

# CALS/EC を目指した橋梁維持管理業務における 現状分析と XML による点検 DB の構築

(株)ニュージェック 保田敬一 \*1

関西大学 三上市蔵 \*2

日本工営(株) 今井龍一 \*3

By Keiichi YASUDA , Ichizou MIKAMI and Ryuichi IMAI

点検は維持管理の基本であり、点検結果をもとにして健全度評価、劣化予測、最適補修計画などが実施される。しかし、点検業務は、現場での点検員の経験や熟練度に依存しているのが現状である。本研究では、橋梁の維持管理業務を対象にして、国際的な分析手法を用いたモデル化による現状の業務分析を行った。従来から指摘されていた維持管理業務における問題点の正当性を確認した。そして、現状分析から得られた各部材の過去の損傷結果や判定の経緯が不明であるという課題に対する対応策として、XML を用いた点検結果のデータベースを構築した。さらに、構築した XML-DB を実際の橋梁点検で使用し、判定支援に有効に利用できることを検証した。

【キーワード】 橋梁, CALS/EC, 維持管理業務, XML, 判定支援, 点検

## 1. はじめに

CALS/EC 実現に向けての第一歩として、国土交通省では 2001 年度から直轄事業を対象に電子納品が開始し、2004 年度から完全実施になった<sup>1)</sup>。また、各地方自治体においても CALS/EC 実現のための行動計画の策定、ならびに CALS/EC 実現の一環として電子納品が実施され始めている。

CALS/EC は、公共事業のライフサイクルにおける電子情報を整備することにより、情報の交換・連携・共有・再利用を可能にするものである。効率的に事業を遂行させることは、「コスト縮減」、「品質の確保・向上」、さらには「契約の公平性・透明性の確保」を実現する。公共事業のライフサイクルは一般的に、計画→調査→設計→積算→入札・契約→調達→施工→検査→運用・維持管理→リニューアル・更新といったプロセスで実施されており、業務プロセスごとに情報の電子化や自動化が進められている。ライフサイクルには、多くの関係組織が関わり、多種多量の情報が不連続的に流れ

ているため、情報の収集・整理を余儀なくされているような非効率的、非合理的なプロセス処理が現状である。

一方、昨今の公共事業では、構造物の運用・維持管理およびリニューアル・更新のプロセスが重要視されている。その中で点検結果については、紙媒体で橋梁台帳や点検調書が整理・保管されている。この状況下においては、点検・補修・補強戦略の意志決定や損傷状況の確認に、既存の紙情報を利用することは非効率的である。また、膨大な点検報告書の保管にも苦慮しているのが現状である。このような状況を受けて、MICH などに代表される道路管理データベース<sup>2)</sup>や橋梁維持管理支援システム<sup>3)4)</sup>などが開発されている。しかし、これらの開発されている管理データベースや維持管理支援システムでは、点検で問題となっている現場点検員の経験や熟練度の差による判定誤差を最小限にするための判断材料を提供しているわけではない。維持管理業務の中でも点検業務はその膨大な点検結果を整理して、今後の点検にどのように有効利用させていくかが課題となっているが、この現場での判定を支援することも、過去の点検結果の有効利用策としてあげられる。

\*1 東京本社 道路 G 橋梁チーム Tel.03-5625-1801

\*2 工学部 都市環境工学科 教授 Tel.06-6368-1121

\*3 統合情報技術部 Tel.03-3238-8151

本研究では、将来の建設業への CALS/EC の実現に向けて、公共事業のライフサイクルの中でも期間が非常に長い橋梁の維持管理業務の点検を例にとって、分析手法の国際標準である IDEF (ICAM Definition) を適用し、現状の業務分析を行う。そして、分析にて抽出された課題への対応策を検討し、XML (eXtensible Markup Language) を適用した対応策のケーススタディを実施する。この XML を用いた過去の点検記録のデータベース化を行うことで、現場での判定支援に活用できるというメリットがある。すなわち、現場での点検員の経験や熟練度に依存している現状から、判定の誤差を最小限にし、過去の判定結果を画像情報込みで閲覧可能にする環境を構築する。

## 2. 橋梁点検業務の現状分析

### 2.1 業務プロセス

現状の点検業務を把握するために、ここでは業務プロセスを整理する。旧建設省土木研究所の橋梁点検要領(案)<sup>5)</sup>に示されている点検業務の流れおよび定期点検における点検結果の記録および報告書作成作業の手

順を基にして、阪神高速道路公団の職員へヒアリングを実施し、図-1 に示す橋梁の維持管理業務の流れを整理した。なお、図-1 には、維持管理業務にて利用されているデータベースシステムについても併せて示している。

これらの整理結果を基に、本研究では、阪神高速道路公団の職員を対象にヒアリングを実施し、IDEF0 手法<sup>6,7)</sup>を用いて現状の橋梁点検業務のモデル化を行った。IDEF0 モデルの一例を図-2 に、ノードリストを図-3 に示す。

ここで、IDEF とは、業務改革の推進と情報システム統合のためのビジネスモデリングの手法群である。IDEF を用いることによって、目的達成のために実践過程で生じる矛盾などを総括し、現状を把握・分析を行うことができる。また、あいまいにされることが多いビジネスモデルを図式化して表現するため、現状の業務モデル (As-Is) と目標の姿 (To-Be) とを明確に記述できる。IDEF の用途としては、業務分析、業務見直し、システム分析などに使用される。IDEF の中でも IDEF0 と IDEF1X は標準化され広く活用されている。

