



低コスト・小型地震計の性能確認と 戸建て住宅の地震時挙動観測への適用

飯場正紀¹⁾、阿部秋男²⁾、花井 勉³⁾、皆川隆之⁴⁾

- 1) 正会員 建築研究所構造研究グループ、上席研究員 博士(工学)
e-mail: iiba-m@kenken.go.jp
- 2) (株)東京ソイルリサーチ技術本部つくば研究室、室長 博士(工学)
e-mail: abe@tokyosoil.co.jp
- 3) (株)えびす建築研究所、代表取締役 博士(工学)
e-mail: hanai@ebi-ken.co.jp
- 4) (株)えびす建築研究所開発室、室長
e-mail: minagawa@ebi-ken.co.jp

要約

建物の地震時挙動の解明に必要となる観測記録の蓄積を目指すために、低コスト地震計を製作し、その性能と適用性を検証した。振動台実験と地震動観測結果により、低コスト地震計の精度確認を行い、十分な精度の加速度記録が収録できることを明らかにした。さらに低コスト地震計を戸建て住宅に設置し、約3年間で得られた地震動観測結果を整理し、低コスト地震計の稼働性・有効性について検討した。

キーワード：低コスト、地震計、精度検証、戸建て住宅、観測、シミュレーション

1. はじめに

建物・地盤の地震時挙動を明確にすることは、地震工学・耐震工学にとって重要不可欠なものである。我が国では、数多くの建物や地盤内に地震計・強震計が設置され、観測結果が蓄積されている。しかし一般に地震計等は高価なものであり、目的が明確でない限り観測体制を構築することは難しい。地震計等が低コストになり、また取り扱いが容易になり、建物の揺れの状態が把握できるようになれば、もっと生活に身近なものにすることができるとともに、その利用法についてもいろいろなアイデアが生まれることが考えられる。

最近では、コストの低い地震計や普及型の地震計を開発し、それらの活用・普及、商品化を目指した研究・開発が行われている¹⁾⁵⁾。筆者らは、圧電セラミック型の加速度センサーを使用した低コスト地震計を開発した。低コストであるとしても、地震計が十分な信頼性を有する必要がある、地震計の性能

の検証が重要となる。今回検証した低コスト地震計は、2002年に製作されたものを用いている。現在の同タイプの地震計は、2002年製の地震計と比べると、仕様等が改良されている⁶⁾。

本論文は、低コスト地震計の記録精度の検証結果と木質系戸建て住宅（以下、住宅という）への適用結果をまとめたものである。振動台実験と地震動観測を行い、サーボ型地震計等との比較により、記録精度の検証を行った。また、住宅で観測された地震動を整理し、住宅の振動特性・動的挙動に及ぼす地震動の影響について検討を加えた。

2. 低コスト地震計の利用

低コスト地震計が普及し、観測結果が利用できるようになると、以下の研究がより促進され、地震工学・耐震工学等への貢献が期待される¹⁾。

(1)地震動強さの定量的把握

数多くの場所で地震観測を行うことができれば、地震動の場所による違いを詳細に知ることができる。地表面で多くの記録が観測されることにより、地震動のゾーニング等に活用できる。

(2)小規模建物の地震時挙動の評価

高層建物などの大規模な建物では強震観測が行われ、地盤および上部構造に関して様々な面から、振動特性や地震時挙動の把握が行われている。これに対して低層建物や戸建て住宅などの比較的小規模な建物では、強震観測はほとんど行われず、振動特性の把握や耐震的な検討は不十分であり、観測を充実させる必要がある。

(3)耐震性能・免震性能の表示

「住宅の品質確保の促進等に関する法律（品確法）」は、建物のユーザに対して、建物の性能を確保することを目指すものであるが、一般に耐震性能・免震性能などを実際に目に見える形で示すことは非常に難しいことである。一つの方法として、地震時における建物の動きを示すことができれば、建物の耐震性能・免震性能を間接的に表示できるものと考えられ、耐震・免震技術に対する関心を高め、技術の普及・促進に寄与することができる。

3. 低コスト地震計の概要

地震計の構成例を図1に示す。地震計は、センサー部とコントロール・表示部で構成されている。センサー部は設置場所の制約を減らすために別構成とし、コントロール・表示部にケーブルで接続される。コントロール・表示部は、A/D変換器、メモリー、最大加速度の表示装置等で構成される。単独タイプの場合、各ユニット間をケーブルで接続することにより、地震計の同期を取ることができる。2002年に製作した低コスト地震計は、同期端子を持たない単独タイプである。地震計の外観を写真1に、サーボ

