

機関番号：17301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008 ～ 2010

課題番号：20560447

研究課題名（和文） 危機管理型社会基盤リアルタイムモニタリングシステムの開発

研究課題名（英文） Development of Risk Management-Based Real-time Monitoring System for Infrastructures

研究代表者

奥松 俊博 (OKUMATSU TOSHIHIRO)

長崎大学・工学部・准教授

研究者番号：30346928

研究成果の概要（和文）：

安全・安心な社会を構築することを念頭に置いた、危機管理型のモニタリングシステムの確立を目的とし、本研究では、ICT に基づく各種モニタリング技術を統合した、社会基盤構造物のトータルマネジメントシステムの構築を行った。具体的には、橋梁本体の動的な変動情報および環境情報の計測システムの構築、無線通信技術を用いたデータ転送技術と遠隔地における観測システムの整備、さらにデータベース構築を行い、緊急時に対応できるモニタリングシステムとしての開発を行った。

研究成果の概要（英文）：

In this research, the infrastructure-total management system with ICT technologies has developed for maintenance and crisis management. Concretely, bridge dynamic and static behavior measurement system, ICT based data transferring system, and fundamental database were structured from the viewpoint of emergency occurrence and its treatment.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2009 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学；構造工学・地震工学・維持管理工学

キーワード：維持管理, 危機管理, 情報ネットワーク, 橋梁振動, 安全・安心

## 1. 研究開始当初の背景

### (1) 維持管理と危機管理の必要性

高度経済成長期に架設された多くの橋梁は建設後 50 年を経過し、すでに老齢期に入った。また狭隘な地形かつ多くの離半島で構成される地理的環境を有する我が国は、長大橋をはじめ多くの重要な構造物が存在する。このように膨大な量の維持管理が必要とされる現代において、社会基盤構造物に関する課題は山積していると言わざるを得ない。社会基盤の整備が日本より先進してきた米国は、約 30 年前の 1980 年代に、その「荒廃ぶり」が伝えられていた。さらに 2008 年 8 月に米国ミネソタ州で発生した高速道路橋の落橋事故（10 数名が犠牲）により、社会基盤に対する単なる維持管理問題ではなく、安心安全を保証できるような管理システムを包含する必要がある。要するに、構造物の維持管理はそれまで延命化に焦点が当てられ、その対策として、修繕や更新、また予防保全としてモニタリングがなされてきたが、有事の際の危機管理という面では、具体的対策が検討されてこられていなかったと言える。このように、社会基盤構造物の維持管理に加え、危機管理の考え方を導入する必要がある。

### (2) インフラ維持管理のためのモニタリング環境

ヘルスマニタリングやスマートセンサーの概念が土木工学分野に導入され、様々なセンシング技術や構造同定理論が発展してきた。これまで申請者らは、振動特性の変化から構造物の健全度を診断する研究を実施し、その結果、高精度に振動特性（固有振動数、減衰定数および固有振動モード）を推定するための構造同定理論と各種センシング技術を開発してきた。これを実用化するための研究を実施する必要があると同時に、新たに、危機管理に特化した維持管理技術を検討する必要がある。

## 2. 研究の目的

安全・安心な社会を構築することを念頭に置いた危機管理型のモニタリングシステムの確立を目的とし、本研究では、各種モニタリング技術を統合した社会基盤構造物のトータルマネジメントシステムの構築を行うこととした。具体的には、橋梁本体の動的な変動情報および環境情報の計測システムの構築、無線通信技術を用いたデータ転送技術と遠隔地における観測システムの整備、さらにデータベース構築を行い、緊急時に対応できるモニタリングシステムとしての開発を

指した。具体的に下記項目の研究開発を実施することとした。

- (1)モニタリングシステムの開発
- (2)構造物ヘルスマニタリングの高精度化を目指した構造同定理論に関する研究
- (3)MySQL によるデータベースの開発
- (4)実橋梁を対象とした各種情報モニタリングシステムとしての統合

