T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	免震建物の耐震性能評価指標の提案に関する基礎的検討 その4 上部構造と免震層に対する地震動再現期間の検討
Title(English)	Basic Study on Proposal of Seismic Performance Evaluation Index for Seismic Isolation Building Part4: Examination of Ground Motion Reproduction Period in Superstructure and Base Isolation
著者(和文)	山下忠道, 清水英, 犬伏徹志, 佐藤大樹, 高山峯夫
Authors(English)	Tadamichi Yamashita, Suguru Shimizu, Tetsushi INUBUSHI, Daiki Sato, Mineo Takayama
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-2, , pp. 809-810
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 809-810
発行日 / Pub. date	2017, 8
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

日本建築学会大会学術講演梗概集
（中国） 2017 年 8 月

免震建物の耐震性能評価指標の提案に関する基礎的検討
（その４　上部構造と免震層に対する地震動再現期間の検討）

正会員　○山下忠道[*1]　同　清水 英[*2]
同　犬伏徹志[*3]　同　佐藤大樹[*4]
同　高山峯夫[*5]

免震建物　上部構造　地震入力倍率
地震動再現期間　応答値　経済性

１．はじめに

その３では、耐震構造(非免震モデル)として設計された上部構造に免震層を設けた免震モデルの耐震性能を、地震動再現期間で表現した結果を報告した。この中で、建物が限界状態に達するときの地震動再現期間は免震層の変形で決定し、上部構造と免震層の性能に過大な差が生じ、不経済な設計となっていることを示した。本報では、その３の結果を受け、上部構造を最適設計した免震建物の地震動再現期間と躯体数量についての検討結果を報告する。

２．免震モデル概要

免震建物は、免震層が変形することで地震入力エネルギーを免震層で吸収するため、上部構造の設計用地震力を低減することができる。そこで本検討で用いる上部構造は、その２[1)]で用いた非免震モデルを免震建物として修正設計したものとした。以下に、上部構造の設計条件を示す。

①平面形状、階高、構造形式および架構形式は非免震モデルと同一とする。

②設計用地震力は、その３の応答結果をもとに、ベースシャー係数：C_0 を 0.12、外力分布を Ai 分布として求める。

③柱梁部材の状態は、設計用地震力による応力に対し、短期許容応力度以内とする。

表１に修正設計した上部構造(免震モデル)の骨格曲線を示す。

表１　免震モデル上部構造の骨格曲線

層	W_i (kN)	K_1 (kN/cm)	Q_1 (kN)	α_2	Q_2 (kN)	α_3
6	12,957	3,117	7,198	0.477	13,956	0.002
5	82,684	10,662	22,683	0.336	46,045	0.004
4	82,782	13,235	30,683	0.321	65,469	0.008
3	83,071	15,029	33,685	0.331	70,813	0.020
2	83,071	25,515	33,848	0.311	76,073	0.003
基礎	117,310	－	－	－	－	－

【記号】

W_i：各層の地震時重量、K_1：第一剛性、

Q_1：第一折点の層せん断力、α_2：第二剛性の第一剛性に対する比、

Q_2：第二折点の層せん断力、α_3：第三剛性の第一剛性に対する比

免震層は、その３で用いた免震モデルと同じ特性を有する３ケースとした。本検討では、免震層の特性の違いによる地震動再現期間の比較のため、免震層３ケースに対して上部構造を１ケースのみ修正して、免震モデル A、B、C に対して、上部構造を修正した免震モデル A'、B'、C'を作成する。地震応答解析に用いる地震波は、EL CENTRO NS、TAFT EW、HACHINOHE NS の標準３波とし、レベル２地震動として、最大加速度を 50(cm/s)に基準化して用いる。免震モデルの限界状態はその３と同様とした。表２に評価項目クライテリアを示す。

表２　評価項目クライテリア

評価項目	クライテリア
最大応答層間変形角(rad)	1/150
免震層の最大応答変形(cm)	60
最大応答加速度(cm/s/s)	300

評価手順は、その３と同様に、以下の通りとした。

①入力地震波を用いて地震応答解析を行い、層間変形角、免震層変形、応答加速度の最大応答を求める。

②地震入力倍率を漸増し、免震モデルの限界状態時での地震入力倍率を求める。

③②で求めた地震入力倍率をもとに、地震動再現期間を算定する。

３．解析結果と評価

図１(a～f)に免震モデル A'～C'の層間変形角と応答加速度の評価項目クライテリア時の最大応答を示す。表３に免震モデル A'～C'の評価項目クライテリア時の地震入力倍率と地震再現期間を示す。地震入力倍率は各地震波の最大速度を 40(cm/s)で基準化した入力に対する値としている。

