

3.4 木造建物実験

3.4.1 既存木造建物の地震応答観測（その1）

目 次

(1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 5カ年の年次実施計画
- (e) 平成14年度業務目的

(2) 平成14年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の実施方法
 - 1) 新設する3棟の木造住宅について
 - 2) すでに強震計が設置してある木造住宅について
- (c) 業務の成果
 - 1) 新設する3棟の木造住宅について
 - 2) すでに強震計が設置してある木造住宅について
- (d) 結論ならびに今後の課題
- (e) 引用文献
- (f) 成果の論文発表・口頭発表等
- (g) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

(3) 平成15年度業務計画案

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 既存木造建物の地震応答観測（その1）

(b) 担当者

所 属	役 職	氏 名
独立行政法人 建築研究所	グループ長	岡田 恒
構造研究グループ	主任研究員	五十田 博
国際地震工学センター	主任研究員	鹿嶋 俊英

(c) 業務の目的

実際の木造住宅地震応答データを取得するため、既存木造住宅の強震観測をおこなう。平成14年度に強震計設置をおこない、観測を始めた。データの収集を行い、振動台における応答との相違を調べる。

(d) 5カ年の年次実施計画

1) 平成14年度：

関連分野の既往の研究の調査（得られているデータ、測定方法などについて）

対象建物の選定（建物の属性などの調査）

地震計の設置

強震観測

2) 平成15～17年度

強震観測の継続

得られたデータの整理と検討

3) 平成18年度

強震観測の継続

得られたデータの整理と検討

全体のまとめをおこなう

(e) 平成14年度業務目的

既往の研究をレビューし、これまで得られている当該分野の研究成果を整理する。

既往の研究をレビューし、目的に応じた適切な地震計の設置方法について検討する。

築年次、構法、地盤条件などが異なる木造住宅に振動計を取り付け、地震観測を開始する。

(2) 平成14年度の成果

(a) 業務の要約

地震時の在来軸組工法木造住宅およびその周辺地盤の観測記録から、木造住宅の設計用地震動入力決定のための資料を提供すること、また、強震時の住宅の挙動を把握することを目的とする。平成14年度は3棟の木造住宅に対して観測を開始した。さらにこれまで測定していた2棟について記録をまとめた。結果、木造住宅における地盤建物相互作用による建物周期の伸びは、RC造中低層建物の場合と比較すると、はるかに小さいこと、減衰効果もそれほど大きくないこと、また、これらが大きい住宅は、種地盤上に建てられた、べた基礎を持つ住宅であることなどが判った。

(b) 業務の実施方法

業務を実施するに当たり、本研究分野で豊かな経験と実績を有する宇都宮大学入江康隆教授より多大な協力を得ることとした。同教授がすでに計測を開始している2棟と同様の方法で、計測を進めること、そして、既往の研究のレビューを同2棟から得られた記録からおこなうものとした。

1) 新設する3棟の木造住宅について

対象建物の平面図などを図1～図3に示す。図1は比較的新しい木造軸組方向による住宅、図2は1971年に建てられ、昨年度構造用合板、筋かい、ならびに仕口ダンパーによって耐震改修をおこなった木造住宅である。図3と写真1は、東京下町にある木造2階建てである。この建物の建築年代は不詳であるが、明治36年という説もある。間口2間半の2軒で1棟となっている。化粧出桁作りで、東京下町における代表的な長屋風町屋形式の建物と考えられる。以上のような3棟の建物それぞれに対して、3点9成分の地震計を建物小屋裏、1階、および周辺地盤に設置した。

2) すでに強震計が設置してある木造住宅について

これまでに計測をおこなっており、今後も継続しておこなう2棟は、宇都宮市の在来軸組工法木造住宅であり、2000年7月に3成分の超小型地震計を、建物小屋裏、1階、および周辺地盤上に、合計3個ずつ設置した。建物内の地震計は床にビス止め、地盤には、25×25×20cmのコンクリート基礎を埋設し、その上にビス止めした。なお、これは、取り外し可能な雨よけのアルミ製カバーで覆った。記録する地震は震度階程度以上のものを目標にし、この程度の地震を記録したらその都度記録を回収し、スペクトル解析を行った。2棟の住宅の基礎はべた基礎であり、それぞれの住宅番号を、No.9401 および No.0001 とする。前者は、種地盤上に、後者は、種地盤上に建てられている(表1)。観測開始後現在までに、それぞれの住宅において、十数個の地震動が記録されている。強震計の配置などを写真2～4に示した。

