

## I-15 鋼道路橋維持管理業務支援のための三次元モデルライブラリシステムの開発

## A System on 3D-Model Libraries for Maintenance of Steel Highway Bridges

三上 市藏\*  
Ichizou MIKAMI

田中 成典\*\*  
Shigenori TANAKA

石井 由美子\*\*\*  
Yumiko ISHII

奥 裕子\*\*\*\*  
Yuko OKU

【抄録】 本研究では、維持管理支援を目的とした Web ベースの三次元モデルライブラリシステムを開発した。これは、鋼道路橋の中で最も多く架設されている鈑桁橋上部工を対象として開発されている既存の点検・補修履歴管理システムをより有用なシステムへと改良したものである。まず、Web を介してどこからでも利用できる形態のシステムにした。次に技術者の技術向上のため、維持管理を対象とした情報の参照機能の充実を図った。そして、鈑桁橋下部工の維持管理で扱われる情報を整理し、鈑桁橋上部工に関する情報に、新しく鈑桁橋下部工に関する情報を追加し、データベース項目と履歴管理機能を拡張した。

【Abstract】 In this paper, a web-based system for the maintenance process of the steel highway bridges has been developed by using 3D-model libraries. This system was constructed by improve the existing system for the superstructures of steel plate-girder bridges. First, the system is web-based, and its function of referring 3D-model virtual space was improved for upskilling of maintenance engineers. The system was also expanded to the utilizable system for the substructures of steel plate-girder bridges together with the superstructures.

【キーワード】 鋼道路橋, 維持管理, 三次元モデル, Web アプリケーション, CG

【Keywords】 steel highway bridges, maintenance, 3D-models, Web applications, CG

## 1. まえがき

我が国は、戦後の積極的な社会インフラ整備推進の結果として、膨大な公共構造物のストックを抱えている。現在、これらの構造物は経年劣化が問題となっており、今後、維持管理業務の負担が急激に増加する。

公共構造物の中で橋梁に着目すると、維持管理費が年々増加してきており、今後、新規の橋梁事業費を圧迫する状況にある<sup>(1)</sup>。一方では、公共事業費の削減が要求されており、コスト縮減を考慮した効率

的な維持管理業務の遂行が求められる。そのため、維持管理業務における作業の流れを円滑にする必要がある。

こうした状況に対応するため、これまでも過去の維持管理業務に利用できるデータベースシステムが構築されてきている。国土交通省(旧 建設省)では、道路管理データベースシステム MICHI (Ministry Highway Information Data Base System) が構築されており、MICHI のデータから橋梁に関するデータを抽出・利用した橋梁マネージメントシステム (BMS :

\* 工博 関西大学教授 工学部土木工学科 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35)  
(E-mail : mikami.ichizou@mc.newweb.ne.jp)

\*\* 工博 関西大学助教授 総合情報学部 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-2-1)

\*\*\* 工修 東電ソフトウェア(株) (〒105-0004 東京都港区新橋 6-19-15 東京美術倶楽部ビル)

\*\*\*\* 関西大学大学院博士課程前期課程 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35)

Bridge Management System) の構築<sup>(2)</sup>が行われている。また、補修計画支援システム<sup>(3)</sup>も構築されている。文献(4)－(6)は、PDF ファイルや Microsoft Access97 などを用いて、道路橋の維持管理の情報を包括的に取り扱う BMS (Bridge Management System) を構築している。これらのシステムで扱われている情報を参照するには特定のソフトウェアが必要となり、システム利用の環境を整える際に、費用がかかる。また、取り扱われている図面データは、ラスターデータであり、加工して再利用することが困難である。

橋梁のライフサイクルを通じて生成される情報の中で、最も電子化・標準化が強く望まれる図面情報について形状情報の正確な交換・連携・共有・再利用を行うためには、三次元の形状情報が入っていることが望ましい。著者らは、三次元モデルを用いて道路橋の中で最も多く架設されている鋼道路橋鈑桁上部工を対象とした点検・補修履歴管理システム<sup>(7)</sup>を開発した。

