

3. 木造住宅の接合部耐震補強に関する解析的研究

02168079 服部 真也
指導教官 藤井 大地 助教授

木造住宅 接合部耐震補強 地震応答解析

1. はじめに

地震大国日本において地震に強い木造住宅というのは非常に重要な事である。1995 年（平成 7 年）の兵庫県南部地震（阪神淡路大震災）は、6400 人余りの死者のうち、5000 人近くが木造住宅の下敷きになって圧死した。

構造上の主な原因として、筋交いの不足とその配置の不備、接合部の不備(不十分な金物補強)、床の水平力と剛性不足、壁量(耐力に有効な雑壁)の不足、基礎と軸組の締結不備があげられる。近年、昭和 55 年以前の住宅や比較的新しい住宅においても耐震診断の希望が多くなり耐震補強の重要性が認識されてきている。このような木造住宅の主な耐震補強方法には次のようなものがある¹⁾。

- ・筋交いを入れたり、構造用合板を張ったりして強い壁の量を増やす。
- ・土台、柱、筋交いなどの接合部を、金物などを使用し堅固にする。
- ・玉石基礎などを、鉄筋コンクリートの基礎に替える。

写真 1 は筋交いの耐震補強の例、写真 2 は接合部の耐震補強の例である。



写真 1²⁾



写真 2³⁾

このような補強方法の中で筋交いの補強や壁の量を増やすなどの補強は、採光上の開口面積が限定されるなどの短所がある。これに比べ接合部の補強は工期も短くコストも安価なことから、近年、接合部補強が急増している。しかし、接合部補強について、どれだけの耐震効果が得られるかという研究はあまりなされていないのが現状である。そこで本研究では立体骨組の振動・応答解析プログラムを用いて木造住宅の動的解析を行い、それによって木造住宅の接合部耐震補強についての有効性を検討する。

以下、第 2 章では、解析法の概要を説明している。第 3 章では解析例を説明し、第 4 章で解析結果を示し、第 5 章で考察とまとめを述べている。

2. 解析法の概要

本研究では、木造骨組の解析法として、有限要素法による立体骨組解析法を用いる。また、骨組の接合部補強の有効性を調べるために有限要素としては図 1 に示すような要素を用いる⁴⁾。

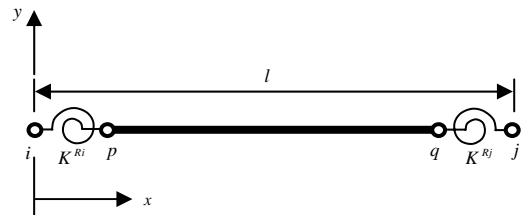


図 1 両端に回転バネを有する要素

ただし、両端のバネ剛性は次式で与えられる。

$$K^{Ri} = \frac{\lambda^i}{1 - \lambda^i} \frac{6EI}{l}, \quad K^{Rj} = \frac{\lambda^j}{1 - \lambda^j} \frac{6EI}{l}$$

$$(0 \leq \lambda^i \leq 1) \quad (1)$$

有限要素法による立体骨組の運動方程式は次式で表される。

$$m\ddot{\mathbf{d}} + \mathbf{c}\dot{\mathbf{d}} + \mathbf{k}\mathbf{d} = \bar{\mathbf{f}} \quad (2)$$

ここに、 \mathbf{m} は全体質量マトリックス、 \mathbf{c} は全体減衰マトリックス、 \mathbf{k} は全体剛性マトリックス、 (\cdot) は時間に関する微分を表す。

骨組構造の固有振動は次式によって求められる。

$$|-\omega^2 \mathbf{m} + \mathbf{k}| = 0 \quad (3)$$

(3)式は、 ω^2 に関する高次方程式であり、マトリックスが N 自由度の場合、 $\omega_1^2, \omega_2^2, \dots, \omega_N^2$ の N 個の固有円振動数が求まる。

また、地震応答解析は平均加速度法を用いて数値積分を行い、時々刻々の変位・速度・加速度の応答を求める。

3. 解析例

3.1 解析モデル

図 2~4 は木造住宅の解析モデルを示す。

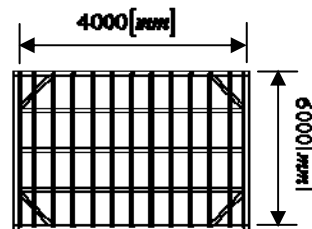


図 2 1F 床組み

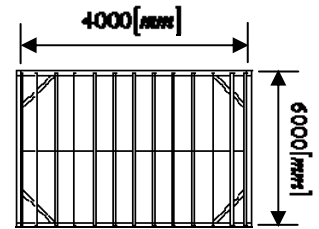


図 3 2F 床組み

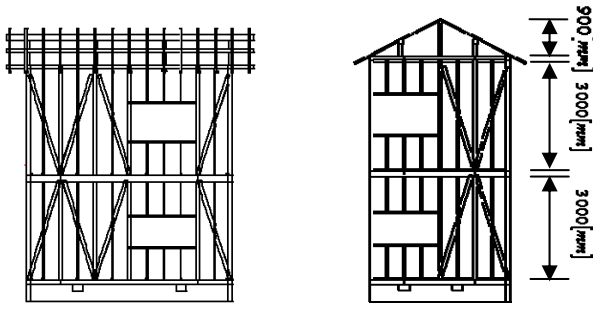


図 4 立面図

3.2 解析条件

材料は普通構造材としてスギとする。鉛直荷重は床荷重を $1800 [N/m^2]$ 、屋根荷重を $686 [N/m^2]$ とする。また、一般地域での積雪 $1 [cm]$ 当たり $20 [N/m^2]$ とする。入力する地震波は ElCentro NS 波・新潟中越地震波を用い、解析時間は 5 秒間、木造住宅の減衰定数は 0.02 とする。

