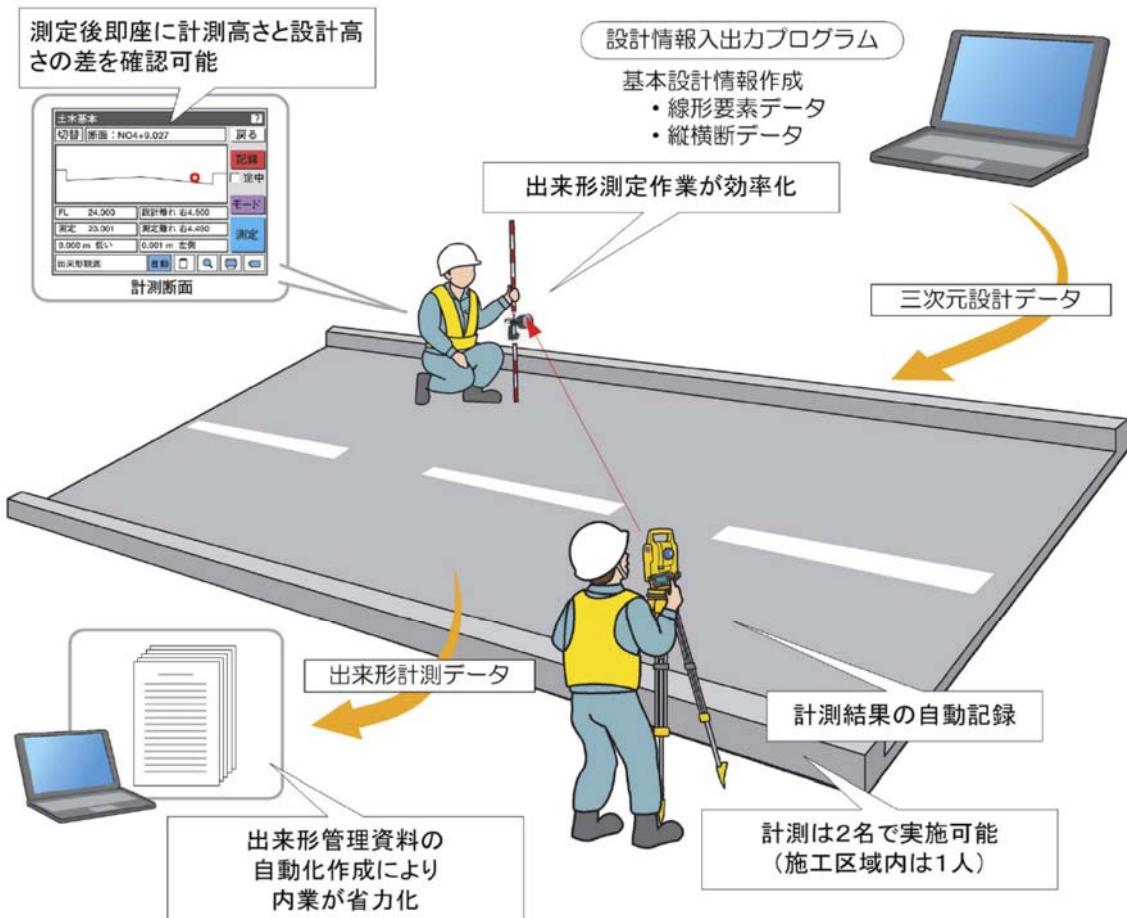


図4-1 舗装工への導入イメージ

① 適用工種と管理項目の検討

舗装工事編における対象工種は、舗装工と共に一体的に施工される工種を対象として選定し、管理対象は、「土木工事施工管理基準及び規格値」を基に検討を行い、下表のとおりとした。厚さについては品質管理でコア抜きを行う必要があること、舗装の厚さは

高い計測精度が求められTSで行うと計測延長が極端に短くなり作業性が悪いことから、従来通りコアで行うこととしてTSを用いた出来形管理の適用対象から外すこととした(図 4-2)。

・新設舗装工

工種	出来形管理項目				
	延長	基準高	深さ	幅(※1)	厚さ(※2)
アスファルト舗装工 半たわみ性舗装工 排水性舗装工 ゲースアスファルト舗装工 コンクリート舗装工 薄層カラー舗装工 ブロック舗装工	—	○ (下層路盤のみ)	—	○	✗ (コアー・掘起しによる)
透水性舗装工(路盤工)	—	○	—	○	✗ (掘起しによる)
透水性舗装工(表層工)	—	—	—	○	✗ (コアーによる)
歩道舗装路盤工 取合舗装路盤工 路肩舗装路盤工	—	○	—	○	✗ (掘起しによる)
歩道舗装工 取合舗装工 路肩舗装工 表層工	—	—	—	○	✗ (コアーによる)

・維持修繕工

工種	出来形管理項目				
	延長	基準高	深さ	幅(※1)	厚さ(※2)
路面切削工	—	○(※3)	—	○	—(※3)
舗装打換え工(路盤工)	○	—	—	○	✗ (該当工種に準ずる)
舗装打換え工(舗設工)	○	—	—	○	✗ (該当工種に準ずる)
オーバーレイ工 切削オーバーレイ工	○	—	—	○	○
路上再生工	○	—	—	○	✗ (掘起しによる)
アスファルト舗装補修工 コンクリート舗装補修工	—	○ (下層路盤のみ)	—	○	✗ (コアー・掘起しによる)

・道路付属物工

工種	出来形管理項目				
	延長	基準高	深さ	幅(※1)	厚さ
縁石工 道路付属物工	○	—	—	—	—
側溝工 排水構造物工 排水工	○	○	—	—	—
暗渠工 管渠工 地下排水工	○	○	○	○	—
排水性舗装用路肩排水工	○	○	—	—	—

凡例 一:管理項目無し、○出来形管理用TSで管理可能、✗出来形管理用TSで管理不可

※1:幅員は、TSで計測した舗装左右端点の座標から計算される2点間の水平距離とする。

※2:「土木工事施工管理基準及び規格値」に、厚さの計測方法が、「コアーによる」または「掘起しによる」と指定されている工種については、TSの適用範囲外とする。

図 4-2 舗装工事編の適用工種と管理項目

② 使用機器の性能証明および確認

使用機械の確認では、出来形管理用TSのハードウェアとして有する計測精度が、国土地理院認定3級と同等以上の計測性能を有し、適正な精度管理が行われていることを添付資料として提出することは「土工編」と同じであるが、それに加え「舗装工事編」では、舗装工の厚さ管理に出来形管理用TSを用いる場合には、鉛直角の最小目盛値が $5''$ またはこれより高精度であることを示す資料を提出することを追加記載した（図4-3）。

使用機器・ソフトウェア		添付する書類					
<p>①機器構成 ②出来形管理用TS本体 計測精度が国土地理院認定3級と同等以上で、適切な精度管理が行われていること</p> <table border="1"> <tr> <td>国土地理院認定 3級</td> <td>公称測定精度：$\pm(5+5\text{ppm} \times D)\text{mm}$ ※1 最小目盛値：$20''$以下 ※1:Dは計測距離(m), ppmは10^{-6}</td> </tr> <tr> <td colspan="2">(注)厚さを管理する場合は最小メモリ値は$5''$以下</td> </tr> </table> <p>③ソフトウェア 出来形管理用TSソフトウェアは、「出来形管理用トータルステーション機能要求仕様書（案）（舗装工事編）」、 基本設計データ作成ソフトウェア及び出来形帳票作成ソフトウェアについては、「TSによる出来形管理に用いる施工管理データ作成・帳票作成ソフトウェアの機能要求仕様書（案）（舗装工事編）」</p>		国土地理院認定 3級	公称測定精度： $\pm(5+5\text{ppm} \times D)\text{mm}$ ※1 最小目盛値： $20''$ 以下 ※1:Dは計測距離(m), ppmは 10^{-6}	(注)厚さを管理する場合は最小メモリ値は $5''$ 以下		<p>TS公称 測定精度 TS 精度管理 ソフト ウェア</p> <p>「メーカーカタログ」または「機器仕様書」 検定機関が発行する有効な「検定証明書」または測量機器メーカー等が発行する有効な「校正証明書」 「メーカーカタログ」または「ソフトウェア仕様書」</p>	
国土地理院認定 3級	公称測定精度： $\pm(5+5\text{ppm} \times D)\text{mm}$ ※1 最小目盛値： $20''$ 以下 ※1:Dは計測距離(m), ppmは 10^{-6}						
(注)厚さを管理する場合は最小メモリ値は $5''$ 以下							
カタログの計測精度の確認箇所（例）							
計測精度	水平角度	$10''$					
	鉛直角度	$10''$					
	距離精度	$\pm(5+5\text{ppm} \cdot D)$					
	規格	国土地理院 3級					
備考							
							
ソフトのカタログ（例）		TSの校正証明書（例）					

図4-3 施工計画書に必要な記載事項

③ 後方交会法での計測精度を確保するための措置

後方交会法は、複数の工事基準点を観測することで測量機器の設置位置の座標を求める方法である。測量機器は座標が既知である工事基準点に設置することが基本であるが、工事基準点でない任意の位置に設置して出来形計測できれば効率化できることから、後方交会法はTSを用いた出来形計測の効率化に不可欠な技術である。後方交会法でTSの位置を求める際の精度は、TS設置位置と2点の工事基準点との挟角（間の角度）に影響されることから、後方交会法においては、2点の工事基準点の挟角は $30^\circ \sim 150^\circ$ 以内とする規定を「土工編」と同様に追加した。また、出来形管理計測同様、工事基準点までの測定距離は、TSの等級によって制限される等の留意点を「土工編」と同様に追加した。

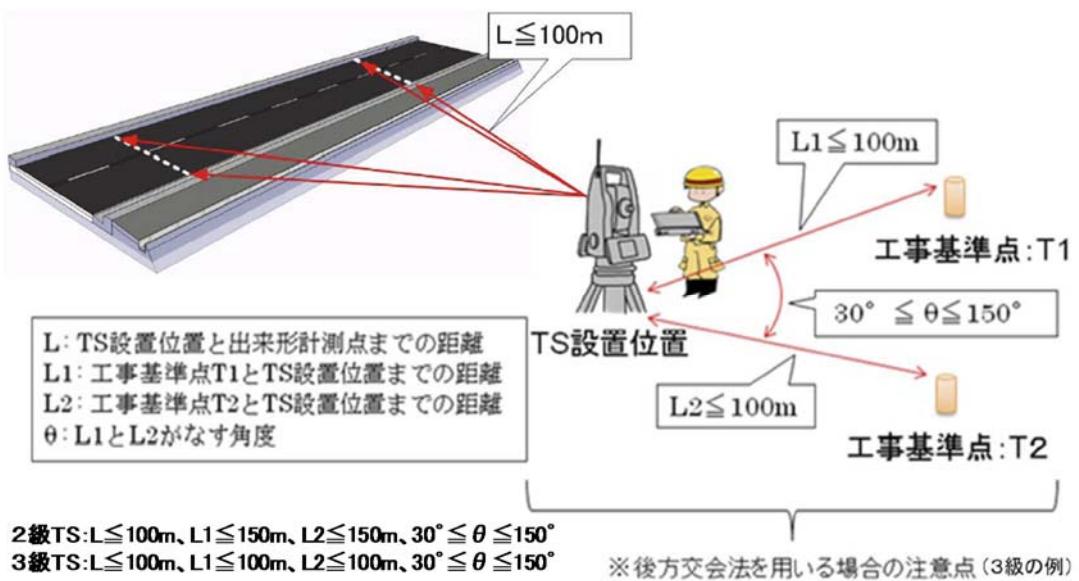


図 4-4 後方交会法によりTSを設置する場合の留意点

④ 出来形計測での計測精度を確保するための措置

出来形計測では、TSから計測点までの距離が大きくなるほど、計測精度が低下する傾向があるため、出来形計測時のTSと計測点までの視準距離の制限値を、「土工編」では2級TSは150m以内（3級TSは100m以内）としているが、「舗装工事編」では、土工よりも高い計測精度が求められるため、2級TSの場合は100m以内とした。

また、出来形計測を行う箇所が、基本設計データに管理断面として入力したラインから、道路延長方向に±10cm以内の範囲内になるよう計測を行うこと、さらに、舗装修繕工事において厚さを測定する場合、基本設計データに出来形計測点として入力した点と、実際に出来形計測を行う点の平面位置のずれが、水平距離で5cm以内になるように計測を行うこととした。

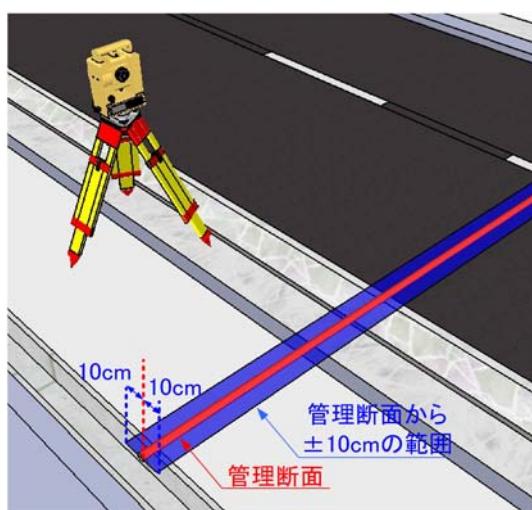


図 4-5 管理断面として入力したラインから道路延長方向に±10cmの範囲

(2) 要領に対応した機能要求仕様書の策定

TSを用いた出来形管理要領および監督検査要領は、導入効果を得るべくICT（情報通信技術）を活かした内容としている。そのためには、利用する機器（TSハードウェアと搭載するソフトウェア）に対応する機能が必要である。例えば、計測精度を確保するため3級TSの計測距離は100mとしている。出来形管理要領と監督検査要領は、主に施工者と発注者向けであり、ソフトウェア開発者にとって開発目標が明確な記載とはなっていない。そこで、出来形管理要領および監督検査要領が求める機能・性能を開発者向けに規定した「機能要求仕様書」を策定した。ソフトウェア開発者は、この機能要求仕様書とデータ交換標準に基づいてソフトウェアの開発を行うこととなる。

