

# 一般診断法による上部構造評点 $I_w$ 値を用いた 木造住宅における被災時の残存耐震性能の評価

学籍番号:1170032 氏名:小倉 宙 指導教員:甲斐 芳郎

高知工科大学システム工学群 建築・都市デザイン専攻 耐震研究室

2016年4月に発生した熊本地震により、現行の耐震基準を満たす木造住宅の倒壊被害が確認された。文献調査による倒壊の原因として直下率の低さが挙げられている。そこで、実際に直下率が原因により倒壊したとされる住宅の擬似モデルを作成し、解析を行った。解析結果から、1度目の地震による耐震性能の低下が倒壊の原因ではないかと考える。よって本研究では、作成したモデルについて耐震性能の低下を防ぐための検討を行い、耐震診断における上部構造評点  $I_w$  値により被災後の残存耐震性能を評価する。

**Keywords :** 熊本地震、wallstat、耐震診断、上部構造評点

## 1. はじめに

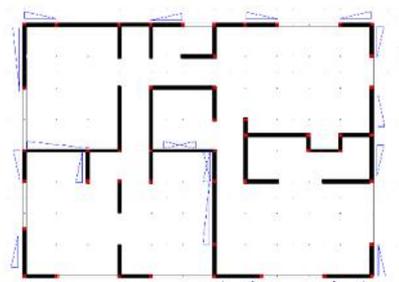
地震大国である日本では、大地震が起こるたびに建築基準法の改正により耐震基準が強化され、木造住宅の耐震性能は向上してきた。現在の耐震基準により建てられた木造住宅の被害想定は震度6強から7の地震においても倒壊しないことを想定としている。しかし、2016年4月に発生した熊本地震により倒壊被害を受けた木造住宅は旧耐震基準により建てられた住宅が多くを占めたが、その中に現行の耐震基準を満たす住宅の被害が確認された。熊本地震の被害報告書<sup>1)</sup>によると現行の耐震基準を満たす木造住宅で倒壊した7棟のうち4棟については原因が判明しているが、残りの3棟については特定できていない。このことから、現行の耐震基準が必ずしも安全とは言えなくなった。今後起こりうる地震に備えるために、倒壊した住宅の原因解明および倒壊防止の策を検討する必要がある。文献調査<sup>2)</sup>を行う中で、原因不明の3棟のうち1棟について、直下率が原因ではないかとされている。

本研究では、この直下率が原因で倒壊したとされる住宅について文献より図面を入手したので、地震応答解析を行うことで倒壊原因の調査および倒壊防止策を検討する。

## 2. 実被害モデルの調査

### 2-1. 建物モデル概要

ベースとなったモデルの壁配置図および詳細設定を図2-1、表2-1に示す。これらの情報をもとに、熊本地震により倒壊被害をうけた住宅の擬似モデルを木造解析ソフト wallstat<sup>3)</sup>により作成し、解析を行った。



2F 壁配置図

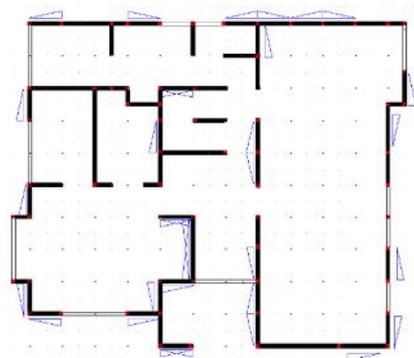


図2-1 1F 壁配置図

表 2-1 建物モデル詳細設定

竣工年	2010 年	
必要壁量 (m)	1F	24.56
	2F	12.67
建物仕様	壁	石膏ボード
	屋根	鉄板葺
	床	合板
	基礎	布基礎

柱	150mm 角	直下率	柱	48%	
管柱	105mm 角		壁	X	36.4%
梁 (mm)	120×120	偏心率		Y	38.5%
	120×210		0.18		
接合部	長ほぞ・CP-T	Iw 値	1.30 (1F Y 方向)		