図１より、最大応答層間変形角は２階で、最大応答加速度は５階床で、評価クライテリアに達している。上部構造の応答は、免震層がより長周期になるモデルにおいて、地震波群の応答のばらつきが小さくなる傾向にある。

表３より、地震動再現期間は最大応答層間変形角で 420～2,828 年、最大応答加速度で 179～7,335 年となり、免震層が長周期モデルになるほど長い傾向にある。免震層の最大応答変形は、750～1,237 年である。免震モデル B'と C'では、最大応答層間変形角で免震モデル B'が C'よりも地震動再現期間が短い。この結果は、免震モデル C'が B'よりも上部構造に余力があることを示しており、その３で検討した免震モデル A～C と同じ傾向となっている。

次に、表４に免震モデル A～C と、免震モデル A'～C'における応答層間変形角、免震層の変形の地震動再現期間をそれぞれ示す。応答層間変形角の地震動再現期間は、免震モデル A～C よりも免震モデル A'～C'が短くなっている。

Basic Study on Proposal of Seismic Performance Evaluation Index for Seismic Isolation Building
Part4: Examination of Ground Motion Reproduction Period in Superstructure and Base Isolation

YAMASHITA Tadamichi, SHIMIZU Suguru,
INUBUSHI Tetsushi, SATO Daiki,
and TAKAYAMA Mineo

これらのことから、上部構造の耐震性能は地震動再現期間で比較すると免震モデル A'～C'より免震モデル A～C が高くなるものの、どの免震モデルでも地震動再現期間は免震層の最大応答変形で決定しており、免震層と比較して上部構造は比較的余力のある設計と考えられる。

また、表 4 には、各モデルの応答層間変形角と免震層応答変形での地震動再現期間の比を示している。この値が 1.0 に近いほど上部構造の構造特性と免震層の構造特性のバランスが良く、本検討では免震モデル B'の上部構造と免震層の組み合わせが最も効率的であることがわかる。

本検討では、上部構造は 3 つの免震モデルにおいて同一のモデルであることを考えれば、免震層の特性毎に上部構造を修正設計したモデルとすることで、免震モデルとしての地震動再現期間はさらに延びるものと考えられる。

そして、表 5 に免震モデルと非免震モデルとの上部構造の躯体数量を示す。上部構造を修正設計した免震モデルは、非免震モデルと比べて、躯体数量が低減されており、地震入力倍率と地震動再現期間による検討は、経済性を加味した免震建物の検討にも寄与できるものと考えられ、免震層の特性毎に上部構造の修正設計を行うことで、更にこの躯体数量は効率的な値となっていくものと考えられる。

４．まとめ

本報では、地震動再現期間による評価法を用いることで免震建物と非免震建物との耐震安全性の優劣、免震建物における免震層と上部構造の適正化、経済性について寄与できるものと考えられる。