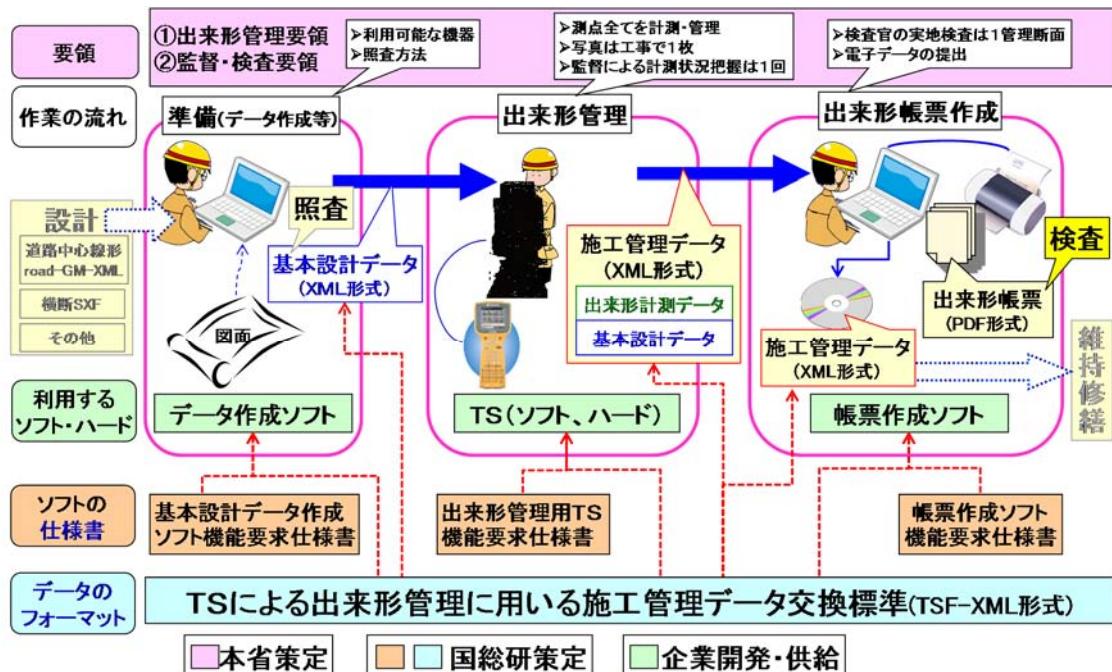


図 4-6 TSによる出来形管理に用いるデータ作成の流れ

土工編にない機能として、舗装の修繕工事では現道の測量があるため必須ではないが、機能搭載が望ましいオプション機能という位置付けで「工事測量機能」を設定した。また、土工編ではオプション機能と位置付けていた「延長の管理機能」については、縁石等の管理項目に延長があるため必須の機能とした。

(3) その他工種「護岸工」へ適用するための検討

TSを用いた出来形管理を河川土工と共に発注される護岸工にも適用するために、現在の出来形管理の実態を踏まえた設計データ作成および出来形管理手法を検討した。具体的には、出来形管理手法の実態と出来形管理基準および規格値を調査するために、工事資料から、出来形管理写真および工事の出来形管理基準及び規格値を整理、分析した。

調査の結果、基本的には道路土工と同様に、平面線形、縦断線形、横断構成、出来形管

理箇所設定等による形状表現および管理箇所設定は可能であるが、河川特有の設計や構造に留意したデータ作成および出来形管理手法が必要なことがわかった。以下に、検討結果を示す。

① 法線（中心線）

河川工事で扱われる線形は測量法線と堤防法線の2種類が考えられる。測量法線は計画段階において現況の川表法肩に沿って線形が設定されることが多い。築堤法線は設計された新堤防の法肩の線形である。測量法線と堤防法線が平行でない場合では、通常、施工段階において、法面を施工する場合は構造物に直交した丁張を設置する必要があるため、丁張計算の際に堤防の法肩等に設置される堤防法線を用いて直交する横断方向を定義し、丁張箇所の座標を算出する。そのため、施工のための法面形状において丁張設置に出来形管理用TSを用いる場合は、測量法線と堤防法線に直交する横断面の方向の違いに留意する必要がある。

現状では、横断形状は測量法線に直交する横断面と築堤法線に直交する横断面の角度に大きな差異がなければ、築堤法線で線形を定義し、測量法線に直交する横断面で作図されている発注図の寸法や高さを利用してデータを作成することが多い。

また、護岸工で用いる中心線形データに関しては、護岸工は河川土工の上に設置（護岸は法面に張り付いている構造物が多い）し、土工と同じ測点や横断面上で管理を実施するため、河川土工と同じ築堤法線を用いた平面線形データの作成が可能と想定される。

② 横断構成と出来形管理箇所

護岸工事について護岸ブロック、石張（積）工や護岸工の護岸基礎工、階段工、多自然護岸における横断形状の作成方法、出来形管理箇所を検討した。

また、護岸ブロック工や石張（積）工では、護岸の法長、延長や石張（積）、裏込工の厚さの出来形計測が必要であることから、管理項目として「延長、厚さ、法長（変化点あり）」を管理項目として追加した（図 4-7）。

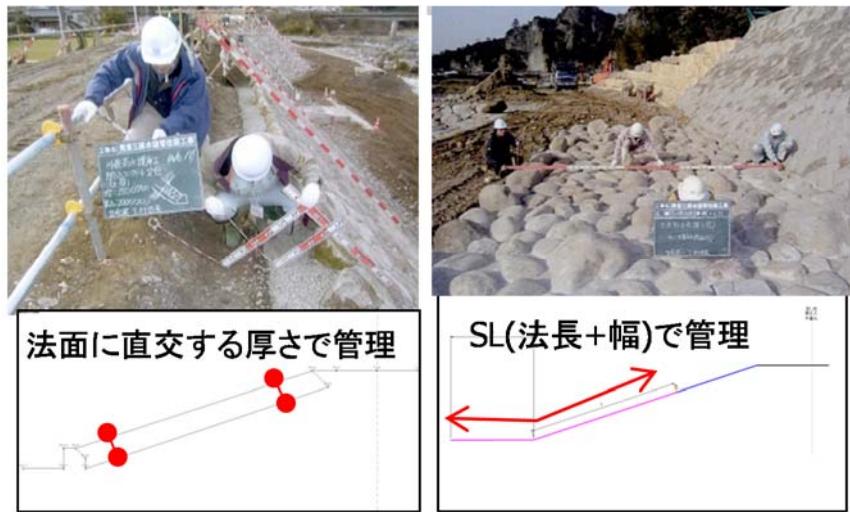


図 4-7 護岸工の出来形管理の管理項目

③ 擬岩護岸工等の多自然護岸の管理

自然に近い形状となり、変化点の多い横断形状となるため、横断図に示される擬岩工の形状を設計図面どおりに作成することは時間要する。また、擬岩護岸工等の多自然護岸工は、自然に近い形状となるように施工するため、必ずしも設計図面に示される横断形状にならない場合が多いと考えられる。このため、多自然護岸工に必要な出来形管理の測定項目について最低限のデータ入力でデータ作成することを提案する。

擬岩護岸工は擬岩線で示される範囲の延長と測点における法長であるため、設計データは擬岩線に示される法長の設置値となるよう数点の変化点を設けて横断形状を作成する（図 4-8）。

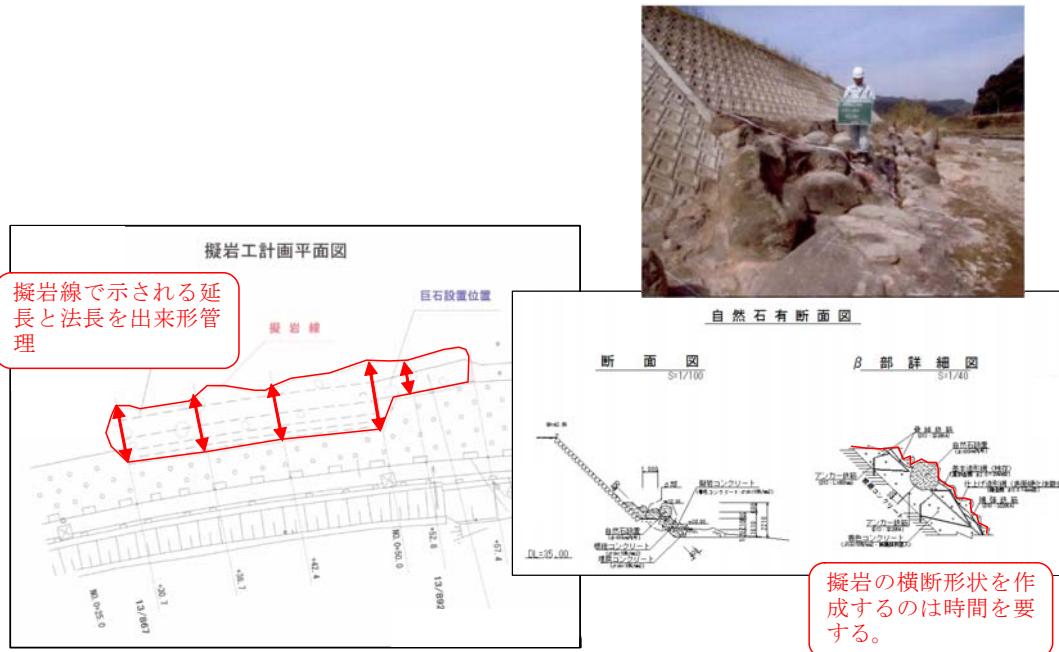


図 4-8 多自然護岸の出来形管理の管理項目

④ 出来形計測

ブロックやコンクリート基礎工の幅や厚さ等は寸法がcm単位のものも混在している。そのため、出来形管理用TSを用いて極小な厚さや幅を計測することは計測作業効率が悪くなる原因と考えられる。

そこで、全ての管理項目についてTSを用いて計測するのではなく、テープで計測した方が極小な厚さや幅の計測作業が効率的である場合は、従来手法と組み合わせて計測を行うように、記載した。

現在の帳票作成ソフトウェアには、TS以外の別の計測手法で取得した結果を帳票ソフトウェアに手入力することで、TS出来形管理結果と組み合わせた帳票を作成することも可能である。ただし、計測手法をTS出来形管理と区別するために帳票上ではTSの結果と別の計測手法の結果は区別して表示可能である。

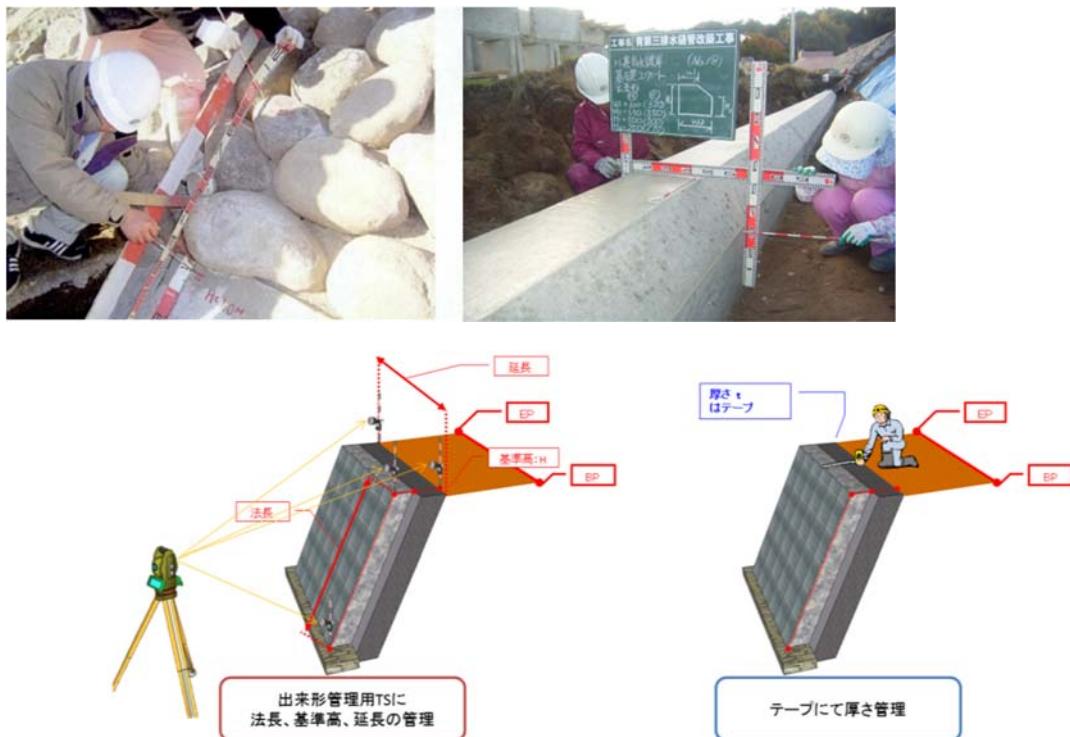


図 4-9 護岸工の出来形管理の方法 (TS出来形管理、テープでの出来形管理併用)

⑤ 導入効果

検討をもとに、導入効果の整理を行い出来形計測、監督立会作業全体では時間で4割減でき、出来形計測のみでは2割減できる結果となった。またこのほかに、出来形結果を平面展開図へ利用できれば護岸撤去工の根拠図として利用できるのではないかという結果も出た。

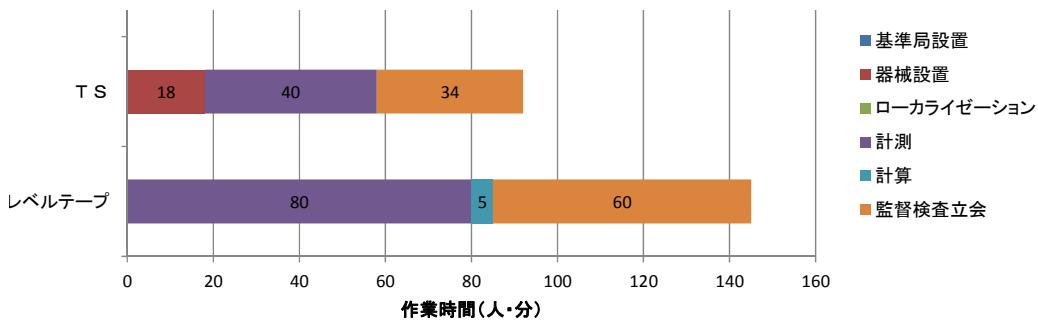


図 4-10 出来形計測と監督立会時間

要領の適用性について、計測精度や作業性の現場調査や施工者、発注者ヒアリングにより、計測精度および作業時間ともに護岸工にも適用できる結果が出た。

(4) 新技術の適用検討

新技術導入に向けた、衛星測位技術の1つであり公共測量に利用されているRTK-GNSSの適用性の検討として、試行工事での計測およびデータ整理を行い、現場適用性および問題点について整理した。

① 導入効果

TSと異なる特徴を持つ様々な3次元測量機器があり、電子データを取得できる3次元測量機器であれば、TSに代え利用できる可能性が高い。それらは、TSを導入するよりも大きな効果が期待できる場合がある反面、導入に際しては、出来形管理を安定的に行うことが可能であるか検証が必要である。

その1つに衛星測位システムGNSSを利用したRTK測量法（RTK-GNSS）がある。少ない現場試行ではあるが、TSと比べ計測効率は規模が小さいと低いが大きいと高く、現場条件を見極めて導入することで、高い効果を得ることが期待できる（図 4-11）。

