

ベトナム国における橋梁マネジメントシステムの適用と課題

Application and Issues of Bridge Management System in Vietnam

町口敦志[†], 浦田孔二*, DinhVanHiep**, 近田康夫***
Atsushi Machiguchi, Kouji Urata, Dinh Van Hiep, Yasuo Chikata[†]修 (工) 金沢大学大学院自然科学研究科環境デザイン学専攻博士後期課程
(株式会社 日本海コンサルタント, 〒921-8042 石川県金沢市泉本町 2-126)

*株式会社 日本海コンサルタント (〒921-8042 石川県金沢市泉本町 2-126)

**博 (学術), Institute of Planning and Transportation Engineering (IPTE) (Room 208, Laboratory Building,
Vietnam National University of Civil Engineering (NUCE), No.55, Giaiphong str., Hanoi, VIETNAM)

***工博, 金沢大学教授, 理工研究域環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

In this investigation, the data and current maintenance status of existing bridges in Vietnam, as well as the bridge properties and deterioration characteristics were confirmed, based on the data obtained through the business of the Ministry of Foreign Affairs in 2013. In addition, through the analysis of 40 bridges in Vietnam using Bridge Management System (I-BIMS), the result showed that despite several confirmation results of issues on BMS application, it was confirmed that it was possible to apply the Japanese BMS to Vietnam.

Key Words: Bridge management system (BMS), Preventive maintenance, Vietnam, Cloud

キーワード: 橋梁マネジメントシステム (BMS), 予防保全, ベトナム, クラウド

1. はじめに

今日, 日本国においては高度経済成長期に大量に蓄積された社会資本の高齢化に伴う維持管理問題に対する様々な取り組みがなされつつある. 代表的な社会資本の一つである橋梁においては, 橋梁郡を対象としたアセットマネジメント¹⁾²⁾³⁾や個別橋梁を対象とした構造ヘルスマニタリグ⁴⁾⁵⁾, 橋梁部材の劣化メカニズム (コンクリート床版疲労, ASR・塩害等) の分析⁶⁾等, 維持管理に関する様々な研究が進められている. 橋梁管理の実務レベルでは, 国土交通省が2007年度に創設した「橋梁長寿命化修繕計画策定事業費補助制度要綱」に基づき, 自治体は長寿命化修繕計画を策定している.

一方で, 発展途上国のインフラ整備と維持管理の例として, ベトナム社会主義共和国 (以下, ベトナム国と称す) をみると, 2011年に国家戦略の基礎となる「社会経済開発10か年戦略」および「社会経済開発5か年計画」を策定し, 社会経済のさらなる発展に向け, インフラの整備が進められている. 道路や橋梁の整備等⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾による経済発展が重視される傾向にある中, ベトナム戦争後

に架設された橋梁の老朽化や応急復旧を目的として仮設された橋梁の継続的な使用に起因する問題 (落橋等) が生じていることより, 持続的な社会経済の発展のためには, 道路及び橋梁の安全管理が基軸であると認識され, 2012年~2013年にかけて道路維持ファンド (Road Maintenance Fund) が創設され, 安定的な道路・橋梁の維持管理の実現に向け, 舵を切っている.

日本国においては, 発展途上国のインフラの維持管理に関するニーズと日本国における技術開発のシーズ等より, 国土交通省はインフラシステムの海外展開への取り組みを進める方針¹¹⁾にある. インフラシステムの1つに橋梁マネジメントシステム (Bridge management system, 以下, BMSと称す) があり, 海外展開の対象国の一つであるベトナム国に対し, 日本式 BMS の適用を軸としたベトナム国の橋梁等の維持管理への展開が期待される.

これまで, ベトナム国では, 国内事業及び海外複数国からの援助より, 国道橋の維持管理の仕組み等の導入が検討されている. 現在は, 日本国の ODA 事業により橋梁データベース (以下, 橋梁 DB と称す) ・維持管理システム (VBMS) が開発されているが, 直面する課題である顕在化した損傷への対策 (事後保全型の対策) を主体としており, 予防保全型の対策を念頭においた管理は行

[†] 連絡著者 / Corresponding author

E-mail: a-machiguchi@nihonkai.co.jp

われていないのが現状である。また、ベトナム国の既設橋梁や既設橋梁 DB に関する報告^{12)・13)・14)}や日本国における研究¹⁵⁾は複数行われているが、研究論文は少なく明らかにされていないことが多いため、日本式 BMS の海外展開を図るには、現地における BMS の適用性（ベトナム国の既設橋梁や劣化特性、システム環境、管理組織体制等）を確認することが重要となる。

本論文では、日本式（予防保全型）橋梁マネジメントの仕組み及び著者らが開発した BMS（橋梁マネジメントシステム I-BIMS^{16)・17)・18)} のベトナム国における適用性と課題について明らかにすることを目的とする。

なお、本論文は、ODA を活用した中小企業等の海外展開支援を目的とする「平成 25 年度外務省政府開発援助海外経済協力事業（案件化調査）」における「ベトナム国を対象に社会資本整備の維持管理能力向上を目的とした橋梁長寿命化修繕計画策定システム（I-BIMS）導入およびノウハウ普及に関する案件化調査（2014 年 3 月）¹⁹⁾（以下、本事業と称す）」に基づき論じるものとする。本事業では、主に以下を行なっている。

- ・ベトナム国政府関係機関（運輸省 MOT、道路総局 DRVN、道路メンテナンスユニット RRMU2・4・7、省人民委員会交通部 PDOT 等）との 10 回を超える橋梁の維持管理の状況・BMS 等に関する打合せによるニーズ調査
- ・国道橋の情報収集（約 500 橋）
- ・現地での点検講習会（現地点検、室内技術講習）及び橋梁点検の実施
- ・BMS を活用した国道橋 40 橋の長寿命化修繕計画作成