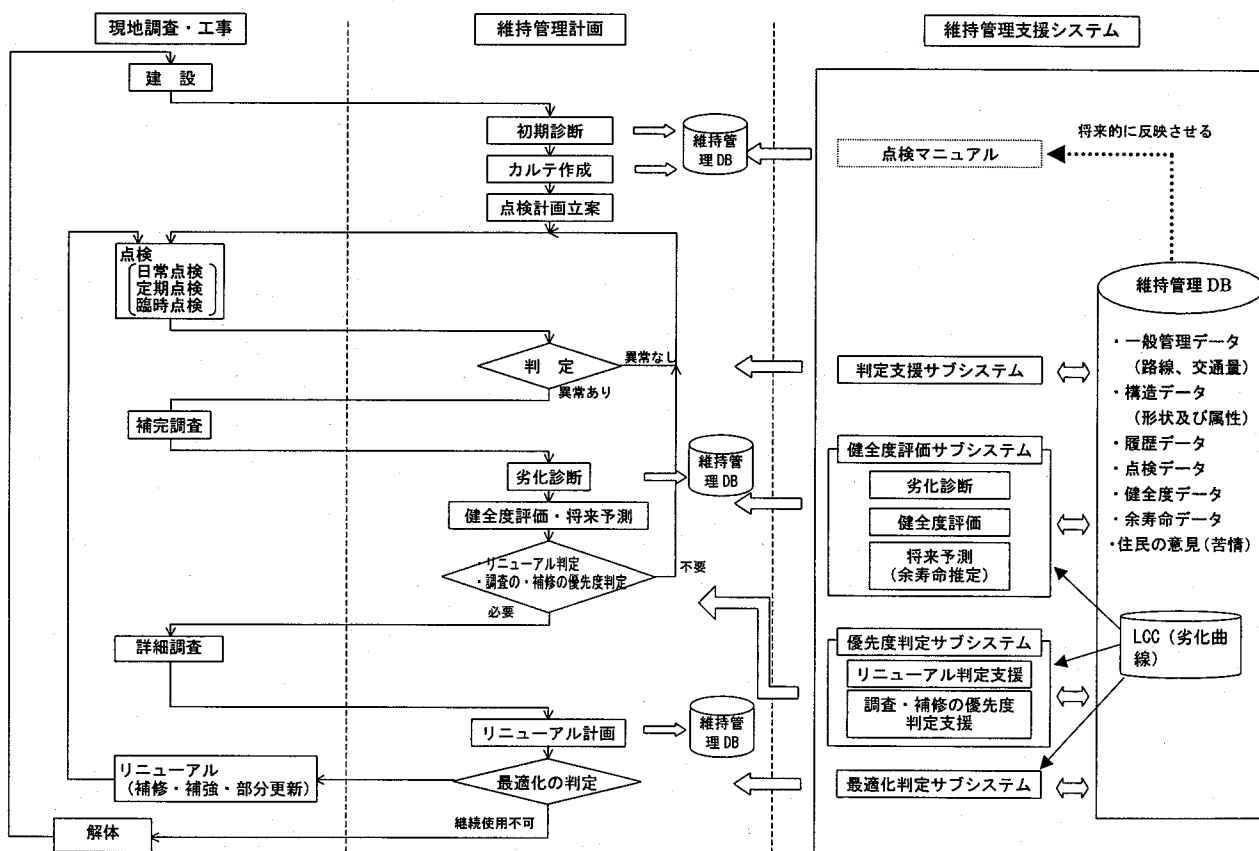
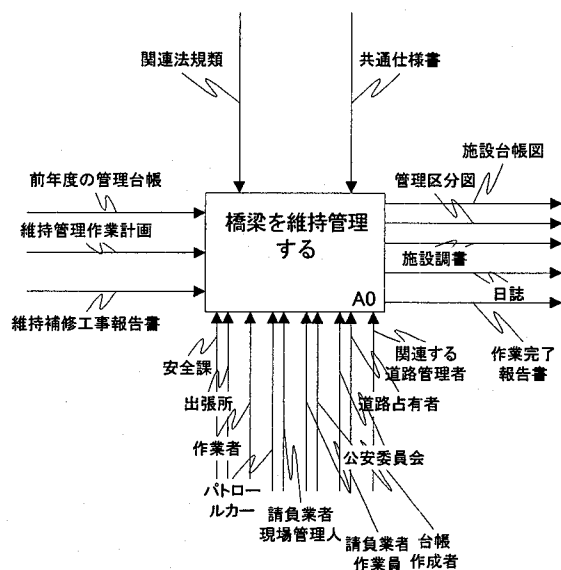


図-1 橋梁の維持管理業務の流れ



トップ事象：橋梁を維持管理する

図-2 IDEF0 モデル

- A0 橋梁を維持管理する
- A1 維持管理計画を立案する
  - A11 維持管理対象物を特定する
  - A12 対象物の諸元を確認する
  - A13 対象物の管理台帳等を確認する
  - A14 対象物の健全度を把握する
  - A15 維持管理計画書を作成する
  - A2 点検計画を立案する
  - A21 点検対象物を特定する
  - A22 点検対象物の諸元を確認する
  - A23 点検対象物の管理台帳等を確認する
  - A24 点検対象物の健全度を確認する
  - A25 点検計画書を作成する
  - A3 施設を点検する
  - A31 点検員を選定する
  - A32 点検対象物の健全度を確認する
  - A33 対象物を点検する
  - A331 損傷の有無を点検する
  - A332 交通の安全確保の支障となる恐れの有無を点検する
  - A333 詳細調査の必要性を判定する
  - A334 補修の必要性を判定する
  - A335 追跡調査の必要性を判定する
  - A34 点検結果を帳票に記入する
  - A35 点検結果に基づき損傷度、補修等を判定する
  - A36 点検報告書を作成する
  - A4 点検結果から補修等を判定する
  - A41 補修等の是非を検討する
  - A42 補修等の予算を確保する
  - A43 追加点検等の必要性を検討する

図-3 IDEF0 ノードリスト

本研究では、現状の課題として橋梁の維持管理業務を対象にして現状の業務モデル (As-Is) 分析を行ったが、As-Is とは別に将来の姿 (To-Be) 分析を行ったわけではない。後述する現状の課題整理の中で、現状の課題に対する解決策を将来の姿とみなして整理してい

