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) | 超高層免震建築物に用いた高減衰ゴム系積層ゴムの地震および風応答時における累積吸収エネルギー評価(その1 解析諸元及び応答解析結果) |
| Title(English) | The Evaluation on Cumulative Absorbed Energy of HighDamping Rubber Bearings at both the Earthquake Response and the Wind Response applying to a Super High-Rise Seismic Isolated Building - Part1 Overview of Analysis and Response Analysis Result - |
| 著者(和文) | 土橋健治, 竹内貞光, 神田亮, 森隆浩, 山下忠道, 佐藤大樹, 犬伏徹志, 扇谷匠己 |
| Authors(English) | Kenji Dobashi, Sadamitsu TAKEUCHI, Makoto kanda, Takahiro Mori, Tadamichi Yamashita, Daiki Sato, Tetsushi INUBUSHI, Narumi OUGIYA |
| 出典(和文) | 日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-2, , pp. 1011-1012 |
| Citation(English) | , vol. B-2, , pp. 1011-1012 |
| 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

# 超高層免震建築物に用いた高減衰ゴム系積層ゴムの地震および風応答時における累積吸収エネルギー評価 (その 1　解析諸元及び応答解析結果)

正会員　○土橋健治*1　同　竹内貞光*2
同　神田　亮*3　同　森　隆浩*4
同　山下忠道*5　同　佐藤大樹*6
同　犬伏徹志*7　同　扇谷匠己*8

累積吸収エネルギー　高減衰ゴム系積層ゴム　台風
風外乱　長周期・長時間地震動　超高層免震建築物

## 1. はじめに

超高層免震建築物は，地震外乱だけでなく風外乱による影響も大きくなるため，設計の際は十分な評価が必要である [1]。特に長周期・長時間地震動や風外乱において，免震建築物は長時間の多数回繰り返し加振をうける。免震部材の高減衰ゴム系積層ゴム（以下 HDR）などは，多数繰り返し加振により水平特性が変化する [2]が，一般に使用される解析モデルでは繰り返しの考慮ができない。そのため，解析で得られた結果と試験体で得られた実験結果を適切に比較する必要がある。

本論文の目的は，超高層免震建築物の地震外乱と風外乱による時刻歴応答解析を行い，HDR の多数繰り返しによる影響を評価することである。北村ら [2]が用いた累積吸収エネルギーによる評価に着目し，文献 3)に示す制振ダンパーにおける手法を準用することで，解析結果と実験結果を比較する手法を示し，その影響を評価する。

## 2. 解析モデル

本論文の対象建築物は，30m×30m×150m の基礎に免震層を有する超高層免震建築物である。アスペクト比 5 の 42 階建の RC 純ラーメン架構の超高層免震建物とする [1]。粘性減衰は上部構造を基礎固定と考えた場合，1 次固有周期(3.13s)に対して 2%の初期剛性比例型とし，免震層の粘性減衰は 0%とした。対象建築物を Fig.1，構造諸元を Table.1 に示す。Fig.2 に示すように対象建築物の構造軸に対して X 方向を風方向，Y 方向を風直交方向，M 方向を捩れ方向とする。地震動を入力した場合の免震層の復元力特性モデルは文献 4)で示したもの，風外乱を入力した場合の免震層の復元力特性モデルは文献 5)で示したものを用いた。解析モデルは繰り返しの影響は考慮できないモデルある。免震部材の配置を Fig.3 に示す。

## 3. 解析に用いた地震外乱と風外乱

Table.2 に解析に用いた地震動を示す。長周期・長時間地震動として建築基準整備促進事業の平成 23 年度「超高層建築物等への長周期地震動の影響に関する検討」[6]で作成された地震動を用いた。選択したサイトは新宿（KGIN），津島（AIC003），此花（OSKH02），浜松（SZO024）の 4 ヶ所である。これら地震外乱による時刻歴応答解析は 1 方向解析でおこなった。

Table.1 Structural Parameters

| | |
|---|---|
| Building Weight [kN] | 560424 |
| Height [m] | 450 |
| Width･Depth [m] | 30 |
| Elastic First Natural Period [s] | 3.13 |

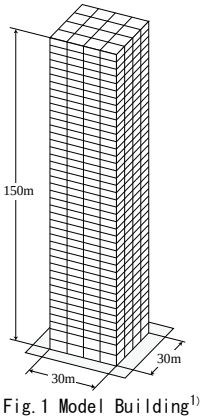
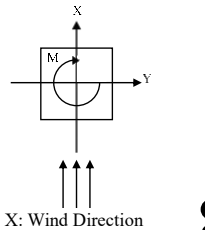
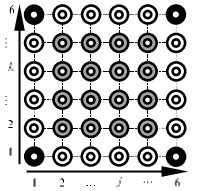



Fig.1 Model Building[1)]




