

## 32. 木造住宅の低コスト動的耐震診断手法の開発に関する研究

06168021 亀山 峰弘  
指導教員 藤井 大地 教授

動的耐震診断 固有周期 減衰定数 三次元骨組解析

### 1 はじめに

近年、東海沖地震や東南海沖地震などの巨大地震の発生確率が高まる中、既存不適格木造建物の耐震改修が社会的に急務となっている。

現在、木造住宅の耐震化は、2004年に改訂された「木造住宅の耐震診断と補強方法」<sup>1)</sup>にしたがって行われている。本書の方法は、設計図面をもとに目視による調査を行うもので、かなりの手間を要する。

一方、住宅の耐力要素を個別に評価するのではなく、住宅全体の振動特性を調査し、この振動特性から耐力を推定する動的耐震診断も行われるようになってきている。実際に耐震補強を行う場合は、精密診断法での耐震診断が必要となるが、住宅の危険度を認知する段階では、動的耐震診断が有効な手段となりえる。

本研究では、本研究室で開発された動的耐震診断手法<sup>2)</sup>に用いる起振機の改良を試みる。また、環境共生型木造実験住宅（以後、実験住宅）を骨組にモデル化し、固有振動解析、地震応答解析を行う。そして、実験結果、解析結果の比較、検討を行う。

### 2 起振機の開発

本研究で開発した起振機は、ハンマーによる衝撃型起振機である。構成は、木材(240mm×395mm×200mm)の底面にベニヤ板を張り、そのベニヤ板にシリコンゴムを5mm程度塗っている。そして、底面の摩擦力を向上させるために8つ(1つあたり4.5kg)のコンクリートブロックを木材上に置き、木材と一体化させるために鉄パイプを挿入している。本装置の総重量は、48kgである。

加振原理は、ハンマーによる衝撃力をシリコンゴムと床の摩擦力で床に伝え、建物を起振させる仕組みである。

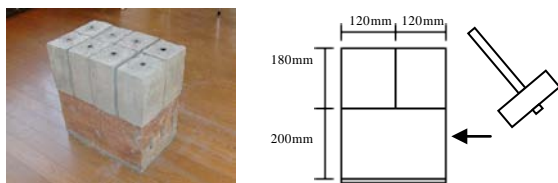


図1 ハンマー打撃による起振機

### 3 起振機による加振実験

#### 3.1 実験概要

対象建物は、近畿大学工学部のキャンパス内にある実験住宅である(図2a)。実験方法は、建物2階の剛心位置に起振機を設置してEW方向とNS方向に13回と12回

加振し、その内の各5回を解析する。また、計測地点は、図2b)に示す通りである。

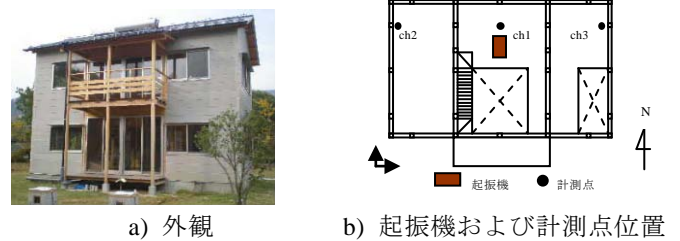


図2 実験住宅

固有周期は、衝撃力を除く自由振動計測波形の加速度フーリエスペクトルから求める。減衰定数は、加速度フーリエスペクトルにBand-pass Filter処理をした加速度波形から、ピーク振幅の包絡線を最小自乗法で近似させることで求める。なお、ピーク振幅は、最初の1クール分を除いた波形とする。

### 3.2 実験結果

表1にch1、ch2、ch3で算出した固有周期と減衰定数の平均値を示す。また、本川、松本らによる常時微動計測結果も示す。表より、実験結果と常時微動計測結果は、良好な一致を示している。

表1 固有周期・減衰定数の比較

	起振機		常時微動	
	EW	NS	EW	NS
固有周期(s)	0.19	0.14	0.19	0.15
減衰定数(%)	3.3	2.4	3.2	2.5

### 4 実験住宅の三次元骨組解析<sup>3)</sup>

次に、図3に示す実験住宅の骨組モデル(節点数1022、要素数1854、材料数3、特性数28)を用いて、固有振動解析、固有振動解析結果と常時微動計測結果との比較を行う。また、地震応答解析を行う。

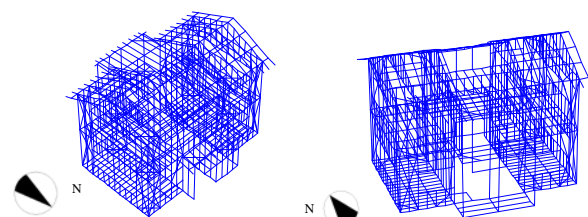


図3 モデル図

#### 4.1 固有振動解析結果

図 4 に各固有振動モード図を示す。黒は初期図、青はモード図である。図より、1 次モードと 2 次モードは、EW 方向と NS 方向に並進振動を起こし (図 4a)), (図 4b)), 3 次モードでは、ねじれ振動を起こす (図 4c)) ことがわかる。また、1 次モード~3 次モードの固有周期が 0.65sec、0.6sec、0.53sec となった。したがって、骨組モデルでは実際の固有周期 (表 1) に比較してかなり長くなることわかる。

