T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo 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1 耐震性能評価方法の概要） |
| Title(English) | Basic Study on Proposal of Seismic Performance Evaluation Index for Seismic Isolation Building Part1: Summary of Seismic Performance Evaluation Method |
| 著者(和文) | 清水 英, 山下忠道, 犬伏徹志, 佐藤大樹, 高山 峯夫 |
| Authors(English) | Suguru Shimizu, Tadamichi Yamashita, 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. 515-516 |
| Citation(English) | , vol. B-2, , pp. 515-516 |
| 発行日 / Pub. date | 2016, 8 |
| 権利情報 | 一般社団法人 日本建築学会 |

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

日本建築学会大会学術講演梗概集
（九州） 2016 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１　耐震性能評価方法の概要）

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

免震建物　耐震性能評価指標　地震入力倍率
地震再現期間　加速度応答スペクトル　安全限界

### １．はじめに

近年、「住宅の品質確保の促進等に関する法律」[1]における住宅性能表示制度[2]により、様々な住宅の性能を客観的な指標で評価することが行われ、耐震性能は「耐震等級」によって評価されている。また、官庁施設では重要度係数や保有水平耐力比で耐震性能を評価している[3]。

一方、免震建物は 1995 年の兵庫県南部地震以降、建設数が増加しているが、その耐震性能について上記のような客観的な評価は行われていない。免震建物は経験的に耐震安全性能が高いと考えられているためであるが、激震時の建物応答がそれぞれ異なることを考えると、免震建物の耐震性能を客観的かつ容易な指標で提示することが必要になる。

また、免震建物は地震応答解析により耐震安全性を検証することが一般的であるが、同一建物であっても建設地により地震発生確率や地震動の大きさが異なり、建物応答値だけで耐震性能を比較することは困難である。そのため、これについても統一的な評価方法が必要となる。

以上を踏まえ、本研究では免震建物の耐震性能評価指標における評価方法の考え方を提案する。

### ２．免震建物の性能評価項目

免震構造の耐震性能評価には、耐震構造とは異なり、力と変形の概念が重要である。現状、免震建物は以下のような項目に対して検討を行い、それぞれで安全性を確認している。

① 上部構造の最大応答値（層間変形角・加速度など）
② 免震部材の応答値（せん断ひずみ・面圧・回転角など）
③ 免震部材の累積損傷（長時間繰り返しによる疲労など）
④ 設計クライテリアに対する余裕率

これらの性能指標は専門性が高く、専門家以外にはわかりづらい。現行の住宅性能表示制度における耐震等級と同様の客観的な指標を提案することができれば、免震建物の耐震性能を統一的かつ容易に理解することができ、耐震構造との比較も可能となると考えられる。

そこで、各性能評価機関から公表されている情報を基にデータベースを作成し、免震建物の一般的な設計クライテリアの分析や、設計時における動的応答性能の状況を把握した上で、免震建物の耐震性能評価指標の素案を 9 項目作成した。表 1 に免震建物の性能評価指標の項目を、図 1 に調査・集計した性能評価項目の一部を示す。これらは、免震建物の性能評価で通常確認される項目のため、本研究における耐震性能評価指標とした。

**表１　免震建物の性能評価項目**

| | 項　目 | | 項　目 |
|---|---|---|---|
| 1 | 上部構造の状態 | 6 | 免震部材の累積変形 |
| 2 | 上部構造の最大応答加速度 | 7 | 免震層の残留変形 |
| 3 | 免震部材の最大応答変位 | 8 | 下部構造（基礎）の設計 |
| 4 | 免震部材の浮き上がり | 9 | 耐風設計 |
| 5 | 免震部材の回転角 | | |

図１では、高さ 60m 以下の建物における最大応答値（加速度、層間変形角）の件数を示しているが、一般的な免震建物の設計クライテリアは、最大応答加速度は 300cm/s² 以下に、最大応答層間変形角は 1/200 以下にそれぞれ設定されているものと考えられる。

今後、これらを基に表 1 の 9 項目の具体的な評価値を設定し、それぞれ 5 段階のランクによって個別に評価し、各項目の評価値に重み付けをして免震建物の耐震性能を評価する予定である。

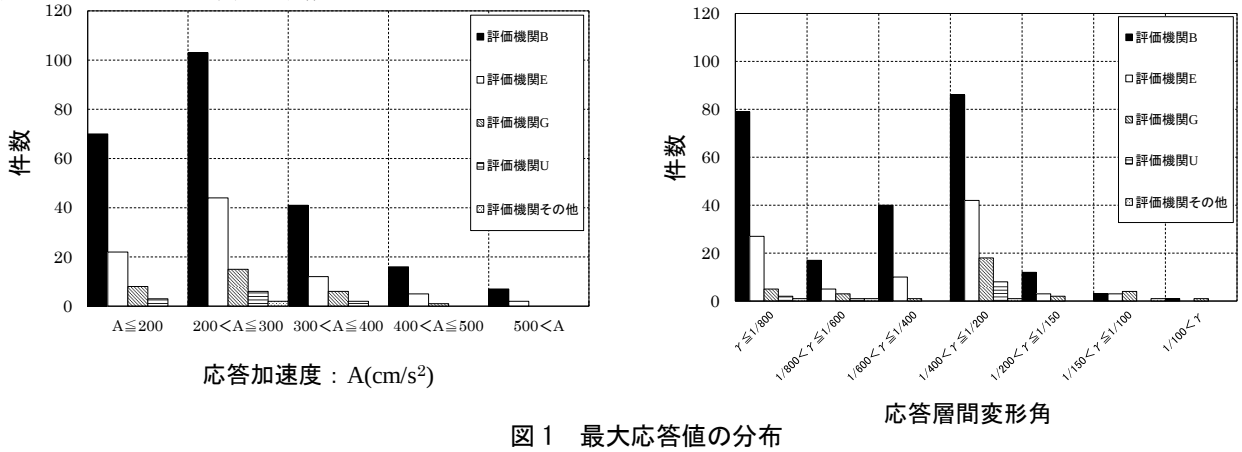


**図１　最大応答値の分布**

Basic Study on Proposal of Seismic Performance Evaluation Index for Seismic Isolation Building
Part1: Summary of Seismic Performance Evaluation Method

