

橋梁における3次元モデルの流通と 利活用

国土交通省 国土技術政策総合研究所 情報基盤研究室

主任研究官 青山 憲明

本日の話題

1. 橋梁の設計、施工、維持管理にわたる
3次元データ流通
2. 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

■土木分野における2次元データの課題

- ①各事業間で別々の図面を作成し不整合リスクを保有
 - ②情報が重複管理されており非効率
 - ③空間的な把握が難しい
- など
- 課題解消のため



3次元データの活用が注目

■3次元データを活用すると・・・

各実施段階(設計段階・施工段階・維持管理)におけるデータの流通が可能となり、空間的な把握が容易となる



橋梁3次元データ流通に係る運用ガイドライン(案)策定

どのような3次元データを流通させるのか

【3次元データ利活用の現状】

- 設計段階での3次元設計は行われていない
 - 現段階では3次元モデルの作製は、必ずしも効率化につながらない
 - 設計がわかる技術者が3次元CADを扱えるわけではない
- 鋼橋製作で、3次元データを活用
 - (CAD/CAMシステムによる工作機械の自動制御、原寸・板取の自動化、PCによる仮組立シミュレーション等)
- PC橋の施工では、3次元データの利用は行われていない
 - 2次元図面での建設生産システムが確立している
 - 鉄筋のモデル化に時間がかかる
- 維持管理では3次元データの利用は行われていない
 - 専門家では3次元のニーズが顕著化していない

