

4) 地震動の入力方向および耐力壁の部分的強度低下が木質構造住宅の耐震性能に及ぼす影響について

a) はじめに

健全な住家に対する診断もさりながら、経年劣化により腐朽進行した住家（特に釘接合など接合部における腐朽進行）や、被災し部分的な強度劣化した住家などの偏心的非健全住家診断のあり方を検討している。そのために、劣化の進行した木質材料において釘接合の耐力試験を実施し、腐朽の進行具合と釘接合耐力に関するデータを蓄積し、強制腐朽処理後4か月で釘せん断耐力が健全時の半分以下に低下することなどを明らかにした。また、地震動入力方向の異なる場合における耐力壁の偏心と応答挙動との関係を明らかにするため、一層箱型試験体を製作し、地震動が耐力壁線に対して0度と45度の入力角で作用した場合の応答挙動を実験測定した。

b) 劣化を受けた構造体における残存耐力に関する検討

劣化を受けた構造体の残存耐力を推定するためには、構造体を構成する耐力要素の残存強度を把握する必要がある。劣化診断の対象となる既存木造住宅での主要な耐力要素とは「耐力壁」であり、柱と土台・桁に筋かいまたは面材を打ちつけたものがほとんどである。この耐力壁の性能は、構成する部材の強度性能だけではなく、部材間の接合性能の影響を大きく受ける。

ここでは、既存木造住宅でもっとも一般的である釘接合に強制腐朽処理を施し、強度試験を行い、腐朽が接合部の強度性能に及ぼす影響について検討した。

i) 試験体および試験方法

試験体は木材に鋼板を釘打ちした接合部モデルであり、主材にはトドマツ（45×50×190mm、平均比重0.39）、側材には厚さ3.2mmの帯金物（Zマーク表示金物）を加工した鋼板、釘は枠組壁工法用くぎCN50（φ2.87、長さ50mm）を使用した。

鋼板にあけた先穴径は3mmであり、主材と側材の間には厚さ約0.6mmのギャップができるようにスペーサーを挿入して釘打ちした。これは木材の膨潤による摩擦力の増加が初期剛性を増大させる影響を緩和させるよう配慮したものである。

主材となるトドマツは、同一の母材からエンドマッチングさせた2または3体を用意し、それぞれコントロール材、腐朽材および飽水材とした。腐朽材の促進劣化処理には褐色腐朽菌であるオオウズラタケを使用し、培地に試験体の鋼板側を接触させて設置した。処理期間は約4か月間、6か月間の2種類である。また飽水材は、減圧加圧による飽水処理を行い、減圧処理は40mmHg（=5kPa）で30分、加圧処理は10kg/cm<sup>3</sup>（=980kPa）で4時間である。

釘接合部のせん断試験は標準的な方法<sup>9)</sup>に則って行った。せん断試験はテンシロン万能試験機（能力100kN）を用いて行い、荷重値の計測には容量50kNのロードセルを、釘のすべり量の計測には精度1/200mm・最大ストローク50mmのひずみゲージ式変位変換器を使用した。

加力方法は正負交番繰り返し加力であり、繰り返し設定変位は0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 2.0, 4.0mm、各3回ずつとした。なお加力速度は2mm/分とし、供試体が破壊するかあるいは最大荷重の80%以下に荷重が低下するまで加力を続けた。

試験体の形状および試験方法を図38に示すとともに促進劣化処理の様子を写真6に、

試験実施状況を写真7に示す。

## ii) 結果と考察

荷重—すべり量の関係曲線の一例を図39に示し、試験結果を表6に総括する。強度性能の各指標は、完全弾塑性モデル化による評価法<sup>10)</sup>に基づいて算出した。

破壊形態は、健全材ではほとんどが釘頭の破断であったが、腐朽材では主材の割裂もしくは釘の引き抜けであり、飽水材ではすべて釘の引き抜けであった(写真8~13)。

初期剛性については、その算出方法についての考察がいくつかあるが<sup>11),12)</sup>、腐朽材の荷重—すべり曲線では初期の急激な立ち上がりが発生していることから、接線すべり係数および割線すべり係数とも腐朽による強度低下を反映していないと判断し、ここではすべり量が1mmのときの荷重をもとに初期剛性を計算した。なお初期の急激な立ち上がりは、膨潤による影響というよりも、菌糸の蔓延による接着効果が発生したためだと考えられる。

この試験結果をもとに、腐朽処理期間と接合部残存強度との関係をグラフに示すと図40のようになった。腐朽条件がそろえば4ヶ月で釘せん断耐力が健全時の4割程度に低下することがわかる。

「木造住宅の耐震診断と補強方法(改訂版)」では、接合部の条件による耐力の低減が提案されているが、腐朽劣化に起因する耐力低下率は、1種類の解析モデルにおいて接合部金物の仕様(引寄せ金物、かど金物、無し)と腰壁・垂れ壁の有無をパラメータとした増分解析結果に基づいて設定されたものであり、腐朽劣化の進行した接合部・耐部材の荷重—変形関係を捕らえての検証・提案とはなっていない中、当該データは貴重であり、これらデータの蓄積により、腐朽劣化による耐力低減率の論拠を明確にしてゆくことができる。今後は、1か月、2か月の処理期間を設定しての試験を行い、この関係曲線の有意性を高めることを当面の課題とし、樹種設定及び実大部材寸法(断面105mm×105mm)の試験片における強制腐朽処理の検討へと発展させる。

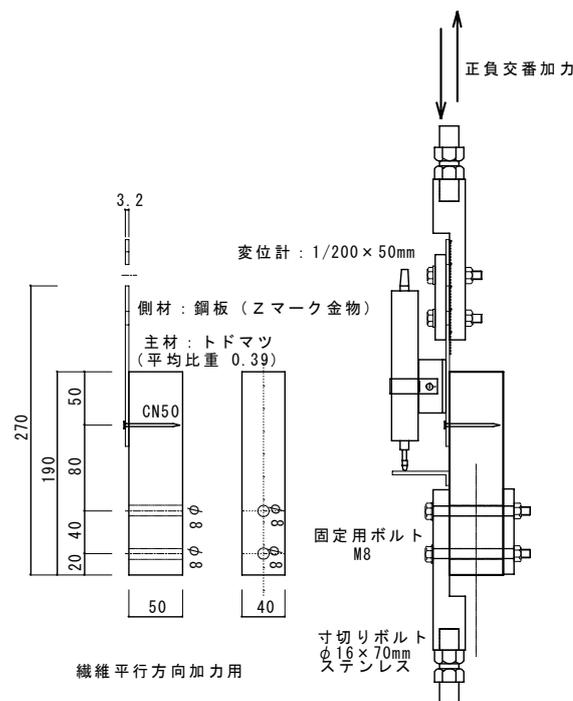


図38 試験体及び試験方法



写真6 劣化処理の様子

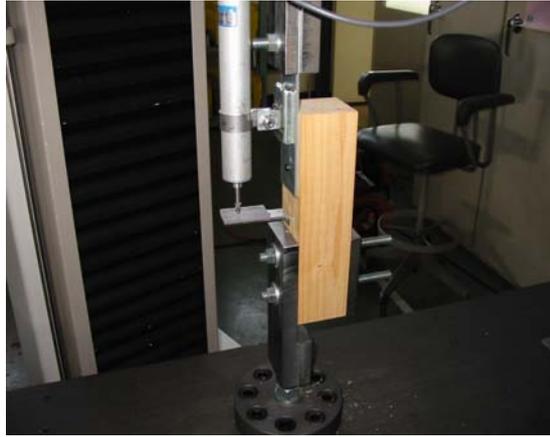


写真7 加力試験の様子

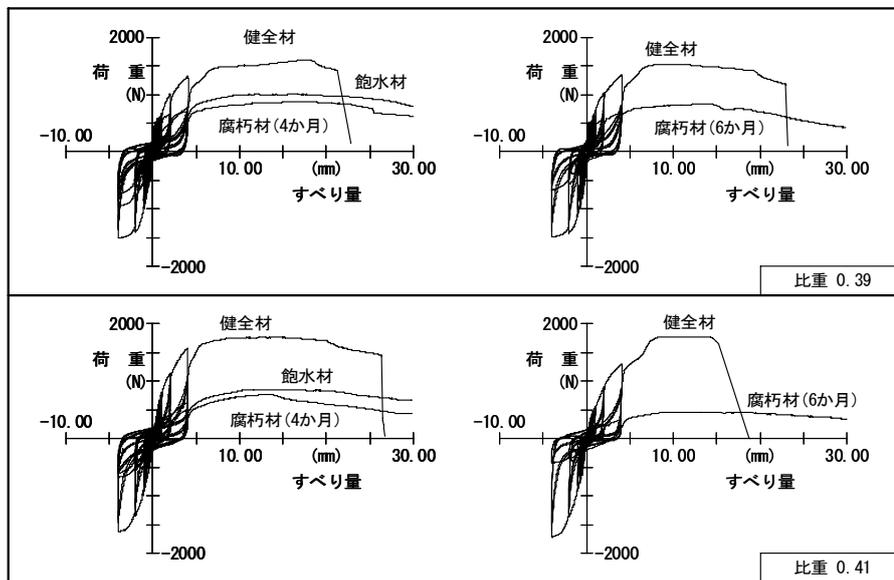


図 39 荷重-すべり曲線の一例

表 6 試験結果の一覧

●健全材と腐朽材(4か月)の比較(試験体数 10)														
試験体		最大荷重	最大荷重時の変位	降伏耐力	降伏変位	初期剛性	1mm変位時の荷重	終局変位	終局耐力	塑性率	構造特性係数		短期基準耐力	破壊形態
		$P_{max}$	$\delta_{P_{max}}$	$P_y$	$\delta_y$	K	$P_{1mm}$	$\delta_v$	$P_u$	$\mu$	$D_s$	$2/3P_{max}$	$sP_a$	
		(N)	(mm)	(N)	(mm)	(N/mm)	(N)	(mm)	(N)			(N)	(N)	
健全材	平均	1575	11.73	915	1.51	698.8	767	2.37	1470	9.5	0.243	1050	915	釘破断
	変動係数	0.09	0.38	0.10	0.39	0.40	0.20	0.34	0.10	0.29	0.14	0.09	0.10	
腐朽材	平均	724	16.38	405	2.88	329.2	288	4.42	634	11.7	0.298	483	395	釘引き抜け、木口割裂
	変動係数	0.20	0.18	0.19	0.90	1.07	0.52	0.79	0.20	0.97	0.49	0.20	0.20	
腐朽/健全	平均	0.46	1.57	0.44	2.58	0.66	0.41	2.28	0.43	1.50	1.28	0.46	0.43	
	変動係数	0.22	0.38	0.18	1.15	1.09	0.63	0.99	0.22	1.02	0.60	0.22	0.18	
●健全材と腐朽材(6か月)の比較(試験体数 10)														
試験体		最大荷重	最大荷重時の変位	降伏耐力	降伏変位	初期剛性	1mm変位時の荷重	終局変位	終局耐力	塑性率	構造特性係数		短期基準耐力	破壊形態
		$P_{max}$	$\delta_{P_{max}}$	$P_y$	$\delta_y$	K	$P_{1mm}$	$\delta_v$	$P_u$	$\mu$	$D_s$	$2/3P_{max}$	$sP_a$	
		(N)	(mm)	(N)	(mm)	(N/mm)	(N)	(mm)	(N)			(N)	(N)	
健全材	平均	1537	8.96	872	1.32	740.1	760	2.15	1427	11.3	0.232	1025	872	釘破断
	変動係数	0.09	0.47	0.14	0.43	0.31	0.16	0.39	0.10	0.40	0.27	0.09	0.14	
腐朽材	平均	599	14.86	319	0.99	851.5	271	1.59	515	39.2	0.163	399	319	釘引き抜け、木口割裂
	変動係数	0.31	0.31	0.39	1.32	0.81	0.57	1.29	0.32	0.71	0.61	0.31	0.39	
腐朽/健全	平均	0.40	2.13	0.38	0.84	1.24	0.37	0.82	0.37	3.69	0.73	0.40	0.38	
	変動係数	0.37	0.69	0.48	1.51	0.96	0.57	1.52	0.37	0.74	0.67	0.37	0.48	
●健全材と飽水材の比較(試験体数 12)														
試験体		最大荷重	最大荷重時の変位	降伏耐力	降伏変位	初期剛性	1mm変位時の荷重	終局変位	終局耐力	塑性率	構造特性係数		短期基準耐力	破壊形態
		$P_{max}$	$\delta_{P_{max}}$	$P_y$	$\delta_y$	K	$P_{1mm}$	$\delta_v$	$P_u$	$\mu$	$D_s$	$2/3P_{max}$	$sP_a$	
		(N)	(mm)	(N)	(mm)	(N/mm)	(N)	(mm)	(N)			(N)	(N)	
健全材	平均	1566	9.80	907	1.55	673.2	731	2.45	1452	10.26	0.244	1044	907	釘破断
	変動係数	0.11	0.42	0.15	0.40	0.39	0.20	0.36	0.12	0.43	0.24	0.11	0.15	
飽水材	平均	959	13.13	556	2.33	252.2	372	3.74	892	7.29	0.275	639	556	釘引き抜け
	変動係数	0.12	0.19	0.14	0.22	0.31	0.17	0.21	0.12	0.20	0.10	0.12	0.14	
飽水/健全	平均	0.61	1.64	0.62	1.80	0.44	0.53	1.76	0.62	0.87	1.191	0.61	0.62	
	変動係数	0.10	0.61	0.13	0.49	0.60	0.30	0.44	0.10	0.57	0.25	0.10	0.13	



写真8 健全材



写真9 飽水材



写真 10 腐朽材(4 か月)



写真 11 腐朽材(4 か月)



写真 12 腐朽材(6 か月)



写真 13 腐朽材(6 か月)

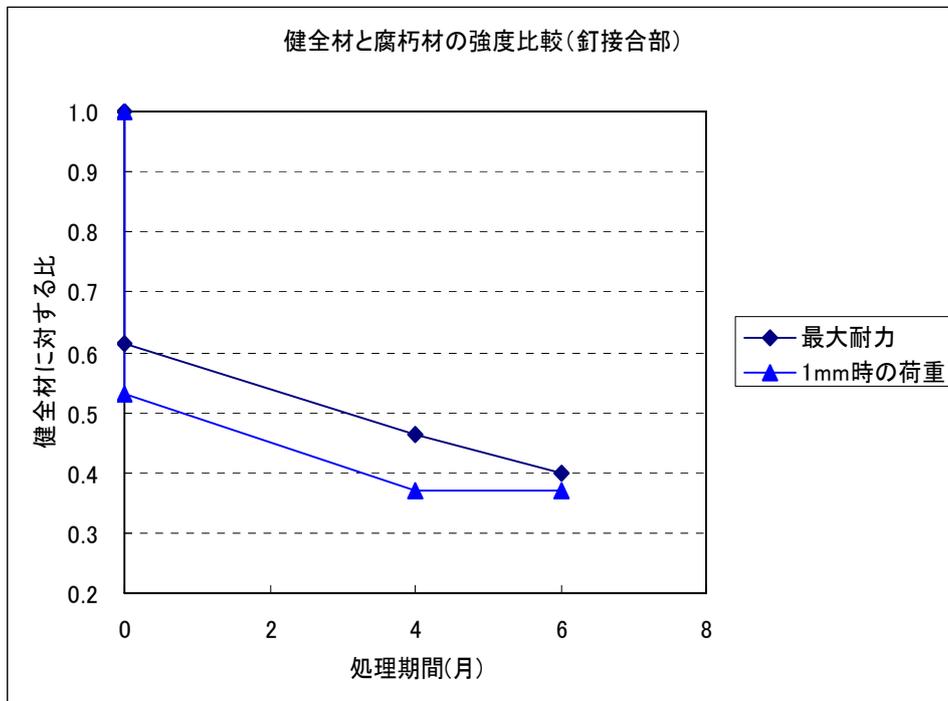


図 40 強制劣化処理期間と強度との関係  
(各プロット点はそれぞれ 10 体の平均値)

### c)地震動の入力方向の影響を検討するための加震実験

微動を活用して在来木造住宅の耐震性能を評価するにあたり、地震動の入力方向と木造住宅の応答特性との関係を検証するため、実大の木造一層箱型試験体を製作し、地震動が耐力壁線に対して0度で入力した場合（以下、「標準入力加震」と、45度の入力角で作用した場合（以下、「斜め45度入力加震」）の応答挙動を比較検討した。

#### i) 試験体および試験方法

試験体の概要を図41に総括する。柱と横架材の仕口は北海道における昭和40～50年代の代表的な仕様とし<sup>13)</sup>、サイディングは直張りせず、安易な外観のリフォームを見立ててサイディング用専用金物により躯体へ固定した。試験体を損傷させるためのランダム波は兵庫県南部地震におけるJAM神戸波（水平N-S、上下）であり、所要壁長さに対する当該試験体の充足率は44%程度でしかない。標準入力加震における試験体と、斜め45度入力加震における試験体の仕様は全く同じである。試験体の概観等を写真14～17に、加速度センサーの設置箇所を図42に示す。

#### ii) 結果と考察

JMA神戸波入力後の、標準入力加震後、及び斜め45度入力加震後の試験体の損傷状況を、それぞれ写真18と写真19に示す。各試験体の応答特性は、それぞれ図43、図44のようであった。いずれの加震においても、開口部の無い西面の耐力壁部材である南西隅柱を含む南側の隅柱②、③が両方とも脚部から引き抜けると共に、その近傍のサイディングが剥落した。窓開口部付き壁と無開口壁との応答特性の異なっていることは、斜め45度入力加震時の振幅比スペクトルの方に顕著に現れている。

JMA神戸波による加震の前後に、加速度縮尺10%としたJMA神戸波、入力レベルの異なるwhite noiseを入力し、損傷前後の試験体の応答特性を比較した。加速度縮尺10%としたJMA神戸波を標準入力した時の損傷前後の試験体の応答特性をそれぞれ図45と図46に、また、斜め45度入力した時の損傷前後の試験体の応答特性をそれぞれ図47と図48に示す。損傷前後に入力レベルの異なるwhite noiseを入力した時の試験体の応答特性を図49～54に示す。

標準入力時の場合、健全時に加速度縮尺10%のJMA神戸波を入力した時には、無開口壁では7.5Hzが卓越し、これに比べて窓開口付き壁では若干振幅比が一様に分布していたが、損傷後はどの計測点でもほぼ5.0Hzで卓越する応答を示すこととなった。全体に大きな損傷を受け、一様に剛性が低下したものと考えられる。損傷後のwhite noiseに対する応答を見ても、5gal及び20gal入力時においてははっきりと5.0Hz近傍が卓越していることが読み取れるが、10gal入力時の応答特性において5.0Hzの卓越は認められない。また、健全時には入力レベルの違いによる応答特性の違いが損傷時よりも大きくなっている。

45度入力時の場合、健全時において、10gal以上のwhite noise入力時に3.5～3.8Hzの卓越振動数が現れているが、5gal程度の入力では違う様相を呈し、更には加速度縮尺10%のJMA神戸波に対する応答はこれらとも異なっている。損傷後の入力レベルの違いによる応答特性の差異は大きく、FFTなど一般の直接フーリエ変換による推定スペクトルによる震動特性の評価は困難であった。

本実験で用いた試験体は、これまで実施してきた一連の試験体の中では最も弱い仕様で

あり、その震動特性は入力レベルによって大きく異なり、更には、震動の入力方向が壁線と異なることにより卓越周期がより一層不明瞭となり、一般的に広く用いられている直接フーリエ変換による震動特性の同定が困難になることが明らかとなった。最終年度は、本データと昨年度までに蓄積した加震実験データとの整合性の検証と分析、及び、震動入力のレベルと指向性に左右されることの少ない、非破壊耐震診断のための微動データの解析手法の開発が課題となる。

