

免震建物の位相差入力に関する解析的研究
~上下動を含んだ応答の検討~

正会員 ○菊池 健太郎*1
同 島崎 和司*2

免震 位相特性 塔状比
上下動

1.はじめに

長大な免震建物の設計においては地震動の位相特性について考慮する必要がある。位相差のある地震動が入力する要因としては実体波の斜め入射や表層地盤特性の相違などがあり、これまでに位相差による免震建物の振れ応答に関する検討を行ってきた。

建物基礎に対して S 波が斜めに入射すると水平動成分(以下 SH 波)と上下動成分(以下 SV 波)が生じる。建物の被害に対して支配的なのは水平動であり、これまで水平動のみ位相差を考慮してきた。しかし、免震建物において上下動成分は免震装置の面圧に大きな影響を与えることが考えられる。本研究では、位相差の影響の大きい長大な建物、転倒モーメントにより大きな引張力が発生する塔状比 4 の建物に対して、斜め入力による SH 波と SV 波に合わせて P 波を入力し、免震装置の面圧への影響を検討することを目的とする。

2.解析方法

2.1 解析モデル

今回の検討に使用する解析モデルの概要を記す。

①長大な建物

RC 造ラーメン構造、8 層、階高 4,000mm、1 スパン 8,000mm、短辺方向 3 スパン、長辺方向 18 スパン、スラブ厚 200mm。

②塔状比 4 の建物

RC 造ラーメン構造、11 層、階高 3,200mm、1 スパン 8,000mm、両辺 1 スパン、スラブ厚 200mm。

上部構造の減衰定数は 2%の瞬間剛性比例型とする。免震装置には鉛入り積層ゴムアイソレータを使用する。免震装置の特性値を表 1 に示す。引張側の剛性は圧縮側の 1/10 とする。免震装置は各節点下に一基ずつ配置する。

2.2 入力地震動

入力地震動は El Centro NS・UD(1940)を使用する。S 波の入射角は $\theta=0,10,20^\circ$ とする。地盤は軟弱なものとし、せん断波速度を 100m/s と仮定する。SH 波、P 波は観測地震波の水平方向成分、上下方向成分を使用する。SV 波は SH 波の加速度記録に $\sin \theta$ を乗じたものとする。地震波は SH 波の最大速度を 25kine、50kine、75kine に

表 1 免震装置特性値

	外径 (φ)	鉛プラグ径 (φ)	水平性能			鉛直性能
			1次剛性 $\times 10^6$ (kN/mm)	2次剛性 $\times 10^6$ (kN/mm)	切片荷重 (kN)	剛性 $\times 10^6$ (kN/mm)
①	600	7.22	7.22	0.555	90	1670
	800	12.9	8.56	0.989	160	2960
②	650	8.51	8.51	0.655	76	2350

