

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 15 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25289178

研究課題名(和文)入力地震動をパラメータとした実大在来木造建物の振動実験

研究課題名(英文) Shaking Table Tests of Full-scale Wooden Houses with Various Input Strong Ground Motions

研究代表者

境 有紀 (Sakai, Yuki)

筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号：10235129

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：初年度は、入力地震動に震度や加速度は大きい観測点周辺では建物の大きな被害が見られなかった極短周期地震動を、旧耐震基準の中でも最低限の耐震性能しか有しない実大木造建物に対し入力した振動実験を行った。その結果、建物の大きな被害は生じないという実際の状況を再現する事ができた。二、三年度は、これまで観測された事が無いような周期成分を持ったものを含む入力地震動と、建物耐力をパラメータとした振動実験を行った。その結果、周期0.5秒に鋭いピークを持つ地震動では、耐力が高い方が変形は大きいという、一般的な傾向とは逆の状況を再現する事ができた。

研究成果の概要(英文)：First year, we carried out the shaking table test under the input of very-short period dominated ground motions. We didn't find wooden houses with heavy damage around the observation station in spite of large seismic intensity and acceleration were observed. The wooden house with minimal seismic performance under the old seismic regulations was adopted as a specimen. As a result, we could reproduce the actual situation that we didn't find wooden houses with heavy damage. Second and third year, we carried out the shaking table test of wooden houses with various strength and input ground motions including ones with the periodic component that were not observed. As a result, we could reproduce the contrary situation to the general one that deformation becomes larger as the strength larger under the ground motion with a peak of 0.5 seconds.

研究分野：建築構造

キーワード：木造建物 振動実験 耐力 周期特性

1. 研究開始当初の背景

近年、震度6弱以上・地動最大加速度1G以上といった大きな地震動強さを記録しても、建物の大きな被害が全く見られないという事が頻繁に起こっている。研究代表者らはこの要因を、発生した地震動の多くが周期0-0.5秒が卓越した極短周期地震動であった事、そして、周期1-1.5秒の応答が建物被害と対応する事を指摘してきた。しかし、これらは強震観測点周辺の被害調査結果から検証したものであるため、建物の詳細な耐震性能は分からず、また、地震応答中の様子をモニターすることもできていないという問題点があった。また、一般的に建物被害は、耐力が低いほど大きくなると考えられているが、地震動は周期特性など様々な性質を持っており、木造建物の場合、耐力が上がれば、固有周期は短くなるため、地震動の周期によっては、耐力が高い方が大きな被害が生じてしまう可能性がある。

2. 研究の目的

本研究は、実大の振動実験を行い、地震動の特性と建物の被害の関係について検証する事を目的とする。まず、周期0.5秒以下が卓越した極短周期地震動を、旧耐震基準の中でも最低限の耐震性能しか有しない木造建物に入力した振動実験を行った。その後、過去に観測されていない様な周期特性を持ったものも含めた入力地震動と、建物耐力をパラメータとした振動実験を行った。

3. 研究の方法

振動実験は2度に分けて行った。各振動実験の概要を以下に示す。

振動実験(1): 試験体は、2階建ての在来軸組構法木造建物である。全景を図1に示す。建物の仕様は、旧耐震基準の中でも耐震性能が低い建物とするため、接合部に金物を使用していない。壁量は、1960年改正建築基準法を最低限満たす程度とし、三ツ割筋交3P(1P=910mm)を配置した。



図1 振動実験(1)試験体全景

入力地震動の加速度応答スペクトルを図2に示す。周期0-0.5秒の極短周期が卓越した大地震として、2003年宮城県沖の地震におけるJMA大船渡100%と、これを震度6強まで

拡大した150%、継続時間が非常に長い2011年東北地方太平洋沖地震における大崎市鹿島台震度計100%を入力した。そして、これらと被害程度を比較する地震動として、同じ震度6強で建物の大きな被害と相関のある周期1-1.5秒応答が大きく、観測点周辺の木造建物全壊率が18.8%と甚大な被害を引き起こした、2007年能登半島地震におけるK-NET穴水を入力した。

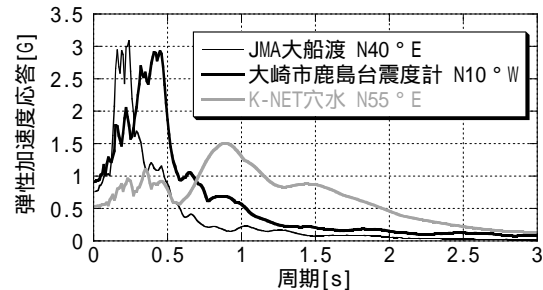


図2 入力地震動の加速度応答スペクトル (h:5%, 振動実験(1))

