

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	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
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. 587-588
Citation(English)	, Vol. B-2, , pp. 587-588
発行日 / Pub. date	2011, 8
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: http://ci.nii.ac.jp/naid/110009518907

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

正会員 ○福田 優輝*
同 佐藤 大樹*
同 北村 春幸*

地震動観測 超高層免震建物 上下応答解析
引き抜き 伝達関数 応答性状

1. はじめに

免震構造で用いられる積層ゴムの上下方向の許容引張応力度は許容圧縮応力度に比べると極めて小さく、作用する軸力を精確に評価する必要がある。一方、上下動の時刻歴応答解析で一般的に用いられる多質点系モデルは、建物の観測記録に対して過大な応答結果を与える傾向にあり^{1)~3)}、積層ゴムに作用する引張力を適切に評価するには十分でない。

田部井らは、超高層免震建物について、観測記録を精度良く再現するため、モデル化・解析手法の検討を行い、立体架構モデルの使用、水平振動に伴う上下動を考慮した解析の有効性を示した⁴⁾。本報では、この既往研究を踏まえ、同建物モデルを用い、積層ゴムに作用する引き抜き力の検討を行う。

2. 対象建物の概要

対象建物は、2005年竣工、鉄骨造高さ91.35mの地上20階建て、2階床下に免震層を設けた中間免震建物であり、アスペクト比5というスレンダーな立面、縦横比が1:2.7という比較的細長い平面形状である。図1に建物立面図、図2に免震装置配置図を示す。本報では、図2中A~Dに示す四隅に設置されている天然ゴム系積層ゴム(1200φ)を検討の対象とする。建物・観測の詳細については文献5)を参照されたい。

3. 採用地震動

観測された地震動について、本報で用いる地震動観測記録の一覧を表1に示す。用いる観測記録は、現在までに観測さ

れた約300の地震動のうち、比較的規模の大きい4地震動を選定した⁴⁾。

4. 解析諸元

積層ゴムに生じる引き抜き力は観測を行っていないため、本章及び次章において、頂部加速度、伝達関数及び、2階付近のブレース軸方向歪みで観測記録と解析結果を比較し、積層ゴムに生じる引き抜き力が実状を捉えていると判断する。

4.1 水平応答解析

解析モデルは設計図書に基づき作成した。しかし観測記録と固有周期を比較すると、解析モデルは観測記録に対して、両方向とも上部構造では約1.35倍、免震層を含んだ建物全体では約1.3倍長い結果となった。固有周期は、伝達関数を基に算出した。上部構造の伝達関数は2階と20階の加速度を用い、建物全体は免震層と20階の加速度を用いて算出した。設計図書に基づいた解析モデルでは、非構造部材が剛性に与える影響は考慮していない。本研究では、上部構造の各階重心位置にせん断バネを両方向に配置し、解析モデルと観測の固有周期の一致を図った。せん断バネの剛性は、設計図書での各階層剛性の高さ方向分布を保持するよう設定した。免震層においては、積層ゴムの微小変形時の剛性上昇を考慮するため、天然系積層ゴムの水平剛性を設計値の3倍に設定し、建物全体の固有周期を一致させた。

解析時には各階の床を剛床と仮定し、減衰は解析と観測の伝達関数が一致するよう、上部構造に対して1次が $h = 3.0\%$ 、2次が $h = 4.5\%$ となるレイリー減衰、免震層に対しては $h = 0.0\%$ として行った。

4.2 上下応答解析

水平応答解析と同様、解析モデルは設計図書に基づき作成した。しかし固有周期を比較すると、解析モデルは観測記録に対し約1.38倍長い結果となった。そこで非構造部材が剛性に与える影響を考慮するため、全柱位置に軸方向バネを配置し、固有周期を一致させた。軸方向バネの剛性は、層で同一の値としている。また減衰は解析と観測の伝達関数が一致するよう、 $h = 1.5\%$ となる定値減衰とした。

5. 観測記録との比較

5.1 加速度時刻歴の比較

図3に千葉県北西部の地震の20階加速度時刻歴を、水平・上下併せて示す。また図4に、建物全体と上部構造の伝達関数を4入力結果アンサンブル平均したものを水平・上下併せて示す。図3及び図4より、解析モデルが精度良く観測記録を模擬できていることが確認できる。

5.2 ブレースの軸方向歪みの比較

図5に、宮城県沖の地震の北東側ブレース軸方向歪み主要動部50秒間を示す。解析は3成分(X, Y, Z)独立で行い、解析結果の時刻歴波形を足し合わせている。図5より解析結果は観測記録を精度良く再現できている。