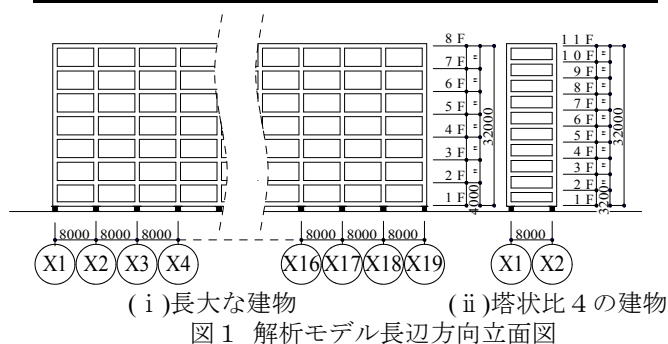


図 1 解析モデル長辺方向立面図

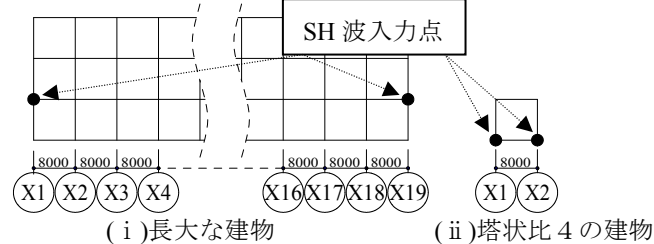


図 2 SH 波入力点

合わせその比を SV、P 波に乗じることで基準化する。地震波の組み合わせは SH のみ、SH+SV、SH+P、SH+SV+P、とする。SH 波は剛な基礎をモデル化しその両端に位相差のある加速度記録を入力した。入力点を図 1 に示す。P 波は S 波に比べて十分に速いため各接点同時に、SV 波は各 X 軸に位相差をつけながら入力した。

3.解析結果

①長大な建物

位相差の影響が大きい建物両端部の応答値に注目し検討する。最大面圧とせん断ひずみの関係を限界強度領域図内にプロットし図 3 に示す。SH 波のみの結果と比べ、面圧が上がることにより、75kine 入力時には、限界強度に近い値を示している。

引張側では SH+SV、SH+SV+P がそれぞれ入射角 20° のとき 75kine 入力時に限界強度を超えた。P 波のみの入力では引張力は最大で 0.6 程度であるため、SV

波の位相差入力による影響が大きいことが確認できた。

50,75kine に基準化した地震波を入力したときの、せん断ひずみと最大面圧を入射角ごとに分けて図 4、図 5 に示す。入射角が大きくなると面圧が上昇していることが確認できる。入射角 20° では、SV 波により P 波より高い面圧になることが確認できた。

②塔状比 4 の建物

4 か所すべての免震装置の応答値に注目し検討する。限界強度との関係を図 6 に、入射角ごとのひずみと面圧を図 7、図 8 に示す。②の建物はスパンが短いため、大きな位相差が生じない。そのため図に見られるように水平方向の変形においては、入射角による応答値の変化は見られなかった。

上下方向の応答については地震波の最大速度が増加するつれ位相差による面圧の増大率も増えた。圧縮側では、入射角が大きくなることで増大することが確認できた。引張力は 75kine の SV 波を含んだ地震波を入力したときのみ発生した。しかし、本研究は水平 1 次

モード(弾性周期 1.32s)に対して 2%の瞬間剛性比例型減衰を与えているため、上下方向に対しては減衰が過大となっていると考えられるため、上下動に対して適切な減衰を仮定した検討が必要である。

4. まとめ

本研究で明らかになった事を以下に記す。

- 1.長大な建物において、入射角が大きくなることで実体波の鉛直成分により、P 波の応答値を超える面圧が生じることが確認できた。
- 2.塔状比が高い分建物の幅が狭く位相差が生じにくいため、せん断ひずみにはほとんど差が見られなかったが面圧には影響が見られた。塔状比の高い建物では免震装置引き抜き力に対する検討が重要である。

参考文献

1) Shimazaki,K., "Evaluation of Seismic Torsional Response of Base Isolated Buildings",15WCEE, 2012.9