この既存システム<sup>(7)</sup>では、鈑桁橋上部工のライフサイクルで最も情報を生成する詳細設計業務段階で取り扱われている情報の中から、維持管理業務で必要となる情報を整理し、システムで扱う情報項目としている。また、阪神高速道路公団の基準類<sup>(8)(9)</sup>を参考にして、鈑桁橋上部工の維持管理業務で扱われる情報を整理している。点検・補修履歴管理システムでは、点検・補修作業に関する履歴管理が三次元モデルライブラリを用いて行える。そして、システム内に構築された仮想空間内をウォークスルーすることによって鈑桁橋上部工の細部形状を視認できる。

本研究では、まず、既存システム<sup>(7)</sup>を Web を介して利用できる三次元モデルライブラリシステムに改良する。システムの使用権を与えられた技術者であればどこからでもシステムを利用して情報を参照し、作業記録を行えるため、維持管理業務の作業効率の向上に寄与できるであろう。次に、維持管理業務を担う技術者の技術向上のために、参照機能の充実を図る。過去の点検・判定・補修履歴が蓄えられているので、これらを学習に役立てることで、維持管理業務担当の経験の浅い技術者がよ

り高度な知識・技術を復習できる。そして、既存のシステム<sup>(7)</sup>では鈑桁橋上部工を扱っているが、鈑桁橋の上部工も下部工も扱えるように下部工に関する情報追加し、データベース項目と履歴管理機能を拡張する。

2. システムの概要

本研究で開発する三次元モデルライブラリシステムでは、新規の鈑桁橋の情報を扱う際は、設計・製作情報をシステムで作成して維持管理業務で活用する。また、既設の鈑桁橋の維持管理段階においてシステムを利用する際には、補修設計などの図面を三次元情報で表現し、後の維持管理業務に三次元情報を利用できるようにする。このため、著者らは三次元モデルライブラリシステム(図-1)を 1) 三次元モデルライブラリ作成システム、2) 履歴管理支援シ

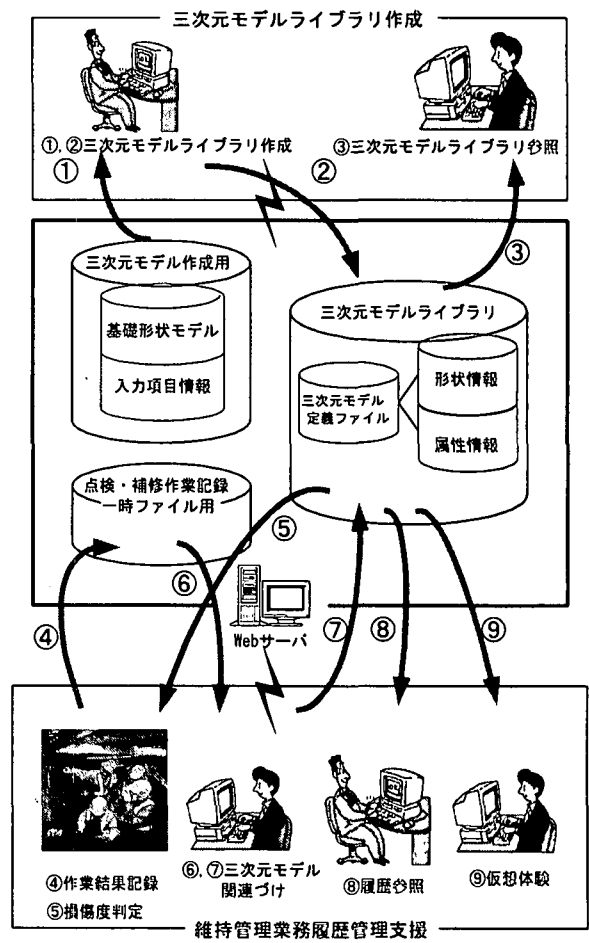


図-1 三次元モデルライブラリシステム

システムの二つのサブシステムで構成した。Web ブラウザ上で動的な処理を行う技術としては、GUI 表示等グラフィカルな操作環境を構築するために Java Applet を用い、データの効率的な処理を行うために Java Servlet を用いた。