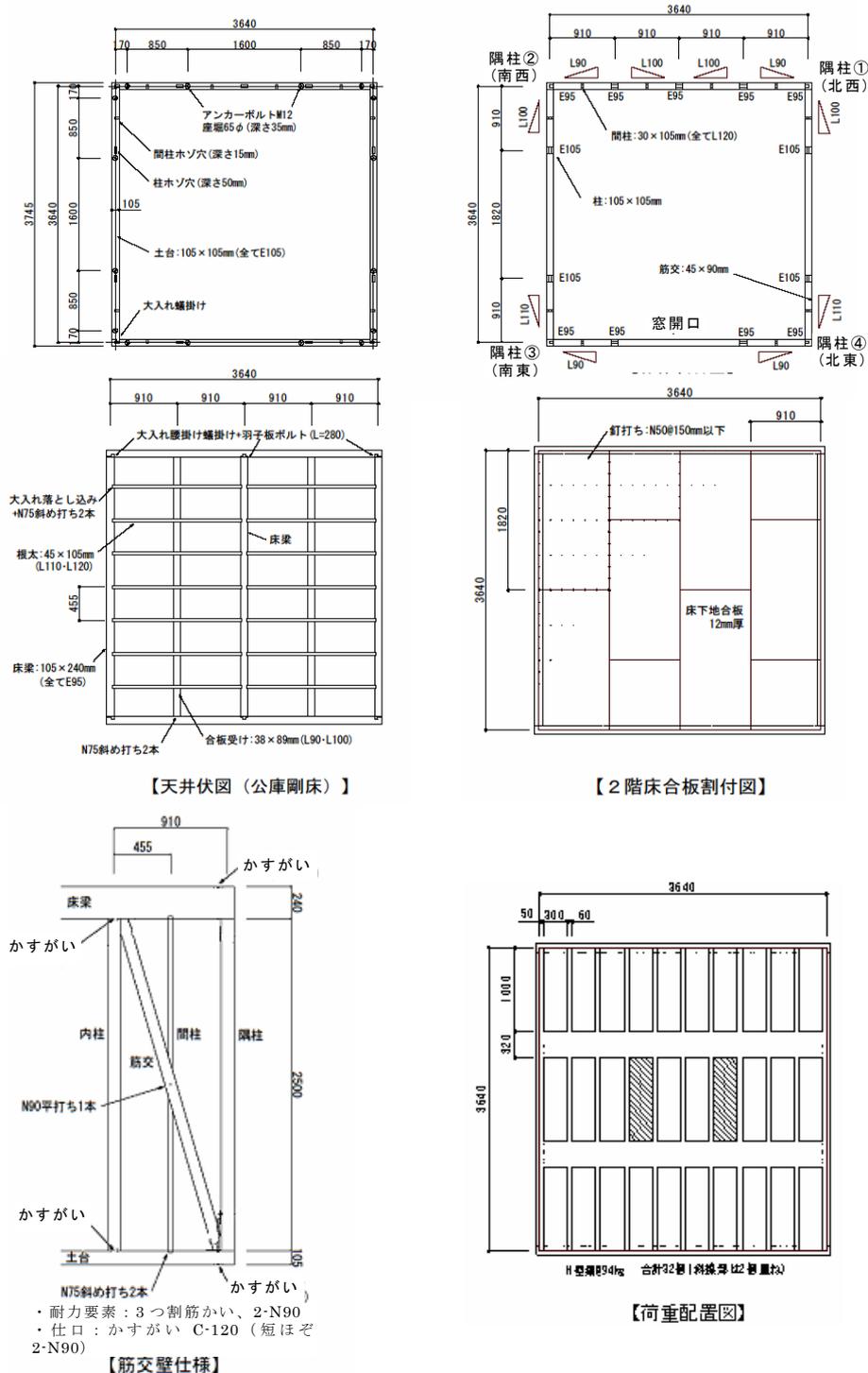


図 41 試験体概要



写真 14 躯体



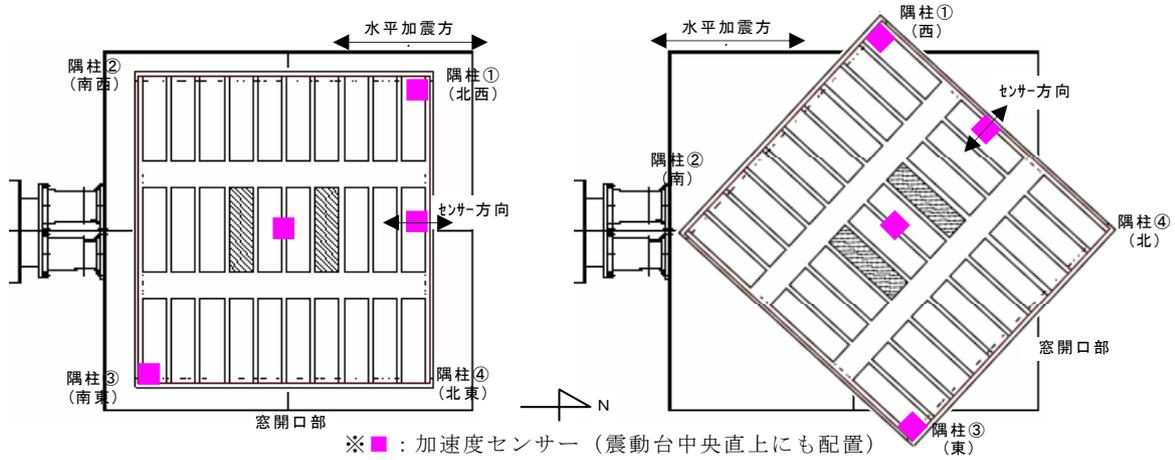
写真 15 サイディングの留め付け



写真 16 概観



写真 17 柱脚変位計の設置



(a)標準入力加震時

(b)斜め 45 度入力加震時

図 42 試験体の配置と加速度センサーの設置箇所



(a)南面



b)北東面



(c)南西隅柱



(d)南東隅柱



(e)南西隅柱



(f)南面西側壁頂部

写真 18 標準入力加震後の損傷 (JMA 神戸波)



(a)南東・北東面



(b)南東面



(c)北東面



(d)南西面

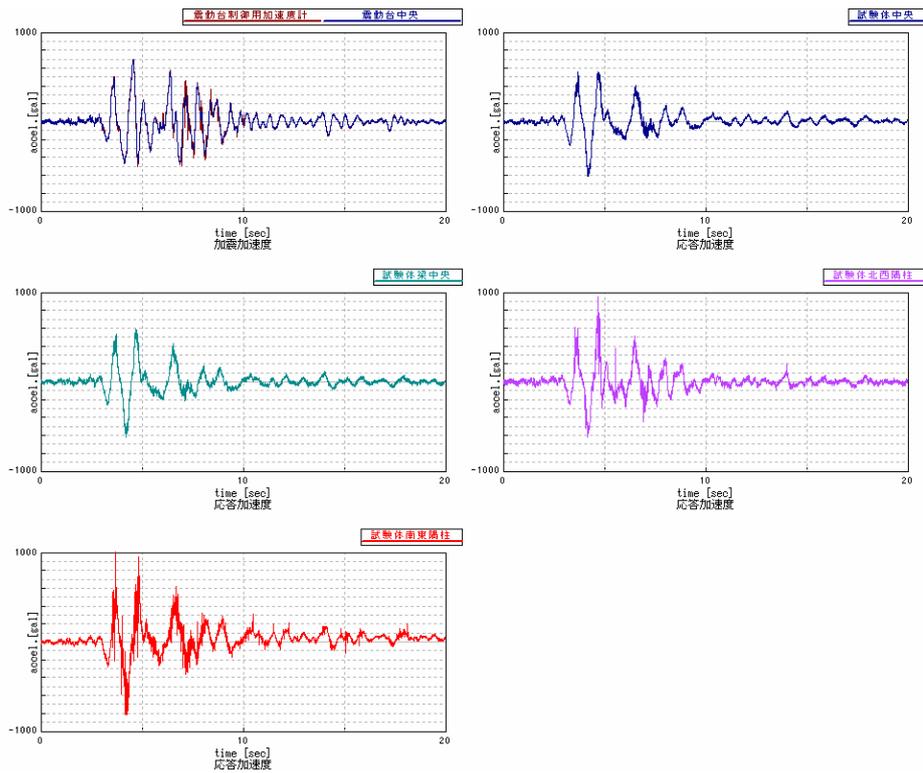


(e)東隅柱

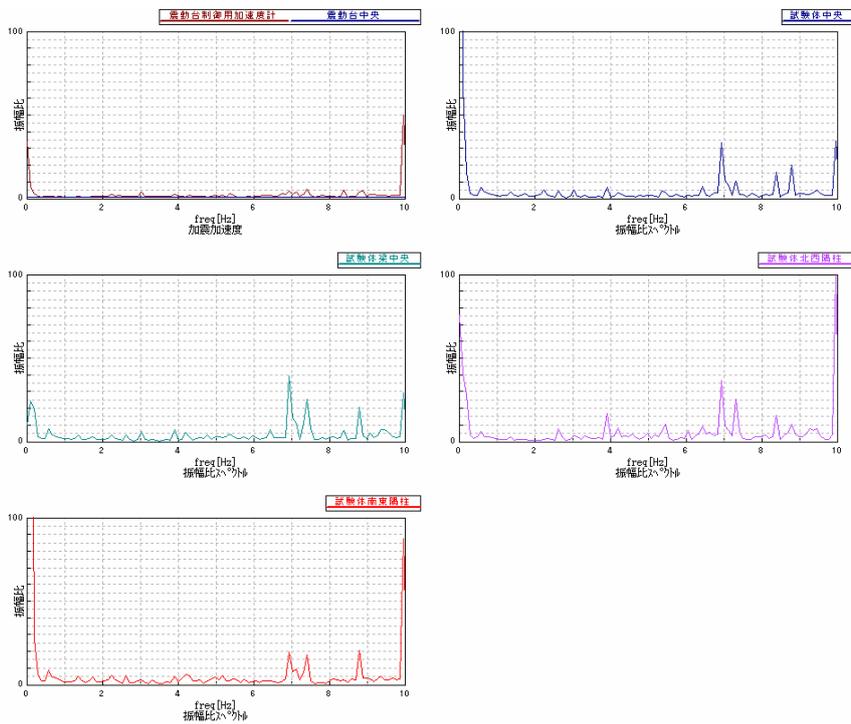


(f)南隅柱

写真 19 斜め 45 度入力加震後の損傷 (JMA 神戸波)

