

I-20 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 Practical Application of Database System for Bridge Maintenance Management

今野将顕¹ 瓦谷晴信² 宮本文穂³ 中村秀明⁴
Masaaki Konno Haru-nobu Kawaraya Ayaho Miyamoto Hideaki Nakamura

【抄録】 本研究は、Bridge Management System(BMS)の根幹である橋梁維持管理データベースシステム (DBSBM)の構築および、点検報告書作成支援システム (IRPS)を構築したものである。さらに、DBSBM への入力作業の効率化を図るために、IRPS を用いた、点検データの DBSBM への更新手順を提案している。DBSBM は、橋梁管理機関本部と各管理事務所が同一データを共有するために、Web 上での使用を可能としている。また、DBSBM の入出力に XML を用いることにより、橋梁データの汎用性を高め、著者らが開発している BMS の他の機能で活用することを可能としている。従来は、維持管理業務における BMS の各サブシステムの位置付けが不明確であったため、本研究では、DBSBM、IRPS および各サブシステムの位置付けを明確にしている。

【Abstract】 This paper presents a database system for bridge maintenance management (DBSBM) and an inspection report preparation system (IRPS) for periodic inspection that have been integrated into a Bridge Management System (BMS) developed by authors. In order to improve the efficiency of the input function of DBSBM, an updating procedure of the inspection data using IRPS is proposed. DBSBM is designed to be a web-based system so that the bridge management organization headquarters and each branch office of bridge management organization can share the bridge data. Moreover, applying the XML to the input and output function of DBSBM, the system is able not only to extend application of data, but also to potentially make full use of some other functions of BMS. Furthermore, compared with the former BMS, the proposed study can significantly clarified the position of DBSBM, IRPS and the other subsystems in the integrated BMS.

【キーワード】 BMS(Bridge Management System), Web-DB, 橋梁維持管理データベースシステム, 点検報告書作成支援システム, XML, CALS/EC

【Keyword】 BMS(Bridge Management System), Web-DB, DBSBM(DataBase System for Bridge Maintenance management), IRPS(Inspection Report Preparation System), XML, CALS/EC

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 (旧 J-BMS と記す) の開発を行ってきた^{1),2)}。旧 J-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。旧 J-BMS は診断や計画策定の支援に重きをおいて開発さ

れており、橋梁維持管理データベースに格納されているデータの検索・閲覧しか行えず、他のサブシステムにデータを供給することができないため、診断や計画などの実業務でデータを活用し、業務支援を行うことは困難である。

一方、地方自治体などの橋梁管理機関では橋梁維持管理に必要なデータを独自のデータベースに保存しているが、橋梁管理機関ごとに独自のデータフォーマットで保管しているため、橋梁維持管理に必要なデータの互換性が全くないのが現状である。

さらに、近年、構造物の調査・設計から維持管理ま

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)

²学生会員 工学士 山口大学大学院 理工学研究科博士前期課程 (〒755-8611 宇部市常盤台 2-16-1)

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)

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³⁾。

そこで本研究では、ライフサイクルに関わる人々全体でデータの共有が行えるように、インターネット上で使用可能なデータベースシステムの開発を目的とし、その第一段階として、橋梁管理機関と各管理事務所で橋梁データを共有することができるように橋梁管理機関と各管理事務所間でのイントラネットを用いた橋梁維持管理データベースシステム (DataBase System for Bridge Maintenance management : DBSBM) の開発を行う。また、効率的に DBSBM にデータを入力するために、点検データ入力支援機能を有する点検報告書作成支援システム (Inspection Report Preparation System : IRPS) を構築する。さらに、このシステムを用いた点検データ入力手順の提案を行い、管理機関における点検データの入力作業の軽減および、点検業務を委託された民間業者における点検報告書作成作業の軽減を図る。DBSBM では入出力に、XML⁴⁾ を利用している。これは、旧 J-BMS の下位機能との互換および他機関のデータベースとの互換を円滑に行うためである。

2. 維持管理業務の現状と問題点

現在、維持管理業務において、各橋梁管理機関では「橋梁データ」を紙ファイルで保存しているのが一般的である。ここで、「橋梁データ」とは、橋梁維持管理に必要である、橋梁諸元データ、点検データおよび補修・補強履歴データの総称である。各橋梁管理機関が管理している橋梁は多数存在し、橋梁データを保存した紙ファイルの数も膨大なものである。そのため橋梁データが必要な場合は、膨大な量の紙ファイルから必要な橋梁データを探さなければならず多大な時間を要する。また、維持管理計画を立案する際に、関連する過去の情報全てを閲覧することは不可能であるため、効果的な維持管理が行えないことや、経験的な判断により意思決定を行うことになるため、意思決定基準が曖昧かつ不明瞭であるという問題を有する。さらに、管理機関ごとに独自のデータフォーマットで橋梁データを保存しているため、データの互換性が全くなく、道路ネットワークレベルでの維持管理を考慮すること

