

学位論文内容の要旨

学位論文題目

コンクリート橋維持管理支援システム (J-BMS) の再構築と実橋への適用

氏名

浅野 寛元

わが国ではこれまで、1950年代半ばから1970年代初頭の高度経済成長とともに、橋梁を含む多数の社会基盤構造物が建設されてきた。これらの社会基盤構造物は、人々の生活や経済活動などの人間社会の発展を支え、その数は年々増加し、今日に至るまで継続的な投資がなされ、膨大かつ複雑なネットワークをなすストックが形成されてきた。これらの膨大な数の社会基盤構造物の多くは、既に30年～50年の期間を経過しており高齢化している。高齢化した社会基盤構造物を社会資本として効率的に運営するためには、今後維持管理費の増大が見込まれる中で財源が有限なことから、これまでの新設投資中心の方針を大きく転換しなければならない。維持管理費や専門技術者の不足により、適切な維持管理が行われない事態となれば、事故や災害等を引き起こし、人々の生活に影響を与える可能性が懸念される。既存の社会資本を適切に維持管理していくには、「予防保全的管理」を図り長寿命化させることが重要である。よって、社会資本として効率的に運営するためには、その状態を的確に分析、正しく評価し、適切な対策を実施する診断技術の整備が急務である。

この様な背景のなか、維持管理業務の合理化や効率化を支援するシステムとして橋梁維持管理支援システム (BMS: Bridge Management System) の実用化が強く求められている。BMSとは、橋梁の維持管理に関わる行為である「調査・点検」、「評価・診断」、「計画・対策(補修・補強・架け替え)」を、品質・経済性・安全性・機能性などの観点から、橋梁管理者が適切に実行するための支援システムである。山口大学大学院理工学研究科にて長年に渡り、コンクリート橋の橋梁維持管理支援業務の効率化を支援する橋梁維持管理支援システム (J-BMS: Japanese-Bridge Management System) の研究・開発が進められている。J-BMSは橋梁の諸元データや点検データなどを効率的に管理する橋梁維持管理データベースシステム (J-BMS DB: J-BMS Data Base system)、橋梁の劣化診断を行う性能評価システム (BREX: Bridge Rating Expert System)、最適維持管理計画の立案を行うメンテナンスプラン最適化システム (MPOS: Maintenance Plan Optimization System) の各サブシステムから構成される。

本研究では、これまでのJ-BMS開発途上において、上記各サブシステムが個別に作成され連携がとれていない問題を解決するために、各サブシステムの統合化を図り鉄筋コンクリート橋 (RC橋) のためのJ-BMS RC版の再構築と、プレストレストコンクリート橋 (PC橋) のためのJ-BMSとしてJ-BMS PC版の開発を行った。また、橋梁の維持管理フローにおいて、「評価・診断」に該当する性能評価システムのBREXを主対象として、実際に維持管理業務を行う立場から「評価・診断」の検証を行った。その方法として、新たに複数の実橋梁点検データを採取しBREXに入力、BREXの中で学習可能なシステムについては学習を行い、その診断結果を詳細に整理するとともに、入力方法、点検者や学習方法による差異を明確にし、改良点や問題点を整理することによって、J-BMSの有用性を示した。また、MPOSを活用することにより、橋梁の長寿命化計画作成の支援も可能となった。

本論文は計7章構成であり、各章の主な内容は以下のとおりである。

第1章 緒論では、まずJ-BMS開発の社会的な背景として日本やアメリカ、山口県の橋梁の現状を示すとともに、J-BMSの必要性について述べている。さらに、前述した社会的背景などから研究の目的、構成と概要について述べている。

第2章 既存のBMSとJ-BMSの変遷・概要では、まず、国内外の道路管理機関ですでに開発されている代表的なBMSの事例をまとめた。続いて、研究対象としたコンクリート橋についての概要を述べたのち、これまで、主として山口大学が研究を進めてきたJ-BMSの変遷やシステムの概要を述

べている。

第3章 性能評価システム (BREX) では、J-BMS の中心的なシステムである BREX (性能評価システム) について述べている。まず、BREX に存在する定性システムと定量システムの 2 つの評価システムの共通事項について述べる。続いて、J-BMS の中心になるシステムであるので、システムの機能構成、評価方法、学習方法について例題を用いて簡単に紹介を行っている。

第4章 J-BMS RC 版 (RC-BREX) の実橋への適用および検証では、橋梁の架け替えに伴い取り壊される RC 橋を用いて、データ収集のための詳細な点検を行い、再構築した J-BMS RC 版(RC-BREX)の診断結果をまとめ、実用性の検証を行っている。

第5章 J-BMS PC 版 (PC-BREX) の実況への適用および検証では、供用されている PC 橋を用いて、データ収集のための点検を行い、開発した J-BMS PC 版(PC-BREX)の診断結果をまとめ、実用性の検証を行っている。

第6章 メンテナンスプラン最適化システム (MPOS) の検証では、BREX により評価された健全度が記録された XLM ファイルを MPOS に読み込み、維持管理計画の立案の検証を行った。また、コンクリートコア採取による試験結果の客観的情報から、BREX による健全度の信頼性評価を行っている。

