

技術展望

鉄道におけるメンテナンス技術の革新

REVOLUTION IN THE RAILWAY MAINTENANCE SYSTEM

須田 征男

Yukio SUDA

フェロー会員 東日本旅客鉄道株式会社取締役設備部長
(〒151 渋谷区代々木 2-2-2)

Key Words: railway, maintenance, revolution, JR

1. はじめに

わが国の鉄道は一日約 6200 万人(平成 8 年度)に利用されており、都市圏の通勤・通学輸送と都市間的高速輸送を通じて日本経済活動における社会基盤施設としての役割を果たしている。この大規模輸送を日々安全、正確に提供するために、鉄道事業者は列車運行に必要な設備である土木構造物、軌道、電力設備、信号・通信設備及び車両のメンテナンスを着実にを行い、各設備を有機的に結合し鉄道システムとして効率的に機能を発揮させている。

JR 旅客会社 6 社の設備増強費である資本的支出は合計で約 6500 億円(平成 8 年度計画)となっており、この数値は固定資産総額、約 15 兆円の約 4%に相当する。また、新線建設については本年 10 月開業の長野行新幹線(北陸新幹線)等の大プロジェクトもあるが、JR 発足後 10 年間の新線は 11 路線延べ約 310km であり、既設線の総路線長の 1.5%に過ぎない。このように JR では新線建設等による事業規模拡大の時代から既存設備の改良、維持管理の時代に移り変わっており、各設備のメンテナンスを低コストで効率的にできるよう革新することが経営上の重要な課題となっている。

一方、鉄道経営を取り巻く外部環境に目を向けてみると出生率低下に伴う若年労働者の不足、人口減少・高齢化に伴う利用者の減少、他交通施設との価格サービス競争の拡大、高度情報化社会の到来及び地球環境問題への対処など、これまで経験していない社会構造の変化を迎えようとしている。メンテナンスにおいてもこの変化に柔軟に対応し新しい社会環境に適応しなければならない。このためには、従来各企業の個別的な業務であると考えられ研究対象となりえなかったメンテナンスについて産官学連携して研究を深めるとともに、ベテラン技術者の経験・勘に依存する面の多い労働集約的な業務形態から技術集積型業務への転換が喫緊の課題となっている。

本稿では、このような状況にある鉄道設備のメンテナンスを対象に現状及び役割を示したうえで、メンテナンスの革新に向けた具体的な取り組み状況と今後の課題について論じている。なお、メンテナンスに関する技術開発は JR 各社で独自に進めていることから本稿に記述する具体的な事例は JR 東日本での開発内容を対象としている。

2. 日本におけるメンテナンスの現状

(1) メンテナンスの区分

社会基盤施設を構成する橋りょう、トンネル等の設備の寿命には、経年劣化、疲労等による物理的寿命、社会環境や需要の変化に伴う設備の陳腐化による社会的寿命及び企業会計上の「減価償却資産の耐用年数等に関する大蔵省令」に基づく経済的寿命があると一般に考えられている。メンテナンスは、各設備がこれらの寿命に達するまでの間、所要の機能を継続して発揮するために必要な業務であり、以下のように区分されることがある。

a) メンテナンスの実施時期からの区分

メンテナンスは設備の経年等による品質・機能低下を発生させないために行われるが、その実施時期、方法等の設定には複数の考え方がある。重要度及び発生確率の低い設備故障に対する考え方としては、具体的な故障等が発生した後に必要な対策を行う「事後保全」があり、設備の機能が一時的にも停止することが許容されない設備では一般的に「予防保全」が採用されている。この予防保全には、一定の時間間隔で点検を行う「時間管理」と常時設備の状態を監視しておき状態変化に基づき点検を行う「状態管理」があることが知られている。現在では多くの設備で予防保全が採用されている。

b) 対象業務の領域からの区分

メンテナンスを業務領域の観点から区分すると設備の経年劣化及び性能等の品質・機能低下に対応するために日常の点検や維持補修を行い所要の機能維持を図る活動

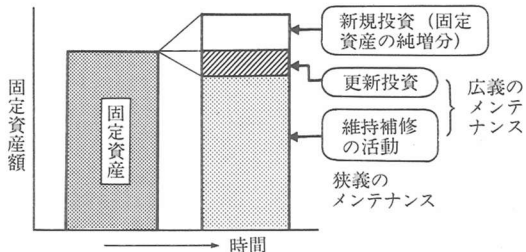
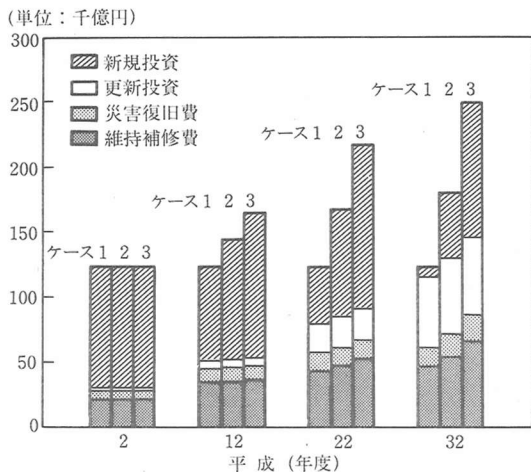


図-1 メンテナンス区分の概念図



- (1) 各ケースの試算の前提については、総投資額の伸び率が以下のように見込む
 ケース1…1994年度～ 0% ケース3…1994～2000年度 3.75%
 ケース2…1994～2000年度 1.75% 2001～2010年度 2.75%
 2001～2010年度 1.50% 2011～2020年度 1.38%
 2011～2020年度 0.75%
- (2) ケース2およびケース3の1994～2010年度の総投資額の伸び率は、経済審議会2010年委員会報告におけるターンパイクモデルによる将来の経済成長率の予測のうち、労働時間等の条件からそれぞれ最も低い伸び率と高い伸び率を採用。また、両ケースの2011～2020年度の総投資額の伸び率はそれぞれ2001～2010年度の伸び率の半分と仮定。

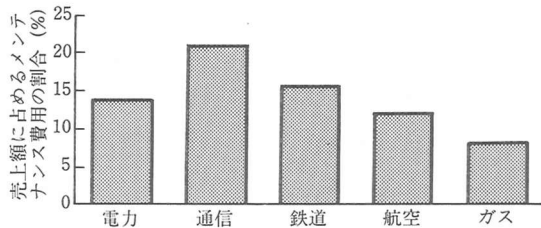
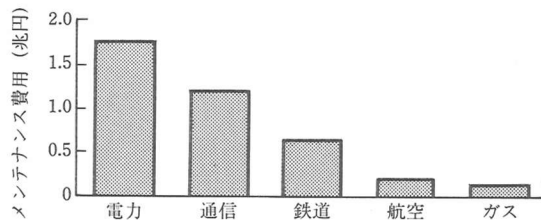
図-2 今後の維持補修費・更新投資の推計²⁾

を「狭義のメンテナンス」と位置づけ、これに対して品質等の低下に対応して設備更新、補強等の大規模な措置を行う活動を「広義のメンテナンス」ということがある(図-1)。

(2) メンテナンスの現状

a) 増大するメンテナンス業務

これまでの日本経済は戦後の復興期から高度経済成長期を通じて新規の設備投資を中心に驚異的な成長を続け、平成7年度のGDPは約487兆円に達している¹⁾。このGDPの約3割が企業の設備投資、民間の住宅投資及び公共投資等による固定資本の形成に向けられてきた。しかしながら、近年は右肩上がりの経済成長は終焉を迎え、21世紀に向かって日本経済は成熟の時代に移行しつ



注) 電力は主要9社の合計。通信はNTTとKDDの合計。鉄道はJR各社の合計。航空は日本航空と全日空の合計。ガスは大手8社の合計。(平成4年度値)

