

(財) 日本建設情報総合センター研究助成事業

橋梁維持管理業務におけるデータの標準化と  
データ入力効率化に関する研究報告書

平成 16 年 9 月 30 日



## 目 次

1. はじめに	1
2. 維持管理業務の現状と問題点	3
2.1 維持管理業務の手順	3
2.2 橋梁点検業務の手順	3
2.3 維持管理業務における点検データへの要求事項	4
3. 橋梁維持管理業務におけるデータの標準化	6
3.1 管理情報モデルの定義	6
3.2 橋梁諸元情報モデルの定義	6
3.3 点検情報モデルの定義	6
3.4 XML による実装とフォルダ構成	6
3.5 点検業務で作成される図面のレイヤ定義	7
4. 橋梁点検データ入力支援システムの構築	10
4.1 点検業務における業務手順の提案	10
4.2 システム構成	10
(1) 展開図作成支援システム	10
(2) 変状図作成支援システム	11
(3) 帳票作成支援システム	13
4.3 システム導入による効果	13
5. 橋梁損傷体験システムを援用した技術者教育手法の提案	17
5.1 教育手法の概要	17
(1) 維持管理技術者の養成～点検編～	17
(2) 維持管理技術者の養成～診断編～	18
5.2 教育の手順	18
(1) 維持管理技術者の養成～点検編～	18
(2) 維持管理技術者の養成～診断編～	19
5.3 橋梁損傷体験システムの概要	20
(1) システム構成	20
(2) 3次元モデルの作成	21
(3) 3次元描画	22
6. まとめ	24
参考文献	25



## 1. はじめに

現在、多くの既設橋梁は、建設後かなりの年数が経過しているため、老朽化しているものも少なくない。今後、維持管理しなければならない橋梁の数は年を重ねるごとに多くなるため、近い将来には、これらの橋梁の維持管理が重要な問題になることが予想される。さらに、橋梁は、その規模が大きく、現在すでに供用されているため、社会的・経済的影響を考えると老朽化が進んでいても取り壊して作り変えることが容易にはできないことや、国や地方公共団体の財政が逼迫していることを考慮すると、限られた予算の中で適切な維持管理を行い、橋梁の余寿命をできるだけ延ばす必要がある。

このような社会的背景のもと、橋梁の維持管理業務を合理的に支援する「Bridge Management System(BMS)」の実用化が求められており、著者らは、BMS（本 BMS と記す）の開発を行ってきた<sup>1)3)</sup>。本 BMS は、橋梁維持管理業務を支援するための統合型システムで、劣化診断ならびに劣化予測を行う機能、最適維持管理計画を策定する機能、劣化要因を考慮した維持管理対策を選定する機能、さらに橋梁維持管理データベースから構成されている。効率良く橋梁を維持管理していくためには、維持管理業務の中核である点検業務において、効率的にかつ正確なデータを蓄積していくことが肝要となる。しかしながら、本 BMS の点検支援機能では、点検業務の結果から DB にデータが格納されるまでに、点検データの入力作業が重複しているという問題点を有している。

一方、近年、構造物の調査・設計から維持管理までのライフサイクル全体において生成されるドキュメントを電子化し、それらを一元管理し、橋梁管理機関、点検業者、補修・補強を行う業者など構造物のライフサイクル全体に関わる人々全体で橋梁データを共有する CALS/EC が推進されている<sup>4)</sup>。しかしながら、維持管理の分野では、維持管理業務において発生するデータの形式や管理方法などの基準が明確になっていない。また、橋梁は寿命が数十年と長く、その期間内に管理の委託など管理機関の移管が行われる可能性がある。さらに、ある地域では、都市高速道路、国道、地方道が混在している場合もあり、このような地域で、道路機能を考慮したマネジメントを行うためには、複数機関が管理する橋梁データを共有することが必要になってくる。

国内では、ライフサイクルにおいてデータ共有を可能にするために、維持管理データモデルの構築に関する研究が行われている。三上らは<sup>5)</sup>、維持管理業務に必要な情報を、ライフサイクルにわたって効率的に蓄積し、利用するための情報モデルの構築を行っている。阿部らは<sup>6)7)</sup>、橋梁の維持管理に関するデータ構造を包括的に定義する規格として、BridgeML (Bridge Markup Language) 提案している。著者らも、他機関のデータベースとの互換を円滑に行うために、DB の入出力に XML を用いているが、データを標準化しただけでは、データ入力の重複作業の問題点は解決できないことや、点検時に発生する図面や写真などのファイルを管理する仕組みが整備されていないなどの問題点を有している。

さらに、近年の少子高齢化により、経験豊富な技術者からの教育や技術の伝承を受ける機会を失うため、点検データを収集する技術者の技術力低下が懸念される。また、技術者の技術力は、経験する現場の数に比例して向上するものと考えられるため、早期に技術者を養成する仕組みを構築することが急務となる。

したがって、維持管理業務全体の効率化を図るためには、各機関でデータが共有可能な仕組みや、点検データの入力の効率化を図る仕組みを構築するとともに、点検データなど維持管理に必要なデータの精度を向上させる仕組みも構築することが肝要となる。

そこで本研究では、維持管理業務全体の効率化を図ることを目的として、橋梁維持管理業務において扱うデータの標準化の提案、標準化されたデータを効率良く作成する仕組みの構築、点検データ収集を行う技術者の育成方法の提案を行う。

橋梁維持管理業務において扱うデータの標準化では、橋梁維持管理業務の現状を分析し、効率良く維持管理業務を行うために必要なデータ項目を抽出し、データ構成を定義する。データの標準化の方法として、データの共有や交換をスムーズに行うことが可能になることを考慮して、諸元情報と点検情報を分別して管理する方法を提案する。さらに、点検情報の管理についても、業務ごとに分別して管理するように構成する。

標準化されたデータを効率良く作成する仕組みの構築では、タブレット PC を用いた変状図作成支援機能を有する橋梁点検支援システムを構築し、システムを利用した点検業務手順の提案を行う。

点検データ収集を行う技術者の育成方法の提案では、現場に近い「空間」を創造し、構造物の長いライフサイクルを短い「時間」で表現する環境を提供することにより、技術力の向上および技術者の早期育成につながると考え、VR (Virtual Reality) 技術を援用した橋梁損傷過程を体感できるシステムを用いた技術者の育成方法の提案を行う。まず、VR 技術を援用した技術者教育に対して要求分析を行い、効果的に技術者教育を行うための手法を提案する。次に、技術者教育のために使用する VR 技術を援用した橋梁損傷仮想体験システムの開発を行う。VR による 3 次元 CG モデルを使うことの利点としてはビジュアルがもつ圧倒的な訴求力、直感的な情報伝達力によりイメージの理解を容易にすること、コンピュータ上で色彩・形状などのデータの変更にも柔軟に対応できることなどが挙げられる。

## 2. 維持管理業務の現状と問題点

### 2.1 維持管理業務の手順

橋梁維持管理の手順を図-2.1に示す。まず、橋梁ごとに初期点検結果または初回の定期点検結果を用いて点検対象橋梁の選定を行う。日常点検および定期点検を実施し、劣化が顕在化していて緊急性があるものに関しては、対象橋梁の維持管理計画を早急に策定する。

次に、複数の定期点検結果を用いて、劣化予測を行い、当該年度における必要予算や将来の維持管理費用の推定を行う。予算が決定したら、予算制約下での最適予算配分を実施し、対策必要構造物の優先順位付けを行う。対策が必要と判定された構造物に関しては、詳細調査を実施し、構造物の現状状態を定量的に把握する。詳細調査結果をもとに、劣化予測を実施し、LCC最小となるような最適維持管理計画を策定し、対策を実施する。対策を実施した構造物は、新たに竣工点検を実施する。

### 2.2 橋梁点検業務の手順

橋梁の点検業務は、管理者が民間企業に委託するのが一般的である。民間企業が橋梁の

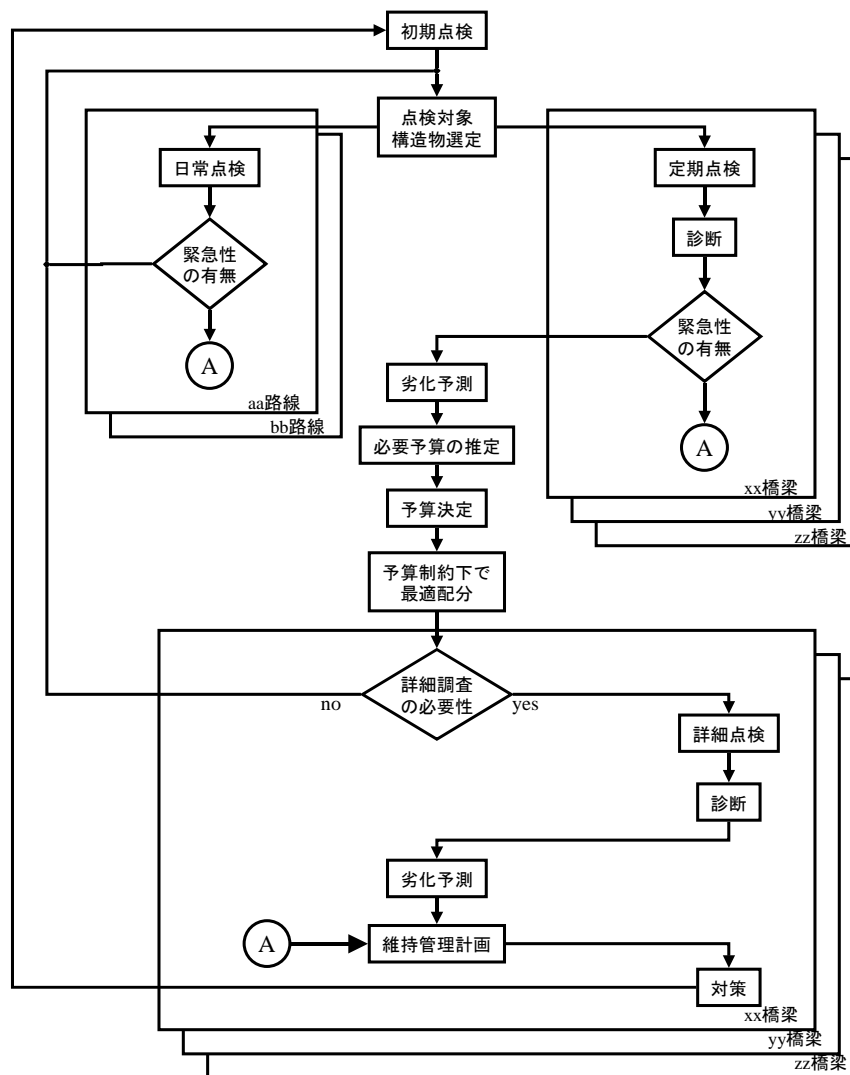


図-2.1 維持管理業務の手順

点検業務を受注してから、報告書の作成を行い管理者に納品し、管理者が DB へ点検データを入力するまでの流れを図-2.2 に示す。まず、点検者は現場にて、変状データを野帳や展開図などに記録する。次に、記録したデータを事務所を持ち帰り、パソコンに点検データを入力することにより、変状図や診断カルテなど報告書の作成を行う。作成された報告書は管理機関に送付される。管理機関は、受け取った報告書を、書庫に格納すると共に、報告書を見ながら点検データベースへのデータ入力を手作業で行う。