が困難となる。

3. 維持管理業務手順による本研究の位置付け

旧 J-BMS は、一般的な維持管理手順である、初期点検→定期点検→詳細点検→対策というフローにおける位置付けが明確ではなかった。そこで、図-1 に示すように、維持管理業務における旧 J-BMS の各機能の位置付けを明確化する。さらに、図-1 は、橋梁管理者と橋梁管理者から業務を委託される民間業者の両者の位置付けも明確にしている。DBSBM は、旧 J-BMS の各サブシステムを有効活用するための根幹となるデータベースシステムであり、橋梁管理者を対象とした維持管理支援システムの一部である。また IRPS は、DBSBM へ効率良くデータの更新することや、民間業者における維持管理業務を支援することを目的としたシステムである。

4. システムの概要

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、点検データを格納するためのデータベースを構築しただけでは、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、データベースに点検データの inputs を試みると、種々の問題が生じる。そこで、民間業者を対象とする維持管理支援システムとして、IRPS の構築を行い、従来の維持管理業務フローを改善する。

橋梁維持管理支援システムにおけるデータベースの開発において、XML 文書そのものをデータベースとして適用する事例も報告されている⁵⁾。しかし、本研究では、既存システムの拡張、XML データベースと RDB の検索処理時間の差などを考慮して、RDB を用いたシステム構築を行う。

4.1 点検業務における業務手順の提案

現在の点検業務は橋梁管理者が実際に点検、対策を行うのではなく、橋梁管理者が民間業者に橋梁点検を委託し、点検業者が点検を行うのが一般的である。図-2 に示すように、民間業者は点検を行った結果を報告書として紙面で橋梁管理機関に提出するが、現在この点検報告書は標準化されたフォーマットは存在せず、民間業者ごとに異なる。また、一般に点検データの量

