

3.1.2.2 木造建築物を対象とした簡便かつ高精度な耐震診断技術の開発

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ヵ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）
- (e) 平成16年度業務目的

(2) 平成16年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の実施方法
- (c) 業務の成果
 - 1) 木造住宅の耐震性能変化に関する実大実験について
 - 2) 建物微動による簡易耐震診断法 —レーザードップラー振動計による建物外部からの診断—
 - 3) 微動実測による既存木造住宅の耐震診断法確立のための実験的研究 —大型震動台による箱形実大木造試験体の加震実験—
 - 4) 既存住宅耐震性の経年変化に関する研究
 - 5) 簡易耐震診断法の多種構造形式への適用可能性
- (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17年度業務計画案

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 木造建築物を対象とした簡便かつ高精度な耐震診断技術の開発

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
名古屋工業大学 大学院工学研究科	教授	岡田成幸
北海道大学 大学院工学研究科	教授	石山祐二
同	教授	城 攻
同	助手	高井伸雄
同大学 大学院農学研究科	教授	平井卓郎
名古屋工業大学 大学院工学研究科	教授	谷口仁士
北海道立北方建築総合研究所 生産技術部生産システム科	研究員	植松武是
松本建工株式会社 技術研究所	所長	林 勝朗
(協力者)		
名古屋工業大学 大学院工学研究科	助教授	井戸田秀樹
北海道大学 大学院工学研究科	助手	北野敦則
北海道立林産試験場 性能部構造性能科	研究員	戸田正彦
北海道立林産試験場 技術部加工科	研究員	野田康信
北海道立林産試験場 企画指導部企画課	研究員	大橋義徳
松本建工株式会社 技術研究所	研究員	松田健志
佐藤商事株式会社		佐藤克己
北海道大学 大学院工学研究科	大学院生	田畑直樹
同	同	名知典之
同	同	島田佳和
名古屋工業大学 大学院工学研究科	大学院生	磯部信宏

(c) 業務の目的

地震被災度の高い既存木造建物に対して、耐震安全性を高めるため、耐震診断技術の開発、耐震補強指針の開発、行政ならびに市民が容易に理解でき普及可能性の高い耐震補強技術の開発、耐震補強後の建物についての耐震補強診断技術の開発を行う。

(d) 5カ年の年次実施計画

1) 平成14年度：実施業務の要約

建物微動の簡易耐震診断法への利用可能性の検討：木造住家の耐震性診断を微動の挙動複雑性（カオス性）に着目した方法で定式化するために、その有効性と汎用性について、既存データを用いて検討した。

木造住家の耐震診断上の問題点の検討：木造耐力壁（筋かい軸組を含む）には多くの仕様があるが、現行法規では同一の基本仕様に対して一律の許容耐力が与えられている。し

かし、実際の建物中における耐力壁のせん断耐力は、基本仕様が同じでも、鉛直荷重や柱脚・柱頭部の接合仕様など、建物中における脚部浮き上がり拘束の程度によって大きく異なる。現在は柱脚・柱頭接合部の先行破壊による耐力壁の転倒を避けるため、一定の接合仕様に従うか、構造計算による接合耐力の確認を行うことになっているが、既存建物にはこのような接合耐力の確認が行われていないものが多いことが判明した。

住宅の総合耐震性に関する非破壊調査法の検討：既往診断法に関する文献調査の他、低刺激入力時の住宅の応答特性とそれによって評価可能な耐震性能項目、耐震性能評価のための実在住宅における震動測定方法（換振器の配置等）、外装材等の非構造部材の耐震安全性の評価方法、躯体の老朽化とそれに起因する構造耐力の低下の評価方法、等々に着目して情報を整理し、各種震動測定による躯体及び非構造部材の耐震性能評価法とその適用範囲について検討するとともに、実在住宅における震動測定を実施した。

木造住家の簡易耐震診断による被害予測と耐震補強への活用に関する検討：簡易耐震診断による判定値を被害予測と耐震補強への活用を目的に診断値と被害との関連分析と自己診断のばらつきに関する検討を行った。前者については、阪神淡路大震災で被災した家屋の診断を行い、診断値 1.0 以上あれば大きな被害を免れることを明らかにし、また後者については、愛知県内で 150 軒の調査から 30 軒を選択し、専門家による詳細診断を行って自己診断のバラツキを明らかにした。

簡易耐震診断法他種構造形式への適用可能性の検討：木造以外の鉄筋コンクリート造・鉄骨造・ブロック造などの構造形式への微振動による非破壊診断の適用は未知であるため、先ずその可能性について検討するための基礎的な資料の収集を行った。現地実測データと耐震性能との関わりは、構造体の水平剛性とそのばらつき度合い、減衰性能とそのばらつき度合いが主たる要因と考えられるが、この外の実測ないしは聞き取り調査あるいは構造関連書から比較的簡易に得られる資料の重要性について検討を行った。

2) 平成 15 年度：実施業務の要約

本研究は、木造住家を対象とした簡便にして高精度な耐震診断法を開発することを目的としたものであり、今年度は、主として、住家所有者による診断票を用いた自己診断（わが家の耐震診断）結果を専門家による耐震精密診断と比較することにより精度検証し、素人による診断の悪さとその原因が、特に偏心率関連の評点にあること・壁量関連の計算ミスが多いこと、以上にあることを確認した。さらに、簡便かつ精度の高い診断方法の開発を目的として、北海道及び愛知県において建物の微動を計測しその記録より、住家の固有周期に加え、揺れの複雑さをカオス度の概念より数値評価し併用することにより、診断精度が格段に向上することを示した。また関連して、低レベル振動（微動）による建物地震動応答特性の把握の問題点整理、及びその解決法としての換振器の選定・換振器配置パターンの検討を目的として、木造実大箱型試験体を作成し、振動台による加振実験を実施した。加えて、近年の木造住家の構造複雑化に鑑み、木造に加えてRC造やコンクリートブロック造を併用した混構造住家の診断可能性を検討すべく、基礎となるRC及びSRCによる構成部材の振動測定を実施した。

3) 平成 16 年度：

これまで進めてきた計測法のさらなる簡便化及び解析法の精度向上を目的の第一とし、他地域における木造建築物の計測を実施する。また、解体作業中の実大住家を測定

し、耐震性能の劣化履歴を追跡し、診断法の改定・向上に寄与すべくデータの蓄積を図る。加えて、振動計以外の測定システムを導入し、計測の簡便化向上の可能性を検討する。さらに、診断精度の向上を目的とし、建築物の振動性状に与える季節変動の影響を、通年計測を実施することにより検討の基礎資料を入手する。

4) 平成17年度：

2004年7月に耐震精密診断法が大改訂された。これにより、本研究提案の診断法が大改訂に追随しているかどうかの新たなかつ大きな検証作業が発生した。17年度は、この検証を本研究目的のメインに据え、多地域における木造住家耐震診断の調査を継続することとなる。関連して、多地域においても耐震性評価が可能な汎用的方法への改良、そして建物耐震性に関わる諸要因を振動実験等により把握し、木造建築の複雑化にも対応できるように検討を継続する。

5) 平成18年度：

木造建築物を対象として開発した高精度簡易耐震診断法、経年変化特性評価、既存建物の耐震性能の地域別評価の成果をまとめる。

(e) 平成16年度業務目的

これまで進めてきた計測法のさらなる簡便化及び解析法の精度向上を目的とし、以下のサブテーマに設定する。

1) 解体作業中の実大住家を測定し、耐震性能の劣化履歴を追跡し、診断法の改定・向上に寄与すべくデータの蓄積を図る。

2) 振動計以外の測定システムを導入し、計測の簡便化向上の可能性を検討する。

3) 低レベル振動による診断精度向上のための計測方法を、実大振動台実験により系統的資料蓄積を図り、計測方法の改良に寄与する。

4) 住家の腐朽による耐震性劣化の影響を検討すべく、構造体の初期性能の評価法を検討する。

5) 診断精度の向上を目的とし、建築物の振動性状に与える季節変動の影響を、通年計測を実施することにより検討の基礎資料を入手する。

(2) 平成16年度の成果

(a) 業務の要約

本研究は、木造住家に関する原位置的な非破壊簡易耐震診断法の開発を目的とするものであり、今年度は主として以下の5点について研究を進め、住家の低レベル振動測定による高精度耐震診断法の実用化に大きく前進した。また、屋外からの測定法も試行し、その有効性を確認した。

1. 木造住宅の耐震性能変化に関する実大実験
2. レーザードップラー振動計による建物外部からの診断
3. 微動実測による既存木造住宅の耐震診断法確立のための実験的研究
4. 既存住宅耐震性の経年変化に関する研究
5. 簡易耐震診断法の多種構造形式への適用可能性

(b) 業務の実施方法

本研究業務を円滑に遅滞なく遂行するために、係る研究課題をサブテーマに分け、それぞれの領域における第一人者を研究分担者として加え、共同的に進める体制を構築している。各成果は以下の業務成果として、各担当者が執筆した。

1) 木造住宅の耐震性能変化に関する実大実験について

名古屋工業大学大学院工学研究科 谷口仁士・岡田成幸・井戸田秀樹

2) 建物微動による簡易耐震診断法 —レーザー計による建物外部からの診断法—

名古屋工業大学大学院工学研究科 岡田成幸

北海道大学大学院工学研究科 高井伸雄

3) 微動実測による既存木造住宅の耐震診断法確立のための実験的研究 —大型震動台による箱形実大木造試験体の加震実験—

北海道立北方建築総合研究所 植松武是

北海道大学大学院農学研究科 平井卓郎

北海道大学大学院工学研究科 石山祐二

4) 既存住宅耐震性の経年変化に関する研究

松本建工株式会社技術研究所 林 勝朗

5) 簡易耐震診断法の多種構造形式への適用可能性

北海道大学大学院工学研究科 城 攻

(c) 業務の成果

1) 木造住宅の耐震性能変化に関する実物大実験について

a) はじめに

誰もが指摘しているように、最も効果的な人的被害軽減対策は家屋の耐震診断に基づく補強である。このことは1995年阪神・淡路大震災以前から指摘されていたが、顕在化したのは大震災による人的被害(死亡)の原因が、家屋倒壊による圧死者が全体の8割を占めていた事が明らかにされてからである。

一方、東海地域では1979年中央防災会議が「東海地震の震源域」を設定し、甚大な被害が予測される静岡県を中心に耐震補強工事などの防災対策が進められてきた。しかし、この耐震補強工事は、主として学校などの公的機関の建築物であった。また、2001年の東海地震震源域の見直しによって、震度6以上となる地域や液状化、津波による被害が大きくなると予測される地域が拡大し、愛知県では58市町村が対策強化地域に指定された。

以上のような東海地域の地震環境は、住民の防災意識を向上させ震災後の対応対策ばかりでなく、被害軽減に直接結びつく「家屋の耐震化」が大きな課題となり、各自治体では耐震診断の奨励・補強工事費の補助など支援策を制定し、住民の意識改革に取り組んでいる。しかし、4年を経過した現在でも耐震診断やそれに伴う補強工事の実施率は極めて低いのが現状である。

このように、防災意識は高いがそれに伴う具体的なActionが低い原因として、

- ① 耐震診断値のもつ意味の理解が困難であること、
- ② 補強工事費が高額であること、
- ③ 工事の費用対効果が不明であること、

などが考えられる。

そこで、本研究では上記の問題解決を目指し、特に「耐震診断値のもつ意味」について、既存木造住宅の実大実験より下記の項目について考察したものである。すなわち、壁量やその配置の変化に伴う耐震診断値と振動特性の変化について、

- 1) サイディングは耐震に効果的か？
- 2) 垂壁・袖壁の有効性は？
- 3) 中壁の減少にともなう卓越周期の変化は？
- 4) 筋交い入り壁の重要性は？

について検討したものである。

b) 実験の概要

i) 実験対象建物

実験に利用した木造家屋は中部電力株式会社所有のものである。実験家屋の概要を表1に示した。①の家屋は、平屋建てで比較的軽い屋根(約1.5 t)を持ち、その形状はほぼ正方形をしている。

表1 実験木造家屋の概要

建物	建築年	床面積	実施日	所在地
①木造平屋建て	1972年	51.3 m ²	2004.9.7-8、9.15-16	静岡市清水2の丸町
②木造2階建て	1977年	84.05 m ²	2005.2.10-14	名古屋市南区滝春町
③木造平屋建て	1984年	61.9 m ²	同上	同上

②および③の家屋についても、屋根は軽くその形状はほぼ正方形である。なお、③の家屋の建築年は1984年であるので、新耐震設計基準となっている。

図1～3および写真1～3に①～③の平面図と建物の概要がわかる写真を示した。

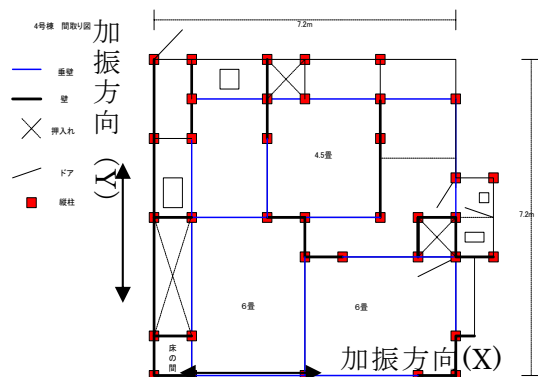
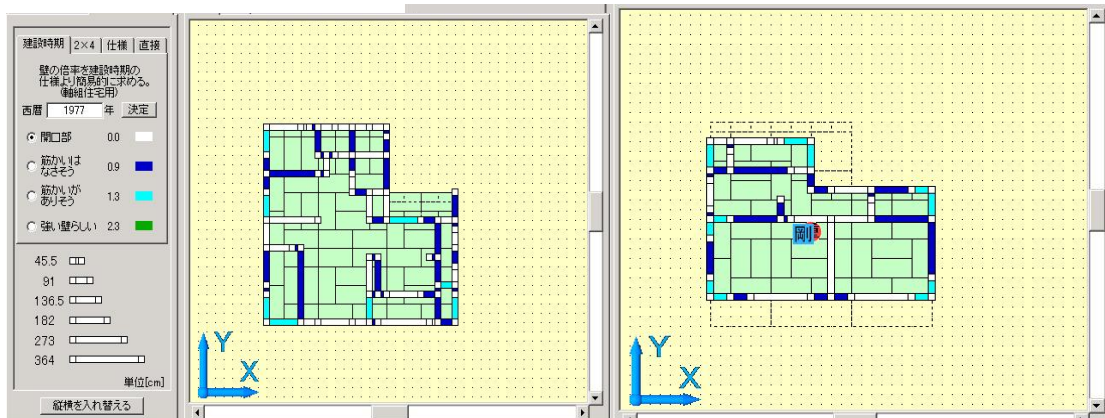


図1 木造平屋建て住宅平面図



写真1 住宅の全景（静岡市）



(1階平面図) (2階平面図)
 図2 木造2階建て家屋の1階と2階の平面図(名古屋市内)



写真2 木造2階建て家屋の全景(名古屋市内)



写真3 平屋建て部の全景(名古屋市内)

図3 平屋部の平面図(名古屋市内)

c)実験計画

静岡市の平屋建て住宅(①の建物)については、表4に示すような実験を行った。加振方向は図1に示したようにX方向を基本とした。検出器は柱の根元に設置し、1階に9箇所、天井裏に9箇所配置した。各検出器は水平2成分を原則とし、加振器の側のみ上下成分を

配置した。

表 4 実験計画の概要と検出された卓越周期 (Hz)

No.	耐震力 (X)	耐震力 (Y)	実験の概要	卓越周期 (Hz)	卓越周期 (Hz)
1	0.81	1.73	原型のまま X 方向に加振	4.03	
2	0.81	1.73	原型のまま Y 方向に加振	4.32	
3	0.81	1.73	垂腰壁撤去、X 方向に加振	3.24	
4	0.81	1.73	ダンパー4箇所設置、X 方向に加振	3.16	6.53
5	0.69	1.73	耐震壁 1/3 撤去、X 方向に加振	2.88	6.09
6	0.47	1.73	ダンパー4箇所設置、X 方向に加振	2.85	6.31
7	0.47	1.73	耐震壁 2/3 撤去、X 方向に加振	2.43	6.09
8	0.47	1.73	ダンパー4箇所設置、X 方向に加振	2.43	6.17
9	0.37	1.73	耐震壁 3/3 撤去、X 方向に加振	2.14	5.96
10	0.37	1.73	ダンパー4箇所設置、X 方向に加振	2.11	6.09
11	0.37	1.73	ダンパー9箇所設置、X 方向に加振	2.16	5.96

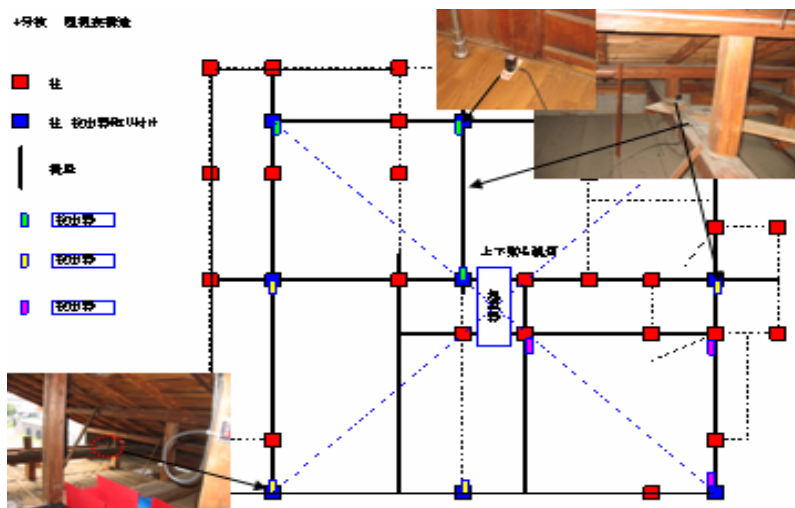


図 4 加振器と検出器の配置状況

加振器は屋根裏に設置し、表 4 に示すような加振方向(X 方向)の耐震壁を徐々に取り除き、家屋の振動特性の変化を計測した。当実験においてはダンパーの設置を行っている。

名古屋市内の実験建屋についても、基本的には静岡と同様な方法で実験を行った。表 5 および表 6 に実験の概要を示した。

表 5 2階建て建屋の実験計画の概要と検出された卓越周期 (Hz)

No.	耐震力 (X)	耐震力 (Y)	実験の概要	卓越周期 (Hz)
1	0.51	0.84	原型のまま X 方向に加振	6.00
2	0.51	0.84	サイディング撤去	5.20
3	0.51	0.84	垂壁撤去	4.98
4	0.51	0.84	腰壁撤去	4.95
5	0.40	0.84	耐震壁 1/3 撤去	4.36
6	0.32	0.84	耐震壁 2/3 撤去	3.78
7	0.25	0.84	耐震壁 3/3 撤去	2.99
8	0.25	0.63	Y 方向の壁一部撤去	2.97

表 6 平屋建て家屋の実験計画の概要と検出された卓越周期 (Hz)

No.	耐震力 (X)	耐震力 (Y)	実験の概要	卓越周期 (Hz)
1	1.23	1.18	原型のまま X 方向に加振	8.20
2	1.23	1.18	垂壁、腰壁撤去	7.30
3	0.73	0.90	耐震壁 1/5 撤去	5.40
4	0.67	0.83	耐震壁 2/5 撤去	5.16
5	0.43	0.83	耐震壁 3/5 撤去	4.72
6	0.36	0.83	耐震壁 4/5 撤去	4.02
7	0.25	0.83	耐震壁 5/5 撤去	3.60

以上より、実験計画をまとめると以下の通りである。

- ① 家屋の加振方向は、原則的に一方向とした。上記の図中に X 方向と記載した方向が加振方向である。
- ② 検出器は、柱の根元に配置した。平屋建て家屋は、1階床面と天井裏に設置した。
- ③ 2階建て家屋の検出器は、1階床面、2階床および天井裏の中心付近
- ④ まず、垂れ壁と腰壁を撤去(原則として加振方向の壁を対象)
- ⑤ 耐震壁を徐々に撤去(原則として加振方向の壁を対象)

d)実験結果と考察

i)静岡市内の建物

屋根裏中央付近に設置された検出器の解析結果を図 5 に示した。また、表 7 に耐震診断値、屋根裏中央部で観測された卓越周期などを示した。

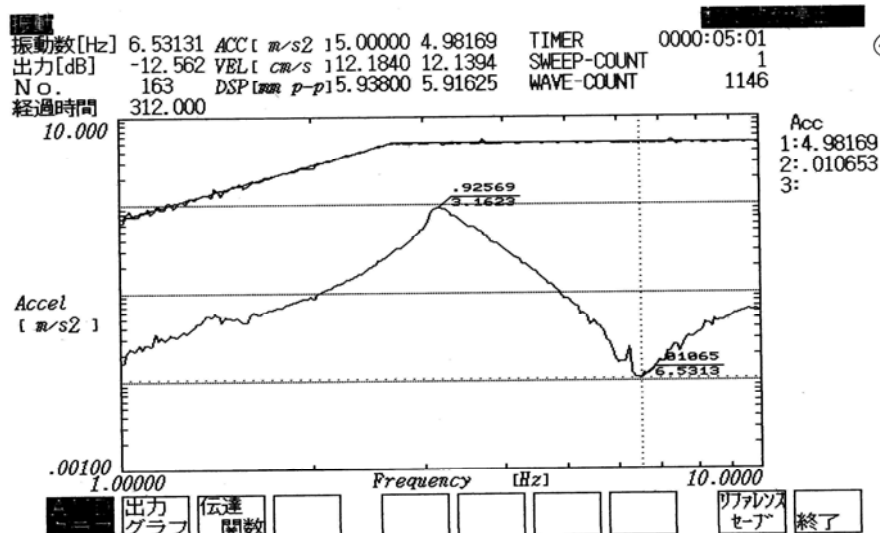


図 5 垂れ壁と腰壁撤去後の振動解析結果(屋根裏中央部)

表 7 耐震診断値、有効壁量と屋根裏中央部付近における卓越周期

実験項目	耐震診断値	有効壁量 X 方向(m)	有効壁量 X 方向(m)	卓越周期 (Hz)	卓越周期 (sec)
原型のまま X 方向に加振	0.81	6.38	13.30	4.03	0.25
原型のまま Y 方向に加振	0.81	6.38	13.30	4.32	0.23
垂腰壁撤去、	0.81	6.38	13.30	3.24	0.31
ダンパー4箇所設置	0.81	6.38	13.30	3.16	0.32
耐震壁 1/3 撤去	0.69	5.29	13.30	2.88	0.35
ダンパー4箇所設置	0.47	5.29	13.30	2.85	0.35
耐震壁 2/3 撤去	0.47	3.65	13.30	2.43	0.41
ダンパー4箇所設置	0.47	3.65	13.30	2.43	0.41
耐震壁 3/3 撤去	0.37	2.86	13.30	2.14	0.47
ダンパー4箇所設置	0.37	2.86	13.30	2.11	0.47
ダンパー9箇所設置	0.37	2.86	13.30	2.16	0.46

また、図 6 に表 7 に示した耐震診断値と卓越周期の関係を示した。なお、図中の点はダンパーの設置が無い場合のみである。表 7 に示したようにダンパーの設置による卓越周期の変動はほとんど見られなかった。これは、強制振動による変形量が微小であったため、ダンパーの効果が顕著に現れなかったものと思われる。

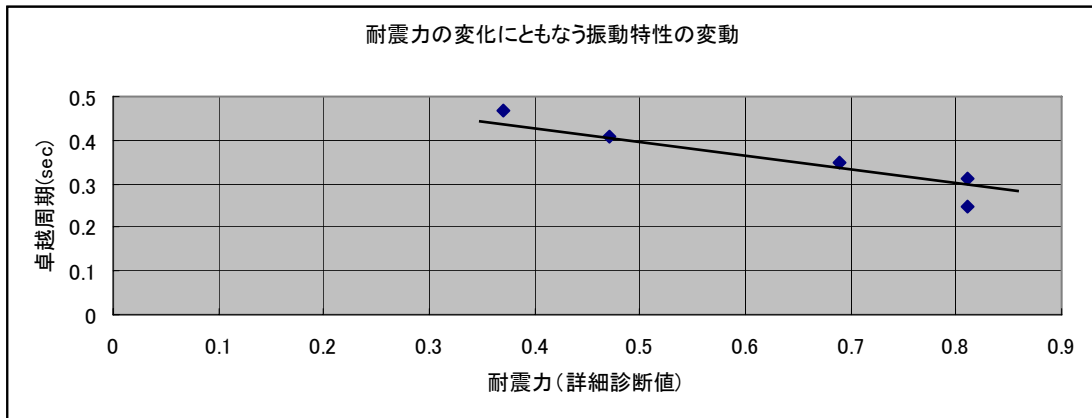


図 6 耐震診断値(詳細診断)と卓越周期の関係

同様に、図 7 に加振方向の有効壁量と卓越周期の関係を示した。

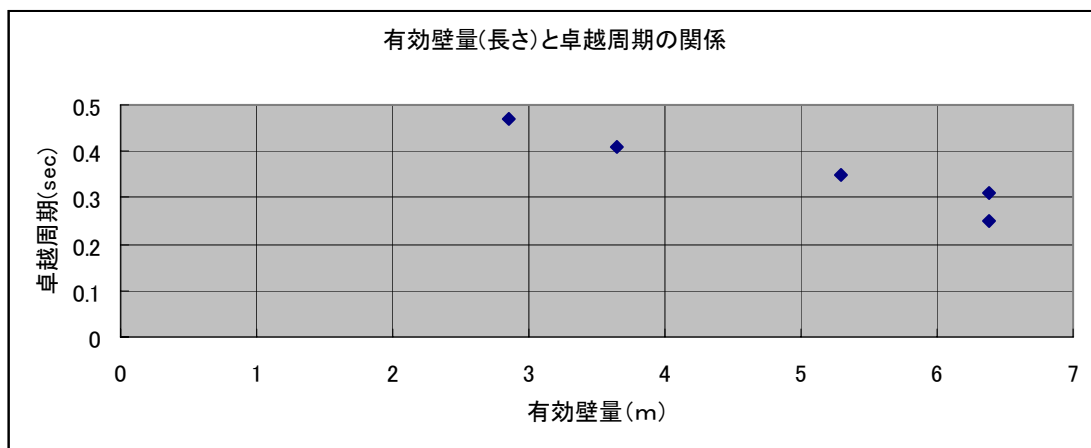


図 7 有効壁量と卓越周期の関係

図 6,7 より垂れ壁、腰壁を撤去した場合、卓越周期が著しく変動しており、これらの雑壁が耐震性能に寄与していることが分かる。そこで、これらの雑壁の影響を定量的に評価するための考察として、図 8 を示した。原型のままの耐震診断値は 0.81、雑壁を取り除いた診断値も 0.81 である(診断値には雑壁は考慮されていない)。しかし、卓越周期は全く異なっている。この卓越周期の変動量を有効に壁量に換算すると、図 8 の右側に示したように約 1.6m となる。この 1.6m は加振方向の有効壁量 6.38m の約 25% に相当している。

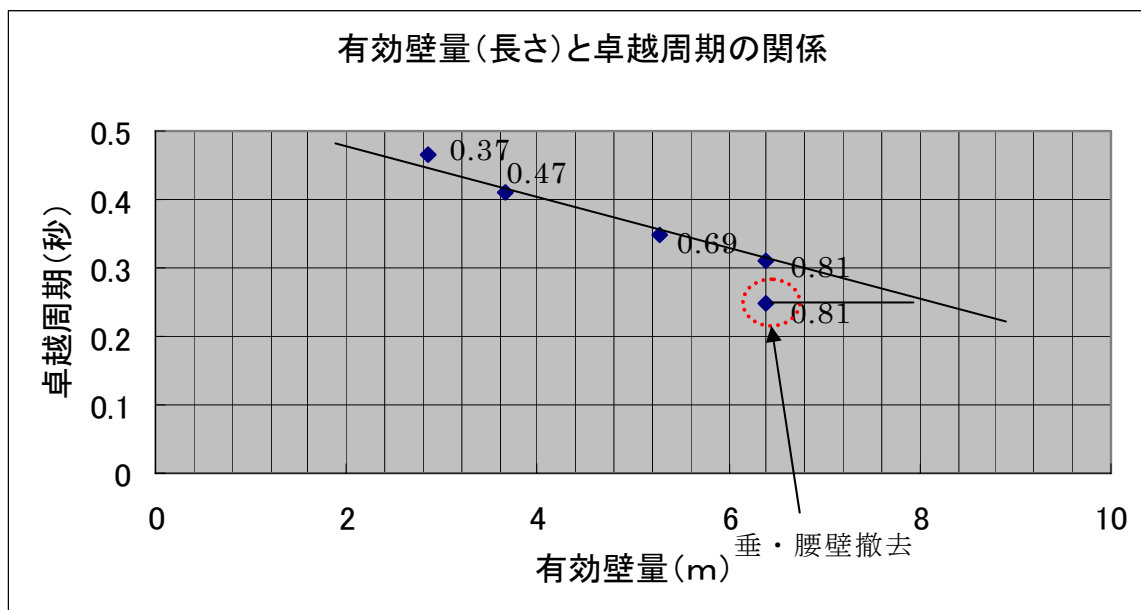


図 8 雑壁撤去に伴う卓越周期の変動

ii)名古屋市内の建物

屋根裏の中央部に設置した検出器の解析結果および耐震診断値、有効壁量などを、2階建て家屋について表8に、平屋建て家屋については表9に示した。

表 8 2階建屋の耐震診断値、有効壁量と屋根裏中央部付近における卓越周期

実験項目	耐震診断値	有効壁量 X方向(m)	有効壁量 X方向(m)	卓越周期 (Hz)	卓越周期 (sec)
原型のまま X 方向に加振	0.51	15.11	24.57	6.00	0.17
サイディング撤去	0.51	15.11	24.57	5.20	0.19
垂れ壁撤去	0.51	15.11	24.57	4.98	0.20
腰壁撤去	0.51	15.11	24.57	4.95	0.20
耐震壁 1/3 撤去	0.40	11.83	24.57	4.36	0.23
耐震壁 2/3 撤去	0.32	9.47	24.57	3.78	0.26
耐震壁 3/3 撤去	0.25	7.28	24.57	2.99	0.34
Y 方向の耐震壁一部撤去	0.25	7.28	18.57	2.97	0.34

また、図9に表8に示した耐震診断値と卓越周期の関係を示した。同様に、図10に加振方向の有効壁量と卓越周期の関係を示した。

図9,10とも耐震診断値や有効壁量の減少に伴って卓越周期が長くなっていく傾向にある。このような傾向は、前述の静岡市の建物の場合と同じである。しかし、雑壁撤去に伴う卓越周期の変動幅は静岡の場合と比較して小さくなっている。

同様に、図11に平屋建て家屋の耐震診断値と卓越周期の関係を、図12に有効壁量と卓越周期の関係を示した。

表 9 平屋建屋の耐震診断値、有効壁量と屋根裏中央部付近における卓越周期

実験項目	耐震診断値	有効壁量 X 方向(m)	有効壁量 X 方向(m)	卓越周期 (Hz)	卓越周期 (sec)
原型のまま	1.23	14.29	14.44	8.20	0.12
耐震壁 1/5 撤去	1.23	14.29	14.44	7.30	0.14
耐震壁 2/5 撤去	0.73	10.50	10.50	5.40	0.19
耐震壁 3/5 撤去	0.67	8.68	9.59	5.16	0.19
耐震壁 3/5 撤去	0.43	7.77	9.59	4.72	.021
耐震壁 4/5 撤去	0.36	5.04	9.59	4.02	0.25
耐震壁 5/5 撤去	0.25	4.13	9.59	3.60	0.28

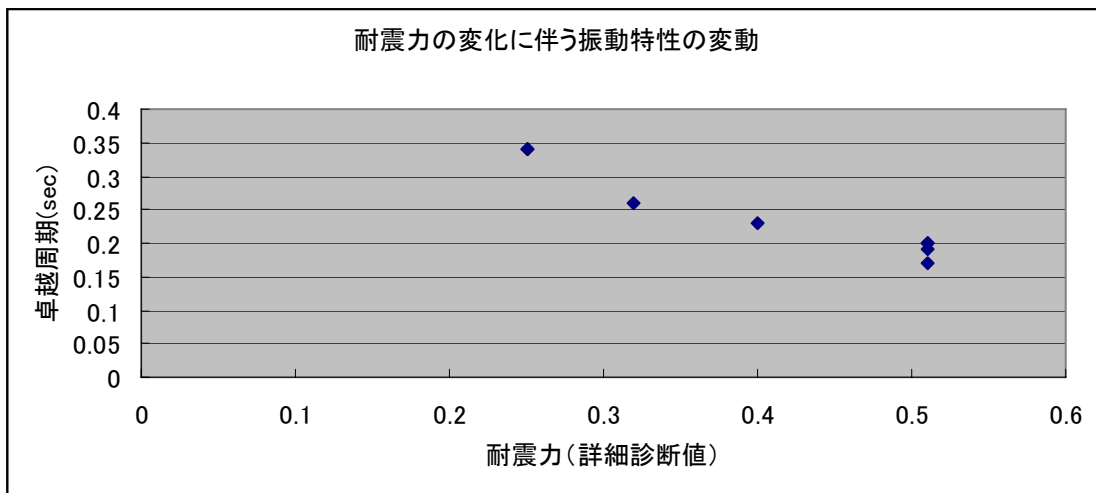


図 9 2階建て家屋の耐震診断値と卓越周期の関係

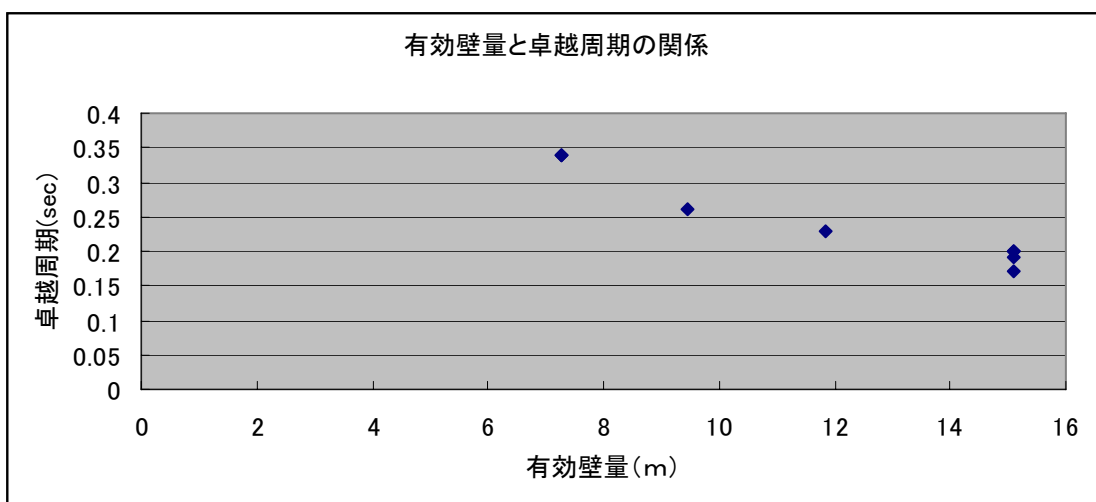


図 10 2階建て家屋の有効壁量と卓越周期の関係

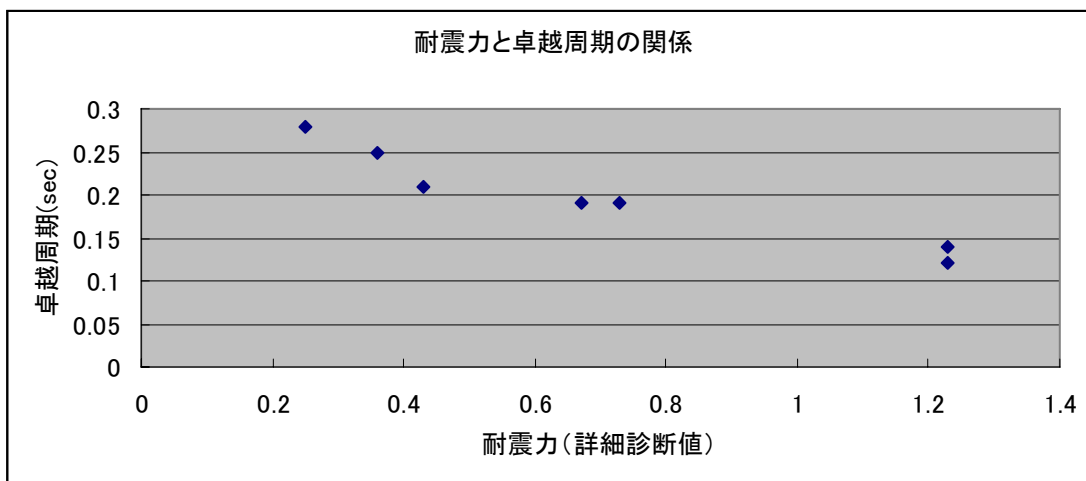


図 11 平屋建て家屋の耐震診断値と卓越周期の関係

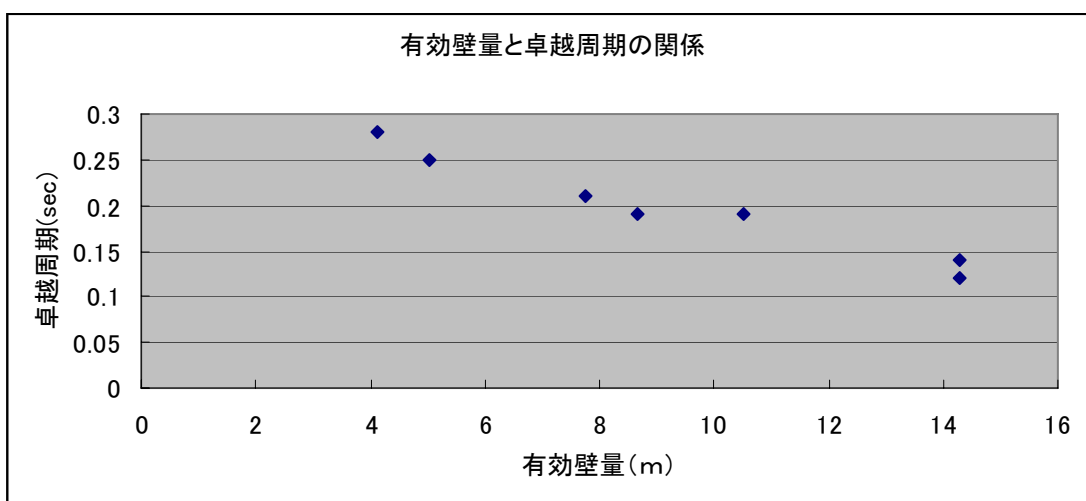


図 12 平屋建て家屋の有効壁量と卓越周期の関係

図 11,12 より雑壁を撤去した場合、卓越周期が少し変動しており、これらの雑壁が耐震性能に寄与していることが分かる。この卓越周期の変動量を有効壁量に換算すると、2階建ての家屋で約 1.0m、平屋建て家屋で約 1.2mとなる。2階建て家屋の 1.0mは加振方向の有効壁量 15.11mの約 7%、平屋建て家屋の 1.2mは約 8%に相当している。

e)まとめ

実物大木造家屋の振動実験を行った結果、以下のことが明らかとなった。

1. サイデングは耐震に効果的か；サイデング撤去に伴う卓越周期の変動はなく、サイデングは耐震材料として効果は望めないと判断できる。
2. 垂壁・腰壁は有効か；極めて有効であることが明らかとなった。定量的には、有効壁量に換算して約 7~25%に相当するものと思われる。
3. 耐震壁の減少にともなう卓越周期の変化；現象に伴う卓越周期の変動は図 6 から 12 に示したように壁の減少とともに周期も長くなっており、家屋の剛性が下がっている。

くことが確認できた。

以上は、振動実験の速報的なまとめである。今後、検出器に記録された振動特性を詳細に分析し、家屋の振動性状の解明を行い、効果的な耐震補強について考究していく予定である。

