

火山噴火に伴い発生する大地震が 木造住宅に与える影響に関する研究

重野 翼¹・古田 智基²

¹第一工業大学 建築デザイン学科卒業（現在高知工科大学大学院修士課程1年生）

²第一工業大学 指導教授 建築デザイン学科

（〒899-4395 鹿児島県霧島市国分中央1-10-2）

E-mail : t-furuta@daiichi-koudai.ac.jp

Volcanicity Major Earthquake Response Estimation of Wooden House

Tsubasa SHIGENO¹, Tomoki FURUTA²

桜島大正大噴火は我が国が体験した20世紀最大の火山噴火である。噴出物による被害のほか、噴火に伴う火山性の大地震により鹿児島県内各所で多大な被害が出た。現在、桜島の溶岩の蓄積量は大正大噴火当時の噴火がいつ起きてもおかしくない状態にまで達しているといわれている。

そこで、本研究は、実際に鹿児島県錦江湾を震源として発生した地震のデータをもとに、在来軸組工法2階建ての木造住宅を対象に地震応答解析を実施し、火山性大地震が木造住宅に与える影響を検証した。

Key Words : *Wooden house, Volcanicity major earthquake, Earthquake response analysis*

1. 本研究の目的

桜島大正大噴火はわが国が体験した 20 世紀最大の火山噴火である。噴出物による被害のほか、噴火に伴う火山性の大地震により鹿児島県内各所で多大な被害が出た（写真 1）¹⁾。現在、桜島の溶岩の蓄積量は大正大噴火当時の噴火がいつ起きてもおかしくない状態にまで達しているといわれている²⁾。

そこで、本研究は、実際に鹿児島県錦江湾を震源として発生した地震のデータを用いて、在来軸組工法 2 階建て木造住宅を対象に地震応答解析を実施し、火山性地震が木造住宅に与える影響を検証した。

2. 研究方法

まず、防災科学研究所の強震観測網(K-NET)³⁾を用いて 1996 年から 2013 年までに鹿児島県錦江湾を震源に発生した地震のデータを検索し、①国分、②鹿屋、③喜入の観測所でそれぞれ最大



写真 1 鹿児島市内の被害状況

震度となる地震波を地域波として 3 種類入手した。図 1 はそれぞれの地震の震源地を示している。

次に、解析モデルは図 2 のような柱－横架材接合部をピンとする 2 層の骨組みモデルで、たすき掛けの二つ割り筋かいを 1 本の非線形バネ

で表現している。構造用合板耐力壁を併用するケースでは、この非線形バネも並列に配置する。非線形バネには、4折れ線の NCL モデル⁴⁾を用いた。増分解析で得られた耐力壁の荷重－変形関係を図3に示す。

2階建ての在来軸組工法木造住宅の解析モデルを作成するにあたり、壁量充足率および1階と2階の床面積比を主なパラメータとした。1階と2階の壁量充足率は、基本的に同じとしている。また、構造用合板耐力壁を併用した場合や、2階の壁量充足率を1階より高くした場合についても解析を行った。表1にパラメータの一覧を示す。

解析モデルの1階には、壁長が910mmのたすき掛け二つ割り筋かい耐力壁を1箇所配置し、節点に付加する重量と2階耐力壁の量を調整することで、壁量充足率や床面積比を調整した。

節点に付加する重量は、以下の式(1)～(3)で求めた。ここで建物重量には、耐力壁以外の準耐力壁などによる負担分を全体の1/3と仮定し、2/3を乗じている。

以下の式(1)～(3)を用いて、節点に付加する重量を求めた。ここで建物重量には、耐力壁以外の準耐力壁などによる負担分を全体の1/3と仮定し、2/3を乗じている。

- ・ 建物重量(1階+2階) = 壁倍率 × 壁長 × 基準耐力 / C_0 / 壁量充足率 × 2/3 (1)
- ・ 1階重量 = 建物重量 / (1 + 単位面積重量比 × 面積比) (2)
- ・ 2階重量 = 建物重量 - 1階重量 (3)

ここで、壁倍率は1階耐力壁の壁倍率であり、4.0(たすき掛け)とした。壁長は910mm、基準耐力は1.96kN/m、 C_0 は層せん断力係数で0.2である。単位面積重量比とは1階と2階の単位面積当たりの重量比で、ここでは0.7とした。面積比は1階と2階の床面積比である。なお、解析モデルの一次固有周期は、壁量充足率1.0の場合で0.36秒程度だった。

