

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	地震動観測記録に基づく免震建物の積層ゴムに生じる応答引張軸力の評価
Title	
著者(和文)	福田優輝, 佐藤大樹, 北村春幸
Authors	Yuuki Fukuda, daiki sato, Haruyuki Kitamura
出典 / Citation	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-2, , pp. 437-438
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 437-438
発行日 / Pub. date	2012, 9
rights	日本建築学会
rights	本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである
relation	isVersionOf: <a href="http://ci.nii.ac.jp/naid/110009654596">http://ci.nii.ac.jp/naid/110009654596</a>

地震動観測記録に基づく免震建物の積層ゴムに生じる応答引張軸力の評価

正会員 ○福田 優輝\*  
同 佐藤 大樹\*\*  
同 北村 春幸\*\*\*

免震建物 地震動観測 アスペクト比  
積層ゴム 引張軸力

1. はじめに

免震部材である積層ゴムの引張剛性および許容引張面圧は、圧縮剛性や許容圧縮面圧に比べて 1/10 以下と小さく、かつ許容引張面圧を超えると非線形挙動を示す特性がある。従って、免震構造では、時刻歴応答解析などにより、常時荷重と水平地震動に加えて上下地震動によって積層ゴムに作用する軸力が検討されている。

本報では、中高層免震建物および超高層免震建物を対象とし、積層ゴムに生じる応答軸力が、水平動入力と上下動入力のどちらにより強く影響を受けるかを比較する。さらに、引張軸力の評価について、観測記録に基づく引張軸力の評価と、設計で用いる引張軸力の評価の関係性を示す。

2. 対象建物および計測の概要

2.1 建物概要と観測概要

(1) 東京理科大学野田キャンパス講義棟

東京理科大学野田キャンパス講義棟 (以後、講義棟) は、

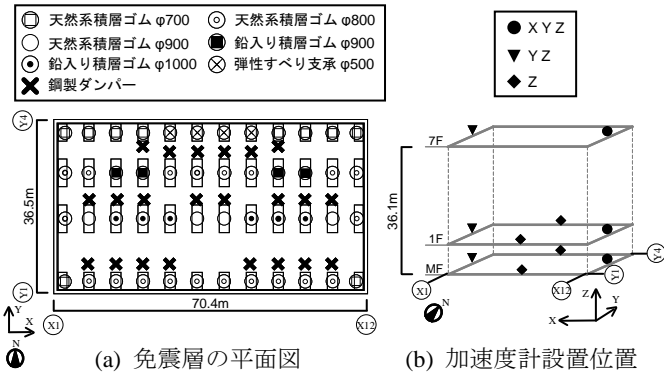


図1 講義棟の概要

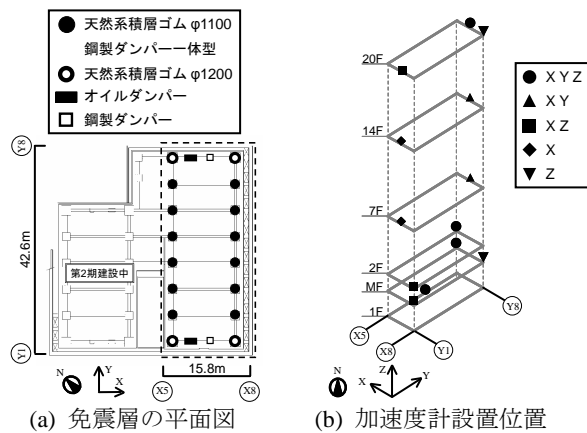


図2 J2棟の概要

RC造、高さ36.1m、平面形状36.5m×70.4mであり、比較的平面形状の大きな建物である。加速度計設置位置、免震部材配置図を図1(a), (b)に示す。講義棟の観測についての詳細は文献1)を参照されたい。

(2) 東京工業大学すずかけ台キャンパス総合研究棟 J2 棟

東京工業大学すずかけ台キャンパス総合研究棟 J2 棟 (以後、J2 棟) は、S造、高さ90.9m、平面形状15.8m×46.2m、上部構造のアスペクト比が5と比較的スレンダーな形状である。加速度計設置位置、免震部材配置図を図2(a), (b)に示す。J2 棟の観測の詳細については文献2)を参照されたい。

2.2 使用地震動

講義棟および J2 棟の観測記録の中で、本論文で用いる地震動を表2(a), (b)に示す。表中の K は講義棟の、J は J2 棟の観測記録を示している。採用地震動は、それぞれの対象建物の近傍で発生した地震動 (K-1, K-2 および J-1, J-2)、比較的遠方で発生したもの (K-3, K-4 および J-3, J-4) を、4地震動ずつ選定した。表中の M はマグニチュードを、距離は対象建物から震央地点までの距離を示す。