【現状を踏まえた3次元データの流通・利活用】

- 施工、維持管理で必要な**3次元座標を流通**
- あまりコストをかけないで作製できる**簡易な3次元モデルを流通**

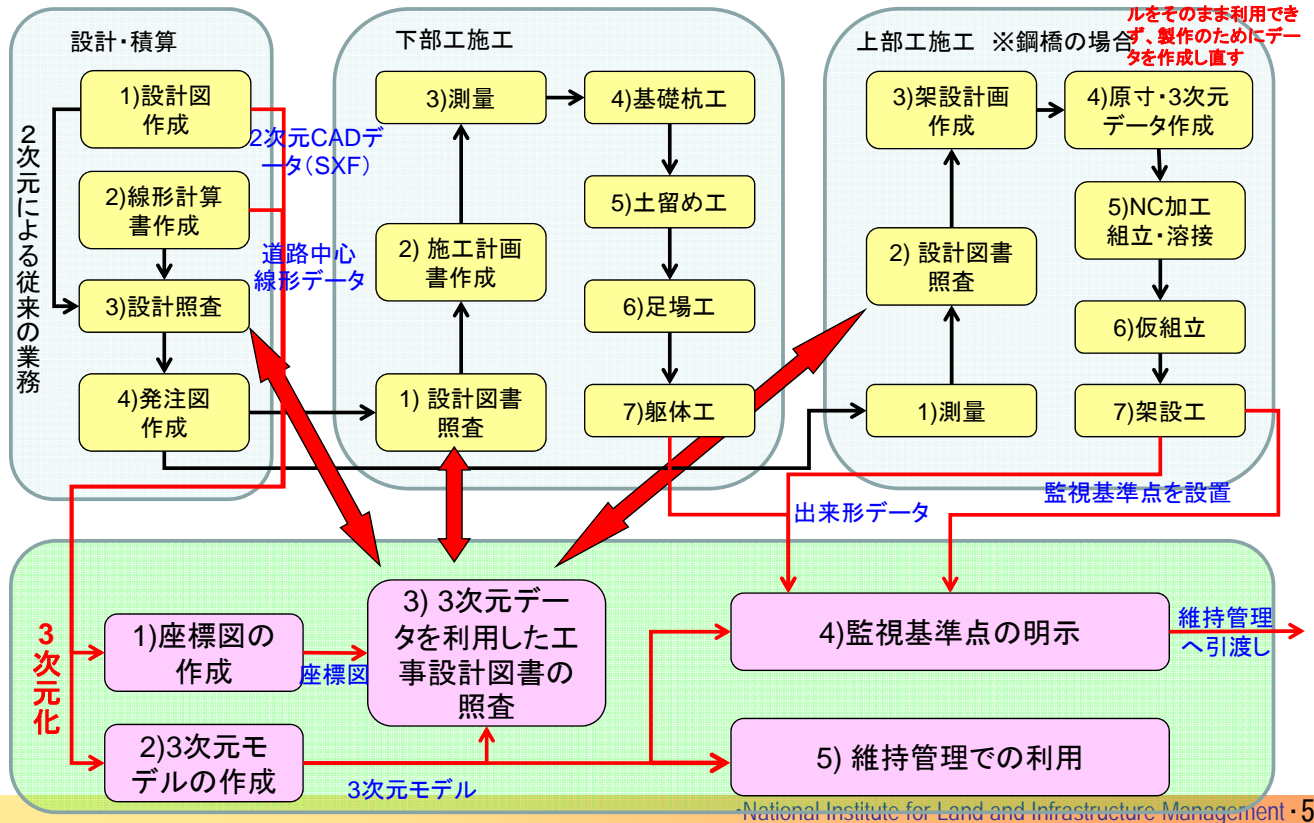
【将来的にはCIMモデルの流通】

- 2次元図面を必要としない詳細な3次元モデル
- 3次元形状だけでなく、建設生産に必要な情報を属性として付与

橋梁における3次元データの流通と利活用の方針



上部工製作では、設計で作成した3次元モデルをそのまま利用できず、製作のためにデータを作成し直す



施工、維持管理で必要な3次元座標を流通



■コントロールポイント

・コントロールポイントは、使用目的により2種類に分類される。

- ① 構造物設置基準点（設計から施工に引き継ぐ位置座標）
- ② 監視基準点（施工から維持管理に引き継ぐ位置座標）

詳しくは、次ページ以降で解説する。

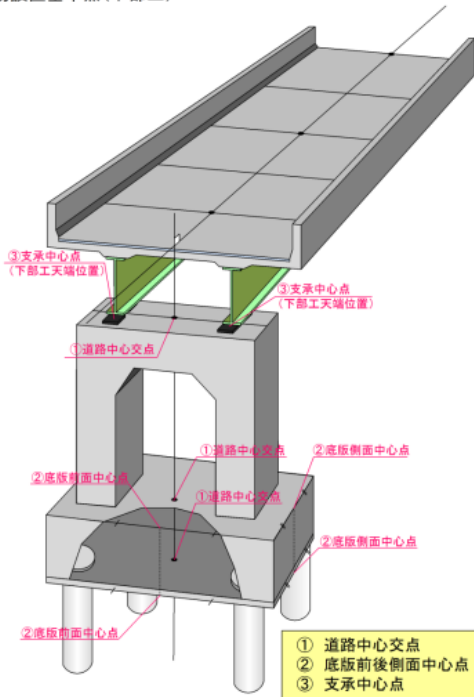
コントロールポイントの設定



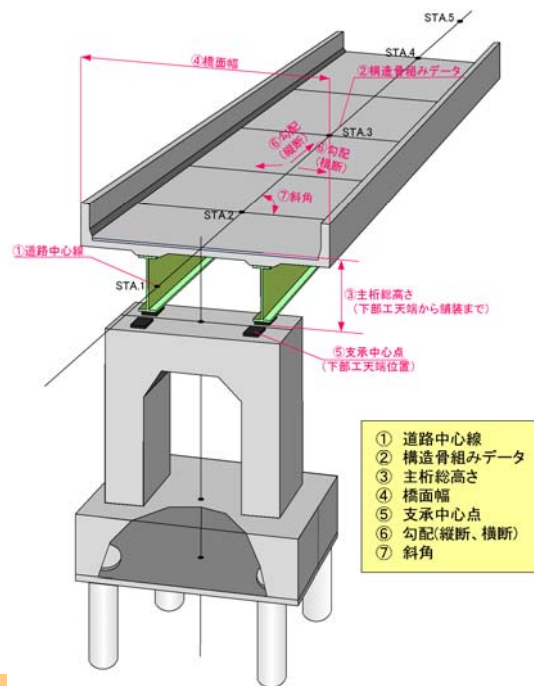
① 構造物設置基準点

構造物の施工ミスを防止することを目的とした施工の基準となる位置座標（位置情報）のことをいう。

構造物設置基準点(下部工)



構造物設置基準点(上部工)

