

## I-5 インターネット環境で稼働する橋梁の点検支援のための 計測機器 DB の構築

### Development of an internet-based measurement apparatus database system for bridge inspection

保田敬一<sup>1</sup>・堀川教世<sup>2</sup>・中野晴之<sup>3</sup>・立川博啓<sup>4</sup>

Keiichi Yasuda, Noriyo Horikawa, Haruyuki Nakano, and Hirohira Tachikawa

**抄録**：膨大な数の橋梁を維持管理していく上で、基本となる点検は特に重要である。点検の中でも異常を発見して補修要否の判定および補修工法選定の資料を得る詳細調査では、専用の調査機器を使用して計測するが、様々な調査方法があり、費用、測定精度、現地条件、実績などから総合的に判断して計測機器を選定しなければならない。本研究では、詳細調査段階における計測機器の選定を支援するために、インターネット上で閲覧可能な計測機器 DB を XML にて構築した。損傷結果からの検索および機器分類からの検索が可能である。そして、点検技術者を対象にして構築した DB の有効性を確認した。

**abstract** : Check is important, and when carrying out maintenance management of a vast quantity of bridges, it is to foundations. In the detailed investigation from which abnormalities are discovered and repair obtains the data of the required judgment of how, and repair method-of-construction selection, it measures also in check using the investigation apparatus of exclusive use. However, there are the various investigation methods, it must judge synthetically from expense, measurement accuracy, local conditions, an actual result, etc., and measurement apparatus must be selected. In this research, in order to support selection of the measurement apparatus in a detailed investigation stage, the measurement apparatus DB which can be perused on the Internet was built by XML. It can search from the reference from a damage result, and an apparatus classification. And the validity of DB built for the check engineer was checked.

**キーワード**：橋梁維持管理，点検，計測機器，Web アプリケーション，DB，XML

**keywords** : bridge management, inspection, Measurement apparatus, Web applications, DB, XML

### 1. はじめに

これまでに建造・蓄積されてきた土木構造物は膨大なストックになる。今後、その維持管理が重要な問題になってきており、増大し続ける維持管理費用は管理者にとって大きな負担となってきている。構造物の維持管理の中でも現状を正確に把握し、診断を行う上でも現場における点検は特に重要である。現場における点検作業では、点検用の計測器や図面、過去の点検データなどを携行する必要があるが、現場条件によっては携行できる機器と資料は限定される。また、点検を行ない診断する場合、点検の前には講習会などを受講しているにもかかわらず、検査は熟練した検査員の専門的知識と経験に大きく依存しているのが現状である。この検査のスキルを上げることは難しく、多くの経験

を積まなければならないし、専門的知識や経験を伝承することも難しい。

現場における点検支援を目差した研究は、水野らにより、検査員の意思決定を支援する試みとして、携行用のウェアラブルコンピュータをクライアントとして用いて、サーバー上に保存した熟練した検査員の専門的知識と経験から、意思決定に際していくつかの代替案を提示する支援システムの構築が行われている<sup>1)</sup>。また、矢吹らにより、現地に設置した電子タグ、PDA (Personal Digital Assistants) および音声入出力を用いて、サーバー上の点検管理 DB をワイヤレスネットワークで結び、現場点検の支援システムが構築されている<sup>2)</sup>。このように、現場点検を支援するシステムはいくつか構築されており、効果をあげている。

一方、これらの現場点検支援はどちらかというところ、通常点検、定期点検、臨時点検などの点検フェーズに

1: 正会員 博(工) (株)ニュージェック 東京本社 道路 G

(〒135-0007 東京都江東区新大橋 1-12-13 Tel.03-5625-1801 E-mail: yasudakc@newjec.co.jp)

2: 非会員 工博 富山県立大学 工学部 機械システム工学科 〒939-0398 富山県射水郡小杉町黒河 5180

3: 非会員 東洋技研コンサルタント(株) 技術第2部 〒532-0025 大阪市淀川区新北野 1-14-11

4: 正会員 (株)ニチゾウテック 技術コンサルティング本部 〒551-0023 大阪市大正区鶴町 2-15-26

属するものである。点検結果から判定をして異常が発見された場合、調査フェーズに移行し、補修要否の判定および補修工法選定の資料となる詳細調査を実施することになる。この詳細調査では専用の調査機器を使用して計測するが、損傷状態と損傷原因ごとに様々な調査項目と調査方法があり、費用、測定精度、現地条件、実績などから総合的に判断して計測機器を選定しなければならない。しかし、条件に合った具体的な計測機器を選定するためのテーブルなどは存在せず、専門技術者の経験によっているのが現状である。この計測機器選定を支援できるシステムを構築できれば、作業の標準化、熟練技術者の知識の継承、若年技術者への教育、他の計測法との比較が容易にできるなどメリットがあると考えられる。

本研究では、詳細調査段階における計測機器の選定を支援するために、計測機器のDBを構築する。インターネット上で閲覧可能なようにXML(eXtensible Markup Language)を用いている。機能としては、損傷結果からの検索および機器分類からの検索などが可能である。そして、点検技術者を対象にして、構築したDBの有効性を確認した。

## 2. 点検支援システム

### (1) 橋梁の調査・点検

橋梁の維持管理における点検・調査の流れを図-1

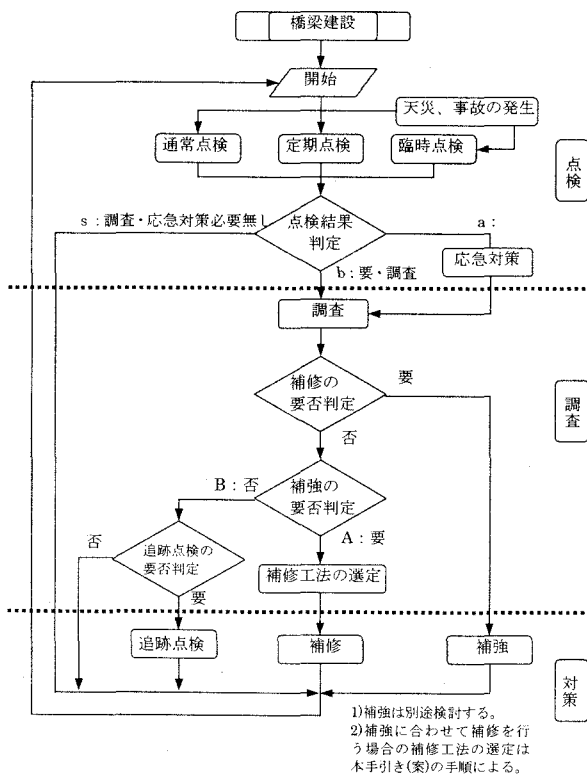


図-1 橋梁維持管理のフロー

に示す。このフローは、(財)道路保全技術センターが国土交通省近畿地方整備局版として策定した「橋梁点検・補修の手引き」<sup>3)</sup>から引用した。現在、近畿地方整備局管内における橋梁点検・診断業務はこの手引きにしたがって実施・運用されている。