2. ベトナム国の橋梁の概要

2.1 道路管理に関する組織体系

ベトナム国における道路区分は、国道・省道・郡（県）道・都市道・区（村）道等があり、総延長 258,200km の道路が管理されており、国道延長は、18,744km(7.3%)とされている。そのうち、ベトナム国の国道の管理組織体系（図-1）は、MOT の傘下である道路総局 DRVN のもと地域に区分された各道路メンテナンスユニット RRMU が管理し、都市部では省人民委員会交通部 PDOT が管理する体系となっている。

2.2 国道橋の維持管理の現状

ベトナム国では、これまで橋梁を架設後、点検や補修等は計画的に行われていなかったが、近年、日本国の ODA 事業等²⁰⁾により橋梁の日常点検や定期点検等の基準の策定を進めるとともに、国道橋の点検が始まったところである。

2.3 ベトナム国の橋梁の概要

(1) 橋梁特性

本事業において明らかとなったベトナム国の橋梁特性

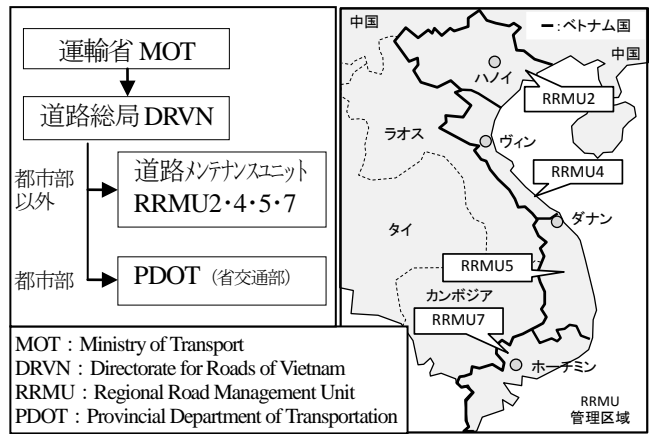


図-1 ベトナム国の国道の道路管理組織体系（概略図）

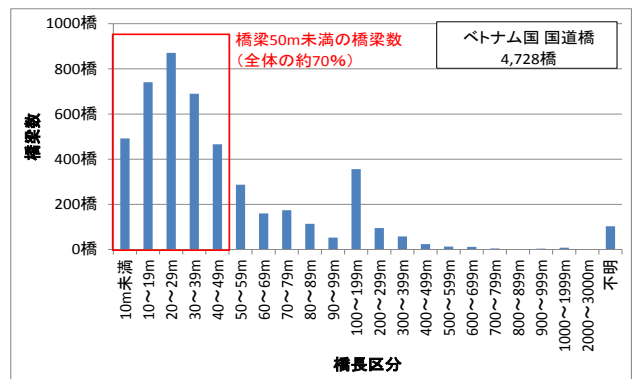


図-2 ベトナム国国道橋の橋長別橋梁数

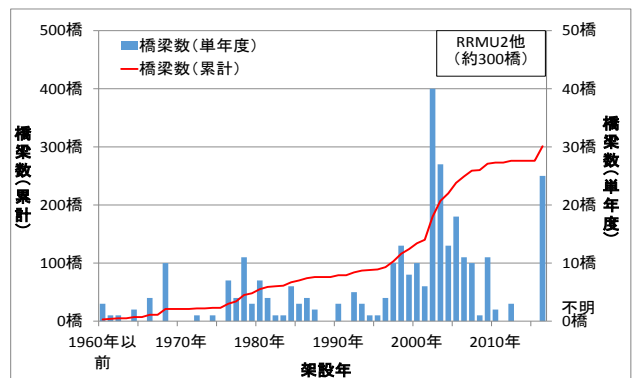


図-3 ベトナム国国道橋の架設年分布

を以下に述べる。

- ・ベトナム国が管理する国道橋は、全 4,728 橋（図-2）であり、橋長 50m 未満が全体の約 70%となっている。
- ・架設年代の情報が残存している約 300 橋に関する架設年代別グラフ（図-3）では、終戦（1975 年）を迎えた 1980 年付近とドイモイ政策が本格化した 2000 年付近にかけて橋梁が集中していることがわかる。
- ・橋梁 DB には、橋梁形式に関する情報が無いため、約 500 橋の橋梁写真等より判別すると、橋種割合は RC 橋が主体的であり、近年は PC 橋も架設されていることが確認された。また、ベトナム国では、過去の製鉄所の整備の問題から鋼橋は比較的少ない。
- ・ベトナム国は、戦後、日本国の ODA 事業以外にも複

表-1 他国(WB, ADB 等)の橋梁 DB 導入に関する課題

性能	他国のDB導入の課題
適合性	・パソコン環境の更新に適合していない。 ※例：OS等のアップデート
柔軟性	・機能拡張、他システムとの互換が困難
利便性	・データ項目等が多く、データの活用と管理が困難である。 ・維持管理に必要な項目がない。 (別途表計算ソフトを利用) ・データの入力方法が難しい。(Bridgeman特有のUser Interfaceでの入力必要等) ・スタンドアローンのシステムであり、組織間のデータ共有が難しい。
データの品質	・入力が難しいことから橋梁DBが運用されず、点検データが更新されていない。
利用者側の環境	・担当者の異動等があり、引継ぎが困難である。また、維持管理業務に係わる担当者の人材育成の仕組みが少ない。

数の国等（世界銀行 WB:World Bank, アジア開発銀行 ADB:Asian Development Bank, アメリカ合衆国, フランス共和国 他）による援助があることから、既設橋梁の設計基準が混在しており、この混在は、橋梁の耐荷力や耐久性にも関係していると考えられた。なお、本事業において施工状況や材料に関する記録を調査したが残存していないため不明確であった。

(2) 国道橋のデータベースシステム

1999年から2005年の間、現行の道路総局 DRVN 及び道路メンテナンスユニット RRMU の橋梁を対象に、WB の「Bridge Man」や ADB の「HDM-4」等の橋梁 DB の導入が試行されているが、いずれも定着には至っていない。他国の橋梁 DB 導入に関して、ベトナム政府側にヒアリングした結果、定着に関する複数の課題（表-1）を確認し、これら課題に対し、日本国の ODA 事業において、橋梁 DB「VBMS（表-2）」を開発・導入しており、道路総局 DRVN 及び各道路メンテナンスユニット RRMU への定着を目指している。