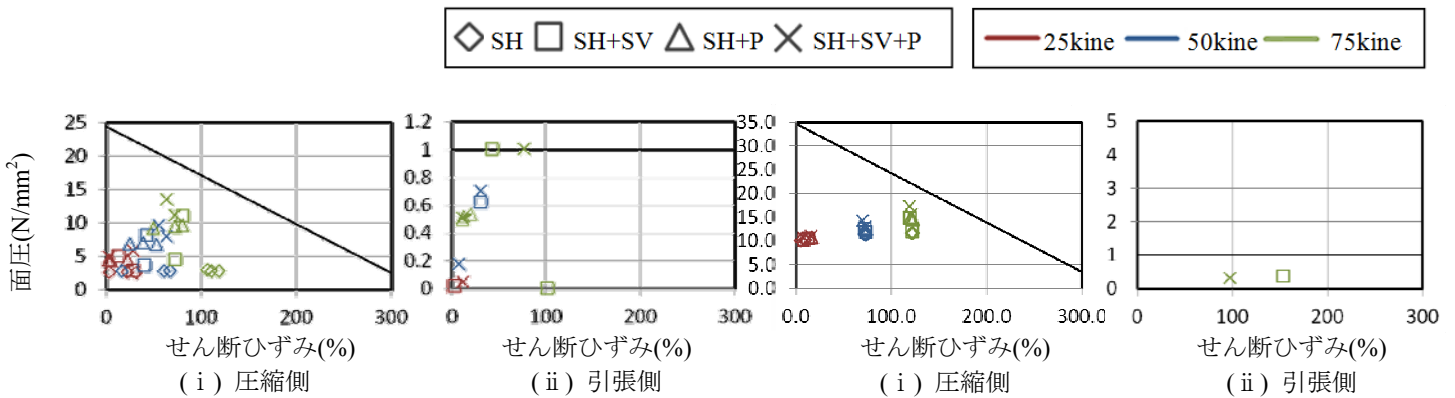


図 3 長大建物の限界強度領域図

図 6 塔状比 4 の限界強度領域図

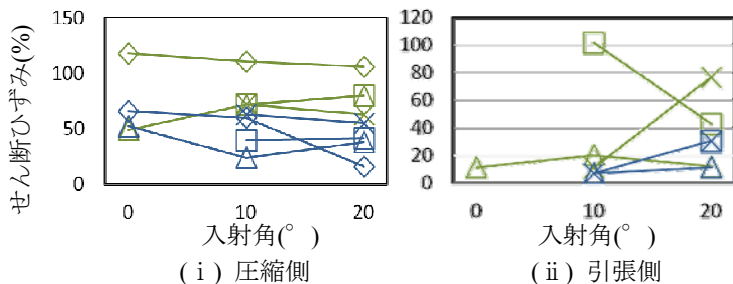


図 4 50,75kine 入力時の長大建物のせん断ひずみ

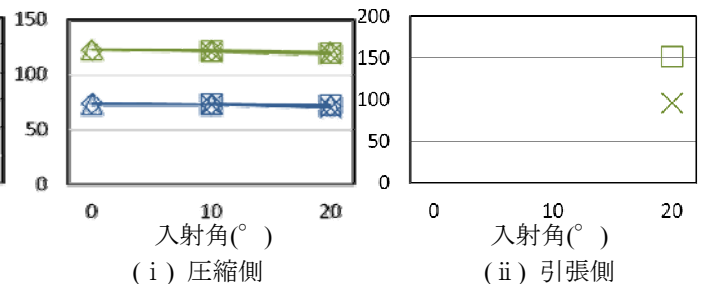


図 7 50,75kine 入力時の塔状比 4 のひずみ

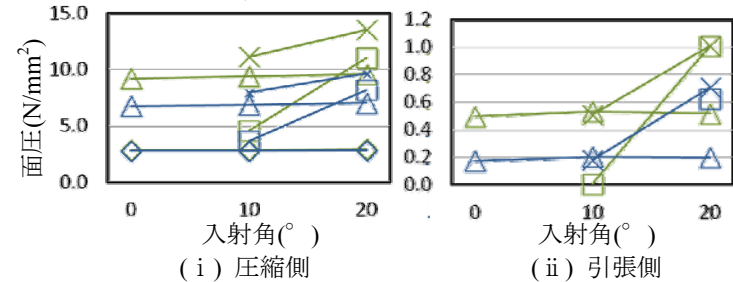


図 5 50,75kine 入力時の長大建物の面圧

図 8 50,75kine 入力時の塔状比 4 の面圧

*1 神奈川大学 大学院生

*2 加奈奈川大学 教授・博士(工学)

Graduate Student, of Architecture, Kanagawa University

Prof.,Department of Architecture, Kanagawa University, Dr Eng