

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	東北地方太平洋沖地震の建物観測記録に基づく超高層, 中高層免震建物の応答性状とエネルギー分担
Title	
著者(和文)	本郷貴之, 佐藤大樹, 福田優輝, 北村春幸, 笠井和彦
Authors	daiki sato, Haruyuki Kitamura, KAZUHIKO KASAI
出典 / Citation	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B, , pp. 439-440
Citation(English)	, vol. B, , pp. 439-440
発行日 / Pub. date	2012, 9
rights	日本建築学会
rights	本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである
relation	isVersionOf: http://ci.nii.ac.jp/naid/110009654597

東北地方太平洋沖地震の建物観測記録に基づく超高層・中高層免震建物の応答性状とエネルギー分担

正会員○本郷 貴之* 同 佐藤 大樹*
同 福田 優輝** 同 北村 春幸*
同 笠井 和彦***

東北地方太平洋沖地震 免震建物 観測記録
固有振動数 エネルギー分担

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震（以後、本震と呼ぶ）では、広範囲にわたって長周期成分を含む継続時間の長い長周期地震動を起こした。この巨大地震により、多数回繰り返し加振が免震ダンパーに作用した。その結果、東北地方、関東地方にある免震建物の鋼材ダンパーにおいて、塑性化による形状の変化などが報告されている¹⁾。免震建物の応答値や免震ダンパーの損傷を知ることは、今後起こる東海・南海地震などの対策を考える上で重要と思われる。

本報では、長期地震動観測を行っている中高層免震建物である講義棟（東京理科大学野田キャンパス）と超高層免震建物である J2 棟²⁾（東京工業大学すずかけ台キャンパス）を対象に、両建物の観測記録に基づき、本震前後での固有振動数の変動把握、免震層と上部構造の吸収エネルギーの分担率を評価する。

2. 対象建物の概要

講義棟（図 1）は、地上 7 階建て、鉄筋コンクリート構造の基礎免震構造である。講義棟の免震層は、天然ゴム系積層ゴム支承、鉛プラグ入り積層ゴム支承、弾性滑り支承、鋼材ダンパーにより構成されている。J2 棟（図 1）は、地上 20 階建て、1 階と 2 階の間に免震層を設けた鉄骨造の中間層免震構造である。J2 棟の免震層は、天然ゴム系積層ゴム支承、免震用オイルダンパー、鋼材ダンパーにより構成されている。なお、図 1 中の MF は免震層を、プロッ

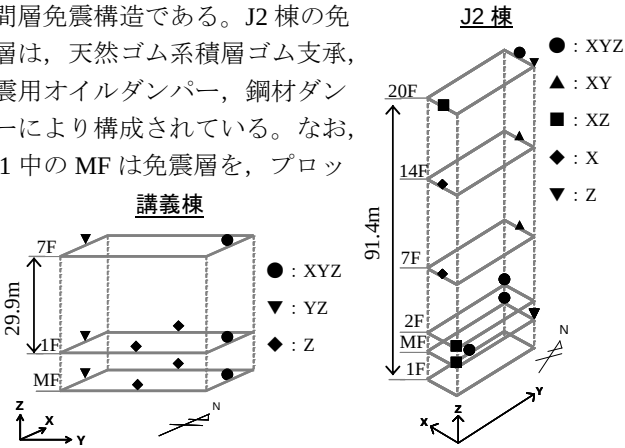


図 1 対象建物の概要（加速度計設置位置）

表 1 採用地震動および対象建物の応答性状

地震動 (震源地)	発生時刻	震源深さ (km)	M	対象建物	距離 (km)	免震層最大 応答加速度(gal)		頂部最大 応答加速度(gal)		免震層 最大変位(mm)		免震層 累積変形量(m)
						X	Y	X	Y	X	Y	
本震 (三陸沖)	2011/3/11 14:46	24	9.0	講義棟	400	262.0	262.7	91.1	119.7	46.0	39.8	7.9
				J2棟	438	65.6	70.4	88.6	115.6	62.8	97.4	12.8

Energy distribution and response characteristics of super high-rise and high-rise base-isolated building based on the observation records of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake.

HONGO Takayuki, SATO Daiki, FUKUDA Yuki
KITAMURA Haruyuki, KASAI Kazuhiko

トは加速度計を表す^{3),4)}。

3. 地震観測記録の検証

3.1 地震応答評価

本報では、本震について検討を行う。なお、講義棟では本震の観測記録が欠測しているため、講義棟を部材レベルでモデル化した立体解析モデル⁵⁾を用いて、時刻歴応答解析を行い、応答値により評価する。その際、同キャンパス構内にある 7 号館（直線距離約 150m）の本震の観測記録を入力する。また、他の観測記録において、講義棟と 7 号館の観測記録の速度応答スペクトルは、概ね一致することを確認している。表 1 に地震動概要および地震応答評価を示す。表中の M はマグニチュード、距離は震央距離を表わす。表 1 より、講義棟では、免震効果が発揮され、上部構造の加速度が低減されているのに対して、J2 棟では、上部構造の加速度が増幅している。この原因として、J2 棟は上部構造が比較的柔らかいこと、本震が設計用地震動に比べて小さいことが考えられる⁶⁾。

