

鉄道トンネルの維持管理情報のシステム化に伴う

健全度判定補助機能の開発

DEVELOPMENT OF THE ASSISTANCE OF FUNCTION FOR EVALUATING STRUCTURAL SOUNDNESS OF RAILWAY TUNNEL DUE TO SYSTEMALIZING INFORMATION ABOUT MAINTENANCE

小西真治¹・進藤良則²・尾山達己³・菅原孝男⁴

Shinji KONISHI・Yoshinori SHINDO・Tatsuya OYAMA・Takao SUGAWARA

This system will not only record the data obtained by regular visual inspections according to the maintenance management standard, but also perform the maintenance management rationally and efficiently by unified management including drawings and repair records. We developed an on-site inspection terminal (tablet PC), by which it was possible to perform inspections with refereeing to necessary data on the PC at the site. In addition, with the development of a supplementary function based on the maintenance management standard, it is capable of suppressing the dispersions of data by each individual inspector.

Key Words : *maintenance management of structure, data base system, inspection terminal, standard judgment function*

1. はじめに^{1) 2) 3)}

鉄道事業者においては、鉄道構造物について定期的に目視を主体とした検査（以下、「定期検査」という。）を実施しているが、今後、これまでに構築した構造物の劣化の進行に伴い、より適切な維持管理を行う必要がある。また、近々に国土交通省より、「(仮称) 鉄道構造物等維持管理標準」(以下、「維持管理標準」という。)が通達される予定であり、今後は、維持管理標準に準拠した適切な維持管理を実現するために、検査をはじめとする維持管理行為の合理化および効率化等をはかる必要がある。一方で、これまでの定期検査には後述するような問題点があり、鉄道構造物の維持管理を合理的かつ効率的に実施するためには、これらの問題点の解決が不可欠であった。

しかしながら、これらの問題点に対して、各鉄道事業者が独自に各々で対処することは、コスト的・技術的にも困難である。

そこで、14の鉄道事業者(大手民鉄及び公営地下鉄^{1) 2) 3)})と維持管理標準の原案を作成した(財)鉄道総合技術研究所(以下、「鉄道総研」という。)では、これらの問題点を解決するために、共同で構造物管理支援システム(以下、「本システム」という。)を開発した。

キーワード： 構造物維持管理, データベースシステム, 健全度判定, 目安判定機能

¹正会員 工博 (財)鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 (〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38)

²正会員 工修 鉄道・運輸機構 設計技術部 (〒231-8315 神奈川県横浜市中区本町 6-50-1)

³大阪市交通局 建設技術本部技術部工務課 (〒550-8552 大阪市西区九条南 1 丁目 12-62)

⁴正会員 東京地下鉄(株) 工務部機械工務区 (〒135-0000 東京都江東区新木場一丁目 8-9)

本稿では、主にこれまでの維持管理における問題点と、本システムに導入した構造物の健全度判定を支援する目安判定機能について述べる。

2. 維持管理における問題点とその解決策

(1) 検査の効率的な実施

従来の定期検査では、現地で野帳等に記録した膨大な検査記録を、事務所に持ち帰った後に事後整理をする必要があり、多くの手間と時間がかかるといった問題があった。そこで、検査の際に検査用端末（タブレットPC）を持参し、現地において検査結果（変状の位置、種別、判定結果等）を直接PCに入力できるようにし、事務所での作業は入力結果のサーバーへのダウンロードのみとすることにより、専用の検査用ソフトを開発することで事後整理の軽減をはかった（図-1）。さらに、事後整理のうちでも多くの時間を要する作業であった変状記録と変

