

表層地盤増幅率のデータベース構築と木造建物の耐震補強設計への適用

限界耐力計算	表層地盤増幅率	データベース構築	正会員	泉 洋輔 ^{*1}
木造建物	耐震補強設計		同	横田 友行 ^{*2}
			同	貝谷 淳一 ^{*3}

1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震以降最近に至るまで全国的に地震活動が活発化している。さらに、近い将来起こると予想されている東海、東南海、および南海地震の発生確率が公表される状況のもと、木造建物の耐震補強に関しては、これまでの耐震化率を今後10年間で90%にまで引き上げることが国の方針として打ち出されており、その実現が急務となっている。

一般的に、木造建物の基礎の根入れは浅く地表面基礎となる。そのため入力との相互作用である入力損失は期待できず、地表面での地震動がそのまま設計対象となる。したがって、木造建物の地震時応答は地盤増幅特性および入射地震動特性が大きく影響するものと考えられる¹⁾。

限界耐力計算(以下、限耐法)に基づく木造建物の耐震設計法・耐震補強設計法²⁾は、地域特性が反映された軸組構法や伝統構法を対象に、そのすぐれた変形能力の特性を活かすことを目的として開発されたものであり、すでに実用化されている。この設計手法を適用する場合、設計用入力地震動である地表面の加速度応答スペクトル(以下、 Sas)の算定には、表層地盤の増幅率(以下、 G_s)を考慮する必要がある。これには、建設地の地盤データに基づいて算定する告示第1457号第7第一号(以下、精算法)と、地盤種別ごとに規定されたものを用いる第二号(以下、簡略法)の2通りの方法がある。

木造建物の耐震補強においては、物件ごとに地盤調査が詳細に行われることはないものと推定される。このため、 Sas の設定には簡略法を適用することになるが、簡略法で算定される Sas は1秒を超えるあたりから精算法より大きく評価される傾向があり、このことが木造建物の応答変位、補強材の数量およびその配置計画など耐震性能評価結果の判断に大きな影響を及ぼす要因となっている。一方、精算法を適用する場合には、当然ながら地盤情報が必要となり、上記のような状況に対処する方法として、周辺に建つ建物の地盤データを入手することや、大都市圏を対象として刊行されている地盤図を利用することなどが考えられる。これらの方法では N 値と土質種別から S 波速度を推定した既往の回帰式を利用することになる。また、数は限定されるが全国的に整備されている防災科学技術研究所のK-Net(強震ネットワーク)やKik-Net(基盤強震観測網)の地盤データの利用も考えられる。

以上のような背景より本報告は、限耐法による木造建物の耐震補強設計において建設地の地盤増幅特性を反映した Sas を用いることの重要性に着目し、内閣府に設置されている中央防災会議³⁾から公開されている地盤データ(以下、公開データ)を利用した精算法による G_s のデータベース構築について紹介し、木造建物の耐震補強設計へ適用した例を示したものである。

2. 表層地盤増幅率のデータベース構築

(1) 公開データの構成と処理方法

公開データは、(1)メッシュ図、(2)表層および深部地盤データ、(3)震度PL値リスト、(4)断層パラメータ、(5)強震動波形、および(6)利用規定とデータ内容説明、から構成されている。これらの中から本データベース構築のために用いたものは、(1)、(2)の表層地盤データおよび(3)のPL値である。

地盤データの構成は各地層ごとに、 P 波速度、 S 波速度、 Q_p 値、 Q_s 値、質量密度、層厚、および動的変形特性曲線番号の順となっている。動的変形特性曲線番号は、1:粘性土、2:砂質土、3:礫質土、4,5:線形、に対応している。なお、公開データでは、工学的基盤の V_s は700m/secを設定しており、告示第1457号での定義(400m/sec程度以上)と異なっていることに注意を要する。計算方法は文献4に準じて作成したプログラムに基づいているが、公開データを用いるにあたり以下のような仕様としている。