解析における入力地震波は、地域波のkokubu2012、kanoya2009、kiire2009の3種類と、比較としてJMA Kobe NSの4種類とした。固有周期が0.16～0.64秒における減衰定数5%の時の応答加速度の平均が図4のように概ね980galとなるように、加速度の倍率をkokubu2012及びkanoya2009は100倍、kiire2009は40倍とし、JMA Kobe NSは0.55倍とした。代表的な地震波形(kokubu2012加速度波形)を図5に示す。



図1 地域波の震源地

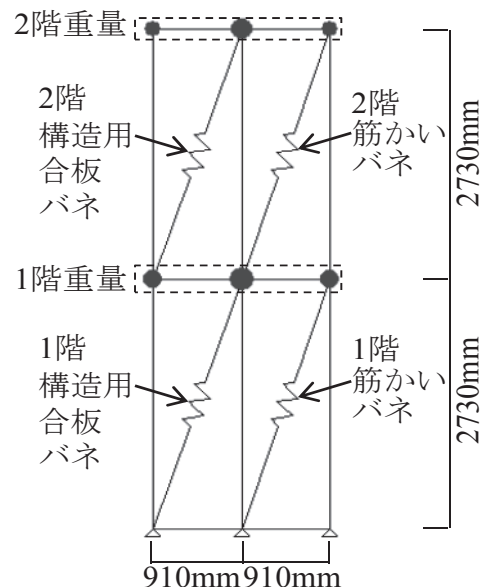


図2 解析モデル

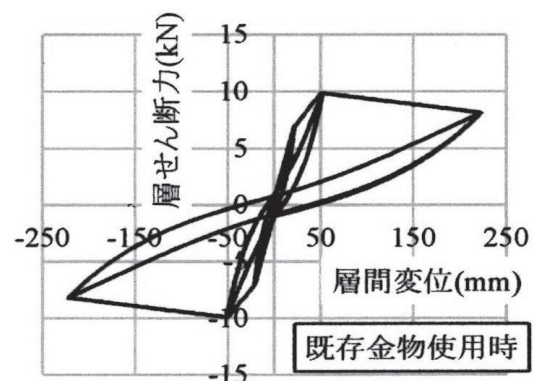


図3 耐力壁の解析モデル
(壁長: 1P(910mm))

表 1 解析モデルのパラメータ

床面積比	壁量充足率	壁量充足率比	1次周期
1.25	0.5	1	0.53
	1		0.375
	1.5		0.306
1	0.5	1	0.524
	1		0.37
	1.5		0.302
0.75	0.5	1	0.515
	1		0.364
	1.5		0.297
0.5	0.5	2	0.473
	1		0.334
	1.5		0.273
0.5	0.5	1	0.503
	1		0.356
	1.5		0.291

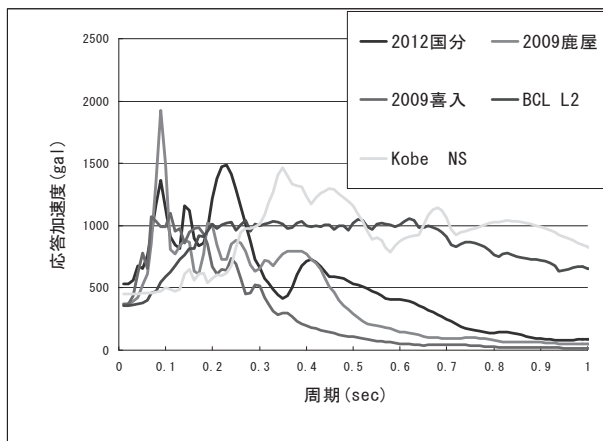


図 4 加速度応答スペクトル(h=5%)

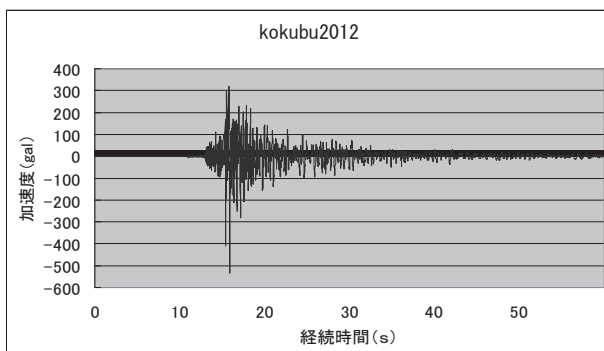


図 5 加速度波形 (kokubu2012)

3. 研究結果

壁充足率を 1, 2 階とも同じとして（壁充足率比 1.0）解析した地震波の中で、応答変位が最も大きかった kokubu2012 と JMA Kobe NS 入力時の最大層間変位の比較を図 6 に示す。

kokubu2012 の壁量充足率による変化はほとんど見られず、全て安全限界（ $R=1/30\text{rad}$ ）を下回った。壁量充足率 0.5 の場合、1 階の kokubu2012 の層間変位 14mm（ $R=1/195\text{rad}$ ）に対し、JMA Kobe NS の層間変位は 96mm（ $R=1/29\text{rad}$ ）とな

