

免震支承を有する建屋の振動特性

(株)建設技術研究所 ○正 藤尾保幸 正 坂田隆博
九州共立大学 正 鳥野 清

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、土木の分野においても地盤の良い所では免震支承を用いた連続橋が望ましいと新しい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することになった。

本研究は建屋完成後において、油圧ジャッキを用いた静的載荷試験および振動試験を実施し、その結果から建屋の振動特性を明らかにすること共に、免震支承の特性を検討したものである。

2 試験概要

図-1に免震支承の配置を示す。建屋のX通り方向は耐震壁付きラーメン構造、Y通り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、この方向では建屋の水平剛性が異なることになる。そこで、油圧ジャッキによる加振方向は図-1に示すようにX方向およびY方向の2方向とした。建屋本体の振動は剛体振動と予想されるが、建屋本体の振動特性が現れることも考えられることから、1階、4階、屋上に設けた測点から振動モードを確認することとした。

最大載荷能力100tfの油圧ジャッキを建屋の下端に設置し、油圧ジャッキを素早く除荷すると同時に、補助ピースを落下させ、建屋を強制振動させた。この時の建屋の減衰自由振動を実測することにより、建屋の振動特性（固有振動数、変位モード、減衰定数）を算出している。

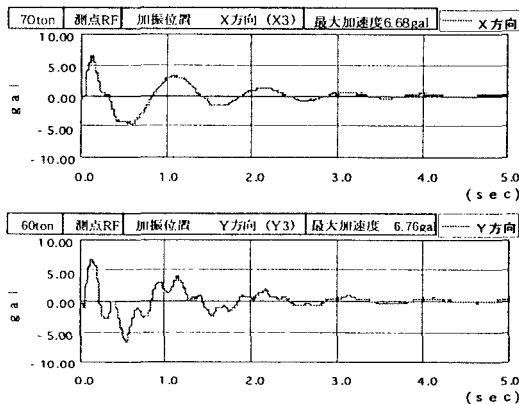


図-2 減衰自由振動

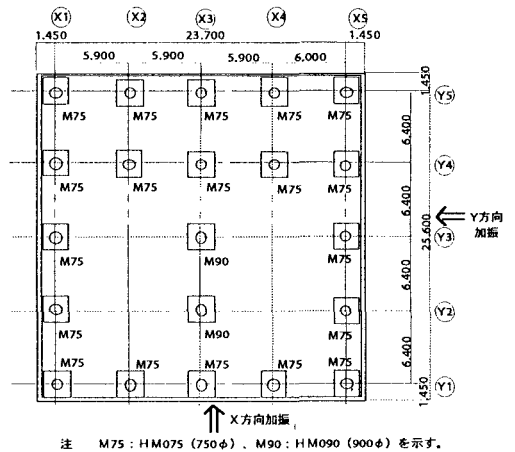


図-1 免震支承の配置

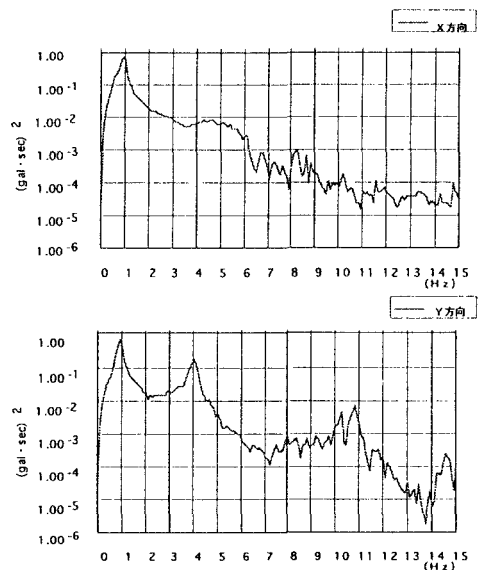


図-3 フーリエスペクトル

免震支承の水平方向剛性は変位によって異なることから、載荷荷重をY方向（40,50,60tf）およびX方向（40,50,60,70tf）と変化させることとした。

3 試験結果

図-2に減衰自由振動、図-3にフーリエスペクトルを示す。X方向加振では建屋の剛体振動と考えられる約1Hzの減衰自由振動となっている。建屋の振動はほぼ5秒で減衰し、制震効果が非常に高い。