- 1) 工学的基盤の位置は、動的変形特性曲線番号が4あるいは5(ともに線形)に設定されている地層とする。
- 2) 上で設定した工学的基盤の V_s が400m/sec以下の場合は、400m/secに設定する。逆に400m/sec以上ならその値のままとする。これによって波動インピーダンス比は小さくなり、 G_s は大きく評価されることになる。
- 3) 各地層の非線形特性は、告示第1457号第7別表第一および第二(大崎・原モデル)を用いる。動的変形特性曲線番号1には粘性土を、また2および3には砂質土の非線形特性を設定する。
- 4) 弾性1次固有周期 T_0 は、 V_s を層厚で重み付け平均した値より算出する。ただし、動的変形特性曲線番号が4あるいは5のみで構成される地盤に対しては、1層目のデータから T_0 のみ算出し、 G_s の算定は行わない。
- 5) Q_p 値および Q_s 値データは使用しない。

その他の計算条件としては、

- 6) 各地層は約1m程度となるように内部計算により細分割する。
- 7) 工学的基盤の半無限性を考慮するためのせん断ばね剛性の算出に使用するポアソン比は、 S 波速度 V_s と P 波速度 V_p から $\nu = \{1 - 2(V_s/V_p)^2\} / \{2 - 2(V_s/V_p)^2\}$ より求める。としている。

精算法の G_s は、 T_1 、および h_e の3個のパラメータから一義的に決まるため、 Sas を計算するために必要な基本情報として損傷限界時および安全限界時それぞれに対して T_1 、 $T_2(=T_1/3)$ 、 h_e 、1次増幅率 G_{s1} 、および2次増幅率 G_{s2} を出力する方針とした。

(2) 表示例

入手した 38 都府県 182,343 個の公開データを上記の方法によって処理した。計算結果は表計算シートを利用するものとし、表示例を図 1 に示す。建設地のメッシュコードを入力することによって、弾性時固有周期 T_0 、損傷限界時および安全限界時それぞれに対する T_1 、 T_2 、 G_{S1} 、 G_{S2} を表示し、 G_s のグラフを簡略法とともにプロットして示している。

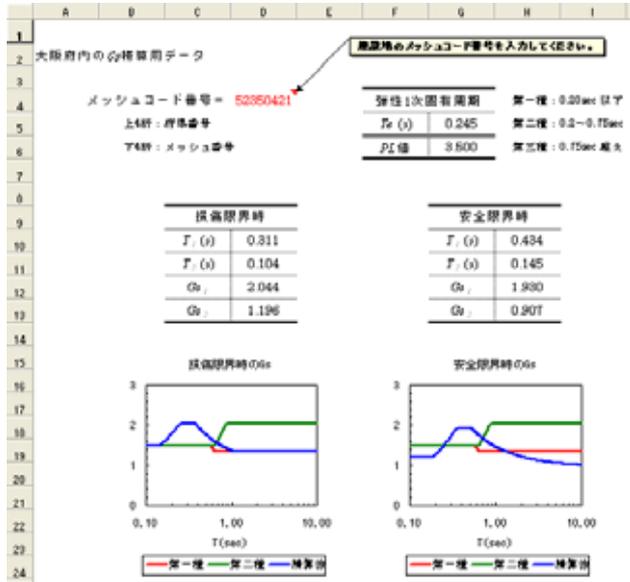


図 1 データベースの表示例

3. 木造建物の耐震補強設計例

図 2 に示すような木造モデル建物を対象として、簡略法(2種地盤)と本データベースを用いた精算法で耐震補強設計を行い、その補強効果について比較検討した。補強としては、1階に乾式土壁パネル(壁長 1m)を 2 箇所増設している。検討は、けた行方向とし、安全限界時を対象とした。また、補強後の設計クライテリアとして限界変形角を 1/30 と設定した。

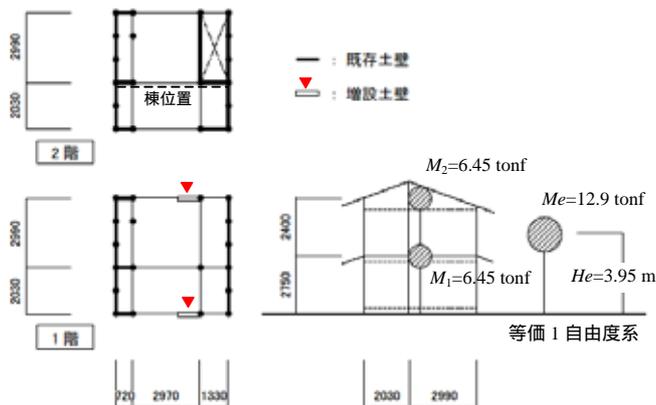


図 2 木造モデル建物の伏図および断面図

建設地はメッシュコード 52353692(京都市内)を想定した。安全限界時での G_s 算定用の諸量は $T_1=0.30\text{sec}$ 、 $G_{S1}=1.57$ 、 $G_{S2}=0.94$ である。木造建物全体の復元力特性は、ほぞ・貫・土壁・小壁など各種の耐震要素を有する単位フレームの復元力特性の重