3. BMS の適用

3. 1. 適用を検討する BMS の概要

本事業で活用した BMS の概要を表-3 に示す。BMS は一般的に、橋梁 DB を取込み後、劣化予測やライフサイクルコストの解析（以下、LCC 解析と称す）等を行うことで、予防保全型の長寿命化修繕計画の立案を支援するシステムである。本事業で活用した BMS のシステムに関する詳細は、国土交通省の新技术情報提供システム NETIS への登録情報²⁾等を参照されたい。

3. 2. 適用を検討する対象橋梁

BMS の適用を検討する橋梁は、本事業において道路総局 DRVN より取得した橋梁 DB (4728 橋) 及び主に道路

表-2 VBMS の概要

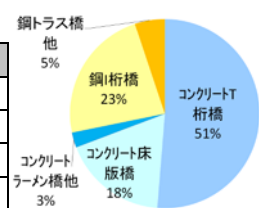
名称	ベトナム橋梁維持管理システム VBMS (Vietnam Bridge Management System)
運用形態	クラウド型
主な機能	・データベース機能 (統計, 点検機能) ・計画機能 (短期的な計画に限る) ・システム管理機能 ・出力:表計算ソフト形式 (主要項目に限る)
外部関連性	ベトナム国 高速道路データベース管理システム
言語	ベトナム語
実績	ベトナム国内:運用試行中 ・管理:道路総局 DRVN ・運用:道路メンテナンスユニット RRMU
その他	・ベトナム国における日本国 ODA 事業にて 2013 年 3 月より開発・運用 (WB の BridgeMan の改良型) ・将来構想:橋梁マネジメントシステム

表-3 I-BIMS の概要

名称	橋梁マネジメントシステム I-BIMS (Internet Bridge Integrated Management Services)
運用形態	クラウド型
主な機能	・データベース機能 (データ取込機能) ・計画機能 (健全度評価機能, 橋梁の管理水準の設定機能 (グルーピング), 劣化曲線の作成機能, 中長期 LCC 解析・短期修繕計画, 予算及び橋梁優先順位に基づく修繕の平準化機能) ・出力:表計算ソフト形式 (全解析結果) ・システム管理機能
外部関連性	・地方管理橋梁基礎データ入力システム (財団法人道路保全技術センター) ・電子国土ポータル (国土地理院)
言語	日本語
国内の利用実績	日本国内:30 を超える自治体 (約 4000 橋梁の利用実績, 2015 年現在)
その他	・運用開始:2009 年 ・新技术情報システム NETIS (登録 No.NETIS:HR-130003-A)

表-4 解析対象橋梁の概要

諸元	平均値(全 40 橋)
橋長※	63.8m
幅員	9.2m
径間数	2.3 径間
経過年	31.5 年



※橋長100m以上の3橋を含む

図-4 上部工形式の割合

メンテナンスユニット RRMU2 管理の橋梁写真 (約 500 橋) を基に、以下を基準として 40 橋 (表-4, 図-4) を選定した。そのうち 20 橋は、本事業において現地で橋梁点検を実施し、橋梁諸元や健全度等を確認している。

- ・橋種割合 (コンクリート橋:鋼橋=3:1程度)
- ・全橋のうち主体的な橋梁形式・劣化パターン
- ・全体を現す橋長規模 (10m~50m程度)
- ・現地確認が可能な橋 (桁下への進入可否)
- ・損傷を確認できる橋 (架設年・劣化状況)

3. 3. BMS の適用方法

本事業における BMS の適用パターン (表-5) は、以下より連携型を選定した。

- ・ベトナム国では既存の橋梁 DB (VBMS) があったこと
- ・本事業は BMS のニーズ調査段階であること
- ・海外で日本国の BMS を展開する場合は、形は異なるものの既存の橋梁 DB が存在している場合が多く、連携型の方が適用しやすい場合が多いと考えたこと

本事業における VBMS と BMS の連携イメージを図-5 に示す。既存の橋梁 DB がある場合は、その機能を生かしつつ、BMS を適用することとなる。そのため、BMS において同様の機能がある場合は、橋梁 DB から情報を取得して、反映することとなる場合が多く、BMS 側の各機能の分離が求められる。

3. 4. BMS の評価と課題

本節では、本事業で得られた BMS の適用に関する評価と課題について、BMS の主要項目である以下の項目に分けて述べる。

- ・橋梁 DB
- ・健全度評価
- ・橋梁の管理水準の設定 (グルーピング)
- ・劣化曲線の作成
- ・中長期 LCC 解析・短期修繕計画
- ・予算及び橋梁優先順位に基づく修繕の平準化

(1) 橋梁 DB

VBMS データの BMS への活用の可能性を検討するために、BMS の解析に必要なデータ入力必須項目の有無等の調査の結果、以下の課題を確認した。

- ・BMS の入力必須項目 (路線重要度、床版材料等) のデータが未入力の場合があった。(補完・変換が必要)
- ・VBMS のデータと現地写真等を確認 (図-6) し、入力値の間違いや未更新情報が複数確認された。
- ・データの入力単位の違いによるデータの品質不足 (主桁構造は径間によって異なる場合があるが、橋梁単位での入力となっている等) が確認された。
- ・VBMS のデータを機械的に変換することで対応可能な項目 (支間長など) を確認した。

(2) 健全度評価

BMS における健全度評価は、補修の必要性判定や劣化予測・LCC 解析、予算平準化の優先度算出等、多岐に渡り使用する。BMS における健全度評価方法には、主に以下の2種類があり、本事業では健全度評価に必要な点検項目に足りない要素があったため、b)を採用している。