## 2-2. 解析結果

熊本地震の実被害を再現するため、解析に用いる地震動には気象庁で公開されている地方自治体の震度計<sup>4)</sup>において計測震度最大を観測した益城町役場の地震波を使用した。解析により被災後のモデルの様子を表したものを図 2-2 に示す。前震による目立った被害は見られなかったが、その後の本震の揺れにより 1 階の壁や柱・梁が破壊され、崩れるように倒壊した。

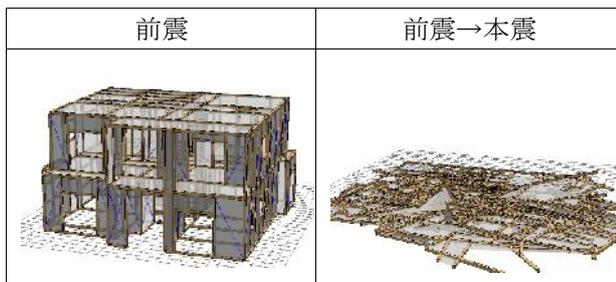
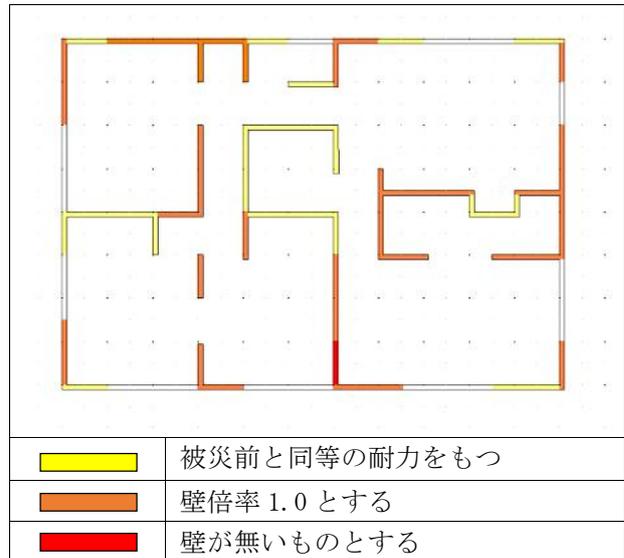


図 2-2 前震後と本震後のモデルの様子

## 2-3. 倒壊要因の考察

被災後のモデルについて、一般診断法による耐震診断<sup>5)</sup>を行い、上部構造評点 Iw 値の評価を行った。耐震診断を行う際に用いる壁基準耐力の設定について、壁の塑性状況別に区分したものを表 2-2 に示す。橙色の壁については、壁倍率 2.0 の耐力壁に対して、半分の 1.0 とみなして計算を行う。

表 2-2 被災後の壁の塑性状況による壁基準耐力の設定の例



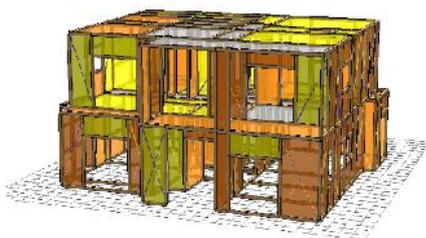
前震入力前後の倒壊モデルの耐震診断を行った結果について、上部構造評点による判定基準を表 2-3 に、診断結果を表 2-4 に示す。耐震診断の結果、被災前の Iw 値が 1.30 であったのに対し、前震後は 0.69 にまで低下した。また、前震入力後の壁の塑性状況を図 2-3 に示す。下図より、変形は無かったが前震の時点で壁のほとんどが負勾配領域に達していることから、建物全体において耐震性能が低下していると分かる。よって、耐震性能を上げるための耐震補強や、柱や梁の断面を上げ被災後の倒壊を防ぐなどの措置が必要と考えられる。

表 2-3 Iw 値の判定基準

上部構造評点	結果	判定
1.5 以上	倒壊しない	◎
1.0 以上 1.5 未満	一応倒壊しない	○
0.7 以上 1.0 未満	倒壊する可能性がある	△
0.7 未満	倒壊する可能性が高い	×

表 2-4 耐震診断結果

階	方向	前震前		前震後	
2階	X方向	2.63	◎	1.45	○
	Y方向	2.49	◎	1.71	◎
1階	X方向	1.35	○	0.82	△
	Y方向	1.30	○	0.69	×