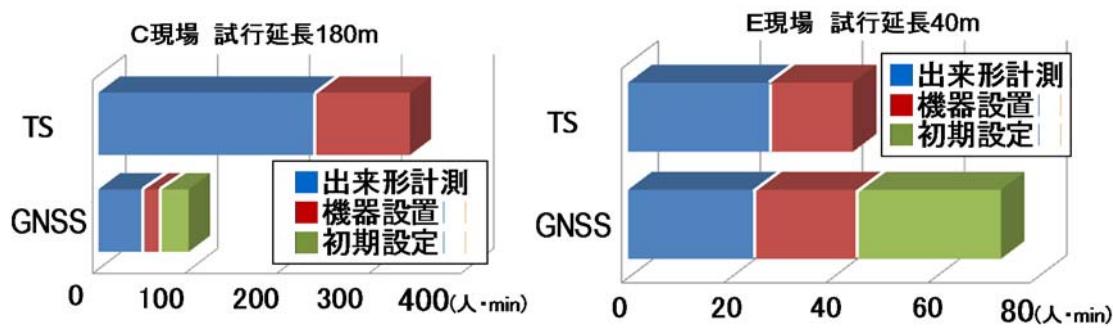


図 4-11 TSとRTK-GNSSの作業性の比較

② 計測精度

計測精度の確認として、国総研構内にRTK-GNSSの基準局と計測局を固定し、衛星の移動等の外乱により計測精度がどの程度変化するか、12時間連続計測してデータより検証した。

土工の出来形管理（検査を含む）を利用するには、高さ方向の必要な計測精度±1 cm程度が安定して得る必要があるが、計測結果からは1 cm以内は約5割のデータとなり、全体としてはおよそ±3 cm内で変動しており、土工の出来形管理で広く利用する計測精度を有していない（図 4-12）。特性を熟知して事前調査を行う等と注意深く利用する必要があり、広く一般的に出来形管理で利用するには今後の技術開発が望まれる。

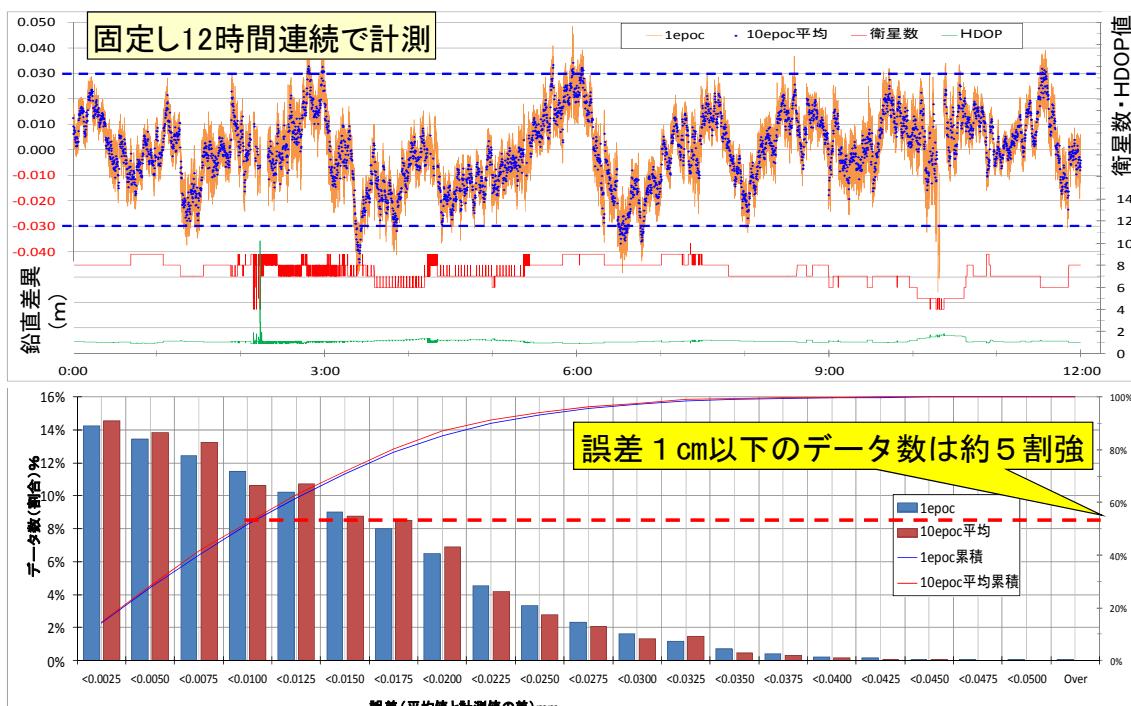


図 4-12 RTK-GNSSの計測データの変動

なお、その問題を解決すべく、レーザー光でRTK-GNSSの高さ方向の計測精度を補完する装置が開発されている。広く一般的に利用するための当面の対応として、その装置を利用する事が現実的であると考えられる。今後、「RTK-GNSSを用いた出来形管理」のための要領（試行案）と共に高さ補完装置を利用した際の手引き（案）を作成し、それらを現場で検証していく予定である（図 4-13）。

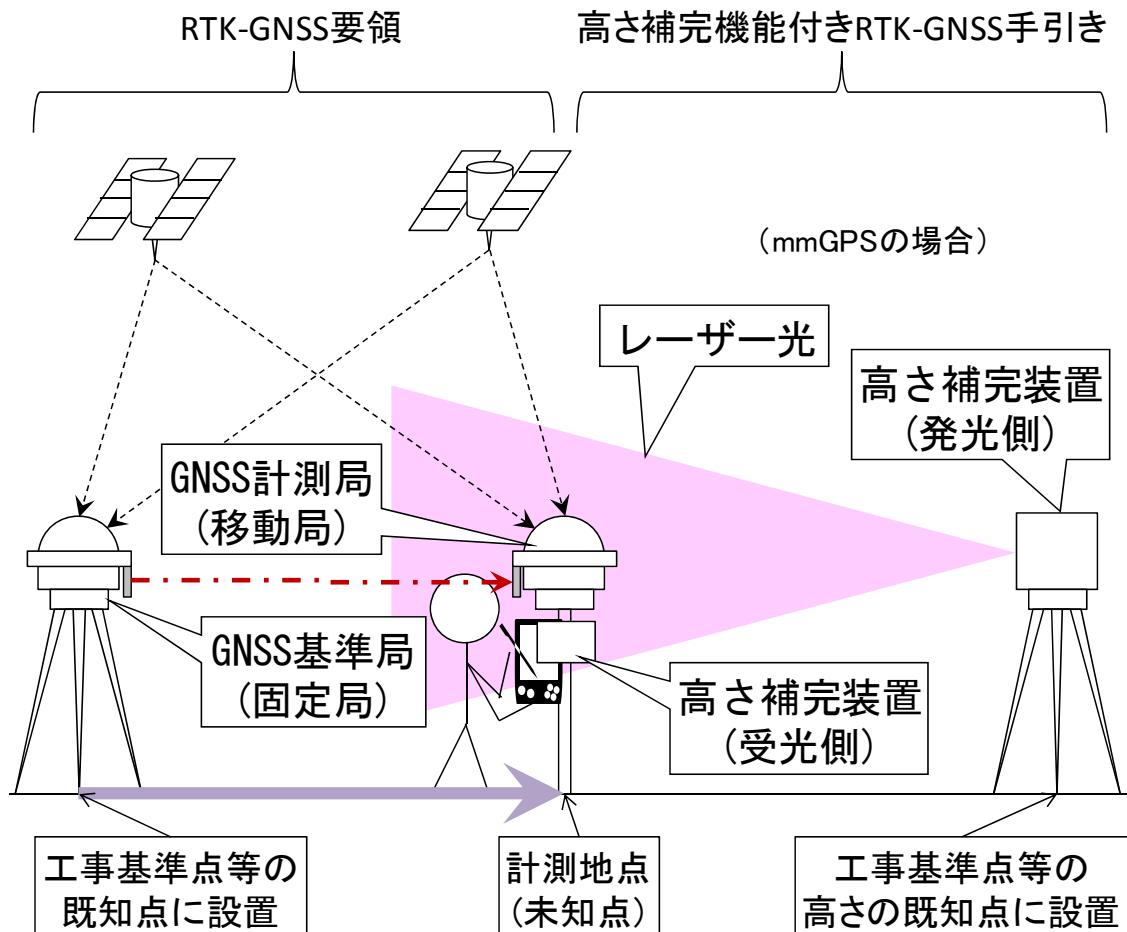


図 4-13 RTK-GNSS出来形管理の要領と手引き

3. 課題と今後の展開

本研究では、情報化施工を普及・定着させるために、平成20年度から運用が開始された土工を対象としたTS出来形管理のフォローアップ調査、および新たな工種、施工機器への拡大の要望を基に、TS出来形管理要領および監督検査要領の策定・改訂の検討を行った。本研究成果の一部は平成25年3月に、TSを用いた出来形管理要領（舗装工事編）、TSを用いた出来形管理の監督・検査要領（舗装工事編）として、国土交通省 大臣官房 技術調査課および総合政策局 公共事業企画調整課により成案として策定され、本要領を適用するための通達が行われている。

今後は、本研究成果が現場に正しく適用されるようにフォローアップを実施するとともに、今後も「適用範囲の拡大」、「利用技術の拡大」、「データ流通および利活用」に向けて引き続き研究を実施する予定である。

TSを用いた出来形管理の機能確認ガイドラインの作成

概要：「TSを用いた出来形管理要領」に基づく出来形管理の実施にあたっては、TSにより取得した3次元座標データと比較するための設計値として基本設計データを作成する必要がある。また、基本設計データと出来形計測データから自動的に出来形帳票等を作成するソフトウェアが必要である。

TSを用いた出来形管理の機能確認ガイドラインは、TSを用いた出来形管理の確実な実施とTSを用いた出来形管理手法の普及促進に向けて、ソフトウェアが機能要求仕様書に定められた主要な機能について、要件を満たしているかどうかを簡易に確認するための方法をとりまとめたものである。

1. はじめに

国総研では、情報化施工技術の1つである「TS（トータルステーション）を用いた出来形管理」の検討を行ってきており、現在、本技術は実用化され直轄工事において導入・普及が進められ、年々、導入工事件数は増えている。TSを用いた出来形管理では、図4-10に示す3種類のソフトウェア（基本設計データ作成ソフトウェア、出来形管理用TSソフトウェア、出来形帳票作成ソフトウェア）に対して、各ソフトウェアの最低限必要な機能を示した機能要求仕様書を策定するとともに、ソフトウェア間でデータの互換性を確保するために「TSによる出来形管理に用いる施工管理データ交換標準(案)」(以下、データ交換標準)を策定しており、民間のソフトウェア開発者よりそれらに準拠したソフトウェアが開発・提供されている。

TSを用いた出来形管理は、監督・検査においても利用される技術であり、要領において、写真管理や実地検査の頻度を減ずる等の業務の合理化を行っている。これらは、機能として信頼性を確保する機能を搭載しているためである。例えば、計測精度を確保するために、計測距離が3級TSで100m（2級TSで150m）を超える場合、出来形管理のデータとしては記録できない機能を搭載することとなっている。計測距離が長い方が作業性の観点では良いが、監督・検査で利用することから、作業性よりも信頼性に重点を置いているためである。そのため、ソフトウェアに計測精度や信頼性向上のための機能が正しく確保されている必要がある。

しかし、機能要求仕様書は、ソフトウェアの具体的な実装方法や操作手順、表示画面の構成等、詳細な機能については示しておらず、TSを用いた出来形管理要領の実施に必要な機能や、最低限の算出方法や表示する情報項目を示したものとなっている。これは、開発に参加するソフトウェア開発者間の競争により、利用者が使いやすい操作性やインターフェースの開発を促すためである。

そのため、機能要求仕様書に対する各開発者の解釈の違いによってデータの入出力項目

や出来形結果の算出方法が異なることで、結果の相違が出現する可能性があり、そのような解釈の違いによる間違った出来形管理結果の出力や、ソフトウェア間のデータ交換の不備を防止する必要がある。

また、出来形計測後の施工管理データは、出来形管理要領において、電子成果品として納品することが定められており、トレーサビリティーの確保の観点と共に、将来的に数量算出や維持管理等のデータ利活用を目指すためには、定められたデータ交換標準に準拠したデータで納品される必要がある。

そこで、開発者が自主的に機能確認を実施する方法を記載した「出来形管理用トータルステーション機能確認ガイドライン」および「TSによる出来形管理に用いる施工管理データ作成・帳票作成ソフトウェアの機能確認ガイドライン」(以下、機能確認ガイドライン)を作成した。

2. TSによる出来形管理の概要とシステム構成

ソフトウェア機能を理解するために、ここでは、TSによる出来形管理の概要とシステム構成について説明する。

(1) TS出来形管理の特徴と効果

従来の出来形管理は、管理する断面に丁張を設置し、巻き尺やレベルを使用して高さや長さを計測しており、丁張設置や出来形計測に人員や時間を要していた。

TSによる出来形管理では、3次元の設計形状を搭載しており、現場での出来形値と設計値との差異の確認や出来形管理箇所へのミラーの誘導が可能であるため、効率的な出来形計測により現場計測作業時間の削減が図られる。

また、出来形管理帳票は、従来では、現場において計測した出来形結果を野帳に記載し、事務所内の管理ソフトウェアに転記することで作成していたが、TSによる出来形管理では、現場計測と帳票作成のソフトウェア間で交換するデータ形式を標準化することで、自動で帳票作成することが可能であり、作成時間の短縮と転記ミス防止が図られる。

(2) システム構成

図 4-14にTSによる出来形管理で使用する機器を示す。使用機器は、「基本設計データ作成ソフトウェア」、「出来形管理用TSソフトウェア」、「出来形帳票作成ソフトウェア」の3種類のソフトウェアによって構成される。「基本設計データ作成ソフトウェア」はTSへ搭載する3次元設計データを作成するためのソフトウェア、「出来形管理用TSソフトウェア」は、TS本体とTSの計測結果から出来形管理基準および規格値の測定項目に合わせて出来形値を算出するためのソフトウェア、「出来形帳票作成ソフトウェア」は、計測した出来形結果から自動で定められた様式の帳票を作成するソフトウェアである。施工管理データ交換標準は、電子成果品として納品する電子ファイル(XML形式)の仕様であると共に、これら3

種類のソフトウェアが異なる開発者から提供されたものを組み合わせて利用できるように、ソフトウェア間のデータの受け渡しでも利用できる。

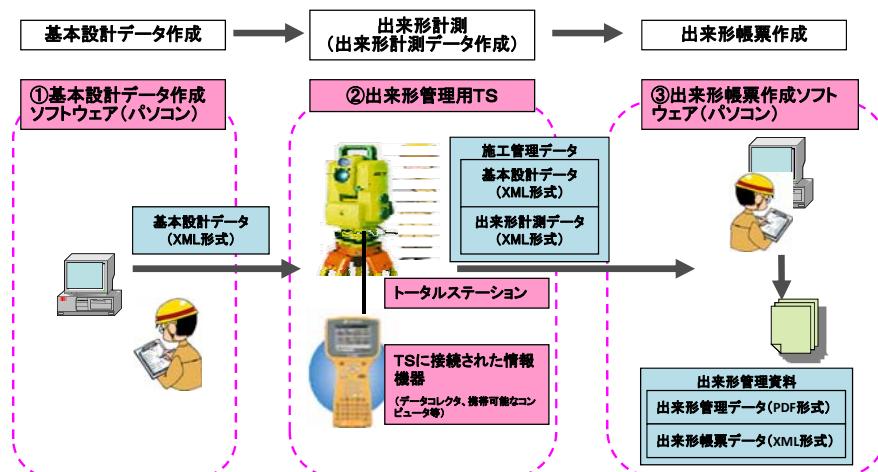


図 4-14 TSによる出来形管理のシステム構成

3. 機能確認ガイドラインの策定に向けた経緯

TSを用いた出来形管理は、平成18年10月に道路土工を対象にした試行案、平成19年9月に河川土工を対象とした試行案を作成して一部の現場で試行を行い、平成20年3月に「出来形管理要領（土工編）、機能要求仕様書、データ交換標準Ver2.0」を策定し、本格的な実運用を開始した。利用されるソフトウェアは、機能要求仕様書とデータ交換標準に基づいて、ソフトウェア開発者により開発・提供される。