X: Wind Direction
Y: Across Wind Direction
M: Torsional Direction

Fig.2 Wind Direction and Structural Axes




: HDRφ1100 G0.6 Hr=250mm
: HDRφ1200 G0.6 Hr=250mm
: HDRφ1400 G0.6 Hr=250mm

Fig.3 Arrangement of the Seismic Isolation

Table.2 Input Earthquake Motion

| Earthquake Motion | Maximum Acceleration [cm/s$^2$] | Duration Time [s] |
|---|---|---|
| KGIN | 42.1 | 739.82 |
| AIC003 | 199.4 | 739.82 |
| OSKH02 | 98.5 | 739.82 |
| SZO024 | 576.8 | 739.82 |

解析に用いた風外乱の風力波形は，建築物が受ける最大の風荷重を考慮した。静止風圧実験により得られた結果を基に，極めて稀に発生する暴風(以下再現期間 500 年)によって基準化された時刻歴風力波形(以下 Level2 相当波形)と，文献 7）に示した台風の風力波形(以下台風波形)を用いる。台風波形は福岡県の朝倉観測所で実際に観測された記録に基づき，風向・風速変化をモデル化したものである。最大風速を再現期間 500 年相当に基準化している。これら風外乱による時刻歴応答解析は 2 方向解析でおこなった。

## 4. 応答解析結果

Fig.4 に最大応答せん断力係数を示す。地震外乱と風外乱を比べると，下層部ではほぼ同等の傾向であるが上層部になるほど地震外乱の方が大きくなる傾向が見られる。特に風外乱の Level2 X 方向（風方向）は風外乱の変動成分が小さいため，応答は小さくなっている。

Fig.5 に最大応答加速度を示す。地震外乱と風外乱を比べると，風外乱より地震外乱の方が大きくなる傾向が見られる。

Fig.6 に最大応答層間変位を示す。免震層の応答は地震外乱

The Evaluation on Cumulative Absorbed Energy of High-Damping Rubber Bearings at both the Earthquake Response and the Wind Response applying to a Super High-Rise Seismic Isolated Building
-Part1 Overview of Analysis and Response Analysis Result -

DOBASHI Kenji, TAKEUCHI Sadamitsu
KANDA Makoto, Takahiro MORI
YAMASHITA Tadamichi, SATO Daiki
INUBUSHI Tetsushi, OUGIYA Narumi

の OSKH02 が一番大きいが，風外乱は他の地震外乱と拮抗している。上部構造では，地震外乱と風外乱は Level2 X 方向を除き，ほぼ同様の傾向を示す。

## 5. 累積吸収エネルギー

Fig.7 に HDR のゴム体積当たりの累積吸収エネルギーを示す。ここで，ゴム単位体積あたりの累積吸収エネルギー(以下 E/V)は HDR のせん断力-変形関係から時間ステップごとに履歴の面積を求め合算し，ゴム体積で除して求めたものである。

地震外乱と風外乱を比較すると応答解析結果は地震外乱に対して風外乱がやや小さくなったが，E/V は地震外乱と風外乱が同等な結果となった。地震外乱は風外乱に比べて変形量は大きいが，継続時間が短い。風外乱の変形量は地震外乱ほど大きくないが，継続時間が長いことから E/V が同等になった。よって E/V は継続時間と変形の関係が重要となる。

風外乱である Level2 相当波形の最大応答変位は X，Y 方向ともに差があまりないが，E/V に関して見ると，X，Y 方向で差がみられる。これは，Level2 相当波形の X 方向では，平均成分の影響により水平クリープが生じているため，応答変形は同等になったが，変動成分は小さいため，E/V が小さくなったと考えられる。

以上のことから E/V は繰り返し時間と変形量に依存するため，長周期・長時間地震動や風外乱のような長時間繰り返し変形をする外乱に対しては繰り返しによる評価が必要である。

## 6. まとめ

超高層免震建築物の地震外乱と風外乱による時刻歴応答解析を行った結果，以下の知見が得られた。

・風外乱による最大せん断力係数，最大応答加速度，最大層間変位は，長周期・長時間地震動の地震外乱の結果と比べてやや小さい傾向であるが，ゴム単位体積あたりの累積吸収エネルギーでは同等の結果である。これより，長周期・長時間地震動の地震外乱と同様に風外乱についても繰り返しによる評価が必要である。