3.2 固有振動数の変動

本震前後での免震建物の特性の変動を把握するため、図 2(a)~(c)に、両建物の X 方向の免震層最大変位と建物全体、上部構造および免震層の加速度記録を用いて算出された伝達関数より得られた 1 次固有振動数の関係を示す。図 2 より、講義棟では、本震前後で振動数に変化はほとんど見られない。一方 J2 棟では、図 2 (a)~(c)全てにおいて、本震前後で振動数に低下が見られる。この原因として、上部構造では非構造部材、免震層では免震部材の特性の変化が考えられる。

4. 観測記録に基づくエネルギー評価

4.1 エネルギー算出方法

本報では、両建物において、加速度計設置階（図 1）に縮約したモデル（図 3）を用いて、免震層および上部構造の吸収エネルギーを算出する。免震層の吸収エネルギー $bW(t)$ は、免震層に作用するせん断力と層間変位の面積より求まる。縮約した各層の層せん断力 $RQ_i(t)$ は、質量 $R M_i$ と加速度より算出し、 $RQ_i(t)$ と縮約層間変位 $R\delta_i(t)$ より層で

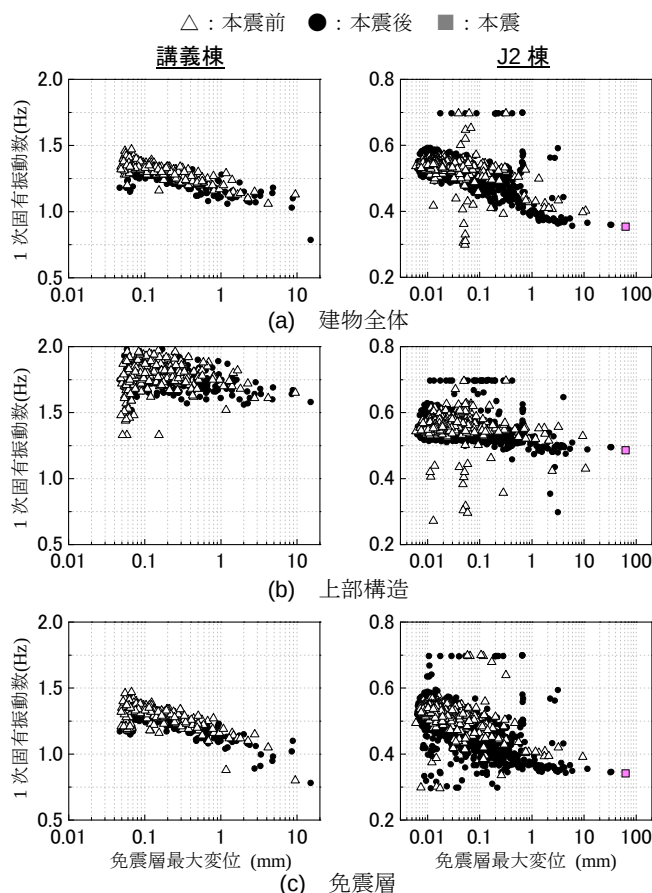


図2 固有振動数と免震層最大変位の関係 (X 方向)

吸収するエネルギー ${}_R W_i(t)$ を求める⁷⁾。

両建物において、図3に示すような質点系に縮約して吸収エネルギーを推定する手法の精度は、立体解析モデル^{5), 8)}を用いた時刻歴応答解析による応答値で確認している。

4.2 エネルギー算出結果およびエネルギーの分担

図4に両建物の吸収エネルギーの分担を示す。図4において、上部構造が吸収したエネルギーを ${}_u W(t)$ 、鋼材ダンパーの吸収エネルギーを ${}_b W_s(t)$ 、講義棟に設置されている鉛プラグ入り積層ゴム支承の吸収エネルギーを ${}_b W_l(t)$ 、天然ゴム系積層ゴム支承の吸収エネルギーを ${}_b W_n(t)$ 、弾性滑り支承の吸収エネルギーを ${}_b W_{sb}(t)$ 、J2 棟に設置されている免震用オイルダンパーの吸収エネルギーを ${}_b W_o(t)$ と表わす。講義棟における ${}_b W_s(t)$ 、 ${}_b W_n(t)$ 、 ${}_b W_l(t)$ 、 ${}_b W_{sb}(t)$ は、時刻歴応答解析による応答値を用いて算出する。J2 棟における ${}_b W_s(t)$ 、 ${}_b W_n(t)$ は、 ${}_b W(t)$ から ${}_b W_o(t)$ を引いたエネルギーとする。ここで、 ${}_b W_o(t)$ は、オイルダンパーに設置されている歪みゲージおよび変位計より得られた観測記録を用いて算出する⁴⁾。