- 点検結果 (部材ごとの損傷種類・損傷程度) から自動的に算出する方法
- 現地及び写真等をもとに健全度を別途評価し、結果を BMS に取込む方法

表-5 BMS の適用パターンの例

既存 DB の有無	BMS の適用パターン
無	一体型または連携型
有	一体型 (既存 DB と全取替えを行う)
	移植型 (既存 DB システムにプログラムを移植し一体型化する)
	連携型 (既存 DB システムと BMS は分離構造とし、BMS にデータを取込む形式とする。)

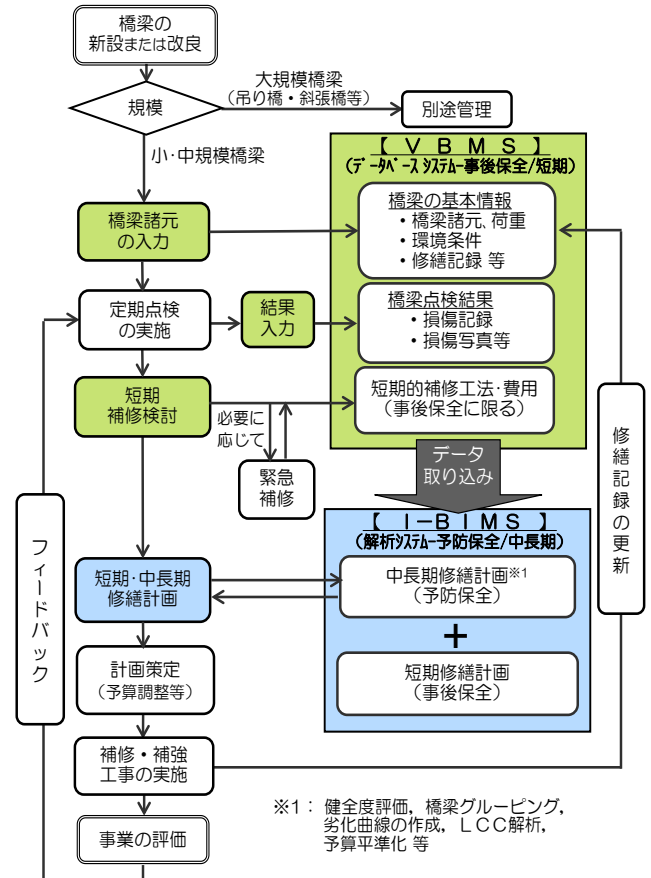
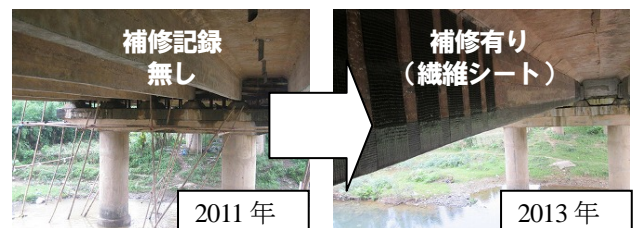


図-5 VBMS と BMS の連携イメージ



新たな損傷の確認 (鋼橋の床版) の例



橋梁 DB が更新されていない情報 (補修履歴) の例

図-6 VBMS のデータと現地写真

健全度評価は、前述した40橋（全90径間）を対象にベトナム国（RRMU）職員が点検した結果と著者らが現地点検を行った結果（初回点検）を基に判定している。ベトナム国の点検結果は、詳細な点検要領がないこと等から点検品質が低くばらつきがあること、点検方法が概略的であり点検における記録が少ないこと等より、現在の点検要領に基づく点検では、精度の高い健全度の算出が困難であると考えられた。このことから、点検・診断方法の標準化（基準化）等が必要であると考えられた。

また、本事業で使用したBMSにおける健全度評価の定義を表-6に示す。健全度5・3・2・1は、対策の種類によるものであり、健全度4は、劣化予測の精度向上のための対策区分として設けており、健全度の区分数は最低限必要な区分数として定義している。

健全度評価の定義に基づき、ベトナム国の橋梁の各主要部材（主桁・床版・下部工）について健全度評価を行った事例を図-7、8に示す。また、健全度評価に伴い確認した橋梁の設計条件と各種特性を表-7に示す。

日本国とベトナム国は、戦後の急速な発展等は類似しているが、橋梁の歴史・環境・構造・損傷、現在の維持管理体制や法令等、様々な違いがあり、これらが劣化に対して関係していると考えられた。一方で、日本国はこれまで各研究機関等が行ってきた既設橋の健全性等に関する研究成果に基づき、点検・補修要領等が整備されてきている。ベトナム国において、既設橋の健全性の調査・分析や資料調査（ベトナム国の各設計基準等）、設計・施工の実態調査、材料調査、熟年技術者や管理者等へのヒアリング等の調査・研究を進めることは、ベトナム国へのBMS適用について重要な課題の一つと考えられた。

(3) 橋梁の管理水準の設定（グループング）

BMSにおける橋梁管理水準の設定は、高い健全度を保つ必要がある重要橋梁を選定することを目的としている。本事業において橋梁の重要度に関する明確な定義を確認できなかったため、既存データ等に基づきグループを設定（表-8、図-9）した。このとき、明らかとなった課題を以下に述べる。

- ・橋梁の管理水準の設定に関する要素（データ）を調査・収集する必要がある。
- ・ベトナム国は、今後も道路ネットワークを拡張する計画にあるため、上位計画である将来の道路計画等を考察して決定する必要がある。

(4) 劣化曲線の作成

LCCを算出するため、前述した40橋のデータをもとに劣化曲線を作成し健全度の推移予測を行った。劣化曲線は、統計的手法（回帰式）により基準劣化曲線を作成し、これを各橋梁の現在の健全度・経過年に適用している。データに基づき作成した劣化曲線式を作成（図-10）したことで明らかとなった課題を以下に述べる。

