

戸建て免震住宅の簡易応答評価法について

その2 . 応答早見表とその適用範囲

免震 応答スペクトル法 応答早見表

正会員 吉井邦章 *1 正会員 花井 勉 *2
 正会員 高橋武宏 *1 正会員 皆川隆之 *2
 正会員 深堀美英 *3 正会員 三宅辰哉 *4

1. はじめに

本法では、代表的な戸建て免震の復元力特性を想定して、応答スペクトル法にその1で提案した表層地盤増幅式を組み込んだ応答算定式、並びに応答早見表例を示す。また、この検証として表層増幅法の違いによる時刻歴での応答解析を行っている。各増幅法応答の特徴を概観し、提案式の適用範囲及び運用上の注意点を考察していく。

2. 応答スペクトル法

表層増幅に地盤周期をパラメータとした提案式を用いると、安全限界時地表面加速度応答スペクトルは図1のようになる。建物周期2秒位置で限界耐力法ルート簡略法との対応が見られるが、5秒にかけて簡略法第1種地盤の倍率に近づいている。

戸建て免震住宅では、軽さを始めとする様々な制約から、低い摩擦係数の支持支承に復元力装置と減衰装置を組み合わせる構成が多い¹⁾。各種の依存性を持たない単純な性能で評価できるものとする、応答スペクトル法により下式の復元力Pと地震荷重Qを等しくした計算により収束応答値が求められる。

$$P = Mg \cdot \mu + kt \cdot \delta \quad kt = \left(\frac{2\pi}{T_t} \right)^2 \cdot M$$

$$Q = \frac{5.12M \cdot Fh \cdot Z \cdot G_s}{T_s}$$

$$G_s = (0.082T_s^2 - 0.98T_s + 3.35)T_g + 0.068T_s + 0.57 \geq 1$$

$$Fh = \frac{1.5}{1 + 10(hd + hv)} \geq 0.4$$

$$hd = \frac{\Delta W}{4\pi \cdot W} = \frac{4\delta \cdot Mg \cdot \mu}{4\pi \cdot \delta \cdot P/2} = \frac{2Mg \cdot \mu}{\pi \cdot P}$$

$$T_s = 2\pi \sqrt{\frac{M}{k_s}} \quad k_s = \frac{P}{\delta}$$

ここで、 μ :摩擦係数, T_t :接線周期, h_v :粘性減衰定数, T_g :地盤周期、他の定数は限界耐力法告示に倣っている。

図2には免震層を $\mu=0.05, T_t=3(s), h_v=0\%$ で構成した場合の、減衰、表層地盤増幅を考慮した S_a-S_d 曲線及び復元力特性を示す。この交点が応答値である。同じく図3は接線周期 T_t をパラメータとした場合の応答早見表である。