20階加速度時刻歴、伝達関数及びブレース軸方向歪みの結果より、解析モデルの積層ゴムに生じる引き抜き力が実状を捉えられていると判断できる。

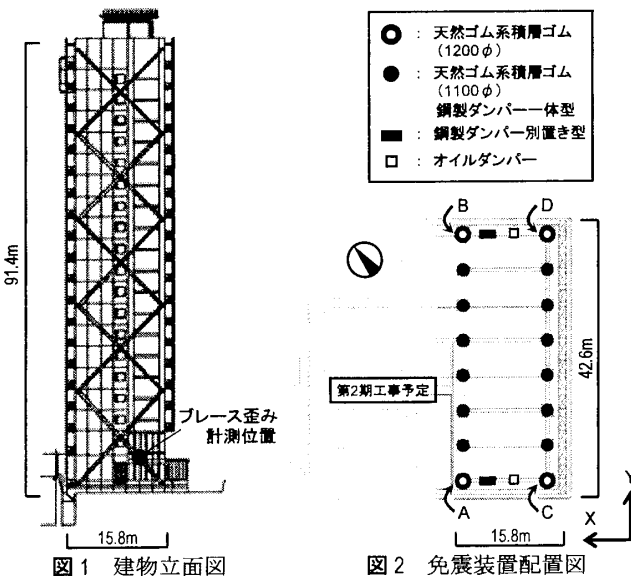


図1 建物立面図

図2 免震装置配置図

表1 採用地震動一覧

震源地	年月日	震源深さ(km)	M	対象建物からの距離(km)	MF最大加速度(gal)		
					X	Y	Z
千葉県北西部	05/7/23	73	6	61	16.21	14.59	9.9
宮城県沖	05/8/16	42	7.2	384	9.08	8.43	5.14
伊豆半島東方沖	06/4/21	7	5.8	69	4.04	2.8	2.15
新潟県上中越沖	07/7/16	17	6.8	237	4.25	2.65	1.71

A Study on Pulling Force of Laminated Rubber in high rise Base-Isolated Building based on Simultaneous Seismic Observation Records

FUKUDA Yuki, SATO Daiki, KITAMURA Haruyuki

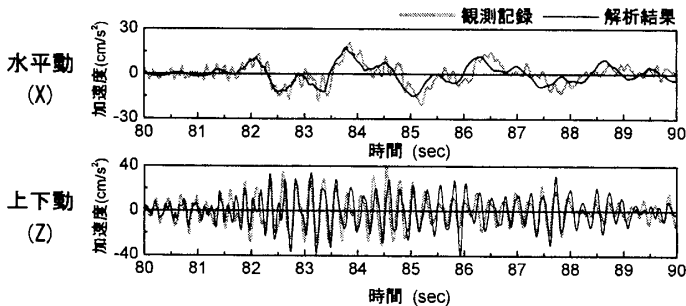


図3 20階加速度波形 千葉県北西部

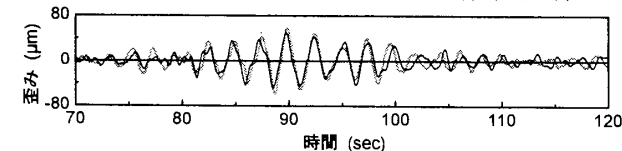


図5 プレース軸方向歪み 宮城県沖

6. 引き抜き力の検討

6.1 軸力分担率

図6に3成分(X, Y, Z)の解析結果を足し合わせた引張軸力の最大値が発生する時刻における、水平動2成分の解析結果を足し合わせた引き抜き力を、3成分の解析結果を足し合わせた引き抜き力で除した値を「水平動分担率」、上下動の解析結果の引き抜き力を、3成分の解析結果を足し合わせた引き抜き力で除した値を「上下動分担率」と呼び、各地震動毎に4積層ゴムの結果をプロットしている。

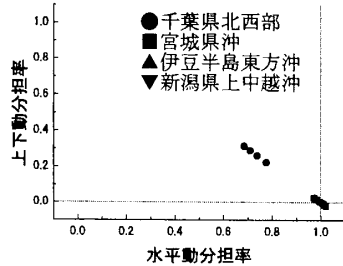


図6 引き抜き力分担率

図6より、千葉県北西部のみ上下動分担率が0.2～0.3の値を取り、その他の3地震動では上下動分担率が0付近に集中していることが確認できる。現在観測されている地震動では、水平動によって生じる引き抜きが支配的となる。

6.2 軸力の時刻歴波形 -上下動成分と水平動2成分の比較-

図7に千葉県北西部の地震についてB位置(図2)積層ゴム変動軸力の時刻歴を示す。同図より、上下動成分の波形は水平動2成分に比べ、高振動数で振動していることが分かる。また、3成分合計の最大値が発生する時刻は、水平2成分の最大値発生時刻の近傍であることが確認できる。本報の対象建物は、アスペクト比5というスレンダーな形状であるため、現在観測されている程度の地震動であれば、水平動2成分によって積層ゴムに生じる引き抜き力が支配的であり、水平動2成分によって、3成分合計の引き抜き力の最大値を推定できることを確認した。