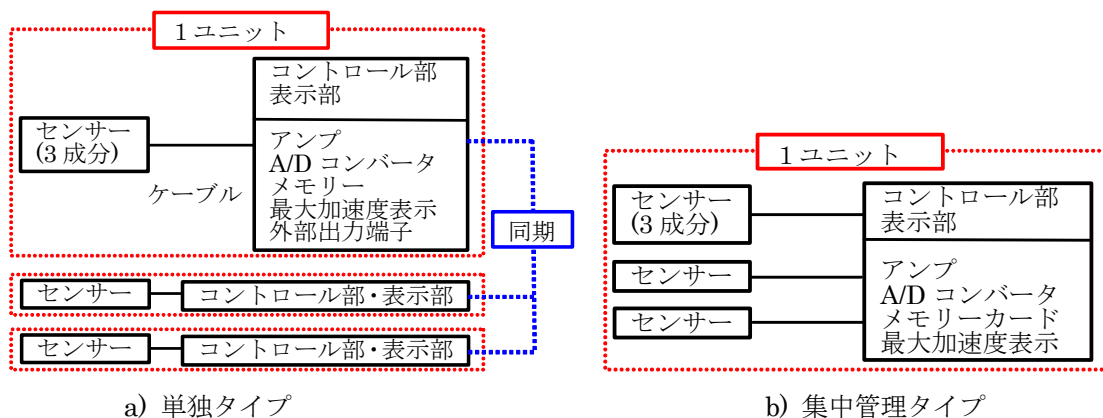


図1 地震計の構成例

型加速度計(4章のサーボ型地震計)との特性比較を表1に示す。

加速度センサーは、重要電子機器等の緊急停止用(地震時、転倒時、衝突時等)に用いられるものを利用した。構造は圧電セラミック型であり、ICによるチャージアンプが内蔵されているため、小型化・軽量化が図れる。加速度センサーの振動数特性を図2に示す。振動数0.3Hz~20Hzの間で平坦な特性を有する。

観測記録の最小分解能は、1galであり、2gまで収録可能である。観測開始のトリガーは、水平の1方向のみであり、その加速度は5galである。サンプリング振動数は50Hzで、52秒間の記録が収録される。地震計が同期接続されている場合、いずれかの地震計の加速度が5galを上回ると、すべての地震計で収録が開始される。同期接続されていない場合は、内部に時計を有しており、収録開始からの経過時間が記録され、記録開始時間を確認することができる。また表示部には、3成分の最大加速度が表示される。電源はAC100Vを利用する。現在のモデルでは、停電時には内蔵された充電池により1時間程度作動するものが付加されている。

4. 低コスト地震計の記録精度の確認

サーボ型速度計(VSE-11、(株)東京測振製)、またはサーボ型地震計(SV355相当、同上)による記録と比較することにより、低コスト地震計の記録精度(振幅・位相特性)を確認した。

4.1 振動台加振

建築研究所中型振動台を用い、スウィープ加振(最大加速度約100または200gal、0.5~20Hzの漸増スウィープ、時間30秒)および地震動加振(1940 El Centro NS波:最大速度10~25kine、1952 Taft EW波:最

表1 低コスト地震計(2002年製)と強震観測用加速度計の特性比較

項目	低コスト地震計	強震観測用加速度計
加速度計タイプ	圧電式(圧電セラミック)	サーボ式
特徴	低振動数から高振動数まで、また大加速度も測定できる。小型のものが多い。圧電素子のひずみに応じた電圧(電荷)を測定する。	低振動数で優れた性能を有し、低加速度計測に適している。加速度に応じた電流を測定する。
周波数特性	0.3 Hz~20Hz	DC~100Hz
加速度分解能	1 gal	0.001gal
A/D用分解能	12bit	24bit
最大加速値	±2g	±2g
ダイナミックレンジ	72dB	130dB
トリガー加速度値	5 gal	任意(0.2~200gal)
計測成分	3成分(X,Y,Z)	1~3成分
データ収録時間	52 s(1地震波当たり)	任意(加速度の大きさで計測を終了)
データ収録メモリー	256kByte(1地震波しかメモリーできない)	メモリーカード等
地震動情報の表示	最大加速度表示	加速度波形、計測震度
パソコンへの出力	RS-232C	RS-232C x 2
寸法・質量	センサー部:質量200g 寸法80x50x30mm コントロール部・表示部: 質量800g 寸法150x120x50mm	
価格	一般的な強震観測用加速度計の1/5~1/10	



写真1 地震計の外観(左はセンサー部、右はコントロール・表示部)

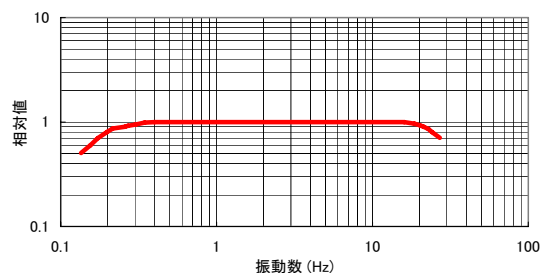


図2 加速度センサーの振動数特性

大速度 10～25kine)時の記録を収録した。

図3に、一例として、スイープ加振(最大加速度約 200gal)における低コスト地震計(水平(X)方向)とサーボ型速度計の加速度波形およびサーボ型速度計の加速度記録に対するフーリエスペクトル比(振幅と位相)を示す。低コスト地震計の加速度波形は、サーボ型速度計による結果と非常に良く対応している。地震動加振においても同様な結果が得られている。低コスト地震計とサーボ型速度計の位相特性にやや差が見られる。2つの地震計のサンプリング時間が一致していないことがこの原因と考えられる。本波形処理では、サンプリング時間のずれを調整していないため、2つの地震計には最大20ms(50Hzサンプリング)の記録時間の差が生じる。例えば20Hzのサイン波を想定すると、1周期は0.05sであるため、サンプリングのタイミングにより、最大144度(=0.02/0.05*360)の位相差が生じることになる。