謝辞

本研究で使用した建物は中部電力株式会社からの提供によるものである。また、静岡市内の建物については、株式会社 AKASHI の協力を、名古屋市内の建物については、佐藤商事株式会社の協力のもとに計測を行った。これらの方々に感謝の意を表します。

2) 建物微動による簡易耐震診断法 —レーザー Doppler 振動計による建物外部からの診断—

a) 研究目的

建物の微動から振動特性を把握し、耐震診断に繋げるための研究である。微動に着目した理由は、i) 非破壊計測であるということ、ii) 実測値に基づくので現状の振動特性が把握できるということ（診断にあたり、推測あるいは仮定を必要としない）、iii) 測定が比較的簡単であるということ、等の微動の持つ際立った有利性を生かそうとの思いからである。その反面、微動から把握できる振動特性の信頼性に少なからぬ疑問を持つ研究者が多いのも事実である。そこでまず、2002～2003年度は微動から振動特性値をどのようにして評価するか、その評価値を耐震性診断値にどのように繋げていくか、ここに焦点を当て研究を進めた。従来、微動は建物固有周期や減衰特性の測定に利用されてきた。また、これを使つての耐震診断利用を試みている研究もある¹⁾。本研究では、さらに、微動の複雑性（カオス性）に着目し、それを数値化し診断ファクターに利用することで、耐震診断の精度向上を試みた。結果として、微動から評価される卓越周期ならびにカオス度（アトラクター次元）を独立変数とする重回帰式を得た。この式で推定される診断値と建設省住宅局監修（1985年）の耐震精密診断値との相関は極めて高く、実用に耐えるものと判断される。微動が弾性範囲の微小歪みレベルにおける挙動であり、地震による大変形レベルとは振動特性が異なるとの批判もあるが、微動で評価される客観的数値（固有周期とカオス度から重回帰される診断値）と耐震精密診断値との良好な相関関係は、微動を利用した耐震診断が実用的であることの、揺るぎのない証である。なお、振動台を用いての微小歪みレベル実験および大変形レベル実験を本プロジェクトチームにより別途行っており、実験的検証も平行して進められている。

2004年7月に耐震精密診断法が大幅改訂された。改訂耐震精密診断法による新診断値との相関を検討する重要な作業が発生したが、これについては次年度の課題とし、今年度は、従来の耐震精密診断法による診断値を使うこととする。

今年度の中心テーマは、計測法の簡便化についての検討である。微動計測は簡便な方法ではあるものの、それでも、地震計を屋内に設置し接続コードを屋内で引き回す必要があるなど、診断対象住家の居住者にとっては抵抗が大きいと思われる。この点に配慮し、屋外から建物微動を計測する可能性を検討した。計測に使用した機器は、レーザー Doppler

一振動計である。

b) 測定住家

今回測定対象としたのは、愛知県名古屋市南区に立つ木造在来軸組工法2階建ての家屋である。この建物は解体に処される予定のため、計画的に構造体を解体し、耐震性能を徐々に低減させその状態を履歴的に測定することが可能である（本報告書「1)木造住宅の耐震性能変化に関する実大実験について」を参照）。建物概要は以下のとおりである。

建築年：1977年

構造：木造在来軸組

階数：2階建て

1階床面積：84m²

耐震診断値：0.51（解体前）→0.25（撤去前、最終値）

解体前耐震診断各評点 A地盤・基礎：0.80（基礎：RC、地盤：やや悪い）

B×C建物の形・壁の配置：1.00

D×E筋交い・壁の割合：0.64

F老朽度：1.00（健全である）

解体前の建物全景を図1に示す。



図1 測定住家全景

c) 測定システム

建物微動を測定するシステムは、通常地震計によるシステムを屋内に設置し、ブリュエル・ケアー社のレーザードップラー振動計を屋外に設置し、両者の記録比較が出来るようにした。測定システムを図2に示す。

なる。そのため、三脚の振動を解析的にキャンセルするために小型の速度換振器（ジオ・スペース社、HS-1、動コイル型、固有周波数 4.5Hz）を三脚に取り付け同時測定した。レーザードップラー振動計の測定風景を図 4 に示す。



図 4 レーザードップラー振動計

建物解体は、NS（南北）方向に抵抗する耐力壁を徐々に取り除いていくスケジュールで行った。従って、レーザードップラー振動計も NS 方向の振動を測定する向きに設置した。

d) 測定性能の検証

建物微動という微小な振動をレーザードップラー振動計で捕捉できるかどうかを、微動の振動レベル（Signal）とレーザードップラー振動計の分解能（Noise）の観点から概算検討を行う。

地盤の常時微動の実効値的変位振幅は約 $\pm 1 \mu\text{m}$ である。木造住家の固有周期を 0.2 秒、地盤に対する 1 階の変位応答を 2 倍、2 階部分はさらに 2 倍応答と仮定すると、地盤の速度振幅は約 $\pm 0.003\text{kine}$ 、1 階の速度応答は約 $\pm 0.006\text{kine}$ 、2 階の速度応答は約 $\pm 0.012\text{kine}$ となる。レーザードップラー振動計は、建物の壁面の動きを測定するので、 $[\pm 0.006 \sim \pm 0.012\text{kine}]$ が最小測定振幅となる。解析に必要な分解能 20db を勘案すると、 $\pm 0.0005\text{kine}$ すなわち、 $\pm 5 \mu\text{m/s}$ の分解能以上が要求される。本研究で利用するレーザードップラー振動計は $\pm 1 \mu\text{m/s}$ の分解能が保証されるので、理論上は条件を満足していると言える。

レコーダを含めた総合特性としての検討を次に行う。

レーザードップラー振動計の速度感度ファクターは、 10V/kine であるので、測定建物の速度応答範囲を $[\pm 0.005 \sim \pm 0.5\text{kine}]$ とすると、解析必要分解能 20db を勘案し、 $[\pm 0.0005 \sim \pm 0.5\text{kine}]$ と仮定する。このときのレーザードップラー振動計の出力電圧は $[\pm 0.05 \sim \pm 5\text{V}]$ となる。今回使用したレコーダ（NEC 三栄社、製品名オムニエース II、型式 RA1300）は、A/D 分解能 16 ビットの固定レンジ方式である。許容最大入力は一アンプを切り替えることにより $\{100\text{mV}_{\text{pk-pk}}(\pm 50\text{mV}) \sim 500\text{V}_{\text{pk-pk}}(\pm 250\text{V})\}$ 間で扱うことが可能である。今回の場合、最大入力を 5V に設定しているため、固定レンジを $10\text{V}_{\text{pk-pk}}(\pm 5\text{V})$ にとると、16 ビット A/D の精度（1/2LSB）は 2 の補数表示で、 $2^{16} - 1 = 65535$ （オムニエースは端数を過剰入力に充てているので、64000）となり、 $\pm 5\text{V}$ 入力の場合、 $\text{LSB} = 10000/64000 = 0.156\text{mV}$ （1/2LSB = 0.078mV ）。上記のレーザードップラー振動計出力電圧値 $[\pm 50\text{mV} \sim 5000\text{mV}]$ と比較すると、S/N 比は 56db 以上を確保していることになるので、分解能的には全く問題ないことが分かる。

以上、レーザードップラー振動計とレコーダを含めた総合感度特性の検討により、本システムで建物微動の測定は可能であるとの結論を得た。

e) 測定波形

地震計で得られた測定波形（NS成分）を図5に示す。これは解体前の測定結果である。同図上段が住家1階、中段が2階、下段が地盤上の記録である。最大値はそれぞれ、地面が約±0.0025kine、1階が約±0.005kine、2階が約±0.01kineであり、分解能検定における想定値にほぼ等しい。レーザードップラー振動計の記録を図6上段に示す。最大値は約±0.007kineであり、短周期成分の卓越が目立つものの波形として十分な精度で記録されているのが分かる。短周期成分の振動源はレーザードップラー振動計を固定している三脚の振動と思われる。三脚はかなり堅牢なものを使用したか、微小振動として拾ってしまうのであろう。解析的にキャンセルするために、換振器を三脚頭部に取り付け、同時測定した（図7）。換振器の出力記録を図6下段に示す。最大値はほぼ、±0.002kineである。

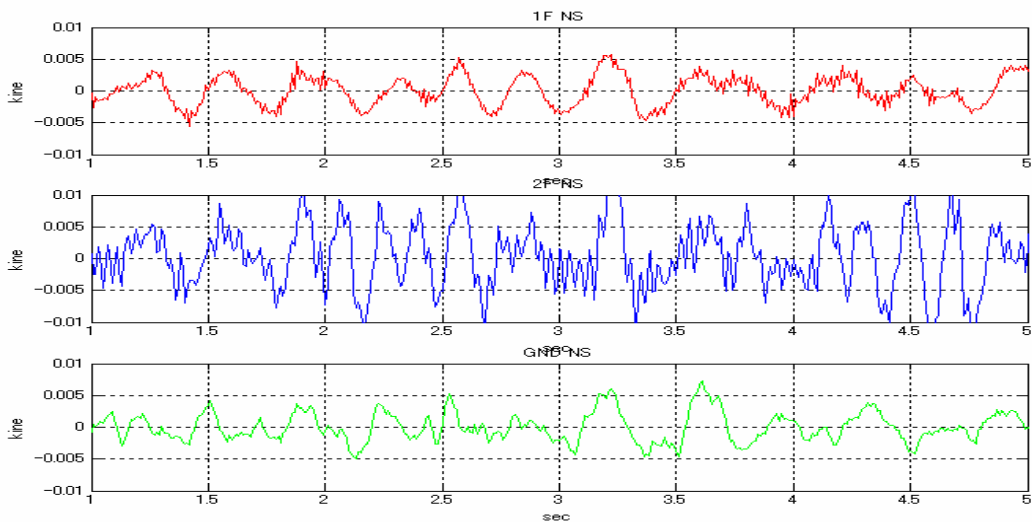


図5 地震計で得られた速度波形（上段：住家1階、中段：住家2階、下段：地面）

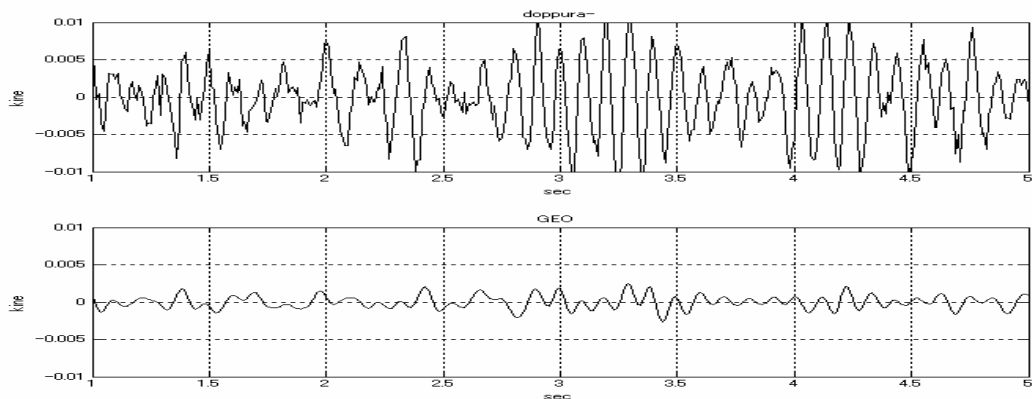


図6 レーザードップラー振動計で得られた速度波形（上段）と三脚に固定した換振器で得られた速度波形（下段）



図7 レーザードップラー振動計と三脚頭部に取り付けた速度換振器

f) スペクトル解析

得られた記録全区間（5分間）の波形のフーリエスペクトルを図8に示す。種々のノイズが含まれているので、0.1～1秒の区間について着目する。これらは解体前の記録であるが、波形からも類推できるように、地面の動きと建物1階の動きは非常によく似ており、スペクトル形状も極めて類似している。地面（フリーフィールド）における測定は、建物から10mほど離して地震計を設置して行ってはいるが、この所有地は広範囲にわたり1m以上の高さまで盛土されており、その影響が大きいのもかもしれない。2階の記録には0.19秒にスペクトルのピークが読み取れ、これがこの建物の1次固有周期と思われる。平面図から推定される耐震精密診断値はNS方向は0.51と極めて危険な建物として判定されているが、固有周期は短く、かなり剛性の高い建物のように思われる。

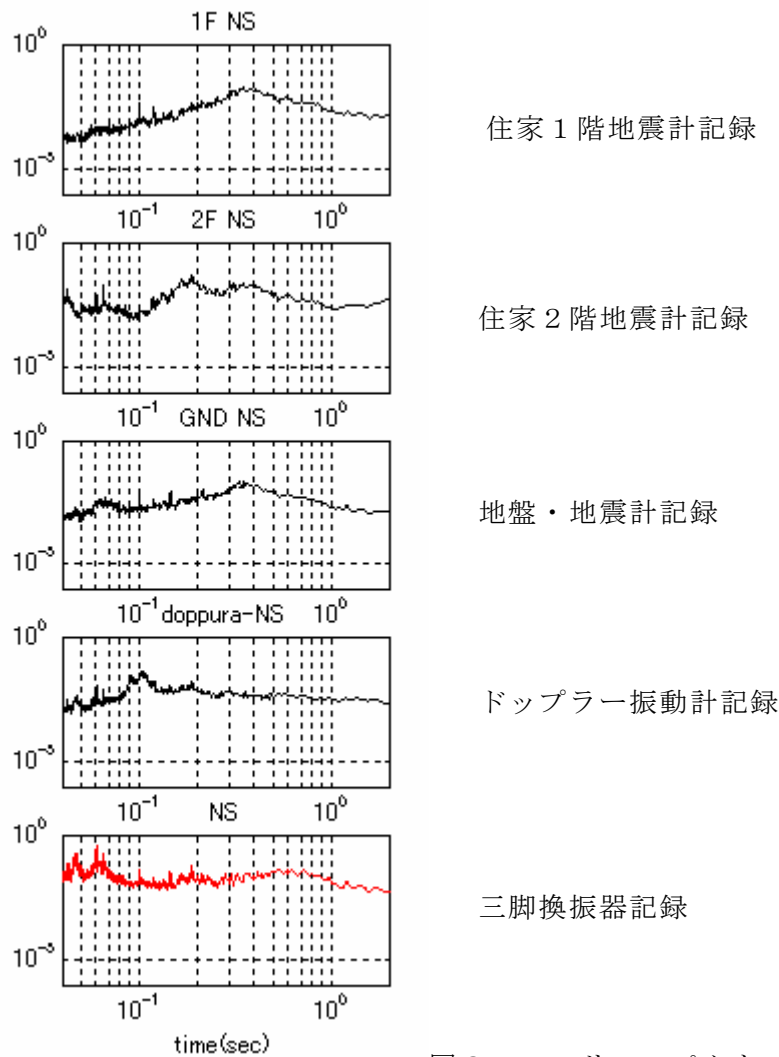


図8 フーリエスペクトル

レーザードップラー振動計とジオ・スペース換振器のスペクトルを拡大し、図9に示す。レーザードップラー振動計のスペクトルは、0.1秒と0.2秒の付近にピークが認められる。0.1秒は三脚の影響と思われる。一方、三脚に固定したジオ・スペースの記録には0.1秒付近と0.3秒付近にピークが認められる。両者に共通する0.1秒付近のピークは三脚の特

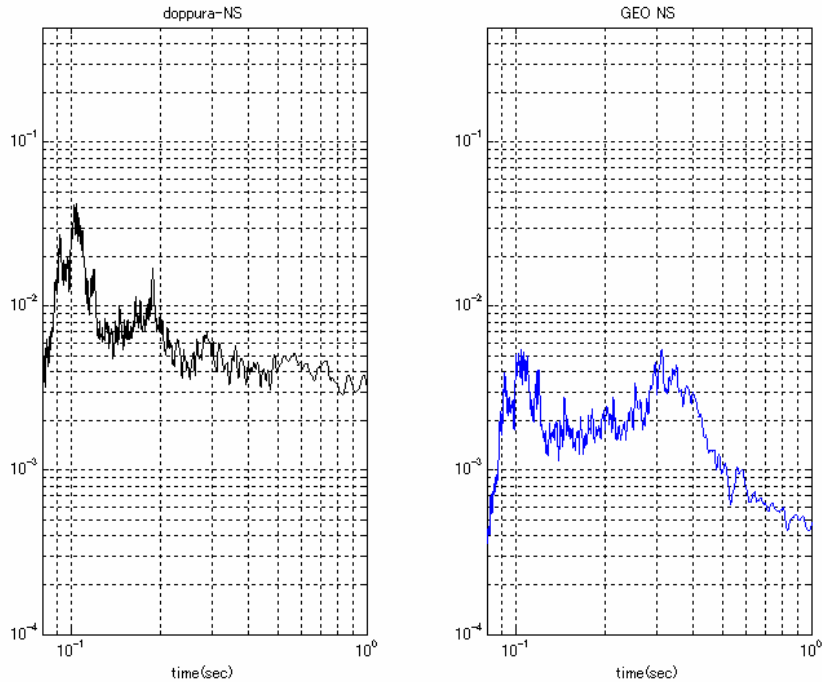


図9 レーザードップラー振動計のスペクトル（左）と三脚に固定した換振器のスペクトル（右）

性と推察され、ジオ・スペースに顕著に見られる 0.3 秒は地盤の卓越周期と思われる。よって、以下のようなスペクトル処理を行い、2階で得られた地震計記録と比較を行った。

$$D(\omega) = G(\omega) \times T(\omega) \times B(\omega)$$

$$H(\omega) = G(\omega) \times T(\omega)$$

$$L_{2F}(\omega) = G(\omega) \times B(\omega)$$

ここに、 $D(\omega)$ 、 $H(\omega)$ 、 $L_{2F}(\omega)$ はそれぞれ、レーザードップラー振動計とジオ・スペース換振器の記録、レナーツ地震計（2階設置）の記録を意味し、 $G(\omega)$ 、 $T(\omega)$ 、 $B(\omega)$ はそれぞれ、地盤・三脚・建物の周波数特性を意味する。今、レーザードップラー振動計の記録（速度記録）と2階設置のレナーツ地震計（速度記録）を比較するため、レーザードップラー振動計記録 $D(\omega)$ から三脚の特性 $T(\omega)$ をキャンセルする。そのために、ジオスペース（速度記録）を地盤速度記録 $G(\omega)$ で除して三脚のスペクトル $T(\omega)$ を求め、それで、レーザードップラー振動計の記録 $D(\omega)$ を除する。

$$\tilde{D}(\omega) = D(\omega) / H(\omega) / L_{GND}(\omega) = G(\omega) \times B(\omega) \Rightarrow L_{2F}(\omega)$$

$H(\omega)/L_{GND}(\omega)$ は、三脚の応答であり、結果を図10に示す。0.09~0.12秒にピークが際立つ単峰形状として三脚のみの特性 $T(\omega)$ が抽出できた。このスペクトルで、レーザードップラー振動計のスペクトル $D(\omega)$ を除すると、2階設置のレナーツ地震計 $L_{2F}(\omega)$ 相当が

得られる。図 1 1 に両者の比較を示す。住家の固有周期と思われる 0.19 秒の卓越が一致する。しかし、レーザードップラー振動計のスペクトル処理の結果、それ以外のノイズが強調されているのも事実である。ノイズと思われるレベルを図示してあるが、スペクトルから解析を含めたレーザードップラー振動計記録の SN 比を概算してみると、12db 程度である。卓越周期を捕捉するには問題ないが、この程度の SN 比で波形処理に耐え得るかどうかの検討は、今後の課題とする。

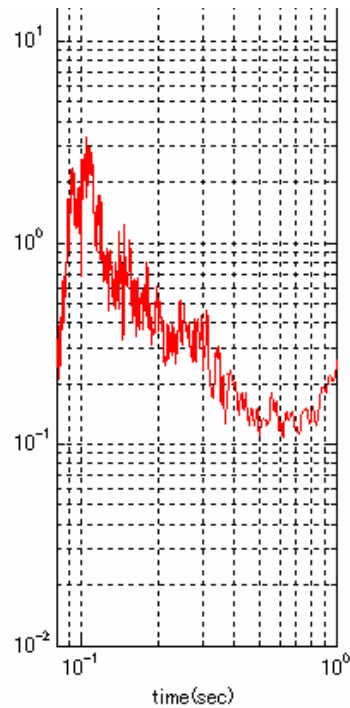


図 1 0 三脚固定の換振器のスペクトル処理により求めた三脚の特性 $T(\omega)$

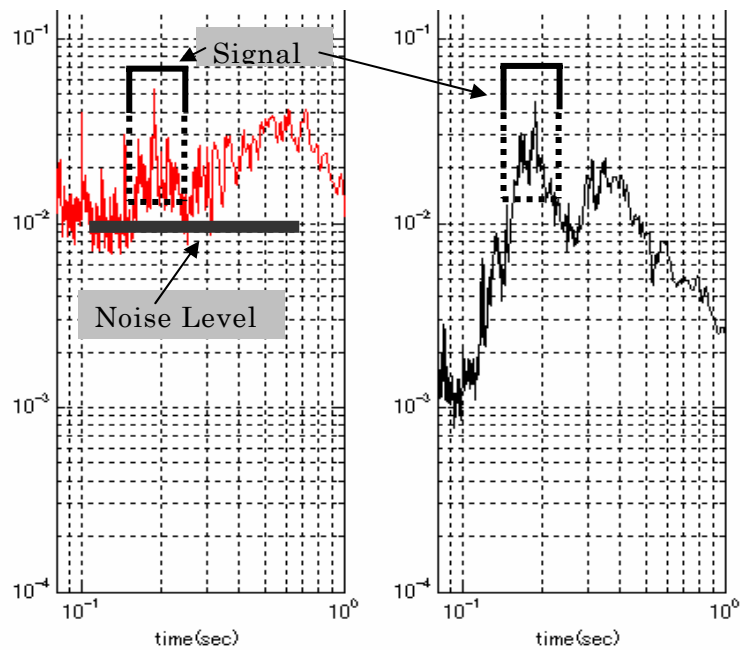


図 1 1 レーザードップラー振動計のスペクトル処理により求めた住家 2 階のスペクトル (左) と住家 2 階設置の地震計のスペクトル (右)

同様の解析を、解体作業に合わせて測定した記録から行った。図 1 2 に両者のスペクトル記録を示す。スペクトル形状は両者酷似しており、また解体が進むにつれて建物の固有周期が長周期側に延びているのが追跡できる。よって、レーザードップラー振動計を使うことにより屋外からの建物微動計測が可能となる手応えを得たと言えよう。

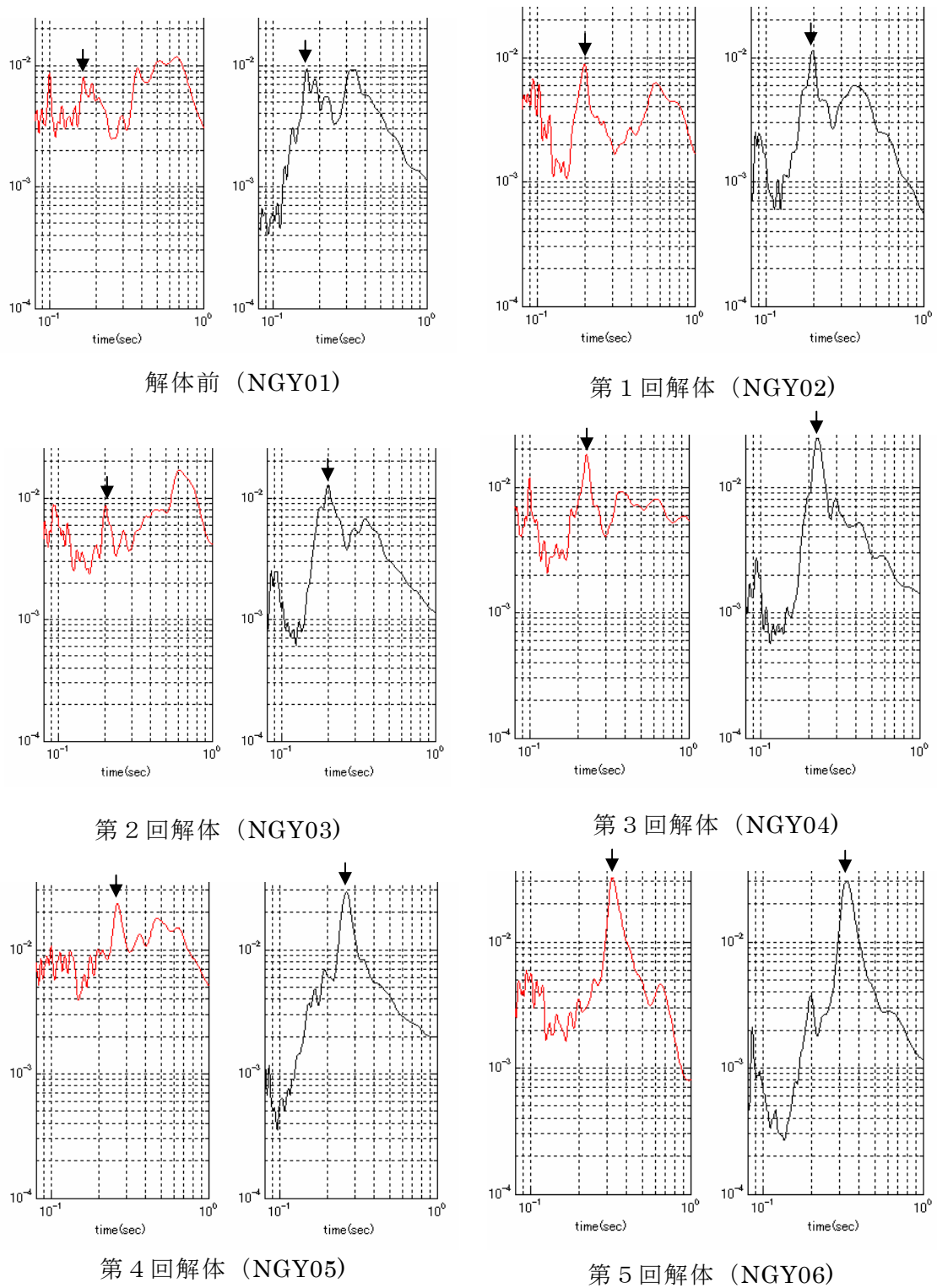


図 1 2 解体に伴う固有周期の変化（レーザードップラー振動計（左）、2階設置地震計（右））

g) 解体に伴う耐震診断値の変化

解体スケジュールを表 1 に示す。建物微動からこの耐震診断値の変化を評価できるかどうかを次に検討する。耐震壁を次々に撤去していくという荒技的非耐震化作業であり、診断値の変化も大きい。最終的にかなり剛性に乏しい脆弱住家となった。既に前節でみてきたとおり、固有周期の変化は大きく、微動によりその状態は評価が可能である。本研究では、固有周期に加え、その診断性能を上げるために微動の複雑性（カオス度）を算定し、診断に加味することの有効性を検討している。ここでは、前年度までに得られている評価式を用い、診断を行った。

表 1 解体スケジュール

No.	耐震精密診断値 (NS 方向)	耐震精密診断値 (EW 方向)	実験の概要
NGY01	0.51	0.84	原型のまま NS 方向に加振
NGY02	0.51	0.84	垂壁撤去
NGY03	0.51	0.84	腰壁撤去
NGY04	0.40	0.84	耐震壁 1/3 撤去
NGY05	0.32	0.84	耐震壁 2/3 撤去
NGY06	0.25	0.84	耐震壁 3/3 撤去
NGY07	0.25	0.63	EW 方向の壁一部撤去

固有周期の変化を図 1 3 に示す。カオス度の変化を図 1 4 に示す。説明変数として、固有周期 X_1 、カオス度 X_2 、 X 方向と Y 方向のカオス度の差 X_3 を用い、回帰した結果を、耐震精密診断値と比較し図 1 5 に示す。回帰式は以下のとおりである。

$$y = -2.80782x_1 - 0.09287x_2 - 0.05685x_3 + 2.59043$$

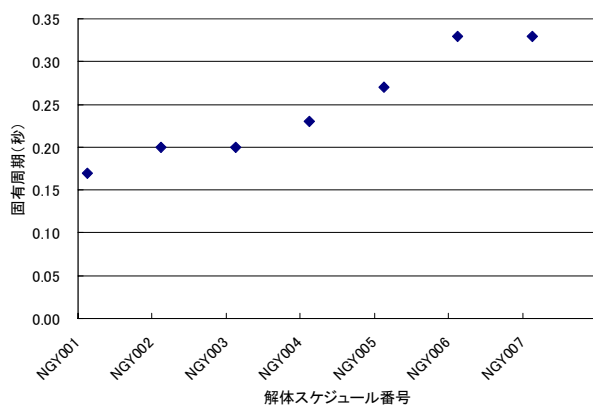


図 1 3 解体に伴う固有周期の変化

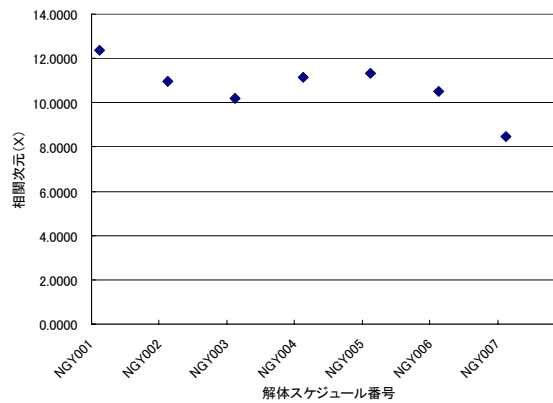


図 1 4 解体に伴うカオス度の変化

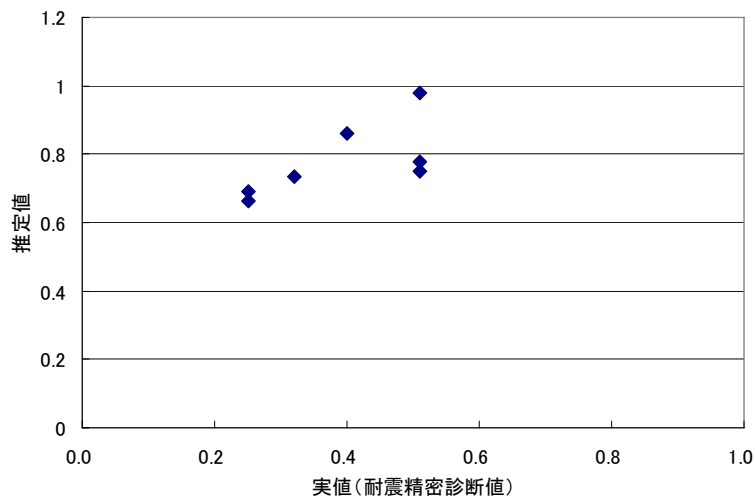


図 1.5 耐震精密診断値（実値）と微動からの推定値の比較

診断値の低減傾向を極めてよく追随しているのが分かる。しかし、診断値の絶対値は微動から推定した方がやや大きめ（耐震的）に出ている。解体作業に立ち会った多くの建築専門家の意見でも、建物に使われている建材の腐朽度やサイズから判断し、耐震精密診断値で評価された値よりも耐震的であろうとのことであった。固有周期が 0.2 秒以下であることから判断しても、0.51 という診断値は少し小さすぎるような印象を受ける。この問題は、2004 年 7 月に大幅改訂された耐震精密診断法に関わる問題である。改訂法に従い評価式を見直す必要があるだろう。絶対値の問題は取り敢えずここでは深く立ち入らないこととし、診断値が大きく低減する傾向を把握できたことを強調しておく。

h) 屋外計測のメリット

建物微動による耐震診断は、これのみでも、従来の耐震精密診断法に比較しかなり簡便なため、時間的にも経費的にも負担が小さくて済む。しかし、屋内に地震計を設置する必要性があることから、住人の抵抗は大きいと思われる。また、計器設置に要する時間もトータルの診断時間を引き延ばす結果となる。今回提案の屋外のみでの計測では、多くの点で時間短縮が可能となる（図 1.6 参照）。まず、計器設置点の選定及び設置が極めて短時間で済む。基本作業として玄関に三脚を固定するだけである。地震計測の場合、家屋内の重心位置を探し、ケーブルを引き回すのに 20 分程度を要するが、レーザードップラー振動計では 5 分を要しない。計測・処理に要する時間は共に 5 分程度であるが、撤収作業も含めると、地震計による場合は、開始から終了まで 30～40 分を要したのに対し、レーザードップラー振動計の場合、10～15 分で完了した。

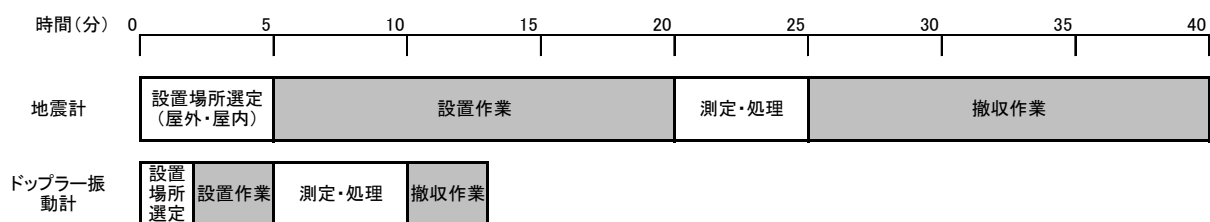


図 1.6 測定に要する時間

3) 微動実測による既存木造住宅の耐震診断法確立のための実験的研究

—大型震動台による箱形実大木造試験体の加震実験—

a) 要約

前年度に引き続き、構法・耐力壁の配置の異なる実大箱型試験体の正弦波・White Noise・実地震波による加震実験を実施し、既存住宅の応答特性を適正に評価するための換振器の配置法や被災前後の振動応答特性と被災程度との関係等を示すためのデータを蓄積し、様々な周期成分を含むランダム波に対しては、常に低剛性側の応答加速度が大きくなることは限らないこと等を示すと共に、建物重心位置で計測した固有周期から建物の水平耐力(水平剛性)を推定する方法についての問題点と補足法等を検討した。

b) 目的

既存木造住宅の耐震性能評価法は、調査時における居住者の日常生活への負担と経済的な負担を極力軽減できるような微破壊法あるいは非破壊法であることが望ましい。簡便であることと廉価であることが耐震診断の普及につながり、良質で安全な社会資産の形成に寄与する。ここでは、非破壊法の一つである微動実測を活用した耐震診断法の精度向上へ寄与することを目的とした実験的研究を行い、諸データの蓄積を図った。

c) 研究方法

前年度の実験方法を模倣し、試験体の構法と壁配置パターンのバリエーションを増やしての加震実験を実施した。試験体の概要を表1に掲げる。試験体は全て一層で、構成材料は全て道産材である。各構造部材の概要を付図15と付図2に示す。本実験ではH型鋼を積載荷重に見立てて使用した。積載荷重は2226N/m²となっている。載荷状況は写真1に示す通りである。

換振器の設置状況の一例を写真2に示す。本実験では、サーボ型加速度計(共和電業製)とひずみ変換型加速度計(共和電業製、東京測器製)の2種類を使用した。換振器の設置箇所は、試験体の振動伝達特性を評価できるように複数点での同時計測を行うことを前提に配置した。サーボ型加速度計の設置パターンを図1に、ひずみ変換型加速度計の設置箇所を図2に示す。ひずみ変換型加速度計は、図2に示す試験体4箇所にそれぞれ粘着テープにて固定した。サーボ型加速度計を利用しての実測に当たっては、試験体の2箇所の応答加速度を同時測定することとし、図1に示す3通りの換振器の配置パターンを設定し、それぞれについて低レベル加速度入力時の実測を行った。なお、当該機器は高感度であることから、実地震波による加震時には試験体上から撤去した。また、実地震波の加速度を縮小した低レベル加速度加震時には「配置パターン3」のみでの実測を行っている。いずれの換振器も、一設置箇所において直交する3方向の加速度を同時に検出できるように配置した。加震と計測の基本フローを図3に示す。調和加振は南北方向への一方向加振とし、White Noise及び実地震波のランダム加震においては、南北方向と上下方向の二方向同時加震とした。上下加震目標加速度は、実地震波においては神戸海洋気象台の上下動実測加速度を用い、White Noise加震においては水平方向加速度を二分の一に縮小した加速度波形を入力した。

なお、当実験は、北海道立林産試験場研究職員 戸田正彦氏・大橋義徳氏・野田康信氏らの献身的な協力を得て実施することができたものである。

d) 実験結果

ここでは、実地震波100%入力時の試験体の時刻歴応答加速度とその時の周波数応答特性を図4～13に、実地震波100%入力前後の正弦波入力時の時刻歴応答加速度とその時の周波数応答特性を図14～21に、実地震波100%入力前後の実地震波10%入力時の時刻歴応答加速度とその時の周波数応答特性を図22～25に示す。

i) 耐力壁配置の偏りを考慮した各種耐震診断の可能性

1.1 耐力壁の偏りによる振れ振動

耐力壁配置の偏り（偏心）は建物に振れ振動を起し、剛性の低い側に応力を集中させるため、耐震診断項目の一つとなっているが、これに対する評価方法には次のようなものが考えられる。

1.1.1 耐力壁配置図に基づく診断

耐力壁配置図を基に偏心率の計算を行い、ねじれ補正係数や F_e による補正を行う。現在最も一般的に行われている方法で建物の図面または現況調査から判断できる利点があるが、耐力壁仕様が不明だと精度信頼性が低くなるという難点がある。

1.1.2 実振動波形に基づく診断

常時微動や強制加振に対する建物の固有周期や応答波形特性の計測値に基づいて、診断を行う。最も一般的なのは、建物重心位置で計測した固有周期から建物の水平耐力（水平剛性）を推定する方法であるが、補足法として次のようなものが考えられる。

(1) 建物の平面的位置による応答の違いを、次のような方法で考慮する。(a) 加速度センサーを建物床面の対角コーナー上と重心位置に設置し、応答加速度（応答倍率）の比から一種のねじれ補正を行う。(b) 対角コーナーのセンサーのうち、応答加速度の大きい側、固有周期の長い側の計測値を採用して判断する。(c) 平面図から低剛性側の外壁線を予測し、その位置に設置した加速度センサーの計測値から判断する。

(2) 建物重心位置における応答波形特性を、次のような方法で考慮する。(a) 応答加速度の時系列データから相図を描き、その視覚的特性に注目して区分を行う。(b) 相関次元等のフラクタル次元解析を行い、その結果で補正を行う。これらの方法は、応答の複雑さに注目したもので、偏心以外の要素も総括的に評価することになる。

1.2 耐力壁の偏りによるその他のマイナス効果

耐力壁配置の偏りは上記のねじれ振動の要因となることが最も重要であるが、次のようなマイナス効果も与える可能性がある。耐力壁配置に偏りがあると、各耐力壁線の固有周期に幅が生じ、耐力壁線の一部が入力波の周期成分に近い周期を持つ確率が高くなる。耐力壁線の一部が、個々に入力波の成分に敏感に応答して損傷を生じると、応力再分配を繰り返しながら、倒壊に至る危険性が相対的に高くなる。

これに対する評価方法には次のようなものが考えられよう。

1.2.1 耐力壁配置図に基づくねじれ補正係数の計算

これは現在もっとも一般的な方法であるが、上記の点を考慮し、ねじれ補正係数をやや厳しく評価するという方法がある。

1.2.2 実振動波形に基づく評価

建物の平面的位置による応答の違いに注目し、対角コーナーの応答の差を考慮する方法や、建物重心位置における応答波形から相図、フラクタル次元を求め、それを考慮する方

法などが考えられよう。

1.3 耐力壁配置の偏りと入力波に対する応答

建物（各耐力壁線）の固有周期から外れた sin 波入力に対しては、プロトタイプのねじれ振動を生じることが確認されている。しかし、様々な周期成分を含む White noise のようなランダム波に対しては、常に低剛性側（開口側）の応答加速度が大きくなるとは限らない。各耐力壁線上部の応答は入力波に応じて変化し、低剛性側の応答が大きくなる場合だけではなく、高剛性側の応答が大きくなり場合もある。このような応答の複雑さは、上記 1.2 のようなマイナス効果を生む可能性があるが、一方では、内部エネルギー損失とも連動するので、建物の一部に損傷が生じて、応力再分配を繰り返しながら倒壊を免れる可能性も否定できない。

ii) 実振動波形観察による検討

今年度の実験の遂行と平行して、前年度に実施した在来軸組構法の箱型試験体 TypeⅢにおける壁配置パターン A（大加振前のみ）、パターン B（大加振前後）の振動波形特性について比較検討を行った（データは前年度報告書参照）。ここでは、全面閉鎖側、開口側（パターン A は全面開口：偏心率 1.0、パターン B は開口率 1/2：偏心率 0.267 (≤ 0.3)、床面は剛床仕様）および両者の中央位置床面に設置された加速度センサーについて比較を行った。