## 3. 研究の方法

初年度は、システムの基本的概念の構築、構造同定アルゴリズム、情報ネットワークおよびモニタリングシステムのプロトタイプ的设计を、次年度は、初年度の計画を基本とする各要素の具体的開発と前年度設計に対する変更等、詳細な検討およびその実施を行うものとした。最終年度は、各開発項目の統合化、実橋における実用化実験を行い、研究を総括する。研究開始当初、全体期間における具体的開発項目および内容を以下のように設定した。

- (1)モニタリングシステムの開発  
現場計測および遠隔地にデータを転送するための計測システムを仮想計測機ソフトウェアを用いて独自に開発する。
- (2)構造物ヘルスマニタリングの高精度化を目指した構造同定理論に関する研究  
構造物の健全度を振動特性の変化から評価する手法については、機械振動分野ではすでに確立されているが、周期の低い長大構造物においてはまだ確立されていない。実構造物の計測データを照査し、その同定方法を数値シミュレーションにおいて検証する。
- (3)MySQL によるデータベースの開発  
維持管理および危機管理を行う場合、長期的な計測結果を効率的にデータベース化することが必要となる。本研究ではその基盤づくりを行うために MySQL を用いた動的データベースを設計する。
- (4)実橋梁を対象とした各種情報モニタリングシステムとしての統合  
構築したシステムを検証するために実橋梁において運用する。

## 4. 研究成果

- (1)モニタリングシステムの開発  
橋梁を対象とする構造物および環境情報の計測システム、また、遠隔地にそれらを転送するモニタリングシステムを、仮想計測ソフトウェアで開発した。ここに、計測対象は、振動特性などの動的情報と温度、変位、ひずみ、風向風速などの静的情報とした。画像情

報については、橋梁振動を間接的に計測するために使用した車両に搭載したカメラからの情報を用いることとした。これらの計測結果を統合化、一部の計測項目について閾値を設けることで、膨大な情報から必要情報のみを抽出できるシステムとして確立した。このことにより、維持管理情報と危機管理情報を効果的に分離（または統合）することが可能となった。コントロールセンターにこれらの情報を自動転送するためのアルゴリズムを開発し、長期的な計測に対応できるシステムとした。

(2)構造物ヘルスマニタリングの高精度化を目指した構造同定理論に関する研究

構造物の健全度を振動特性の変化から評価するためには、高精度な構造同定手法を適用する必要があるが、橋梁に代表されるような社会資本構造物は、機械振動と比較し低周期となることから、その変動についても定量的に評価することが必要である。計測システムより得られるデータから精度よく振動特性を推定するための構造同定手法、さらに一連の結果を統計的に評価するためのアルゴリズムを開発した。これらのアルゴリズムは数値シミュレーションによる評価を経て、実証実験を実施し、その有効性について検証を行っている。

(3)MySQLによるデータベースの開発

維持管理および危機管理を行う場合、長期的な計測結果を効率的にデータベース化することが必要となる。ここではMySQLを使用した動的データベースを構築した。主として公共団体が管理する橋梁台帳をもとにデータベースを構築し、GPS位置情報についても併せて取り込むことで橋梁GIS化を行った。橋梁計測結果のデータベースについては、長期的な計測が必要であることから、仮想計測器ソフトウェアを用いた橋梁路面状況の画像データベース化を行った。

(4)実橋梁を対象とした各種情報モニタリングシステムとしての統合

長崎県南部に架設されている鋼ランガートラス桁橋およびその環境計測に本システムを適用し、計測を実施した。橋梁振動特性は、周期的に変動することが予想されるが、その変動を日周期および年周期について明らかにした。危機管理のためのデータについては、上記のアルゴリズムを組み込んだシステムを稼働させるとともに、閾値を越えるような計測結果があった場合については維持管理情報とは別に、コントロールルームのPCへと転送するよう設定している。

上記のように、維持管理のみならず危機管理に対応できるシステムへと発展させることを実現することができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計7件)