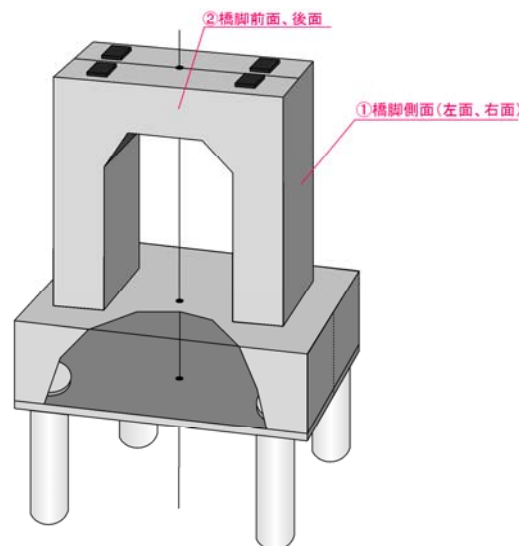


コントロールポイントの設定



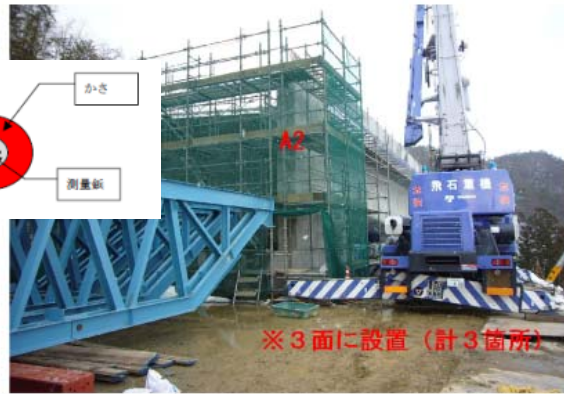
② 監視基準点

地震などの災害により構造物が損傷を受けた場合に、早期に被災や損傷を把握すること（維持管理性の向上）を目的とした位置座標（位置情報）のことをいう。



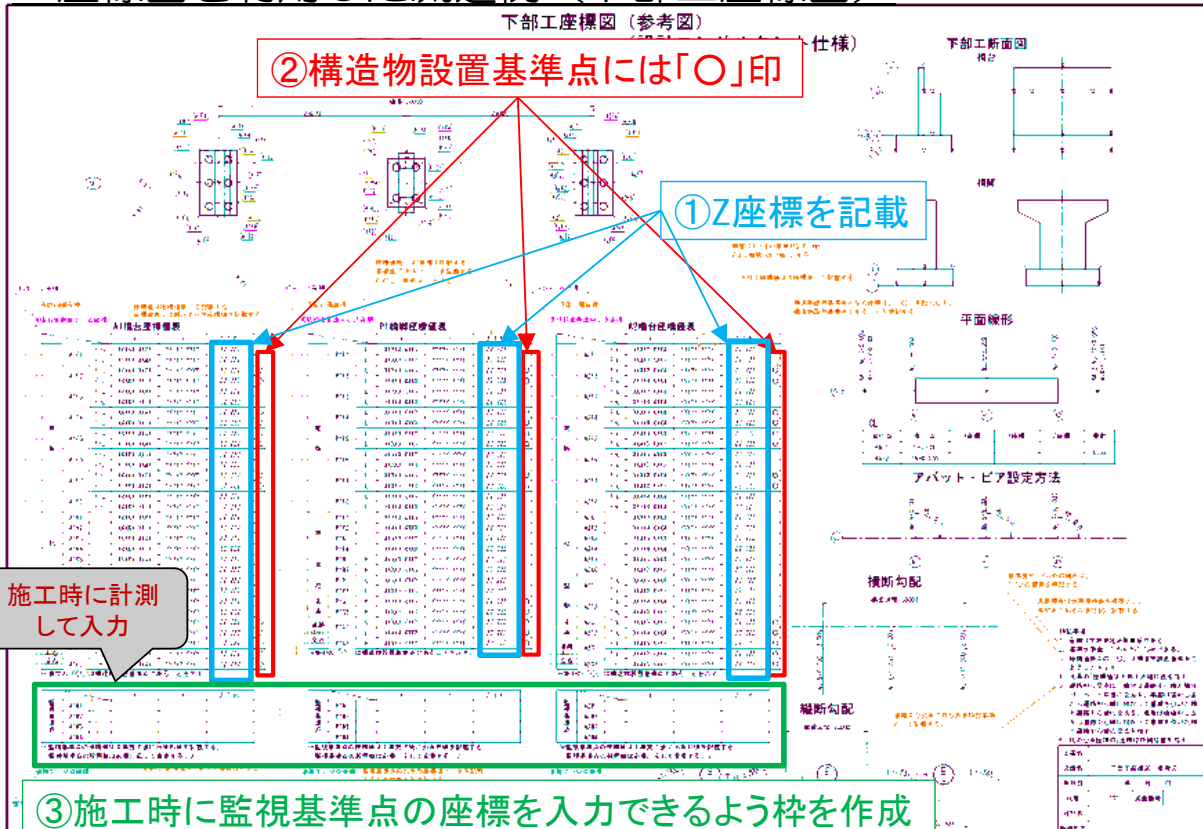
- ① 橋脚側面(左面、右面)
 - ② 橋脚前面、後面
- ※橋脚側面・前面・後面のうち、足場を設けることなく測量できる位置に設置する。

監視基準点位置(滋賀国道)



コントロールポイントの流通

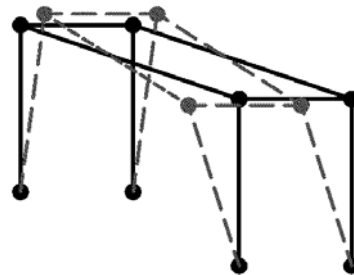
■座標図を利用した流通例(下部工座標図)



