

構造物の管理を支援する

菊地 誠

事業推進室(構造物メンテナンス 担当部長)



きくち まこと

はじめに

鉄道産業には電気・車両・土木・機械など様々な系統があり、膨大な設備を維持管理しなければなりません。日々の列車の運行に伴い、設備は多くの負荷を受け種々の異常が発生します。また経年劣化も進んでいきます。これらの設備を正常な状態に維持することがメンテナンスの役割と言えます。一方、昨今のコンピュータシステムの低コスト化、高機能化、通信ネットワーク技術の発展などにより、メンテナンス作業の機械化、情報化も進んでいます。設備の設計・施工情報の記録、状態の測定、測定データの解析と保存、保守作業の計画や要員のスケジュール管理など、その機能は多岐にわたります。一般に設備のメンテナンス業務としては、主に以下のようなものが含まれます¹⁾。

- ①設備の場所、機能、構成などの情報を管理する。
- ②検査や、状態を維持するための作業の計画を立てる。
- ③作業を行うための要員や機材を手配する。
- ④対象設備を調べて状態を把握する(検査)。
- ⑤検査結果を解析し、異常かどうかの判定を行う。
- ⑥設備の状態を正しく維持するための作業を行う。
- ⑦作業が安全に行われるよう適切に監視する。
- ⑧検査や作業の結果を記録し、その記録を管理する。

鉄道構造物のメンテナンス

前述のように、鉄道設備のメンテナンス業務には様々なものがありますが、ここでは構造物のメンテナンスを中心に話を進めていきます。

鉄道の構造物は、数十年以上前から最近まで、建設された年代が非常に幅広く、経年の古い構造物には劣化の進行が顕著なものも見られます。我が国における鉄道創業当初から、構造物の適切な維持管理が、安全・安定輸送を確保する上での重要な役割を担っていました。こうした構造物の機能を常に維持するためには、適切な時期に検査をし、その結果をもとに修繕や取り替えを行う必要があります。

しかし従前は、「鉄道構造物は基本的に損傷しないものであるから、災害や事故による明らかな損傷以外には手を加える必要がない。」という思想が強く、「事後保全」即ち「壊れたら直す」という考え方が主流となっていました。

それが近年、特に鉄道事業の場合は、設備の故障が輸送障害あるいは重大な事故につながることから、何か大事が起きる前に異常を発見し、事故を未然に防ぐことの重要性が認識されてきました。こうした考え方が「予防保全」であり、定期的に設備を点検して機能の良否を判断し、異常の発生を未然に防ぐために適切な処置を施すメンテナンスの手法を示します。予防保全を行うためには、対象設備の状態を把握し、将来の劣化の発生や進行を予測できることが必要となります²⁾。

このような背景のもと、劣化や損傷などの変状の状態を記録・管理することで、構造物の維持管理を支援するために開発された、「構造物管理支援システム」について以下に紹介します。

構造物管理支援システム

繰り返しますが、我が国の鉄道土木の分野においては、これまで大量に構築した構造物の劣化が進んできており、また投資余力が減少している現在、構造物の更新は容易ではなく、適切な維持管理が不可欠となっています。従来は構造物の構築に主力を注いできたこともあり、現状の多岐にわたる構造物の維持管理に係る技術力が充分でない場合や、修繕時に検査のデータを有効活用する仕組みが整っていない部分もあります。こうした鉄道事業者が土木構造物の維持管理を効率的に実施するため、構造物の諸元や検査の記録、および変状データをデータベース化して管理していくものが構造物管理支援システムです。本システムは、全国14の鉄道事業者と、「鉄道構造物等維持管理標準」の原案を作成した鉄道総研が共同で開発し、約4年の開発期間を経て、平成18年3月に完成し使用開始されました³⁾。

