

自己評価報告書

平成 23 年 4 月 28 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究（S）

研究期間：2008～2012

課題番号：20226011

研究課題名（和文） 高密度モニタリングによる社会基盤施設の極限性能評価法

研究課題名（英文） Evaluation of ultimate performance of civil infrastructure using dense monitoring

研究代表者

藤野 陽三（FUJINO YOZO）

東京大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号：20111560

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：維持管理工学

1. 研究計画の概要

地震や風など自然外乱や交通荷重による振動、常時微動による、橋梁などの社会基盤施設の

1) 振動シグナルを高密度、高精度に計測のためのワイヤレスセンシング技術、

2) 実センシングデータの獲得とその分析、成功事例の提示、

3) の維持管理、災害防止に利活用するためのセンシング情報のプロセス・マネジメント技術

という3つの課題について、様々な角度から探究し、センシングの社会基盤施設の分野に普及する基盤技術を構築する。

2. 研究の進捗状況

課題 1) については、当初は移動体との連携したセンシング技術の研究を行う予定であったが、そこで最も問題となるワイヤレス通信に課題を絞って研究を行ってきた。新しく複数の通信チャンネルを利用することで混信を制御したマルチホップデータ転送を提案し、ホップ数やノード数の増加に関わらず、一定の速度でデータ転送が可能な、世界的に見ても画期的なシステムを構築した。このシステムを韓国 Jindo 橋、レインボーブリッジなどで 30 を超える Imote2 によるワイヤレスセンシングを行い、マルチホップ通信の安定性が格段に向上されたことを確認した。

課題 2) については、新幹線高架橋、首都高速高架橋、オーストリアの解体する Overpass、アメリカ NJ 州高速道路橋梁、岩手の鋼アーチ橋（耐震補強の前後）などでセンシングを行った。また、横浜ベイブリッジなどの既存センシングシステムのデータを

入手し、これについても分析した。その結果、設計時には想定されていなかった振動モードの発見（横浜ベイブリッジ）、同一高架橋における構造性能の大きな個体差の検出に成功した。また、交通荷重下の動的構造応答の 3 次元 FE モデルを使った予測手法の確立（汎用コードベースなので多くの方が使えるソフト）とその予測性に関する実証的検証などの成果を挙げた。

また、課題 3) については、地震応答などの時系列データ（output データ）のみからの構造システムモデルを遅れ系理論を用いて構築し、さらにシステムの異常の検出法を提案した。また、付加質量方式による振動を利用した、新しい構造同定法の提案し、屋内実験さらには実橋梁での検証したなどの成果を挙げた。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している

[理由] ワイヤレスセンシング技術に関しては、複数の通信チャンネルを利用することで混信を制御したマルチホップデータ転送は世界的にみても画期的なものであり、高い成果が出ていると考えている。

当初の研究計画では屋内でのテストベットの使った研究を主眼に置いていたが、実建造物のデータの重要性に鑑み、首都高速道路高架橋や新幹線高架橋、場合によっては海外での計測を行うこととした。国内の計測でも、その準備は極めて手間と時間を要するが、首都高速技術センターや JR 東海の多大な協力を得ることができ、大変貴重なデータセットを構築することができた。これらのデータの

予測法に関しても汎用 FEM コードを使った新しい振動予測解析法を構築しており、達成度は高い。

センシング情報のプロセス、マネジメントに関しては、output 時系列データのみを用いたモデル構築法の研究はアメリカ物理学会論文集に掲載されたように、極めて学術レベルの高いものである。工学的なアプローチで質量付加方式と振動測定を組み合わせた新しい構造同定法を提案し、理論研究は勿論であるが、屋内実験だけでなく、千葉県の高架橋において実証的に検証を行えたのは大きな成果と考えている。

以上のように、予定通りかそれ以上の達成度であると考えている。

4. 今後の研究の推進方策

ワイヤレスセンシングにおいては、計測と通信の分離による安定化の向上や GPS を使った同期精度の向上に努力し、局部応力に着目した首都高速道路高架橋での補完センシング（平成 23 年 6 月予定）を実施し、データベースとしての充実させる。並行して FEM 汎用コードをベースにした実構造物の挙動予測手法の精緻化をはかる。また、2011. 3. 11 東北太平洋地震での横浜ベイブリッジの高密度センシングデータから想定外モードの検出など実記録からの分析とそれに基づく非線形 FE 解析モデルのアップデートを実施する。センシングデータのマネジメントに関しては、データの不確定性を考慮した構造モデル構築を中心に研究を進め、実データからの挙動分析とモデル間のアップデート化の方法論を確立させ、当初の研究目的を達成する

5. 代表的な研究成果

〔雑誌論文〕（計約 45 件）全て査読有

- ① J-C Wyss, D. Su, Y. Fujino: Prediction of vehicle-induced local responses and application to a skewed girder bridge, *Engineering Structures*, 33, pp.1088-1097, 2011
- ② H.M.Dinh, T.Nagayama and Y.Fujino : Structural parameter identification by use of additional known masses and its experimental application, *J. of Structural Control and Health Monitoring*, 2011（電子版）
- ③ D. Su, Y. Fujino 他: Vibration of reinforced concrete viaducts under high-speed train passage: measurement and prediction including train-viaduct interaction, *Structure & Infrastructure Engineering*, 6, pp.621-633, 2010
- ④ Di Su, Fujino Yozo, Nagayama Tomonori, Hernandez Jr, Jaime Y, Seki Masaki:

Vibration of reinforced concrete viaducts under high-speed train passage: measurement and prediction including train-viaduct interaction, *Structure & Infrastructure Engineering*, Vol.6, No.5, pp.621-633, 2010.10

- ⑤ Fujino Y, Siringoringo DM. : Bridge Monitoring in Japan: the needs and strategies, *Structure and Infrastructure Engineering*, Vol.7(7), pp:597-611, 2010
- ⑥ Y. Fujino, D. M. Siringoringo, M. Abe, The needs for advanced sensor technologies in risk assessment of civil infrastructures, *Smart Structure and System*, 5, pp.173-191, 2009
- ⑦ E. Monroig, K. Aihara, and Y. Fujino: Modeling dynamics from only output data, The American Physical Society (アメリカ物理学会), *Physical Review E* 79, 056208, pp.1-12, 2009
- ⑧ 長山智則, B.F. Spencer, Jr, 藤野陽三: スマートセンサを用いた多点構造振動計測のためのミドルウェア開発, 土木学会論文集 A, 65, pp.523-535, 2009
- ⑨ D.M.Siringoringo, and Y. Fujino: System identification applied to long-span cable-supported bridges using seismic records, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 37, pp.361-386, 2008

〔学会発表〕（計約 120 件）

〔図書〕（計 3 件）

- ① Christian Boller, Fu Kuo Chang, Yozo Fujino: *Encyclopedia of Structural Health Monitoring*, John Wiley & Sons Inc., pp.1-2700, ISBN978-0-470-05822-0, 2009
- ② Yozo Fujino, T.Noguchi: *Stock Management for Sustainable Urban Regeneration*, Springer, pp.1-299, 2009

研究成果を、内外の学術誌、研究集会で数多く発表し、加えて、国際会議での基調講演、学協会等からの招待講演を 20 回以上行ってきた。これらの学術的活動に対し、2009 年度土木学会田中賞（論文部門）、アメリカ土木学会 ASCE から応用力学、応用振動学の分野での高い業績をたたえる 2011 Robert H. Scanlan Medal が授与されている。

〔産業財産権〕

- 出願状況（計 0 件）
- 取得状況（計 0 件）
- 〔その他〕特になし