図-3 大規模設備産業のメンテナンス費用と売上額に占める割合

つある。これまでに形成された膨大な社会基盤施設は21世紀には品質・機能の低下が顕在化しメンテナンスを必要とする時代を迎えると考えられる。建設省の試算では、総投資額における新規投資の割合は図-2に示すように、平成2年度では約76%であったが、平成32年度においては新規投資が最大の場合で約4割、最小の場合で1割弱となり、大半が維持補修費・更新投資となると予想している²⁾。このようにメンテナンス業務は今後急速に拡大する見通しである。

b) 大規模設備産業におけるメンテナンス

鉄道、電力、ガス、通信及び航空事業等の大規模設備産業における施設の「狭義のメンテナンス」に要す補修等費用は、総額で約4兆円程度である。これらの各事業別の売上額に占める割合は、図-3のように概ね1～2割で、通信事業が約20%で最も高く、次いで鉄道事業が約15%と高い割合を示している。一方、製造業のメンテナンス費用の売上額に占める割合は6%以下である(表-1)。このように大規模設備産業では、売上額に占めるメンテナンス費用の割合が高いことからメンテナンス業務のあり方が企業経営に直結する経営上の重要課題となっていることが分かる。なお、大規模設備産業及び製造業等を合わせたメンテナンス産業の市場規模は年間約35兆円に及び、今後の成長が見込まれる部門である(図-4)。

c) 分散しているメンテナンス技術

メンテナンス業務は、多くの場合その対象設備のある現場での作業が中心となることから、個別的、経験的な知識に基づき技術継承がなされてきている。即ち、メンテナンス技術は、各々の設備に固有の形態でノウハウが蓄積され、その技術開発も各企業が設備の特性に応じて

表-1 製造業の売上額に占めるメンテナンス費用の割合

| 2%未満 | | 2%以上5%未満 | | 5%以上 | |
|-----------------|-------|----------|-------|-----------|-------|
| 業 種 | 構 成 比 | 業 種 | 構 成 比 | 業 種 | 構 成 比 |
| パ ル プ ・ 紙 | 1~2 | 食 料 品 | 2~3 | 窯 業 ・ 土 石 | 5~6 |
| 石 油 製 品 | 1~2 | 織 維 | 2~3 | 鉄 鋼 業 | 5~6 |
| プ ラ ス チ ッ ク 製 品 | 1~2 | 化 学 | 2~3 | | |
| ゴ ム 製 品 | 1~2 | 金 属 製 品 | 2~3 | | |
| 非 鉄 金 属 | 1~2 | | | | |
| 一 般 機 械 | 1~2 | | | | |
| 電 気 機 械 | 1~2 | | | | |
| 輸 送 用 機 械 | 1~2 | | | | |
| 精 密 機 械 | 1~2 | | | | |

(平成4年度値)

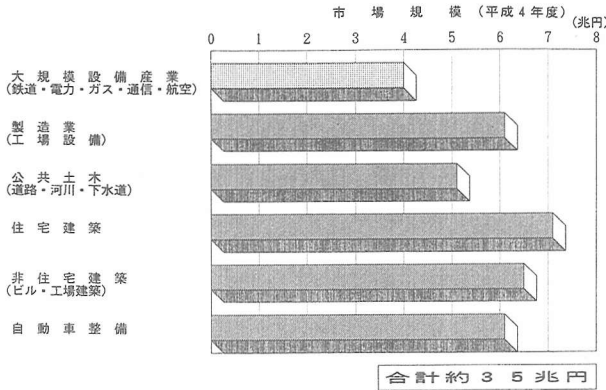


図-4 メンテナンス産業の市場規模

独自に実施しており、学会等での研究対象となることも少なく各産業を横断する技術として扱われることも稀であった。このような現場主義、個別主義のためにメンテナンス技術は分散しており、一つの工学として理論的に体系化された状況とはなっていない。

(3) メンテナンスを取り巻く外部環境の変化

a) 高齢化・少子化社会の到来

現在、わが国では出生率の低下と平均寿命の伸びから急速に高齢化・少子化が進行している。平成7年には生産年齢人口がピークを迎え、平成19年には日本の総人口は減少傾向となり、平成27年には総人口の約4分の1が65歳以上の高齢者になると予想されている³⁾。このような高齢化社会における税収および労働力不足を考慮し、21世紀初頭までに社会資本整備への先行投資が進められ、その後は各設備のメンテナンスの時代が到来すると考えられる。メンテナンスにおいては増大する業務量を限られた技術者で対処できるよう今から技術開発、設備改良等を行いシステムチェンジを進める必要がある。

b) 利用者ニーズの変化

利用者ニーズは、高度成長期までの量的拡大から豊かさ、ゆとり等を求める「質的向上」に変化しており、画一的なサービスでは満足を得ることは難しく、景観、歴

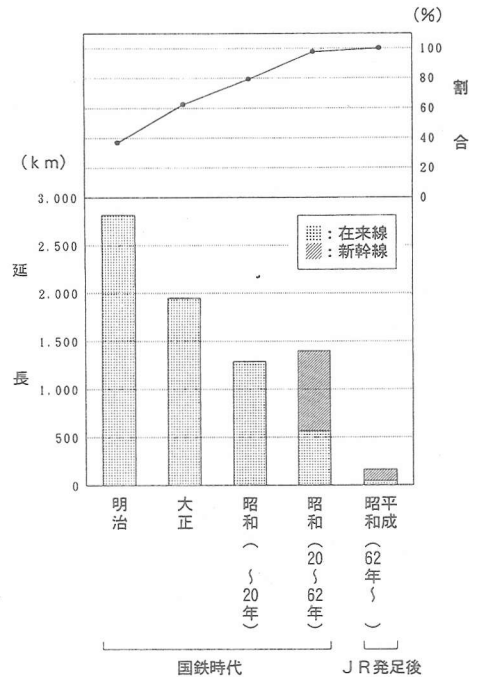


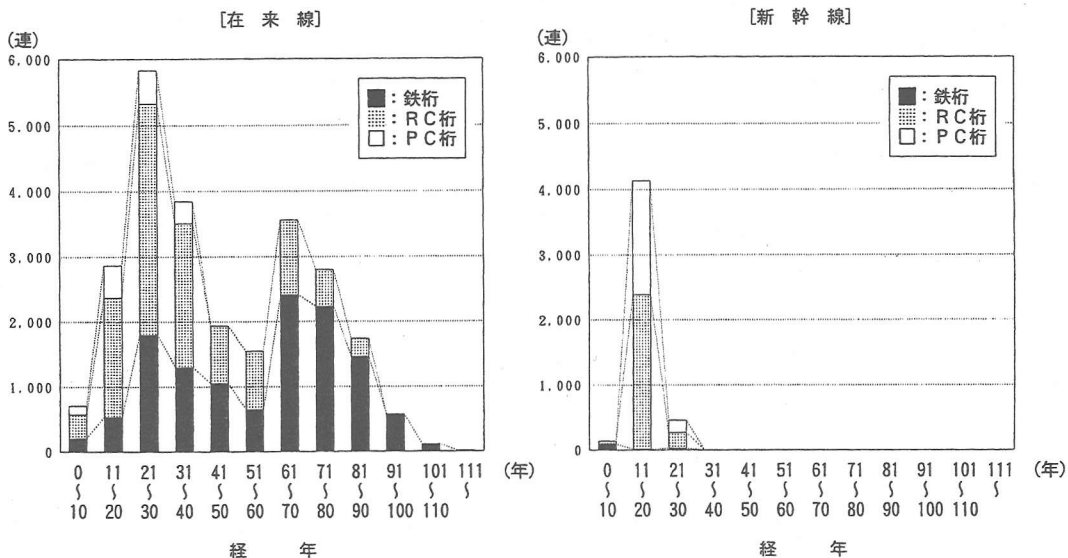
図-5 JR東日本の建設年代別線路延長

史、環境等の個別的な要素に配慮した一品生産に近いサービスを求められている。また、騒音、振動等の環境問題への配慮についても利用者の関心は強まっている。さらに、最近は適正価格であることが重要な判断要素になっており、他設備とのコスト競争が一層厳しくなっている。メンテナンスにおいては、このように高度な利用者ニーズに応えるため、設備の品質・機能低下を低コストで抑制し、環境に配慮した良質なサービスを提供する体制を構築する必要が高まっている。

c) 技術革新・情報化時代

現在、急速に進みつつある電子、情報、通信及び新素材等における技術革新は今後、各産業に影響を与えていくと予想され、メンテナンス業務もその例外ではない。大規模設備産業におけるメンテナンス業務は、これまで