維持管理フローでは大きく、点検、調査、対策の3つのフェーズに分かれる。点検フェーズでは、橋梁の損傷を早期に発見することが目的で、各部位、部材の損傷度の判定は、「橋梁点検要領(案)」<sup>4)</sup>の損傷度判定標準(I, II, III, IV, ok)に準じて行うが、損傷度区分に応じて、点検結果の判定をa, b, sに区分している(表-1参照)。

a, bと判定された場合は次に調査フェーズに移るが、sと判定された場合は調査フェーズや対策フェーズには行かず再度点検フェーズに戻る。

調査フェーズでは、損傷に対する細かな資料を収集し、点検結果により確認された損傷の原因究明、補修の要否を含む今後の対処方法を判定し、対策を実施する場合には補修工法の選定や設計のための資料を得ることを目的とする。

対策フェーズでは、調査結果に基づく補修・補強を実施することを目的とする。

このように、点検フェーズの通常点検、定期点検、臨時点検などでは主に目視および簡易的な点検機械・器具で行うため、使用する計測機器もそれほど複雑ではないことが多い。しかし、これらの通常点検、定期点検、臨時点検などで応急対策や調査が必要と判定された場合には、詳細調査を実施しなければならない。調査フェーズのフローを図-2に示す。

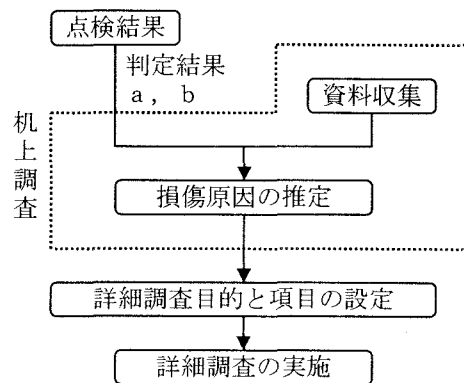


図-2 調査フェーズのフロー

表-1 点検結果の判定区分

判定区分	判定内容
a	応急処置、応急対策を行った後、調査を実施し、補修の要否を判定する。
b	調査を実施し、補修の要否を判定する。
s	調査・追跡点検は必要ない(通常点検にて観察する)。

この調査フェーズでは、まず、点検結果で発見された損傷の原因究明を行う必要がある。橋梁における損傷は様々な形で表面化し、その原因も種々な要因が複雑に関連し合っている場合が多い。そのため、損傷の原因を明確に特定することは困難であるが、「橋梁点検・補修の手引き【近畿地方整備局版】」<sup>3)</sup>では、対象橋梁に対する損傷原因を推定もしくは特定する目的で、損傷を外的・内的な原因に大別し、損傷原因推定表を鋼構造物、コンクリート構造物および付属物についてそれぞれ示している。表-2に鋼構造物の損傷原因推定表を示す。

これで、損傷原因を推定した後、適切な調査項目を選定する。損傷から調査項目を選定する際、点検結果から得られた損傷の種類とその損傷の原因(表-2の損傷原因推定表)から適切な調査項目を選定することになる。調査項目の選定に当たっては、対象橋梁の損傷状況、現地の状況(交通量、迂回路の有無、施工の難易度など)、緊急性、および調査費用などを考慮して、総合的に判断しなければならない。「橋梁点検・補修の手引き【近畿地方整備局版】」<sup>3)</sup>では、損傷種別と推定される原因から適切な調査項目を選定するための目安が示されている(表-3参照)。

この表から、損傷原因に対応した調査項目を選定し、詳細調査を実施することになる。表-3には鋼構造物の調査項目選定の目安表を載せたが、他に、コンクリート構造物と橋梁付属物の調査項目選定目安表も「橋梁点検・補修の手引き【近畿地方整備局版】」<sup>3)</sup>には記載されている。

(2) 計測機器の選定方法

損傷原因に対応した調査項目を選定する方法は前節で述べたとおりである。次に、選定した調査項目に該当する計測機器を用いた具体的な調査方法を決定しなければならない。例えば、変位量を測定する場合でも様々な計測方法があり、費用、現地条件、実績、精度

などを総合的に判断しないと具体的な計測機器を決定することは困難である。

本研究では、調査フェーズにおける詳細調査で使用する具体的な計測機器を選定するための支援システムを構築することを目的とする。

計測機器の選定までのフローを図-3に示す。

本システムでは、損傷原因の推定と調査項目の選定、計測機器の決定までを支援するシステム構築を目指す。そのために、「橋梁点検・補修の手引き【近畿地方整備局版】」<sup>3)</sup>に記載されている調査項目選定表では細かすぎて全体が見通せないことと、ほとんど用いられない調査項目なども存在すること、同じ損傷でも原因によって測定機器が変わることはあまりないことなどから、「橋梁点検・補修の手引き【近畿地方整備局版】」<sup>3)</sup>に記載されている調査項目選定表をそのまま用いるのではなく、ある程度簡略化した形の方が実務者には使いやすいと考え、例えば、表-3の鋼構造物の調査項目選定表は表-4のように簡略化した。

本システムにおける処理の流れを図-4に示す。

計測機器DBを構築し、機器選定段階および機器の詳細表示段階でDBに問い合わせることで出力を得る。

表-3 鋼構造物における調査項目選定の目安

損傷	推定される原因		調査項目											
	環境に起因	塩害 化学的腐食	板厚測定	塗装劣化範囲測定	塩分測定試験	付着性試験	溶接ビードの厚測定	非破壊検査(P.U.T.M.T.R.T.E.T)	疲労破壊調査	構造解析	モデル供試体引張試験	変形量測定	たき試験	高力ボルトゆるみ・破断調査
腐食	材料劣化に起因	③塩害, ⑩化学的腐食	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	製作・施工に起因	④品質不良	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	製作・施工に起因	④製作・施工不良, ⑮防水・排水工不良	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
亀裂	環境に起因	③塩害, ⑩化学的腐食	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	製作・施工に起因	④品質不良	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	製作・施工に起因	④製作・施工不良, ⑮防水・排水工不良	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
ゆるみ・脱落	環境に起因	③塩害, ⑩化学的腐食	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	製作・施工に起因	④品質不良	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	製作・施工に起因	④製作・施工不良, ⑮防水・排水工不良	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
破断	環境に起因	③塩害, ⑩化学的腐食	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	製作・施工に起因	④品質不良	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	製作・施工に起因	④製作・施工不良, ⑮防水・排水工不良	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
塗装劣化	環境に起因	③塩害, ⑩化学的腐食	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	製作・施工に起因	④品質不良	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	製作・施工に起因	④製作・施工不良, ⑮防水・排水工不良	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
変形	環境に起因	③塩害, ⑩化学的腐食	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	製作・施工に起因	④品質不良	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	製作・施工に起因	④製作・施工不良, ⑮防水・排水工不良	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
異常振動	環境に起因	③塩害, ⑩化学的腐食	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	製作・施工に起因	④品質不良	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	製作・施工に起因	④製作・施工不良, ⑮防水・排水工不良	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