3. 積層ゴムに生じる引張軸力の検討

両建物とも、上下応答解析と水平応答解析を行い、それらの解析結果を用いて、積層ゴムに生じる引張軸力についての検討を行う。解析モデルは、設計図書に基づいて立体架構モ

表1 採用観測記録一覧  
(a) 講義棟

震源地 [名称]	年月日	震源深さ (km)	M	距離 (km)	MF最大加速度(cm/s <sup>2</sup> ) [発生時刻(sec)]		
					X	Y	Z
茨城県南部 [K-1]	11/3/24	52	4.8	25	80.8 [36.9]	64.7 [36.8]	30.2 [29.4]
茨城県南部 [K-2]	11/4/16	79	5.9	25	65.9 [41.7]	59.7 [40.7]	26.9 [41.6]
福島県浜通り [K-3]	11/4/11	6	7	134	36.3 [59.6]	50.6 [49.6]	25.1 [54.5]
宮城県沖 [K-4]	11/4/7	66	7.1	314	18.3 [64.1]	17.9 [71.0]	10.5 [70.4]

(b) J2 棟

震源地 [名称]	年月日	震源深さ (km)	M	距離 (km)	MF最大加速度(cm/s <sup>2</sup> ) [発生時刻(sec)]		
					X	Y	Z
千葉県北西部 [J-1]	05/7/23	73	6	61	16.1 [82.9]	14.6 [81.7]	9.9 [81.8]
伊豆半島東方沖 [J-2]	06/4/21	7	5.8	69	4.0 [64.3]	2.8 [65.1]	2.2 [55.9]
三陸沖 [J-3]	11/3/11	24	9	413	50.0 [147.3]	67.3 [145.5]	34.1 [154.0]
茨城県沖 [J-4]	11/3/11	43	7.7	172	21.3 [108.2]	26.0 [106.0]	13.4 [104.1]

デルを作成し、その後、観測記録の加速度時刻歴および伝達関数を再現するよう設定を加えた。設定の詳細は、講義棟については文献 3)を、J2 棟については文献 4)を参照されたい。

(1) 入力方向ごとの積層ゴム軸力の時刻歴波形の比較

X, Y, Z の一方向入力の時刻歴応答解析から得られた積層ゴムに生じる軸力の引張側最大値をそれぞれ  $xN_{max}$ ,  $yN_{max}$ ,  $zN_{max}$  とし、各方向入力の積層ゴム軸力を時刻歴上で足し合わせた軸力の引張側最大値を最大引張軸力  $N_{max}$  とする。K-1 と J-3 の積層ゴム軸力の時刻歴波形を図 3(a), (b)にそれぞれ示す。図示する積層ゴムは、4 隅の積層ゴムのうち最も  $N_{max}$  の大きいものである。なお、図の縦軸は、正値が引張、負値が圧縮を示す。図 3(a), (b)より、 $xN_{max}$ ,  $yN_{max}$ ,  $zN_{max}$  は必ずしも同じ時刻に発生するわけではないことが分かる。また、水平動入力に比べて上下動入力の積層ゴム軸力は短周期で変動している。さらに J2 棟では、上下動入力の軸力は水平動入力に比べて小さな値であり (図 3(b)), 総和軸力の最大値にほとんど影響を与えていないことが分かる。

(4) 引張軸力最大値の評価法による検討

ここでは、 $xN_{max}$ ,  $yN_{max}$ ,  $zN_{max}$  を用いて、最大引張軸力  $N_{max}$  を推定する方法を検討する。最大軸力の組み合わせとして以下の 3 式を対象とする。なお、対象とする積層ゴムは、

4 隅の積層ゴムのうち最も  $N_{max}$  の大きいものとする。

$${}_1N_{max} = N_x + N_y + N_z \tag{1}$$

$${}_2N_{max} = \sqrt{N_x^2 + N_y^2} + N_z \tag{2}$$

$${}_3N_{max} = \sqrt{N_x^2 + N_y^2 + N_z^2} \tag{3}$$

図 4 に、(1)~(3)式より求めた  ${}_iN_{max}$  と最大引張軸力  $N_{max}$  の比較を示す。(1)式は、 $xN_{max}$ ,  $yN_{max}$ ,  $zN_{max}$  が同時に発生すると考える評価であり、全ての地震動で 1.0 を上回り、その値は概ね 1.5 に収まっており、過大とは言えない値に留まっている。(2)式は、 $xN_{max}$ ,  $yN_{max}$  は同時に発生しないと考える評価であり、半分の地震動で 1.0 を下回るが、最も最大引張軸力  $N_{max}$  に近い値を示す推定式と言える。(3)式は、 $xN_{max}$ ,  $yN_{max}$ ,  $zN_{max}$  が同時に発生しないと考える評価であり、ほとんどの地震動で 1.0 を下回り、危険側の評価となる。以上の結果は、3 方向それぞれを入力して求まる軸力の引張側最大値は、必ずしも同じ時刻に発生するわけではないこと、および水平動入力に比べ、短周期で振動する上下動入力の軸力が、最大引張軸力発生時刻に引張軸力の極大値に近い値になることに起因している。