## 2.1 三次元モデルライブラリ作成システム

既存システム<sup>⑦</sup>を Web を介して使用できる三次元モデルライブラリ作成システムに改良したので、技術者は鈑桁橋に関する形状情報（寸法など）を変更しながら組み立てが行える。また、部材毎に属性情報（橋梁諸元、寸法データ、荷重データなど）を入力できる。

三次元モデルライブラリ作成システムで作成した情報は、三次元モデルライブラリ用のデータベースに格納され、履歴管理支援システムで活用できる。

## 2.2 履歴管理支援システム

既存の点検・補修履歴管理システムは、特定の端末から、サーバにアクセスして利用できるシステムであり、点検・補修作業を行っている現場などから情報を参照することは対象としていない。

本研究では、Web を介して維持管理業務の履歴管理を支援するシステムを開発した。まず、点検・補修の可否や補修方法の判定・補修を行うユーザ側が、各作業に必要な情報を参照し、作業結果を入力できるように画面設計した。そして、技術者が属性情報入力ウィンドウで入力した情報をサーバで受け取り、サーバ内でテキスト保存し、データベースに格納できるようにした。

次に、技術者が点検作業の仮想体験を行い、知識を習得するための参照機能を構築した。そして、阪神高速道路公団の道路構造物の維持管理業務で扱われる情報を参考にして、下部工に関する情報項目も扱えるようにデータベース項目を拡張した。

## 3. システムの開発

### 3.1 Web 利用への拡張

Web を介して三次元モデルライブラリシステムが利用できるように以下の機能を構築した。

#### 3.1.1 作業結果記録機能

点検・補修作業結果の記入漏れ、誤記を防ぐためには、損傷度の判定基準等を現場で参照しながらその場で結果を記録できる必要がある。また、管理者がリアルタイムに損傷状況などの情報を把握するためには点検作業や補修作業を行っている現場で点検・補修作業結果を記録出来るシステムが有用である。

本研究では、阪神高速道路公団が鈑桁橋の維持管理業務で扱う基準類を参考として整理した入力項目に従って、Web ページ上で技術者が鈑桁橋の点検結果を記録でき、補修作業時には補修作業結果を記録できる機能を構築した。現場においてはモバイルパソコンなどの携帯端末を用いるが、現状のデータ転送速度を想定して、データはテキストのみ取り扱う。損傷画像などはデジタルカメラで撮影した画像データを管理事務所に持ち帰るようにする。

維持管理業務の作業現場では、様々な点検・補修方法があるため、技術者に作業の負担がかからないようにしなければならない。また、入力ミスを回避するためにも極力容易に操作できるシステム設計が必要である。そこで、所見や注記、損傷位置の座標、点検状況・結果以外は全て選択欄で情報入力が行えるようにした。選択欄以外についてはテキストで記入するフォームを設けた。点検計画表の作成では、カレンダー形式を用いて、点検を行う予定の日に印を付けるだけで、日程管理を行えるようにした。

補修業務に関しては、補修工法の検討・設計、補修のための調査結果報告、施工計画書、施工管理記録など、その時に応じて様々な情報を記入するため、テキスト欄を多用して Web ページの画面を設計した。これらの作業記録結果は、記入漏れ、記入ミスなどの発生を防ぐため、サーバを通じて一時ファイルにテキストとして保存し、一時ファイル用のデータベースに格納できるようにした。

属性情報をテキストとして保存すると、特定のアプリケーションに依存することがないため、あらゆるコンピュータから情報を参照・編集することが可能となる。

### 3.1.2 三次元モデル関連付け機能

鈑桁橋を構成する部材の情報と構成部材が持つ属性情報を定義し、情報を管理するための定義ファイルを作成し、VRML で表現されている三次元モデルとテキストで表現されている属性情報を関連付ける処理を行った。これによって、技術者は、一時ファイルが格納されたデータベースから、作業記録結果の情報を部材単位や橋梁単位で取り出し、Web ページ上で作業記録を行う事ができる。また、持ち帰った損傷画像と共に点検作業に関する情報を三次元モデルに関連付けることができる。この関連付けた三次元モデルは三次元モデルライブラリ用のデータベースに格納できるようにした。