表 1 地盤の分類

第 1 種地盤	岩盤、硬質砂れき層その他主として第三紀以前の地盤によって構成されているもの又は地盤周期等についての調査若しくは研究に基づき、これと同程度の地盤周期を有すると認められるもの
第 2 種地盤	第 1 種地盤及び第 3 種地盤以外のもの
第 3 種地盤	腐植土、泥土その他これらに類するもので大部分が構成されている沖積層（盛土がある場合においてはこれを含む）で、その深さがおおむね 30m 以上のもの、泥沼、泥海等を埋め立てた地盤の深さがおおむね 3m 以上であり、かつ、これらで埋め立てられてからおおむね 30 年経過していないもの又は地盤周期等についての調査若しくは研究の結果に基づき、これらと同程度の地盤周期を有すると認められるもの

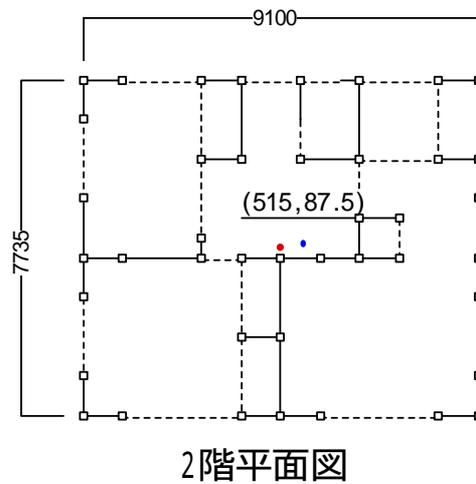
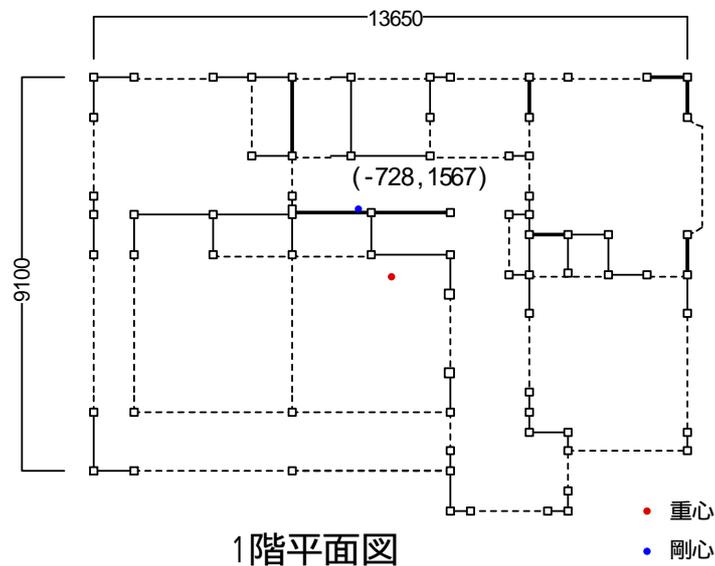


