

低層鉄骨免震住宅の振動実験

その1：振動特性と環境振動性状

正会員 ○黒澤 隆志*1
同 花井 勉*2
同 三宅 辰哉*3

1. 序

低層鉄骨住宅のような軽量建築物を免震化する場合、大地震に対して有効な免震効果を実現しようとする一般に免震層の剛性が過剰に低くなり、環境振動及び風圧力によって有害な応答を生じる可能性がある。この点に関して筆者らは模擬風圧力波を用いた応答解析に基づいて、低層免震建築物の風圧時の応答加速度は免震層の降伏せん断力係数にはほとんど影響を受けず、応答加速度を低減するためには免震層の弾性剛性と初期剛性下での減衰性を高めることが有効であることを示した¹⁾。

本報では上記の点に留意して開発した免震装置を有する実大3層鉄骨住宅の振動性状に関する計測結果に基づいて、その振動特性及び環境振動などの微小振動に対する応答性状について考察する。

2. 試験体

免震装置は弾性剛性と減衰性の確保に留意して積層高減衰ゴムに鉛棒を併用した。本免震装置の荷重変形特性は図1中実線のようになる。

上部構造は図2のような鉄骨ラーメン構造の3階建て住宅である。本実験では免震層の有無による振動性状の差異を確認するために免震層を有する免震棟(N棟)に隣接して、同一の上部構造を有する非免震棟(S棟)を建設した。

3. 計測方法

加速度計を図3のように配置して環境振動による応答加速度を計測した。また、3階床面に設置した電磁式起振機により並進1次固有振動数で調和加振を行い、応答振幅が十分成長した時点で起振機を停止し、自由振動波形を計測した。なお、S棟については鉄骨躯体に床板が設置された状態(第1期)と内外装工事が完了した時点(第2期)に分けて計測した。

4. 計測結果及び考察

4-1 伝達関数

伝達関数 $H(\omega)$ を次のように求める。

$$H(\omega) = S_{xy}(\omega) / S_x(\omega) \quad (1)$$

ただし、 $S_x(\omega)$ は地盤の常時振動加速度波 x のスペクトル密度、 $S_{xy}(\omega)$ は x と3階床面に設置した加速度計

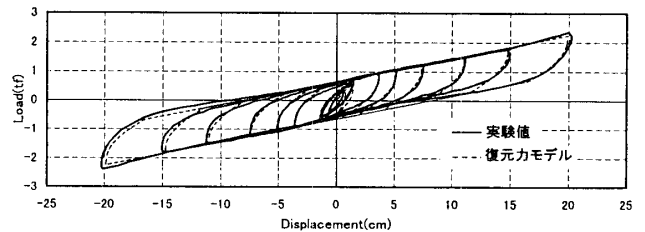


図1 免震装置の復元力特性

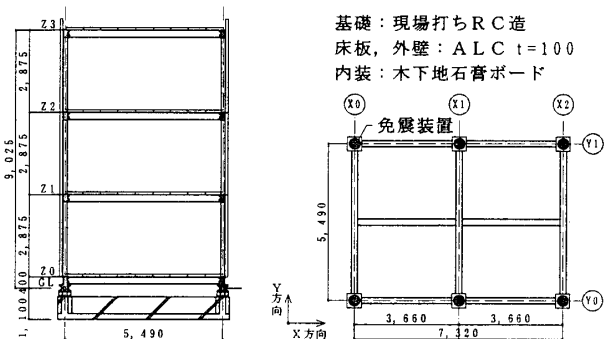


図2 上部構造の概形

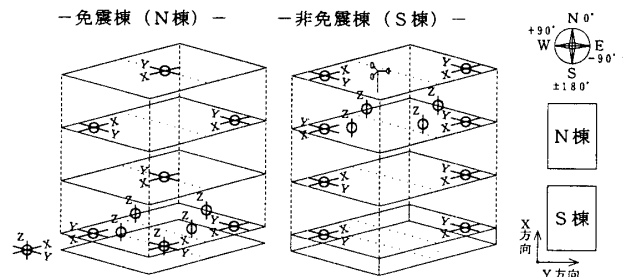


図3 加速度計の配置

による応答加速度波 y の相互スペクトル密度である。この $H(\omega)$ を図4に示す。S棟は第1期では各次の固有振動数に対応するピークが鋭く明確であるが、第2期では高次の固有振動数が不明確になっている。また、並進1次固有振動数は第1期の1.5倍程度になっており、内外装材による質量の増加を考慮すれば、少なくとも微小振動レベルではこれらの非構造部材は躯体を上回る水平剛性を有している。

N棟はS棟・第2期に対して並進1次固有振動数は50~60%程度に低下している。また高次の固有振動数に対応するピークはほぼ判別不能であり、並進1次モー

A full scale vibration test of Few-story steel frame Base-isolated Buildings

Part1 : Vibration characteristics and Vibratory behaviors due to ambient vibration

KUROSAWA Takashi et al.

