

福岡県西方沖地震時における免震ビルの応答特性

九州共立大学 学生会員 劉 鵬涛
 正会員 荒巻 真二
 正会員 烏野 清
 (株)建設技術研究所 正会員 入江 達雄

1. まえがき

建屋の基礎部分に免震支承を用いることは、地震時における耐震性向上において有効であることは知られている。一方、土木分野においても地盤のよいところでは免震支承を用いた連続橋が望ましいと道路橋示方書にも示されている。

(株)建設技術研究所福岡支社では7階建の自社ビル新築に際して、建設地の近くに警固断層があることから、兵庫県南部地震の教訓を踏まえて免震支承を採用した。このビルの7階、1階、基礎および地下65mの位置で福岡県西方沖地震時における加速度波形が観測されたことから、この免震ビルの地震応答の特性について検討を行った。

図-1に免震支承の配置を示す。建屋のX方向(ほぼN-S方向)は耐震壁付きラーメン構造、Y方向(ほぼE-W方向)外壁は純ラーメン構造の鉄筋コンクリート造りで、3面スリットとなっている。したがって、ビルの水平剛性がこの2方向で多少異なっている。

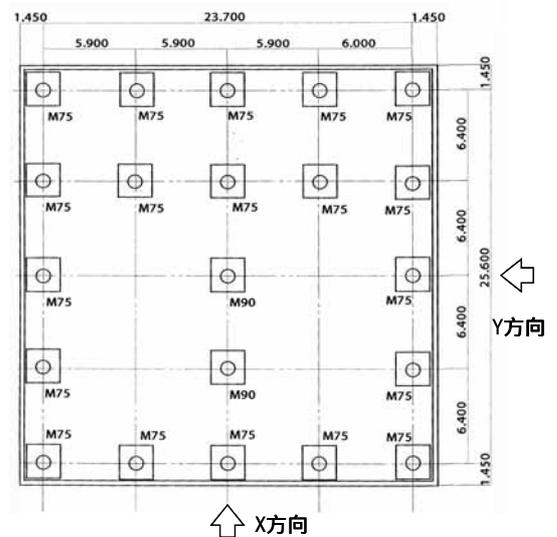
2. 地震応答

図-2は1階と基礎の水平振動軌跡を示したもので両者の振動はかなり異なっており、しかも1階の振動が基礎より非常に小さくなっていることから免震支承が有効に働いていることがわかる。また、基礎の振動においてはN-S方向が卓越している。

図-3は1階と基礎で観測されたN-S方向の加速度波形を比較したものである。ビルに対して入力となる基礎部分の最大加速度(489gal)とに対して1階の加速度波形は238galと半分以下になっており、振幅数成分もかなり異なっていることから、ビルが独自に振動していることを示している。

図-4は1階と7階の加速度波形を比較したものである。E-W方向を見ると、基礎の主要動がビルに作用した時大きく振動し、その後、3秒間程度1次と2次の振動が混在し、その後は1次の減衰自由振動となっている。特に、2次振動は1階と7階で逆位相となっていることがわかる。E-W方向に比べ剛性の高いN-S方向では2次振動成分が減少し、1次振動がより卓越している。

図-5は図-3に示す1階と基礎のN-S方向の加速度フーリエ・スペクトルを示したものである。基礎は0.5~2.2Hzが卓越しているのに対し、ビルは図中に示す固有振動数で振動し



注 M75:HM075(750), M90:HM090(900)

図-1 免震支承の配置

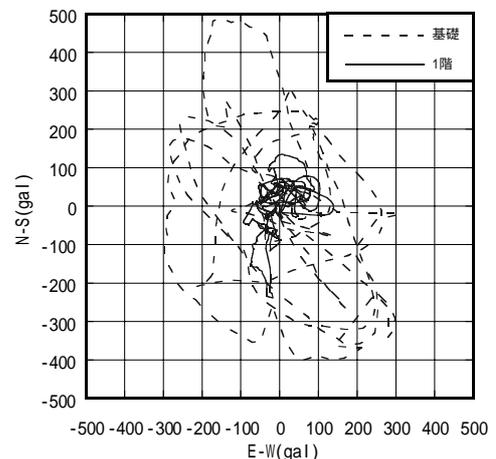


図-2 1階と基礎の水平振動軌跡

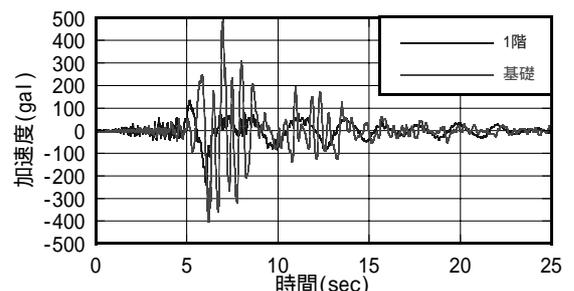


図-3 1階と基礎の加速度波形(N-S方向)

ていることがわかる。0.33HzはE-W方向、0.48HzはN-S方向の1次の固有振動数である。これは図-4に示す15秒以後の減衰自由振動数から確認できた。ビル本体は免震支承上にあるため、図-2に示すように水平面上を自由に振動することから、両方向の1次固有振動数が現われている。2次の固有振動数はN-S方向で4.07Hz、E-W方向で2.86Hzであった。また、基礎部分にもビルの地震時の慣性力による影響と思われる1次の固有振動数成分が現われている。