図 1 新たに地震計を設置した住宅の平面図

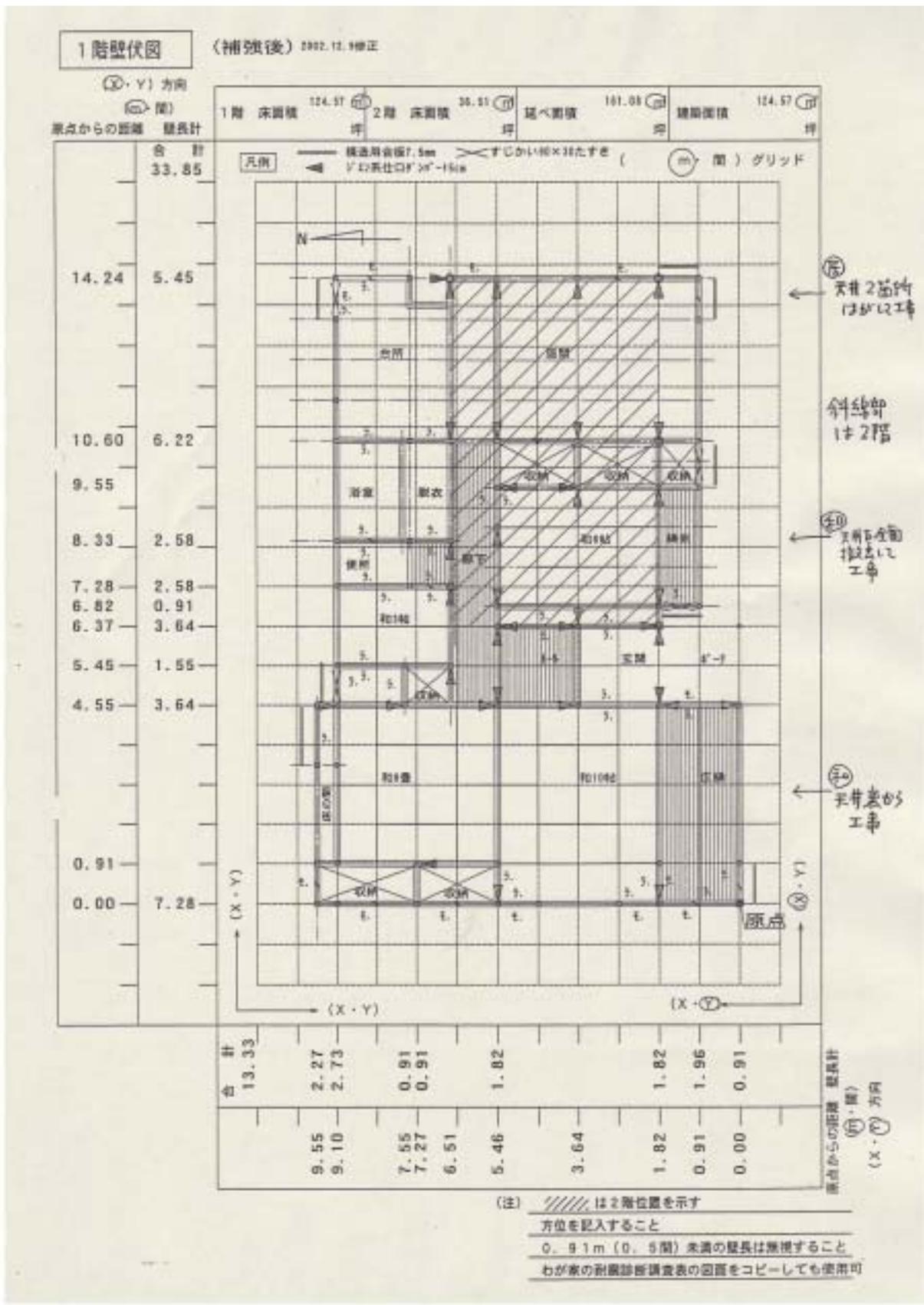


図2 仕口ダンパーを設置した耐震改修木造住宅



写真1 下町町屋住宅（候補）外観（向かって一番左）

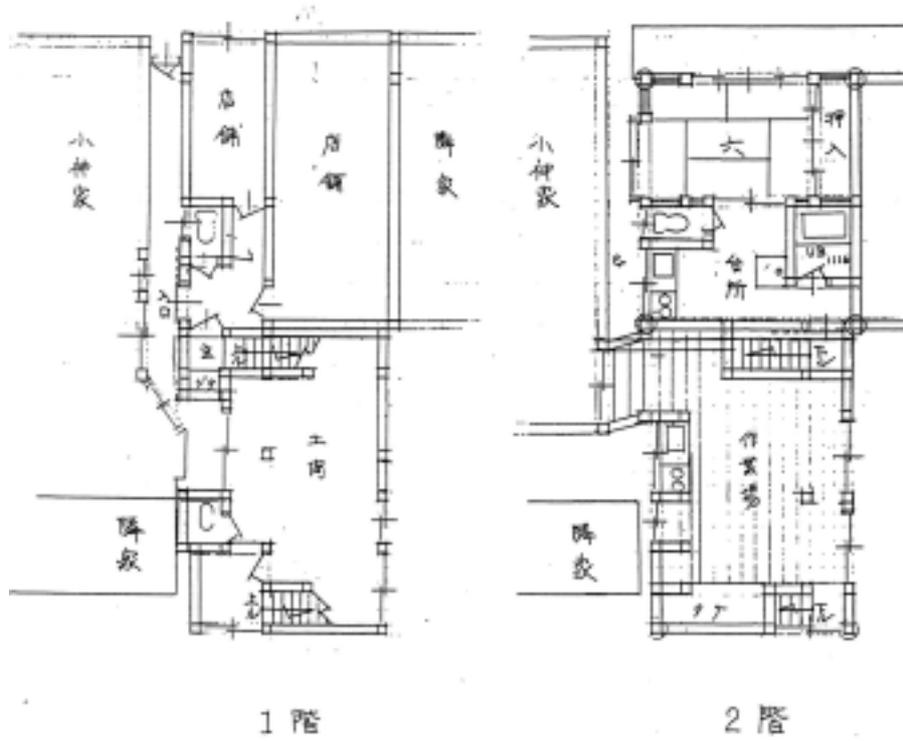


図3 下町町屋住宅（候補）平面図



写真2 周辺地盤に設置した強震計



写真3 1階床上への設置状況



写真 4 小屋裏への設置状況

(c) 業務の成果

1) 新設する3棟の木造住宅について

以下、建物の属性が詳細にわかっている図2の建物について述べる。その他の建物は現在調査中であり、詳細は平成15年度報告書において述べる予定である。

表2には補強前の耐震精密診断(文献2)の結果を示した。表3には目視調査による構造上の欠陥や腐朽などの結果を示した。このように腐食やひび割れなど一切なく、一見しっかりした建屋と見てとることが出来るが、X方向の計算結果を見ると壁の量が不足しており、総合評点は0.68の「倒壊または大破壊の危険がある」と判定された。補強対策としては、外壁の可能な部分に構造用合板と筋かいをいれ、さらに開口部分の補強として仕口ダンパーを設置することとした。補強壁の位置、仕口ダンパーの位置は図2の通りである。この耐震改修によって耐震精密診断による総合評点が0.68から1.08に改善された。総合評点とは耐震判定に用いられる指標であり、その判定は表4のとおりである。

写真5には仕口ダンパーの設置した後の様子を示した。本仕口ダンパーは等価壁倍率0.25と計算されるものである。

表2 補強前の耐震精密診断の結果

A 地盤・基礎	鉄筋コンクリート造布基礎	1.0
