

# エジプト国橋梁維持管理能力向上プロジェクトにおける BMS(Bridge Management System)の導入

竹内博史<sup>1</sup>・若林康太<sup>2</sup>・恒岡伸幸<sup>3</sup>・高城信彦<sup>4</sup>・宮川輝幸<sup>5</sup>

<sup>1</sup>正会員 国際協力機構研究所 (〒162-8433 東京都新宿区市谷本村町 10-5)

E-mail: Takeuchi.Hiroshi@jica.go.jp

<sup>2</sup>非会員 国土交通省三陸国道事務所(前 国際協力機構) (〒027-0029 岩手県宮古市藤の川 4 番 1 号)

E-mail: wakabayashi-k82ac@milit.go.jp

<sup>3</sup>非会員 国際協力機構 (〒102-8012 東京都千代田区二番町 5-25 二番町センタービル)

E-mail: Tsuneoka.Nobuyuki@jica.go.jp

<sup>4</sup>正会員 大日本コンサルタント株式会社 (〒170-0003 東京都豊島区駒込 3-23-1)

E-mail: takagi\_nobuhiko@ne-con.co.jp

<sup>5</sup>非会員 大日本コンサルタント株式会社 (〒170-0003 東京都豊島区駒込 3-23-1)

E-mail: miyakawa@ne-con.co.jp

エジプト国の国内貨物輸送はその大半を道路に依存している。しかし、道路の維持管理状況は十分なものではない。特に橋梁については建設後の維持管理が適切になされておらず、十分な機能を果たさない橋梁が多く存在する。

国際協力機構 (JICA) はエジプト国に橋梁の維持管理にかかる技術協力プロジェクトを実施し、一定の成果を挙げたところである。この中で、エジプト国側が効率的に橋梁の健全性を評価し、補修計画を立て、予算を要求するためのツールとして BMS (Bridge Management System) を導入した。

本稿では本プロジェクトにおける BMS 開発の過程と海外プロジェクトへの適用の一方策を紹介する。

**Key Words:** BMS (Bridge Management System), Technical Cooperation, Preventive Maintenance

## 1. はじめに

エジプト国 (以下「エ」国) の道路延長は、道路橋梁陸運総庁 (General Authority for Roads, Bridges and Land Transport 以下「GARBLT」) が所管する主要幹線道路 (地方政務省、住宅省、灌漑省管轄を除く) だけで、64,000km 以上におよび、その中におよそ 3,000 橋以上の橋梁 (小規模 BoxCulvert を除く) が存在している。国内貨物輸送量の約 98% が主にこれら主要幹線道路を利用しており、道路交通網はエジプト国の経済活動において非常に大きな役割を果たしている。しかしながら、「エ」国の道路交通インフラの整備及び維持管理状況は十分なものでなく、特に建設後の適切な維持管理がなされなかったため、機能低下した橋梁が多く存在し、「エ」国の国内および国際物流に多大な負の影響を及ぼしている。この問題に対応すべく、独立行政法人国際協力機構では、「エ」国の橋梁行政組織の組織体制強化と人材育成を目指した「橋梁維持管理能力向上プロジェクト (技術協力プロジェクト)」を平成 24 年 3 月から 3 年の期間に実施した。具体的には、対象となる GARBLT の

本部及び地方事務所 (District Office 以下「DO」) 技術者を対象とし、以下の技術移転を実施した。

1. 持続的な維持管理サイクルの仕組みを確立する。
2. 維持管理に必要な技術能力を向上させる。
3. 計画的な維持管理が実施できるよう橋梁管理システム (BMS) を構築運用する。

GARBLT の橋梁維持管理計画としては、5 年毎に計画局に要求資料を作成するが、内容としては A4 用紙 2~3 枚程度のものであり適切な維持管理計画としては不十分であった。また、点検も道路パトロールの一環としての日常パトロールのみで、計画的な橋梁点検計画下での維持管理サイクルの確立が望まれる状態であった。また BMS についても未整備であり点検技術向上とともに実装による運用改善が期待される状況であった。

本稿では、「エ」国への橋梁維持管理能力の技術移転を行う上で生じた問題点、とりわけ BMS の開発運用に関して生じた事象と、その対処について述べるものとし、橋梁点検に関する支援、投資計画立案に関する支援をどのように実施したか、その有効性について検証するとともに今後の課題についてふれるものとする。

## 2. Bridge Management System の構築と運用

本章では著者らが開発及び運用指導を進めた BMS の各機能の概要とその特徴について「エ」国における最適化を実施した点に焦点をあてて論ずる。BMS は、「エ」国において不足していた「維持管理サイクル」の確立と「予防保全型<sup>1)</sup>」への転換を支援する事を目的として構築を行ったものである。

