

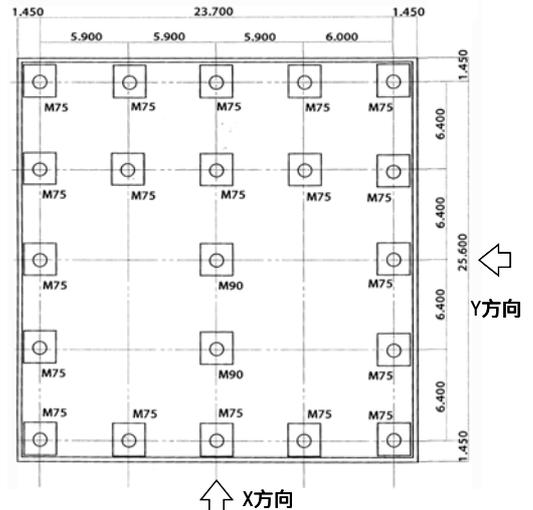
福岡県西方沖地震時における免震ビルの応答特性

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、基礎上および地下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。



注 M75:HM075(750) , M90:HM090(900)
 図-1 免震支承の配置

2. 地震応答

図-2はCTIビル地下65mで観測された地震波を用い、重複反射理論（プログラム：ArkQuake）を用いて地盤減衰定数 $h=0.01$ とした時のCTIビルの地表応答加速度と地表で観測された地震波を比較したもので、波形は良く一致している。

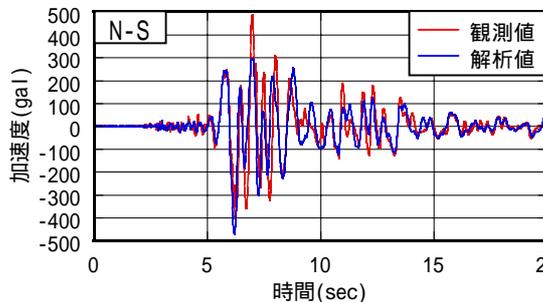


図-2 CTIビル地盤応答解

図-3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。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、振動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。

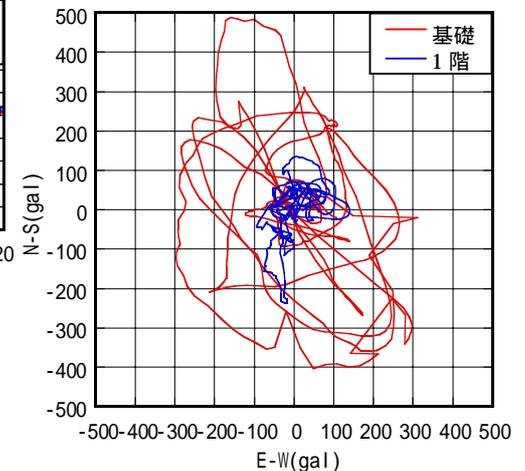


図-3 基礎と1階の水平振動

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。

キーワード：免震ビル、免震支承、地震応答

連絡先：〒807-8585 北九州市八幡西区自由ヶ丘1-8 九州共立大学 TEL093-693-3226、093-693-3226

図-5は基礎、1階と7階の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ている。図-4の10秒以後のフーリエ・スペクトルから判断すると0.39HzはE-W方向、0.49HzはN-S方向の1次の固有振動数であった。ビル本体は免震支承上にあるため、図-3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4.06Hz、E-W方向で2.86Hzであり、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多少現われている。

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、ビル本体のN-S方向は1次の剛体振動をしており、E-W方向は1次振動に振幅は同じで逆位相であるビルの重心位置を中心とするロッキング振動に近い2次振動が現われている。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、2次振動までを対象として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-6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N-S方向の変形量は20cm以上とかなり大きなものであった。

CTIビルの建物は線形モデル、免震支承はバイリニアモデルを用い、基盤で得られた加速度波形を解析モデルに入力し、求めた7階の地震応答解析結果と観測値を比較したものを図-7に示す。減衰定数は建物が0.02、免震支承は0.17としている。両者の波形は良く一致している。

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解析より得られた固有振動数を比較して示したものである。両方向とも1次固有振動数は観測値に比べて解析値が大きくなっているのに対し、2次では両方向とも観測値と解析値ほぼ一致している。