TSを用いた出来形管理は監督・検査に係わることから、作業効率の向上のみを追求するものではなく、併せて信頼性の確保が必要であり、「機能要求仕様書」に正しく準拠している必要がある。また、TSのデータを電子成果として納品すること、異なる開発者が提供するソフトウェアを組み合わせて利用する場合があることから、「データ交換標準」に正しく準拠している必要がある。初めて策定した「機能要求仕様書」や「データ交換標準」を多数の開発者が正しく理解して開発できるよう不明確で誤解を招く記載や記載不足がないか検証するため、平成20年3月に「ソフトウェア検定要領(案)」を作成し、開発者の業界団体の協力を得て、ソフトウェアの機能確認を通じて「機能要求仕様書」や「データ交換標準」の記載内容の検証を1年間行った。

平成21年度からは、検証した「機能要求仕様書」と「データ交換標準」で運用を行ったが、TSを用いた出来形管理の導入工事件数が増えるにつれ、想定を超えた現場条件や基本設計データの作り方を行う現場があり、その様な場面で、異なる企業ソフトウェア間でのデータ交換の不備があり、「機能要求仕様書、データ交換標準」の記載内容の解釈の相違などが顕在化してきた。そこで、「機能要求仕様書」と「データ交換標準」の記載内容を正しく反映したソフトウェアが開発される仕組みを検討し構築した。

4. 機能検証に向けた運用の検討

平成20年度までの運用体制は、試行実施のために研究の一環として、国総研が主体でTS出来形管理要領、施工管理データ交換標準Ver2.0、およびこれらの要領、データ交換標準に基づくTS機能要求仕様書および検定要領を策定し、ソフトウェア検定を実施した。しかし、本格的な導入状況において、工種拡大などによる「TSを用いた出来形管理要領の策定・改訂、機能要求仕様書やデータ交換標準の策定・改訂」等に対して、研究機関で運用を実施する体制を確立することは困難である。また、TSを用いた出来形管理の定着に伴うソフトウェアメーカによる自主的な機能確認が可能な状況になっていることから、これらを考慮した運用体制案を検討した。

特に機能確認方法は、平成21年度までは開発者に対して試行段階での検討や検定要領(TS用、サポートソフト用)の検証を行うために国総研がソフトウェアの検定を実施してきたが、技術の成熟や検定要領の策定に伴い、国総研以外で実施する体制の見直しを検討した。運用体制の検討に当たり、表 4-1 に示す8パターンの運用体制を提案し、想定される問題点とコスト等より評価を行った。

表 4-1 運用体制の案

H20 プリズム式TS運用体制		案1 国総研規格 国総研検査 施工者・発注事務所で検査	案2 国総研規格 JSIMA検査 国総研・地方整備局	案3 国総研規格 開発メーカー・自主検査 国総研・地方整備局	
・出来形管理要領	国総研・地方整備局	国総研・地方整備局	国総研・地方整備局	国総研・地方整備局	
・機能確認(検定)要領 (「ウハウの公表含む」)	国総研	国総研	国総研	国総研	
・施工管理データ交換標準	国総研	国総研	国総研	国総研	
・官民 意見交換会 主催	国総研	国総研	国総研	国総研	
・使用可能ソフトの公表(認証)	国総研	なし	JSIMA	開発メーカー	
・ネガティブ情報の公表	なし	国総研	国総研・JSIMA	国総研	
機器開発		メーカー	メーカー	メーカー	
・TS & GNSS ハード開発	メーカー&ベンダー	メーカー&ベンダー	メーカー&ベンダー	メーカー&ベンダー	
想定される問題(危険性)		小	中	小	
・データの互換性がない	小	中	小	小(機能確認ガイドライン)	
・データの改ざん機能が付加	小	中	小	小(機能要求仕様書)	
コスト		大	中	中	
・国総研	なし	中	なし	なし	
・地方整備局	なし	大	なし→小	なし	
・工事施工業者	なし	なし	なし	なし	
・JCMA	なし	なし	なし	なし	
・JSIMA	小(試行協力)	小(試行協力)	小→中	小	
・現在までの協力企業	小	中→なし	中	中→なし	
・新規参入企業	大	大→なし	大	大→なし	
・機能確認費用負担	国総研(研究資金)	開発メーカー	開発メーカー	開発メーカー	
評価		×	△	△	
備考		・未来永劫多大な予算確保の必要有り (立法も視野に入れて?)	・要領改訂の必要有り ・公的認証のニーズあり →関係者への周知で対応できるか ・現場からの反発必死 → 現場確認行為 負担 軽減策が必要	・要領改訂の必要有り ・机上確認項目のみ対応可能 →フィールド試験は施工業者で確認か? ・検査費用がソフト代に上乗せされる	・要領改訂の必要有り ・対応ソフトウェアの増加 ・検定費用のコスト削減 →関係者への周知で対応できるか
H21 プリズム式TS運用体制		案4 国総研規格 JCMA検査	案5 JSIMA規格 JSIMA検査	案6 JCMAS JCMA検査	
・出来形管理要領	国総研・地方整備局	国総研・地方整備局	国総研・地方整備局	国総研・地方整備局	
・機能確認(検定)要領 (「ウハウの公表含む」)	国総研	JSIMA	JCMAS	なし	
・施工管理データ交換標準	国総研	国総研	国総研	なし	
・官民 意見交換会 主催	国総研	国総研	国総研	なし	
・使用可能ソフトの公表(認証)	JCMA	JSIMA	JCMAS	なし	
・ネガティブ情報の公表	国総研・JCMA	国総研・JSIMA	国総研・JCMA	なし	
機器開発		メーカー	メーカー	メーカー	
・TS & GNSS ハード開発	メーカー&ベンダー	メーカー&ベンダー	メーカー&ベンダー	メーカー&ベンダー	
想定される問題(危険性)		小	小	小	
・データの互換性がない	小	小	小	大	
・データの改ざん機能が付加	小	小	小	大	
コスト		中	小	小	
・国総研	なし	なし	なし	なし	
・地方整備局	なし	なし	なし	大	
・工事施工業者	なし	なし→小	なし→小	大	
・JCMA	中	なし	大	なし	
・JSIMA	小	中→大	小	なし	
・現在までの協力企業	中	中	中	なし	
・新規参入企業	大	大	大	なし	
・機能確認費用負担	開発メーカー	開発メーカー	開発メーカー	なし	
評価		△	×	△	
備考		・要領改訂の必要有り ・検査費用がソフト代に上乗せされる	・要領改訂の必要有り ・机上確認項目のみ対応可能 →フィールド試験ができない ・検査費用がソフト代に上乗せされる	・要領改訂の必要有り ・前例有り ・検査費用がソフト代に上乗せされる ・建設業界からは機能確認ニーズ無し? 大手ゼネコンだけ?	・必要機能が定義されていないので、監督・検査で利用できない(施工業者の任意計測→要領も不要) ・公的認証できない ・要領改訂? ・そもそもTS出来形管理が普及しない? 使わないし売れない?

注) ○○○規格とは、○○○がソフトウェアの機能要件、検定要領等の規格を策定、メンテナンスすることを指す

○○○検査とは、○○○がソフトウェアの機能確認、検査を実施することを指す

JCMA及びJSIMAは関係業界団体である（詳細は巻末資料「用語の解説」を参照のこと）

検討の結果、機能要求仕様およびその確認方法について規定した機能確認ガイドラインを公開し、開発メーカーが機能確認ガイドラインに沿って自主確認する方法が、競争性の確保及び普及促進に適していると考えられる（表 4-1 案3）。

また、データ交換の互換性については、サンプルデータによる出力確認を行うことで担保が可能と考えられる。

TSを用いた出来形管理のソフトウェア開発や検定に関する運用体制について、平成20年度と、今回の検討を踏まえて平成23年以降に実施する体制を比較したのが、図 4-15 である。

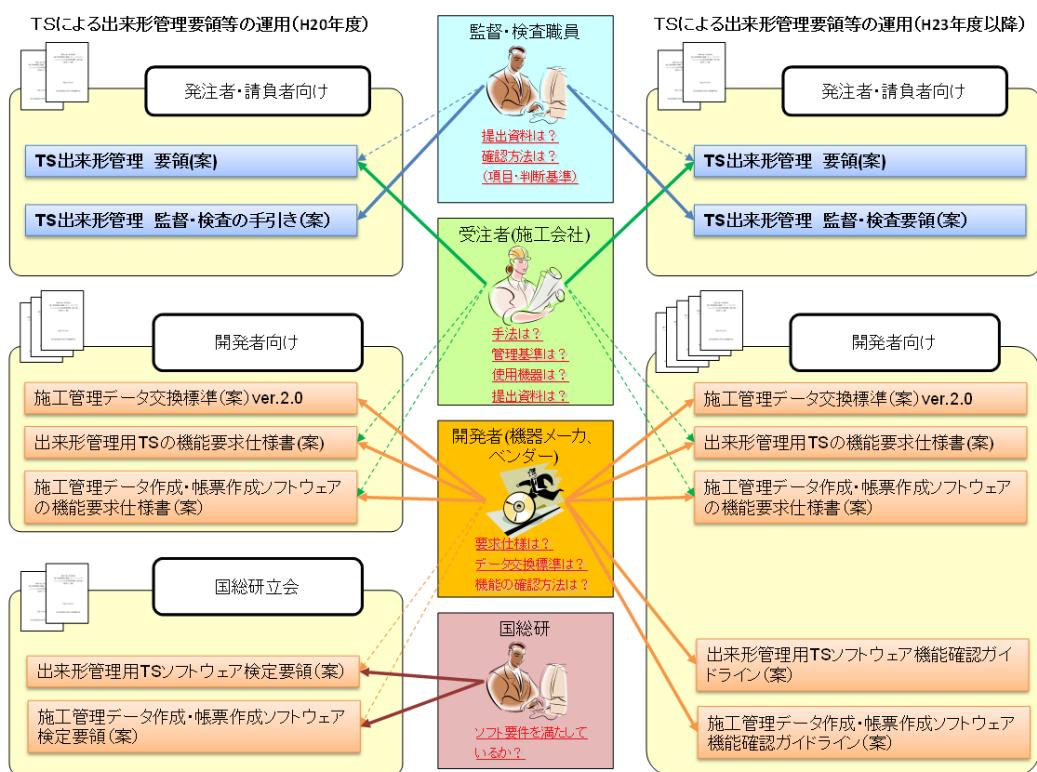


図 4-15 TSを用いた出来形管理の運用体制（左：平成20年度、右：平成23年度以降）

以下に、本ガイドラインを利用した場合の運用フロー案を図 4-16 に示す。図に示すように、ソフトウェアの開発者が行う運用と、監督職員および請負者が行う運用に分けられる。開発者は、機能要件仕様書に基づいてシステムを開発し、機能確認ガイドラインに基づき開発者が自主検査を実施する。一方、監督職員、請負者は、開発者から提出される自主検査の試験結果を機能確認ガイドラインに照らして確認し、システムの機能を必要に応じ確認することができる。

今後の課題としては、発注者側から「管理要領および機能要求仕様書に準拠することを証明する資料の提出」などを求められた場合に、メーカーのカタログへの記載方法や記載時の機能確認結果を示す書類の作成方法などを検討する必要がある。

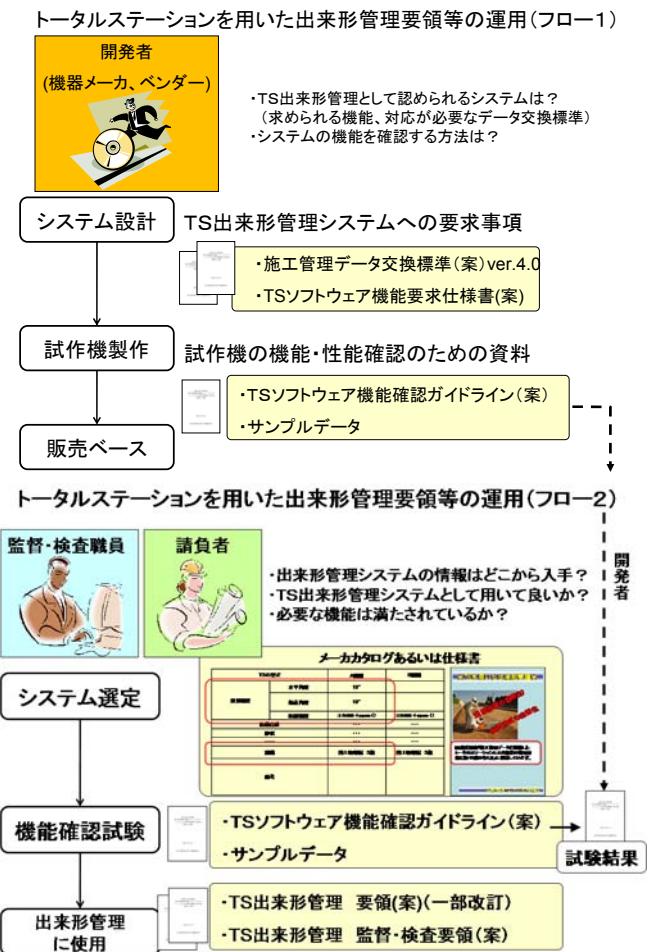


図 4-1-6 自主確認ガイドライン利用時の運用フロー

以上の運用体制の検討結果を基に、試行工事段階で利用されていた機能の検定要領を基本として、自主確認を行う場合の機能・性能確認を実施するためのガイドラインの作成を行った。

5. 機能確認ガイドラインの策定

機能確認ガイドラインは、「機能要求仕様書」と「データ交換標準」に示した機能が正しく当該ソフトウェアに実装されているかを確認するものである。ただし、機能要求仕様書は、出来形管理要領の記載内容の趣旨や土木工事の他の基準類を勘案すれば分かる内容については、必ずしも精緻に記載している訳ではない。そのため、能要求仕様書に対する開発者の理解力による差異に影響されないように、機能要求仕様書に記載された機能に対応して順番に確認する項目とサンプルデータを整理し、誰でも容易に確認できる形とした。なお、サンプルデータの作成に当たっては、TSを用いた出来形管理に関するソフトウェアの開発者の業界団体である(一社)日本測量機器工業会の協力を得て、過去に問題が発生した状況も踏まえて作成した。

(1) 機能確認ガイドラインの概要

機能確認ガイドラインは、ソフトウェア開発者を対象にした資料であり、機能要求仕様書やデータ交換標準に準拠して開発したソフトウェアの機能を要求どおり開発できているかをチェックするためのものである。