る。なお、IDEF1X はエンティティ間の関係記述のための幾何表現モデルであるが、本研究では IDEF1X によるモデル化は行っていない。

## 2.2 業務で流通する情報

ここでは、IDEF0 モデルの中で、どのような情報が流通しているのか、個々のデータでどういった従属関係および継承関係を持っているのかについて把握するため、ER (Entity Relationship) ダイアグラムを作成することで検討を行った。ER ダイアグラムを作成することにより、データの流れがより明確になり、IDEF0 モデル作成の参考になると考えた。

ER ダイアグラムとは、情報システム設計時に現実のデータをモデリングする時の手法である。実体 (Entity) を四角形、その関係 (Relationship) をひし形で表わし、それぞれを線で結びデータ構造を図式化するという、データベース設計の時に使用されるモデルである<sup>8)</sup>。

本研究においては、「点検」で使用する帳票から分析を行った。「点検」業務で使用する帳票としては、「巡回点検実施日計画書」、「日常点検報告書 (路上)」、「日常点検報告書 (路下)」、「コンクリート橋脚定期点検報告書」などがある。これらの帳票から「日常点検報告書」と「コンクリート橋脚定期点検報告書」を対象にデータベースを作成することを想定し、データモデルを作成した。

日常点検 ER 図で対象となるエレメントは、「所轄部署」と「構造物」、「点検者」である。日常点検の ER 図を図-4 に示す。なお、「定期点検」の記録票には構造物の種類ごとに 11 種類の帳票があるが、ここでは定期点検 ER 図は省略する。

データの流れは以下のようなものである。

- a) 「点検員」が「構造物」(1:N)に対して「点検」を行い、「点検管理者」が承認を行う。ここで、N は構造物の数で、点検員が 1 人に対して N 個の構造物を点検するという意味である。
- b) 「点検」が行われることで点検「構造物」の「部位」についての「状況」が記録される。
- c) 記録された「状況」から担当者が「処置予定」の内容を決める。
- d) 内容によっては「維持工事」や「補修工事」への適用となる。ここで、維持工事とは、軽微でスポット的な

補修工事のことで、補修工事とは、少し規模の大きい補修工事のことをさす。

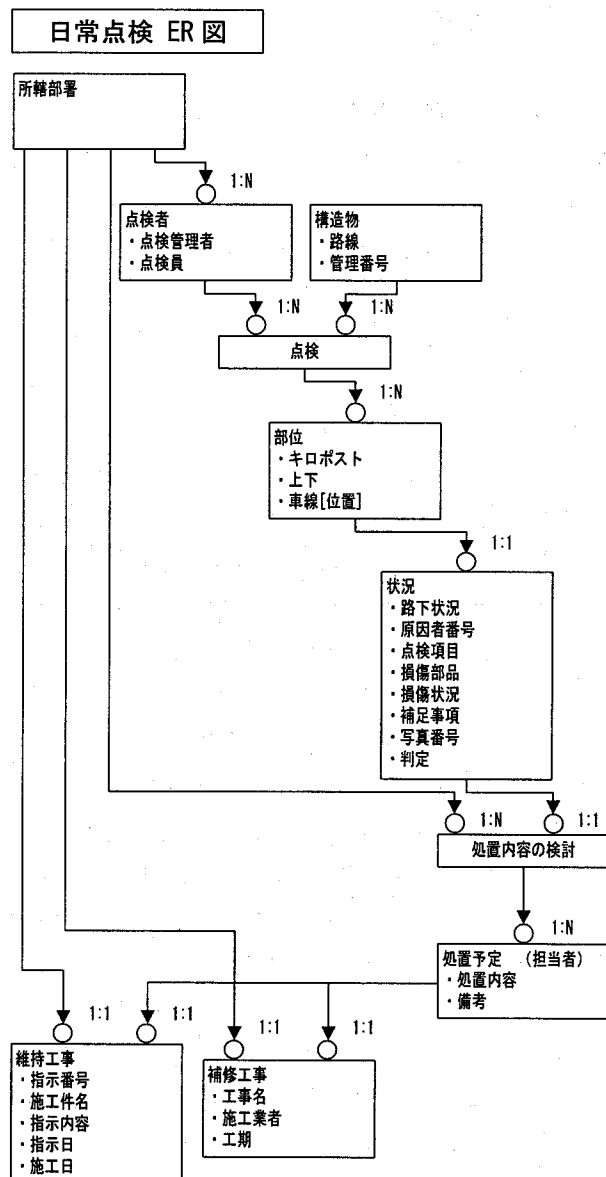


図-4 日常点検 ER 図

### 2.3 課題の抽出

ここでは、2.2 での現状分析から課題を抽出し、IDEF0 モデルのノードリスト（図-3 参照）ごとに整理を行った。整理にあたっては、「人的な課題」「制度的な課題」「技術的な課題」を設定して実施した。整理結果をまとめた一覧を表-1 に示す。次に、表-1 をもとにして、発注者ごとの点検要領・基準を仮に To-Be モデルと考え、その To-Be モデルと比較することで課題の抽出を行った。

表-1 のアクティビティについては、発注者ごとの点

検要領・基準<sup>5),9),13)</sup>を見比べても発注者ごとによって大きな差異のない一般的な内容となっている。しかし、制度的な観点から各発注者の要領・基準の差異があることが考えられる。本研究では、各発注者の要領・基準にどの程度の差異があるのか整理した<sup>5),9),13)</sup>。各発注者の要領・基準の差異を整理した結果を表-2 および表-3 に示す。