4.2 免震住宅実験棟での地震動観測

建築研究所に建設されている免震住宅実験棟⁷⁾の2階床位置に低コスト地震計を設置し、サーボ型地震計との記録を比較した。図4に、2001～2003年度に計測された最大加速度の比較を示す。低コスト地震計の水平成分(NS、EW)においてはサーボ型地震計の値と良い対応を示している。上下成分(UD)は、若干ばらつく傾向にある。同図において、UD成分を○で囲んだ部分は、低コスト地震計の最大加速度の方が小さくなっている。サーボ型地震計では水平加速度または上下加速度でトリガーを作用させること

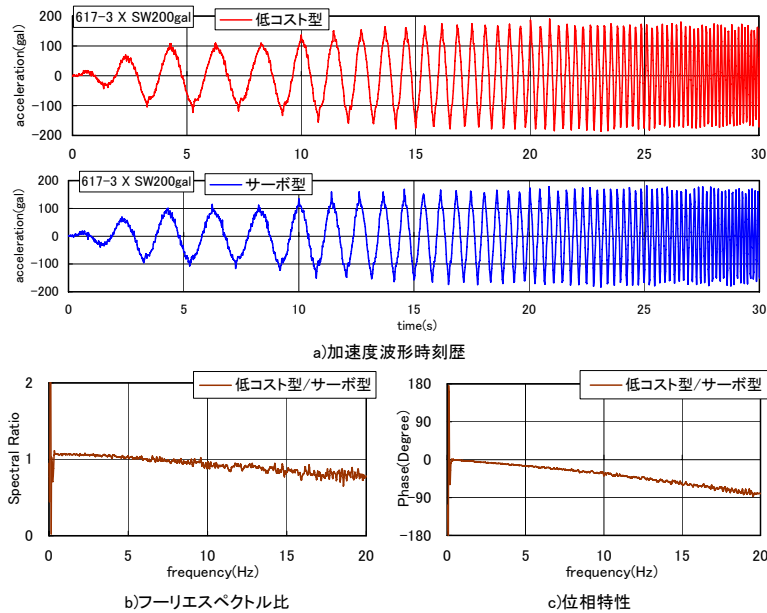


図3 スウィープ加振における低コスト地震計の特性

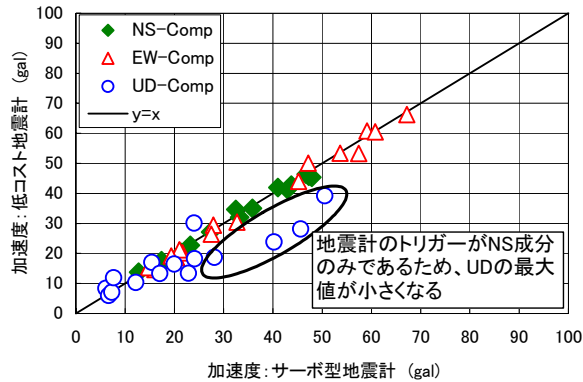


図4 低コスト地震計とサーボ型地震計の最大加速度の比較

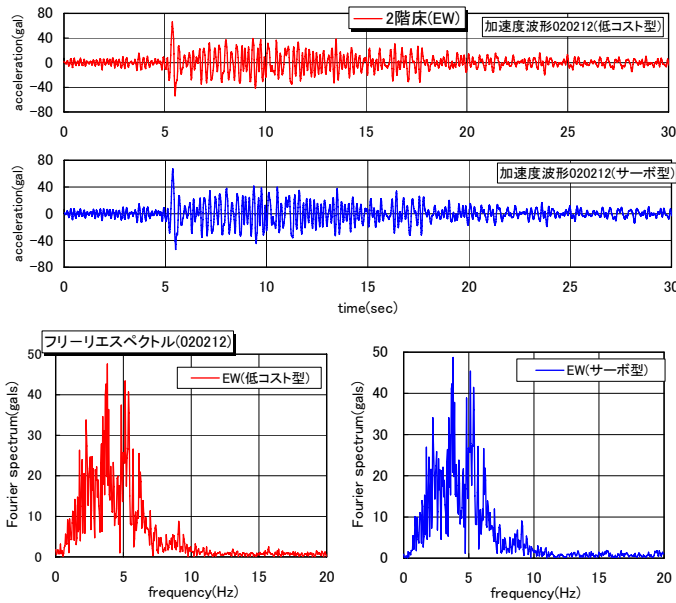


図5 低コスト地震計とサーボ型地震計の観測記録の比較 (EW成分、2002年2月12日観測)