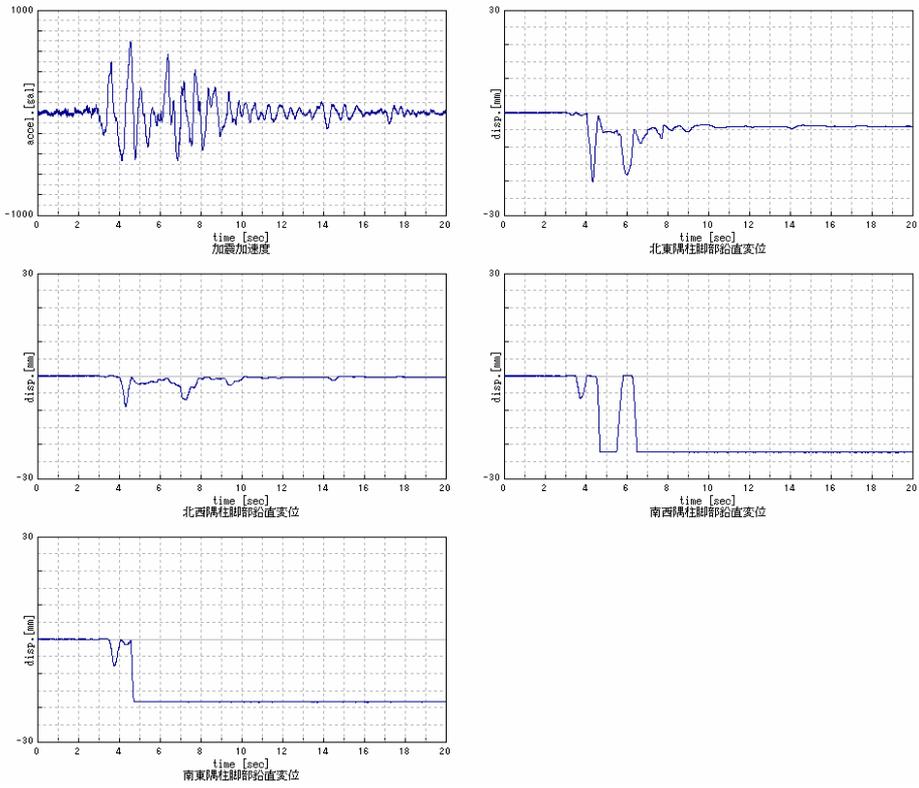


(a)時刻歴データ



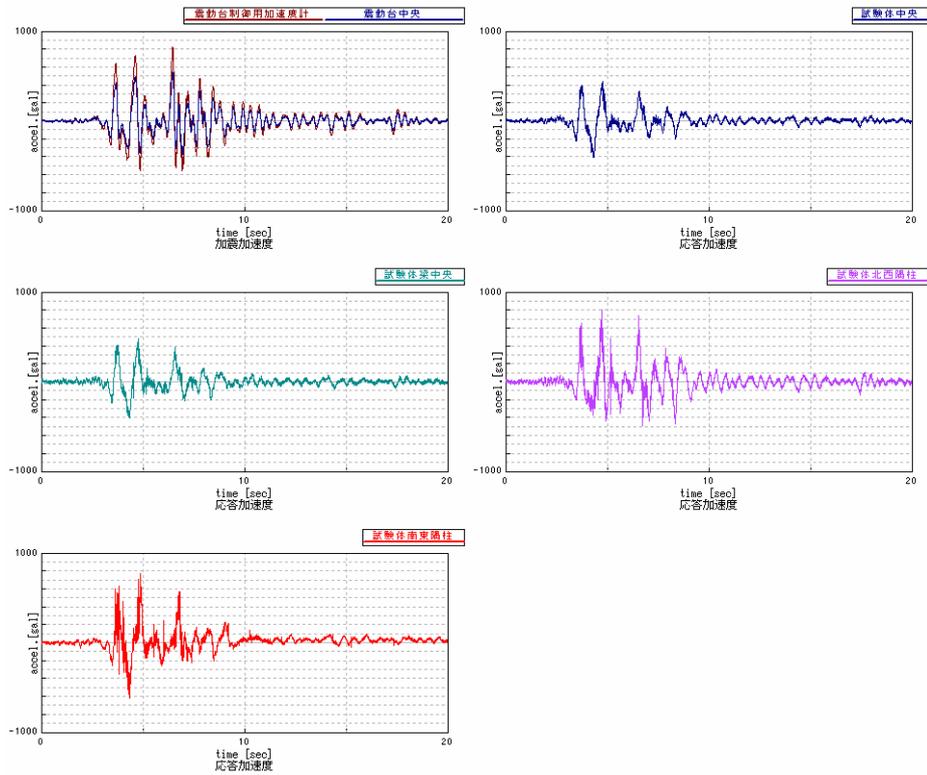
(b)振幅比スペクトル

図 43 標準入力加震/JMA 神戸波：加速度縮尺 100%—その 1—

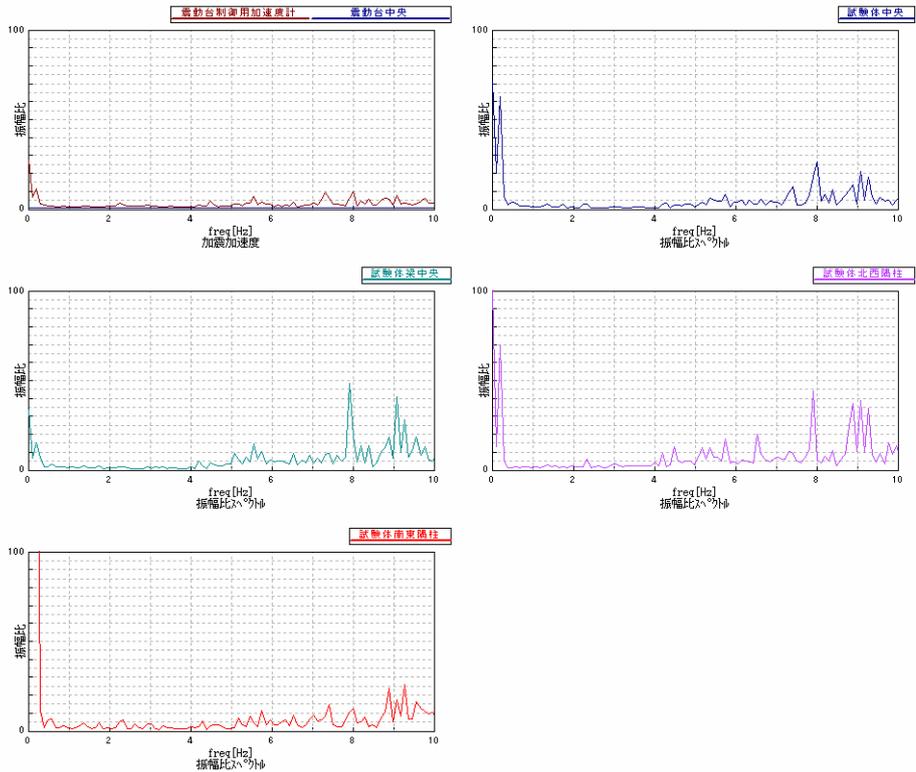


(c)隅柱脚部抜け出し量

図 43 標準入力加震/JMA 神戸波：加速度縮尺 100%—その 2—

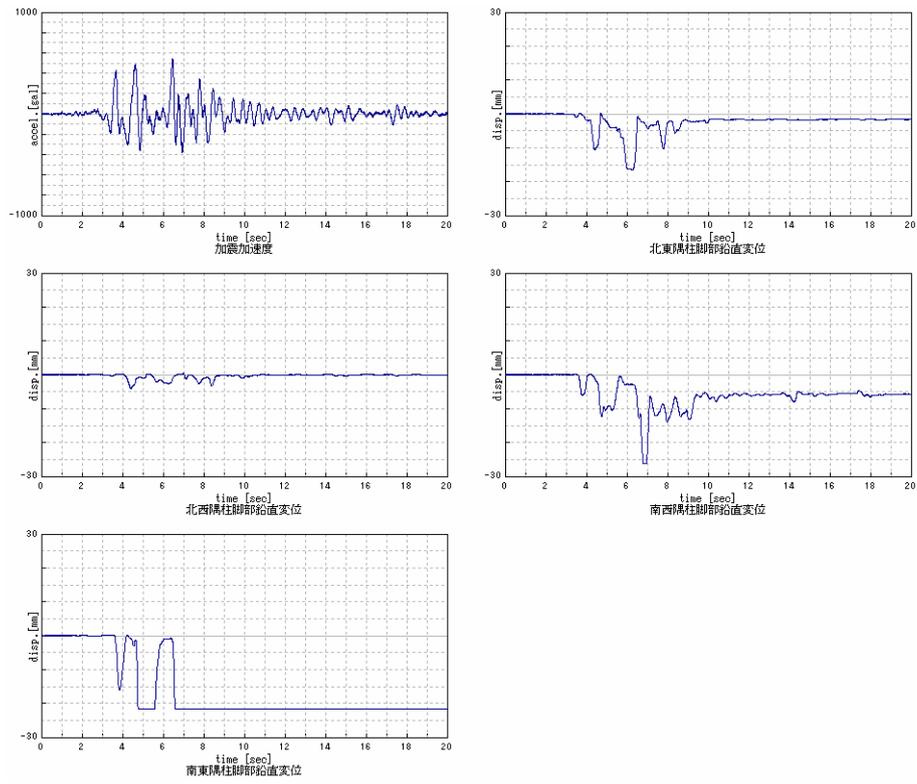


(a)時刻歴データ



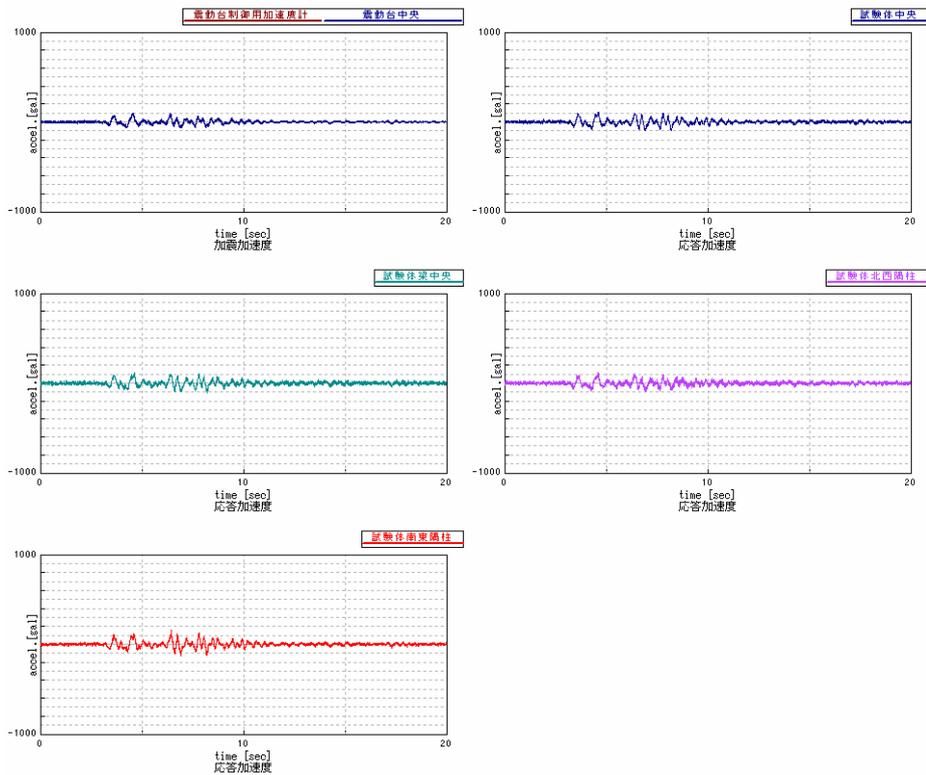
(b)振幅比スペクトル

図 44 斜め 45 度入力加震/JMA 神戸波：加速度縮尺 100%—その 1—

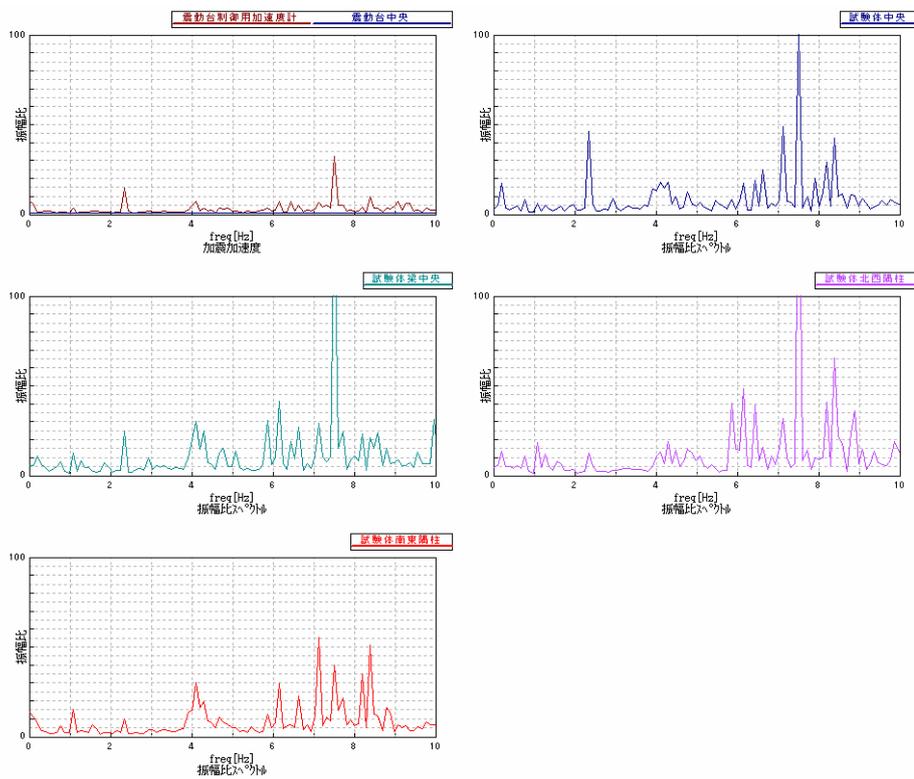


(c) 隅柱脚部抜け出し量

図 44 斜め 45 度入力加震/JMA 神戸波：加速度縮尺 100%—その 2—

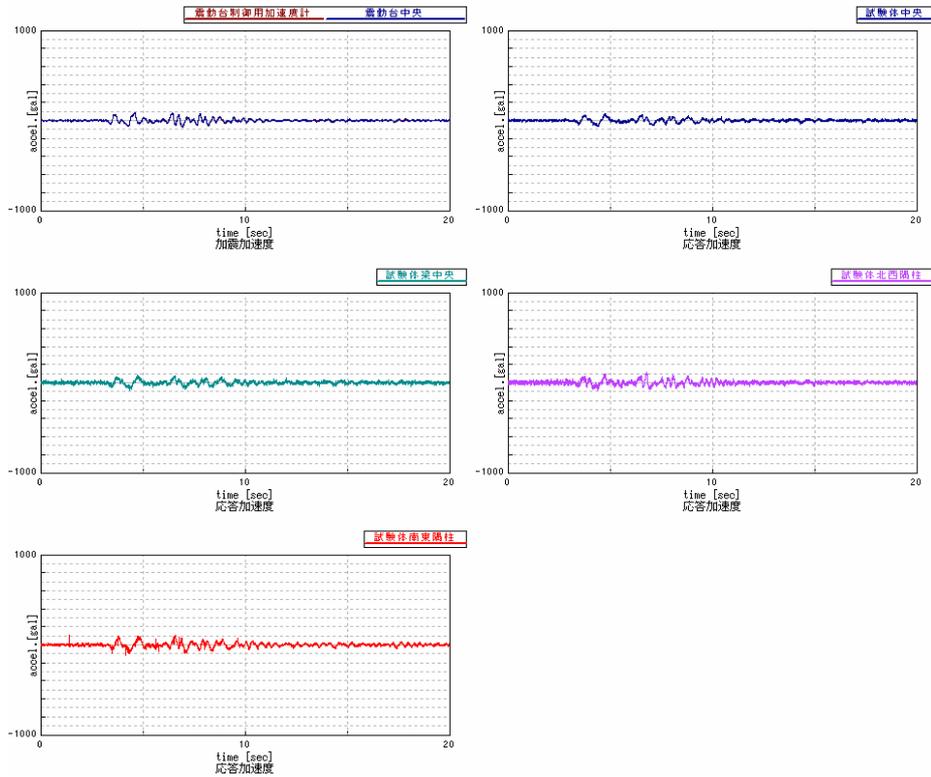


(a)時刻歴データ

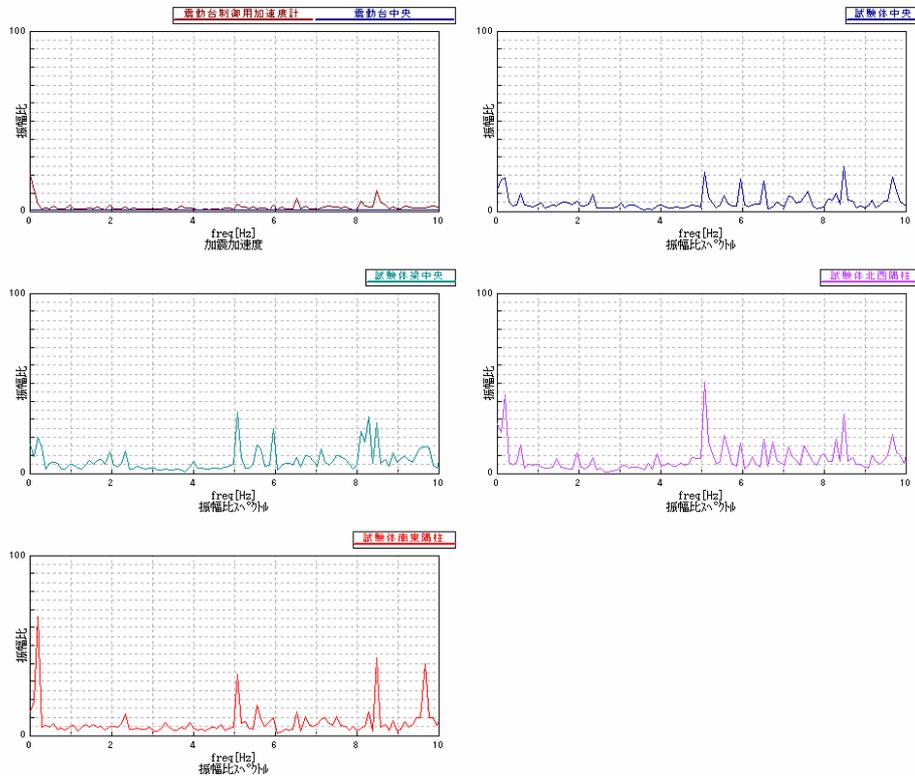


(b)振幅比スペクトル

図 45 標準入力加震/JMA 神戸波：加速度縮尺 10%—100%加震前一

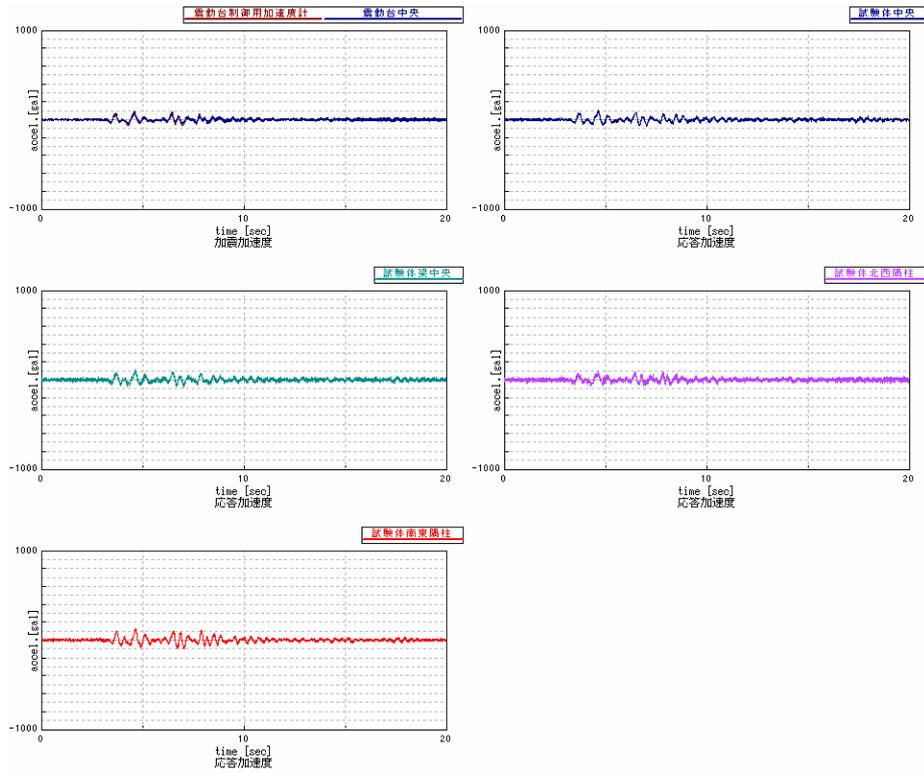


(a)時刻歴データ

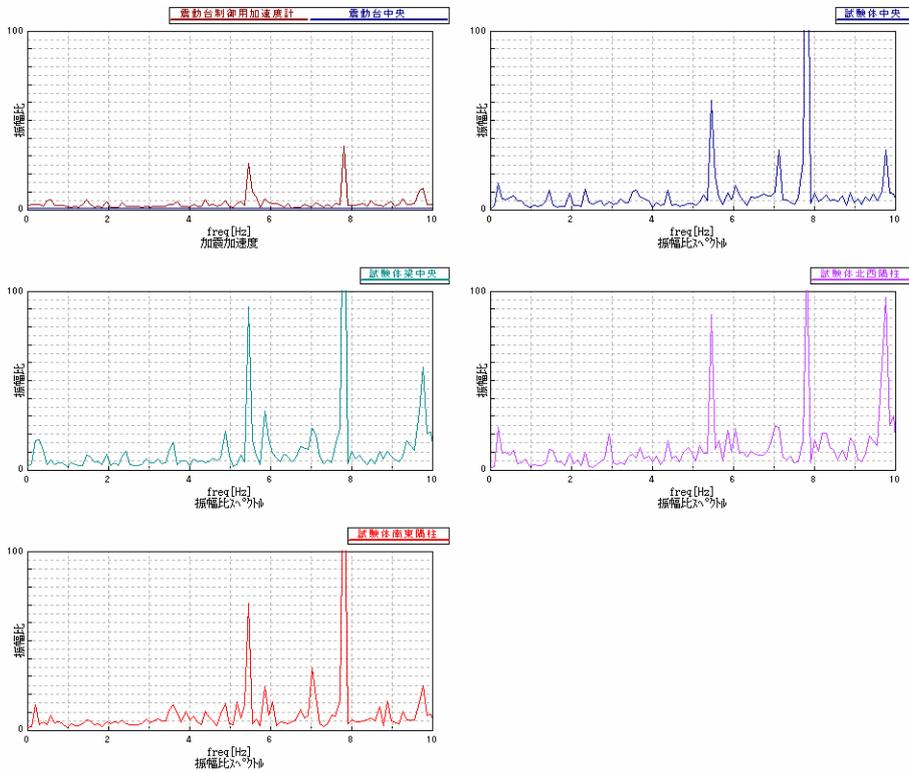


(b)振幅比スペクトル

図 46 標準入力加震/JMA 神戸波：加速度縮尺 10%—100%加震後—

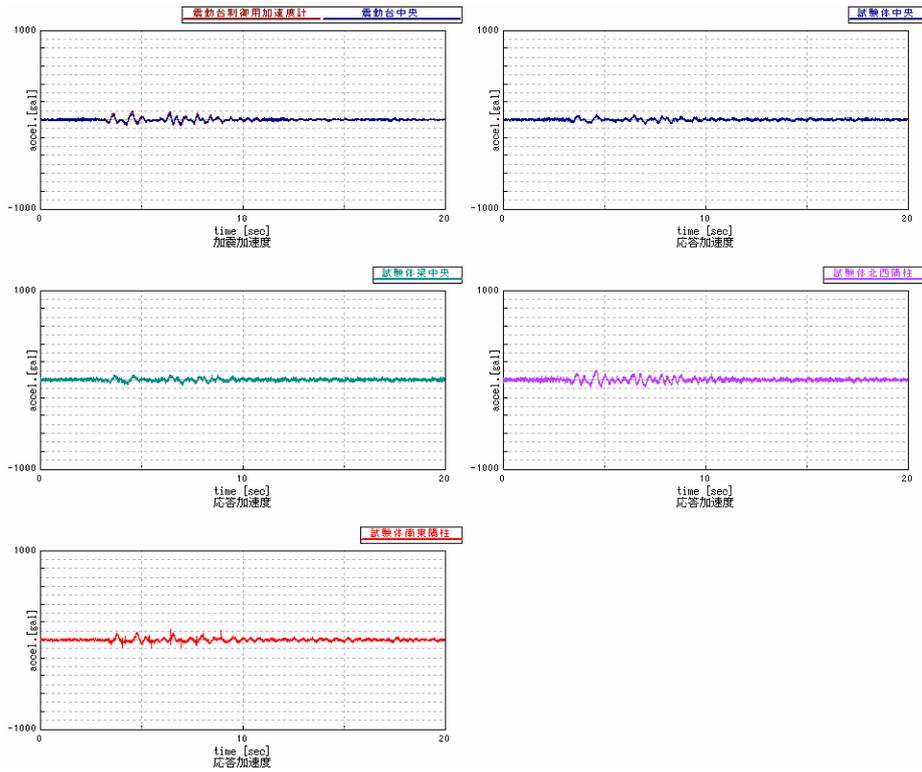


(a)時刻歴データ

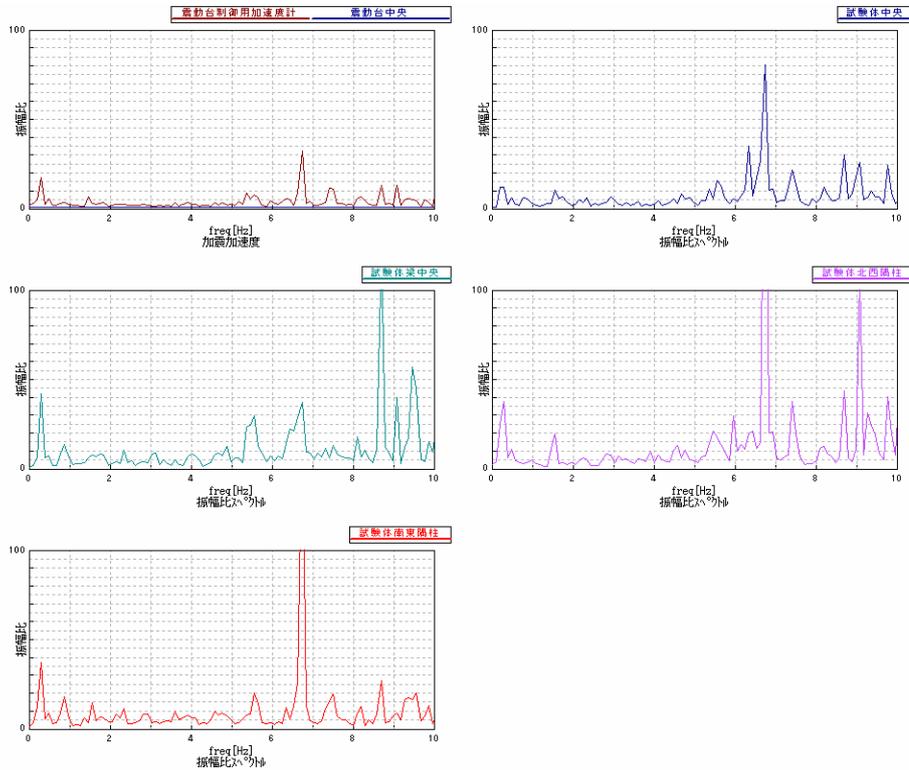


(b)振幅比スペクトル

図 47 斜め 45 度入力加震/JMA 神戸波：加速度縮尺 10%—100%加震前一

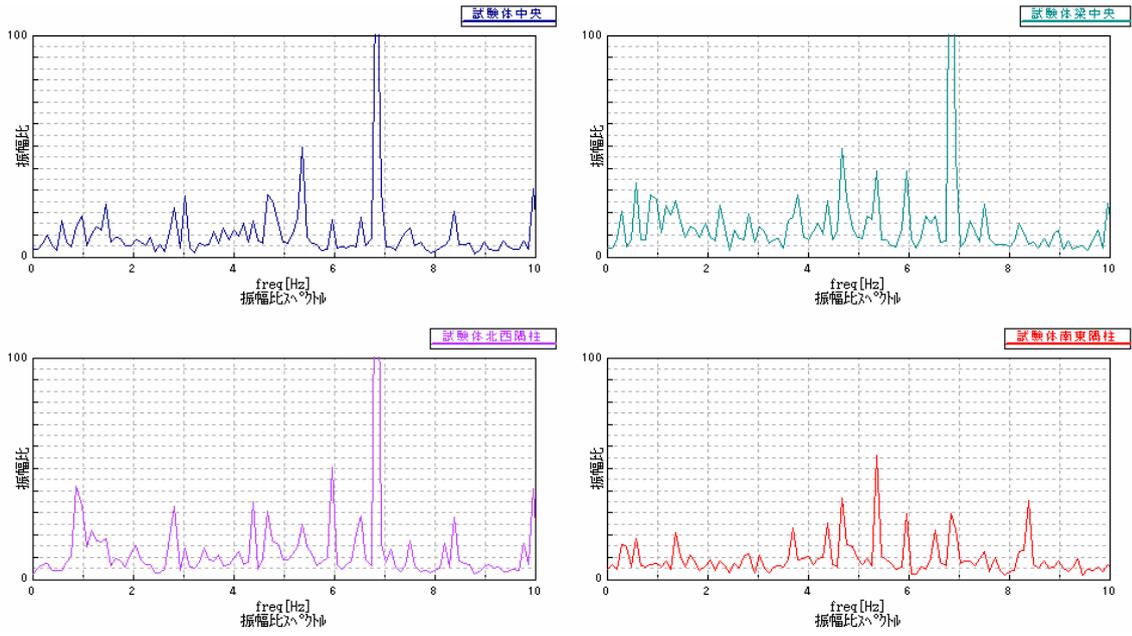


(a)時刻歴データ

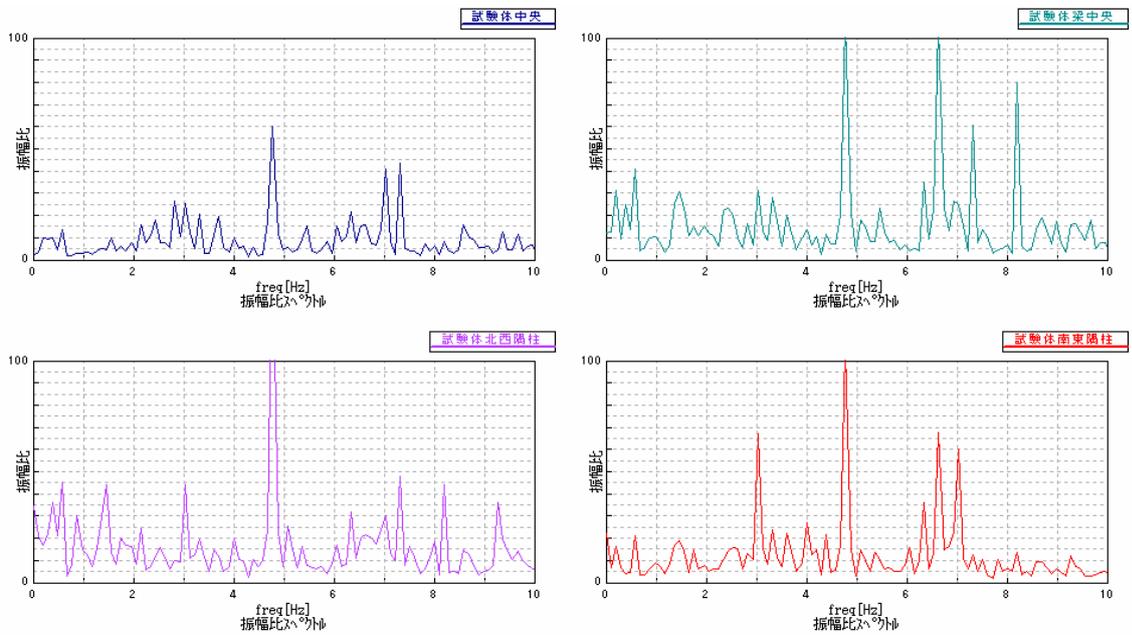


(b)振幅比スペクトル

図 48 斜め 45 度入力加震/JMA 神戸波：加速度縮尺 10%—100%加震後—

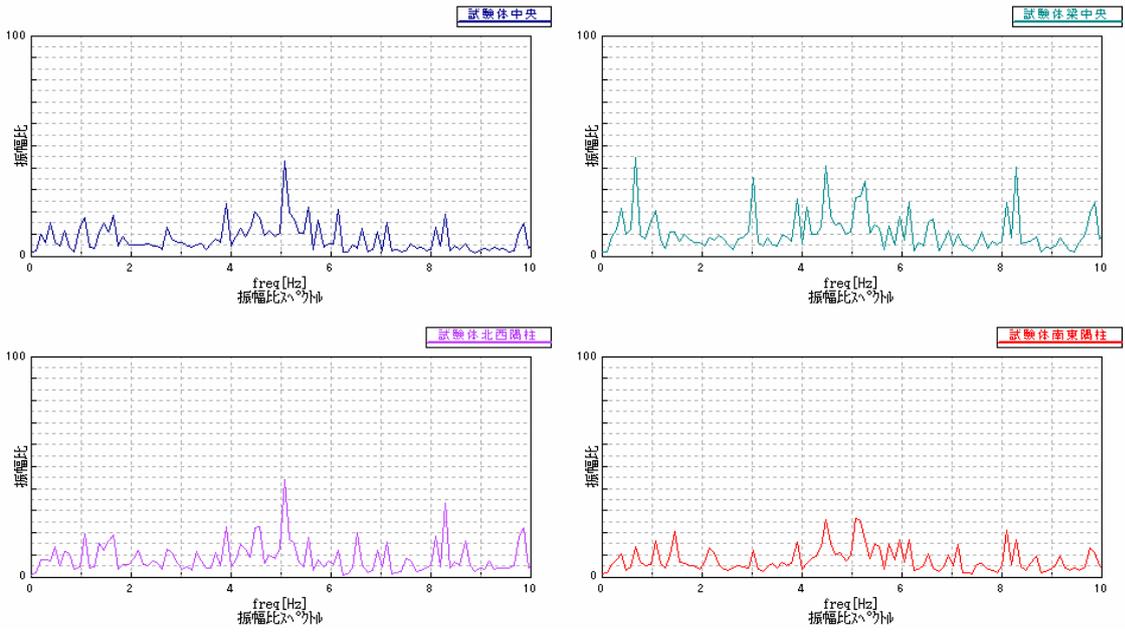


(a)JMA 神戸 100%加震前

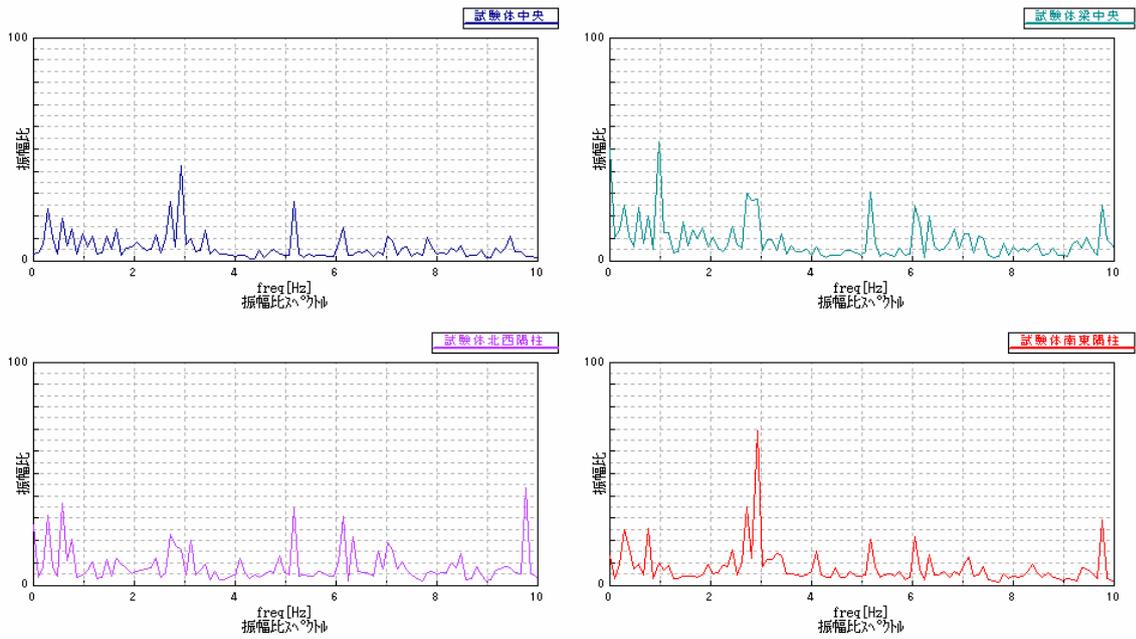


(b)JMA 神戸 100%加震後

図 49 標準入力加震/white noise : 加速度振幅 5gal

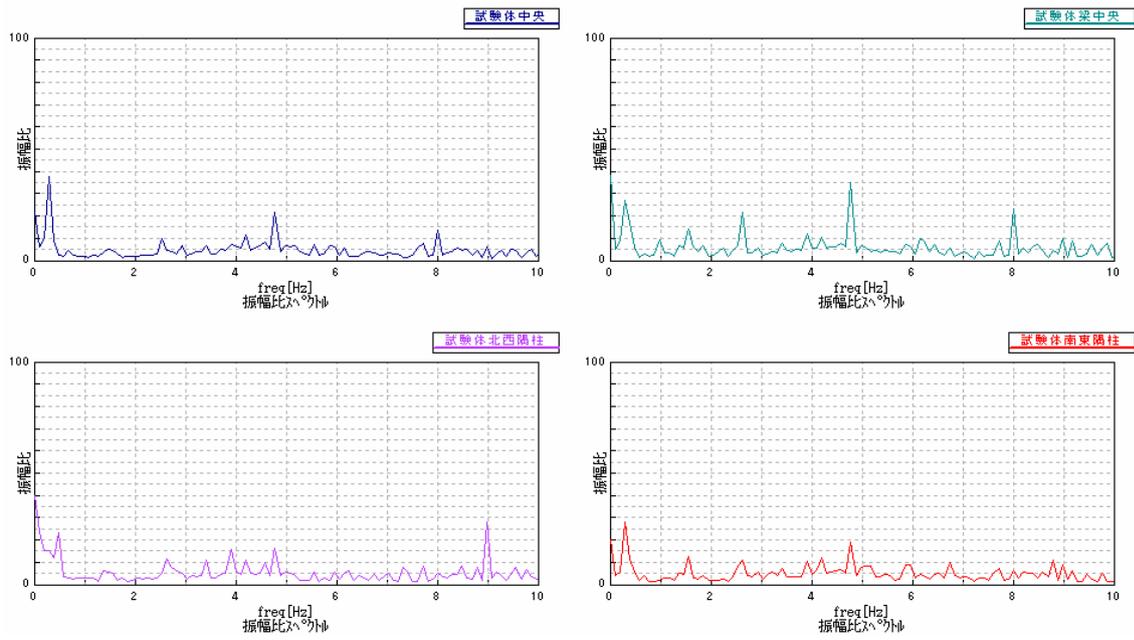


(a)JMA 神戸 100%加震前

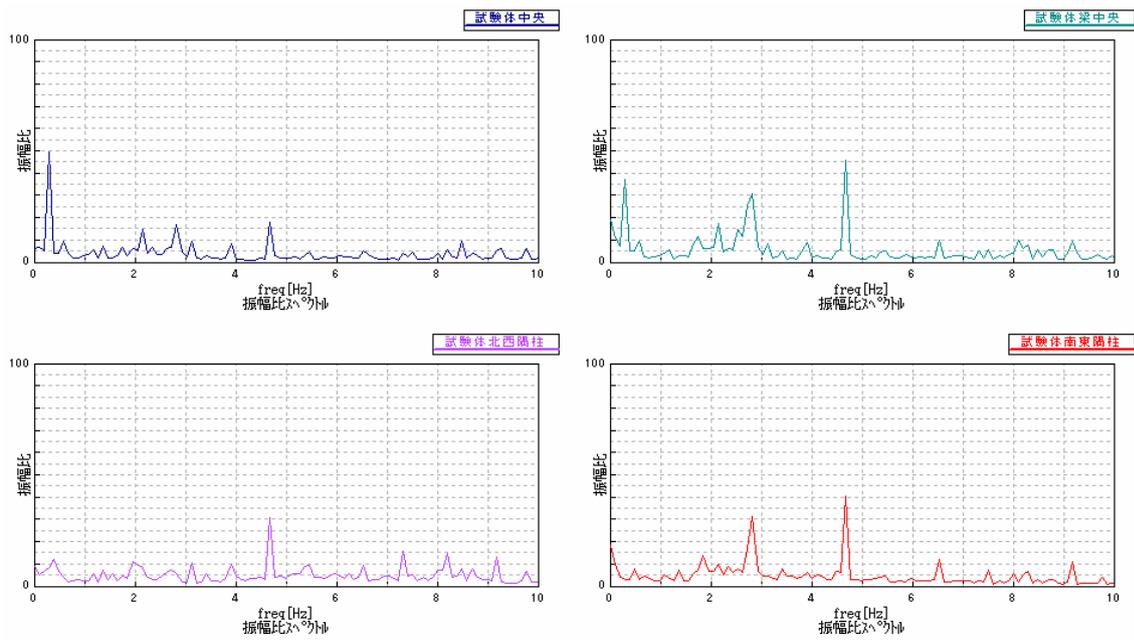


(b)JMA 神戸 100%加震後

図 50 標準入力加震/white noise : 加速度振幅 10gal

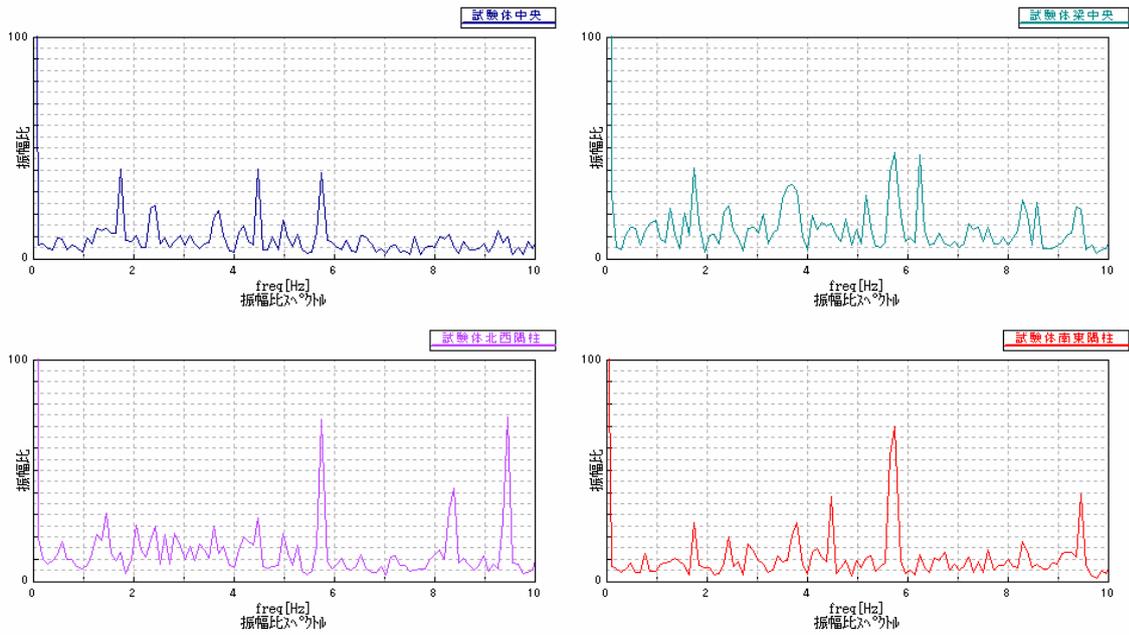


(a)JMA 神戸 100%加震前

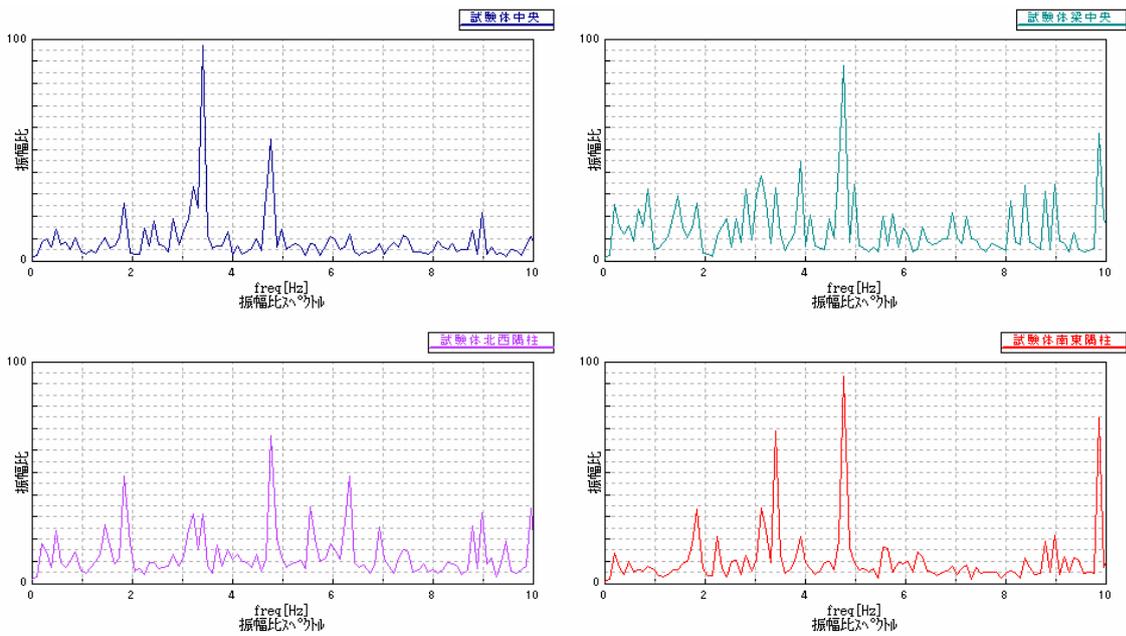


(b)JMA 神戸 100%加震後

図 51 標準入力加震/white noise : 加速度振幅 20gal

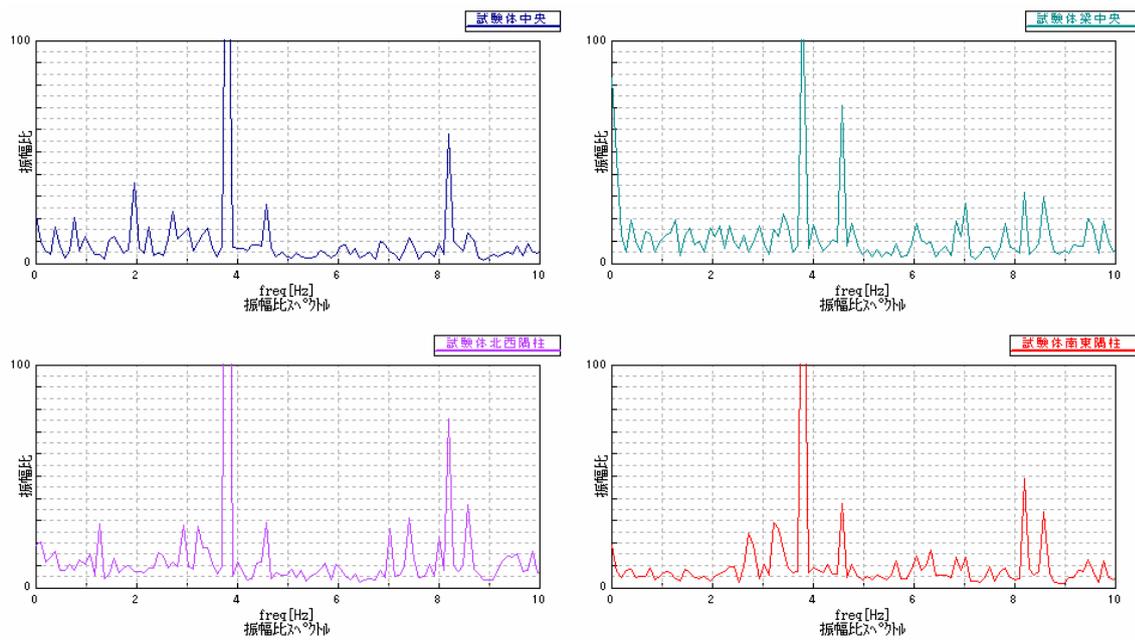


(a)JMA 神戸 100%加震前

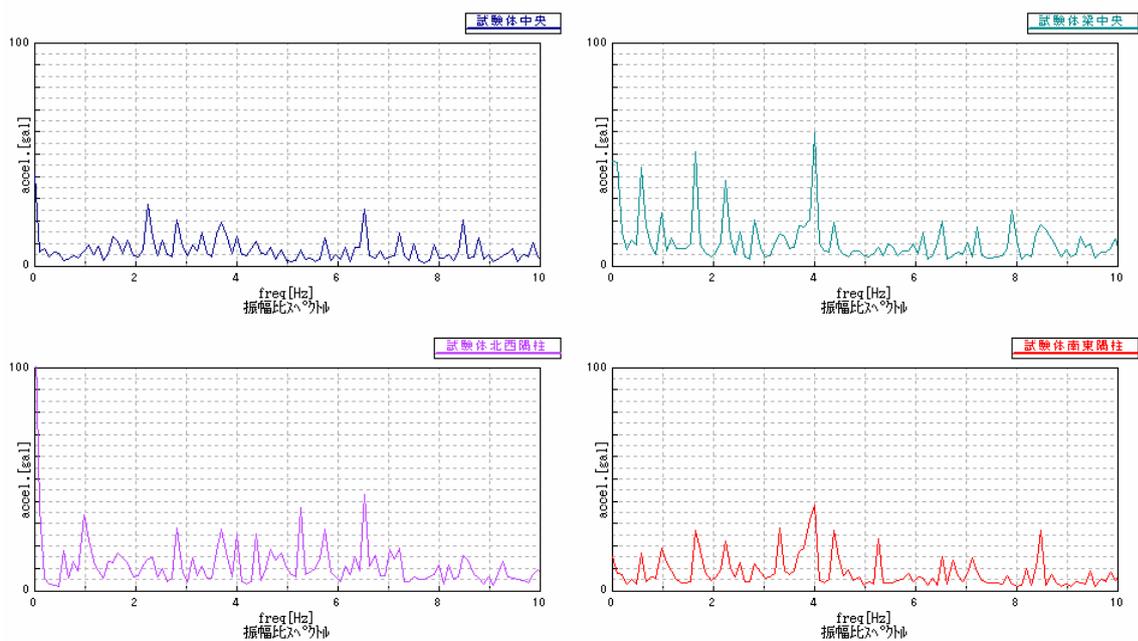


(b)JMA 神戸 100%加震後

図 52 斜め 45 度入力加震/white noise : 加速度振幅 5gal

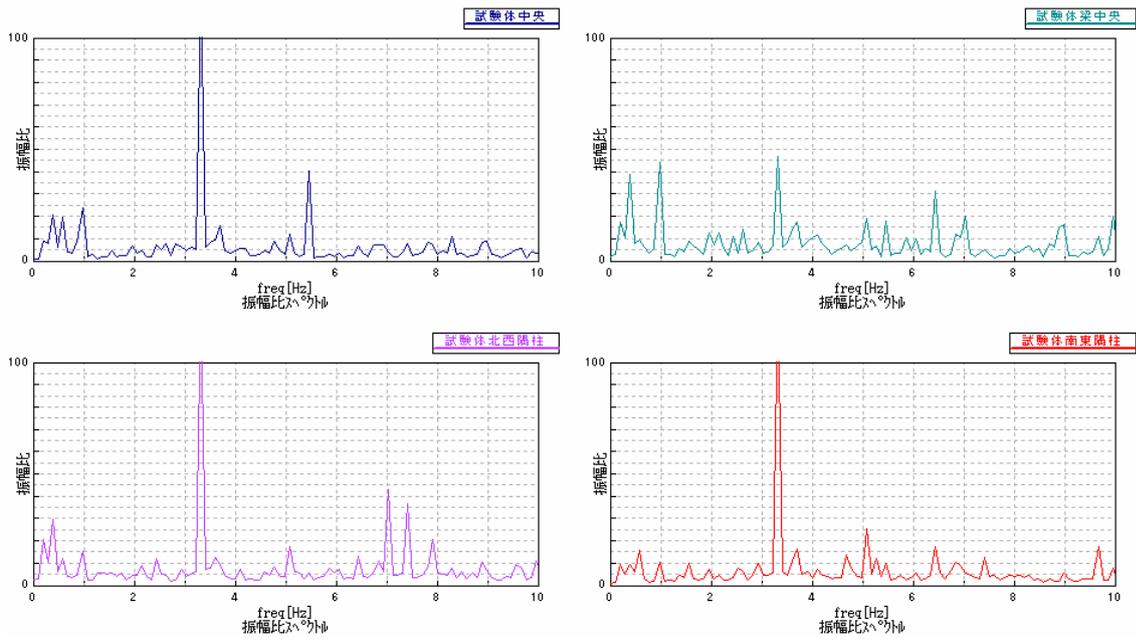


(a)JMA 神戸 100%加震前

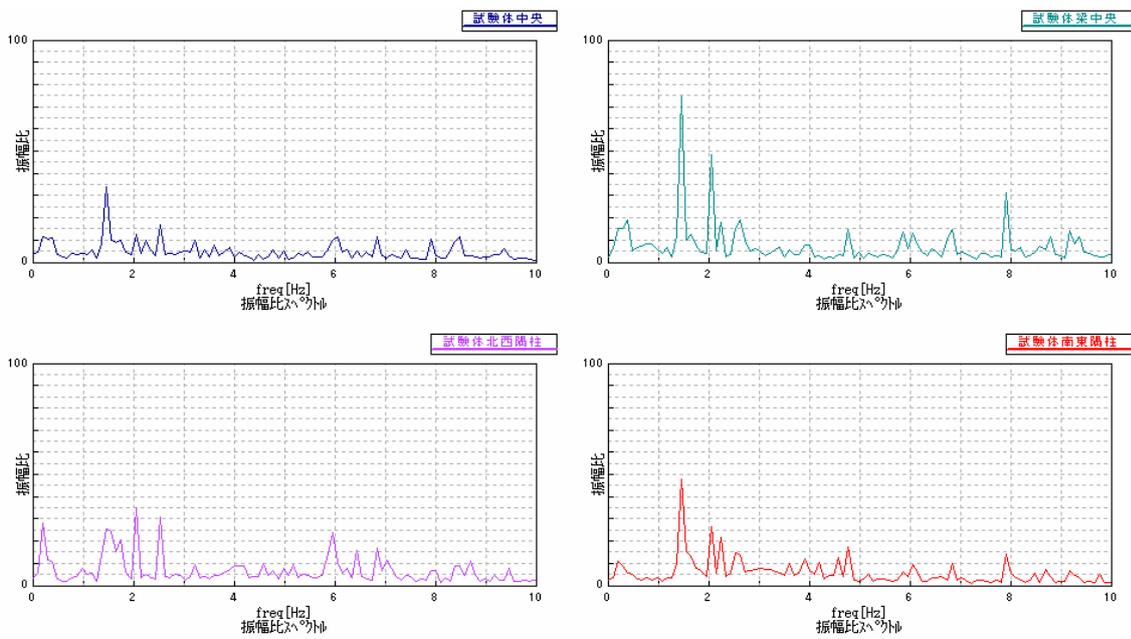


(b)JMA 神戸 100%加震後

図 53 斜め 45 度入力加震/white noise : 加速度振幅 10gal



(a)JMA 神戸 100%加震前



