

1. はじめに

免震構造物は長周期化を図り、高めの減衰性能を付与することにより上部構造の応答加速度を低減し、かつ長周期化したことによる応答変位の増大を高めの減衰で抑えた、受動型の応答制御構法である。ここでは芸予地震での高知市における観測地震波とその周期を2倍にした模擬地震波を用いて、5階建の免震した構造物と免震しない構造物の地震応答解析を行い考察を加えた。その結果、周期2倍の模擬地震波を用いた場合は、長周期化した免震構造物と共振現象をおこし、大きく揺れることが分かったので報告する。

2. 対象構造物の概要

まず第一段階として、対象構造物は良好な地盤上に建つ高さ約19m、アスペクト比0.75の鉄筋コンクリート造5階建を想定した。対象構造物を図1に示す2種類とし、免震構造物には積層ゴムと鋼棒ダンパーを用いた。RC構造物の場合、変形が進行するとまずひび割れが入り、次いで降伏し破壊に至るためこれらの非線形応答を考慮できる復元力特性として、トリリニアモデル（武田モデル）^{2),3)}を用い、線形時と比較した。

3. 解析方法

構造物に水平一方向の地震動が作用する場合の振動方程式は式(1)となる。

$$[M]\{\ddot{x}(t)\} + [C]\{\dot{x}(t)\} + [K]\{x(t)\} = -[M]\ddot{y}(t) \quad (1)$$

$[M]$: 質量マトリックス $[C]$: 減衰マトリックス $[K]$: 剛性マトリックス

$\{x(t)\}$: 地面に対する相対変位マトリックス $\ddot{y}(t)$: 地動加速度

$$[M] = \begin{bmatrix} m_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & m_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & m_g \end{bmatrix} \quad \{x\} = \begin{bmatrix} x_5 \\ x_4 \\ x_3 \\ x_2 \\ x_1 \\ x_g \end{bmatrix}$$

$$[K] = \begin{bmatrix} k_5 & -k_5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -k_5 & k_5+k_4 & -k_4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -k_4 & k_4+k_3 & -k_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -k_3 & k_3+k_2 & -k_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -k_2 & k_2+k_1 & -k_1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -k_1 & k_1+k_g \end{bmatrix} \quad [C] = \begin{bmatrix} c_5 & -c_5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -c_5 & c_5+c_4 & -c_4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -c_4 & c_4+c_3 & -c_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -c_3 & c_3+c_2 & -c_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -c_2 & c_2+c_1 & -c_1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -c_1 & c_1+c_g \end{bmatrix}$$

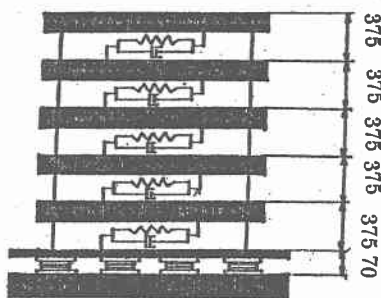
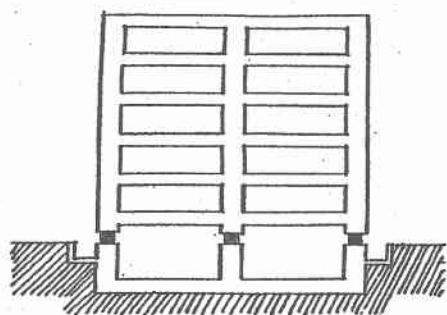
用いた入力地震波は図2に示す芸予地震の高知市(EW)の観測記録波を用い、最大入力加速度を100galに基準化し、継続時間を10秒とした地震波（以下、高知市芸予EWと呼ぶ）と、これの周期を2倍にし、同じく最大入力加速度100gal、継続時間10秒とした地震波（以下、高知芸予周期2倍EWと呼ぶ）の2種類とした。

4. 解析結果と考察

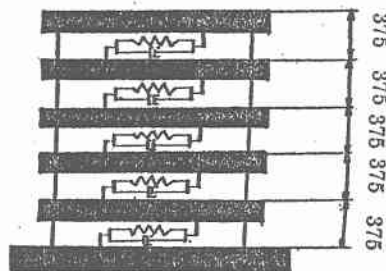
地盤を完全に剛体と考えて、高知芸予EWを入力した場合の非免震の5階建構造物の応答加速度波形と免震層を有する5階建構造物の応答加速度波形を図3(a),(b)に示し、両者を比較する。非免震時は入力波形と同じくガサガサと揺れているのに対して、免震はゆったりと揺れているのが分かる。免震すると揺れ（加速度応答）は約1/9に低減されている。次に、入力地震波を高知芸予周期2倍EWとしたときの応答加速度波形を図4(a),(b)に示す。5階では最大応答加速度が小さくなっているが、1階では約2.5倍と大きくなっている。免震は構造物を地盤と切り離して長周期化するため、長周期の地震波が免震構造物を振動させると、大きく揺れて、免震の効果が出ないことが分かる。

