

I-18 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

Standardization and Input System to be more efficient for Inspection Data of Bridge

今野将顕¹・関和彦²・宮本文穂³・中村秀明⁴

Masaaki Konno, Kazuhiko Seki, Ayaho Miyamoto and Hideaki Nakamura

抄録：本研究は、Bridge Management System(BMS)を効率的に運用し、複数の管理機関でデータ共有することを可能とするために、点検データの標準化を提案するものである。さらに、標準化されたデータを効率良く作成し、簡易的に蓄積するために変状図作成支援機能を有した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っている。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としている。変状図作成支援機能は、従来の点検方法で問題となるデータ入力作業の重複を軽減するために、点検現場でも使用可能であるタブレットPCを利用したシステム構成としている。

Abstract: This paper proposes a standardization of a bridge inspection data, in order to enable to practice Bridge Management System (BMS) efficiently, and to carry out a data share in two or more management organizations. Moreover, in order to create a standardization of a bridge inspection data efficiently and to accumulate it, an updating procedure of a bridge inspection data using damage figure drawing support system is proposed. A standardization of a bridge inspection data consists of information of a bridge inventory data and a bridge inspection data to perform a share and an exchange of data smoothly. The damage figure drawing support system makes use of tablet PC that can be used on the inspection site.

キーワード： BMS(Bridge Management System), XML, CALS/EC, 変状図作成支援システム, タブレット PC, クラス図

Keywords: BMS(Bridge Management System), XML, CALS/EC, damage figure drawing support system, Tablet PC, class diagram

1. はじめに

近年、橋梁の老朽化や公共事業費の削減などにより、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¹⁾³⁾。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⁴⁾。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

¹正会員 修士(工学) JIPテクノサイエンス株式会社

(〒135-0016 江東区東陽 2-4-24, Tel :03-5690-3201, E-mail : masaaki_konno@cm.jip-ts.co.jp)

²正会員 修士(工学) JIPテクノサイエンス株式会社 (〒135-0016 江東区東陽 2-4-24)

³フェロー会員 工博 山口大学 工学部知能情報システム工学科 (〒755-8611 宇部市常盤台 2-16-1)

⁴正会員 博士(工学) 山口大学 工学部知能情報システム工学科 (〒755-8611 宇部市常盤台 2-16-1)

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。

このような背景のもと、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⁵⁾、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^{6),7)}、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。

そこで本研究では、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、標準化するための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。一方、効率良く維持管理業務を行うためには、標準化されたデータを効率良く作成し、簡易的に蓄積する仕組みを確立する必要がある。そこで、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。

2. 維持管理業務の現状と問題点

(1) 維持管理業務の手順

橋梁維持管理の手順を図-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) 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