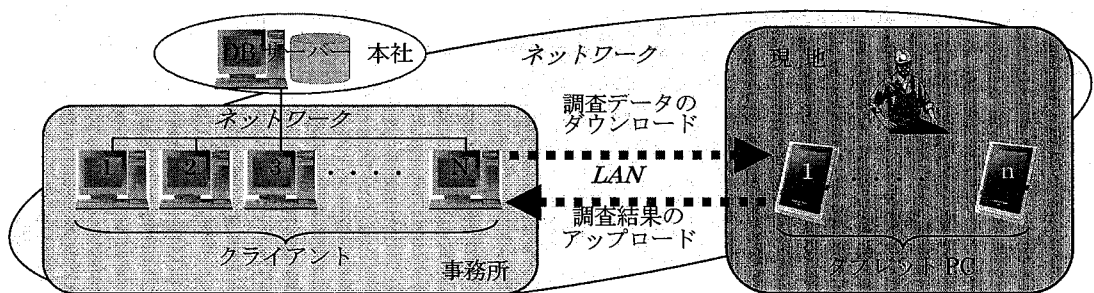


図-1 システムのハード構成

状写真の関連づけについても、半自動化することにより、手間と時間の低減をはかった。

(2) 検査結果のばらつきの抑制

従来の定期検査では、複数の検査員で現地検査を実施した場合に、検査員により健全度の判定結果にばらつきが生じることがあった。そこで、維持管理標準に準拠した健全度の判定補助機能を開発し、タブレットPCに搭載することにした。この判定補助機能は、変状の発生位置や程度といった目視検査で得られた情報を、タブレットPCの画面上に各変状に関する項目を表示させ、実際の変状に最も適合した事項を選択することで目安判定を自動的に表示させるものである。この機能により検査員による健全度判定のばらつきを抑えることが可能となり、本システムを用いる他の事業者においても同一の目安判定が出力されるため、事業者間でのばらつきも抑えることができる。

(3) 検査結果の保管および活用

鉄道構造物は、一般に供用期間が長いこと、適切な維持管理を継続して行うためには、当該構造物の供用期間における定期検査で得られた全ての結果を適切に保管し、必要に応じて変状の進行状況を把握するための比較資料をその都度、容易に出力して補修計画の立案などに活用できるデータベースが必要がある。一方で、従来の定期検査では、現地において過去の検査結果を参照するためには、事務所では当該構造物に係る検査結果の抽出および野帳への転記・転載、現地ではこれらの膨大な資料の閲覧などが必要であり、非常に多くの手間を要していた。さらに、事後整理においても、過去の検査資料と関連づけた整理を行うことは容易ではなく、必ずしも過去の検査結果が適切に保管・活用されているとはいえない場合もある。

そこで、本システムでは、個別の変状の状況（構造物の諸元、変状箇所及び健全度、補修結果など）について、

各回の検査時の記録をリンクさせデータベース化を図った（図-2 参照）。これにより、現地検査時に、当該変状

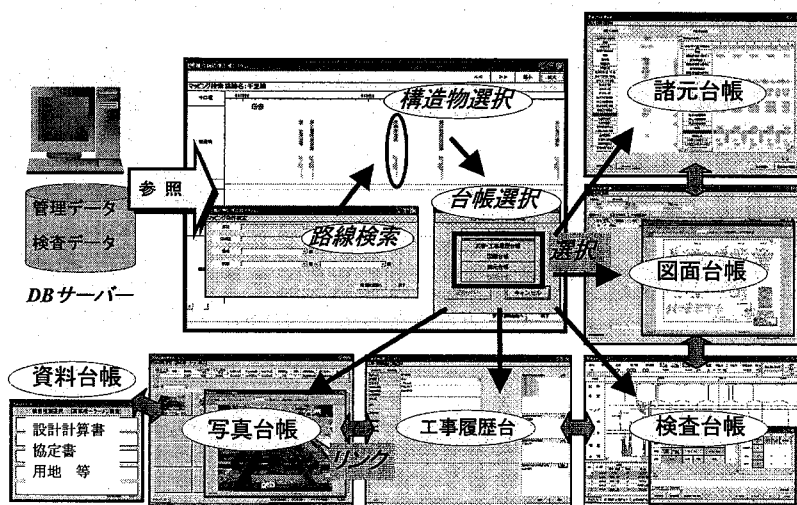


図-2 本システムの台帳構成

の経年変化（過去の全ての検査結果）等をタブレットPC上で容易に把握することが可能となった。

(4) 各種結果の保管および活用

適切な維持管理のためには、検査記録のみならず、当該構造物に係る各種資料（当該構造物の図面、設計図書、補修等の措置の記録）が適切に保管され、修繕計画立案の参考資料等として活用される必要がある。

一方で、これまでは、資料の種別毎での保管、補修等の工事实施年度毎の保管など、必ずしも当該構造物に係る資料が一括して保管されていない場合もあった。そこで、データベース化においては、これらの点に考慮し、各構造物に係る各種資料が容易に参照できるようにした（図-2 参照）。