ビル1階と7階のフーリエ・スペクトルを比較するとN-S成分、E-W成分ともそれぞれ形状がほとんど一致していた。このことはビル全体が全く同じ振動をしていることを示している。

図-4および図-5の結果から判断して、ビル本体は剛体振動をしており、図-6に示すように1次モードは並進振動、2次モードは振幅が同じで逆位相となっていることからビルの重心位置を中心とするロッキング振動と考えられる。7階建程度の直方体に近いビルは3次以上の振動成分がほとんどないことから、免震支承上にある剛体としてモデル化し、地震応答解析を実施しても良いことを示している。

加速度波形からバンドパスフィルター(0.15~10Hz)中立軸補正(Trifunac法)を用いて計算した1階および基礎の最大変位はN-S方向で25.4cmと20.5cmであった。図-7は1階の変位から基礎の変位を差し引いて求めた免震支承の相対変位である。両者の変位には位相差があることから、免震支承の変形量は20cm以上とかなり大きなものであった。

表-1は福岡県西方沖地震観測から得られた固有振動数と設計時に免震支承のせん断ひずみを100、150%と想定して算出された固有振動数とを比較して示したものである。地震時のN-S方向はせん断ひずみは設計値の150%、E-W方向は100%にほぼ対応している。N-S方向の観測値の固有振動数は設計に比べ約2割程度大きくなったが、E-W方向の1次は良く対応している。

3. まとめ

以上の結果から、本ビルの免震支承は所定の機能を十分に果たしていたことがわかる。今後、免震支承上の剛体モデルとして地震応答解析を行う予定である。

表-1 固有振動数(Hz)

	X方向(N-S)			Y方向(E-W)		
	観測値	設計値		観測値	設計値	
(%)	143	100	150	102	100	150
l(cm)	23.0	16.1	24.0	16.4	16.1	24.0
1次	0.48	0.39	0.36	0.33	0.37	0.34
2次	4.07	3.50	3.50	2.86	2.40	2.39
3次	-	6.71	6.71	-	4.79	4.79

: 免震支承のせん断ひずみ(%) l: 免震支承のせん断変形(cm)

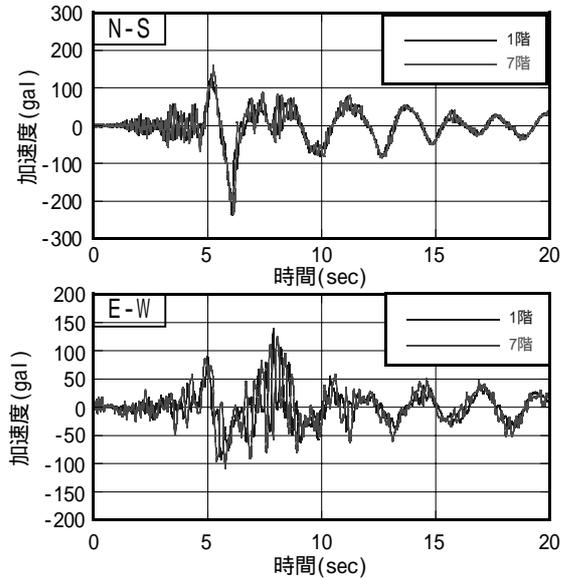


図-4 1階と7階の加速度波形

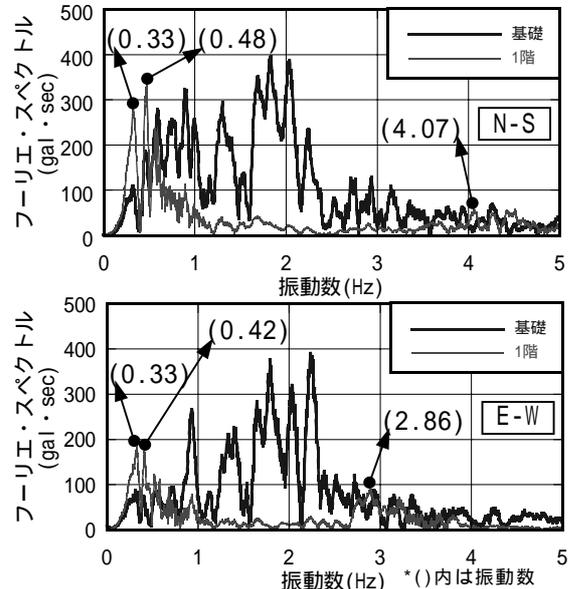


図-5 1階と基礎のフーリエ・スペクトル

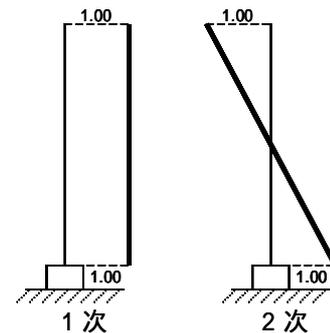


図-6 振動モード

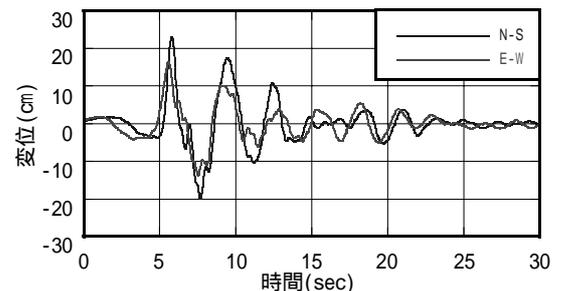


図-7 免震支承の相対変位