

博士論文の内容の要旨

No. 1

専攻名 システム創成工学専攻

氏名 佐久間 順三

1981年以前に建築された既存木造住宅は、一般的には耐震性能が低く、大地震時に倒壊する恐れがあると言われている。倒壊を防ぐためには、耐震補強を行う必要がある。しかし、実際の既存木造住宅の耐震補強は進んでいない。耐震補強が進まない理由として、①住民の意識の低さ、②補強費用と補強効果の不透明性、③補強工事による日常生活への支障や手間、④支援制度の不備、などが指摘されている。そこで、本論文では、「補強費用と補強効果の不透明性」という項目に着目して、耐震補強の費用対効果を明らかにする試算を行った。

筆者が2000年から2009年の間に実際に行った耐震診断・補強設計・補強工事の事例(15棟)をデータとして試算を行った。以下にその手順と試算結果を記述する。

まず、既存木造住宅の耐震性能に関する仕様の分析を行った。

竣工年が新しいほど、建物には以下の傾向があることが分かった。

- ① 建物が軽くなっている。(非常に重い建物から軽い建物へ変化している。)
- ② 屋根が軽くなっている。(土葺き瓦屋根から鉄板葺き・スレート葺き屋根へ変化している。)
- ③ 壁が軽くなっている。(土塗り壁からモルタル壁やサイディングに変化している。)
- ④ 壁の強度が高くなっている。(土塗り壁筋かい無しから筋かい壁に変化している。)
- ⑤ 床の剛性が高くなっている。(火打ち梁無しから火打ち梁有り・合板床に変化している。)
- ⑥ 劣化が少なくなっている。(白蟻被害、腐朽などが少なくなっている。)

全体的傾向としては、新しい建物ほど耐震性能が高くなっている。

次に、耐震診断を行った結果を分析したところ、次のことが分かった。

- ① 竣工年が新しいほど、評点が高くなっている。但し、ばらつきが大きい。
- ② 建物の重さが軽くなるほど、評点が高い。

非常に重い建物<重い建物<軽い建物

- ③ その他

全体的傾向としては、新しい建物は耐震性能が高いので、評点が高くなっており、建物の性能と耐震診断法(評点)が整合していることが確認された。

次に、耐震補強設計を行った結果を分析したところ、次のことが分かった。

- ① 耐震補強工事費は1棟当たり平均1,645,000円、床面積当たり平均13,972円であった。
- ② 「床面積当たり補強工事費=17685×評点差」となった。評点差=補強後-補強前。

③ 「耐震補強工事工期 $=0.0143 \times$ 総工事費 -1.0414 」となった。

④ 「床面積当たり耐震補強工事工期 $=0.2783 \times$ 評点差 -0.048 」となった。

補強前の評点，補強設計後の評点および床面積が分かれば，概算補強工事費や耐震補強工事工期などが比較的容易に計算できる。

次に，以上のデータを用いて，耐震補強の費用対効果の試算を行った。

大地震時の被害の大きさを，時刻歴応答解析による応答層間変形角の大きさに合わせて，無被害（ $0 \sim 1/300$ ），軽微（ $1/300 \sim 1/150$ ），小破（ $1/150 \sim 1/30$ ），中破（ $1/30 \sim 1/15$ ），大破（ $1/15 \sim 1/6$ ），倒壊（ $1/6$ 以上）と分類する。それぞれの被害の程度に応じて，改修工事費が必要となる。被害が大きくなるほど，必要改修工事費が高くなる。過去の日本建築学会地震被害実態調査を参考にして必要改修工事費を決定する。

各建物の時刻歴応答解析を行うにあたって，建物の質量と復元力特性を算定する。復元力特性は，五十田・河合モデル（Bi-linear+Slipモデル）を採用し，質量と骨格曲線は「木造住宅の耐震診断と補強方法」の中の単位重量や標準骨格曲線を用いて作成した。なお，地震波はBCJ LEVEL-2（速度 50cm/s ，減衰率 5% ）とし，応答解析ソフトはDynamic Pro（ユニオンシステム株）を用いた。

時刻歴応答解析の結果，建物毎に応答層間変形角を求め，応答層間変形角に応じて必要改修工事費を計算した。

補強した建物の総工事費は，地震被害後の必要改修工事費に，事前の耐震補強工事費を加えた金額である。この総工事費と補強しなかった場合の必要改修工事費とを比較して，総工事費（耐震補強有建物）よりも必要改修工事費（耐震補強無建物）が高くなれば，耐震補強工事の金銭的效果があったということになる。

計算の結果，次のことが分かった。

- ① 全ての建物では，総工事費（耐震補強有建物）よりも必要改修工事費（耐震補強無建物）が高くなり，耐震補強の費用対効果が確認された。
- ② 必要改修工事費（耐震補強無建物）平均値/総工事費（耐震補強有建物）平均値 $=3.93$ となって，約4倍の金銭的效果が確認された。