橋りょう



トンネル

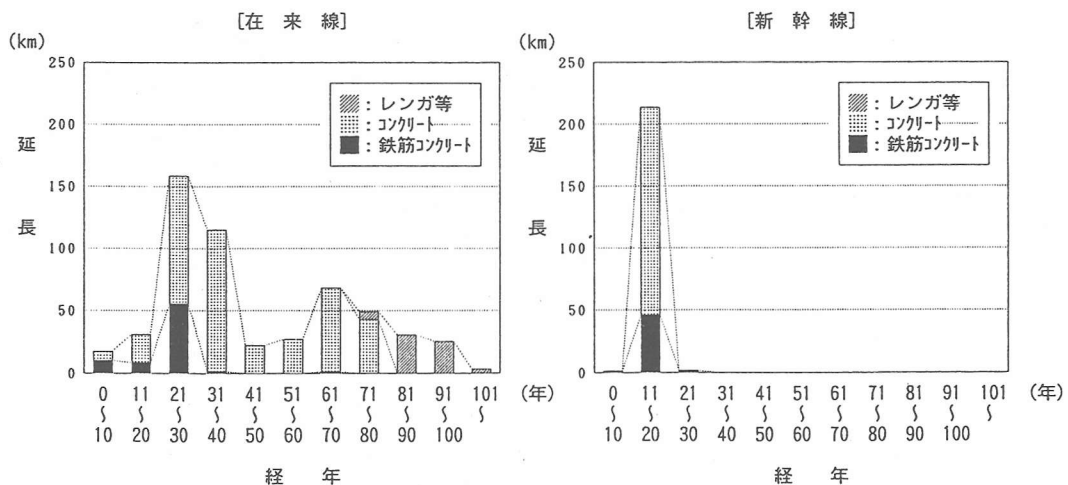


図-6 JR東日本における橋りょう・トンネルの経年別数量(平成9年度現在)

共通してベテラン技術者の経験等によって維持されている面が強く、技術革新・情報化時代における新技術が従来のメンテナンスのあり方を一変する潜在的なポテンシャルを持っていると考えられる。このため、メンテナンス業務ではこれらの技術革新に着目した迅速な技術開発と業務体制の変革が求められている。

3. 鉄道におけるメンテナンスの役割

(1) 鉄道設備の特徴

a) 建設年代及び経年

鉄道は明治5年新橋・横浜間の開通を端緒として国の

殖産振興のため不可欠な近代的な交通施設として官民共に新線建設を進め、明治22年には東海道線(新橋・神戸)が全線開通するなど昭和初期までには概ね現在の鉄道網の骨格は完成している。戦後は、戦時中の極度の物資、労働力不足のため疲弊した線路の復旧に力を注ぎ、その後は日本経済の高度成長に合わせて輸送力増強のための線増・改良工事、地方ローカル線、新幹線建設が行われてきている。JR東日本の年代別線路延長は図-5に示すとおりで、明治時代に建設された線路が約4割で、戦前(昭和20年前)に建設されたものでは約8割に及ぶことが分かる。土木構造物のうち橋りょう、トンネルについて経年別数量を示したものが図-6である。土木構造

物の寿命は、経済的寿命、社会的寿命及び物理的寿命で議論されるが、具体的に数値が示されているものは経済的寿命で使われる減価償却期間の鉄道橋のコンクリート橋 50 年、鉄橋 40 年、トンネル 30~60 年（材質により異なる）がある。この年数は実際の寿命とは直接的な因果関係はないが、一応この数値を基に耐用年数を超えた設備数量を求めると、橋りょうで約 38%、トンネルで約 44%と他の社会基盤施設と比較しても経年構造物の占める割合が高く、既に設備の高齢化は進行していることが分かる。これらの経年構造物を単純に取り替えるのではなく、適切に検査、補修することでできるだけ延命化を図りつつ使用する状況であることに鉄道設備の置かれた特徴がある。

b) 建設技術の多様性

鉄道設備の建設に用いられてきた技術の変遷を図-7⁴⁾に示す。これは土木構造物を橋りょうの上部構造、下部構造、基礎工及びトンネルに分けて各年代で利用された主要な構造形式、材質の変遷を示している。橋りょう上部構造に着目してみると、使用材料は錬鉄から鋼、高張力鋼に、接合部も鋸（リベット）から高力ボルト、溶接へと設計施工技術が発展している。これらの変化は、コンクリート構造物や軌道のレール、マクラギ、締結装置でも同様であり、特に軌道ではメンテナンスの削減を目的にスラブ軌道が東北・上越新幹線以降で本格的に採用されている。

このように使用目的が同じである鉄道設備においても時代によって採用される構造形式、施工方法等に変遷があり、この設備の多様性がメンテナンスにおける一つの課題となっている。即ち、これは古い技術と最新鋭の技術が混在し一体となって列車運行を支えていることであり、メンテナンスにおいては益々幅広い知識が技術者に要求されることとなる。毎年、古い設備の維持更新は必要な範囲で進められているが、膨大なストックに比べてその量は限定的にならざるを得ず、古い設備のメンテナンス技術を承継する一方で新しい設備のメンテナンス技術を吸収する必要がある、組織として新旧混在する多種多様な設備を維持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。

c) 輸送量の格差とメンテナンス基準

鉄道設備のメンテナンスは、本来、列車の最高速度、牽引トン数、乗り心地レベルや経年等の要因により設備劣化がある一定のレベルに達したことを基準に実施すべきものである。しかし、現状では検査周期は故障の発生頻度を過去の経験から推定して定めている場合が多く、一定の期間または使用時間毎に定期検査を実施している。これは故障発生前に異常を発見することを目的としているためであり、設備の状況や使用頻度に応じて検査周期をきめ細かく変化させなければ過剰検査となる面も

ある。

一方、線路の輸送量の実態を見ると、在来線においてはピーク時間帯には2~3分間隔での列車運行を要求される都心部の通勤通学路線から1日数本の列車運行であるローカル線まで設備の使用頻度、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程度の高速走行から在来線の100km/h以下の速度まで混在しており、要求される信頼性、安定性及び乗り心地等も自ずから異なるものがある。このように同じ機能を果たす鉄道設備であってもメンテナンス周期、方法等については、各線路の速度、輸送量等に対応した信頼性、安定性及び乗り心地等を確保する一層きめ細かなメンテナンス基準を構築する必要性が高まっている。

(2) 国鉄時代のメンテナンスの反省

東海道新幹線開業後の国鉄におけるメンテナンス技術の開発は、技術者を含めて労使問題等の経営課題に労力の大半を費やしていたこと及び新幹線網の建設のように同一技術の規模拡大に力を注いでいたことから各部門毎に個別に進められていた程度であり、その技術革新は全般に停滞していたといえる。鉄道事業は、土木、機械、電気及び通信技術が融合して構築される総合システム産業であり、このシステムを有効利用することが事業運営そのものである。本来ならばこれらの各部門が幅広い視野をもって総合的に将来のメンテナンスのあり方を検討し、専門領域を越えて技術・情報の交流、コスト低減を図り企業収益に貢献できる技術革新を追求すべきところである。しかし、当時は各部門があたかも独立した事業体の態をなし自らの組織を拡充し、予算を獲得することや業務分野を増大することに価値観を見だしていた。この背景には、公共企業体であることによるコスト意識の不足、縦割り組織の閉鎖性等があげられる。組織の閉鎖性が導いた具体的な例としては、独自の技術規格の制定、部外情報の遮断がある。鉄道では明治から戦後にかけて日本の技術の最先端を担っていたこともあり、独自に開発した技術を尊重する傾向が強く鉄道規格（JRS: Japanese national Railways Standard）を制定していた。民間の製品に類似機能を有するものが低コストで製造されていたとしても独自規格に一部でも適合しないものは利用しない、また、民間の製品を利用できるようにするために必要な鉄道規格の見直しが進まないなどコスト削減意識は低調であった。さらに、部外の技術革新に関する情報についても敏感に反応して鉄道事業に導入することの研究、検討は希薄であった。独自の技術開発に主眼をおいており、部外技術を導入することの優先度は低いものであった。このため、各個別分野を専門とするメーカー等の技術が発展するにつれて鉄道内部の技術は