B×C 偏心	X方向	1.00
	Y方向	0.86
D×E 水平抵抗力	X方向	0.76
	Y方向	1.71
F 老朽度	老朽化している	0.90
総合判定	X方向 $1.0 \times 1.00 \times 0.76 \times 0.90$	0.68
	Y方向 $1.0 \times 0.86 \times 1.71 \times 0.90$	1.32



写真5 仕口ダンパー

表3 部分点検・建物調査票

部位等		調査内容		コメント、調査位置等
建物周囲の地盤条件		擁壁等の傾斜、き裂等の有無		擁壁等はなく平坦地
構造耐力上主要な軸組等	柱	部材の断面欠損	大きな欠き込み、割れの有無	目視の結果異常はない
	梁		大きな欠き込み、割れの有無	〃
	桁		大きな欠き込み、割れの有無	〃
	筋かい等		大きな欠き込み、割れの有無	〃
	土台と柱	接合金物	有無、ゆるみ、錆、腐食等	アンカーボルト異常なし
	柱と梁桁		有無、ゆるみ、錆、腐食等	羽子板ボルト等異常なし
筋かい材	有無、ゆるみ、錆、腐食等		ゆるみはない	
床下部分		接合方法	足固め、根がらみ等で固められているか	固められている
梁と柱、差し鴨居			柱から抜け落ちる形式ではないか	抜け落ちない
筋かい端部			引張り・圧縮に対して抜けたり踏み外さないか	問題なさそう
水平剛性の確保	2階床面		火打ちの有無、床板は合板か金物は充分使用されているか	火打ちあり、和室床は合板ではない
	小屋梁面		火打ちの有無、床板は合板か金物は充分使用されているか	火打ちあり
	吹抜け部分		吹抜け面積の大きさ、吹抜け部分の対策、補強の有無	吹抜け部分はない
下屋、増築部			母屋との接合部分について金物が充分使用されているか	下屋、増築なし