6.3 軸力の時刻歴波形 -X成分とY成分の比較-

本節では、平面形状による特徴を捉えるため、X成分とY成分での解析結果の引き抜き力の比較を行う。図8にB位置積層ゴムについて、3成分を合計した軸力とX成分、Y成分それぞれの解析による軸力の時刻歴を示す。3成分合計での引き抜き力の最大値は85秒に現れ、X成分の引き抜き力最大値は85.2秒に、Y成分の引き抜き力最大値は105.9秒に現れている。このことから、3成分合計の引き抜き力が最大となる時刻は、X成分が最大となる時刻近傍であり、水平動2成分の中でもX成分によって生じる引き抜き力が支配的であることが分かる。これは対象建物が1:2.7という比較的細長い

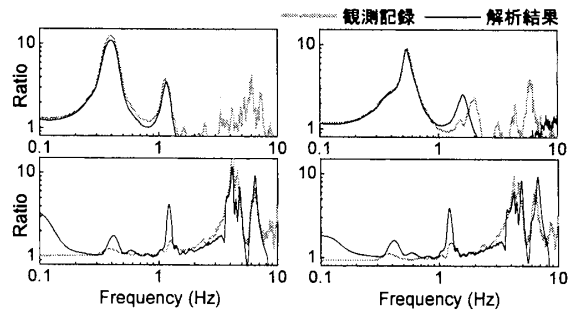


図4 伝達関数 千葉県北西部

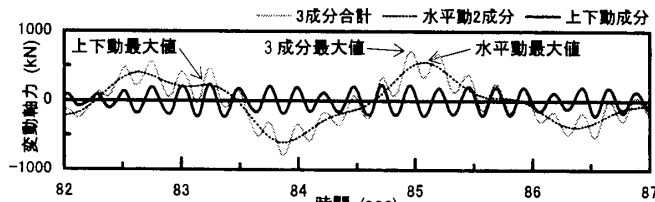


図7 変動軸力時刻歴 千葉県北西部 (上下水平比較)

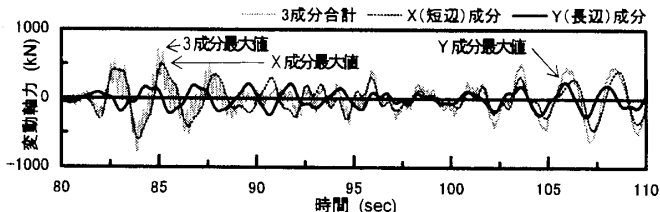


図8 変動軸力の時刻歴 千葉県北西部 (XY比較)

長方形平面であるためと考えられ、入力される地震動のX成分Y成分が同程度であれば、水平動2成分の中でも短辺方向入力時に生じる引き抜き力が支配的であることを確認した。

7. まとめ

本報は、鉄骨造超高層免震建物を対象に、観測記録を精度良く模擬する解析モデルの作成及び、積層ゴムに生じる引き抜き力の検討を行った。

- (1)設計図書に基づいた解析モデルにおいて、水平及び上下の固有周期は観測記録に対して、約1.35倍長くなっている。
- (2)3成分を合計した積層ゴムに生じる引き抜き力の最大値が発生する時刻は、上下動及び水平動2成分それぞれの最大値が発生する時刻ではなく、水平動2成分の最大値が発生する時刻近傍となることを確認した。また、建物形状の特性上、上下動に比べ水平動により生じる引き抜き力が支配的であり、水平動成分の中では、短辺方向であるX成分が支配的であることを確認した。

また、建物形状による応答特性の違いを把握するため、他の建物を対象とした検討も行っている。

謝辞

本研究は東京工業大学 21世紀 COE プログラム「都市地盤工学の発展と体系化(代表者:大町達夫教授)」と共同で行ったものであり、J2棟の地震動観測データを提供して頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 北村春幸他: 免震建物の鉛直地震応答に関する考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集 B-2, pp.817-818, 1996.9
- 2) 杉木孝裕他: 免震建物の上下応答特性に関する検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集 B-2, pp.653-654, 1997.9
- 3) 瓜生満他: 免震構造物の上下動地震応答特性に関する研究(その8) 日本建築学会大会学術講演梗概集 B-2, pp.537-538, 2000.9
- 4) 田部井正樹他: 多点地震動観測記録に基づく超高層免震建物の上下応答に関する研究 日本建築学会大会学術講演梗概集 B-2, pp.931-932, 2009.8
- 5) 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

*東京理科大学

*Tokyo University of Science