2.1 sin 波入力に対する応答

1Hz、79gal の sin 波が入力されたときの、偏心率 0.267 (\leq 木造における制限 0.3) の試験体における開口側、中央、閉鎖側の床面における応答加速度の加震開始後の時系列データと、偏心率 1.0 の試験体における同様のデータについて考察する。この箱型モデルの加振方向固有周期はほぼ 4Hz 程度であるが、この sin 波入力に対し、偏心率 0.267 の試験体はどの位置もほぼ同様に応答している。偏心率 1.0 の試験体も応答周期はどの位置もほぼ同様であるが、最大応答加速度の比を比較すると、開口側(1.08)、中央(1.00)、閉鎖側(0.88)の順となっている。また各位置の 1 次固有周期はほぼ同じである。以上の結果から、偏心率が大きくなるとプロトタイプのねじれ振動が明らかになることが確認できる。この結果から、建物の固有周期とずれた sin 波入力のような単純な入力波に対しては、対角コーナー 2ヶ所、出来ればそれに中央位置を加えた 3ヶ所の計測データがあれば、1.1.2 (1) に述べたようなねじれを考慮した補足診断がある程度可能ではないかと考えられる。

2.2 衝撃波入力（自由減衰）に対する応答

低レベルの衝撃波入力後自由減衰した時、偏心率 0.267 の試験体と偏心率 1.0 の試験体における各位置の応答加速度データにおいて、sin 波が加えられる場合と異なり、最大応答加速度は開口側だけではなく、閉鎖側も中央位置より大きくなっている。ただし、この最大応答値は時系列データを通しての最大値で、計測位置により、発生時点は異なっている。この場合は、自由減衰していることから、建物各部の応答特性が sin 波入力よりも顕著に現れており、偏心率 0.3 以下の仕様でも明らかな差が認められる。また、各位置の応答周期にずれが見られ、2 つの耐力壁線がそれぞれの応答特性を反映しながら、相互に干渉しあっているように見える。両側の閉鎖側の最大応答加速度が中央位置より大きいことがどのようなねじれ挙動を示しているのかについては、今後の詳細な検討が必要であるが、

この方法は工夫次第では、人力加振による計測も可能であり、簡便で有効な診断方法となる可能性が考えられる。偏心率 0.267 試験体の最大応答加速度比：開口側 1.35、中央 1.00、閉鎖側 1.08

偏心率 1.000 試験体の最大応答加速度比：開口側 1.52、中央 1.00、閉鎖側 1.17

2.3 ランダム波入力に対する応答

White noise が入力された時及び偏心率 0.267 の試験体と偏心率 1.0 の試験体における各位置の応答加速度データにおいては、各位置で生じている大きな応答が時系列的にずれており、複雑な応答性状となっている。特に偏心率 1.0 の試験体では、開口側と閉鎖側の最大応答加速度比の差が少なく、捩れ振動と応答加速度の関係が捕らえにくい。この現象は、偏心率 1.0 の試験体についての Fig. 4 のステップ掃引入力の結果を見ると理解できる。Fig. 4 からは、同じ 1 体の試験体でも、位置により固有周期が異なり、各位置がそれぞれの固有周期に応じて個々に応答しようとする傾向が認められる。ランダム波が入力されると、建物が全体として一体化されながらも、このように各部が個別に応答するという挙動が生じるようである。実際の地震波に対する応答は、おそらくこの結果に近いものと思われるが、これを耐震診断上どのように判断すべきか、すなわち、これを 1.2 で述べたようなマイナス効果と評価するか、それとも 1.3 で述べたような倒壊を引き伸ばす効果もあり得ると評価するかは、今後の検討を必要としよう。

偏心率 0.267 試験体の最大応答加速度比：開口側 1.38、中央 1.00、閉鎖側 0.90

偏心率 1.000 試験体の最大応答加速度比：開口側 1.14、中央 1.00、閉鎖側 1.08

e) 研究成果

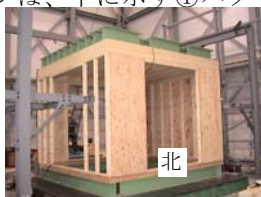
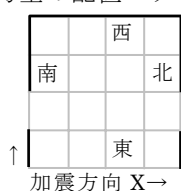
前年度に実施した実験データと整合性のとれる加震実験を行い、地震時の木造住宅の動的挙動を評価するためのデータを蓄積した。また、昨年度実施した実験結果の考察により、正弦波・White noise・実地震波が実大箱型試験体に入力されたときの応答特性の違い等を明らかにした。これら実験結果全体の解析的な検討と体系化は次年度へ引き継がれる。

表 1 実大箱型試験体の種類と仕様の概要

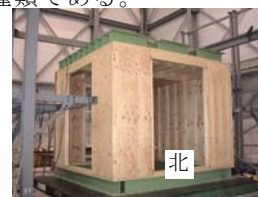
試験体名	構法	耐力壁	床組 ^{※1}	実地震波入力時 ^{※3} の耐力壁の配置
Type I	在 来	公庫仕様:面材壁	公庫仕様剛床	壁配置パターンB
Type II	在 来	公庫仕様:筋交壁	公庫仕様剛床	壁配置パターンB
Type III ^{※2}	在 来	公庫仕様:筋交壁	I ビーム床 ^{※2}	壁配置パターンB
Type IV	ツーバイフォー	公庫仕様		壁配置パターンA
Type V	ツーバイフォー	公庫仕様		壁配置パターンB

【備考】

- ※0：平成15年度実施。
- ※1：一階の床組は無い。
- ※2：静的実験結果は公庫仕様剛床組と同等の耐力を有していた。
- ※3：耐力壁の配置パターンは、下に示す①パターンAと②パターンBの二種類である。