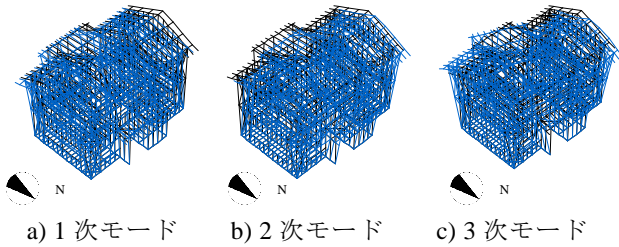
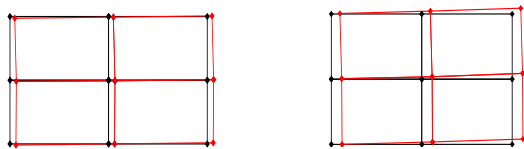


図 4 モード図

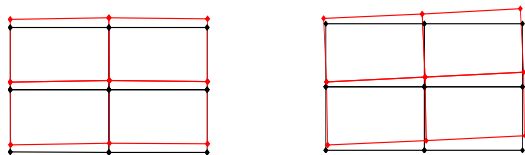
#### 4.2 常時微動との比較

図 5~図 7 に 2 階床面のモード図を示す。黒は初期図、赤はモード図である。図より 1 次モード、2 次モードは、固有振動解析と常時微動計測のモード図がともに並進振動を起こし、3 次モードは、固有振動解析と常時微動計測のモード図がともにねじれ振動を起こすことがわかる。



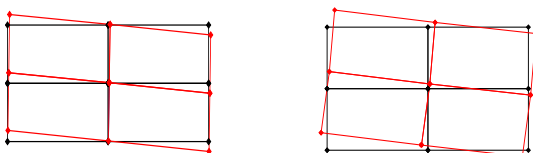
a) 振動解析 b) 常時微動

図 5 1 次モード



a) 振動解析 b) 常時微動

図 6 2 次モード



a) 振動解析 b) 常時微動

図 7 3 次モード

#### 4.3 地震応答解析結果

次に、実験住宅の骨組モデルに実際の地震波を与え、どのくらいの応答になるかを確かめる。例として入力地

震波に、El Centro の NS 波と EW 波を用いた。入力地震波の最大加速度は、NS 波で 341.7gal、EW 波で 210.1gal である。

表 2、表 3 に 2 階床節点における NS・EW・UD 方向の最大応答を示す。表より、最大変位は、NS 波で 6.69cm、EW 波で 3.7cm になり、1 階の層間変形角は NS 波 1/45、EW 波 1/81 とかなり大きな変形を示すことがわかった。これは、実験住宅の骨組構造は固有周期 0.65sec で柔らかい構造になっているためと考えられる。

表 2 El Centro の NS 波による 2 階床面の最大応答

	最大応答変位 (cm)	最大応答速度 (kine)	最大応答加速度 (gal)
NS	6.69	60	672.4
EW	0.38	5.09	65.34
UD	0.95	9.07	93.98

表 3 El Centro の EW 波による 2 階床面の最大応答

	最大応答変位 (cm)	最大応答速度 (kine)	最大応答加速度 (gal)
NS	0.34	3.69	38.55
EW	3.7	38.1	323.6
UD	0.68	6.45	63.96

#### 5 まとめ

本研究では、新たに開発した起振機による実験から固有周期・減衰定数の算出を行った。そして、固有周期・減衰定数とともに常時微動計測とよく一致し、本起振機の有効性が確かめられた。

実験住宅の骨組モデルによる固有振動解析では、1 次モードと 2 次モードで EW 方向と NS 方向に並進振動を起こし、3 次モードからねじれ振動という結果が得られた。また、固有振動解析と常時微動計測で得られた 2 階床面のモードを比較しても同じ結果を得ることができた。

最後に、El Centro 地震波を用いた地震応答解析では、最大応答が予測でき、層間変形角を求めた結果、かなり大きな変形を起こしていることがわかった。

今後は、実験住宅以外で、開発した起振機の実験を行い、動的応答解析などの比較を行うことが望まれる。

#### 参考文献

- 1) 日本建築防災協会, 「木造住宅の耐震診断と補強方法 木造住宅の耐震精密診断と補強方法 (改訂版)」, 2004
- 2) 本川英治, 藤井大地, 既存木造住宅を対象とした低コスト耐震性能評価法の開発, 日本建築学会大会講演便覧集, C-1, pp493-pp494, 2009
- 3) 藤井大地, Excel で解く 3 次元建築構造解析, 丸善株式会社, 2005, 2