

Development of low-cost building earthquake response observation networks using smart devices and its performance tests

東北大学災害科学国際研究所 助教 王 欣

(研究計画ないし研究手法の概略)

本研究は、スマートデバイスに整備された内蔵MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 加速度計、GPS情報 (時間と地理情報など) および無線通信機能を統合して、低コストの建物リアルタイム地震観測・解析システムを構築し、計測記録に基づく建物の応答特性の変化により建物の損傷評価を高密度、迅速化と厳密化を目的とする。研究計画は、

- (1) 単点計測アプリケーションの開発;
- (2) 振動台実験によりスマートデバイスの計測性能検定;
- (3) 多点計測システムの開発と性能検定;
- (4) 実装テスト

の4段階で構成され、計画の通りで遂行した。

(実験調査によって得られた新しい知見)

各段階に応じて以下の成果と知見を得られた。

- (1) 加速度計測とデータの転送を実現するために、開発用プログラム環境Xcodeを使用し、Object-Cプログラム言語を用いたオンラインデータ保存・解析機能を有する単点計測用アプリケーションを開発した。加速度計測アプリケーションは、Apple社が公開しているフリーサンプルコードMotion Graphsに基づいて作成した。無線LANを経由してデータ転送機能はデータの紛失がなく、効率的にデータをクラウドサーバーに転送と保存することができることを明確した。
- (2) 小型振動台加振実験を実施し、スマートデバイスの振動計測の妥当性と信頼性を検証した。スマートデバイスの計測波形とその周波数特性を高精度地震計 (サーボ型速度計VSE-15D) の結果と比較し、両者は一致することが分かった。スマートデバイスの有効的な周波数範囲は1.0Hz-10.0Hz、サンプリング周波数は100Hzである。
- (3) 多点スマートデバイスの同時計測システムを開発し、建物モデルに設置して、同時トリガー機能と建物システム同定機能を振動台実験で検証した。
- (4) 開発された多点計測システムを高性能地震計が設置された東北大学災害科学国際研究所の建物と埼玉大学の総合研究棟に実装し、計測システムを実観測によりを検証した。10Gal以上の地震動有効的に記録できた。

(発表論文)

1. Development of a smart-device based vibration measurement system: effectiveness examination and application cases to existing structure, Structural control and health monitoring, Shrestha Ashish, Ji Dang, Xin Wang 投稿中

2. A method of detecting degradation parts of buildings using vertical measurement array: application to super high-rise buildings, 5th IASPEI / IAEE International Symposium: Effects of Surface Geology on Seismic Motion, Xin Wang, Shozo Tagashira, Kazuaki Masaki, and Kojiro Irikura, August 15-17, 2016, P213D.
3. Evaluation of shear wave velocity in buildings for seismic capacity assessment using microtremor measurement, Kazuaki Masaki, Shozo Tagashira, Xin Wang, Hao Wu, and Kojiro Irikura, 5th IASPEI / IAEE International Symposium: Effects of Surface Geology on Seismic Motion, Xin Wang, August 15-17, 2016, P209D.
4. One-dimensional Wave Propagation in super high-rise buildings extracted from vertical ambient vibration measurement array, 2nd Huixian International Forum on Earthquake Engineering for Young Researchers, August 19-21, 2016, Beijing, China.
5. Combining frequency- and time-domain methods to fully extract dynamic parameters of building structures from 1D ambient vibrations measurement array (周波数領域と時間領域のシステム同定手法の結合により 1 次元鉛直計測アレイから建物の振動特性の抽出)Xin WANG, Kazuaki MASAKI, Kojiro IRIKURA, Masato Motosaka、日本建築学会大会学術講演梗概集（九州） 2016 年 8 月、21390、pp.779-780.
6. 連続観測に基づく実存建築物の振動特性評価、畠山智貴、源栄正人、王欣、大野晋、日本建築学会大会学術講演梗概集（九州） 2016 年 8 月、21467、pp.933-934.
7. 周波数領域と時間領域手法の組み合わせにより建物の動的特性の抽出、王欣、第 35 回若手地震工学研究者の会セミナー、2016 年 9 月 3 日～5 日.
8. Changes of Dynamic Parameters Before and After Aseismic Reinforcement, Xin WANG, Kazuaki MASAKI, Kojiro IRIKURA, Masao MOTOSAKA, English Session in Japan Association for Earthquake Engineering Annual Meeting 2016, Oral Session 02-6, September 26-2.(Excellent Presentation Award)
9. 長期連続観測記録を利用した中低層既存建築物の振動特性評価 - 構造ヘルスマニタリングシステムの精度向上に向けた構造別差異の検討 -, 畠山智貴、王欣、大野晋、源栄正人、日本地震工学会・大会-2016、P1-18.
10. 長期連続観測記録を利用した中低層既存建築物の振動特性評価 -東北地方太平洋沖地震による振動特性の変動、畠山智貴、王欣、大野晋、源栄正人、日本地震工学会・大会-2016、P1-19.
11. Preliminary study on image processing based real-time displacement monitoring methods using smart devices, Ashish SHRESTHA, Ji DANG, Xin WANG, Japan Association for Earthquake Engineering Annual Meeting 2016, P4-3.
12. Building damage evaluation based on changes of story-by-story shear-wave velocities extracted from a 1D vertical ambient noise observation system, Xin Wang, Mazuaki Masaki, Kojiro Irikura, 16th World Conference on Earthquake, Santiago Chile, January 9th to 13th 2017, Paper N0. 749.
13. Development of structural health monitoring system combined with earthquake early warning system for real-time earthquake information navigation, Masato Motosaka, Susumu Ohno, K. Mitsuji, Xin Wang, T. Hatakeyama, 16th World Conference on Earthquake, Santiago Chile, January 9th to 13th 2017, Paper N0. 803.
14. Building damage concentrated in Longtoushan town during the 2014 Ms6.5 Ludian earthquake, Yunnan, China: examination of cause and implications based on ground motion and vulnerability analyses, Journal of seismology, published online: 02 April 2017. DOI 10.1007/s10950-017-9659-z.