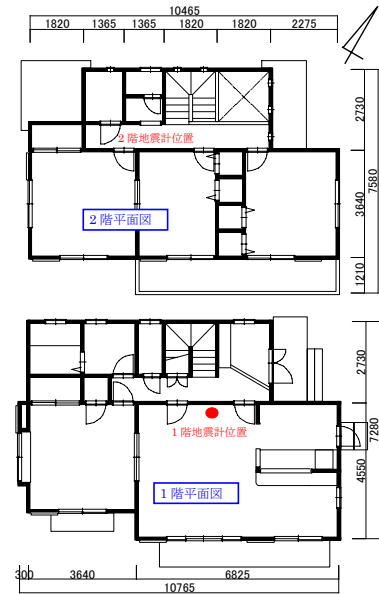


図6 住宅の平面図と地震計位置

ができるため、上下加速度の最大値を収録することが可能である。一方、低コスト地震計の場合、水平1方向のトリガーで収録が開始されるため、水平加速度のトリガーが作用する以前に上下加速度が最大となる場合には、サーボ型地震計による最大値より小さな最大加速度となるためである。

2002年2月12日に得られた低コスト地震計とサーボ型地震計の観測記録の比較を図5に示す。加速度時刻歴およびそのフーリエスペクトル振幅も良い対応を示す。

5. 戸建て住宅での地震動観測

2003年5月より、つくば市の中心部に近い場所に建設された住宅(2階建、枠組み壁構造)で地震動の観測を開始した。図6は、住宅の平面図と低コスト地震計の設置位置を示す。低コスト地震計を、1階床、2階床および小屋組(2階の天井の直上、以後3階という)の梁に固定した。なお2003年12月までは1階、2階にしか設置されておらず、3階の記録は2004年1月から得られている。

5.1 1階での観測地震動の特徴

図7に、2003年5月より観測された地震動の震央分布を、表2に、2004~2005年の地震の諸元を示す。茨城県、千葉県内および太平洋の海岸沿いで、多くの地震が発生している。図8に、年度別および1階の最大加速度別に収録地震の数を示す。低コスト地震計は、NS方向(住宅の短辺方向が北の方角ではないが、住宅の短辺方向をNS方向と称する)の加速度が5galを超えると、それぞれの階で個々に記録が開始されるため、地震動の大きさによっては、1階の記録が得られない場合も多く見られた。1階で、100galを越える地震動も観測されている。

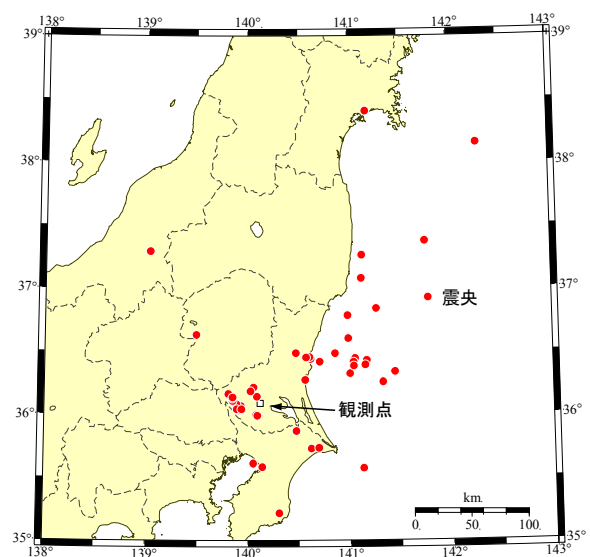


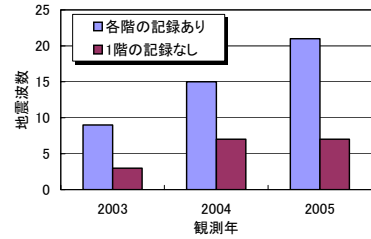
図7 観測地震動の震央位置

図9に、1階におけるNS、EW、UD方向の最大加速度を示す。NS方向とEW方向の最大加速度は、概ね両者の加速度が等しくなる1次関数に沿って分布するが、地震動によっては、2倍程度の差が見られる。NS方向の最大加速度に対するUD方向の最大加速度は1/2~1/4の範囲に入る場合が多く、NS方向の最大加速度の増加とともにUD方向の最大加速度は小さくなる特性を示す。

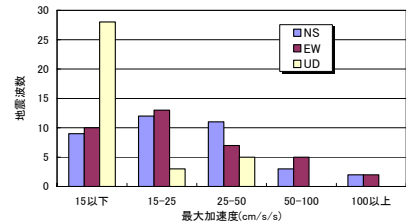
1階の観測地震動の内、比較的最大の加速度の大きな地震動における水平成分の加速度応答スペクトルおよび疑似速度応答スペクトル(ともに減衰定数5%)を、そ