### 3.1.3 損傷度判定支援機能

鈑桁橋に発生する損傷は多種多様であって、点検作業技術者の全てが全ての損傷に対する判定基準を把握しているわけではない。技術者は、点検標準を持参したり、点検標準から必要な部分を複写して持参したりしながら点検作業を行う。書類を持参して点検作業を行うのは作業性を損なうなど種々の問題が発生する。そこで、Web ページ上で損傷度判定基準、点検標準の記載事項、改訂された事項などを参照できれば、常に最新かつ正確な情報を得ることができる。

本研究では、点検作業技術者が、点検作業結果の入力を行う際に、Web ページ上で損傷度判定基準などを参照できる機能を構築した。まず、作業記録用の Web ページに判定基準参照ボタンを設け、点検作業技術者がこのボタンを選択することで、サーバーを通じてサーバーから対象構造物名のデータが送信されるようにした。そして、対象構造物名をサーバー側が読みとって、その構造物に関する判定基準をクライアント側に送信し、Web ページ上に表示されるようにした。

### 3.1.4 履歴参照機能

管理者は点検結果報告書を確認して、補修要否等の判定を行う。そのためには、報告書の点検作業記録を Web ページ上で参照し、補修要否等の判定結果を入力して保存することが必要である。そのた

め、本研究では、管理者が補修要否等の判定する際に、点検作業記録結果画面を参照しながら、補修要否等の判定結果を報告書の記入欄に直接入力できるようにした。点検・補修計画を立てる場合には、Web ページ上で過去の履歴を参照できるようにし、計画支援を行えるようにした。

## 3.2 参照機能の充実

効率よく、かつ正確に維持管理業務を遂行するためには、高度な知識・技術が必要になる。したがって、技術者の技術向上が必要となる。維持管理業務に関する経験の浅い技術者が過去の事例を参照し、経験を積み、知識を増やすことでの確な点検ができるようになる。早期に損傷や異常を発見し、正しい対策を迅速に行う事は鈑桁橋をより長く供用できるようにになる。

本研究では Web ページ上で維持管理業務の作業に必要な情報や過去の事例、履歴を参照するための機能を充実させた。

### 3.2.1 仮想体験機能

本研究では、情報が蓄積された三次元モデルライブラリを参照することで、維持管理技術者が行った点検作業の情報（損傷度判定方法等）を参照できるようにした。そして、本システムの仮想空間上で点検作業の疑似体験を行い、点検作業に関する技術向上を図れる機能を構築した。仮想体験機能利用の一例を図-2 に示す。

#### ・鈑桁橋仮想空間内の衝突時の表現

鈑桁橋仮想空間上での点検作業時に、部材などに衝突する可能性がある場合、技術者は屈んだり、体を曲げたりする必要がある。本研究では、仮想空間上で物体に衝突した場合、ダイアログを表示させ、頭を動かす、上半身を倒す、屈むなどの動作を選択できるようにし、視点の高さをそれぞれの動作に対して、1.6m、1.4m、1.0m と設定した。これによって、鈑桁橋内部を人が歩行するという仮想空間を作り出した。

### ・ 損傷部位の表現

既存システムでは、構成部材の三次元座標に、鈑桁橋の損傷部位に関する属性情報と損傷画像を関連付けることで、鈑桁橋の構成部材の形状とともに損傷状況を確認できるようにしている。

本研究では、ナビゲートブラウザ内で部材が選択された際に損傷部位の画像が表示され、点検・補修項目の履歴がテキスト形式で参照できるようにした。これにより、部材毎で情報が表示されるため、鈑桁橋に関する膨大な情報から、必要な情報を検索する負担が軽減できる。また、部材毎に損傷履歴を見ることでどの部位に損傷が多発しているのかといった知識を得ることが可能となる。そして、様々な損傷に対する損傷度判定の状況などを見ることで、判断基準やノウハウを得ることも可能となる。