橋梁の計画、設計および工事の業務においては電子納品要領・基準が整備され、運用段階となっている。しかし、維持管理業務における点検業務では、従来と同様、紙ベースでデータの受け渡しが行われているのが現状である。そのため、図-2.2 に示すように点検データ収集から管理機関の DB サーバーにデータが収まるまでに、3 度の記録という類似の作業が実施されている。そのため、作業効率が非常に悪いばかりでなく、入力ミスの可能性も高くなってしまいうという問題点を有している。

### 2.3 維持管理業務における点検データへの要求事項

点検から得られるデータをもとに、維持管理業務を効率よく行っていくために、維持管理業務における必要な機能とその機能を実現させるために必要なデータを整理する。橋梁の維持管理を行っていく上では各業務段階で多種多様な情報が発生する。しかし、それらのすべてが必要とされるわけではない。したがって、本研究では橋梁の点検業務でどの情報を、どのように蓄積すればよいのかを考慮して必要な情報のみを標準化の対象とする。

点検業務から取得されるデータは、点検対象橋梁選定、診断、維持管理計画策定などの維持管理業務を行う上で、必要な不可欠なデータであると考えられる。したがって、維持管理を行う上での各業務において要求されるデータ項目を分類する。

維持管理業務のアクティビティと、各アクティビティにおける必要データ項目の一例を

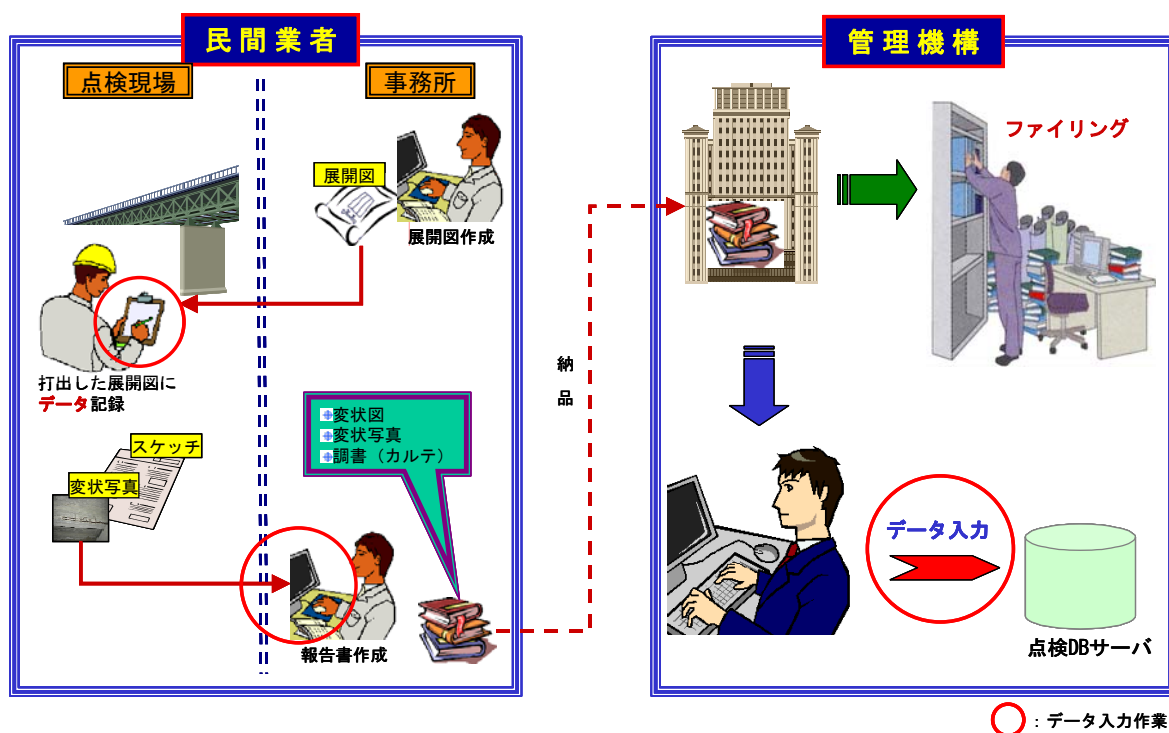


図-2.2 展開図作成からデータ格納までの手順



図-2.3 に示す. 中でも, 診断業務の際には, 部材レベルでの性能評価や劣化要因推定などを行うため, 変状発生 の位置情報を明確に取得する必要がある.

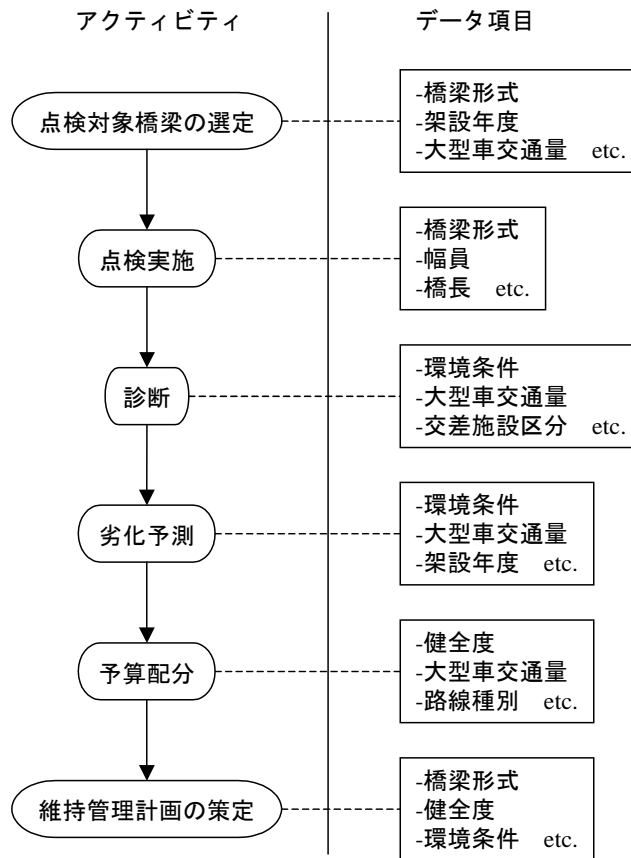


図-2.3 維持管理業務におけるアクティビティとデータ項目の関係

### 3. 橋梁維持管理業務におけるデータの標準化

点検業務に関する情報を単一のモデルとして定義してしまうと、データが膨大となり、データの共有や交換をスムーズに行う上で非常に効率を悪くしてしまうという問題点を有している。そこで本研究では、橋梁諸元情報と点検情報を分別したモデルで定義し、さらに、これらのモデルを管理するためのモデルを定義することにより、維持管理に必要な情報を管理する。

#### 3.1 管理情報モデルの定義

管理情報モデルは、橋梁諸元情報、展開図情報、点検情報などを扱うファイルを管理するためのモデルである。管理情報モデルの構成を図-3.1に示す。図-3.1に示すように、諸元ファイル情報および展開図データファイル情報は、1ファイルの情報を保持し、変状図ファイル情報および点検業務情報は、複数保持する構成となっている。

#### 3.2 橋梁諸元情報モデルの定義

橋梁諸元情報モデルの構成を図-3.2に示す。図-3.2に示すように、橋梁諸元情報は、上部工諸元クラス、下部工諸元クラスおよび交通量クラスなどから構成されている。

#### 3.3 点検情報モデルの定義

点検情報モデルを図-3.3に示す。図-3.3に示すように、点検情報モデルは、点検に関する基礎情報、変状が発生している部材の位置に関する情報を実装するクラスおよび発生している変状情報のクラスなどから構成されている。

#### 3.4 XMLによる実装とフォルダ構成

橋梁維持管理に必要な情報を関係者間で容易に交換・蓄積するために、クラス設計した情報モデルをXML (eXtensible Markup Language)<sup>8)</sup>を利用して記述する。標準化したXMLの一部を図-3.4に示す。各情報モデルとも、XML文書にて実装し、図-3.5に示す、Rootフォルダ内にファイルを設置する。図-3.5に示す展開図フォルダは、展開図面ファイルを

