鉄道土木構造物の維持管理マネジメントについて

東日本旅客鉄道株式会社　鉄道事業本部　設備部　構造物管理G　課長　下山（しもやま）　貴史（たかし）
検査管理G　主席　三宅（みやけ）　浩一郎（こういちろう）

1.　はじめに

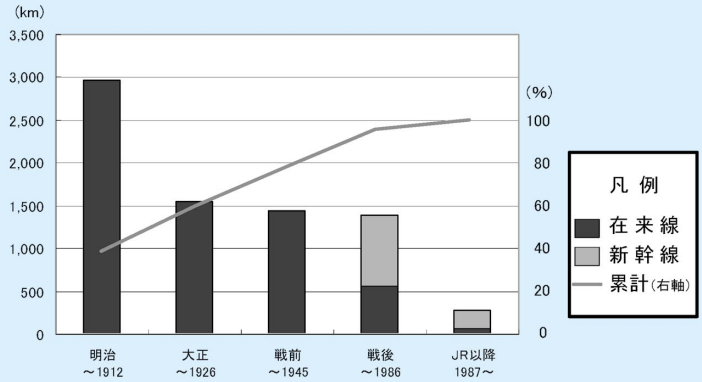
わが国は，すでに高齢化，少子化社会に突入しており，今後さらに加速していく現状を踏まえると，限られた財源の有効活用が必要であり，効率的・効果的な社会資本整備が求められる。物理的寿命に達したら取り替える時代から，構造物をできる限り長持ちさせる（長寿命化）時代へのパラダイムシフトは必然と言える。このような状況においては，構造物の現在の保有性能を正確にとらえた上で，要求性能を満足するように適切に維持管理を行うことが必要である。

本稿では，鉄道土木構造物の維持管理マネジメントに関する当社の取り組みについて具体的事例を交えてご紹介したい。

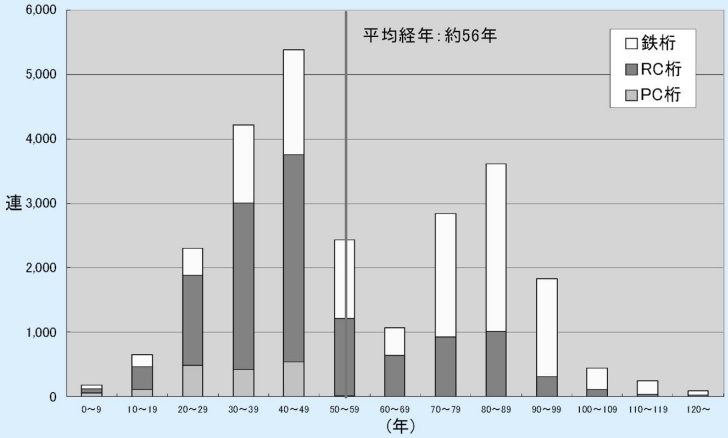
2.　鉄道土木構造物の特徴

鉄道土木構造物の維持管理の歴史は，明治５年（1872年）にわが国で初めて新橋～横浜間（現在の汐留～桜木町）に鉄道が開通したと同時に始まった。その後，鉄道は日本全国にくまなく建設され，新幹線建設が始まった昭和30年代までに在来線の骨格はほぼできあがった。JR東日本の線路延長は約7,500kmあり，そのうち約４割にあたる約3,000kmは明治時代に建設されている（**図－１**参照）。

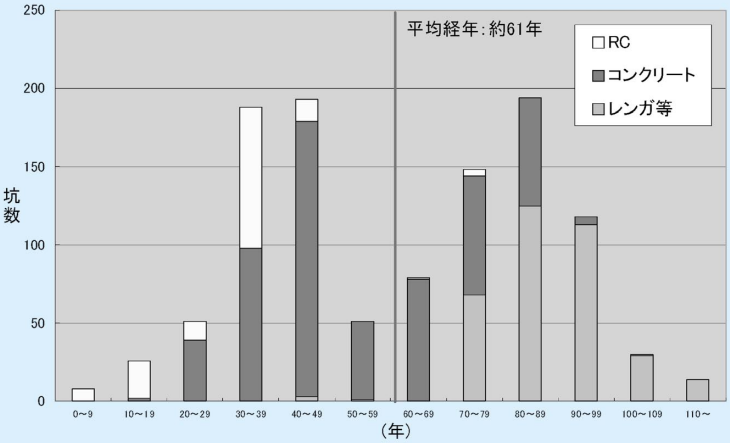
現在JR東日本では，新幹線と在来線合計で橋りょう31,050カ所（総延長410km），高架橋2,800



