

変位抑制部材を用いた免震層衝突時における免震住宅の地震時応答

その2 免震層衝突時における免震住宅の地震時安全性

正会員 花井 勉^{*1} 皆川隆之^{*2}
飯場正紀^{*3} 緑川光正^{*4}免震住宅 変位抑制部材 免震層衝突
衝突速度 制御変位 安全限界

1.はじめに

その2では、変位抑制部材の特性及び作動変位が上部架構の応答にどのように影響を与えるかをシミュレーションにより求め、免震住宅において変位抑制部材に衝突が発生する場合の、建物の安全性評価に有効な指標を提案する。

2.解析モデル

解析建物は標準的な2階建て鉄骨耐力パネル構造の免震住宅とし、解析モデルは図1に示すような3質点せん断型モデルとする。免震層は周期3秒の線形バネと減衰定数35%のオイルダンパーの組み合わせとする。変位抑制部材はその1で用いたモデルを想定し、水平変位70mm時に150kN/基の制御力を有している。

上部架構は全質量約60tとし、各階の質量分布を図1に示す。上部架構の復元力特性は図2に示すノーマルトリニア型とし、初期剛性は層せん断力係数0.2時に層間変形角が1/200となるよう設定した。各階階高は一律270cmとし、1、2階の剛性比は基礎固定時の上部架構の1次モードが直線になるよう1:0.6としている。上部架構の粘性減衰は基礎固定時1次固有振動数に対して $h=3\%$ の剛性比例型とした。尚、各層の安全限界変形角は1/20に想定した。

入力地震動としては次の2種類の波を用いる。

- a) 告示波：建築基準法施行令第82条の6に示される、解放工学的基盤の加速度応答スペクトルに適合する模擬地震動に表層地盤増幅を考慮したものとする。模擬地震動はランダム位相にて10波作成する。継続時間は60秒、包絡形は主要動を2.5~17.5秒としたjennings型¹⁾である。表層地盤増幅は弾性地盤周期が0.32秒、0.48秒の2つのサイト情報²⁾を用いて等価線形化解析により算定する。地盤物性のひずみ依存性は、建築基準法告示第1457号別表の値を用いた。
- b) 観測波：免震層の変位抑制が必要となる実地震動として、1995年兵庫県南部地震での葺合波(EW)、鷹取波(NS,EW)を採用する。