ソフトウェア開発者は、機能要求仕様書やデータ交換標準に準拠したソフトウェアを開発した後、ソフトウェアが定められた仕様どおり動作するかを機能確認ガイドラインのチェック項目に従って確認する。機能確認ガイドラインに沿わない機能が判明した場合は、その部分についてソフトウェアを修正することとなる。

(2) 機能確認ガイドラインの記載内容

機能確認ガイドラインには、機能要求内容、機能要求内容に対するチェック内容、確認方法、確認方法の解説が記載されており、サンプルデータによる確認方法に必要な数種類のサンプルデータが付属している。

① 機能要求内容

機能要求内容は、機能要求仕様書に記載されたソフトウェア機能の要件を示している。

② チェック内容

機能要求内容に対するチェック内容は、機能要求内容に対して確認すべき機能および表示項目や表示桁数を示している。

③ 確認方法

本ガイドラインでは、機能要求内容の確認方法として、「サンプルデータによる確認」と「実機を用いた確認」の2通りの方法を示している。「サンプルデータによる確認」は、本ガイドラインに付属した機能確認用のサンプルデータを用いた確認方法であり、「実機を用いた確認」は機能確認の実施者が必要なデータ等を適宜用意し、機能確認を行うものであり、この確認は机上および実施者の用意した試験場のどちらで実施してもよいこととしている。

④ 確認方法の解説

確認方法の解説では確認方法と評価基準を示し、確認方法には使用するサンプルデータの種類および確認に必要な数値の入力やその確認手順を示し、評価基準は確認方法に沿って入力した結果、表示される形状や表示項目、ソフトウェアの表示結果や算出結果の合格基準を記載している。

⑤ サンプルデータ

出来形管理用TSソフトウェアおよび設計帳票作成ソフトウェアの機能確認ガイドラインには、I群からIII群の3種類のサンプルデータが付属している(表 4-2)。

表 4-2 サンプルデータの内容

	出来形管理用TSソフトウェア	設計帳票作成ソフトウェア
I 群	ソフトウェアへ入力するための施工管理データ	ソフトウェアへ入力するための施工管理データ
II 群	ソフトウェアへ入力するための出来形計測点座標と入力後の算出結果の確認シート	算出される出来形管理結果や帳票様式の確認のための設計値と出来形値とその差が記載された出来形管理帳票
III群	施工管理データの入力後、表示すべき設計情報の確認シート	設計情報の入力用のシートおよび施工管理データの入力後、表示すべき設計情報の確認シート

また、図 4-17 に機能確認ガイドラインの記載例と機能確認の運用例を示す。

機能確認ガイドラインの記載例(基本設計データ作成ソフトウェアの機能確認抜粋)					
機能要求項目	機能要求内容	チェック内容	評価	確認方法	確認方法の解説
1. 基本機能情報	1) 契約図書を用いて、工事名を設定する機能。	該当工事の名称を入力できるか？	実機を用いた確認 ^{※1}		【確認方法】 基本情報作成機能において工事名を入力する。 【評価基準】 別途定める「施工管理データ交換(案)」の計測点セットの工事名を入力できる。
実機を用いた機能確認例					
<p style="text-align: center;">基本設計作成ソフト</p>					
機能確認ガイドラインの記載例(出来形帳票作成ソフトウェアの機能確認抜粋)					
機能要求項目	機能要求内容	チェック内容	評価	確認方法	確認方法の解説
3. 基本帳票作成機能	1) 出来形管理資料について、国土交通省国土地理院総合研究所で公開されている「土木工事共通仕様書」を適用する請負工事に用いる帳票様式に準ずる帳票を作成する機能。帳票様式は、測定結果一覧表(様式 02)、出来形管理図表(様式 03)を対象とする。	i) 出来形管理資料が指定された全ての帳票様式で出力することができるか? ii) 出来形計測データから正しい出来形管理資料が作成できるか?	サンプルデータによる確認		【確認方法】 上記、1. ⑨出来形計測データ A の読み込みを実施し、出来形管理資料を出力する。 【評価基準】 測定結果一覧表(様式 02)、出来形管理図表(様式 03)の出来形管理資料を別途定める「土木工事共通仕様書」を適用する請負工事に用いる帳票様式に準じて出力できる。
<p style="text-align: center;">サンプルデータによる確認例</p>					

図 4-17 機能確認ガイドラインの記載に対する機能確認手順の一例

(3) 機能確認したソフトウェア情報の公開

国総研の「TSを用いた出来形管理の情報提供サイト」(以下、情報提供サイト)では、TSを用いた出来形管理で利用できるソフトウェアの情報を工事受注者や監督職員に提供するために、ソフトウェアの一覧を公開している。掲載されるソフトウェアの条件は、本ガイドラインにより「機能要求仕様書」に準じて開発されていることをソフトウェア開発者が自主確認し、本サイトへの情報掲載の申請があったソフトウェアである。

また、機能確認の保証は、あくまでソフトウェア開発者が自主確認で実施することとしているため、この掲載によって国総研がソフトウェア開発者の機能確認の内容を保証するものではないこととしており、稀に想定外の原因によりデータ交換できない等の問題が発生した場合は、「ソフト間接続確認情報」を掲載している企業が主体で原因究明し問題解決を図ることを前提とした規約を設けている。掲載しているソフトウェアにおいて、問題解決に向けての対応に問題がある場合には、その旨を情報提供サイトで公表することも規約に設け、掲載してあるソフトウェアの信頼性の確保の一助となる仕組みとした。

情報提供サイトに記載されているソフトウェア以外にも機能要求仕様書に準拠して開発されているソフトウェアがあり、どのソフトウェアを利用するかは、カタログあるいはソフトウェア仕様書でTSによる出来形管理の要領に準拠しているかを確認し、受注者の判断で決定することとなる。

6. 課題と今後の展開

TSによる出来形管理は、これまでの試行工事における導入効果や普及状況等を踏まえ、平成25年度に一般化する技術として位置付けられ、使用原則化する通達が発出された。

今後、導入工事はますます増えていくことから、現時点では想定し得ない現場条件での利用、自由度が高まったデータ交換標準Ver4.0による想定外の方法による基本設計データの作成、ソフトウェア開発者の新規参入、等が考えられ、予期せぬ不具合の発生が懸念される。その様な中、ソフトウェア開発者や施工者の業界団体の協力も得て、不具合情報を収集し、機能確認ガイドラインの確認項目やサンプルデータの充実を図り、信頼性の確保に向け取り組んでいく予定である。

第5章 研究成果とその活用

本プロジェクト研究で得られた主な研究成果を表 5-1 に示す。

本プロジェクトでは、データ交換標準、ICT を活かした要領や運用ガイドライン、ソフトウェアへの実装を補助するマニュアル等を策定する等、実現場で利用できる多くの研究成果を得た。また、策定した基準等の適用性、有効性を現場試行によって確認した。

さらに、本プロジェクト研究の成果をもとに、①TS を用いた出来形管理の原則化及び工事施工の実施（平成 24 年度は 530 件）、②橋梁 3 次元データ流通に係わる運用ガイドラインに基づく現場試行の実施（平成 24 年度までに 4 件、内 1 件は災害時の変位計測実施）、③TS を用いた出来形管理用ソフトウェアの開発（30 種類程度のソフトウェアの開発、販売）が実施されている。

以上より、概ね研究目標を達成できたと判断する。また、得られた成果は、情報化施工の普及促進、3 次元データの設計・施工・維持管理への流通、利用促進につながり、設計・施工の効率化や品質向上、維持管理業務の高度化に大いに貢献すると考える。

表 5-1 研究成果の活用

研究成果目標	主な研究成果
2 次元で設計したデータを 3 次元化するデータ交換標準の策定	3 次元形状を再現できるデータ交換標準を策定
	出来形管理用のデータ交換標準を策定
設計～維持管理に渡り 3 次元データが流通・利用できる環境の構築	3 次元データの流通・利用方法を確立
	維持管理で活用する 3 次元可視化技術の提案
情報化施工技術を普及・定着させるための基準策定	情報化施工技術の出来形管理要領等を策定
	上記要領に対応した技術仕様書を策定

第6章 今後の展開

本プロジェクト研究では、データ交換標準、ICTを活かした要領や運用ガイドライン、ソフトウェアへの実装を補助するマニュアル等を策定する等、実現場で利用できる多くの研究成果を得た。また、策定した基準等の適用性、有効性を現場試行によって確認した。

得られた成果は、情報化施工の普及促進、3次元データの設計・施工・維持管理への流通、利用促進につながり、設計・施工の効率化や品質向上、維持管理業務の高度化に大いに貢献すると考える。

本研究の成果が有効に活用できるように、本省（大臣官房 技術調査課、総合政策局 公共事業企画調整課、水管理・国土保全局 治水課、道路局 国道防災課）等と連携をとり、現場検討されている CIM (Construction Information Modeling) の取り組みの1つとして位置づけ、設計業務における3次元データの電子納品要領等、具体的な施策を策定して、普及に繋げていく予定である。

3次元データを用いた設計～施工～維持管理の高度化に向けて、今後の展開を以下に示す。

- ① 成果を確実に普及していくために、共通仕様書等の上位基準へ反映させる。
- ② 情報化施工の「適用工種の拡大、適用技術の拡大、データの流通・利活用場面の拡大」といった方向への展開等、適用拡大を図る。
- ③ 3次元のメリットや可能性について広く共感を得られるようPRを積極的に行っていく。
- ④ 成果をさらに発展させ、3次元データの高度利用を検討する。

1. 上位基準への反映

データ交換標準、橋梁3次元データ流通に関する運用ガイドライン等、現時点での3次元データ利活用環境でデータ作成が可能であり、利活用によって効果が期待できる成果については、土木設計業務共通仕様書や電子納品要領等の上位基準に反映し、確実な流通をはかっていく。

2. 情報化施工の適用工種、技術等の拡大

情報化施工技術の内、「トータルステーション（TS）を用いた出来形管理」は汎用性が高く、図6-1に示すとおり「対象とする工種、利用する計測技術、データの流通・利活用場面」の3方向への拡大が考えられる。

なお、情報化施工の適用拡大は、国交省及び関係機関の取り組みを定めた「情報化施工推進戦略」に基づく具体的な取り組みにも位置付けられている。

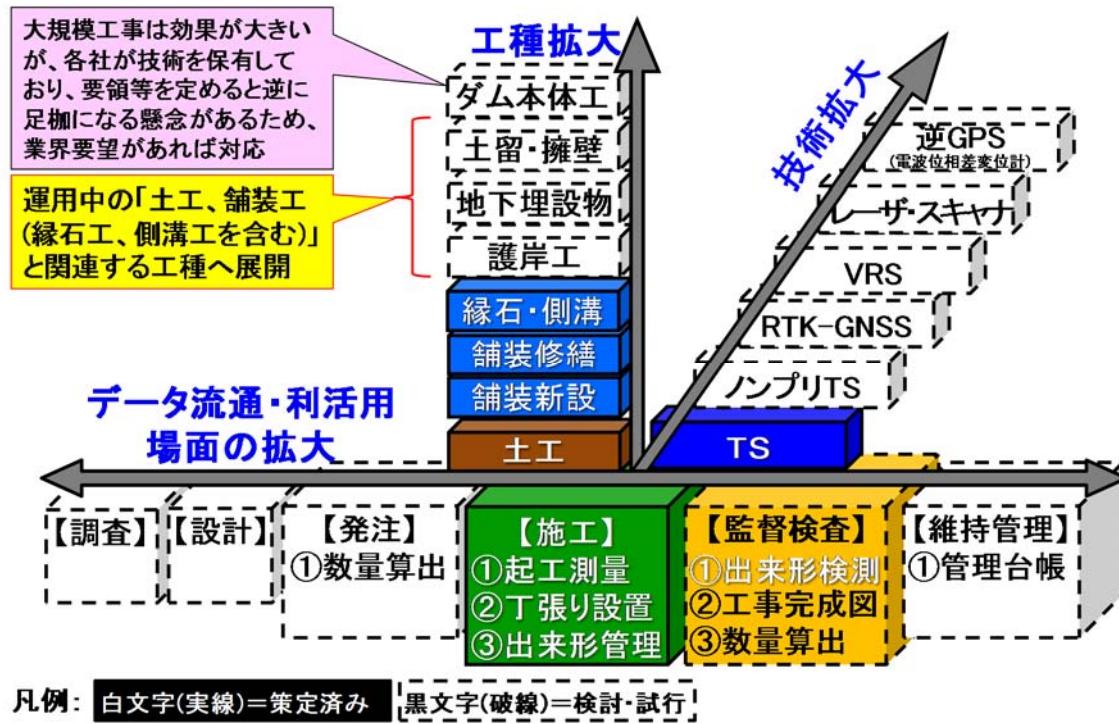


図 6-1 情報化施工の適用工種、技術等の拡大想定図

(1) 工種拡大

TS を用いた出来形管理要領は、工事件数が多く、ある程度の施工規模を有した工事という観点で、既に「土工編」と「舗装工事編」を策定し実運用を図っている。舗装工事編は、TS を導入した現場において、縁石や側溝についても、舗装工の出来形管理のついでに併せて出来形管理が行えるべく、適用工種に含めている。河川でも同様に、土工（築堤）工事では併せて護岸工事もあることから、護岸工を検討工種とした。本プロジェクト研究期間では、検討途上であり、引き続き検討していく。

業務の効率化でコスト削減効果を得るには、工事規模が大きい程に効果が高い。大規模工事の1つとして、土工の出来形管理と同様に行い実現化し易い「ダム本体工」をあげているが、大規模工事は自社主導で新技術開発や導入を行っている大手企業が施工者であり、各現場で監督職員と協議して実施しており、要領の作成は逆に新技術導入や開発の足枷になる懸念がある。そのため、施工者側からニーズが出た時点を取り組む工種と考えている。

(2) 技術拡大

ノンプリズム TS、RTK-GNSS など、TS と異なる特徴を持つ様々な3次元測量機器があり、電子データを取得できる3次元測量機器であれば、TS に代え利用できる可能性が高い。それらは、TS を導入するよりも大きな効果が期待できる場合がある反面、導入に際しては、出来形管理を安定的に行うことが可能か検証を必要とする。

その1つに衛星測位システムGNSSを利用したRTK測量法(RTK-GNSS)がある。少ない現場試行ではあるが、TSと比べ、計測効率は規模が小さいと低いが大きいと高く、現場条件を見極めて導入することで、高い効果を得ることが期待できる。

現場での検証を実施して適用性を確認して、適用技術の拡大をめざしていく。

(3) データ利活用場面の拡大

施工段階に取得した3次元データの維持管理段階等での利用場面として、不可視部分の可視化が現場ニーズとしてあげられている。直轄が管理する不可視となる構造物として、前述の通り、「護岸工」や「道路埋設物」があげられる。

施工後に完成図書が納品されるが、金額の変更が伴わない場合は図面が修正されないと等があり、年月が経つと施工者の記憶も曖昧になり、監督・検査職員に至っては異動してしまう。その点、TSを用いた出来形管理で取得した3次元計測データは、出来上がった実構造物を計測しているため、不可視部分を正確に再現できる。

