

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累積吸収エネルギーに関する研究 (その1 解析諸元)
Title(English)	Study on Cumulative Absorbed Energy of a Super High-Rise Seismic Isolated Building using High-Damping Rubber Bearings -Part1 Overview of analysis -
著者(和文)	土橋健治, 竹内貞光, 神田亮, 山下忠道, 扇谷匠己, 佐藤大樹, 犬伏徹志
Authors(English)	Kenji DOBASHI, Sadamitsu TAKEUCHI, Makoto kanda, Tadamichi Yamashita, Narumi OUGIYA, Daiki Sato, Tetsushi INUBUSHI
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-2, , pp. 577-578
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 577-578
発行日 / Pub. date	2016, 8
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

超高層免震建築物に用いた高減衰ゴム系積層ゴムの累積吸収エネルギーに関する研究  
(その1 解析諸元)

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

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

## 1. 序論

近年、免震建築物の高層化により、その設計にはさらに詳細な点から検討が必要になっている(例えば<sup>1)</sup>。

地震外乱については、超高層免震建築物の固有周期が長いこと、従来検討してきた既往波や告示波に加えて、長周期成分が卓越した長周期・長時間地震動に対して検討が求められている。

風外乱については、免震建築物の高層化により、風外乱が増大し、地震外乱と拮抗するようなケースがみられるので、やはり検討が求められている。

一方で、長周期・長時間地震動では、継続時間が10分を超える場合がある。また、代表的な強風である台風では、継続時間が2時間を超えることもある。このような外乱に対しては、構造物は長時間繰り返し加振されるので、耐力のみならず、多数回繰り返しによる影響<sup>2) 3)</sup>についても検討が必要である。

以上を踏まえて、本論文は多数回繰り返しによる影響の指標の1つとして、累積吸収エネルギーを挙げ、その指標に基づいて、超高層免震建築物の安全性を検討することを目的とする。本論文では、免震部材として高減衰ゴム系積層ゴム(以下、HDR)を用い強震動や強風の1イベントにおける累積吸収エネルギーを解析により求め、実試験体の正弦波加振実験と比較する。

## 2. 解析モデル概要

### 2.1 対象建築物

本論文で実施する解析の対象建築物は、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。塔状比5の42階建(階高1~2階を5.0m, 3~42階を3.5m)である。対象建築物をFig.1, 構造諸元をTable.1に示す。免震層の復元力特性モデルは、地震用復元力モデルには文献4)で示したものを風用復元力モデルには文献5)で示したものをを用いた。免震層の配置をFig.2, 構造性能をTable.2に示す。

### 2.2 解析に用いた外乱

#### 2.2.1 解析に用いた地震外乱

Table.3に解析に用いた地震動を示す。既往地震動のEl

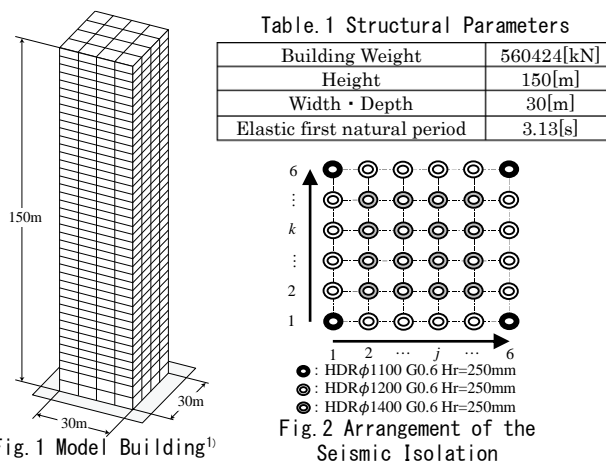


Fig.1 Model Building<sup>1)</sup>

Parameter	Value
Building Weight	560424[kN]
Height	150[m]
Width・Depth	30[m]
Elastic first natural period	3.13[s]

Table.2 Parameters of the Seismic Isolation Rubber

Parameter	Horizontal	Torsional	
	Yield shear force coefficient	0.023	
Torsional moment coefficient at yield		0.029	
Seismic isolation period[s]	Elastic	1.81	1.62
	Plastic	5.73	5.11
	Equivalent stiffness	4.41	3.93

\*Shear strain 100%

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」<sup>6)</sup>で作成された地震動を用いた。長周期・長時間地震動は、東海、東南海、南海の3つの断層が連動して発生した場合のサイト波であり、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。

Fig.4に解析に用いた地震動の速度応答スペクトルを示す。El Centro NS波を見ると固有周期0~2秒にかけて、非

Table.3 Input Earthquake motion

Earthquake motion	Maximum Acceleration(cm/s <sup>2</sup> )	Duration(s)
El Centro NS波(50cm/s)	511.53	53.74
BCJ-L2	355.66	120.0
KGIN +σ	77.2	739.82
KGIN ave	42.1	739.82
AIC003 +σ	380.4	739.82
AIC003 ave	199.4	739.82
OSKH02 +σ	147.1	739.82
OSKH02 ave	98.5	739.82
SZO024 +σ	1064.4	739.82
SZO024 ave	576.8	739.82