(b)JMA 神戸 100%加震後

図 54 斜め 45 度入力加震/white noise : 加速度振幅 20gal

## 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

我が国における戸建て住宅の構造形式は、全国的に木構造が主流であるが、現代では構造種別が多様化し、鉄筋コンクリート造や鉄骨造あるいはブロック造による単独構造と、木造を含む相互の混合構造が増加しつつある。従って、これらの各種独立構造および相互の混合構造を対象とした耐震性能の診断法が不可欠である。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を行い、計測法の妥当性と計測結果の耐震診断への適用性を検討した。

### b) 昨年度までの成果

北海道においては、戦後における急速な住宅供給と積雪寒冷地仕様の技術開発から、戸建て住宅の構造形式は本州に比べて多様化し、独特な建物形態を有するものが多い。例えば、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、木造が最も多いが、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階ないしは半地階をRC造あるいはブロック造として、その上に木造あるいはBC造を3層に重ねる形式も多い。更に、落雪促進対策として発達した2階建て三角大屋根形式や片流れ大屋根形式、あるいは無落雪陸屋根も特徴的である。これらの形態を有する幾つかの2階建て住宅の微動計測を行い、2階床面と屋根面との連動性や偏心挙動の影響等を検討した。

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水平繰り返し加力実験を利用して、各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強制加振実験を行った。この結果、加力前の無損傷時の水平剛性と加力実験後の損傷時における水平剛性の変化により、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ている。

### c) 本年度の検討目標

上述の様に戸建て住宅では、その構造形式や形状が多様であるために、耐震性能を判定する場合には、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。このためには、性状の異なる多くの建物を対象とした震動実測データを蓄積する必要がある。昨年度に引き続き、各種の異なる条件を有する2階建て住宅2棟および3階建て住宅1棟を選定し、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した。以下ではこれら計測結果を示す。

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

計測対象とする建物毎に地盤条件が大きく異なると、その影響を除去する必要が生じる。このために、昨年度に計測した住宅を含めて相互に比較的接近した建物を選定した。即ち、実測を行った江別市道営大麻団地は、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。

2階建て建物は、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、そのうち住宅 D は三角大屋根を有するコンクリートブロック造であり、住宅 E は片流れ大屋根を有する木造である。また、住宅 F は、基礎階が壁式 RC 造の車庫及び倉庫からなる半地下状態であり、その上に無落雪屋根形式の木造総 2 階が設けられている。いずれも隣接建物とは数 m 以上の間隔があり、相互の振動的な影響はないと考えられる。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性状を示していると判断する。

(i) 三角大屋根コンクリートブロック造の住宅 D

本建物を写真 20、21 に示す。平面規模は、9.0×5.4m の整形長方形平面（図 55）で、コンクリートブロック造 2 階建て、三角大屋根形式である。建設後約 30 年経過している。前年度に測定した住宅 C の改築前と同一架構で、改築による総 2 階建て（1 階ブロック造 + 2 階木造階）と比較し、改築や屋根の形状の影響を調べる。