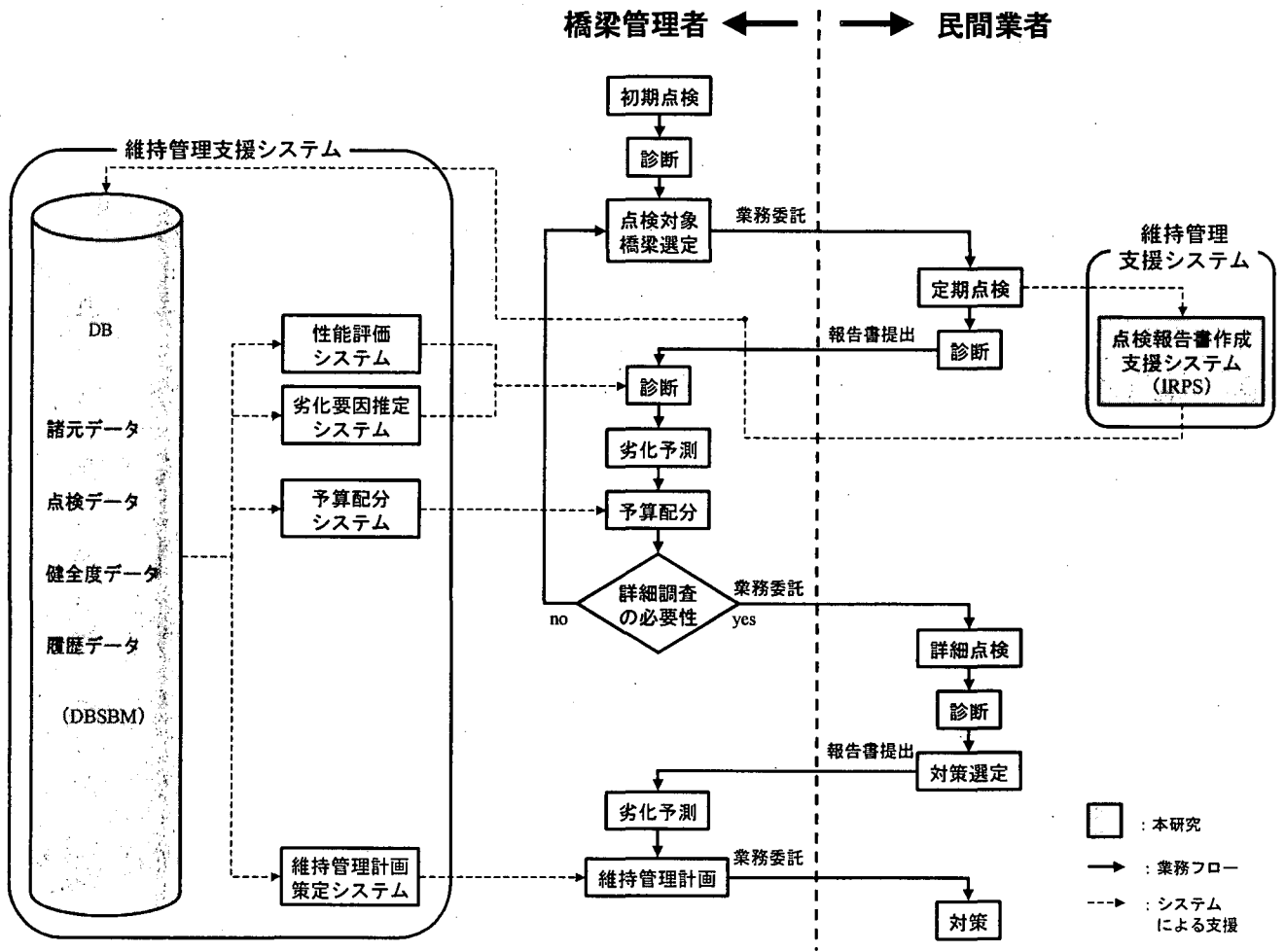


図-1 維持管理業務のフローと DBSBM および IRPS の関係

は膨大なものであり、橋梁管理者が提出された報告書を用いて Web 上で点検データを入力すると、多大な時間を要することや、入力ミスの可能性が大きいことなどの問題点を有する。また、従来の業務手順では、橋梁管理者と民間業者が別々に計 2 度に渡り電子化作業を行うことになり効率が悪い。そこで、民間業者向けの維持管理支援システムとして、IRPS の構築を行い、図-2 に示すような従来の業務手順を図-3 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 IRPS に入力する。点検データの入力が完了した後、IRPS の機能を用いて、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、IRPS で作成した XML ファイル、点検時に撮影した劣化・損傷画像、損傷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、IRPS 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

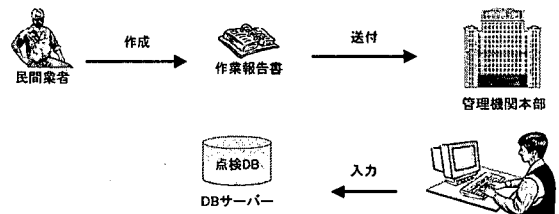


図-2 従来の業務手順による点検データの入力

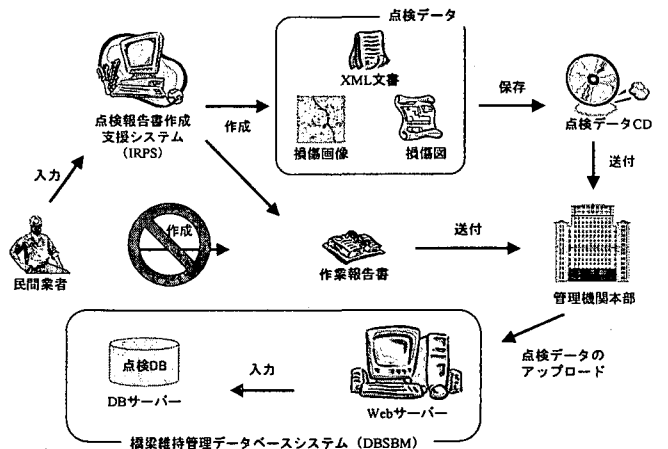


図-3 点検データ入力までの手順

れたデータを DBSBM 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 DBSBM 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 DBSBM 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。

ここで、DBSBM は CALS/EC を考慮し、インターネット上で使用することを最終目的としているため、民間業者が DBSBM に点検データを直接入力することが効率的であると考えられるが、現在は民間業者には DBSBM にアクセスする権限を与えていない。これはデータの信頼性を保つためであり、DBSBM に保存されている橋梁データの入力・更新を橋梁管理者以外が行うことを可能にしてしまうと、橋梁管理者が橋梁データのチェックを行う前にデータが公開されてしまい、データの信頼性が失われてしまう可能性があるからである。そのため、本研究では、データの入力・更新は、橋梁管理者以外に行うことができないものとしている。これにより、橋梁管理者がデータの更新作業を行うという問題点が発生するが、効率良く点検データの入力を行うことが可能となるように、点検データ入力までの手順の提案および IRPS の構築を行っている。

4.2 XML 活用の必要性

橋梁維持管理業務を効率的に行うには、維持管理業務を支援するために旧 J-BMS の下位機能へのデータ供給、民間業者から橋梁管理機関への円滑なデータ移行、他機関システムとの円滑なデータ交換などの要件を満たすことが肝要である。そのためには、データの意味づけが可能で汎用性の高い XML⁴⁾ (eXtensible Markup Language) 文書を利用することが妥当である。以下に、XML 活用の必要性について示す。