### 3.3 鈑桁橋の維持管理で対象とする情報の拡張

本研究では、鈑桁橋の上部工、下部工を含めて維持管理に関する情報を扱えるようにするため、既存のデータベースに鈑桁橋下部工の情報を格納できるようにした。

鈑桁橋下部工の維持管理業務は、点検計画、点検、点検結果の確認・補修の可否や補修方法の判定、補修というプロセスが繰り返される。まず、建設時の設計・製作情報と過去の点検結果および補修履歴に基づいて点検計画を立案する。次に、この点検計画に沿って点検作業を実施する。点検結果は、現場で野帳などに記録し、点検標準を参照しながら損傷度判定を行う。そして、点検結果をもとに報告書を作成する。次に、管理者がこれらの報告書を確認し、緊急性の判断、臨時点検・応急補修の判断、補修工法の検討を行う。そして、補修業務では、前年度の点検結果に基づいて補修計画を立案し、補修設

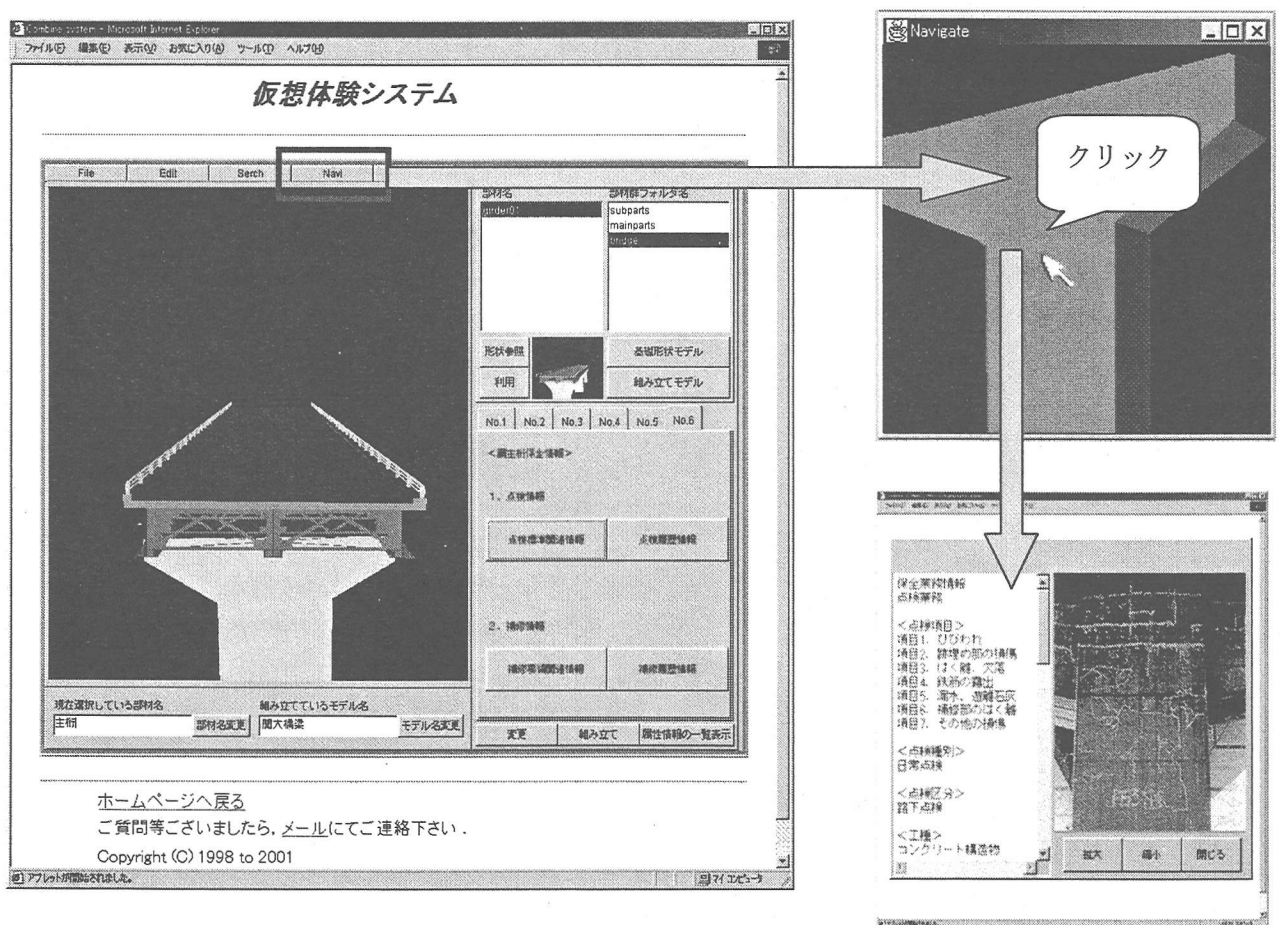


図-2 仮想体験機能利用の一例

計・補修工事を行い、結果を報告する。

したがって、点検作業までの段階では点検計画データ、点検結果データが生成される。点検作業後から補修作業までに生成される情報には、点検結果後の処分方法などのデータ、補修計画データ、補修設計データがある。補修作業から発生するデータは補修計画データ、補修設計データ、補修工事データがある。

本研究では、鈑桁橋下部工の点検・補修作業結果の記録や履歴管理を支援するために、阪神高速道路公団の点検標準<sup>⑧</sup>、補修要領<sup>⑨</sup>を参考にし、鈑桁橋下部工の維持管理に必要な情報を整理した。点検業務では点検作業を行う際に参照する情報と点検結果を記録する際に必要な情報を対象とした。また、補修業務では、補修作業を行う際に必要な情報と補修結果を記録する際に必要な情報を対象とした。そして、維持管理技術者が容易に属性情報を入力し、参照できるように部材毎にデータ入力項目の形式でまとめた。

3.3.1 点検業務で対象とする情報

本研究では、鈑桁橋下部工の点検作業を対象とし、上部工と同様に点検作業で扱われる情報を大別して、1. 点検種別、2. 点検区分、3. 工種、4. 対象構造物、5. 点検項目、6. 点検頻度、7. 点検方法、8. 損傷度判定 A○レベル、9. 損傷度判定 A レベル、10. 損傷度判定 B レベル、11. 損傷度判定 C レベル、12. 備考の 12 項目に分類した。これら大項目は阪神高速における全ての路線の点検共通である。ただし、点検頻度が路線によって異なる場合は路線名と点検頻度を備考欄にまとめることにした。