振動実験(2): 試験体の立面図を図3に示す。試験体は、2階建物を1層に縮約し、加振方向に対する直交方向を1P(=910mm)に省略した試験体とした。表1に試験体の仕様・重量等を示す。試験体は2シリーズ(1シリーズ5体)に分け、各シリーズは、加振方向の耐力壁の仕様を様々に変えたシリーズ(壁仕様変動シリーズ)、構造用合板に打ち付ける釘本数を変える事で、実質的に壁量を変動させたシリーズ(壁量変動シリーズ)となっている。

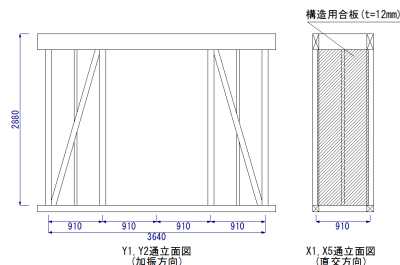


図3 試験体立面図(振動実験(2))

表1 試験体仕様(振動実験(2))

シリーズ	試験体 No	壁仕様	壁倍率	W1 [kN]	1F C <sub>0</sub>	W2 [kN]	2F C <sub>0</sub>
壁仕様変動	1-1	三ツ割筋交	1.5	51.38	0.21	X	X
	1-2	二ツ割筋交	2.0	51.42	0.28		
	1-3	柱同寸筋交	3.0	53.03	0.40		
	1-4	合板+三ツ割	4.0	50.63	0.56		
	1-5	合板+二ツ割	4.5	51.16	0.63		
壁量変動	1-6	合板(釘量:33%)	0.8	44.47	0.13		
	1-7	合板(釘量:66%)	1.7	44.47	0.26		
	1-8	合板(釘量:100%)	2.5	43.36	0.41		
	1-9	合板(釘量:125%)	3.1	43.36	0.51		
	1-10	合板(釘量:150%)	3.8	44.09	0.61		

入力地震動の加速度応答スペクトルを図4に示す。大地震として、周期0.5秒に鋭いピークを持つ模擬地震動、周期0.5秒以下の極短周期が卓越した2003年十勝沖地震におけるK-NET広尾、建物の大きな被害と相関のある周期1-1.5秒応答が大きい、2007年能登半

島地震における K-NET 穴水の記録を入力した。震度は、いずれも 6 強である。

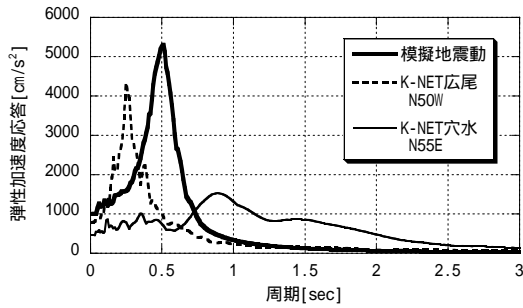


図 4 入力地震動の加速度応答スペクトル (h:5%, 振動実験(2))

#### 4. 研究成果

振動実験(1)：JMA 大船渡 150%，大崎市鹿島台震度計 100%，K-NET 穴水 100%加振時における，1 階加振方向の荷重変形角関係を図 5 に示す。極短周期地震動である JMA 大船渡，大崎市鹿島台震度計では，いずれも損傷状況は加振方向筋かい端部の釘が数ミリ浮いていた程度で大きな損傷は見られず，荷重変位関係を見ても，ほぼ弾性域におさまっている事がわかる。それに対し，建物被害と関連のある周期 1-1.5 秒応答が大きい K-NET 穴水では，最大層間変形角は正側で 1/9rad にまで達しており，1 階加振方向の筋かいの内，2 本が圧縮屈曲破壊し，1 本が引張により土台側の端部が抜け，全壊程度の被害となった。以上の結果から，震度 6 強という大きな震度であっても極短周期地震動では被害は無いが，1-1.5 秒応答が大きい地震動では被害が発生するという，研究代表者らがこれまでに行ってきた被害調査結果が再現されたと言える。