目視調査の可能部分において記入する

表4 精密耐震診断による耐震判定

総合評点	判定
1.5以上～	安全である
1.0以上～1.5未満	一応安全である
0.7以上～1.0未満	やや危険である
0.7未満	倒壊または大破壊の危険がある

2) すでに強震計が設置してある木造住宅について

住宅 No.9401 および住宅 No.0001 で観測された地震記録のうちの代表例と、観測記録のフーリエスペクトル比、および常時微動記録のスペクトル比とを、住宅 No.9401 については、図4、5、6に、住宅 No.0001 については、図7、8、9に示す。同一地震(2003.3.13)を観測した記録波形(図4、7)から見た2棟の住宅の揺れ方の特徴は、

種地盤上に建つ No.9401 での加速度が、種地盤上に建つ No.0001 でのその約4倍程度と大きいこと、1階の加速度に対する2階のその比は、どちらも2倍から3倍で、大きな差は見られないことである。次に、スペクトル比(図5、7の上、中)に現れる特徴のうち、建物系の固有振動数($f(3F/1F)$)に対する地盤建物系の固有振動数($f(3F/GL)$)の低下率(連成系の周期の伸び率)は、2～5%と小さく、No.9401の方がNo.0001よりもやや大き目なことである。また、図5、7の下からは、種地盤上に建つ No.9401 では、5～7Hzにおいて、わずかに入力損失が見られるが、種地盤上に建つ No.0001 においては認められず、住宅1階の動きは、地表面の動きとほぼ同じであることである。以上のスペクトル比に現れる特徴は、常時微動時のそれ(図6、図9)にも、同様に現れている。

常時微動時と地震時とで、大きく異なるのは、建物系固有振動数が、常時微動時の値に対し地震時のそれが、No.9401 では約10%、No.0001 では12～17%と、大きく低下することである。これは、木造住宅の大きな特徴で、接合部の固定度がRC造などに比べると低いこと、また、耐力壁に釘打ちされるボードの固定度も低いこと等によると考えられる。ところで、地震により低下したこの固有振動数は、地震後には、再びほぼ元の固有振動数に戻ることも確認されている。ちなみに、RC造5階建て建物における、同様の観測結果から、地震時の建物系固有振動数は、常時微動時のそれと、ほとんど同じであることが判っている(文献1)。

地盤上での最大加速度に対する建物1階でのその比を、横軸に地盤上での最大加速度をとり、図10に示す。この図から、地震入力の低減は、地震の大きさの影響をあまり受けないことが判る。また、これらの比の値の平均値は、住宅 No.9401 では0.73(梁間)、0.63(桁行)と、低減が認められるが、住宅 No.0001 では、0.93(梁間)、1.15(桁行)と、あまり低減が認められない。いずれの住宅も基礎はべた基礎なので、地盤種別の違いに因るところが大きいと考えられる。これらの特徴は常時微動時においても同様に認められる(図6、9の下)。

