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)	都市免震構造の地震応答特性に関する検討 （その３：時刻歴応答解析に基づく地震応答性状の分析）
Title(English)	Seismic response of a seismically-isolated urban structure Part 3: Seismic response analysis based on time history analysis
著者(和文)	長谷川 愛理, 佐藤大樹, 李 晶, 菊地優
Authors(English)	Airi Hasegawa, Daiki Sato, Jing LI, Masaru Kikuchi
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 619-620
Citation(English)	, , , pp. 619-620
発行日 / Pub. date	2023, 9
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
（近畿） 2023 年 9 月

都市免震構造の地震応答特性に関する検討
（その３：時刻歴応答解析に基づく地震応答性状の分析）

免震構造　街区免震　単体免震
耐震　時刻歴解析　地震応答

正会員　○長谷川 愛理*1　同　佐藤 大樹*1
同　李 晶*1　同　菊地 優*2

1. はじめに

本報その 2 では，上部構造 11 棟を有する街区免震を対象に時刻歴応答解析を行い，街区免震全体の応答が低減しやすい最適なダンパー量について検討した。本報その 3 では，街区免震に加え，単体免震，耐震についても解析を行い，街区免震の地震応答性状について比較しながら検討する。

2. 解析モデル概要

2.1 上部構造

解析対象モデルは，本報その 2 で用いた街区免震に加え，単体免震モデルおよび耐震モデルの解析を行う。以下に単体免震と耐震のモデル概要を示す。解析対象とする建物は本報その 1 で示した 6 種類とし，建物の略称も同じく，防災指令センターを DC，病院を HOS，エネルギーセンターを EC，緊急避難所を GYM，低層住宅棟を LB，高層住宅棟を HB と表す。

単体免震モデル

本報では，建物 1 棟につき 1 つの免震基盤を有するモデルを単体免震と定義し、解析モデルを Fig. 1 に示す。上部構造の復元力は本報その 2 で示した設定式により算出され，単体免震では街区免震と同じ値を用いる。免震層の質量は，各上部構造の支配面積 [1]に含まれる免震基盤の重量を合計することで算出する。設計用のパラメータは全ての建物で，免震層の最大変形 $\delta_{0,\max}$ = 40 cm，免震層の 1 次固有周期 ${}_1T_{iso}$ = 1.5 s，免震層の最大せん断力係数 $\alpha_{0,\max}$ = 0.1 と設定した。また，免震層の降伏せん断力係数 α_s は，ダンパー量の検討において街区免震における最適なダンパー量と判断した 0.025 を採用する。以上を用いて本報その 2 で示した設定式により，免震層のパラメータを決定した。

耐震モデル

免震構造としない耐震の解析モデルを Fig. 2 に示す。耐震モデルでは，全ての建物の剛性および耐力を免震時の 2 倍として設定した値を採用する。固有値解析によって得られた耐震建物の 1 次固有周期を Table 1 に示す。免震時同様，病院(HOS)，高層住宅棟(HB)の順に固有周期が長い建物であることが確認できる。

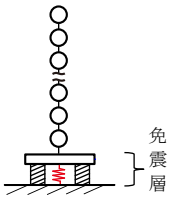


Fig. 1 単体免震解析モデル

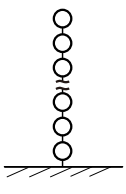


Fig. 2 耐震解析モデル

Table 1 耐震の 1 次固有周期 [s]

DC	0.630
HOS	1.185
EC	0.296
GYM	0.135
LB	0.594
HB	1.079

3. 街区免震・単体免震・耐震の応答比較

街区免震モデル，単体免震モデル，耐震モデルにおける時刻歴応答解析の結果から最大応答値を比較し，街区免震の応答低減効果について検討する。ここで 1.0 倍波に対する層間変形角 R のクライテリアは，免震の場合で 1/200，耐震の場合で 1/100 と設定する。

Fig. 4(1)～(3)にそれぞれ上部構造の最大層間変形角 $R_{\max}$，上部構造の最大加速度 $A_{\max}$，免震層の最大変位 X_0 を示す。図中の赤破線は各指標の許容上限値を表しており，Fig. 4(1)は層間変形角のクライテリア，Fig. 4(2)は入力地震動(1.0 倍波)の最大加速度 $\ddot{y}_{\max}$，Fig. 4(3)は免震層変位のクライテリアである。街区免震において，耐震と比較すると応答は大きく低減しており，免震による応答低減効果が発揮されていることがわかる。1.5 倍波を用いた街区免震の応答においても，1.0 倍波の耐震より小さい値を示す建物が多く，街区免震の有用性が確認できる。次に単体免震と比較すると，上部構造の最大加速度および免震層の最大変位はほぼ同値であり，1.0 倍波の応答ではどちらも許容範囲内に収まっている。一方で上部構造の最大層間変形角に着目すると，街区免震の応答は全ての建物においてクライテリアを満たしているものの，単体免震の応答とは大きく差が生じる建物が見られる。特に固有周期の長い高層住宅棟(HB)や病院(HOS)では，街区免震の応答の増大が顕著であることがわかる。