### (1) システム概要

#### a) 機能及び構成

BMS 機能は、橋梁諸元入力、点検結果入力、損傷判定をもとにした健全度算出及び概算工費算出、点検結果を起点とし劣化曲線を利用した対象橋梁劣化予測の各機能を有するものとなっている。

ソフトウェア構成としては、全ての機能を Web システムとして構築することで別途のサブシステムのインストールや OS 更新時の障害発生やプログラム改変の必要性がないものとした。また、GARBLT においてはシステムの専属技術者を配置する余裕がないため橋梁管理技術者でも運用が可能なるよう Windows サーバで稼働するものとした。開発言語としては、コンパイルが不要な軽量言語 PHP を用いることで、改修時の本番適用をスムーズにするとともに、複雑な演算はデータベースサーバ側への埋め込みプログラムで対応するなど管理の容易性と、システムの高度化を両立可能なものとした。

#### b) 諸元、点検結果の登録

橋梁諸元、点検結果の登録に関しては、本プロジェクトで先に定めた橋梁点検マニュアル（日常/定期点検）に呼応した機能とした。最初は、システムに慣れて使えるようになることを目指すこととした結果である。図-1 の入力画面と点検帳票が示すとおり、入力用の初期画面を開いた時点で点検帳票と同じ工種、部材、損傷種類の並びで入力画面が提供され、諸元情報と「部材損傷種類の組み合わせ」設定をもとにした、全径間分の工種、部材、損傷種類セットが全て既入力状態で提供され、入力者は損傷評価と写真登録のみで入力完了となっておりミス低減と内業圧縮を可能とした。

1	1	Superstructure	Deck	Concrete	Crack
2	1	Superstructure	Deck	Concrete	Rebar exposure
3	1	Superstructure	Deck	Concrete	Rebar corrosion
4	1	Superstructure	Deck	Concrete	Leakage/free lime

Component	Material	Defect Four	العيب المكتشف
		Type	النوع
Deck	السطح	Crack	شروخ
		Rebar exposure	استيلاء مكشوفة
		Rebar corrosion	استيلاء متآكلة
		Leakage/free lime	تسرب/حيز حر

図-1 点検入力画面（上）と帳票（下）の呼応

点検種別	工種	部材	材料	損傷種類
Component (A/B)	Construction	Component	Material	Kind Of Damaged
A	Superstructure	Deck	Concrete	Crack
A	Superstructure	Deck	Concrete	Rebar exposure
A	Superstructure	Deck	Concrete	Rebar corrosion
A	Superstructure	Deck	Concrete	Hole in deck
A	Superstructure	Girder	Concrete	Rebar exposure
A	Superstructure	Girder	Concrete	Rebar corrosion
A	Superstructure	Girder	Concrete	Abnormal deflection

図-2 設定画面例：部材損傷種類組み合わせ

#### c) 諸元/点検入力設定の容易化

各入力画面は最初にプリセットしているが、将来実施される点検要領改訂や運用変更に対応し、別途の大幅な改良コストを要しないよう、システム機能は、図-2 のように設定画面で変更が可能なものとした。

#### d) 健全度評価

部材損傷評価結果をもとに、橋梁の重要部材について重みづけ係数を用いた上での健全度を算出するものとした。健全度は、Component(部材)を最下層とし、Construction(各工種)、Span(各スパン)、Bridge(橋梁全体)の階層4段階で算出するものとした。これにより上位の健全度はその下位の最小健全度を元に算出されることから各階層での見落としの無い指標となるように配慮した。重みづけは、日本国内においては、部材のみならず、損傷種類や、工種においても設定する手法を採るが、今回の技術協力プロジェクトでは現在の GARBLT 橋梁管理技術者の技術レベルなどの状況に鑑み、複雑な係数のハンドリングを避け、部材補正係数のみを用いる等、単純化を図った<sup>2)</sup>。部材補正係数の検討においては、日本の国内係数を移行するのではなく、GARBLT 橋梁管理技術者の意向を取り入れたものとなるよう、プロジェクト実施期間にプロジェクトの構成員である技術者に対して計 11 回開催したワーキンググループミーティングでは、英語/アラビア語で記載した部材カードを2つ並べ一対比較を繰り返して、部材の重要性について同列、上位、下位を可視化しつつディスカッションを行う、カード形式による意見交換を実施する等、書面や会議形式だと遠慮がちな若手技術者にも配慮した。