①旧 J-BMS の下位機能へのデータ供給

旧 J-BMS の下位機能では、橋梁諸元、点検データを必要とするが、必要なデータを手入力するため作業量が多く、実用的なシステムとは言い難い。そこで、DBSBM で XML を使用することにより、橋梁データを旧 J-BMS の下位機能へ供給することが容易となる。旧 J-BMS の下位機能では、XML により、各データはそれぞれタグにより意味づけしてあるので、必要なデータを読み取ることが円滑に行え、データ入力を自動で行うことが可能となる。これにより旧 J-BMS がより

実用的なシステムとなる。

②民間業者から橋梁管理機関へのデータ移行

点検は橋梁管理機関が依頼した点検業者が行う。点検業者は結果を紙のファイルで作業報告書として橋梁管理機関に提出する。ここで、問題となる点検データの入力ミス、点検報告書作成とデータベースへの同じデータを手作業で入力する重複作業の無駄、以上を解決するために XML の特徴を利用したシステムを構築する。IRPS に入力した点検データを XML 化することにより、DBSBM へデータを円滑に移行することが可能となる。また、DBSBM 以外のアプリケーションへ点検データの移行も円滑になる。

③他機関システムとのデータ交換

橋梁は、寿命が数十年と長く、その期間内にデータの必要性が変わり、現在のシステムを改良することが予想される。また橋梁データは将来的に調査・設計から維持管理における橋梁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標準化された手順や仕様によって電子化し、一元管理を行ってライフサイクル全体に関わる全ての関係者で共有すべきである。そこで将来的に橋梁データを事業者全体で共有するために、新しいシステムに移行することや、システムが統合されることが予想される。この場合、共通の XML を定義しておくことにより、橋梁データの定義を再構築することなく、システムの統合および新しいアプリケーションへの移行を円滑に行うことが可能となる⁹⁾。

5. 点検報告書作成支援システム (IRPS) の構築

IRPS では、システムに入力された点検データから点検報告書を作成する機能およびデータベースシステムへの入力を支援するために XML 形式で点検データを出力する機能を有している。

点検報告書を作成する機能では、図-4 に示す点検データ入力画面より入力された点検データより、「写真台帳」および「変状一覧表」を自動作成する。

「写真台帳」の作成例を図-5 に、「変状一覧表」の作成例を図-6 に示す。

点検データ XML 形式で出力する機能では、XML 文書にアクセスするための標準的なインターフェースの 1 つである DOM (Document Object Model) を用いて、入力された点検データを XML 形式に変換し出力する。本システムで作成される XML ファイルを図-7 に示す。