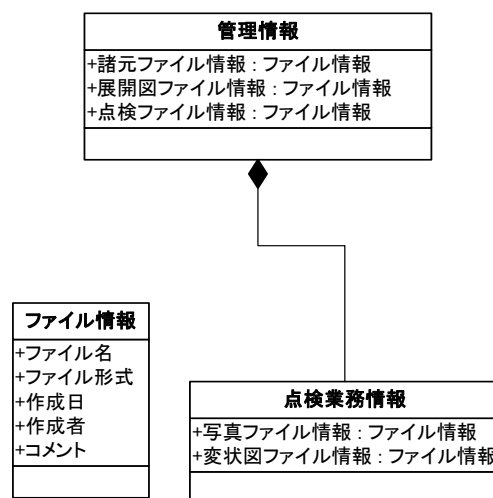


図-3.1 管理データのクラス図

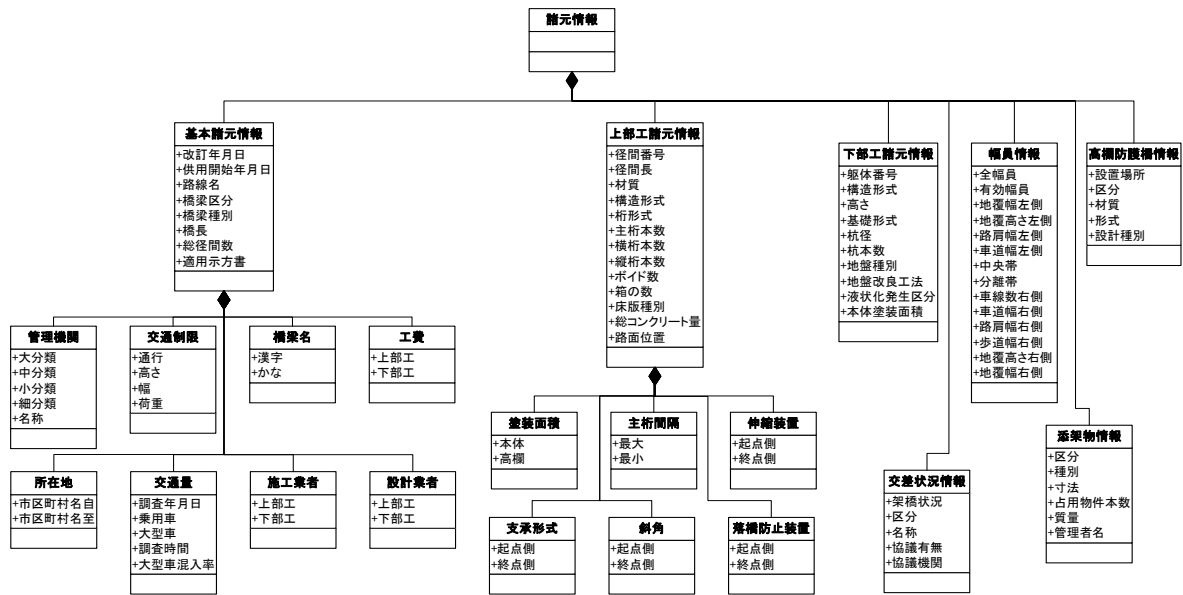


図-3.2 橋梁諸元情報のクラス図

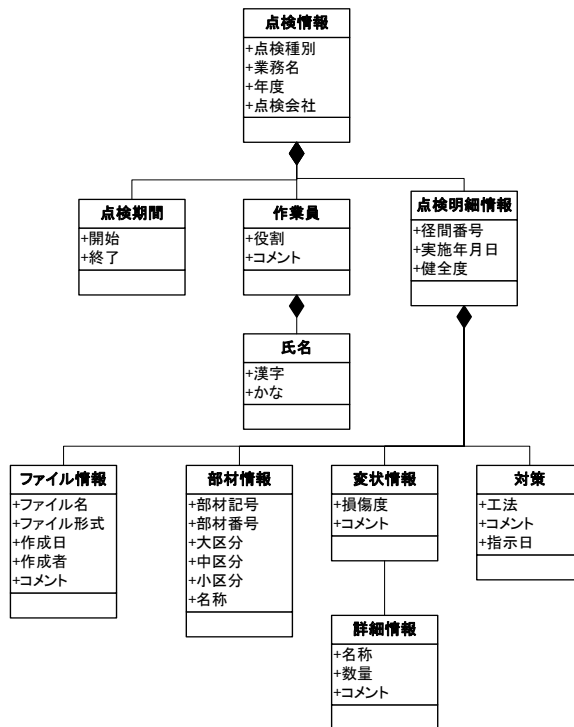


図-3.3 点検情報のクラス図

格納し、点検業務フォルダは、各点検業務にて発生する写真ファイルや変状図面ファイルなどを格納する。

### 3.5 点検業務で作成される図面のレイヤ定義

維持管理業務特有の図面として、変状図および部材番号図などが作成され、報告書として納品される。部材番号図は、変状箇所を特定するために部材をブロック分割して各ブロックに番号を割り当てたものである。また、変状図は、変状の位置を把握するために、部

```

<?xml version="1.0" encoding="Shift_JIS" ?>
- <点検 橋梁ID="000000123">
- <点検情報 点検履歴ID="001">
  <点検種別>定期点検</点検種別>
  <点検業務名>2004年度〇〇橋定期点検業務</点検業務名>
- <点検会社>
  <ID>01</ID>
  <社名>JTSメンテナンス</社名>
</点検会社>
  <点検年度>2004</点検年度>
- <点検年月日>
- <開始>
  <年>2004</年>
  <月>04</月>
  <日>12</日>
</開始>
- <終了>
  <年>2004</年>
  <月>05</月>
  <日>16</日>
</終了>
</点検年月日>
- <点検ファイル情報 点検ファイルID="00001">
  <ファイル名>〇〇橋展開図</ファイル名>
  <点検ファイル形式>DXF</点検ファイル形式>
  <コメント />
</点検ファイル情報>
- <点検ファイル情報 点検ファイルID="00002">
  <ファイル名>〇〇橋現況写真</ファイル名>
  <点検ファイル形式>jpg</点検ファイル形式>
  <コメント>上塗->下塗</コメント>
</点検ファイル情報>
- <点検明細 点検明細ID="00001">
- <径間躯体>
  <番号>1</番号>
  <名称>A1~P1</名称>
</径間躯体>
- <点検実施日>
  <年>2004</年>
  <月>04</月>
  <日>13</日>
</点検実施日>
- <作業員 作業員ID="01">
  <点検会社ID>01</点検会社ID>
  <役割>点検員</役割>
  + <氏名>
  <コメント>新人</コメント>
</作業員>
- <作業員 作業員ID="02">
  <点検会社ID>01</点検会社ID>
  <役割>点検員</役割>
  <コメント>課長</コメント>
  + <氏名>
</作業員>
+ <作業員 作業員ID="03">
  <健全度 />

```

図-3.4 標準化データのXMLによる実装例

材の展開図や平面図などに変状の位置をスケッチしたものである。一般的に、設計や工事などで作成される図面は、文献9)に準拠しているが、維持管理特有の図面は、基準が明確でないため、表-3.1および表-3.2のようにレイヤの定義を行う。

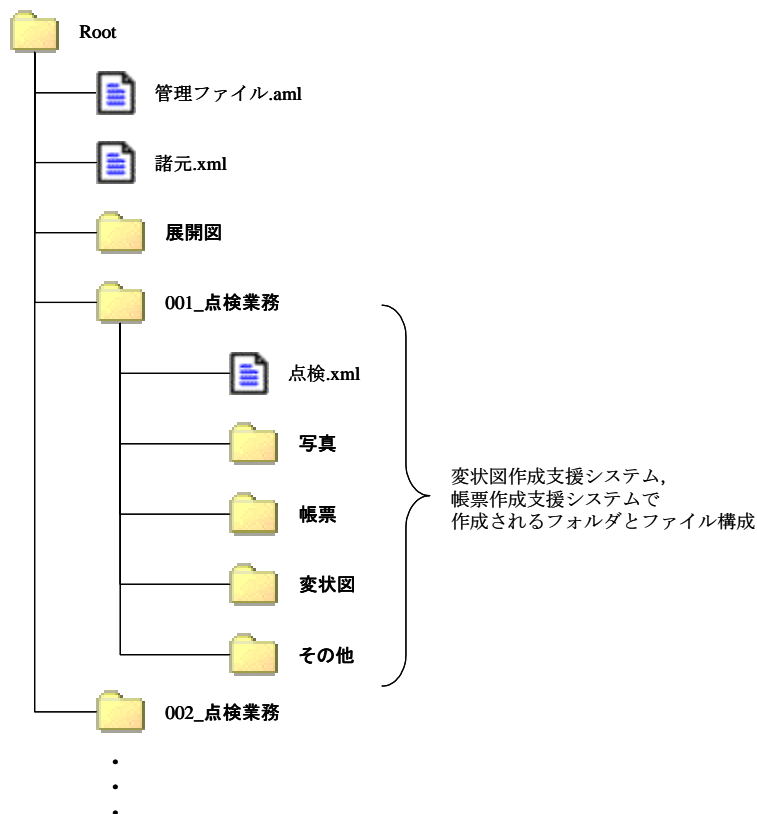


図-3.5 標準化データのファイル構成

表-3.1 部材番号図のレイヤ名

レイヤー名			レイヤに含まれる内容	線色	線種
責任 主体	図面 オブジェクト	作図要素			
M	-TTL		外枠	黄	実線
		-FRAM	タイトル枠	黄	
		-LINE	区切り線、罫線	白	
		-TXT	文字列	白	
			主構造外形線	赤	
	-PNM	-TXT	文字列	白	

表-3.2 変状図のレイヤ名

レイヤー名			レイヤに含まれる内容	線色	線種
責任 主体	図面 オブジェクト	作図要素			
M	-TTL		外枠	黄	実線
		-FRAM	タイトル枠	黄	
		-LINE	区切り線、罫線	白	
		-TXT	文字列	白	
			主構造外形線	赤	
	-STR	-TXT	文字列	白	
		-DIM	寸法線、寸法値	白	
			変状スケッチ（変状種類ごとに番号を変える）	青	
	-SKT	-TXT	文字列	白	
		-HTXT	旗上げ	青	
-SRVR		変状ポイント	緑		

## 4. 橋梁点検データ入力支援システムの構築

一般的に、維持管理業務の中核である定期点検業務は民間業者が行うため、点検データを標準化しただけでは、効率の良い運用は行えない。紙ベースで点検報告書を提出するという、従来の維持管理業務手順では、データベースに点検データの入力を試みると、種々の問題が生じる。そこで、点検を行う民間業者を対象とする維持管理支援システムとして、展開図作成支援機能および変状図作成支援機能などから構成される橋梁点検支援システムの構築を行い、従来の維持管理業務フローを改善する。