各発注者の要領・基準の差異の中から代表的な事項を次に示す。

■用語が不統一となっている。

■点検の分類や点検対象の構造物の規定内容に差異がある。ただし、各点検要領における対象が同一でないことも規定内容に差異がある一因となっている。

■判定段階（基準）に差異があり、受注者は、発注者ごとに規定されている点検ノウハウを習得する必要がある。

■要領・基準は電子化されておらず、点検員は常に紙ベースの要領・基準を持ち歩く必要がある。

■成果品が紙ベースで保管・管理されているため、参照度の高い台帳が非効率的な利用となっている。

■発注者によっては、点検員の選定に関する規定が設けられていない。

現状分析の結果（総括）を以下に示す。

- (1) 「点検する」「確認する」「判定する」といった行為、すなわち「人が判断」する行為に対しては、判断資料を効率よく提供（支援）するようなプロセスモデル（例：オンラインシステムなど）を整備する必要がある。点検は、その後の健全度判定や補修の要否判定など、維持管理の基礎となる重要な行為であるが、点検員の経験や熟練度によって点検結果に差があるのが現状である。これは、点検や判定といった行為が、表-1 でも示されているように、点検員の経験や熟練度に依存するためであり、判定の個人差をできるだけなくするような点検員教育、判定の参考になる資料などを提供することで改善されると思われる。
- (2) 「結果を記入」などのデータを記入する際、紙媒体による記入ではなく、オンラインで記入できる環境を整備する必要がある。これは、点検員のデータの再記入を回避する効果がある。

表-1 現状の課題（橋梁を対象とした施設の維持管理業務の整理）

| アクティビティ                      | 人的な視点                                  | 制度的な視点                                                            | 技術的な視点                                         | 備 考                     |
|------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------|
| A0 橋梁を維持管理する                 |                                        |                                                                   |                                                |                         |
| A1 維持管理計画を立案する               |                                        |                                                                   |                                                |                         |
| A11 維持管理対象物を特定する             | 管理者（担当者が立案し、上司が承認する）                   | 参照する基準類は存在しない。                                                    | 資料が紙ベースの場合、電子化の方向で検討する。                        |                         |
| A12 対象物の諸元を確認する              | 管理者（担当者が立案し、上司が承認する）                   | 主に台帳（紙）にて確認する。                                                    | 諸元等の情報は電子化する方向で進んではいるが、まだ紙ベースが多い。              |                         |
| A13 対象物の管理台帳等を確認する           | 管理者（担当者が立案し、上司が承認する）                   | 管理台帳の管理については、文書管理規程に依存している。                                       | 管理台帳は電子化する方向で進んではいるが、まだ紙ベースが多                  |                         |
| A14 対象物の健全度を把握する             | 管理者（担当者が立案し、上司が承認する）が行うが、経験・熟練度に依存する。  | 健全度に関する基準等は整備されていない。                                              | 台帳には健全度までは記入されていない。補修の履歴のみが載っている。              | 管理台帳を基に健全度を把握すると解釈して良い。 |
| A15 維持管理計画書を作成する             | 管理者（担当者が立案し、上司が承認する）が行うが、経験・熟練度に依存する。  | 維持管理計画書を作成するにあたっての基準等は整備されていない。                                   |                                                |                         |
| A2 点検計画を立案する                 |                                        |                                                                   |                                                |                         |
| A21 点検対象物を特定する               | 管理者（担当者が立案し、上司が承認する）                   | 参照する基準類は存在しない。                                                    | 資料が紙ベースの場合、電子化の方向で検討する。                        |                         |
| A22 点検対象物の諸元を確認する            | 管理者（担当者が立案し、上司が承認する）                   | 主に台帳（紙）にて確認する。                                                    | 諸元等の情報は電子化する方向で進んではいるが、まだ紙ベースが多い。              |                         |
| A23 点検対象物の管理台帳等を確認する         | 管理者（担当者が立案し、上司が承認する）                   | 管理台帳の管理については、文書管理規程に依存している。                                       | 管理台帳は電子化する方向で進んではいるが、まだ紙ベースが多                  |                         |
| A24 点検対象物の健全度を確認する           | 管理者（担当者が立案し、上司が承認する）が行うが、経験・熟練度に依存する。  | 健全度に関する基準等は整備されていない。                                              | 台帳には健全度までは記入されていない。補修の履歴のみが載っている。              | 管理台帳を基に健全度を把握すると解釈して良い。 |
| A25 点検計画書を作成する               | 管理者（担当者が立案し、上司が承認する）が行うが、経験・熟練度に依存する。  | 維持管理計画書を作成するにあたっての基準等は整備されていない。                                   |                                                |                         |
| A3 施設を点検する                   |                                        |                                                                   |                                                |                         |
| A31 点検員を選定する                 | 受注者側で点検員資格に合致する人を人選する。                 | 点検員の資格制度を整備                                                       |                                                |                         |
| A32 点検対象物の健全度を確認する           | 点検員の経験・熟練度に依存<br>A32～36が点検員の行為となる。     | (1)左記の差を最小限にする判断材料となるガイドラインを整備<br>(2)上記ガイドラインをオンラインによる閲覧が可能な環境を整備 | 左記(2)を実現するためのシステムを構築                           |                         |
| A33 対象物を点検する                 |                                        |                                                                   |                                                |                         |
| A331 損傷の有無を点検する              | 点検員の経験・熟練度に依存する。                       | (1)左記の差を最小限にする判断材料となるガイドラインを整備<br>(2)上記ガイドラインをオンラインによる閲覧が可能な環境を整備 | 左記(2)を実現するためのシステムを構築<br>軽量、小型で操作しやすい点検器具・装置の開発 | 通常、定期、異常時点検に大別          |
| A332 交通の安全確保の支障となる恐れの有無を点検する |                                        |                                                                   |                                                |                         |
| A333 詳細調査の必要性を判定する           |                                        |                                                                   |                                                |                         |
| A334 補修の必要性を判定する             |                                        |                                                                   |                                                |                         |
| A335 追跡調査の必要性を判定する           |                                        |                                                                   |                                                |                         |
| A34 点検結果を帳票に記入する             | 点検員の情報リテラシーの向上                         | 電子情報による授受を可能とする既制度の改訂<br>(現状：紙による保存)                              | 点検結果をオンラインで記入できるシステムを整備                        |                         |
| A35 点検結果に基づき損傷度、補修等を判定する     | 点検員の経験・熟練度に依存                          | 損傷度からの判定に関する資料は整備されているが、そこから補修の判定にどのように結びつけていくかは不明                | 判断の指標となる資料の整備<br>(DBMSの整備)                     |                         |
| A36 点検報告書を作成する               | 点検員の情報リテラシーの向上、点検員の経験・熟練度に依存           | 電子情報による授受を可能とする既制度の改訂                                             |                                                |                         |
| A4 点検結果から補修等を判定する            |                                        |                                                                   |                                                |                         |
| A41 補修等の是非を検討する              | 管理者（担当者が立案し、上司が承認する）が行うが、技術者の経験・熟練度に依存 | 参照する基準類は存在しない。すなわち、点検結果や健全度、優先順位、予算制約のもとで、補修の是非を判定するガイドラインを整備     | 左記を実現するためのシステムを構築                              |                         |
| A42 補修等の予算を確保する              | 管理者（担当者が立案し、上司が承認する）が行うが、技術者の経験・熟練度に依存 | 予算制約がある場合が多い。また、過去の予算確保のための資料は紙ベースでは保管されている。                      | 資料が紙ベースの場合、電子化の方向で検討する。                        |                         |
| A43 追加点検等の必要性を検討する           | 管理者（担当者が立案し、上司が承認する）が行うが、技術者の経験・熟練度に依存 | 参照する基準類は存在しない。すなわち、点検結果や健全度、優先順位、予算制約のもとで、追加点検等の必要性を判定するガイドラインを整備 | 左記を実現するためのシステムを構築                              |                         |