図3に、採用地震動の擬似速度応答スペクトルを示す。尚、告示波は振幅10波の平均値である。

解析パラメータは、変位抑制部材配置数：2基又は4基、作動変位：告示波では200mm又は250mm、観測波

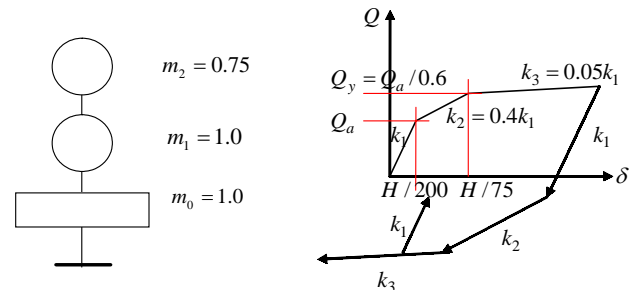


図1 解析モデル

図2 上部架構の復元力特性

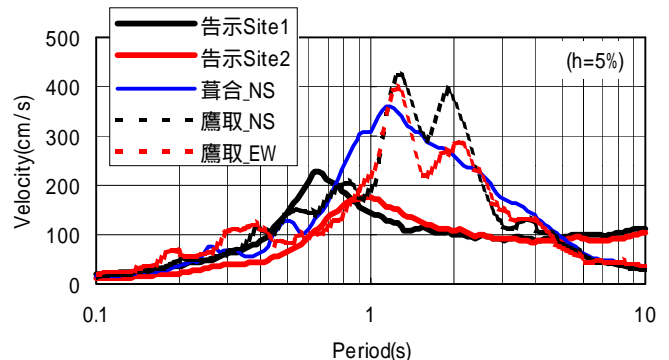


図3 入力地震動の擬似速度応答スペクトル

では250mm~450mm(ピッチ50mm)、告示波振幅：1~3倍(ピッチ0.1倍)、上部架構特性：1、1.25、1.5倍である。

3.解析結果

変位抑制部材が作動した場合の応答例として、変位抑制部材を2基、作動変位を200mm、上部架構特性を1倍とした場合のサイト2告示波(振幅2倍)での各層の応答履歴を図4に示す。変位抑制部材への衝突により免震層に衝撃的な加速度応答が生じ、1階では倒壊レベルの層間変形角となる結果が得られた。

パラメータによる解析結果を1)作動変位における免震層相対速度の最大値(V_{op})、2)変位抑制部材がないとした完全免震時の免震層最大変位と、設置する変位抑制部材の作動変位との差(ここでは制御変位 D_{con} と呼ぶ)の2つの指標にて整理する。尚、変位抑制部材が2基と4基の場合の上部架構の応答はほとんど変わらないので以下では2基の応答値を示す。

図5は振幅を変化させた告示波を入力した場合の1階の最大層間変形角(α_1)を2つの指標でプロットしたものである。いずれも指標値の増加に伴い層間変形角が

増加しているが、Vop 指標においてはサイト 1 の方がより増加傾向が強い。これは変位抑制部材が作動している間は上部架構は非免震の状態にあり、上部架構の固有周期とサイト 1 の地震動の卓越周期が近似していることによるものである。Dcon 指標ではこのサイトによる差は小さく、上部架構の最大層間変形角は Dcon にほぼ比例する関係が見られる。図 6 には観測波による 1 階の最大層間変形角を同じ指標で示している。やはり Vop 指標は入力波により若干増加傾向に差が見られるが、Dcon 指標を用いると、入力波によらず最大層間変形角が評価可能となる。

上部架構の特性を「住宅の品質確保の促進等に関する法律」(品確法)の耐震等級に従い 1 倍、1.25 倍、1.5 倍とした場合の結果を比較する。図 7 から、耐震性能が向上すると最大層間変形角が減少する結果が得られた。

図 8 に、耐震等級を横軸にして 1 階の層間変形角が安全限界の 1/20 に達するときの Vop、Dcon の値を縦軸に示した。同図は両指標が地震動に対して建物を安全に保つための衝突条件を示しているとも言える。例えば Vop では地震波によるばらつきがあるが 90~120cm/s を超えると層間変形角が安全限界を超える可能性が大きくなる。他方、Dcon では地震波によるばらつきは小さく、上部架構が安全性を有するために必要となる限界制御変位を定めることが可能となる。

4.まとめ

変位抑制部材により免震層応答を抑制した場合、その衝突により上部架構は危険な状態となる可能性がある。倒壊の判断に用いる最大応答層間変形角は本解析において 2 つの指標により関係付けられることが分かった。1 つは作動変位での最大相対速度 (Vop)、もう 1 つは完全免震応答からの制御変位 (Dcon) である。Vop、Dcon 値の増加に伴い層間変形角は特定の増加率を示すことから、両指標は変位抑制部材を設置した免震住宅の想定外地震動に対する安全性評価に有効である。但し、Vop、Dcon の限界値は免震層の特性及び変位抑制部材の特性に依存するため、これらの特性の考慮した検討が必要である。

謝辞

本報告の内容は、独法建築研究所と(社)建築研究振興協会の共同研究(戸建て免震住宅の地震時安全性に関する研究会)の成果の一部である。関係各位に感謝致します。

参考文献

- 1) 建設省建築研究所, 日本建築センター: 設計用入力地震動作成手法技術指針(案)本文解説編, pp.59~62, 1992.4
- 2) 国土交通省住宅局建築指導課, 建築研究所, 日本建築行政会議, 日本免震構造協会, 日本建築センター: 免震建築物の技術基準解説及び計算例とその解説, p101,131, 2001.5