## 参考文献


1) 日本建築学会：免震構造設計指針，日本建築学会，2013.10
2) 北村春幸，早川修平，竹中康雄，高岡栄治，室田伸夫：高減衰積層ゴムの熱・力学的連成挙動の免震建物応答への影響評価，日本建築学会構造系論文集，Vol75，No.655，pp.1635-1644，2010.9
3) 佐藤大樹，所 健，笠井和彦，北村春幸，風応答振動時における粘弾性ダンパーの特性および正弦波による簡易評価手法，日本建築学会構造系論文集，Vol80，No.710，pp.571-581，2015.4
4) 「高減衰ゴム系積層ゴム(X0.6R タイプ)技術資料」，(株)ブリヂストン，2017.1
5) 竹内貞光，山下忠道，神田亮，森隆浩，加藤秀章，扇谷匠己，梁川幸盛：高減衰ゴム系積層ゴムを適用した超高層免震建物の XY 方向風応答シミュレーション，構造工学論文集，Vol.60B，pp.495-506，2014.3
6) 大川出，佐藤智美，佐藤俊明，藤堂正喜，北村春幸，鳥井信吾，辻泰一，北村佳久：超高層建築物等への長周期地震動の影響に関する検討-長周期地震動作成のための改良経験式の提案と南海トラフ３連動地震による超高層・免震建物の応答解析，建築研究所資料，No.144 号，2013.8
7) 扇谷匠己，神田亮，山下忠道，梁川幸盛，佐藤大樹，原田浩之，中村遼太郎：台風通過時に高層免震建築物に作用する風外乱の作成とその応答に関する研究，構造工学論文集，Vol.59B，pp.427-433，2013.3

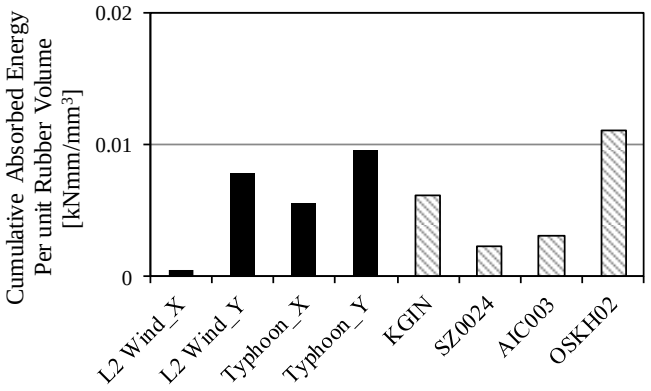




Fig. 7 Cumulative Absorbed Energy

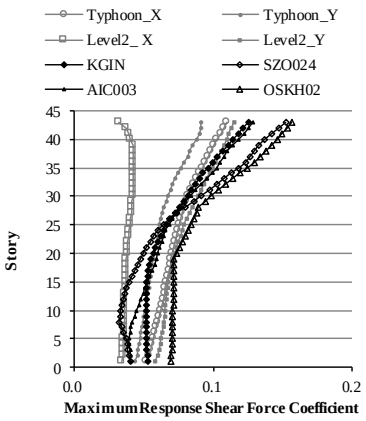



Fig. 4 Maximum Response Shear Force Coefficient

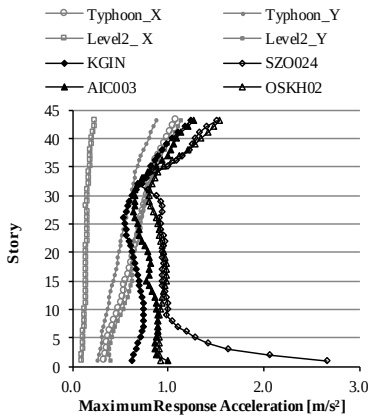



Fig. 5 Maximum Response Acceleration

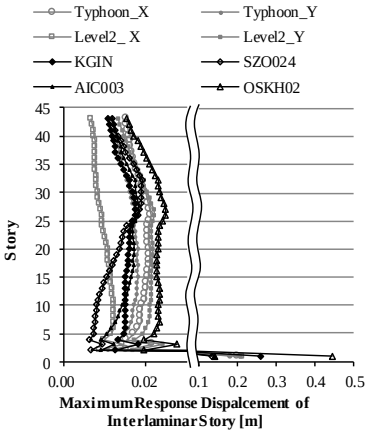



Fig. 6 Maximum Response Displacement of Interlaminar Story


*1 日本大学大学院生産工学研究科　大学院生
*2 ブリヂストン　(日本大学研究員)　工修
*3 日本大学生産工学部建築工学科　教授　博士(工学)
*4 ブリヂストン　理学博士
*5 ダイナミックコントロールデザインオフィス　代表・博士(工学)
*6 東京工業大学未来産業技術研究所　准教授・博士(工学)
*7 神奈川大学工学部建築学科　助手・修士(工学)
*8 長谷工コーポレーション技術研究所　修士(工学)

*1 Grad. Student, Grad. School of Industrial Tech, Nihon Univ.
*2 Bridgestone Corporation, M. Eng.
*3 Prof., Dept. of Architectural Eng., Collage of Industrial Tech., Nihon Univ., Dr. Eng.
*4 Bridgestone co.　Dr.Sci
*5 Dynamic Control Design Office, Dr. Eng.
*6 Assoc. Prof., FIRST, Tokyo Inst. of Technology, Dr.Eng.
*7 Research Assoc., Kanagawa University, M. Eng.
*8 Haseko Corporation, Technical Research Institute, M. Eng.