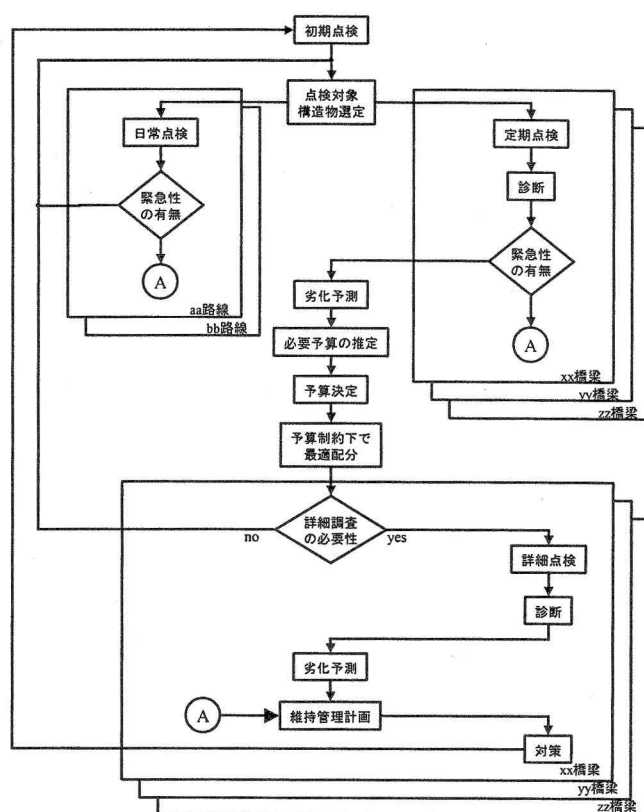


図-1 維持管理業務の手順

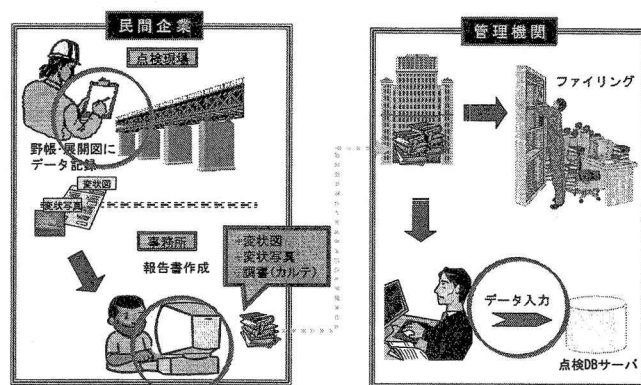


図-2 現場点検からデータ格納の手順

一般的である。民間企業が橋梁の点検業務を受注してからは、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に持ち帰り、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 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おうという問題点を有している。

(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-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。

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。

(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-4 に示す。図-4 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。

(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-5 に示す。図-5 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。

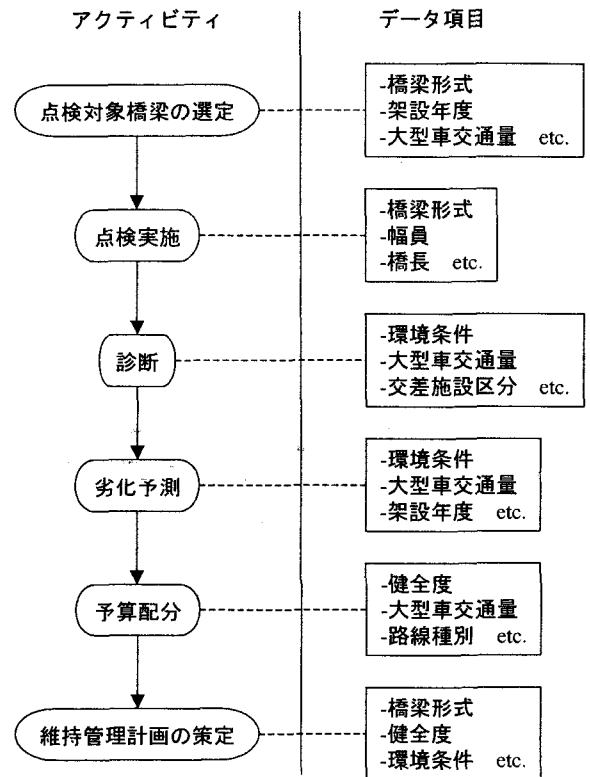


図-3 維持管理業務におけるアクティビティとデータ項目の関係

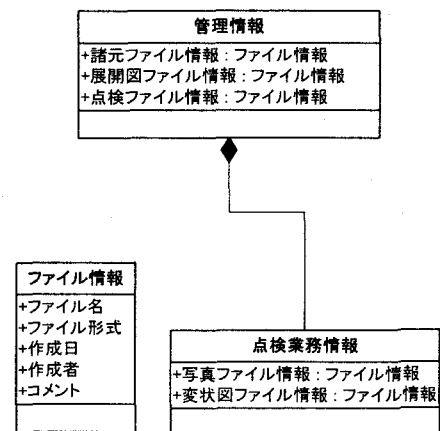


図-4 管理データのクラス図

(3) 点検情報モデルの定義

点検情報モデルを図-6 に示す。図-6 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。

(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) ⁸⁾ を利用して記述する。標準化した XML の一部を図-7 に示す。各情報モデルと