ここで，上部構造の層間変形角に着目した高さ方向分布(ART HACHI)を Fig. 3 に示す。図中の赤破線，赤実線はそれぞれ第一勾配の限界(δ_1)層間変形角 R_1，第二勾配の限界(δ_2)層間変形角 R_2 を表している。他モデルと比較すると，耐震モデルの応答が最も大きくなるケースが多く，建物によっては第二勾配を大きく上回る結果が読み取れる。それに対して街区免震では，1.0 倍波の応答に着目すると全ての建物において第二勾配以内に収まっていることが確認できる。1.5 倍波ではやや応答が増大するものの，ほとんどの条件下で第二勾配以内であることから，免震化することで応答を大きく低減できると考えられる。しかし単体免震と比較すると，街区免震とした際の応答のほうが大きく，2 倍以上に増大してしまう建物も見受けられる。

このように，街区免震とすることで大きな応答低減効果が発揮され，設計クライテリアを満足する結果が得られるものの，設計条件によっては単体免震より応答が増大する場合もあることから，設計の際には十分注意して行う必要がある。

Seismic response of a seismically-isolated urban structure
Part 3: Seismic response analysis based on time history analysis

HASEGAWA Airi, SATO Daiki
LI Jing, KIKUCHI Masaru

4. まとめ

街区免震，単体免震，耐震の異なる 3 つのモデルを用いて，地震応答性状について比較検討を行った。耐震に比べると街区免震の応答は非常に小さくなる傾向が見られた。特にレベル 2 を超える地震動を用いた場合でも，1.0 倍波における耐震より応答値が小さくなるケースが多いことから，免震による応答低減効果が大きいことを確認した。しかし，単体免震と比較すると街区免震の応答の方が大きくなる場合もあることから，設計の際には十分注意して行う必要がある。