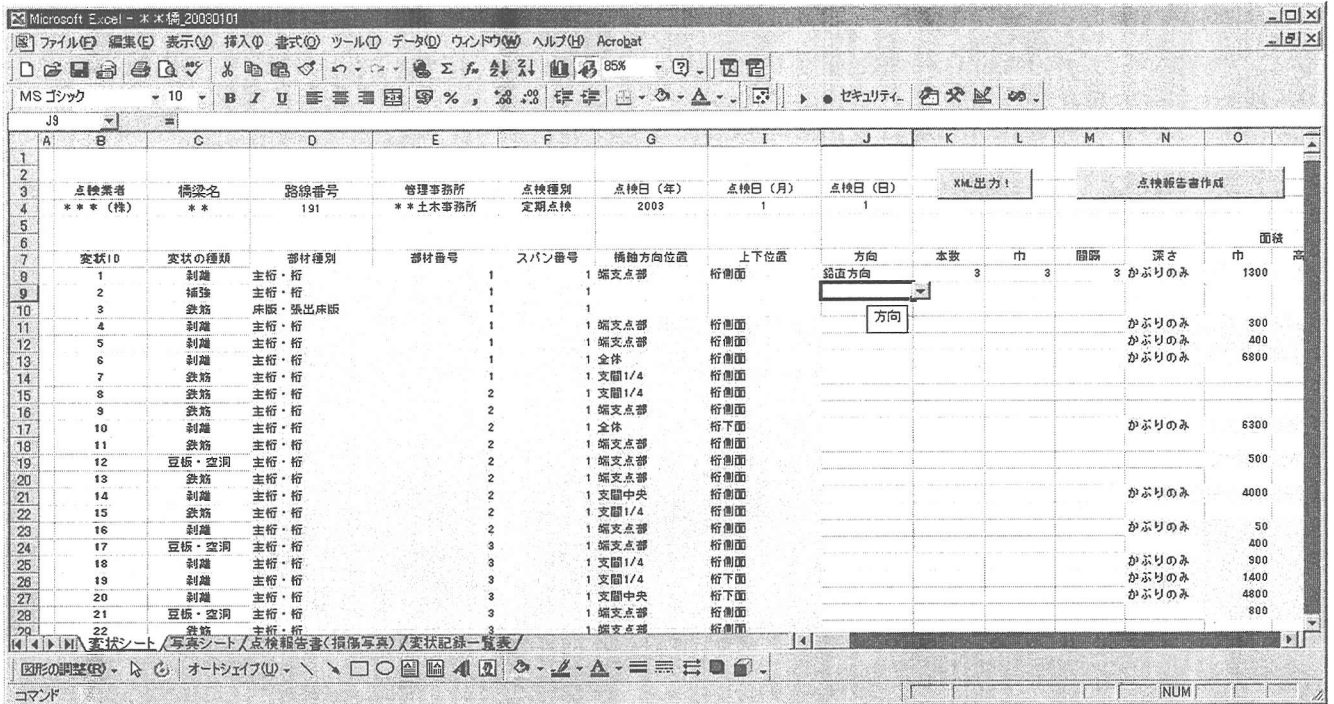


図-4 点検報告書作成支援システム (IRPS) 入力画面

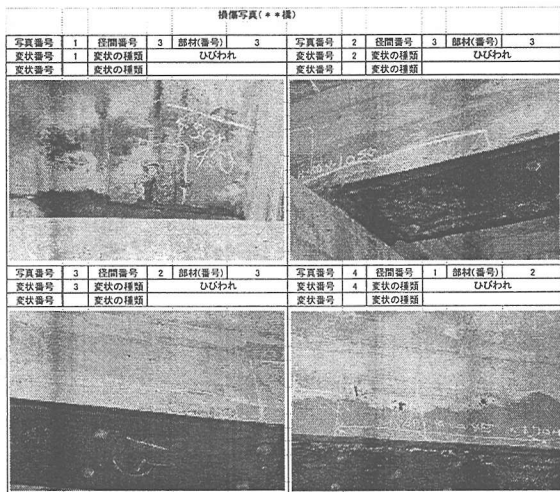


図-5 写真台帳の作成例

橋梁名	山大		点検種別	定期点検	点検年月日	12年12月21
変状番号	桁・床版番号	部材種別	点検項目	橋軸方向位置	上下位置	方向
1	3	主桁・桁	ひびわれ	支間中央	桁側面	鉛直方向
2	3	主桁・バネ桁	ひびわれ	支間1/4	桁下面	ななめ方向
3	3	床版・パネル	ひびわれ	-	-	水平直角方向
4	2	床版・張出床版	ひびわれ	-	-	水平橋軸方向
5	1	主桁・桁	剥離	端支点部	不明	-
6	1	主桁・バネ桁	剥離	中間支点部	桁側面	-
7	3	床版・パネル	剥離	-	-	-
8	1	床版・張出床版	剥離	-	-	-
9	1	主桁・桁	遮覆石灰	端支点部	桁下面	-
10	2	主桁・バネ桁	遮覆石灰	全体	桁下面	-
11	2	床版・パネル	遮覆石灰	-	-	-
12	2	床版・張出床版	遮覆石灰	-	-	-

図-6 変状一覧表の作成例

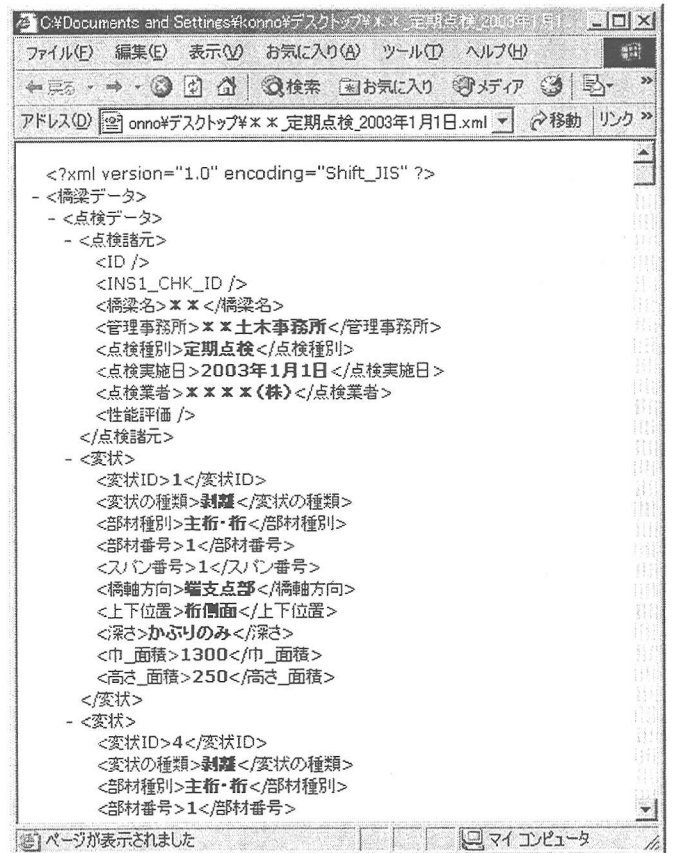


図-7 XML ファイルの作成例

6. 橋梁維持管理データベースシステム (DBSBM) の構築

DBSBM における検索機能は、「橋梁諸元データから

の検索」、「点検データからの検索」、「補修・補強履歴データからの検索」の3つの機能から構成されている。

検索機能は、「単数検索」、「複数検索」の両方を行う

ことが可能である。ここで、「単検索」とは、あらかじめ検索を行う「橋梁名」または、「橋梁番号」が明確な場合に行う検索である。「複数検索」とは、「管理事務所」、「橋梁の構造」、「材質」、「橋長」などから、その条件を満たす橋梁を検索したい場合に行う検索である。複数検索では、AND 検索、OR 検索の両方を行うことが可能である。