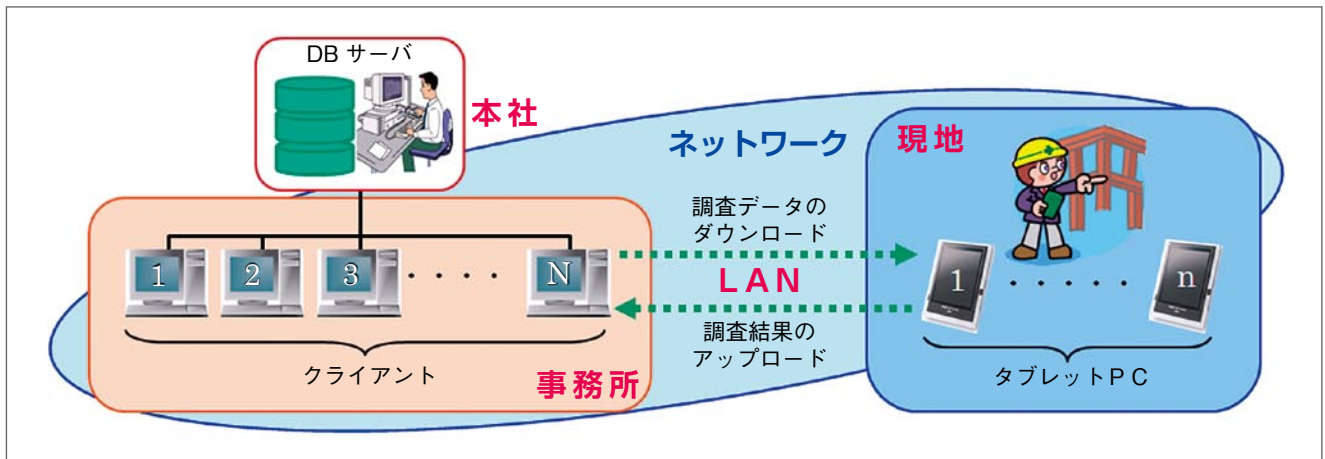


図1 システムのハードウェア構成

本システムは、維持管理標準に準拠した検査記録だけでなく、修繕の工事記録、図面・写真などを台帳へ登録することで、データベースの一元管理と検索機能を備え、構造物の維持管理を合理的・効果的に行うことが可能となっています。またこれらの機能を最大限に発揮するため、現地作業における検査端末として、タブレットPCを導入しています。本システムの特徴を以下に示します。

- ①複数の事業者で共同開発することにより、情報の共有と開発コストの削減が図れる。
- ②構造物の諸元台帳をデータベース管理し、線路図などの図面を自動生成できる。
- ③検査端末としてタブレットPCを活用し、現地において検査結果を直接入力できる。
- ④変状の状況を画面から選択することにより、維持管理標準に準拠した健全度の目安判定が自動表示される。
- ⑤変状記録と写真を関連付けることで、事後整理作業の手間や入力ミスの低減が図れる。

本システムの標準的なハードウェアは、データベースサーバ、クライアント（事務所端末）、およびタブレットPC（検査端末）から成っています（図1）。タブレットPC・サーバ間の検査データのダウンロード／アップロードには無線／有線LANを使用します。これにより、検査を行う現場で必要な図面や前回の記録を参照したり、入力したデータを直接サーバに登録することができるため、検査後の整理作業が大幅に軽減されます。

またプログラムは、事務所端末用と検査端末用の2種類から成っています。事務所端末用のプログラムは、(a)参照、(b)登録、(c)環境設定、(d)現地調査の4系統に分かれており、このうち(a)～(c)は、各台帳に関する参照、登録、および環境設定の操作が可能となっています。

現地で構造物の検査を行い、健全度を判定し、検査結果を記録する一連の作業をまとめて現地調査と言いますが、(d)は、検査端末を用いて現地調査を実施する時に使用します。

- 構造物の検査には、主に以下に示す2種類のものがありますが、本システムは通常全般検査を対象としています。検査端末には、現地調査専用のプログラムがインストールされており、通常全般検査に対する機能を備えています。
- 通常全般検査：新しい変状の発生、および変状の進行状態を抽出するための検査で、1回／2年の周期で実施する。
 - 個別検査：構造物の変状に対して、措置の方法と時期を判断するための検査で、検査の項目、時期、周期は構造物の変状に応じて判断し任意に決める。

