

首都圏を中心としたレジリエンス総合力向上のためのデータ収集・整備と 被害推定システム構築のためのデータ管理・利活用の検討

研究代表者 西谷 章
(創造理工学部 建築学科 教授)

1. 研究課題

首都圏は今後数十年の間に巨大地震に遭遇すると予測されており、首都圏を中心としたレジリエンス向上は喫緊の課題となっている。東京都市圏の迅速な災害復旧・復興にあたっては、重要施設や密集市街地の住宅群を対象に、巨大地震下における速やかな被害推定や機能継続可否判定・機能損失度判定・崩壊余裕度判定を可能とする技術が求められている。現代のセンシング技術を採用入れた構造ヘルスマonitoring・スキームの確立を目指して、「データ収集・整備と被害推定システム構築のためのデータ管理・利活用検討」を実施する。

2. 主な研究成果

2019年度は、鉄筋コンクリート（RC）造建物Eーディフェンス実験に向けた準備業務と実験の実施を中心に活動を行った。実験関連以外も含めた、次の具体的なテーマに関して研究を進めた。

- ① 2018年度末（2019年1・2月）に実施した木造建物実験における計測データの検証；
- ② 本年度実施のRC建物実験における無線センサ・層間変位センサ配置計画の策定、層間変位センサの実験建物寸法に合わせたキャリブレーションの実施、実験の実施とデータ計測；
- ③ 地震発生直後の広域危険度1次診断を目的とする、地域別応答スペクトル簡易推定に向けたデータ収集のあり方の検討；
- ④ 既設の常時地震観測記録を断続的に利用した、地盤一建物系の地震応答評価精度向上に向けたモデル構築。

順にその成果を述べる。

<① 前年度末実施の木造建物実験における計測データの検証>

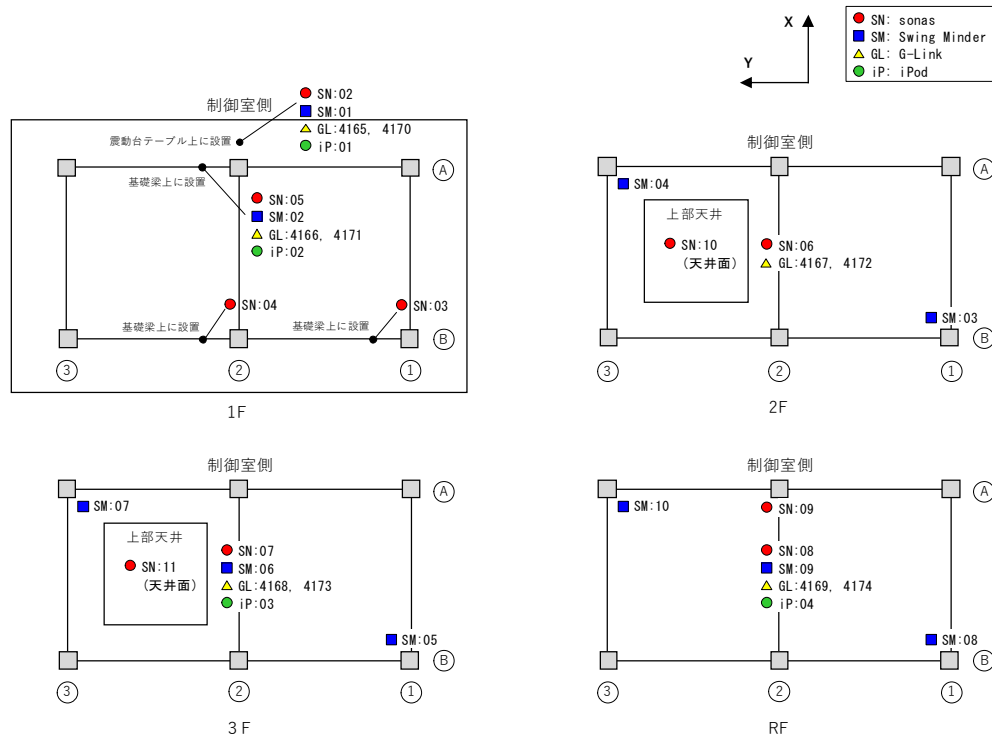
・各種センサによる最大加速度値の比較、加速度計測データの積分から求めた層間変位と層間変位センサ・データとの比較、さらに加速度データ積分計算実施時の問題点・注意点の抽出・確認を行った。

・1階床（地面のレベル）とR階床のみのセンサ設置を仮定して、他階床の応答予測精度の検証も行っており、問題点を抽出した。このスキームで応答推定には、新規の枠組みの工夫が必要となる。