表-6 健全度評価の定義

健全度		健全度判定区分
良	5	健全
↑	4	対策不要段階（損傷軽微）
	3	予防保全段階
↓	2	早期措置段階（事後保全）
	1	緊急措置段階（事後保全）

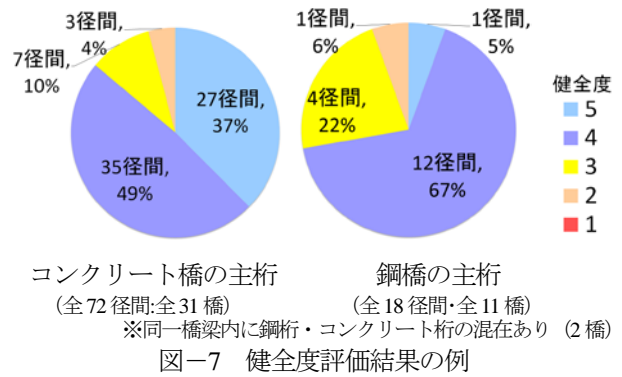


表-7 ベトナム国における橋梁の設計条件・各種特性

橋梁設計条件	<ul style="list-style-type: none"> ・ベトナム国は、戦後、複数の援助国の橋梁設計基準により設計・施工されたため、劣化に影響する要素（主桁間隔、床版厚、かぶり厚等）が異なる。 ・既設橋の基準強度等は既存資料がなく不明確であった。（日本国が架設した橋は当時の日本国とほぼ同等（例：橋台=21N/mm²程度（昭和55年道示IV）） ・荷重条件が日本と異なり、劣化傾向が日本と異なる。（バイク等車両荷重、制限荷重、幅員構成等）
劣化特性	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼部材の塗装劣化、コンクリートのかぶり厚不足（施工不良等に起因）による鉄筋露出等、日本と同様の損傷が確認された。 ・本事業では、日本で確認されている特殊な損傷（ASR：アルカリ骨材反応）は確認されなかった。 ・ダナン市では、塩害や台風の影響が比較的大きい。 ・ベトナム国においては、人為的な要因による損傷が確認されている。（過積載車両、橋梁部材の盗品等）
地域特性	<ul style="list-style-type: none"> ・ベトナム国は南北に長い地形をしており、北部と南部では気候が異なる。 ・ベトナム国北部と南部では、開発経緯や使用可能な材料が異なる。

- ・本事業では40橋を対象に劣化曲線を作成したが、劣化曲線は構造・部材・環境等により異なり、その劣化傾向も様々であることから、より多くのデータを収集・分析し、精度を向上させる必要があると考えられた。また、劣化要因（交通量、地域性、特殊劣化要因等）を研究することで劣化曲線の精度向上を図ることができると考えられた。
- ・鋼橋のコンクリート床版の劣化が最も早い結果となった。損傷状況写真等より、床版厚不足やコンクリートのかぶり不足等が要因と考えられた。また、床版の劣化は、建設資材を運搬する大型車両の交通量（混入率）や過積載の問題等とも関連性があると考えられるが、不明確のため調査が必要であると考えられる。

(5) 中長期LCC解析・短期修繕計画

BMSでは、健全度評価結果や劣化曲線、各種解析条件（表-9、10）等を基に中長期LCC解析を行い、維持管理の方針（予防保全型・事後保全型）や経済的な補修時期を選定する。また、LCC解析では、早急な対応が必要となる橋梁については、必要に応じて短期修繕計画を別途計画し、BMSに入力する。

本事業においてベトナム国の橋梁40橋を対象に行ったLCC解析結果を表-11、図-11に示す。LCC解析結果より明らかとなった課題を以下に述べる。

- ・予防保全型の解析の方がトータルコストを削減できる結果となったが、これは日本の橋梁・劣化特性、補修工法に基づき算出しているため、ベトナム国においてこれらを調査する必要があると考えられた。
- ・日本国の現在の維持管理技術は、これまでの各種研究^{22)・23)}に基づき蓄積されており、ベトナム国においても同様に、LCC解析の諸条件の調査（補修工法・単価、橋梁・部材の寿命設定値、通貨単位等）を行った上で、ベトナムの特性を考慮した値に変更する必要がある。

(6) 予算及び橋梁優先順位に基づく修繕の平準化

LCC解析結果で算定された最適な補修時期及び補修金額、予算額を基に予算に合わせ、BMSを用いて修繕工事を先送り・前倒し（平準化）する。ベトナム国においては、式(1)、(2)、(3)の優先順位の考え方に基づき、予算平準化を行った。

$$P = \alpha \times (100 - BHI) + (1 - \alpha) \times BPI \quad (1)$$

- P : 橋梁優先度指標(Priority)
- BPI : 橋梁重要度指標(Bridge Priority Index)
- BHI : 橋梁健全度指標(Bridge Health Index)
- α : 重み係数

$$BPI = \sum_i (p_i \times w_i) \quad (2)$$

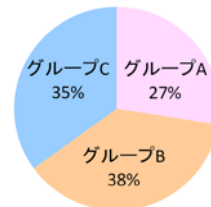
- i : 橋梁
- p_i : 各項目の対象 : 該当有=1, 該当無=0 (路線の重要度, 交通量等)
- w_i : 各項目の重み係数 (計100点満点の係数)

表-8 グループの概要

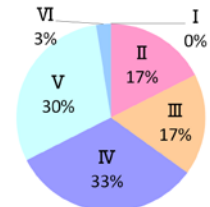
グループ	管理水準	管理目標 (健全度)	概要
A	高	3	・路線の重要度 ^{※1} I~II ・橋長100m以上 ・特殊橋梁(トラス橋)
B	中	2	・路線の重要度 ^{※1} III ・2径間以上(グループA除く)
C	低	1	・グループA・B以外

※1: 路線の重要度

重要度	I	II	III	IV	V	VI
計画交通量 (台/日)	15,000	6,000	3,000	500	200	200未満



(グループの割合)



(路線の重要度の割合)

図-9 グループングの結果 (解析対象橋梁数の割合)

