

◆ 報 文 ◆

英国における道路構造物の維持管理とITを活用したシステムの運用

渡辺博志*

1. はじめに

構造物の維持管理コストの削減は最重要課題であり、この実現に向けて、構造物の点検調査・診断技術の一層の高度化と、これを現場に的確に導入するためのシステムの構築が必要となる。

近年、わが国においては、各種補修補強方法の改良、健全度診断技術やアセットマネジメントシステムの確立など、ソフト・ハードの両側面にわたる技術開発が活発な状況となっている。英国においても構造物の維持管理は重要なテーマであり、この合理化に向けての様々な取り組みがなされているところである。

筆者は平成14年12月より一年間英国道路庁（以

下HA：Highways Agency）に滞在し、英国における道路用構造物の維持管理手法に関する調査を実施した。既設構造物の点検や補修補強方法などハード面での技術開発もさることながら、基準類の整備状況、技術認証制度や各種ITツールの運用など、組織も含めたシステム構築は非常にユニークなものとなっている。これらは、今後わが国の構造物の新たな維持管理システムを構築する上での参考になると考えられ、ここにその概要を紹介する。

2. 英国道路庁の組織概要と技術支援体制

2.1 組織概要

HAは、1994年に交通省から独立した機関であり、イングランド内の幹線道路網の整備ならびに維持管理を担当している。HAには現在約2200名程度の職員が在籍している。HAがまとめた2003年～2004年のビジネスプランによると、その担当する道路網の総延長は9830kmとされている。なお、スコットランド、ウェールズ、北アイルランドにおいてもそれぞれHAと同等の役割を担う機関が存在している。イングランド内の道路網の維持管理を行うに当たり、図-1に示すとおり、8つの事務所を展開し、業務の監督、指導はこれらの地方事務所を通じてなされている。

HAがカバーするイングランド内は14のエリアに分割され、それぞれのエリアでは、既設構造物の点検・診断や健全度評価、補修補強設計の業務はMA（Managing Agent）が行っており、清掃など日常的な維持業務や簡単な補修工事業務はTMC（Term Maintenance Contractor）が行っている。MAやTMCはHAから業務委託された民間企業であり、入札をへて受注業者が決められている。契約期間は一般に複数年にわたっていて、場合によっては5年、さらに2年延長されることもある。なお、最近では契約に関わる事務量の削減と、MAおよびTMC間の連携の強化を目的とし



図-1 HAの事務所所在地

表-1 安全・基準・調査局の構成

グループ名	傘下のチーム	主な所掌事務
Operational Guidance Group	Contracts and Specifications	共通仕様書・業務契約仕様に関連した技術的課題の調査
	Technology Standards Team	各種基準類の管理運営
Environmental Group	Environmental Group	環境問題に関連した技術サポート
Technical Assurance Group	Technical Assurance Group Structures	構造物関連の技術指導・技術認証に当たる
	Technical Assurance Group Geotechniques	土質関連の技術指導・技術認証に当たる
Safety Strategy and Management Group	Safety Action Plan	防護柵ならびに安全管理
	Safe Road Design	道路安全性を考慮した設計
	Signs and Signals, Safety and Policy Support	他機関との連携・信号標識関係
	Traffic Management & Safety at Roadwork's	路上工事に関わる安全管理・交通制御
Driver Information and Systems Group	Tactical Control & Traffic Modeling	交通の戦略的制御方法に関する調査
	Strategic Network Control and Driver Information	新道路情報システム
Appraisal Group	Environmental Policy	環境問題に関わる技術基準類の整備
	Traffic Appraisal, Modeling and Economics	事業の経済性効率などの評価手法に関する調査
Highway Infrastructure Group	Pavement Engineering	コンクリート・アスファルト舗装に関する技術基準整備
	Structures Design and Management	構造物の設計・維持に関する技術基準整備
Research and International Co-ordination		将来の技術の方向性・海外との連絡窓口
SSR Deliverly Team		SSRと他部門との連絡調整 各地方事務所ごとに存在

て、MAとTMCを分けることなく、一括して業務を委託することがあり、この場合、請負業者はMAC (Managing Agent Contractor) と呼ばれる。

HA内に8つの部局があるが、このうち技術支援を主として担当しているのが安全・基準・調査局 (SSR: Safety, Standard and Research) である。

SSRに所属する職員は約二百数十名程度である。SSR内には、交通需要やネットワークなど円滑な交通を実現するための調査を担当する部門や、環境問題を扱う部門、また構造物の設計や維持管理、メンテナンスなどを扱う部門などが存在し、非常に広範囲にわたる分野をカバーしている。