図－１　JR東日本の鉄道の開通時期



図－2　橋りょうの経年［在来線］



図－3　トンネルの経年［在来線］

カ所（総延長660km），トンネル1,260カ所（総延長882km）を保有している。在来線橋りょう，トンネルの経年別数量を**図－2**，**3**に示す。

鉄道土木構造物は，既存の社会資本整備の中でも先行して整備された経緯があり，明治時代に建設された構造物も依然多く残っている。橋りょうを例にとっても，財務省令で定める法定耐用年数（コンクリート橋：50年，鋼橋：40年）を超えた構造物は約５割を超えている。

これらの鉄道構造物を単純に取り替えるのではなく，適切に検査・修繕し，長寿命化を図り有効活用することが今後一層必要とされている。

3.　鉄道土木構造物の検査

(1)　検査体系

JR東日本では鉄道土木構造物の維持管理のため，**表－1**の検査を実施している。検査は基本的に各支社の土木技術センター社員が実施している。

通常全般検査（人で言う定期健康診断）は，列車運行の安全を確保する上で必要な目視検査であり，特に主機能にかかわる変状や，安全性に影響するような変状を確実に捕捉することが目的である。これにより変状を確認した場合は，**表－2**の判定区分により構造物の健全度を判定する。

また，個別検査（精密検査）は，全般検査で健

表－1　鉄道構造物の検査種別

検査の区分		検査周期	検査方法	対象構造物
初回検査		供用開始前	詳細な目視検査	新設および改築・取替を行った鉄道構造物
全般検査	通常全般検査 特別全般検査	２年に１度 10年に１度(注)	目視検査 詳細な目視検査	鉄道構造物
個別検査		必要の都度	計測機器を用いた検査	Aランク構造物
随時検査		必要の都度	目視等	地震，降雨等の災害時沿線環境変化

（注）　在来線のトンネルについては20年に１度

表－2　構造物の状態と健全度判定区分

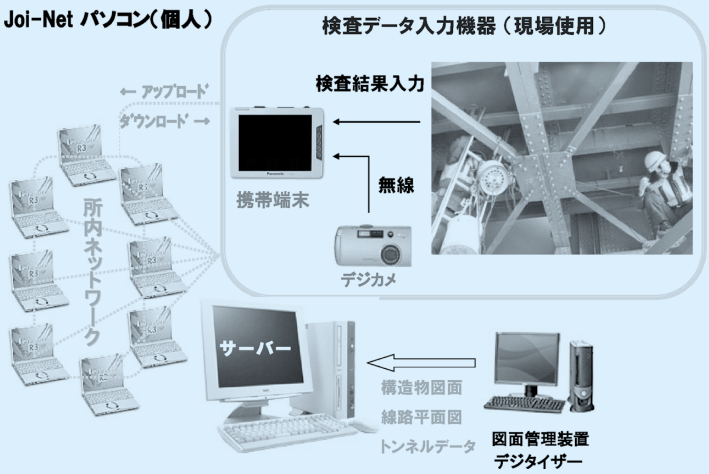
判定区分		土木構造物の状態
A		運転保安，旅客および公衆などの安全ならびに列車の正常運行の確保を脅かす，またはそのおそれのある変状等があるもの
	AA	運転保安，旅客および公衆などの安全ならびに列車の正常運行の確保を脅かす変状等があり，緊急に措置を必要とするもの
	A1	進行している変状等があり，土木構造物の性能が低下しつつあるもの，または大雨，出水，地震等により，土木構造物の性能を失うおそれのあるもの
	A2	変状等があり，将来それが土木構造物の性能を低下させるおそれがあるもの
B		将来，健全度Aになるおそれのある変状等があるもの
C		軽微な変状等があるもの
S		健全なもの

全度がAランクとなった構造物を対象に，より詳細な検査を実施し，変状原因，変状の進行性を把握し精度の高い健全度判定を行うものであり，対策案の検討および措置計画の立案を行うこととしている。さらに，特別全般検査（人間ドック）は，10年ごと（在来線トンネルは20年ごと）に高所作業車やペイント塗替時の作業用足場を活用して至近距離からの詳細な目視検査により検査精度を高めて実施するものであり，構造物の長寿命化を図る上で有効な検査となっている。

検査結果は，変状を記録した写真や図面も含め1994年に導入した「土木構造物管理システム（MARS）」（**図－4**）に記録・保存している。

このシステムには，検査記録のほかに，設備台帳として構造物の諸元や図面，変状に対する補修・補強工事の履歴なども収められている。

また，検査計画や工事計画の策定機能も有し，構造物の維持管理に必要な情報を一元管理している。本社・支社・現場を問わず，社員はいつでも自分の机のパソコンから自社ネットワークを通じてデータサーバーに接続し，必要な最新データを得ることができる。



