

費用対効果を考えた木造住宅の耐震補強設計について

その2. ライフサイクルコストからみた補強設計

正会員 皆川隆之*¹ 同 花井 勉*²
同 福和伸夫*³ 同 森 保宏*⁴

木造住宅 耐震補強 ライフサイクルコスト
費用対効果

1. はじめに

その2では耐震診断判定値レベルに応じたライフサイクルコスト評価を行い、地盤周期及び供用年数をパラメータに耐震補強費用対効果を考察する。尚、耐震補強は既存部と同一性状の耐震壁で行う場合を想定する。

2. 地震ロス関数

各レベルの地震動作用時の応答から損傷確率、損失額を求めていく。

まず、類似の木造住宅実大振動実験の損傷状態等(例えば¹⁾)を参考に、建物の損傷モードを最大層間変形角に応じて表1のように定義する。

損失額は想定建物を延床面積40坪、坪単価40万円として、小破から大破まではその変形角に達した階の補修にかかる費用を見積っている²⁾。

各地震動レベルに対する最大層間変形角は、時刻歴解析で求めた応答平均値を平均値とする対数正規変数と仮定し、応答のばらつきと後で評価する損失額のばらつきを見込んで対数標準偏差は0.3とすると、地震動レベルに応じた各損傷モードの発生確率が求まる。これに表1の各損失額をかけて累計することで地震動レベルに応じた各階の建物損傷額を算出する。

図1は $T_g=0.48$ 秒のサイトでの1階の最大層間変形角より、地震動レベルに応じた各モードの発生確率を求めて損傷度曲線を作成したものである。地震動のレベルが上がるとなだらかに変形モードが変化していくが、(a)耐震診断判定値 $JG=0.4$ の場合は極大地震動レベルはほぼ倒壊となるのに対し、(b)耐震診断判定値 $JG=1.0$ の場合は極大地震動レベルでも大破で収まる領域が拡大している。

次に室内家財類の損傷を定義する。1995年兵庫県南部地震の震災調査より、床震度と家財被害の関係は図2のよ

表1 建物の損傷モード及び損失額

モード	小破	中破	大破	倒壊
最大層間変形角	1/200 ~ 1/100	1/100 ~ 1/50	1/50 ~ 1/20	1/20 以上
損失額(万円)	20	100	300	1600
小破: 補修が必要な内装材の損傷が始まるレベル 中破: 補修が必要な外装材の損傷が始まるレベル 大破: 外装材の全面補修が必要なレベル 倒壊: 新築と同等の補修費用が発生するレベル				

うにまとめられている³⁾。また、同文献では年収に応じた各家財の保有額も調査されており、年収400~1000万円家庭の家財総額は455万円、損失額曲線は図3のようになる。

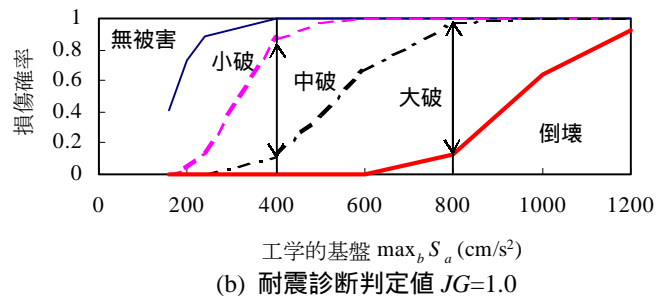
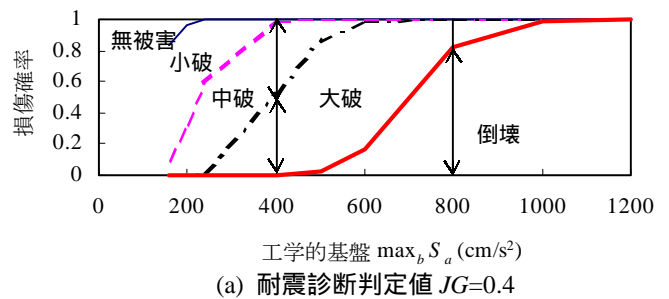