今後の課題

地震時の入力エネルギーや吸収エネルギーに関する問題や、地盤を考慮した場合の免震については今後の課題である。

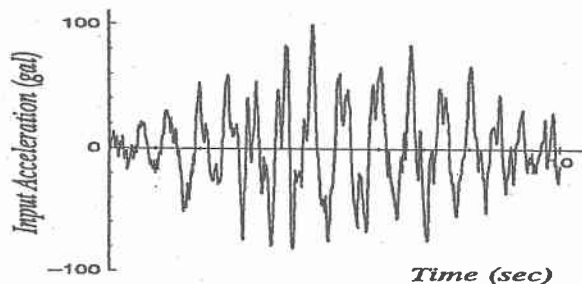


(a) 免震構造物

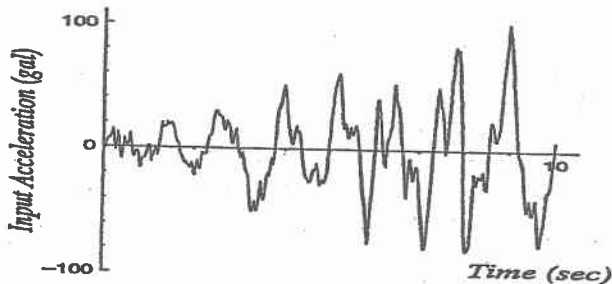


(b) 非免震構造物

図1 対象構造物

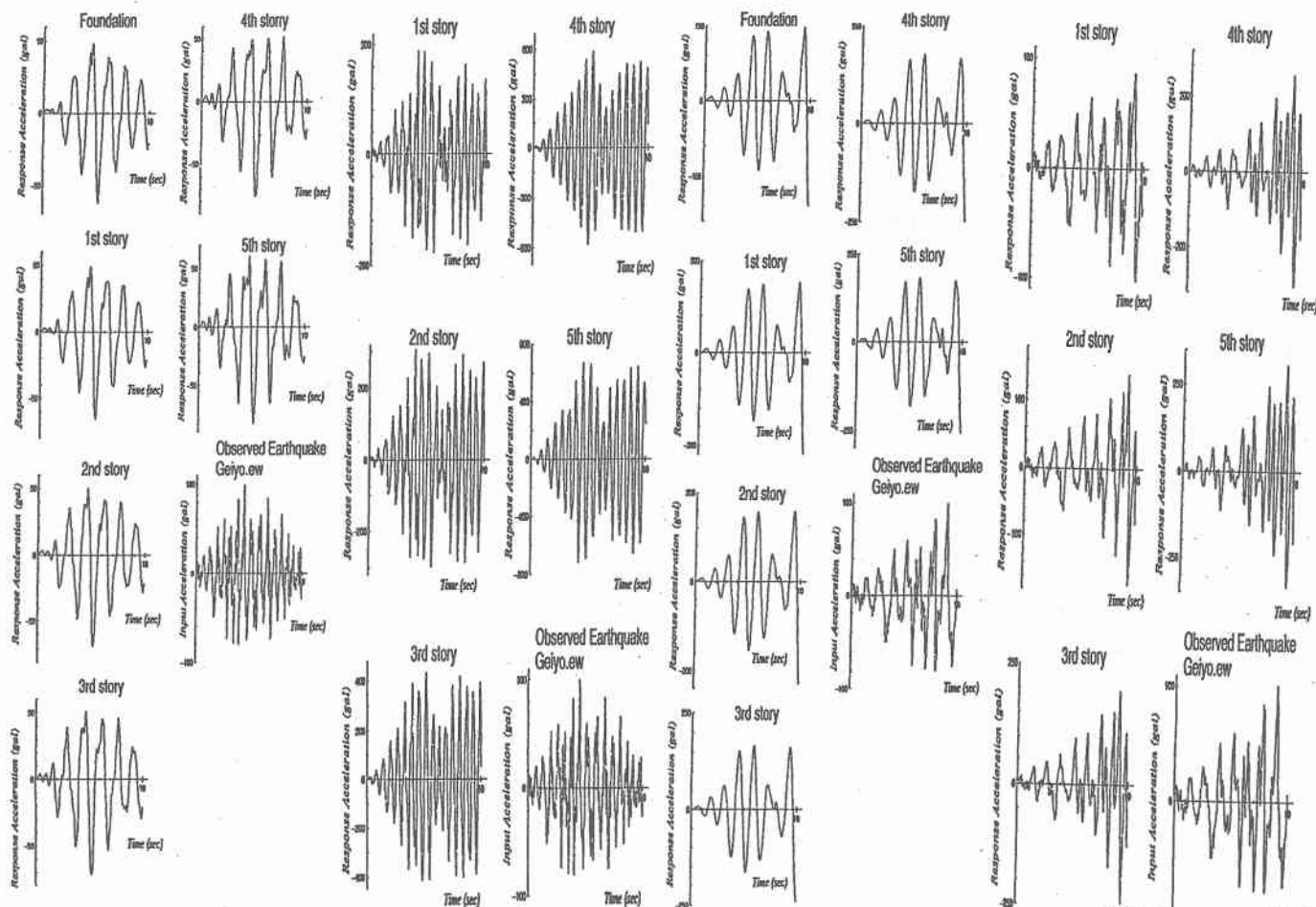


(a) 高知芸予 EW



(b) 高知芸予周期2倍EW

図2 入力地震波形



(a) 免震構造物

(b) 非免震構造物

(a) 免震構造物

(b) 非免震構造物

図3 高知芸予 EW 入力の際の応答加速度波形

図4 高知芸予周期2倍EW 入力の際の応答加速度波形

参考文献

- 1) 建設省住宅局建築指導課監修：改正建築基準法（2年目の施工）の解説。講習会テキスト，新日本法規出版，2000.7.
- 2) 吉川正昭，坂井陽：地盤を考慮した免震構造の地震応答解析手法の研究，土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集，pp.62～63，1999.5.
- 3) 吉川正昭，濱田英樹：免震構造物の地震応答解析，土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集，pp.52～53，2001.5.