※壁の色は、黄色は壁が塑性化をはじめた状態、オレンジは最大荷重を超え負勾配領域、赤は耐力が完全に喪失したことを示す。<sup>9)</sup>

図 2-3 前震後の変形・塑性状況

### 3. 倒壊防止の検討

#### 3-1. 検討方法

建物の耐震性能を上げるための検討として、筋交い増加による耐震補強を行う。また、被災後の倒壊を防ぐための措置として柱と梁の断面変更による検討を行う。検討の概要は以下の通りである。

##### 筋交いによる補強

1階部分の筋交いを増やすことでIw値を1.5まで向上させた。耐震補強後の1F壁配置図を図3-1に示す。

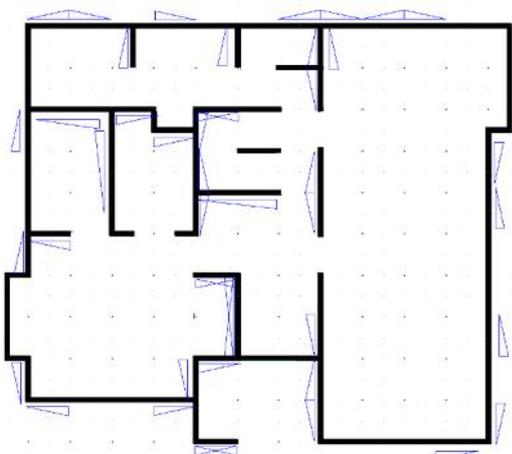


図 3-1 耐震補強後の1F壁配置図

#### 部材の断面による検討

建物の倒壊を防ぐため、柱と梁の断面を変更した。検討の概要を表3-1に示す。

表 3-1 検討の概要

モデル a	通し柱：150×150 管柱：120×120 に変更
モデル b	梁：120×120, 120×210, 120×240 に変更
モデル c	モデル a, b の両方について変更したもの

#### 3-2. 解析結果

地震応答解析による被災後の変形および壁の塑性状況を表3-2に示す。

表 3-2 被災後の変形・壁の塑性状況

	前震	前震→本震
補強モデル		
モデル a		
モデル b		
モデル c		

### 3-3. 上部構造評点 Iw 値による評価

検討を行ったモデルについて再度、耐震診断を行う。前震後の残存耐震性能を一般診断法により上部構造評点 Iw 値を用いて評価した。耐震診断を行った結果を表 3-3 に示す。診断の結果から、同じように倒壊を防いだモデルでも被災後の耐震性能に違いが生じることが分かった。モデル c の診断結果から、柱と梁の断面の大きさについては耐震性能という視点からは考慮されていないが、耐震性能の低下の防止に効果を示した。

表 3-3 診断結果による Iw 値の比較

モデル名	Iw 値		判定
	被災前	被災後	
倒壊モデル	1.30	0.69	×
補強モデル (Iw1.5)	1.50	0.77	△
モデル a (柱のみ)	〃	0.72	△
モデル b (梁のみ)	〃	0.75	△
モデル c (柱・梁)	〃	1.17	○

## 4. まとめ

直下率の低さが倒壊要因とされる住宅モデルを解析した結果、被災後の耐震性能の低下の度合いによっては現行の耐震基準を満たす住宅においても倒壊してしまうことが分かった。また、耐震性能という観点では考慮されない柱と梁の断面の違いが、耐震性能低下の防止に効果があることを示した。

## 5. 謝辞

本研究では、気象庁と熊本県が公開している震度計の観測記録を利用させていただきました。ここに深謝申し上げます。

### 参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所 国立研究開発法人建築研究所 平成 28 年熊本地震建築物被害調査報告, 2016.
- 2) 日経ホームビルダー 2016 年 7 月号
- 3) 木造住宅 倒壊解析ソフトウェア wallstat  
<http://www.nilim.go.jp/lab/idg/nakagawa/wallstat.html>

- 4) 気象庁ホームページ (各種データ・資料)

<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/kyoshin/ishin/index.html>

- 5) 一般財団法人 日本建築防災協会 木造住宅の耐震診断と補強方法, 2012
- 6) 中川貴文 2016 年熊本地震の強振記録を用いた木造住宅の地震応答解析, 2016.