表-1はSSRを構成するグループ・チームの内訳と、それぞれのチームが受け持つ業務内容の概

略を示したものである。これらのグループは、必ずしも一箇所の事務所に集合しているのではなく、各地方事務所に散らばって存在している場合もある。

2.2 構造物の設計・維持管理に関する技術支援体制

SSR内には構造物の設計や維持管理に関わる技術支援を行っている部署は大きく分けて2つあり、主に技術基準の整備・改訂や外部機関に委託している調査研究のマネジメントを行うSDM (Structures Design and Management) と、各エリアの構造物の設計や維持管理業務の監督指導に当たるTAGS (Technical Assurance Group, Structure) がある。SDMに所属する職員は受け持ち地域を特定せず、それぞれ鋼構造、コンクリート構造、荷重など、専門分野を担当している。一方、TAGSの職員は、鋼構造やコンクリー

ト構造など分け隔てなく、各受け持ちエリア内の構造物に関する技術指導を担当している。また、TAGは後述する技術認証 (Technical Approval) の受付窓口としての役割も担っている。

2.3 技術認証制度

HAでは、構造物の調査・点検手法、耐荷性能評価手法など多くの技術基準類がすでに整備されているが、すべてを網羅しているわけではなく、実際の業務を行うにあたっては、これらの技術基準類でカバーされていない手法を用いる必要が生じる場合がある。また、従来の基準に対して、緩和措置を取ることが妥当と考えられる案件も発生することがある。例えば、コンクリート構造物の分野で言えば、赤外線サーモグラフィを用いた剥離調査手法や劣化したコンクリート部材の断面修復の詳細仕様はまだ基準化されていない。補修により部材有効断面が変化したプレストレストコンクリート部材のせん断強度評価方法も工学的判断を要するものであり、基準に明示されていない。

このように、現行の技術基準の範囲を超えた工学的判断を必要とする案件はDepartureと呼ばれている。Departureを提案するのはMAあるいはMAC等の事業者であり、Departureの必要性や提案に至った背景、Departureを採用することによって得られるコスト削減・メリットなどを整理して、該当するエリアのTAGチームに申請を行うことになる。Departureの申請を受けたTAGチームは必要に応じて、関連する専門分野を扱うSDMチームに技術的サポートとDepartureの採否の判断を仰ぐ。

この一連の審議は、イントラネット上で公開され、MAから提出された資料ならびにTAGあるいはSDMの判断とその根拠となるコメントも併せてデータベースに保存される。このデータベースシステムはDAS (Departure Assessment System) と呼ばれていて、過去どのような案件が提案され、どのような判断が下されてきたのかキーワードや関連する技術基準の通し番号、構造物の形式などから検索することが可能なものとなっている。

Departureの採否はあくまでもContract by Contractベースであり、過去に採択されたDepartureであっても、契約上異なる業務であれば、再審査を省略することは出来ない。しかし、

MA側は類似した事例をDASを用いて検索することにより問題解決の糸口をつかむことができ、業務の効率の向上に結びつくものと考えられる。一方、SSR側にとっても、DASは有用なシステムであり、DASを通じて現場ニーズの把握や、今後新たに制定もしくは改定が必要と考えられる基準類の把握が可能となる。

このような、技術認証の制度は、今後その役割が一層重要なものになると考えられる。現時点では、英国の道路構造物の設計は、長年にわたって整備されてきたBS規格 (例えば、コンクリート橋であればBS5400, Part.4) に準拠して行われてきている。しかし、近い将来Structural Eurocodesに移行することになっている。Structural Eurocodesが導入されれば、設計・施工方法の自由度が増すこととなり、おのずと、技術認証制度を活用する機会も増えてくるものと考えられる。

2.4 技術基準の整備状況

HAで運用している技術基準類は道路・橋梁の設計マニュアル (DMRB: Design Manual for Roads and Bridges)、道路工事仕様書 (MCHW: Manual of Contract Documents for Highway Works)、幹線道路メンテナンスマニュアル (TRMM: Trunk Road Maintenance Manual) 等にまとめられているほか、暫定的なものについては暫定指針 (IAN: Interim Advice Notes) として定められているものもある。MCHWは、国土交通省においては、土木工事共通仕様書に相当するものである。

DMRBは表-2に示したとおり、全15巻で構成されている。

DMRBは道路ネットワークの実務経験や調査研究を通じて得られた知見や技術的な要求性能を取りまとめたものであり、技術の進歩を反映させるために随時見直しを行うこととなっている。

DMRBはそれぞれの分野で専門知識を有している技術者によって使用されることを前提として記述されたものである。

DMRBの記述内容のねらいは¹⁾

- ①環境に与える影響やコストについて考慮したうえで、安全性や耐久性を満たす上で必要となる品質を明確に示すこと
- ②適切かつ合理的な競争的な入札が可能となる環境を整えること