表-2 発注者の要領・基準の差異(1)

| 機関名称      | 要領・基準類                           | 分類              | 日常的な点検                                 |                      | 臨時的な点検                  |                      |                     |                      |
|-----------|----------------------------------|-----------------|----------------------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
|           |                                  |                 | 通常/日常点検                                | 定期点検                 | 臨時                      | 異常時                  | 追跡                  | 詳細/精密                |
| 国土交通省     | 橋梁点検要領(案), 昭和63年7月/土木研究所         | 方法<br>頻度<br>点検者 | 車上目視<br>日常巡回時<br>国交省職員                 | 目視、機材<br>定期的<br>受注者  |                         | 規定なし<br>規定なし<br>規定なし | 目視、機材<br>継続的<br>受注者 | 機材<br>規定なし<br>受注者    |
| 日本道路公団    | 維持修繕要領(平成11年4月), 点検の手引き(昭和63年3月) | 方法<br>頻度<br>点検者 | 車上目視<br>1回/日<br>2人1組(職員)               | 目視、機材<br>1回/年<br>受注者 | 定期点検と同じ<br>適宜<br>規定なし   |                      |                     |                      |
| 首都高速道路公団  | 土木構造物点検要領(昭和57年3月)               | 方法<br>頻度<br>点検者 | 車上目視(高架下は徒歩目視)<br>1回/日(高架下1回/週)<br>受注者 | 目視、写真<br>定期的<br>受注者  | 定期点検を参考<br>規定なし<br>規定なし |                      |                     |                      |
| 阪神高速道路公団  | 道路構造物の点検標準(土木構造物編)(平成8年5月)       | 方法<br>頻度<br>点検者 | 車上目視(必要に応じ計測)<br>一定頻度<br>規定なし          | 目視、計測<br>定期的<br>規定なし | 定期点検を参考<br>適宜<br>規定なし   |                      |                     |                      |
| 本州四国連絡橋公団 | 橋梁維持点検作業標準(平成2年3月)               | 方法<br>頻度<br>点検者 | 徒歩目視<br>長大橋1回/月、高架橋1回/3ヶ月<br>規定なし      | ※<br><br>規定なし        | 適宜対応<br>適宜<br>規定なし      | 目視<br>適宜<br>規定なし     |                     | 適宜対応<br>適宜対応<br>規定なし |

※) 空白は要領・基準に明記されていないことを示す。

表-3 発注者の要領・基準の差異(2)

| 機関名称      | 要領・基準類                             | 構造物       |          |     |    |    |     |    |     |    |    |    |     |      |      |        |      |      |      |     |      |    |    |     | 判定段階<br>※4 |      |     |
|-----------|------------------------------------|-----------|----------|-----|----|----|-----|----|-----|----|----|----|-----|------|------|--------|------|------|------|-----|------|----|----|-----|------------|------|-----|
|           |                                    | 上部工<br>※1 | 床版<br>※2 | 下部工 | 支承 | 高欄 | 防護柵 | 地覆 | 分離帯 | 縁石 | 舗装 | 路肩 | 踏掛版 | 伸縮装置 | 排水装置 | 落橋防止装置 | 点検設備 | 遮音設備 | 照明設備 | 標識類 | ダンパー | 継手 | 塗装 | ボルト |            | ケーブル | 添架物 |
| 国土交通省     | 橋梁点検要領（案）<br>（昭和63年7月／土木研究所）       | ○         | ○        | ○   | ○  | ○  | ○   | ○  | ○   | ○  | ○  |    |     | ○    | ○    | ○      | ○    | ○    | ○    | ○   |      |    |    |     |            | ○    | 5   |
| 日本道路公団    | 維持修繕要領（平成11年4月）<br>点検の手引き（昭和63年3月） | ○         | ○        | ○   | ○  | ○  | ※3  | ○  |     |    | ○  |    |     |      |      | ○      | ○    |      |      |     |      |    | ○  |     |            |      | 4   |
| 首都高速道路公団  | 土木構造物点検要領<br>（昭和57年3月）             | ○         | ○        | ○   | ○  | ○  |     | ○  |     |    | ○  |    |     | ○    | ○    | ○      |      | ○    |      |     |      |    | ○  | ○   |            |      | 5   |
| 阪神高速道路公団  | 道路構造物の点検標準（土木構造物編）<br>（平成8年5月）     | ○         | ○        | ○   | ○  | ○  |     | ○  |     |    | ○  | ○  | ○   | ○    | ○    | ○      | ○    |      |      | ○   | ○    | ○  |    |     |            | ○    | 5   |
| 本州四国連絡橋公団 | 橋梁維持点検作業標準<br>（平成2年3月）             | ○         |          | ○   | ○  | ○  | ○   |    |     |    | ○  |    |     | ○    | ○    | ○      | ○    |      |      | ○   | ○    |    |    |     | ○          | ○    | 5   |

