

---

橋梁のインテリジェント化とスマートモニタリングの  
実用化による維持管理技術の開発

---

(研究課題番号 15560401)

平成15年度～平成16年度科学研究費補助金(基盤研究(C)(2))

研究成果報告書

平成17年6月



00008669692

研究代表者 大島俊之

(北見工業大学工学部教授)

北見工業大学		
515	北見工大庁	7
077		

特別資料室

## まえがき

本研究は平成15年度および平成16年度文部科学省科学研究費（基盤研究（C）（2）橋梁のインテリジェント化とスマートモニタリングの実用化による維持管理技術の開発 課題番号15560401 研究代表者 大島俊之 交付金360万円）により、平成15～16年度に行った研究成果をとりまとめたものである。本研究の遂行に当たり装置の開発、実験の実施、研究調査及び結果の解析評価において、多くの方々の御協力を頂きました。ここに深く感謝申し上げます。

00008669692

北見工業大学

## 目次

### I. 研究の概要

1. 科学研究費の概要 1
2. 研究成果 2

### II. 研究発表

1. 構造健全度診断に向けた札内清柳大橋の常時遠隔モニタリング 5
2. Damage Detection and Localization on Structural Connections using Vibration-Based Damage Identification Methods 9
3. 振動計測による梁部材のクラック検出, 土木学会北海道支部論文報告集, 第60号, pp.96-99, 2004, 1 19
4. Modified damage identification algorithm based on vibration measurement 23
5. A Study on Damage Detection in Steel Structures using Changes in the Curvature of Power Spectral Density 34
6. A numerical analysis of structural damage detection using changes in the curvature of power spectral density 38
7. ACM 型腐食センサによる I 桁橋主桁の腐食環境に関する研究 50
8. ACM センサを用いた橋梁における各種腐食環境の定量的評価 54
9. ACM センサを用いた鋼桁塗装劣化予測手法の検討 58
10. BMS における補修事業シミュレーション 67
11. 橋梁の機能性評価と耐震補強への応用 72
12. 老朽橋梁補修計画のための補修必要度レベルの検討 76
13. 老朽橋梁補修計画のための補修必要度レベルの検討 80
14. BMS に用いる RC 床版の疲労劣化予測手法について 84
15. RC 床版ひび割れの劣化因子の分析と劣化予測の検討 88
16. 点検データに基づく床版劣化の推定と BMS への応用 92
17. 橋梁点検実測データに基づく橋梁資産劣化予測評価の検討 101
18. Ferrocement により補強した損傷 RC 柱の構造特性 112
19. 傾斜計モニタリングシステムの簡易ネットワーク化に関する研究 116
20. 地震防災ネットワークとしての札内清柳大橋のモニタリングについて 118
21. COMPARATIVE STUDY OF TWO DAMAGE IDENTIFICATION ALGORITHMS BASED ON VIBRATION MEASUREMENTS 120
22. STRUCTURAL DAMAGE DETECTION USING VIBRATION-BASED DAMAGE IDENTIFICATION 122
23. 鋼主桁における劣化予測を考慮した塗装維持管理経費の最適化 124
24. 鋼橋主桁部材における塗膜の劣化予測に関する研究 126
25. BMS のための補修提案手法に関する研究 128
26. 北海道の BMS における補修提案手法の検討 130
27. 既存橋梁に対する補修補強計画に関する研究 132
28. 老朽橋梁補修計画のための補修必要度レベルの検討 134
29. RC 床版における補修工法選定のための劣化予測手法の検討 136
30. 橋梁点検データによる RC 床版の劣化予測手法の検討 138

## I. 研究の概要

### 1. 科学研究費の概要

#### 研究種目

平成15年度および平成16年度文部省科学研究費補助金基盤研究(C)(2)

#### 研究課題

橋梁のインテリジェント化とスマートモニタリングの実用化による維持管理技術の開発

#### 課題番号

15560401

#### 研究組織

##### 研究代表者

大島俊之 (北見工業大学工学部教授)

##### 研究分担者

三上修一 (北見工業大学工学部助教授)

山崎智之 (北見工業大学工学部助手)