DBSBM における入力機能は、「橋梁諸元データの入力」、「点検データの入力」、「補修補強履歴データの入力」の3つの機能で構成されている。さらに「点検データの入力」においては、サブシステムである IRPS から出力される、XML 文書を用いて行う。

6.1 処理手順

DBSBM の処理手順を図-8、図-9 および以下に示す。

図-8 は橋梁データの検索手順であり、図-9 は橋梁データ入力の処理手順である。

(1) 検索手順

- ① スクリプトを HTML 内に記述して、SQL 文を作成し、データベースをオープンする。
- ② データベースからデータを取り出し、取り出したデータを HTML 化する。また、必要に応じて取り出したデータを XML 化する。
- ③ 取り出したデータは Web ブラウザを介して表示する。XML 化したデータはダウンロードする。

(2) 入力手順

- ① XML ファイルおよび損傷画像データを Web サーバーにアップロードする。
- ② Web サーバーではアップロードされた XML ファイルを読み込み、SQL 文を作成し、データベースにデータを入力する。

6.2 テーブル構造

DBSBM は、「橋梁諸元データテーブル」、「点検データテーブル」、「補修・補強履歴データテーブル」の3つのテーブルから構成される。図-10 に DBSBM のテーブル構造を示す。各テーブルの詳細内容を以下に示す。

