

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2 モデル建物による評価例）
Title(English)	Basic Study on Proposal of Seismic Performance Evaluation Index for Seismic Isolation Building Part2: Evaluation Example of Model Building
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. 517-518
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 517-518
発行日 / Pub. date	2016, 8
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

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2 モデル建物による評価例)

耐震性能評価指標	地震入力倍率	地震再現期間	正会員	○山下忠道*1	同	清水 英*2
応答加速度	応答層間変形角	免震層変位	同	犬伏徹志*3	同	佐藤大樹*4
			同	高山峯夫*5		

1. はじめに

本報では、耐震設計された建物（非免震モデル）と、上部構造を非免震モデルと同じとした免震建物（免震モデル）を用い、非免震モデルの最大応答値と同等になる免震モデルの地震入力倍率および地震動再現期間の算定例を示す。地震動再現期間の算定はその1で示した方法に基づき、非免震モデルの応答値を基準として行う。

2. 例題モデル概要

本検討で用いる建物は、梁間方向スパンが10m、桁行方向スパンが11m、階高が6.67mである5階建ての倉庫である。構造形式は柱がRC造、梁がS造の混合構造とし、架構形式は両方向とも純ラーメン構造とした。各階の床は厚さ180mmのコンクリートスラブとし、床荷重は14.7kN/m²である。屋根は折版とした。

本建物は、保有水平耐力計算で設計を行い、一次設計時の標準せん断力係数は $C_0=0.2$ とした。また、必要保有水平耐力計算時の構造特性係数は、梁崩壊型のため $D_s=0.25$ とした。地震応答解析モデルとして、非免震モデルでは5質点系等価せん断モデルに置換し、復元力特性は剛性逓減型の武田モデル（除荷時の係数は0.4）とした。また、粘性減衰定数は上部構造の一次固有周期に対して3%とし、減衰マトリクスは初期剛性比例型とした。表1に非免震モデル（免震モデル上部構造）の解析諸元を示す。

表1 非免震モデル（免震モデル上部構造）の解析諸元

層	W_i (kN)	K_1 (kN/m)	Q_1 (kN)	α_2	Q_2 (kN)	α_3
6	16756.6	628623.0	19470.0	0.145	23835.9	0.000
5	91812.1	2171049.0	49831.8	0.301	78890.1	0.001
4	91586.9	2648967.0	56348.4	0.355	110952.1	0.010
3	91654.5	3151341.0	60965.5	0.345	129403.1	0.010
2	91654.5	5785551.0	49063.0	0.345	141331.3	0.005
基礎	138644.8	—	—	—	—	—

【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

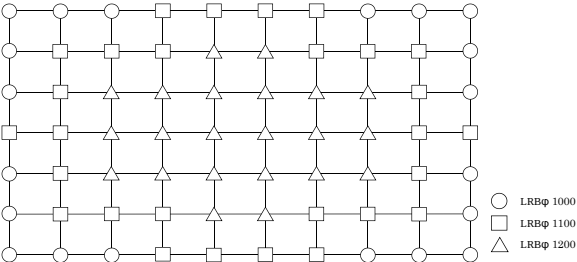


図1 免震部材の配置

免震モデルは、非免震モデルの基礎部に免震層を設けたものとする。使用する免震材料は、全て鉛プラグ入り積層ゴム支承とした。図1に免震部材の配置を、表2に免震層の諸元を示す。免震層の降伏せん断力係数は $C_y=0.05$ 、免震周期は $T_f=4.0\text{sec}$ とした。免震部材の復元力特性は歪依存型のバイリニアとし、ハードニングは考慮しない。上部構造の粘性減衰は非免震モデルと同じとし、免震部材は0%とする。

表2 免震部材の諸元

LRB	n	K_d (kN/m)	Q_d (kN)	$n \cdot K_d$ (kN/m)	$n \cdot Q_d$ (kN)
φ1000	20	1543	391.3	30860	7826.0
φ1100	28	1857	391.3	51996	10956.4
φ1200	22	2201	391.3	48422	8608.6