表-2 DMRBの構成

巻	タイトル
1	道路構造物：技術認証手続きと設計一般
2	道路構造物：設計(下部構造物及び特殊構造物)と材料
3	道路構造物：点検および維持管理
4	土構造物と排水
5	道路事業の評価と計画
6	道路線形
7	舗装設計と維持管理
8	交通標識と照明
9	道路ネットワーク-交通制御とコミュニケーション
10	環境設計とマネジメント
11	環境アセスメント
12	道路事業に関する交通の認証
13	道路事業の経済性評価
14	道路メンテナンスの経済性評価
15	スコットランド地域の道路事業の経済性評価

- ③経験的に得られた知見を確立する一方、技術開発も促すこと
- ④設計・施工・維持管理業務における品質管理を機能させること
- ⑤代替案の比較検討に際しメンテナンスを考慮する手法を明確に示すこと
- ⑥道路ネットワークの性能をモニタリングする方法を明確に示すことにある。

DMRBを構成する基準は以下の3つに分類できる。

(1) Standards

道路整備および維持管理に当たっている監督官庁から示された必要事項(要求性能)をまとめたものである。この内容に準拠しない手法を用いる場合には、前述のDepartureとしての手続きを行わなければならない。

(2) Advice Notes

特別の必要事項について技術的なアドバイスを与えることを目的としたものである。ある特殊な状況の下で考慮すべき事柄に関する情報を提供するものである。必ずしも、記述内容に拘束されるものではないが、参照することが望ましい。

(3) Combined Documents

ひとつの文書の内に技術的な必要事項(要求性能)と、技術的アドバイスの両方が含まれたものであり、必要事項(要求性能)については枠囲いで区別されているもの。

HAで運用されているDMRBの基準類の内容について、すべてをここで紹介することは出来ないが、特にコンクリート構造物の設計や維持管理に関連する内容として、注目すべき点を取り上げる。以下の通りである。

- ①新設の橋梁構造物の形式選定にあたって、補修コストおよび補修時に発生する渋滞などの外部コストも考慮したLCCの算定手法が定められている。²⁾
- ②電気防食工法について、欧州統一規格の決定を受けて、DMRBにも採用された。³⁾ また、塩害の予防保全方法として、シラン系の吸水防止材の定期的な塗布が基準化された。⁴⁾
- ③塩害を生じたコンクリート部材の断面修復による補修を実施する場合、補修硬化を確実にし、かつ打ちたしたコンクリートと鋼材間の応力伝達を確実にするため、はつりの仕様を示している。⁵⁾

これらの基準類は、従来はペーパーベースで配布されていたものであるが、現在では電子化されHAおよびMA職員向けのイントラネットの他、一般用のホームページからも最新版が入手可能となっている。これは、基準類の普及促進に大きく貢献しており、HAとMA間の知識の共有にも役立っていると考えられる。

3. 構造物の劣化状況と維持管理データベース

3.1 コンクリート構造物の劣化状況

英国におけるコンクリート構造物の主要な劣化原因は塩害となっている。日本でも塩害による劣化が認められるが、海風によって供給される飛来塩分に起因することが多いため、主として海岸付近に多く発生し、地域性が顕著となっている。しかし、英国では、冬季に散布される凍結防止剤が雨水に溶け込み、これが浸透して塩害を生じるため、地域性は認められず、広く全土に発生している点が異なっている。また、アルカリ骨材反応や、凍害、かぶり不足による中性化に伴う鉄筋腐食が発生している点も日本と類似している。

なお、英国特有のコンクリート構造物の劣化機構として、硫酸塩による劣化が認められている。これは、硫酸イオンを多く含む土壌に接したコンクリート構造物、例えば橋脚の根入れ部分やフーチング、地下構造物などで発生している。劣化の

表-3 道路構造物の点検の種類

点検の種類	実施間隔/実施時期	概要
Superficial Inspection (簡易点検)	明記なし	放置すれば事故や多大なメンテナンスコストが発生するような損傷を見つけること。日常あるいは災害発生後の点検のイメージ。
General Inspection (概略点検)	2年を超えない間隔	構造物の代表的な部位を対象として外観調査を実施する。地表面などから遠望による調査。
Principal Inspection (主点検)	原則6年を超えない間隔	構造物の点検可能な部位全てに関して、近接による調査。基本的に外観調査であるが、簡単な非破壊検査を伴う場合もある。必要に応じ足場を設ける。
Special Inspection (特別点検)	明記なし	構造物に発生している特有の問題、あるいは特定の形式の構造物に対して実施する。モニタリングなどを含む詳細な点検。
Acceptance Inspection (受け入れ点検)	新設構造物の完了証明の 一ヶ月前or開通時、MA の維持管理引継ぎ時	MAが新設・既設構造物の維持管理を引き継ぐにあたって、該当構造物に残された工事・問題箇所をはっきりさせるためHAとMAが共同して実施