### 4.1 点検業務における業務手順の提案

現在の点検業務の手順では、データ入力作業の重複や、データ入力ミスの可能性が高いなどの問題を有している。そこで、作業効率化およびデータの信頼性向上を実現するために、図-2.2に示すような従来の業務手順を大幅に変更せずに、民間業者向けの橋梁点検支援システムの構築を行い、各作業項目の支援を行う。

まず、点検業務を委託された民間業者が点検を行い、点検結果をタブレット PC に入力する。次に、事務所にてタブレット PC に入力したデータを、報告書作成用の PC に転送する。点検支援システムの帳票作成機能を用いて、点検データを格納した XML ファイルの出力および点検報告書を作成する。民間業者は、橋梁点検支援システムで作成した XML ファイル、点検時に撮影した劣化・変状画像、変状図の電子ファイルを CD などの電子媒体を用いて橋梁管理機関に提出する。また、点検支援システムで作成した作業報告書も同時に提出する。橋梁管理機関では、提出された CD を用いて電子化されたデータを点検データベースに格納する。

点検データを XML ファイルに格納することにより、橋梁管理者はデータベースに点検データを入力する際は点検データを格納した XML ファイルをデータベースに読み込ませるだけで、データの入力を行うことができ、作業効率を向上させることが可能となる。

### 4.2 システム構成

橋梁点検データ入力支援システムは、図-4.1に示すように、展開図作成支援システム、変状図作成支援システムおよび帳票作成支援システムから構成されている。まず、点検現場に行く前に、橋梁諸元情報を展開図作成支援システムに入力することにより、展開図を作成する。次に、橋梁の展開図データを Tablet PC をベースに構築されている変状図作成支援システムに取り込む。展開図データを取り込んだ変状図作成支援システムを現場に持って行き、現場で直接画面上に変状の形状を登録する。その際、形状と同時に変状の詳細情報の登録も行う。変状図作成支援システムは、現場で作成した変状図を DXF で出力し、点検情報を格納した XML も同時出力する。帳票作成支援システムでは、XML に格納された点検データを読み込むことにより帳票を作成する。

#### (1) 展開図作成支援システム

展開図は、橋梁形式、主桁本数、スパン長、幅員などの諸元情報を入力することにより作成される。展開図作成システムの入力画面の一部を図-4.2に示す。展開図の作成は、入力された諸元情報より、3次元情報を生成してから2次元情報に変換して行っている。変状図システムにデータを取込むために、作成された展開図の情報のテキスト出力が可能と

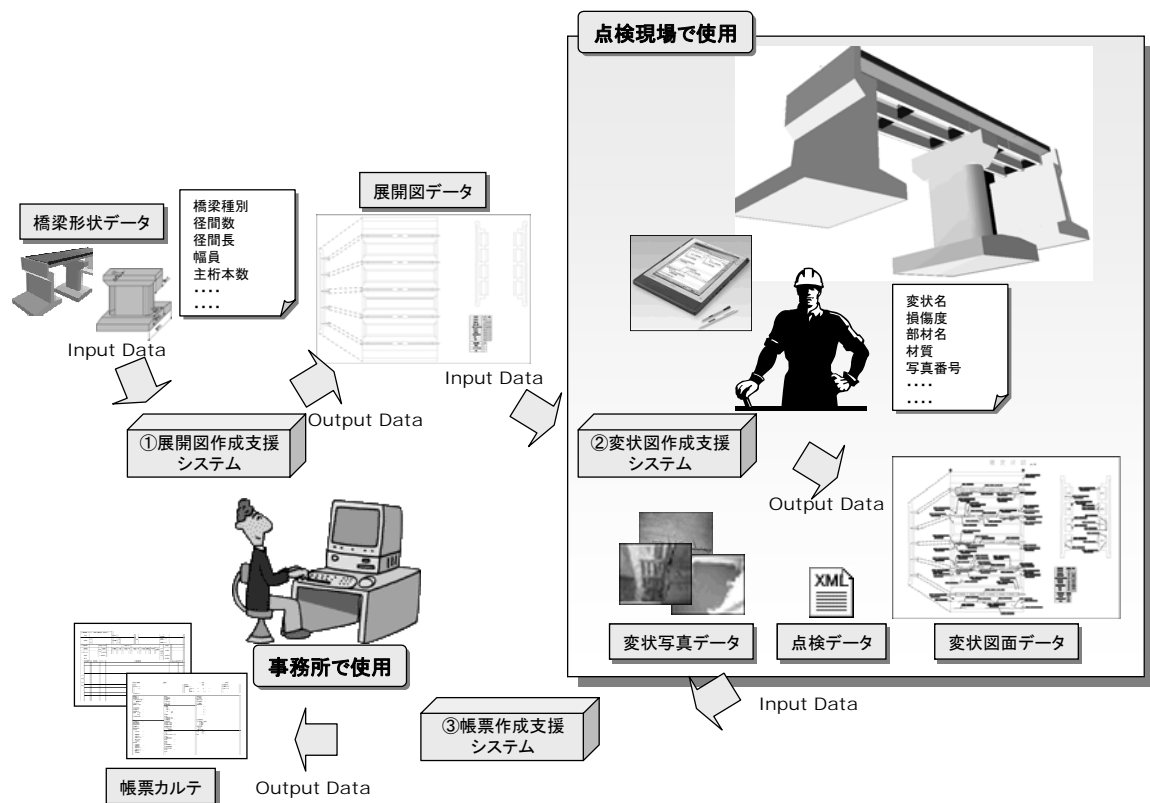


図-4.1 橋梁点検支援システムの構成

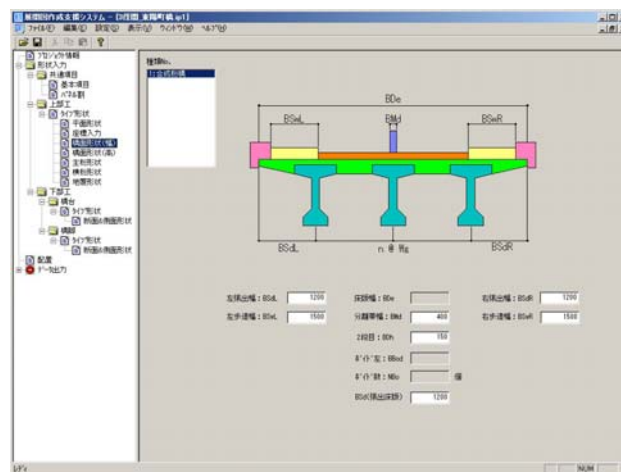


図-4.2 展開図作成システムの入力画面

なっている。

## (2) 変状図作成支援システム

変状図の作成は、図-4.3 に示すようなタブレット PC に搭載された変状図作成システムを用いて、ペンによりスケッチ感覚で変状の形状を記入する。記入した変状に対して詳細な情報を記録するには、図-4.4 示すようなダイアログボックス上でデータ入力を行う。登録方法は予め用意されている選択項目から選択する形を採用しているため非常に簡単に操作できる。キーボードはないが、任意の文字もペンで文字を書く形で入力可能となっている。



図-4.3 タブレット PC を用いた変状入力

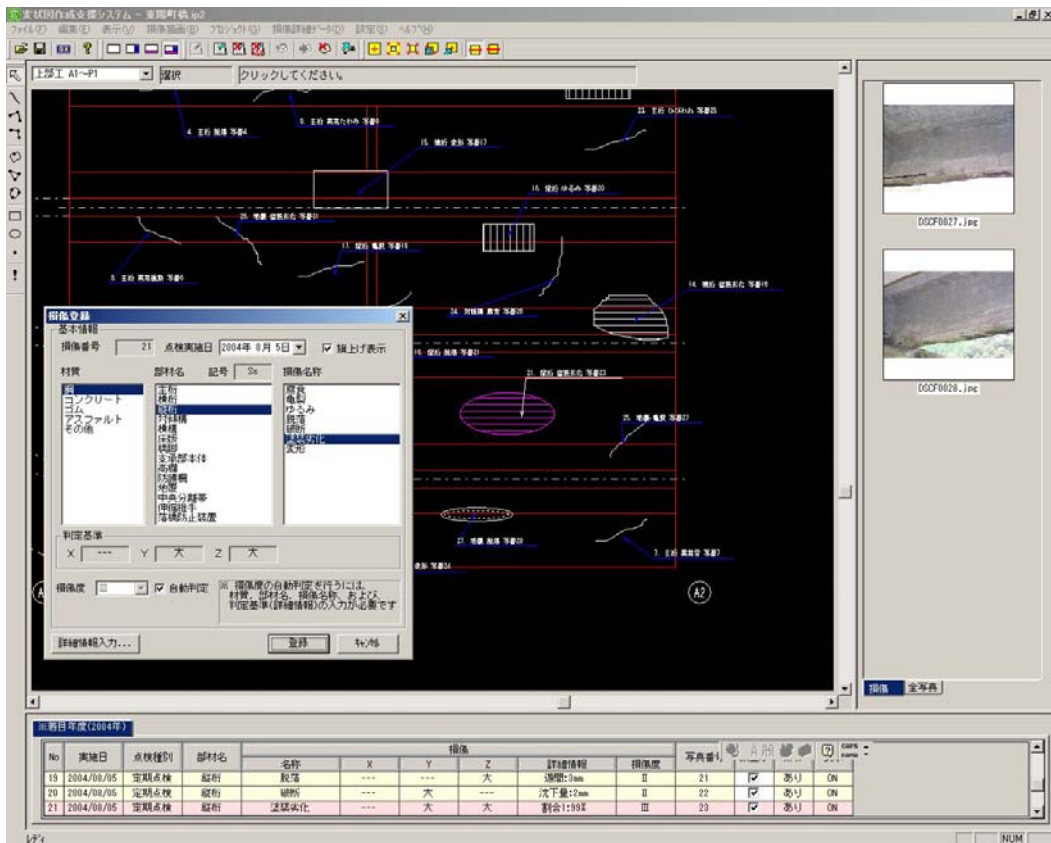


図-4.4 変状図作成支援システム画面

る。剥離や遊離石灰などの閉じた曲線で表される変状の描画手順を図-4.5に示す。図-4.5に示すように、変状を発見したら、描画するパターンを選択する。描画パターンとして、タブレット PC の画面上にタッチペンをスライドさせる方法と画面上の任意の点をタップする方法の2種類を設定している。ペンで入力し描画終了したら、変状の詳細情報を登録するダイアログが起動し、データを入力するという手順となっている。この操作を橋梁の発生している変状分線返し行うことによって変状データを記録する。



