

平成22年5月31日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2008～2009
 課題番号：20760302
 研究課題名 (和文) 社会基盤構造物の高密度計測を可能とするモニタリングノードの開発
 研究課題名 (英文) Development of monitoring nodes realizing high-density measurements for civil infrastructures
 研究代表者
 宮下 剛 (TAKESHI MIYASHITA)
 長岡技術科学大学・産学融合トップランナー養成センター・特任講師
 研究者番号：20432099

研究成果の概要 (和文) : 本研究では、定量的かつ客観的で効率的な維持管理手法を創出するために、社会基盤構造物の高密度計測を可能とするモニタリングノードの開発を目的とした。測量用トータルステーションとレーザードップラー速度計を組み合わせたシステムを実橋梁のモニタリングに対して適用し、遠隔的かつ自動連続的な多点モニタリングが実現できることを確認した。また、MEMS 要素技術を利用したモニタリングノードを開発し、従来の計測システムと置換可能であることを確認した。

研究成果の概要 (英文) : In order to create quantitative, objective and effective method maintaining civil infrastructures, this research aims to develop monitoring nodes which realize high-density measurements for them. A monitoring system, which combines a laser Doppler vibrometer with a Total Station for surveying, was applied to existing cable-stayed bridges. As a result, it was confirmed that the system made possible to realize remote and automated monitoring for bridges. Moreover, monitoring nodes using MEMS based technologies were developed. Their application test to vibration measurement of a bridge revealed that the nodes were possible to replace conventional measurement system.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

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, 橋梁, モニタリング, レーザー, MEMS, 振動

1. 研究開始当初の背景

社会基盤構造物の急速に進行する老朽化を背景として、定量的かつ客観的で効率的な維持管理手法の確立が強く求められている。この要請に対しては、まず現況を正確に把握するために、センサを利用して構造物の挙動をモニタリングする必要がある。

一般に、社会基盤構造物は空間的なスケールが大規模であることから、その挙動を把握するためには、多数のセンサを配置しなければならない。しかし、従来のセンサは一般に高額であること、ケーブル配線を必要とすることから、多数のセンサを利用したモニタリングが困難な状況にある。

2. 研究の目的

本研究では、定量的かつ客観的で効率的な維持管理手法を創出するために、社会基盤構造物の高密度計測を可能とするモニタリングノードの開発を目的とする。具体的には、(1) レーザードップラー速度計、(2) MEMS 要素技術を利用する。

3. 研究の方法

(1) レーザードップラー速度計を利用したモニタリングノード

レーザードップラー速度計(以下、LDV)とは、レーザー光のドップラー効果を利用して、物体の速度を計測する装置であり、非接触かつ遠隔的な振動計測を可能とする。

本研究では、従来よりも安価にレーザーをスキャンさせて、遠隔的かつ自動連続的な多点モニタリングを可能とするために考案した測量用のトータルステーションの上にLDVを設置するシステム(現在、東京大学、㈱計測リサーチコンサルタントと共同で特許を申請中、図1)とポータブルタイプLDVに着目した。ここでは、計測距離、計測精度、適用性について、実構造物のフィールドテストより検討する。



図1 LDVを利用したモニタリングノード

(2) MEMS 要素技術を利用したモニタリングノード

MEMS(Micro Electro Mechanical System)技術の急速な進展により、マイコン、センサ、無線モジュールなどの要素技術の高精度化、低価格化、小型化が進んだ。その結果、無線LANを利用した三軸加速度センサが、非常に安価(約20万円)で供給されるようになった。データの無線LAN転送により、センサ設置に伴う労力が大幅に削減されるものの、データ欠損が必然的に生じてしまう問題がある。さらに、まだ、そのコストが高密度なモニタリングを妨げている。

そこで、人間のバイタルサイン計測における携帯型データロガーから着想を得て、社会基盤構造物の多点同期モニタリングを安価に実現し得るMEMS要素技術を利用したセンサノードの開発を進める。本研究では、計測精度、同期性、通信に関する検討を進め、センサノードの仕様を確定する。次いで、実構造物での動作性の検証、適用性に関する検討を行う。

4. 研究成果

(1) レーザードップラー速度計を利用したモニタリングノード

㈱計測リサーチコンサルタントと共同で、遠隔かつ自動連続に振動モニタリングを可能とするシステムの開発を進めた。2008年度は、レーザーの計測距離と精度に関する検証実験、計測データから動特性量を自動抽出する解析システムのプロトタイプ開発を行った。また、適用試験として、広島市の大芝大橋にて一昼夜の連続運転を実施した(図2)。

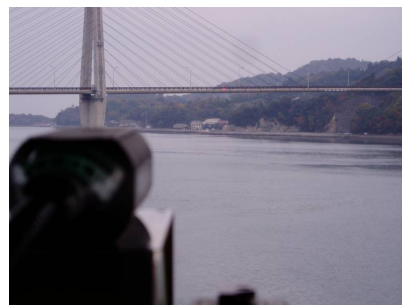


図2 実橋梁へのモニタリング適用試験

2009年度は、レーザーを利用したモニタリングノードにより、市が管理する斜張橋のケーブル張力計測を実施した。張力計測は、ケーブル全48本に対して、固有振動数を用いる振動法により実施した。計測に要した時間は約3時間であり、従来の張力計測と比較し

て、作業が大幅に迅速化されることを確認した。同定されたケーブルの固有振動数に経年変化は確認されなかったものの、今後とも、経時的なモニタリングを実施して、ケーブル張力を管理する予定である(図3)。