※1) 鋼製：主桁、横桁、縦桁、対傾構など、コンクリート：主桁、横桁、縦桁など

※2) 鋼製橋脚、コンクリート：橋脚、橋台、擁壁など

※3) 空白は要領・基準に明記されていないことを指す

※4) 首都高速道路公団および阪神高速道路公団は、各段階に対し詳細な判定区分を設定している

(3) 発注者によって、点検基準やプロセス等に差異があるが、構造物の管理にあたっては、構造物の諸元に係るデータが重要になる。これらのデータは帳票(台帳)に示されている。このため、紙ベースの帳票(台帳)を電子化するとともに、利用できるような交換基盤を整備する必要がある。

(4) 長期的な観点からは、構造物のライフサイクルにお

けるプロセスモデルを規定し、その中で利用されるデータを定義する必要がある。

一方、短期的な観点からは、各発注者が管理している帳票(台帳)にある構造物の諸元に係るデータを電子化することにより、業務の効率性が非常に高くなることが考えられる。この場合、様々な利用環境において利用できるデータ形式であることが望ましい。

### 3. 橋梁点検業務の効率化に向けた点検 DB の構築

本研究では、2 章の現状分析の結果、点検結果は点検員の経験や熟練度に左右する、すなわち、各部材の過去の損傷結果や判定の経緯が不明であるという課題を踏まえ、点検業務で必要とする資料を即座に検索できるとともに、汎用性ある利用環境を検討し、XML を用いた橋梁点検業務の効率化に向けた点検 DB を構築した。

利用環境としてはデータベースが挙げられ、データをテーブル形式で表現している RDB (Relational Database) の方が普及している。RDB とは、データ管理方式の一つで、リレーショナルデータモデルの理論に従っている。1 件のデータを複数の項目 (フィールド) の集合として表現し、データの集合をテーブルと呼ばれる表で表す方式である。ID 番号や名前などのキーとなるデータを利用してデータの結合や抽出を容易に行うことができ、中小規模のデータベースでは最も一般的な方法である。例えば、点検データならば、点検帳票というカテゴリがあるにもかかわらず、それを再現するために複数のテーブルから持ち寄って再度作成するということは不自然である。点検帳票をカテゴリ分類し、また各データの主従関係を明確にして取り扱う場合は、XML<sup>14),15)</sup>を適用するのが有効である。また、点検帳票などでデータの単位ごとにその中の項目が異なったりする場合でも、XML では階層構造で要素 (データ) を定義して取り扱うので、帳票などのドキュメントをほぼそのままの形で格納できる。

従来の RDB による維持管理支援システムでは、例えば、現地調査結果を携帯端末から携帯電話を用いて、データベースサーバに送信するといった試みはなされている。この方法により、緊急時には情報を迅速に送信することができるメリットがある。この携帯端末を用いた点検方法は、携帯端末機器の小型・軽量化に伴って今後主流となっていくと考えられる。しかし、現地で点検・判定する際に問題となるのが、点検員の見落としや誤判定である。実際の現場点検は熟練技術者が全て行っているわけではなく、講習を受けた若年技術者も点検に携わっているため、判定の際に参考となる判定事例を容易に参照できるシステムが求められる。これまでに開発されてきた 道路管理データベース<sup>2)</sup>や

橋梁維持管理支援システム<sup>3),4)</sup>では現場での参照を支援できるわけではない。このような状況から、過去の点検結果を現場のクライアントマシンから Web 上で参照することができれば、ドキュメントとして画像情報も込みで一度に参照可能であるというメリットがある。これを実現するためにも Web 上で検索可能な XML によるデータベースを構築する必要がある。

このように、XML には RDB にはないメリット、すなわち、点検帳票をそのままの形で格納できる点、さらには、Web 上で利用することを考えた場合、XML の方が RDB よりもリンク面で優れている点が多いことが特徴である。

維持管理・点検データを XML 化するにあたって、まずデータの主従・継承関係などを整理し、構造化を行った。橋梁の点検には大きく分けて、径間と下部工と分類できる。径間とは主に上部工の主桁や床版、舗装、排水などを対象とし、下部工とは、橋台・橋脚、支承、伸縮装置などを点検対象としている。点検結果の項目ごとに、損傷の有無、目視結果、判定区分、写真を記述している。また、点検結果の項目および判定区分は、旧建設省土木研究所の橋梁点検要領 (案)<sup>9)</sup>に基づいた。径間部および下部工のデータ構造化の結果を図-5 に示す。そして、構造化したデータモデルから、XML の文書型定義 (DTD: Document Type Definition) を図-6 のとおり定義した。また、XML インスタンスを図-7 に示す。

例えば、XML データベースの利用例として、受注者は XML ファイルを発注者に提出すると、発注者はその XML ファイルをタグという要素単位で要素ごとにデータベースに登録 (格納) する。利用時には、ユーザがクリアリングハウスでキーワード検索すると、関連する複数の橋梁の情報が表示される。そして、確認したい橋梁情報をクリックすると、対象橋梁に係わる XML ファイルが Web ブラウザに表示されるというイメージである。