#### 研究経費

平成15年度 1,700千円

平成16年度 1,800千円

計 3,500千円

## 2. 研究成果

本研究によって得られた結果をまとめると以下ようになる。

- (1) 連続的にスイープ加振できる圧電アクチュエータを用いて構造欠陥を検出するため、鋼構造部材のボルト部のゆるみと溶接欠陥の検出が可能なシステムの実用化のための開発を行った。さらに、このシステムは微小損傷や断面欠損などの検出を高性能で実施できることを示した。
- (2) 橋梁端部に傾斜計を設置して、たわみ角を遠隔操作でモニタリングできるシステムを開発した。
- (3) 平成15年度十勝沖地震被害の経験から、遠隔操作モニタリングを北海道十勝の札内清流大橋について運用を開始した。2年間の継続的モニタリングを行い地震発生時に構造モニタリングを実施できるシステムの構築を行い、継続的にデータを取得している。また維持管理に有効となる常時微動モニタリングも定期的に行い維持管理のためのデータ蓄積を行っている。
- (4) 腐食センサなど橋梁をインテリジェントモニタリングできるシステムを実用化した。
- (5) 橋梁の維持管理に用いる橋梁健全度評価システムBMS (Bridge Management System) のための影響因子や橋梁健全度指数の検証を行いシステム全体の有効性を確認した。

## Ⅱ 研究発表

### 学会誌発表（論文集）

- 1) 官森保紀, 坪田 豊, 内田喜大, 大島俊之: 構造健全度診断に向けた札内清柳大橋の常時遠隔モニタリング, 土木学会北海道支部論文報告集, 第 61 号, 2005. 2
- 2) S. Beskhyroun, T. Oshima, S. Mikami, T. Yamazaki: Damage Detection and Localization on Structural Connections using Vibration-Based Damage Identification Methods, Journal of Applied Mechanics JSCE, Vol. 6, pp. 1055-1064, 2003. 8
- 3) S. Beskhyroun, S. Mikami, T. Yamazaki, T. Oshima, D. Mori: 振動計測による梁部材のクラック検出, 土木学会北海道支部論文報告集, 第 60 号, pp. 96-99, 2004. 1
- 4) S. Beskhyroun, S. Mikami, T. Yamazaki, T. Oshima: Modified damage identification algorithm based on vibration measurement, Journal of Applied Mechanics JSCE, vol. 7, pp. 97-107, 2004. 8
- 5) S. Beskhyroun, T. Oshima, T. Yamazaki, Y. Tsubota, A. Atsumi: A Study on Damage Detection in Steel Structures using Changes in the Curvature of Power Spectral Density, 土木学会北海道支部論文報告集, 第 61 号, 2005. 2
- 6) S. Beskhyroun, T. Oshima, S. Mikami, T. Yamazaki: A numerical analysis of structural damage detection using changes in the curvature of power spectral density, Journal of Structural Engineering, Vol. 51A, pp. 965-976, 2005. 3
- 7) 岩淵 直, 大島俊之, 三上修一, 山崎智之, 安江 哲, 竹田俊明: ACM 型腐食センサによる I 桁橋主桁の腐食環境に関する研究, 土木学会北海道支部論文報告集, 第 60 号, pp. 254-257, 2004. 1
- 8) 岩淵 直, 大島俊之, 竹田俊明, 三上修一, 山崎智之, 安江 哲: ACM センサを用いた橋梁における各種腐食環境の定量的評価, 土木学会北海道支部論文報告集, 第 61 号, 2005. 2
- 9) 竹田俊明, 大島俊之, 三上修一, 山崎智之, 岩淵 直: ACM センサを用いた鋼桁塗装劣化予測手法の検討, 構造工学論文集, Vol. 51A, pp. 1129-1138, 2005. 3
- 10) 但木 純, 佐藤 誠, 大島俊之, 三上修一, 池田憲二, 竹田俊明: BMS における補修事業シミュレーション, 土木学会北海道支部論文報告集, 第 60 号, pp. 228-231, 2004. 1
- 11) 但木 純, 大島俊之, 三上修一, 佐藤 京, 竹田俊明: 橋梁の機能性評価と耐震補強への応用, 土木学会北海道支部論文報告集, 第 61 号, 2005. 2
- 12) 長谷川孝治, 大島俊之, 三上修一, 佐藤 誠, 丹波郁恵: 老朽橋梁補修計画のための補修必要度レベルの検討, 土木学会北海道支部論文報告集, 第 60 号, pp. 266-269, 2004. 1
- 13) 長谷川孝治, 大島俊之, 三上修一, 竹田俊明, 佐藤 誠, 丹波郁恵: 老朽橋梁補修計画のための補修必要度レベルの検討, 土木学会北海道支部論文報告集, 第 61 号, 2005. 2
- 14) 樋口 匡, 大島俊之, 三上修一, 山崎智之, 佐藤 誠, 竹田俊明: BMS に用いる RC 床版の疲労劣化予測手法について, 土木学会北海道支部論文報告集, 第 60 号, pp. 224-227, 2004. 1
- 15) 樋口 匡, 大島俊之, 三上修一, 山崎智之, 佐藤 誠, 竹田俊明: RC 床版ひび割れの劣化因子の分析