図-3 部材補正係数の検討（カード形式）

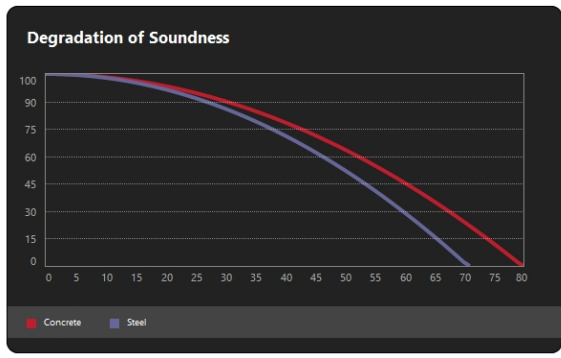


図4 設定画面例：劣化予測パラメタ設定



図6 予測結果画面/ダウンロード機能  
本表では劣化予測図を事例として示す。

e) 劣化予測

中長期の維持管理計画立案を支援するための劣化予測機能については、各部材単位で劣化をシミュレーションするものとした。劣化モデルのパラメタライズに関しては、今までデータの蓄積がなされていない事、煩雑な設定値のハンドリングによる負荷を最小としたい事から、簡便な手法として橋梁の寿命推計で一意に傾きが定められる2次曲線を用いるものとした。

劣化予測は主に、1. 予測期間、2. 年間予算額、3. 寿命推定値 ( $y=100-ax^2$  図-4)、4. 各部材毎の劣化度に応じた補修シナリオと各工法の平米単価、5. 補修順位を定めるための優先度 (健全度と重要度により算出) の設定により演算するものとした。

寿命推定は、推定当時に採取した 1216 橋のデータについて、架設年次階層ごとの橋数と各階層想定寿命から導き出す全体的な平均寿命をもとめ、設定値とした。

劣化予測に必要な設定値は、画面上で任意に設定できるものとしプロジェクト終了後に GARBLT 単独で検討・最適化が可能なるよう配慮した。

特に優先度評価で用いる重要性評価項目については、運用開始後の理解度向上や、橋梁諸元情報の蓄積傾向に応じ変更の必要が生じる事を考慮し、橋梁諸元の全てについて、パターンマッチング、配点指定等が可能なものとした。(図-5)

このように、上述の c) で言及した各諸元の入力と同様に運用の際の柔軟性をもたせることと変更コストのかからないものとした。また、予測結果の算出メカニズムは日本国内においても利用者はシステム内での利用に限定され、2次利用や加工がしにくいとの指摘が多い。本プロジェクトでは、劣化予測のシナリオに沿って、各年次補修対象となった橋梁、架け替え対象となった橋梁、予算制約上次年度補修となった橋梁等、シミュレーション上のデータ推移を部材レベルまで全てトレース可能なエクセルファイルを図-6 に示す圧縮ダウンロードできる機能を設けた。

f) 多言語対応やディスク容量不足対策

「エ」国はアラビア語が公用語のため多国語対応とした。ユーザに言語属性を持たせログイン時に、英語-アラビア語の自動切り替えを実現するとともに、アラビア語特有の Right to Left の書式に対応するものとした。なお画面の表記設定はデータベース及びプログラムの改変無しに容易にアラビア語以外の各国語にも変更できるよう機能構築を行い汎用性を旨とするものとした。(図-7)

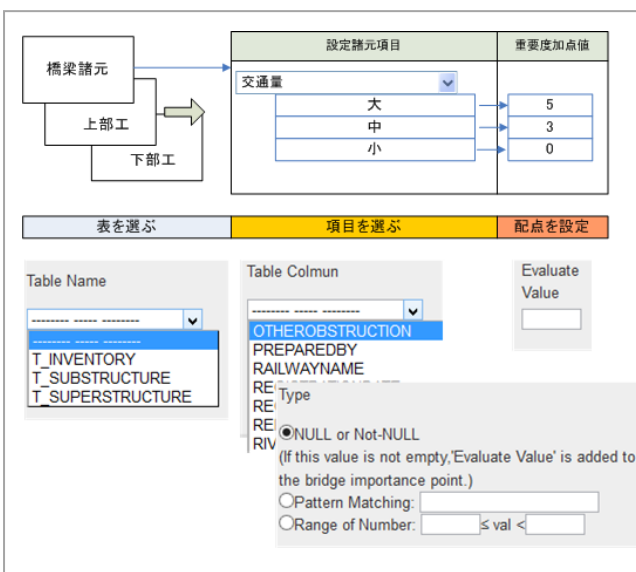


図5 重要度設定画面

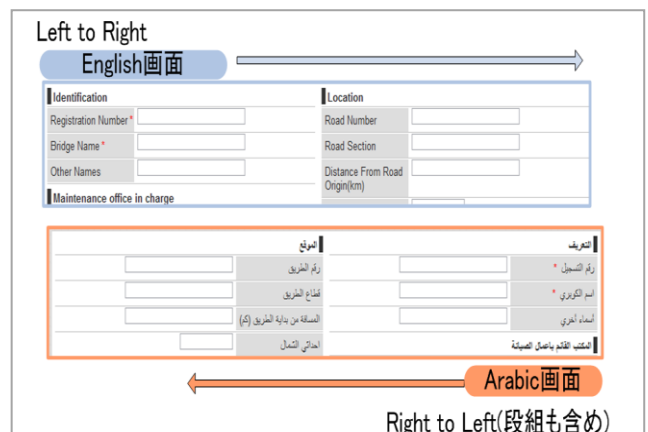


図7 アラビア語ユーザー用画面 (諸元登録)