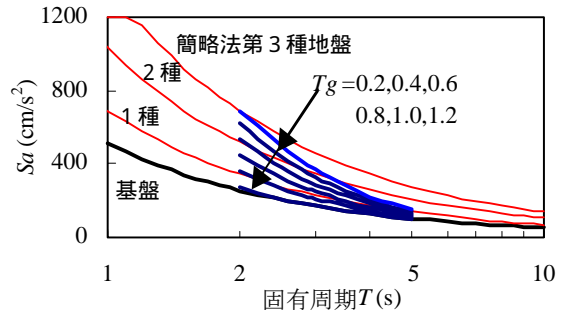


図1. 提案式による加速度応答スペクトル

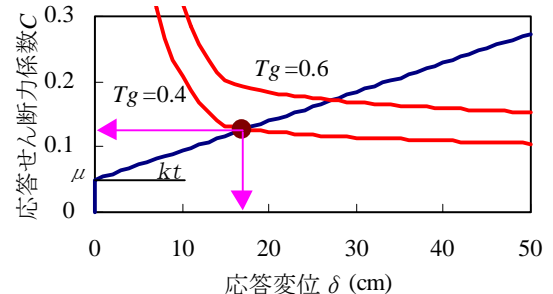


図2. 応答スペクトル法

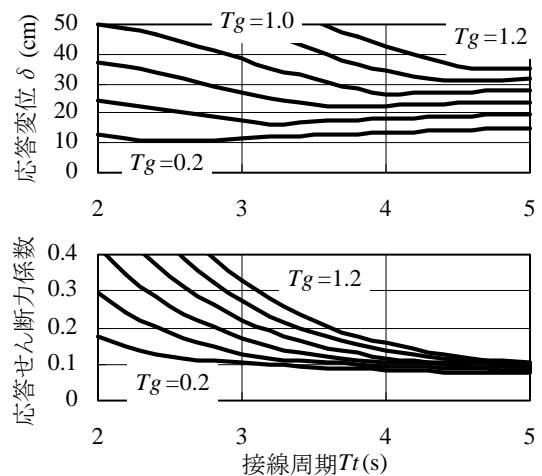


図3. 応答早見表 ($\mu=0.05, h_v=0\%$)

3. 応答検証

その1で用いた30サイト²⁾³⁾の地表面地震動により、1質点時刻歴解析を行い提案法による応答値と比較を行う。限界耐力法精算法⁴⁾(以下告示Gs法)による場合は、求めた地表面加速度応答スペクトルに適合する模擬波を、等価線形化法⁵⁾、逐次積分法⁶⁾の場合は、基盤スペクトルに適合する模擬波を各地盤解析により

立ち上げた地表面波を入力地震動としている。

図 4 a にはすべり履歴系の復元力、図 4 b には転がり粘性系の復元力での応答変位比較を示す。時刻歴応答は各 20 波の平均値である。尚、図中破線は安全率として減衰に 0.8 を乗じた場合を示している。

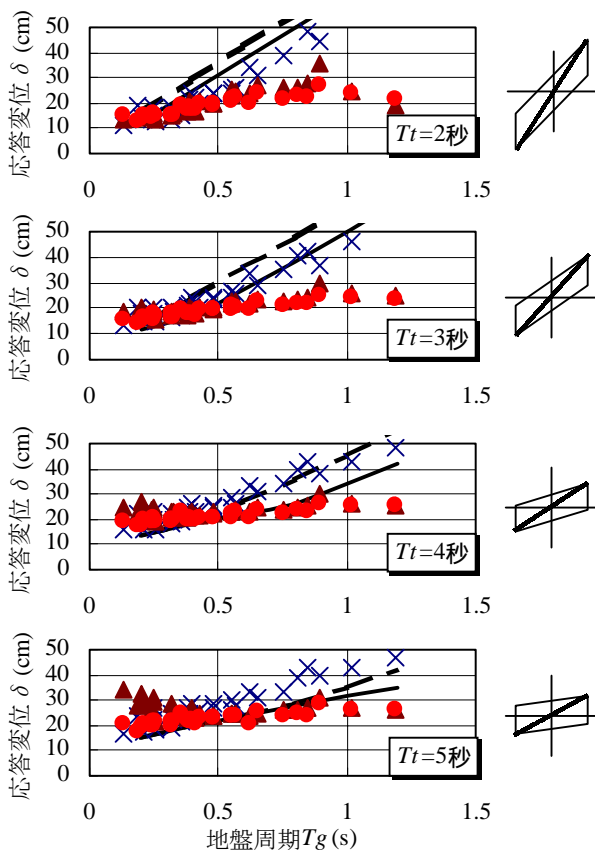
結果より、次の傾向が見える。1) 地盤周期が長くなると応答変位は大きくなる、2) 等価線形化法と逐次積分法の差はほとんどない、3) 告示 G_s 法は他の解析法応答を上回る、4) 履歴系では接線周期が短くなるほど、告示 G_s 法及び提案式は応答が大きくなる。これは等価周期がさらに短くなることで、等価減衰が減少し表層増幅率 G_s 値も増加するためである。

