

想定地震動を考慮した既存木造住宅の耐震補強設計と地震観測結果

耐震補強  
常時微動

想定地震動

地震観測

正会員 花井 勉\* 同 中田信治\*\*  
同 石井 涉\*\*\* 同 皆川隆之\*\*\*  
同 福和伸夫\*\*\*\*

1. はじめに

これまで大地震時には多くの木造住宅が倒壊し、隣家に損傷を与え、又、道路をふさいで救助を妨げ、火災の温床となり多くの人命を奪ってきた。住人及び地域住民の命を守るためには既存の木造住宅を倒さないよう耐震補強することが急務であるが、主にコストの問題で耐震化が進んでいないのが現状である。

ここでは築 63 年の木造住宅を、想定地震動を考慮することで耐震診断値 1.0 以下の補強設計を行い、安価な補強費用となった事例を紹介する。また、耐震補強前後で継続的に地震観測を行い耐震補強の効果を考察する。

2. 建物概要

この建物は東京都世田谷区にある木造 2 階建て住宅で昭和 17 年竣工後移築、昭和 30 年に 2 階部を増築している。平面図を図 1 に建物仕様を表 1 に示す。

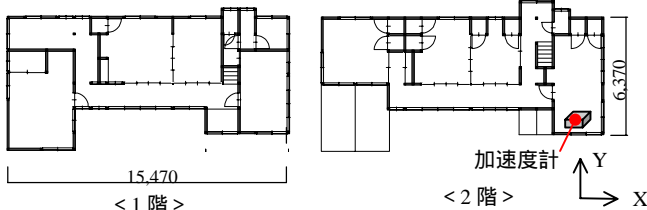


図 1 平面図

表 1 建物仕様

部位	仕様
屋根	瓦葺屋根
基礎	無筋コンクリート基礎、束基礎
地盤	平坦地
老朽度	健全
外壁	土壁+仕上げ
内壁	中塗り土壁(真壁仕様)

3. 想定地震動

当サイトに想定する地震として地震調査推進本部の評価を参考に 1) 三浦半島地震群、2) 立川断層帯、3) 1923 関東地震を選定した。工学的基盤の地震動を 1) は文部科学省公開データ、2,3) は文献<sup>1)</sup>の簡易法により作成し、近隣ボーリングデータを用いて表層増幅を行った。工学的基盤は GL-8m、弾性地盤周期は 0.2 秒とかなり良

好な地盤である。

作成した地表面地震動の擬似速度応答スペクトル  $\rho S_v$  を図 2 に示す。図には建築基準法告示による模擬波(告示波)並びに限界耐力計算法告示により表層増幅したスペクトル(告示簡略法、告示  $G_s$  増幅)も記してあるが、3つの想定地震動はこの建物の大地震時に影響の大きい周期帯(計測周波数より 2-1Hz と予測)で建築基準法の要求レベル(告示スペクトルレベル)を大きく下回っているのが分かる。

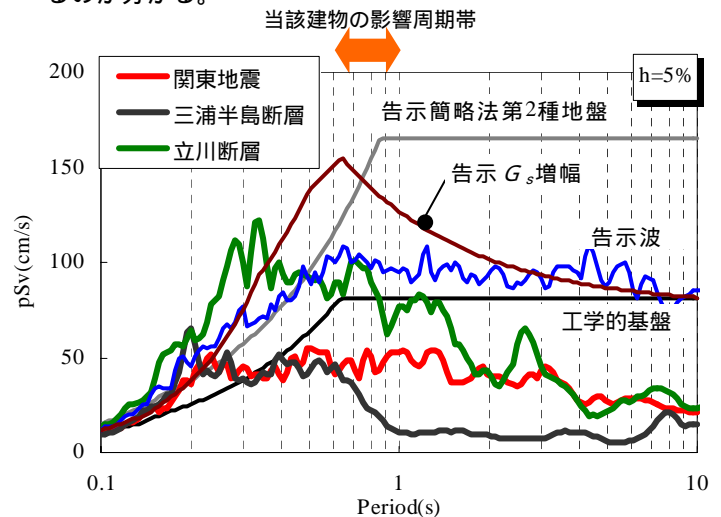


図 2 想定地震動応答スペクトル

4. 耐震補強設計

現地調査では建物は健全な状態で、過去に経験した震度 5 弱相当の地震動においてもほとんど損傷しておらず、内壁 2 箇所に若干の肌隙を確認したのみであった。微動測定による固有振動数は両方向とも約 4Hz を保持している。文献<sup>2)</sup>に従って一般診断した結果を表 2 に示す。

表 2 耐震診断結果

	X 方向		Y 方向	
	1 階	2 階	1 階	2 階
補強前	0.52	0.82	0.59	0.83
補強後	0.78	0.82	0.74	0.83

以上の情報を家主に説明したところ、1) 老人夫婦の生活で、家が潰れて子供たち家族に迷惑をかけないようにしたい。2) 孫が遊びに来て、心配ないようにしたい。3) 潰れないことが大事であり、多少、損傷しても良いと

考えている。4) 多少の見栄えの悪さは、気にしない。5) 出入りの大工が簡単に補強工事ができるようにサジェッションして欲しい。6) 居ながらで、安くやりたい。又、改修補助は要らない。とのご要望を提示いただき、想定地震動のレベルを考慮して、診断値を 0.7 以上とする補強設計方針とした。実際の工事では現場での作業のしやすさを優先し、1 階 X 方向は構造用合板を全面壁 3P (1P=910mm) と垂壁部 15P、Y 方向は全面壁 4P を真壁に胴縁を介して固定した。その他、縁の下の束と土台を金物で緊結している。