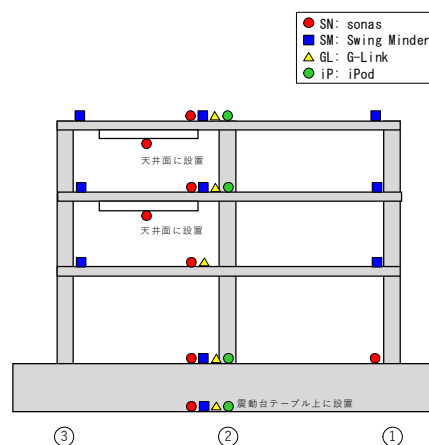
<② R C 建物実験に向けたセンサ配置計画策定、実験データ取得とその検証>

・ R C 造 3 層建物 Eーディフェンス実験に向けて、具体的な建物寸法・平面形状に合わせて複数種の無線センサ、層間変位センサを中心としたセンサ設置計画を策定した。合わせて、取得データ送信のための計測システムの策定を行った。図 1 に無線センサの配置を示す。

・ 層間変位センサによる正確なデータ計測に向けて、設置した全層間変位センサに対して、「光源部」と「受光部」の設置位置寸法に合わせたキャリブレーションを実施した。また、層間変位センサの、高性能化、小型化を目指した改良も継続している。



(a) 平面図



(b) 立面図

図1 R C 3 層建物への無線センサ設置

・建物に大きな塑性化が生じると、残留変位が発生する。層間変位センサがこれを捉えていることを確認した。大規模実験での確認は初めてとなる。加速度データの積分から、この残留変位を定量的に求めることは容易ではなく、層間変位センサの優位性をあらためて示すことができた。

・種々の無線加速度センサに関して、データ取得率、データに基づく固有振動数の変化、積分により求めた最大層間変形量の検証などの分析を行った。

＜③ 簡易な「応答スペクトル」推定に向けたデータ収集のあり方の検討＞

・地震直後の、広域的な危険度判定スキームとして、23 区ごとの簡易的な、計算不要の「応答スペクトル」推定を提案してきた。この実現には、首都圏の建物頂部センサを設置し、そのデータを送信する必要がある。時刻歴データは不要で、最大値のみを記録・送信する加速度センサがあればよい。遠距離通信・安価・省電力などの条件を満たすデータ送信のための無線通信規格の検討を行って、SIGFOXを採用したセンサを試作した。

＜④ 既設センサによる地盤－建物系の観測記録の収集と地震応答評価精度向上に向けた取組み＞

・建物被害有無の判定に利用可能な、地盤－建物連成系の、精度よい応答解析モデルの構築を目指している。地盤・建物へセンサが設置されている都内小学校のひとつの立体フレームモデルを構築し、観測記録との対応の向上を確認した。ただし、本年度大きめの地震は観測されておらず、本来の目的となる「塑性化を生じさせるような地震時のモデル」としての有効性の検証には至っていない。

3. 共同研究者

谷井孝至（基幹理工学部・電子物理システム学科・教授）、高口洋人（創造理工学部・建築学科・教授）・服部晃平（基幹理工学部・電子物理システム学科・助手）、仁田佳宏（研究院客員教授[足利大学・工学部・教授]）

4. 研究業績

4.1 学術論文

・ A. Nishitani, Structural control: Then and now, *Japan Architectural Review*, Vol.2, Issue 3, 217-218 (2019 年 5 月)

・ A. Nishitani, K. Kajiwar, T. Nagae, T. Inoue, K. Kusunoki, I. Nakamura, M. Kurata, Y. Kawamata, E. Sato, K. Hayashi, M. Morii, R. Okazawa, K. Okada, M. Shiraishi, Research project toward enhancement of resilience for Tokyo Metropolitan area: Preparing for seismic event in Tokyo, *ANCRiSST 2019 Procedia (14th International Workshop on Advanced Smart Materials & Smart Structures Technology)*, (2019 年 6 月)

・ K. Kodaera, A. Nishitani, Y. Okihara, Cubic spline interpolation based estimation of all story seismic responses with acceleration measurement at a limited number of floors, *Japan Architectural Review*, (DOI: 10.1002/2475-8876.12155) (2020 年 5 月掲載決定)

・ 蘇振東、大久保孝昭、寺本篤史、伊藤佑治、西谷章、江尻憲泰、高尾秀幸、鉄筋コンクリート造 PCa トー ルゲート屋根スラブの交通振動 による劣化のモニタリングに関する技術提案、日本建築学会技術報告集、Vol.26、No.63、(DOI <https://doi.org/10.3130/aijt.26.449>) (2020 年 6

月掲載決定)

4.2 総説・著書

なし

4.3 招待講演

なし

4.4 受賞・表彰

なし

4.5 学会および社会的活動

西谷章：防災科学技術研究所・首都圏を中心としたレジリエンス総合力向上プロジェクト、サブプログラム（c）研究統括

西谷章：日本建築検査協会・高層評定委員会副委員長

5. 研究活動の課題と展望

2019 年度の実験を通して把握できた「問題点」等も踏まえ、2020 年度実施予定の鉄骨造医療施設建物 E ディフェンス実験に向けて、無線センサ、層間変位センサを中心としたセンサ設置計画を策定する。実験データの計測を行って、データの検証を行う。計算不要の応答スペクトルの簡易推定のためのセンサ試作品を作成した。2020 年度には、データ送信・収集の現実的な実験的検証を行う。その結果により、通信システムも含めて必要な改良・修正を施す。より精度の高い、地盤—建物連成系モデルの構築に向けた取り組みを継続する。