①壁配置パターンA：平面



②壁配置パターンB：平面

- ※3：兵庫県南部地震時に神戸海洋気象台において記録された南北方向及び上下方向加速度による二方向同時加震。
- ※4：試験体の構成材料は次の通りである。

【柱・土台】

道産トドマツ構造用集成材（幅105mm，梁せい240mm，同一等級構成，水性高分子・イツアネット系接着剤）

【床梁】

道産トドマツ構造用集成材（幅105mm，梁せい240mm，異等級対称，水性高分子・イツアネット系接着剤）

【根太・筋交・間柱】

道産トドマツ製材

【合板受け材】

道産トドマツ204スタッド（JAS甲種SPF2級）

【床根太用 I 形梁】

道産 I 形梁（梁幅63mm，梁せい235mm）

【壁面材】

道産カラマツ構造用合板（特類2級，3ply構成9mm厚，910×2730mm）

【床面材】

道産カラマツ構造用合板（特類2級，4ply構成12mm厚，910×1820mm）

- ※5：試験体製造に用いた道産トドマツ製材の材質は次の通りである。

【集成材ラミナ用製材】

測定数：842枚，平均比重=0.39，動的ヤング係数の平均値=10.9GPa，CV=15.2%，含水率=9.0%（抜き取り20枚の平均値）

【根太・筋交用製材】

測定数：103枚，平均比重=0.45，動的ヤング係数の平均値=12.1GPa，CV=13.7%，含水率=13.6%（抜き取り24枚の平均値）

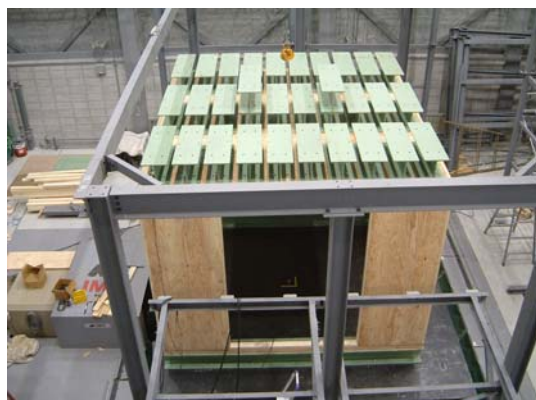


写真 1 積載状況



サーボ型：非固定
ひずみ変換型：固定

写真 2 換振器の設置例

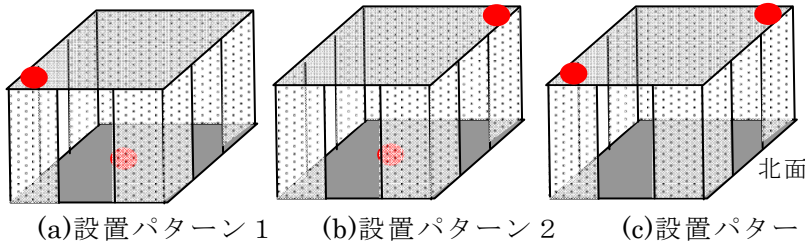


図1 3方向サーボ型加速度計の設置パターン

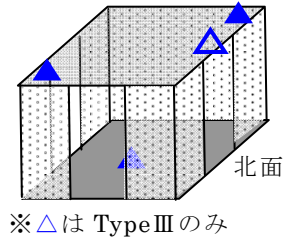


図2 方向ひずみ変換型加速度計の設置箇所
※△は TypeⅢのみ

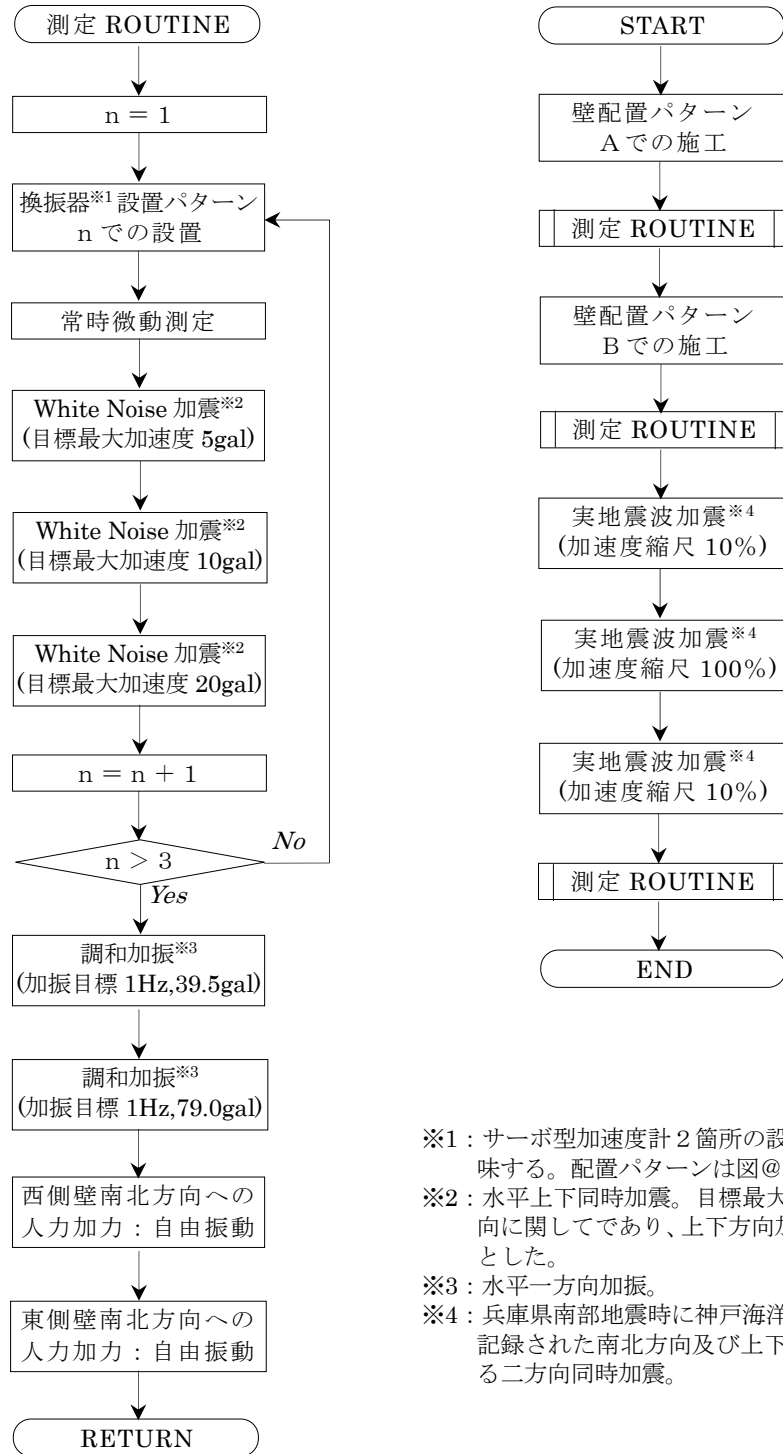


図3 加震と計測の基本フロー

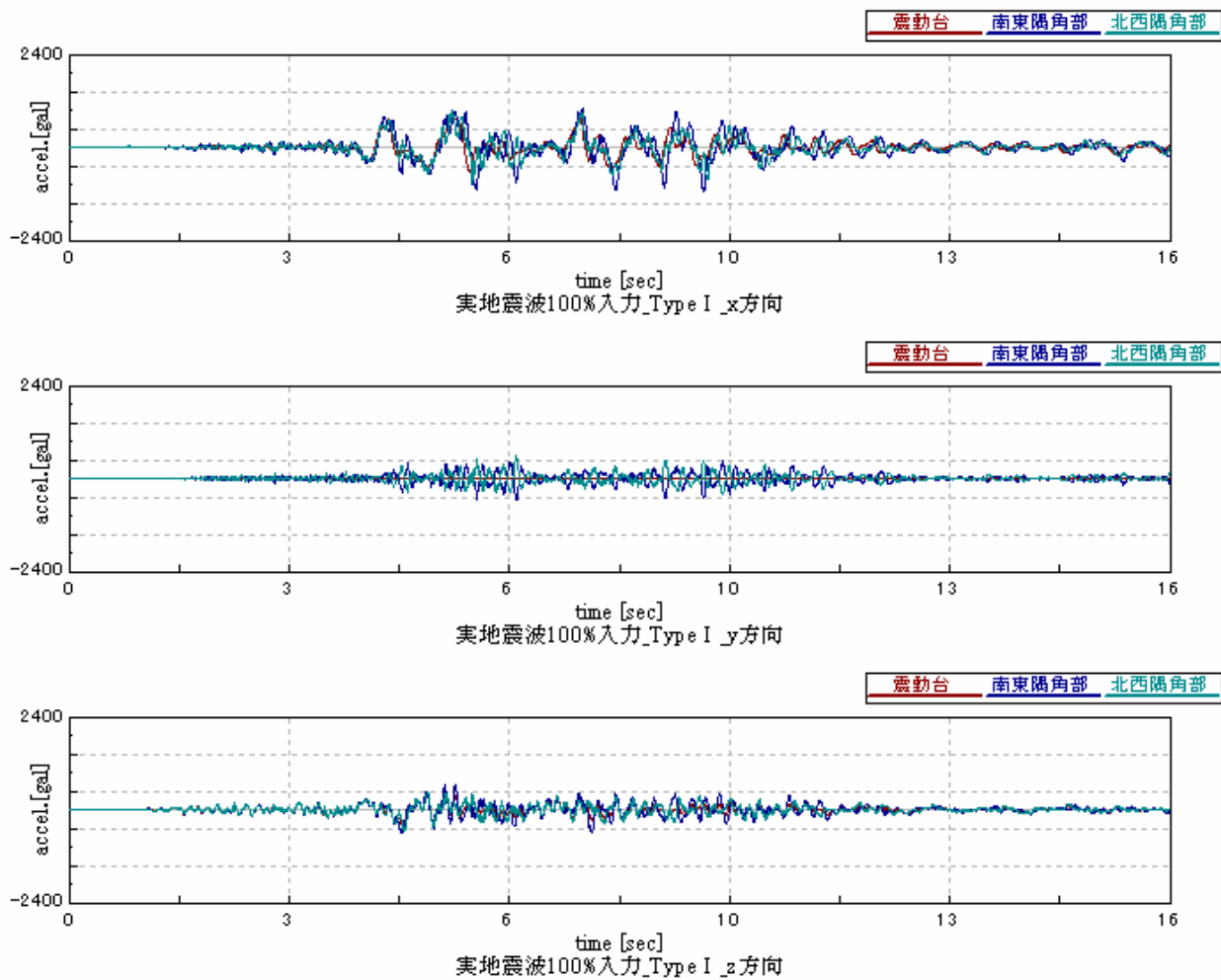


図4 実地震波 100%入力時の試験体の時刻歴応答加速度：Type I

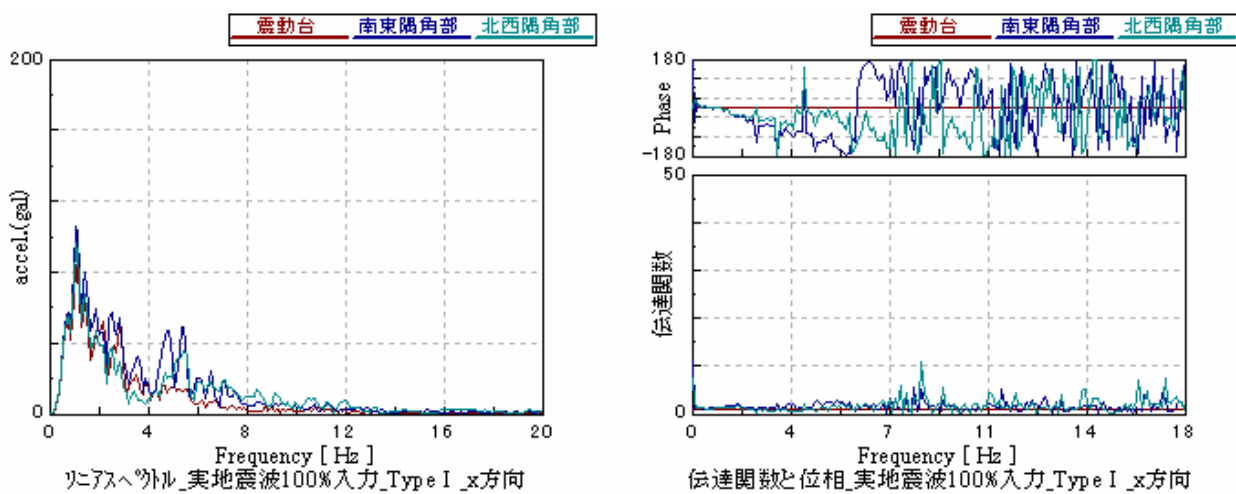


図5 実地震波 100%入力時の周波数応答特性：Type I

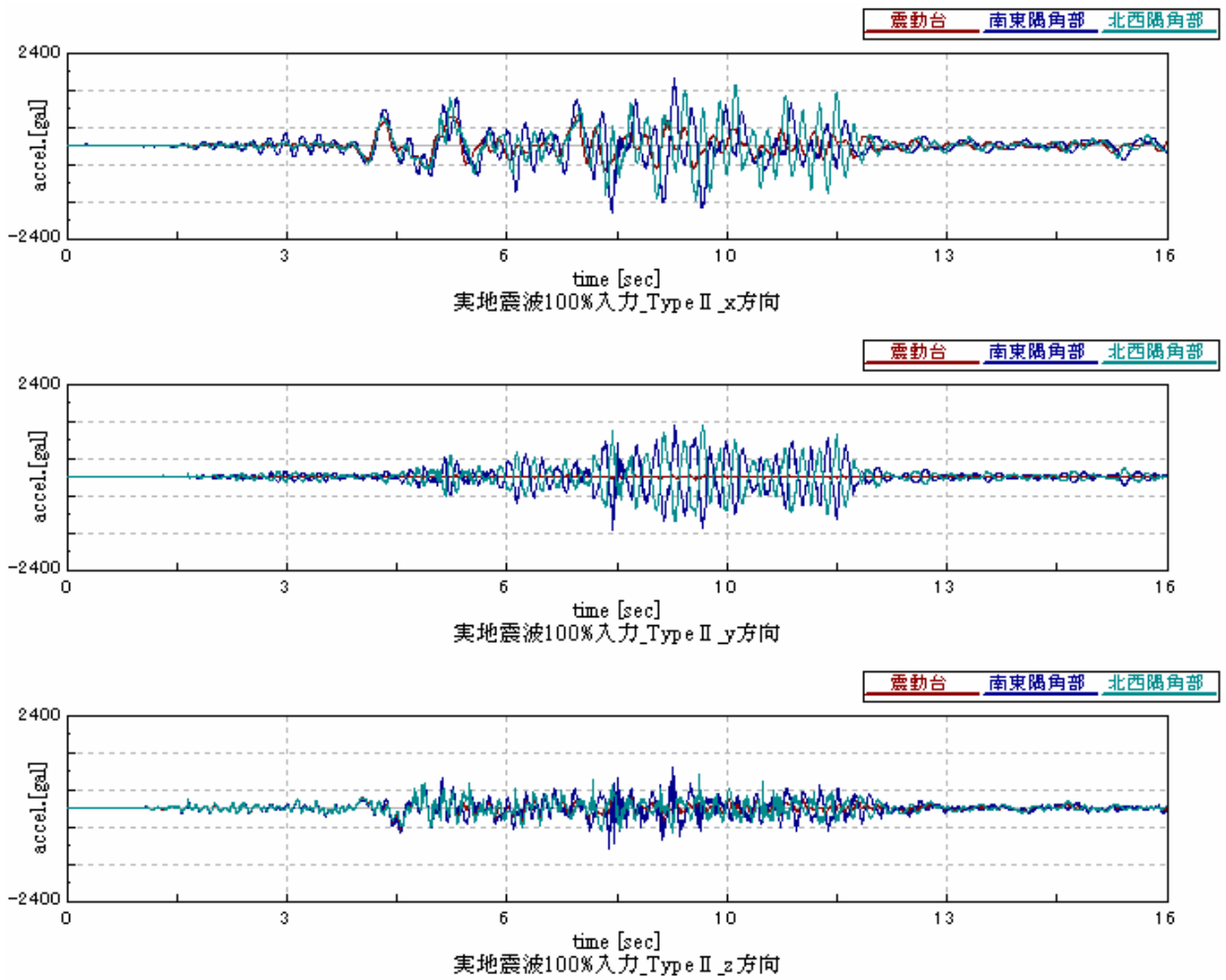


図6 実地震波 100%入力時の試験体の時刻歴応答加速度：Type II

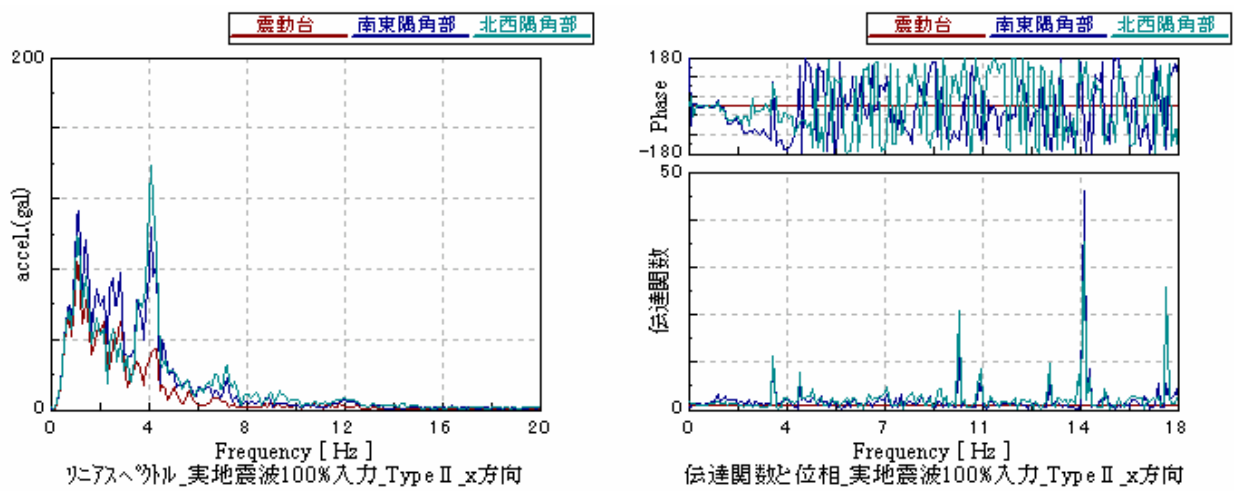


図7 実地震波 100%入力時の周波数応答特性：Type II

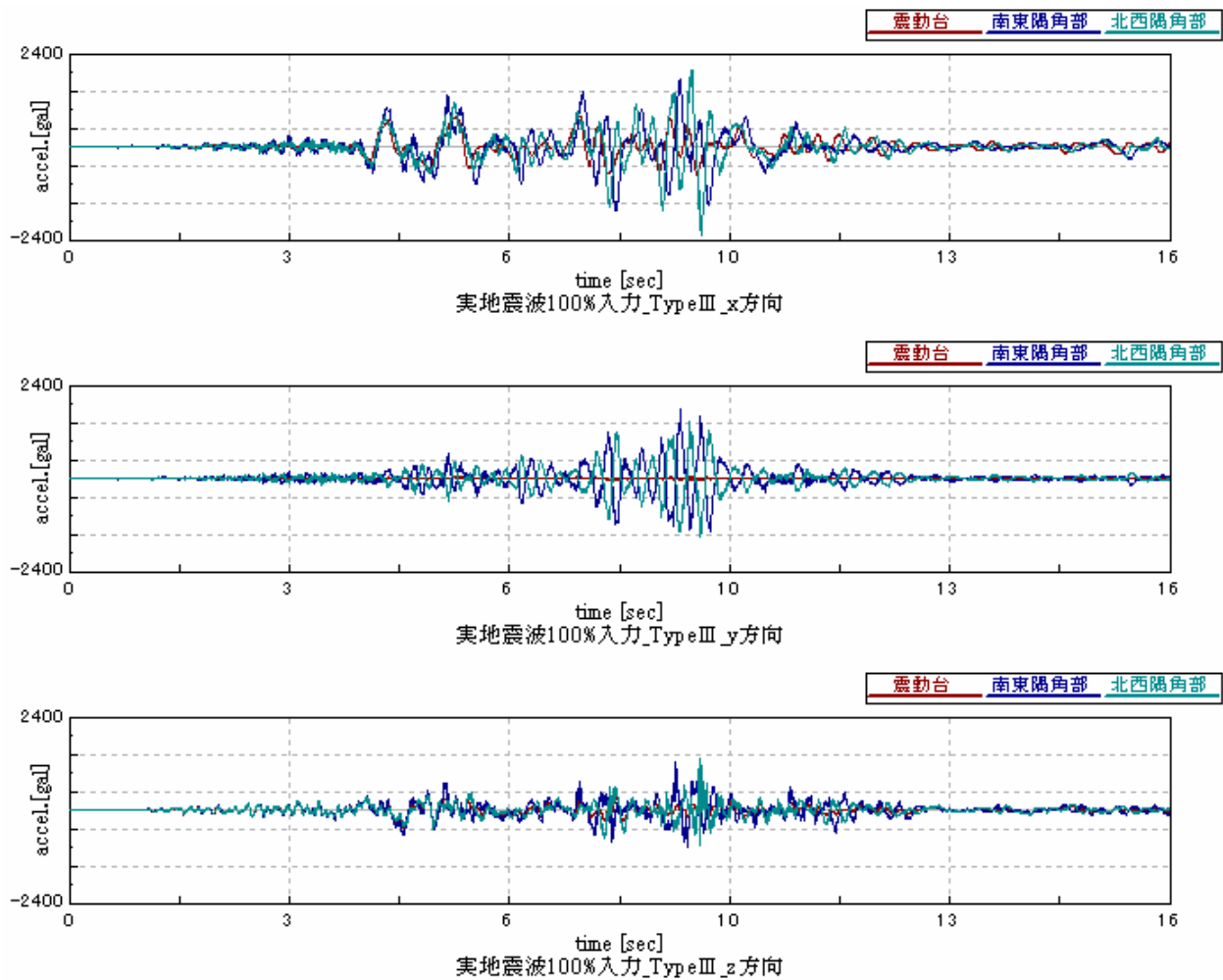


図8 実地震波 100%入力時の試験体の時刻歴応答加速度：Type III

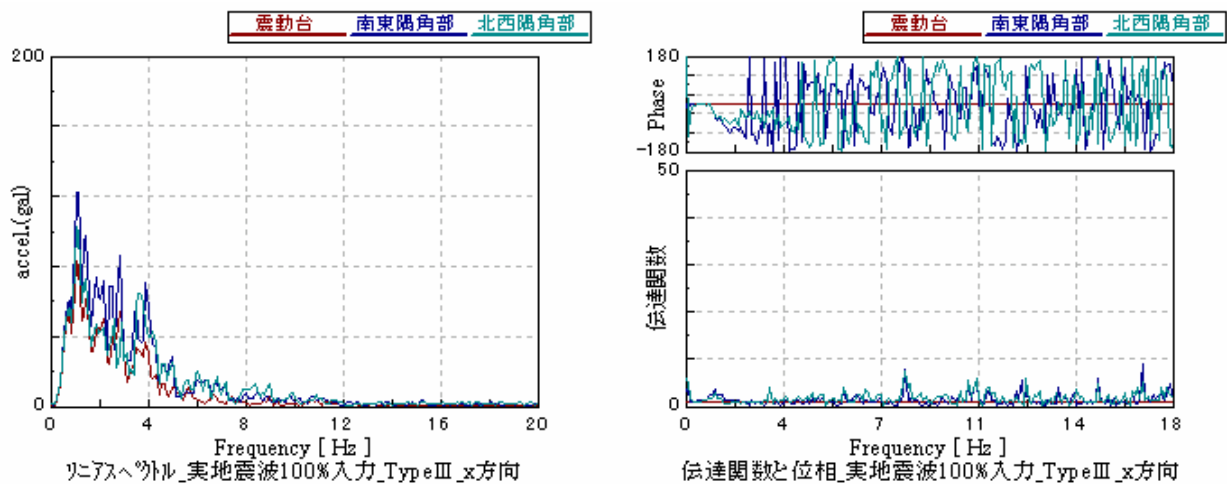


図9 実地震波 100%入力時の周波数応答特性：Type III

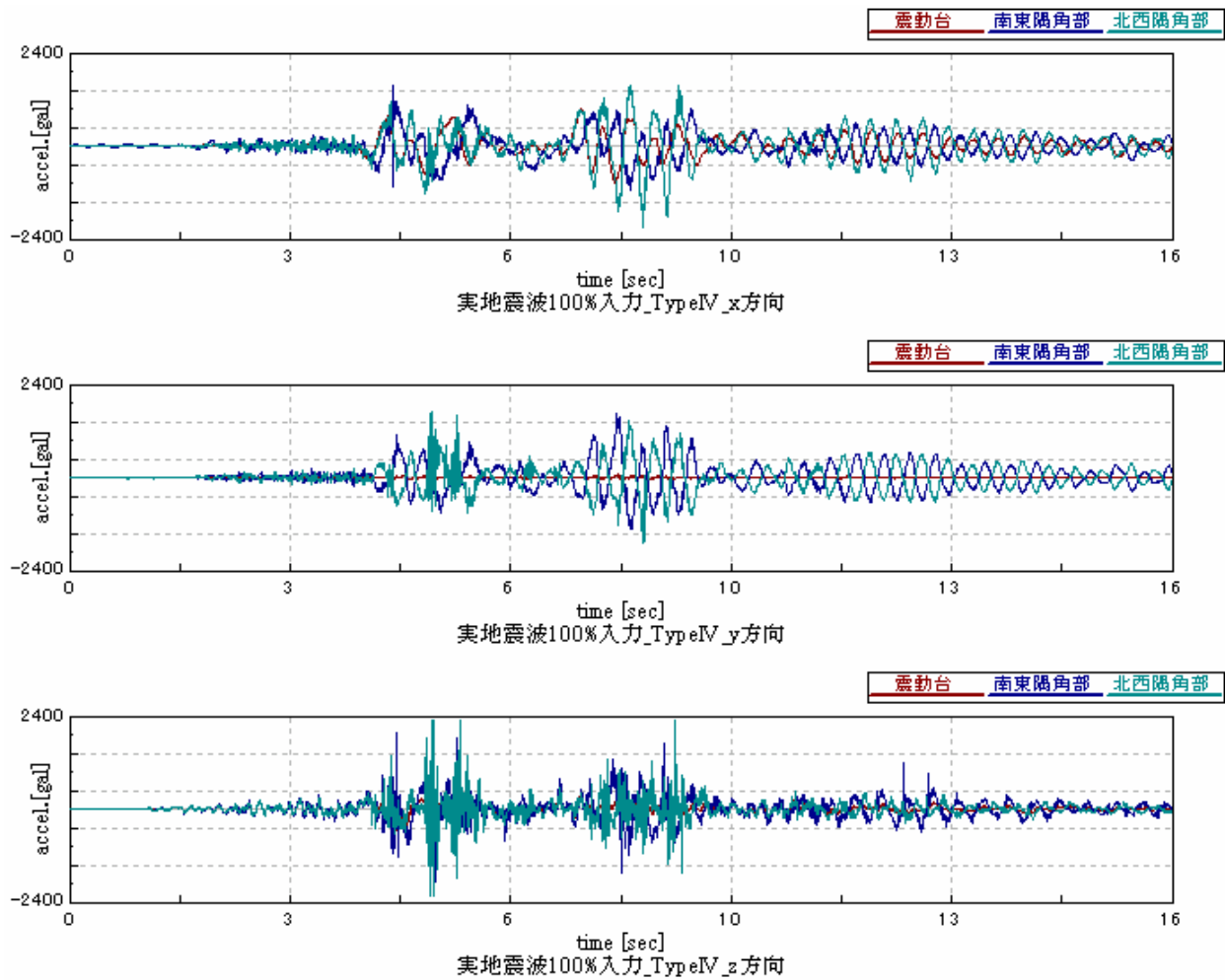


図 10 実地震波 100%入力時の試験体の時刻歴応答加速度：TypeIV

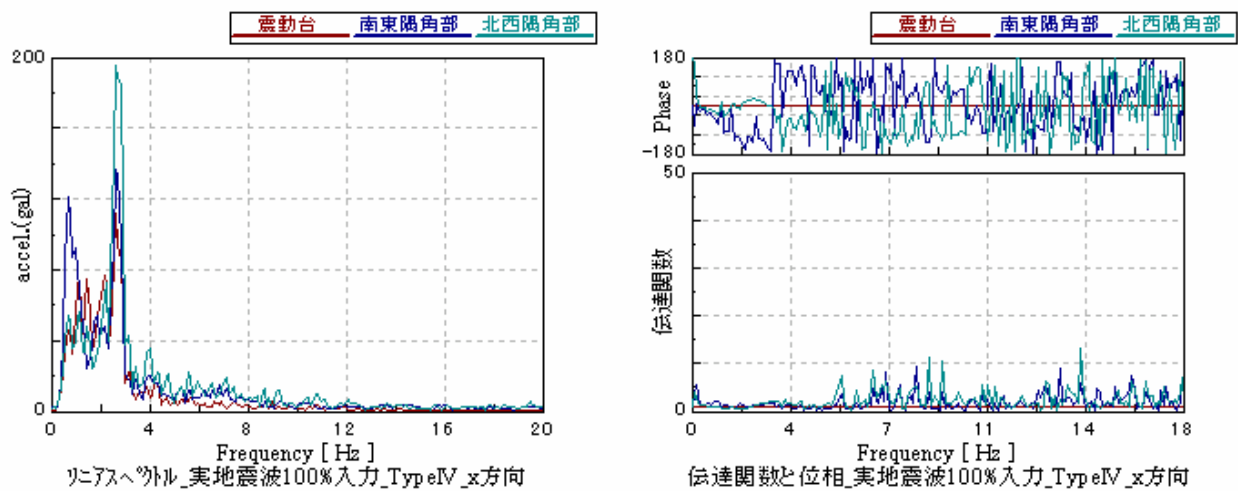


図 11 実地震波 100%入力時の周波数応答特性：TypeIV

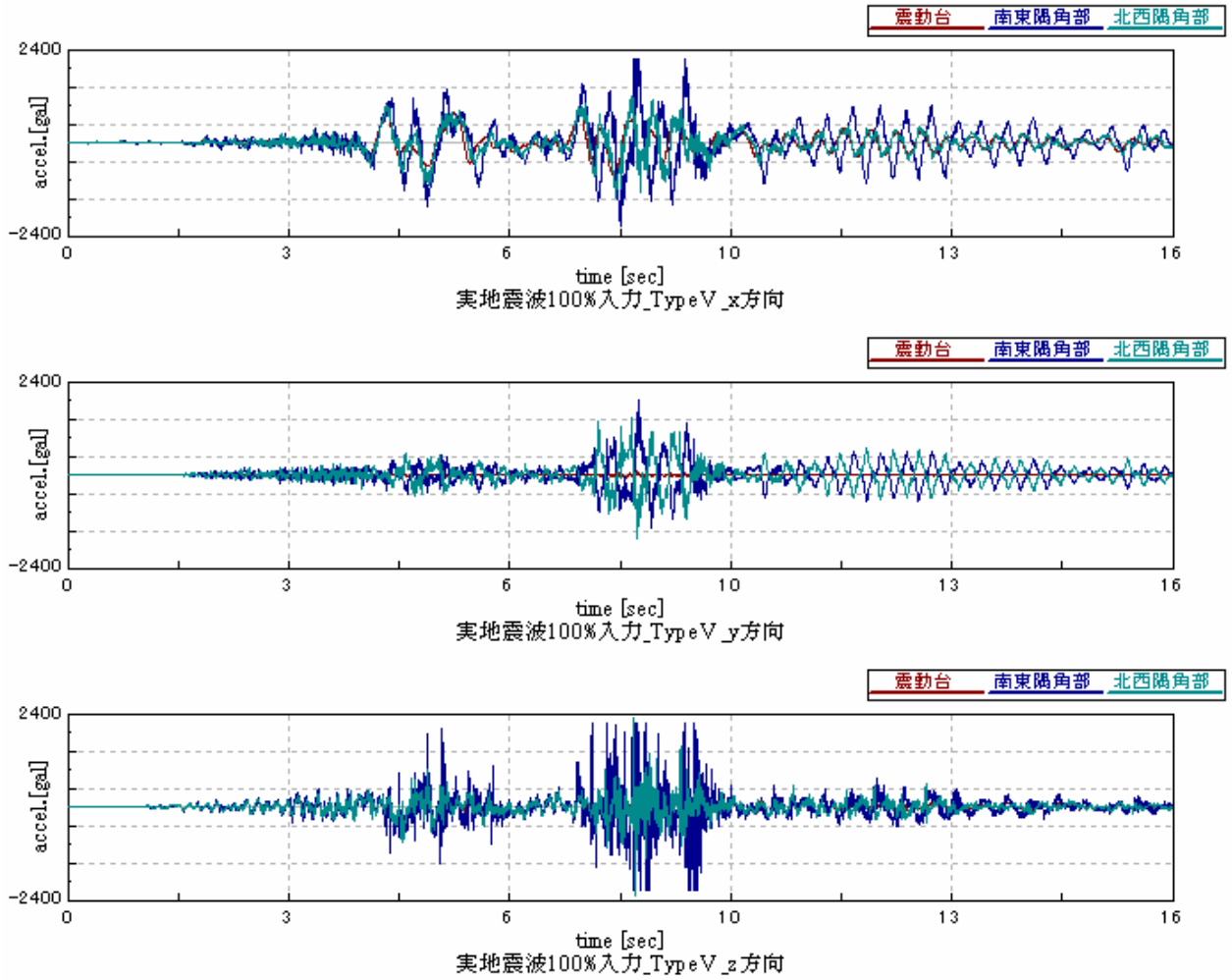


図 12 実地震波 100%入力時の試験体の時刻歴応答加速度：Type V

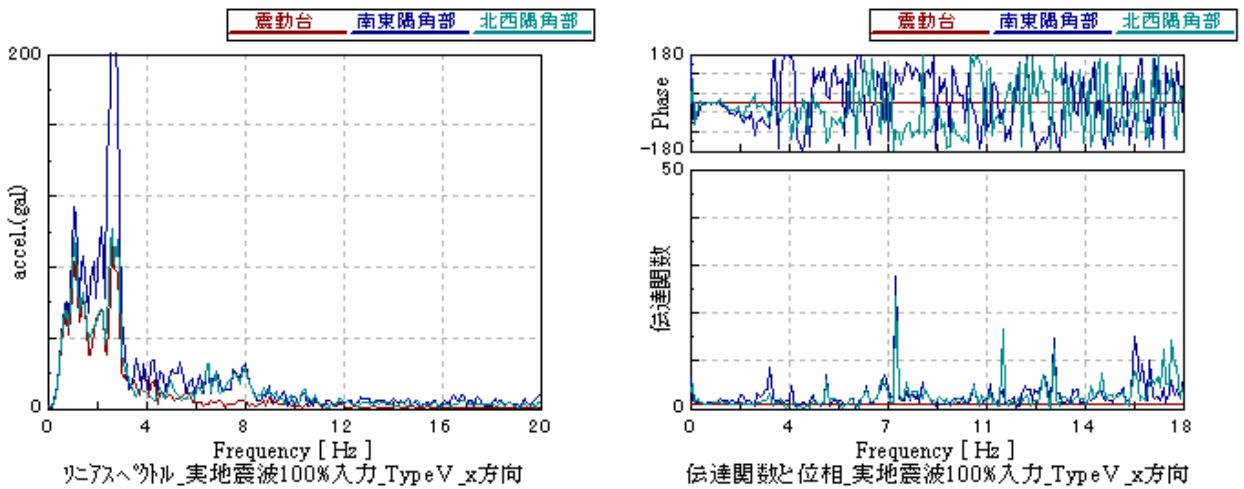


図 13 実地震波 100%入力時の周波数応答特性：Type V

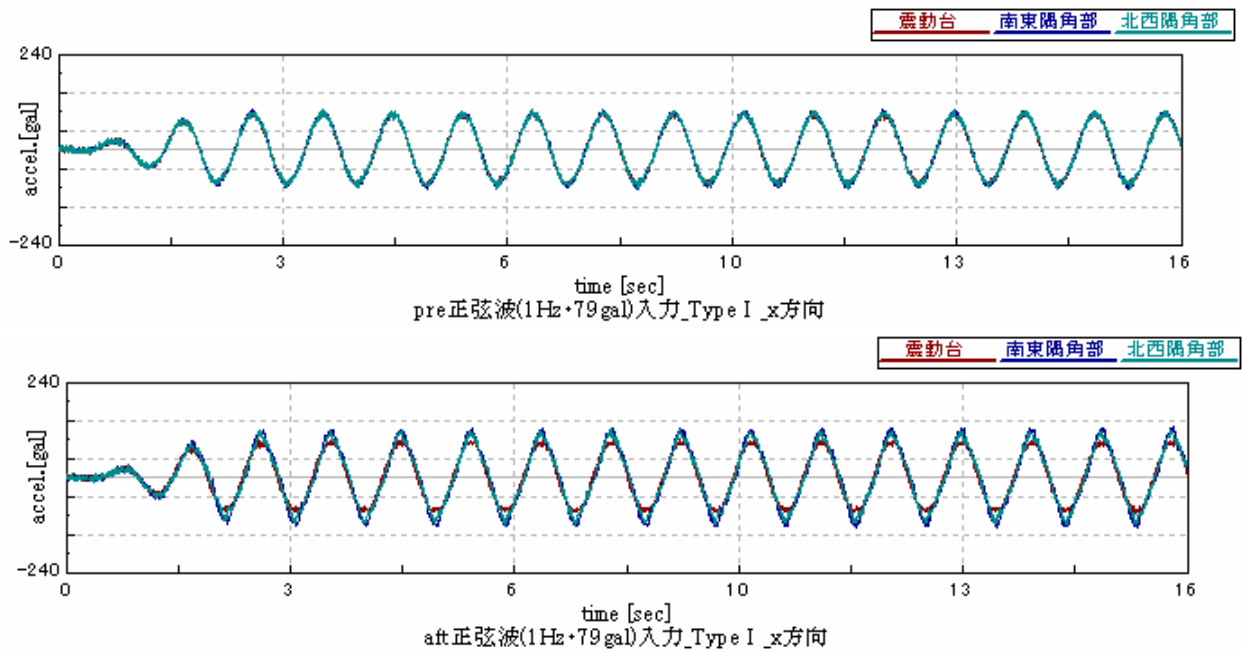


図 14 実地震波 100%入力前後の正弦波入力時の時刻歴応答加速度：Type I

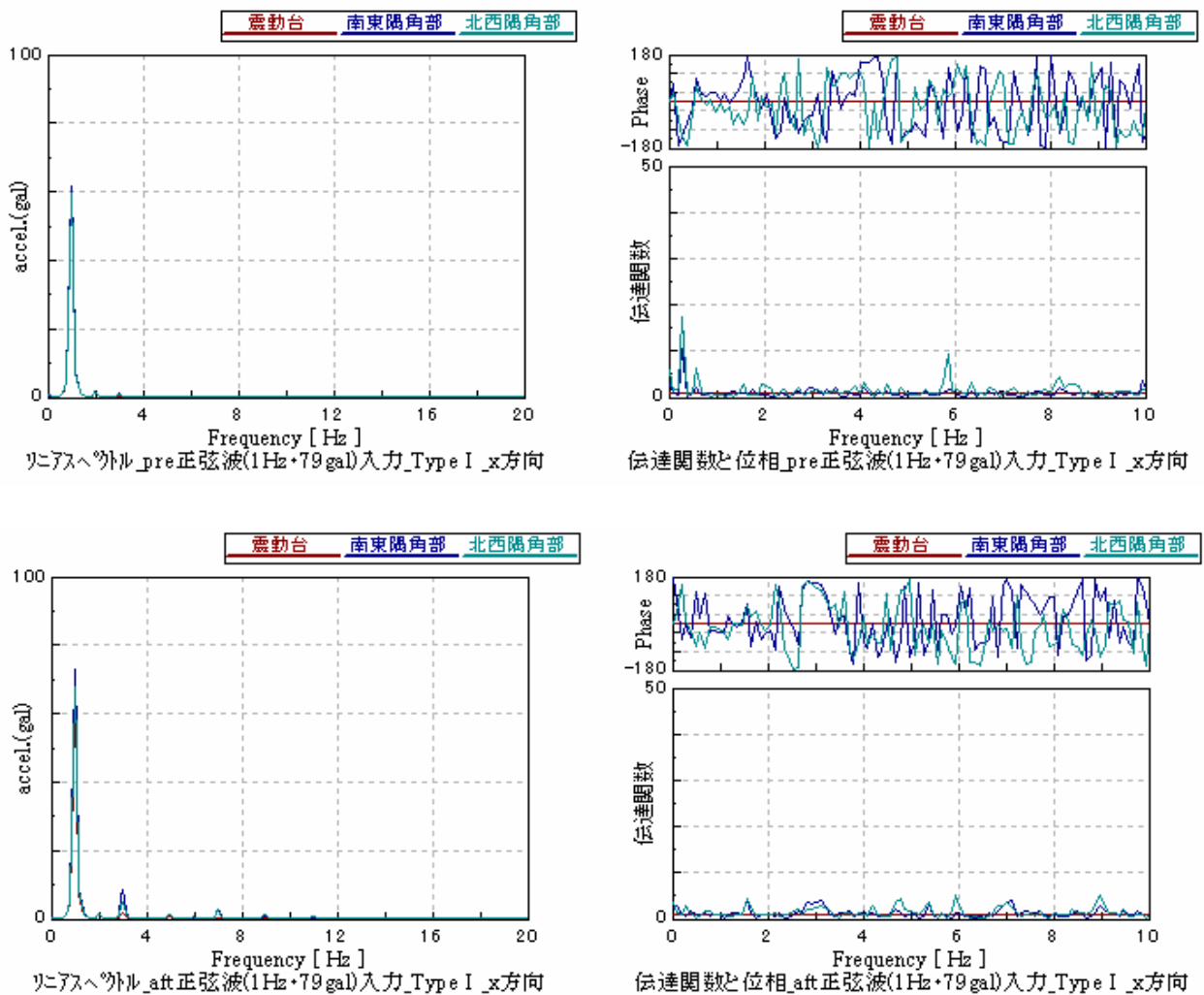


図 15 実地震波 100%入力前後の正弦波入力時の周波数応答特性：Type I

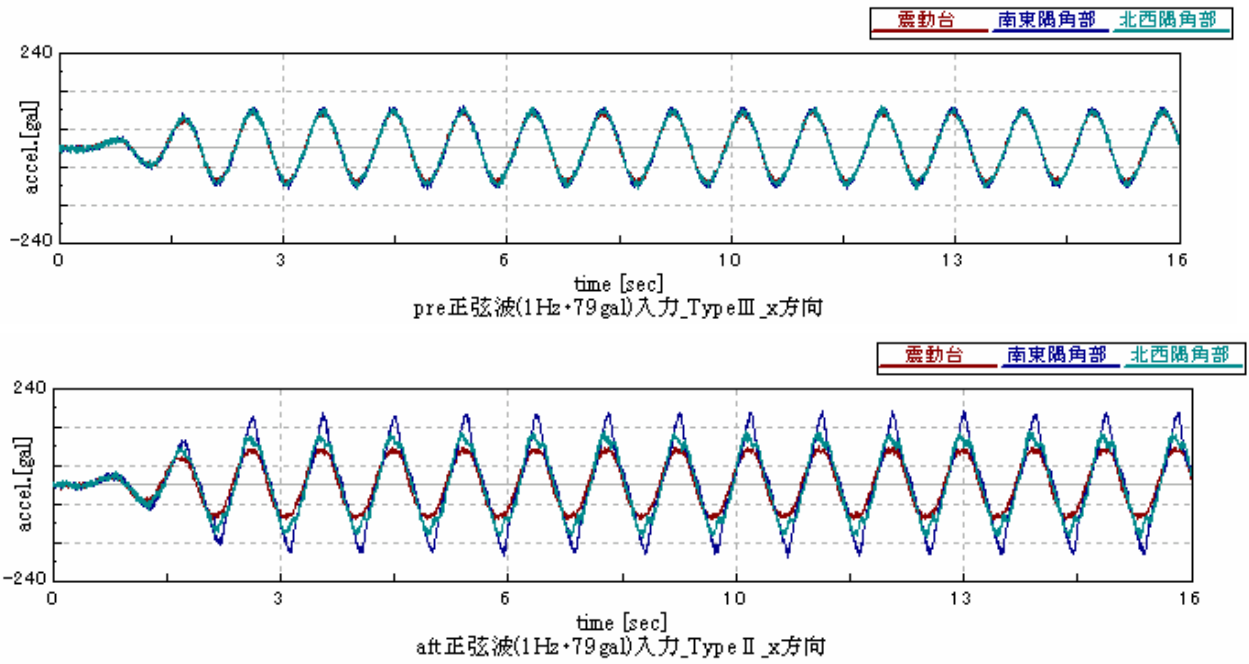


図 16 実地震波 100%入力前後の正弦波入力時の時刻歴応答加速度：Type II

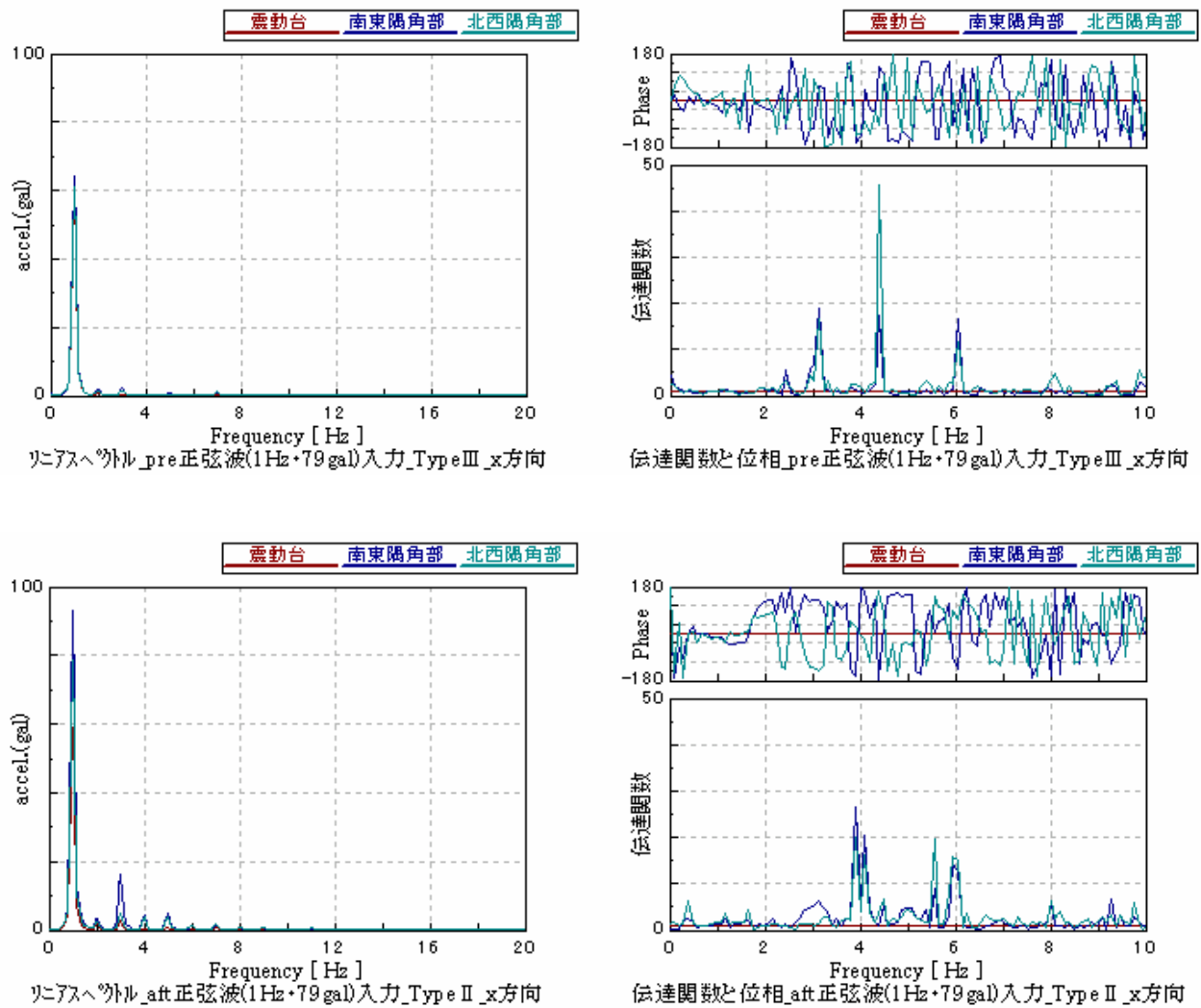


図 17 実地震波 100%入力前後の正弦波入力時の周波数応答特性：Type II

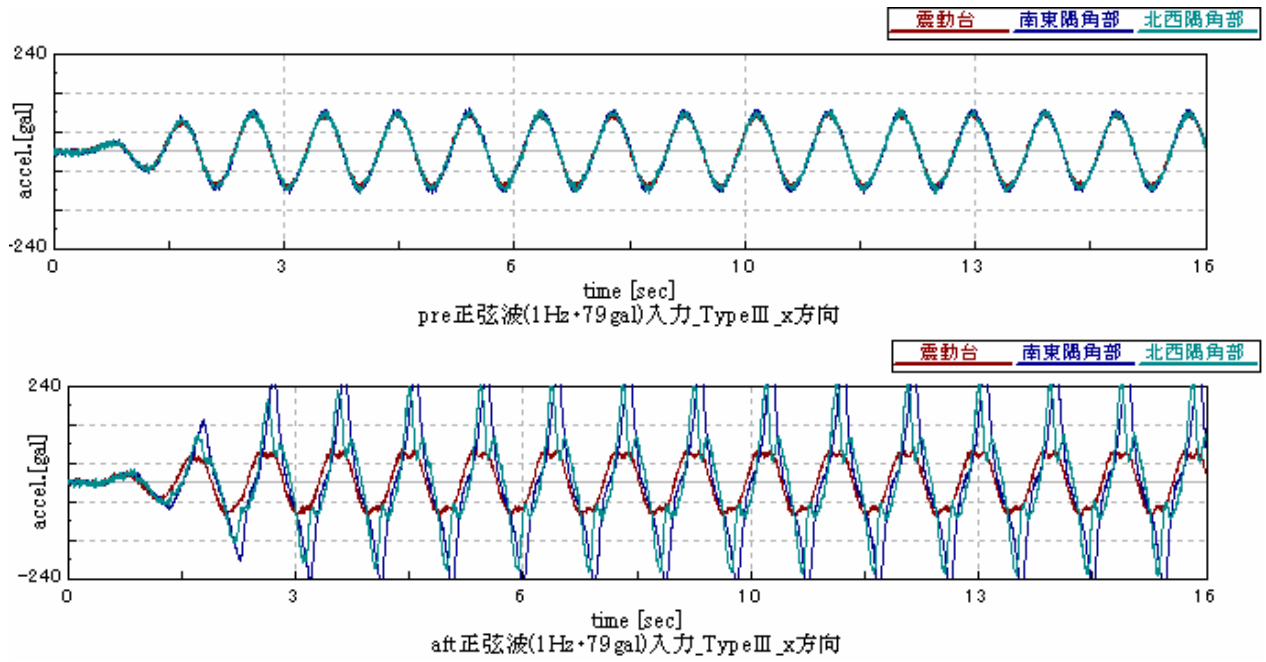


図 18 実地震波 100%入力前後の正弦波入力時の時刻歴応答加速度：TypeIII

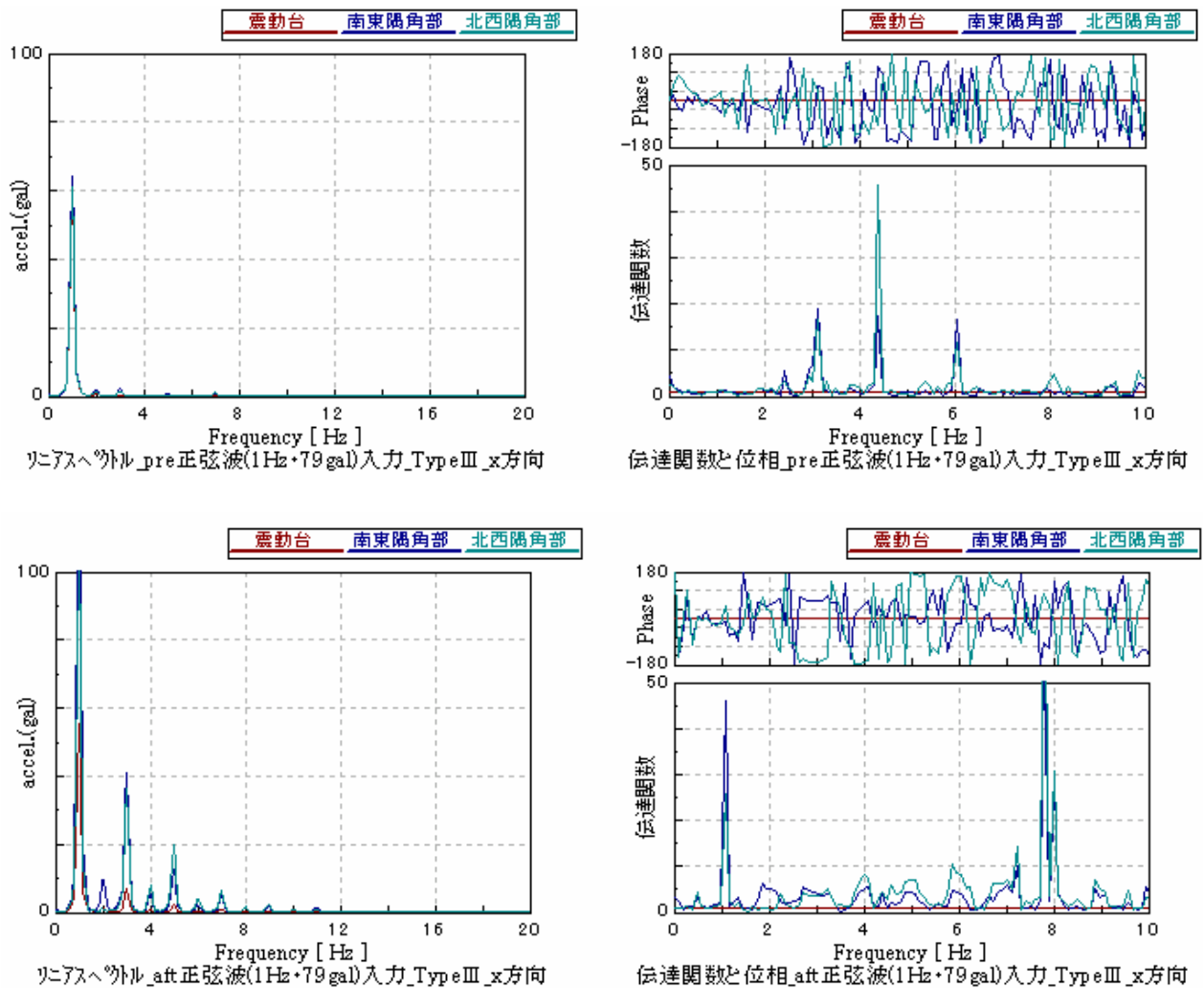


図 19 実地震波 100%入力前後の正弦波入力時の周波数応答特性：TypeIII

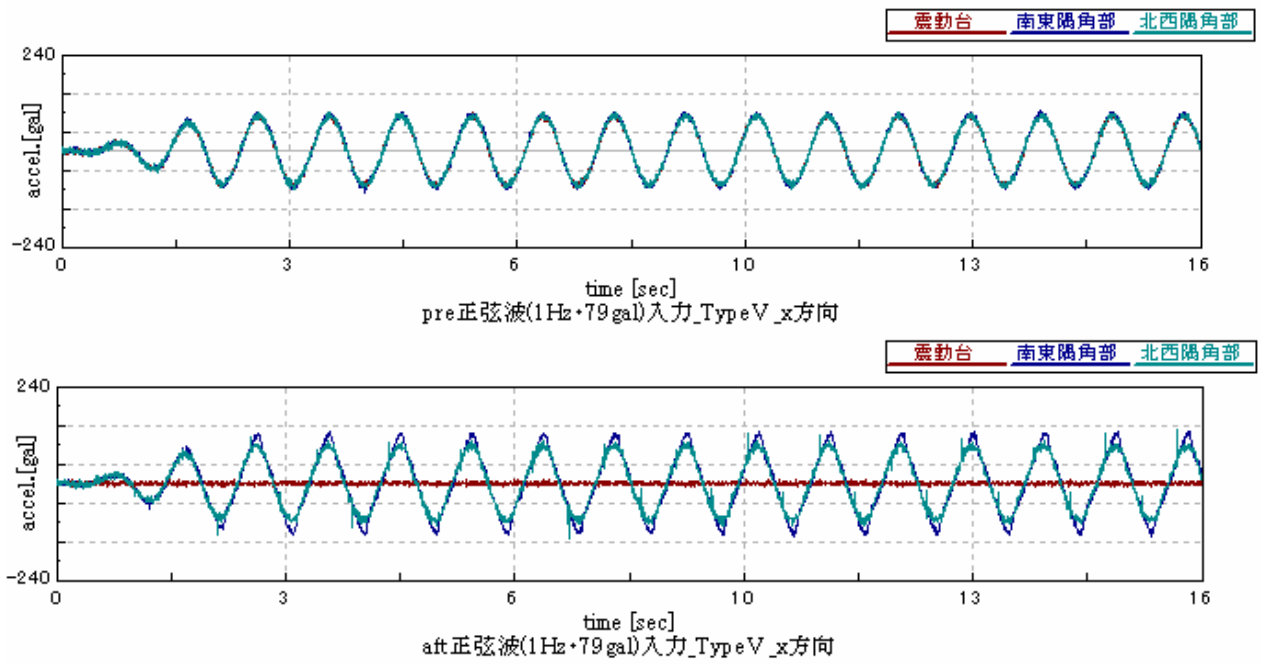


図 20 実地震波 100%入力前後の正弦波入力時の時刻歴応答加速度 : Type V

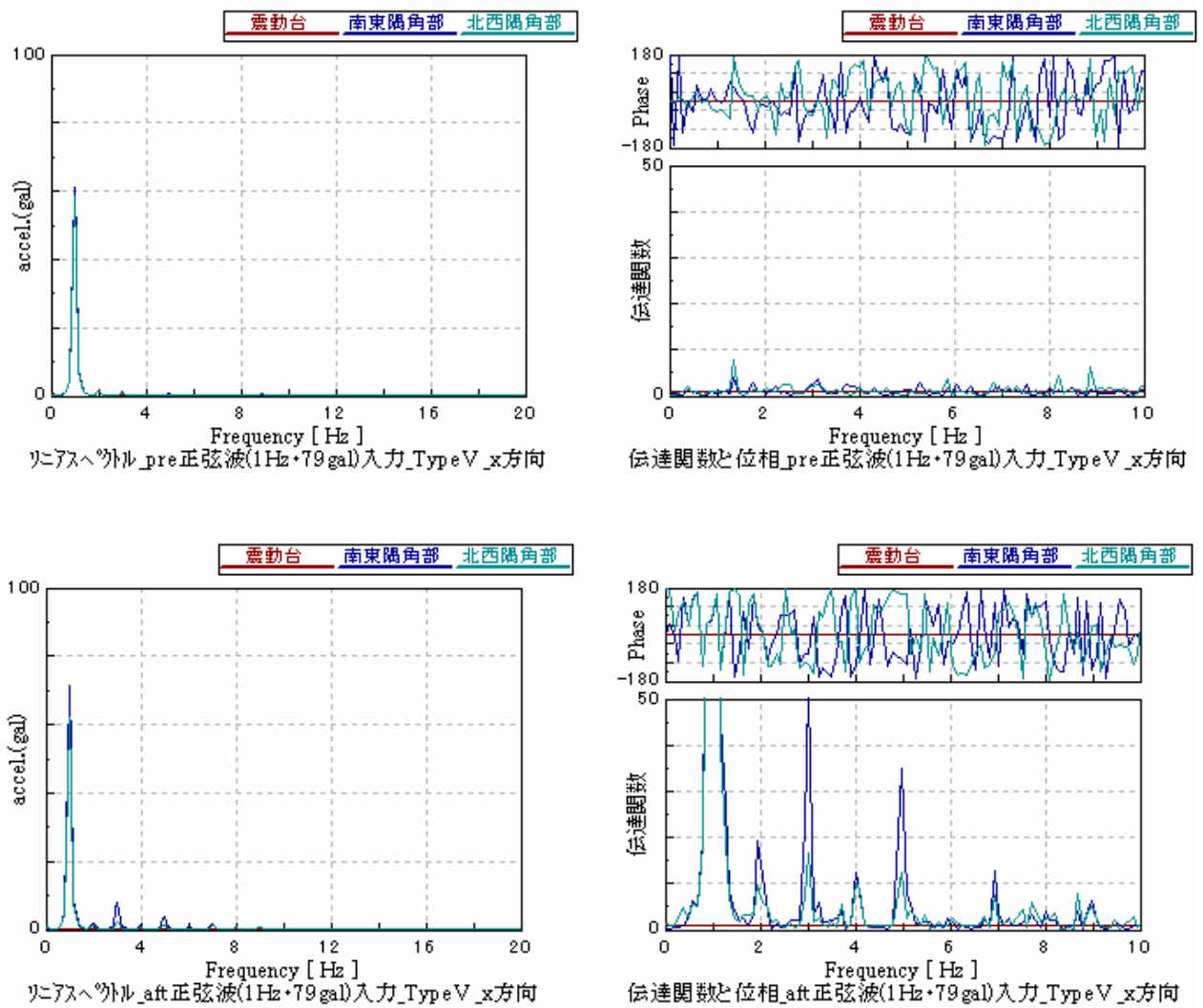


図 21 実地震波 100%入力前後の正弦波入力時の周波数応答特性 : Type V

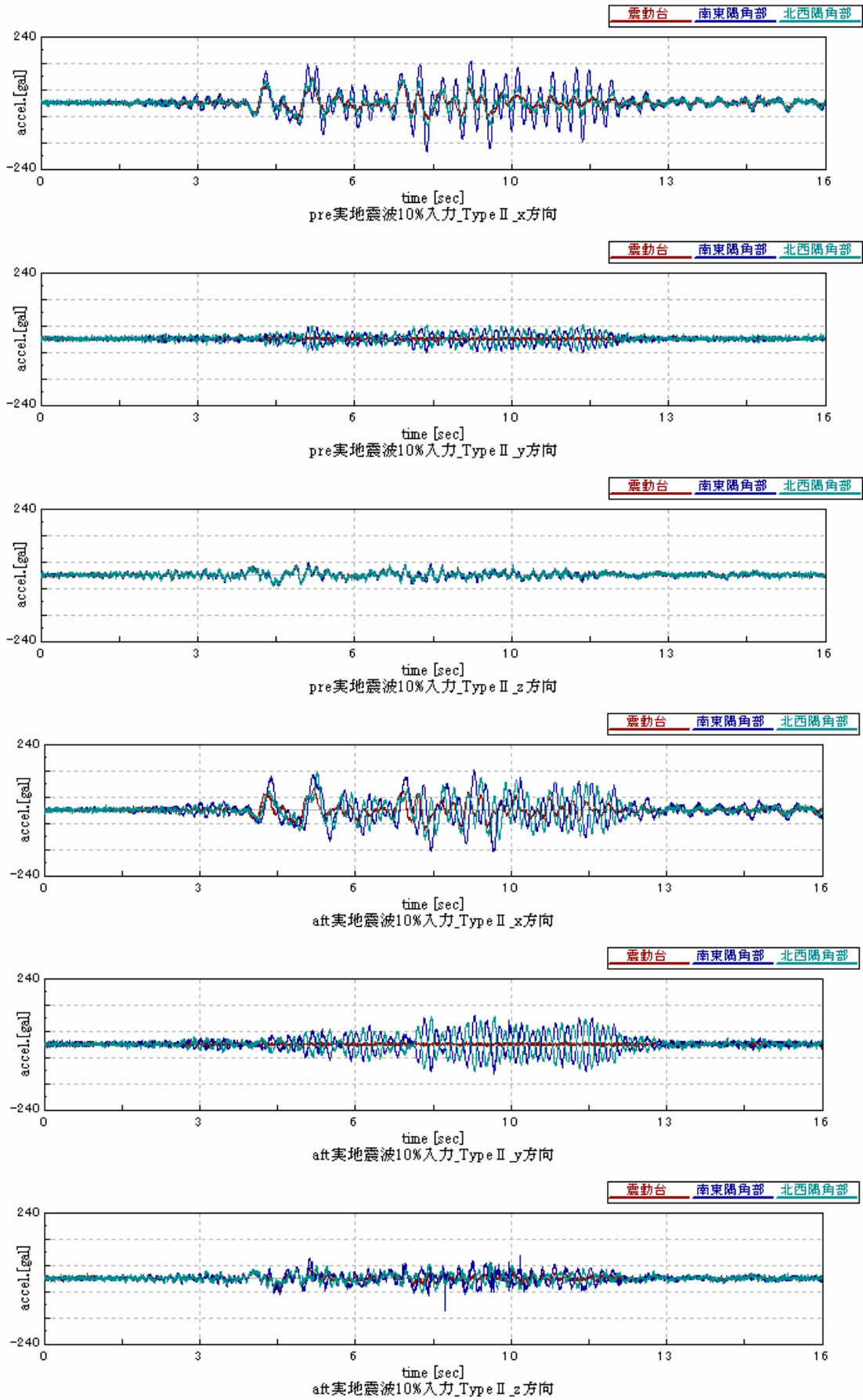


図 22 実地震波 100%入力前後の実地震波 10%入力時の時刻歴応答加速度：Type II

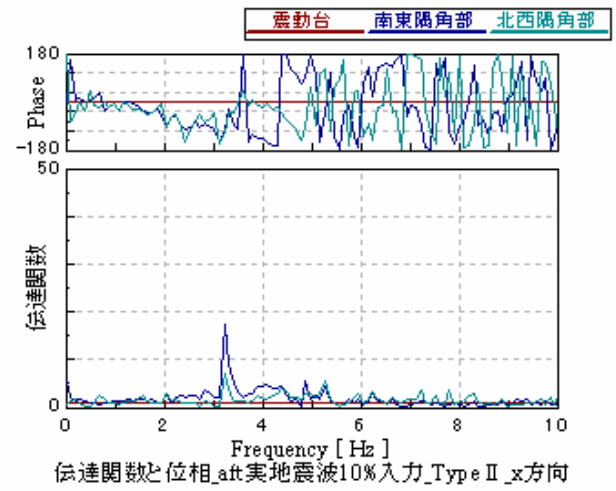
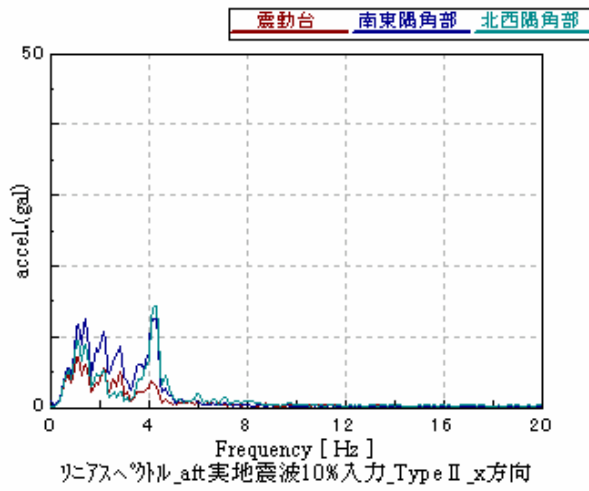
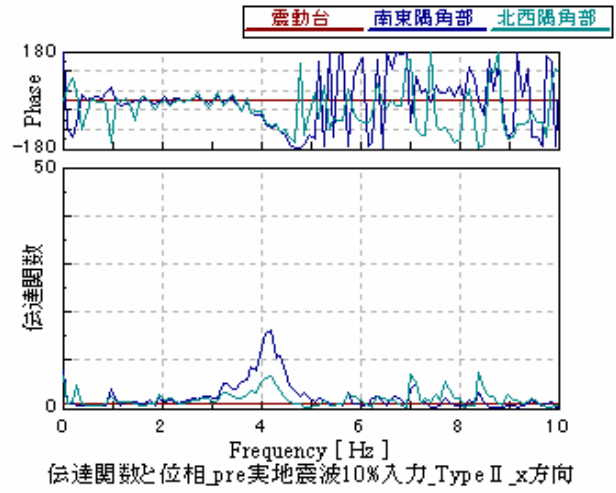
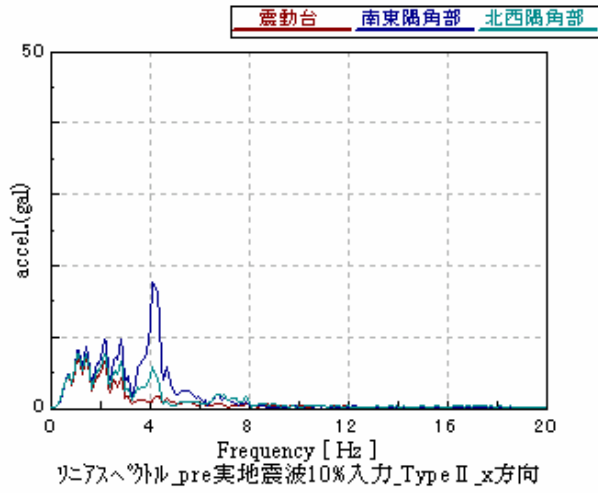