| 年 | 明5 | 明15 | 明27 | 明35 | 明42 | 明45 | 大6 | 大8 | 大10 | 大12 | 大14 | 昭4 | 昭5 | 昭6 | 昭15 | 昭22 | 昭30 | 昭31 | 昭34 | 昭39 | 昭45 | 昭50 | 昭55 | 昭61 | 昭62 | 平4 | 平5 | 平9 | |
|------------|------------|--------------|---------------------|-------------|------------------|-------------------|---------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 荷重等の変遷 | 鉄鋼業 新機・品川 | 煉鉄の構造設計 | 40年式新形定・B機関車 48.4 t | トンネル断面制定 | 米形半型の鋼桁制定 | 米ベンフロント会社規定採用 (7) | 米鉄道関係会社示定のクハ重量E33採用 | 鋼道構造示定書広軌は45t制定 | 鉄鋼コンクリート構造設計心得 | 連立はE40に定 | E440形制定 | 緩曲線敷設方法 | 強不足桁の補強、D50機関車(80)の出現 | メートル制定される | メトル制定・Kの重量制定 | 耐設計現される | 鉄鋼コンクリート標準示定書 | E57機関車 110 t | 土木事標準示定書 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 |
| | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 | 土木構造物の設計標準 |
| 建設物の材料等の変遷 | 上部構造 | 木橋 | 〔鋼桁〕 | 〔鋼桁<平板支承型>〕 | 〔鋼桁<シユエー支承型>〕 | 〔高張力鋼桁〕 | 〔溶接桁〕 | 〔PC桁〕 | 〔高力ボルト・溶接トラス〕 | 〔RC桁〕 | 〔PHC桁〕 | 〔高力ボルト・溶接トラス〕 | 〔高張力鋼桁〕 | 〔高張力鋼桁〕 | 〔高張力鋼桁〕 | 〔高張力鋼桁〕 | 〔高張力鋼桁〕 | 〔高張力鋼桁〕 | 〔高張力鋼桁〕 | 〔高張力鋼桁〕 | 〔高張力鋼桁〕 | 〔高張力鋼桁〕 | 〔高張力鋼桁〕 | 〔高張力鋼桁〕 | 〔高張力鋼桁〕 | 〔高張力鋼桁〕 | 〔高張力鋼桁〕 | 〔高張力鋼桁〕 | 〔高張力鋼桁〕 |
| | 下部構造 | 〔煉鉄製ピン結合トラス〕 | 〔鋼製ピントラス〕 | 〔鋼製トラス〕 | 〔鋼製トラス〕 | 〔鋼製トラス〕 | 〔鋼製トラス〕 | 〔鋼製トラス〕 | 〔鋼製トラス〕 | 〔鋼製トラス〕 | 〔鋼製トラス〕 | 〔鋼製トラス〕 | 〔鋼製トラス〕 | 〔鋼製トラス〕 | 〔鋼製トラス〕 | 〔鋼製トラス〕 | 〔鋼製トラス〕 | 〔鋼製トラス〕 | 〔鋼製トラス〕 | 〔鋼製トラス〕 | 〔鋼製トラス〕 | 〔鋼製トラス〕 | 〔鋼製トラス〕 | 〔鋼製トラス〕 | 〔鋼製トラス〕 | 〔鋼製トラス〕 | 〔鋼製トラス〕 | 〔鋼製トラス〕 | 〔鋼製トラス〕 |
| トンネル | 基礎 | 〔石・レンガ造〕 | 〔直接基礎〕 | 〔木杭〕 | 〔レンガ造・オープンケーション〕 | 〔レンガ造・オープンケーション〕 | 〔レンガ造・オープンケーション〕 | 〔レンガ造・オープンケーション〕 | 〔レンガ造・オープンケーション〕 | 〔レンガ造・オープンケーション〕 | 〔レンガ造・オープンケーション〕 | 〔レンガ造・オープンケーション〕 | 〔レンガ造・オープンケーション〕 | 〔レンガ造・オープンケーション〕 | 〔レンガ造・オープンケーション〕 | 〔レンガ造・オープンケーション〕 | 〔レンガ造・オープンケーション〕 | 〔レンガ造・オープンケーション〕 | 〔レンガ造・オープンケーション〕 | 〔レンガ造・オープンケーション〕 | 〔レンガ造・オープンケーション〕 | 〔レンガ造・オープンケーション〕 | 〔レンガ造・オープンケーション〕 | 〔レンガ造・オープンケーション〕 | 〔レンガ造・オープンケーション〕 | 〔レンガ造・オープンケーション〕 | 〔レンガ造・オープンケーション〕 | 〔レンガ造・オープンケーション〕 | 〔レンガ造・オープンケーション〕 |
| | 工 | 〔石・レンガ造〕 | 〔石・レンガ造〕 | 〔石・レンガ造〕 | 〔石・レンガ造〕 | 〔石・レンガ造〕 | 〔石・レンガ造〕 | 〔石・レンガ造〕 | 〔石・レンガ造〕 | 〔石・レンガ造〕 | 〔石・レンガ造〕 | 〔石・レンガ造〕 | 〔石・レンガ造〕 | 〔石・レンガ造〕 | 〔石・レンガ造〕 | 〔石・レンガ造〕 | 〔石・レンガ造〕 | 〔石・レンガ造〕 | 〔石・レンガ造〕 | 〔石・レンガ造〕 | 〔石・レンガ造〕 | 〔石・レンガ造〕 | 〔石・レンガ造〕 | 〔石・レンガ造〕 | 〔石・レンガ造〕 | 〔石・レンガ造〕 | 〔石・レンガ造〕 | 〔石・レンガ造〕 | 〔石・レンガ造〕 |
| 年 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 110 | 115 | 120 | 125 | 130 | 135 | 140 | 145 |
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 110 | 115 | 120 | 125 | 130 | 135 | 140 | 145 |

凡例： 旧式構造 新式構造

図-7 鉄道建造物の建設技術の変遷

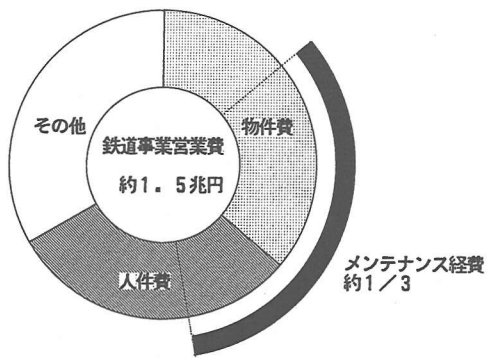


図-8 JR東日本のメンテナンス費用

急速に陳腐化する結果となった。これは競争市場のない部門は技術革新のインセンティブに欠けるため現状に安住し、長期的には競争力を喪失することを示している。また、老朽化し技術的に陳腐化した設備であっても部分取替、改修等で延命化を図っていたため、却って設備効率の低下、メンテナンス経費の増大等を引き起こすことも見られた。

さらに、国鉄時代はメンテナンス部門がコスト部門であり、経営に対して大きな責任を持っていることを技術者に認識させることを阻み、組織のあるべき将来像を具体的に経営方針として明確化することを行わない状況を作りだしていた。このため、現状の業務を遅滞なく繰り返すことに技術者の関心も集中し、業務改善は散発的に経営的な観点からのチェックは十分ではなかった。

(3) 経営に期待されるメンテナンス

経営形態が国有から民間に変化して、メンテナンスに期待される機能は、土木構造物、軌道等の設備を今あるままの状態を保つという現状維持を目的とした消極的な役割からメンテナンスのあり方を変革することにより企業経営に資する責務があるという能動的な役割に大きく変化している。このような役割を担うメンテナンスは経営的な観点からすると次のように位置づけられる。

第1には、メンテナンス技術は鉄道の安全性、サービスに直結する鉄道固有の技術(コア・コンピタンス)であることである。鉄道事業は総合システム産業であり広範な技術の集積によって成り立っている。このシステムを安定的に機能させるためには、システムを構築し維持する技術が必要である。システムの診断におけるノウハウ及びメンテナンスの経験に基づく設備等を改良する技術は、鉄道事業者固有の技術であり将来にわたり内部に蓄積し発展させるべき技術である。このメンテナンス技術の向上を通じて安全性や乗り心地等の利用者へのサービスレベルも高めることができる。