◎:原則として実施する  
○:必要に応じて実施する

表-2 鋼構造物の損傷原因推定表

損傷	主たる発生部位	損傷形態	推定される主な原因
腐食	鋼主桁・対傾構・鋼製橋脚・横構・他構部材全般	発錆・断面減少	環境 ③塩害, ⑩化学的腐食
			材料劣化 ③品質不良
			製作・施工 ④製作・施工不良, ⑮防水・排水工不良
亀裂	鋼主桁・対傾構・鋼製橋脚・横構・他構部材全般	亀裂	外力作用 ①繰返し荷重, ③衝突, ⑥地震
			材料劣化 ③品質不良
			製作・施工 ④製作・施工不良
ゆるみ・脱落	ボルト設置箇所	ゆるみ・脱落	外力作用 ①繰返し荷重, ③衝突, ⑥地震
			材料劣化 ③品質不良
			製作・施工 ④製作・施工不良
破断	鋼主桁・対傾構・鋼製橋脚・横構・他構部材全般	破断	外力作用 ①繰返し荷重, ③衝突, ⑥地震
			材料劣化 ③品質不良
			製作・施工 ④製作・施工不良
塗装劣化	塗装箇所全般	変色・ハガレ	環境 ③塩害, ⑩化学的腐食
			材料劣化 ③品質不良
			製作・施工 ④製作・施工不良, ⑮防水・排水工不良
変形	鋼主桁・鋼製橋脚他	変形	外力作用 ①繰返し荷重, ③衝突, ④偏土圧, ⑤洗掘・浸食, ⑥地震
			製作・施工 ④製作・施工不良
			構造 ⑥構造形式・形状不良
異常振動	鋼主桁他	異常振動	外力作用 ①繰返し荷重, ⑥地震
			製作・施工 ④製作・施工不良
			構造 ⑥構造形式・形状不良

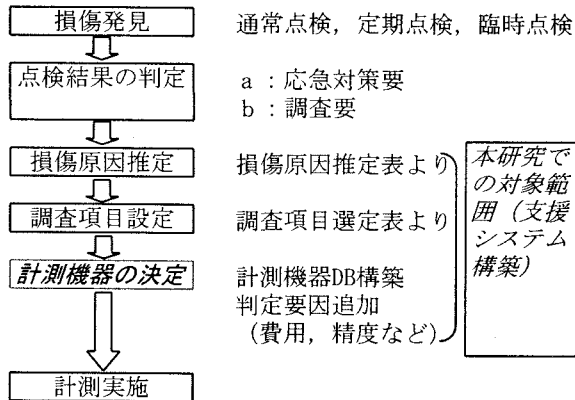


図-3 計測機器の選定までのフロー

表-4 調査項目選定表 (鋼構造物)

損傷状態	主たる発生部位	腐食 範囲測定	板厚 測定	塩分 測定	非破壊 検査	応力 変位 測定	変形 量測定	目視 調査
腐食	鋼主桁・対傾構・鋼製橋脚・横構・他構部材全般	◎	◎	◎				◎
亀裂	鋼主桁・対傾構・鋼製橋脚・横構・他構部材全般				◎	◎		◎
ゆるみ・脱落	ボルト設置箇所				○			◎
破断	鋼主桁・対傾構・鋼製橋脚・横構・他構部材全般						○	◎
塗装劣化	塗装箇所全般				○			◎
変形	鋼主桁・鋼製橋脚他		○					◎

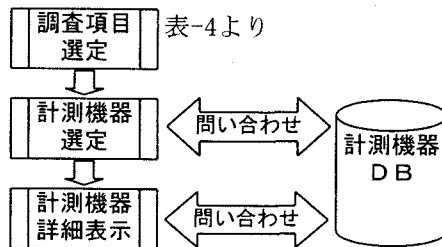


図-4 本システムの処理の流れ

表-5 計測機器DBの記述内容

構成	内容	備考
計測法	No	計測機器の整理番号
	計測法 機器名	計測法の機器名称 (タイトル)
	分類	計測法の大分類
	計測機器の概要	文章 (概要, 特徴など), 図も添付
	計測データ	計測できるデータ種類
	対象物	適用可能な対象物
	センサの原理	センサの概略の原理
	コスト	一式当たり費用 (計測規模, 測点数, 計測人数, 計測日数など)
	測定精度	測定の際の計測精度
	実績	測定機器の使用実績・適用実績
	論文	発表論文, 雑誌名など
	連絡先	連絡先社名, TEL, URLなど

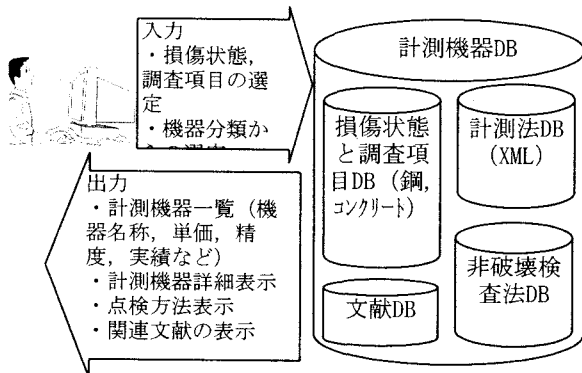


図-5 計測機器DBの構成

### (3) 計測機器の整理と活用方法

計測機器を選定する際に必要となる計測機器データベースを構築する上で, 各計測機器に関する情報を整理した. 計測機器DBとして整理する項目は表-5のとおりである. この整理項目は, コストや測定精度, 実績, あるいは計測機器の概要や対象物など計測機器を選定する際に必要となる事項について網羅したものである.

## 3. 計測機器データベースの構築

### (1) DBの基本要件

計測機器DBに求められる機能としては, 以下のものが想定される.

① 損傷部位毎の調査項目からの計測機器検索機能

② 計測方法の分類から計測機器を検索する機能

また, この計測機器検索機能以外にも, 点検・維持管理に関する非破壊検査法の概要や関連する文献などもDBとして整備することを考えた.

この他にも, インターネット環境下でDBの閲覧が可能であること, 検索結果の動的表示ができること, データの追加や更新が容易に行えること, 新たにDBを構築する場合でも容易にデータの移行ができることなどが求められる.

### (2) XML利用の必要性

本研究では, XML (eXtensible Markup Language) を採用している. XMLは, World Wide Web (WWW) のための新しい文書記述言語であり, W3C (World Wide Web Consortium) によって標準化が推進されている.