図 23 実地震波 100%入力前後の実地震波 10%入力時の周波数応答特性：Type II

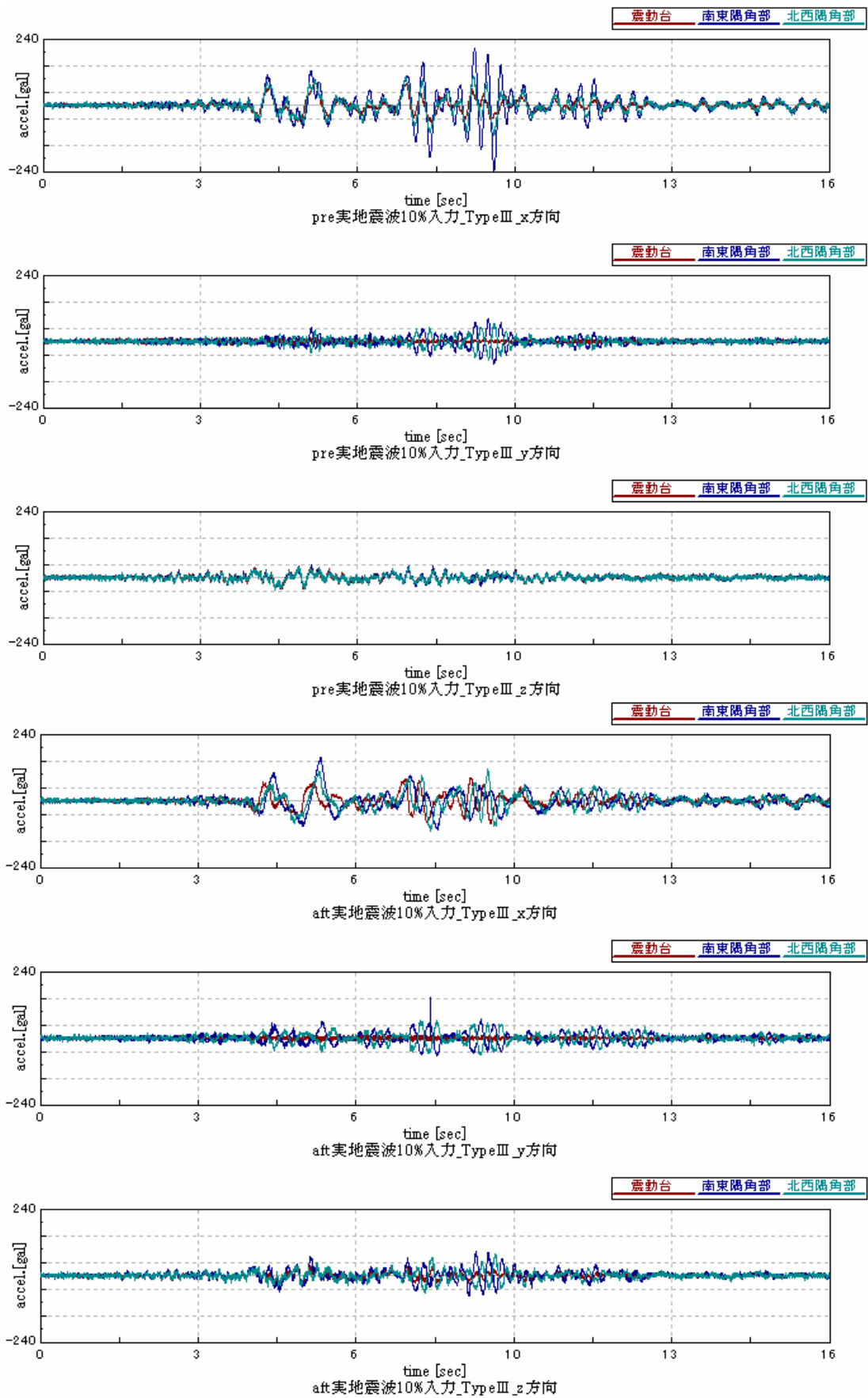


図 24 実地震波 100%入力前後の実地震波 10%入力時の時刻歴応答加速度：TypeIII

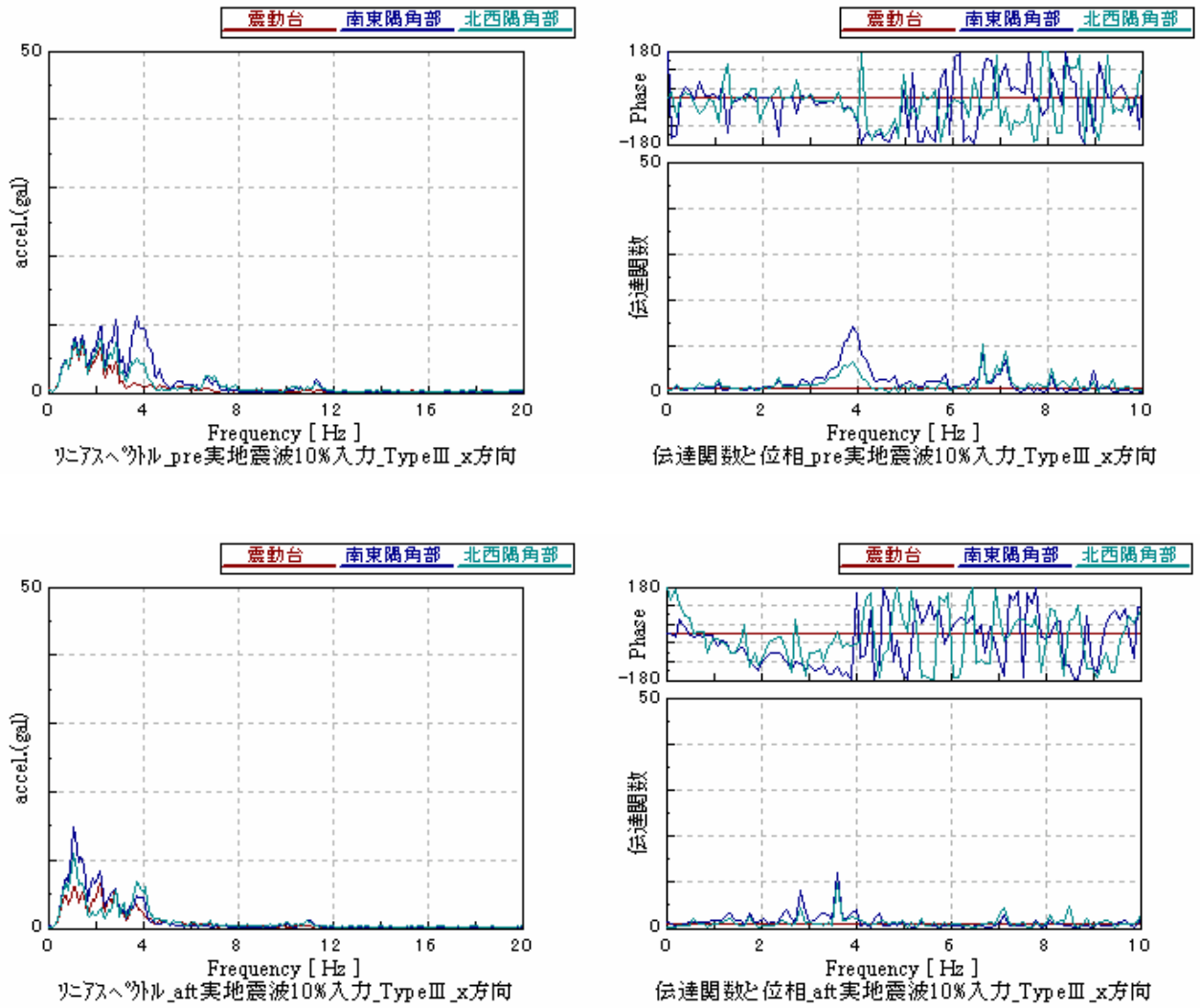
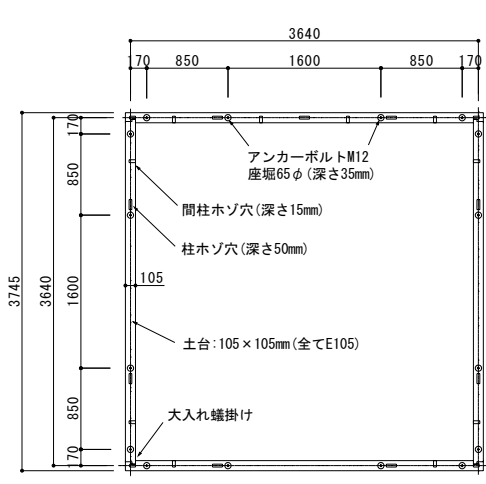
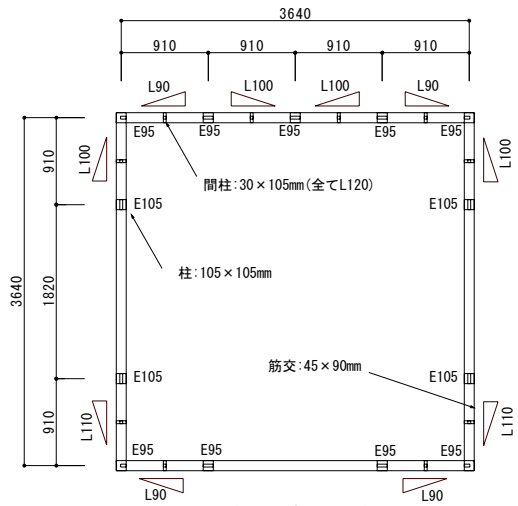


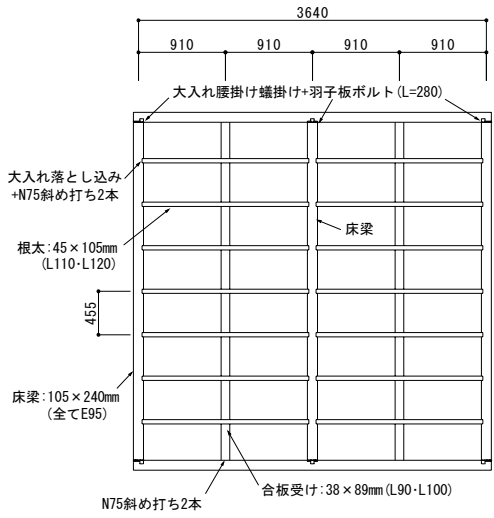
図 25 実地震波 100%入力前後の実地震波 10%入力時の周波数応答特性：TypeIII



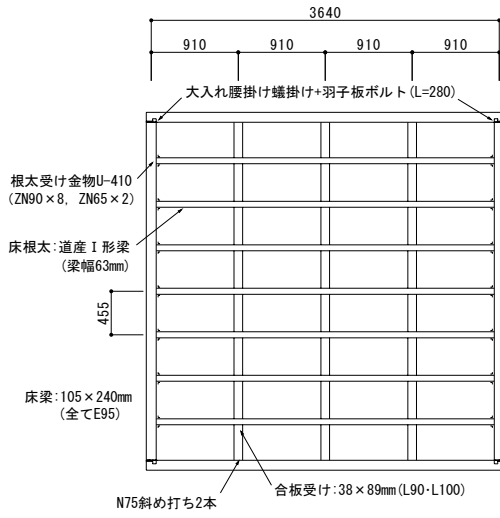
【土台伏図】



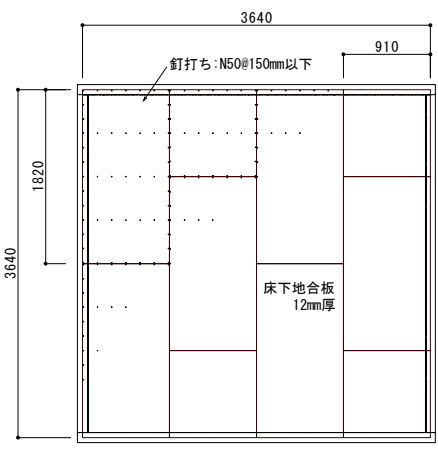
【柱等割付図】



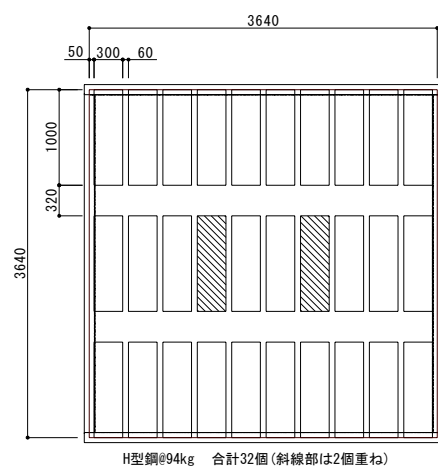
【天井伏図(公庫剛床)】



【天井伏図(Iビーム床)】

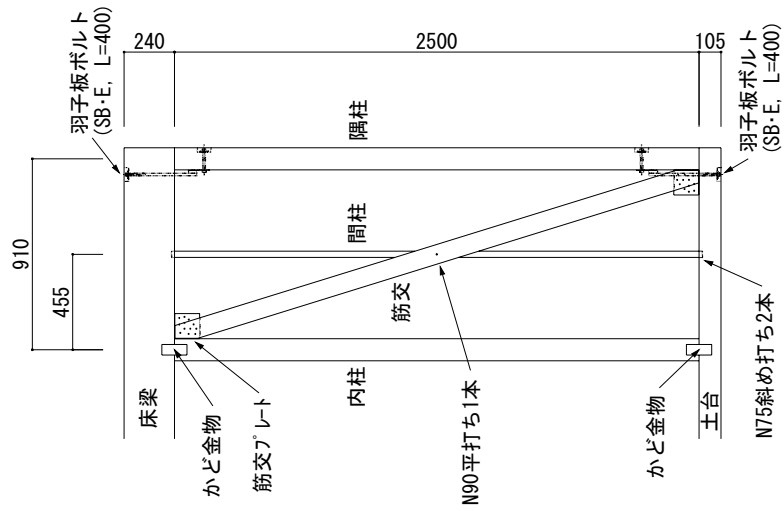


【2階床合板割付図】

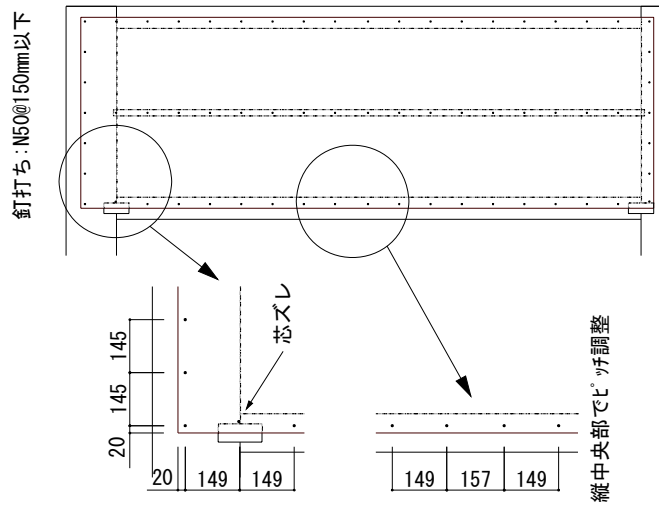


【荷重配置図】

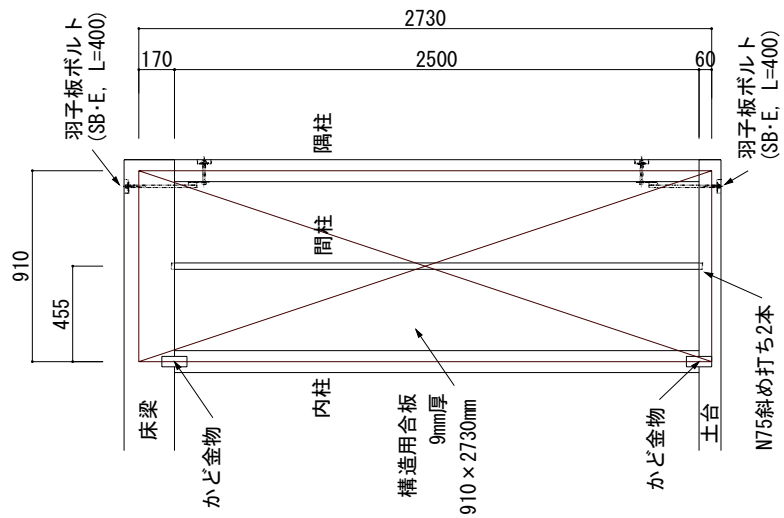
付図1 試験体の施工図



【筋交壁仕様】



【面材の釘打ち】



【面材壁仕様】

付図 2 試験体耐力壁の詳細図

4) 既存住宅耐震性の経年変化に関する研究

a) はじめに

大都市の地震災害予測を行う上で、密集市街地の木造住宅の耐震性をより正確に把握することは、極めて重要なことである。建物倒壊率、死者・負傷者数、延焼率等の予測、避難収容計画など、都市の災害危険度・被災度予測に対し、既存住宅の耐震性能は非常に大きな影響を及ぼす。本報告は、既存住宅の耐震性能初期値を求め、さらに経年変化による耐久性能劣化度を推定し、両方のファクターからその時点での耐震性能を簡便に予測しようとするものである。

b) 高耐久性の概念図

図-6 に、簡略化した高耐久性住宅の概念図を示す。図は一般住宅が複数回改修工事を重ねて所要の性能値を確保していくのに対し、高耐久性住宅は初期性能値を高くして改修工事をせず、諸性能を維持していくことを表している。

c) 耐震性能・初期値の算出法

本報告では、初期値の計算には、まず「木造住宅精密耐震診断法²⁾」を用いた。この診断法は、「わが家の耐震診断表」に記載されている耐震要素：「A.地盤・基礎 B.建物の形 C.壁の配置 D.筋違の有無 E.壁の割合 F.老朽度」をベースにしている。B×C(偏心)及びD×E(水平抵抗力)を計算式により算出、最後にまとめてA×B×C×D×E×Fを計算し、総合判定数値によって「安全～危険」の耐震性4ランクに評価分類するものである。初期値の計算には、劣化調査項目：A.地盤基礎の「ひびわれ」とF.「老朽度」を除き、経年変化を考慮しない「建設当初の条件」のみで算出する。

また、2004年7月に文献-1の診断法が大幅改定されたため、改定精密診断法による計算結果を追加した。

d) 実例計算（旧精密診断法による）

在来木造軸組工法住宅26例について精密診断を行った。2000年建設物件6棟（築後3年）、1979年建設20棟（築後25年）。ここでは一応新旧に分けて傾向を検討する。いずれも必要な設計図書（平面図、立面図、矩計図、床伏図、仕様書）は入手している。

計算のために、まず、付図-1,-2のように平面図と表の計算フォーマットを作成した。平面図から剛心と重心を計算して「偏心率」を求め、屋根荷重係数、有効壁長さ及び所要壁量から「水平抵抗力」を求めた。非耐力要素(面材)の等価倍率 β は文献-1の表-6の値を採用したが、内壁石膏ボードは両面であっても片面同等と見なし0.5倍とした。

なお、地盤条件は判定値に大きく影響してくるが、ここでは、住宅のみの新築初期値を求めることにし、地盤の評価は後の耐久性能評価の時点で採用することとした。（従って、付図-1,2内の表-4: A,Bの評点は1となっている）

e) 耐震診断結果の検討

表-1,-2に計算結果を一覧表にして示す。総合評点と判定は以下のとおりである。

- ・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。

表の評価値を見ると、新旧住宅の耐震性の違いは明白である。新築住宅が1.6～2.0と高い評価値を示し、「安全である」の範囲に入ったのに対し、旧住宅の評点は0.22～0.79と極めて低く、全てが「やや危険である」及び「倒壊または大破壊の危険がある」の範囲であっ

た。A：地盤・基礎と F：老朽度のファクターを入れると、旧住宅の評点はさらに低くなるものと思われる。

表-3 と図-1 に評価点の分布を示した。これらは、耐震性能に大きな違いのある既存住宅が、2 グループに分かれることを示している。表-4、図-2 は新旧住宅を分離したものであるが、それらの間の耐震性の違いは明白である。

f) 耐久性低下と耐震性能

i) 耐久性と耐震性

一般的に、建物が古くなると耐久性は低下する。特に構造材の腐朽によって建物としての耐久性が低下する場合、耐震性も大幅に低下する。耐久性低下に関わる要因は数多く存在し、特に北海道のように積雪寒冷地においては、住宅の構法・構造のみならず、断熱・気密工法、暖房方式などが影響の大きいパラメーターとして加わり、劣化現象を更に複雑にしている。

本項では、既存住宅の耐久性劣化度予測のための各種手法を整理する。既存住宅の現有耐震性能は、「2」および「3」で算出された初期値(y_0)に耐久性劣化係数 $k(x_i)$ をかけて求められる。

■ 既存住宅耐震性能・算出式：

$$\text{現有耐震性能} = \text{耐震性能初期値}(y_0) \times \text{耐久性劣化係数}(k(x_i))$$

ii) 耐久性能と劣化現象関連の概念³⁾

建物の耐久性能と劣化現象の関係を決定する主要な因子は、次の 6 種があげられる。

(1)新設時建物保有性能(Pa) (2)建物に要求される所要性能下限値(cPa) (3) ある経過年での建物の保有性能(Pa(y)) (4)耐久性能指標(年数：y) (5)劣化現象発生期 (6)劣化勾配(θ_i)

その他に、(7)劣化現象発見期 (8)建物補修交換期 (9)期待耐用年数 などがある。

以上の諸因子のうち、(1)～(3)の性能評価に関するものは、地震、風、積雪などの外力に対する場合と、機能・美観からのものがある。特に「(3)所要性能下限値」を知るには、既存建物の劣化度判定手法が確立されていなければならない。また「(6)劣化勾配」は、劣化環境の程度と諸劣化要因の影響度に左右される因子で、環境が劣悪なほど負の勾配は大きくなる。

iii) 耐久性劣化係数($k(x_i)$)予測手法について

劣化係数予測のために、劣化要因調査と分析が必要である。要因調査は、現実に腐朽等劣化外力によって被害を受けた建物の事例調査と、被害の程度が外観からは明確でない建物の劣化調査に分離

する。本論では前者を(1)腐朽実態調査、後者を(2)劣化度調査 と称する。(1)は腐朽の発生や進行状況を把握して耐久性喪失要因と劣化度レベルの推定を行い、(2)は既存住宅の劣化環境（外部環境、建物性能、室内環境、保守管理等）及び内部・外部の劣化状況を把握する。

iv) 腐朽実態調査方法

以下、主な調査方法と診断手法を示す。

a. 木材含水率測定

Kett 高周波容量式木材水分計(2～150%計測可能)を用いて、含水率を測定。

b. ハンマー打診による診断

市販されているハンマー（やや小型）を用いて木材面を軽く叩き、反発の感触によって、木材劣化の状態を測定する。感触の大まかな分類と腐朽の推定を次に示す。

A：反発大、打撃音高いー木材は健全。

B：反発音やや低いー木材は含水率高く、劣化の疑いあり。

C：反発力なく、打撃音低いー腐朽進んでいる。

D：打つとめり込む感じー腐朽相当に進み、木材の強度はほとんどない。

c. 腐れ深さ測定

木材の残存断面を調べ、表面の劣化進行と腐朽深さとの関係を把握するための調査。アイスピック状の器具を部材表面から相当の力で押し込み、貫入深さを腐朽による断面欠損と考える。

d. 床下温湿度測定

デジタル温湿度計により、室内空気の床下への流入を極力避け測定。

e. 土の含水率測定

床下の土を採取した後、ビニール袋に密閉し、熱風循環乾燥器で乾燥させ、低減質量から含水率を計算する。

v) 非破壊試験による耐震性能推定

建物の振動特性を簡便に知る方法に、常時微動測定法がある。構造物の耐震性能と振動性状（固有周期等）の関連性を根拠にした推定手法である。建物の耐震性能指標の一つに壁量があり、これと固有周期との関連が明確になると現有耐震性能の把握は極めて簡便に行われることになる。

vi) 腐朽実態調査事例

耐久性劣化係数($k(x_i)$)を推定するには建物の劣化度調査を積み重ね、耐震性に及ぼす影響の大きな要因を抽出する必要がある。ここでは床下腐朽の実態調査の実例を述べる。

(1) [建物概要]：木造戸建て住宅 2階建 建築面積;81.98 m² 平成6年建築(築後9年)
基礎;鉄筋コンクリート 砂質地盤 床下防湿;ポリフィルム敷込み・火山灰押さえ 50 mm
床下換気孔開閉式 暖房方式;温水集中暖房

(2) 調査日時：平成15年7月30日

(3) 調査項目；

a. 木材含水率測定：Kett水分計HM520型（測定範囲2～50%）を使用。

b. ハンマー打診：市販小型ハンマー使用。 c. 腐れ深さ測定：アイスピック使用。

(4) 調査結果

調査結果を表-5, -6 および図-3～5 に示す。図の方は劣化の位置と劣化の進行度が分かるように縦細線でハッチを描いている。この高さが高い程、劣化が進んでおり（あるいは劣化の危険性が高く）、面積が大きい程、劣化（あるいは劣化の危険性）の範囲が広いことを表す。

全体的に床根太の劣化は相当進んでいると思われるが、土台は調査個所については腐朽の様子は見られない。個々の調査個所を比較検討すると、ハンマー打診と腐れ深さは劣化度、腐朽の程度はほぼ同様な傾向を示しているが、含水率は必ずしもその傾向が一致していない。木材の腐朽が進み過ぎるとセルロース分解による水分は逆に減少してくること、ま

た、高含水でも腐朽は即座には発生せず、時間の遅れがあることによるものと思われる。

g) 改定精密診断法による計算

文献1)の診断法は、2004年7月に大幅に改定された⁴⁾。この改定精密診断法は、現行の建築基準法の構造計算方法を準用し、精緻化と内容の大幅充実を図ったものである。

本章では、旧診断法の事例のうち、15例について改定診断法を用い再計算の結果を示す(表-7)。

i) 改定診断法の種類と計算要素

診断法は大きく3種に分類される。

(1)「誰でもできるわが家の耐震診断」：一般ユーザー向け

(2)「一般診断法」：建築士および建築関係者向け

(3)「精密診断法」：建築士向け

精密診断法には次の4種類の方法が用意される。

①保有耐力診断法(精密診断法1)

②保有水平耐力計算による方法(精密診断法2)

③限界耐力計算による方法(精密診断法2)

④時刻歴応答解析による方法(精密診断法2)

本報告では、より一般的な精密診断法と思われる①保有耐力診断法を採用した。新たに付加された計算要素は、 A_i 分布、構造特性係数 D_s 、基準耐力と剛性(絶対値)、床倍率、開口係数、形状割増係数、接合部係数、劣化係数などであり、極めて複雑な計算法になっている。

ii) 計算フォーマット

改定精密診断法は、極めて複雑な計算手法になっているため、計算フォーマットを作っておく必要がある。付図-3~20にエクセルを用いた計算表を示す。表-7~9、図-7,8にこのフォーマットを用いた前述の15例の計算結果を示す。旧診断法に比べ特徴的なことは、旧法では評価点の高いグループが、改定法では大きく点を下げた例が多いことである(1.67~2.00→0.92~2.53)。これは1-2階間の接合部係数の導入による。表-10に、新旧の診断法による評価値比較を示した。表から分かるように、「新/旧」の値は0.49~1.59(平均1.05)となっておりかなりのバラツキがある。今回の事例では、一定の傾向は出ていない。

h) 常時微動測定と耐震診断

前述の住宅と別に、建築後25年の2階建て在来構法住宅の常時微動測定を行った。結果は表-11のように、1階はX、Y方向とも固有振動数2.881Hz(固有周期0.35sec)であった。また改定精密診断法による評価点は表-11のとおりであり、この例からは評点と固有周期の関係は明らかではない。

i) まとめ

本研究は、既存住宅の現存耐震性能を、建設当初の初期値と経年変化による劣化係数の乗数で推定しようとするものである。まず、耐震性能初期値の推定に、「木造住宅精密診断法」を用い、2000年建築の住宅6棟と1979年建設20棟の新旧住宅の評点を算出した。その結果、新築住宅は全て1.5以上(安全)、旧住宅は全て0.8以下(やや危険、倒壊の恐れあり)と耐震性に大きな差のあることが分かった。その要因が1981年の規準法改正(所要壁量大幅増)に伴うものかは、今後、早急に究明していく必要がある。また、2004年7月に改

定された精密診断法によると、古い住宅の評点は大きな違いはなかったが、新しい住宅は大きく低下する例があった。その要因は、1-2階間の接合部の不備である。また、同一建物の新・旧の診断法による評点には大きなバラツキがあり、一定の関連は求められなかった。

一方で、耐震性に大きな影響を及ぼす劣化要因と劣化係数を引き続き追求していくため、床下腐朽住宅の劣化実態調査を行った。ここでは、本報告の調査方法の有効性を確認した。

表-1 耐震精密診断結果一覧（S54年竣工物件）

No.	建物所在地	建築年	階数	用途	工法	1階面積 (m ²)	2階面積 (m ²)	延べ面積 (m ²)	壁倍率 (外壁)	有効壁長さ(m)		診断結果	
										1階	2階	評価	判定
1	札幌市西区	1979年	2	専用住宅	在来軸組	61.27	35.6	96.87	1.5	11.75	14.00	0.34	倒壊又は大破壊の危険政
2	札幌市中央区	1979年	2	専用住宅	在来軸組	52.99	54.54	98.53	1.5	8.00	16.25	0.44	倒壊又は大破壊の危険政
3	札幌市白石区	1979年	2	専用住宅	在来軸組	69.14	33.12	102.26	1.5	9.75	23.25	0.33	倒壊又は大破壊の危険政
4	札幌市厚別区	1979年	2	専用住宅	在来軸組	73.70	37.26	110.96	1.5	17.50	15.25	0.42	倒壊又は大破壊の危険政
5	札幌市北区	1979年	2	専用住宅	在来軸組	72.90	27.54	100.44	1.5	29.00	15.50	0.78	やや危険である
6	恵庭市島松	1979年	2	専用住宅	在来軸組	72.87	33.95	106.82	1.5	14.50	22.75	0.41	倒壊又は大破壊の危険政
7	札幌市豊平区	1979年	2	専用住宅	在来軸組	82.81	51.34	134.15	1.5	19.00	25.50	0.37	倒壊又は大破壊の危険政
8	札幌市東区	1979年	2	専用住宅	在来軸組	75.42	43.29	118.71	1.5	15.50	24.00	0.65	倒壊又は大破壊の危険政
9	札幌市北区	1979年	2	専用住宅	在来軸組	68.73	33.12	101.85	1.5	29.00	7.00	0.22	倒壊又は大破壊の危険政
10	札幌市白石区	1979年	2	専用住宅	在来軸組	81.97	35.61	117.58	1.5	14.00	21.00	0.31	倒壊又は大破壊の危険政
11	札幌市西区	1979年	2	専用住宅	在来軸組	77.76	76.14	153.9	2.0	24.25	26.00	0.54	倒壊又は大破壊の危険政
12	札幌市南区	1979年	2	専用住宅	在来軸組	59.62	43.88	103.5	2.0	22.50	16.50	0.72	やや危険である
13	札幌市豊平区	1979年	2	専用住宅	在来軸組	66.79	51.88	118.67	1.5	16.75	19.50	0.56	倒壊又は大破壊の危険政
14	札幌市白石区	1979年	2	専用住宅	在来軸組	81.81	54.27	136.08	2.0	20.25	30.75	0.38	倒壊又は大破壊の危険政
15	江別市大麻	1979年	2	専用住宅	在来軸組	76.19	42.23	118.42	1.5	24.25	16.00	0.39	倒壊又は大破壊の危険政
16	札幌市西区	1979年	2	専用住宅	在来軸組	81.15	49.68	130.83	2.0	24.00	27.75	0.46	倒壊又は大破壊の危険政
17	石狩市花川	1979年	2	専用住宅	在来軸組	74.11	46.17	120.28	2.0	20.50	20.50	0.72	やや危険である
18	南幌町	1979年	2	専用住宅	在来軸組	79.49	38.92	118.41	1.5	19.25	20.75	0.79	やや危険である
19	江別市野幌	1979年	2	専用住宅	在来軸組	64.59	43.06	107.65	1.5	23.00	15.00	0.57	倒壊又は大破壊の危険政
20	札幌市南区	1979年	2	専用住宅	在来軸組	70.38	38.92	109.30	1.5	20.00	18.75	0.66	倒壊又は大破壊の危険政

表-2 耐震精密診断結果一覧（H12年竣工物件）

No.	建物所在地	建築年	階数	用途	工法	1階面積 (m ²)	2階面積 (m ²)	延べ面積 (m ²)	壁倍率 (外壁)	有効壁長さ(m)		診断結果	
										1階	2階	評価	判定
1	当別町太美	2000年	2	専用住宅	2×4	66.66	49.27	115.93	4.5	77.25	51.25	1.91	安全である
2	当別町太美	2000年	2	専用住宅	2×4	63.75	52.79	116.54	4.5	79.00	47.00	1.67	安全である
3	当別町太美	2000年	2	専用住宅	2×4	50.51	46.37	96.88	4.5	65.75	52.50	1.73	安全である
4	当別町太美	2000年	2	専用住宅	2×4	50.51	46.37	96.88	4.5	65.75	52.50	1.73	安全である
5	当別町太美	2000年	2	専用住宅	2×4	50.51	46.37	96.88	4.5	61.25	52.50	2.00	安全である
6	当別町太美	2000年	2	専用住宅	2×4	50.51	46.37	96.88	4.5	61.25	52.50	2.00	安全である

1. 木造住宅耐震精密診断結果

表-3 精密診断評価点分布

評価	倒壊または大破壊の危険性がある							やや危険である			一応安全である					安全である				
	0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0	1.0~1.1	1.1~1.2	1.2~1.3	1.3~1.4	1.4~1.5	1.5~1.6	1.6~1.7	1.7~1.8	1.8~1.9	1.9~2.0
件数	0	0	1	6	4	3	2	4	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	2
累計	0	0	1	7	11	14	16	20	20	20	20	20	20	20	20	21	23	23	24	26

注) 評価の数値間の範囲は、以上、未満であ

表-4 評価点分布

評価	0~0.7	0.7~1.0	1.0~1.5	1.5~2.0	2.0~
79	16	4	0	0	0
00	0	0	0	4	2
合計	16	4	0	4	2

88

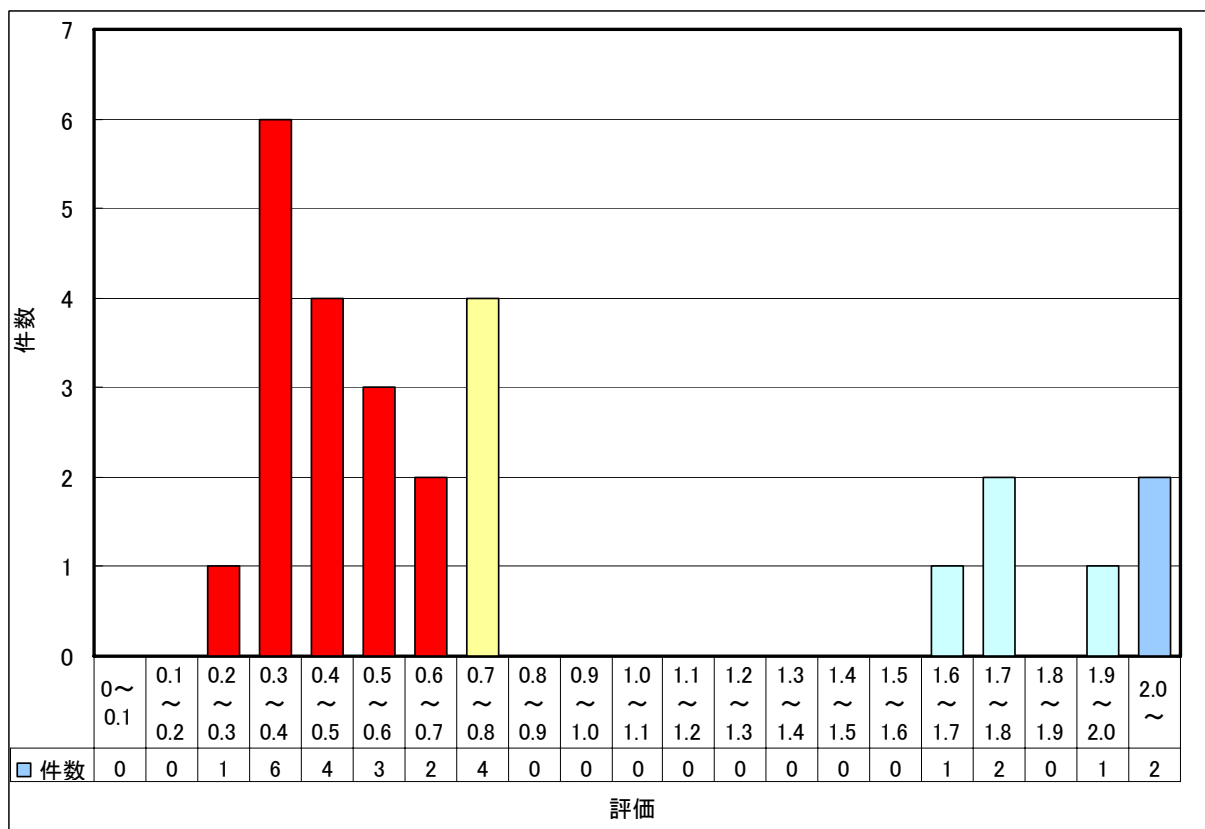


図-1 精密診断評価点分布

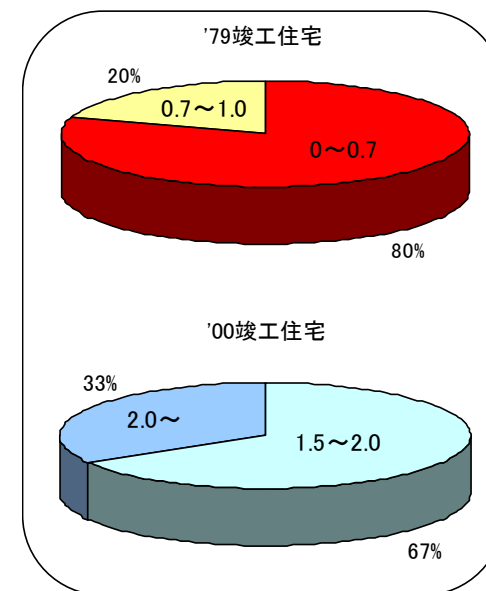


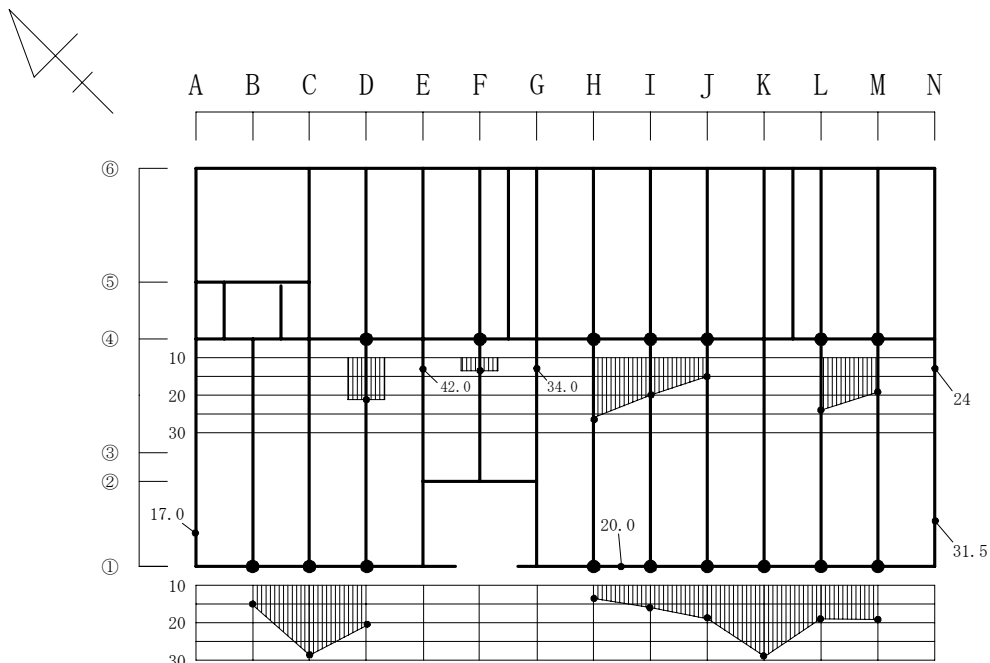
図-2

表-5 大引腐朽調査結果

測定位置		木材含水率(%)	ハンマー打診	腐れ深さ(cm)	特記事項
B ①-④	外端	15	B	0	腐朽なし
	内端	-	-	-	
C ①-④	外端	28.5	C	0	
	内端	-	-	-	
D ①-④	外端	20.5	C	3	
	内端	21	D	2	
F ②-④	外端	-	-	-	
	内端	13	D	4	全面腐朽
H ①-④	外端	13	D	4	全面腐朽
	内端	26	A	0	健全
I ①-④	外端	16	D	4	子実体あり
	内端	20	B	0	腐朽なし
J ①-④	外端	18	C	3	
	内端	15	C	1	
K ①-④	外端	28.5	B	0	腐朽なし
	内端	-	-	-	
L ①-④	外端	18.5	A	0	健全
	内端	24.5	B	0	腐朽なし
M ①-④	外端	18.5	D	3	
	内端	18.5	B	0	腐朽なし

表-6 土台腐朽調査結果

測定位置		木材含水率(%)	ハンマー打診	腐れ深さ(cm)	特記事項
A ①-④	外端	17	B	0	腐朽なし
H-I ①	中央部	20	B	0	腐朽なし
N ①-④	外端	31.5	A	0	健全
	中央部	-	B	0	腐朽なし
	内端	24	A	0	健全



注 1) 土台は測定箇所ごとに表示

注 2) ● : 測定箇所

図 3 大引・土台の含水率(%)

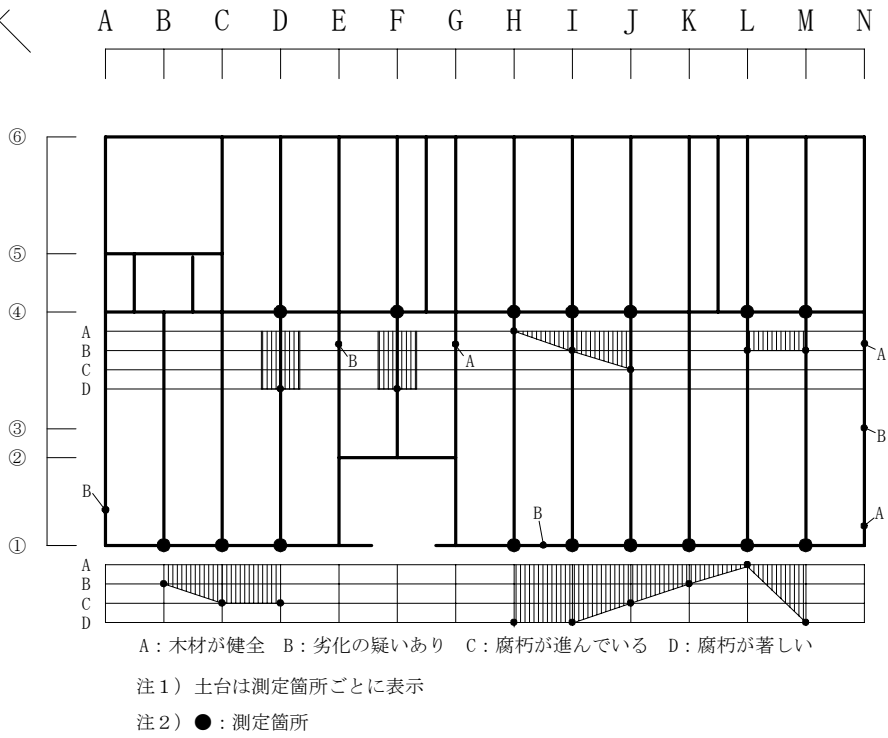


図4 大引・土台のハンマー打診(A~D)