図－4　土木構造物管理システム（MARS）

写真－1　応力測定状況の一例

(2)　構造物検査の具体的取り組み

①　橋りょう（鋼橋の事例）

鋼橋の代表的変状として，腐食と疲労が挙げられる。しかし，腐食については，どの程度桁の耐荷性能に影響しているかは目視検査では評価できない。また，疲労についてはき裂として現れるまで目視検査では確認不可能である上，現在疲労がどの程度累積しているか（耐久性能）は目視検査では評価できない。そこで，これらの性能低下が懸念される鋼橋については，鋼橋総合診断システム（BMCシステム）を活用して鋼橋の性能の定量的評価・診断を行い，重大変状の予防や対策の優先順位の策定に役立てている。

1)　耐荷性能の評価

桁の断面および現地にて測定した腐食量を元に現在保有する耐荷性能の評価を行う。

2)　耐久性能の評価

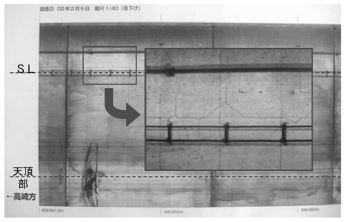
設計上および構造ディテールから疲労き裂の発生が懸念される個所の応力測定を実施し，累積疲労損傷度の算出，疲労き裂発生寿命予測を行い，耐久性能の評価を行う。

②　トンネル検査の高度化

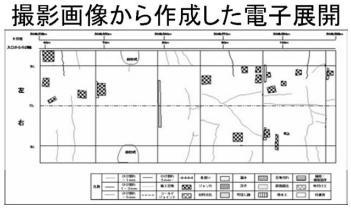
トンネルの検査は，目視による通常全般検査のほか，特別全般検査において，至近距離からの目視および必要な個所への覆工コンクリートの打音検査を実施しているが，検査員の負担が多く，検査員の判断力に依存しているのが実状である。そ

撮影状況

撮影画像

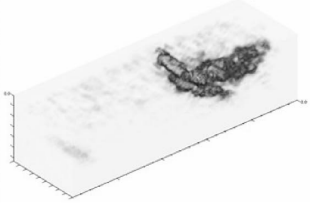


撮影画像から作成した電子展開

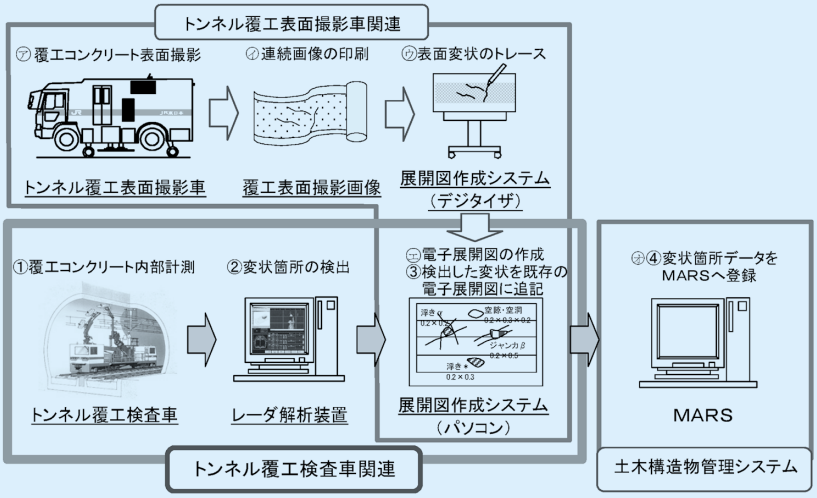


写真－2　トンネル覆工表面撮影車（TuLIS）

異状個所の3次元画像表示



写真－3　トンネル覆工検査車（CLIC）



図－5　トンネル覆工コンクリート検査システム

こで，トンネル表面の覆工状態を画像データとして取得できる「トンネル覆工表面撮影車（Tu-LIS）」（**写真－2**），電磁波を用いたマルチパス方式レーダによりトンネル覆工内部の異状個所を抽出できる「トンネル覆工検査車（CLIC）」（**写真－3**）をそれぞれ開発・導入した。

これにより，トンネル覆工表面撮影車によるトンネル連続撮影画像を基に作成した電子展開図上に，レーダ解析により検出した異状個所と３次元画像データを記録する機能を追加し，覆工コンクリートの表面状況と内部状況のデータを組み合わせた，より合理的な管理が可能となった。さらに，電子展開図上のデータを土木構造物管理システム（MARS）に登録させることにより，検査記録管理の一元化が可能となった（**図－5**）。

