

緊急地震速報と建物モニタリング情報を利用した地震災害誘因の同定
—建物頂部変形角の推定—

Estimation of Damage Factors using Earthquake-Early-Warning and
Building Monitoring Information -Roof Drift Estimates-

○和田拓也・新本翔太・倉田真宏・山田真澄・楠浩一・柏尚稔・溜渕功史・池田芳樹
○Takuya WADA, Shota SHIMMOTO, Masahiro KURATA, Masumi YAMADA,
Koichi KUSUNOKI, Hisatoshi KASHIWA, Koji TAMARIBUCHI, Yoshiki IKEDA

This paper presents the method to estimate damage factors of buildings using earthquake-early-warning and building monitoring information. In the first year of two-year project, acceleration response estimates of buildings nearby monitored disaster-base buildings was aimed. In the proposed method, given the magnitude and epicenter of an earthquake, response spectrum is first predicted using an GMPE(Ground Motion Prediction Equation). Then, the predicted response spectrum is modified using the monitoring data obtained at the disaster-base building. Using the modified response spectrum, the deformation of the targeted buildings are estimated using the capacity spectrum method. In the second year of two-year project, The proposed method was validated through application to the records of 15 buildings, from row middle-rise to high-rise, subject to 2011 Tohoku earthquake.

1. はじめに

緊急地震速報は、地震発生直後の震源情報から予測された地震動情報を迅速に届けることを主眼としており、その情報のみから建物の応答を正確に推定することは難しい。一方、超高層建物や大規模建物では、地震計により建物応答を観測する構造モニタリングシステムの普及が進んでおり、地震動の到達後により正確な地震動情報が獲得できる。本研究では、地震発生直後から社会・経済活動の復旧開始に至るまでの時間に、緊急地震速報情報と加速度計を設置した建物（ここでは防災拠点建物と称する）の観測情報を併用し、建物ごとの被災予測をリアルタイムで正確に発信するシステムの開発と実証を目指す。拠点間連携課題2年目である本年度は、防災拠点建物周辺の建物群の最大応答推定の高度化のため東京野都内の建物観測記録を用いて検証を行った。

2. 最大応答の推定手法

本研究において、最大応答推定とは地震動収束後に地域の建物群の応答情報を提供することを指し、その対象は構造モニタリングを行う防災拠点建物の周辺建物群とする。

提案する手法は、下記の4つのステップから構成され、フローと各ステップで得られる情報をFig.1に示す。まず、緊急地震速報による震源情報を距離減衰式（以下 GMPE）に用いて応答スペク

トルを推定する。次に、防災拠点建物の観測記録を用いて誤差指標を算出し、周辺建物の応答スペクトルを補正する。最後に、建築構造物の限界耐力計算設計法の一部で使用される Capacity Spectrum Method (CSM) ¹⁾を用いて周辺建物の最大変形を推定する。

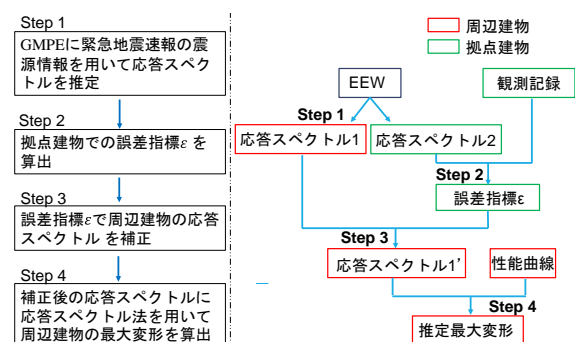


Fig.1 応答推定フロー

STEP1 における応答スペクトル推定には Morikawa and Fujiwara(2013)による GMPE²⁾(式 2-1,2-2)を用いた。

$$\log SA = a_1(Mw'_1 - Mw_1)^2 + b_{1-k}X + c_{1-k} - \log(X + d_1 \cdot 10^{e_1 Mw'_1}) \pm \sigma_1 \quad (2-1)$$

$$Mw'_1 = \min(Mw, Mw_{01}) \quad (2-2)$$

STEP2,3 の観測記録を用いた応答スペクトルの補正について述べる。STEP1 で求めた GMPE による応答スペクトルは多数の地震動の平均的特

性を有する。しかし、実際に観測される地震動は固有の周波数特性を有するため、地震動ごとの特徴を拠点建物の観測記録で抽出し、周辺建物のGMPEに上乘せすることで震源スペクトルのばらつきを考慮する。具体的には、防災拠点建物におけるGMPEと観測の誤差を誤差指標 ε ³⁾として表し、式2-3で表す。そして、式2-4を用いて対象建物サイトにおける応答スペクトルを補正する。

$$\varepsilon(T) = \frac{\ln Sa(T) - \ln Sa_{med}(T)}{\hat{\sigma}_{\ln Sa(T)}} \quad (2-3)$$

$$\ln Sa_{pred}(T) = \varepsilon(T) \times \hat{\sigma}_{\ln Sa(T)} + \ln Sa_{med}(T) \quad (2-4)$$

