

高知工業高等専門学校 吉川 正昭
(株)西日本開発コンサルタント ○楠 裕規

1. はじめに

阪神・淡路大震災以後、それまで特殊な構造というイメージが強かった免震構造物の着工件数は急激に増加し、1994年以前には80棟程度だったものが、1996年以後は年間100~150棟程度建設され、1999年12月までに800棟以上の免震構造物が完成し、現在も増えつづけている。ここではK-net¹⁾に記録された高知市での最大の観測地震波(2001年3月の芸予地震)を継続時間10秒、最大加速度100galにした入力地震波と、これの周期を長周期化した模擬地震波を用いて、5階建の免震構造物の地震応答解析を行い、岩盤上に建物がある場合に相当する基礎固定モデルと、地盤の影響をバネによって表現するSway・Rockingモデルを用い、解析モデルによる応答の比較を行った。また、同じ解析モデルの場合、入力地震波の違いによる応答の比較も行った。

2. 対象構造物の概要

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RC造5階建てを想定した。解析モデルを図1に示す。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)を用いた(図2)。免震装置は積層ゴム、鋼棒ダンパー、鉛ダンパーとし、復元力特性としてバイリニアモデルを用いた(図3)。

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

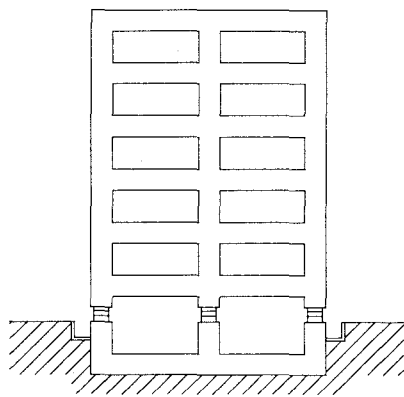
用いた入力地震波は前回^{2),3)}と同様の芸予地震の高知市(EW)の観測記録波を用い、最大入力加速度を100galに基準化し、継続時間を10秒とした地震波(以下、高知芸予EWと呼ぶ)と、これの周期を2倍にし、同じく最大入力加速度100gal、継続時間10秒とした地震波(以下、高知芸予2EWと呼ぶ)の2種類とした。

4. 解析結果と考察

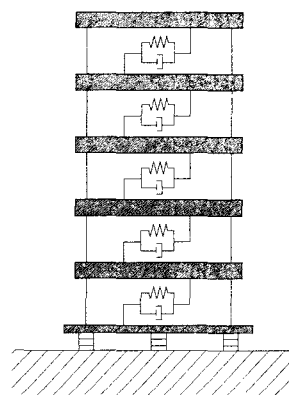
基礎と1階から5階までの加速度の時刻歴応答解析の結果を図4に示す。高知芸予EW入力の場合、基礎固定モデル(同図(a))では構造物(免震層を含む基礎、1階~5階)の応答加速度はほぼ同位相で同振幅に揺れ、入力加速度に比べ約1/3と小さくなり、周期も長くなる。基礎をSway・Rockingバネで支えた同図(b)では、基礎と1階、4階と5階の応答加速度の揺れ方は入力加速度に追随している。3階は周期が2倍となり、応答加速度振幅は約1/3と小さくなる。高知芸予2EW入力、基礎をSway・Rockingバネで支えた同図(c)では、階が上がるごとに加速度応答は大きくなる。免震構造物は遠方地震(長周期成分が卓越する)に対して、よく揺れることがわかる。

5. 十勝沖地震観測による免震ビルの実証⁵⁾

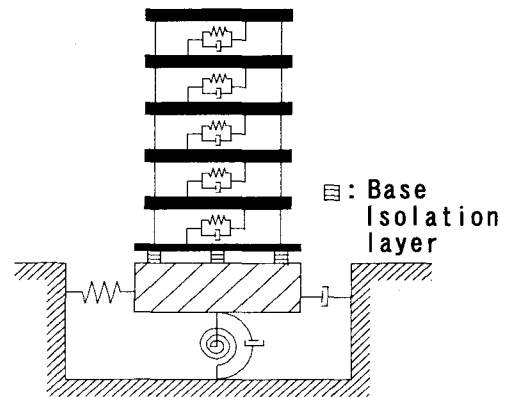
十勝沖地震(2003.9.26 A.M.4:50 震源深さ42km, M8)において、免震ビル(釧路市に建つ免震2棟)で強震記録が得られた。釧路市の市内北大通りにある免震構造(1998年建設、9階建)の店舗兼事務所ビルには基礎部に鉛入り積層ゴムが10台、天然ゴム系積層ゴムが2台設置されている。1階店舗内の商品の落下や損傷は無く、事務所の什器の滑り移動や転倒もなかった。1階床と地面の隙間の土埃の移動後から、免震層の水平変位は5cm程度と推測される。地震後の免震層の残留変形は見られなかった。もう1つ別の免震ビルは地上3階、塔屋1階で、軒高11.10m、最高部高さ15.85m、基準階階高3.75mの病院である。免震層を介した1階と基礎の加速度を図5に示す。1階のEW方向155 cm/s²は、基礎のEW方向212 cm/s²に比較して7~8割の小さな応答値となり、免震効果が確認できた。