- ①Md. Rajab Ali, Takatoshi Okabayashi, Toshihiro Okumatsu, Ambient vibration data re-sampling by cubic spline interpolation for accuracy improvement of bridge dynamic characteristics estimation using realization theory, Journal of Structural Engineering, JSCE, 査読有, Vol.57A, 2011, 276-288
- ②Md. Rajab Ali, Takatoshi Okabayashi, Toshihiro Okumatsu, The accuracy of Modal Parameters Estimation for Highway Bridges Influenced by Various Ambient Vibrations, Proceedings of the 6th International Conference on Arch Bridges, Secon-Hdgk, 査読無, 2010, 910-918
- ③奥松俊博, B.A.Jawaid, 岡林隆敏, 下妻達也, 遠隔モニタリングによる離島架橋の風速と振動数推定精度の検証, 構造工学論文集, 土木学会, 査読有, Vol.55A, 2009, 275-283
- ④ M.R.Ali, T.Okumatsu, T.Okabayashi, and B.A.Jawaid, Dynamic characteristics estimation from the ambient vibration of existing bridge by realization theories, Journal of Structural Engineering, JSCE, 査読有, Vol.55A, 2009, 284-294
- ⑤B.A.Jawaid, T.Okumatsu, T.Okabayashi, M.R.Ali and T.Shimozuma, Estimation of Bridge Vibration Characteristics for Verification of Environmental Effects to Structural Frequencies, Proc. of Int. Conf. on Structural Safety and Reliability, 査読有, 2009, in CD-ROM
- ⑥ B.A.Jawaid, T.Okumatsu, M.R.Ali, T.Okabayashi and T.Shimozuma, Environmental Effects of Structural Health Monitoring with Observed Ambient Vibration of Existing Bridge, Proc. of the 5th International Symposium on Steel Structures, 査読有, 2009, 412-419
- ⑦T.Okumatsu, B.A.Jawaid, T.Okabayashi, M.R.Ali and S.Koga, Long Term Monitoring of Natural Frequencies of a Steel Bridge by Remote Monitoring System, Proc. of the 5th International Symposium on Steel Structures, 査読有, 2009, 90-94

[学会発表] (計6件)

- ①中村仁美, 岡林隆敏, 奥松俊博, 中村聖三, 長崎県における橋梁維持管理のための資料分析と電子ファイリングによる書類管理, 平成 22 年度土木学会西部支部研究発表会, 2011 年 3 月
- ②奥松俊博, 岡林隆敏, 本山雅規, 樺山好幸, 室井智文, 振動遠隔モニタリングによる PC 主桁橋梁の固有振動数の長期的変動について, 平成 20 年度土木学会西部支部研究発表会, 2009 年 3 月
- ③金川侑司, 奥松俊博, 古賀進一, 岡林隆敏, 永田正美, 路面維持管理を目的とした画像処理およびPHSによるモニタリングシステムの開発, 平成 20 年度土木学会西部支部研究発表会, 2009 年 3 月
- ④古賀進一, 岡林隆敏, 奥松俊博, 姉川倫太郎, 道路舗装維持管理のための路面不整計測システムの開発, 平成 20 年度土木学会西部支部研究発表会, 2009 年 3 月
- ⑤大塚文博, 伊藤哲也, 古賀数也, 岡林隆敏, 奥松俊博, 橋梁部材健全度評価を目的としたハンマリングによる吊り材加振実験, 平成 20 年度土木学会西部支部研究発表会, 2009 年 3 月
- ⑥水落泰介, 岡林隆敏, 奥松俊博, 徳重 廣, GPS 情報に基づく小支間橋梁維持管理データベースの開発, 平成 20 年度土木学会西部支部研究発表会, 2009 年 3 月

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

**奥松 俊博 (OKUMATSU TOSHIHIRO)**  
長崎大学・大学院工学研究科・准教授  
研究者番号：30346928

### (2) 研究分担者

**岡林 隆敏 (OKABAYASHI TAKATOSHI)**  
長崎大学・大学院工学研究科・教授  
研究者番号：90039686

**永田 正美 (NAGATA MASAMI)**  
長崎大学・工学部・技術職員  
研究者番号：90419622

### (3) 連携研究者

なし