表2 地震緒元

観測年月日 年 月 日	地震名	震央位置		深さ (km)	JMA M	震央距 離(km)	
		緯度	経度				
2004	1/8	茨城県南部	36°9.6'	139°48.3'	53	4.0	29.2
	1/23	福島県沖	37°15.7'	141°7.6'	66	5.3	158.3
	2/4	茨城県南部	35°59.7'	140°4.7'	65	4.2	11.0
	3/11	茨城県沖	36°19.3'	141°0.4'	48	5.3	83.8
	4/4	茨城県沖	36°23.4'	141°9.2'	49	5.8	98.6
	4/9	千葉県北東部	35°52.1'	140°28.4'	37	4.0	40.3
	6/3	茨城県北部	36°29.1'	140°28.3'	54	4.1	54.3
	7/10	茨城県南部	36°4.8'	139°53.1'	48	4.7	21.0
	7/20	茨城県北部	36°27.1'	140°36.2'	56	4.1	59.4
	9/1	福島県沖	36°55.3'	141°46.8'	31	5.6	174.9
	10/6	茨城県南部	35°59.3'	140°5.3'	66	5.7	11.4
	10/7	鹿島灘	36°16.3'	140°33.8'	59	4.4	44.9
	10/11	茨城県沖	36°36.0'	140°59.2'	47	4.4	96.4
	10/17	茨城県沖	36°15.3'	141°19.7'	49	5.7	110.1
10/23	新潟県中越地方	37°17.5'	138°52.0'	13	6.8	174.1	
10/27	新潟県中越地方	37°17.5'	139°2.0'	12	6.1	165.0	
2005	1/1	茨城県沖	36°47.0'	140°59.0'	89	5.0	109.3
	2/8	茨城県南部	36°8.4'	140°5.1'	67	4.8	6.5
	2/16	茨城県南部	36°2.3'	139°53.3'	46	5.3	21.4
	2/23	茨城県南部	36°6.4'	139°50.9'	50	4.4	24.3
	4/4	福島県沖	37°22.3'	141°45.2'	44	5.3	203.8
	4/11	千葉県北東部	35°43.6'	140°37.2'	52	6.1	60.4
	5/8	栃木県南部	36°37.8'	139°29.5'	10	4.5	82.3
	5/14	茨城県北部	36°27.0'	140°34.4'	57	4.4	57.2
	6/20	千葉県北東部	35°44.0'	140°41.6'	51	5.6	65.1
	6/24	茨城県沖	36°26.6'	141°3.2'	46	4.5	92.7
	7/11	茨城県沖	36°24.8'	141°2.4'	48	4.7	90.2
	7/23	千葉県北西部	35°34.9'	140°8.3'	73	6.0	56.3
	7/28	茨城県南部	36°7.5'	139°50.7'	51	5.0	24.9
	8/8	茨城県沖	36°20.3'	141°26.7'	46	5.6	122.1
	8/16	宮城県沖	38°9.0'	142°16.7'	42	7.2	298.5
	10/16	茨城県南部	36°2.3'	139°56.2'	47	5.1	17.2
10/19	茨城県沖	36°22.9'	141°2.5'	48	6.3	88.9	
10/22	福島県沖	37°4.7'	141°7.2'	52	5.6	141.7	
11/12	茨城県沖	36°29.0'	140°51.3'	57	4.6	79.2	
12/2	茨城県南部	36°8.0'	139°51.0'	50	4.2	24.6	
12/28	茨城県南部	36°10.9'	140°1.6'	53	4.8	13.2	



a) 年度別観測地震数



b) 1階床の最大加速度別観測地震波数
図8 収録地震数および観測地震波数

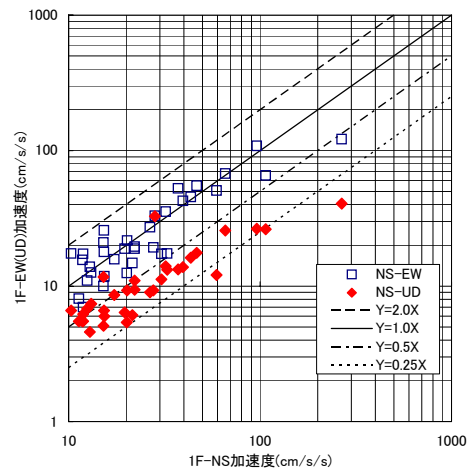
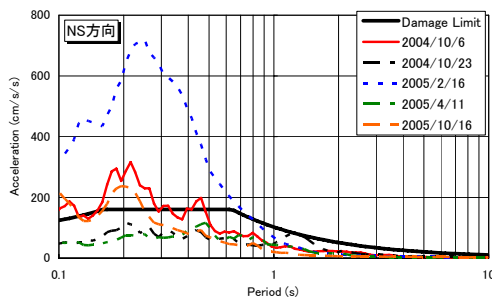
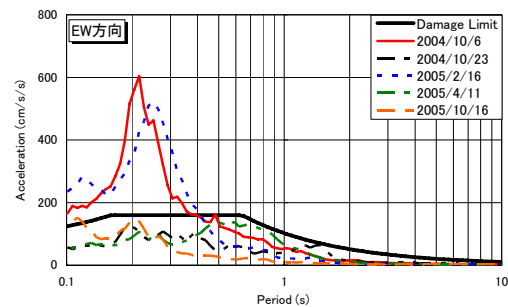


図9 1階の方向別最大加速度分布



a) NS方向



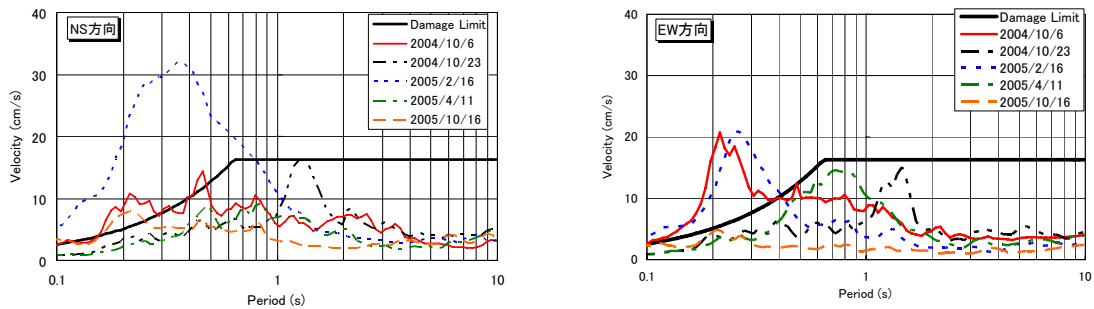
b) EW方向

図10 1階の観測地震動の加速度応答スペクトル(h=5%)