4. おわりに

本報では、平面形状の大きい中高層免震建物とアスペクト比の大きい超高層免震建物を対象に、積層ゴムに生じる引張軸力の検討を行った。以下に得られた知見を示す。

- (1)  $xN_{max}$ ,  $yN_{max}$ ,  $zN_{max}$  は、必ずしも同じ時刻に発生するわけではない。また、水平動入力に比べ、短周期で振動する上下動入力の軸力は、最大引張軸力  $N_{max}$  発生時刻に引張側の極大値に近い値となる。
- (2) 最大引張軸力の推定方法として、 $xN_{max}$ ,  $yN_{max}$ ,  $zN_{max}$  の総和は、全ての地震動で  $N_{max}$  を上回り、かつ 1.5 倍程度以下のばらつきに留まった。 $xN_{max}$  と  $yN_{max}$  の 2 乗和の平方根と  $zN_{max}$  の和は、 $N_{max}$  に対する推定精度は高いが、危険側の評価になることもあることを念頭において使うべきである。

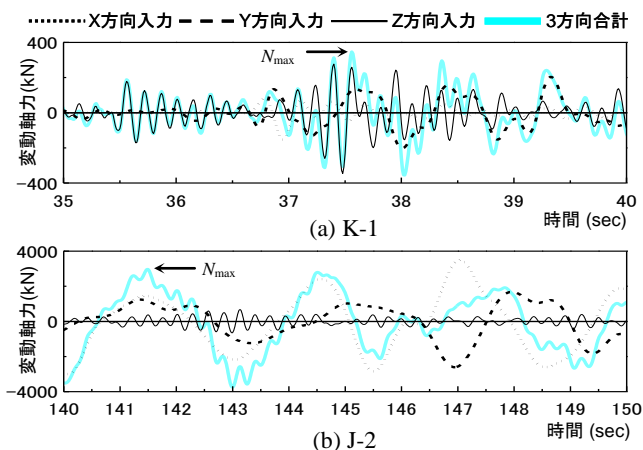


図 3 変動軸力時刻歴

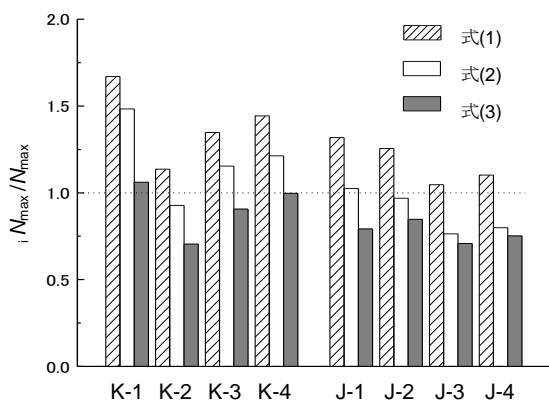


図 4 引張軸力の評価法による検討

謝辞

本研究は、東京工業大学グローバル COE プログラム「震災メカリスク軽減の都市地震工学国際拠点」と共同で行われたものであります。東京工業大学 笠井和彦教授には多大なご協力を賜りました。厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 森清宣貴, 金澤健司, 北村春幸 : 免震建物を対象とした強震-振動モニタリングシステム, 日本建築学会技術報告集, pp 133-138, 2005.12
- 2) 大木洋司他 : 超高層免震建物の長期観測システム構築に関する具体的取り組み, 日本建築学会技術報告集, pp 73-77, 2005.6
- 3) 福田優輝, 佐藤大樹, 北村春幸 : 多点同時地震動観測記録に基づく免震建物の 3 次元応答解析手法に関する研究, 日本建築学会学術講演梗概集 (北陸) B-2, pp.257-258, 2010.8
- 4) 福田優輝, 佐藤大樹, 北村春幸 : 地震動観測記録に基づく超高層免震建物の積層ゴムに生じる引き抜き力に関する研究, 日本建築学会学術講演梗概集 (関東) B-2, pp.587-588, 2011.8

\*元東京理科大学

\*\*東京理科大学 助教・博士 (工学)

\*\*東京理科大学 教授・博士 (工学)

\* Former Tokyo University of Science

\*\*Assistant Professor, Tokyo University of Science Dr.Eng.

\*\*Professor, Tokyo University of Science Dr.Eng.