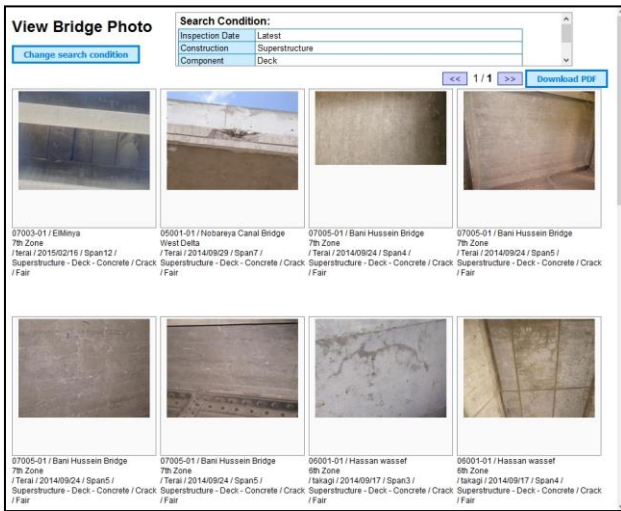


図-8 部材 Deck-損傷 Crack を指定した全件検索

また、主にディスク領域を占有する画像ファイルの自動リサイズエンジンを実装し品質を損なわずに、データサイズを数分の一程度に圧縮可能とし、試算上は機器の計画更新期間よりも長期間となる 16 年の継続供用を可能とした。これにより検索時のデータ配信も速度向上が可能なものとなった。検索結果の一例を図-8 に示す。

(2) プロジェクト実施中に発生した課題と対策

前節において、BMS 開発は GARBLT の橋梁管理技術者向けであることを前提に実施した点について述べた。しかし、橋梁維持管理ライフサイクルマネジメント<sup>3)</sup>体制面での課題や支援が必要と判断した課題がいくつか把握された。

a) 予算措置の不十分さに関する問題

GARBLT は毎年の予算要求に対して、配分額は 10 分の 1 以下であり、大規模な修繕が必要な場合は特別費を別途要求して実施することとなっていることが判明した。他後進国においても類似の状況があることは、他の技術協力プロジェクトでも報告されている<sup>4)</sup>。

このため、「予防保全」として処置できる金額は大幅に限定されている。限定的な予算制約下での管理手法については、4 章にて診断能力向上の必要性として後述する。維持管理マネジメント的演習としては、日常的な維持管理計画の範囲での詳細な優先順位付けがより効果的と考え、中長期の予算計画<sup>5)</sup>の支援機能に加えて、単一年度～数年の範囲の「短期修繕計画」立案のための支援機能を設け、演習内容の配分も見直すものとした。また、予測評価の際には健全度の設定下限値を下回った場合は、「架け替え」費用を算出する機能を付加していたが、GARBLT の要請により、設定画面で「架け替え」費用算出の抑止と、予算の残分に応じて部分補修の処理ルーチンに入るロジックを別途実装し、状況に応じ使い分けが可能なものとした。

b) 損傷種類、状況への適切な理解不足

本プロジェクトで別途技術移転を行っている点検マニュアルにおける点検は、日常点検、定期点検、非破壊検査機器を利用した詳細点検と広範に渡り、文章化した要領全部を理解し実行するためには一定の訓練が必要となる。一方で BMS の運用を早急に進めるためには理解途上の職員も容易に使用ができるようにしたうえで、「自らが点検した情報が有効に活用できる事」や、自組織での「ワーキング活動」を促し GARBLT の橋梁技術者が自身の活動を通じた橋梁点検維持管理の OJT 活動となるよう担当者が損傷データと写真と位置データとが関連付けられ、容易に学習のできる可視化機能を付加した。

このため、数値的損傷評価のみならず、現場で撮影した橋梁の損傷写真を有効に活用するための仕組みを開発し BMS に追加するものとした。具体的には、前出の図-8 に示す写真管理のサブシステムを BMS に密接に組み合わせる形で追加構築を行っている。単一の橋梁、特定の点検日付で綴じている点検情報を、橋梁諸元、損傷種類、程度等 BMS の殆どの情報から横断検索した際に、画像検索サービスに類するインターフェースを持たせ損傷状況をより身近に可視化する手法とした。