り約 7 倍の、2 階では約 15 倍の差が生じた。現行基準である壁量充足率 1.0 のときは、1 階で約 7 倍、2 階で約 4 倍の大きな差が生じた。

図 4 に示したように、JMA Kobe NS は固有周期 0.3 秒以上で応答加速度が増大しているのに対して、地域波は 0.3 秒以上で収束しており、木造住宅の固有周期帯（0.3～0.5 秒）とずれたためにこのような応答変位の差が大きく生じたと推測される。

また、図 7 は、2 階の壁量充足率を 1 階の壁量充足率の 2 倍とした場合（壁量充足率比 2.0）の解析結果である。1,2 階とも同じ壁量充足率の場合（壁量充足率比 1.0）と比べて 2 階の層間変位は小さくなり、壁量充足率 0.5 の時 kokubu2012 は 8.8mm（ $R=1/310\text{rad}$ ）で約半分になり、JMA Kobe NS は 20mm（ $R=1/134\text{rad}$ ）で約 1/15 となり、壁量充足率 1.0 の時 kokubu2012 は約半分、JMA Kobe NS は約 1/6 となった。しかしながら 1 階の層間変位は大きくなり、壁量充足率 0.5 の時 kokubu2012 は約 1.4 倍、JMA Kobe NS は 2.3 倍となり、壁量充足率 1.0 の時はともに 1.3 倍となった。

ここで、図 6 で比較した壁量充足率 1.0 の時の解析結果（層せん断力ー層間変位）を、図 8（kokubu2012）及び図 9（JMA Kobe NS）に、同じく図 7 で比較した解析結果（層せん断力ー層間変位）を、図 10（kokubu2012）及び図 11（JMA Kobe NS）に各々示す。