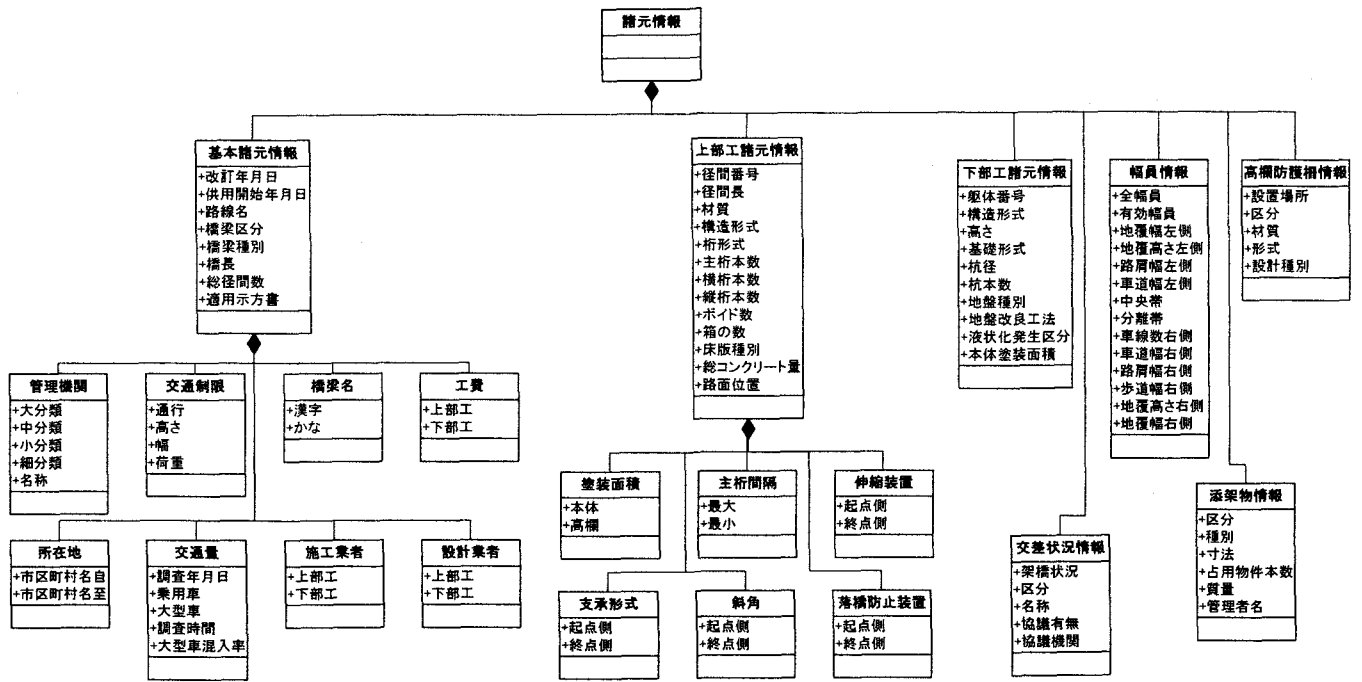


図-5 橋梁諸元情報のクラス図

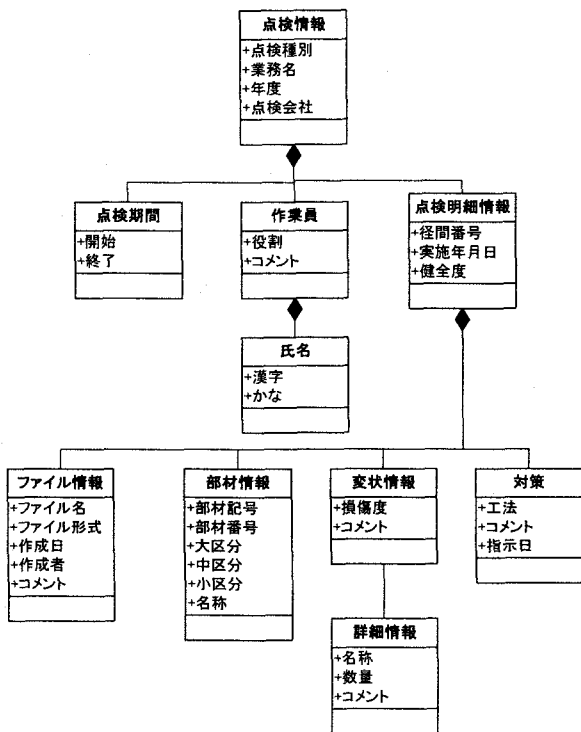


図-6 点検情報のクラス図

も、XML 文書にて実装し、図-8 に示す、Root フォルダ内にファイルを設置する。図-8 に示す展開図フォルダは、展開図面ファイルを格納し、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。