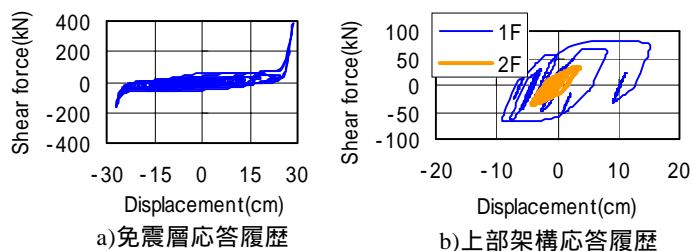


図 4 免震層衝突時の応答例

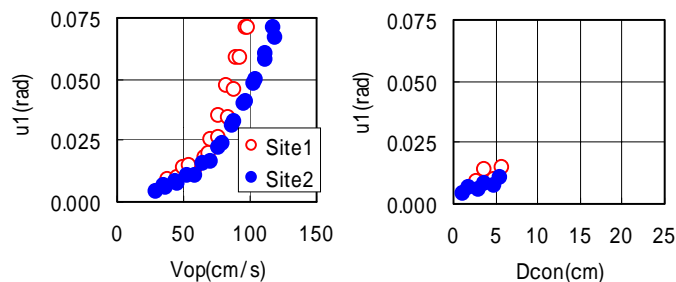


図 5 告示波に対する 1 階最大層間変形角

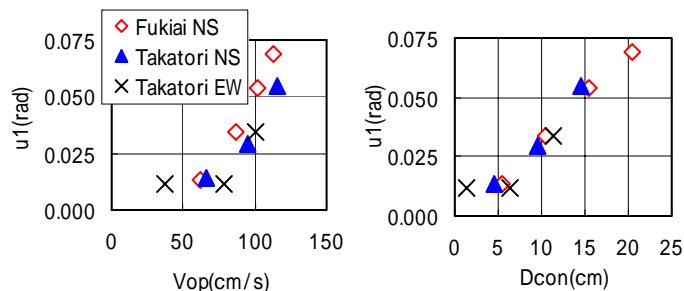


図 6 観測波に対する 1 階最大層間変形角

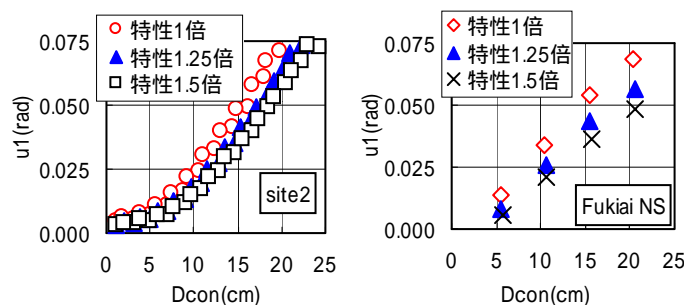


図 7 上部架構特性による 1 階最大層間変形角

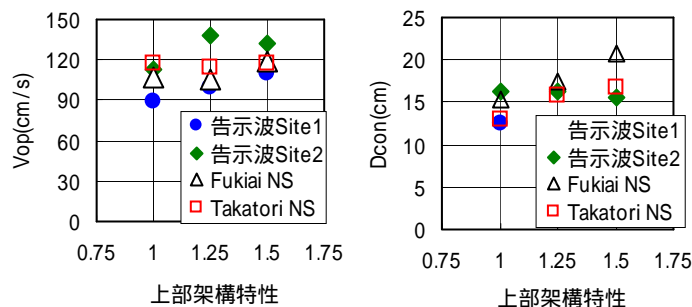


図 8 上部架構特性による倒壊限界指標

*1 日本システム設計・博士(工学)
 *2 日本システム設計
 *3 国土技術政策総合研究所・博士(工学)
 *4 独立行政法人建築研究所・工学博士

Nihon System Sekkei Co.,Ltd.,Dr.Eng.
 Nihon System Sekkei Co.,Ltd.
 National Institute for Land and Infrastructure Management, Dr.Eng.
 Building Research Institute, Dr.Eng.