第2には、メンテナンス部門は経営上のコスト部門であることである。JR東日本の年間鉄道事業営業費、約

1.5兆円のうちメンテナンス部門の物件費(修繕費等)、人件費の経費は約1/3を占めている(図-8)。日本の経済成長が低成長と見込まれ、21世紀には人口の減少も想定される現状を考えるとコストを削減することが大規模な設備産業に共通する経営上の重要課題である。また、メンテナンス経費は、その支出が営業収入の伸びに直接影響しない間接的な経費であり、しかも土木構造物等の特性としてある特定の経営年度に偏らず中長期的な計画に基づき着実に必要な補修、補強を実施することができる特徴がある。

第3には、メンテナンス業務は機械化、装置化を早急に進めるべき業務であることである。線路等の設備の保守作業は、作業の部分的な機械化を行ってきたが、人海戦術による労務作業が中心である。所謂、きつい、汚い、危険といわれる3K作業であり、サービス産業の就業人口が増加し労働力人口が減少する今後の社会に対応するには、作業のアウトソーシングを単純に実施するだけでは不十分で、業務内容そのものを機械及び装置を活用した少ない労働力で対応可能な近代的で魅力あるものとし、若年労働者の労働嗜好の変化に対応する必要がある。即ち、将来にわたり安定したメンテナンスが実施できる体制を構築することである。

このように位置づけられるメンテナンスが、今後発展していくためには以下の観点から課題に取り組む必要がある。

a) 最先端技術の早期導入

鉄道黎明期のように鉄道システム全般にわたり必要な技術を自前で育成してきた時代は過去のものとなり、現在ではむしろ各個別技術は専門メーカー等に分散し、高度化している。このため鉄道メンテナンスにおいては、個々の技術について基礎研究から積み上げるのではなく、稀な特殊設備を除いて世の中の最先端技術に目を向け短期間に新技術を導入し応用する必要がある。携帯用コンピュータ、CCD及び各種センサー等の発展は、メンテナンスに必要な計測、診断技術を格段に進歩させる可能性を秘めている。この種技術の導入は経験、勘等に依存する部分を減少させメンテナンスをデータ重視の品質管理業務に変えることになり、ベテラン技術者に頼る業務からの解放を促すものとなると期待されている。

b) 専門分野の領域を越えた協力

従来、鉄道では土木、建築、車両、電気等の専門家グループが形成され分野別に担当領域が設けられ、境界領域であるレールと車輪、架線とパンタグラフ等の課題について総合的な調整、研究が不足していた。このような不合理さを解消するために、各技術者が専門分野の領域を越えて議論できるようプロジェクトチーム体制で迅速に問題解決に取り組む必要がある。さらに作業の機械化、装置化及び自動化等の面では、大学、国内外の研究

機関及び機器メーカー等と協力すると同時に、部外の各要素技術を鉄道に適用できるようシーズとニーズの総合調整をすることが鉄道メンテナンス技術者に求められている。メンテナンス技術者は自分の専門領域を越えた幅広い技術知識を身につけ広汎な技術をコーディネートする能力が益々必要となっている。

c) 安全で信頼性の高い低コストメンテナンスの実現

メンテナンスコストの削減は、収支改善効果が高く他交通機関との競争において優位性を与えるものである。低コスト実現に向けては、検査方法の高精度化・自動化、検査・保守作業周期の適正化、設備のメンテナンスフリー化、設備数量の削減、資材の国際調達、汎用品の採用、契約方式の変更等の多様な観点から問題点を洗い出し解決していくことが期待されている。また、設備の点検方法の面においては、各種センサー及び情報通信技術を活用して点検の基本方針を「時間管理」から個々の設備について常時状態監視を行い設備状況を把握することで必要な点検、補修時期を定める「状態管理」への転換を図ることが安全性、信頼性の向上に結びつくと考えられる。さらに、鉄道のメンテナンス業務は列車が運行される線路付近での作業が中心であることから作業中の労働災害を防止するために、作業員の安全を守る保安システムの開発も課題となっている。

d) 将来のあるべき姿を目指したメンテナンス

鉄道のメンテナンスは、対象設備が幅広いことに加えて、現場でのメンテナンス作業から研究開発部門に到るまで一貫して行っていることに特徴がある。メンテナンスの革新は、この特徴を有効に活用して推進させる必要がある。即ち、現場第一線と研究開発部門の社員が同じ将来像を描き、目標として取り組むことである。このためには外部環境の変化等を踏まえた長期的な視点に立脚した将来像を策定することが求められる。研究開発部門等ではこの将来像の策定段階において多面的な分析を行うことを通じて新たな発見をすることも期待できるし、現場第一線では将来像実現に向けて日常業務の改善を進んで行うようになることも期待できる。このように将来のあるべき姿は、メンテナンス業務改革の行動目標であると共にメンテナンスのような目標が明確でなければ現状維持に流れる傾向のある業務に従事する社員のモラルを高める効果もある。また、将来のあるべき姿は一旦策定するとそれで完了するものでなく、実施段階で順次見直し常に理想を目指した新しい目標を掲げる必要がある。

4. メンテナンスの革新に向けた具体的な取り組み

鉄道設備のメンテナンスは、高齢化・少子化等の外部

環境変化に適応しかつ経営上期待される役割を果たす必要があるため、JR東日本においてはメンテナンスの抜本的な改革を進めている。民営化後の10年間に、国鉄時代末期における技術革新の停滞を概ね克服し、現在は21世紀を目前に控えて将来の経営環境に対応できるメンテナンス部門の創造に挑戦している。この革新に向けた取り組みは、メンテナンスの少ない設備への転換をはじめ、作業の機械化・システム化、検査・診断技術の高精度化・効率化、作業の安全性向上及び環境保全への配慮という観点から進められており、幾つかの面では既に大きな進歩を遂げ、その成果は故障発生率の低下等の面に表れている。ここでは、これまでに開発が完了し実用化されたもの及び現在新規開発中のものの中から特に技術的な特徴のあるものについて具体的にその内容を紹介することとしたい。

(1) メンテナンスの少ない設備への転換

設備の新設、更新時には、長年のメンテナンスから得られた弱点箇所、損傷特性、補修履歴等を考慮したうえでそれらの欠点を克服するため新素材、新構造等を積極的に採用し、少ないメンテナンスで対応可能な設備への改良を図っている。

a) 低廉な省力化軌道

在来線の大半の線路は、レール、マクラギ及び砕石で構成される一般的な軌道構造で構築されている。この軌道構造は列車荷重等により軌道狂いが発生するため定期的なメンテナンス作業を行うことを前提としている。この前提は社会の労働力が潤沢で安価であることから成立していたが、近年ではこの前提と現実社会の間には乖離が生じている。このため軌道構造の強化が求められ、東北・上越新幹線に本格導入されたスラブ軌道が大幅なメンテナンス削減を実現していることを踏まえ在来線でも同様な機能を期待できる省力化軌道の開発を進めている。既設線の改良は夜間の数時間で施工すること及び敷設コストの低減等を考慮して、大型のマクラギを利用した舗装軌道とすることで試験施工を繰り返している。敷設コストは既に当初の約4割にまで低減されているが、最終的には1億円/kmを目指している。現在は、大型機械による施工効率の向上等を検討しており、開発は最終段階を迎えている。この新型省力化軌道(図-9)については、本年度から本格的に山手線等の都心部の最重要路線を対象に導入する計画となっており、完成時にはメンテナンス業務が大幅に削減されることが期待されている。

b) 新素材、新構造等の採用

鉄桁の取替は、腐食等を原因とする物理的な寿命によるものが多くを占めている。このため、取替では腐食問題のない鉄筋コンクリート造への改良を検討している

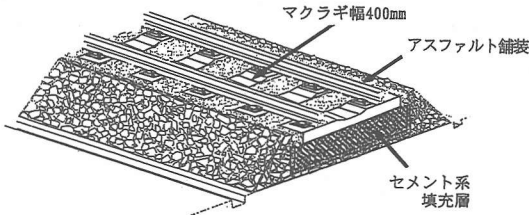
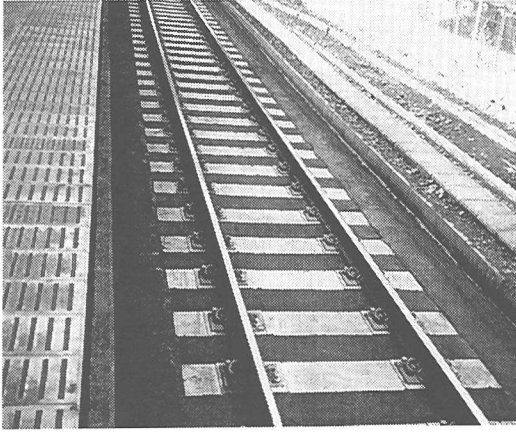