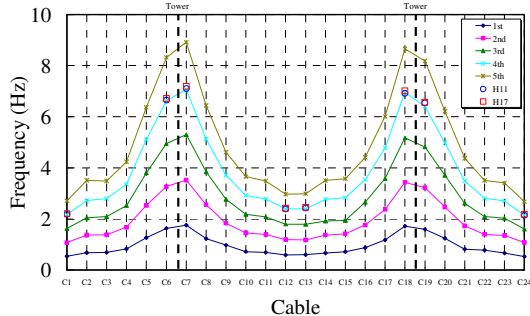


図3 斜張橋ケーブルの固有振動数同定結果

(2) MEMS 要素技術を利用したモニタリングノード

2008年度は、MEMS 要素技術を利用して、安価なモニタリングノードのプロトタイプ開発を目的とした。MEMS 三軸加速度計の三成分にタイムスタンプを付与して、メモ리카ードにデータを100Hzでログする構成とし、さらに、マイコン制御プログラムの改良、ノイズ除去のためのアナログ回路の見直し、ADC・加速度センサの換装、各モジュールの部分的な基板化を行った。また、実橋梁の振動モニタリングへ試験適用し、動作性の確認ならびに問題点の抽出を行った。

2009年度は、昨年度における問題点を踏まえ、デジタル・アナログ回路の分離ならびに16ビットADCの使用、200Hzのオーバーサンプリングとソフトウェアでの平均化を実施するなど、プロトタイプの見直しを進めた。本プロトタイプを既設橋梁の振動計測に対して適用したところ、車両走行時の振動では検証用の高精度センサと同程度の計測結果が得られ、また、 $\pm 1\text{gal}$ 以下の常時微動成分を計測可能であることを確認した(図4, 図5, 図6, 図7)。



図4 MASTER ノード

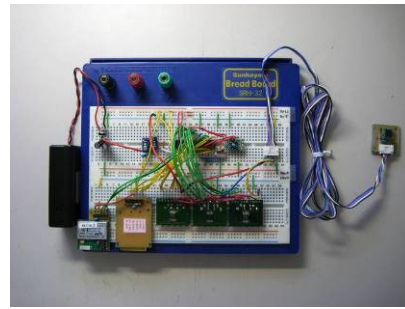


図5 SLAVE ノード

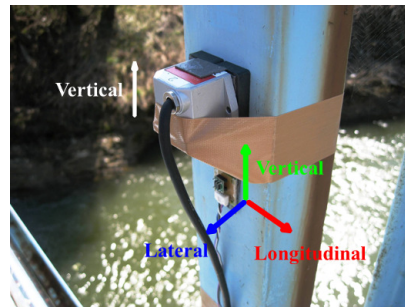


図6 モニタリングノードの実橋適用試験

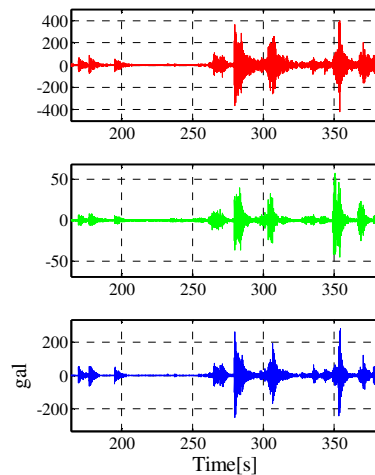


図7 計測結果の一例
(MEMS3軸加速度計、加速度時刻歴波形)

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8件)

① Takeshi Miyashita and Masatsugu Nagai: Vibration-based structural health monitoring for bridges using laser Doppler vibrometers and MEMS-based technologies, International Journal of Steel Structures, 査読有, Vol. 8, 2008, 325-331

② Takeshi Miyashita: Application of Laser Doppler Vibrometers to Bridges, Proc.

of the 10th International Conference of Structural Safety and Reliability, 査読有, Vol1. 2009, 586

〔学会発表〕(計 9 件)

① Takeshi Miyashtia, Noriyuki Miyamoto, Syuji Umemoto and Yozo Fujino: Development of a remote laser scanning system for continuous monitoring of cable-stayed bridges, The Fifth International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management, 2010 年 7 月 5 日(発表予定), Philadelphia, Pennsylvania, USA

② 宮下剛, 長井正嗣, 久保田慶太, 梅本秀二, 藤野陽三: 最小二乗法を利用したトータルステーションの位置および姿勢同定手法, 第 26 回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会, 2008 年 9 月 25 日, 長岡市

③ 白田幸忠, 佐藤悠樹, 宮下剛, 長井正嗣: 橋梁振動モニタリングのための MEMS 要素技術を利用したセンサノード開発, 第 64 回土木学会年次学術講演会, 2009 年 9 月 2 日, 福岡市

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 1 件)

名称: 非接触式振動・変位計測装置

発明者: 藤野陽三, 久保田慶太, 宮下剛, 岡

本卓慈, 宮本則幸, 梅本秀二, 新宅行英

権利者: 藤野陽三, 久保田慶太, 宮下剛, 岡

本卓慈, 宮本則幸, 梅本秀二, 新宅行英

種類: 特許

番号: 特開 2007-309899

出願年月日: 2006 年 5 月 22 日

国内外の別: 国内

○取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.nagaokaut.ac.jp/j/annai/NUT-toprun/miyashita0.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮下 剛 (TAKESHI MIYASHITA)

長岡技術科学大学・産学融合トップランナ

ー養成センター・特任講師

研究者番号: 20432099