XML 化した点検データベースの利用を考えた場合、主に検索と参照、更新、追加、変更、削除などが容易にできるようにしなければならない。

検索と参照の処理は XSL (eXtensible Stylesheet Language) で十分可能であり、画面の遷移は HTML を利用することで容易に実現できる。



検索画面/pickup-11.html - Microsoft Internet Explorer

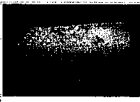
ファイル(E) 編集(E) 表示(V) お気に入り(A) ツール(T) ヘルプ(H)

## 検索画面(上部工)

点検結果一覧 | 抽出

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |  |  |  |  |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| ■部位   | <input checked="" type="radio"/> 指定しない<br><input type="radio"/> 指定する <input type="checkbox"/> A1-P1 <input type="checkbox"/> P1-P2 <input type="checkbox"/> P2-P3 <input type="checkbox"/> P3-P4 <input type="checkbox"/> P4-A2                                                                                                                                               |  |  |  |  |  |
| ■点検種別 | <input checked="" type="radio"/> 指定しない<br><input type="radio"/> 指定する <input type="checkbox"/> 定期点検 <input type="checkbox"/> 通常点検 <input checked="" type="checkbox"/> 臨時点検 <input type="checkbox"/> 異常時点検                                                                                                                                                                      |  |  |  |  |  |
| ■日時   | <input checked="" type="radio"/> 指定しない<br><input type="radio"/> 指定する <input type="checkbox"/> 1995年 <input type="checkbox"/> 1996年 <input type="checkbox"/> 1997年 <input type="checkbox"/> 1998年<br><input type="checkbox"/> 1999年 <input type="checkbox"/> 2000年 <input type="checkbox"/> 2001年                                                                              |  |  |  |  |  |
| ■部材   | <input checked="" type="radio"/> 指定しない<br><input type="radio"/> 指定する <input checked="" type="checkbox"/> 主桁 <input type="checkbox"/> 横桁 <input type="checkbox"/> 横構対傾構 <input type="checkbox"/> 床版<br><input type="checkbox"/> 高欄 <input type="checkbox"/> 地覆 <input type="checkbox"/> 舗装 <input type="checkbox"/> 排水                                                         |  |  |  |  |  |
| ■点検項目 | <input checked="" type="radio"/> 指定しない<br><input type="radio"/> 指定する <input type="checkbox"/> 亀裂 <input type="checkbox"/> 脱落 <input type="checkbox"/> 塗膜の割れ・剥離 <input type="checkbox"/> 変形 <input type="checkbox"/> 段差<br><input type="checkbox"/> 剥離・剥落 <input type="checkbox"/> ひび割れ <input type="checkbox"/> わだち掘れ <input type="checkbox"/> 浮き <input type="checkbox"/> 欠損 |  |  |  |  |  |

点検結果<径間>・・主桁点検結果の抽出

| 名称      | 点検種別 | 日時        | 部材 | 項目       | 損傷の有無 | 目視結果                                   | 判定                         | 写真                                                                                    |
|---------|------|-----------|----|----------|-------|----------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| A1~P1径間 | 臨時点検 | 1999.6.16 | 主桁 | 亀裂       | 損傷無し  | 異常なし                                   | O.K:点検の結果から、損傷は認められない。     |                                                                                       |
| A1~P1径間 | 臨時点検 | 1999.6.16 | 主桁 | 脱落       | 損傷無し  | 異常なし                                   | O.K:点検の結果から、損傷は認められない。     |                                                                                       |
| A1~P1径間 | 臨時点検 | 1999.6.16 | 主桁 | 変形       | 損傷無し  | 異常なし                                   | O.K:点検の結果から、損傷は認められない。     |                                                                                       |
| A1~P1径間 | 臨時点検 | 1999.6.16 | 主桁 | 塗膜の割れ/剥離 | 損傷あり  | 塗装後6年経過。特に異常はないが、桁下面には部分的に軽微な発錆が認められる。 | ランクⅢ:損傷が認められ、追跡調査を行う必要がある。 |  |

4 ページが表示されました

マイコンピュータ

図-8 検索画面とその抽出結果の例

また、複数の XML 文書を連携させて HTML 上に表示させるには DOM (Document Object Model) を使って複数の XML ファイルを読み込んで、検索や抽出ができる。更新、追加、変更、削除処理については、Web ブラウザから入力した値に対して、XML のタグを付けた形の XML ドキュメントに変換しなければならないので、このためには ASP (Active Server Pages) や

JavaScript, IIS (Internet Information Server) などを用いる。

XML 化した点検データベースの利用を考えた場合、例えば、次の検索例が考えられる。

- ①過去の損傷履歴を全てテーブル形式で表示させる。
- ②選定した部位の点検種別、日時、部材および点検項目ごとの点検履歴、例えば、全径間における定期点検

時の主桁亀裂に関する点検履歴などをテーブル形式で表示させる。

この結果、過去の点検部位における損傷状況が把握できる。また、判定が困難な場合、過去の点検結果を参照し損傷状況とを見比べることで、点検の判定支援に使用できる。

上部工における検索画面と“全径間における臨時点検時の主桁の点検結果”を選択した場合の抽出結果の例を図-8に示す。この検索と表示はXSLとDOMおよびVB (Visual Basic) scriptを用いて行っている。

このように、過去の点検結果をXMLによりデータベース化することにより、Web上からの参照が可能となる。さらに現場で判定を行う際に参考になるばかりでなく、各部材の過去の損傷結果や判定の経緯が瞬時に抽出できるので、点検員の見落としや誤判定防止の支援にも繋がると考えられる。