解析は以下の 8 つの条件のもとで行う。

1. 補強なし
2. 屋根の接合部のみ補強
3. 筋交いの接合部を補強
4. 1F,2F の柱の接合部の補強
5. 間柱の接合部の補強
6. 1F,2F の柱と間柱の接合部の補強
7. 全ての接合部の補強
8. 1F,2F の筋交いの数を増加

上記の番号は解析結果のグラフのプロット点の番号を示す。

4. 解析結果

図 5,6 は x 方向・y 方向 1 次振動モードを示す。図 7~10 は、最大変位・最大速度・最大加速度・固有周期を示す。左が ElCentro NS 成分、右が新潟中越地震を示す。

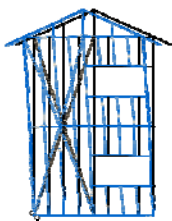


図 5 x 方向

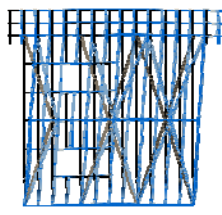


図 6 y 方向

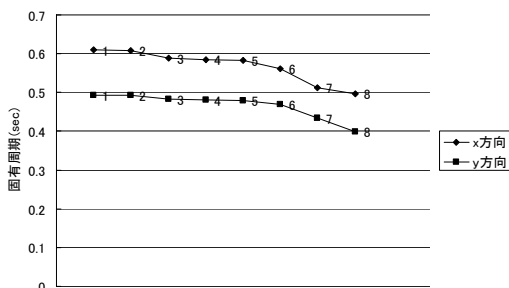


図 7 固有周期

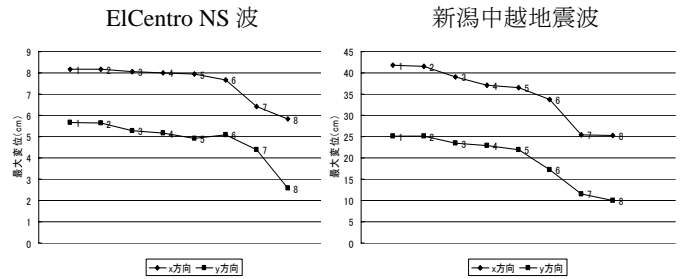


図 8 最大変位

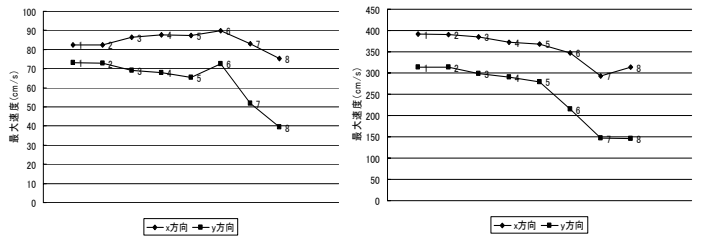


図 9 最大速度

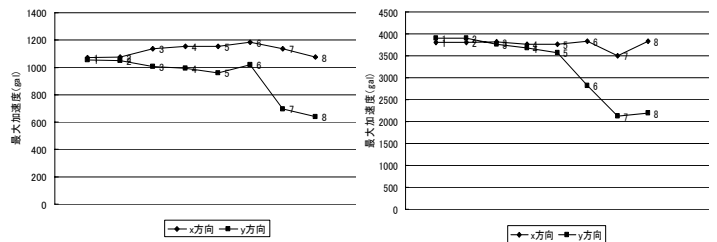


図 10 最大加速度

5. 考察・まとめ

ElCentro NS 波・新潟中越地震波それぞれの変位・速度・加速度・固有周期を見ると屋根を補強しても補強なしに比べほとんど変化が見られず、あまり効果がないことがわかる。屋根以外の柱・間柱を補強すると多少変化は見られるが全体的に見ると、あまり変化が見られなかった。全ての接合部を補強すると、x 方向・y 方向ともに大幅に変位が下がっていることがわかる。

以上より、耐震補強を部分的にしてもあまり効果はなく、全体的に補強しないと耐震の効果は得られないことがわかる。また、筋交いの補強効果は非常に大きく、木造住宅の補強では筋交い壁の補強を優先すべきことが明らかになった。

参考文献

- 1) 日本建築構造技術者協会
これからの耐震設計<阪神大震災に学ぶ>
- 2) <http://www.passive.co.jp/wakanakareimei0629.jpg>
- 3) http://www.homewellfc.com/part/images/p_kurashi04b1.jpg
- 4) 藤井大地 Excel で解く 3 次元構造解析 丸善