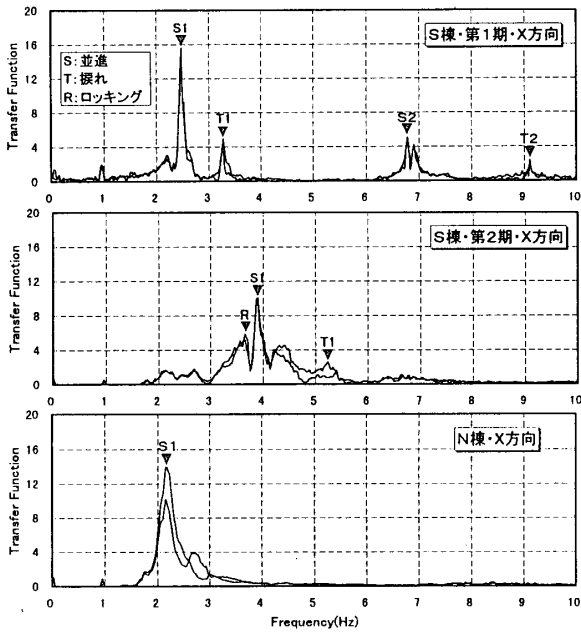


図4 伝達関数

ドが卓越している。

4-2 減衰定数

自由振動波形から求めた並進1次モードの対数減衰定数を表1に示す。

表1 並進1次モード減衰定数(%)

方向	S棟		N棟
	第1期	第2期	
X	1.14	7.79	6.18
Y	1.06	6.67	5.70

S棟では内外装材の設置により減衰定数は顕著に増大している。N棟ではS棟・第2期を若干下回っている。

4-3 加速度応答倍率

S棟・第2期とN棟について地盤の最大加速度に対する各階床面の最大応答加速度の比率を加速度応答倍率として図5に示した。両方向ともS棟がN棟を上回っている。またN棟では各階の応答倍率がほぼ同等であり、このような微小振動レベルにおいても上部構造は剛体的に振動している。

4-4 振動レベル

環境振動による応答を振動数が並進1次固有振動数 f_{s1} に等しく、振幅が最大応答値 a_m に等しい正弦波とみなした場合の振動レベル L_v は次のように求められる²⁾。

$$L_v = 20 \log(1000a) \quad (2)$$

ただし、 $a = \sqrt{a_m^2 210 C_n / 10}$ $C_n = 20 \log \frac{2}{f_{s1}}$

この振動レベルを図6に示した。1階床面以外はN棟

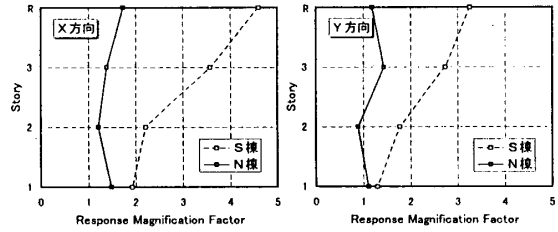


図5 加速度応答倍率

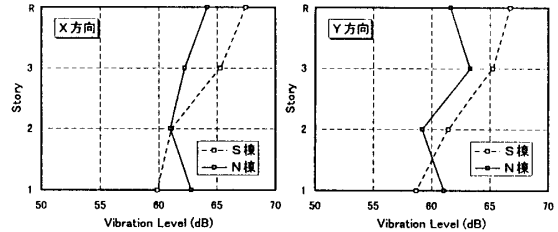


図6 振動レベル

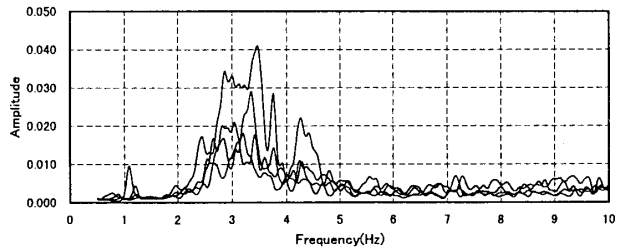


図7 地盤振動の周波数特性

はS棟を下回り、環境振動性状が改善されている。

地盤の振動加速度波のフーリエ振幅スペクトルをHanning ウィンドウにより平滑化したものを図7に示す。地盤振動の卓越振動数は3.2Hz前後であり、S棟・第2期の固有振動数がこれに近いので、S棟の応答加速度がN棟を上回るのは当然である。しかし筆者らが別途計測した都内3地点における地盤の常時振動の卓越振動数は3.04~3.46Hzであり、多くの場合このような免震化は環境振動の緩和に有効と考えられる。

5. まとめ

風圧時応答の低減を主目的として開発した免震装置を有する低層免震建築物の環境振動に対する応答性状について考察を行った。その結果、(1)環境振動レベルにおいても免震層の設置により固有振動数は非免震時の50~60%に低下し、並進1次モードが卓越して上部構造は剛体的に振動すること、(2)それにより多くの場合環境振動性状が改善されることが明かとなった。

参考文献

- 1) 黒澤, 三宅, 花井: 低層免震建築物の風圧時応答に関する考察 その1,2, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1995.8
- 2) 産業公害防止協会: 新訂・公害防止の技術と法規(振動編), 丸善, 1990.7.15

*1 旭化成工業・工修

*2 日本システム設計

*3 日本システム設計・博士(工学)

Asahi Chemical Industry, M.Eng.

Nihon System Sekkei

Nihon System Sekkei, Dr.Eng.