(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

```
<?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 />上蓋->下蓋</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-7 標準化データのXMLによる実装例

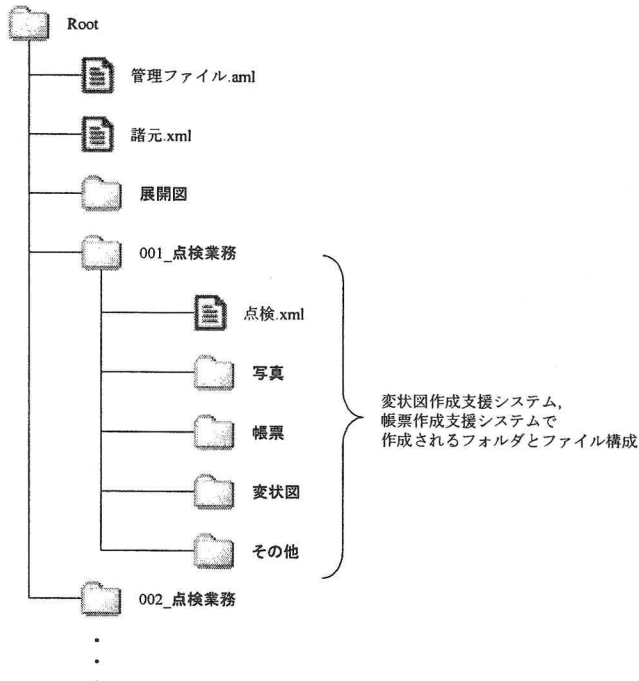


図-8 標準化データのファイル構成

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-1 および表-2 のようにレイヤの定義を行う。

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。

(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、民間業者向けの橋梁点検支援システムの構築を行い、図-2 に示すような従来の業務手順を図-9 に示すような業務手順に改善する。

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

表-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			外枠	黄	実線	
		-FRAM	タイトル枠	黄		
		-LINE	区切り線、罫線	白		
		-TTL	-TXT	文字列		白
				主構造外形線		赤
		-PNM	-TXT	文字列		白

表-2 損傷図のレイヤ名