これらを実現するためには、前述の施工時の計測の課題と共に、データの利用に向けた検討が必要となる。

3. 積極的なPR

本プロジェクト研究の成果は、現場で利用可能なものから、近い将来に実現できる成果まで含まれる。現場で利用可能な成果については、国土交通省の施策として位置づけて現場にPRして普及に努める。さらに、近い将来に実現できる成果についても、今後、現場での導入意欲が高まるように積極的にPRし、現場を巻き込んだ検討、議論を行っていく。

4. 成果のさらなる発展

本プロジェクト研究では、2次元から3次元に移行する段階での技術開発を主眼としたことから、容易に作成できる3次元モデルの利用を考えた。このため、その利用も限定できであるが、本プロジェクト研究の成果が利用され、3次元導入の環境が整備されれば、詳細な3次元モデルの作成ができ、高度な利活用が可能となる。

このため、本研究成果を発展させ、高度な利活用の検討を、継続して実施する。

成果一覧

要領・基準・ガイドライン

1. 橋梁3次元データ流通に係る運用ガイドライン（案）, 2012.
2. 座標図製図基準（案）, 2012.
3. 橋梁の3次元データ流通の試行事例集, 2012.
4. 3次元設計データ交換標準（素案）, 2013.
5. 3次元設計データ作成のためのノウハウ集, 2013.
6. TS 出来形管理要領（土工編）, 2012.
7. TS 出来形管理要領（舗装工事編）, 2012.
8. TS 出来形監督検査要領（河川土工編）, 2012.
9. TS 出来形監督検査要領（道路土工編）, 2012.
10. TS 出来形監督検査要領（舗装工事編）, 2012.
11. TS 施工管理データ交換標準, 2013.
12. 出来形管理用 TS 機能要求仕様書（土工編）, 2013.
13. 出来形管理用 TS 機能要求仕様書（舗装工事編）, 2013.
14. TS データ作成・帳票作成ソフト機能要求仕様書（土工編）, 2013.
15. TS データ作成・帳票作成ソフト機能要求仕様書（舗装工事編）, 2013.
16. 出来形管理用 TS 機能確認ガイドライン（土工編）, 2013.
17. 出来形管理用 TS 機能確認ガイドライン（舗装工事編）, 2013.
18. TS データ作成・帳票作成ソフト機能確認ガイドライン（土工編）, 2013.
19. TS データ作成・帳票作成ソフト機能確認ガイドライン（舗装工事編）, 2013.

No.	掲載箇所	URL
1 ~ 3	情報基盤研究室ホームページ	http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/bunya/cals/tdu.html
4 ~ 5	3次元設計データ交換標準 情報提供サイト	http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/bunya/cals/information/index.html
6 ~ 19	TS を用いた出来形管理 情報提供サイト	http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/ts/

投稿論文

1. Taniguchi, H., Aoyama, N., Shigetaka, K. et al., "Integrated Information Management System using 3D Model for Maintenance of Bridge Construction ", JSCE, ICCBEI 2013, 2013.
2. 谷口寿俊, 梶田洋規, 椎葉祐士 : TS を用いた出来形管理の適用工種拡大とデータ再利用に向けた標準的なモデルに関する研究 , 日本建設機械施工協会, 建設施工と建設機械シンポジウム論文集,

H25 年度, 2013.

3. 谷口寿俊, 青山憲明, 重高浩一 : 3 次元モデルを利用した橋梁事業における維持管理情報の統合管理, 土木学会, 第 38 回土木情報学シンポジウム講演集, Vol.38, pp.119-122, 2013.
4. 北川順, 梶田洋規, 重高浩一 : TS を用いた出来形管理を活用した埋設物管理手法の検討（情報化施工で取得した 3 次元情報の維持管理における利用）, 日本建設機械施工協会, 建設施工と建設機械シンポジウム論文集, H24 年度, pp.171-174, 2012.
5. 梶田洋規, 北川順 : 「TS を用いた出来形管理」で規定した機能と今後の取り組み～ICT を利用した作業性・信頼性向上及び判断支援に資する機能～, 日本建設機械施工協会, 建設の施工企画, No.753, pp.16-22, 2012.
6. 青山憲明 : 土木事業の建設生産システム高度化に向けた次世代 CALS の展開－国土技術政策総合研究所の取り組み－, 日本コンクリート工学会, コンクリート工学, Vol.50, pp.800-803, 2012.
7. 北川順, 梶田洋規, 重高浩一, 藤島崇, 椎葉祐士, 篠原雅人 : 情報化施工に用いる 3 次元設計データ作成の課題分析, 土木学会, 第 37 回土木情報学シンポジウム講演集, Vol.37, pp.69-72, 2012.
8. 青山憲明, 井星雄貴, 重高浩一, 坂森計則 : 道路及び河川堤防の 3 次元設計データ交換標準の策定と運用, 土木学会, 第 37 回土木情報学シンポジウム講演集, Vol.37, pp.53-56, 2012.
9. 中山健, 坪村健二, 井星雄貴 : 3 次元モデル活用による橋梁事業の効率化に関する検討, 土木学会, 第 37 回土木情報学シンポジウム講演集, Vol.37, pp.159-160, 2012.
10. 椎葉祐士, 梶田洋規, 北川順 : TS を用いた出来形管理に関するソフトウェアの機能確認ガイドライン（案）策定について, 日本建設機械化協会, 建設施工と建設機械シンポジウム論文集, H23 年度, pp.63-66, 2011.
11. 北川順, 梶田洋規, 重高浩一 : トータルステーションを用いた出来形管理の適用場面拡大に向けた取り組み, 土木研究センター, 土木技術資料, Vol.53, pp.30-33, 2011.
12. 井星雄貴, 青山憲明, 重高浩一 : 業務プロセスを通じた橋梁の 3 次元データの流通と利用, 土木学会, 土木情報利用技術講演集, Vol.36, pp.41-44, 2011.
13. 北川順, 梶田洋規, 重高浩一, 藤島崇, 椎葉祐士 : TS 出来形管理の適用拡大に向けたデータ交換標準に関する検討, 土木学会, 土木情報利用技術講演集, Vol.36, pp.17-20, 2011.
14. 青山憲明, 渡邊完弥 : 道路設計のための 3 次元地形データ, 土木研究センター, 土木技術資料, Vol.53, No.6, pp.38-41, 2011.
15. 青山憲明, 今井龍一, 井星雄貴, 東耕吉孝 : 設計、施工、維持管理にわたる橋梁の 3 次元データ利活用, 土木研究センター, 土木技術資料, Vol.53, pp.36-39, 2011.
16. 梶田洋規, 北川順, 遠藤和重 : 設計データを搭載した 3 次元測量機器による出来形管理手法の導入について～情報化施工における出来形管理手法の適用工種と利用技術の拡大～, 日本建設機械施工協会, 建設施工と建設機械シンポジウム論文集, H22 年度, pp.129-132, 2010.
17. 遠藤和重, 青山憲明, 井星雄貴 : 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, 土木学会, 土木技術利用技術講演集, Vol.35, pp.33-36, 2010.

参考文献

1. 森博昭, 上田隆 : 3次元技術がコンサルタントの役割を広げる, コンクリート工学, Vol.50, No.9, pp.816-819, 2012.
2. 中山健, 坪村健二, 井星雄貴 : 3次元モデル活用による橋梁事業の効率化に関する検討, 土木情報学シンポジウム講演集, Vol.37, pp.159-160, 2012.
3. 国土交通省 : 第2回 CIM 制度検討会資料, 2012.
4. 国土交通省 : 第2回 CIM 技術検討会資料, 2012.
5. 国土交通省 : 土木工事施工管理基準及び規格値, 2012.
6. 国土交通省関東地方整備局 : 土木工事共通仕様書, 2012.
7. 経済調査会 : 建設 IT ガイド 2012, 2012.
8. 井星雄貴, 青山憲明, 重高浩一 : 業務プロセスを通じた橋梁の3次元データの流通と利用, 土木情報利用技術講演集, Vol.36, pp.41-44, 2011.
9. 国土交通省 : 土木工事写真管理基準, 2011.
10. 国土交通省 : 土木工事の情報共有システム活用ガイドライン, 2010.
11. 国土交通省 : 工事完成図書の電子納品等要領, 2010.
12. 国土交通省 : デジタル写真管理情報基準, 2010.
13. 田中洋一 : 施工現場で利用する施工管理データの構築建設の施工企画, 第 705 号 4, pp.58-63, 2008.
14. 国土交通省 : CAD 製図基準 (案), 2008.
15. 国土交通省 : 土木設計業務等の電子納品要領 (案), 2008.
16. 国土交通省 : 測量成果電子納品要領 (案), 2008.
17. 国土交通省国土地理院 : 公共測量作業規程の準則, 2008.
18. 国土交通省 : 情報化施工推進戦略, 2008.
19. 神原明宏, 青山憲明, 金澤文彦 : 道路横断形状データ交換標準に関する研究, 土木情報利用技術講演集, Vol.33, pp.33-36, 2008.
20. IAI フランス語圏支部 : IFC-BRIDGE V2 Data Model R8 Draft 版, 2007.
21. 国土交通省国土技術政策総合研究所 : 道路中心線形データ交換標準(案) 基本道路中心線形編 Ver.1.0, 国土技術政策総合研究所資料, No.371, 2007.
22. LandXML.org : LandXML-1.2 Schema, <http://www.landxml.org/>
23. 有富孝一, 松林豊, 上坂克巳, 柴崎亮介 : 施工管理に活用できる道路構造物の基本設計情報の構造化, 土木情報利用技術論文集, Vol.14, pp.219-230, 2005.
24. 海洋架橋・橋梁調査会 : 道路橋マネジメントの手引き, 2004.
25. 日本道路協会 : 道路維持修繕要綱, 1978.
26. ISO15143 (土木機械及び道路工事機械の施工現場情報交換を対象とした ISO)