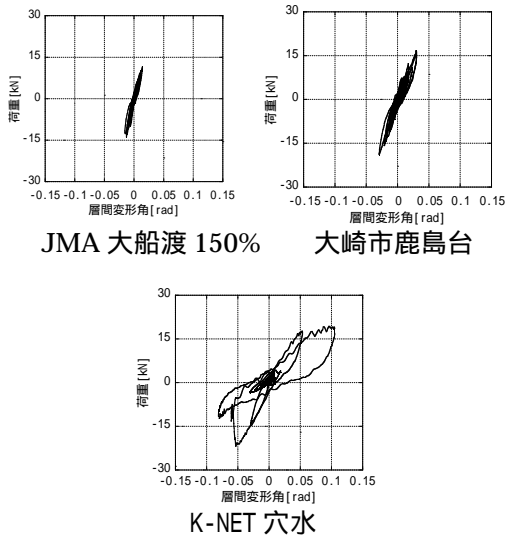
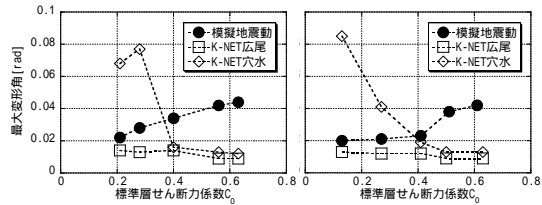


図 5 荷重変形角関係 (振動実験(1))

振動実験(2)：大地震加振時における，耐力 (標準層せん断力係数  $C_0$ ) と損傷 (最大変形角) の関係を図 6 に，シリーズ毎に示す。極短周期地震動である K-NET 広尾では，震度 6

強であるにも関わらず，変形は耐力に依らずおよそ 1/100rad 程度であり，大きな損傷は見られなかった。比較して K-NET 穴水では，耐力の低い試験体では最大変形は 1/15rad を超え，全壊程度の大きな被害が生じた。以上の結果は，研究代表者らがこれまでに行ってきた強震観測点周辺の被害調査結果と整合しており，実大振動実験から実際の被害を再現することができたと言える。

それに対して模擬地震動では，耐力が高い方が変形は大きく，最も大きい物で 0.044 (=1/23)rad であるのに対し，耐力が低い物では 1/40rad 以下の変形に収まっている。これは，木造建物は耐力と周期が反比例の関係にあるためで，地震動の周期によってはこのように，耐力が高い方が変形が大きくなるという現象が生じてしまう。しかし，模擬地震動は観測記録では無いため，実際に発生するかは未知ではあるが，可能性を否定はできない。この結果は，今後，どのような地震動が発生しうるのかを予測する，いわゆる強震動予測の重要性を再認識させる物である。



(a) 壁仕様変動 (b) 壁量変動

図 6 標準層せん断力係数  $C_0$ -最大変形角関係 (振動実験(2))

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計 6 件)

境有紀，汐満将史，五十田博，荒木康弘，松森泰造：木造建物を対象とした入力地震動と建物耐力をパラメータとした振動実験と地震応答解析 (その 1) 入力地震動と建物耐力をパラメータとした振動実験，日本建築学会大会，2016.8.24-26，福岡大学 (福岡県福岡市，発表予定)

汐満将史，境有紀，五十田博，荒木康弘，松森泰造：木造建物を対象とした入力地震動と建物耐力をパラメータとした振動実験と地震応答解析 (その 2) 一自由度系地震応答解析による実験結果の再現，日本建築学会大会，2016.8.24-26，福岡大学 (福岡県福岡市，発表予定)。

汐満将史，宮崎裕史，境有紀，松森泰造，五十田博，荒木康弘：建物耐力をパラメータとした木造建物の振動実験と地震応答解析，日本地震工学シンポジウム，2014.12.4-6，幕張メッセ (千葉県千葉市)。

松森泰造，境有紀，汐満将史，五十田博，

荒木康弘：極短周期地震動を入力した旧耐震木造住宅の実大振動実験（その1）実験概要及び試験体，日本建築学会大会，2014.9.12-14，神戸大学（兵庫県神戸市）。

境有紀，松森泰造，汐満将史，五十田博，荒木康弘：極短周期地震動を入力した旧耐震木造住宅の実大振動実験（その2）加振計画と入力地震動，日本建築学会大会，2014.9.12-14，神戸大学（兵庫県神戸市）。

汐満将史，松森泰造，境有紀，五十田博，荒木康弘：極短周期地震動を入力した旧耐震木造住宅の実大振動実験（その3）実験結果，日本建築学会大会，2014.9.12-14，神戸大学（兵庫県神戸市）。

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

境 有紀 (SAKAI, Yuki)  
筑波大学・システム情報系・教授  
研究者番号：10235129

### (2) 研究分担者

松森 泰造 (MATSUMORI, Taizo)  
独立行政法人防災科学技術研究所・兵庫耐震工学研究センター・主任研究員  
研究者番号：10272361

五十田 博 (ISODA, Hiroshi)  
京都大学・生存圏研究所・教授  
研究者番号：40242664

久田 嘉章 (HISADA, Yoshiaki)  
工学院大学・建築学部・教授  
研究者番号：70218709

荒木 康弘 (ARAKI, Yasuhiro)  
独立行政法人建築研究所・構造研究グループ・主任研究員  
研究者番号：40435582