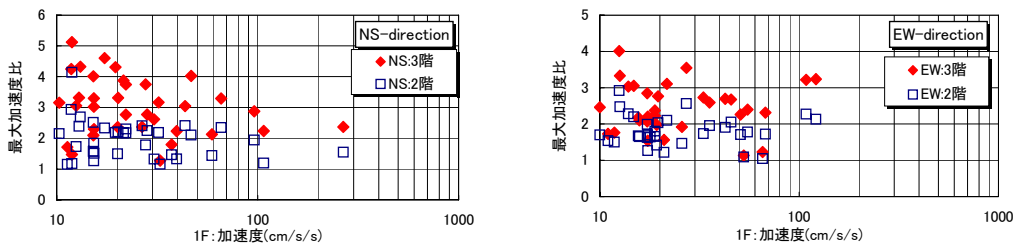
それぞれ図10と図11に示す。同図には、建築基準法関連告示に示される稀に発生する地震動における解放工学的基盤での加速度応答スペクトルまたはその疑似速度応答スペクトルも描いた。2地震動であるが、短い周期域では告示での応答値を上回っている。

5.2 上部構造の増幅特性

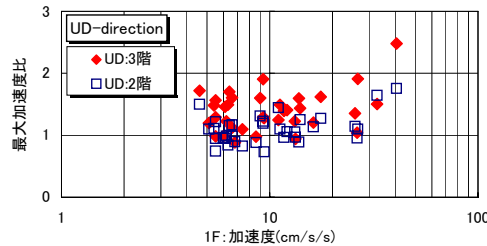
図12に、各方向における、1階の最大加速度に対する各階の最大加速度の増幅比を示す。水平方向においては、1階の最大加速度が小さい範囲では、最大加速度増幅比のばらつきが大きい。1階の最大加



a) NS 方向
b) EW 方向
図11 1階の観測地震動の疑似速度応答スペクトル(h=5%)

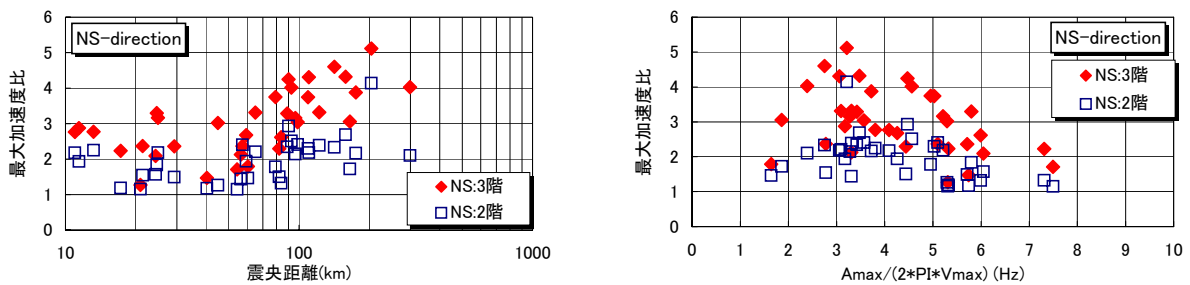


a) NS 方向
b) EW 方向



c) UD 方向

図12 1階の最大加速度に対する各階の最大加速度増幅比



a) 震央距離
b) 地震動の等価振動数

図13 1階に対する各階の最大加速度増幅比(NS 方向)

速度が増大するにつれて、増幅比は減少する傾向を示し、特に NS 方向の 3 階でその傾向が顕著となる。一方、UD 方向では増幅比のばらつきは小さく、1~2 程度の範囲にある。また 1 階の最大加速度が増大するにつれて、増幅比が増加する傾向が見られる。

NS 方向と EW 方向における、1 階の最大加速度に対する各階の最大加速度の増幅比と震央距離または 1 階地震動の等価振動数との関係を、それぞれ図 13 と図 14 に示す。等価振動数は、観測記録の最大加速度を、最大速度に 2π を乗じた数値で除して求めた。NS 方向の場合、震央距離が小さい地震における増幅比は、2 階で 1~2 の範囲に、3 階で 2~3 の範囲に含まれることが多い。震央距離が 80km より大きくなると、増幅比は徐々に大きくなる特性を示す。増幅比が大きくなる場合の等価振動数は、2~5Hz の範囲にある。図 15 は、NS 方向の 1 階の最大加速度に対する各階の最大加速度の増幅比の高さ方向の分布を、震央距離が小さい場合(25km 以下)と大きい場合(140km 以上)で比較した。震央距離が小さい場合には、高さ方向の増幅比が小さい範囲に収まるのに対し、震央距離が大きくなると、2 階および 3 階とともに増幅比が大きくなる。震央距離が大きくなると、地震動の卓越振動数が建物の固有振動数に近づき、上部構造の最大加速度が大きくなるためと考えられる。