等価線形化法、逐次積分法を精解応答値と見れば、提案式は以下の適用条件を持って安全側の評価を与える。

- ・ 地盤周期 T_g が 0.5 秒以下では $T_g=0.5$ と読み替える
- ・ 接線周期 T_t は 4 秒以下とする
- ・ 粘性減衰の程度に応じ安全率を見込む

4. まとめ

地盤周期をパラメータとした簡易表層増幅式を用い

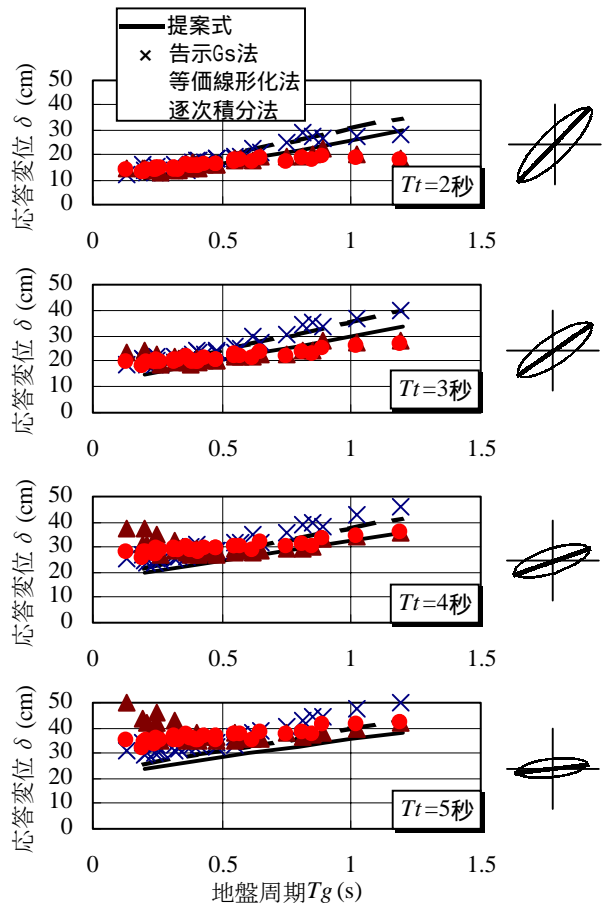


a. 履歴系 ($\mu=0.05, h_v=0\%$)

て応答スペクトル法による応答早見表作成法を示し、精解法時刻歴応答との比較検証において、その特徴と適用範囲を確認した。応答早見表を用いることで、微動計測、工学基盤レベルなどで地盤周期が分かれば、即座に戸建て免震のクライテリアである応答変位の推測が付き、免震化の判断、プラン配置、免震装置の選択等に役立てることができる。

参考文献

- 1) 花井他：戸建て免震住宅の実用化設計手法について（その3）住宅用免震装置の地震、風応答比較、B-2, pp.707~708, 2000.9
- 2) 防災科学研究所：K-NET
- 3) 佐竹次男, 北中将博：地質と場所打ち杭の設計, 建築技術, 1990
- 4) 三浦賢治, 古山田耕司, 飯場正紀：応答スペクトル法による表層地盤の非線型増幅特性の解析法, 日本建築学会構造系論文集, 第 539 号, pp57-62, 2001.1
- 5) 吉田望, 末富岩雄：DYNEQ：等価線形法に基づく水平成層地盤の地震応答解析プログラム, 佐藤工業(株)技術研究所報, pp.61-70, 1996
- 6) 吉田望：YUSAYUSA-2：1 次元有効応力地震応答解析プログラム, 佐藤工業(株)中央技術研究所, 1995.10



b. 粘性系 ($\mu=0.005, h_v=25\%$)

図 4. 表層地盤増幅法による応答比較

*1(株)一条工務店 Ichijo Housing Company Co.,Ltd.

*4(株)日本システム設計・工博 Nihon System Sekkei Co.,Dr.Eng

*2(株)日本システム設計 Nihon System Sekkei Co.

*3(株)一条工務店・工博 Ichijo Housing Company Co.,Ltd,Dr.Eng