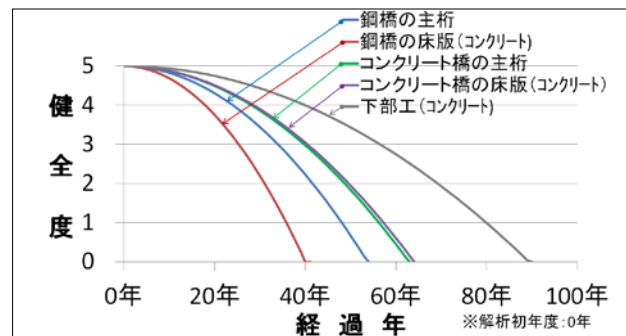


図-10 作成した基準劣化曲線式

表-9 中長期LCC解析条件

項目	解析条件	
解析期間	現在から100年間	
補修費 (主桁・床版・下部工)	算出単位	径間・部材単位
	工法	部材・補修時健全度毎に設定 (ベトナム国の工法が不明のため日本での工法を採用)
	算出式	数量×単価 ※数量: 径間面積×補修率等 単価: ベトナム国単価が不明のため日本国単価を採用
補修時期	劣化予測結果による	
補修費(他)	定期補修(伸縮装置, 支承)	
定期点検	定期点検(5年毎)	
更新	更新時期経過後, 部材健全度が水準を下回った際に更新 (予防保全: 100年, 事後保全: 60年)	

表-10 予防保全型と事後保全型の解析方法

予防保全	グループ毎の管理水準を下回らない範囲で最適なLCCとなる補修時期を算出する。
事後保全	常に健全度1で補修する

表-11 LCC解析結果

維持管理方針	LCC総額
事後保全型	344億円/100年/40橋
予防保全型	216億円/100年/40橋
予防保全型移行の効果 ^{※1}	LCC 37%低減

※1: 効果 = (事後保全型 - 予防保全型) / 事後保全型

$$BHI_j = \sum_i D_i \times a(R_{ij}) \quad (3)$$

i : 部材 (対象: 主桁・床版・下部工等)

j : 径間番号

D_i : 部材 i の重み係数 (全部材計 1.0 の係数)

$a(R_{ij})$: 健全度係数 a (健全度 1~5 に対応する評価点 0~100) に対する部材 i ・径間 j の重み係数 R_{ij}

ベトナム国の橋梁の BPI 重みは、本事業において入手できた情報から選別 (表-12) した。BPI の分布を図-12 に示す。ベトナム国の橋梁データに基づき予算平準化を行った結果により明らかとなった課題を以下に述べる。

- ・橋梁重要度指標 BPI は、道路管理者が道路整備計画等の上位計画を含めて検討した上での要素に基づく指標とする必要がある。BMS を運用する際は BPI の項目の検討が必要と考えられた。
- ・予算平準化では、優先順位が同順位とならないように BPI の定義を作成する必要がある。橋梁の重要度の要素の定義により、BPI の橋梁数割合に一定のばらつきを持たせることができているが、橋梁数が増加した場合は同順位が生じると推定されるため、より細かく分類できる重要度指標を採用する必要がある。

3. 5. ベトナム国における BMS の適用性

本事業において日本式 BMS を用いて解析を行った結果、多くの課題が確認されたものの、予防保全型の長寿命化修繕計画の策定に必要な BMS の解析を行うことができた。また、クラウド型 BMS を用いた結果、クラウド型の効果 (表-13) が期待できることを確認した。これらのことから、日本式 BMS はベトナム国において適用可能であると考えられた。

一方で、BMS のソフトウェアに関する知的財産権 (著作権・使用权) について、道路総局 DRVN からは BMS の知的財産権はベトナム国政府に帰属することを要望され、協議案件となった。日本式の BMS を海外展開するには、著作権問題への対応策を検討した上で、ベトナム国における最適なビジネスモデルを検討する必要があると考えられた。

4. おわりに

4. 1 本論文の要約

本論文では、ベトナム国において適用した日本式の BMS の実績をもとに、BMS の適用について評価を行い、課題を明らかにした。本論文の内容を以下に要約する。

- ・ベトナム国の橋梁を対象に BMS を用いて解析した実績より、ベトナム国において日本式 BMS (導入パターン: 連携型) は適用可能であると考えられた。
- ・ベトナム国の橋梁 DB である VBMS のデータのうち、

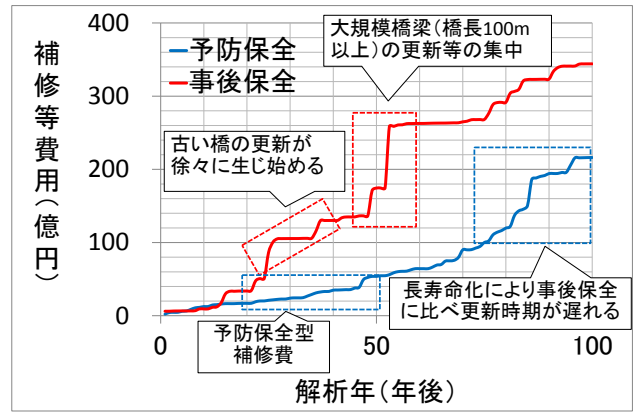


図-11 LCC 解析結果 (40 橋)

表-12 予算平準化における橋梁の重要度の要素

項目	要素	重み	
路線の重要度	路線の重要度 I	25	25
	路線の重要度 II	20	
	路線の重要度 III	15	
	路線の重要度 IV	10	
	路線の重要度 V	5	
	路線の重要度 VI	0	
道路幅員 (w)	12m ≤ w	25	25
	6m ≤ w < 12m	10	
	w < 6m	0	
構造形式	特殊形式(トラス橋等)	20	20
	上記以外	0	
橋梁規模	橋長 100m 以上	30	30
	2 径間以上	15	
	上記以外	0	
			計 100