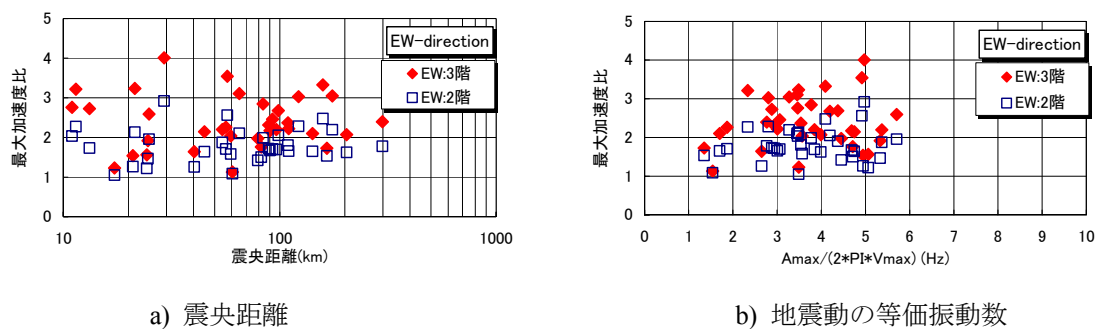


図 14 1 階に対する各階の最大加速度増幅比(EW 方向)

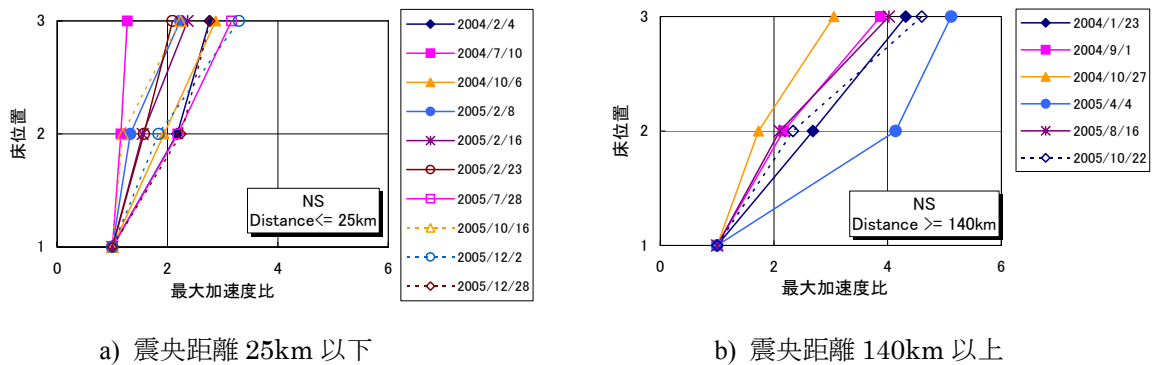


図 15 1 階に対する各階の最大加速度増幅比分布(NS 方向)

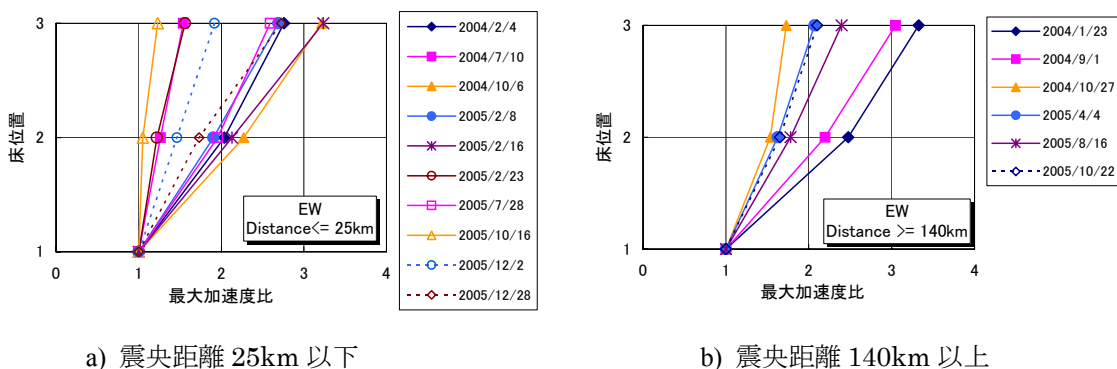


図 16 1 階に対する各階の最大加速度増幅比分布(EW 方向)

EW方向については、図14において、等価振動数が5Hzで増幅比が大きくなるが、3~5Hzで同程度の増幅比を示す。また震央距離による顕著な傾向も見られないが、震央距離が大きくなると、2階で2前後、3階で2~3の範囲に含まれる場合が多くなる。図16に、EW方向について震央距離による増幅比の高さ方向分布を示すが、震央距離が大きくなると、1階から2階への増幅比が大きくなる傾向が見られる。NS方向に比べて、EW方向の1階床の地震動の加速度振幅が小さいため、上部構造の増幅特性への顕著な影響はなかったと考えられるが、まだ観測結果を説明できるまでには至っていない。