常に大きな速度応答があり、固有周期 5 秒以降の速度応答は一定になるのがわかる。KGIN や AIC003, OSKH02, SZO024 を見ると固有周期 0~2 秒にかけて、El Centro NS 波より速度応答が SZO024 以外は小さいが、固有周期 5 秒以降も速度応答が El Centro NS 波より大きい傾向にあるのがわかる。このように固有周期が 5 秒以降に大きな応答を示す地震動を長周期・長時間地震動と呼び、固有周期が長い超高層免震建築物は、これらの長周期・長時間地震動に対して共振する可能性がある。よって長周期・長時間地震動は耐力に対する検討のみならず、多数回繰り返しによる影響すなわち累積吸収エネルギーに対する評価が必要になる。なお、表中の ave は、各サイトにおいて多くの地震動を作成し、求めた応答スペクトルから平均的な大きさの地震動を示す。また、 $+\sigma$  は ave の場合と同様に地震動を作成し、応答スペクトルのばらつきから標準偏差で  $1 \times \sigma$  のレベルの地震動を示す。いずれも継続時間は 739.82 秒と El Centro NS 波や BCJ-L2 と比べて約 5~12 倍長い。

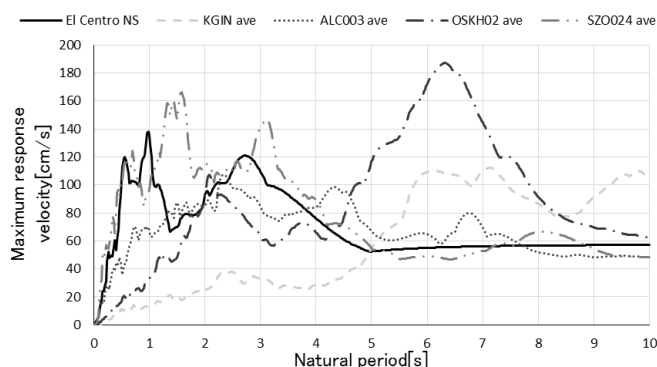


Fig. 4 Seismic response spectrum

### 2.3.2 解析に用いた風外乱

検討をおこなった風力波形は、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(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 0418 号の最大風速を再現期間 500 年相当(極めて稀に発生する暴風)に基準化した風力波形(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。尚、台風波形は、台風の接近に伴い風速が増大し、通過した後は風速が低下していく特徴がある。Fig.5 は台風波形の地表面

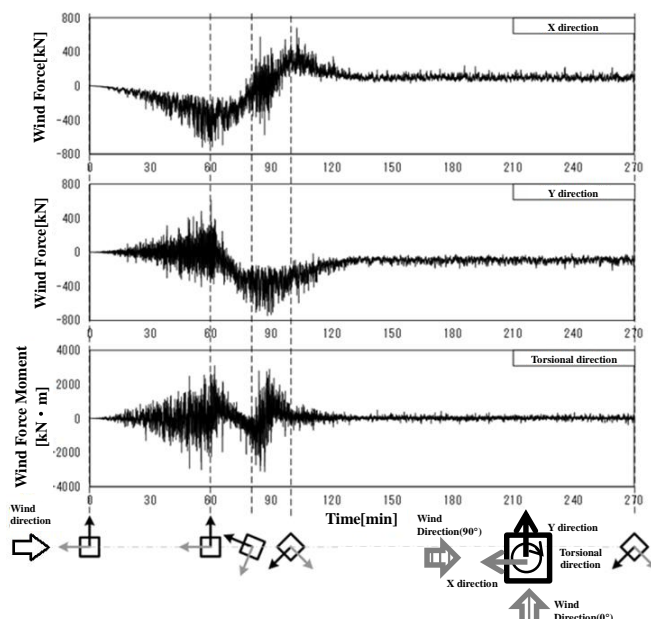


Fig. 5 Time history of Typhoon waveform

高さ約 100m 位置における X 方向と Y 方向の風力波形，M 方向の風力モーメント波形を示す。60 分から 100 分の間に著しい風向変化を確認することができる。この間、風速は最大となっている。風向変化中に建築物が風向に対して正対(0°，90° など)する前後において、風力が正負に振れる現象が X 方向の風力波形に顕著に表れている。風向変化が起きている時間帯には、M 方向の波形が大きく正負に変化しているのが確認できる。

### 3 まとめ

本論文その 1 では解析諸元について記した。その 2 では累積吸収エネルギーに関する検討について記す。

### 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) 日本免震構造協会：免震建築物の耐風設計指針，日本免震構造協会，2012. 9
- 3) 宮崎充，河内山修，由利健太，北村春幸他：繰返し変形を受けた鉛プラグ入り積層ゴムの健全性（その 5 鉛プラグ入り積層ゴムの微小振幅疲労試験），日本建築学会梗概集，pp719-720，2013.8
- 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，2011.5
- 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，pp495-506，2014.3
- 6) 大川出，佐藤智美，藤堂正喜他：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，pp427-433，2013.3

\*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 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)  
 \*5 長谷工コーポレーション技術研究所 修士(工学)  
 \*6 東京工業大学建築物物理研究センター 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)

\*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 Dynamic Control Design Office, Dr. Eng.  
 \*5 Haseko Corporation, Technical Research Institute, M. Eng.  
 \*6 Assoc. Prof., Structural Eng. Research Center, Tokyo Institute of Tech., Dr. Eng.  
 \*7 Research Assoc., Kanagawa University, M. Eng.