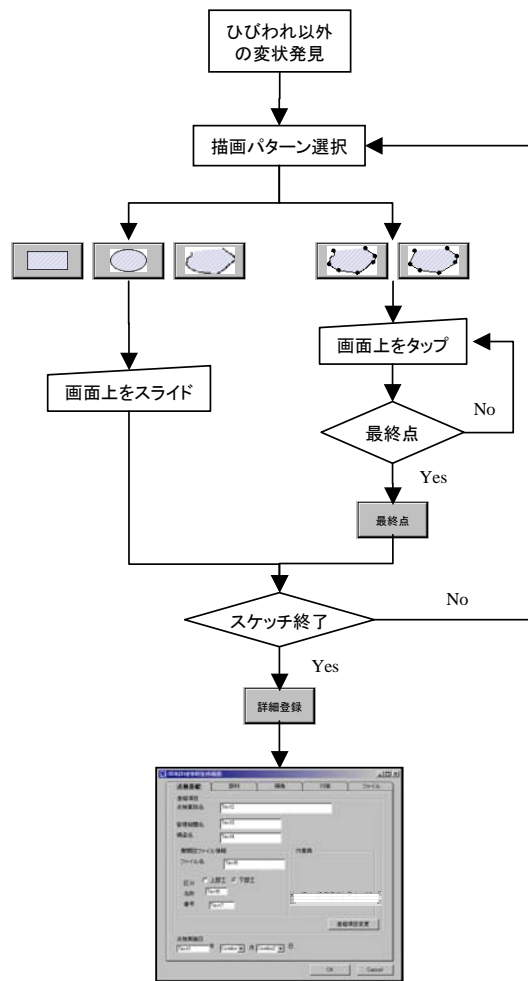


図-4.5 変状入力手順の一例

### (3) 帳票作成支援システム

帳票の作成は、展開図システムおよび変状図システムより作成された、橋梁諸元情報および点検情報が記載された XML ファイルを読み込むことにより行われる。損傷と写真番号の関連付け、損傷度判定などは変状図作成システムで既に登録されているため、帳票作成の際に入力するデータはほとんどないため、帳票作成時間を大幅に軽減することが可能である。

### 4.3 システム導入による効果

本研究で構築した変状図入力支援システムを導入した場合の作業時間軽減の程度を検証するために、表-4.1 に示す 3 橋梁において、被験者 4 名を対象に、現場点検、事務所での清書作業、データベース入力作業を実施した。一例として、変状を 67 箇所所有する検証データ 3 における変状図面を図-4.6 に示す。被験者 4 名による点検業務における作業時間を表-4.2 に示す。表-4.2 は、点検業務の初期作業である展開図作成や、業務報告書として必要である帳票の作成における作業時間も示している。表-4.2 に示すように、現場での作業時間に変化は見られないが、現場での点検前の展開図作成および点検後の報告書作成の時間が大幅に軽減されている。さらに、管理機関が所有する点検データベースへのデータ更新

まで考慮すると、表-4.2 に挙げた作業項目では、総計で約 70% の作業時間を軽減することが可能となる。さらに、表-4.2 における作業時間の平均と変状数の関係を図-4.7 に示す。図-4.7 に示すように、点検データの数が多くなればなるほど、作業時間短縮効果が向上すると推察される。

表-4.1 検証用データの概要

	検証データ1	検証データ2	検証データ3
橋梁名	Ha橋	On橋	Su橋
径間数	1	1	1
橋長(m)	11.5	9.8	10.5
全幅員(m)	7.8	7.6	7.8
桁本数	5	5	5
構造形式上部工	RC-T桁	RC-T桁	RC-T桁
構造形式下部工	重力式	重力式	重力式
架設年(年)	1920	1970	1960
変状数	10	38	67
変状写真数	6	19	34

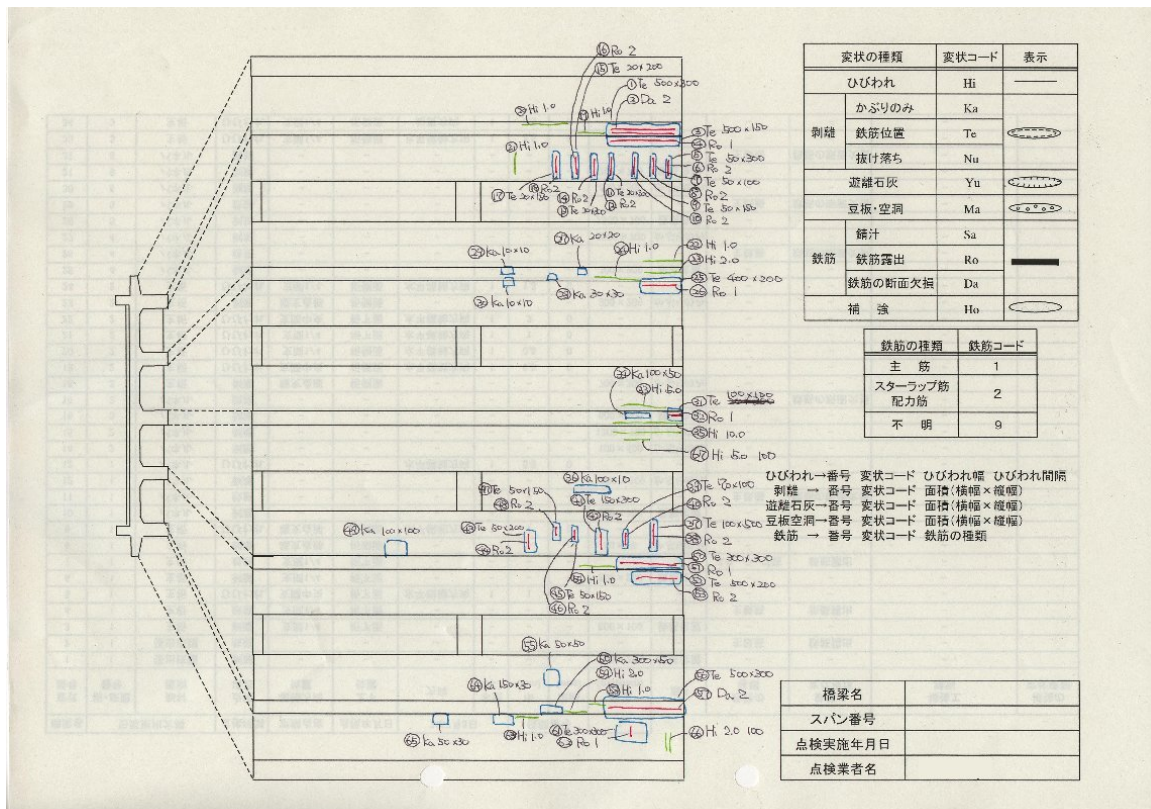


図-4.6 検証用データ3の変状図

表-4.2 現状およびシステム利用時における点検業務の作業時間

(a) 検証データ1の作業時間

	現状での作業時間						システム利用による作業時間					
	作業項目	被験者A	被験者B	被験者C	被験者D	平均	作業項目	被験者A	被験者B	被験者C	被験者D	平均
展開図作成	CADで作成	30分	-	-	-	30.0分	諸元データ入力	5分	-	-	-	5.0分
変状図作成	現場で野帳に記録	14分	15分	13分	16分	14.5分	タブレットPC上で記録	13分	15分	16分	15分	14.8分
	CADで清書	50分	-	-	-	50.0分	-	-	-	-	-	-
帳票作成	写真台帳作成	3分	4分	3分	4分	3.5分	写真台帳作成	1分	1分	1分	1分	1.0分
	損傷一覧表作成	12分	19分	13分	20分	16.0分	損傷一覧表作成	1分	1分	1分	1分	1.0分
小計		79分	38分	29分	40分	46.5分		15分	17分	18分	17分	16.8分
点検DB更新	データ入力	15分	15分	14分	17分	15.3分	ファイルアップロード	2分	2分	2分	2分	2.0分
合計		94分	53分	43分	57分	61.8分		17分	19分	20分	19分	18.8分

(b) 検証データ2の作業時間

	現状での作業時間						システム利用による作業時間					
	作業項目	被験者A	被験者B	被験者C	被験者D	平均	作業項目	被験者A	被験者B	被験者C	被験者D	平均
展開図作成	CADで作成	30分	-	-	-	30.0分	諸元データ入力	5分	-	-	-	5.0分
変状図作成	現場で野帳に記録	30分	28分	31分	30分	29.8分	タブレットPC上で記録	27分	30分	32分	28分	29.3分
	CADで清書	80分	-	-	-	80.0分	-	-	-	-	-	-
帳票作成	写真台帳作成	8分	8分	12分	12分	10.0分	写真台帳作成	2分	2分	2分	2分	2.0分
	損傷一覧表作成	26分	28分	26分	36分	29.0分	損傷一覧表作成	1分	1分	1分	1分	1.0分
小計		144分	64分	69分	78分	88.8分		30分	33分	35分	31分	32.3分
点検DB更新	データ入力	32分	30分	30分	32分	31.0分	ファイルアップロード	2分	2分	2分	2分	2.0分
合計		176分	94分	99分	110分	119.8分		32分	35分	37分	33分	34.3分