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。免震ビル応答解析結果と観測値の比較から、本解析モデルである程度の応答解析が可能であった。

表-1 固有振動数(Hz)

	X方向(N-S)		Y方向(E-W)	
	観測値	解析値	観測値	解析値
(%)	143	143	102	102
1	23.0	23.0	16.4	16.4
1次	0.49	0.58	0.39	0.59
2次	4.06	4.29	2.86	2.96
3次	-	8.12	-	8.19

: 免震支承のせん断ひずみ(%)
 †: 免震支承のせん断変形(cm)

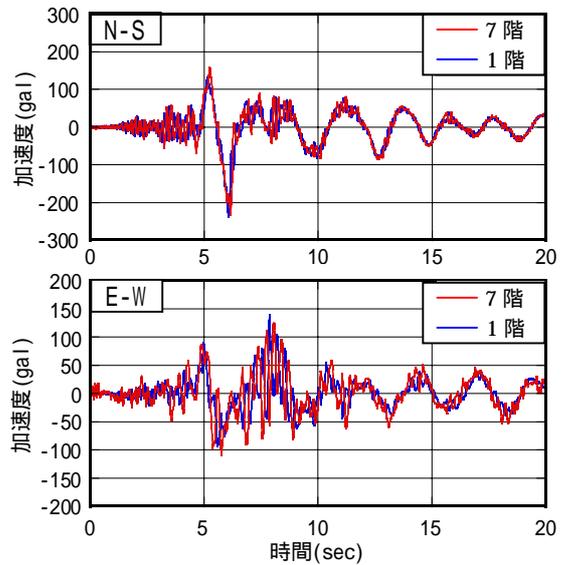


図-4 1階と7階の加速度波

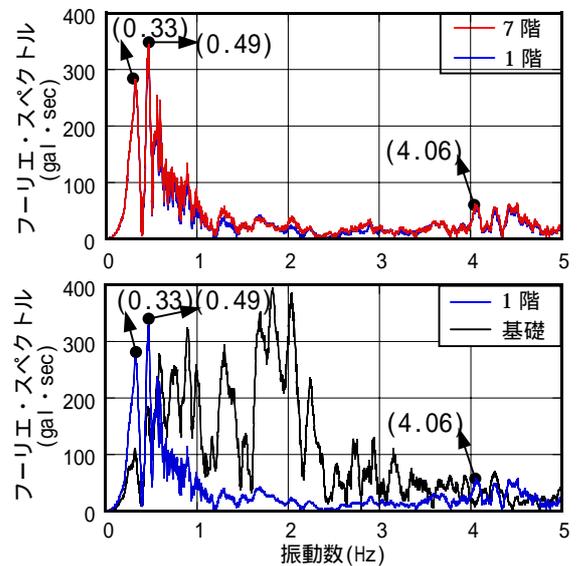


図-5 基礎、1階と7階のフーリエ・スペクトル(N-S方向)

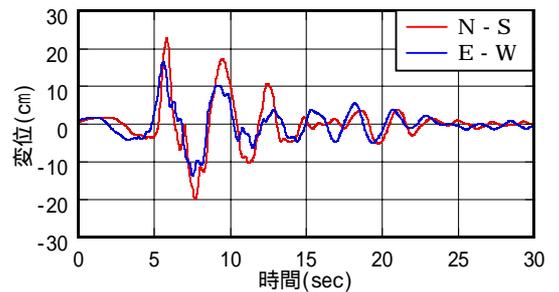


図-6 免震支承の相対変位

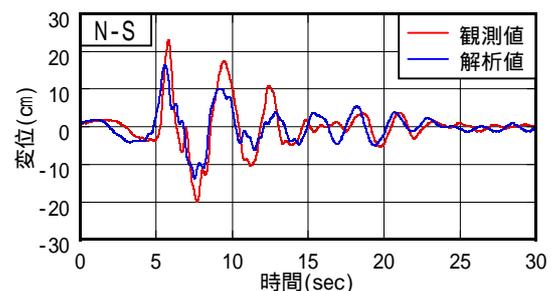


図-7 CTIビルの地震応答解析