■スケルトンモデルを利用した流通例

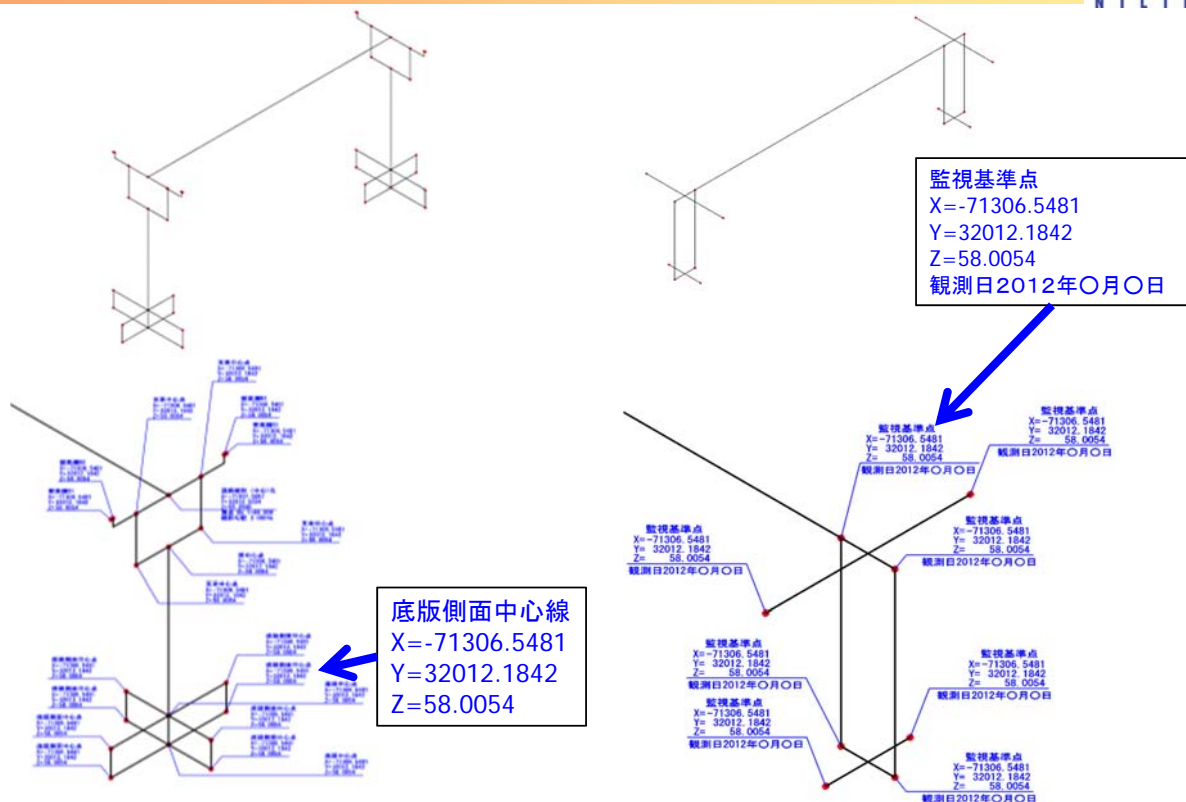
■スケルトンモデルの概要

- 設定した**コントロールポイント**（構造物設置基準点、監視基準点）を**視覚化**した骨組みの3次元モデル
- スケルトンモデルの作成には、3次元CADの使用が必要となる。
- 施工段階～維持管理段階で活用し、災害などによる構造物の変形、**変位**を**視覚的に確認**できる。



スケルトンモデル（骨組みモデル）

スケルトンモデルを用いたデータ作成



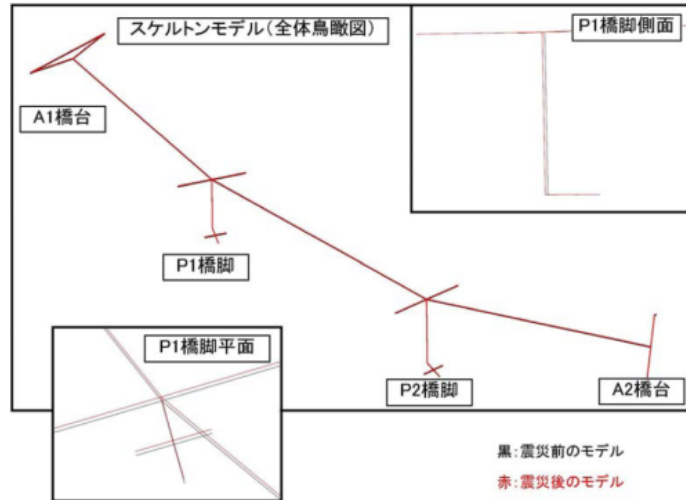
構造物設置基準点によるスケルトンモデル

監視基準点によるスケルトンモデル

○ 橋梁の3次元データ流通に関する試行(モデル化)

活用例 ～ 監視基準点による構造物の監視と見える化～

活用例: 圏央道平蔵川IC橋
震災前後の監視基準点スケルトンモデル



- 橋梁全体が、南東に17cm程度移動し、5～12cm程度沈下
- 各橋台と橋脚の相対的な変位はほぼゼロ
- 橋台と橋脚の倒れ・橋梁全体のねじりの変状はなし

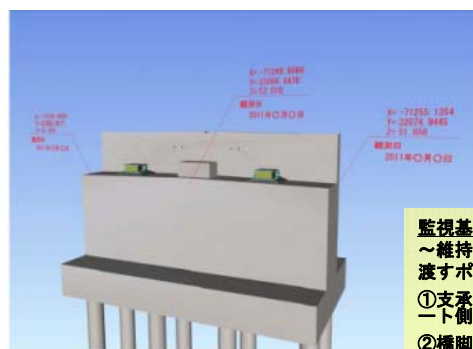
監視基準点によるスケルトンモデル

コントロールポイントの流通

■ 簡易な3次元モデルに旗上げ



維持管理で、構造物の変状を計測するために監視基準点を設置し、3次元座標を計測する



- 監視基準点(施工～維持管理へ引き渡すポイント)
- ① 支承ベースプレート側部中心
 - ② 橋脚側面
 - ③ 橋脚前面



- 監視基準点のXYZ座標、計測日を3次元モデルに旗上げして明示

■3次元モデルの概要

- 3次元モデルを使用することで、設計・施工ミスの防止、住民や関係者間協議での合意形成、施工の安全性向上、維持管理の効率性向上などの利点が期待される。
- 監視基準点の視覚的な変位を表現するだけでなく、設計図書の照査、施工時の安全確保の照査等が可能となる。
- **利用目的に応じて、モデルの詳細さが異なる**
例えば、部材干渉チェックでは詳細化する必要がある関係機関協議などでイメージを共有する場合は、簡易なモデルでもよい

■3次元モデルの概要

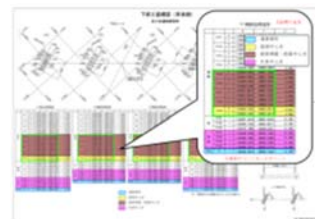
- 3次元モデルを使用することで、設計・施工ミスの防止、住民や関係者間協議での合意形成、施工の安全性向上、維持管理の効率性向上などの利点が期待される。
- 監視基準点の視覚的な変位を表現するだけでなく、設計図書の照査、施工時の安全確保の照査等が可能となる。
- **利用目的に応じて、モデルの詳細さが異なる**
例えば、部材干渉チェックでは詳細化する必要がある関係機関協議などでイメージを共有する場合は、簡易なモデルでもよい