(c) 検証データ3の作業時間

	現状での作業時間						システム利用による作業時間					
	作業項目	被験者A	被験者B	被験者C	被験者D	平均	作業項目	被験者A	被験者B	被験者C	被験者D	平均
展開図作成	CADで作成	30分	-	-	-	30.0分	諸元データ入力	5分	-	-	-	5.0分
変状図作成	現場で野帳に記録	50分	40分	46分	55分	47.8分	タブレットPC上で記録	45分	40分	43分	50分	44.5分
	CADで清書	120分	-	-	-	120.0分	-	-	-	-	-	-
帳票作成	写真台帳作成	11分	15分	23分	16分	16.3分	写真台帳作成	2分	2分	2分	2分	2.0分
	損傷一覧表作成	44分	36分	43分	45分	42.0分	損傷一覧表作成	1分	1分	1分	1分	1.0分
小計		225分	91分	112分	116分	136.0分		48分	43分	46分	53分	47.5分
点検DB更新	データ入力	48分	43分	45分	50分	46.5分	ファイルアップロード	2分	2分	2分	2分	2.0分
合計		273分	134分	157分	166分	182.5分		50分	45分	48分	55分	49.5分

■ : 本研究で開発したシステムによる作業時間

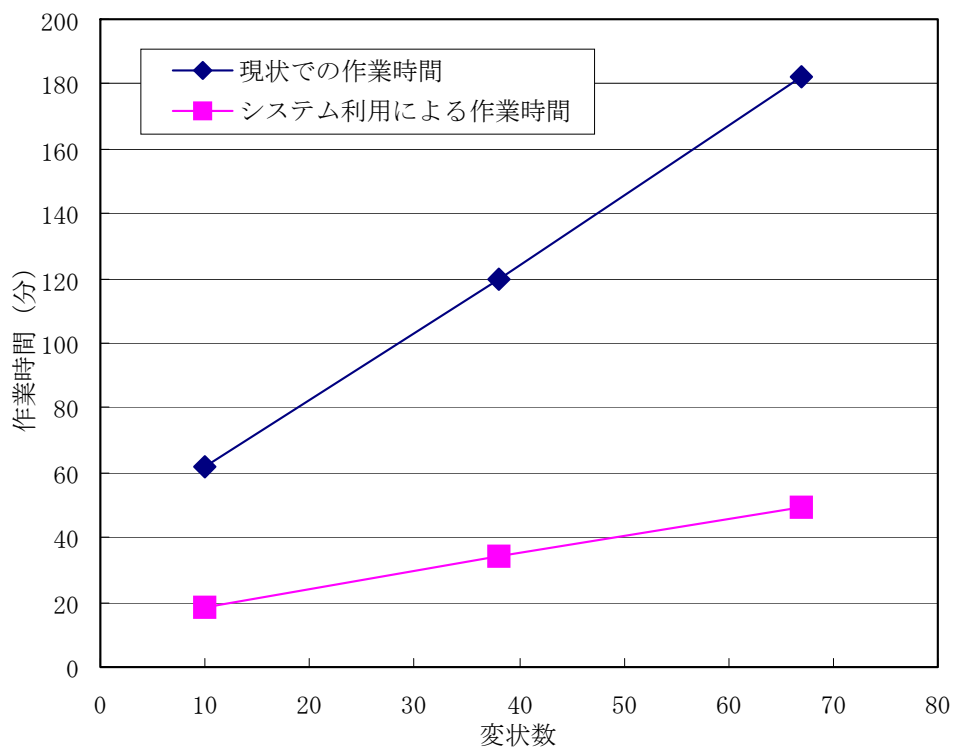


図-4.7 変状数と作業時間の関係

## 5. 橋梁損傷体験システムを援用した技術者教育手法の提案

一般的に、新任の維持管理技術者の教育は、管理機関の傘下にある技術センターが主催で講習会を行うことにより実施される。しかし、技術者の技術力は、経験する現場の数に比例して向上するものと考えられるため、講習会などを受講しても、早期に維持管理業務に必要な技能を習得することは困難である。また、今後飛躍的に増加してくる老朽化橋梁の数を考えると、これまでのようなOJTを中心とした現場教育では、技術力不足や技術者不足が生じることは明白である。したがって、近年著しく発達したVR技術を援用することにより、現場に近い「空間」を創造し、建造物の長いライフサイクルを短い「時間」で表現する環境を提供することにより、技術力の向上および技術者の早期育成につながると考えられる。

### 5.1 教育手法の概要

橋梁点検業務の中核である「定期点検」を行った後には、一般的に「目視点検結果による橋梁の総合的評価や診断」、「診断結果による詳細調査の必要性の判定」という業務が行われる。このように、橋梁点検業務は、「点検」、「診断」という2つの業務に大別される。したがって本研究で提案する教育手法も、図-5.1に示すように「VRを用いた維持管理技術者の養成～点検編～」と「VRを用いた維持管理技術者の養成～診断編～」の2つに分類し、段階的に教育を実施する。

#### (1) 維持管理技術者の養成～点検編～

「VRを用いた維持管理技術者の養成～点検編～」は橋梁の点検業務を正確に遂行できる技能を習得するためのものである。ここでの学習対象者は、点検に関する知識がまだ不十分であり、かつ今後橋梁の点検に関わる可能性のある者とする。本編の受講を行うことに

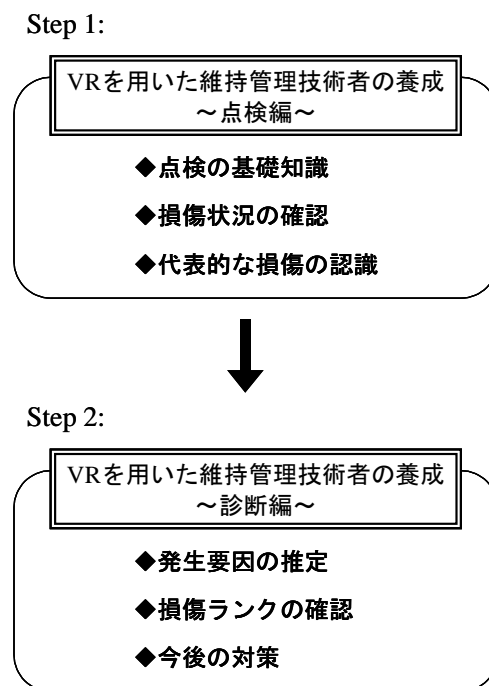


図-5.1 教育内容の構成

より、点検の基礎知識、損傷状況の確認、代表的な損傷の認識について習得できるとものとする。これにより、点検者ごとの点検結果のばらつきを抑制することが期待できる。

## (2) 維持管理技術者の養成～診断編～

「VRを用いた維持管理技術者の養成～診断編～」は維持管理業務における診断を正確に遂行できる技能の習得するためのものである。すなわち、橋梁点検が正確に遂行でき、橋梁に発生している損傷状況の確認、劣化要因の推定、損傷度の判定、今後の対策の立案が行えることを目標とする。ここでの学習対象者は、維持管理に関する基本的な知識があり、点検業務を経験した者で、今後橋梁の維持管理に深く関わっていく可能性のある者とする。学習内容である、損傷および劣化の原因は、文献10)および11)に準拠して行うものとする。

## 5.2 教育の手順

「VRを用いた維持管理技術者の養成～点検編～」および「VRを用いた維持管理技術者の養成～診断編～」ともに、教育の実施は、図-5.2 に示すような手順で行うものとする。まず、教育の方針を決定し、その方針に伴う教育内容の細目を決定する。次に、決定された教育内容を、システム上でビジュアルに表現し、指導者のもと教育を実施する。さらに、教育を受けた者は、確実に教育内容を習得できたかを確認するために、模擬テストを実施する。最後に、教育内容を洗練させるために、模擬テストの考察をフィードバックするものとする。

### (1) 維持管理技術者の養成～点検編～

#### 【Step 1】教育方針の決定

本編の指導者は、点検現場経験 10 年以上の技術者とし、教育対象者は、点検実務経験の少ない技術者とする。本編の教育内容は、点検の基礎知識、損傷状況の確認、代表的な損

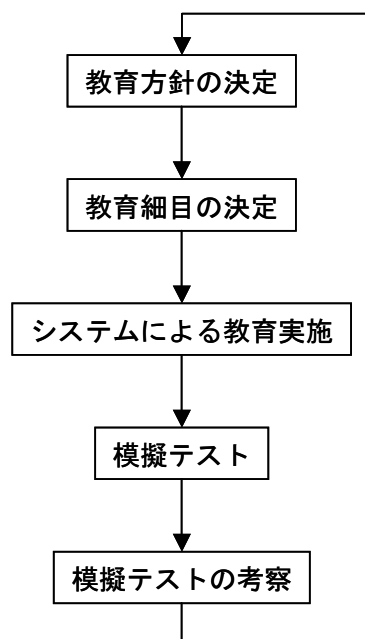


図-5.2 教育実施の手順

傷の認識としているが、一度に全てを教育することは、時間的、効率的にも不適切であるため、数回に区切って教育を実施するものとする。

#### 【Step 2】教育細目の決定

ここでは、教育を実施する際に一番重点を置く項目を決定する。本編では、点検の際に重要となる橋梁の構成部材、損傷の種類、見落とししやすい損傷や発生箇所の3つを重要項目として扱う。維持管理の観点から重要と考えられる橋梁の構成部材としては、床版、桁、橋脚、橋台が挙げられる。見落とししやすい損傷としては、「ひび割れ」が挙げられる。「ひび割れ」はその規模が様々である上、コンクリート表面上ではどこにでも発生する可能性があるため、熟練技術者でも見落とししやすい損傷である。そのため、点検の経験が浅いもしくははない者にとっては、非常に扱いが困難であるため、このことに配慮した教育を実施することが肝要である。コンクリート構造物の重要な損傷を「ひび割れ」、「剥離剥落」、「鉄筋腐食」、「漏水」および「遊離石灰」とする。

#### 【Step 3】システムによる教育の実施

Step 1および2で決定した教育内容をもとに、VRを援用したシステムによる教育を行う。教育は指導者の解説のもと、スクリーンに映し出した電子模型橋梁を用いて行う。