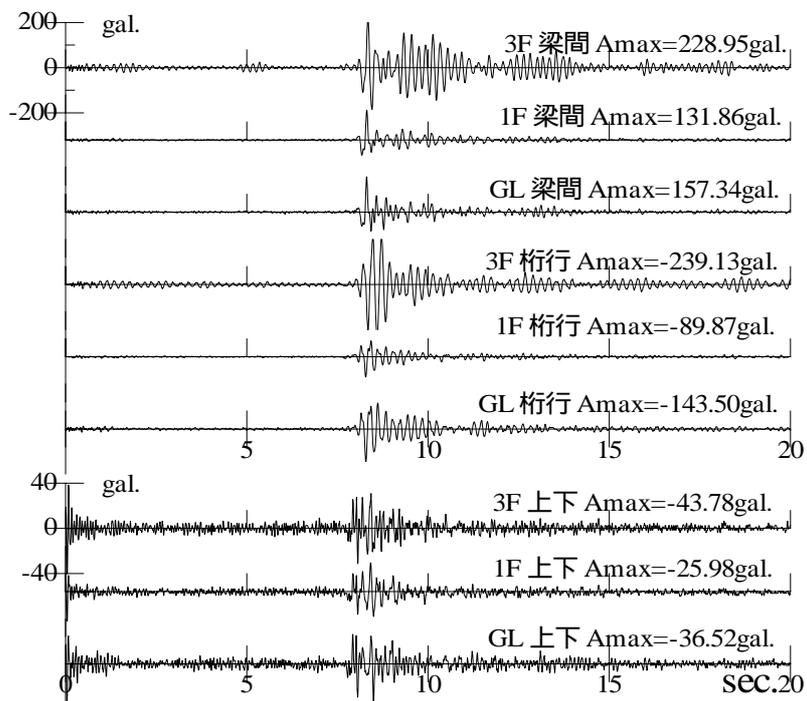


図 4 住宅 No.9401 地震記録(2003.3.13)

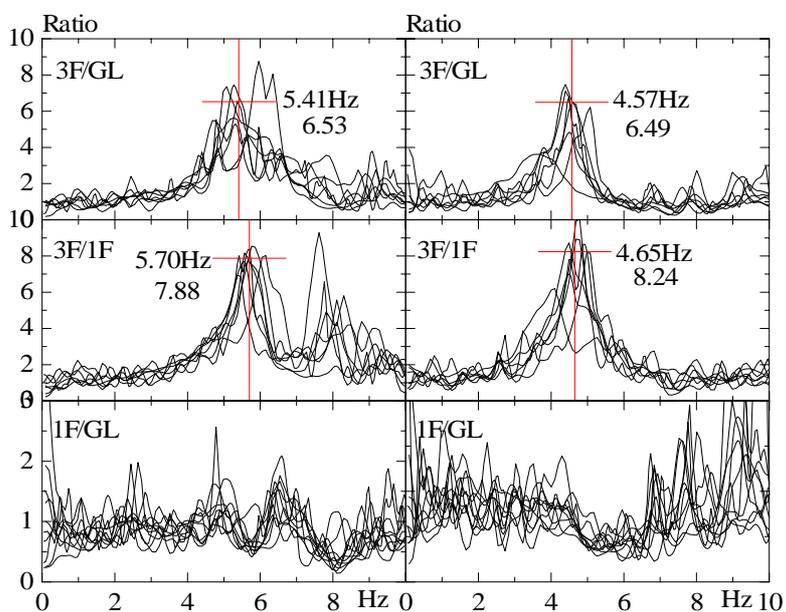


図 5 地震時のフーリエスペクトル比 (住宅 No.9401)

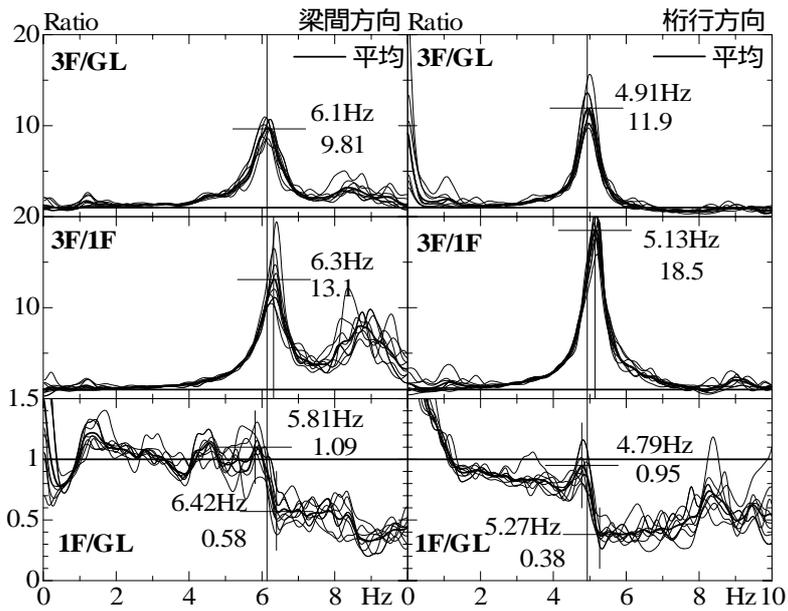


図 6 常時微動時のフーリエスペクトル比 (住宅 No.9401)