【記号】

n : 免震部材の基数、 K_d : 降伏後剛性、 Q_d : 降伏荷重

地震応答解析に用いる地震動は、EL CENTRO NS、TAFT EW、HACHINOHE NS、JMA-KOBE NSの4波とし、非免震モデルでは、レベル2地震動としてそれぞれの最大速度を50cm/sに基準化して用いる。免震モデルも使用する地震動は同じであるが、最大速度を漸増させ、非免震モデルの応答値と同等になる地震入力倍率を求める。

3. 解析結果と評価

図3(a)、(b)に非免震モデルの最大応答加速度と最大応答層間変形角を示す。2～5階床で最大応答加速度は250～600cm/s²程度、最大応答層間変形角は1/300～1/90程度となっている。最上階の応答加速度が800～1000cm/s²程度となっているのは、屋根が折版で重量が軽く、大きく振られたためである。なお、層の塑性率は1.0～5.9程度である。図4(a)～(c)に、それぞれの応答が限界状態に達する時の免震モデルの最大応答加速度と最大応答層間変形角、免震層の最大応答変形を示す。表3にそれぞれの地震動入力倍率（再現期間換算係数 R_v と同義）と算定した再現期間を示す。免震モデルの限界状態として応答加速度、応答層間変形角が非免震モデルと同程度になる時の地震入力倍率はそれぞれ8.39倍、6.36倍となった。最大応答加速度は5階床で606.5cm/s²、最大応答層間変形は2階で1/87となり、非免震モデルの限界状態と同じ応答となった。図4には、免震モデルと同じ応答値を示した非免震モデルの最大応答値を表示している。一方免震層の応答変位がせん断ひずみ400%相当(80cm)に達する時の地震入力倍率は約3.01倍