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

## ３．地震動再現期間による耐震性能評価

現行の建築基準法の地震動（告示波）は、稀に発生する地震動（レベル 1）は 50 年、極めて稀に発生する地震動（レベル 2）は 500 年再現期間の地震動と規定されており、免震建物はレベル 2 地震動に対して弾性設計されることが多い。しかし、建設地によってはサイト波として、500 年以上の再現期間を有し、告示波よりも大きな地震動を用いる場合もある。このように、建設地によって入力地震動が異なるため、最大応答値だけを用いた単純な方法では構造安全性を客観的に示すことができない。

そこで、本手法では、建物応答値ではなく、建物が安全限界に達する時の入力地震動の大きさを再現期間に換算して評価することとした。地震動再現期間の算定方法を以下に示す。

文献 4 では、建築物の地上部に作用する静的な地震荷重は加速度応答スペクトルを用いて(1)式で求めることとしている。

$$S_A(T,h)=\begin{cases}\left(1+\dfrac{f_A-1}{d}\dfrac{T}{T_C}\right)F_h G_A R_A A_0, & 0 \leqq T \leqq dT_C \\ F_h f_A G_A R_A A_0, & dT_C \leqq T \leqq T_C \\ \dfrac{2\pi F_h f_V G_V R_V V_0}{T}, & T_C \leqq T\end{cases} \quad (1)$$

【記号】

$f_A$、$f_B$、$d$、$T_C$：スペクトルの形状を特徴づけるパラメーターで、$f_A$=2.5、$f_B$=2.0、$d$=0.5 を推奨している。

$F_h$：減衰補正係数で、減衰定数 0.05 以外の減衰定数の場合に乗じる係数。

$A_0$：標準地盤の地震動の基本最大加速度

$V_0$：標準地盤の地震動の基本最大速度

$R_A$：地震動の最大加速度の再現期間換算係数

$R_V$：地震動の最大速度の再現期間換算係数

$G_A$：地震動の最大加速度の地盤種別補正係数で、第Ⅰ種地盤では 1.0、第Ⅱ種・第Ⅲ種地盤では 1.2 を推奨している。

$G_B$：地震動の最大速度の地盤種別補正係数で、第Ⅰ種地盤では 1.0、第Ⅱ種地盤では 2.0、第Ⅲ種地盤では 3.0 を推奨している。

本手法では、(1)式で表される加速度応答スペクトルを入力地震動と考え、(1)式中の再現期間換算係数を用いて、$r$ 年再現期間を(2)式で推定する。

$$R_A = R_V = (r/100)^{0.54} \quad (2)$$

例として、耐震建物（以下、非免震モデル）と免震建物（以下、免震モデル）を比較する場合を考える。まず、入力地震動を用いて地震応答解析を行い、それぞれの最大応答加速度、最大応答層間変形角を求める。次に、著者らの研究グループが提案している動的性能を考慮した構造耐震指標 $_dI_s$ 値 [5]算出の考え方の一部を用い、地震入力倍率を漸増し、建物が限界状態となる時の入力倍率（$R_A$ または $R_V$）を両建物モデルで求める。なお、入力地震動が複数ある場合は、その中で最小となった入力倍率を採用する。そして(2)式を用いて再現期間を算定する。

## ４．例題モデルによる地震動再現期間算定例

本研究では、地震動再現期間と上部構造の損傷度の相関性を検討することで、将来的には設計で考慮する地震動の再現期間と建設コストの関係性を評価することができ、統一的な性能評価指標として活用されるものと考える。

今回は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となるかを評価することとし、例題モデルによる地震動再現期間算定をその 2 で行う。ここでは、その検証方法について述べる。基本的には 3 章で示した手順による。

まず、非免震モデルにレベル 2 地震動を入力した時の最大応答加速度、最大応答層間変形角を求める。次に免震モデルでの地震入力倍率を漸増し、非免震モデルと同じ最大応答値が得られた時の入力倍率を求める。このとき、地震入力倍率は入力地震動の速度を漸増させる。

免震モデルは、以下の 3 つのいずれかの状態に達した時点を安全限界とする。

① 上部構造のいずれかの層の最大応答層間変形角が、非免震モデルの最大応答層間変形角と同じ値となったとき

② 上部構造のいずれかの層の最大応答加速度が、非免震モデルの最大応答加速度と同じ値となったとき

③ 免震層にせん断ひずみ 400%に相当する最大応答変位が生じたとき

## ６．まとめ

その 1 では、免震建物の性能評価項目の素案作成と、地震動再現期間による耐震性能評価の方法について考え方を示した。その 2 では、本報で示した考え方に基づき、非免震モデルの応答値を目標として地震動再現期間の検討を行う。

## 参考文献


1) 平成 11 年 6 月 23 日法律第 81 号
2) 平成 13 年国土交通省告示第 1346 号
3) 建設省大臣官房官庁営繕部監修：官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説，平成 8 年
4) 日本建築学会：建築物荷重指針・同解説, 1993
5) 山下忠道，笠井和彦，伊藤真二，犬伏徹志，清水英 他：制振補強効果による動的性能向上倍率の算出 その 1～18，日本建築学会大会学術講演梗概集，2012-2015



*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