(1) 橋梁諸元データテーブル

「橋梁諸元データテーブル」は、「橋梁番号」、「橋梁名称」、「管理事務所」などのデータを格納する「主要諸元テーブル」の他に、「上部工テーブル」、「橋台テ

ブル」、「橋脚テーブル」、「高欄テーブル」、「伸縮継手テーブル」、「落橋防止システムテーブル」、「舗装テーブル」、「二次部材テーブル」、「塗装テーブル」の 10

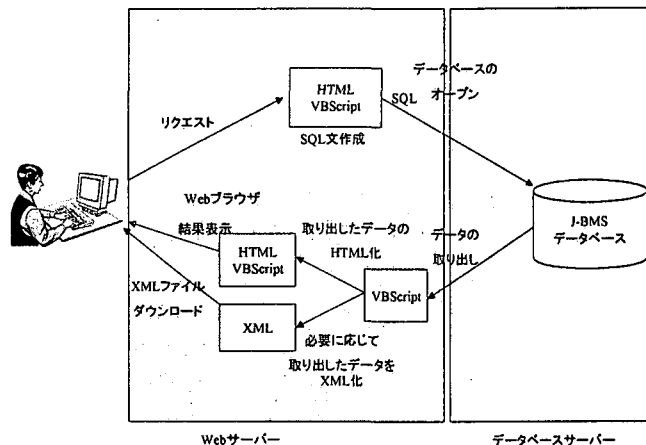


図-8 DBSBM の検索処理手順

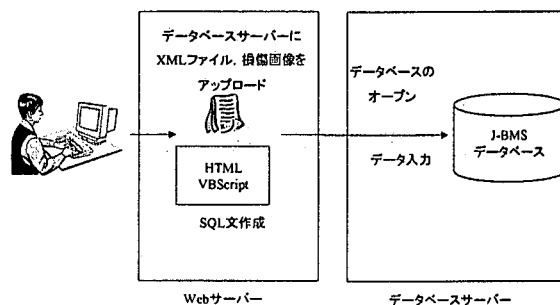


図-9 DBSBM の入力処理手順

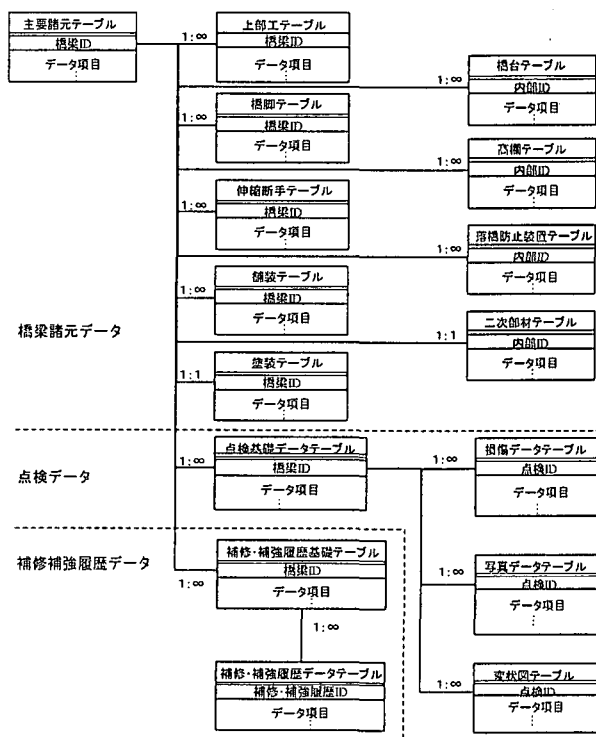


図-10 DBSBM のテーブル構造

個のテーブルから構成されている。

次に、1 橋梁あたりの各テーブルのデータ数について説明する。橋梁諸元データテーブルの中で、1 つの橋梁に対して1つのデータしかないものは、親テーブルとして「主要諸元テーブル」があり、子テーブルとして「二次部材テーブル」、「舗装テーブル」がある。1 つの橋梁に対して複数のデータが格納されるテーブルは、「上部工テーブル」、「橋台テーブル」、「橋脚テーブル」、「伸縮継手テーブル」、「高欄テーブル」、「落橋防止システムテーブル」、「塗装テーブル」がある。「上部工テーブル」は、支間ごとに諸元データが異なる場合があること、「橋台テーブル」、「橋脚テーブル」は、地形や地盤の状態により橋脚・橋台ごとに構造が異なる場合があること、「落橋防止システムテーブル」、「伸縮継手テーブル」には、取り付け位置などにより構造が異なる場合があること、「塗装テーブル」は塗装回数によりデータが逐次増えていくこと、などの要因より 1 対∞の関係となっている。

(2) 点検データテーブル

「点検データテーブル」で格納されるデータ項目は、著者らが開発している定期点検マニュアル¹⁾を元にデータ項目を決定している。

「点検データテーブル」は、「点検年月日」、「点検種別」、「点検業者」など点検のデータを格納する「点検基礎データテーブル」の他に、「変状データ」を格納する「変状データテーブル」、変状写真を格納する「写真データテーブル」、変状図を格納する「変状図テーブル」に分かれている。

点検データテーブルの中で、1 つの橋梁に対して1つのデータしかないものは、親テーブルの「点検基礎データテーブル」だけである。次に、一つの橋梁に対して複数のデータが格納されるテーブルは、子テーブルの「変状データテーブル」、「写真データテーブル」、「変状図テーブル」がある。「変状データテーブル」は、点検時に確認された変状の数だけデータが存在する。

「写真データテーブル」は、点検時に撮影した写真の数だけデータが存在する。

(3) 補修補強履歴データテーブル

「補修・補強履歴テーブル」は、「事業年度」、「工事開始年」、「工事終了年」などの基本的なデータを格納する「補修補強履歴基礎テーブル」、補修補強データを格納する「補修補強テーブル」に分かれている。

補修・補強履歴データテーブルの中で、1 つの橋梁に対して1つのデータしかないものは、親テーブルの「補修補強履歴基礎データテーブル」である。次に一つの橋梁に対して複数のデータが格納されるのは、子テーブルの「補修補強履歴データテーブル」である。補修・補強は損傷・劣化している橋梁が予定供用年数まで橋梁を安全に維持できないときに行われる。損傷・劣化は一つの橋梁に対し複数存在するため、補修補強は一橋梁に対し複数行うことが考えられる。「補修補強履歴データテーブル」は、補修・補強を一度行ったときのすべての工法を格納するテーブルである。そのため、「補修補強データテーブル」は、工法の数だけデータが存在する。

6.3 運用形態

ライフサイクルに関わる人々全体でデータの共有が行えるように、インターネット上で使用可能なデータベースシステムの開発を目的としているが、本研究では、橋梁管理機関本部と各管理事務所で橋梁データを共有することができるようにイントラネット上でシステムを運用する。

また、橋梁管理機関本部におけるシステムへのアクセス権限は、データの更新、入力および検索を行えるものとし、各管理事務所におけるシステムへのアクセス権限は、データの検索のみを行えるものとしている。

6.4 システムフロー

図-11 に DBSBM の画面遷移図を示す。DBSBM では、ログイン画面から始まり、ユーザー認証を行った後、図-12 のメニュー画面へと遷移する。その後はメニュー画面で選択した項目により、データの検索や入力を行う。図-13 に本システムの実行例として検索画面とその表示結果を示す。図-13 では条件に合致した橋梁のデータがリストアップされている。ここで、「台帳」ボタンをクリックすると、その橋梁に対する詳細なデータを図-14 のように表示することができる。また、「帳票出力」ボタンをクリックすると、台帳ファイルを自動作成し、ダウンロードすることが可能である。