図-9 省力化軌道



図-10 マルチプルタイタンバ (道床砕石突き固め作業車)

が、現実には下部工の耐力のため同種鉄桁での交換となることがある。この場合には、防錆対策として溶融亜鉛メッキ、厚膜塗料及び耐候性鋼板を利用することで定期的に繰り返し塗装替え塗装を削減している。また、鉄桁のメンテナンスでは铸铁製支承及び平板支承の損傷が多いため、補修時には支承構造をゴム支承に変更している。さらに、鉄道では、鉄桁部材の部分交換を従来から積極的に行っており、現在取替中の都心部の下路形式斜角鉄桁では全面取替に先立ち床組部の縦桁及び横桁を中心に延べ8回にわたって部分交換し延命化を図っている。このように橋りょう、トンネルでは、部分交換や部分補強等での機能回復、変状抑制を図ったうえで、必要なものについてメンテナンスの少ない新素材等を活用した取替

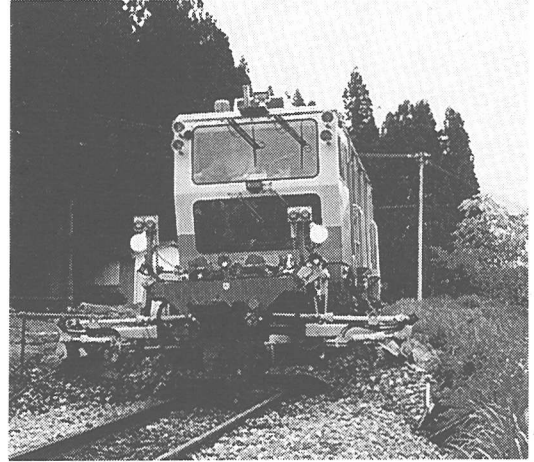


図-11 バラストレギュレータ (道床砕石締め固め整形作業車)

を行うこととしている。

(2) メンテナンス作業の機械化・システム化

線路のメンテナンスは、重量物であるレール、マクラギ、道床砕石などを扱う危険な労務作業であった。このためJR発足以降、作業の機械化への取り組みを精力的に進めてきた。特に機械化が困難であった線路構造の複雑な分岐器部分及び複合的な作業については、監視モニターやセンサーを保守用車両に搭載するなどの多くの改良を加え機械化を実現している。これらの機械化により労務作業は軽減され、従来より安全で効率的なメンテナンスが行われるようになってきている。また、メンテナンスでは膨大な設備を管理するため、各設備データをデータベース化し、定型的な繰返し業務の自動処理化を図ったり、オンラインシステム化を図ることで仕事の進め方を抜本的に見直し、業務の効率化を進めている。

a) 軌道作業用機械

列車の繰り返し荷重により変位したレールの狂いを補修するための道床砕石の突き固め作業は、マルチプルタイタンバという専用の大型保守用車両を利用して行っている。最近では、この作業をより効率的に実施するため最新鋭のマルチプルタイタンバを日本の線路に適合させるよう改良したうえで導入している。最新式の機械では作業位置を線路の設備データから自動的に抽出できるようになり線路状態も操縦者が監視モニター等を活用することで車上から確認できるようになっている(図-10)。これにより、従来、線路上に降りたうえで実施していた線路状態の確認作業が省略され、操縦者の安全性が大きく向上している。この他にも道床砕石を連続的な機械化施工により交換するための「道床交換作業車」、道床砕石を整形し締め固める「バラストレギュレータ」(図-11)及び「マクラギ交換機」等を導入している。これら保守

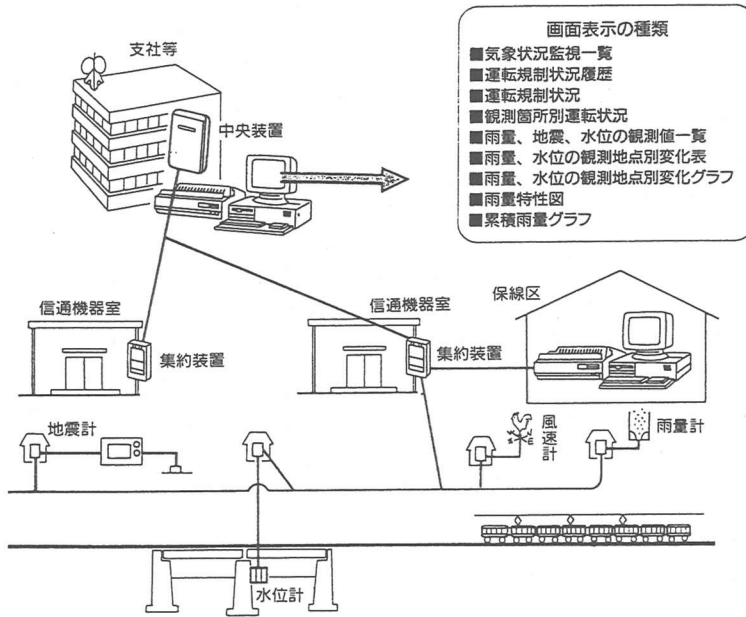


図-13 防災情報システム

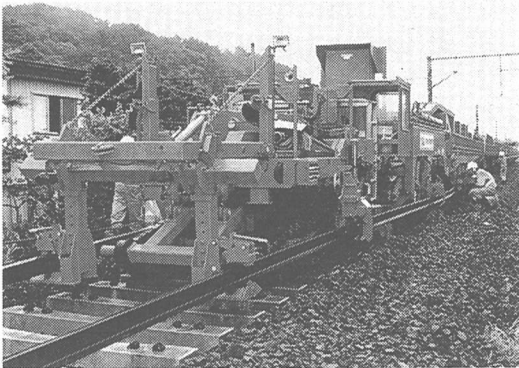


図-12 軌道連続更新機

用機械の使用にあたっては、編成として組み合わせて活用すること等でメンテナンス作業の機械化施工率の向上を図っている。

また、平成9年3月に開業した秋田新幹線における軌道更新作業においては大型機械である連続軌道更新機(図-12)を導入している。この機械は、従来の在来線の狭軌(1067mm)を新幹線用の標準軌(1435mm)に拡大するための自走式の軌道連続更新機(編成長、約100m)で国内での使用は初めてであったが、マクラギの撤去からレール幅の拡大、新マクラギの敷設までの一連の作業を1日平均600mの速度で実施し、同種作業の効率を飛躍的に向上させた。

b) 設備管理システム

線路を構成するレール、マクラギ等の軌道設備から盛土、橋りょう、トンネル等の建造物までの膨大な設備の

諸元、検査記録、工事履歴等については、現在、保線区及び土木技術センター等の現業機関でデータベース化されている。この「設備管理システム」が導入されたことで、現業機関と支社・本社間がネットワーク化され従来の紙による管理からの脱皮を図っている。システム化により検査・工事の計画及び実績、設備の財産管理、工事積算等の作業は、全てシステム上で行っており、概ね所期の機能を発揮し業務の効率化、精度の向上が図られている。

c) 防災情報システム

鉄道では異常自然外力による災害に対し列車の安全運行を確保するため、線路沿線に独自の気象観測網を設け雨量等が一定の基準値を超えると列車の運転を中止または徐行させる運転規制を行っている。このため防災情報システム(図-13)を開発し、これまでに気象観測装置として雨量計約580箇所、地震計約210箇所、風速計約280箇所、水位計約530箇所を設置してリアルタイムの気象情報収集を可能としている。このシステムの導入により、運転規制の発令・解除が迅速、確実となり、列車運行の安全性は大幅に向上している。