参考文献

1) 清水英，山下忠道，犬伏徹志，佐藤大樹，高山峯夫：免震建物の耐震性能評価指標の提案に関する基礎的検討 その 1～2，日本建築学会大会学術講演梗概集，2016

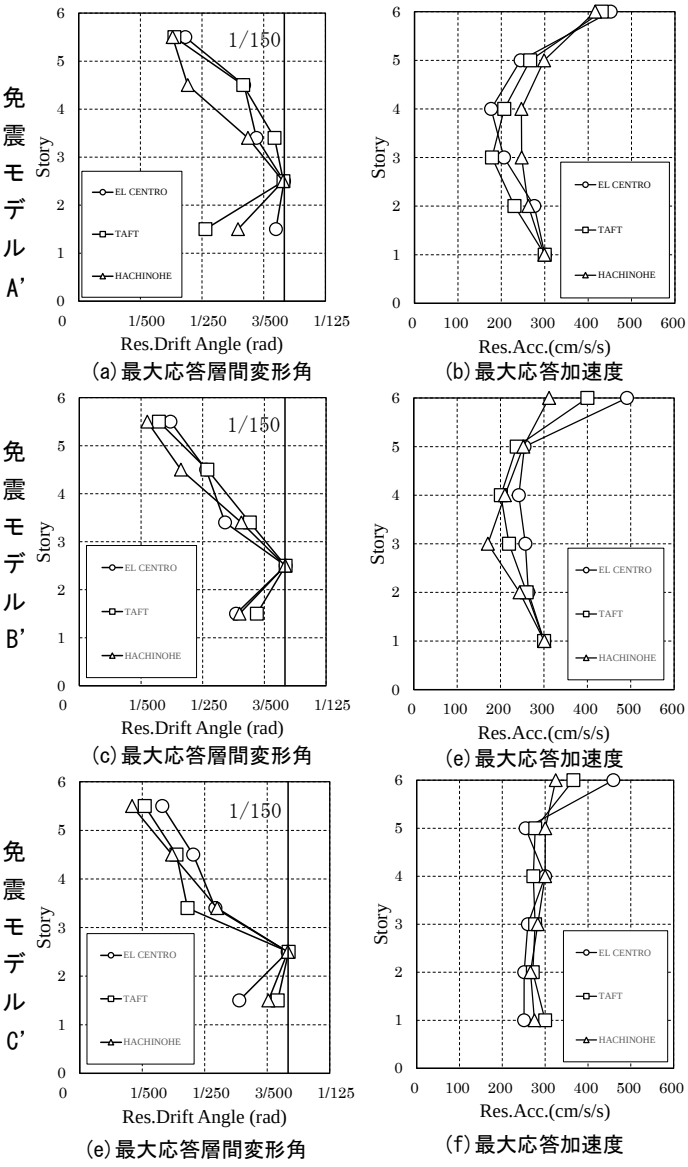

図１　評価項目クライテリア時の最大応答

表３　入力倍率 Rv と地震動再現期間 r

地震波	免震モデル	応答層間変形角(1/150) 再現期間換算係数R_V	応答層間変形角(1/150) 再現期間 r	免震層変形(60cm) 再現期間換算係数R_V	免震層変形(60cm) 再現期間 r	応答加速度(300cm/s/s) 再現期間換算係数R_V	応答加速度(300cm/s/s) 再現期間 r
EL CENTRO	A'	2.68	620	3.44	985	1.53	220
	B'	3.56	1,050	3.74	**1,150**	4.61	1,694
	C'	5.12	**2,057**	3.26	892	8.57	**5,342**
TAFT	A'	4.42	**1,568**	3.89	**1,237**	1.37	179
	B'	4.35	1,521	3.49	1,012	3.85	1,214
	C'	4.19	1,419	3.15	837	6.32	**3,039**
HACHINOHE	A'	2.17	420	3.15	837	4.20	1,426
	B'	3.48	1,006	3.41	**969**	4.42	1,567
	C'	6.08	**2,828**	2.97	750	10.17	**7,335**

表５　躯体数量の比較（上部構造）

	非免震モデル	免震モデル
コンクリート（㎥）	11,600	9,400
鉄筋量（kg）	1,300	800
鉄骨重量（kg）	2,400	2,000

表４　地震動再現期間 r の比較

地震波	モデル	応答層間変形角	免震層応答変形	層間変形角/免震層変形
EL CENTRO	A	1,869	867	2.16
	A'	620	985	0.63
	B	4,225	1,028	4.11
	B'	1,050	1,150	**0.91**
	C	8,667	813	10.66
	C'	2,057	892	2.31
TAFT	A	7,768	1,012	7.67
	A'	1,568	1,237	1.27
	B	2,942	798	3.68
	B'	1,521	1,012	**1.50**
	C	3,202	714	4.49
	C'	1,419	837	1.70
HACHINOHE	A	2,073	669	3.10
	A'	420	837	0.50
	B	5,331	818	6.52
	B'	1,006	969	**1.04**
	C	15,627	760	20.56
	C'	2,828	750	3.77

*1 ダイナミックコントロールデザインオフィス
*2 大和ハウス工業(株)
*3 神奈川大学
*4 東京工業大学
*5 福岡大学

*1 Dynamic Control Design Office
*2 Daiwahouse Industry Co., Ltd.
*3 Kanagawa University
*4 Tokyo Institute of Technology
*5 Fukuoka University