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			外枠	黄	実線	
		-FRAM	タイトル枠	黄		
		-LINE	区切り線、罫線	白		
		-TTL	-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
			+HCH1~n	変状スケッチ(変状種類ごとに番号を変える)		青
			-TXT	文字列		白
		-SKT	-SRVR	変状ポイント		緑

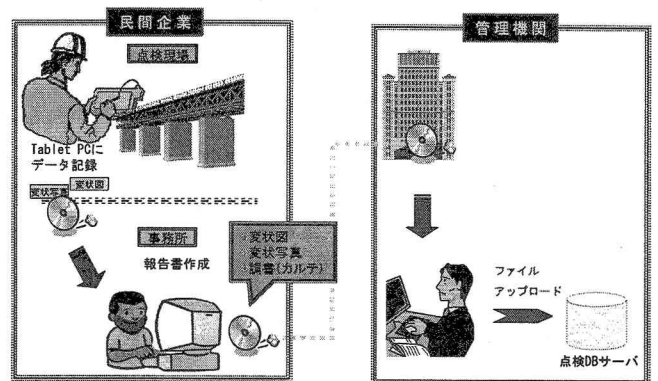


図-9 橋梁点検支援システム導入による点検業務手順

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。

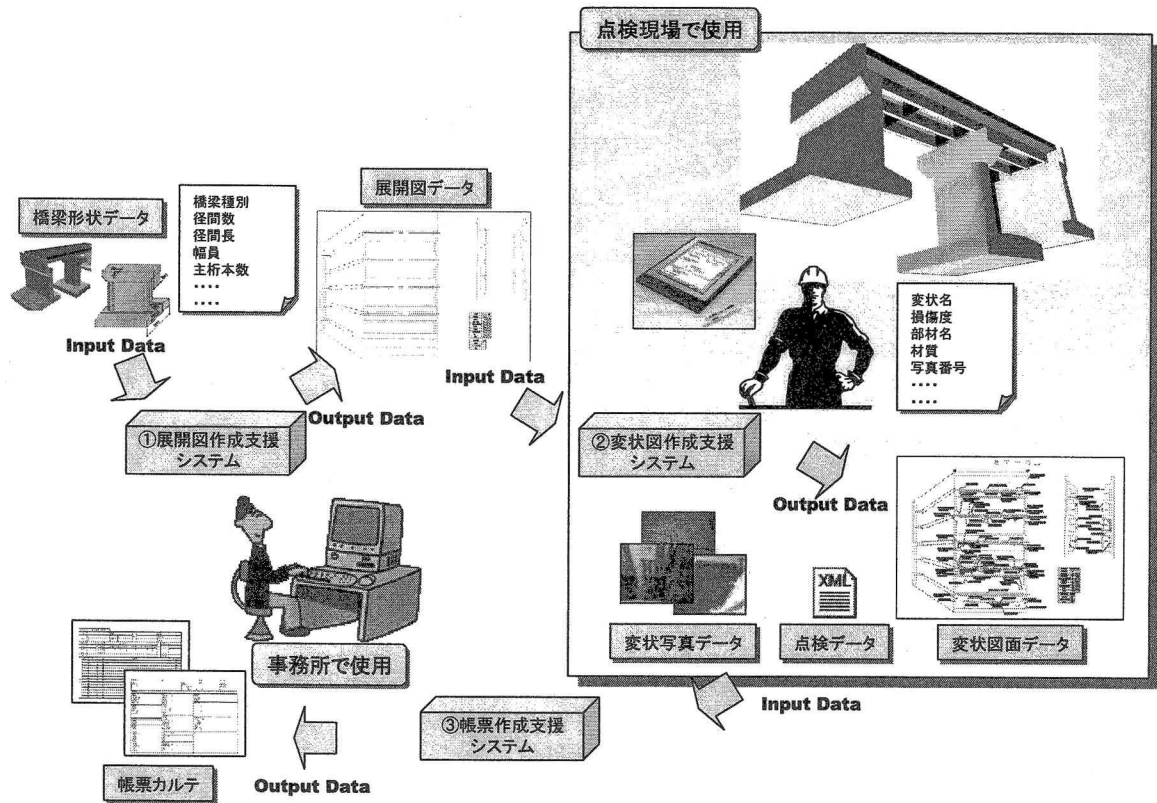


図-10 橋梁点検支援システムの構成

(2) システム構成

橋梁点検データ入力支援システムは、図-10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。

a) 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-11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なっている。

b) 変状図作成支援システム

変状図の作成は、図-12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

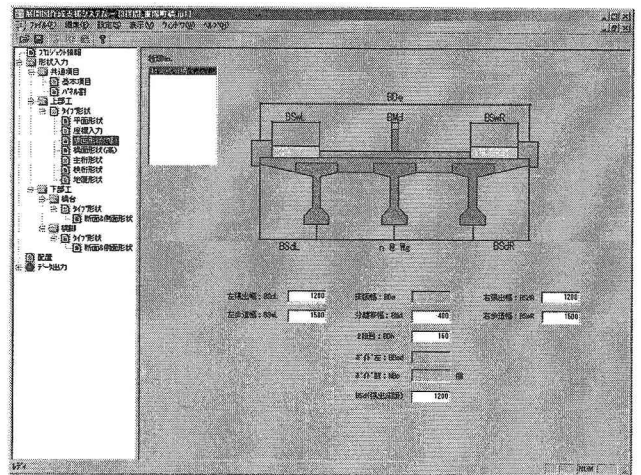