第7章 結論では、本論文の研究成果を総括するとともに、今後の課題と改善事項について記述している。

【論文審査結果の要旨】

本論文は、これまで長年にわたり開発されてきた、コンクリート橋の橋梁維持管理支援業務の効率化を支援する橋梁維持管理支援システム(J-BMS)の各機能を体系的に見直し、一貫したシステムとして機能するように再構築を行ったものである。J-BMSは、橋梁の諸元データや点検データなどを効率的に管理する橋梁維持管理データベースシステム(J-BMS DB)、橋梁の劣化診断を行う性能評価システム(BREX)、最適維持管理計画の立案を行うメンテナンスプラン最適化システム(MPOS)の各サブシステムから構成されている。また、BREXには、ニューラルネットワークやファジィ集合論を組み込んだ学習機能が付与されているため、数多くの実橋への適用が重要になってくる。そのため、本研究では、一貫運用が可能となったJ-BMS RC版およびJ-BMS PC版の実用性を検討するため、特に、システムの核となる性能評価システム(BREX)を主対象として、実際に維持管理業務を長年行ってきた専門家の立場から山口県内に架かる多数の実橋梁点検データをBREXに入力、学習可能なBREXについては学習を行い、その診断結果を詳細に整理するとともに、入力方法、点検者や学習方法による差異を明確にし、改良点や問題点を整理することによって、J-BMSの有用性を示したものである。また、MPOSでは、BREXから得られる診断結果を用いて最適維持管理計画が出力可能なことを明らかにした。

このように、本論文で再構築したJ-BMS-RC版およびJ-BMS-PC版は、約70万橋の我が国既存橋梁の長寿命化計画策定に貢献できると期待される。

本論文の構成と内容は以下の通りである。

第1章では、本研究の背景と意義を整理し、本研究の対象範囲および研究の目的などを明らかにしている。

第2章では、国内外の道路管理機関ですでに開発されている代表的なBMSの事例をまとめ、特徴を比較した。続いて、研究対象としたコンクリート橋の置かれている現状についての概要を述べたのち、これまで、主として山口大学が研究を進めてきた橋梁維持管理支援システム(J-BMS)の変遷やシステムの運用形態、各サブシステムの概要を述べ、本研究の目標とするシステム構築の特徴と新規性を明確にした。

第3章では、J-BMSの中心的なシステムであるBREX(性能評価システム)について、その基礎となる概念、理論などを詳述している。まず、BREXに存在する定性システムと定量システムの2つの評価システムの共通事項について述べている。続いて、BREXがJ-BMSの中心になるシステムであるので、システムの機能構成、評価方法、学習方法について例題を用いて具体的な紹介を行っている。さらに、これらの結果を再構築するシステムに反映可能なことを確認した。

第4章では、J-BMSのうち、RC橋を対象とするJ-BMS RC版の実用性を高め、実際の維持管理業務で運用するためには、多方面からのシステム検証が必要であると考えた。そのため、既存橋梁の架け替えに伴い取り壊される2橋のRC橋を用いて、データ収集のための詳細な点検を行い、再構築したJ-BMS RC版(RC-BREX)に定量的なデータとして入力し、学習効果など様々な観点からシステムからの出力結果である診断結果の合理性を検討して、システムの実用性検証を行っている。

第5章では、J-BMSのうち、新たに開発したPC橋を対象とするJ-BMS PC版の実用性を検討するため、供用されているPC橋を用いて、データ収集のための点検を行い、J-BMS PC版(PC-BREX)に入力して出力した診断結果を整理し、様々な観点からシステムの実用性検証を行っている。今後老朽化したPC橋が増加していくなかで、定性的な点検調査にて橋梁の健全度評価が可能なシステムが構築できたといえる。

第6章では、BREXにより評価された健全度が記録されたXMLファイルをMPOS内に読み込み、最適な維持管理計画立案の合理性を検討した。ここでは、MPOSの設定条件や各機能について詳述するとともに、既存橋梁9橋の点検データから、RLCC最小化までの流れを示した。また、MPOSから算出された耐久性の余寿命と別途作成した耐荷性の余寿命予測をもとに、客観的情報からBREXによる健全度の評価を行った。さらに、主桁各部位からのコンクリートコア採取による試験結果の客観的情報から、BREXによる健全度評価の信頼性を検討している。

最後に、第7章の結言では本論文を総括し、その成果と今後の研究課題について述べている。

公聴会には、学内外より46名の参加があり、非常に活発な質疑応答がなされた。公聴会での主な質問内容は、①本システム内で余寿命予測をしているが、ここでいう余寿命の定義はなにか、②本システムの汎用性に関してはどう考えられるか、③現在のシステムを山口県内の橋梁への展開は可能か、また、課題があるのならその課題を解消すれば適用できるものなのか、④点検結果の質が診断結果などに大きな影響を与えるのではないかと、⑤劣化要因の推定は可能なシステムとなっているのか、⑥他の同様なシステムによる診断結果との比較を行っているのか、⑦本システムを利用するのにある程度の知識や判断が必要か、⑧学習機能を有するが、その前後では何がどのように変化するのか、など多数であった。

以上のいずれの質問に対しても発表者からの的確で具体的な回答がなされた。

以上より、本研究は独創性、信頼性、有効性、実用性および完成度ともに非常に優れており、博士(工学)の学位論文に十分値するものと判断した。