写真 20 住宅 D / 西面全景



写真 21 住宅 D / 東面全景

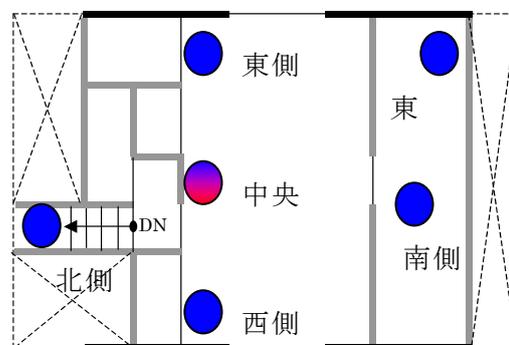
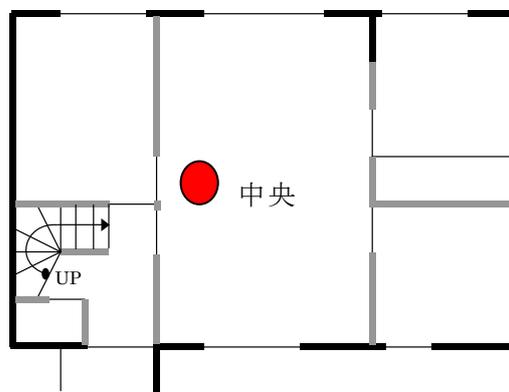


図 55 住宅 D : 平面図 (図面左下が北)  
(上図 : 1 階、下図 : 2 階)

※便宜上図に左を北とする

振動計測は、表 7 に示す条件で行った。このうち計測番号 3 から得た、建物重心位置における 3 階（実測は 2 階鴨居）・2 階床・1 階床の東西方向（短辺方向・梁間方向）の人力強制振動を加えた場合のフーリエスペクトルと時間挙動をそれぞれ図 56 に示す。常時微動の固有振動数 7.2Hz に比べて、2 階中央柱を短辺方向に強制振動を加え約 10 倍に振幅を大きくすると固有振動数が若干減少し 7.0Hz となり、振動モードは高さ方向に概ね直線的な 1 次モードを示している。

表 7 住宅Dの計測条件一覧

計測番号	計測器の平面配置・感度方向			計測器の立面配置			計測器感度倍率	外力条件
	1ch	2ch	3ch	1ch	2ch	3ch		
1							× 10	CAL
2	中央-E	中央-E	中央-E	2階鴨居	2階床	1階床	× 10	常時微動
3	"	"	"	"	"	"	× 10	2F柱人力加振(中央・東西)
4	中央-S	中央-S	中央-S	2階鴨居	2階床	1階床	× 10	常時微動(飛行機通過)
5	"	"	"	"	"	"	× 10	2F柱人力加振(中央・南北)
6	東-S	中央-S	西-S	2階床	2階床	2階床	× 10	常時微動
7	"	"	"	"	"	"	× 10	2F柱人力加振(西側・南北)
8	北-W	中央-E	南-E	1階天井	2階床	1階天井	× 10	常時微動
9	北-W	東南-W	東南-N	1階天井	2階床	2階床	× 10	常時微動
10	"	"	"	"	"	"	× 10	2F柱人力加振(中央・東西)
11							× 10	CAL

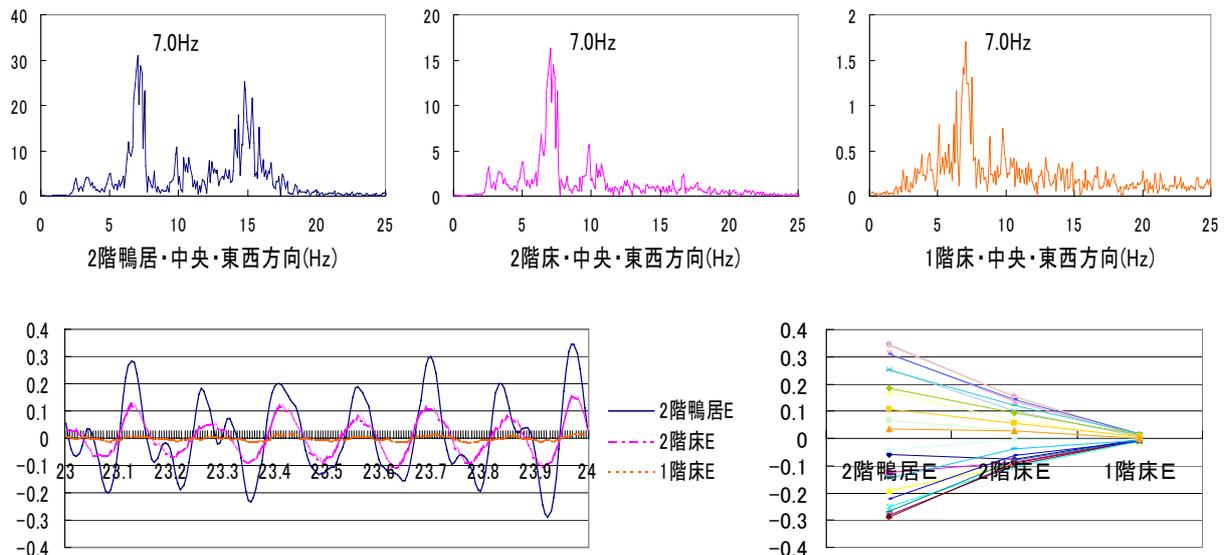


図 56 計測番号 3 / 建物重心位置における東西方向の観測結果(人力加振時)

次に、計測番号 5 の 2 階中央柱を南北方向に人力強制加振した場合のフーリエスペクトルと時間挙動を図 57 に示す。常時微動の固有振動数のピークは不明瞭であったが、強制加振では各階明瞭な 8.2Hz となり、階による差は見られないのは短辺方向と同じである。しかし、振動数は短辺方向より若干大きく、壁量が多いことが影響している。振動モード図より、振幅は 2 階鴨居と 2 階床でほぼ等しい大きさで、1 階は小さい。三角屋根の場合、桁行方向では 3 階と 2 階とが屋根で連結されているために、長手方向では変位が等しくなったと考えられる。

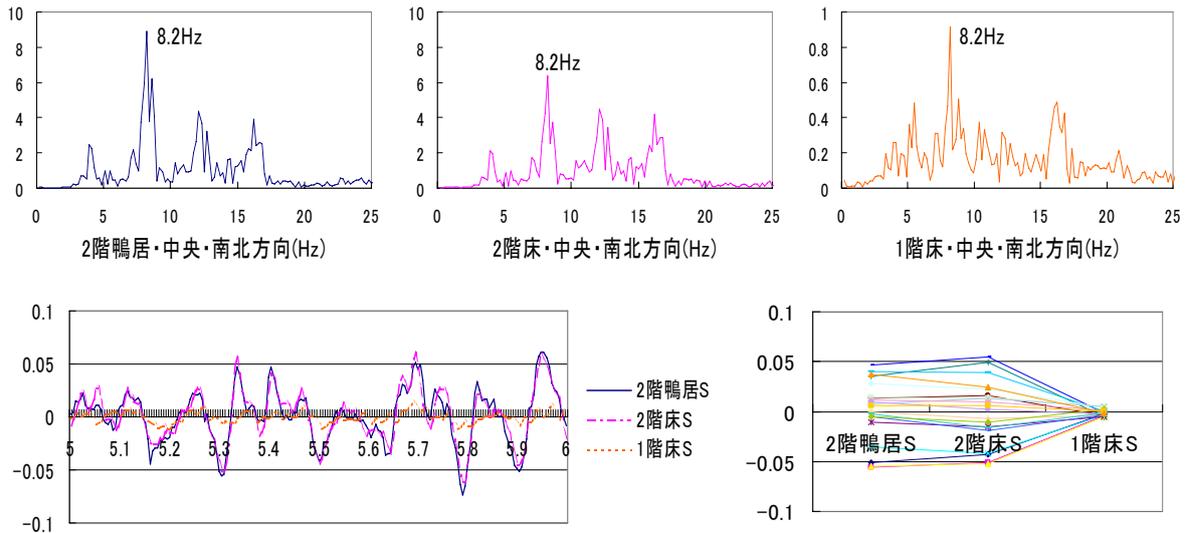


図 57 計測番号 5 / 建物重心位置における南北方向の観測結果 (人力加振時)

計測番号 8 は、2 階床面における、北端 (実測は 1 階天井)・中央・南端 (実測は 1 階天井) の東西方向 (短辺方向・梁間方向) の常時微動時の振動モードを図 58 に示す。振動モード図から、中央の振幅が短辺方向外周壁の頂部に相当する北端と南端よりも大きくなっている。このことから、外周に BC 造の壁を配置して、中央位置での壁量が小さい場合には、2 階床の面内剛性が不足して床面内で湾曲的な変位を生じることを示している。従って、重心位置のみでの振動計測は不十分であることが分かる。

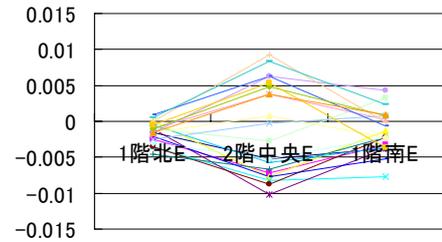
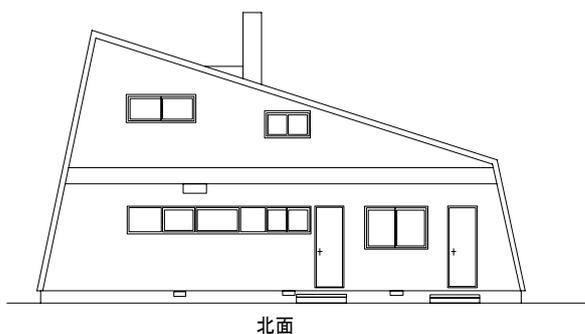


図 58 計測番号 8 / 2 階床面における東西方向の震動モード (常時微動)

(ii) 片流れ大屋根を有する木造の住宅 E

本建物を写真 22 に示す。平面規模は 10.8×7.2m の整形な長方形断面 (図 59) で、木造 2 階建て、片流れ屋根である。建設後約 30 年経過している。屋根の形状が片流れであるため、2 階の偏心性の影響、JR 函館本線の近くであるための列車走行振動の影響を合わせて把握する。



北面立面



写真 22 住宅 E / 南面全景

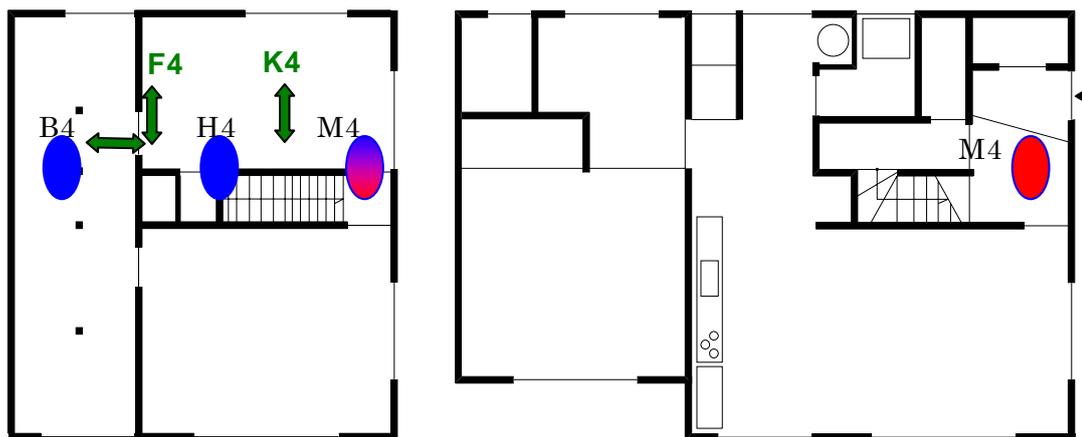


図 59 住宅 E : 平面図 (図面上が北) (左図 2 階 : 右図 1 階)

表 8 住宅 E の計測条件一覧

計測 番号	計測器の平面配置・感度方向			計測器の立面配置			計測器 感度倍率	外力条件
	1ch	2ch	3ch	1ch	2ch	3ch		
1	M4点-N	H4点-N	B4点-N	2階床	2階床	2階床	×10	常時微動
2	〃	〃	〃	〃	〃	〃	×10	2F柱(K4)人力加振(N方向)
3	〃	〃	〃	〃	〃	〃	×10	2F柱(F4)人力加振(N方向)
4	M4点-N	H4点-N	B4点-N	2階鴨居	2階鴨居	2階天井	×10	常時微動
5	〃	〃	〃	〃	〃	〃	×10	2F柱(K4)人力加振(N方向)
6	〃	〃	〃	〃	〃	〃	×10	2F柱(F4)人力加振(N方向)
7	M4点-N	M4点-N	M4点-N	2階鴨居	2階床	1階床	×10	常時微動
8	〃	〃	〃	〃	〃	〃	×10	電車通過①
9	〃	〃	〃	〃	〃	〃	×10	電車通過②
10	〃	〃	〃	〃	〃	〃	×10	電車通過③
11	〃	〃	〃	〃	〃	〃	×10	2F柱(K4)人力加振(N方向)
12	M4点-N	M4点-N	M4点-E	2階鴨居	2階床	2階床	×10	常時微動
13	〃	〃	〃	〃	〃	〃	×10	2F柱(K4)人力加振(N方向)
14	〃	〃	〃	〃	〃	〃	×10	2F柱(F4)人力加振(E方向)
15	H4点-E	H4点-N	H4点-E	2階鴨居	2階床	2階床	×10	常時微動
16	〃	〃	〃	〃	〃	〃	×10	2F柱(K4)人力加振(N方向)
17	〃	〃	〃	〃	〃	〃	×10	2F柱(F4)人力加振(E方向)
18							×10	CAL

振動計測は、表 8 に示す条件で行った。計測番号 1～3 では、床面内変形や揺れ振動を把握するために、2 階床面の長手方向に計測器を配置して南北方向（短辺・梁間方向）の挙動を観測した。計測番号 1 による常時微動時の計測結果を図 60 に示す。M4・H4・B4 の固有振動数はそれぞれ、5.7Hz・5.7Hz・10.2Hz となり、1 階建て相当の B4 はピークが明瞭ではなく、5.7Hz にもピークが現れる。即ち、傾斜した軒高の影響で 1 つの建物内でもピークの振動数が異なり、1 階建て相当の B4 の位置では平屋と 2 階建ての両振動数が併存している。時間経緯の中で全体を通して 3 点はほぼ同じ振幅を示すが、位相差が生じており、面内変形と揺れ振動が観測された。計測番号 2 では、2 階における南北方向の人力加振（加振点 K4=平面の図心よりやや M 側に寄った位置で建物の重心に近い）を行ったもので、微動の 10 倍以上の振幅を与えている。各点の固有振動数は 5.9Hz となり位置による違いはない。しかし、時間挙動を示した図 61 によれば、振幅にずれはなく、振幅の大きさは M4・H4 でほぼ等しいが、1 階建て相当の B4 は他の 2 点と比べて小さく、

明らかに振れ振動を生じている。

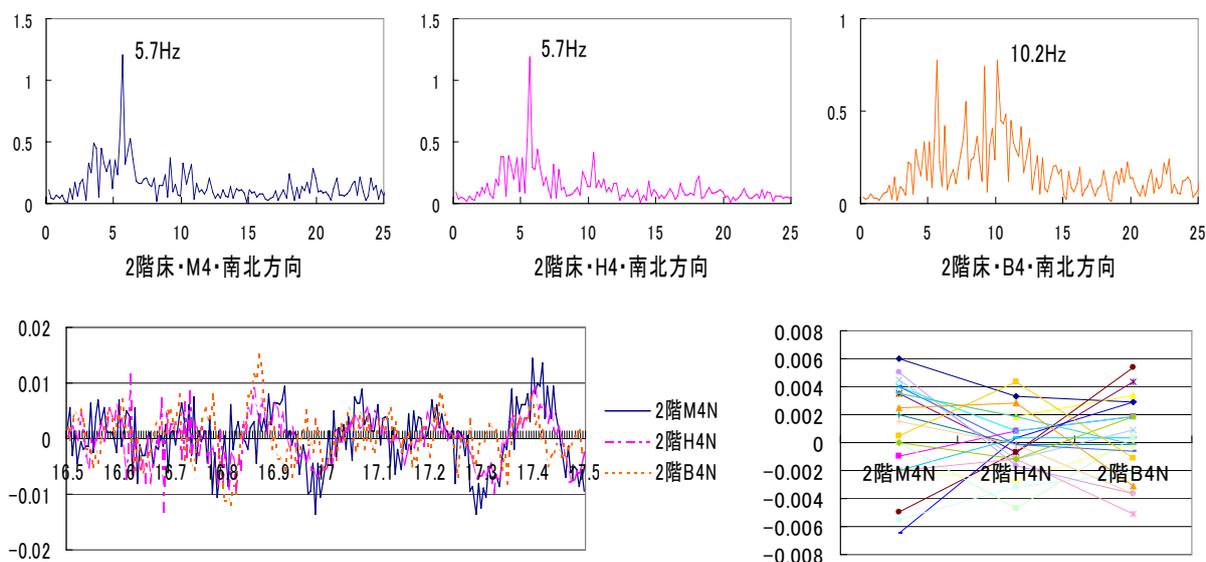


図 60 計測番号 1 / 2 階床面における南北方向の計測結果 (常時微動)

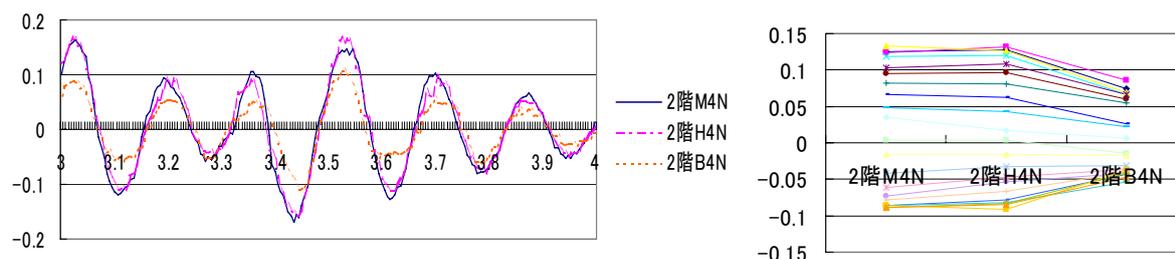


図 61 計測番号 2 / 2 階床面における南北方向の時間挙動 (K 点人力加振時)

計測番号 7 は、2 階建てとなっている東側端部に近い M4 点における 3 階 (実測は 2 階鴨居)・2 階床・1 階床の南北方向 (短辺方向) の常時微動観測で、フーリエスペクトルと時間挙動を図 62 に示す。固有振動数は 3 階と 2 階は 6.5Hz に比較的明瞭なスペクトルピークを示すが、1 階は地盤の影響を受けて 4.3Hz に小さいピークが現れている。振動モード図では、2 層の相関変位が 1 層よりも大きく、2 次モードも見られ、スペクトルの第 2 ピーク 10Hz 近傍に対応するものと思われる。計測番号 9 は、同一計測法における JR 電車通過時の測定で、時間挙動を図 63 に示す。固有振動数はいずれの階も 11~12Hz と高まり、2 次モードが強制されている。しかし、計測番号 11 は、2 階の K4 における南北方向人力加振を行ったもので、その時間挙動を示す図 64 では、1 次モードが卓越し、固有振動数は各階 4.9Hz となっていることから、大きな地震動では 1 次モードが卓越するものと考えられる。他方、図示していないが計測番号 17 による 3 階と 2 階の東西方向 (長辺方向) の人力加振挙動は、固有振動数が 7.2Hz となって短辺方向より高くなるのは、片流れ大屋根による剛性増大効果と考えられる。しかし、振動モードは上階ほど振幅が比例的に大きくなることから、特に 2 階の水平剛性のみが高まったものとは言い難く、東西両側面の屋根壁構造が剛性増大に寄与していると見なされる。

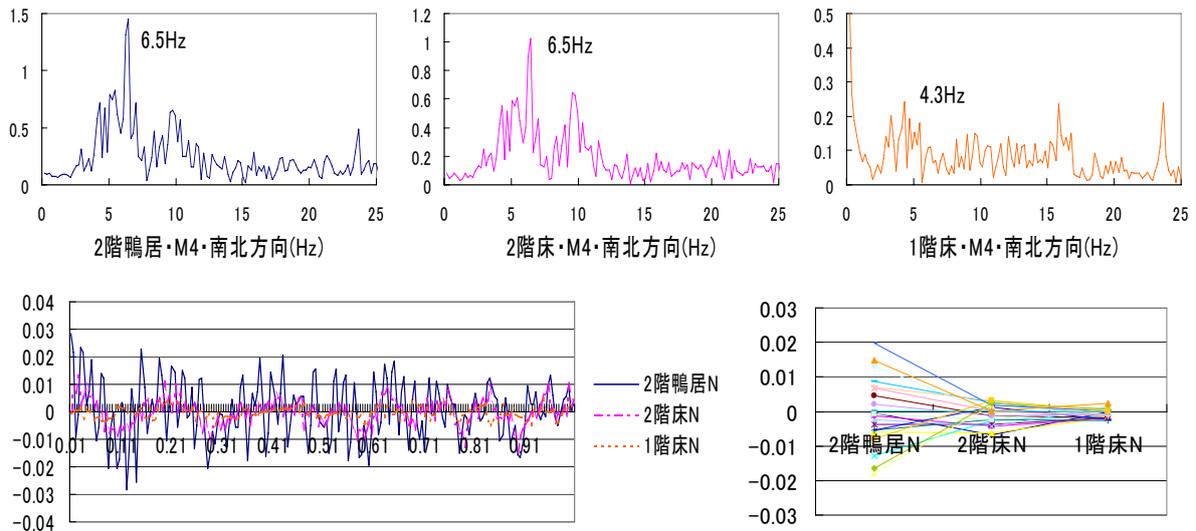


図 62 計測番号 7 / M4 点における南北方向の計測結果 (常時微動)