この補強により診断値は目標どおり 0.7 を上回ったものとなった(表 2)。評価には入れていないが、構造用合板による柱ほぞ引き抜け防止、及び束基礎の転び防止により靱性の UP も期待できる。尚、補強工事のコストは出入りの大工ということもあり 30 万円弱であった。



写真 1 柱挿入



写真 2 壁新設

#### 4. 地震観測結果

この建物は耐震補強前の 2002 年より 4 年間にわたって地震観測を実施している。建物近傍の地盤と 2 階居室にフォースバランス型加速度計(3ch)を設置し(写真 3)収録データは PHS 経由で転送するシステムである。

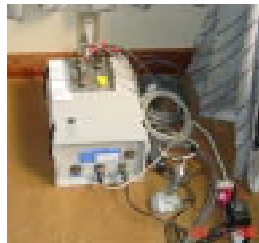


写真 3 加速度計

2005 年 8 月中旬まで 50 回余りの地震観測結果が得られている。診断値の低かった X 方向観測波形より卓越振動数を求め、横軸を 2 階最大加速度で表記したのが図 3 である。

小さな応答では 4Hz 前後であったの卓越振動数が、応答が大きくなるとともに 3Hz~2.5Hz 付近まで低下している。図中には近似曲線も記載してあるが、2 階床で 10 cm/s<sup>2</sup> 以下の応答の場合は補強前後で卓越振動数にほとんど差がなく、これを越える応答では補強後のほうが振動数の低下が抑えられ、補強の効果が確認できる。

図 4 は同様に減衰定数(1/2 法)を縦軸に取ったもの

である。卓越振動数とは逆に振幅の増加に伴い増加していく傾向が見られる。補強前、減衰定数としては大きい値を示しているが、これは接合部のガタの影響が大きいと思われる。補強後はこの点が改善され減衰定数もいくらか低下している。

#### 5. まとめ

耐震強度の不足する戸建ての既存木造住宅において、想定地震動を考慮することで耐震診断値が 1.0 に満たない耐震補強設計を行い、結果として安価な工事費でおさまった事例を紹介した。地域によっては木造住宅の応答周期域の地震動強さが今回のように建築基準法を下回ることもあることから、耐震診断時地域係数として評価するなどして、工事費を抑え耐震補強を促すことも有効であろう。

また、耐震補強前後にわたる地震観測結果では、この建物では微動に近い振幅領域では耐震補強前後の振動数の変化はなく、地動で数十 cm/s<sup>2</sup> 程より補強効果が確認できた。微動計測による建物性能の特定には注意が必要である。

謝辞

当物件の家主、家族の方々には長期にわたる地震観測並びにそのデータ公開をご快諾頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) Sugito, M., Furumoto, Y., and Sugiyama, T., Strong Motion Prediction on rock Surface by Superposed Evolutionary Spectra. 12th World Conference on Earthquake Engineering, CD-ROM, Auckland, New Zealand, January 2000.
- 2) 日本建築防災協会：木造住宅の耐震診断と補強方法, 2004.7

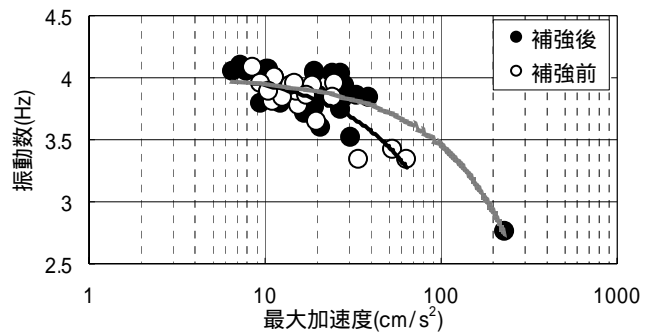


図 3 卓越振動数の振幅依存性

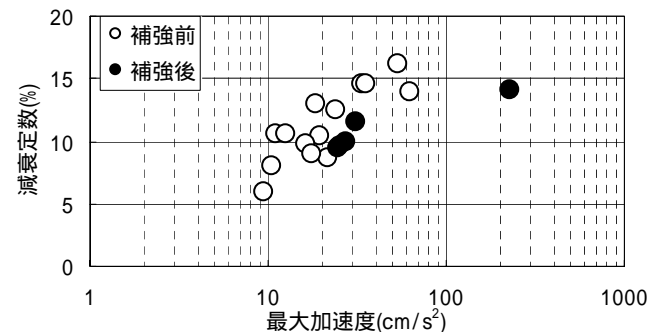


図 4 減衰定数の振幅依存性

\* 日本システム設計 取締役・工博  
 \*\* 旭化成ホームズ 工博  
 \*\*\* 日本システム設計  
 \*\*\*\* 名古屋大学大学院環境学研究科 教授・工博

\* Director, Nihon System Sekkei Co., Ltd., Dr. Eng.  
 \*\* Asahi Kasei Homes Co., Ltd., Dr. Eng.  
 \*\*\* Nihon System Sekkei Co., Ltd.  
 \*\*\*\* Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.