状況としては、硬化コンクリートが硫酸塩によって侵されて脆弱化するものであり、日本では下水道用のコンクリート構造物に発生している。

3.2 コンクリート構造物の点検と診断手法について
道路構造物の点検は、MAもしくはMACによって行われていて、その種類は表-3に示す通り5種類からなっている。

外観調査結果は、変状の程度（広がり）と、緊急性について評価されて記録される。また、何らかの損傷や不具合が生じている箇所については、これを放置した場合に、現時点で道路利用者の安全性につながるものか、あるいは現時点では特に障害は生じないものの、将来の補修コストが増加するものか、を点検技術者が判断を下し、点検結果にあわせて報告されている。

これらの点検記録は、構造物維持管理情報システム (SMIS: Structure Maintenance Information System) に記録される。補修が必要と判断される箇所については、おおよその補修方法と、それに必要となる費用の概算額も併せて記録されることとなる。

3.3 維持管理情報システムの運用

3.2でも述べたとおり、道路構造物の維持管理記録は、SMISと呼ばれるデータベースシステムに保存され、データの閲覧および検索が可能となっている。SMISはwebブラウザによってアクセス可能なものであり、簡単な操作で利用可能なものとなっている。HAおよびMAの職員は、利用申請をすることにより、パスワードが支給され、すべての構造物データの検索が可能となっている。

残念ながら、SMISには構造物の性能低下の予測アルゴリズムは組み込まれておらず、補修要否は点検を担当した技術者の判断にゆだねられるところがあるので、客観性にやや欠ける面は否めない。しかし、SMISの運用により、

- ①各エリアの構造物の損傷状況と補修に充当すべき予算が将来にわたってリアルタイムで集計でき、均衡の取れた維持管理計画の実現が可能となる。また、点検記録を行うMAの技術者に対しては、他のエリアにおける点検結果を参照することができ、ともすれば主観的要素の強くなる構造物の外観調査による損傷度の判定結果の信頼性・整合性が向上する。
- ②構造物に補修を行った場合は、補修記録と共に補修後の構造物の状況も記録される。これを集計することにより様々な材料や工法で補修された構造物の耐久性が把握でき、以後の補修工法の選定に当たっての参考資料を得ることが可能となる。
- ③ある構造形式をもつ部材（例えば、滞在中に問題となった構造形式として、メナーゼヒンジを有するコンクリート床版）に特有の損傷が発生した場合、これと同じ構造形式を有する部材の所在が把握でき、暫定対策の迅速な適用が可能になる。

特に、HAのように点検業務を民間企業に委託している状況にあっては、各エリア間の点検結果の整合性を確保することは非常に重要であると思われる。

日本においても構造物維持管理データベース整

備の必要性が、アセットマネジメントシステムの
実用化を背景として、日増しに強まっている。
SMISはそのひとつとして参考になるものと思わ
れる。

4. あとがき

英国道路庁での構造物の維持管理における技術
支援体制や技術基準類の整備状況についてとりま
とめた。

技術基準類の整備はかなり進展しているが、一
方で、過度に基準化を推進することは、ともすれ
ば基準の遵守に気をとられるあまり、硬直的にな
りがちとなる弊害も生じる。技術認証のシステム
を取り入れることにより、柔軟性のある程度確保
している点は非常に興味深い。

一方、DASやSMISなどITを活用したツール
類は非常にユニークなものであり、維持管理業務
の合理化につながっていると思われた。特に、MA
やMAC等、民間企業に維持管理業務を委託して
いる状況にあつて、これらのツール類は実施部隊
であるMAやMACと管理監督組織であるHAの
技術陣との距離感を縮め、連携を強める機能も果
たしていると考えられる。

参考文献

- 1) Highways Agency: Introduction to the Design Manual for Roads and Bridges
- 2) Highways Agency: BD36/92 Evaluation of Maintenance Costs in Comparing Alternative Designs for Highway Structures
- 3) Highways Agency: BA 83/02 Cathodic Protection for Use in Reinforced Concrete Highway Structures
- 4) Highways Agency: BD 43/03 The Impregnation of Reinforced and Prestressed Concrete Highway Structures using Hydrophobic Pore-Lining Impregnants
- 5) Highways Agency: BA 35/90 Inspection and Repair of Concrete Highway Structures

渡辺博志*



独立行政法人土木研究所技術推
進本部構造物マネジメント技術
チーム主席研究員
Hiroshi WATANABE