3次元の作成レベル



■ 試行レベル（データ流通の難易度）

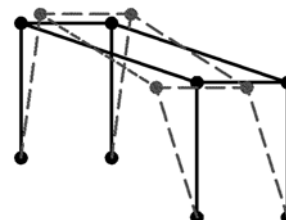
ガイドライン（試行用）では、流通の難易度に応じて試行レベルを3段階に設定



座標図

■ 試行レベル1（2次元の座標図）

- 2次元CADのみを用いて座標図を作成
- 座標図には、高さ（z）を加えた3次元座標



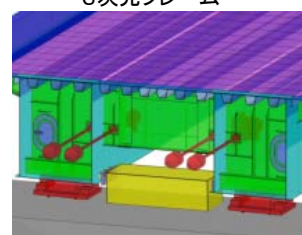
3次元フレーム

■ 試行レベル2（スケルトンモデル）

- 3次元CADを用いてフレームによるモデルを作成

■ 試行レベル3（3次元形状モデル）

- 3次元CADを用いて面を有するモデルを作成



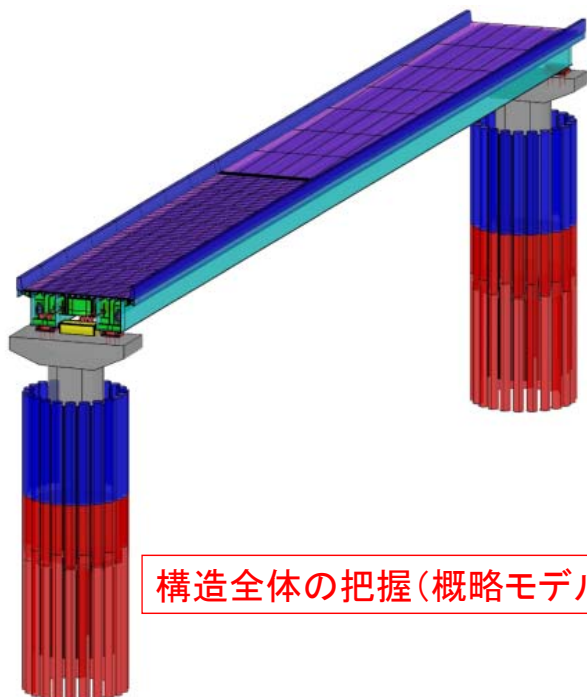
3次元形状モデル

3次元の作成レベル

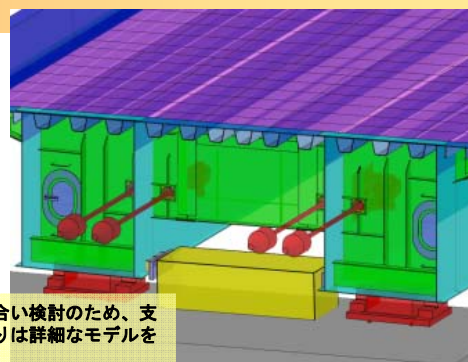


■ 3次元モデルの参考例

- 作りこみレベル「高」の例



構造全体の把握（概略モデル）



取り付け検討のため、支
承周りは詳細なモデルを
作成

付属物の取り付けを視覚的に確認可能



監視基準点の旗上げ

3次元データを利用した照査



■座標図を用いた照査（試行レベル1、2、3）

- ①上部工、下部工の高さの整合性を照査する。
- ②上部工、下部工の取り合いを照査する。

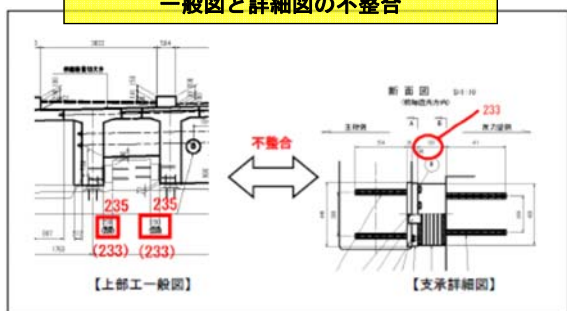
■3次元モデルを用いた設計照査（試行レベル3）

- ①3次元モデル作成過程で図面間の不整合を照査する。
- ②上部工、下部工、付属物等の取り合いを照査する。
- ③施工方法、施工スペース、道路等の切廻し、工事用道路計画の妥当性を確認し、工事の施工性や安全性を照査する。
- ④交差条件となる物件と構造物との離隔などを照査する。

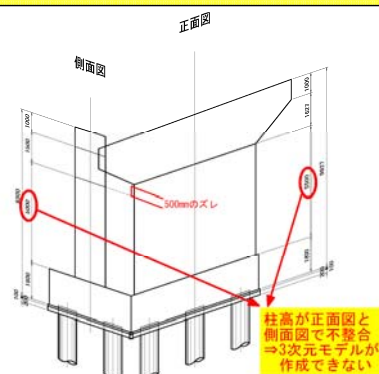
3次元データを利用した工事設計図書の照査 (3次元モデルの作成過程での照査の例)