現地調査における本システムの実施手順を、図2に示します。

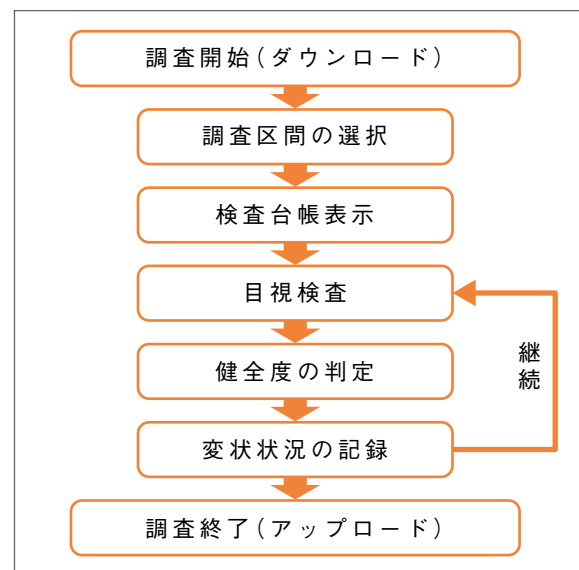


図2 現地調査の手順

表1 構造物の状態と標準的な健全度の判定⁴⁾

| 健全度 | 構造物の状態 |
|-----|--|
| A | AA 運転保安，旅客および公衆などの安全ならびに列車の正常運行の確保を脅かす，またはそのおそれのある変状等があるもの |
| | A1 進行している変状等があり，構造物の性能が低下しつつあるもの，または，大雨，出水，地震等により，構造物の性能を失うおそれのあるもの |
| | A2 変状等があり，将来それが構造物の性能を低下させるおそれのあるもの |
| B | 将来，健全度Aになるおそれのある変状等があるもの |
| C | 軽微な変状等があるもの |
| S | 健全なもの |

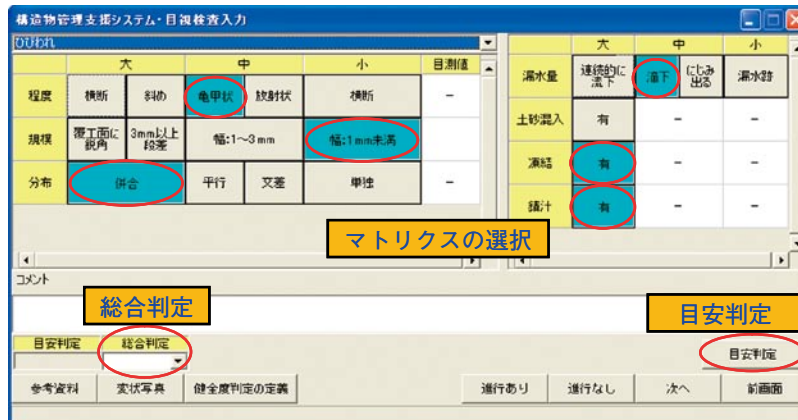


図3 目安判定の入力画面

表2 目安判定マトリクスの入力例

| | 大 | 中 | 小 |
|----|----------|------------|----------|
| 程度 | 横断 or 斜め | 亀甲状 or 放射状 | 横断 |
| 規模 | 幅 3mm 以上 | 幅 1 ~ 3mm | 幅 1mm 未満 |
| 分布 | 併合 | 平行 or 交差 | 単独 |

目安判定機能

維持管理標準においては、「全般検査において，検査結果に基づいて健全度を判定し，必要な性能レベルを満足しているかどうかを確認すること。」と記されています。一般に健全度の判定は，検査結果をもとに，表1に示すA, B, C, Sの4ランクに区分されます。