また、「エ」国は、路線情報や、距離標等の体系的な情報が未整備でかつ、地物も通称による揺らぎが多く今後の橋梁点検でも確実な位置特定の手法が必要であった。よって、投入される損傷写真の exif データ内の測位情報を活用しデータ登録時に自動的に位置情報をデータベース化する手法を採った。

先に述べた写真管理のサブシステムでは、損傷写真-位置情報の相互参照を可能とするほか、図-9 に示すように橋梁の損傷を地図上に損傷程度に応じ、プロットするものとした。これにより、損傷部位の位置把握等、点検に得られた状況をさらに可視化可能なものとした。

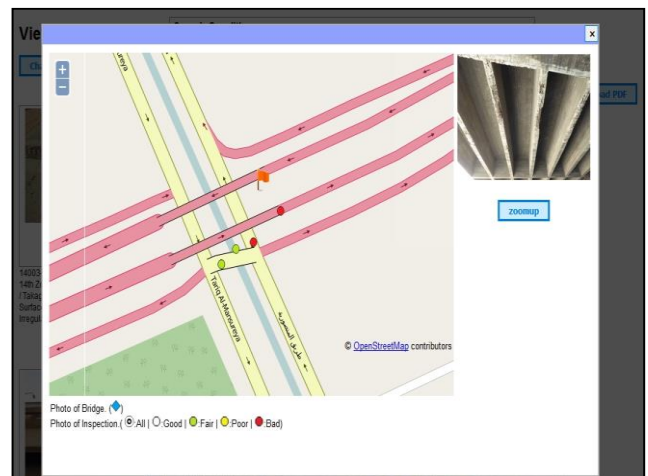


図-9 損傷毎位置及びレーティング色分け地図表示

表-1 提供資料一覧

項	資料名称
1	BMS 操作マニュアル Bridge Management System Manual Photo Management System on BMS Manual
2	BMS 運用説明資料
3	橋梁維持管理ガイドライン
4	BMS Step2 検討資料（部材補正係数，工費検討資料）
5	BMS 操作動画

### c) 技術者の定着性の問題

エジプトでは優秀な人材がサウジアラビア等，隣国のより待遇や条件の良い仕事に転職する傾向がある。また，GARBLT 内部でも職員の異動が頻繁であり，本プロジェクト内でも BMS の利活用促進のために編成した組織も総入れ替えされた経緯がある。組織マネジメント上の問題でもあるが，当プロジェクトとしても定着率が低くても途切れることなくマネジメントのサイクルが継続される仕組みが必要であった。よって，表-1 に示す操作マニュアル等に加えて BMS の諸元登録，点検結果登録に有効な操作動画を整備し，提供した。これにより BMS 関連人員入れ替えの際，大幅な時間短縮に貢献するものとなった。

### d) 補修単価検討上の問題

「エ」国の橋梁補修は，重大な損傷を発見した場合 Consultant が点検/調査を実施。その結果を Contractor が受け補修工法選定/見積を実施するという流れのため<sup>9)</sup>，設計施工の分離，発注側の補修単価の統括・精査は未実施であり，健全度をもとにした概算工費算出用設定補修単価は GARBLT 側で定められない状況であった。よって当プロジェクトで各 DO の材料レベルの単価を可能な限り収集し，補修工法毎のアレンジを行い部材補修の単価を推定する作業を実施した<sup>7)</sup>。補修単価には地域差異があるためエリア毎に設定変更が可能な機能（図-10）を付加し，DO 毎に補修シナリオ及び単価共に完全に別個に設定が可能とした。

## 3. 本プロジェクトによる成果

GARBLT の体制では，各 DO に所属する技術者は行政のオールマイティ人材でかつ技術者としてのプロフェSSIONナルであること<sup>9)</sup>が要求されるが，実際は人員リソースが限定的であり日常管理に限定した業務のみを行っていた。一方，橋梁維持管理ライフサイクルマネジメントを円滑に実施するためには，限定的な人員，予算下でも十分な効果を発揮する運用としての「システム」が必要であった。

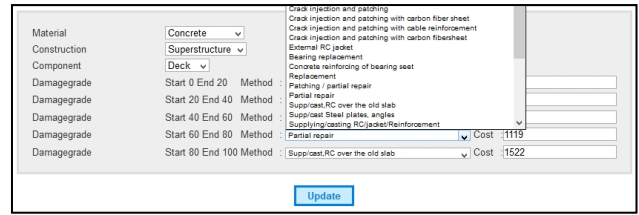


図-10 各 DO 毎の補修工法/単価アレンジ機能

よって橋梁点検及び BMS の運用については，確実に作業配分に無駄を生じず，結果が「糧」となるための「有効性」，「効率性」の向上を考慮して取り組んだ。特に，BMS 利用にあたっての組織体制と「エ」側が継続して実施できる人材育成体制の構築については相当な業務配分を行うこととなった。