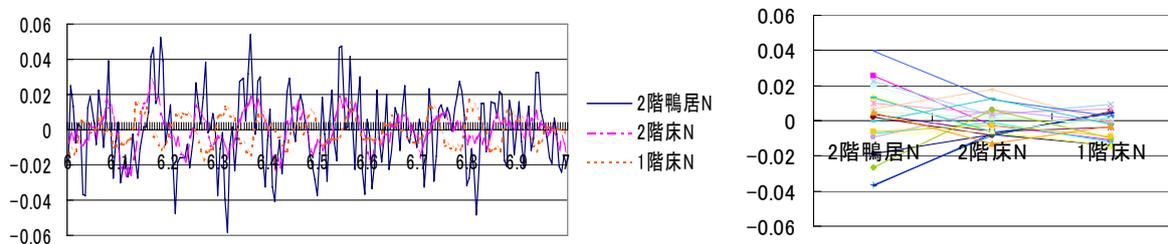


図 63 計測番号 9 / M4 点における南北方向の時間挙動 (電車通過時②)

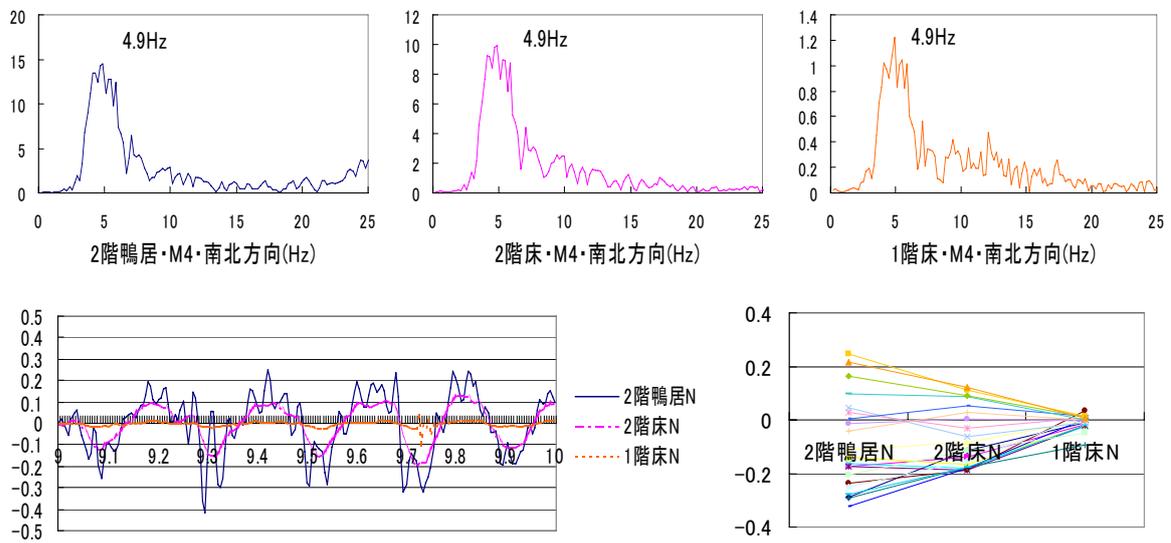


図 64 計測番号 11 / M4 点における南北方向の時間挙動 (K 点人力加振時)

(iii) 住宅 F (=RC 造地下階+無落雪屋根木造 2 階建て)

本建物を写真 23 に示す。平面規模は  $9.9 \times 7.2\text{m}$  のほぼ整形な長方形平面 (図 65) を有し、RC 造の半地下階の上に無落雪陸屋根の木造総 2 階建てが設置されている。建設後約 8 年経過している。高剛性の RC 半地下と、その上に建つ低剛性の 2 階建て木造架構との振動性状における相互作用の把握を目的とする。



図 23 住宅 F / 西面全景



南面

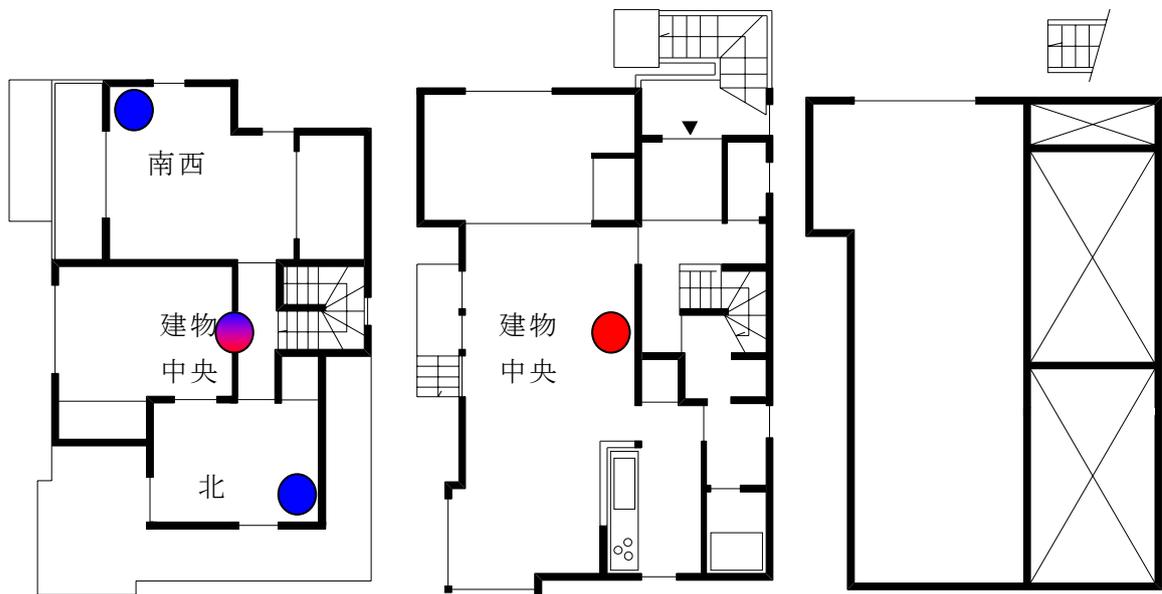


図 65 住宅 F : 平面図 (図面上が西) (左から木造階 2 階 : 木造階 1 階 : RC 半地下)

表 9 住宅 F 計測条件一

計測 番号	計測器の平面配置・感度方向			計測器の立面配置			計測器 感度倍率	外力条件
	1ch	2ch	3ch	1ch	2ch	3ch		
1	中央-S	中央-S	中央-S	2階鴨居	2階床	1階床	×10	常時微動
2	〃	〃	〃	〃	〃	〃	×10	2F柱人力加振(中央・南北)
3	〃	〃	〃	〃	〃	〃	×10	車通過(西側)
4	〃	〃	〃	〃	〃	〃	×10	家の前で急ブレーキ
5	中央-W	中央-W	中央-W	2階鴨居	2階床	1階床	×10	常時微動
6	〃	〃	〃	〃	〃	〃	×10	常時微動(冷蔵庫OFF)
7	〃	〃	〃	〃	〃	〃	×10	2F柱人力加振(中央・東西)
8	南西-S	中央-S	北東-S	2階床	2階床	2階床	×10	常時微動
9	〃	〃	〃	〃	〃	〃	×10	2F柱人力加振(中央・南北)
10	〃	〃	〃	〃	〃	〃	×10	2F柱人力加振(西側・南北)
11	南西-S	南西-E	北東-S	2階床	2階床	2階床	×10	常時微動
12	〃	〃	〃	〃	〃	〃	×10	2F柱人力加振(中央・南北)
13	〃	〃	〃	〃	〃	〃	×10	2F柱人力加振(中央・東西)
14							×10	CAL

先ず高さ方向の水平振幅分布を検討する。**計測番号 6** は、建物重心位置における 3 階（2 階鴨居）・2 階・1 階の東西方向（長辺方向）の常時微動時の計測結果を図 66 に示す。固有振動数は 2 階と 3 階は 7.8Hz、1 階は 6.6Hz となった。3 ヶ所共に短辺方向と比べて振動数が若干増大し、また分散も大きく特に 1 階のスペクトルピークが不明瞭である。また、振幅は RC 造下層階のない建物に比べて小さい。**計測番号 7** は、2 階柱を東西方向に人力加振したもので、振動数は各階共に明瞭に 7.8Hz となり、3 階と 2 階は常時微動時と同じであるが、1 階は常時微動時よりも大きくなった。強制加振では一般に常時微動時よりも振動数が小さくなる性質とは異なる傾向を示している。図 67 に示すように、振幅にずれはほとんど見られず、2 階と 3 階は振幅の大きさはほぼ同じで 1 階は極めて小さい。即ち、剛性分布が高さ方向に変わる 1 層に変形が集中し易くなる。次に、南北方向（短辺方向）における高さ方向の水平振動性状は図示していないが、2・3 階の固有振動数が常時微動時 6.3Hz、人力加振時 5.9Hz となること以外は、上記の東西方向と同様の性状を示した。

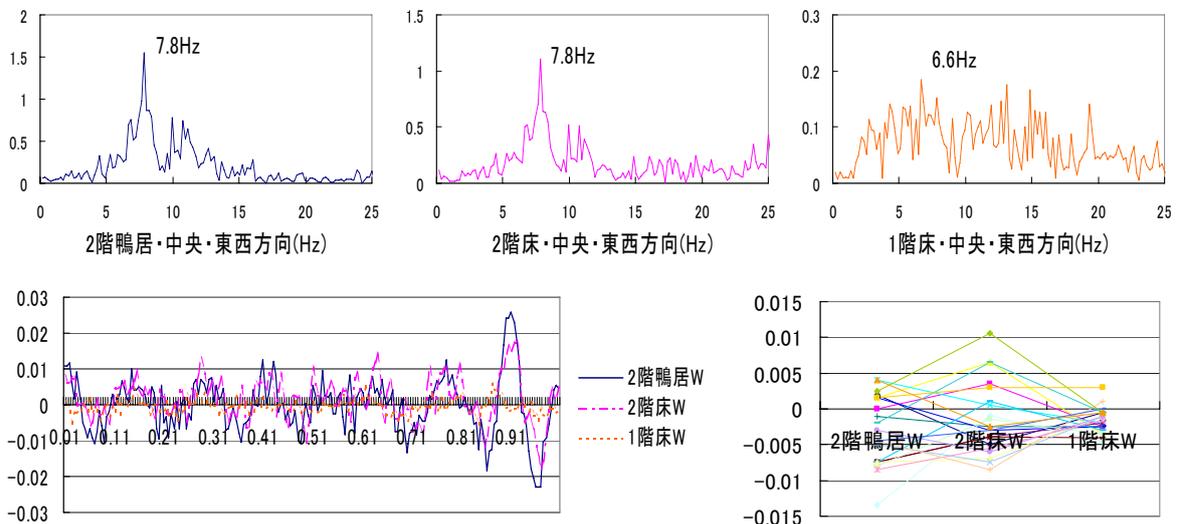


図 66 計測番号 6 / 建物重心位置における東西方向の計測結果（常時微動）

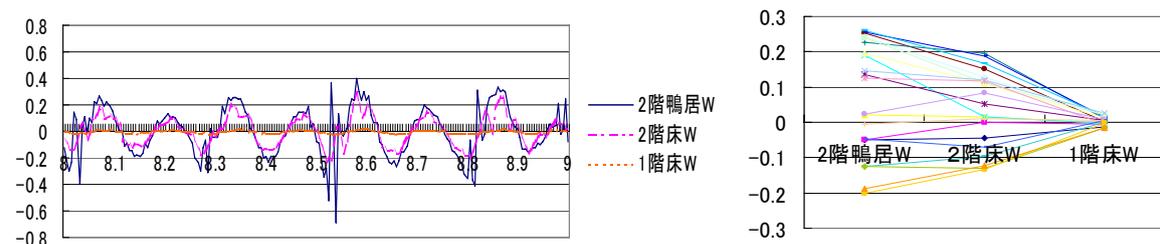


図 67 計測番号 7 / 建物重心位置における東西方向の時間挙動（人力加振時）

**計測番号 8** は、2 階床面における対角線上に計測器を並べた際の南北方向の常時微動時のフーリエスペクトルと時間挙動を図 68 に示す。南西隅・中央・北東隅の固有振動数はそれぞれ、10.4Hz・6.6Hz・10.4Hz となりやや分散も大きい。両隅のスペクトルは 6Hz 近傍に明瞭な第 2 ピークが見られる。振動モードからは、並進モードが 6.6Hz、捩れモードが 10.4Hz であることが予測できる。しかし、2 階柱（中央）を南北方向に人力加振した**計測番号 9** から得た時間挙動（図 69）は、いずれの位置も固有振動数は 6.5Hz となり、捩れ成分は並進成分に比べて小さくなっている。

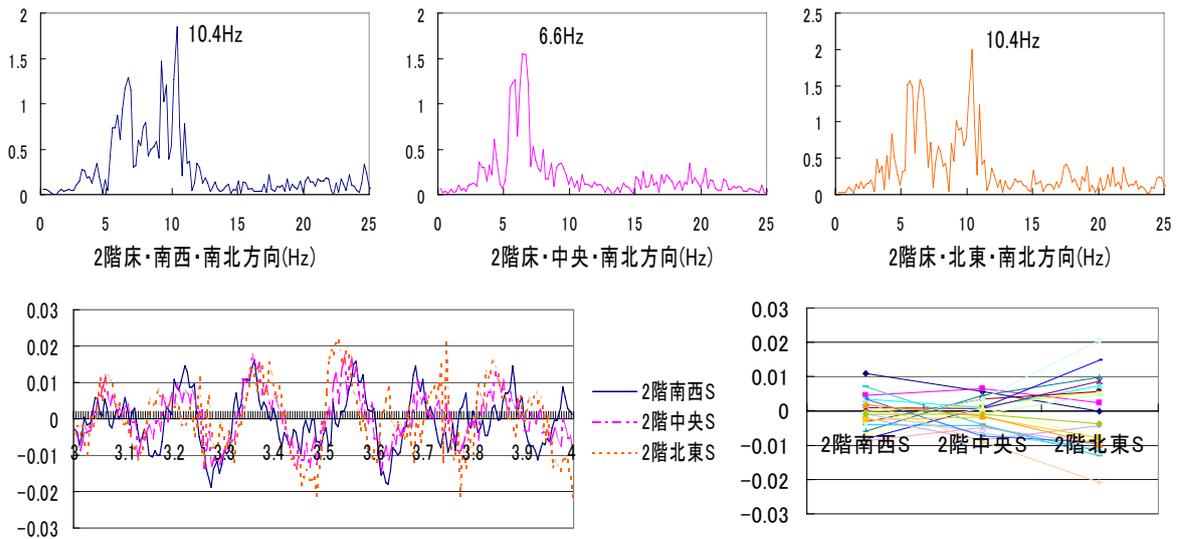


図 68 計測番号 8 / 2 階床面における対角線上の南北方向の計測結果（常時微動）

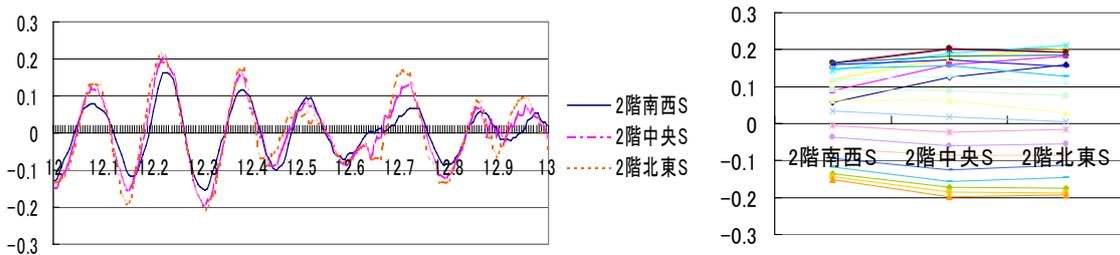


図 69 計測番号 9 / 2 階床面における対角線上の南北方向の時間挙動（人力加振時）

e) まとめ

本年実施した 3 棟の戸建て住宅の微振動計測結果は、以下のように纏められる。

- (i) 三角大屋根を有するコンクリートブロック造建物は、屋根勾配方向ではその直交方向よりも水平剛性が高く周期が短くなり、軒位置と 2 階床位置の水平振幅はほぼ同じ値を示すため、2 階での層間変形が小さい。屋根勾配直交方向の 2 階床位置の水平振幅分布については、両端に比べて中央部で大きくなりやすい。
- (ii) 片流れ大屋根を有する建物は、2 階が全体平面の片側に偏心しているために、2 階建て相当側の振動数が小さく振幅が大きくなり、平面的な捩れ振動を示す傾向にある。軒高が傾斜することによる 2 階の水平剛性への影響は、屋根勾配方向とその直交方向もいずれの方向も小さく、一般の建物との差違が小さい。
- (iii) RC 造の半地下を有する陸屋根木造 2 階建て建物は、微動における木造部の水平振幅は一般の木造建物より小さいが、人力加振を与えると地下階に水平変位は 1 階に層間変位が集中して大きな振幅となり易い。陸屋根の振動性状に及ぼす影響は、特に把握されていない。

今後は、これらの性状と耐震性能のとの相関について明らかにし、微振動実測における計測法や耐震性能判断に取り組む必要がある。

## 6) 建物補強の診断への影響

### a) はじめに

建物を耐震補強することによる改訂耐震診断値への影響を、(c)1)に記述した診断マクロを用いて実在住家 20 例についての診断結果より検討する。

### b) 実例計算

保有耐力診断法（精密診断法 1）を用い、1979 年建設の在来木造軸組工法住宅 8 例と 2000 年以降建設の在来軸組みおよび枠組壁工法住宅 12 に例ついて、耐震診断の計算を行った。計算は(c)1)「改訂耐震診断法（精密診断法 1 - 保有耐力診断法 -）の Excel マクロの作成」の付図 1（計算フローチャート）および付表-1~16（計算フォーマット）に従って行った。地盤条件は判定値に大きく影響してくるが、本計算では全て第 1 種地盤と仮定し、住宅の新築初期値を求めることとした。耐久性劣化を示す劣化係数も、同じ理由で 1.0 とした。ここで 1979 年建設を古い住宅、2000 年以降建設を新しい住宅とよぶことにする。

表 10~12、図 70、71 に計算結果を示す。全体的に見て、No.14（新潟県柏崎市）の 0.51 を除くと、新しい建物は耐震性が高く（0.9~2.09）、古い住宅は耐震性が低い（0.2~0.8）（他の 19 例は、全て札幌市内かその近郊）。これは主に壁量の違いと、接合金物の差である。古い住宅の壁は全て柱三つ割で端部斜め釘打ち、新しい住宅は壁は構造用パネル（OSB）で接合は「C マーク金物」である。さらに、1981 年の基準法改正（所要壁量の大幅増）も影響していると思われる。

### c) 建物補強の診断への影響（耐震補強の効果とその傾向の推察）

上記 2000 年以降の建物の評点は、枠組壁工法が 0.94~2.72（平均 1.75）、軸組工法が 1.37~1.78（平均 1.52）と極めて高い。これらは 1981 年の建築基準法改定（所要壁量の大幅増）を充たしており、さらに接合金具は現在の告示規定を満たしている（軸組工法告示は 2000 年改定）。1979 年の建物は評点がかなり低く 0.27~0.72（平均 0.47）である。この耐震性の低い住宅の耐震補強策は、2000 年以降の建物の耐震仕様を参考にすると目標設定を行いやすい。ここで、具体的な補強対策を例示する。

(1)外壁を合板等の面材で補強する（釘打ち）。開口部上下のたれ壁・腰壁も合板張りとする。

(2)筋違端部や柱の取付け部（特に土台、胴差し等）を Z マーク金物で補強。できるだけ多用する。

(3)後付けアンカーにより基礎への土台の固定度を高める。

(4)可能なら壁の室内側も厚さ 12mm の石膏ボードを貼り付ける（釘打ち）。

(5)その他

開口部はそのまま残したとき、2000 年以降の建物に近い補強が実現したと仮定すると、補強の限界目標値は、1981 年の壁量規定の比で分配し、 $1.689 \times 24/33 = 1.228$ （評点）となる。（1.689 は 2000 年以降住宅の全平均値。ただし本州仕様の No.14 は除く）

### d) 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。本報の計算法による結果（評点）と固有周期との関連を明確にできると現有耐震性能の把握は極めて簡便・精密に行われることになる。

e) まとめ

以上、現行の建築基準法の構造計算方法に従い、精緻化と内容の大幅充実を図った「改定耐震精密診断法」について概括し、最も扱い易い方法と思われる「精密診断法1」を用いて、実例計算を行った。その結果、本報で開発したエクセル計算表は、耐震診断評点を求めるのに極めて有効であり、簡便かつ精緻化に相応しい計算法の一つであることを確認した。今後は計算例を増やすと同時に、常時微動測定法とも併せ、より簡便で精度の高い耐震診断法としていくことが望ましい。

表 10 精密診断評価点分布

評価	倒壊する可能性が高い							倒壊する可能性がある			一応倒壊しない					倒壊しない					
	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	2	1	1	0	1	1	0	1	1	2	1	0	1	0	0	2
累計	0	0	1	3	5	7	8	9	9	10	11	11	12	13	15	16	16	17	17	17	20