卷 末 資 料

1. 研究評価委員会説明資料
2. 用語集

1.研究評価委員会説明資料

国総研 National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN

3次元データを用いた設計、施工、維持管理の高度化に関する研究

プロジエクトリーダー : 高度情報化研究センター長 塚田幸広
関係研究部 : 高度情報化研究センター情報基盤研究室
研究期間 : 平成22年度～平成24年度

1

3次元データを用いた設計、施工、維持管理の高度化に関する研究

研究の背景

背景

- ・技術者の高齢化
⇒ 熟練者の縮減
- ・インフラの老朽化
⇒ 維持管理費の増大
- ・構造物の複雑化
⇒ ミスの増加

※ H24年度国土交通白書より

若年層は減少 高齢層は増加

土木技術者の年齢別割合

※ H23年度国土交通白書より

全体の約半数で50年経過

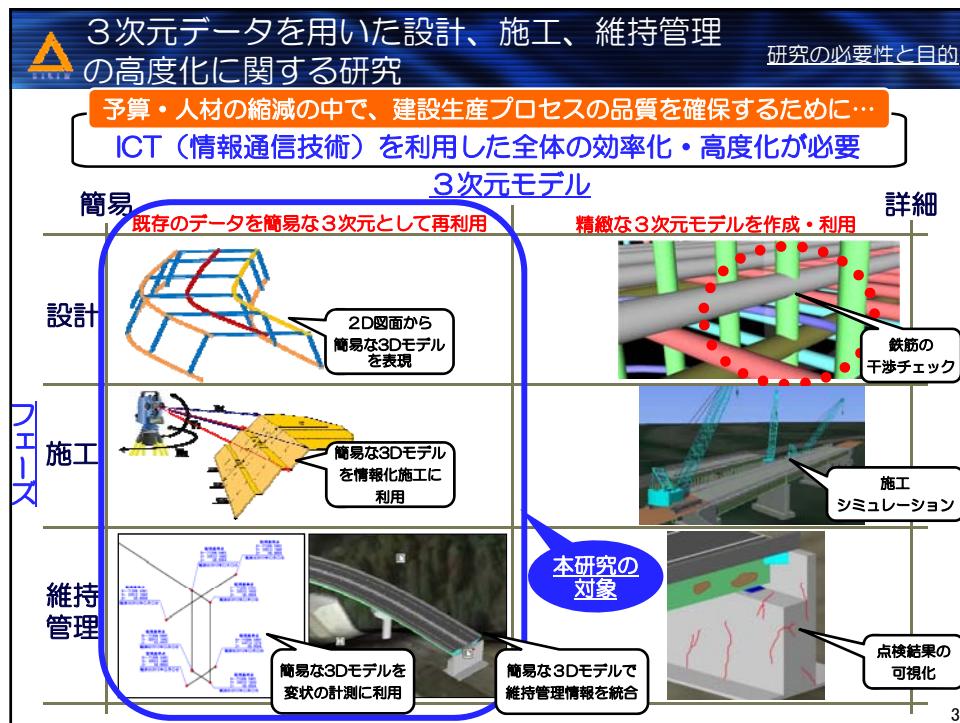
建設後50年経過したインフラの割合

※ H23年度国土交通白書より

過密かつ複雑になつてミスが多発

耐震補強後の鉄筋

2

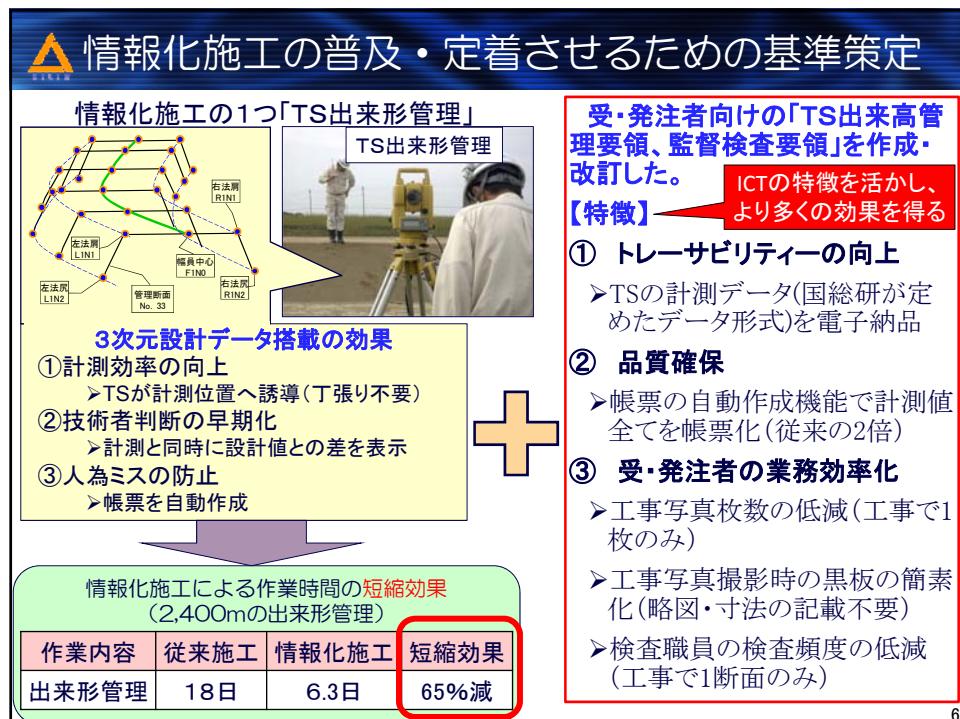
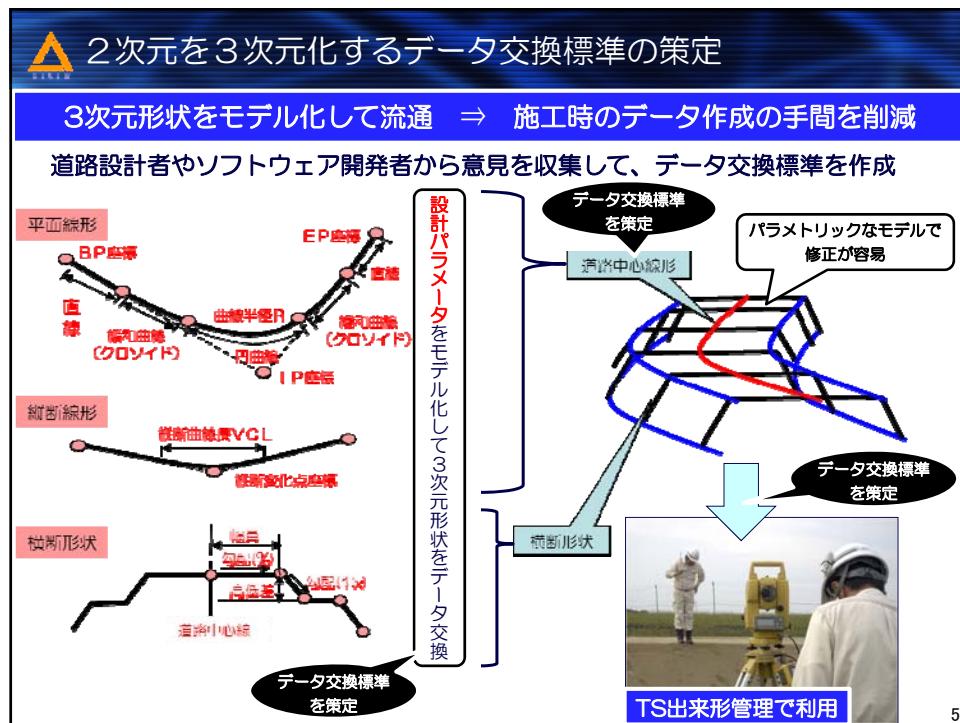


3次元データを用いた設計、施工、維持管理の高度化に関する研究

研究成果目標

研究成果目標	研究成果	研究成果の活用方法 (施策への反映・効果等)
2次元を3次元化するデータ交換標準の策定	<ul style="list-style-type: none"> 3次元設計データ交換標準（道路・河川堤防）の策定 TSを用いた出来形管理用の施工管理データ交換標準（土工・舗装工）を策定 	TSを用いた出来形管理の使用原則化 「TSを用いた出来形管理」が1万m ³ 以上の土工工事で 使用原則化 。
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	<ul style="list-style-type: none"> 橋梁3次元データ流通に係る運用ガイドラインの策定 橋梁の維持管理における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の作成 	ガイドラインに基づき試行を実施 4件の橋梁詳細設計業務で試行済。 （千葉国、横浜国、岐阜国、甲府河川）
情報化施工を普及・定着させるための基準類の策定	<ul style="list-style-type: none"> TSを用いた出来形管理要領、および監督検査要領の作成 TSを用いた出来形管理の機能要求仕様書、および機能確認ガイドラインの作成 	システムの基本概念を整理 「橋梁3次元データの維持管理利用に関する研究」で検討を継続。 要領に基づき工事を実施 H20年：26件 ⇒ H24年：530件に増加 施工管理用ソフトウェアへの導入 30種程度を開発・販売。

4



△ 情報化施工の普及・定着させるための基準策定

土工の基準類は、導入工事の調査や関係者との意見交換を通じ、より良く改定。
舗装への導入に向け、土工の知見・試験施工・関係者との意見交換を通じ、基準類を策定。

種類	工種	基準類	年度	H18	H19		H20	H21	H22	H23			H24		
			10月	9月	3月	3月	12月	5月	9月	3月	1月	2月	3月		
要領類 (受発注者向け)	土工	出来形管理要領		▼試行案 道路土工 河川土工	▼試行案 河川土工	▼策定			▼改定 2級TS の導入		▼改定 ※1、※2				
		監督・検査要領			▼手引き	▼ICTの 特徴を 活用				▼改定 ※1、※2					
	舗装	出来形管理要領 ※3								▼策定					
技術仕様書類 (開発者向け)	土工	共通 データ交換標準	▼ver.1.0 研究		▼ver.2.0 土工				▼ver.4.0 舗装 ※3、※4	▼策定 新測地系					
		機能要求仕様書×2			▼策定 ver.2.0用				▼策定 ver.4.0用 ※2			▼策定 ver.4.1用			
	舗装	機能確認ガイドライン×2 + サンプルデータ						▼策定 ver.2.0用			▼策定 ver.4.0用 ※2	▼策定 ver.4.0用	▼策定 ver.4.1用		
		機能要求仕様書×2 + サンプルデータ							▼策定 ver.4.0用			▼策定 ver.4.1用	▼策定 ver.4.0用	▼策定 ver.4.1用	

※1:監督の軽減（確認把握）。※2:新機能導入（横断図と重合せて設計データを照査）
※3:舗装に縁石と排水溝を含む。※4:トレーサビリティ（計測時刻、他）を確保。

【凡例】薄黄色：プロ研の事前検討
濃黄色：プロ研の期間

【参考】「データ交換標準」と「機能要求仕様書」の記載だけでは、民間各社のソフトウェア開発に際し、開発者によって異なる解釈をする懸念がある。そこで、「機能確認ガイドライン＋サンプルデータ」を策定した。これは、開発したソフトウェアにサンプルデータを読み込んで規定した動作を行い、規定した結果になることを確認することで解釈の差を生じさせない技術資料である。

7

△ 成果の活用事例： TSを用いた出来形管理のソフト開発と導入工事件数

基準類の策定・改定が、「受・発注者にとっての情報化施工の導入環境、ソフトウェア開発者にとっての開発環境」を整え、結果、便利なソフトウェアが開発され、導入件数も年々増加した。



△ 成果の活用事例：
TSを用いた出来形管理の使用原則化

結果、数ある情報化施工技術の内、「TSを用いた出来形管理技術(土工)」は、H25年3月の本省通達により使用原則化となった。

使用原則化の通達

各地方整備局企画部長 殿
 北海道開発局事業振興部長 殿

大臣官房技術調査課長
 総合政策局公共事業企画調整課長

▶直轄の対象工事のほぼ半数で利用されたこと。

▶使いこなしている工事では高額な導入費用に見合う効果が得られていること。

10,000m³以上の土工を含む工事

情報化施工技術の使用原則化について

情報化施工技術は、情報通信技術（ICT）を工事の施工等に活用し、従来の施工技術と比べ、高い生産性と施工品質を実現する施工システムである。

そのため、「情報化施工技術の一般化・実用化の推進について」（平成22年8月2日付け国官技第113号、国総施第31号）に基づき、公共事業における情報化施工技術の普及を推進してきたところである。

このたび、平成25年度の一般化に向けて普及措置を講じてきた情報化施工技術のうち、普及状況等を踏まえ、一般化する「トータルステーションによる出来形管理技術(土工)」については使用原則化することで、技術の定着を図ることとし、別紙「情報化施工技術の使用原則化の実施方針」を定めたので、これに基づき実施されたい。

なお、本通達は、平成25年4月1日以降に契約の手続きを開始する工事において適用するものとする。

9

△ 橋梁3次元データ流通に係る運用ガイドラインの策定

橋梁3次元データの流通、使い方を運用ガイドとして取りまとめ

橋梁設計者や事務所から意見を収集し、取りまとめたものをHPで公開中

施工段階で橋梁に監視基準点(x, y, z座標)を設置

監視基準点
 X= -71306.5481
 Y= 32012.1842
 Z= 58.0054
 計測日2012年〇月〇日

被災後の構造物のひずみを計測するための座標を結んだ簡易3Dモデルの作成

監視基準点
 X= -71306.5481
 Y= 32012.1842
 Z= 58.0054
 計測日2012年〇月〇日

監視基準点の設置方法

① 橋脚側面(左面、右面)
 ② 橋脚前面、後面
 ※橋脚側面・前面・後面のうち、足場を設けることなく測量できる位置に設置する。

再計測のために測量錶を設置

記号
 設置年月日
 平成〇年〇月〇日
 國土交通省

10

成果の活用事例：

△ 漢字の活用字例

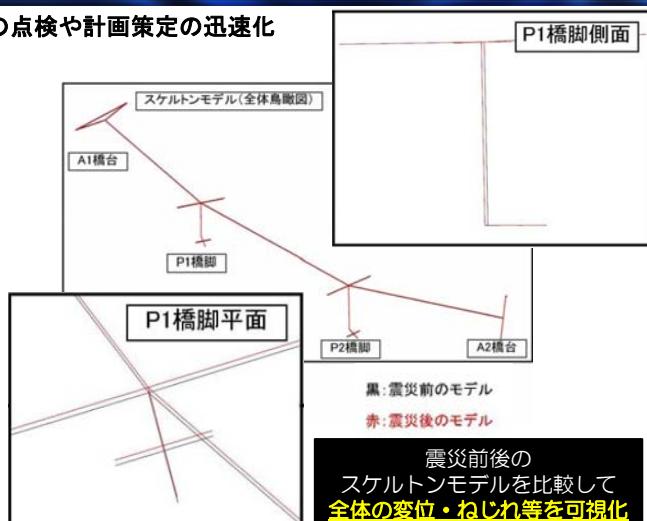
スケルトンモデルによる震災前後の橋梁の変状確認

■維持管理における震災時の点検や計画策定の迅速化

一社刊官報166. 關東地方整備局

関東地方整備局
千葉国道事務所

十葉園道事務所
圈央道平藏川IC橋



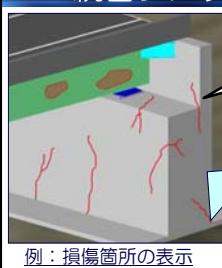
震災前後の橋梁全体の変状を容易かつ迅速に把握できた。

- 南東に17cm程度移動、5~12cm程度沈下
 - 橋台と橋脚の相対的な変位はない
 - 橋梁全体のねじれはない

11

橋梁の維持管理における3次元モデルを用いた情報

 総合システムのプロトタイプ（研究継続中）



熟練者でなくても、
容易に構造物の
状態を把握できる

例：損傷箇所の表示

リソースした維持管理情報を 3次元モデル上に可視化

橋梁の主要部材の外形形状、および周辺地形を作成

構造物の空間的な位置把握に
必要なものだけを3次元化

橋梁の属性情報

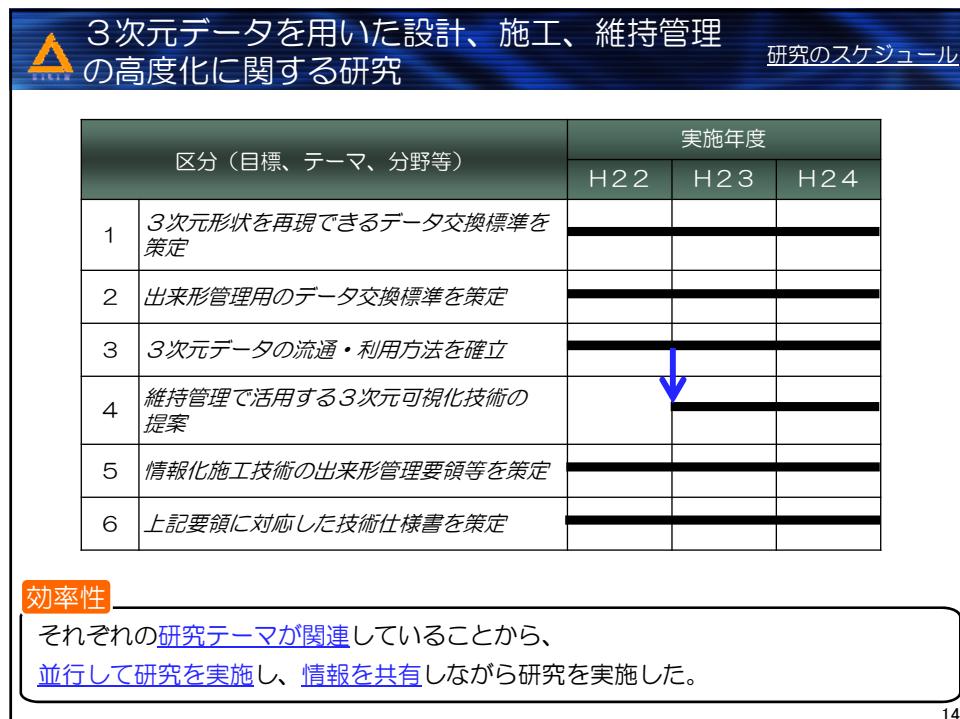
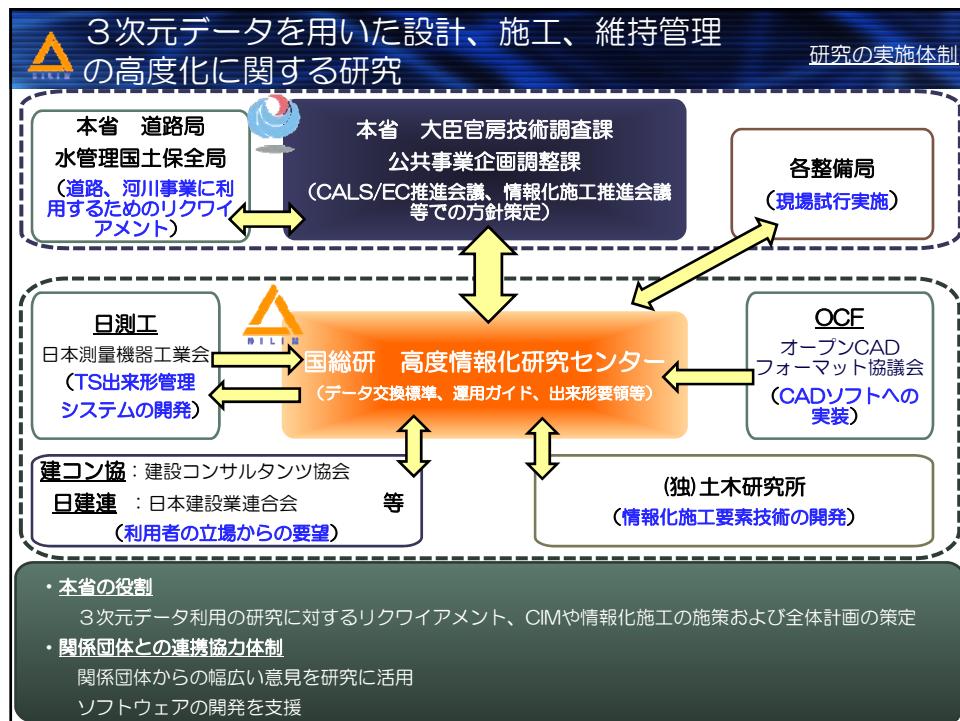
摘要不作標					
橋樑分區	本級橋	橋梁形式	側單純合成數	橋樑分區	1等級
橋梁別	高架橋	橋梁延長	2280	上部結構	昭和39年鋼鐵道路設計
分割區別	上-下級-本	橋樑	950.8	橋樑	橋示方書
步道区分	街路	設置間隔	1	下部結構	昭和39年鋼鐵道路設計
架構狀況	道路上	平面形状	斜橋	橋示方書	
丈量物名	市道〇〇号	平面輪廓	00	耐震	
佔地物名区分	D	縱斷面記	+0.5	構造	平成8年道路標示方書