本章では，構築した BMS を用いた利用状況のとりまとめと，GARBLT が抱える問題点や，「エ」国に関わらず維持管理マネジメントとして共通の課題となる点について整理し，今次プロジェクトからさらに BMS を向上させるための必要な対応について検討する。

### (1) BMS の利用状況

本プロジェクトでは，橋梁諸元 1261 橋の登録を行い今後の点検登録に備えるとともに，本プロジェクト内で GARBLT が主体的に点検訓練を行う対象と定めた橋梁 20 橋を上まわる 49 橋について，点検結果，損傷写真，損傷図の登録を完了した。

概算補修費算出結果妥当性については，GARBLT 主導で直近で補修を終えた橋梁について，システム算出値と実値による検証を実施し問題が無いことが確認された。

演習に関しては，操作のみならず，点検の重要性，健全度，補修費，重要度，年間予算，劣化曲線等の考え方について学習，議論する場を設け，合計 71 回実施した。

BMS 劣化予測機能を用いた予算計画立案に係る試行及び検証等の演習の結果では重要度の検討について，GARBLT 技術者が自発的に道路部門の技術者との協議を行い基準類を確認するなど，望ましいアプローチでの調査がなされた。

劣化曲線の考え方では，点検による劣化曲線の予測精度向上（図-11）を説明し状態把握の重要性の理解を得た。また写真管理のサブシステムの活用により，「特定損傷の判定基準の妥当性」について討論する損傷判定レビュー会が GARBLT 技術者の手によって実施された。本レビュー会では施工瑕疵に言及し損傷判定補正の必要性について討論するなど，本プロジェクト完了後の Sustainability 向上が期待される活動が認められた。

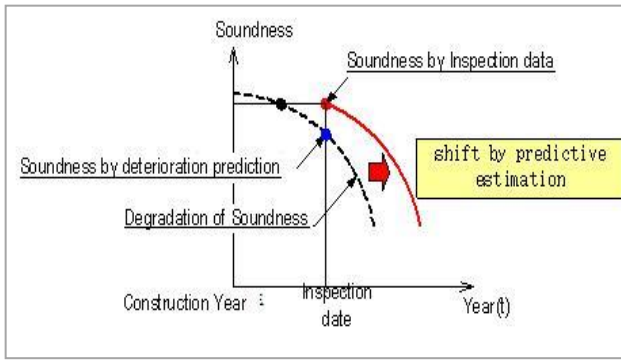


図-11 点検結果による補正

(2) 運営体制の構築

運用体制としては、「橋梁点検計画立案」, 「修繕計画立案」を担う GARBLT 道路橋梁局長及び橋梁管理課長, 点検結果の査読/承認を行う, GARBLT 橋梁管理部門の橋梁管理課長補佐, 橋梁点検, BMS 登録, 利活用を実施する本部橋梁管理技術者, 管轄橋梁の点検を実施する, 各 DO 技術者, BMS ハード保守を担う, 本部機材担当管理技術者の割り当てがなされ, 責任体制が明確となった。

BMS は主に橋梁点検部門の責任者の下で GARBLT 本部及び DO の技術者によるデータ入力を実施され, 入力した結果が橋梁管理部門に転送され, 点検と修繕の立案がなされる体制となった。橋梁管理部門と橋梁点検部門による合同会議が定期的開催され, 相互の情報交換による品質確保も行われるようになった。

システム維持に係る課題については保守担当者が明確となっており迅速な対応が期待される。

(3) マニュアルの活用

上述の運営体制を円滑に進めるために, GARBLT 本部の橋梁管理部門及び橋梁点検部門の技術者への座学及び実地演習による研修を集中的に行い, これらの技術者をマスタートレーナーと位置付け, 組織全体としての訓練体制や点検管理の活性化を促すものとした。

このように, 途上国への道路維持管理技術の移転においては技術を教えるだけでなく, 継続的に実施できる組織体制と人材育成について明確な方向性を示し, 途上国側単独でこれらを実施できる体制を作ることが必要である。

4. 考察と今後の課題

(1) 考察

「エ」国における橋梁維持管理にかかる技術者の能力強化の中で, BMS を開発し, 健全性評価と予算配分管理の体系を構築することができた。また, 「エ」国側で継続して使うことができるよう, 設定画面による各種入力部や予算等の変更を容易にし, 多言語対応も可能なシス