7. まとめ

本研究は、情報処理分野で活用が進んできた XML を用いて旧 J-BMS データベースの改良および拡張を

を行い、IRPS を利用したデータベースへの入力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スタンドアロンシステムである旧 J-BMS データベースから、インターネット上で使用可能な、Web-DB システムへと拡張した。さらに、データベースシステムへの入出力に XML を用いることにより、民間業者からのデータ移行および旧 J-BMS へのデータ供給の円滑性を実現させた。

②民間業者を対象とした、維持維持管理支援システムとして、IRPS を構築した。さらに、IRPS を用いた、点検業務フローの提案を行った。これにより、橋梁管理者と民間業者の両者が点検データの電子化をするという重複作業を改善し、一度のデータ入力作業で、DBSBM へのデータ更新を行うという入力作業の効率化を可能とした。さらに、データの入力作業を行うだけで、「写真台帳」、「変状記録一覧表」などの作業報告書を自動作成することにより、作業報告書作成時間の軽減を可能とした。

③一般的な橋梁維持管理手順における、旧 J-BMS のサブシステムの位置付けおよび本研究で開発した、DBSBM, IRPS の位置付けを明確にした。これにより、旧 J-BMS の実用化が可能になる。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 神波修一郎, 吉原信義, 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, Vol.7, pp.57-67, 1998.10.
- 3) <http://www.mlit.go.jp/tec/cals/index.html>
- 4) 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.
- 5) 保田敬一, 三上市蔵, 三雲是宏, 今井龍一: 橋梁維持管理における XML データベースの試み, 第 26 回土木情報システムシンポジウム講演集, pp.49-52, 2001.10.
- 6) 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.

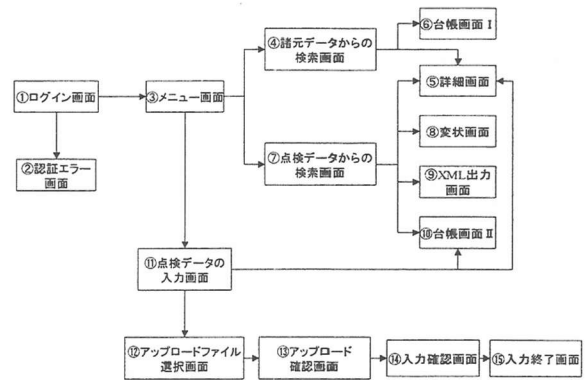


図-11 DBSBM 画面遷移図

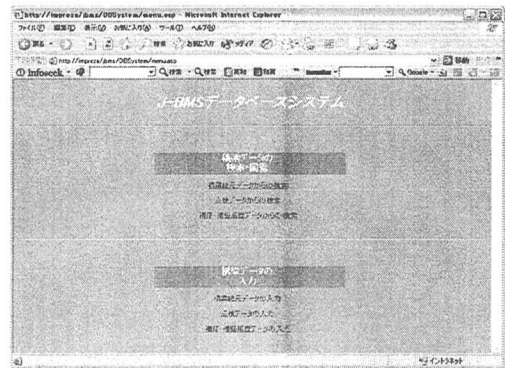


図-12 メニュー画面

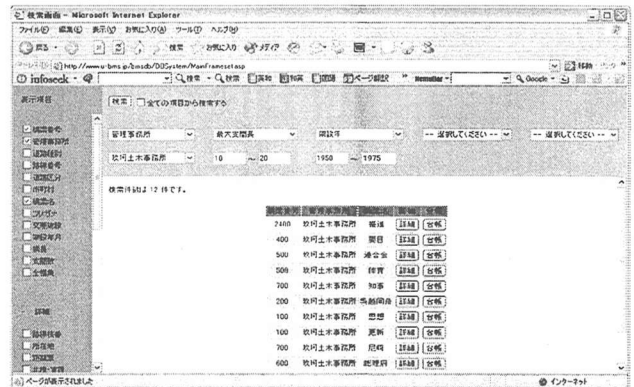


図-13 検索画面

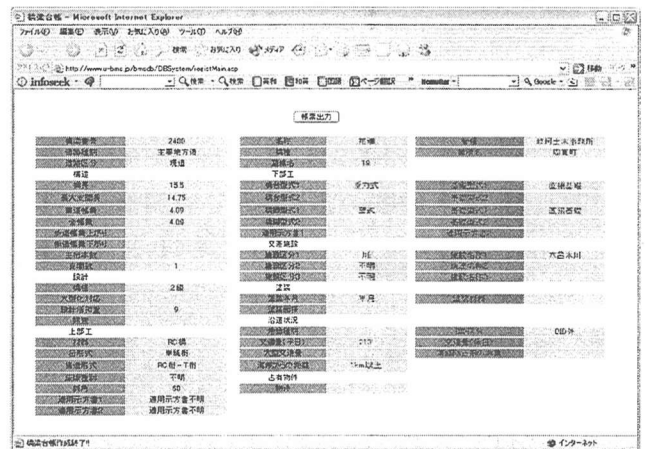


図-14 橋梁台帳画面