#### 【Step 4】模擬テスト

③で行われた教育内容について模擬テストを行う。模擬テストはスクリーンに映し出した電子模型橋梁を用いて行う。前回に行われた教育がある場合は、その復習も含む。出題形式は、指導者が口頭で出題し、学習者が与えられた回答用紙に記述する形式を採用する。これは、指導者の考えがその場で伝えやすいという点を考慮した。試験時間は、出題数10から20題を目安に60分程度で行う。これは、教育内容が専門的な分野の深い部分まで立ち入っておらず、点検では深く考え込まなければならないような場合が少ないからである。

#### 【Step 5】模擬テストの考察

指導者は、④で行われた模擬テストの考察を行う。考察結果は次回教育に反映される。模擬テストの解答は、指導者の採点后に学習者の元へ返却される。VRシステムを用いた教育の一番のメリットは現場に出ずにすむため、学習者が「反復」して学ぶことができることにある。そのため、各教育で前回の教育内容を復習することが重要である。また、ここでの考察結果を次回教育に反映させることは、VRシステムを用いた教育の教育効果向上にもつながる。

## (2) 維持管理技術者の養成～診断編～

#### 【Step 1】教育方針の決定

本編の指導者は、コンクリート診断士の資格を有する技術者とし、教育対象者は、点検現場経験が2～3年程度の技術者とする。本編の教育内容は、劣化要因の推定、損傷度の把握・判定、今後の対策の立案とする。

#### 【Step 2】教育細目の決定

ここでは、教育を実施する際に一番重点を置く項目を決定する。本編では、熟練技術者が点検・診断を行う際に、どのようなことを考慮しているのかということに重点を置き、どの損傷を項目として扱い、教育を行うのかを決定する。

Step 3～5においては、点検編と同様に行う。

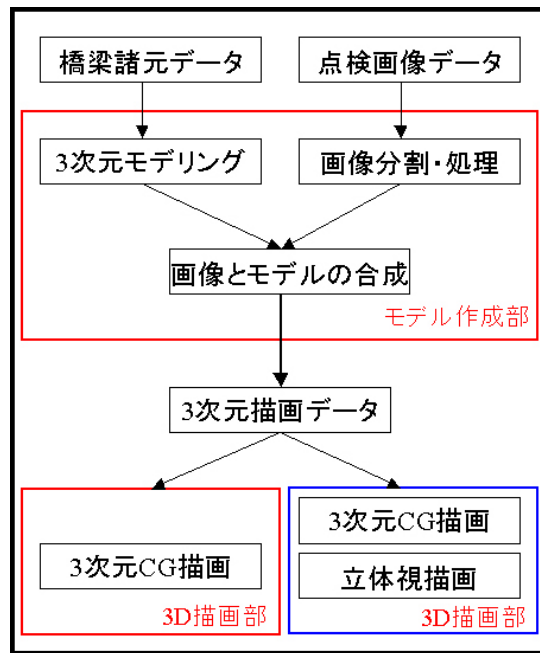


図-5.3 システムの構成

### 5.3 橋梁損傷体験システムの概要

まず一つ目として場所的制約がある。様々な劣化、損傷を観察するためには距離的に近い場所だけで事足りるとは限らない。ときには非常に遠い橋梁を観察する必要性もあり、移動の手間だけで実際に劣化、損傷を観察する以上の手間を取る場合もありうる。二つ目に時間的制約がある。橋梁によっては河川に架かっているものも多々あり、実際に橋梁の下において劣化、損傷を観察する場合は潮の干満の影響も避けられない。また、当然のことだが夜間には観察するのは難しくなる。他にも実際に現場に出て観察をする以上は天候の影響も受ける。このように従来の熟練技術者とともに現場に行くような教育方法は長期間を要し効率が良いとは言えないのが現状である。効率よく短期間で育成するためにはそういった問題点を無くす、または軽減する必要がある。

#### (1) システム構成

本システムは、図-5.3 に示すように、橋梁 3 次元座標を計算し、損傷画像を合成する「モデル作成部」と、作成した 3 次元モデルをスクリーン上に表示する「3D 描画部」の 2 つのサブシステムから構成される。

モデル作成部では橋梁諸元を数値データとして入力し、点検画像データをビットマップ形式で読み込む。橋梁諸元から 3 次元 CG モデルを作成し、読み込んだビットマップデータを分割・処理しその画像を 3 次元 CG モデルへと各部材の面ごとに貼り付けていく。付加機能としてウォークスルー経路の設定や時系列表現の設定を必要であれば行える。モデル作成部はそれらをすべて統合して 3 次元描画のためのデータを出力する。

3D 描画部は 2 つの異なるプラットフォーム上で動くアプリケーションから構成される。1 つは Windows 上で動作し、もう一方は SGI-WS 上で動作する。SGI-WS 用のアプリケーションは立体視表現を実現するための機能も有する。



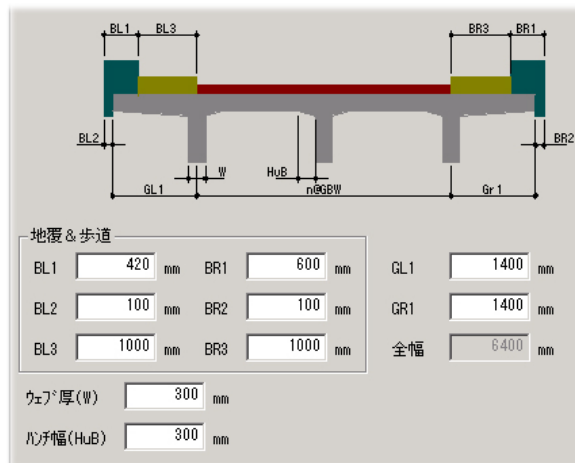


図-5.4 横断面形状の設定画面

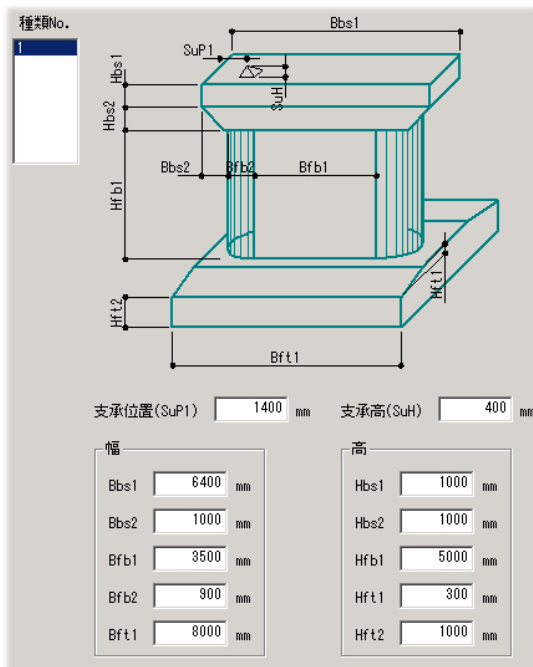


図-5.5 橋脚の断面形状の設定画面

## (2) 3次元モデルの作成

3次元モデルの作成手順を以下に示す。

### 【Step 1】上部工データの入力

ここでは、3次元CGモデルの上部工を作成するためのデータ入力を行う。上部工の入力には、主桁本数、支間数、各支間長、各支間のパネル割およびパネル長、桁間隔、横断面形状、主桁形状、横断部材形状などの項目がある。横断面形状の設定画面を図-5.4に示す。

### 【Step 2】下部工データの入力

ここでは、3次元CGモデルの下部工を作成するためのデータ入力を行う。下部工の入力には、橋台、橋脚のそれぞれにおいて、側面形状、断面形状の項目がある。横断面形状の設定画面を図に示す。橋脚の断面形状の設定画面を図-5.5に示す。

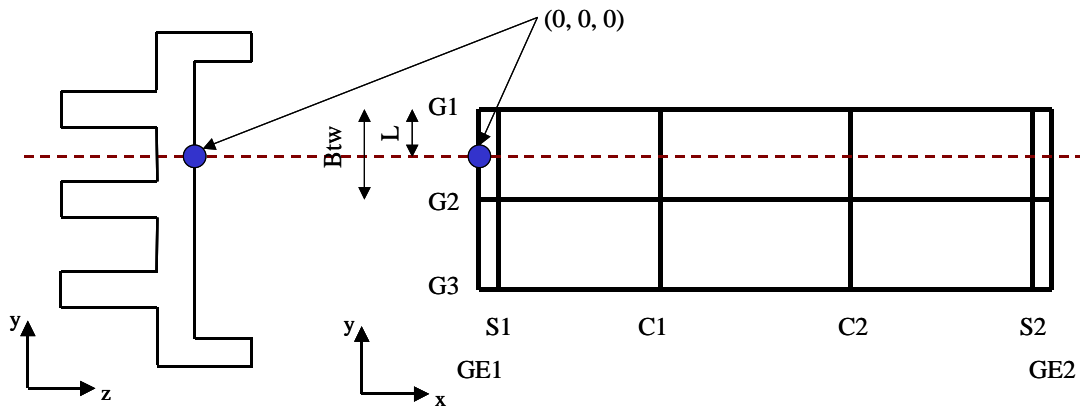


図-5.6 3次元座標の原点位置

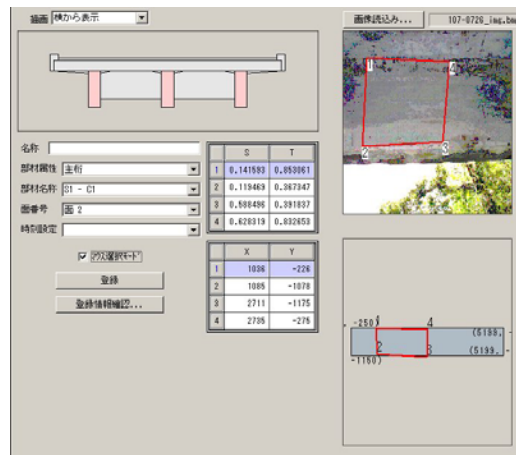


図-5.7 画像合成設定画面の一例

### 【Step 3】3次元座標の計算

Step 1 および 2 において入力されたデータをもとに、上部工、下部工の3次元座標の計算を行う。3次元座標の原点は、図-5.6 に示すように、基準桁ラインと桁端ラインの接点における橋面位置としている。

