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3中間階免震による検討)			
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 - Part3 Examination for inter story isolated building			
著者(和文)	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)	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, , , pp. 873-874			
Citation(English)	Summaries of technical papers of annual meeting, , , pp. 873-874			
発行日 / Pub. date	2018, 9			
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3 中間階免震による検討)

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	中間階免震建	築物

1. はじめに

著者らは、高減衰ゴム系積層ゴム(以下 HDR)を用いた超高層基礎免震建築物の地震外乱および風外乱による応答について検討を行った¹⁾。時刻歴応答解析による耐力評価を行うとともに、繰り返し加振よる安全性や HDR の水平性能の変化を、実試験体の正弦波加振実験と比較することで評価した。

本論文では,超高層中間階免震建築物の地震外乱および風 外乱による応答について,免震層設置位置の違いによる影響 に着目した。時刻歴応答解析により最大応答値の検討を行う とともに,繰り返し加振による安全性や水平性能の変化につ いて評価を行う。

2. 解析モデル

本論文の対象建築物は, Fig.1 に示すような建築物高さ 150m, アスペクト比 5, 辺長比 1 の 42 階建(階高は 1-2 階を 5.0m, 3-42 階を 3.5m)の RC 純ラーメン架構とする²⁾。対象建 築物の構造諸元を Table1 に示す。建築物の粘性減衰は弾性 1 次固有周期(3.13s)に対して 2%の初期剛性比例型とした。この 対象建築物の基礎部, 3 層, 9 層, 21 層に免震層を設けたモ デルについて検討を行う。本論文において免震層を i 層に設 けたモデルは「i 層免震モデル」と呼ぶものとする。Fig.2 に 対象建築物の構造軸を示す。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。Fig.3 に基礎免震構造の 免震部材の配置を示す。免震部材は HDR のみを使用してい る。本超高層中間階免震建築物は、免震層の位置によらず上 部構造の重量に対して水平性能が等価になるよう設定した。

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外乱を示す。既往地震動として El Centro NS は最大速度が 50cm/s に基準化したものと,日本 建築センターで作成された BCJ-L2 を用いた。また,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」 ³⁾で作成された地震動を用いた。選択したサイトは KGIN(新 宿),OSKH02(此花)の 2 ヶ所である。これら地震外乱による 時刻歴応答解析は 1 方向入力とした。

解析に用いた風外乱は,静止風圧実験により得られた結果 を基に,最大風速を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

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



Earthquake Motion	Maximum Acceleration [cm/s ²]	Duration Time [s]
El Centro NS	511.5	53.7
BCJ-L2	355.7	120
KGIN	42.1	739.82
OSKH02	98.5	739.82

波形)と,文献 4) に示した台風 0418 号の風力波形(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。最大風速を極めて稀に発生する暴風(再現期間 500 年)に基準化している。これらの風外乱による時刻歴応答解析 は X 方向, Y 方向, M 方向の 3 方向入力とした。

4. 時刻歴応答解析結果

Fig.4 に各免震モデルにおける免震層の最大応答変位を示 す。Fig.5 に各免震モデルにおけるゴム体積当たりの累積吸 収エネルギー(以下, E/V)を示す。ここで,E は累積吸 収エネルギー,V は HDR のゴム体積を表す。全体的な傾 向として最大応答変位と E/V は,免震層が上部に設置され るほど大きくなる。最大応答変位は,長周期・長時間地震 が大きく(最大せん断ひずみ 230%),風外乱による応答は 小さい。E/V は風外乱の Level2 相当波形の Y 方向と台風波 形の Y 方向は,長周期・長時間地震の OSKH02 とほぼ同 等となっている。繰り返し変形による安全性評価は,長周 期・長時間地震と同様に風外乱についても必要となる。

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

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

⁻Part3 Examination for inter story isolated building-

正弦波置換法による評価

HDR の繰り返しによる安全性や水平性能の変化について 検討するため,正弦波置換法を用いて解析で得られた時刻 歴変位波形から等価な正弦波を求め,実試験体の正弦波加 振実験結果と比較する 5)。変位波形の標準偏差σ,繰り返 し回数 N, 継続時間 t₀とすると, 置換振動数 f_r, 置換振幅 A,は式(1),(2)から算出される。