この分類に沿って鈑桁橋下部工の点検作業に関する情報を整理した結果、点検項目だけでも 541 項目あり、点検項目に対する判定区分の総数は 971 項目であった。このように膨大な量の情報が点検標準には記載されており、必要な情報を検索するには時間がかかる。

点検標準<sup>⑧</sup>では、各工種に対する点検項目や点検方法の記載事項が日常点検、定期点検などの点検種別によって同じ内容であっても字句が異なる部分があり、他の点検項目を参考にして詳細な記述が省

略されている部分もいくつか見られた。本研究ではこれらの情報形式を統一するために、情報を部材毎にシステムへの入力項目形式にまとめた。入力項目形式にまとめた点検作業に関する情報の一例を図-3 に示す。

|        |                          |
|--------|--------------------------|
| <点検項目> |                          |
| 項目 1   | 部材の損傷                    |
| 項目 2   | 高力ボルトの欠損, 折損 (主要部材)      |
| 項目 3   | 高力ボルトの欠損, 折損 (二次部材)      |
| 項目 4   | さびおよび腐食                  |
| 項目 5   | 漏水                       |
| 項目 6   | 異常音                      |
| 項目 7   | 部材の損傷                    |
| 項目 8   | 高力ボルトの欠損, 折損             |
| 項目 9   | 高力ボルトの欠損, 折損             |
| 項目 10  | さびおよび腐食                  |
| 項目 11  | 漏水                       |
| 項目 12  | 異常音                      |
| <点検種別> |                          |
| 項目 1   | 日常点検                     |
| <点検区分> |                          |
| 項目 1   | 路下点検 (点検項目 1~6 対象)       |
| 項目 2   | 検査路・検査車点検 (点検項目 7~12 対象) |
| <工種>   |                          |
| 項目 1   | 鋼構造物                     |
|        | .                        |