これらの健全度の判定を，維持管理標準に準拠して行うためには，それぞれの構造物について，変状の発生位置，および程度，規模，分布の状態を正確に把握し，記憶しておく必要があります。しかし，判定に必要なしきい値を含めて，全てを記憶することは容易ではありません。

またこれらの関係を記した書籍などの参考資料を現地に携帯し，参照しながら判定を行うことも考えられますが，構造物の種別が多岐にわたる場合には，必要な資料が膨大になり，携帯や参照も容易ではないと言えます。

そこで本システムでは，健全度の判定の際に，検査対象構造物の構造種別や，変状の種類などに応じたマトリクスを画面上に表示し，そのマトリクスを用いて目安判定結果を自動的に出力するための健全度判定補助機能を開発し，現地で用いるタブレットPCに搭載しています。

目安判定マトリクスでは，図3および表2に示すように，構造物の種別や構造系（トンネル，コンクリート，鋼，のり面）ごとに，変状を「程度」，「規模」，「分布」の要素で捉え，各要素を「大」，「中」，「小」に区分したのから選択することによって，維持管理標準に準拠した目安判定を出力し，健全度判定の補助を行います。

これにより検査員は，変状の発生位置，程度，規模，分布と健全度の判定の関係（判定におけるしきい値）を事前に記憶しておかなくても，現地にて変状を見ながら，画面に表示されたマトリクスの中で該当するものを選択することにより，目安判定を導くことが可能となります。

検索機能

本システムは，膨大な数の構造物を現地において素早く検索するために，各構造物にID番号を付けて，台帳内のデータと構造物の位置や諸元をリンク付けています。

構造物を検索する機能としては，一般的なデータベース検索の他にマッピング検索があります。これは，線路図から構造物を直接選択する機能であり，現地調査のときにはキロ程で調査位置と構造物を順に追えるため，大変便利な機能となっています（図4）。

変状の比較

現地調査で重要なことは，前回の調査と今回の調査とで変状がどれだけ変化したかを的確に記録することにより，今後の変状対策を実施する上での基礎的な資料を得ることです。本システムでは，これらの調査記録をデータベースに取り込むことにより，過去の記録写真と今回の記録写真を比較表示することが容易にできるようになっています（図5）。

その他の機能

(1) アクセス権の設定

構造物の検査結果については，最終的に責任者の承認が必要となります。そのため本システムのユーザは，データ

の登録を行う一般検査員と、承認ができる管理者の、2段階に分かれています。また事業者によっては、現場単位でアクセスできるデータの範囲に制限を設けたいという要望もありました。元々本システムにおけるユーザの管理は、IDとパスワードで行われる仕様でしたが、環境設定機能の中で、個人のログイン情報として、権限のレベル、所属部署などを登録することにより、このようなアクセス権の設定を可能としています。

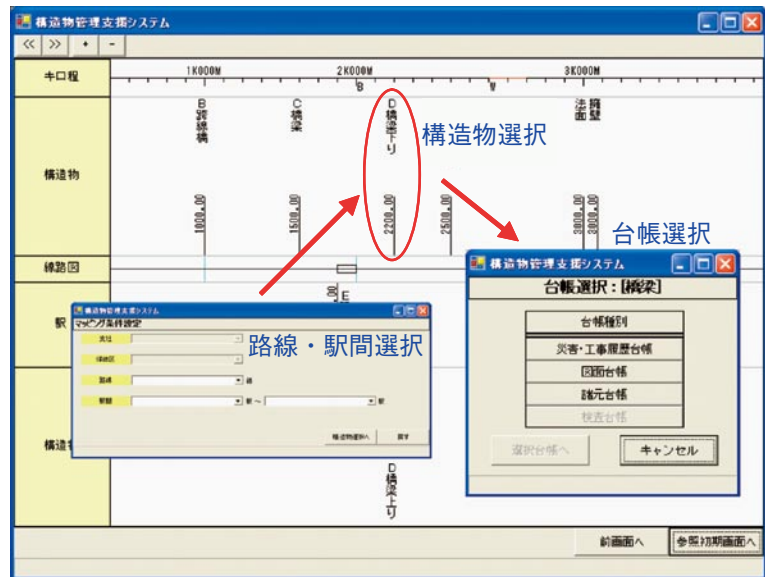


図4 マッピング検索の例

(2) セキュリティー対策

本システムの参加事業者の中には、第三セクターなどの複数の事業者をグループに持つものがあり、それらの複数事業者のデータを同一のサーバで管理したいという要望もありました。