3. 観測記録を用いた提案手法の検証

東京都内の15棟の建物とK-NETの観測記録を用いて検証を行う。15棟にはS造超高層建物とSRCまたはRC造の中低層建物が含まれ、一部は建築研究所の建物強震観測網⁴⁾である。Fig.2に観測点番号および位置関係を示す。用いた観測記録は東北地方太平洋沖地震の本震観測記録である。

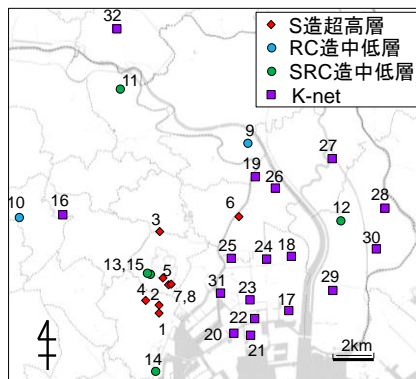


Fig.2 観測点の位置関係

観測点 No.1~15 を周辺建物と仮定して、提案手法を適用した結果を Fig.3 に示す。GMPE に用いたマグニチュードは気象庁マグニチュード 8.1 である。また、各建物に対して観測記録を参照するのは、それぞれの建物から最も距離が近い観測点とした。GMPE による推定値では、変形を危険側に評価する傾向があり、平均的には観測値に対して-60%程度の誤差を持っている。これは気象庁マグニチュード 8.1 を用いているため断層最短距離を過大評価していることが大きな要因であると考えられる。提案手法による推定では安全側の評価となっているが、No.1~8 までの S 造超高層の平均誤差は+30%程度、No.9~15 の RC,SRC 造中低層の平均誤差は+100%程度である。提案手法による観測値に対する誤差と変形角の観測値の関係を Fig.4 に示す。S 造超高層、RC・SRC 造中低層と

もに応答が大きいほど精度は高くなる傾向がみられる。特に、変形角の観測値が 0.15%以上ではほとんどの例で 20%以内の誤差に収まっている。

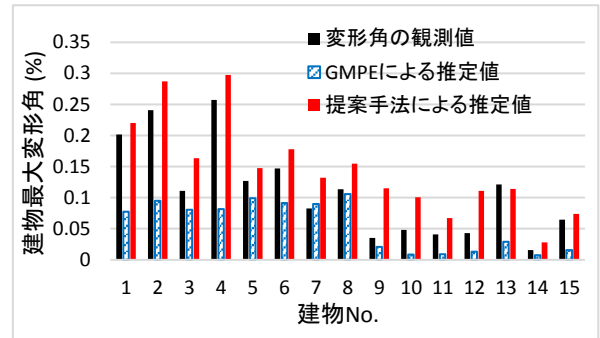


Fig.3 観測値と推定結果の比較

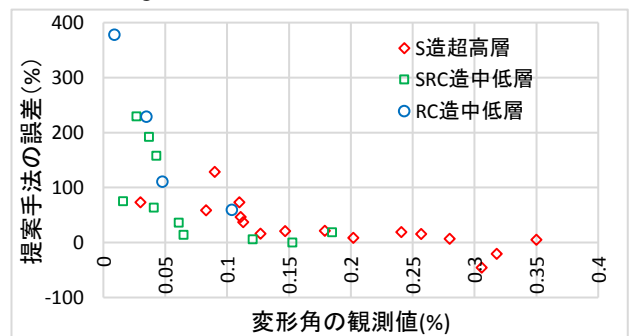


Fig.4 観測値に対する誤差と観測値の関係

4. まとめ

緊急地震速報の情報と拠点建物の観測記録を用いて周辺の建物の最大変形角を推定する手法を提案した。15棟分の観測記録を用いて提案手法の精度の検討を進めた結果、提案手法によってGMPEによる推定誤差を改善できた。特に、提案手法の精度は、関係なく応答が大きいほど高くなる傾向が確認できた。今回は最も近傍にある観測点を拠点として検証したが、推定対象となる周辺建物に対し、どのような拠点観測点を選択すべきかについて、さらなる検討が必要である。

謝辞

本研究は地震研と防災研の拠点間連携共同研究の助成を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) Freeman, S.A. 1998: The Capacity Spectrum Method as a Tool for Seismic Design, Proc. 11th European Conf. Earthq. Eng., Paris, France.
- 2) Morikawa, N. and Fujiwara, H., 2013: A New Ground Motion Prediction Equation for Japan Applicable up to M9 Mega-Earthquake, J. Disaster Research, Vol.8, No.5, pp.878-888
- 3) Baker J.W. and Cornell C.A., 2005: A Vector-Valued Ground Motion Intensity Measure Consisting of Spectral Acceleration and Epsilon. Earthq. Eng. Struct. Dyn., 34 (10), 1193-1217.
- 4) 鹿嶋俊英, 小山信, 大川出: 平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震における建物の強震観測記録, 建築研究資料 No. 135, 独立行政法人建築研究所, 2012 年 3 月