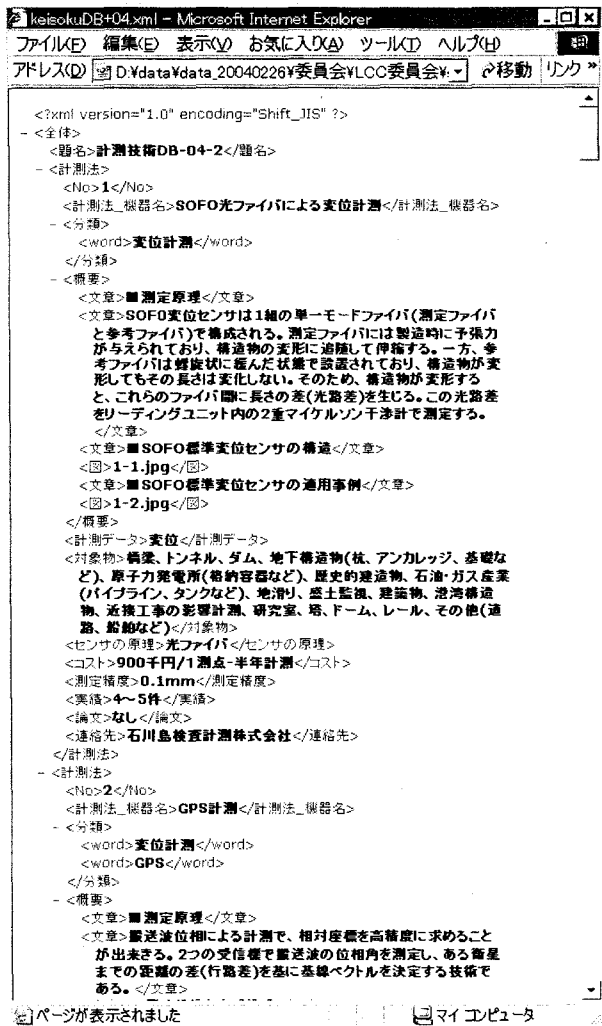


図-6 XML インスタンス

XML の特徴としては、①TEXT データであるがゆえに長期保存が可能で、プラットフォームに依存しないこと、②人間にとって理解しやすい階層構造での記述が可能であり、文書として人間が読めること、③任意のタグを自由に設定できること、④データとしての機能があり、データベースとしての検索が可能である、等が挙げられる。

XML を利用する場合、従来の技術と比べて、①仕様や要件が変更になった場合でも柔軟に対応できる、②開発に係わる生産性が高くなる、③HTML との親和性が高いというメリットがある。このように、XML の柔軟性や拡張性の高さをうまく利用することで、システムの開発と保守を効率化することができると考えられる。

ここで、XML を採用する理由として、①他システムとのデータ交換の容易さ、②新規データの追加のし易さがあげられる。維持管理の段階はその期間が長いいため、その際に用いられる DB は長期間の保存が可能で、プラットフォームが変わっても柔軟に対応できること、人間が変わっても DB が読めることが必要である。この条件を満たすものとして XML が挙げられる。また、