図-3 入力項目形式にまとめた  
点検作業に関する情報の一例

3.3.2 補修作業で対象とする情報

補修作業は点検時に発見された損傷状況の他に、過去の補修履歴や補修事例をもとに補修対策や補修工法を検討する。そのため、本研究では鈑桁橋下部工の補修に関する提出書類に記載される情報を整理することとした。点検標準<sup>⑧</sup>と同様に補修要領<sup>⑨</sup>を参考にし、補修作業で用いられる書類を整理した結果、部材と補修工法毎に補修報告書・調査の様式が異なることが分かった。報告書や調査書類の中では、次の三つの調査を実施する。

- ①製造時に問題があったのか
  - ②施工過程で問題が発生したのか
  - ③供用期間において問題が発生したのか
- ①～③の調査結果をもとに、補修結果報告書の作成および補修作業に関する情報の検索が効率的に行え

るように情報項目を整理した。そして、下部工の部材毎に補修工法をシステムへの入力項目形式にまとめた。入力項目形式にまとめた補修作業に関する情報の一例を図-4に示す。

|          |                |
|----------|----------------|
| <計画・設計>  |                |
| 項目1      | 適用溶接継手         |
| 項目2      | 適用鋼種           |
| 項目3      | 材片の組合せ精度       |
| 項目4      | 塗料, 錆の除去方法, 状態 |
| 項目5      | 塗装方法, 状態       |
| 項目6      | 溶接環境           |
| 項目7      | 小溶接長さの溶接状態     |
| 項目8      | 予熱状態           |
| <応力下の溶接> |                |
| 項目1      | 使用溶接材料         |
| 項目2      | 溶接長さ           |
| 項目3      | 特記事項           |
| <振動下の溶接> |                |
| 項目1      | 使用溶接材料         |
| 項目2      | 溶接作業足場の状態      |
| 項目3      | 特記事項           |
| <溶接部の検査> |                |
| 項目1      | 溶接部の脚長         |
| .        | .              |

図-4 入力項目形式にまとめた補修作業に関する情報の一例

### 3.3.3 データの構成

点検・補修作業は部材毎に行われるので、部材毎に、情報を参照できる必要がある。そこで、鈑桁橋を定義する定義ファイルを更新し、鈑桁橋下部工の維持管理で必要とする情報を部材毎に持たせて、鈑桁橋全体の情報を参照できるようにした。本研究で構築した三次元モデルライブラリのデータベースの構造を図-5に示す。

三次元モデルライブラリデータベースのデータ構造として、まず、形状情報と属性情報に分類した。次に、形状情報を鈑桁橋の部材単位に分類した。同様にして、属性情報も部材単位に分類し、さらに、設計・製作情報、点検情報、補修情報に分類した。

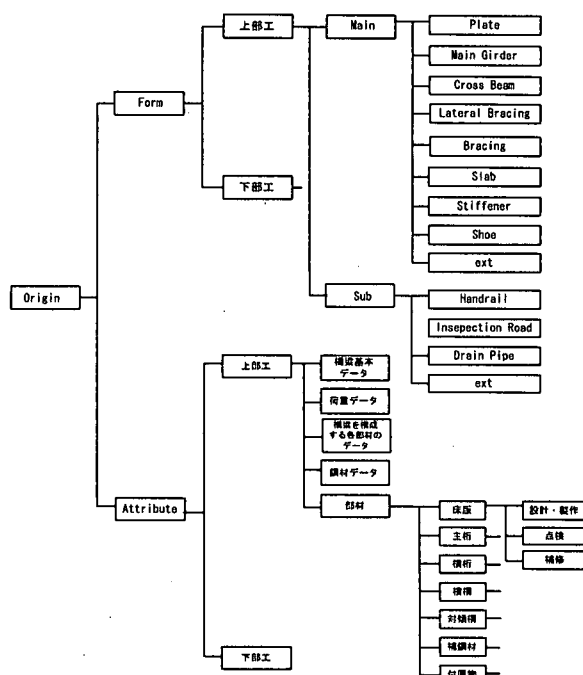


図-5 データベース構造図 (一部)