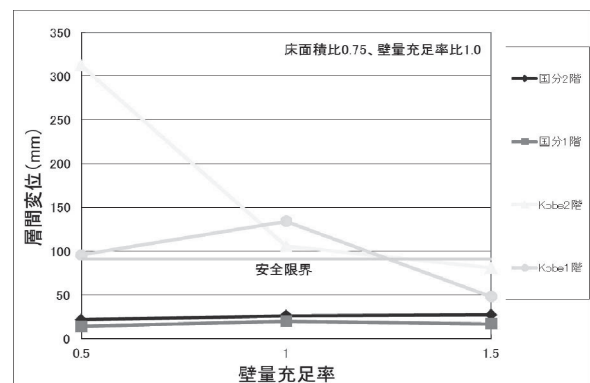


図 6 最大層間変位（壁量充足率比 1.0）

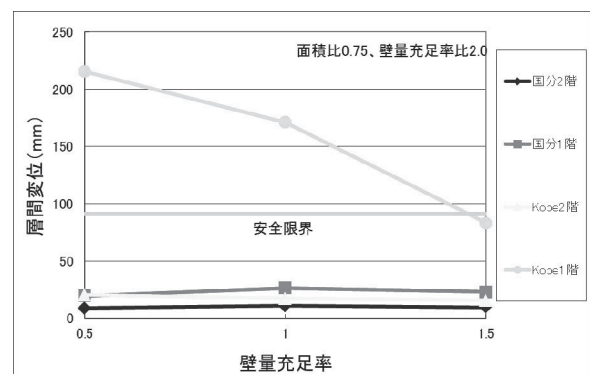


図 7 最大層間変位（壁量充足率比 2.0）

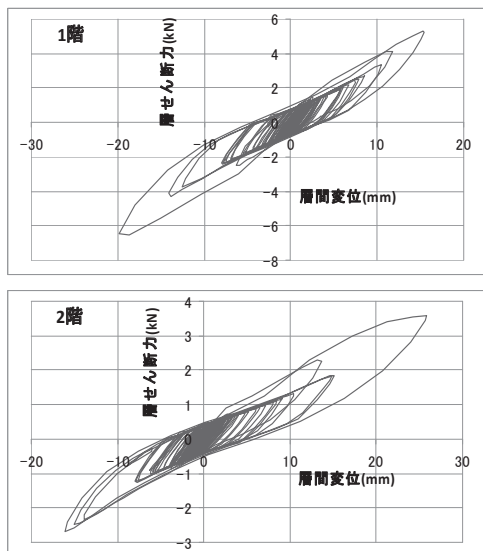


図8 解析結果（層せん断力－層間変位）
（kokubu2012：壁量充足率比 1.0）

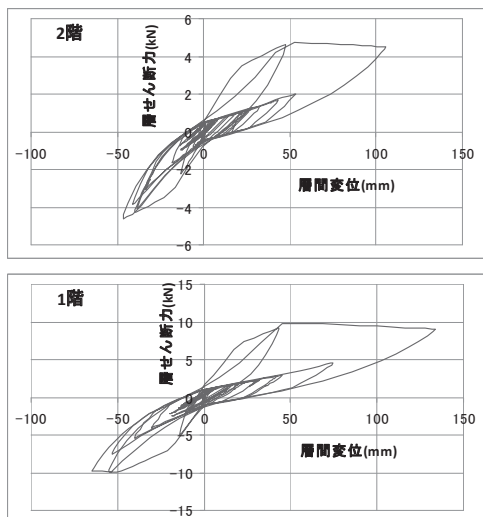


図9 解析結果（層せん断力－層間変位）
（JMA Kobe NS：壁量充足率比 1.0）

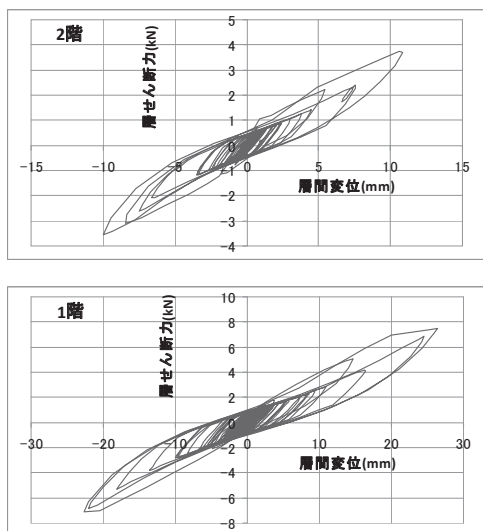


図10 解析結果（層せん断力－層間変位）
（kokubu2012：壁量充足率比 2.0）

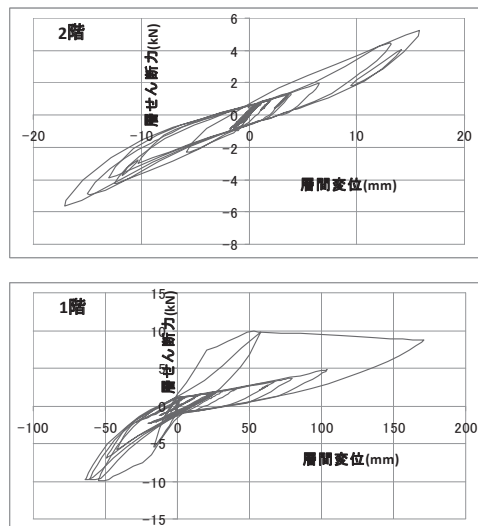


図11 解析結果（層せん断力－層間変位）
（JMA Kobe NS：壁量充足率比 2.0）

4. まとめ

入手した地域地震波による応答変位は、最大でも kokubu2012 の1階で 20mm ($R=1/135\text{rad}$)（床面積比 1.0、壁量充足率 1.0）、2階で 31mm ($R=1/88\text{rad}$)（床面積比 0.5、壁量充足率 1.0）となり損傷限界 ($R=1/120\text{rad}$) 近傍であったのに対し、JMA Kobe NS の場合は、1階が 141mm ($R=1/19\text{rad}$)（床面積比 1.0、壁量充足率 1.0）、2階が 311mm ($R=1/9\text{rad}$)（床面積比 0.75、壁量充足率 0.5）と安全限界 ($R=1/30\text{rad}$) を大幅に超え、倒壊の可能性が確認された。

火山性の地域地震波は、固有周期 0.3 秒以上の加速度が急激に減少するために木造住宅の固有周期帯（0.3～0.5 秒）と共振点が外れ、大きな応答変位にならなかったと推測される。

【参考文献】

- 1) 内閣防災情報のページ
(<http://www.bousai.go.jp/index.html>)
- 2) 桜島大正大噴火 100 周年 Web サイト
(<http://sakurajima100.org/>)
- 3) 防災科学研究所 強震観測網 (K-NET)
(<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>)
- 4) 松永裕樹, 曾田五月也, 宮津裕次: 木質構造物の復元力特性のモデル化と動的解析への適用, 日本建築学会関東支部研報告集, pp.201-204, 2008.3

【謝辞】

本研究を進めるにあたって、論文の書き方から研究の内容まで懇切丁寧にご指導していただいた古田智基先生、毎日明るく楽しい雰囲気の中で研究を進めさせてくれた古田研究室の皆様へ感謝致します。