#### 4. 検証

実際に橋梁点検に携わっている点検技術者に対して、本研究で構築したXML-DBに関するヒアリングを行った。ヒアリングの方法は、点検技術者に実際にnote PCを点検現場に持ち込んで頂き、使用性などを確認した。本研究で構築したXML-DBはInternet上からアクセスされるため、ファイルは特定のサーバー上 (<http://yasudakc.hp.infoseek.co.jp/xmldb/pickup-11.html>) においた。なお、Note PC (クライアント) は無線でInternetに繋いだ。

ヒアリングを行った項目は以下のとおりである。

- ①過去の点検結果は判定の参考になるか
- ②DBへのアクセスはスムーズか (レスポンス)

表-4 ヒアリング結果

|                             | はい | いいえ |
|-----------------------------|----|-----|
| ①過去の点検結果は判定の参考になるか          | 5  | 1   |
| ②DBへのアクセスはスムーズに行えるか (レスポンス) | 6  | 0   |

ヒアリング結果を表-4に示す。この結果より、概ね過去の点検結果は判定には有効であり、Internetへのレスポンスも良好であるといえる。しかし、自由記述の意見として、過去の判定が縛りとなり、理由もないの

に過去の判定より健全度ランクを上げるようなことはできないという判定への制約になる可能性も指摘された。これは、過去の判定が損傷発生位置や判定理由まで明記されていない場合におこる可能性がある。

#### 5. おわりに

本研究では、橋梁の維持管理業務を対象にして、現状の業務分析を行った。国際的な分析手法を用いたモデル化および評価をすることにより、従来から指摘されていた維持管理業務における問題点の正当性が確認できた。現状分析から得られた各部材の過去の損傷結果や判定の経緯が不明であるという課題に対する対応策として、XMLを用いた点検結果のデータベースを構築した。そして、構築したXML-DBを実際の橋梁点検業務で使用して、点検技術者の判定支援を含めて有効なツールであることを検証した。

今後、CALS/ECが進んでいくなかで、計画・調査・設計・積算・施工・維持管理といった構造物のライフサイクルにおける情報の管理は、交換・連携・共有・再利用を可能にしなければならないことはいままでもない。それを実現するために活用する一手法としてXMLは非常に有効である。XMLはデータ構造やその作成、アプリケーションの構築、技術仕様など全てがオープンである。この流れは、国民への情報公開にも繋がるとともに、多人数が参画するオープンソースソフトウェアのようにシステムの品質の向上やランニングコストの低減などにも繋がると考えられる。特に維持管理業務プロセスは数十年間と非常に期間が長く、その間に構築したシステムの仕様変更やプロトコルなどの変更が何度も生じる可能性がある。そうなった場合でも、XMLはタグ付きのテキスト文書であるので、安定したデータの取り扱いが可能であり、他システムへのデータの移行や更新などが極めて容易に行えるのが特徴である。また、現状では予想しなかった損傷が将来的に発生する可能性は多分にある。この場合、点検帳票そのものが変更になることも想定され、データ構造が変更する場合もある。このように、長い維持管理期間を想定すると、将来的にデータ構造の変更などにも容易に対応できるXMLをシステムに導入することは妥当であると考えられる。

構造物のライフサイクルにおいて点検は必須であり、

その膨大なデータを蓄積するための一方策として本研究ではXML 管理用DBを構築し、現状分析で明らかになった維持管理での問題点である現場での判定を支援するシステムを構築した。また、維持管理などにおける解のように複数の解が存在するような領域の広い問題では、専門技術者から汎化なルールを獲得することは非常に困難であるため、過去の事例をそのまま知識として利用でき、その事例をもとに推論を行う事例ベース推論の利用は今後の検討課題である。

#### 【参考文献】

- 1) 国土交通省：電子納品運用ガイドライン，2004.3.
- 2) 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，II-38，pp.149-152，1999.10.
- 3) 宮本文穂，河村 圭，中村秀明：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，No.588／VI-38，pp.191-208，1998.3.
- 4) 河村 圭，宮本文穂，中村秀明，小野正樹：Bridge Management System(BMS)における維持管理対策選定システムの開発，土木学会論文集，No.658／VI-48，pp.121-139，2000.9.
- 5) 建設省(現 国土交通省)：橋梁点検要領(案)，1988.7.
- 6) National Institute of Standards and Technology : Integration Definition for Information for Function Modeling (IDEF0)，Federal Information Processing Standards Publication 183，1993.12.
- 7) Marca, D. A., and McGowan, C. L. : IDEF0/SADT Business Process and Enterprise Modeling, Eclectic Solutions Corp., 1988. 研野和人(監訳)：IDEF0/SADT ビジネスプロセスとエンタープライズモデリング，(財)社会経済生産性本部，1996.
- 8) 根本和史：データモデリング基礎講座，翔泳社，2003.8.
- 9) 日本道路公団：維持修繕要領，1999.4.
- 10) 日本道路公団：点検の手引き，1988.3.
- 11) 首都高速道路公団：土木構造物点検要領，1982.3.
- 12) 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.
- 13) 本州四国連絡橋公団：橋梁維持点検作業標準，1990.3.
- 14) 日本ユニテック：改訂版標準 XML 完全解説(上)，2001.4.
- 15) 日本ユニテック：改訂版標準 XML 完全解説(下)，2001.10.

# Analysis of present bridge maintenance process for CALS/EC and case study of XML database for inspection records

Keiichi YASUDA , Ichizou MIKAMI and Ryuichi IMAI

Check is the foundations of maintenance. The degree evaluation of health, degradation prediction, the optimal repair plan, etc. are carried out based on a check result. However, the present condition is depending for check business on experience and the degree of skill of the check member in the spot. In this research, operating analysis of the present condition by modeling using international tools of analysis was performed for the maintenance management business of a bridge. The justification of the problem in the maintenance management business pointed out from the former was checked. That the damage result of the past of each part material and the circumstances of a judgment are unknown was the subject obtained from present data analysis. The database of a check result to this subject using XML as countermeasures was built. Furthermore, it verified that built XML-DB was used by actual bridge check, and could be used effective in judgment support.