図1 損傷度曲線 ($T_g=0.48$ 秒、1階)

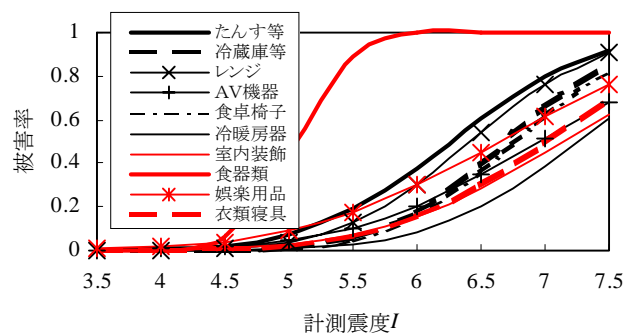


図2 家財被害率曲線

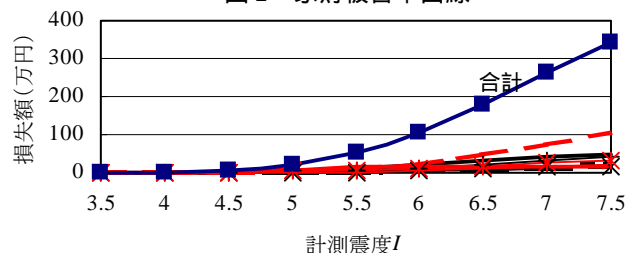


図3 家財損失額曲線

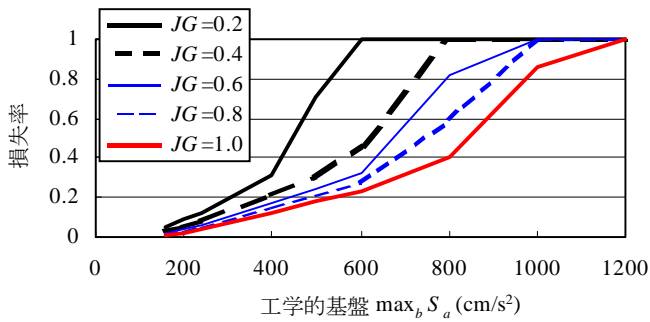


図4 地震ロス関数 ($T_g=0.48$ 秒)

図3中に示した家財被害の損失額合計は、ほぼ計測震度に比例していることから、各階の最大床震度の平均値より損失額を算出する。尚、家財は1,2階に均等配置されているものとし各階の損失額は図4の1/2とする。

地震動のレベル毎に、各階の建物損失額と家財損失額を加えて総損失額を求める。横軸を地震動レベルとして総損失額をプロットし線形補間したものを地震ロス関数とする。尚、総損失額は建物家財総額を越えないものとし、どちらかの階が倒壊モードに達したら、建物家財総額を計上するものとする。

図4は $T_g=0.48$ 秒のサイトにおける耐震診断判定値毎の地震ロス関数を示している。縦軸は建物+家財の損失額を建物家財総額で割った損失率である。判定値により損失率を高める地震動レベルが変化しているのが分かる。

3. ライフサイクルコスト

地震ロス関数に地震ハザード曲線を重み付け積分して年間の損失コストを算出する。

供用期間 n 年での総期待コストは、総建物費用に n 倍の年間損失コストを加えたものとする。図5のようにライフサイクルコストが求まる。グラフ縦軸は建物総費用で規準化しており、耐震診断判定値が0.1違うごとに30万円を耐震補強費用として上乗せしている。

建築基準法を満足する $JG=1.0$ まで補強した場合、判定値レベルが低いほどグラフ交点の期間が短い、即ち費用対効果が早く現れることになる。 JG 値が0.6程度ある場合は多くの地盤で交点が20年を越えている。効果に見合うためには交点以上の供用年数を考えるのが望ましい。

図6は逆に供用年数を限定した場合にライフサイクルコストが等価となる補強費用を示したグラフである。供用期間を50年に考える場合は補強費用が数百万円となることもやむを得ないが、供用期間を20年に考えた場合はあまり費用をかけるべきでなく、判定値 $JG=0.4$ で地盤周期 $T_g=0.48$ 秒の比較的良好な地盤では100万円以下が適正な補強費用となる。