一般図と詳細図の不整合



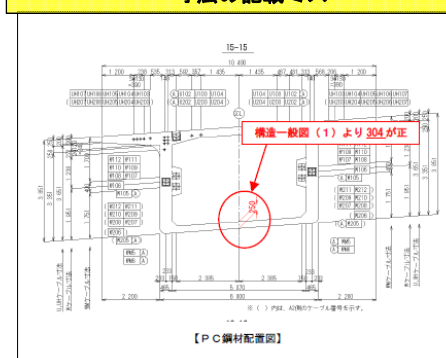
正面図と側面図の不整合



点検口と下床版ハンチの干渉



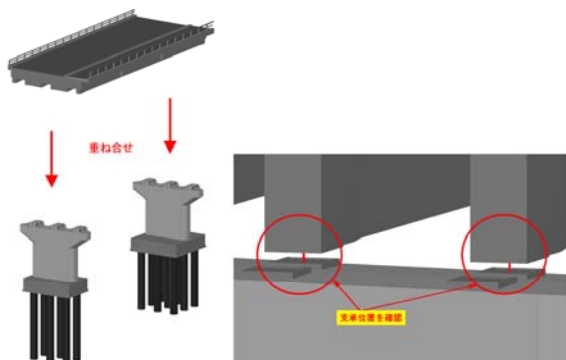
寸法の記載ミス



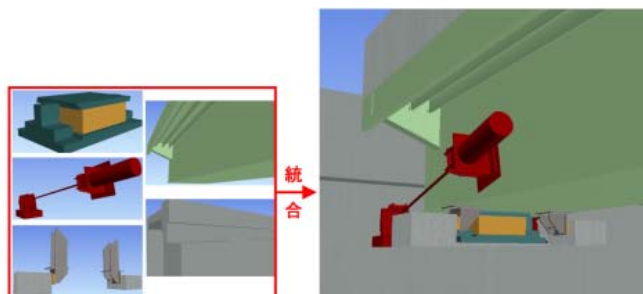
3次元データを利用した工事設計図書の照査 (3次元モデルによる照査の例)



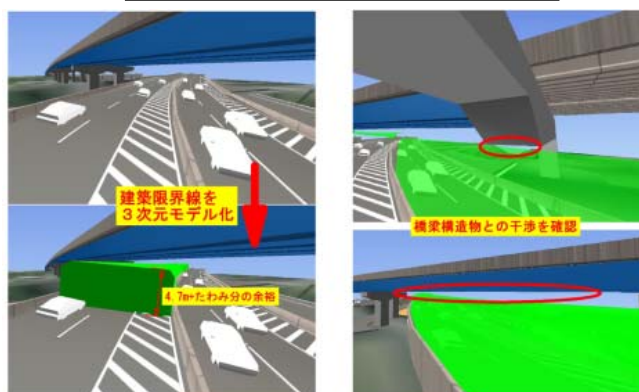
上部工と下部工の支承位置の整合確認



支承周りの部材の干渉チェック



交差物件との干渉、建築限界の確認



•National Institute for Land and Infrastructure Management 21

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次元データ流通に係る運用ガイドラインとは

橋梁構造物を対象とし、2次元データでの課題を把握した上で、橋梁3次元データでの流通の試行を行うための指標を策定したものである。

■ガイドラインの内容

- ①橋梁3次元データ流通の実施事項を記載（第3章）
 - ・データ流通の難易度に応じて試行レベルを設定
- ②各実施事項に対する具体的な作成方法等を記載（第4章）
 - ・試行における実施項目（第3章）に対して、具体的な3次元データの作成方法等の実施方法を記載

国土技術政策総合研究所 情報基盤研究室紹介のHPIに掲載
<http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/bunya/cals/tdu.html>

•National Institute for Land and Infrastructure Management 22

ガイドラインの目次



1. 目的	1
2. 用語の説明	2
3. 試行における実施事項の整理 (↑3章：実際に何を試行するのか記載)	7
4. 各実施事項の内容	11
4.1 コントロールポイントの設定	11
4.2 座標図の作成・更新・運用方法	28
4.3 スケルトンモデル・3次元モデルの 作成・更新・運用方法	53
4.4 座標図及び3次元モデルを 利用した設計照査法	94
4.5 3次元データの電子納品方法 (↑4章：具体的な方法を記載)	110

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



橋梁の維持管理における情報利活用の課題

- ① 情報の重複(不整合リスク)
- ② 資料の検索が非効率
- ③ 資料の閲覧・加工は事務所に限定
- ④ 情報の履歴の管理
- ⑤ 複雑な構造物の空間的把握が困難

課題に対する対策方針



■3次元モデルによる維持管理システムの運用イメージ



・National Institute for Land and Infrastructure Management 25

維持管理での利用

～橋梁3次元モデルを利用した情報統合管理～



management 26

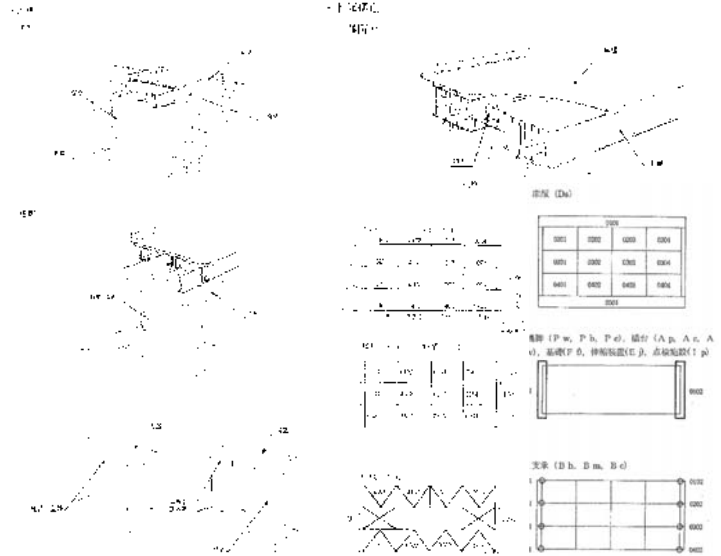
維持管理で利用する3次元モデルの作成 ～3次元モデルの要素分割～



【要素分割の考え方】

- ・維持管理の段階で行う要素分割を、あらかじめ設計段階のモデル作成時に行う。
- ⇒ 橋梁点検では、部材毎に損傷の種類や程度を記入することから、3次元モデル作成時には「橋梁定期点検要領(案)」の点検調書に示される「工種」・「部位・部材種別」に対応させる。