### 【Step 4】画像の合成

ここでは、3次元モデルと画像データの合成を行う。入力方法として、画像の貼付け面および画像の座標をマウス操作より指定して行う。設定画面の一例を図-5.7に示す。

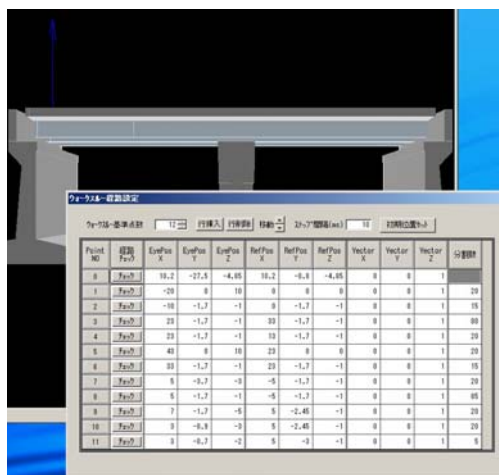
### 【Step 5】ウォークスルー経路の設定

ここでは、3次元描画する際の一機能である動画機能の設定を行う。設定画面の一例を図-5.8に示す。この設定では、図-5.9に示すように、視点位置、参照点、上向きベクトルの値を入力することにより行う。

## (3) 3次元描画

ここでは、作成済みである、モデルデータ、損傷画像との合成データ、ウォークスルー経路登録データ等を読み込むことにより、3次元CG描画を行う。3次元描画を行うシステムは、SGI-WS版およびWindows版の両OSに対応させている。これは、作成したモデルの確認は、Windows版でおこない、立体視やスクリーン描画などの画像処理機能を大幅に活

用する場合には、画像処理を得意とする SGI-WS で行うことが得策であると考えられるためである。SGI-WS での 3 次元描画の一例を図-5.10 に示す。



The screenshot shows a software window titled "カメラ-経路設定" (Camera-Path Setting). It features a 3D view of a building-like structure and a table with the following data:

Point No	経路 Point	EyePos X	EyePos Y	EyePos Z	RefPos X	RefPos Y	RefPos Z	Vector X	Vector Y	Vector Z	分画数
0	Point0	10.2	-27.4	-4.85	10.2	-6.8	-4.85	0	0	1	
1	Point1	-20	0	10	0	0	0	0	0	1	20
2	Point2	-10	-1.2	-1	0	-1.2	-1	0	0	1	15
3	Point3	20	-1.2	-1	20	-1.2	-1	0	0	1	80
4	Point4	20	-1.2	-1	10	-1.2	-1	0	0	1	20
5	Point5	40	0	10	20	0	0	0	0	1	20
6	Point6	20	-1.2	-1	20	-1.2	-1	0	0	1	15
7	Point7	5	-0.2	-0	-5	-1.2	-1	0	0	1	20
8	Point8	5	-1.2	-1	-5	-1.2	-1	0	0	1	85
9	Point9	7	-1.2	-5	5	-2.45	-1	0	0	1	20
10	Point10	0	-0.8	-3	5	-2.45	-1	0	0	1	20
11	Point11	0	-0.2	-2	5	-0	-1	0	0	1	8

図-5.8 経路設定画面の一例

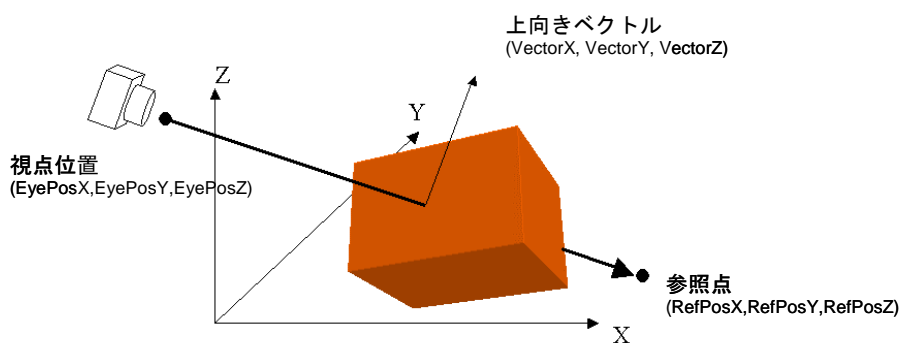


図-5.9 視点位置の関係

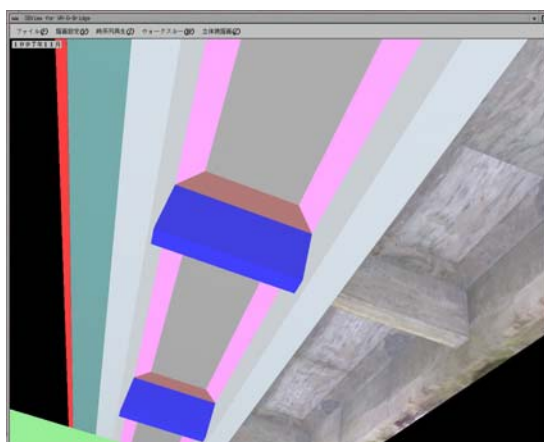


図-5.10 SGI-WS による 3 次元描画の一例

## 6. まとめ

本研究は、維持管理業務全体の効率化を図ることを目的として、橋梁維持管理業務において扱うデータの標準化の提案、標準化されたデータを効率良く作成し蓄積するための変状図作成支援システムの構築、点検データ収集を行う技術者の育成方法の提案を行ったものである。

以下に、本研究の成果を示す。

①橋梁点検業務において発生するデータの標準化では、データの共有や交換をスムーズに行うために、諸元情報と点検情報を分別して管理する構成を提案した。これにより、データ交換時に、必要のないデータの転送や交換を行わないため、効率的にデータ共有することが可能となる。

②点検データを効率良く作成するために、変状図作成支援システムを構築し、システムを利用した点検業務手順の提案した。これにより、現場でのデータ入力、事務所でのデータ入力およびデータベースへのデータ入力といった3度のデータ入力作業を1度に軽減することが可能となった。さらに、データ入力作業を1度に集約したため、データ入力ミスの可能性が軽減されることが推察される。

③橋梁点検業務は、点検および診断という2つの業務に大別されることを考慮して、技術者教育も、点検技術を習得する「点検編」と、診断技術を習得する「診断編」の2段階で構成する方法を提案した。「点検編」では、点検の基礎知識、損傷状況の確認、代表的な損傷の認識などを習得できるものとした。「診断編」では、橋梁に発生している損傷状況の確認、劣化要因の推定、損傷度の判定、今後の対策の立案などを習得できるものとした。

④技術者教育に用いるツールとして、橋梁の3次元CGモデルを作成し、作成されたモデルに画像データを融合させることで電子模型橋梁を作成し、橋梁に発生する損傷・劣化およびそれらの経時的変化を仮想体験できるシステムを構築した。

## 参考文献

- 1) 今野将顕, 瓦谷晴信, 宮本文穂, 中村秀明: 橋梁維持管理データベースシステムの実用化に関する研究, 土木情報利用技術論文集, 土木学会, Vol.12, pp.179-186, 2003.10.
- 2) 今野将顕, 宮本文穂, 中村秀明: RBR および CBR を用いたコンクリート橋劣化要因の推定方法の提案, 土木学会年次学術講演会講演概要集, Vol.58, pp.401-402, 2003.9.
- 3) 中村秀明, 今野将顕, 宮本文穂: 年度予算制約を考慮した複数橋梁の維持管理計画策定, 土木学会年次学術講演会講演概要集, Vol.58, pp.63-64, 2003.9.
- 4) <http://www.mlit.go.jp/tec/cals/index.html>
- 5) 三上市蔵, 窪田諭, 君嶋三恵: コンクリート橋の維持管理業務における情報モデルの構築に関する研究, 土木情報利用技術論文集, Vol.12 2003.
- 6) 阿部雅人, 水野祐介: 社会基盤メンテナンスの高度情報化に向けた取り組み, ハイテクシンポジウム論文集, 山口大学, pp.33-43. 2003.11.
- 7) Sandy MERET, Masato ABE, Yozo FUJINO: Towards a coordinated Computer Assisted Maintenance for bridges, 土木学会第 57 回学術講演会 (平成 14 年 9 月), I-243.
- 8) PROJECT KySS, 宮坂雅輝: XML+XSL による Web サイトの構築と活用, ソフトバンクパブリッシング, 2000.7.
- 9) CAD 製図基準 (案), 国土交通省, 2003.7.
- 10) 建設省土木研究所: 橋梁点検要領 (案), 1988.7.
- 11) 建設省 近畿地方建設局 近畿技術事務所: ひび割れ判断の手引き (案) (近畿地建版), 1998,3.

## 助成研究者紹介

研究者名：宮<sup>みや</sup>本<sup>もと</sup>文<sup>あや</sup>穂<sup>ほ</sup>

現職：山口大学工学部 教授（工学博士）

主な著書：

1. ファジィ理論の土木工学への応用（共著）（森北出版（株）1992年）
2. コンクリート構造物の維持管理指針（案）（共著）（土木学会 1995年）
3. コンクリート構造物の非破壊検査・診断技術（共著）（技術情報協会 2000年）
4. 2001年制定 コンクリート標準示方書〔維持管理編〕（共著）（土木学会 2001年）
5. 建設材料実験（共著）（（社）日本材料学会 2001年）
6. MAINTAINING THE SAFETY OF DETERIORATING CIVIL INFRASTRUCTURES（共編）  
（Practical Maintenance Engineering Institute of Yamaguchi University 2002年）
7. コンクリート構造の設計・施工・維持管理の基本〔施工・維持管理編〕（共著）  
（土木学会関西支部 2003年）
8. 社会基盤構造物のライフタイムマネジメントー構造維持管理への次世代情報処理技術  
の利用ー（共編）（山口大学工学部 2003年）

研究者名：今<sup>こん</sup>野<sup>の</sup>将<sup>まさ</sup>顕<sup>あき</sup>

現職：JIP テクノサイエンス（株）（修士（工学））

主な著書：なし