又、グラフの勾配が急なところは高額のコストをかけても効果的に見合う、即ち費用対効果の高い領域であり、地盤

により倒壊防止に必要とされるレベルまで(例えば $JG=0.2 \sim 0.4$ を $JG=0.6 \sim 0.8$ まで)少ない費用で補強を施す設計も有効である。

4. まとめ

ライフサイクル評価を用いることで、供用期間と地盤条件をパラメーターとして既存木造住宅をどこまで補強し、どれ程のコストをかけるべきかの一例を示した。

参考文献

- 1) 平野茂：木造軸組構法の耐震性能に関する実大構造試験と免震住宅の開発，東京大学学位論文，2002
- 2) 積算資料ポケット版：リフォーム・増改築編'02，経済調査会，2002
- 3) 損害保険料率算定会：地震時の家財被害予測に関する研究，地震保険調査研究46，pp.93～130，1998.10

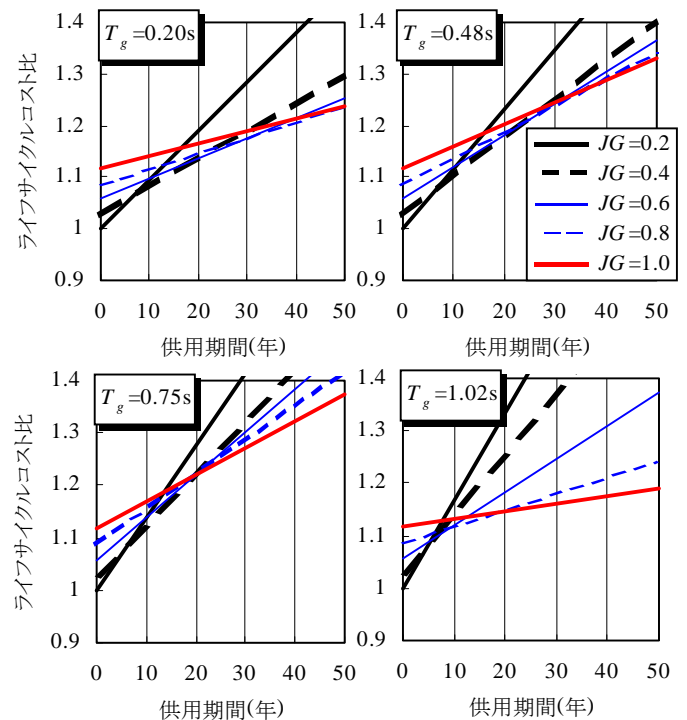


図5 ライフサイクルコスト

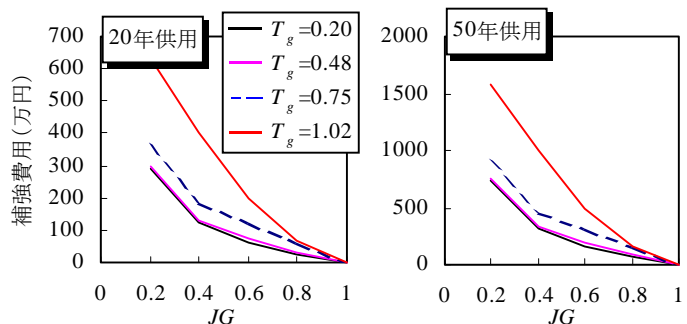


図6 供用期間で等価となる補強費用

*1 日本システム設計 開発設計室
 *2 名古屋大学大学院環境学研究科 (日本システム設計)
 *3 名古屋大学大学院環境学研究科 教授・工博
 *4 名古屋大学大学院環境学研究科 助教授・Ph.D

*1 Nihon System Sekkei
 *2 Graduate Student, Nagoya Univ.
 *3 Prof., Nagoya Univ., Dr. Eng
 *4 Assoc. Prof., Nagoya Univ., Ph.D.