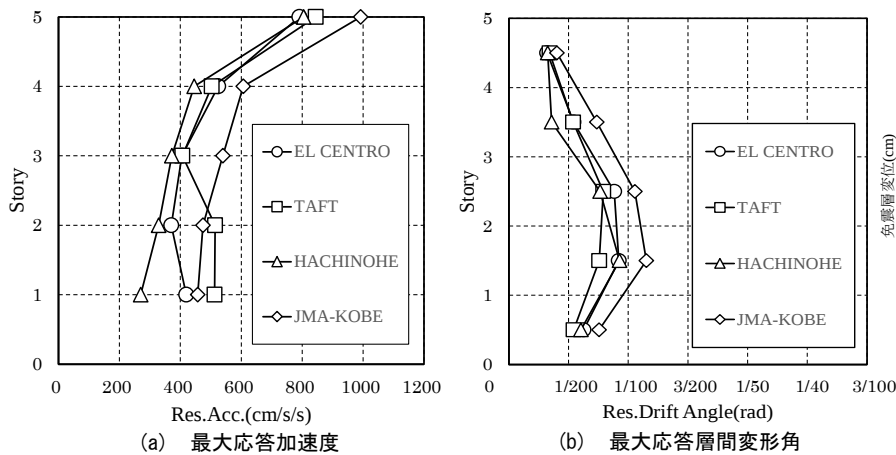


図3 非免震モデルの応答結果

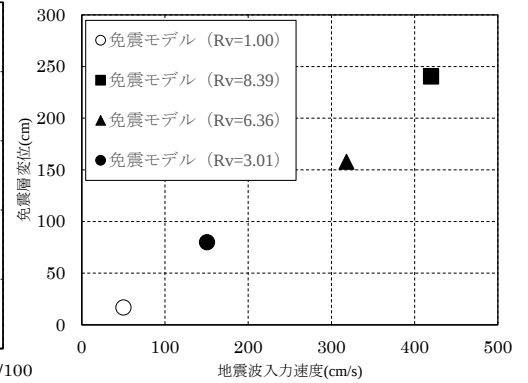


図5 地震動最大速度と免震層変位

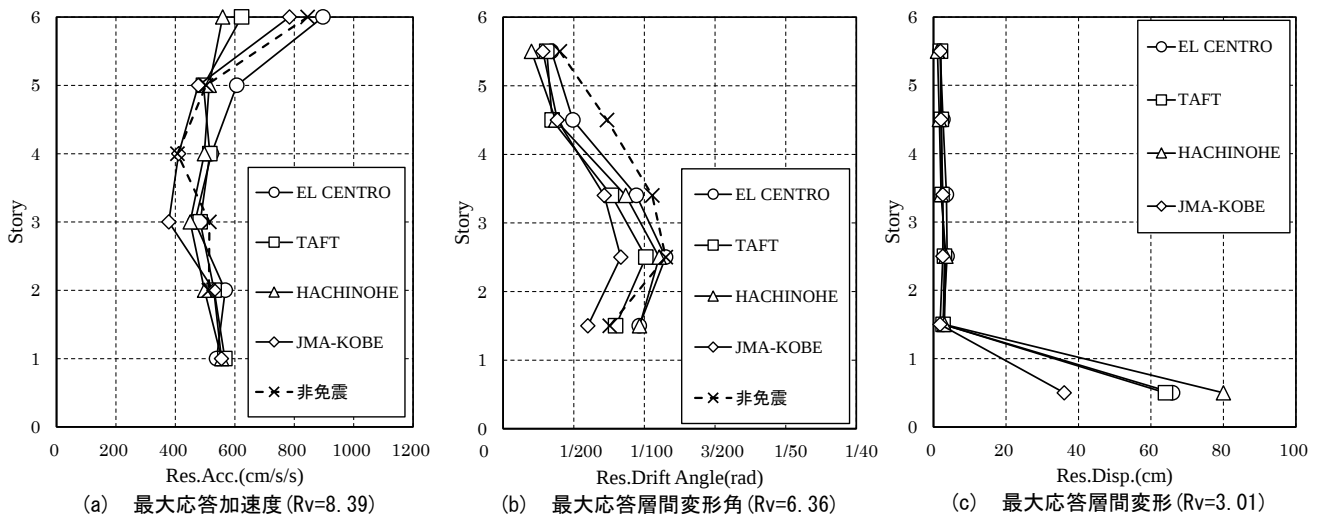


図4 免震モデルの応答結果（限界状態時）

表3 再現期間換算係数と再現期間

	応答加速度	応答層間変形角	免震層変位
地震波入力最大速度 (cm/s)	419.6	318.0	150.3
再現期間換算係数 R_v	8.39	6.36	3.01
再現期間 r (年)	5139	3075	768

で最も小さい。それぞれの R_v を地震動の再現期間に換算すると、応答加速度では5139年、層間変形角では3075年と非常に長い。免震層変位では再現期間は768年となり、レベル2地震動の再現期間500年の約1.54倍である。したがって、上部構造が同じであれば免震層変位により免震モデルの限界状態が決まり、非免震モデルに比べて約1.54倍の再現期間の地震動に耐えられる性能を有しているといえる。あるいは、免震モデルは非免震モデルに比べ、同じ入力レベルの地震動に対して、1.54倍の耐震性能を有していることと同等であるといえる。

図5に入力地震動の最大速度と免震層変位の関係を示す。

図中には、レベル2地震動(50cm/s)と表3に示す各限界状態時に達する時の最大速度をプロットしており、免震層変位と明確な線形関係が見られる。

本報では免震部材のハードニングや擁壁衝突は考慮していないが、それらを考慮した際には上部構造の応答が増大するため、再現期間換算係数 R_v は大きく変化すると考えられる。

4. まとめ

本報では、その1で示した方法により、非免震モデルの最大応答値と同等になる免震モデルの地震入力倍率および地震動再現期間の算定例を示した。非免震モデルの応答値を基準として、免震モデルの耐震性能がどの程度であるかを評価したことになるが、今後はその1で示した評価項目のランクに対して、非免震モデルと免震モデルの応答を比較し、再現期間の算定を行うとともに、両者の耐震性能の比較を行う予定である。

*1 大和ハウス工業(株)

*2 ダイナミックコントロールデザインオフィス

*3 神奈川大学

*4 東京工業大学

*5 福岡大学

*1 Daiwahouse Industry Co., Ltd.

*2 Dynamic Control Design Office

*3 Kanagawa University

*4 Tokyo Institute of Technology

*5 Fukuoka University