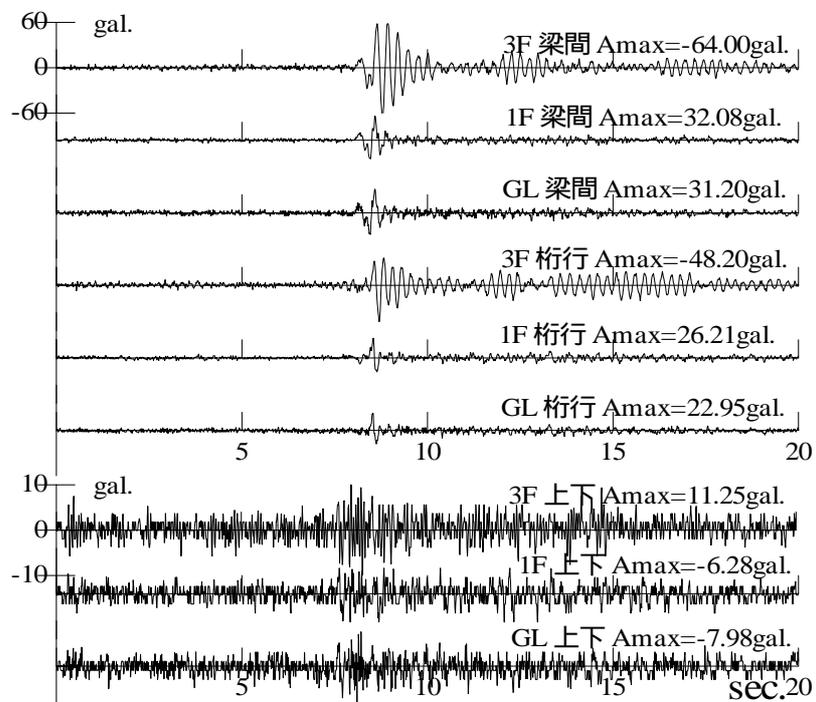


図 7 住宅 No.0001 地震記録 (2003.3.13)

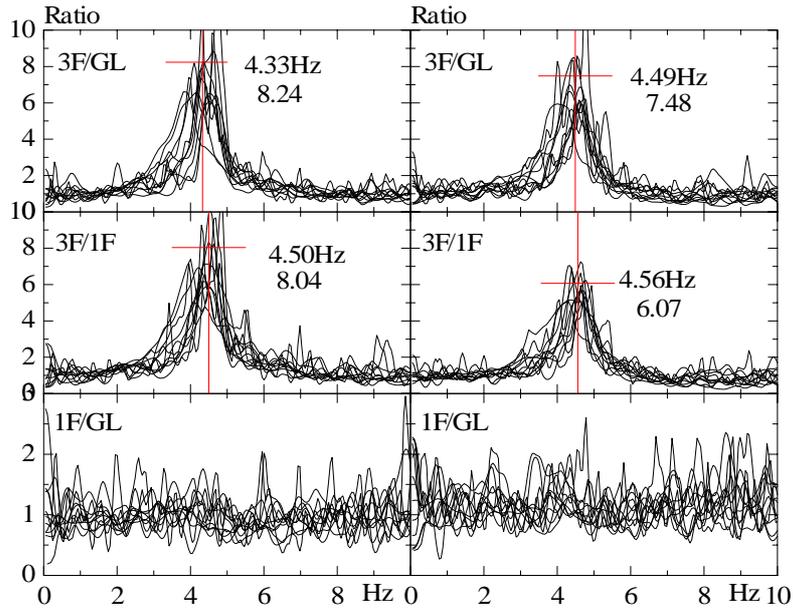


図 8 地震時のフーリエスペクトル比 (住宅 No.0001)