評価分布

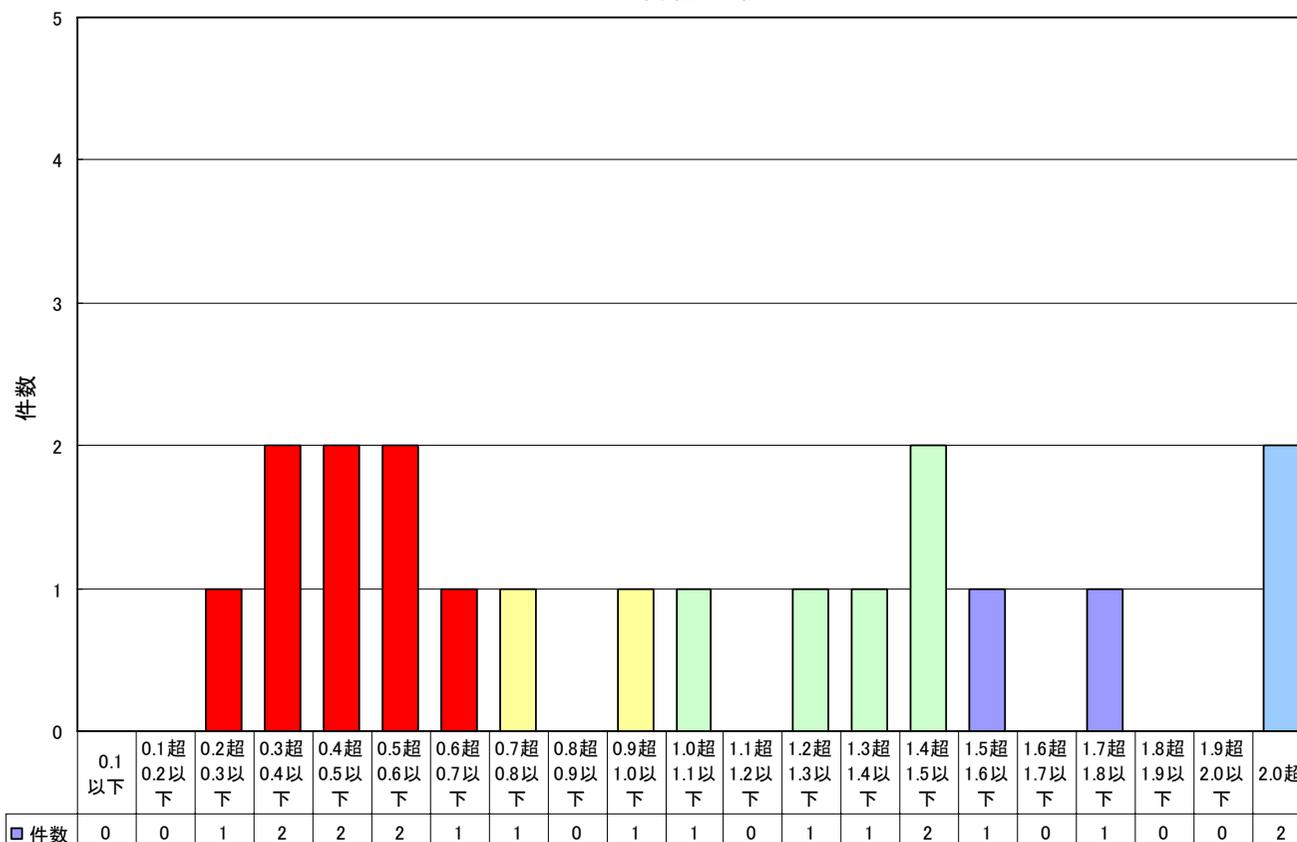


図 70 精密診断評価点分布

表 11 評点分布表

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
1979	7	1	0	0	0
2000～	1	1	5	2	3
合計	8	2	5	2	3

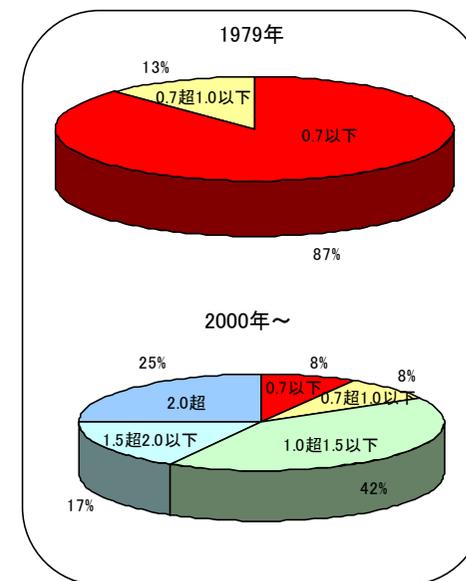
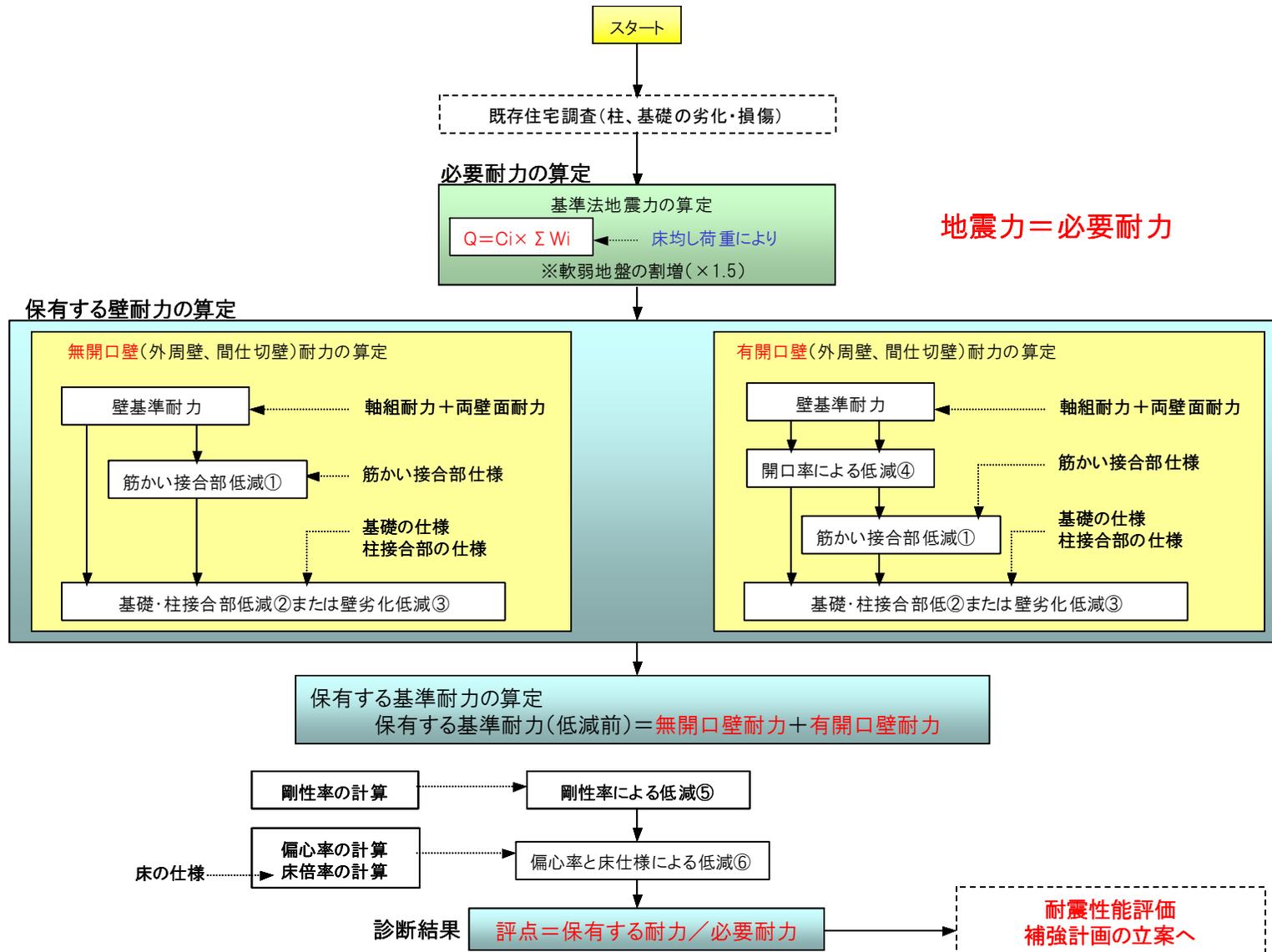


図 71

表 12 精密診断結果一覧

No.	建物情報										新精密診断結果（保有耐力法）									
	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 (m <sup>2</sup> )	2階 床面積 (m <sup>2</sup> )	述べ床面 積(m <sup>2</sup> )	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	
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	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
9	2000	住宅	枠組壁工法	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	枠組壁工法	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	枠組壁工法	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	枠組壁工法	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	枠組壁工法	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	13.4	14.5	123.39	98.54	221.93	0.39	0.14	0.55	1.22	1.06	0.51	2.43	0.51	倒壊する可能性が高い
15	2001	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
16	2004	住宅	枠組壁工法	2	1	軽い	11.79	13.80	80.74	59.83	140.57	0.20	0.20	0.70	1.16	0.70	1.60	3.15	1.60	倒壊しない
17	2004	住宅	枠組壁工法	2	1	軽い	11.86	26.51	67.08	61.28	128.36	0.12	0.06	0.76	1.01	0.70	2.72	4.33	2.72	倒壊しない
18	2005	住宅	枠組壁工法	2	1	軽い	11.01	8.67	60.45	55.48	115.93	0.23	0.18	0.89	1.20	0.70	1.03	1.49	1.03	一応倒壊しない
19	2005	住宅	在来軸組工法	2	1	軽い	11.75	18.42	49.37	49.68	99.05	0.27	0.27	0.84	1.10	0.70	1.78	2.39	1.78	倒壊しない
20	2006	住宅	在来軸組工法	2	1	重い	19.11	16.45	91.51	53.83	145.33	0.15	0.18	0.77	0.75	0.94	1.42	1.99	1.42	一応倒壊しない



付図1 耐震精密診断計算フォロー

付表-1 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

2006001

(1) 建物名称

仙台支店A 邸

(2) 所在地

福島県会津若松市

(3) 建物用途

住宅

(4) 建物階数

2階

(5) 建物構造

在来軸組工法

(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）

2006年

経年

0年

増改築年

年前

(8) 床面積

3階 0.00 m<sup>2</sup>

0.00 坪

2階 53.83 m<sup>2</sup>

16.26 坪

1階 91.51 m<sup>2</sup>

27.65 坪

述べ床面積 145.33 m<sup>2</sup>

43.91 坪

(9) グリッド幅

0.91 m

(10) 階高

3階 0.000 m

2階 3.000 m

1階 3.111 m

(11) 床高さ

0.652 m

(12) 建物の高さ

8.163 m

(13) 屋根平均高さ 5.963 m

2. 各部の構造（外壁・軸組（筋交い等）を除く）

(1) 屋根材料

棧瓦葺(重い屋根)

(2) 屋根勾配

4寸

(3) 下屋スパン

1階屋根 1820 mm

2階屋根 mm

(4) ケラバ、軒の出

1階屋根 600超え900以下 mm

2階屋根 300超え600以下 mm

3階屋根 mm

(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

2.0倍用金物以上

(5) 柱頭柱脚の仕様

H12告示1460号に適合

(6) 床下地の仕様

構造用合板12mm以上及び構造用パネル1・2級以上、根太@340以下転ばし、N50@150以下

(7) 屋根下地の仕様

5勾配以下、構造合板9mm以上及び構造用パネル1・2・3級、垂木@500以下転ばし、N50@150以下

(8) 建物短辺方向スパン

8.645 m

3. 地盤・構造計画

(1) 地盤の状況

(2) 基礎の破損・亀裂な

(3) 水平構面の状況

(4) 独立柱の有無

(5) 横架材接合部の仕様

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

一般地域

多雪区域の積雪深 0 cm

5. 壁面開口率

(1) 外壁面開口率

3階 -

2階 16

1階 19

(2) 内壁面開口率

3階 -

2階 40

1階 46

(3) 内壁線割合

3階 -

内壁線/外壁線 2階 1

1階 1

(4) 壁面重量区分

外壁 軽い外壁

内壁 軽い内壁

床倍率 1.00

床倍率 0.70

付表-2 改正耐震精密診断計算フォーマット[開口率計算]

6. 壁開口率

(1) 外壁面開口部面積

階	部位	外壁線長さ (m)	壁面積 (m <sup>2</sup> )	窓面積 (m <sup>2</sup> )	窓又は玄関ドアの面積の計算式 (m)		
					W	H	個
3階	北壁	0.00	0.00	0.00	x	x	x
					x	x	x
					x	x	x
	東壁	0.00	0.00	0.00	x	x	x
					x	x	x
					x	x	x
	南壁	0.00	0.00	0.00	x	x	x
					x	x	x
					x	x	x
	西壁	0.00	0.00	0.00	x	x	x
					x	x	x
					x	x	x
2階	北壁	9.10	27.30	3.34	0.8 × 0.7 × 1	1.7 × 1 × 1	1.2 × 0.9 × 1
					x	x	x
					x	x	x
	東壁	6.825	20.48	2.18	0.8 × 0.6 × 1	1.7 × 1 × 1	x
					x	x	x
					x	x	x
	南壁	9.10	27.30	10.20	1.7 × 2 × 3	x	x
					x	x	x
					x	x	x
	西壁	6.825	20.48	0.00	x	x	x
					x	x	x
					x	x	x
1階	北壁	11.83	36.80	4.28	0.8 × 0.6 × 3	1.2 × 0.6 × 1	0.7 × 2 × 1
					0.8 × 0.9 × 1	x	x
					x	x	x
	東壁	8.645	26.89	5.61	1.7 × 2.2 × 1	1.7 × 1.1 × 1	x
					x	x	x
					x	x	x
	南壁	11.83	36.80	14.45	1.7 × 1.7 × 5	x	x
					x	x	x
					x	x	x
	西壁	8.65	26.89	0.00	x	x	x
					x	x	x
					x	x	x

(2) 内壁面開口部面積

グリッド間隔 0.91 m

階	部位	内壁線長さ		壁面積 (m <sup>2</sup> ) L × 階高	開口面積 (m <sup>2</sup> ) 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	11.0	10.01	30.03	8.01	4.0	3.64
	Y方向	14.5	13.20	39.59	20.02	10.0	9.10
1階	X方向	16.3	14.79	46.00	24.36	12.2	11.07
	Y方向	29.0	26.39	82.10	34.03	17.0	15.47

(3) 内壁開口率

階	内壁					
	内壁線長さ (m)	外壁線長さ (m)	内壁線割合	内壁面積	開口面積	開口率
3階	0	0	-	0.00	0.00	-
2階	23.205	31.85	0.73	69.62	28.03	40.3
1階	41.1775	40.95	1.01	128.10	58.40	45.6

(4) 外壁開口率

階	外壁				
	外壁線長さ (m)	階高 (m)	外壁面積 (m <sup>2</sup> )	開口部面積 (m <sup>2</sup> )	開口率 (%)
3階	0	0.00	0.00	0.00	-
2階	31.85	3.00	95.55	15.72	16.45
1階	40.95	3.11	127.40	24.34	19.11

付表-3 改正耐震精密診断計算フォーマット[壁・基準耐力]

7. 壁の要素耐力・剛性

(1) 仕様リスト

	壁仕様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	外壁仕様1	壁面(1)	仕上げ	-	-	-	-	<input type="checkbox"/>		
			下地	-	-	-	-	<input type="checkbox"/>		
	外壁仕様2	壁面(2)	仕上げ	-	-	-	-	<input type="checkbox"/>		
			下地	-	-	-	-	<input type="checkbox"/>		
	外壁仕様3	壁面(3)	仕上げ	-	-	-	-	<input type="checkbox"/>		
			下地	-	-	-	-	<input type="checkbox"/>		
内部の壁面	内壁仕様1	壁面(1)	仕上げ	-	-	-	-			
			下地	(大壁・非耐力壁)石膏ボードt9mm以上	-	-	-	-	1.20	320
									1.20	320
	内壁仕様2	壁面(2)	仕上げ	-	-	-	-			
			下地	(真壁・非耐力壁)石膏ボードt9mm以上	-	-	-	-	1.30	300
									1.30	300
	内壁仕様3	壁面(3)	仕上げ	-	-	-	-			
			下地	-	-	-	-			
軸組	軸組仕様1	筋かい(1)	筋かい(木材45×90以上) 圧縮・引張を区別しない	-	3.2	650	1.0	-	3.2	650
			(たすきがけ)	-	6.4	1300	1.0	-	6.4	1,300
	軸組仕様2	筋かい(2)	-	-				-		
			(たすきがけ)	-				-		

付表-4 改正耐震精密診断計算フォーマット[必要耐力の算定①]

8. 地震力用床面積

3階	ブロック座標				左下X (m)	左下Y (m)	右上X (m)	右上Y (m)	ブロック面積 (m <sup>2</sup> )
	左下X (P)	左下Y (P)	右上X (P)	右上Y (P)					
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	ブロック座標				左下X (m)	左下Y (m)	右上X (m)	右上Y (m)	ブロック面積 (m <sup>2</sup> )
	左下X (P)	左下Y (P)	右上X (P)	右上Y (P)					
ブロック1	1	1	11	8.5	0.91	0.91	10.01	7.735	62.11
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									62.11

1階	ブロック座標				左下X (m)	左下Y (m)	右上X (m)	右上Y (m)	ブロック面積 (m <sup>2</sup> )
	左下X (P)	左下Y (P)	右上X (P)	右上Y (P)					
ブロック1	1	1	11	10.5	0.91	0.91	10.01	9.555	78.67
ブロック2	11	2	14	10.5	10.01	1.82	12.74	9.555	21.12
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									99.79

付表-5 改正耐震精密診断計算フォーマット[必要耐力の算定②]

9. 必要耐力の算定

(2) 荷重表 (床面積当たり)

	屋根荷重 (kN/m <sup>2</sup> )	外壁荷重 (kN/m <sup>2</sup> )	内壁荷重 (kN/m <sup>2</sup> )	床荷重 (kN/m <sup>2</sup> )	積載荷重 (kN/m <sup>2</sup> )
3階	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2階	1.30	0.55	0.25	0.60	0.60
1階	1.45	0.55	0.35	0.60	0.60

	短辺割増係数	屋根荷重 (kN/m <sup>2</sup> )	内外壁荷重 (kN/m <sup>2</sup> )	床・積載荷重 (kN/m <sup>2</sup> )	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	2.35	重い
2階	1.00	1.30	0.80	1.20	2.10		
1階	1.00	1.45	0.90	1.20	2.35		

(3) 支持荷重の計算

	床面積 (m <sup>2</sup> )	屋根部分 面積 (m <sup>2</sup> )	上階内外壁 荷重 (kN/m <sup>2</sup> )	下階内外壁 荷重 (kN/m <sup>2</sup> )	床・積雪 荷重 (kN/m <sup>2</sup> )	床部分 重量 (kN)	屋根面積割 増(短辺6m 以下)	屋根単位 荷重 (kN/m <sup>2</sup> )	積雪割増 荷重 (kN/m <sup>2</sup> )	屋根部分の 内外壁重量 (kN)	屋根部分の 屋根重量 (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	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0.00
2層目(3階 床レベル)	0.00	62.11	0.00	0.80	0.00	0.00	1.00	1.30	0.00	24.84	80.74	105.58		105.58
1層目(2階 床レベル)	62.11	37.68	0.80	0.90	1.20	127.32	1.50	1.45	0.00	16.96	81.95	226.23		226.23
1階床レベ ル	99.79	0.00	0.90	0.00	1.20	164.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	164.65		164.65

	支持重量 (kN)
3階	0.00
2階	105.58
1階	331.81

(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	6.11	0.17889	1.0	1.00
2階	3.00				
1階	3.11				

(5) Ai分布の算定

階・方向	Ai分布の算定		
	支持重量 (kN)	$\alpha_i$	Ai
3階	0.00	0.00	0.00
2階	105.58	0.32	1.34
1階	331.81	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	1.34	105.58	0.2	1.0	25.44	25.44
1階	0.9	1.00	1.00	331.81	0.2	1.0	59.73	59.73

付表-6 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 <sup>2</sup> )	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 たり必要耐力 (kN/m <sup>2</sup> )	
					地域係数 Z	K1	K2	K3	K4	K5		K6
3階	0.00	重い	0.62	0.0	0.9	0.77	1.30	2	0.53	2	2	-
2階	62.11				0.9							0.47
1階	99.79				0.9							0.64

(3) 必要耐力の算定

	床面積 (m <sup>2</sup> )	床面積当 たり必要耐力 (kN/m <sup>2</sup> )	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	0.00	0.0		
2階	62.11	0.47	1.00	0.00	1.0	1.0	29.09
1階	99.79	0.64	1.00	0.00	1.0	1.0	63.90

(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 <sup>2</sup> )	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	$(0.25 + 0.75 \times Rf1) \times (0.65 + 0.35 \times Rf2)$ (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	$1.23 + 0.10 / Rf1 + 0.23 / Rf2$	$1.04 + 0.13 / Rf1 + 0.24 / Rf2$

※R：0.1を下回る場合は0.1とする。

付表-7 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	平12建告1460号に適合する仕様	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	平12建告1460号に適合する仕様	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	1.00	0.90	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	0.70	0.70	0.70	0.60	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



付表-9 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

階	X座標 (P)	壁長 (P)	左側 壁面 番号	右側 壁面 番号	軸組 壁面 番号	壁基準 耐力 (kN/m)	壁基準 剛性 (kN/ra d./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 通柱	柱頭柱脚接合部の仕様	柱接 合部 耐力 (kN)	接合 部係 数	劣化 指数	劣化係 数	耐力 (kN)	剛性 (kN/ra d./m)									
										開口部の型	開口幅W																			
1	1	1.0	▼	▼	31	3.20	650	0.91	0.91	▼	▼	1.00	0.91	3.2	☐	告示1460号仕様	▼	-	1.00	1	▼	1.0	2.9	592						
2	1	4.0	▼	22	▼	31	4.50	950	0.91	3.64	▼	▼	1.00	3.64	4.5	☐	告示1460号仕様	▼	-	1.00	1	▼	1.0	16.4	3,458					
3	1	4.5	▼	21	▼	31	4.40	970	0.91	4.10	▼	▼	1.00	4.10	4.4	☐	告示1460号仕様	▼	-	1.00	1	▼	1.0	18.0	3,972					
4	5	2.0	21	▼	▼	31	5.60	1,290	4.55	1.82	▼	▼	1.00	1.82	5.6	☐	告示1460号仕様	▼	-	1.00	1	▼	1.0	10.2	2,348					
5	5	2.5	21	▼	▼	▼	2.40	640	4.55	2.28	掃き出し開口	▼	▼	1 < W ≤ 2	▼	▼	0.15	2.28	0.36	☐	告示1460号仕様	▼	-	1.00	1	▼	1.0	0.8	218	
6	9	4.0	22	▼	22	▼	31	5.80	1,250	8.19	3.64	▼	▼	1.00	3.64	5.8	☐	告示1460号仕様	▼	-	1.00	1	▼	1.0	21.1	4,550				
7	12.33	2.0	21	▼	▼	31	5.60	1,290	11.22	1.82	▼	▼	1.00	1.82	5.6	☐	告示1460号仕様	▼	-	1.00	1	▼	1.0	10.2	2,348					
8	14	2.0	21	▼	▼	31	4.40	970	12.74	1.82	▼	▼	1.00	1.82	4.4	☐	告示1460号仕様	▼	-	1.00	1	▼	1.0	8.0	1,765					
9	14	2.0	22	▼	▼	31	4.50	950	12.74	1.82	▼	▼	1.00	1.82	4.5	☐	告示1460号仕様	▼	-	1.00	1	▼	1.0	8.2	1,729					
10	14	2.5	21	▼	▼	▼	1.20	320	12.74	2.275	掃き出し開口	▼	▼	1 < W ≤ 2	▼	▼	0.15	2.28	0.18	☐	告示1460号仕様	▼	-	1.00	1	▼	1.0	0.4	109	
11	14	2.0	22	▼	▼	▼	1.30	300	12.74	1.82	窓型開口	▼	▼	1 < W ≤ 2	▼	▼	0.30	1.82	0.39	☐	告示1460号仕様	▼	-	1.00	1	▼	1.0	0.7	164	
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						42.90	9,580						25.94	38.93															96.9	21,253