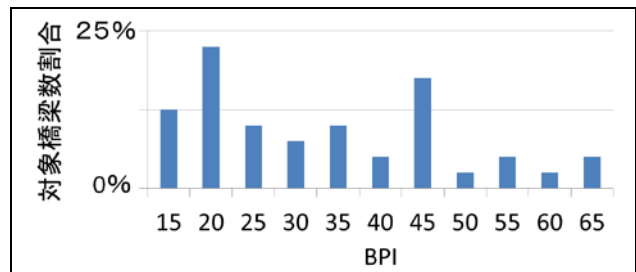


図-12 橋梁重要度指標 BPI の分布図

表-13 クラウド型の採用による効果

項目	クラウド型の採用による効果
利便性	<ul style="list-style-type: none"> ・一般的な PC 環境及びインターネット環境であれば、場所や PC の制約なく使用可能であったため、海外でも適用しやすい。 ・BMS の解析結果を日本国で確認できることからデータのやりとり等が簡略化される等、利便性が高い。
品質	<ul style="list-style-type: none"> ・データベースは、インターネット上のデータを共有化しているため、データの一元管理が可能であり、データに関する問題は生じない。
現地適合性	<ul style="list-style-type: none"> ・VBMS がクラウド型であるため、適合性が高い。
セキュリティ	<ul style="list-style-type: none"> ・USB 認証キー及びパスワード、データの共有範囲の限定化によるセキュリティ対策⁴⁰⁾により、データの機密性を確保し、問題なく運用することができた。

表-14 ベトナム国における BMS の適用に向けた課題と対応策 (例)

課 題		対応策 (例)
ベトナム国の 橋梁及び修繕 事業に係る調査	橋梁特性, 劣化特性, 地域特性の分析	ベトナム国全土を対象とした橋梁・劣化の既存 資料調査
	修繕事業の明確化 (計画・予算確保～設 計～工事迄の体系, 補修工法・単価等の 実態調査)	建設業界及びベトナム国政府・建設業界へのヒ アリング, 維持管理体系の提案
VBMS に 関する調査	国道橋を対象とした橋梁詳細点検の実 施結果に基づく解析	解析の実施
	VBMS に入力されているデータの精度向 上 (誤入力・未入力項目)	道路メンテナンスユニット RRMU 等による VBMS のデータの補完
	BMS を利用する上で不足する VBMS の項目 の補完方法の検討	VBMS と BMS の機能分担, BMS と VBMS のコンバ ーターの開発, データ収集・入力
ベトナム国に 適した BMS への カスタマイズ	ベトナム国の橋梁・劣化特性, 補修工法 等の BMS への反映と VBMS と BMS の連動	システムの要件を DRVN 等と確認し, システム を開発 (プログラム・サーバー等を含む)
	長寿命化計画方針の検討・協議 (橋梁の 重要度, 予算など)	ベトナム政府関係機関 (運輸省 MOT, 道路総局 DRVN 等) との協議

BMS の解析上必要な項目が不足する場合や補完・変換が必要な場合があることを確認した。

- ベトナム国における既存の橋梁 DB の構造と解析のためのデータの収集・整理の必要性, 既存橋梁 DB の問題点等の課題を確認した。
- ベトナム国の国道橋約 500 橋の橋梁 DB 調査及び写真調査を行い, 40 橋の健全度評価結果に基づき, 橋梁特性・劣化特性・地域特性の一部を明らかにした。
- ベトナム国の橋梁の重要度の指標に関する調査を行い, 管理水準の設定方法や予算平準化における橋梁の重要度指標を検討した。その結果, 橋梁の重要度に関する項目の調査が必要であると考えられた。
- ベトナム国の橋梁の健全度評価結果に基づき, 劣化予測を行い, LCC 解析を行った。ベトナム国における橋梁特性や劣化特性の調査, 補修工法等の調査等に課題は残るが, 100 年間の LCC を算出することができた。
- 本事業においてクラウド型 BMS を活用し, ベトナム国におけるクラウド型の有効性を確認した。

4. 2 今後の課題・展望

(1) 今後の課題

BMS の適用に関する今後の課題を以下に述べる。

- BMS の適用に関する今後の課題 (表-14) として, ベトナム国の橋梁及び修繕事業に係る調査や VBMS に関する調査, ベトナム国に適した BMS へのカスタマイズ等, 複数確認された。今後, ベトナム国において BMS を適用するため, これらの課題に対し, 対応策が必要と考えられた。
- BMS の導入・定着に向け, ベトナム国での維持管理の持続可能な仕組み作り (実施体制の構築, 人材の育成, 資格制度設立, 各種マニュアル策定等) が必要となる。
- 「政令 60/2013/QĐ-TTg (2013 年 10 月 21 日)」によると, 市道・省道にかかる橋は道路総局 DRVN の管

理下になることが決定している。この決定以前は, 市道・省道にかかる橋の管理は各省人民委員会交通部 PDOT が実施していたが, 決定以降は国道に加え, 市道・省道が道路総局 DRVN の管理下となる。ベトナム国版 BMS の開発にあたっては全国の市や省の利用者からの多様なニーズや要望を取り入れながら, ベトナム国内の関係機関との連携を密に図りながら協議し, 開発する必要がある。

- 日本国内で運用しているクラウド型 BMS は, 日本国における法等²⁴⁾に基づき, 第三者からのシステムアクセスを保護するため, 一般的なユーザ名とパスワードによる使用者識別の他に, 物理的な鍵 (USB 認証キー) を併用し, 第三者による情報閲覧などの脅威に対する防護の仕組みを要する。一方, VBMS はユーザ名とパスワードによる識別機能しか持たないため, 第三者からのアクセスを制限する仕組みの導入を検討する必要がある。