(5) その他

資料の検索等については、キーワード検索は勿論のこと、鉄道事業者になじみの深い路線図からの検索ができるようにするなど、操作性、にも配慮した。

3. 現地調査の手順

本システムは、維持管理標準に準拠した調査結果、図面や修繕記録等をシステムの各種台帳（諸元台帳、検査台帳、工事履歴台帳、図面台帳及び写真台帳等）へ登録することで、システムによる一元管理と構造物の検索機能を備えたものである。これらの機能を最大限に発揮するために現地の検査端末にはタブレットPCを使用する。なお本システムで検査対象とされる構造物は、高架橋、橋梁、トンネル、跨線橋、のり面、擁壁、下水渠及び横断管である。

現地調査における本システムの実施手順を図3に示す。初めに調査情報をタブレットPCにダウンロードして調査区間を選択する（図-4）。次に変状の写真やクラック等に関する調査記録を登録する（図-5）。変状を確認して本システムの最大の特徴である目視検査等に関するマトリクスを表示して目安判定を行い健全度を入力する（図-6）。変状が進行している場合は、画面上の展開図等に進捗状況を直接記入する（図-7）。最後に調査結果の情報をアップロードする。以上が実施手順である。

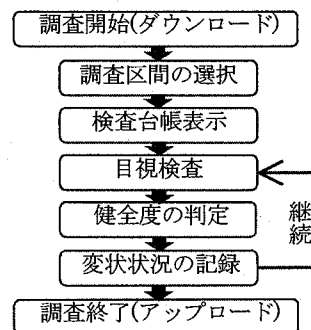


図-3 現地調査の手順

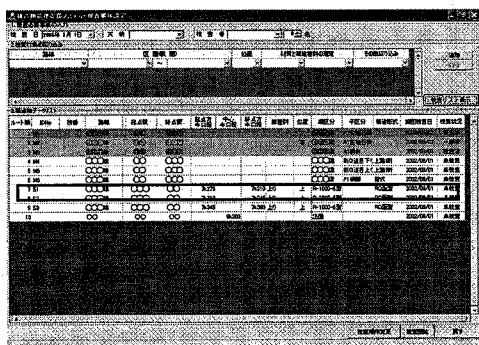


図-4 調査区間の選択画面

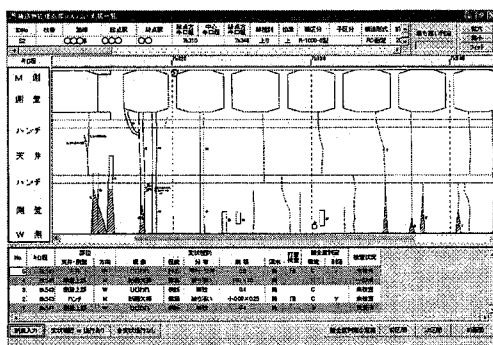


図-5 調査記録の例

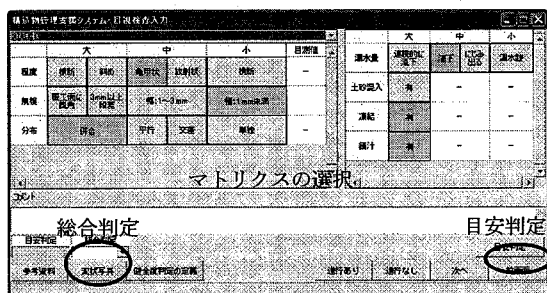


図-6 目安判定の入力画面

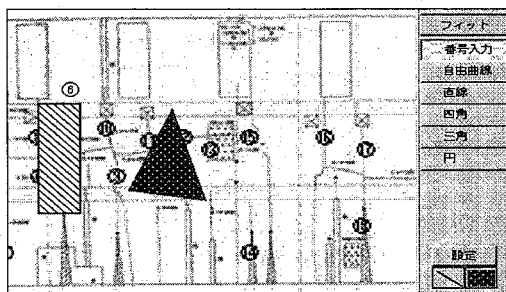


図-7 変状の進行状況の記入

4. 健全度の目安判定

維持管理標準では、定期検査において検査結果に基づいて健全度を判定し、構造物が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る。一般に健全度の判定区分は、検査結果に基づいて表-1に示すA, B, C, Sのランクに区分される。

鉄道事業者が表-1に示される健全度の判定を維持管理標準に準拠して行うためには、トンネルの他、コンクリート構造、鋼構造、土構造など、多種に及ぶ構造種別ごとに、変状の発生位置、変状の規模、変状の分布及び変状の程度に基づいて健全度の判定項目を記憶または記録しておく必要がある。しかし、多種に及ぶ構造種別について、判定項目の他、判定に必要となるしきい値も含めて記憶することは、必ずしも容易なことではないといえる。

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
	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変状等があり、緊急に措置を必要とするもの
	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-8 目安判定マトリクスの入力画面

そこで、本システムでは、健全度の判定において、検査対象となる構造物の構造種別や、変状の種類等に応じた健全度の判定に必要となる表（マトリクス）をタブレットPCの画面上に表示し、当該マトリクスから目安判定を自動的に出力させるための健全度判定補助機能（以下、「目安判定マトリクス」という。）を開発した（図-8 参照）。

	小	大	a2
		中	a2
		小	a2
...	...	...	...