ね合わせによって評価できることが、一連の動的加振実験結果より確認されている。この方法によって求めた各階の復元力特性を補強前と補強後を比較して図 3 に示す。2 階は補強材を配置していないため復元力特性は共通である。建物の地震時応答は、この復元力特性を林の提案⁵⁾する性能等価加速度応答スペクトル(以下、 S_e)に変換し、 S_{as} と対比することで評価した。図 4 に種々の最大変形角に対応する S_e と簡略法(2種地盤)および精算法による $S_{as}(h=5\%)$ との関係を示す。ただし、 S_{as} には階数による調整係数 $p=0.85$ を考慮している。各階の応答せん断力係数および層間変形角(以下、 R)の比較を表 1 に示す。これより、簡略法の 1 階 $R=1/15$ から予想される損傷の程度は、倒壊は免れるものの大きな損傷を受けて残留変形が生じるのに対して、精算法の 1 階 $R=1/33$ から予想されるそれは、中程度の損傷で補修により再使用が可能なレベルとなる。

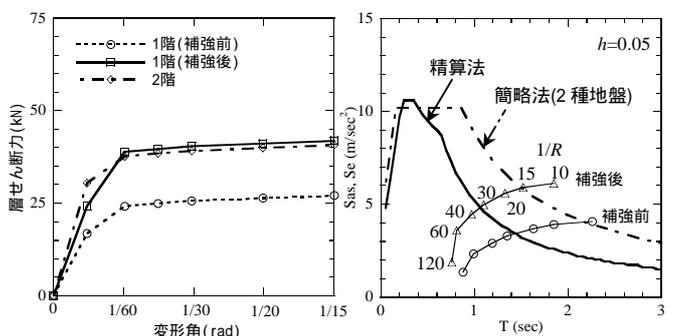


図 3 復元力特性の比較

図 4 S_{as} と S_e の比較

表 1 応答値の比較

	階	補強後		
		簡略法	簡略法	精算法
層せん断力係数	2	0.105	0.246	0.221
	1	0.204	0.326	0.293
層間変形角	2	1/547	1/234	1/260
	1	1/10	1/15	1/33

4. まとめ

以上、本報告では、限耐法に基づく木造建物の耐震補強設計への利用を目的として中央防災会議の公開データを利用した精算法による G_s のデータベース構築例を紹介し、耐震補強設計例より G_s の評価法の違いが建物の応答値に及ぼす影響について検討した。

謝辞

本報告で用いた表層地盤データは、内閣府に設置されている中央防災会議で公開されたものである。関係各位に敬意を表し感謝いたします。

参考文献

- 森井雄史・林康裕：表層地盤の地震動増幅特性と入射地震動特性が木造建物応答に及ぼす影響，日本建築学会構造系論文集，No.568，pp.75-82，2003.6
- 木造軸組構法建物の耐震設計マニュアル編集委員会：伝統構法を生かす木造耐震設計マニュアル，限界耐力計算による耐震設計・耐震補強設計法，学芸出版社，2004.3
- 内閣府・中央防災会議：東南海・南海地震等に関する専門調査会，<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai/index.html>
- 国土交通省建築研究所編著：改正建築基準法の構造関係規定の技術的背景，ぎょうせい，2001.3
- 林康裕：性能等価応答スペクトルに基づく建築物の地震荷重評価，第 11 回日本地震工学シンポジウム，pp.651-656，2003.11

*1 株式会社建築構造研究所・博士(工学)
 *2 株式会社建築構造研究所・取締役
 *3 株式会社建築構造研究所・修士(工学)

Nose Structural Engineering Inc., Dr. Eng.
 Director, Nose Structural Engineering Inc.
 Nose Structural Engineering Inc., M. Eng.