と劣化予測の検討, 土木学会北海道支部論文報告集, 第 61 号, 2005. 2

- 16) 佐藤 誠, 大島俊之, 三上修一, 樋口 匡: 点検データに基づく床版劣化の推定と BMS への応用, 構造工学論文集, Vol. 51A, pp. 1147-1155, 2005. 3
- 17) 竹田俊明, 大島俊之, 佐藤 誠, 三上修一: 橋梁点検実測データに基づく橋梁資産劣化予測評価の検討, 構造工学論文集, Vol. 51A, pp. 1157-1167, 2005. 3
- 18) 天池伸司, 大島俊之, 三上修一, 山崎智之, ラティッシュ パンチャラティ, 坪田 豊: Ferrocement により補強した損傷 RC 柱の構造特性, 土木学会北海道支部論文報告集, 第 61 号, 2005. 2

#### 口頭発表 (全国大会)

- 1) 山崎智之, 三上修一, 高田直幸, 大島俊之, 坪田 豊: 傾斜計モニタリングシステムの簡易ネットワーク化に関する研究, 土木学会第 59 回年次学術講演会, 2004. 9
- 2) 坪田 豊, 宮森保紀, 大島俊之: 地震防災ネットワークとしての札内清柳大橋のモニタリングについて, 土木学会第 59 回年次学術講演会, 2004. 9
- 3) S. Beskhyroun, T. Oshima, S. Mikami, T. Yamazaki, D. Mori: COMPARATIVE STUDY OF TWO DAMAGE IDENTIFICATION ALGORITHMS BASED ON VIBRATION MEASUREMENTS, 土木学会第 59 回年次学術講演会, 2004. 9
- 4) Beskhyroun Sherif, 大島俊之, 三上修一, 山崎智之: STRUCTURAL DAMAGE DETECTION USING VIBRATION-BASED DAMAGE IDENTIFICATION, 土木学会第 58 回年次学術講演会, 2003. 9
- 5) 岩渕 直, 大島俊之, 安江 哲, 三上修一, 村上新一, 山崎智之: 鋼主桁における劣化予測を考慮した塗装維持管理経費の最適化, 土木学会第 59 回年次学術講演会, 2004. 9
- 6) 岩渕 直, 大島俊之, 三上修一, 山崎智之, 安江 哲, 村上新一: 鋼橋主桁部材における塗膜の劣化予測に関する研究, 土木学会第 58 回年次学術講演会, 2003. 9
- 7) 但木 純, 大島俊之, 三上修一, 佐藤 誠, 池田憲二: BMS のための補修提案手法に関する研究, 土木学会第 58 回年次学術講演会, 2003. 9
- 8) 但木 純, 佐藤 誠, 大島俊之, 三上修一, 池田憲二, 竹田俊明: 北海道の BMS における補修提案手法の検討, 土木学会第 59 回年次学術講演会, 2004. 9
- 9) 長谷川孝治, 大島俊之, 三上修一, 佐藤 誠, 丹波郁恵, 前田哲哉: 既存橋梁に対する補修補強計画に関する研究, 土木学会第 58 回年次学術講演会, 2003. 9
- 10) 長谷川孝治, 大島俊之, 三上修一, 佐藤 誠, 竹田俊明, 丹波郁恵: 老朽橋梁補修計画のための補修必要度レベルの検討, 土木学会第 59 回年次学術講演会, 2004. 9
- 11) 樋口 匡, 大島俊之, 佐藤 誠, 三上修一, 工藤英雄, 山崎智之: RC 床版における補修工法選定のための劣化予測手法の検討, 土木学会第 58 回年次学術講演会, 2003. 9
- 12) 樋口 匡, 大島俊之, 佐藤 誠, 三上修一, 工藤英雄, 山崎智之: 橋梁点検データによる RC 床版の劣化予測手法の検討, 土木学会第 59 回年次学術講演会, 2004. 9