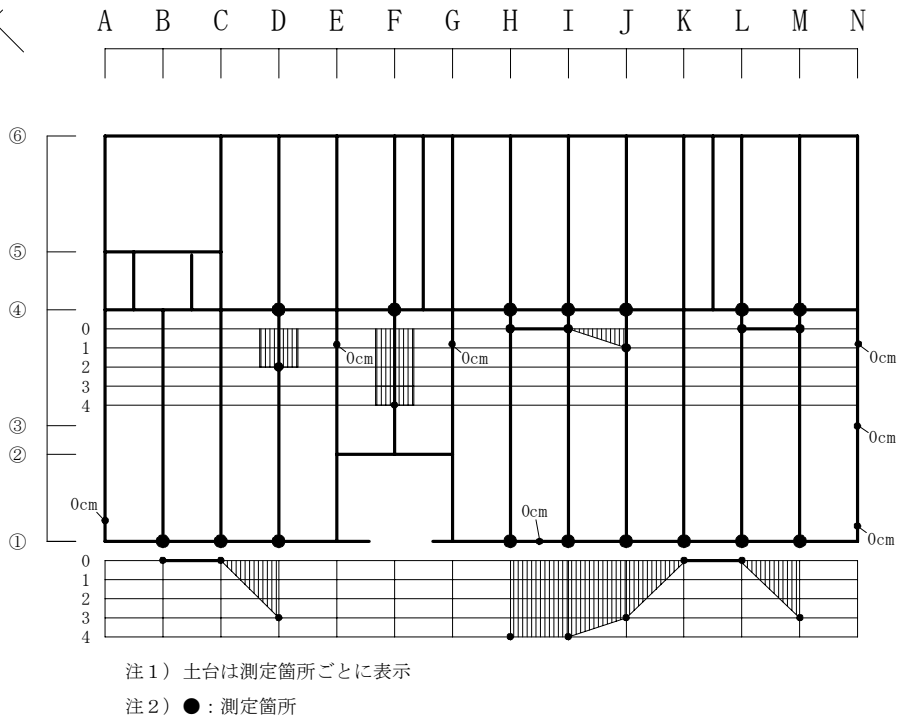
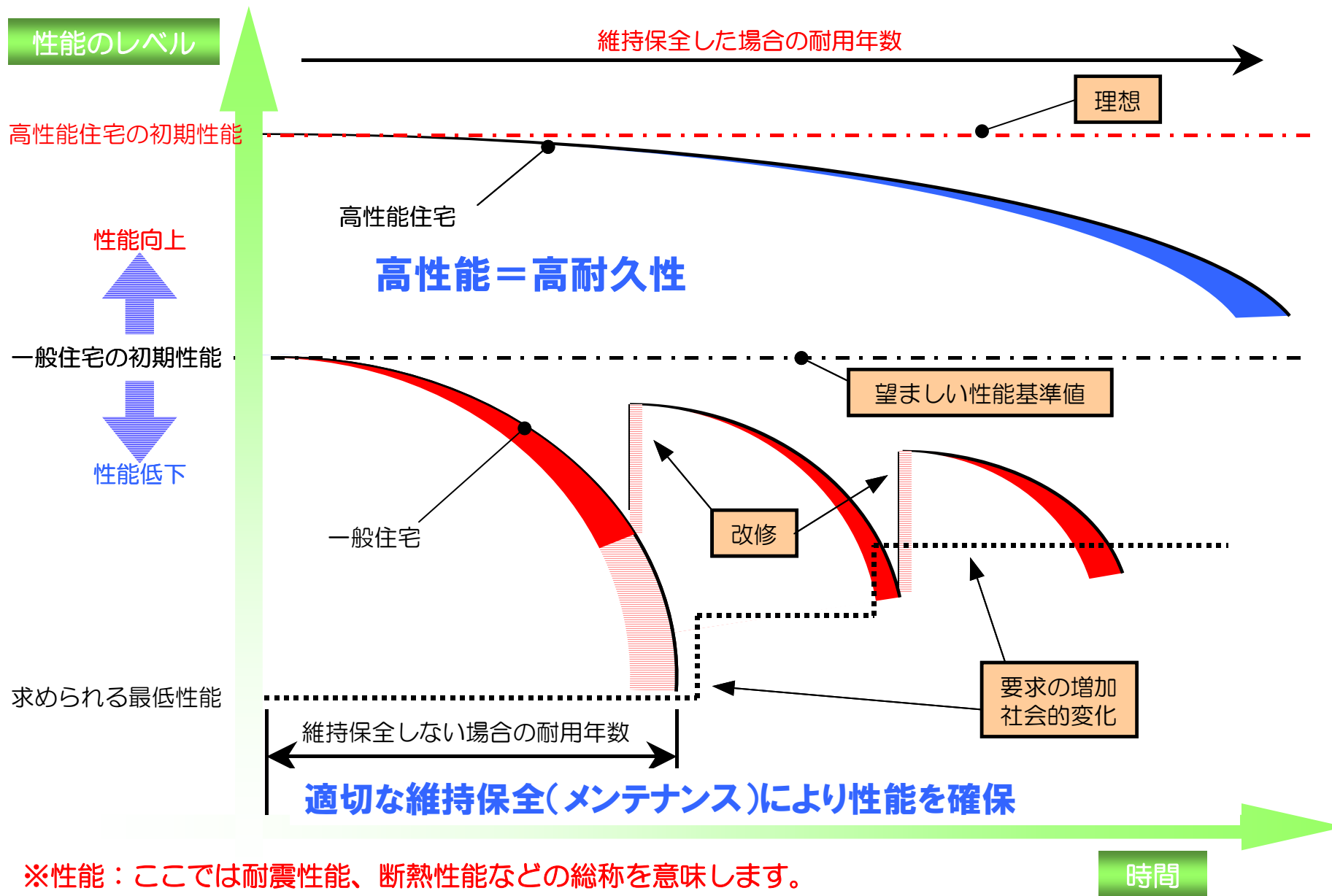


図5 大引・土台の腐れ深さ(cm)



※性能：ここでは耐震性能、断熱性能などの総称を意味します。

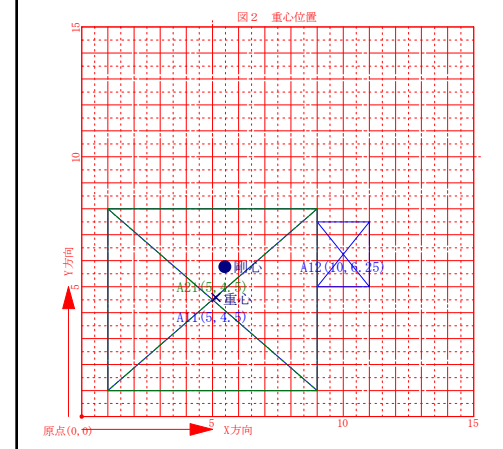
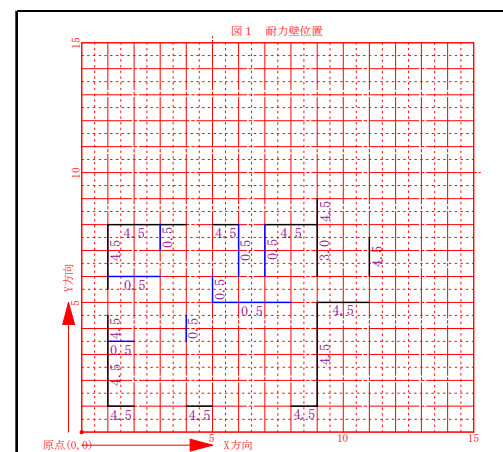
図-6 高耐久性の概念図

付図-1 精密診断総合評点計算フォーマット (2000年)

表1 剛心の計算 (単位:P 1P=0.91m)

通りNo.	(単位:P 1P=0.91m)											
	y軸距離 Y	耐力壁長 L _{Bx}	壁倍率 α	有効壁長 α・L _{Bx}	無開口壁長 L _{Tx}	壁倍率 β	有効壁長 β・L _{Tx}	L _y =αL _B +βL _T	L _x ・Y	剛心位置 Y _s	Y - Y _s	L _y ・(Y - Y _s) ²
1	1	6	4.5	27	0	0	0	27.00	27.00	5.73	-4.73	604.08
2	3	0	0	0	1	0.5	0.5	0.50	1.50	5.73	-2.73	3.73
3	4	0	0	0	1	0.5	0.5	0.50	2.00	5.73	-1.73	1.50
4	5	0	0	0	1	0.5	0.5	0.50	2.50	5.73	-0.73	0.27
5	6	0	0	0	2	0.5	1	1.00	6.00	5.73	0.27	0.07
6	7	0	0	0	2	0.5	1	1.00	7.00	5.73	1.27	1.61
7	9	5	4.5	22.5	0	0	0	22.50	202.50	5.73	3.27	240.58
8	9	2	3	6	0	0	0	6.00	54.00	5.73	3.27	64.16
9	11	1.5	4.5	6.75	0	0	0	6.75	74.25	5.73	5.27	187.46
10												
11												
12												
Σ								65.75	376.75			1103.46

通りNo.	(単位:P 1P=0.91m)											
	x軸距離 X	耐力壁長 L _{Bx}	壁倍率 α	有効壁長 α・L _{Bx}	無開口壁長 L _{Tx}	壁倍率 β	有効壁長 β・L _{Tx}	L _y =αL _B +βL _T	L _y ・X	剛心位置 X _s	X - X _s	L _y ・(X - X _s) ²
1	1	3	4.5	13.5	0	0	0	13.50	13.50	5.52	-4.52	275.69
2	3.5	0	0	0	1	0.5	0.5	0.50	1.75	5.52	-2.02	2.04
3	5	2	4.5	9	3	0.5	1.5	10.50	52.50	5.52	-0.52	2.83
4	6	0	0	0	2	0.5	1	1.00	6.00	5.52	0.48	0.23
5	8	6	4.5	27	0	0	0	27.00	216.00	5.52	2.48	166.19
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
Σ								52.50	289.75			446.98



92

表2 重心の計算 (単位:P 1P=0.91m)

部分 i	面積 A _{1i}	X方向の重心			Y方向の重心		
		図心位置 Y _{1i}	A _{1i} ・Y _{1i}	重心位置 Y _g	図心位置 X _{1i}	A _{1i} ・X _{1i}	重心位置 X _g
1	56	4.5	252	4.56	5	280	5.16
2	5	6.25	31.25		10	50	
3							
4							
5							
Σ	61		283.25			330	
i	A _{2i}	Y _{2i}	A _{2i} ・Y _{2i}		X _{2i}	A _{2i} ・X _{2i}	
1	56	4.5	252		5	280	
2							
3							
4							
5							
Σ	56		252			280	

表3 偏心率

	x方向	y方向
偏心率 e _y	1.17	0.36
弾力半径 r _{e_x}	4.86	5.43
偏心率 R _{e_x}	0.24	0.07

所要有効壁長さ L_r

16.79

表4 評価

地盤・基礎	A	1
建物の形・壁の配置	X方向	0.77
	Y方向	1.00
筋かい・壁の割合	X方向	2.78
	Y方向	2.25
老朽度	F	I

総合評価 判定

1.73	安全である
------	-------

屋根荷重係数	11 (11 or 15)
屋根種類	荷重係数
軽い屋根	鉄板葺 石綿葺 スレート葺
重い屋根	茅葺 瓦葺

付図-2 精密診断総合評点計算フォーマット (1979年)

表1 剛心の計算 (単位:P 1P=0.91m)

通りNo.	y軸距離 Y	耐力壁長 L _{BX}	壁倍率 α	有効壁長 α・L _{BX}	無開口壁長 L _{TX}	壁倍率 β	有効壁長 β・L _{TX}	L _X =αL _B +βL _T	L _X ・Y	剛心位置 Y _S	Y - Y _S	L _X ・(Y - Y _S) ²
1	1	2.5	1.5	3.75	0	0	0	3.75	3.75	6.07	-5.07	96.57
2	3	0	0	0	1.5	0.5	0.75	0.75	2.25	6.07	-3.07	7.09
3	4	0	0	0	2.5	1.5	3.75	3.75	15.00	6.07	-2.07	16.14
4	5	0	0	0	3	0.5	1.5	1.50	7.50	6.07	-1.07	1.73
5	8	0	0	0	4	0.5	2	2.00	16.00	6.07	1.93	7.41
6	9.5	0	0	0	1	0.5	0.5	0.50	4.75	6.07	3.43	5.87
7	11	1	1.5	1.5	0	0	0	1.50	16.50	6.07	4.93	36.39
8	12	2	1.5	3	0	0	0	3.00	36.00	6.07	5.93	105.33
9												
10												
11												
12												
Σ								16.75	101.75			276.53
Σ								19.50	107.75			234.74

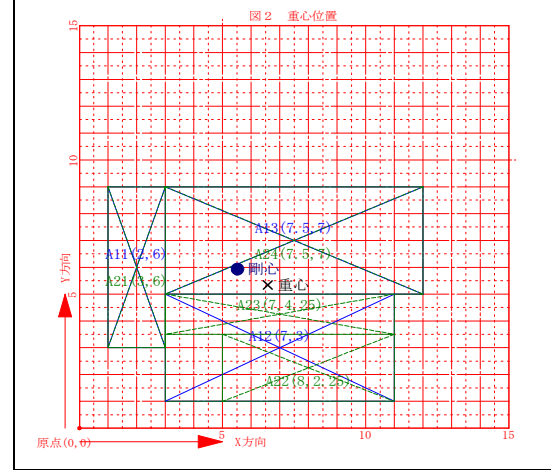
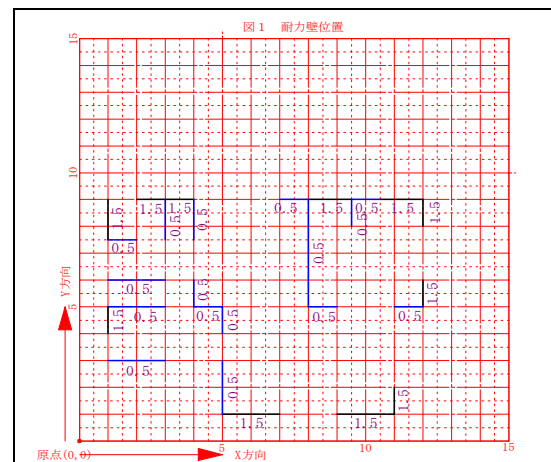


表2 重心の計算 (単位:P 1P=0.91m)

部分 i	面積 A _{1i}	X方向の重心		重心位置 Y _g	Y方向の重心	
		図心位置 Y _{1i}	A _{1i} ・Y _{1i}		図心位置 X _{1i}	A _{1i} ・X _{1i}
1階				5.37		
1	12	6	72		2	24
2	32	3	96		7	224
3	36	7	252		7.5	270
4						
5						
Σ	80		420		518	
2階				6.57		
i	A _{2i}	Y _{2i}	A _{2i} ・Y _{2i}		X _{2i}	A _{2i} ・X _{2i}
1	12	6	72		2	24
2	15	2.25	33.75		8	120
3	12	4.25	51		7	84
4	36	7	252		7.5	270
5						
Σ	75		408.75		498	

表3 偏心率

	x方向	Y方向
偏心距離 e _y	0.70	1.05
弾力半径 r _{e,x}	5.52	5.12
偏心率 R _{e,x}	0.13	0.20

所要有効壁長さ L_r

22.3

表4 評価

地盤・基礎	A		I	
	B×C	X方向		
建物の形・壁の配置	B×C	X方向	1.00	0.85
		Y方向	0.85	
筋かい・壁の割合	D×E	X方向	0.67	0.67
		Y方向	0.75	
老朽度	F		1	

総合評価	判定
0.56	倒壊または大破

2. 木造住宅改正耐震精密診断結果（保有耐力法）

表-7 評価点分布

評価	倒壊または大破壊の危険性がある							やや危険である			一応安全である					安全である					
	0.1以下	0.1超 0.2以下	0.2超 0.3以下	0.3超 0.4以下	0.4超 0.5以下	0.5超 0.6以下	0.6超 0.7以下	0.7超 0.8以下	0.8超 0.9以下	0.9超 1.0以下	1.0超 1.1以下	1.1超 1.2以下	1.2超 1.3以下	1.3超 1.4以下	1.4超 1.5以下	1.5超 1.6以下	1.6超 1.7以下	1.7超 1.8以下	1.8超 1.9以下	1.9超 2.0以下	2.0超
件数	0	0	1	2	2	1	1	1	0	2	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	2
累計	0	0	1	3	5	6	7	8	8	10	10	10	11	12	13	13	13	13	13	13	15

表-8 評価点分布

評価	0.7以下	0.7超 1.0以下	1.0超 1.5以下	1.5超 2.0以下	2.0超
79	7	1	0	0	0
00	0	2	3	0	2
合計	7	3	3	0	2

74

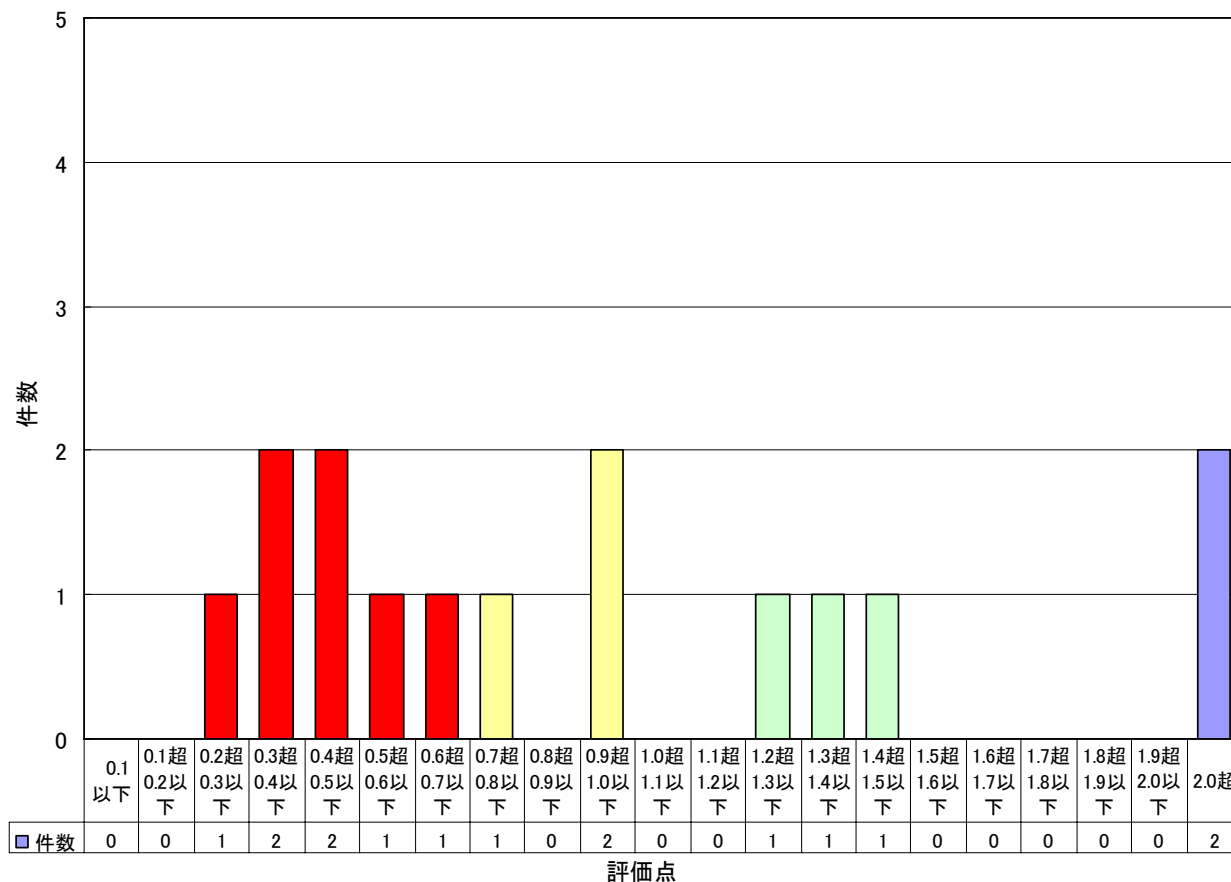


図-7 改正精密診断評価点分布

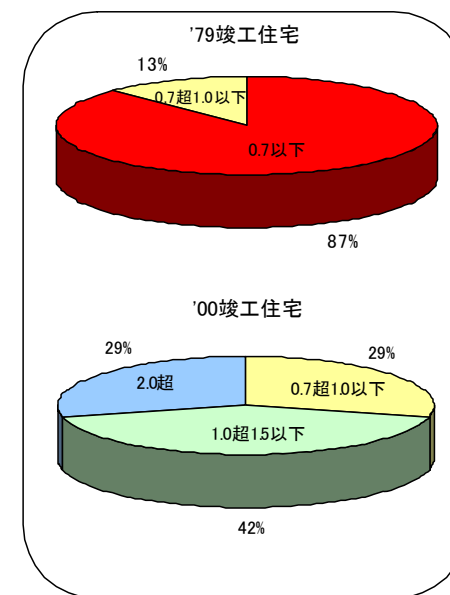


図-8 評価点分布率

表-9 耐震精密診断結果一覧

No.	建物情報										算出結果									
	建築年次	用途	工法	階数	木造比 木造h/最高h	建物重量 区分	1階 外壁開口 率(%)	2階 外壁開口 率(%)	1階 床面積 (m2)	2階 床面積 (m2)	述べ床面 積(m2)	1階 偏心率	2階 偏心率	剛性率	2階床 1階屋根 倍率	3階床 2階屋根 倍率	1階評点	2階評点	評点	判定
1	1979	住宅	在来軸組工法	2	1	軽い	12.1	14.1	66.79	51.88	118.67	0.17	0.38	0.83	0.88	0.90	0.46	0.27	0.27	倒壊する可能性が高い
2	1979	住宅	在来軸組工法	2	1	重い	23.6	11.1	71.28	51.03	122.31	0.57	0.21	0.84	0.93	0.90	0.34	0.57	0.34	倒壊する可能性が高い
3	1979	住宅	在来軸組工法	2	1	重い	20.2	13.8	81.81	54.27	136.08	0.19	0.15	0.81	0.88	0.90	0.60	0.79	0.60	倒壊する可能性が高い
4	1979	住宅	在来軸組工法	2	1	重い	15.9	9.7	72.87	33.95	106.82	0.29	0.11	0.75	0.89	0.90	0.54	0.74	0.54	倒壊する可能性が高い
5	1979	住宅	在来軸組工法	2	1	軽い	16.3	11.1	82.81	51.34	134.15	0.52	0.36	0.90	0.97	0.90	0.35	0.48	0.35	倒壊する可能性が高い
6	1979	住宅	在来軸組工法	2	1	軽い	16.4	10.0	61.27	35.60	96.87	0.35	0.17	0.91	0.85	0.90	0.42	0.91	0.42	倒壊する可能性が高い
7	1979	住宅	在来軸組工法	2	1	軽い	19.5	20.2	52.99	45.54	98.53	0.13	0.15	0.72	0.94	0.90	0.58	0.48	0.48	倒壊する可能性が高い
8	2000	住宅	在来軸組工法	2	1	軽い	22.1	9.2	123.39	98.54	221.93	0.17	0.31	0.63	0.94	1.10	1.37	1.84	1.37	一応倒壊しない
9	2000	住宅	ツーバイフォー工法	2	1	軽い	15.0	10.6	66.66	49.27	115.93	0.22	0.02	0.73	0.99	0.70	1.28	0.94	0.94	倒壊する可能性がある
10	2000	住宅	ツーバイフォー工法	2	1	軽い	11.4	10.5	63.76	52.79	116.55	0.13	0.06	0.80	1.04	0.70	1.42	1.26	1.26	一応倒壊しない
11	2000	住宅	ツーバイフォー工法	2	1	軽い	11.6	9.7	50.51	46.37	96.88	0.15	0.10	0.96	1.06	0.70	2.53	2.81	2.53	倒壊しない
12	2000	住宅	ツーバイフォー工法	2	1	軽い	11.3	10.7	50.51	46.37	96.88	0.15	0.10	0.96	1.06	0.70	2.53	2.81	2.53	倒壊しない
13	2000	住宅	ツーバイフォー工法	2	1	軽い	11.3	10.7	50.51	46.37	96.88	0.21	0.15	0.82	1.06	0.70	1.40	1.41	1.40	一応倒壊しない
14	2000	住宅	在来軸組工法	2	1	軽い	13.3	14.1	123.39	98.54	221.93	0.34	0.06	0.62	0.94	1.10	0.92	3.53	0.92	倒壊する可能性がある
15	1979	住宅	在来軸組工法	2	1	軽い	22.2	9.1	77.76	33.21	110.97	0.20	0.24	0.84	0.83	0.70	0.99	0.72	0.72	倒壊する可能性がある

表-10 精密診断法新旧対比表

No.	建物情報					新精密診断結果（保有耐力法）		旧精密診断結果		評点比 新評点／ 旧評点
	コード	建築 年次	用途	工法	階数	評点	判定	評点	判定	
1	1979001	1979	住宅	在来軸組工法	2	0.27	倒壊する可能性が高い	0.56	倒壊又は大破壊の危険性がある	0.49
3	1979003	1979	住宅	在来軸組工法	2	0.60	倒壊する可能性が高い	0.38	倒壊又は大破壊の危険性がある	1.59
4	1979004	1979	住宅	在来軸組工法	2	0.54	倒壊する可能性が高い	0.41	倒壊又は大破壊の危険性がある	1.31
5	1979005	1979	住宅	在来軸組工法	2	0.35	倒壊する可能性が高い	0.37	倒壊又は大破壊の危険性がある	0.95
6	1979006	1979	住宅	在来軸組工法	2	0.42	倒壊する可能性が高い	0.34	倒壊又は大破壊の危険性がある	1.22
7	1979007	1979	住宅	在来軸組工法	2	0.48	倒壊する可能性が高い	0.44	倒壊又は大破壊の危険性がある	1.10
8	1979008	1979	住宅	在来軸組工法	2	0.72	倒壊する可能性がある	0.54	倒壊又は大破壊の危険性がある	1.34
9	2000001	2000	住宅	ツーバイフォー工法	2	0.94	倒壊する可能性がある	1.91	安全である	0.49
10	2000002	2000	住宅	ツーバイフォー工法	2	1.26	一応倒壊しない	1.67	安全である	0.75
11	2000003	2000	住宅	ツーバイフォー工法	2	2.53	倒壊しない	2	安全である	1.27
12	2000004	2000	住宅	ツーバイフォー工法	2	2.53	倒壊しない	2	安全である	1.27
13	2000005	2000	住宅	ツーバイフォー工法	2	1.40	一応倒壊しない	1.73	安全である	0.81

表-11 1階微動解析結果

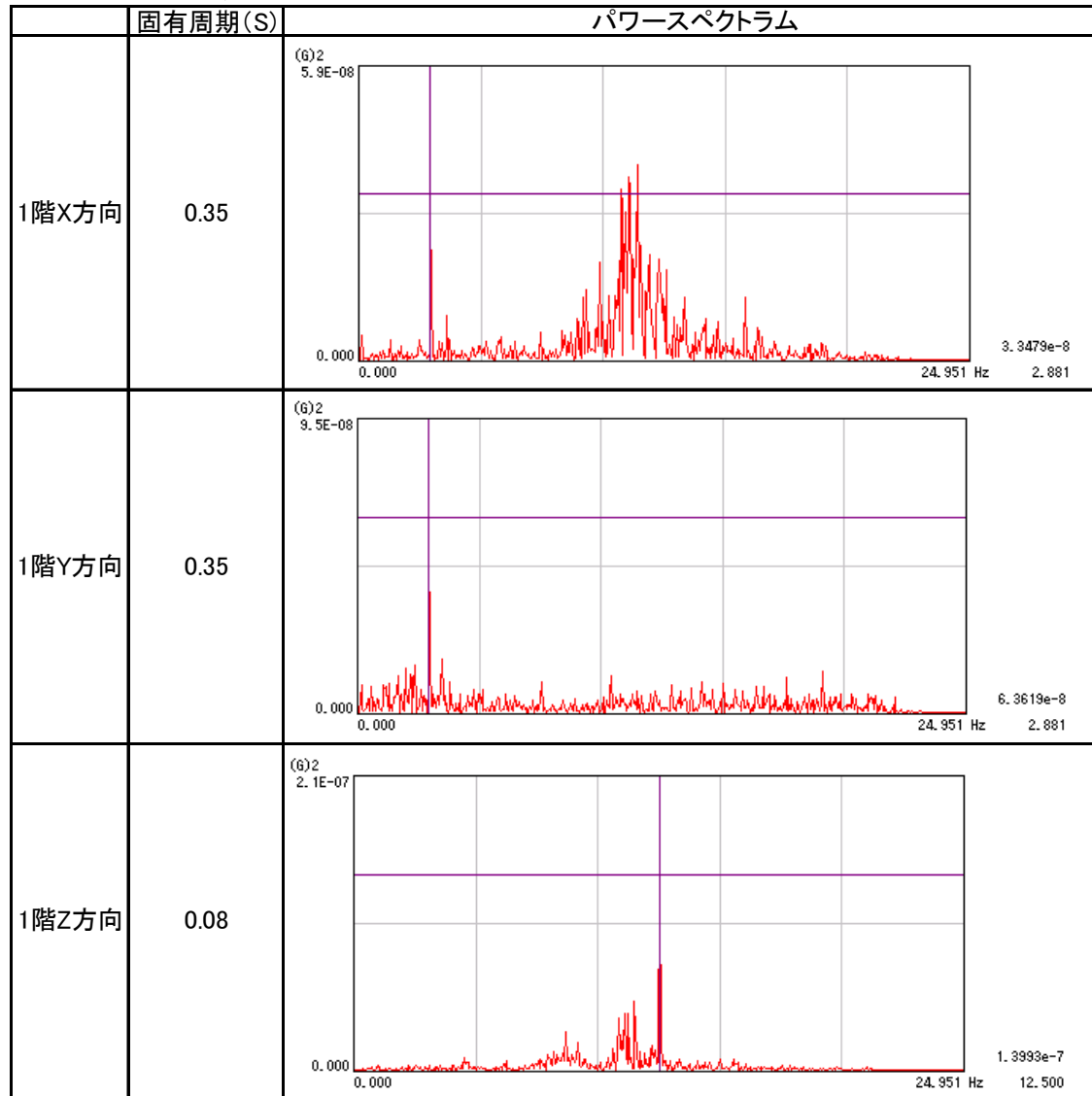


表-12 1階耐震精密診断評点

		充足率 (評点) Qd/Qr	判定
1階	X方向	1.08	一応倒壊しない
	Y方向	0.34	倒壊する可能性が高い

付図-3 改正耐震精密診断計算フォーマット[建物概要]

1. 建物概要

建物整理番号	2000003		
(1) 建物名称	太美住宅C-16 邸		
(2) 所在地	北海道当別町獅子内		
(3) 建物用途	住宅		
(4) 建物階数	2階		
(5) 建物構造	ツブバイフォー工法		
(6) 混構造の有無	なし		
混構造の場合の1階構造			
(7) 建築年(西暦)	2000年		
経年	4年		
増改築年	年前		
(8) 床面積	3階	0.00 m ²	0.00 坪
	2階	52.79 m ²	15.95 坪
	1階	63.76 m ²	19.26 坪
	述べ床面積	116.55 m ²	35.21 坪
(9) グリッド幅	0.91 m		
(10) 階高	3階	0.00 m	
	2階	2.70 m	
	1階	2.93 m	
(11) 最高高さ	8.40 m		

3. 地盤・構造計画

(1) 地盤の状況	良い・普通
(2) 基礎の破損・亀裂など	なし
(3) 水平構面の状況	吹抜けなし
(4) 独立柱の有無	なし
(5) 横架材接合部の仕様	
(6) 屋根葺き材の仕様	長尺カラートタン
(7) 柱脚・柱頭接合部	<input type="checkbox"/> 平成12年建告1460号に適合(軸組のみ適用)

4. 各種の係数

(1) 地域係数(Z)	0.9
(2) 地盤種別(法令)	第1種地盤
(3) 積雪区分	多雪地域

多雪区域の場合の積雪深 **1.40 m**

5. 壁面開口率

(1) 外壁面開口率	3階	0.00 m	(2) 内壁面開口率	3階	0.00 m
	2階	10.49 m		2階	22.81 m
	1階	11.44 m		1階	27.93 m

2. 各部の構造(外壁・軸組(筋交い等)を除く)

(1) 屋根材料	カラーベスト、鉄板葺(軽い屋根)		
(2) 屋根勾配	大屋根 6 (寸)	下屋 0 (寸)	
(3) 下屋スパン	1階 1820 mm	2階 mm ←3640超えは空白	
(4) ケラバ、軒の出	1階 300以下 mm	2階 600超え900以下 mm	3階 mm ←屋根がある場合は空白にしない
(3) 基礎の形式	健全な鉄筋コンクリート布基礎		
(4) 筋交い接合部の仕様			
(5) 柱頭柱脚の仕様	仕様1	帯金物 S-65	
	仕様2		
(6) 床下地の仕様	仕様1	構造用合板12mm以上、根太@500以下転ばし、N50@150以下	
	仕様2	構造用合板24mm以上、根太なし直張り川の字釘打ち、N75@150以下	
(7) 屋根下地の仕様	5勾配以下、構造用パネル1・2・3級、垂木@500以下転ばし、N50@150以下		
(8) 桁梁構面の仕様			
(9) 建物短辺方向スパン	7.28 m		

基礎 I	許容値	4.06 (kN)
	許容値	0.00 (kN)
	床倍率	0.70
	床倍率	1.20
	床倍率	0.70
	床倍率	0.00

付図-4 改正耐震精密診断計算フォーマット[開口率計算]

外壁面開口部面積

階	部位	外壁面長さ (m)	壁面積 (m ²)	窓面積 (m ²)	W × H × 個 窓又は玄関ドアの面積の計算式		
					W	H	個
3階	北壁	0	0.00	0.00	x x	x x	x x
	東壁	0	0.00	0.00	x x	x x	x x
	南壁	0	0.00	0.00	x x	x x	x x
	西壁	0	0.00	0.00	x x	x x	x x
2階	北壁	7.28	19.66	1.87	1.7 × 1.1 × 1	x x	x x
	東壁	7.28	19.66	1.87	1.7 × 1.1 × 1	x x	x x
	南壁	7.28	19.66	3.74	1.7 × 1.1 × 2	x x	x x
	西壁	7.28	19.66	0.77	0.7 × 1.1 × 1	x x	x x
1階	北壁	9.1	26.63	2.71	1.7 × 1.1 × 1	0.7 × 0.6 × 2	x x
	東壁	7.28	21.30	1.07	0.5 × 0.6 × 1	0.7 × 1.1 × 1	x x
	南壁	9.1	26.63	7.19	0.9 × 2.3 × 1	1.7 × 1.1 × 1	2.5 × 1.3 × 1
	西壁	7.28	21.30	0.00	x x	x x	x x

グリッド間隔 0.91 m

内壁面開口部面積

階	部位	内壁線長さ		壁面積 (m ²) L × 階高	開口面積 (m ²) Lw × 2.2	扉・ドアの長さ	
		(P)	L (m)			(P)	Lw (m)
3階	X方向	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00
	Y方向	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00
2階	X方向	14.0	12.74	34.40	4.00	2.0	1.82
	Y方向	11.0	10.01	27.03	10.01	5.0	4.55
1階	X方向	16.0	14.56	42.60	8.01	4.0	3.64
	Y方向	19.0	17.29	50.59	18.02	9.0	8.19

内壁開口率 一般値 75% 一般値 40%

階	内壁					
	内壁線長さ (m)	外壁線長さ (m)	内壁線割合	内壁面面積	開口面積	開口率
3階	0	0	0.00	0.00	0.00	0
2階	22.75	29.12	78.13	61.43	14.01	22.8
1階	31.85	32.76	97.22	93.19	26.03	27.9

外壁開口率 一般値 40%

階	外壁				
	外壁線長さ (m)	階高 (m)	外壁面面積 (m ²)	開口部面積 (m ²)	開口率 (%)
3階	0	0.00	0.00	0.00	0
2階	29.12	2.70	78.62	8.25	10.49
1階	32.76	2.93	95.86	10.97	11.44

付図-5 改正耐震精密診断計算フォーマット[壁・基準耐力]

5. 壁・軸組（筋交い）の仕様と要素耐力・剛性

(1) 仕様リスト

	仕様No.	仕 様	修正前壁	修正前壁	筋交い	下地	壁要素	壁要素	
			要素耐力 (kN/m)	要素剛性 (kN/rad./m)	金物 修正係数	胴縁 仕様	耐力 (kN/m)	剛性 (kN/rad./m)	
外部の壁面	1	壁面(1)	仕上げ (大壁外)窯業系サイディング	-	-	-	<input checked="" type="checkbox"/>	1.70	196
			下地 (枠組)構造用パネル	-	-	-	<input type="checkbox"/>	5.90	900
								5.90	900
	2	壁面(2)	仕上げ	-	-	-	<input type="checkbox"/>	0	0
			下地	-	-	-	<input type="checkbox"/>	0	0
								0	0
	3	壁面(3)	仕上げ	-	-	-	<input type="checkbox"/>	0	0
			下地	-	-	-	<input type="checkbox"/>	0	0
								0	0

※仕上げ仕様を忘れずに記入して下さい。

内部の壁面	1	壁面(1)	仕上げ	-	-	-	-	0	0
			下地 (枠組)石こうボード t12mm以上	-	-	-	-	2.1	650
								2.1	650
	2	壁面(2)	仕上げ	-	-	-	-	0	0
			下地	-	-	-	-	0	0
								0	0
	3	壁面(3)	仕上げ	-	-	-	-	0	0
			下地	-	-	-	-	0	0
								0	0

軸組	1	筋交い(1)	-	0	0	0.8	-	0	0
			(たすきがけ)	0	0	0.6	-	0	0
	2	筋交い(2)	-	0	0	0.8	-	0	0
			(たすきがけ)	0	0	0.6	-	0	0

(2) 各階の外壁、内壁面の仕様

階	外壁		内壁	
	仕様No.	重量種別	仕様No.	重量種別
3階				
2階	1	軽い外壁	1	軽い内壁
1階	1	軽い外壁	1	軽い内壁

※仕様リストから仕様番号を入力

付図-6 改正耐震精密診断計算フォーマット[必要耐力の算定①]

6. 必要耐力の算定

(1) 床面積の計算

3階	左下X (P)	左下Y (P)	右上X (P)	右上Y (P)	左下X (m)	左下Y (m)	右上X (m)	右上Y (m)	ブロック面積 (m ²)
ブロック1									
ブロック2									
ブロック3									
ブロック4									
ブロック5									
ブロック6									
ブロック7									
3階合計									0.00

2階	左下X (P)	左下Y (P)	右上X (P)	右上Y (P)	左下X (m)	左下Y (m)	右上X (m)	右上Y (m)	ブロック面積 (m ²)
ブロック1	1	1	9	9	0.91	0.91	8.19	8.19	53.00
ブロック2									
ブロック3									
ブロック4									
ブロック5									
ブロック6									
ブロック7									
ブロック8									
ブロック9									
2階合計									53.00

1階	左下X (P)	左下Y (P)	右上X (P)	右上Y (P)	左下X (m)	左下Y (m)	右上X (m)	右上Y (m)	ブロック面積 (m ²)
ブロック1	1	1	11	9	0.91	0.91	10.01	8.19	66.25
ブロック2									
ブロック3									
ブロック4									
ブロック5									
ブロック6									
ブロック7									
ブロック8									
ブロック9									
1階合計									66.25

付図-7 改正耐震精密診断計算フォーマット[必要耐力の算定②]

(a) 建築基準法施行令に準じて求める方法

(2) 荷重表 (床面積当たり)

	屋根荷重 (kN/m ²)	外壁荷重 (kN/m ²)	内壁荷重 (kN/m ²)	床荷重 (kN/m ²)	積載荷重 (kN/m ²)
3階	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2階	1.05	0.60	0.50	0.60	0.60
1階	0.85	0.60	0.50	0.60	0.60

	短辺割増係 数	屋根荷重 (kN/m ²)	内外壁荷重 (kN/m ²)	床・積載荷重 (kN/m ²)	屋根荷重+内外壁荷重		建物の軽/ 重
					各階	最大値	
3階	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.15	軽い
2階	1.00	1.05	1.10	1.20	2.15		
1階	1.00	0.85	1.10	1.20	1.95		