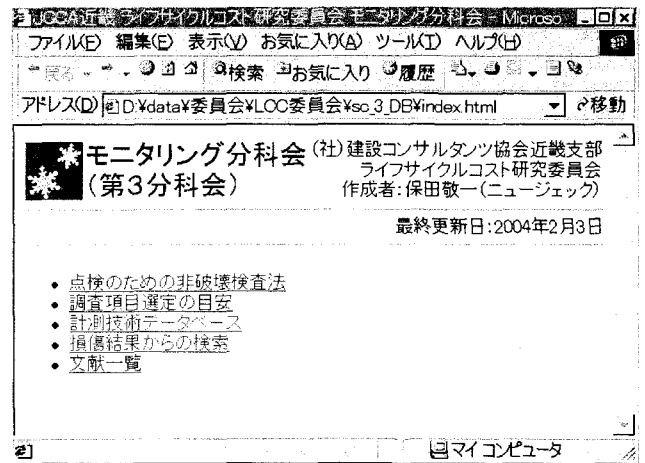


図-7 計測機器 DB の TOP 頁

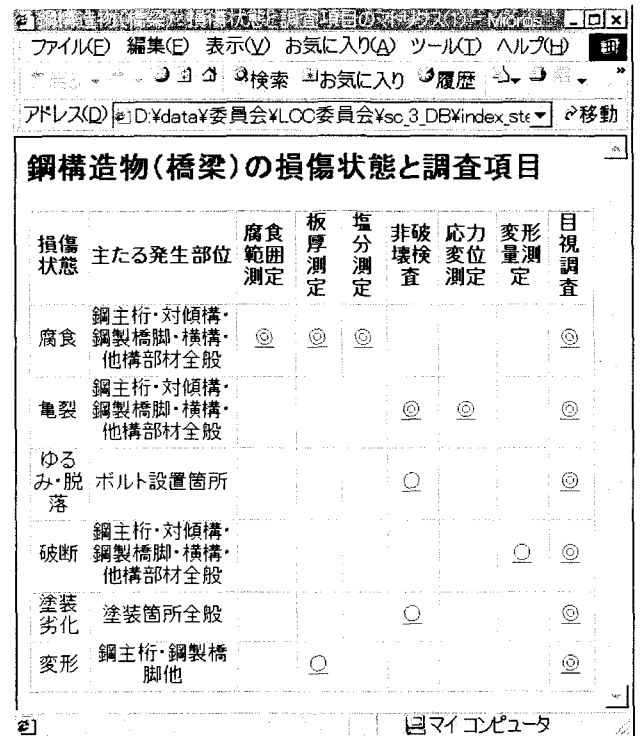


図-8 鋼構造物(橋梁)の損傷状態調査項目選定表

情報公開に対しても、XML はインターネットでの閲覧が可能であり、誰でも何処からでも参照ができることが特徴である。

(3) DB 構成

本研究で構築した計測機器 DB の構成を図-5 に示すとともに、以下にその機能を示す。

- ① 損傷状態と調査項目から計測機器を選定する
- ② 計測機器の分類から計測機器を検索する

- ③ 非破壊検査法の概略説明
- ④ 関連文献検索

前節で整理を行った計測機器のデータ項目を XML でデータベース化した XML インスタンスの例を図-6 に示す。

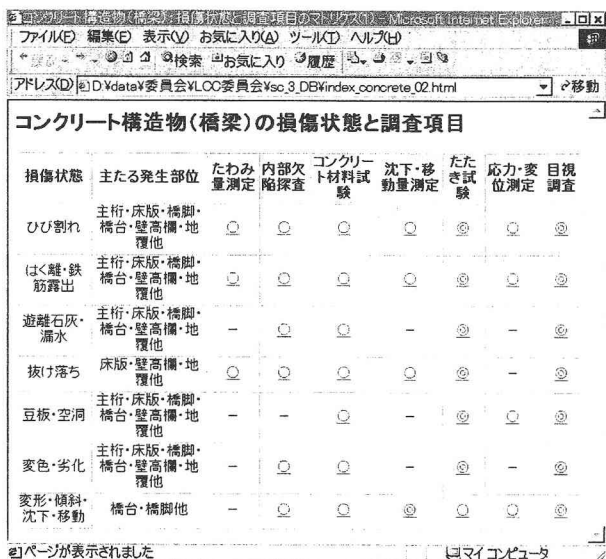


図-9 コンクリート構造物(橋梁)の損傷状態調査項目選定表

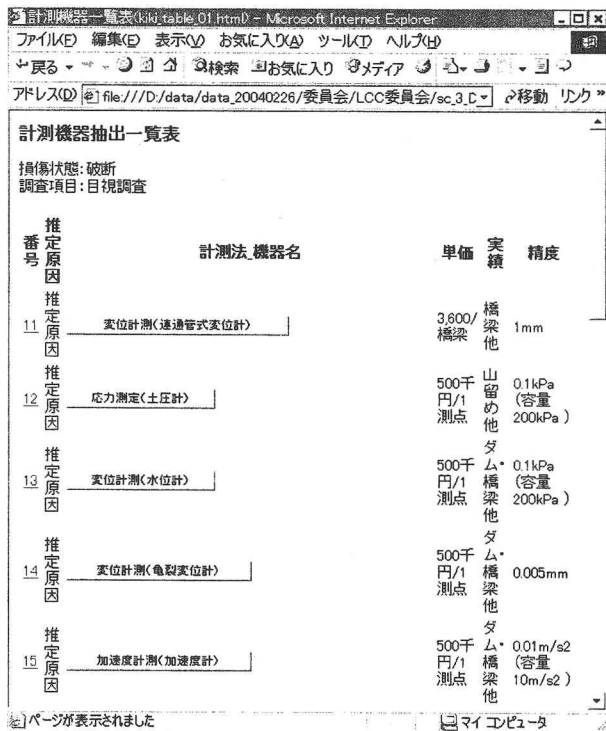


図-10 鋼構造物(橋梁)の計測機器抽出一覧表

また、鋼構造物およびコンクリート構造物において、損傷状態と調査項目で対応するテーブルを作成し、各計測方法がテーブルのどの位置に対応するのかというDBも合わせて作成した。これで、損傷状態と調査項目選定表の中のそれぞれのテーブルに該当する測定機器(複数または単独)とが対応づけられる。例えば、鋼構造物の損傷状態が腐食で、調査項目が板厚測定の場合、該当する計測機器は、A,B,D というように対応づけたテーブルを作成した。

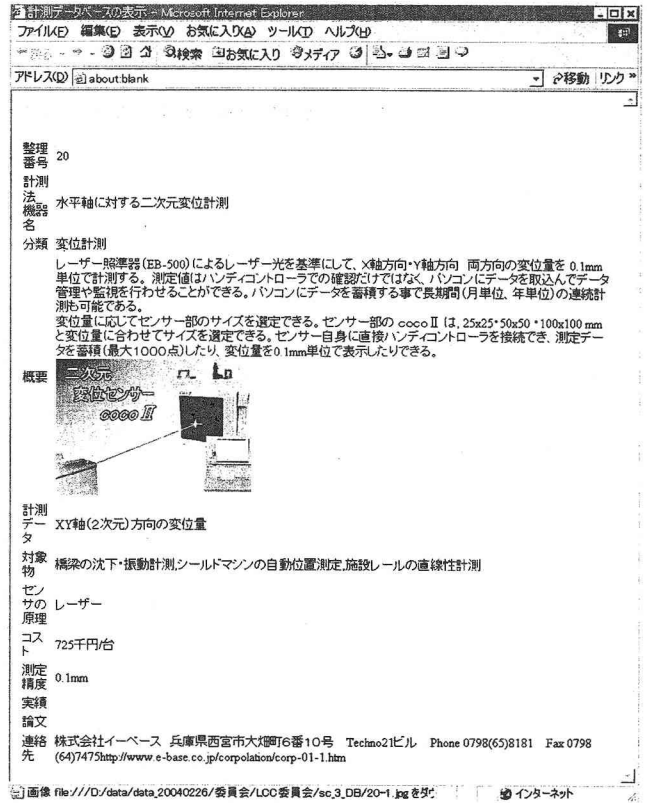


図-11 選択した計測方法(計測機器)の詳細表示

#### (4) DB 検索と表示例

##### a) 計測機器 DB の TOP 頁

本研究で構築した計測機器DBのTOP頁を図-7に示す。3(3)節で列举した機能は、例えば、損傷状態と調査項目から計測機器を選定する機能は「損傷結果からの検索」にリンクしている。計測機器の分類から計測機器を検索する機能は、「計測技術データベース」にリンクしている。非破壊検査法の概略説明の機能は、「点検のための非破壊検査法」にリンクしている。関連文献検索の機能は、「文献一覧」にリンクしている。

また、「橋梁点検・補修の手引き【近畿地方整備局版】」<sup>3)</sup>に記載されている鋼構造およびコンクリート構造物の調査項目選定の目安表は図-7の「調査項目選定の目安」にリンクを張っている。

##### b) 損傷結果からの検索

損傷状態と調査項目選定表における鋼構造物(橋梁)の例を図-8に、コンクリート構造物(橋梁)の例を図-9に示す。ここで、◎は原則として調査を実施する項目、○は必要に応じて調査を実施する項目を表す。それぞれの損傷状態と調査項目のマトリクスで◎と○にはリンクが張っており、該当する◎あるいは○を選択すると、損傷状態と調査項目DBから該当する計測機器が全て呼び出され、図-10に示す計測機器抽出一覧表が表示される。