[illegible]

図-9 山岳トンネルの目安判定表の例

項目	大	中	小
規模	幅 3mm 以上	幅 1～3mm	幅 0.5～1mm
分布	閉合	平行 or 交差	単独
漏水	連続的に流下	滴下 or 滲み	漏水なし

規模	分布	漏水	目安判定
…	…	…	…
中	大	大	a1
		中	a1
		小	a1
	中	大	a2
		中	a2
		小	a2
	小	大	a2
		中	a2
		小	a2
…	…	…	…

い値ごとに区分（基本的には「大」、「中」または「小」の3区分とした）したマトリクスから最も現地の変状に適したセルを選択することで維持管理標準に準拠した目安判定を自動的に表示することで、健全度の判定を補助する機能である。ただし、「目安判定」としたのは、表示されるものはあくまでも目安であり、最終的な判断は人間が行うべきものであるためである。

この機能により検査員は、変状の発生位置、変状の発生規模および変状の分布や程度と健全度の判定の関係（判定のしきい値）を記憶し、または膨大な資料を持参することなく、現地において目前の変状をみながら、タブレットPCの画面に表示された目安判定マトリクスで、該当する変状の「位置」「程度」「分布」を選択することで、目安判定が自動的に導かれる。ここで、目安判定機能により出力される結果は、あくまでも目安であり、健全度の最終判定は検査員が行うことになる。しかし、当該機能によって検査員による判定結果のばらつきが抑制されるとともに、検査の効率化を図ることができるものと考えられる。

目安判定機能の一例として例えば、現地の検査で、「ひび割れが単独で生じており、その幅が2mmで滲みを伴っている」といった変状を発見した場合には、検査者が表-2の網掛けの部分を選んでタブレットPCに入力することによって、表-3に示す目安判定結果（この例では「a2j」）が出力される。

この目安判定マトリクスについては、トンネルをはじめ、構造物の健全度に影響を与える変状の規模、程度および分布等の条件を抽出した結果、約4300通りの組合せについて目安判定の検討を行った。トンネルについては、都市トンネル、山岳トンネルおよび開削トンネルの変状について目安判定を検討し、目安判定表を作成した（図-9参照）。この目安判定表に基づいた目安判定マトリクスをタブレットPCの画面に表示させるプログラムを構築した。

現地の検査において入力した目安判定マトリクスの各セルの選択記録は、タブレットPC上に記録されるため、変状写真等の他の検査結果に関する資料と同様に、検査結果を事務所の端末にアップデートすることで本システムのサーバーに保管される。これによって、後々、変状写真等を併せながら健全度の判定記録を参照することが可能である。

5. おわりに

本システムに採り入れた目安判定マトリクスは、複数の鉄道事業者が構造物の種別ごとに役割を分担して作成した目安判定表を鉄道総研の担当研究室で照査したものであり、共同開発による大きな成果であると考えている。

本システムは、平成18年4月より運用が開始された。この運用にあたり、参加鉄道事業者と鉄道総研で、運営協議会を立ち上げた。今後は、この運営協議会で、実際の運用実績を蓄積するとともに、実績に基づく目安判定マトリクスの照査を行い、適宜修正・改良を加え目安判定の精度を更に向上させることで本システムが効率的かつ適切な検査の実施に寄与できるものにしていくと伴に、適切で合理的な維持管理について勉強していく予定である。また、更に、多くの鉄道事業者においても本システムの普及につとめていきたい。

参考文献

- 1) 三谷他：構造物管理支援システムの構築(1),土木学会第61回年次学術講演概要集,2006
- 2) 進藤他：構造物管理支援システムの構築(2),土木学会第61回年次学術講演概要集,2006
- 3) 小出他：構造物管理支援システムの構築(3),土木学会第61回年次学術講演概要集,2006
- 4) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等維持管理標準・同解説,丸善,2006.末 発刊予定.