Y方向加振時の減衰自由振動には、1Hzの卓越した振動成分の中に、約4Hzおよびそれ以上の高い振動数成分が含まれている。

この原因としては、X方向加振時には、建屋の耐震壁の剛性が強く影響しているのに対し、Y方向加振では建屋の純ラーメン構造方向に振動するため、水平剛性が小さくなっているためと考えられる。

表-1は設計時の計算値と実験値の固有振動数を比較したものである。設計では地震時の大変形を対象としているため、せん断弾性係数が小さく固有振動数が実験値に比べてかなり小さくなっている。

図-4はXおよびY方向の変位モードである。Y方向の1次モードはX方向に比べて建屋の水平剛性が小さいため、建屋本体の変形が生じているのに対し、Y方向では建屋が剛体として振動している。XおよびY方向とも、1次振動は免震支承の変形と同じ側に建屋が振動するのに対し、2次振動では反対側に振動しており、いわゆるロッキング振動と考えられる。また、

Y方向加振では3次振動が現れている。これらのモードはX方向1次を除き、表-1に示す計算結果のモード形状とほぼ同じであった。

1次の減衰定数は免震支承の変位によって異なるものの、ほぼ0.1～0.14の値を示し、免震一支承の機能を十分果たしている。

図-5は静的載荷試験における荷重変位曲線である。本試験では荷重が小さく、X方向70 t 載荷時の最大水平変位は4.26mm、Y方向60 t 載荷時には3.07mmであった。免震支承の微小せん断ひずみにおける荷重一変位曲線ではあるが、荷重の増加に対して変位の増加量が大きく、せん断ばね定数が変位と共に低下していることがわかる。また、本試験の1次固有振動数に対応する等価せん断ばね定数は、ほぼ変位1mmの時の値に対応していた。

4.まとめ

本試験では免震支承のせん断ひずみが微小であることから、これらの結果から地震時の挙動を検討することはできないが、試験より得られた振動特性結果から判断して、所定の特性を示しているものと考えられる。

表-1 固有振動数 (Hz)

	X方向加振			Y方向加振		
	実験値	計算値		実験値	計算値	
γ (%)	2.6	100	150	1.9	100	150
$\Delta \theta$ (mm)	4.26	161	240	3.07	161	240
1次	0.98	0.376	0.345	0.98	0.371	0.340
2次	4.59	3.496	3.497	4.00	2.404	2.392
3次		6.711	6.711	10.16 (10.64)	4.785	4.785

γ : 免震支承のせん断ひずみ $\Delta \theta$: 免震支承のせん断変形

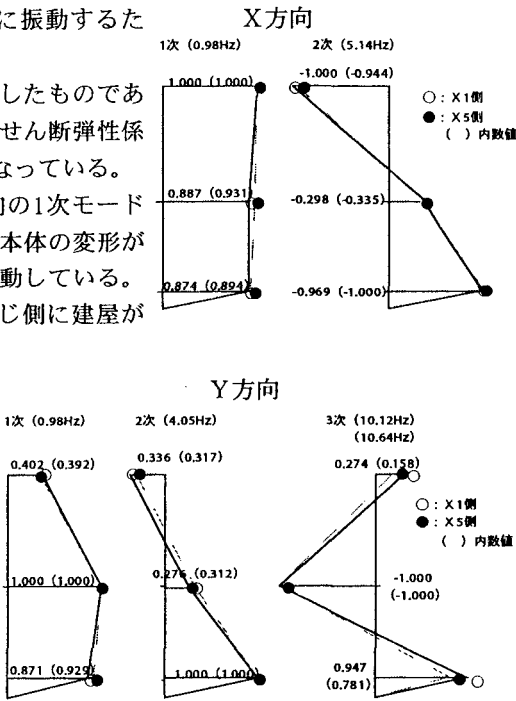


図-4 変位モード

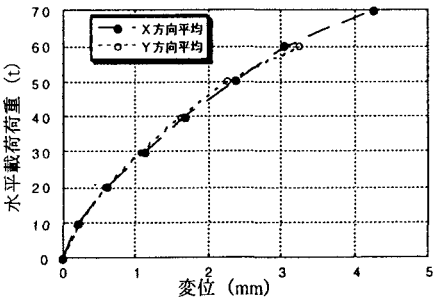


図-5 免震支承の荷重一変位曲線