(2) 今後の展望

本論文では, ベトナム国における BMS の適用事例を基に, 適用性に関する評価と課題を述べた。日本国では, 現在, 高度経済成長期に整備された膨大なインフラの老朽化が問題視されている。日本国は, 高度経済成長期から維持管理に関する研究や基準の改定等 (例えば, 昭和 48 年の道路橋示方書におけるコンクリート床版の耐久性への配慮等) が順次行われ, 近年, 予防保全型の管理に移行しつつあるが, より早期に予防保全型の管理に移行していれば, より経済的で安全な維持管理を実現できた可能性がある。一方で, ベトナム国も日本国と同様に, 戦後急速に経済発展しており, 現在の高齢橋梁 (橋齢 50 年以上) の割合は低い, 20 年後にはこの割合が増加し, 老朽化の影響が顕在化し始めると考えられ, 早期の予防保全対策が有効であると考えられる。そこで, 日本国の技術を生かし, ベトナム国に日本式の予防保全型の BMS

の適用に関する調査・研究を進め、BMSを導入・定着化することで、ベトナム国の橋梁の安全管理及び維持管理の効率化に貢献できるものとする。本研究が今後のベトナム国におけるBMSの適用の一助になれば幸いである。

謝辞

本研究は、2013年度外務省政府開発援助海外経済協力事業により得られたデータ等に基づき行っています。事業を通じて外務省、(独)国際協力機構(JICA)、ベトナム国政府関係機関等(運輸省MOT、道路総局DRVN、道路メンテナンスユニットRRMU、省人民委員会交通部PDOT)より貴重なご意見やご指導を賜りました。ここに感謝の意を表します。また、本事業を共同で行った(株)COM-ONE、IPTE(Tuong Hoang Hai氏他)から、多くの示唆や助言を頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1)アセットマネジメント導入への挑戦,社団法人土木学会編,技報堂出版,2005
- 2)道路アセットマネジメントハンドブック,財団法人道路保全技術センター道路構造物保全研究会編,鹿島出版会,2008
- 3)実践建設系アセットマネジメント,大島俊之,森北出版(株),2009
- 4)例えば,都市インフラに関する構造ヘルスマニタリングの現状と展望,呉智深,許斌,原田隆郎,土木学会応用力学論文集,Vol.6,pp.1043-1054,2003.8
- 5)町口敦志,横山功一,原田隆郎,高木優任:構造ヘルスマニタリングにおけるひずみ測定の温度影響の補正に関する研究,構造工学論文集 Vol.53A,pp718-726,2007
- 6)例えば,井上裕介,有馬直秀,橋吉宏,近田康夫,ニューラルネットワークを用いた北陸地域における鋼橋RC床版の劣化予測,土木学会道路橋床版シンポジウム,第8回,pp.301-304,2014
- 7)独立行政法人国際協力機構,ベトナム社会主義共和国第2期国道・省道橋梁改修事業,2013年3月
- 8)独立行政法人国際協力機構,ベトナム社会主義共和国国道・省道橋梁改修事業(II),2009年3月
- 9)中村智樹,土田一輝,永本直樹,林浩二,世界最長の1面吊りPC斜張橋ベトナム・バイチャイ橋の施工,コンクリート工学(Concrete journal)45(12),pp.38-44,2007-12-1
- 10)PHAN Quy Thanh,野口 貴文,ベトナムにおけるコンクリート施工リスク評価システムの構築に関する調査研究,コンクリート工学年次論文集,Vol.32,pp.1361-1366,No.1,2010
- 11)インフラシステム海外展開の取り組み - 国土交通省

総合政策局 H26.2.14

- 12)NguyenThiTHUY, DinhTuanHAI,Proposed Maintenance Strategies for Highway Concrete Bridges in Vietnam,Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.9, P104,2013
- 13)DinhVanHIEP,KojiTSUNOKAWA,Methodological Development of Strategy Analysis for a Nationwide Road Network: Option Evaluation Systems with Dynamic Sectioning,Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.8, pp.1513-1528,2010
- 14)KojiTsunokawa,DinhVanHiep,RiazUl-Islam,True Optimization of Pavement Maintenance Options with What-If Models, Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering 21 (2006) ,pp.193-204
- 15)大津宏康,中澤慶一郎,安田亨,ベトナムにおける道路アセットマネジメント調査結果,土木学会論文集 VOL.62 No.1,pp.79-88,2006.3
- 16)阿曾克司,近田康夫,辻啓一,喜多敏春,市町向け橋梁マネジメント支援システムの開発と運用,橋梁と基礎,pp.29-33,2010.5
- 17)荒井秀和,阿曾克司,近田康夫,米田稔,大村健介,財団法人いしかわまちづくり技術センター,市町参加型橋梁マネジメントビジネスモデルの構築,土木学会第64回年次講演会,I-081,2009.9
- 18)町口敦志,阿曾克司,近田康夫,畠山邦夫,市町参加型橋梁マネジメントシステムの開発,土木学会第64回年次講演会,I-082,2009.9
- 19)社会資本整備の維持管理能力向上を目的とした橋梁長寿命化修繕計画策定システム(I-BIMS)導入及びノウハウ普及に関する案件化調査(ベトナム国),外務省政府開発援助海外経済協力事業,株式会社COM-ONE,株式会社日本海コンサルタント,2014.3
- 20)独立行政法人国際協力機構経済基盤開発部,片平エンジニアリング・インターナショナル,ベトナム国道路維持管理能力強化プロジェクト詳細計画策定調査報告書,2012年12月
- 21)橋梁マネジメントシステムI-BIMS,国土交通省新技術情報提供システムNETIS,登録番号:HR-130003,登録年月:2013.4
- 22)例えば,西川和廣:道路橋の寿命と維持管理,土木学会論文集 No.50,I-29,pp1-10,1994
- 23)建設省土木研究所構造橋梁部橋梁研究室,土木研究所資料ミニマムメンテナンス橋に関する検討,ISSN0386-5878,土木研究所資料第3506号,1997.6
- 24)システムのセキュリティに関する法律,不正アクセス行為の禁止等に関する法律第三条(平成11年8月13日法律128号,警察庁・郵政省・通産省共同)

(2015年9月25日受付)

(2016年2月1日受理)