この図-10に示す計測機器抽出一覧表は、鋼構造物またはコンクリート構造物の損傷状態と調査項目選

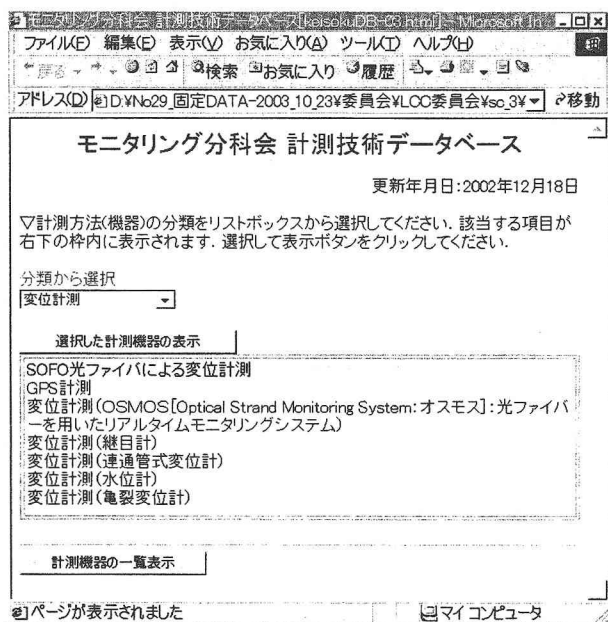


図-12 分類から選択する計測機器選択画面

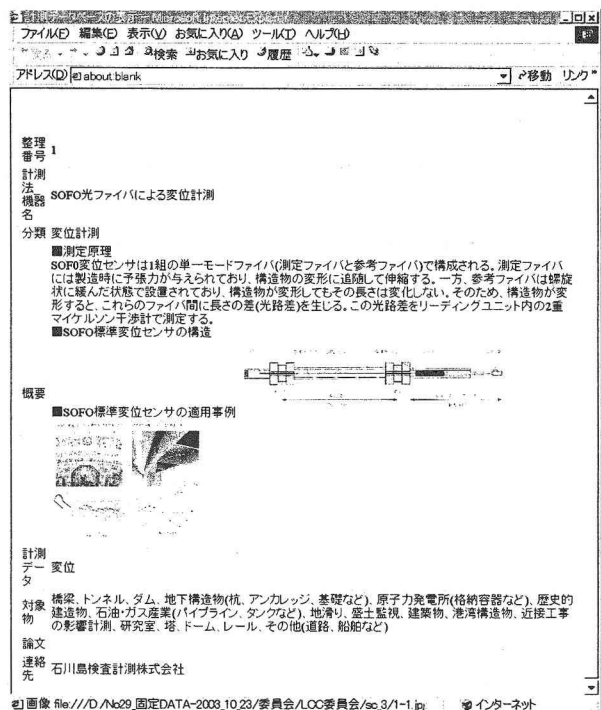


図-13 選択した計測方法（計測機器）の表示

定表から選定された調査項目に該当する計測機器を全て表示したものである。計測法\_機器名は計測機器の名称を、推定原因は該当する損傷状態に合致する損傷の原因を表している。それぞれの計測機器名称の右側には、単価、実績、測定精度が表示され、機器選定の際の参考に使用できる。また、計測法\_機器名のボタンをクリックすると、選択した計測方法（計測機器）の詳細表示が別画面で表示される（図-11参照）。この表示内容だけで不十分な場合は、連絡先に記載してある業者に問い合わせるか、見積をとるなどの行為も必要となる場合がある。

最終的にはこれらの単価、使用実績、測定精度、可搬性などの現場条件などから総合的に判断し、使用する測定機器を選定することになる。これまで、このような単価、精度、実績などから計測機器を選定する判断は、熟練技術者が経験と専門的知識とから行っていたが、これらの情報を一覧で表示することにより、意思決定を支援する際に有効に活用できると考えられる。

この選定した損傷状態と調査項目から該当する計測機器を検索する処理は、DOM (Document Object Model), html と VB script を用いて処理している。また、図-11の計測機器の詳細表示では、XML ファイルのタグと書式との関連を示した stylesheet (XSL) ファイルを参照することにより、表形式で画面上に表示される。

### c) 機器分類からの検索

損傷状態と調査項目のマトリクスから該当する調査機器を選定する方法以外に、機器分類から計測機器を検索・選定する方法を示す。

図-12の画面で、分類から選択のリストボックスからある計測分類を選択すると、その計測分類に該当する計測方法が下のテキストエリアに表示されるので、詳細表示したい計測方法を1つ選択して、テキストエリア上部の「選択した計測機器の表示」ボタンをクリックすると、図-13の計測機器詳細表示出力が別画面で表示される。この詳細表示画面は図-11と同じである。

例えば、機器分類というのは、変位計測や電位測定、腐食計測、水深計測、洗掘計測、空洞計測、厚さ計測、ひずみ計測、温度・湿度計測、応力測定、亀裂測定、加速度計測などである。

図-12に、分類から選択する計測機器画面を示す。このように、計測機器の分類、すなわち、変位を測るあるいは水深を測るなどのように、何を測定するかが事前にわかっている場合は、損傷状態と調査項目マトリクスから選定しなくても、このように分類から検索し、個別で選択表示することも可能である。

この分類から選択する計測機器を検索する処理も、DOM (Document Object Model), html と VB script を用いて処理している。また、図-11の計測機器の詳細表示も、stylesheet (XSL) ファイルを参照して、表形式で画面上に表示している。

### d) 点検方法一覧表示

維持管理の調査フェーズで行うのは、詳細な調査であり、補修・補強の要否判定や補修工法の選定時に参考となる資料に用いるのであるから、主に非破壊検査方法が用いられる。

非破壊検査には、振動や音響、超音波やX線あるいは赤外線などの様々な物理的エネルギーおよび物理現象が利用される。非破壊検査の特徴は、破壊を伴わないことや繰り返し試験が可能であること、間接的な手法であるので検査結果にはある程度の不確実さを含ん