(3) 支持荷重の計算

	床面積 (m ²)	屋根部分 面積 (m ²)	上階内外壁 荷重 (kN/m ²)	下階内外壁 荷重 (kN/m ²)	床・積雪 荷重 (kN/m ²)	床部分 荷重 (kN)	屋根面積割 増(短辺4m 以下)	屋根単位 荷重 (kN/m ²)	積雪割増 荷重 (kN/m ²)	屋根部分の 内外壁荷重 (kN)	屋根部分の 屋根荷重 (kN)	各層重量 (割増前) (kN)	短辺割増 係数 F	各層重量 (割増後) (kN)
3層目(4階 床レベル)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.82	0.00	0.00	0.00	1.05	0.00
2層目(3階 床レベル)	0.00	53.00	0.00	1.10	0.00	0.00	1.00	1.05	1.82	29.15	152.11	181.25		190.32
1層目(2階 床レベル)	53.00	13.25	1.10	1.10	1.20	121.90	1.20	0.85	1.82	7.29	42.45	171.64		180.22
1階床レベ ル	66.25	0.00	1.10	0.00	1.20	115.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	115.93		121.73

	支持重量 (kN)
3階	0.00
2階	190.32
1階	370.53

(4) 振動特性係数

階	階高 (m)	軒高 (m)	一次周期 T (秒)	地盤種別	振動特性 係数 Rt
3階	0				
2階	2.70	5.63	0.25206	1	1.00
1階	2.93				

(5) Ai分布の算定

階・方向	Ai分布の算定		
	支持重量 (kN)	α_i	Ai
3階	0.00	0.00	0.00
2階	190.32	0.51	1.25
1階	370.53	1.00	1.00

(6) 必要耐力の算定

	地域係数 Z	振動特性係 数 Rt	Ai分布	支持重量 Wi (kN)	標準せん断 力係数 Co	軟弱地盤 割増 (1.0/1.5)	地震力 Pi (kN)	必要耐力 Qd (kN)
3階	0.9	1.00	0.00	0.00	0.2	1.0	0.00	
2階	0.9	1.00	1.25	190.32	0.2	1.0	42.93	42.93
1階	0.9	1.00	1.00	370.53	0.2	1.0	66.70	66.70

付図-8 改正耐震精密診断計算フォーマット[必要耐力の算定③]

(b) 必要耐力表を用いる方法

(2) 床面積当たり必要耐力の算定

	床面積 (m ²)	建物の軽/ 重	Rf1	Rf2	床面積当たりの必要耐力の算定に用いる係数						床面積当 り必要耐力 (kN/m ²)	
					地域係数 Z	K1	K2	K3	K4	K5		K6
3階	0.00	軽い	0.80	0.00	0.9	0.88	1.33	-	-	-	-	-
2階	53.00				0.9							0.33
1階	66.25				0.9							0.57

(3) 必要耐力の算定

	床面積 (m ²)	床面積当 り必要耐力 (kN/m ²)	短辺割増	多雪区域 割増	混構造 割増	軟弱地盤 割増	必要耐力 Qd (kN)
3階	0.00	0	1.00	0.33	0.0	0.0	
2階	53.00	0.33	1.00	0.33	1.0	1.0	35.09
1階	66.25	0.57	1.00	0.33	1.0	1.0	59.48

(参考：必要耐力表)

	軽い建物	重い建物	非常に重い建物
平屋建て	$0.28 \times Z$	$0.40 \times Z$	$0.64 \times Z$
2階建て	2階 $0.28 \times K2 \times Z$	$0.40 \times K2 \times Z$	$0.64 \times K2 \times Z$
	1階 $0.72 \times K1 \times Z$	$0.92 \times K1 \times Z$	$1.22 \times K1 \times Z$
3階建て	3階 $0.28 \times K6 \times Z$	$0.40 \times K6 \times Z$	$0.64 \times K6 \times Z$
	2階 $0.72 \times K4 \times K5 \times Z$	$0.92 \times K4 \times K5 \times Z$	$1.22 \times K4 \times K5 \times Z$
	1階 $1.16 \times K3 \times Z$	$1.44 \times K3 \times Z$	$1.80 \times K3 \times Z$

(参考：形状割増係数)

	4m未満	4m以上6m未満	6m以上
割増係数	1.3	1.15	1

建物の重／軽

	屋根+外・内壁 (kN/m ²)	区分 基準
軽い建物	1.90	 2.20 3.37
重い建物	2.70	
非常に重い建物	4.05	

(参考：各係数の算定)

	軽い建物・重い建物の場合	非常に重い建物の場合
K1	$0.40 + 0.60 \times Rf1$	$0.53 + 0.47 \times Rf1$
K2	$1.19 + 0.11 / Rf1$ (Rf1が0.1を下回る場合は2.0)	$1.06 + 0.15 / Rf1$ (Rf1が0.1を下回る場合は2.0)
K3	$(0.25 + 0.75 \times Rf1) \times (0.62 + 0.38 \times Rf2)$ (Rf1、Rf2が0.1を下回る場合は2.0)	$(0.36 + 0.64 \times Rf1) \times (0.68 + 0.32 \times Rf2)$ (Rf1、Rf2が0.1を下回る場合は2.0)
K4	$0.40 + 0.60 \times Rf2$	$0.53 + 0.47 \times Rf2$
K5	$1.03 + 0.10 / Rf1 + 0.08 / Rf2$	$0.98 + 0.10 / Rf1 + 0.05 / Rf2$
K6	$1.23 + 0.10 / Rf1 + 0.23 / Rf2$	$1.04 + 0.13 / Rf1 + 0.24 / Rf2$

付図-9 改正耐震精密診断計算フォーマット[壁の耐力・剛性リスト]

7. 壁配置と壁による耐力・剛性

(1) 壁の耐力・剛性リスト

部位	番号	仕様	耐力	剛性
			(kN/m)	(kN/rad./m)
	0	該当なし	0	0
外部壁面	11	(枠組) 構造用パネル	5.9	900
	12			
	13			
内部壁面	21	(枠組) 石こうボード t12mm以上	2.1	650
	22			
	23			

部位	番号	仕様	耐力	剛性
			(kN/m)	(kN/rad./m)
軸組 (筋交い等)	0	筋交い等なし	0	0
	31	-	0	0
	32	(同上 筋交い)	0	0
	33	-	0	0
	34	(同上 筋交い)	0	0

参考表

開口低減係数

開口幅 (m)	単位長さあたりの強度の比率		
	1m以下	1m超え2m以下	2m超え(ただし、3m超えは3mとみなす)
窓型開口	0.4	0.3	0.2
掃き出し開口	0.2	0.15	0.1
無開口	1.0		

注1) 「窓型開口」: 垂れ壁・腰壁のある開口 (開口高さ600mmから1200mm程度のもの)

注2) 「掃き出し開口」: 垂れ壁がある開口 (垂れ壁高360mm以上のもの)

壁端柱の柱脚接合部の種類による低力低減係数

最上階 (平屋建ての1階を含む、ただし2階建て・3階建ての最上階はIの欄の数値を用いる)

壁の基礎耐力	2.5未満			2.5以上4.0未満			4.0以上6.0未満			6.0以上			
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
接合部仕様	基礎の仕様												
平12建告1460号に適合する仕様	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
	1.00	0.85	0.70	1.00	0.70	0.35	1.00	0.60	0.25	1.00	0.60	0.20	
	3kN以上	1.00	0.85	0.70	0.80	0.60	0.35	0.60	0.45	0.25	0.50	0.35	0.20
	3kN未満 (構面の両端が通し柱の場合)	0.70	0.70	0.70	0.60	0.50	0.35	0.45	0.35	0.25	0.35	0.30	0.20
3kN未満	0.70	0.70	0.70	0.35	0.35	0.35	0.25	0.25	0.25	0.20	0.20	0.20	

2階建ての1階、3階建ての1階及び2階用

壁の基礎耐力	2.5未満			2.5以上4.0未満			4.0以上6.0未満			6.0以上			
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
接合部仕様	基礎の仕様												
平12建告1460号に適合する仕様	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	0.80	1.00	0.85	0.70	1.00	0.80	0.60	
	3kN以上	1.00	1.00	1.00	0.90	0.80	0.80	0.90	0.80	0.70	0.80	0.70	0.60
	3kN未満 (構面の両端が通し柱の場合)	1.00	1.00	1.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.60	0.60
3kN未満	1.00	1.00	1.00	0.80	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.60	0.60	0.60	

付図-10 改正耐震精密診断計算フォーマット[壁の耐力・剛性 2階 X 方向]

2階 X 方向

Y座標 (P)	壁長 (P)	上側壁面 番号	壁要素 耐力 (kN/m)	壁要素 剛性 (kN/rad ./m)	下側壁面 番号	壁要素 耐力 (kN/m)	壁要素 剛性 (kN/rad ./m)	軸組 壁面 番号	壁要素 耐力 (kN/m)	壁要素 剛性 (kN/rad ./m)	壁基準 耐力 (kN/m)	壁基準 剛性 (kN/rad ./m)	Y座標 (m)	壁長 (m)	開口係 数	有効長 さ (m)	修正耐 力 (kN/m)	両端が 通し柱 である	接合部 の仕様 1or2	柱接合 部の耐 力 (kN)	接合部 係数	劣化 指数	劣化係 数	耐力 (kN)	剛性 (kN/rad./ m)	
1	1	4.0	21	2.10	650	11	5.90	900	0	0.00	0	8.00	1,550	0.91	3.64	1.00	3.64	8	□	1	4.06	0.50	1	1.0	14.6	2,821
2	1	4.0	21	2.10	650	11	5.90	900	0	0.00	0	8.00	1,550	0.91	3.64	0.30	3.00	2.4	□	1	4.06	0.50	1	1.0	3.6	698
3	2.5	1.0	21	2.10	650	21	2.10	650	0	0.00	0	4.20	1,300	2.275	0.91	1.00	0.91	4.2	□	0	0	0.25	1	1.0	1.0	296
4	4	4.0	21	2.10	650	21	2.10	650	0	0.00	0	4.20	1,300	3.64	3.64	1.00	3.64	4.2	□	0	0	0.25	1	1.0	3.8	1,183
5	4	1.0	21	2.10	650	21	2.10	650	0	0.00	0	4.20	1,300	3.64	0.91	0.20	0.91	0.84	□	0	0	0.25	1	1.0	0.2	59
6	5	4.0	21	2.10	650	21	2.10	650	0	0.00	0	4.20	1,300	4.55	3.64	1.00	3.64	4.2	□	0	0	0.25	1	1.0	3.8	1,183
7	5	1.0	21	2.10	650	21	2.10	650	0	0.00	0	4.20	1,300	4.55	0.91	0.20	0.91	0.84	□	0	0	0.25	1	1.0	0.2	59
8	6	3.0	21	2.10	650	21	2.10	650	0	0.00	0	4.20	1,300	5.46	2.73	1.00	2.73	4.2	□	0	0	0.25	1	1.0	2.9	887
9	9	6.0	11	5.90	900	21	2.10	650	0	0.00	0	8.00	1,550	8.19	5.46	1.00	5.46	8	□	1	4.06	0.50	1	1.0	21.8	4,232
10	9	2.0	11	5.90	900	21	2.10	650	0	0.00	0	8.00	1,550	8.19	1.82	0.30	1.82	2.4	□	1	4.06	0.50	1	1.0	2.2	423
11																			□				1			
12																			□				1			
13																			□				1			
14																			□				1			
15																			□				1			
16																			□				1			
17																			□							
18																			□							
19																			□							
20																			□							
21																			□							
22																			□							
23																			□							
24																			□							
25																			□							
26																			□							
27																			□							
28																			□							
29																			□							
30																			□							
31																			□							
32																			□							
33																			□							
34																			□							
35																			□							
合計				28.60	7,000		28.60	7,000		0.00	0	57.20	14,000				26.66	39.28						54.0	11,840	

付図-11 改正耐震精密診断計算フォーマット[壁の耐力・剛性 2階 Y 方向]

2階Y方向

	X座標 (P)	壁長 (P)	左側壁面 番号	壁要素 耐力 (kN/m)	壁要素 剛性 (kN/rad ./m)	右側壁面 番号	壁要素 耐力 (kN/m)	壁要素 剛性 (kN/rad ./m)	軸組 壁面 番号	壁要素 耐力 (kN/m)	壁要素 剛性 (kN/rad ./m)	壁基準 耐力 (kN/m)	壁基準 剛性 (kN/rad ./m)	Y座標 (m)	壁長 (m)	開口係 数	有効長 さ (m)	修正耐 力 (kN/m)	両端が 通し柱 である	接合部 の仕様 1or2	柱接合 部の耐 力 (kN)	接合部 係数	劣化 指数	劣化係 数	耐力 (kN)	剛性 (kN/rad. /m)
1	1	7.0	11	5.90	900	21	2.10	650	0	0.00	0	8.00	1,550	0.91	6.37	1.00	6.37	8	□	1	4.06	0.50	1	1.0	25.5	4,937
2	1	1.0	11	5.90	900	21	2.10	650	0	0.00	0	8.00	1,550	0.91	0.91	0.40	0.91	3.2	□	1	4.06	0.50	1	1.0	1.5	282
3	4	3.0	21	2.10	650	21	2.10	650	0	0.00	0	4.20	1,300	3.64	2.73	1.00	2.73	4.2	□	0	0	0.25	1	1.0	2.9	887
4	4	1.0	21	2.10	650	21	2.10	650	0	0.00	0	4.20	1,300	3.64	0.91	0.40	0.91	1.68	□	0	0	0.25	1	1.0	0.4	118
5	5	1.5	21	2.10	650	21	2.10	650	0	0.00	0	4.20	1,300	4.55	1.37	1.00	1.37	4.2	□	0	0	0.25	1	1.0	1.4	444
6	5	1.5	21	2.10	650	21	2.10	650	0	0.00	0	4.20	1,300	4.55	1.37	0.15	1.37	0.63	□	0	0	0.25	1	1.0	0.2	67
7	6	1.5	21	2.10	650	21	2.10	650	0	0.00	0	4.20	1,300	5.46	1.37	0.15	1.37	0.63	□	0	0	0.25	1	1.0	0.2	67
8	6	1.5	21	2.10	650	21	2.10	650	0	0.00	0	4.20	1,300	5.46	1.37	1.00	1.37	4.2	□	0	0	0.25	1	1.0	1.4	444
9	9	6.0	21	2.10	650	11	5.90	900	0	0.00	0	8.00	1,550	8.19	5.46	1.00	5.46	8	□	1	4.06	0.50	1	1.0	21.8	4,232
10	9	2.0	21	2.10	650	11	5.90	900	0	0.00	0	8.00	1,550	8.19	1.82	0.30	1.82	2.4	□	1	4.06	0.50	1	1.0	2.2	423
11																			□							
12																			□							
13																			□							
14																			□							
15																			□							
16																			□							
17																			□							
18																			□							
19																			□							
20																			□							
21																			□							
22																			□							
23																			□							
24																			□							
25																			□							
26																			□							
27																			□							
28																			□							
29																			□							
30																			□							
31																			□							
32																			□							
33																			□							
34																			□							
35																			□							
合計				28.60	7,000		28.60	7,000		0.00	0	57.20	14,000				23.66	37.14							57.5	11,899

付図-12 改正耐震精密診断計算フォーマット[壁の耐力・剛性 1階 X 方向]

1階 X 方向

Y座標 (P)	壁長 (P)	上側壁面番号	壁要素耐力 (kN/m)	壁要素剛性 (kN/rad./m)	下側壁面番号	壁要素耐力 (kN/m)	壁要素剛性 (kN/rad./m)	軸組壁面番号	壁要素耐力 (kN/m)	壁要素剛性 (kN/rad./m)	壁基準耐力 (kN/m)	壁基準剛性 (kN/rad./m)	Y座標 (m)	壁長 (m)	開口係数	有効長さ (m)	修正耐力 (kN/m)	両端が 通し柱 である	接合部の 仕様 1or2	柱接合 部の耐 力 (kN)	接合部 係数	劣化 指数	劣化係 数	耐力 (kN)	剛性 (kN/rad./ m)
1	1	3.0	21	2.10	650	11	5.90	900	0	0.00	0	8.00	1.550	0.91	2.73	1.00	2.73	8	1	4.06	0.80	1	1.0	17.5	3,385
2	1	2.0	21	2.10	650	11	5.90	900	0	0.00	0	8.00	1.550	0.91	1.82	0.30	1.82	2.4	1	4.06	0.80	1	1.0	3.5	677
3	1	3.0	21	2.10	650	11	5.90	900	0	0.00	0	8.00	1.550	0.91	2.73	0.10	2.73	0.8	1	4.06	0.80	1	1.0	1.7	339
4	2.5	0.5	21	2.10	650	11	5.90	900	0	0.00	0	8.00	1.550	2.28	0.46	1.00	0.46	8	1	4.06	0.80	1	1.0	2.9	564
5	2.5	1.5	21	2.10	650	11	5.90	900	0	0.00	0	8.00	1.550	2.28	1.37	0.15	1.37	1.2	1	4.06	0.80	1	1.0	1.3	254
6	5	4.0	21	2.10	650	21	2.10	650	0	0.00	0	4.20	1,300	4.55	3.64	1.00	3.64	4.2	0	0	0.70	1	1.0	10.7	3,312
7	5.5	1.0	21	2.10	650	21	2.10	650	0	0.00	0	4.20	1,300	5.01	0.91	1.00	0.91	4.2	0	0	0.70	1	1.0	2.7	828
8	6	5.0	21	2.10	650	21	2.10	650	0	0.00	0	4.20	1,300	5.46	4.55	1.00	4.55	4.2	0	0	0.70	1	1.0	13.4	4,141
9	7	2.0	0	0.00	0	21	2.10	650	0	0.00	0	2.10	650	6.37	1.82	1.00	1.82	2.1	0	0	1.00	1	1.0	3.8	1,183
10	9	5.0	11	5.90	900	21	2.10	650	0	0.00	0	8.00	1,550	8.19	4.55	1.00	4.55	8	1	4.06	0.80	1	1.0	29.1	5,642
11	9	4.0	11	5.90	900	21	2.10	650	0	0.00	0	8.00	1,550	8.19	3.64	0.30	3.00	2.4	1	4.06	0.80	1	1.0	5.8	1,116
12	9	1.0	11	5.90	900	21	2.10	650	0	0.00	0	8.00	1,550	8.19	0.91	0.40	0.91	3.2	1	4.06	0.80	1	1.0	2.3	451
13																									
14																									
15																									
16																									
17																									
18																									
19																									
20																									
21																									
22																									
23																									
24																									
25																									
26																									
27																									
28																									
29																									
30																									
31																									
32																									
33																									
34																									
35																									
合計			34.50	7,900		44.20	9,050		0.00	0	78.70	16,950					28.48	48.7						94.7	21,892

付図-13 改正耐震精密診断計算フォーマット[壁の耐力・剛性 1階 Y 方向]

1階Y方向

	X座標 (P)	壁長 (P)	左側 壁面 番号	壁要素 耐力 (kN/m)	壁要素 剛性 (kN/rad ./m)	右側 壁面 番号	壁要素 耐力 (kN/m)	壁要素 剛性 (kN/rad ./m)	軸組 壁面 番号	壁要素 耐力 (kN/m)	壁要素 剛性 (kN/rad ./m)	壁基準 耐力 (kN/m)	壁基準 剛性 (kN/rad ./m)	Y座標 (m)	壁長 (m)	開口係 数	有効長 さ (m)	修正耐 力 (kN/m)	両端が 通し柱 である	接合部 の仕様 1or2	柱接合 部の耐 力 (kN)	接合部 係数	劣化 指数	劣化係 数	耐力 (kN)	剛性 (kN/rad./ m)
1	1	8.0	11	5.90	900	21	2.10	650	0	0.00	0	8.00	1550	0.91	7.28	1.00	7.28	8	<input type="checkbox"/>	1	4.06	0.80	1	1.0	46.6	9,027
2	3	1.0	21	2.10	650	21	2.10	650	0	0.00	0	4.20	1300	2.73	0.91	1.00	0.91	4.2	<input type="checkbox"/>	0	0	0.70	1	1.0	2.7	828
3	4	2.0	21	2.10	650	21	2.10	650	0	0.00	0	4.20	1300	3.64	1.82	1.00	1.82	4.2	<input type="checkbox"/>	0	0	0.70	1	1.0	5.4	1,656
4	4	1.0	21	2.10	650	21	2.10	650	0	0.00	0	4.20	1300	3.64	0.91	0.20	0.91	0.84	<input type="checkbox"/>	0	0	0.70	1	1.0	0.5	166
5	5	2.0	21	2.10	650	21	2.10	650	0	0.00	0	4.20	1300	4.55	1.82	1.00	1.82	4.2	<input type="checkbox"/>	0	0	0.70	1	1.0	5.4	1,656
6	5	2.0	21	2.10	650	21	2.10	650	0	0.00	0	4.20	1300	4.55	1.82	0.15	1.82	0.63	<input type="checkbox"/>	0	0	0.70	1	1.0	0.8	248
7	7	2.0	21	2.10	650	21	2.10	650	0	0.00	0	4.20	1300	6.37	1.82	0.15	1.82	0.63	<input type="checkbox"/>	0	0	0.70	1	1.0	0.8	248
8	7	1.0	21	2.10	650	21	2.10	650	0	0.00	0	4.20	1300	6.37	0.91	1.00	0.91	4.2	<input type="checkbox"/>	0	0	0.70	1	1.0	2.7	828
9	9	1.0	21	2.10	650	0	0.00	0	0	0.00	0	2.10	650	8.19	0.91	1.00	0.91	2.1	<input type="checkbox"/>	0	0	1.00	1	1.0	1.9	592
10	9	2.5	21	2.10	650	21	2.10	650	0	0.00	0	4.20	1300	8.19	2.275	1.00	2.28	4.2	<input type="checkbox"/>	0	0	0.70	1	1.0	6.7	2,070
11	9	1.0	21	2.10	650	0	0.00	0	0	0.00	0	2.10	650	8.19	0.91	0.20	0.91	0.42	<input type="checkbox"/>	0	0	1.00	1	1.0	0.4	118
12	9	1.0	21	2.10	650	21	2.10	650	0	0.00	0	4.20	1300	8.19	0.91	0.20	0.91	0.84	<input type="checkbox"/>	0	0	0.70	1	1.0	0.5	166
13	9	1.5	21	2.10	650	11	5.90	900	0	0.00	0	8.00	1550	8.19	1.365	1.00	1.37	8	<input type="checkbox"/>	1	4.06	0.80	1	1.0	8.7	1,693
14	10	1.0	21	2.10	650	21	2.10	650	0	0.00	0	4.20	1300	9.1	0.91	0.20	0.91	0.84	<input type="checkbox"/>	0	0	0.70	1	1.0	0.5	166
15	10	0.5	21	2.10	650	21	2.10	650	0	0.00	0	4.20	1300	9.1	0.455	1.00	0.46	4.2	<input type="checkbox"/>	0	0	0.70	1	1.0	1.3	414
16	11	4.5	21	2.10	650	11	5.90	900	0	0.00	0	8.00	1550	10.01	4.095	1.00	4.10	8	<input type="checkbox"/>	1	4.06	0.80	1	1.0	26.2	5,078
17	11	2.0	21	2.10	650	11	5.90	900	0	0.00	0	8.00	1550	10.01	1.82	0.40	1.82	3.2	<input type="checkbox"/>	1	4.06	0.80	1	1.0	4.7	903
18	11	1.5	11	5.90	900	11	5.90	900	0	0.00	0	11.80	1800	10.01	1.365	1.00	1.37	11.8	<input type="checkbox"/>	1	4.06	0.80	1	1.0	12.9	1,966
19																			<input type="checkbox"/>							
20																			<input type="checkbox"/>							
21																			<input type="checkbox"/>							
22																			<input type="checkbox"/>							
23																			<input type="checkbox"/>							
24																			<input type="checkbox"/>							
25																			<input type="checkbox"/>							
26																			<input type="checkbox"/>							
27																			<input type="checkbox"/>							
28																			<input type="checkbox"/>							
29																			<input type="checkbox"/>							
30																			<input type="checkbox"/>							
31																			<input type="checkbox"/>							
32																			<input type="checkbox"/>							
33																			<input type="checkbox"/>							
34																			<input type="checkbox"/>							
35																			<input type="checkbox"/>							
合計				45.40	12200		48.80	11400		0.00	0	94.20	23600				32.31	70.5							128.7	27,822

付図-14 改正耐震精密診断計算フォーマット[剛性率の計算]

9. 耐力と剛性

階	方向	耐力			剛性		
		壁 (kN)	柱 (kN)	合計 (kN)	壁 (kN/rad.)	柱 (kN/rad.)	合計 (kN/rad.)
3階	X方向	0.0	0	0.0	0	0	0
2階		54.0	0	54.0	11,840	0	11,840
1階		94.7	0	94.7	21,892	0	21,892
3階	Y方向	0.0	0	0.0	0	0	0
2階		57.5	0	57.5	11,899	0	11,899
1階		128.7	0	128.7	27,822	0	27,822

10. 剛性率

階	方向	必要耐力 (kN)	剛性 (kN/rad.)	層間変形角 (rad.)	層間変形角の逆数	剛性率 (Rs)	剛性低減係数 (Fs)
3階	X方向		0	0.0000	0.00	0.00	
2階		42.93	11,840	0.0036	275.82	0.91	1.00
1階		66.70	21,892	0.0030	328.24	1.09	1.00
				(平均)	302.03		

3階	Y方向		0	0.0000	0.00	0.00	
2階		42.93	11,899	0.0036	277.20	0.80	1.00
1階		66.70	27,822	0.0024	417.15	1.20	1.00
				(平均)	347.17		

付図-15 改正耐震精密診断計算フォーマット[重心位置の計算①]

11. 重心位置の計算

(1) 床面積の計算

グリッド幅 0.91 m

3階 (3階屋根レベルの荷重による) の重心

	床・屋根の区分	左下X	左下Y	右上X	右上Y	ブロック面積 (m ²)	床・積載荷重 (kN/m ²)	上階内外壁荷重 (kN/m ²)	下階内外壁荷重 (kN/m ²)	屋根荷重 (kN/m ²)	屋根面積割増係数	合計単位荷重Wi (kN/m ²)	面積×単位荷重 (kN)	Ai·Xi	Ai·Xi·Wi	Ai·Yi	Ai·Yi·Wi	
		(P)	(P)	(P)	(P)									(kN/m)	(kN)	(kN)		
ブロック1	屋根部分					0												
ブロック2	屋根部分					0												
ブロック3	屋根部分					0												
ブロック4	屋根部分					0												
ブロック5	屋根部分					0												
(合計)						0							0	0	0	0	0	

2階 (3階床レベルの荷重による) の重心

	床・屋根の区分	左下X	左下Y	右上X	右上Y	ブロック面積 (m ²)	床・積載荷重 (kN/m ²)	上階内外壁荷重 (kN/m ²)	下階内外壁荷重 (kN/m ²)	屋根荷重 (kN/m ²)	屋根面積割増係数	合計単位荷重Wi (kN/m ²)	面積×単位荷重 (kN)	Ai·Xi	Ai·Xi·Wi	Ai·Yi	Ai·Yi·Wi
		(P)	(P)	(P)	(P)									(kN/m)	(kN)	(kN)	
ブロック1	屋根部分 ▼	1	1	9	9	53.00	0	0	0.55	1.05	1.0	1.6	84.80	241.14	385.83	241.14	385.83
ブロック2	▼					0.00											
ブロック3	▼					0.00											
ブロック4	▼					0.00											
ブロック5	▼					0.00											
ブロック6	▼					0.00											
ブロック7	▼					0.00											
ブロック8	▼					0.00											
ブロック9	▼					0.00											
(合計)						53.00							84.80	241.14	385.83	241.14	385.83

1階 (2階床レベルの荷重による) の重心

	床・屋根の区分	左下X	左下Y	右上X	右上Y	ブロック面積 (m ²)	床・積載荷重 (kN/m ²)	上階内外壁荷重 (kN/m ²)	下階内外壁荷重 (kN/m ²)	屋根荷重 (kN/m ²)	屋根面積割増係数	合計単位荷重Wi (kN/m ²)	面積×単位荷重 (kN)	Ai·Xi	Ai·Xi·Wi	Ai·Yi	Ai·Yi·Wi
		(P)	(P)	(P)	(P)									(kN/m)	(kN)	(kN)	
ブロック1	屋根部分 ▼	9	1	11	9	13.25	0	0	0.55	0.85	1.20	1.57	20.80	120.57	189.30	60.29	94.65
ブロック2	床部分 ▼	4	1	9	9	33.12	1.05	0.55	0.55	0.00	0.00	2.15	71.22	195.93	421.25	150.71	324.04
ブロック3	床部分 ▼	1	6	4	9	7.45	1.05	0.55	0.55	0.00	0.00	2.15	16.02	16.96	36.45	50.87	109.36
ブロック4	床部分 ▼	2	4	4	5	1.66	1.05	0.55	0.55	0.00	0.00	2.15	3.56	4.52	9.72	6.78	14.58
ブロック5	床部分 ▼	1	1	4	4	7.45	1.05	0.55	0.55	0.00	0.00	2.15	16.02	16.96	36.45	16.96	36.45
ブロック6	吹抜け ▼	1	5	4	6	2.48	0	0.55	0.55	0.00	0.0	1.1	2.73	5.65	6.22	12.43	13.68
ブロック7	吹抜け ▼	1	4	2	5	0.83	0	0.55	0.55	0.00	0.0	1.1	0.91	1.13	1.24	3.39	3.73
ブロック8	▼					0.00											
ブロック9	▼					0.00											
(合計)						66.25							131.27	361.71	700.63	301.43	596.49

付図-16 改正耐震精密診断計算フォーマット[重心位置の計算②]

(2) 重心位置の計算

実状により計算する場合

	床面積 (m ²)	単位荷重 (kN/m ²)	$\Sigma A1 \cdot x_i$	$\Sigma W \cdot x$	ΣW (kN)	重心座標 x_g (m)
3層部分	0		0	0	0	
2層部分	53.00		241.14	385.83	84.80	4.55
1層部分	66.25		361.71	700.63	131.27	5.34

	床面積 (m ²)	単位荷重 (kN/m ²)	$\Sigma A1 \cdot y_i$	$\Sigma W \cdot y$	ΣW (kN)	重心座標 y_g (m)
3層部分	0		0	0	0.00	
2層部分	53.00		241.14	385.83	84.80	4.55
1層部分	66.25		301.43	596.49	131.27	4.54

重心算定用簡易重量表による場合

	床面積 (m ²)	単位荷重 (kN/m ²)	$\Sigma A1 \cdot x_i$	$\Sigma W \cdot x$	ΣW (kN)	重心座標 x_g (m)
3層部分	0	0	0	0	0	
2層部分	53.00	3.23	241.14	778.89	171.18	4.55
1層部分	66.25	2.85	361.71	1030.89	188.81	5.46

	床面積 (m ²)	単位荷重 (kN/m ²)	$\Sigma A1 \cdot y_i$	$\Sigma W \cdot y$	ΣW (kN)	重心座標 y_g (m)
3層部分	0	0	0	0	0	
2層部分	53.00	3.23	241.14	778.89	171.18	4.55
1層部分	66.25	2.85	301.43	859.07	188.81	4.55

(参考1) 各階の部位別単位荷重

	床・積載荷重	内外壁荷重	同左1/2階 高分	屋根荷重
	(kN/m ²)	(kN/m ²)	(kN/m ²)	(kN/m ²)
3階	0.00	0.00	0	0.00
2階	1.05	1.10	0.55	1.05
1階	0.85	1.10	0.55	0.85

(参考2) 重心計算用単位荷重

		床面積当たりの重量 (kN/m ²)		
		1層目	2層目	3層目
軽い建物	平屋	1.43	—	—
	2階建	2.15	1.43	—
	3階建	2.15	2.15	1.43
重い建物	平屋	2	—	—
	2階建	2.6	2	—
	3階建	2.6	2.6	2
非常に重い建物	平屋	3.23	—	—
	2階建	2.85	3.23	—
	3階建	2.85	2.85	3.23

注) 最上階は、屋根荷重のこと

付図-17 改正耐震精密診断計算フォーマット[偏心率の計算 2 階]

グリッド幅		0.91 m	
-------	--	--------	--

	Y座標		Lx (kN/rad.)	Lx·y	Lx·(y-ys) ²
	(P)	(m)			
1	1	0.91	2,821	2,567	43,021
2	1	0.91	698	635	10,637
3	2.5	2.275	296	673	1,908
4	4	3.64	1,183	4,306	1,634
5	4	3.64	59	215	82
6	5	4.55	1,183	5,383	83
7	5	4.55	59	269	4
8	6	5.46	887	4,844	369
9	9	8.19	4,232	34,656	48,194
10	9	8.19	423	3,466	4,819
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
合計			11,840	57,014	110,752

	Y座標		Lx (kN/rad.)	Lx·y	Lx·(y-ys) ²
	(P)	(m)			
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
合計			0	0	0

	X座標		Ly (kN/rad.)	Ly·x	Ly·(x-xs) ²
	(P)	(m)			
1	1	0.91	4,937	4,492	58,064
2	1	0.91	282	257	3,318
3	4	3.64	887	3,230	434
4	4	3.64	118	431	58
5	5	4.55	444	2,018	20
6	5	4.55	67	303	3
7	6	5.46	67	363	84
8	6	5.46	444	2,422	557
9	9	8.19	4,232	34,656	62,737
10	9	8.19	423	3,466	6,274
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
合計			11,899	51,638	131,548

	X座標		Ly (kN/rad.)	Ly·x	Ly·(x-xs) ²
	(P)	(m)			
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
合計			0	0	0

剛心	X座標(xs)	4.34
	Y座標(ys)	4.82
重心	X座標(xs)	4.55
	Y座標(ys)	4.55

	X方向の壁	Y方向の壁
剛心座標 ys、xs	4.82	4.34
重心座標 yg、xg	4.55	4.55
偏心距離 ey、ex	0.27	0.21
弾力半径 re·x、re·y	4.52	4.51
偏心率 Re·x、Re·y	0.06	0.05
偏心低減 Fe	1.00	1.00

付図-18 改正耐震精密診断計算フォーマット[偏心率の計算 1 階]

グリッド幅 0.91 m

1階X方向壁		Lx	Lx·y	Lx·(y-ys) ²	
Y座標	(P)	(m)	(kN/rad.)		
1	1	0.91	3,385	3,081	62,873
2	1	0.91	677	616	12,575
3	1	0.91	339	308	6,287
4	2.5	2.28	564	1,284	4,892
5	2.5	2.28	254	578	2,201
6	5	4.55	3,312	15,071	1,485
7	5.5	5.01	828	4,145	38
8	6	5.46	4,141	22,607	239
9	7	6.37	1,183	7,536	1,566
10	9	8.19	5,642	46,208	49,780
11	9	8.19	1,116	9,140	9,847
12	9	8.19	451	3,697	3,982
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
合計			21,892	114,269	155,766

1階X方向柱		Lx	Lx·y	Lx·(y-ys) ²	
Y座標	(P)	(m)	(kN/rad.)		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
合計			0	0	0

1階Y方向壁		Ly	Ly·x	Ly·(x-xs) ²	
X座標	(P)	(m)	(kN/rad.)		
1	1	0.91	9,027	8,215	197,434
2	3	2.73	828	2,261	6,758
3	4	3.64	1,656	6,029	6,276
4	4	3.64	166	603	628
5	5	4.55	1,656	7,536	1,780
6	5	4.55	248	1,130	267
7	7	6.37	248	1,582	152
8	7	6.37	828	5,275	508
9	9	8.19	592	4,844	4,009
10	9	8.19	2,070	16,955	14,031
11	9	8.19	118	969	802
12	9	8.19	166	1,356	1,122
13	9	8.19	1,693	13,862	11,472
14	10	9.10	166	1,507	2,044
15	10	9.10	414	3,768	5,111
16	11	10.01	5,078	50,829	99,353
17	11	10.01	903	9,036	17,663
18	11	10.01	1,966	19,676	38,459
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
合計			27,822	155,434	407,868

1階Y方向柱		Ly	Ly·x	Ly·(x-xs) ²	
X座標	(P)	(m)	(kN/rad.)		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
合計			0	0	0

剛心	X座標(xs)	5.59
	Y座標(ys)	5.22
重心	X座標(xg)	5.34
	Y座標(yg)	4.54

	X方向の壁	Y方向の壁
剛心座標 ys、xs	5.22	5.59
重心座標 yg、xg	4.54	5.34
偏心距離 ey、ex	0.68	0.25
弾力半径 re-x、re-y	5.07	4.50
偏心率 Re-x、Re-y	0.13	0.06
偏心低減 Fe	1.00	1.00

付図-19 改正耐震精密診断計算フォーマット[床倍率と低減係数]

13. 平均床倍率の計算

3層 (3階の屋根)

(床のみ)

	床・屋根の区分	左下X	左下Y	右上X	右下Y	-	床倍率 (1)	床倍率 (2)	床倍率 (3)	合計床 倍率	ブロック面積	床倍率× ブロック面積	平均床 倍率
		(P)	(P)	(P)	(P)		床	屋根	桁梁構面		(P ²)	(P ²)	
ブロック1	屋根部分					-							-
ブロック2	屋根部分					-							
ブロック3	屋根部分					-							
ブロック4	屋根部分					-							
ブロック5	屋根部分					-							
(合計)													

14. 偏心率と床仕様による低減係数

		偏心率	平均床 倍率	床仕様 低減
3階	X方向		-	
2階		0.06	0.70	1
1階		0.13	1.04	1
3階	Y方向		-	
2階		0.05	0.70	1
1階		0.06	1.04	1

2層 (3階床、又は2階の屋根)

(床のみ)

	床・屋根の区分	左下X	左下Y	右上X	右下Y	床下地の 仕様1or2	床倍率 (1)	床倍率 (2)	床倍率 (3)	合計床 倍率	ブロック面積	床倍率× ブロック面積	平均床 倍率
		(P)	(P)	(P)	(P)		床	屋根	桁梁構面		(P ²)	(P ²)	
ブロック1	屋根部分	1	1	9	9		0	0.7	0	0.7	64	44.8	0.70
ブロック2													
ブロック3													
ブロック4													
ブロック5													
ブロック6													
ブロック7													
ブロック8													
ブロック9													
(合計)											64	44.8	

No.	床下地の仕様
1	構造用合板12mm以上、根太@500以下転ばし、N50@150以下
2	構造用合板24mm以上、根太なし直張り川の字釘打ち、N75@150以下

1層 (2階床、又は1階の屋根)

(床のみ)

	床・屋根の区分	左下X	左下Y	右上X	右下Y	床下地の 仕様1or2	床倍率 (1)	床倍率 (2)	床倍率 (3)	合計床 倍率	ブロック面積	床倍率× ブロック面積	平均床 倍率
		(P)	(P)	(P)	(P)		床	屋根	桁梁構面		(P ²)	(P ²)	
ブロック1	屋根部分	9	1	11	9		0	0.7	0	0.7	16	11.2	1.04
ブロック2	床部分	4	1	9	9	2	1.2	0	0	1.2	40	48	
ブロック3	床部分	1	6	4	9	2	1.2	0	0	1.2	9	10.8	
ブロック4	床部分	2	4	4	5	2	1.2	0	0	1.2	2	2.4	
ブロック5	床部分	1	1	4	4	2	1.2	0	0	1.2	9	10.8	
ブロック6	吹抜け部分	1	5	4	6		0	0	0	0	3	0	
ブロック7	吹抜け部分	1	4	2	5		0	0	0	0	1	0	
ブロック8													
ブロック9													
(合計)											80	83.2	

付図-20 改正耐震精密診断計算フォーマット[保有耐力と判定]