図-11 展開図作成システムの入力画面

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-13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。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-14に示す。図-14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繰返し行うことによって変状データを記録する。

c) 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

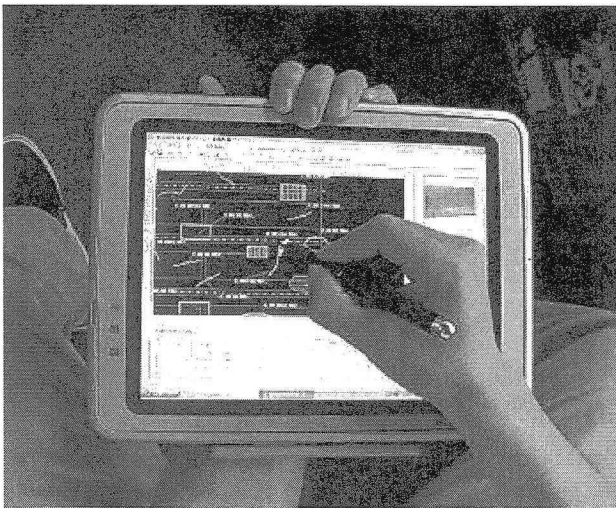


図-12 タブレット PC を用いた変状入力

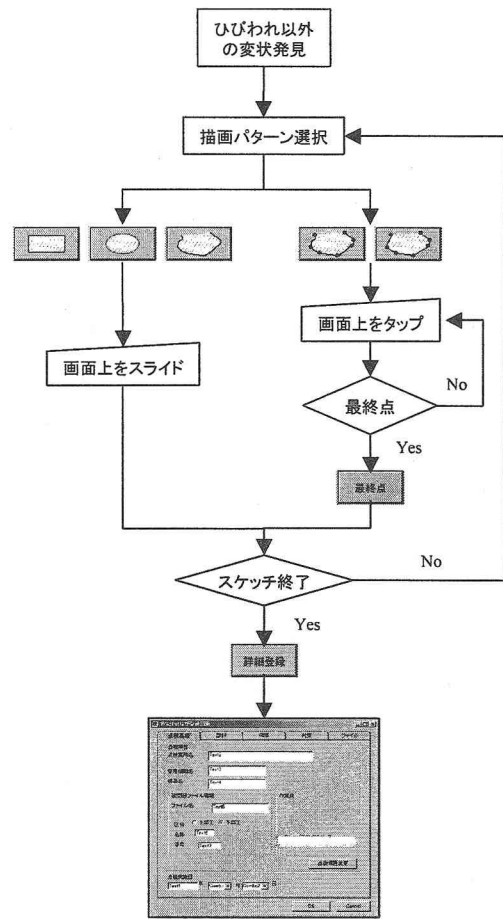


図-14 変状入力手順の一例

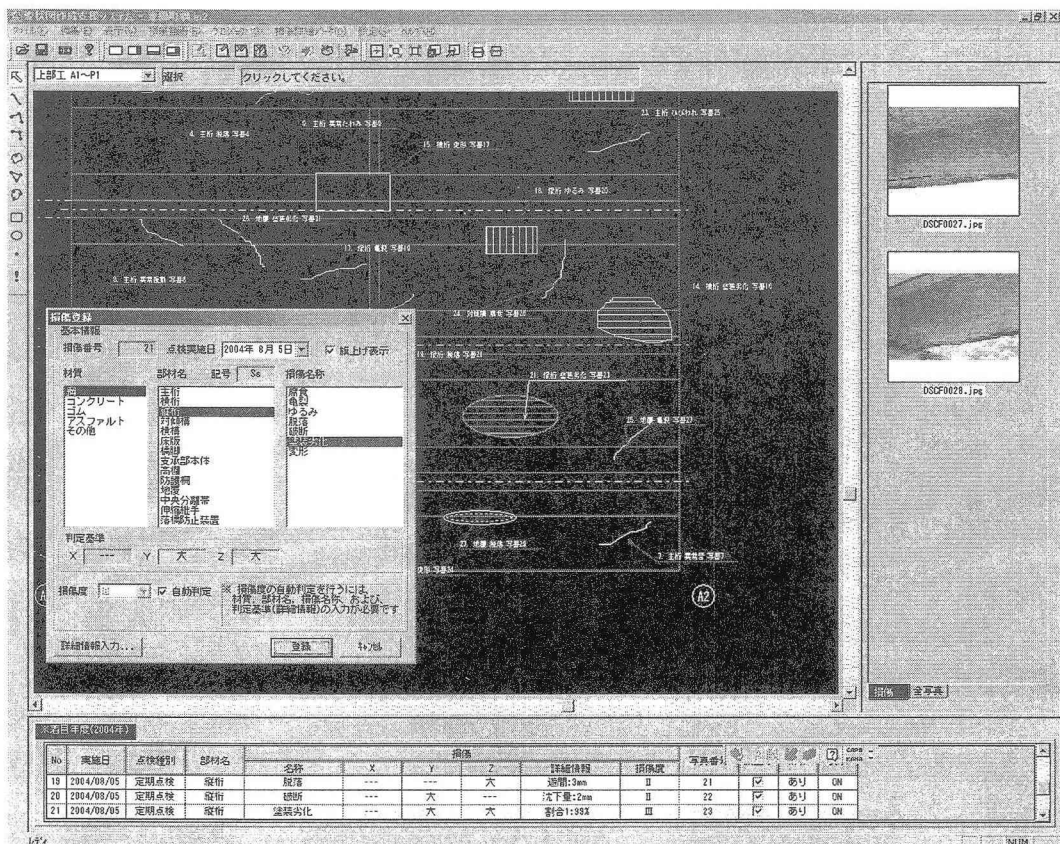


図-13 変状図作成支援システム画面

表-3 システム導入前後における作業時間の比較

	現状での作業時間		システム利用による作業時間	
展開図作成	CADで作成	60分	諸元データ入力	5分
変状図作成	現場で野帳に記録	30分	タブレットPC上で記録	30分
	写真撮影	10分	写真撮影	10分
	CADで清書	100分	-	-
帳票作成	写真関連付け	60分	写真関連付け	60分
	写真台帳作成	40分	写真台帳作成	3分
	損傷一覧表作成	40分	損傷一覧表作成	2分
小計		340分		110分
点検DB更新	データ入力	60分	ファイルアップロード	2分
合計		400分		112分

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。

(3) システム導入による効果

本研究で構築した、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、T桁、1スパン、橋長10m、主桁4本、変状20箇所のRC橋において、現状での点検業務における作業時間とシステム導入による作業時間の比較を行った。表-3 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-3 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。

5. まとめ

本研究は、BMS を効率的に運用するために、橋梁点検業務において発生するデータの標準化を提案したものである。さらに、標準化されたデータを効率良く作成し、簡易的に蓄積するために、変状図作成支援システムを構築したものである。

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。

謝辞：本研究は、一部(財)日本建設情報総合センターの研究助成を受けて実施したものであります。ここに記して感謝の意を表します。

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), 1-243.
- 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.

(2004.5.21受付)