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



維持管理で利用する3次元モデルの作成 ～3次元モデルへの属性情報の付加方法～



【情報の性格による2つの付加方法】

維持管理に必要な情報は種類・量とも多く、全てを3次元モデルに直接保存することは現実的ではない。⇒**ハイパーリンク**を併用して属性を与える。

付加方法の比較

	①3次元モデル内への直接保存	②ハイパーリンク	③3次元モデル内への直接保存とハイパーリンクの併用
長所	<ul style="list-style-type: none"> ・モデル内部に情報を保持するため、情報が一元化 ・モデル作成ソフトウェアもしくはビューワーがあれば内容を閲覧可 	<ul style="list-style-type: none"> ・情報の入力・表示には別のソフトウェア(エクセル、ワードなど)をえるため、表示内容・方法の自由度が高い ・文字情報以外にも画像や音声等を扱うことも可能 ・フォルダやファイルの構成により、変更の履歴を残すことが可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・情報の種類によって保存方法を区別する。完成後、変更のない情報をモデルに保存し、点検記録などは変更の履歴が残るようハイパーリンクで保存 ・文字情報だけでなく画像(写真、図面等)を効率よく扱える
短所	<ul style="list-style-type: none"> ・入力・表示の方法や内容はモデルを作成するソフトウェアに依存(扱える情報はほぼ文字情報のみ) ・既存のソフトウェアでは変更の履歴を残すことが困難 	<ul style="list-style-type: none"> ・モデル作成ソフトウェア以外にソフトウェアが必要 ・情報を外部に置くため、管理が煩雑 	<ul style="list-style-type: none"> ・情報の保存場所が多くなるため、リンクを整理することで効率的に情報引き出せるよう工夫する必要あり
評価	○	○	◎

維持管理で利用する3次元モデルの作成 ～維持管理で用いる属性情報の整理～



【3次元モデルに保存する属性情報】

現在のCADツールでは属性情報を付与するためには、1要素毎クリックして入力する必要があり、項目を増やすと作業手間が大きくなることから基本条件にとどめる。

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であるため。
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検索のキーとなるため。
工種	上部工、下部工(橋脚、橋台)、支承部などの区分	橋梁の維持管理・点検の方法を定めた「道路橋マネジメントの手引き」において、工種ごとに分けて点検台帳に記入することとなっているため。
構造形式	上部工であれば箱桁橋、トラス橋、アーチ橋などの形式 下部工であれば独立柱、T型・Y型などの形式	橋梁の特徴を表す重要な要素であるため。
部位・部材	上部工であれば主桁、横桁、縦桁、床版などの部材種別 下部工であれば柱部・壁部、梁部、胸壁などの部材種別	点検調査の中で、要素を特定するのに重要であるため。
材料	鋼、コンクリートなど	点検の際に確認する「損傷の種類」が材料によって異なるため。
要素番号	各要素にユニークなID番号	3次元モデルの最小単位である要素と、点検台帳の要素とを一对一で関連付けるため。
竣工年月	竣工年及び月	橋歴板にも記載される、維持管理に必要な最低限の情報であるため。
管理者	管理業者名	
施工者	施工業者名	
設計者	設計業者名	