## 4. あとがき

道路橋の中で最も多く架設されている鈑桁橋の上部工を対象として開発されている既存の点検・補修履歴管理システム<sup>⑦</sup>をより有用なシステムにするために、Webベースの三次元モデルライブラリシステムに改良した。そして、技術者の技術向上のため、維持管理を対象とした情報の参照機能の充実を図った。また、鈑桁橋下部工の維持管理で扱われる情報を整理し、鈑桁橋の上部工、下部工の情報を取り扱えるようにデータベース項目と履歴管理機能を拡張した。

## 謝辞

最後に、本研究を遂行するにあたって、日本工営株式会社 今井龍一氏、TIS 株式会社 村田真一氏、株式会社オービス総研 窪田 諭氏に、ご協力いただいた。また、株式会社ニュージェック 保田敬一 博士からは資料を提供いただいた。ここに記して感謝の意を表する。

## 参考文献

- (1) 西川和廣：社会資本の維持管理－道路橋からみた社会資本維持管理の現状と課題，土木学会誌，Vol.83，pp.35-37，1999.2.
- (2) 建設省土木研究所 構造橋梁研究室：橋梁マネージメントシステムの開発に関する調査研究報告書，土木研究所資料第 3633 号，1999.3.
- (3) 牧田 哲，笠井利貴，桜井和弘：橋梁点検データベースを用いた補修計画支援システムの構築，第 24 回土木情報システム講演集，土木学会，pp.149-152，1999.10.
- (4) 神波修一郎，吉原信義，中村秀明，宮本文穂：橋梁維持管理システムにおけるデータベースシステムの構築，土木情報システム論文集，Vol.8，pp.167-174，1999.10.
- (5) 神波修一郎，上村勝利，中村秀明，宮本文穂：橋梁維持管理のための戦略的橋梁データベースの開発，土木情報システム論文集，土木学会，Vol.7，pp.57-64，1998.10.
- (6) 宮本文穂，中村秀明，河村圭：Bridge Management System(BMS)を利用した既存橋梁の最適維持管理計画の策定，土木学会論文集，N0.588/VI-38，pp.191-208，1998.3.
- (7) 三上市蔵，田中成典，石井由美子：三次元モデルライブラリを利用した点検・補修履歴の管理システム，第 25 回土木情報システムシンポジウム講演集，土木学会，pp.21-24，2000.10.
- (8) 阪神高速道路公団：道路構造物の点検標準（土木構造物編），1996.5.
- (9) 阪神高速道路公団：道路構造物の補修要領，1990.6.
- (10) 首都高速道路技術センター：21 世紀の構造物管理分野を支える情報システム，C&S REPORT，横河技術情報，No.23，pp.2-5，2000.5.
- (11) 光橋尚司，大下武志，青山憲明：実証実験及びパブリックコメントによる CAD 製図基準の検証，第 25 回土木情報システムシンポジウム講演集，土木学会，pp.5-8，2000.10.
- (12) 田中成典，西岡誠治，石見正和，上山 晃：国際標準に基づいた CAD 図面データ交換基盤の開発，第 25 回土木情報システムシンポジウム講演集，土木学会，pp.107-110，2000.10.
- (13) 建設省総合技術開発プロジェクト：統合情報活用による建設事業の高度化技術の開発，2000.2.
- (14) 高橋広幸，山崎元也，本郷廷悦，道路に係わる情報の整備と活用，第 25 回土木情報システムシンポジウム講演集，土木学会，pp.9-12，2000.10.
- (15) 建設省道路局：道路統計年報，全国道路利用者会議，2000.10.
- (16) 国土交通省：公共工事コスト縮減対策に関する新行動計画，2001.3.
- (17) 服部達也，村松敏光，朝倉義博：道路維持管理モデルの現状と将来像の提案，CALS/EC Japan 1999 論文集，CALS 推進協議会，pp.265-270，1999.11.
- (18) 朝倉義博，松村敏光，服部達也：GIS 等の情報基盤を活用した維持管理作業の将来モデルの提案，第 24 回土木情報システム講演集，土木学会，pp.145-148，1999.10.
- (19) 服部達也，村松敏光，朝倉義博：業務プロセスの再構築に向けた業務分析のあり方，建設マネージメント研究論文集，土木学会，Vol.6，pp.27-38，1998.12.