(1)

(2)

$f_r = 1/T_r$	
$A_r = \sqrt{2} \times \sigma$	

Table3 に E/V の大きかった OSKH02, Level2 相当波形, 台風波形の Y 方向の正弦波置換法で求めたパラメータを示 す。実効継続時間 to は、地震外乱と台風波形については、 E/V の 5%~95%の範囲の時間とした ⁶。Level2 相当波形 は後半の 10 分間の範囲とした。繰り返し回数 N は、実効 継続時間内に変位振幅が 0 軸を正の傾きで超える回数とし た。Table3 より、免震層の設置位置によらず、実効継続時 間、置換振動数はあまり変わらないが、置換振幅は免震層 が上層に設置されるほど、大きくなる傾向にある。

6. まとめ

中間階に免震層を有する超高層免震建築物の地震外乱と 風外乱による応答について検討した結果,

 本解析の範囲では、免震層が上階に設置されると最大応 答変位、累積吸収エネルギーが大きくなる傾向である。

 ・長周期・長時間地震動と風外乱で比較した結果、累積吸 収エネルギーはほぼ同等となった。

 ・正弦波置換法により等価な正弦波に置き換えた結果,免 震層が上階に設置されると置換周期、継続時間は変わらな いが、置換振幅が大きくなる傾向であることが確認できた。

今後、実試験体での実験結果と比較し、安全性や水平性 能の変化を評価する。

参考文献

- 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,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 1) 応答時における累積吸収エネルギー評価(その1.その2).日本建築学会大 会梗概集, pp.1011-1014, 2017.8
- 竹内貞光,山下忠道,神田亮,佐藤大樹,犬伏徹志,超高層中間 2) 杉本耕作, 階免震建築物の風応答性状に関する研究,構造工学論文集, Vol.61B, pp.383-392, 2015.3
- 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 3) 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
- 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, 4) 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
- 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 5) ペ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
- 6) Trifunac, M.D and Brady, A.G:A Study on Duration of Strong Earthquake Ground Motion, Bulletin the Seismological Society America, Vol.65, No.3, pp.581-626, 1975.6

*1 ブリヂストン 工修

- *2日本大学生産工学部建築工学科 教授 博士(工学)
- *3 ブリヂストン 博士(理学)
- *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 東京工業大学未来産業技術研究所 准教授・博士(工学)
- *6神奈川大学工学部建築学科 助教・博士(工学)
- *7 長谷工コーポレーション技術研究所 修士(工学)



tive Abs Volume 0.005 Cumulati Rubber V El Centro BCJ-L2 KGIN OSKH02 Level2 X Level2

Fig5 Cumulative Absorbed Energy per Rubber Volume

Table 3 Parameters of Replacement of Sine Wave

	a) Dulation [s]			
Excitation	Base	3 rd Layer	9 th Layer	21 th Layer
	Isolation			
OSKH02	127.5	116.9	109.8	113.4
Leve2 Y	600.0	600.0	600.0	600.0
Typhoon Y	2799.8	2718	2794.4	2683.6

	b)Replacement of Frequency [1/s]			
Excitation	Base Isolation	3 rd Layer	9 th Layer	21 th Layer
OSKH02	0.149	0.162	0.191	0.106
Leve2 Y	0.160	0.160	0.163	0.167
Typhoon Y	0.129	0.131	0.132	0.140

	c)Amplitude [m] (Shear Strain)			
Excitation	Base	ard L	Oth Larray	21th I
	Isolation	3 rd Layer	9 th Layer	21 th Layer
OGUIDA	0.179	0.207	0.227	0.287
OSKH02	(0.715)	(0.828)	(0.907)	(1.148)
L 2 V	0.088	0.092	0.101	0.116
Leve2 Y	(0.352)	(0.369)	(0.403)	(0.465)
T 1 V	0.086	0.093	0.101	0.116
Typnoon Y	(0.346)	(0.370)	(0.404)	(0.465)

*1 Bridgestone Co., M. Eng.

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