維持管理で利用する3次元モデルの作成 ～維持管理に用いる属性情報の整理～

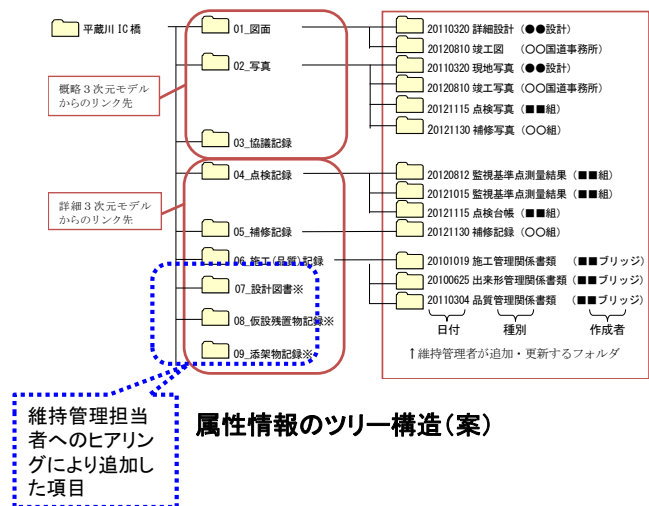


【ハイパーリンクさせる属性情報】

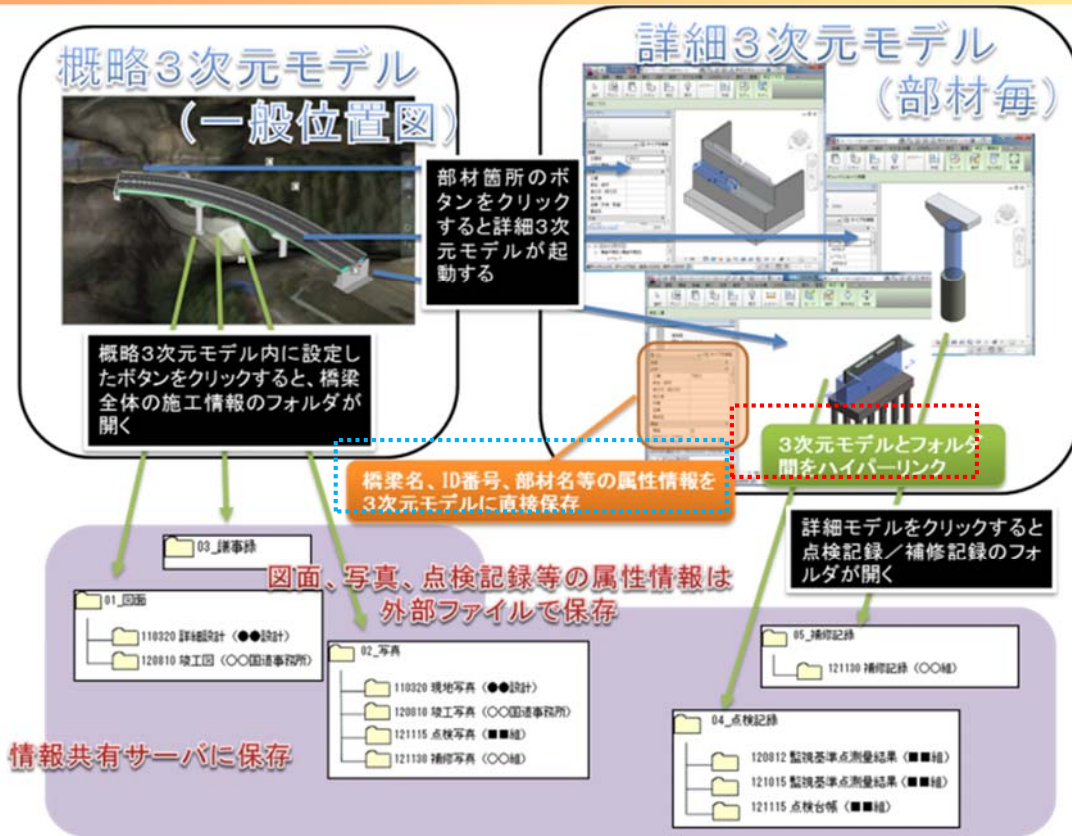
3Dモデル内に保存できない維持管理関係の情報をハイパーリンクで関連付ける。
フォルダ名は「いつ、誰が、何を行ったか」がわかるようにし、情報共有ASPサービス上に保存する。

ハイパーリンクする属性

項目	内容	理由
図面	設計図面、竣工図面、補修図面等	構造物の設計・施工のもっとも基本的な情報であるため。
写真	現地写真、竣工写真、点検時写真等	現地の状況を把握するための資料として重要であり、3次元モデルと合わせて見ることでその効果が発揮されるため。
協議記録	設計協議記録、施工協議記録、近隣協議記録等	報告書や図面に含まれない協議の経緯や内容の把握に必要であるため。
点検記録	点検調査、点検台帳	5年に一度行われる点検の結果を時系列で把握するため。
補修記録	補修台帳	後の点検・補修の際に、従前の補修内容の把握に必要であるため。
施工(品質)記録	品質管理関係書類	維持管理における基礎的な情報として、工事材料やその品質等のデータの把握に必要であるため。
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において確認する必要があるため。
仮設残置物記録※	仮設時に設置した矢板等で施工後も残置するものの情報	従来は図面等の記録に残らなかった情報であるが、点検や補修の際に必要な情報であるため。
添架物記録※	ガス管、水道管等の占有情報	施工後に添架物が設置されることがあり、現場に行く前にその情報が確認できると便利であるため。



属性情報のツリー構造(案)



ヒアリング調査

6事務所の維持管理業務担当者にヒアリング

観点	理由
維持管理業務で役立つか	<ul style="list-style-type: none"> 概ね役立ちそうである。 損傷の具体箇所(要素番号)が3次元モデルと関連付けされていると、維持管理業務では非常に便利である。たとえば、橋梁点検は5年サイクルで行うが、前回点検時に損傷度Cランク以上の箇所を抽出し、それを3次元モデル上に表示できると便利である。 情報が一元的に統合されているだけでも役立つそうである。
利用イメージについての課題	<ul style="list-style-type: none"> 全国道路橋データベースなどの既存のデータベースシステム群と、例えば共通のIDで関連付けることも考えられる。その際、情報が重複したり、不整合が生じたりしないよう注意してほしい。 既設橋梁は数も多く、図面等の詳細なデータが残っていない場合もある。3次元モデルを新たに作成するのは費用的・時間的に負担が大きい。関連付けるだけなら2次元図面や写真でも良いのでは。
統合する情報の過不足	<ul style="list-style-type: none"> 維持管理業務において、現地の状況を確認するために地形の詳細な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。 施工時の仮設残置物やガス管・水道管などの添架物、占有物件等の情報が非常に重要であり、事前に閲覧できるようあらかじめ入力しておく必要がある。

国総研で実施している研究のまとめ

- ・ 現状の業務では3次元化する必然性が乏しい状況で、2次元から3次元に円滑に移行できる方策を検討。
- ・ 3次元座標、簡易な3次元モデルを設計段階で作成し、施工、維持管理での利用方法を提案。現場試行で効果を確認。
- ・ ガイドラインを作成して、導入・普及を図る。
- ・ 橋梁の維持管理での利用はニーズが顕在化しないことから、3次元モデルを利用した統合情報管理システムを提案。3次元可視化の効果が構造物管理に発揮されることを期待。

今後の課題

- ・ 3次元モデルの作り込みレベル
- ・ CIMモデルを使った維持管理の業務モデル
- ・ 既設橋梁を対象とした簡易な3次元モデルの作成手法
- ・ 関連付けた情報の3次元可視化等の高度利用(維持管理DBとの連携)