(3) インテリジェント化された検査・診断

設備の検査、診断業務の多くは、従来ベテラン技術者の目視、打音等で行われてきたが、これらの検査業務を最新の光センサー、高速写真等の計測技術を導入し検査精度、信頼性を高めると共に計測機器を保守用車両等に搭載することで高速検査を可能とし業務の効率化を図る技術開発が進められている。また、検査で得られたデー

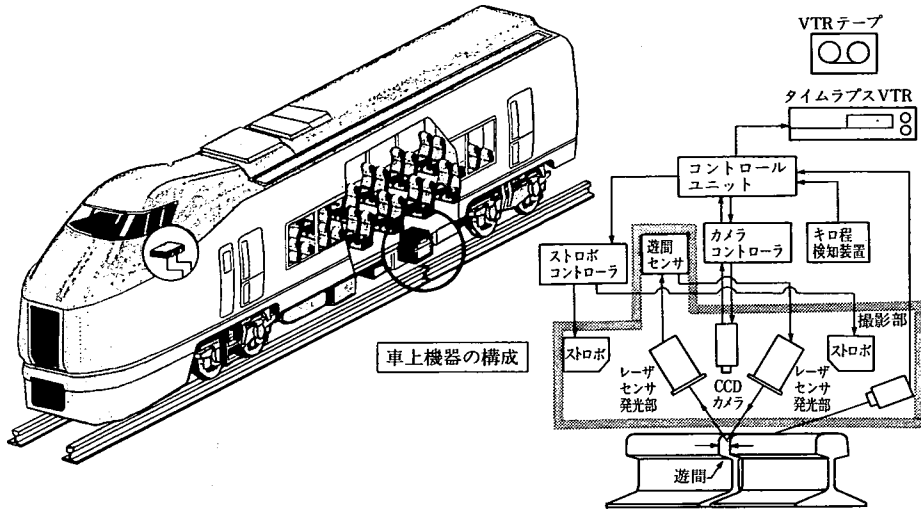


図-14 自動遊間測定装置

タを診断し設備の状態を評価する面においても、評価方法をシステム化することで一定の基礎知識を持つ技術者がベテラン技術者と同程度の診断をできるように取り組んでいる。

a) 自動遊間測定装置

線路は一般に25mのレールを一定の隙間(遊間)を確保して繋いでいるが、この遊間は温度変化により伸縮し高温時には軸力が発生して座屈現象を引き起こすことがある。このためレール遊間を一定範囲内に管理する必要がある。現場技術者は線路の状況を把握するため徒歩でその間隔を計測してきた。この計測は一現場で数千箇所にも及ぶ単純作業の繰り返しであり、自動計測が求められていた。「自動遊間測定装置」は、この課題を解決するために開発されたもので、計測部にはレール継目位置を認識するレーザーセンサーと遊間を1/10000秒で撮影するCCDカメラが組み込まれている。この測定装置は在来線の営業列車に搭載されており、最高130km/hで計測することが可能である(図-14)。レール位置整正の必要性は、撮影された継目画像を基に画像処理により各継目の遊間量を算出し、自動処理することで評価されている。この装置の導入により業務の大幅な高精度化、迅速化等が図られている。

b) レール探傷車

列車走行を直接支持するレールについては、亀裂等による折損、磨耗を対象に定期検査を実施している。レール傷の検査は、これまで手押しタイプの超音波探傷器を利用していたが、エコーの判読に個人差があり同一レベルの診断は困難であった。また、レール磨耗は簡易ゲージによるサンプリング調査で労力を要するものであった。これらの検査を連続的に同一尺度で効率的に計測することを目的に検査専用車両を導入している。計測は車上の

専門技術者が行い、レール探傷は3箇所まで最大3方向の探傷検査を同時に実施している。またレール磨耗量はスリット光を用いた画像処理で行っており、異常値を示した箇所にはペイントによる印付けを自動的に行う機能を有している。

c) 建築限界測定車

鉄道では、列車運行に必要な空間を確保するために建築限界を設定している。建築限界内にはいかなる設備も侵入してはならないため、一定周期でこの限界の検査を実施している。従来の検査は車両の周囲に57本の矢羽根を設置した専用車両を約20km/hで運転し、この矢羽根が限界を支障する物体に接触したことを技術者が記録する方法であった。新しい建築限界測定車は、検査の高速化と効率化を目指して開発が進められ、最高速度110km/hで計測ができるよう、スリット光とCCDカメラを活用した光切断法による三角測量を採用しており、非接触で建築限界支障の有無を計測できるようになっている。また、測定環境についても夜間に限定せず昼間でも可能となるよう太陽光下での計測技術の開発を新たに実施している。

d) 鋼橋総合診断システム

鉄桁の余寿命診断技術は、他の土木構造物と比較すると定量的な評価が進んでおり、これまでも下路桁の床組等の疲労影響を受けやすい部材を対象に専門技術者による診断を行っていた。しかしながら、診断には計測機器の設置、計測、データ処理等に熟練した専門知識を持つ技術者が必要となることから、これらの業務を体系化したシステムを構築し一定の基礎知識を持つ技術者で診断業務ができるようにすることが望まれ、(株)鉄道総合技術研究所等でシステム開発を実施した。開発された鋼橋総合診断システムは、鉄桁で必要となる疲労、耐力、た

わみ等の計測、診断業務を網羅しており、高寿命期を迎える鉄桁の検査に威力を発揮している。

(4) メンテナンス作業の安全性向上

鉄道のメンテナンスは線路内及び隣接地で行うため、安全作業とするための技術開発の必要性が高い。警報装置や作業システム等を改良することで作業員の注意力に頼る仕事の仕組みを減らすよう検討している。

a) 列車接近警報装置

線路内で行う作業では、列車の接近を確実に把握する必要がある。列車見張員が目視で列車の進来を確認しているが、この確認業務を支援するためケーブル、無線等を活用した列車接近警報装置の開発を信号通信及び線路部門の技術者が相互にノウハウを交換し合って進めてきた。この開発にあたっては広く門戸を開放したことで基本的な技術が異なる多様な装置が考案され、実用に供して優劣を見極めてきた。この中で既存の沿線電話の空き回線を利用した無線定置式の列車接近警報装置は、既存設備の有効活用という発想で開発され小型装置化を図ることができたことにより低コストで信頼性の高い装置となっており今後の整備拡充が期待されることである。

b) 保守間合いの確保

鉄道のメンテナンスは列車運行のない夜間の短時間で行うことが、これまでの常識であった。この発想を転換し、線区の状況に応じて保守間合いを積極的に拡大して確保し、集中的に数年分のメンテナンス作業を施工する方法や列車運転を一時的に単線方式に変更して保守作業を行う方法等が考案され、現在、一部線区で実施している。この保守間合いの確保は、列車運転中のメンテナンスを削減する効果があり、作業の安全確保にも有効である。また、保守間合での作業を安全に行うために従来はメンテナンス係員が駅等に連絡をとり人を介して列車が作業区間に進入しない手続き等を行っていたが、この仕事の進め方には人間の錯誤等の恐れがあった。このため、昨年度、中央線に新たに導入された輸送管理システムでは、メンテナンス係員が作業現場で自らハンディ端末を操作し目の前で分岐器転換等ができるようにしてメンテナンス係員が人を介在せず直接運転操作ができるようにしている。これは初めて実用化された方法であるが、運転取り扱い誤りによる事故の可能性は大きく低下している。

(5) 環境保全に配慮したメンテナンス業務

鉄道に関連する環境保全上の課題としては、高速列車運転等に伴う騒音・振動、高架橋等建設に伴う日照・電波障害とメンテナンス業務に伴う産業廃棄物処理等がある。これらのうち、高速列車運転に伴う騒音問題に関しては新幹線鉄道騒音に係る環境基準を満足すべく各種の