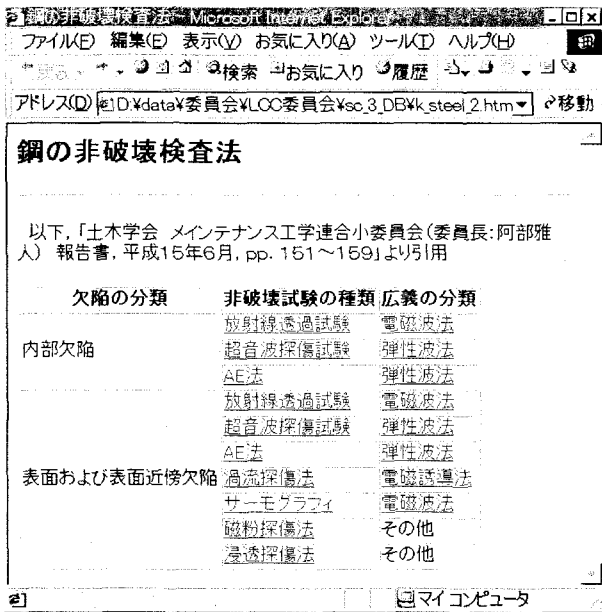


図-14 鋼の非破壊検査方法

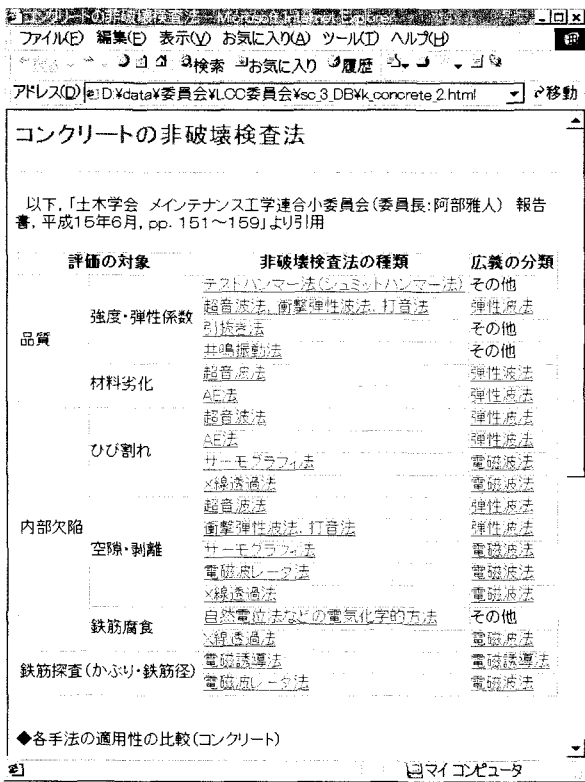


図-15 コンクリートの非破壊検査方法

でいることなどである。鋼構造物とコンクリート構造物では対象ごとに手法は異なっており、また、検査法の測定精度や適用性も異なるので、適切な検査法を選定するには各検査法の原理（例えば、物理的なメカニズムなど）や適用方法についての知識が要求される。これらの検査方法は、規格や基準類が整備されていなかったり、他の基準の転用となっているものが多く、実務における適用があまり進んでいないものもあることに注意しなければならない<sup>5)</sup>。

この機能は、各検査法の原理や適用方法の理解を助

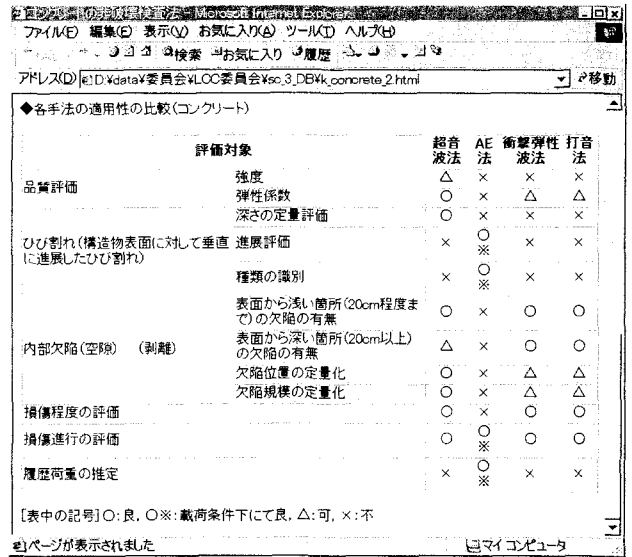


図-16 各手法の適用性の比較(コンクリート)

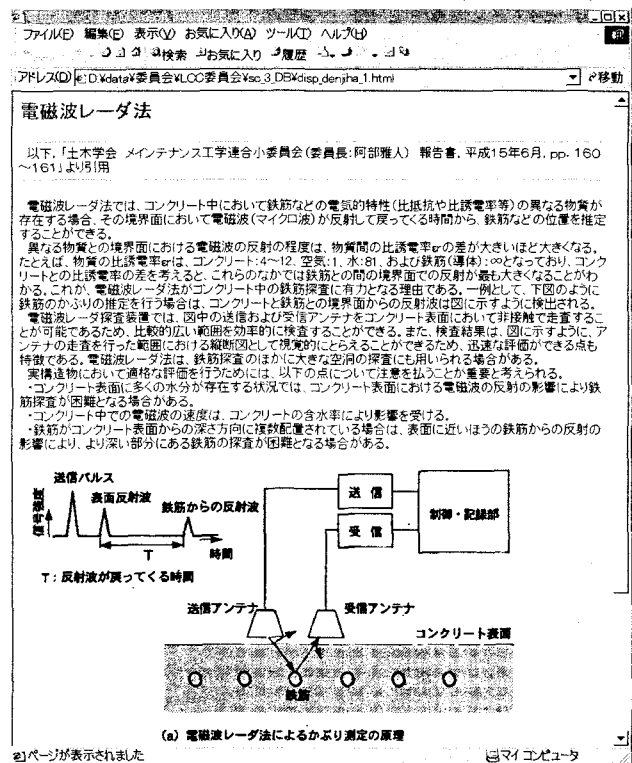


図-17 電磁波レーダ法の原理、適用性

けることが目的で、非破壊検査方法の概要がわかるようにしたものである。図-14に鋼の非破壊検査法の種類を、図-15にコンクリートの非破壊検査法の種類を示す。

コンクリートでは各手法の適用性に様々な違いがあるので、図-16に示す比較表にて適用性の違いを把握することができる。

図-14および図-15において、非破壊検査法の種類および広義の分類にはリンクが張ってあり、それぞれの詳細な説明画面を見ることができる。図-17には、電磁波レーダ法の説明画面を、このように、各検査法の原理や適用性などの理解を助けることができ

る。

#### 4. DBの有効性の評価と効果の確認

##### (1) 点検技術者へのヒアリング

実際に調査あるいは点検業務に携わっている調査会社、点検会社およびコンサルタント会社に所属している複数の技術者を対象にして、本研究で構築した計測機器DBに関するヒアリングを実施した。

ヒアリングの方法は、各被験者に計測機器DBをPC上で使ってもらい、機能の評価や使用性などを確認した。構築した計測機器DBは、インターネット上からアクセスされるため、特定のサーバ（[http://www.kk.jcca.or.jp/info\\_iinkai/LCC/sc\\_3/index.html](http://www.kk.jcca.or.jp/info_iinkai/LCC/sc_3/index.html)）上においた。

ヒアリングを行った項目は以下のとおりである。

- ① 損傷状態と調査項目から計測機器を選定する機能
- ② 計測機器の分類から計測機器を検索する機能
- ③ 非破壊検査法の概略説明機能

これら①～③の各機能について、以下の事項を質問した。

- ・この機能は実務で必要か？
- ・この機能は有効に働いていると思われるか？
- ・出力で他に欲しい情報はないか？
- ・レスポンスはどうか？
- ・効果はあったか？（若年技術者の教育に使える、他の計測機器雄との比較ができる、新しい調査方法のDBへの追加が容易など）

・要望や意見

機能の必要性と有効性に関する意見の集約を表-6に示す。

①の機器は、これまでになかった機器選択用資料であり、実務で必要という意見が多かった。実務で必要ないという理由として、既に知識として持っているからということが考えられる。有効性に関しては、損傷原因から該当する計測機器を抽出するまではよいが、精度、実績、費用などももう少し詳しく書いて欲しいという要望はあったが、選択用の資料としては大いに参考になるという意見が多かった。年々新しい計測技術が開発されることと、精度、実績、コストなども逐次変化することから、DBの定期的な更新が是非とも必要と考えられる。また、実績で新技術情報提供システム（NETIS：<http://www.kangi.ktr.mlit.go.jp/netis/netishome.asp>）に登録されているかも記入して欲しいという意見があった。