そのため、前項のアクセス権の設定機能を発展させて、一つのサーバ内で複数の事業者の構造物に関するデータを管理・運用する場合に必要なセキュリティー機能として、サーバへのアクセス権を個別に設定できる機能を備えることとしました。

例えば、AとBの2つの事業者の検査台帳や諸元台帳を同じ1つのサーバで管理するような場合には、B事業者がA事業者へ検査の委託をした際に、A事業者はB事業者の諸元台帳を参照することはできるが編集はできないというものです。

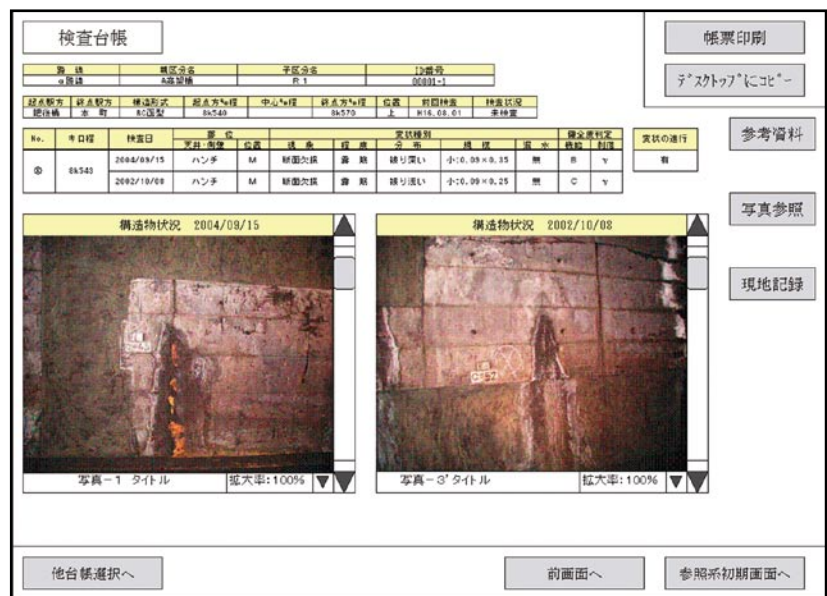


図5 変状写真の比較表示

おわりに

鉄道のメンテナンスの分野においても、専門知識を持ったベテランが少なくなり、若い世代への技術継承が切実な問題となっています。今後も益々高度なシステムによる業務支援の必要性が増し、それによって、設備の適切な管理運営が実現され、鉄道の安全性、信頼性が一層向上していくと期待されます。

今回は、鉄道構造物のメンテナンスの観点から、構造物管理支援システムについてご紹介しました。平成20年8月現在、本システムは全国で20の鉄道事業者を導入されており、各鉄道事業者と鉄道総研で構成する運営協議会を通じて、システムのバージョンアップ、追加機能、および目

安判定機能の改良、維持管理に関する情報交換などを進めています。今後は、事業者間はもとより、事業者と鉄道総研の技術情報の交流を深めることで、鉄道構造物の維持管理業務の高度化を推進していきたいと考えています。[RRR]

文献

- 1) 後藤浩一：メンテナンスの支援システム、第20回鉄道総研講演会、2007
- 2) 山之内秀一郎編：鉄道とメンテナンス、交通新聞社、2000
- 3) 三谷公夫他：構造物管理支援システムの構築について、土木学会全国大会、2006
- 4) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等維持管理標準・同解説、2007