付表-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										開口係数		有効長さ (m)	修正耐力 (kN/m)	高 端 が 通 し 柱 で	柱頭柱脚接合部の仕様	柱接 合部 耐力 (kN)	接合 部係 数	劣化 指数	劣化係 数	耐力 (kN)	剛性 (kN/ra d./m)							
X座 標 (P)	壁長 (P)	左側 壁面 番号	右側 壁面 番号	軸組 壁面 番号	壁基準 耐力 (kN/m)	壁基準 剛性 (kN/ra d./m)	Y座標 (m)	壁長 (m)	開口部の型	開口幅W																		
1	1	1.0	▼	21	▼	31	▼	4.40	970	0.91	0.91	▼	▼	1.00	0.91	4.4	□	告示1460号仕様	▼	-	1.00	1	▼	1.0	4.0	883		
2	1	6.5	▼	▼	▼	31	▼	3.20	650	0.91	5.92	▼	▼	1.00	5.92	3.2	□	告示1460号仕様	▼	-	1.00	1	▼	1.0	18.9	3,845		
3	2	2.5	21	▼	21	▼	▼	2.40	640	1.82	2.28	掃き出し開口	▼	1 < W ≤ 2	▼	0.15	2.28	0.36	□	告示1460号仕様	▼	-	1.00	1	▼	1.0	0.8	218
4	6	4.0	21	▼	21	▼	31	▼	5.60	1,290	5.46	3.64	▼	▼	1.00	3.64	5.6	□	告示1460号仕様	▼	-	1.00	1	▼	1.0	20.4	4,696	
5	11	1.0	▼	▼	▼	31	▼	3.20	650	10.01	0.91	▼	▼	1.00	0.91	3.2	□	告示1460号仕様	▼	-	1.00	1	▼	1.0	2.9	592		
6	11	3.17	21	▼	▼	31	▼	4.40	970	10.01	2.88	▼	▼	1.00	2.88	4.4	□	告示1460号仕様	▼	-	1.00	1	▼	1.0	12.7	2,798		
7	11	1.33	21	▼	▼	▼	▼	1.20	320	10.01	1.21	窓型開口	▼	1 < W ≤ 2	▼	0.30	1.21	0.36	□	告示1460号仕様	▼	-	1.00	1	▼	1.0	0.4	116
8	11	2.0	21	▼	▼	▼	▼	1.20	320	10.01	1.82	窓型開口	▼	1 < W ≤ 2	▼	0.30	1.82	0.36	□	告示1460号仕様	▼	-	1.00	1	▼	1.0	0.7	175
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								25.60	5,810					19.57	21.88											60.8	13,322	

付表-12 改正耐震精密診断計算フォーマット[剛性率の計算]

10. 剛性率

(1) 耐力と剛性

階	方向	耐力 (kN)	剛性 (kN/rad.)
3階	X方向	0.0	0
2階		56.2	13,035
1階		85.8	19,304
3階	Y方向	0.0	0
2階		60.8	13,322
1階		96.9	21,253

(2) 剛性率の計算

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		25.44	13,035	0.0020	512.34	1.23	1.00
1階		59.73	19,304	0.0031	323.21	0.77	1.00
					417.78		
3階	Y方向		0	0.0000	0.00	0.00	
2階		25.44	13,322	0.0019	523.64	1.19	1.00
1階		59.73	21,253	0.0028	355.84	0.81	1.00
					439.74		

付表-13 改正耐震精密診断計算フォーマット[重心位置の計算]

11. 重心

(1) 床面積の計算

グリッド幅  m

3階 (3階屋根レベルの荷重による) の重心

※ブロック入力は耐力壁線で分割して下さい。

ブロック	床・屋根の区分	ブロック座標				ブロック面積 $A_i$ ( $m^2$ )	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 $W_i$ ( $kN/m^2$ )	$A_i \times W_i$ ( $kN$ )	$A_i \cdot X_i$ ( $kN/m$ )	$A_i \cdot X_i \cdot W_i$ ( $kN$ )	$A_i \cdot Y_i$ ( $kN$ )	$A_i \cdot Y_i \cdot W_i$ ( $kN$ )	重心座標 $x_g$ ( $m$ )	重心座標 $y_g$ ( $m$ )		
		左下X (P)	左下Y (P)	右上X (P)	右上Y (P)																
ブロック1						0.0															
ブロック2						0.0															
ブロック3						0.0															
ブロック4						0.0															
ブロック5						0.0															
(合計)						0.0						(合計)					0	0	0	0	0

2階 (3階床レベルの荷重による) の重心

ブロック	床・屋根の区分	ブロック座標				ブロック面積 $A_i$ ( $m^2$ )	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 $W_i$ ( $kN/m^2$ )	$A_i \times W_i$ ( $kN$ )	$A_i \cdot X_i$ ( $kN/m$ )	$A_i \cdot X_i \cdot W_i$ ( $kN$ )	$A_i \cdot Y_i$ ( $kN$ )	$A_i \cdot Y_i \cdot W_i$ ( $kN$ )	重心座標 $x_g$ ( $m$ )	重心座標 $y_g$ ( $m$ )			
		左下X (P)	左下Y (P)	右上X (P)	右上Y (P)																	
ブロック1	屋根部分	▼	1	1	11	8.5	62.11	0	0	0.4	1.3	1.0	1.7	105.58	339.11	576.48	268.46	456.38	5.46	4.32		
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)						62.11							(合計)					105.58	339.11	576.48	268.46	456.38

1階 (2階床レベルの荷重による) の重心

ブロック	床・屋根の区分	ブロック座標				ブロック面積 $A_i$ ( $m^2$ )	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 $W_i$ ( $kN/m^2$ )	$A_i \times W_i$ ( $kN$ )	$A_i \cdot X_i$ ( $kN/m$ )	$A_i \cdot X_i \cdot W_i$ ( $kN$ )	$A_i \cdot Y_i$ ( $kN$ )	$A_i \cdot Y_i \cdot W_i$ ( $kN$ )	重心座標 $x_g$ ( $m$ )	重心座標 $y_g$ ( $m$ )			
		左下X (P)	左下Y (P)	右上X (P)	右上Y (P)																	
ブロック1	床部分	▼	1	1	6	8.5	31.05	2.6	0.4	0.45	0.00	0.00	3.45	107.14	98.91	341.23	134.23	463.09	6.37	5.01		
ブロック2	屋根部分	▼	1	8.5	11	10.5	16.56	0	0	0.45	1.45	1.50	2.625	43.48	90.43	237.37	143.18	375.84				
ブロック3	屋根部分	▼	11	2	14	10.5	21.12	0	0	0.45	1.45	1.50	2.625	55.43	240.20	630.53	120.10	315.26				
ブロック4	床部分	▼	5	1	11	7.33	31.45	2.6	0.4	0.45	0.00	0.00	3.45	108.51	228.97	789.93	119.20	411.26				
ブロック5	吹抜け	▼	6	7.33	11	8.5	4.84	0	0.4	0.45	0.00	0.00	0.85	4.12	37.47	31.85	34.89	29.66				
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)						105.03							(合計)					318.67	695.97	2030.91	551.61	1595.12

付表-14 改正耐震精密診断計算フォーマット[偏心率の計算]

12. 剛心と偏心率

グリッド幅 0.91 m

1階X方向壁				1階Y方向壁				2階X方向壁				2階Y方向壁				3階X方向壁				3階Y方向壁				
Y座標	Lx	Lx·y	Lx·(y-ys) <sup>2</sup>	X座標	Ly	Ly·x	Ly·(x-xs) <sup>2</sup>	Y座標	Lx	Lx·y	Lx·(y-ys) <sup>2</sup>	X座標	Ly	Ly·x	Ly·(x-xs) <sup>2</sup>	Y座標	Lx	Lx·y	Lx·(y-ys) <sup>2</sup>	X座標	Ly	Ly·x	Ly·(x-xs) <sup>2</sup>	
(P)	(kN/ra d.)			(P)	(kN/ra d.)			(P)	(kN/ra d.)			(P)	(kN/ra d.)			(P)	(kN/ra d.)			(P)	(kN/ra d.)			
1	2	865	1,573	14,047	1	592	538	16,204	2	3,531	6,426	38,437	1	883	803	15,076								
2	2	2,912	5,300	47,315	1	3,458	3,147	94,733	2	144	262	1,568	1	3,845	3,499	65,668								
3	2	135	246	2,194	1	3,972	3,615	108,819	4	582	2,120	1,275	2	218	397	2,268								
4	4	546	1,987	2,669	5	2,348	10,682	5,966	6	1,765	9,639	205	6	4,696	25,638	817								
5	6	3,467	18,930	530	5	218	994	555	6	2,330	12,720	270	11	592	5,921	14,594								
6	6	1,747	9,540	267	9	4,550	37,265	19,046	6	288	1,572	33	11	2,798	28,010	69,040								
7	6	1,128	6,161	172	12.33	2,348	26,343	60,499	8.5	3,972	30,725	27,174	11	116	1,163	2,867								
8	6	279	1,523	43	14	1,765	22,491	76,806	8.5	116	901	797	11	175	1,749	4,311								
9	6	169	924	26	14	1,729	22,027	75,223	8.5	131	1,014	896												
10	8	1,174	8,546	2,397	14	109	1,391	4,751	8.5	175	1,351	1,195												
11	8.5	2,935	22,700	10,418	14	164	2,087	7,126																
12	8.5	146	1,126	517																				
13	8.5	149	1,149	527																				
14	10	2,648	24,098	27,955																				
15	10	195	1,770	2,053																				
16	10	155	1,410	1,635																				
17	10	131	1,192	1,383																				
18	10	175	1,590	1,844																				
19	10	116	1,060	1,230																				
20	10	58	530	615																				
21	10	175	1,590	1,844																				
22																								
23																								
24																								
25																								
26																								
27																								
28																								
29																								
30																								
31																								
32																								
33																								
34																								
35																								
合計	19,304	112,946	119,681		合計	21,253	130,580	469,727	合計	13,035	66,730	71,851	合計	13,322	67,180	174,642	合計				合計			

	1階X方向壁		1階Y方向壁		2階X方向壁		2階Y方向壁		3階X方向壁		3階Y方向壁	
	X座標(xs)	Y座標(ys)										
剛心	6.14	5.85	5.85	6.14	5.04	5.12	5.12	5.04				
重心	6.37	5.01	5.01	6.37	5.46	4.32	4.32	5.46				
偏心距離 ey,ex		0.85	0.85	0.23		0.80	0.80	0.42				
弾力半径 re-x, re-y		5.53	5.53	5.27		4.35	4.35	4.30				
偏心率 Re-x, Re-y		0.15	0.15	0.04		0.18	0.18	0.10				
偏心低減 Fe		0.99	0.99	1.00		0.90	0.90	1.00				

付表-15 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. 床倍率と低減係数

(1)3階 (3階屋根レベル)平均床倍率の計算

ブロック	床・屋根の区分	左下X	左下Y	右上X	右下Y	床下地の仕様		屋根の仕様		火打ちの仕様		合計床倍率	ブロック面積 (P <sup>2</sup> )	床倍率×ブロック面積 (P <sup>2</sup> )	平均床倍率
		(P)	(P)	(P)	(P)	倍率 (1)	倍率 (2)	倍率 (3)							
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						-		▼		▼					
(合計)															

(2)2階 (2階屋根レベル)平均床倍率の計算

ブロック	床・屋根の区分	左下X	左下Y	右上X	右下Y	床下地の仕様		屋根の仕様		火打ちの仕様		合計床倍率	ブロック面積 (P <sup>2</sup> )	床倍率×ブロック面積 (P <sup>2</sup> )	平均床倍率
		(P)	(P)	(P)	(P)	倍率 (1)	倍率 (2)	倍率 (3)							
ブロック1	屋根部分	1	1	11	8.5	▼	0.00	▼	0.70	▼	0.24	0.94	75	70.5	0.94
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)												75	70.5		

(3)1階 (1階屋根レベル)平均床倍率の計算

ブロック	床・屋根の区分	左下X	左下Y	右上X	右下Y	床下地の仕様		屋根の仕様		火打ちの仕様		合計床倍率	ブロック面積 (P <sup>2</sup> )	床倍率×ブロック面積 (P <sup>2</sup> )	平均床倍率
		(P)	(P)	(P)	(P)	倍率 (1)	倍率 (2)	倍率 (3)							
ブロック1	床部分	1	1	6	8.5	▼	0.70	▼	0.00	▼	0.00	0.7	37.5	26.25	0.75
ブロック2	屋根部分	1	8.5	11	10.5	▼	0.00	▼	0.70	▼	0.24	0.94	20	18.8	
ブロック3	屋根部分	11	2	14	10.5	▼	0.00	▼	0.70	▼	0.24	0.94	25.5	23.97	
ブロック4	床部分	5	1	11	7.33	▼	0.70	▼	0.00	▼	0.00	0.7	37.98	26.586	
ブロック5	吹抜け部分	6	7.33	11	8.5	▼	0.00	▼	0.00	▼	0.00	0	5.85	0	
ブロック6						▼		▼		▼					
ブロック7						▼		▼		▼					
ブロック8						▼		▼		▼					
ブロック9						▼		▼		▼					
(合計)												126.83	95.606		

(4)床下地の仕様

記号	仕様	倍率
床5	構造用合板12mm以上及び構造用パネル1・2級以上、根太@340以下転ばし、N50@150以下	1

(5)屋根下地の仕様

記号	仕様	倍率
屋根4	5勾配以下、構造合板9mm以上及び構造用パネル1・2・3級、垂木@500以下転ばし、N50@150以下	0.70

(6)火打ち材の仕様

記号	仕様	倍率
火打1	火打ち、金物HB又は木製90×90、平均負担面積3.3m <sup>2</sup> 以下、梁背105以上	0.24

(7)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	0.18	0.94	1
		1階	0.15	0.75	1
3階	Y方向				
		2階	0.10	0.94	1
		1階	0.04	0.75	1

付表-16 改正耐震精密診断計算フォーマット[保有耐力と判定]

14. 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		56.17	1.00	0.90	1.0	50.59
1階		85.80	1.00	0.99	1.0	84.99
3階	Y方向					
2階		60.83	1.00	1.00	1.0	60.83
1階		96.94	1.00	1.00	1.0	96.94

15. 判定

		必要耐力 Qr	保有する耐力 (低減後) Qd	充足率(評点) Qd/Qr					判定	
		(kN)	(kN)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0		
3階	X方向									
2階		25.44	50.59	1.99						倒壊しない
1階		59.73	84.99	1.42						一応倒壊しない
3階	Y方向									
2階		25.44	60.83	2.39						倒壊しない
1階		59.73	96.94	1.62						倒壊しない

(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

#### (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6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。

##### 1. 改訂耐震診断法（精密診断法1－保有耐力診断法－）のExcelマクロの作成

2004年7月に耐震精密診断法が大改訂され、本研究提案の診断法がこれ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。この検証を本年度の主目的に据え、昨年度までに収集した住家診断・微動記録を主たる解析対象として改訂診断値（保有耐力診断法による略算必要耐力表を用いた精密診断）を新たに求め、微動記録から推定される診断値との比較を行った。そのための計算評価ツールをMS-Excelのマクロ言語を用いて作成した。

##### 2. 木造住宅の現位置的耐震診断値測定アルゴリズムの改良

上記ツールを用いて新たに診断値を求め、微動記録からの推定値と比較を行った。その結果、改訂診断値は住家の固有周期との関係性が強く示唆され、さらに狭帯域フィルタを操作したカオス度を導入することにより、より精度の向上が図られることが分かった。一方で、改訂診断法が地盤・基礎に相当する下部構造と上部構造の診断を分割する方法を採用したことにより、微動を用いる総合診断との齟齬が問題点として指摘された。

##### 3. 木造家屋の耐震壁量の減少に伴う振動特性の変化

診断法が改訂されたとはいえ、旧診断による診断値は未だ多く使われており、影響力が大きい。旧診断値が意味する耐震性能についての必要性より実存木造家屋の解体実験データに基づき、壁量として長さ（雑壁を含まない壁のみ）と面積（雑壁を含む）をパラメータとした耐震診断値（振動）実験式（新耐震診断値変換式相当）を構成した。それによると旧耐震診断値が1.0以下の場合、診断値はほぼ同じ値となったが、1.0を超える場合、その差は大きく0.07～0.25となった。すなわち、雑壁の面積の約20%が耐震壁量（長さ）として加算できる結果を得た。この研究結果は平屋建て木造住宅に限定されたものである。今後の課題として、2階建て木造住宅を含む実験体を増やし多くの家屋に適用できるように改良する必要がある。

##### 4. 地震動の入力方向および耐力壁の部分的強度低下が木質構造住宅の耐震性能に及ぼす影響について

本研究は「木造住宅の耐震診断と補強方法（改訂版）」において、条件設定が十分とはいえないにもかかわらず住宅の全体的耐力に大きく影響すると思われる接合部腐朽に関する荷重－変形関連データを実験的に蓄積し、耐力低減率の根拠を明らかにすると共に、診断値と微動による原位置的診断結果との整合を図るものであり、腐朽条件がそろえば4ヶ月で釘せん断耐力が健全時の4割程度に低下することが判明した。

##### 5. 微動の通年実測による建物暴露環境条件の診断への影響調査

木造戸建て住宅を主たる対象としながら、構造形式及び屋根形状の異なる家屋の常時微動並びに人力加振による振動計測を行った。2階建て片流れ屋根形状の建物では、2階部分の重心の偏心による揺れ振動が顕著となること、半地下RC構造の上に総2階建てを有する建物では、微動における木造部の水平振幅は一般の木造建物より小さいが、人力加振を与えると地下階に水平変位は1階に層間変位が集中して大きな振幅となり易い

こと、三角屋根構造では屋根勾配方向ではその直交方向よりも水平剛性が高く周期が短くなり軒位置と2階床位置の水平振幅はほぼ同じ値を示すため2階での層間変形が小さい。一方、屋根勾配直交方向の2階床位置の水平振幅分布については両端に比べて中央部で大きくなりやすいこと、などが明らかになった。

#### 6. 建物補強の診断への影響

入手した木造住宅図書について、建築防災協会の精密耐震診断法（改訂版）を用い、耐震診断値を算出した。さらにその結果から耐震補強の効果とその傾向を推察した。

#### (e)引用文献

- 1) 建設省住宅局監修：木造住宅の耐震精密診断と補強方法, 1985, 1996（増補）.
- 2) 国土交通省住宅局建築指導課監修：木造住宅の耐震診断と耐震診断と補強方法, 木造住宅の耐震精密診断と補強方法（改訂版）, pp.364, 2004.
- 3) 岡田成幸・高井伸雄：愛知県における建物微動による簡易耐震診断の実施, 3.1.2.2 章 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, 大都市大震災軽減化特別プロジェクト IV耐震研究の地震防災対策への反映 1.事前対策, 文科省研究開発局 独立行政法人防災科学技術研究所, 科学技術振興費 主要5分野の研究開発委託事業 新世紀重点研究創生プラン〜リサーチ・レポリューション・2002〜, 2003年5月, (委託研究業務成果報告提出版).
- 4) 田端千夏子・大橋好光：木造建築物の耐震診断法に関する研究 —新旧耐震診断の比較および評点と被災度の関係—, 日本建築学会構造系論文集, 559, 119-125, 2006.
- 5) 土方一弘・三田彰：損傷パラメタを考慮に入れた木造建築物の健全性診断とカオス理論との関係について, 日本地震工学会・大会—2005梗概集, 54-55, 2005.
- 6) 合原一幸編：カオス時系列解析の基礎と応用, 産業図書, pp.333, 2000.
- 7) 大崎 順彦：新・地震動スペクトル解析入門, 鹿島出版会, 1994.
- 8) 多治見宏：建築振動学, コロナ社, 1965.
- 9) 日本建築学会：木質構造設計規準・同解説—許容応力度・許容耐力設計法、日本建築学会編、317(2002).
- 10) (財)日本住宅・木材技術センター：木造軸組工法住宅の許容応力度設計、日本住宅・木材技術センター、151(2002).
- 11) 張沛文、上田恒司、平井卓郎：構造用木質面材と木材との釘接合部の劣化促進試験方法、木材学会誌、43,1030-1034(1997)
- 12) 平井卓郎、張 市文、入江康孝、若島嘉朗：構造用木質面材の釘接合せん断耐力、木材学会誌、45,120-129(1999)
- 13) 北海道立寒地住宅都市研究所：北海道における木造住宅の耐震性に関する研究、平成8年度共同研究報告書(1996)

(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
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
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
島田佳和・岡田成幸・谷口仁士	微動を利用した簡便な木造住家耐震診断法の開発 ～屋外からの簡易診断に向けて～	第3回日本地震工学研究発表討論会	平成16年11月
磯部信宏・谷口仁士	木造家屋の壁量と振動特性の関係の実験的考察	第24回日本自然災害学会学術講演会 講演概要集	平成16年11月

(g) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成18年度業務計画案

(a) 本研究で提案した簡易的診断法アルゴリズムの改善を行うと共により簡便な屋外からの測定法及び解析法の見直しを行い、完成させる。

(b) 既存木造住宅の耐震診断法確立のための実験的研究の一環として、実存する木造住宅の

壁を徐々に取り除き、耐震診断値および構造特性量の変化の定量的把握を試み、耐震診断法への技術的反映に供する。

(c) 木造・組積造・鉄筋コンクリート造などからなる混合構造や、不整形な平面・立面形状を有する実家屋の常時微動およびマンパワー加振計測を行って比較検討し、影響要因の多様性に対応できる診断技術の向上を図ると共に、鉄筋コンクリート造および組積造構造の部分模型を用いた水平加力時破壊過程と微振動性状との関係を把握する。これらの結果と過年度の研究成果を総合的に取り纏めて、耐震性能に及ぼす諸要因を整理し、広範囲に適用できる簡易耐震診断法の提案を行う。

(d) 木造建物の補強方法による耐震診断値への影響を評価し、改築後の住家耐震診断精度の向上に資すると共に適切な補強方法を探る。