(a) 対象構造物



(b) 基礎固定モデル



(c) Sway・Rocking モデル

図 1. 対象構造物と解析モデル

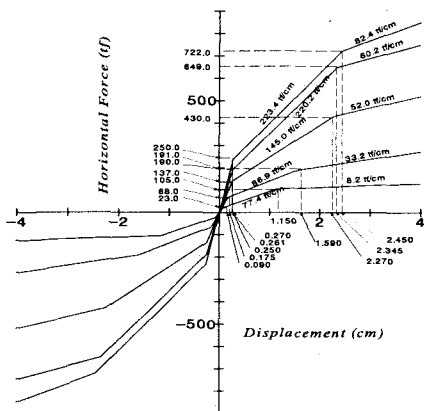
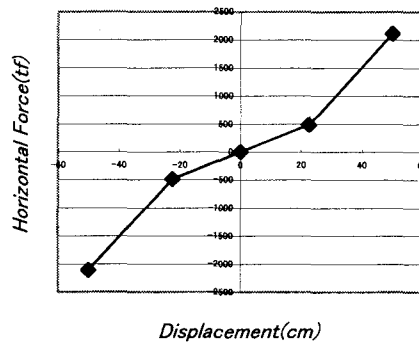
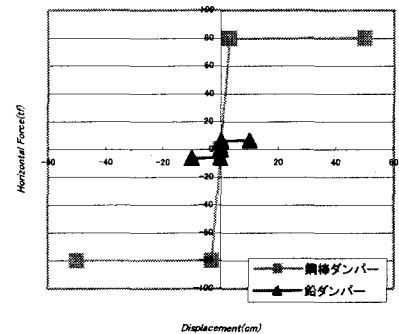


図 2. 上部構造の復元力特性

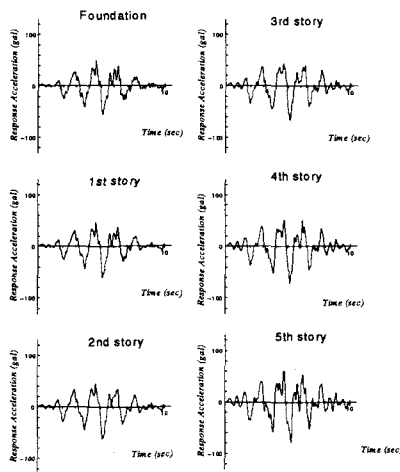


(a) 積層ゴム

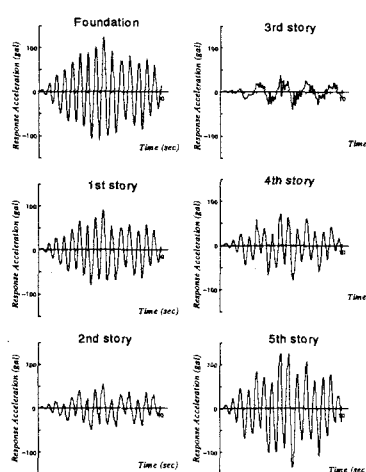


(b) 鋼棒ダンパー, 鉛ダンパー

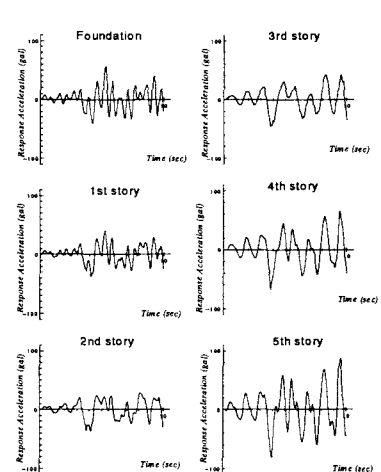
図 3. 免震装置の復元力特性



(a) 高知芸予 EW, 基礎固定モデル



(b) 高知芸予 EW, Sway・Rocking モデル



(c) 高知芸予 2EW, Sway・Rocking モデル

図 4. 時刻歴加速度波形

参考文献

- 1) 可児長英, 免震構造の技術的経緯, 2001
- 2) K-net: <http://www.k-net.bosai.go.jp/1-net/>
- 3) 吉川正昭, 楠裕規: 免震を用いた地震応答解析, 土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集, pp.56~57, 2002.5.
- 4) 吉川正昭, 楠裕規: 免震系構造物の地震応答解析(その2), 土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集, pp.3~4, 2003.5
- 5) ハザマ研究年報, 釧路市に建つ免震病院の強震記録, 2003

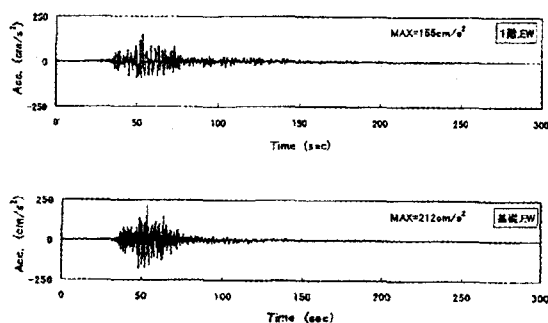


図 5. 十勝沖地震観測記録波(上: 1階, 下: 基礎)