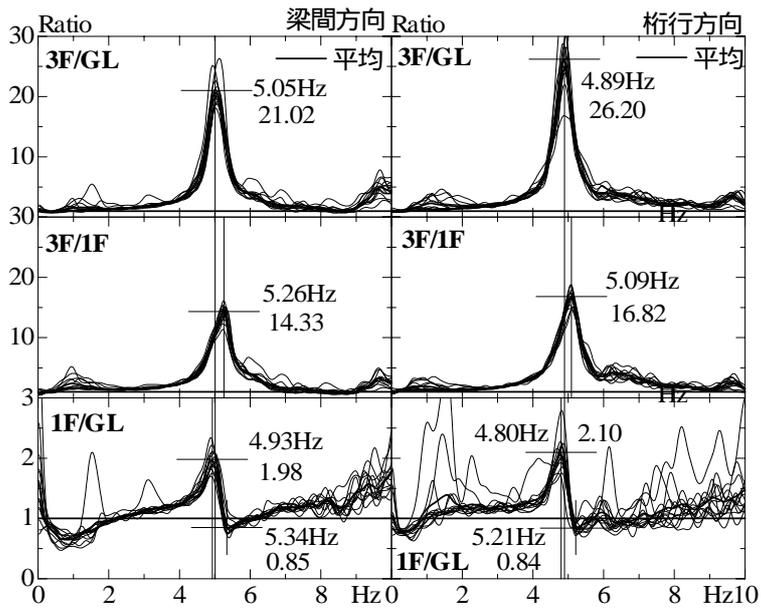


図 9 常時微動時のフーリエスペクトル比 (住宅 No.0001)

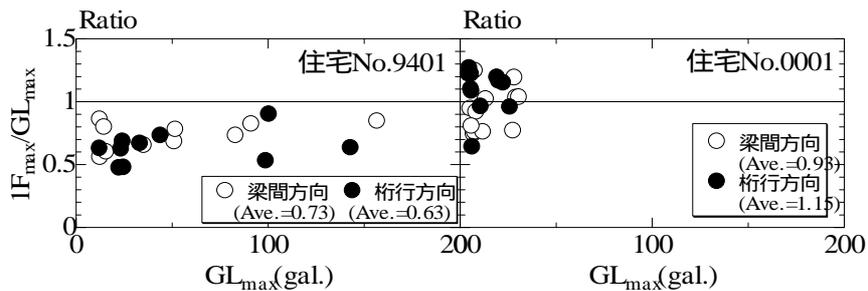


図 10 地盤の最大加速度に対する 1 階のその低減

(d) 結論ならびに今後の課題

2 棟の在来軸組工法木造住宅において、これまでに観測された十数個の地震記録の解析結果から、木造住宅における地盤建物相互作用による建物周期の伸びは、RC造中低層建物の場合と比較すると、はるかに小さいこと、減衰効果もそれほど大きくないこと、また、これらの振動特性は、地盤種別の影響を受けることなどが判った。

現在は、わずかに2棟の住宅における地震観測なので、今後は、異なる地盤上の数多くの住宅において地震観測を行い、地震時の住宅応答の特徴を統計的に捉え、住宅用地震入力決定のための資料を提供することが課題である。

(e) 引用文献

- 1) 入江康隆、野俣善則：観測記録に基づく木造2階建て住宅とRC造5階建て建物の動的相互作用，日本建築学会構造系論文報告集，No.548、2001.10
- 2) 木造住宅の耐震精密診断と補強方法，国土交通省住宅局監修，編集：日本建築防災協会，日本建築士会連合会，増補版，pp.27-34，1995

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 論文発表

著者	題名	発表先	発表年月日
なし			

2) 口頭発表、その他

発表者	題名	発表先、主催、発表場所	発表年月日
なし			

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

名称	機能
なし	

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成15年度業務計画案

(a) 業務計画、実施計画

平成14年度から開始した3棟を加え、計5棟の木造住宅に対して、それぞれ、3点9成分の地震計による観測を継続しておこなう。入力が見られる毎に記録を整理する。

(b) 目標とする成果

異なる地盤上に建つ数多くの木造住宅において地震観測を行い、地震時応答の特徴を統計的に捉え、住宅用地震入力決定のための資料を提供する。

異なる構法の数多くの木造住宅において地震観測を行い、地震時の応答の特徴を捉え、地震時挙動追跡のための基礎資料とする。