テムを開発してきた。GARBLT 橋梁管理技術者が容易かつ継続して使用できるよう, システムの取り扱いの簡素化に加え, 補正係数の検討の簡素化などの作業の簡素化や, 点検マニュアル等を熟知していない技術者でも容易に活用し成果が得られるシステムとすることで継続性を確保した。

また, 本プロジェクトで, GARBLT 本部の橋梁管理技術者が他の職員を指導できるようマスタートレーナーとしての資質を持つための訓練を実施した。

システムの開発と人材育成を並行して実施することと, 各種課題にシステムと人材育成の両面から取り組むことでより高い成果が得られたと考える。一方, 本プロジェクトで達成しえなかった課題について(2)に記載する。

(2) 課題

a) 大規模修繕の取り組み

BMS に入力済の 1261 橋の橋齢分布をみてわかるように, 41~50 年(22%), 51~60 年(34%)と今後の大規模修繕の必要性は非常に高い。今後は GARBLT の点検・評価能力の向上, 大規模修繕にかかる, 計画策定・予算要求説明, 同執行能力等の一層の維持管理能力の向上が望まれる。

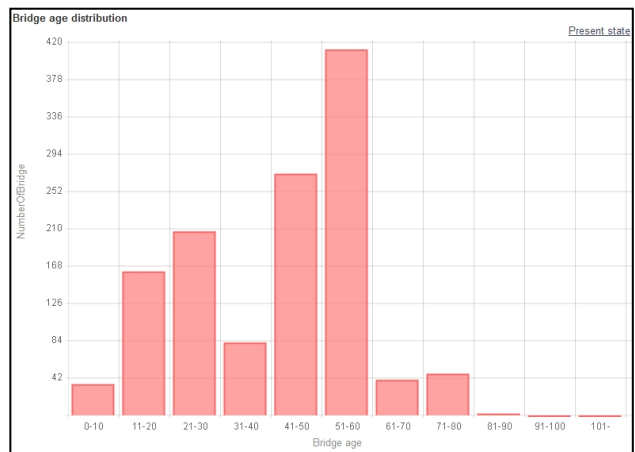


図-12 BMSによる橋齢分布

b) 達成度評価指標の確立

本プロジェクトでは, 橋梁維持修繕の管理指標として健全度管理水準を定めた。管理水準の検討では実際に劣化予測を行い, 予測各年次平均健全度の推移に注目し検討を進めるものとした。

表-2 管理水準検討表

Soundness	Condition of Component	Category of Maintenance
80 ≧ HI ≧ 100	Almost new bridge No specific problem by continuous inspection	
60 ≧ HI ≧ 80	Repair or continuous inspection is desirable though no problem with operation	Target management level (Preventive Maintenance)
40 ≧ HI < 60	Repair is required though no problem with temporary operation	(Corrective Maintenance)
20 ≧ HI < 40	Urgent Repair is required	
0 ≧ HI < 20	Large-scale repair/ renewal is urgently required	Limit management level



これに加え、自組織内の達成度判定として別途のアウトカム指標を定め運用することが望まれる。例として、日本国内道路管理組織が数多く運用している「構造物保全率」<sup>9)</sup>でみられる内部統制、業績評価手法の確立を目指すのが効果的と考える。

$$\text{構造物保全率 (\%)} = 1 - \frac{\text{Aランク以上の損傷がある径間 (橋脚) 数}}{\text{全径間 (橋脚) 数}}$$

図-13 阪神高速道路 構造物保全率<sup>10)</sup>

#### c) 劣化予測の精度向上への取り組み

今回の BMS の構築にあたっては、点検データの不在と、「エ」国側で今回開発した BMS を持続的に活用するために、システムを可能な限り簡易化した。さらに、「エ」国側でデータや指標の改編を可能とし、BMS の精度を向上させる取り組みを行った。一方、現状の「エ」国側の能力に鑑み、劣化曲線を二次曲線で近似する設計となっており、「エ」国側の能力向上にあいまって、さらに精緻なシステムが求められた場合には大幅な改修を要するものとなる可能性はあると考える。

#### d) 予算の集中かつ適切な運用

後進国における限定的な予算制約の下で効果的な維持管理を目指すためには、点検結果をもとにした診断技能を高め、早期補修が必要な橋梁と経過観察とする橋梁の見定めを行い、予算の集中かつ適切な運用を目指すことが望ましい。よって損傷の「進行性」に着目し「補修しなくても良い箇所を見定める」判断能力の育成が望ましい。システム及び点検マニュアルについても現状未定義な、定期的に同一部材、同一角度の損傷写真を継続的に定点観測し、同時並行的に参照/評価できる機能を設けることで本判断能力の支援が可能と考える。