入力地震動のエネルギーに対して免震層が吸収したエネルギーは、講義棟では X 方向で約 84%、Y 方向で 89%、J2 棟では X 方向で約 83%、Y 方向で 63% である。これより、両建物において、本震の入力エネルギーをほぼ免震層が吸収していることが分かる。また、両建物の吸収エネ

ギー量は小さいことから、本震を経験したことによる免震層および上部構造の損傷はないと考えられる。

5. まとめ

本報では、観測記録に基づいた本震前後での固有振動数の変動把握、免震層と上部構造の吸収エネルギーの分担より得られた知見を示した。

講義棟では本震前後で振動数に変化はほとんど見られず、J2 棟では建物全体、上部構造および免震層において振動数に低減が見られた。免震層の吸収エネルギーの吸収率は、講義棟では約 85%、J2 棟では約 70% であり両建物の吸収エネルギー量は、小さいことが分かる。これより、本震を経験したことによる免震層および上部構造の損傷はないと考えられる。

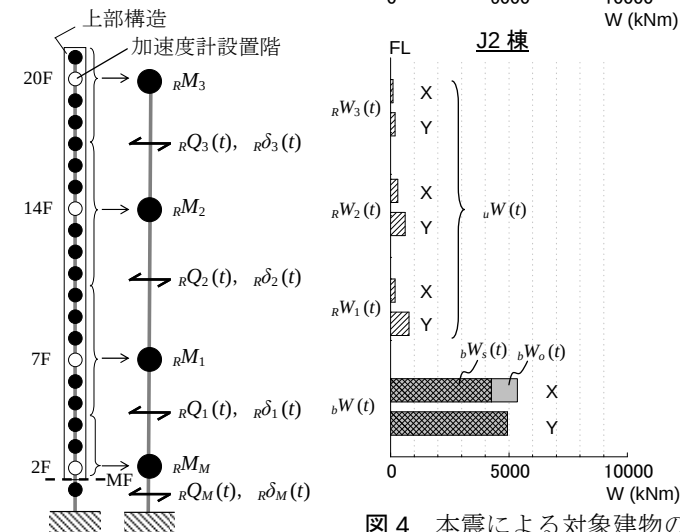


図3 層縮約モデル (J2 棟)

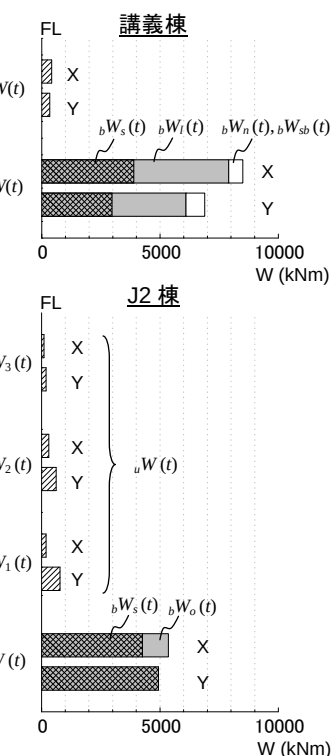


図4 本震による対象建物の吸収エネルギー分担

謝辞

本研究は、東京工業大学グローバル COE プログラム「震災メカニクス軽減の都市地震工学国際拠点」と共同で行われたものであり、J2 棟の地震動観測データを提供して頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本建築学会：東北地方太平洋沖地震に対する応答制御建築物調査、応答制御建物調査委員会、日本免震構造協会、pp. 21-26, 2012.1
- 2) 山際創他：多点同時地震動観測記録に基づく超高層免震建物の地震応答性状の考察、日本建築学会学術講演梗概集 B-2, pp. 333-334, 2011.8
- 3) 森清宣貴他：免震建物を対象とした強震-振動モニタリングシステム、日本建築学会技術報告集, pp. 133-138, 2005.12
- 4) 大木洋司他：超高層免震建物の長期観測システム構築に関する具体的な取り組み、日本建築学会技術報告集, pp. 73-77, 2005.6
- 5) 福田優輝他：多点同時地震動観測記録に基づく免震建物の 3 次元応答解析手法に関する研究、日本建築学会学術講演梗概集 B-2, pp. 257-258, 2010.7
- 6) 笠井和彦他：東京工業大学すずかけ台キャンパス J2 棟 高層棟の地震動応答評価、応答制御建物調査委員会 報告書、日本免震構造協会、2012.1
- 7) 佐藤大樹他：長周期地震動を受ける鋼構造超高層建物のエネルギー吸収と分担率一部分切り出し架構に対する E-ディフェンス震動台実験一、日本建築学会構造系論文集, 第 653 号, pp. 1217-1226, 2010.7
- 8) 福田優輝他：地震動観測記録に基づく超高層免震建物の積層ゴムに生じる引き抜き力に関する研究、日本建築学会学術講演梗概集 B-2, pp. 587-588, 2011.8

*東京理科大学

**元 東京理科大学

***東京工業大学

* Tokyo University of Science

** Fomer Tokyo University of Science

***Tokyo Institute of Technology