4.　維持管理の基本的な考え方

すでに述べたように在来線の橋りょう，トンネルの平均経年は50年を超えており，またそのストック量は膨大である。今後，さらなる経年の進行による構造物の更新時期の集中が懸念されるが，構造物の全面取替えは，コスト面や工事に伴う列車運行の影響等の観点から例外的な対策であり，通常は早期発見と早期対処により構造物の長寿命化を図っていくことが維持管理の基本的な考え方である。これはすなわち，国鉄時代から「先手必勝」の考えで傷の軽いうちに措置する予防保全の取り組みそのものであり，今後もこの考え方を基本に維持管理に取り組んでいく。そのため，

① 構造物の状態把握（検査・調査）
② 評価・診断（健全度判定）
③ 対策・措置（補修・補強，改良，取替え，使用制限，監視）
④ 記録（カルテ記入）

という維持管理サイクルを適切に実施すること，また，構造物に従来と異なる兆候が出現した際に，その微妙な変化を把握し，「何か変なところがある」と気づくことが維持管理の重要なポイントである。

5.　今後の課題と取り組み

(1)　検査技術のレベルアップ

JR東日本では，今後10年間でこれまで現場で検査業務を指導してきた約半数を占めるベテラン社員が退職を迎え，急速に世代交代が進む状況にあり，検査技術の散逸・低下が懸念される。また，すでに述べたように明治時代に建設された構造物も依然として多いため，古い構造物の維持管

理技術を継承する一方で，新しい構造物の維持管理技術を吸収する必要があり，組織として新旧混在する多種多様な構造物を維持管理するノウハウを蓄積する仕組みを構築することが課題となっている。

このような背景から，本社内に新たに検査管理Gを設置し，現場の検査技術・品質の維持向上への取り組みを開始した。具体的には，現場社員が実施する検査に同行し，マニュアルでは表しきれないノウハウを含め，現場社員への直接的な検査指導を行い，組織としての技術力の維持・向上およびインハウスエンジニアの継続的な育成に努めている。

(2) 長期ビジョンの検討

膨大な鉄道土木構造物のストックの高齢化が進む中，今後既設構造物の維持管理手法はどうあるべきか，また長寿命化による資産の有効活用に向けた方策について検討を進めていきたい。

これまでの維持管理は，どの構造物についても画一的な検査方法で実施してきた。

しかし，輸送量を例にとると，在来線はピーク時には２～３分間隔での列車運行を要求される都心部の路線から，１日数本の列車運行であるローカル線まで構造物の使用頻度，社会的な重要度には大きな格差がある。また，最高列車速度についても新幹線の300km/h程度の速度から，在来線の100km/h程度の速度まで混在しており，要求される信頼性，安定性および乗り心地など自ずと異なるものがある。

今後の維持管理における課題としては，同一の構造形式のものは同一の維持管理手法でよいということでなく，個々の構造物が構築されている路線の輸送量（使用頻度），列車速度，環境，施工状況，経年等に応じて供用期間中のメンテナンスシナリオを個別具体的に作成していくことである。専門性の高い技術者と地域特性に慣れ親しんだ技術者とが相互のノウハウを個別に描き出し，構造物ごとの弱点を把握し，ヌケ・モレのないポイントを押さえた検査を行うことが必要である。鉄道構造物を対象として，このような仕組みづくりに挑戦していきたい。

写真－４　現場指導の状況

(3) 技術開発

構造物の維持管理の品質向上を図るためには，人材の育成とあわせて，技術開発による新しい検査機器の導入が不可欠である。

現在の通常全般検査では，構造的な制約などから実質的に目の届きづらい個所がある。また例えば鋼橋では，10年に１度の頻度で実施する特別全般検査は，塗装塗替えの足場を活用した至近距離からの目視が有効であるものの塗装塗替え周期は塗膜の劣化状態に依存し一定でない。そのため，変状の進展など異常の早期把握が難しいケースもある。

将来的には，構造物の変状の兆候をごく初期の段階でとらえることのできる常時監視用センサーなどによるモニタリング技術の開発が望まれる。

今後も検査の基本が目視であることには変わりないが異常の早期把握のため，これらセンサーを活用し検査を補完し，維持管理の品質向上に役立てていきたい。

6. おわりに

以上，JR東日本の鉄道土木構造物の現状と維持管理に関する検査業務，課題等について述べた。

今後も現状の取り組みに満足・慢心することなく，人材，技術，体制を適切かつ戦略的にマネジメントし，お客様に安心してご利用いただける輸送サービスの提供に努めていきたい。