②の機能は、①の機能を補完するものであるが、実務で必要かどうかについては、約1/4が必要ないという意見であった。この理由として、①の機能があれば十分であると考えている人が多いことと、分類から検

表-6 機能の必要性と有効性のヒアリング結果

機能	実務で必要か		有効に働いているか	
	Yes	No	Yes	No
① 損傷状態と調査項目から計測機器を選定する機能	11	1	10	2
② 計測機器の分類から計測機器を検索する機能	9	3	10	2
③ 非破壊検査法の概略説明	7	5	11	1

表-7 レスポンスに関するヒアリング結果

機能	レスポンスは良いか	
	Yes	No
① 損傷状態と調査項目から計測機器を選定する機能	11	1
② 計測機器の分類から計測機器を検索する機能	11	1
③ 非破壊検査法の概略説明	12	0

表-8 効果の確認

	効果あり	効果なし
若年技術者の教育に使える	12	0
他の計測機器雄との比較ができる	11	1
新しい調査方法のDBへの追加が容易	7	5

索しなくてもほぼ技術者の頭の中に入っていることなどが考えられる。しかし、この機能がうまく働いているかについては、ほとんどの人が有効と答えていることから、有効性は十分に果たしているといえる。

③の機能は、主に初級技術者向けに使うことを目的としている。経験のある熟練技術者は既に頭の中に入っていることであり、実務では必要ないと思われるが、経験の少ない技術者にとっては必要と思われる。したがって、実務で必要かどうかの評価も分かれていると考えられる。一方、機能の有効性に関しては、ほとんどの人が有効であると評価している。

##### (2) インターネット上での動作

この計測機器DBは、インターネット上で動作するためレスポンスの確認をヒアリングにて行った。結果を表-7に示す。

レスポンスは、Internetの込み具合やクライアントPCの性能などにもよるが、表-7の結果より概ね良好な結果が得られていると言える。

①と②の機能は、計測機器DBからDOMで一括データ読み込みを行ってからの処理になるが、DBの件数が現状ではあまり多くないため、レスポンスが悪いという意見は少なかったが、DBの件数が数百以上に多くなってくるとXMLデータの読み込みに若干時間がかかると予想される。

③の機能は、データ処理をしていないので、通常のWebページを見るのと同じである。

##### (3) 効果の確認

ヒアリングを行った3つの効果についての結果は表-8のとおりである。

特に，“若年技術者の教育に使える”と“他の計測機器雄との比較ができる”は明らかに効果があることを示している。“新しい調査方法のDBへの追加が容易”については、DBやXMLのことをよくわかっている人は評価が高かったと思われるが、そうでない人もかなり存在すると考えられる。

本研究で構築した計測機器DBは、損傷状態と調査項目から、必要とする計測機器を選定する機能や、計測機器の分類から計測機器を選択する機能など、限定した使い方しかできないのが現状である。これは、損傷状態と損傷原因とから計測機器の選定を総合的に支援することが目的であったことによる。今後はandやorを駆使したユーザー独自の検索というニーズも発生してくる可能性がある。その場合のDB構成などは再度検討していく必要があると思われる。本研究で構築したXMLデータベースならばandやor検索にも対応が可能であると考えられるし、XMLによるデータベースで実現できないような複雑な検索はDB構造を変更するなどの対応も考えられる。

本研究で構築したDBの課題は、新しい計測方法あるいは新しい計測機器が提案または考案された場合のDB更新、計測精度や費用の更新などである。これらを定期的あるいは即時にDBに反映させる仕組みを検討する必要があると考えられる。

## 5. まとめ

本研究は、通常点検、定期点検、臨時点検などで得られた点検結果から判断して、詳細調査を実施しなければならないと診断された場合の計測機器の選定を支援する計測機器DBを構築した。この計測機器DBは、インターネット上で閲覧可能なように、また、データ更新が容易で長期間のデータ保存に柔軟に対応できるXMLにて構築した。実現させた機能としては、①損傷状態と調査項目から計測機器を選定する機能、②計測機器の分類から計測機器を検索する機能、③非破壊検査法の概略説明機能、④関連文献表示機能である。なお、DBの処理は、DOM、html、VB scriptで行っている。

計測機器を選定する場合、損傷状況と損傷原因ごとに様々な調査項目と調査方法があり、費用、測定精度、

現地条件、実績などから総合的に判断するための資料を提示できるシステムを構築したことが特徴である。また、①の機能を補完するための②の機能、経験の少ない若年技術者向けの③の機能なども合わせて構築した。

このシステムを構築することにより、作業の標準化、熟練技術者の知識の継承、若年技術者の教育、他の計測法との比較が容易にできるなどのメリットがあると期待できる。

さらに、構築した計測機器DBを技術者に実際に使って頂き、この機能は実務で必要か、この機能は有効に働いていると思われるか、出力で他に欲しい情報はないか、レスポンスはどうか、効果はあったか？（若年技術者の教育に使える、他の計測機器雄との比較ができる、新しい調査方法のDBへの追加が容易など）、要望や意見についてのヒアリングを行ない、構築した計測機器DBの有効性を概ね確認できた。

今後の課題としては、データの定期的な更新、新しい計測機器（計測方法）の取り込み、実績や精度、費用などの定期的なデータ更新などが挙げられる。

本研究は、(社)建設コンサルタンツ協会近畿支部 ライフサイクルコスト研究委員会（委員長：古田均 関西大学総合情報学部教授）の活動の一環として行ったものである<sup>6)</sup>。

## 参考文献

- 1) 水野祐介, 阿部雅人, 藤野陽三, 阿部 允: 情報技術(IT) 援用による橋梁の目視検査支援システムの構築, 土木情報システム論文集, Vol.9, pp.11-18, 2000年10月.
- 2) 矢吹信喜, 植田国彦, 山下武宣, 嶋田善多: 電子タグ, PDA 及び音声技術を用いた現場点検支援情報システム, 土木情報システム論文集, Vol.11, pp.77-84, 2002年10月.
- 3) (財)道路保全技術センター: 橋梁点検・補修の手引き【近畿地方整備局版】, 2001年7月.
- 4) 橋梁点検要領(案): 建設省土木研究所, 1988年7月.
- 5) メインテナンス工学連合小委員会: 報告書, 土木学会, 2003年6月.
- 6) (社)建設コンサルタンツ協会近畿支部 ライフサイクルコスト研究委員会: 活動報告書, 2004年8月.

(2004.5.20受付)