参考文献

1) 日本免震構造協会：レジリエントな都市の実現構造研究会 免震システム技術 WG 活動報告書、2023 年 3 月

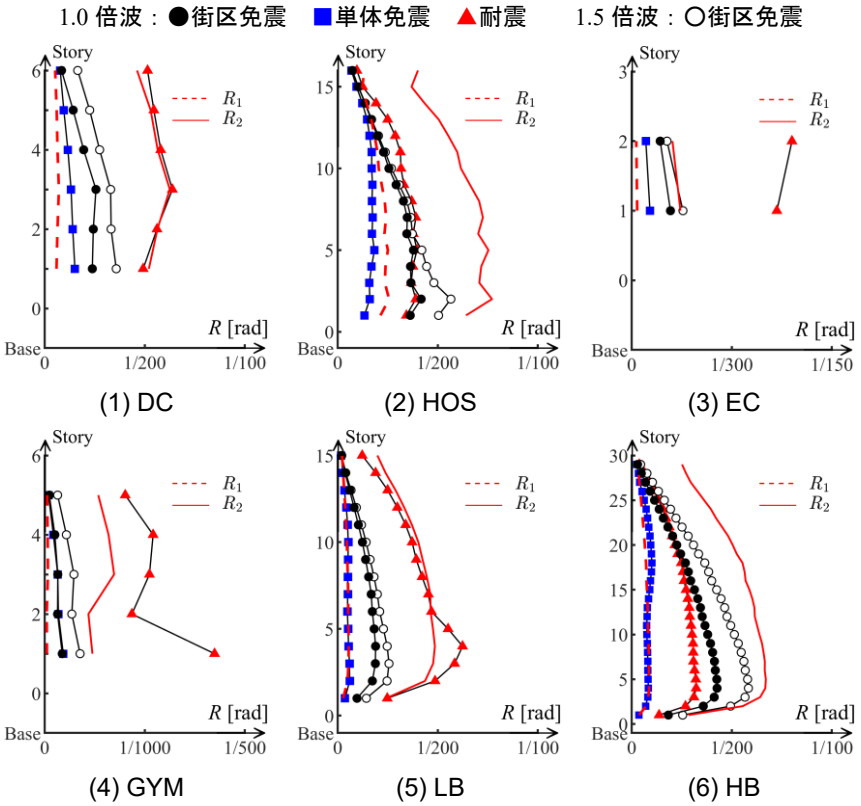
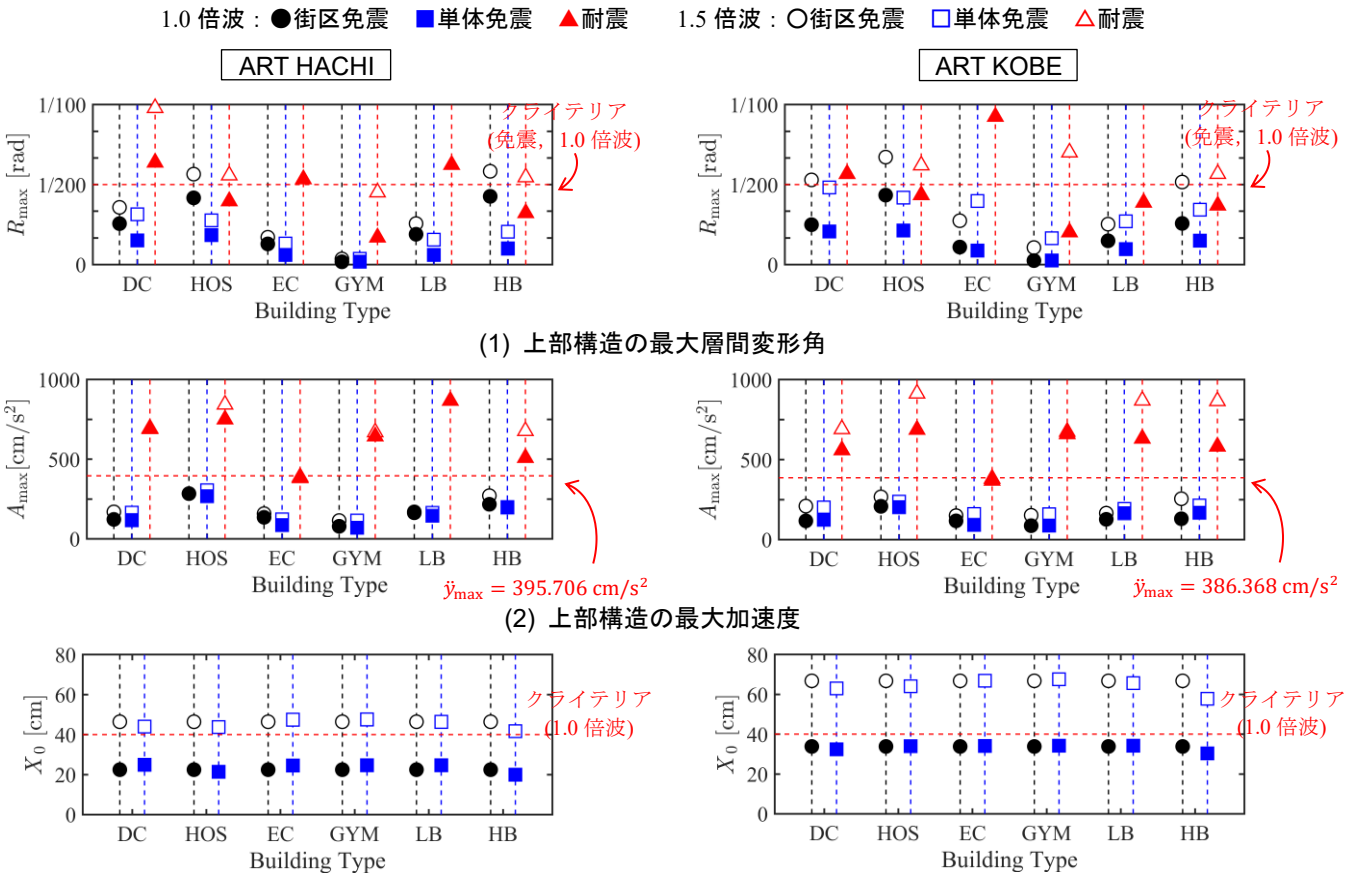


Fig. 3 層間変形角の高さ方向分布(ART HACHI)



(1) 上部構造の最大層間変形角

(2) 上部構造の最大加速度

(3) 免震層の最大変位

Fig. 4 最大応答値

*1 東京工業大学
*2 北海道大学
*1 Tokyo Institute of Technology
*2 Hokkaido University