なお、本プロジェクトで構築した劣化予測については予算検討上は有効性が認められものの、極めて限定的な予算制約下での実際の維持管理においては、健全度や劣化予測機能単体で解を求めず、進行性大小の「ばらつき」を見極めるリスク評価能力の向上こそが急務と考える。

#### e) 内業圧縮

GARBLT 維持管理セクションにおいては、一人の技術者が何役も業務をこなす事が求められるため、さらなる内業の圧縮が望まれる。点検記録、活用の為の作業が負担とならないよう、システム側でも内業の圧縮が期待できる機能構築が望ましい。具体的には現場での点検の際に記録行為がほぼ完了するようなオフライン機能の構築や、後進国においても普及が目覚ましいモバイル端末の日常点検での有効活用、等が考えられる。

#### f) 損傷要因の分析支援

本プロジェクトでも、材料の品質や施工時の管理体制に起因した損傷が多く見受けられた。今回のプロジェクトでは健全度と劣化に着目した技術支援を行ったが、今後においては、設計及び施工部門も対象に入れた橋梁維持管理ライフサイクルマネジメントの考え方が必要と考える。具体的には、「不具合事例のとりまとめ」、「設計基準への反映」、「維持管理を考慮した構造物設計」を促す事例データのストックと分析支援となる情報の参照を可能とする図面情報の利活用も視野に入れた Design Management の観点を有するシステムを BMS と結合し構築、運用することが望ましい。

#### g) システム維持費の最小化

本プロジェクトではオンプレミス（自組織設備）下にサーバを設置し運用を行う体制とした。今後においては、クラウドによる一括管理や、各国プロジェクトの包括的なサービスを展開しデータのさらなる効果的な活用や分析を容易とし、被援助国の負荷<sup>11)</sup>を最少、維持管理の効率化や適切化を最大とする手法を検討する必要がある。

#### 参考文献

- 1) 小澤 一雅：インフラ資産のアセットマネジメントの現状と将来展望, コンクリート工学, vol. 51 (2013) No. 1, pp. 99-103, 2015.
- 2) 小林 潔司：国際化時代における土木専門教育, 土木学会論説, 97(5): pp. 55-55, 2012.
- 3) 小澤 一雅：アセットマネジメントシステム導入の現状と将来展望, 土木学会誌 99(7), pp. 12-17, 2014.
- 4) RDA(Zambia) : Road Development Agency ROAD MAINTENANCE STRATEGY FOR THE PERIOD 2015- 2024 : pp.6, 2014.
- 5) 古田 均, 茅野牧夫, 渡邊英一：橋梁の維持管理とブリッジマネジメントシステムの現状と将来展望：土木学会論文集 F Vol.63 No.3, pp.290, 2009.
- 6) 国際協力機構：道路・橋梁維持管理に関する情報収集・確認調査 最終報告書, pp.3-129, 2013.
- 7) 国際協力機構：エジプト国 橋梁維持管理能力向上プロジェクト 業務完了報告書, pp.2-80, 2015.
- 8) 土木学会編集委員：インフラ維持管理はどこに向かうのか 一自治体職員が語る橋梁維持管理の課題と展望一, 土木学会誌, pp.8-11, 2014.
- 9) 坂井康人, 荒川貴之, 慈道充, 小林潔司：ロジックモデル (HELM) に基づく戦略的維持管理：第 33 回土木計画学 (春大会), 2009.
- 10) 阪神高速道路：阪神高速道路の長期維持管理及び更新に関する技術検討委員会(第 2 回) : 委員会資料, pp.7, 2012.
- 11) 国際協力機構：道路・橋梁維持管理の技術協力に関するプロジェクト研究最終報告書, pp.51, 2009.

(?)

INTRODUCING BMS (Bridge Management System) BY THE PROJECT FOR  
IMPROVEMENT OF THE BRIDGE MANAGEMENT CAPACITY IN EGYPT  
Hiroshi TAKEUCHI, Kota WAKABAYASHI, Nobuyuki TSUNEOKA, Nobuhiko  
TAKAGI and Teruyuki MIYAKAWA

Domestic cargo transportation in Egypt is mostly dependent on the roads. However, management and maintenance of the road is not sufficient, in particular bridges maintenance after the construction has not been properly conducted and there are many bridges that do not perform its function sufficiently.

Japan International Cooperation Agency (JICA) implemented technical cooperation projects relating to the maintenance of the bridge in Egypt and achieved certain results. In this project, BMS (Bridge Management System) has been introduced as a tool for requesting budgets, which enable the Egyptian side to develop their capacity of evaluation of the bridge soundness efficiently and of repair plan preparation, .

In this paper, the authors introduce one measure of the application to overseas projects of BMS as well as development process in this project.