現地敷設試験を繰り返し、従来の防音壁に新たに干渉作用を活用した新型構造の防音材を設置することで騒音低下効果をあげている。

メンテナンス業務においては、線路の道床交換で発生した磨滅した碎石を専用の再処理プラントで粒調採石として再利用し産業廃棄物の削減を図ったり、PCマクラギについても同様に交換で発生したものを新型の締結装置に対応できるよう改良して再利用する等、資源の有効活用に取り組んでいる。また、磨耗したレールの頭部を切削し頭部断面形状を復元する技術は、レール交換周期の延伸、騒音低下効果があり、メンテナンス業務の削減にも効果を発揮している。

5. 今後の課題

(1) さらなる技術革新への挑戦

鉄道施設のメンテナンスに関する技術は、最近の10年間で急速に変化しているが、まだまだ緒についた段階である。今後の社会構造の変化を考慮すると一層の技術進歩が必要とされている。このような状況は、電気、ガス、水道、通信等の大規模設備産業にも共通する面があり、この技術の進歩の程度が企業経営に大きな影響を与えると予測される。このため、従来、個々の設備に分散していたメンテナンス技術及び理論を集大成し、工学として体系化して効率的な技術開発ができる体制をつくりあげる必要があると考える。メンテナンス技術は、計測技術、制御技術、材料技術等の多岐にわたる学際的な総合技術であり、かつ幅広い業界に分散していることから産・官・学が連携してメンテナンスの研究開発を継続的に推進する仕組みを構築することが期待されている。この具体的な取り組みとして既に、新しいメンテナンス技術の開発及びそのあり方等を研究する場として、大規模設備を有する企業等の17者が参加して「メンテナンス研究会(委員長:吉川弘之前東京大学総長)」を発足させている。同研究会ではメンテナンスのあり方、技術、ライフサイクル、システム・オペレーションをテーマとして活動を開始しているところである。また、従来から工学の各分野において研究されてきた個別のメンテナンス技術を横断的に捉え直し、メンテナンスに関する基礎学術を新たに確立することを目的として本年4月より東京大学大学院工学系研究科に「メンテナンス工学寄付講座(JR東日本)」が設置されている。このような活動を通じて集大成された革新的なメンテナンス技術は、21世紀におけるわが国の産業基盤を支えるキーテクノロジーになるものと考えている。

(2) ライフサイクルコスト管理

鉄道設備のメンテナンス及び新設工事では、鋼橋の塗

装等においてライフサイクルコストの概念を部分的に導入し始めている。この概念は設備の初期投資コストから取替までの間の維持管理コストをトータルして最小コストとなる設備計画を策定することを目指すものであり、適用するには各設備が持つ寿命と維持コストを的確に把握する必要がある。電子機器等のように短期間で取り替え使用期間中の維持管理データを得られる機器ではこの概念を数値化して適用することは比較的容易であるが、橋りょう及びトンネルのような長寿命の設備を対象にするには、地形、地質、列車荷重等の個別、地域的要素に起因する損傷、欠陥が寿命に与える影響を具体的に評価することが困難であるため適用は難しい。構造物の余寿命評価が現状では実務段階で使用できる水準に達していないこともあり、日常管理におけるライフサイクルコストの予測はできていないのが現状である。

しかしながら、鉄道のように膨大な数量の経年構造物を今後も維持管理していかなければならない状況においては、各設備の余寿命を適切に評価することが長期的な維持管理計画を策定するうえで不可欠である。鉄道設備の取替には新設時の費用を大幅に上回る支出を要すことから、今後の社会環境も考慮すると設備の延命化を図りつつ寿命に達した設備を計画的に取り替えることが求められると判断される。このため設備の余寿命の診断技術の開発は、従来、鋼、コンクリート構造物の疲労問題等で研究されているが、一層の発展が期待される課題である。この診断技術が開発されるとライフサイクルコスト管理を実務的に実施することが可能になると考える。

(3) 地球環境問題への貢献

地球環境への関心が高まりつつある中、従来の大量生産、大量消費型の「スクラップ&ビルト」の概念からの転換が求められている。現状設備については経年による老朽化と単純に判断して取替を行うのではなく、部分的に劣化した部分の補修を行ったり、構造物の部分補強により強度増加、延命化を図る等の工夫を行うことになる。これらの補修、補強業務はメンテナンスの一部であり、現在あるものを有効に活用することで資源の浪費を防止することができる。

メンテナンスは、従来の生産活動が資源を加工して製品を造り上げることで成立していたことに対して、現在あるものをリサイクルして生産材料として再生したり、改良により現在の設備の延命化を図るという循環型の機能を内包しており、この資源循環、節減の概念は今後の生産活動に期待されているものである。メンテナンスを単に生産業務に付帯する裏方の業務として捉えるのではなく生産循環の一部としての役割を担っていると認識することが重要で、メンテナンス技術を発展させることは資源の有効活用につながり地球環境問題にも資するもので

あると考える。

(4) 付加価値を高める設備更新

各種の延命化措置を図っても効果を期待できない場合には設備の取替を行うことになる。この場合においても単純に従前の構造と同様のものにするのではなく付加価値を高めることが必要である。

取替時には、メンテナンス業務の削減、列車運行のない夜間短時間でメンテナンス可能な設備、線区の重要度等に応じた寿命設定、景観に優れた設備及び低騒音、低振動の周辺環境に優しい設備等を実現できるよう多角的に検討し、低コストで付加価値の高い設備とすることが期待されている。特に、メンテナンスの削減に関しては、ライフサイクルコストの観点からの判断が求められる。過去に建設コスト削減のためトンネルインバートの設置を省略したことが供用開始後に盤膨れ等を引き起こし、数十年にわたる膨大なメンテナンス業務を惹起している事例等から観ても、建設コストの削減が品質レベルの低下とならないよう留意することが重要である。このためには設備更新時にそれまでのメンテナンスから得られた経験、情報を最大限設計に反映させ、従来の設備で足りない面は追加し、過大な面は削減することが重要である。設備の新設とメンテナンスに従事する技術者が意思疎通を深め、良質な補完関係を構築することが期待される。

(5) 専門技術者の育成

メンテナンスに従事する技術者には、新旧設備が混在することから広汎で深い知識が求められている。従来は、建設に従事した者が引き続きメンテナンスを行う機会もあったが、21世紀に向けてメンテナンス中心の時代となるとメンテナンスを専門とする技術者が増えてくると予想される。これらの技術者には、鉄道設備の状態を正確に評価するための検査・診断技術を習得させる必要があるが、このためには各設備の設計、施工技術に加えて技術発展史、各種計測技術及び各設備に応じた変状特性等を教育しなければならない。幅広い設備の知識を各技術者が満遍なく理解することは困難であるので、対象設備毎に深い経験を積んだ専門家を育成し、専門家を中心に自動化、機械化及び装置化された検査機器等を活用した効率的なメンテナンス体制を構築する必要があると考える。

6. おわりに

メンテナンスは従来、裏方的な役割で世の中の注目を集めることは少なかった分野であるが、21世紀を目前に控えて社会基盤施設の安定的な維持管理が社会資本の継続的な活用のために重要であることが広く認識されつつ

ある。このような状況のなかで、社会基盤施設の一つである鉄道は歴史が古く既に設備の高齢化に直面しており、鉄道設備でのメンテナンスのあり方及びその技術改革が一事例として関係者の参考となれば幸いである。さらに、メンテナンス技術について研究者の関心が今後一層高まりメンテナンス技術が工学の一分野として理論的に体系化され、研究開発を推進する体制が整備されることを期待している。メンテナンスを効率的に低コストで行うことは、資源の有効活用、リサイクル技術の進展等を促すものであり地球環境の保全にも貢献できるものと考えている。このようにメンテナンスは学際的な領域を対象とする新しい技術分野であり 21 世紀におけるキーテクノロジーと考えられることから、関係各位の御指

導、御協力を得つつ今後も発展させていくこととした。

参考文献

- 1) 経済企画庁編：平成 8 年版，経済白書。
- 2) 建設省編：平成 6 年版，建設白書。
- 3) 国立社会保障・人口問題研究所編：日本の将来推計人口（平成 9 年 1 月推計）。
- 4) 日本国有鉄道施設局土木課編：図説防災資料，昭和 52 年 9 月，一部加筆修正。

(1997.6.17 受付)