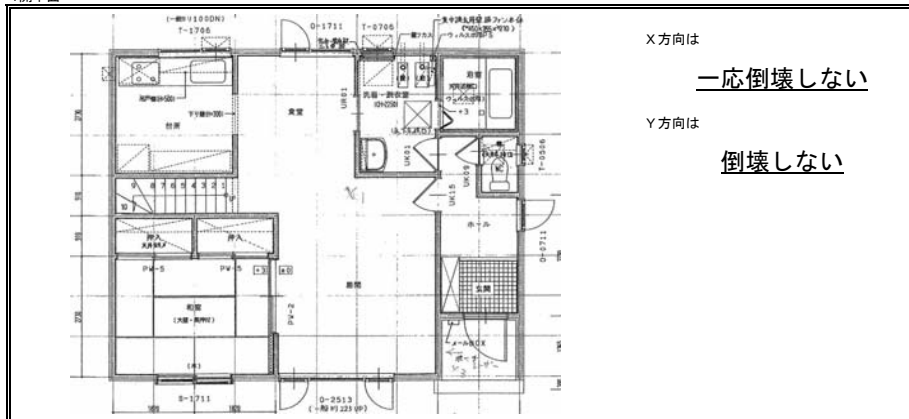
15. 保有する耐力の算定

		保有する耐力 (低減前)	剛性率低減係数 Fs	偏心低減係数 Feq	床仕様低減係数 Fef	保有する耐力 (低減後) Qd (kN)
		(kN)				
3階	X方向					
2階		54.03	1.00	1.00	1	54.03
1階		94.72	1.00	1.00	1	94.72
3階	Y方向					
2階		57.51	1.00	1.00	1	57.51
1階		128.66	1.00	1.00	1	128.66

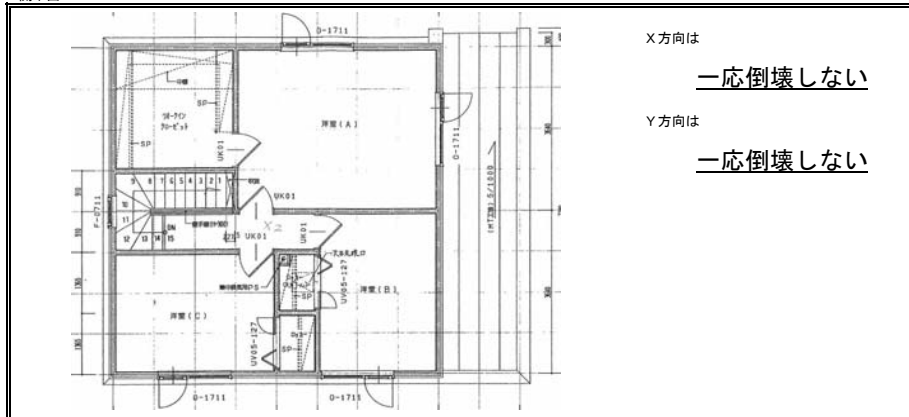
16. 判定

		必要耐力 Qr	保有する耐力 (低減後) Qd (kN)	充足率 (評点) Qd/Qr	判定
		(kN)	(kN)		
3階	X方向				
2階		42.93	54.03	1.26	一応倒壊しない
1階		66.70	94.72	1.42	一応倒壊しない
3階	Y方向				
2階		42.93	57.51	1.34	一応倒壊しない
1階		66.70	128.66	1.93	倒壊しない

1開平面



2開平面



(参考表)

評点	評価
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

5) 簡易耐震診断法の多種構造形式への適用可能性

a) 要約

住宅の構造種別としては木造のみならず、鉄筋コンクリート造やブロック造及びそれらとの混合構造を含めて耐震判定が必要である。このために各種の構造形式や建物の平面及び立面形状の異なる戸建て住宅を対象として、微動計測の適用性を検討した。

b) 昨年度までの成果

実際に使用している戸建て住宅の構造形式を、北海道では最も歴史のある札幌市近郊のある住宅団地で実態調査を行った結果、階数は基本的に2階建てであり、木造が最も多く、これに続いてコンクリートブロック（以下CB）造、鉄筋コンクリート（以下RC）造そして鉄骨造である。また、これらの混合構造も少なくなく、1階をRC造あるいはブロック造として、その上に木造を重ねる形式も多いことなどを整理した。

他方、RC造の3層1階耐震壁や、柱梁接合部を含む十字形フレーム式部分架構の加力実験を利用して、試験体の頂部に地震計を設置し、常時微動やマンパワーあるいはワイヤー加振実験を行った。この結果、加力前の無損傷時の剛性と加力実験後の損傷時の剛性の変化により、固有周期が2倍程度に増加したことから、これらの構造系形式においても微動計測を用いて、損傷程度を推測しうることの可能性を明らかにした。

c) 今年度のねらい

北海道の寒冷地における戸建て家屋構造は、棟数の多い順に木造・ブロック造・RC造・鉄骨造であるが、更にそれらの混合構造も少なくない。混合構造を用いる場合は、設計当初から1階をRC造の駐車場や倉庫にして、2階以上に木造またはCB造の住居を重ねる方式と、三角大屋根形式2階建の既存CB造の2階部分を総2階建ての木造に改築する方式がある。また、平面形状は比較的整形なものが多いが、増築によって部分的に突出している場合もある。これに対して立面形状は極めて多様である。すなわち、屋根雪処理の関係から、本州の屋根勾配に比べて一般に急傾斜（30度～90度）であるか、逆に勾配のないM形無落雪屋根も増加している。また、周辺敷地条件により、一方向へ屋根雪を滑落集中させるために片流れ屋根とするために、偏心構造となる形状も多く見られる。

上述の様に戸建て住宅では、その構造形式や立面形状が多様であるために、耐震性能を判定する際には、これらの条件に対応した振動性状を把握して性能判定に考慮できる仕組みを確立しておくことが重要である。従って今年度は、各種の異なる条件を有する複数の2階建て住宅を対象として、本研究費で購入した3台の加速度型振動計を用いて、各階毎の平面内水平振動分布や、平面重心位置における水平振動の高さ方向分布などを同時計測によって検討を行い、耐震診断判定時の精度を向上させるための基礎的資料を得ることを目標とすることとした。以下ではこれらのうちの代表的な計測結果を例示する。

なお、当初の計画では、北海道などの寒冷地における木造家屋の振動性状は、季節変動の影響を受けやすいものと想定されたため、夏季と冬季との外気の温度差や、冬季における屋根上積雪重量の増加により、木材そのものの剛性や接合部の剛性に及ぼす影響も視野に入れていたが、時間的に間に合わなかったため、次年度へ継続する。

d) 構造条件の異なる各種の戸建て住宅における振動性状実測結果

実測を行った江別市道宮大麻団地は、石狩平野の中央に位置し、若干の起伏のある高台であり、地盤性状は普通（第2種）地盤である。建物は、いずれも深さ60cm程度の逆T

字形断面の RC 布基礎が外周および内部壁面に沿って配置されており、その基礎上に建てられた 2 階建て構造である。隣接建物とは数 m 以上の間隔があり、相互の振動的な影響はない。また、計測器の感度上の関係から、加速度波形による分析を行っており、以下に示す振動モード形は、真の変位分布ではないが、高さ方向の水平変位分布や振れ挙動の概要を示していると判断する。

i) 木質パネル構造の住宅 A

本建物を写真-1 に示す。1 階の平面規模は、図-1 に示す 9.9m×6.3m の整形長方形平面であるが、北側に 1.8m×2.7m の物置が突出し、一体構造で隣接している。2 階は南側に偏心しているため、北側へ傾斜する片流れ屋根構造となっている。建設後約 35 年を経過し、木質部・RC 基礎部ともに損傷が進んでいるが、補修は行われていない。木質パネル構造であり、パネル相互は主として接着剤で接合されている。

振動計測は、表-1 に示す条件で行った。このうち、建物重心位置における 2 階床の 2 方向計測（計測番号 5）の挙動は、2 階床の短辺方向の平面挙動を示す。図-2 のフーリエス



写真-1 住宅Aの北面

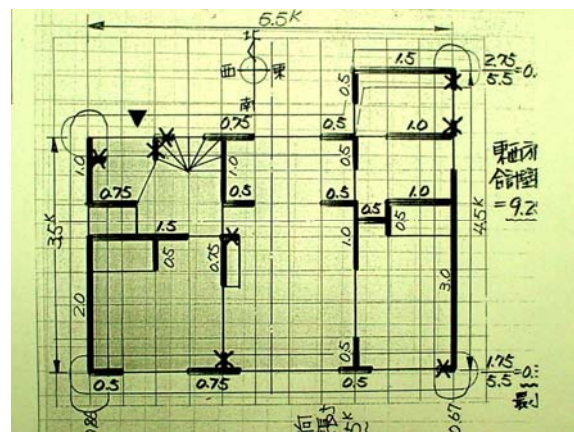


図-1 住宅Aの1階平面図（上が北）

表-1 計測条件一覧

計測番号	計測器配置型	計測器の平面配置と方向			立面配置			計測器感度倍率	外力条件
		計測器①	計測器②	計測器③	計測器①	計測器②	計測器③		
1	I	短辺-西端	短辺-中央	短辺-東端	2階天井	2階鴨居	1階天井	100	常時微動
2	I	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	人力加振
3	I	〃	〃	〃	〃	〃	〃	10	常時微動
4	II	長辺-中央	〃	短辺-中央	2階鴨居	〃	1階床	〃	〃
5	II	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
6	III	短辺-西端	〃	短辺-東端	2階床	2階床	1階天井	100	〃
7	III	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	1階を人歩行
8	III	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	階段を人歩行
9	III	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	常時微動
10	III	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	屋外を人歩行
11	III	〃	〃	〃	〃	〃	〃	10	1階を人歩行
12	IV	〃	〃	〃	2階天井	〃	1階床	〃	常時微動
13	IV	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	常時微動

ペクトルからは、短辺方向の 1 次固有振動数は 2 階天井位置で明瞭に 11.2Hz であり、1 階でもやや不明瞭であるが同じ値を示した。これに対して長辺方向はやや少なく、10.3Hz であり分散もやや大きい。長辺方向の合計壁長さ 16.65m に対する短辺方向の合計壁長さ 21.15m の比は、1.27 倍である。固有振動数は、1 質点系のバネ定数が各方向の壁剛性を

用いて表せるものとすれば、1.27 倍の平方根に比例するので、1.13 倍となる。この値は、長辺方向の固有振動数に対する短辺方向の固有振動数の比 $11.2/10.3=1.08$ 倍に近似している。

次に 2 階床の短辺方向計測（計測番号 10）は、軒高の最も高い西側、平面中央、軒高が 1 階相当の東側での波形を図-3 に、またこの 3 点の平面挙動を図-4 に、フーリエスペクトルを図-5 に示す。2 階建て相当の西側の固有振動数が最も小さく、東側が最も大きくなり、軒高の影響で建物内でも振動数が異なっていて、位置によって個別の挙動が現れている。

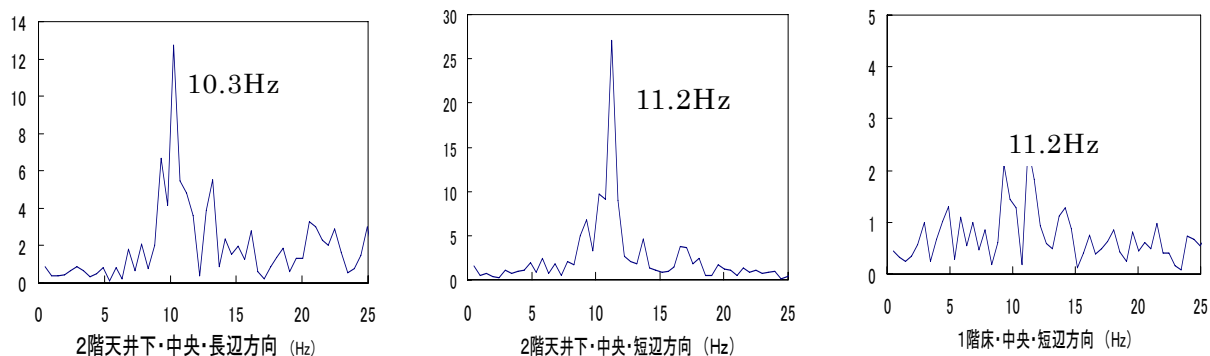


図-2 屋根面位置における常時微動のフーリエスペク

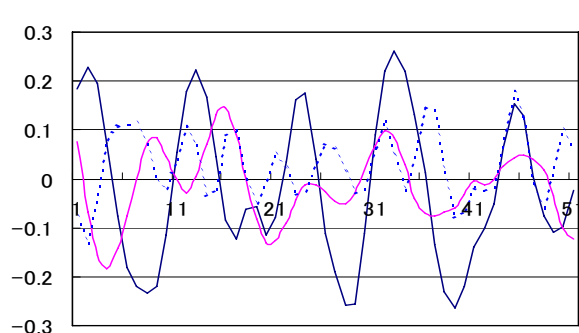


図-3 2 階床短辺方向の振幅位相

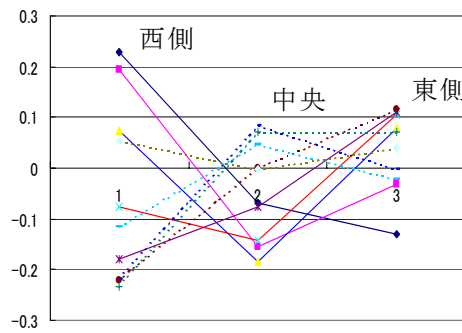


図-4 2 階床短辺方向の平面

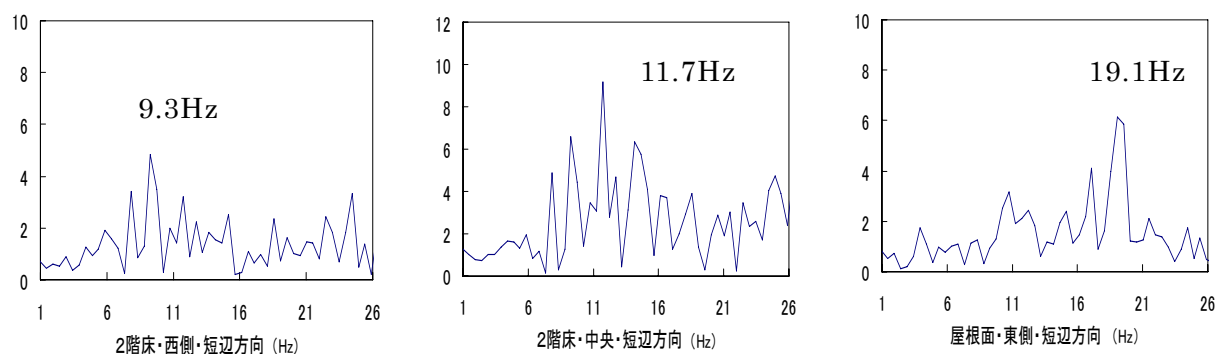


図-5 2 階床面における短辺方向のフーリエスペクト

る。また、平面分布から分かる様に、振幅も位置によって異なり、東側近くに回転中芯を持つ振れ振動や、床面内での相対変形も生じている。しかし、この場合はスペクトルの分散が大きく、図-2 に示したシャープなスペクトルが現れるのは、床面全体がほぼ同一に挙動している場合である。

ii) スウェーデン式木造の住宅 B

本建物を写真-2に示す。2階の平面規模は、図-2約8m×6mの長方形平面であり、1階はその短辺の東側に車庫・倉庫が、3m延長した長方形平面である。2階は西側に偏心し、2階の屋根は切り妻屋根である。建設後約8年を経過した程度で、木質部・RC基礎部ともに損傷は殆ど見られない。軸組の両面から比較的厚い板材を水平に釘打ちした木質構造であり、木材は通常の木造より多く使用している。



写真-2 住宅Bの南側外観（車庫・倉庫は右側の下屋部分）

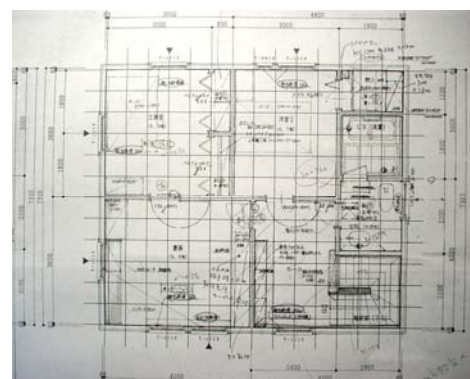
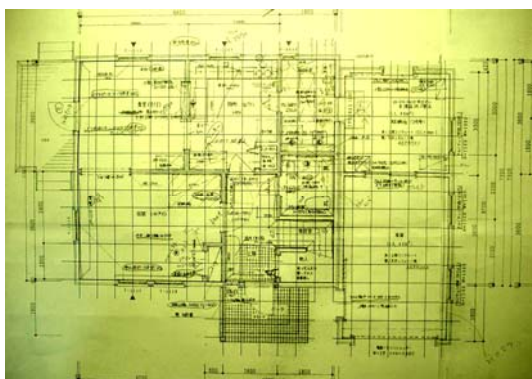


図-6 各階平面図（左：1階、右：2階、上方が北）

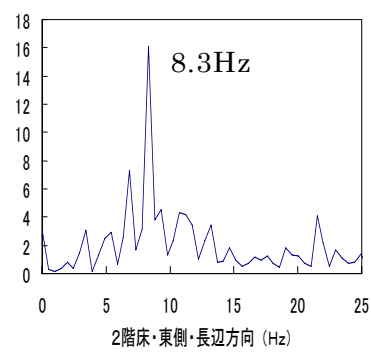
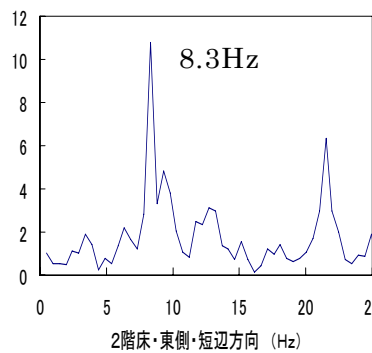
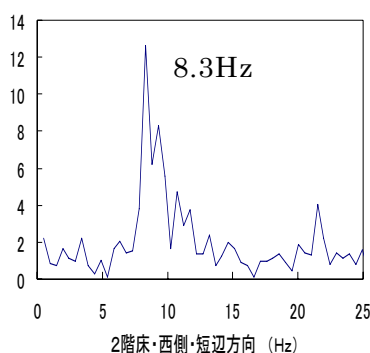


図-7 2階床面における両方向のフーリエスペクトル

振動計測結果のうち、2階床で計測した東西2カ所・2方向のフーリエスペクトルを図-7に示す。いずれも固有振動数は8.3Hzとなり、方位や位置による差は見られない。上記の住宅Aに比べて建設後の年数新しく、損傷も少ないにもかかわらず固有振動数が小さいのは、パネル構造と板張り構造との相違と思われる。図-8に示す東西両側におけるNS方向の8.3Hz 1次振動モードの振幅には、大きな違いは見られない。図-9では半振幅分の挙動を示しているが、2次振動モードとして振れ振動が全般的に現れている。

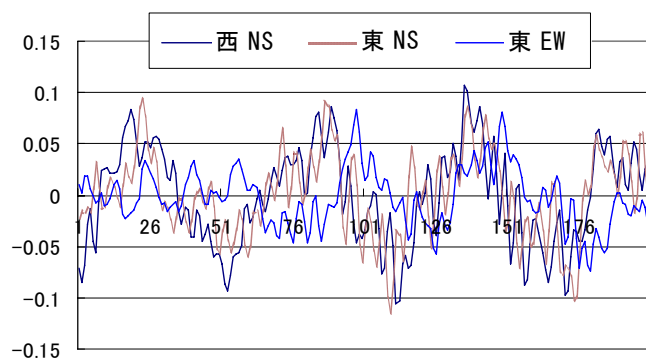


図-8 2階床の振幅位相

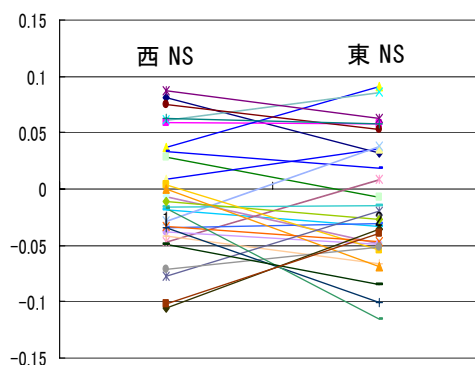


図-9 2階床短辺方向の平面

iii) 混合構造の住宅 C

本建物を写真-3に示す。平面規模は、9.0m×5.4mの整形長方形平面で総2階建てである。南側に4.5m×2.7mのブロック造音楽室が突出しているが、母屋とは構造的に切り離されている。従って、母屋には大きな偏心はない。構造は、1階の外周と長辺の控え壁がコンクリートブロック（以下CB）造であり、2階は全て木造である。木造部は軸組の外周外側に構造用合板を、その内側および間仕切り壁には石膏ボードが釘止めされている。屋根は無落雪の陸屋根となっていて、冬期間の積雪を全て負担している。1階のCB造は、建設後約35年を経過しているが、2階は当初三角屋根形式のCB造であったものを、撤去・増築し4年を経過している。構造的には上下階共に損傷は認められない。



写真-3 住宅CBの北側外観（音楽室は左側）

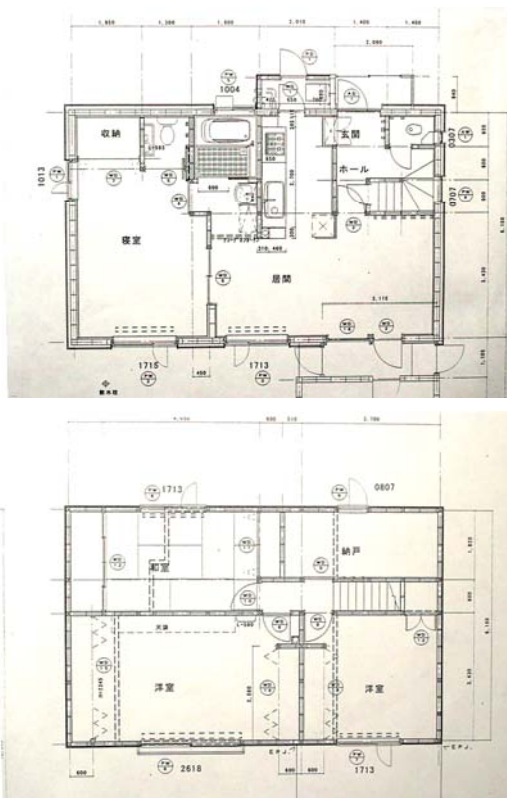


図-10 各階平面図（上方＝北）

振動計測は、表-2 に示す条件で行った。計測番号 28 で得た、建物重心位置における屋階(実測は2階天井下)、2階床、1階床の短辺方向のフーリエスペクトルを図-11 に示す。2階と3階の固有振動数は共に 12.7Hz で同じであり、これに対して1階がやや小さい。上階ほど振幅の増大に応じて、スペクトル値が増大し、その変動幅も小さくなり、下階ほど地盤の影響が混入していることが示されている。図-12 は、その1階～3階の短辺方向振幅高さ分布である。1階がCBで2階が木造であるが、ほぼ等しい層間振幅を示し、木造であるための剛性低下は認められず、建設年が新しく合板構造の影響と考えられる。従って、混合構造でも建物の経過年数と、構造形式が影響することが分かる。

計測番号 15 では、2階床の西側・中央・東側で短辺方向の挙動を測定した。常時微動のフーリエスペクトルから、西側と中央での固有振動数は 11.24Hz で同じであるが、東側は 10.26Hz となり小さな値を示す共に、スペクトル値もピークもやや不明瞭である。しかし、図-13 と-14 は、自動車走行により、地動が微動時の約 10 倍大きな入力を示した場合のもので、上階建物の固有振動数が若干減少すると共に、東側を自動車が走行するにもかかわらず遠い側の西側の振幅が明瞭に大きくなる。これは西側の1階CB壁の窓開口が、東側より大きいためと思われる。このように入力レベルの相違により振幅が大きくなると、振動数が減少し、低周波成分が卓越すると共に、各構面の剛性の相違が顕在化する傾向を示した。

表-2 計測条件一覧(住宅C)

計測番号	計測器配置型	計測器の平面配置と方向			立面配置			計測器感度倍率	外力条件
		計測器①	計測器②	計測器③	計測器①	計測器②	計測器③		
14	I	短辺-西端	短辺-中央	短辺-東端	2階床	2階床	2階床	100	常時微動
15	I	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	車通過
17	II	長辺-西端	長辺-中央	長辺-東端	〃	〃	〃	〃	〃
18	III	短辺-西端	短辺-中央	短辺-東端	2階天井	2階天井	2階天井	〃	常時微動
21	III	〃	〃	〃	〃	〃	〃	10	車通過
22	IV	短辺-中央	〃	短辺-中央	1階床	〃	2階床	〃	常時微動
26	IV	〃	〃	〃	〃	〃	〃	100	〃
27	V	長辺-中央	〃	〃	〃	〃	2階床	〃	〃
28	V	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	常時微動
29	VI	〃	長辺-中央	長辺-中央	〃	〃	〃	〃	〃
31	VI	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	車通過

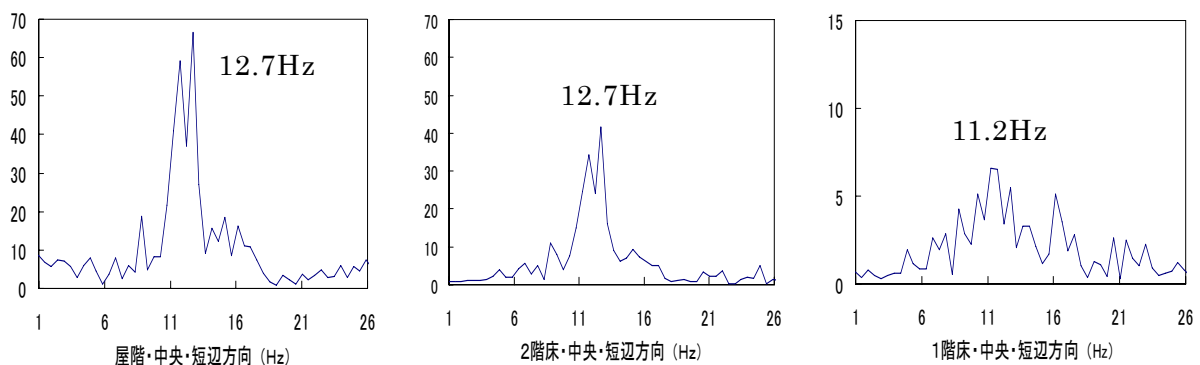


図-11 建物重心位置における各階の短辺方向のフーリエスペクトル

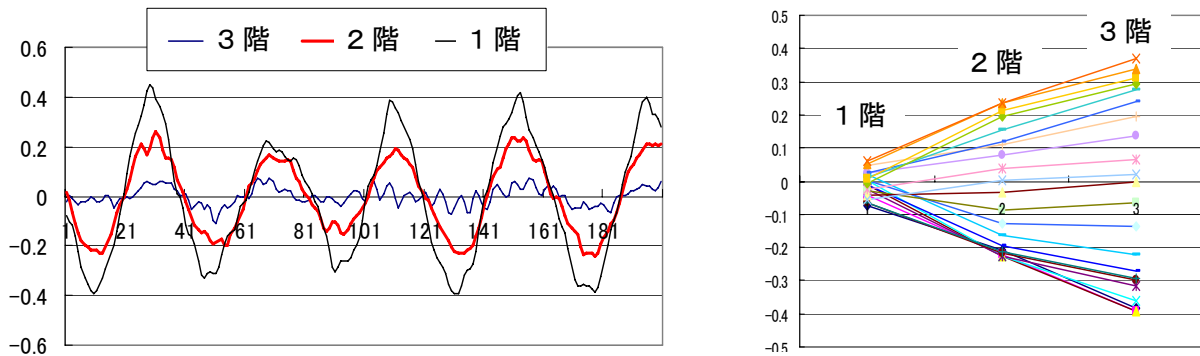


図-12 重心位置における各階短辺方向の時間挙動

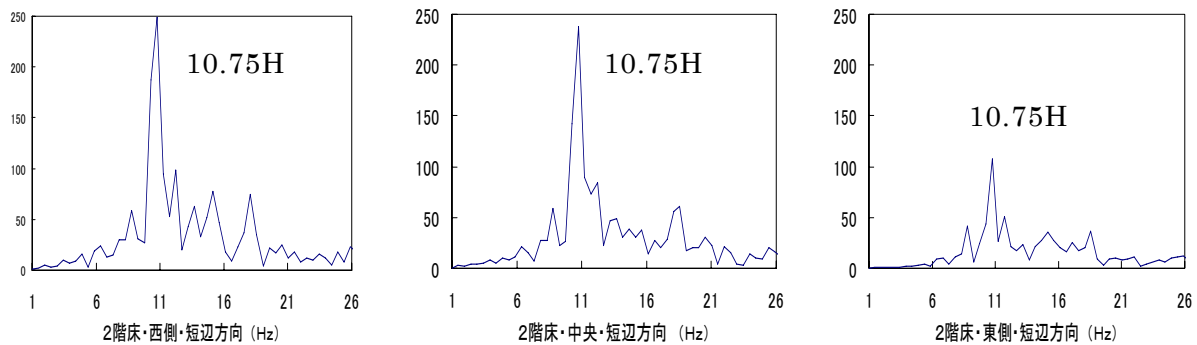


図-13 2階床の各位置における短辺方向のフーリエスペクトル（車走行時）

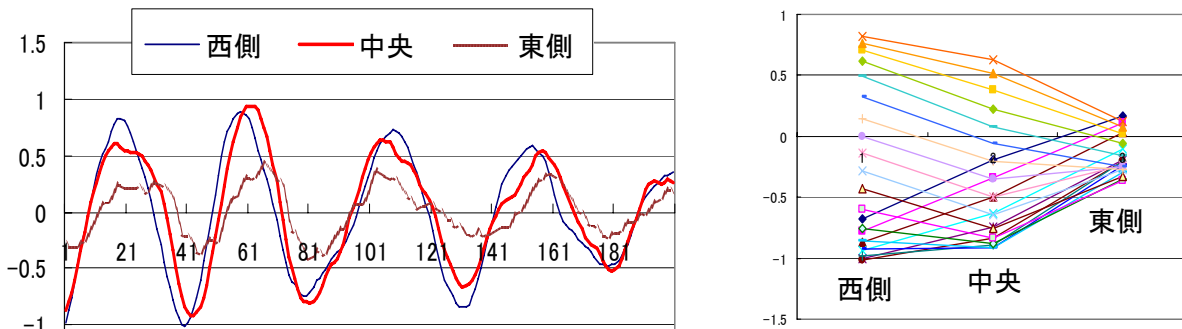


図-14 重心位置における各階短辺方向の時間挙動

e) まとめ

北海道における各種の構造形式及び平面的・立面的に異なる住宅を対象として微振動計測を行い、耐震診断を行う際に考慮すべき振動性状について検討した結果を以下に示す。

- ① 1階がCBで2階が木造の住宅において、木造階の建設年が新しく合板構造の場合には剛性が比較的高く、混合構造でもCB階との明確な相違が見られないことがある。
- ② 2階が平面の片側に偏心している建物では、2階側の振動数が低く振幅が大きくなり、平面的な捩れ振動を示すので、捩れ挙動の影響を考慮すべきである。
- ③ 常時微動の建物挙動に対して、自動車走行などにより入力が大きくなると、建物の固有振動数が減少し、低周波成分が卓越すると共に、各構面の剛性の相違が顕在化する傾向を示したことから、地震時挙動への影響が少なくないのでさらに検討する必要がある。

(d) 結論ならびに今後の課題

本研究は、木造住家に関する原位置的な非破壊簡易耐震診断法の開発を目的とするものであり、今年度は主として以下の5点について研究を進め、住家の低レベル振動測定による高精度耐震診断法の実用化に大きく前進した。また、屋外からの測定法も試行し、その有効性を確認した。

1. 木造住宅の耐震性能変化に関する実大実験

愛知県における住家解体工事を利用した壁率の変化（精密耐震診断値の低下）に伴う振動特性の変化について、強制加振と微動観測から得られる固有周期の変動を分析した結果、建物固有周期等の変化に影響が大きく現れ、建物微動を利用して住家耐震性が十分に把握出来ることを確認した。

2. レーザードップラー振動計による建物外部からの診断

屋外からの測定法を導入することにより、測定の簡便化が際立つことが期待される。レーザー光を利用したドップラー振動計を通常の地震計システムと併用して測定を行った結果、スペクトル解析に十分耐える分解能を持つ記録を得た。解析法を工夫することにより、耐震診断への応用の道が開けた。

3. 微動実測による既存木造住宅の耐震診断法確立のための実験的研究

前年度に引き続き、構法・耐力壁の配置の異なる実大箱型試験体の正弦波・White Noise・実地震波による加震実験を実施し、既存住宅の応答特性を適正に評価するための換振器の配置法や被災前後の振動応答特性と被災程度との関係等を示すためのデータを蓄積し、様々な周期成分を含むランダム波に対しては、常に低剛性側の応答加速度が大きくなるとは限らないこと等を示すと共に、建物重心位置で計測した固有周期から建物の水平耐力（水平剛性）を推定する方法についての問題点と補足法等を検討した。これら実験結果の解析的な検討と体系化は次年度へ引き継がれる。

4. 既存住宅耐震性の経年変化に関する研究

既存住宅の耐震性能初期値を求め、さらに経年変化による耐久性能劣化度を推定し、両方のファクターからその時点での耐震性能を簡便に予測しようとする手法を展開している。また、精密耐震診断法が大改訂されたことに伴う、評価値の新旧比較を行うため、新診断法による計算マクロを作成し、新旧の評価値比較を実施した。この成果は次年度へと引き継がれる。

5. 簡易耐震診断法の多種構造形式への適用可能性

近年の住宅の構造複合化に対応し診断結果の精度向上を目的とする。住宅の構造形式を、木造・コンクリートブロック造・RC造・鉄骨造とそれらの混合構造に分類した。幾つかの異なる構造形式および偏心や床面内変形を伴う住宅の振動計測を実施し、その影響を無視できないことを明らかにした。

2004年7月に耐震精密診断法が大改訂された。これにより、本研究提案の診断法が大改訂に追随しているかどうかの新たなかつ大きな検証作業が発生した。17年度は、この検証を本研究目的のメインに据え、多地域における木造住家耐震診断の調査を継続することとなる。関連して、多地域においても耐震性評価が可能な汎用的方法への改良、そして建物耐震性に関わる諸要因を振動実験等により把握し、木造建築の複雑化にも対応できるべく検討を継続する。

(e) 引用文献

- 1) 毎熊輝記・辻健・山田真・小林直太：常時微動による戸建て住宅の動的耐震性評価に関する研究、物理探査学会第 106 回学術講演会論文集、236-239、2002.
- 2) (財)日本建築防災協会：木造住宅の耐震精密診断と補強方法、1996.1.10(増補)
- 3) 林勝朗、南慎一、他 2 名 “住宅耐久性研究開発－第 3 章:腐朽等劣化防止に関する研究” 北海道立寒地建築研究所・調査研究報告 No.47 1986.3
- 4) (財)日本建築防災協会：木造住宅の耐震精密診断と補強方法(改訂版)、2004.7.12

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
島田佳和・岡田成幸・高井伸雄・田畑直樹・名知典之	建物微動の複雑性に関わる次元解析に基づく簡易耐震診断の可能性－愛知県における建物微動観測－	日本建築学会北海道支部論文報告集, 77	平成 15 年 6 月
島田佳和・岡田成幸・高井伸雄・田畑直樹・名知典之	建物微動の複雑性に関わる次元解析に基づく簡易耐震診断の可能性－その 1 愛知県における建物微動観測－	日本建築学会大会梗概集, B-2	平成 15 年 8 月
名知典之・岡田成幸・高井伸雄・田畑直樹・島田佳和	建物微動の複雑性に関わる次元解析に基づく簡易耐震診断の可能性－その 2 微動の次元解析法－	日本建築学会大会梗概集, B-2	平成 15 年 8 月
岡田成幸・高井伸雄・田畑直樹・島田佳和	住家の原位置的簡易耐震診断法の開発 その 1. 建物微動のカオス性に着目した次元解析法	日本建築学会学術講演梗概集	平成 16 年 9 月 (発表予定)
島田佳和・岡田成幸・田畑直樹	住家の原位置的簡易耐震診断法の開発 その 2. レーザードップラー振動計による屋外からの建物微動測定	日本建築学会学術講演梗概集	平成 16 年 9 月 (発表予定)
北野敦則・後藤康明・城 攻・原	SRC 造内柱梁接合部のせん断耐力算定に関する実験的検討	コンクリート工学年次論文報告集,26(2), 1429-1434	平成 15 年 7 月

藤清佳			
出井順二・ 北野敦則・ 後藤康明・ 城 攻	炭素繊維グリッドを用いた RC 造無開口耐震壁の耐震補強・補 修効果に関する実験的検討	コンクリート工学年次論文 報告集,26(2), 1321-1327	平成 15 年 7 月
A.Kitano, O.Joh and Y.Goto	Experimental study on the strengthening and repair of R/C wall-frame structures with an opening by CF-sheets or CF-grids	The second international conference on FRP composites in civil engineering-CICE2004	2004 年 12 月
後藤康明・ 城攻	RC 柱梁骨組の構造性能劣化判 定方法の検討	日本建築学会北海道支部論 文報告集、77、59-62	平成 15 年 6 月
原藤清佳・ 真田朋幸・ 若林久人・ 北野敦則・ 後藤康明・ 城 攻	SRC 造内柱梁接合部のせん断 耐力算定に関する実験的検討	日本建築学会北海道支部研 究報告集 77, 71-76	平成 15 年 6 月
出井順二・ 兼古学・井 望・北野敦 則・後藤康 明・城 攻	炭素繊維グリッドを用いた RC 造無開口耐震壁の耐震補強・補 修効果に関する実験的研究	日本建築学会北海道支部研 究報告集 77, 71-76	平成 15 年 6 月
真田朋幸・ 若林久人・ 原藤清佳・ 北野敦則・ 後藤康明・ 城 攻	SRC 造内柱梁接合部のせん断 耐力算定に関する実験的検討 その 1, 試験体概要及び破壊性 状	日本建築学会年次大会梗概 集, 構造Ⅲ, 1161-1162	平成 15 年 8 月
若林久人・ 真田朋幸・ 原藤清佳・ 北野敦則・ 後藤康明・ 城 攻	SRC 造内柱梁接合部のせん断 耐力算定に関する実験的検討 その 2, 耐力及び変形性能	日本建築学会年次大会梗概 集, 構造Ⅲ, 1163-1164	平成 15 年 8 月
松井望・兼 古学・出井 順二・北野	炭素繊維グリッドを用いた RC 造無開口耐震壁の耐震補強・補 修効果に関する実験的検討 そ	日本建築学会年次大会梗概 集, 構造Ⅳ, 635-636	平成 15 年 8 月

敦則・後藤 康明・城 攻	の1 実験概要と破壊性状		
兼古学・松 井望・出井 順二・北野 敦則・後藤 康明・城 攻	炭素繊維グリッドを用いた RC 造無開口耐震壁の耐震補強・補 修効果に関する実験的検討 そ の2 荷重変形関係及び最大水 平耐力	日本建築学会年次大会梗概 集，構造IV，637-638	平成 15 年 8 月
後藤康明・ 城攻	RC 耐震壁の構造性能劣化判定 方法の検討	日本建築学会北海道支部論 文報告集、78	平成 16 年 (掲載決定)

(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

出願中：木造建築物の耐震診断法，特願2002-101922, 2002

2)ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成 17 年度業務計画案

(a) 2004年7月に耐震精密診断法が大改訂されたことに伴い、本研究提案の診断法の大改訂への追随性について検証を行う。

(b) 今年度までの成果を承け、測定法の改良を試みることにより、診断負荷の軽減を図る。

(c) 木質構造住宅の耐震診断において検証の不足している、地震動が耐力壁線に対して任意の入力角をもって作用した時の隅各部等への応力集中に関するデータ、及び、劣化等により部分的な強度低下の生じた構造部材の耐力評価のためのデータを蓄積・解析し、前年度までに実施した実験結果と合わせて、これらの影響を耐震診断法へ反映できるように体系的に整理する。

(d) 既存住家耐震性の経年変化を推定し、個々の住家の耐震補強対策を提案する。

(e) 簡易耐震診断法の多種構造形式への適用可能性を拡大すべく、微動性状に及ぼす季節変動性の構造材料や荷重分布に与える影響を整理する。