簡易3次元モデルに維持管理情報を集約する仕組みの基本概念を整理 ⇒ 情報管理の一元化

自検記録・写真



12



3次元データを用いた設計、施工、維持管理の高度化に関する研究

研究成果の活用方法

研究成果目標	研究成果	研究成果の活用方法 (施策への反映・効果等)	目標の達成度
2次元を3次元化するデータ交換標準の策定	① 3次元設計データ交換標準（道路・河川堤防）の策定 ② TSを用いた出来形管理用の施工管理データ交換標準（土工・舗装工）を策定	TSを用いた出来形管理の使用原則化 「TSを用いた出来形管理」が1万m ³ 以上の土工工事で使用原則化。	◎ ◎
	③ 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	ガイドラインに基づき試行を実施 4件の橋梁詳細設計業務で試行済。（千葉国、横浜国、岐阜国、甲府河川）	○
情報化施工を普及・定着させるための基準類の策定	④ 橋梁の維持管理における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の作成	システムの基本概念を整理 「橋梁3次元データの維持管理利用に関する研究」で検討を継続。	○
	⑤ TSを用いた出来形管理要領、および監督検査要領の作成 ⑥ TSを用いた出来形管理の機能要求仕様書、および機能確認ガイドラインの作成	要領に基づき施工管理を実施 H20年：26回 ⇒ H24年：530回に増加 施工管理用ソフトウェアへの導入 30種程度を開発・販売。	◎ ◎

※ ◎: 十分に目標達成 ○: 概ね目標達成

有効性

- データ交換標準、運用ガイドライン、ソフトウェアへの実装を補助するマニュアル等を策定。
- 策定した基準等の適用性について、現場試行で有効性を確認。

研究6項目のうち、4項目(◎)は実用段階、2項目(○)は有効性を確認済

3次元データを用いた設計、施工、維持管理の高度化に関する研究

事前評価時の指摘事項と対応

事前評価時の指摘事項	対応
システム導入効果の見える化とメリット伝達が重要である。	3次元化のメリットを現場に伝えるデモやビデオを作成し、効果のPRを図った。
国土交通省の事業全体で展開できるように進めて欲しい。	民間企業や地整と意見交換し、特定の業者だけではなく、一般の業者も実施できる標準化をめざした。
設計、発注～施工、施工後データの納入といった流れを確立して欲しい。	有効な3次元データを設計・施工業者が作成し、後工程で利用する納品の流れを確立した。
メーカーが実施すべきものと、行政側が管理すべきものを区別しておく必要がある。	民間の技術を縛るのではなく、監督検査や電子納品等、官側で規定すべき内容を対象とした。

△ 3次元データの流通、利活用の今後の取り組み

今後の取り組み

- ① 成果を確実に普及していくために、**共通仕様書等の上位基準へ反映させる。**
- ② 情報化施工の他工種への展開等、適用拡大を図る。
- ③ 3次元のメリットや可能性について広く共感を得られるようPRを積極的に行っていく。
- ④ 成果をさらに発展させ、**3次元データの高度利用を検討する。**

17

△ 投稿論文一覧

その他の成果

【査読あり】：5本

1. Taniguchi, H., Aoyama, N., Shigetaka, K. et al., "Integrated Information Management System using 3D Model for Maintenance of Bridge Construction", JSCE, ICCBEI 2013, 2013.
2. 谷口寿後, 梶田洋規, 稲葉祐士: TSを用いた出来形管理の適用工種拡大とデータ再利用に向けた標準的なモデルに関する研究, 日本建設機械施工協会, 建設施工と建設機械シンポジウム論文集, H25年度, 2013.
3. 北川順, 梶田洋規, 重高浩一: TSを用いた出来形管理を活用した建設物管理手法の検討(情報化施工で取得した3次元情報の維持管理における利用), 日本建設機械施工協会, 建設施工と建設機械シンポジウム論文集, H24年度, pp.171-174, 2012.
4. 稲葉祐士, 梶田洋規, 北川順: TSを用いた出来形管理に関するソフトウェアの機能確認ガイドライン(案)策定について, 日本建設機械化協会, 建設施工と建設機械シンポジウム論文集, H23年度, pp.63-66, 2011.
5. 梶田洋規, 北川順, 遠藤和重: 設計データを搭載した3次元測量機器による出来形管理手法の導入について ~情報化施工における出来形管理手法の適用工種と利用技術の拡大~, 日本建設機械施工協会, 建設施工と建設機械シンポジウム論文集, H22年度, pp.129-132, 2010.

【査読なし】：12本

6. 谷口寿後, 青山憲明, 重高浩一: 3次元モデルを利用した橋梁事業における維持管理情報の統合管理, 土木学会, 第38回土木情報学シンポジウム講演集, Vol.38, pp.119-122, 2013.
7. 梶田洋規, 北川順: 「TSを用いた出来形管理」で規定した機能と今後の取り組み ~ICTを利用した作業性・信頼性向上及び判断支援に資する機能~, 日本建設機械施工協会, 建設の施工企画, No.73, pp.16-22, 2012.
8. 青山憲明: 土木事業の建設生産システム高度化に向けた次世代CALSの展開 ~国土地理院政策総合研究所の取り組み~, 日本コンクリート工学会, コンクリート工学, Vol.50, pp.800-803, 2012.
9. 北川順, 梶田洋規, 重高浩一, 藤島崇, 稲葉祐士, 稲原雅人: 情報化施工に用いる3次元設計データ作成の課題分析, 土木学会, 第37回土木情報学シンポジウム講演集, Vol.37, pp.69-72, 2012.
10. 青山憲明, 井星雄貴, 重高浩一, 手塚計則: 道路及び河川堤防の3次元設計データ交換標準の策定と運用, 土木学会, 第37回土木情報学シンポジウム講演集, Vol.37, pp.53-56, 2012.
11. 中山健, 岸村健二, 井星雄貴: 3次元モデル活用による橋梁事業の効率化に関する検討, 土木学会, 第37回土木情報学シンポジウム講演集, Vol.37, pp.159-160, 2012.
12. 北川順, 梶田洋規, 重高浩一: トータルステーションを用いた出来形管理の適用場面拡大に向けた取り組み, 土木研究センター, 土木技術資料, Vol.53, pp.30-33, 2011.
13. 井星雄貴, 青山憲明, 重高浩一: 案内プロセスを通じた橋梁の3次元データの流通と利用, 土木学会, 土木情報利用技術講演集, Vol.36, pp.41-44, 2011.
14. 北川順, 梶田洋規, 重高浩一, 藤島崇, 稲葉祐士: TS出来形管理の適用拡大に向けたデータ交換標準に関する検討, 土木学会, 土木情報利用技術講演集, Vol.36, pp.17-20, 2011.
15. 青山憲明, 渡邊亮弥: 道路設計のための3次元地形データ, 土木研究センター, 土木技術資料, Vol.53, No.6, pp.38-41, 2011.
16. 青山憲明, 今井龍一, 井星雄貴, 東新吉幸: 設計、施工、維持管理にわたる橋梁の3次元データ利活用, 土木研究センター, 土木技術資料, Vol.53, pp.36-39, 2011.
17. 遠藤和重, 青山憲明, 井星雄貴: 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, 土木学会, 土木技術利用技術講演集, Vol.35, pp.33-36, 2010.

計17本の論文が掲載されました。

18

2. 用語集

英字、数字

ASP : Application Service Provider の略で、インターネットを通じてビジネス用のアプリケーションをレンタルするサービスの提供者。

BIM : Building Information Modeling の略で、3 次元のリアルタイムでダイナミックな建築モデリング用のソフトウェアを使用して、建物設計および建設の生産性を向上させる取り組み。

CAD : Computer Aided Design の略で、キャドと呼ぶ。コンピュータ支援による設計システムのこと。

CAM : Computer Aided Manufacturing の略で、キャムと呼ぶ。コンピュータ支援による製造システムのこと。

CALS/EC:Continuous Acquisition and Life-cycle Support/Electronic Commerce の略で、CALS は「継続的な調達とライフサイクルの支援」、EC は「電子商取引」と日本語訳される。全体としては、情報の電子化と共有により製品のライフサイクルの色々な局面でコスト削減・生産性の向上を図ることである。

CIM:Construction Information Modeling の略で、建築分野で広がっている BIM(Building Information Modeling)を土木分野にも応用した 3 次元モデルを利用した建設生産システムのことという。

GNSS:Global Navigation Satellite System の略で、全地球衛星航法システムと呼ぶ。GNSS は、人工衛星の信号を用いて位置を決定する衛星測位システムの総称である。代表的なシステムとして米国の GPS、ロシアの GLONASS がある。

JCMA : Japan Construction Machinery and Construction Association の略で、一般社団法人 日本建設機械施工協会のこと。建設機械及び建設施工に関する技術等の向上と普及を図り、もって国土の利用、開発及び保全並びに経済及び産業の発展に寄与することを目的とし、建設機械・施工に関して「試験・調査・研究・技術開発、普及・支援活動、技術者・技能者の育成及び資格付与、高度化及び標準化の推進」等を行っている団体。

JSIMA : Japan Surveying Instruments Manufacturers' Association の略で、一般社団法人 日本測量機器工業会（略称：日測工）のこと。測量機器工業の健全な進歩発展を企図し、もって国民経済の発展と公益に寄与することを目的とし、測量機器並びに関連製品の「測量機器の品質向上、規格の作成・改良等、統計の作成、検定及び校正・検査の認定、技術研究開発」等を行っている団体。

LandXML : 土地造成、道路、測量等に関するシステム間で、システムに依存しないデータ交換のための標準。データ形式は XML。民間のシステム開発者が参画するオープンな組織の LandXML ORG で仕様が策定されている。

MG : Machine Guidance(マシーンガイダンス)の略で、TS、GNSS の計測技術を用いて施工機械の位置や施工情報から、設計形状の差分を算出して情報を提供し、オペレーターの機械操作をサポートするシステム。

MC : Machine Control(マシーンコントロール)の略で、MG 技術に加えて、設計形状に従って機械をリアルタイムに自動制御するシステム。

OCF : オープン CAD フォーマット評議会の略。2 次元 CAD データ形式の SXF の高度利用と正確なデータ交換のための調査、研究、実装を目的に設立した CAD ベンダーの団体。

RTK-GNSS : Real Time Kinematic GNSS の略。測位誤差を補正するために、測定したい移動局と位置が分かっている基準局の 2 点に GNSS アンテナを設置し、基準局からの補正情報を移動局に無線などでリアルタイムに送信して測位する方法。

SXF : Scadec data eXchange Format の略で、エス・エックス・エフと呼ぶ。ISO 10303 の STEP 規格に準拠した 2 次元 CAD データの中間フォーマットで、わが国の電子納品で利用されるフォーマット。

TS (トータルステーション) : Total Station の略で、測距測角儀のことをいう。距離と角度を同時に測定でき、マイコン機能によって測量結果の記録が自動で行える。

XML : Extensible Markup Language の略で、文書やデータの意味や構造を記述するマークアップ言語の 1 つ。ソフト間での通信、データ交換、データ保存のために広く利用されているフォーマット形式。

XML スキーマ : XML 文書の論理的構造を定義するために開発されたスキーマ言語

の 1 つ。

2 級 TS、3 級 TS : TS (トータルステーション) で公共測量に利用するものは、測定性能に応じて級別に分かれており、1 級、2 級、3 級がある。2 級は、測角部が 2 級セオドライトに準じる性能、測距部が 2 級測距儀に準じる性能を有するもの、3 級は、測角部が 3 級セオドライトに準じる性能、測距部が 2 級測距儀に準じる性能を有するものをいう。

3 次元モデル : 3 次元形状をコンピュータが利用できるデータとしてモデル化したものという。

か行

国土地理院 数値標高モデル : 数値標高モデル (DEM; Digital Elevation Model) は、地形表面のデジタル表現の 1 つであり、リモートセンシングから得られた地形の凹凸を、メッシュデータ (正方形が集まった格子) や TIN (三角形の集合) で表現したモデル。国土地理院では、10m メッシュ、5 m メッシュの数値標高モデルを提供している。

さ行

世界測地系、日本測地系 : 世界測地系は、全地球的測地系のことをいう。GNSS 測量等の高精度な測位法が一般化し、世界で共通に利用できる基準として生まれた。日本では、平成 14 年 4 月に世界測地系 (JGD2000) が策定された。日本測地系は、日本で従来利用されていた測地系。

情報化施工 : 建設工事の施工において、ICT を活用した高効率、高精度の施工技術のことをいう。

スケルトンモデル : 全体的な 3 次元モデルを骨組み構造でモデル化したもの。

属性情報 : 属性情報とは、図形に関連付けられた文字情報のこと。本研究では、ハイパーリンクで図形に関連づけたファイルも属性情報と呼ぶ。

た行

大座標系、小座標系 : 大座標系は測量のための測地系座標、小座標系はある箇所を原点としたローカルの数学的座標。

ツリー構造 : データ構造の 1 つで、1 つの要素から複数の子要素、孫要素をもつという形で階層を深くするデータ構造。

出来形管理：施工に当たって、設計図書に示された設計寸法に完成形状が合格するように管理すること。

電子納品：設計成果や工事完成図書等を電子データにして発注者に納品すること。

な行

ノンプリズム方式：ノンプリズム方式とは、TS（トータルステーション）を用いた新しい出来形計測技術の1つで、プリズムを使用せず、目標物に直接光波を照射し、戻ってくるわずかな乱反射光を使って目標物までの距離を測定する方式。

は行

ハイパーリンク：参照する他のファイルの参照情報をデータ内に埋め込み、リンクを生成すること。

プラットフォーム：本来の意味は、コンピュータではOSやハードウェアなどの基礎部分をプラットフォームと呼ぶが、本研究では、3次元モデルに様々な情報を載せる共通基盤のことをプラットフォームと呼ぶ。

プリズム：TS（トータルステーション）の光波を屈折、反射させる鏡。

プロダクトモデル：CAD/CAMシステムで用いる製品モデル。単に形状モデルにとどまらず、製品の設計から生産段階まで必要な情報を統合的に記述したモデル。

フロントローディング：後工程で発生する不具合や手戻りを設計の初期段階で発見し、後工程のコストや時間を短縮する仕事のやり方。製品コストの大部分が設計の初期段階で発生することから、後工程の検討を前倒しで実施することが有効とされている。

国土技術政策総合研究所プロジェクト研究報告

PROJECT RESEARCH REPORT of N I L I M

N o . 43 March 2014

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地

企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675