6. シミュレーション解析

住宅の上部構造をモデル化し、1階の加速度記録を入力地震動とした応答解析を行い、上階の観測記録と比較を行い、モデル化の適用性を検討した。

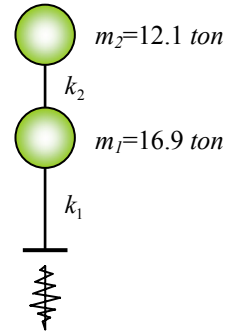


図17 解析モデル

6.1 上部構造のモデル化

住宅の上部構造を、図17のような集中質量-せん断ばね系にモデル化する。せん断ばねの設定では、水平抵抗要素として構造用合板による構造壁に加え、低層の住宅では小振幅領域において構造性能上無視できないとされている内外装材も表3の長さ分を考慮する。各水平抵抗要素の復元力特性は、木造建物の復元力特性としてよく用いられるバイリニア+スリップ型でモデル化する。各水平抵抗要素の単位長さあたりのパラメータは、文献8を参考に図18のように定めた。この結果例えばX(EW)方向1階の初期剛性は構造用合板のみで7.43kN/mmに対し、内外装材も考慮すると18.13kN/mmとなる。また減衰定数は、初期の1次固有振動数に対して5%を仮定し、瞬間剛性比例にて評価した。

表3 水平抵抗要素の設定長さ (単位: m)

方向	階	水平抵抗要素		
		構造用合板 (厚9mm)	サイディング (厚11mm)	石膏ボード (厚12.5mm)
X方向 (EW)	2	15.76	15.76	16.69
	1	14.24	14.24	15.61
Y方向 (NS)	2	9.51	9.51	26.80
	1	11.22	11.22	22.14

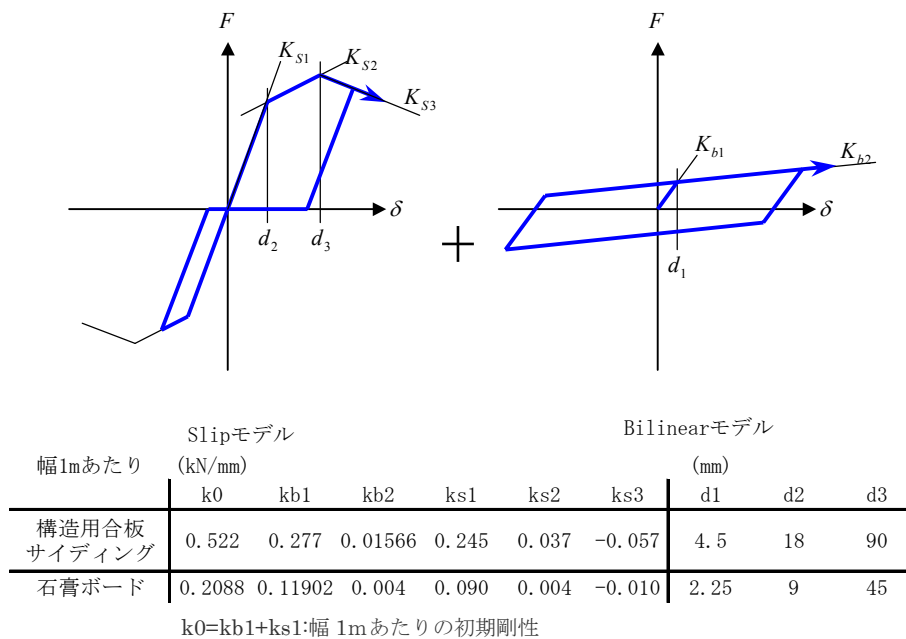


図18 バイリニア+スリップモデル

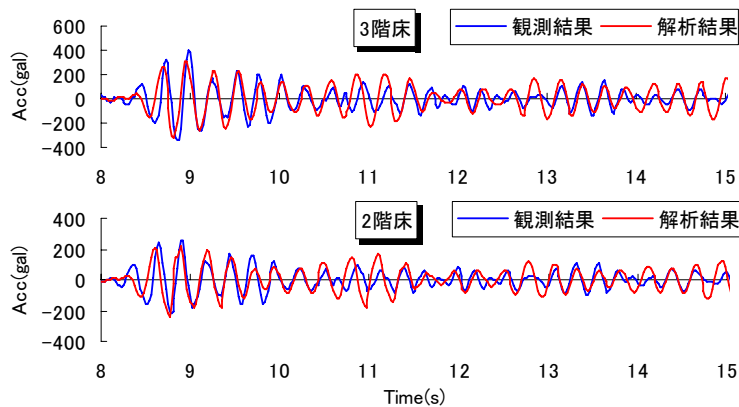


図 19 地震応答解析と観測で得られた加速度波形の比較
(EW 方向、2005 年 2 月 16 日観測)

時刻歴応答計算は、Newmark- β 法により解析を行った（時刻刻みは、観測のサンプリング振動数と同様で、0.02 秒）。

6.2 観測記録との比較

観測記録のうち最も加速度の大きい 2005 年 2 月 16 日の地震動を対象に、1 階での観測波形(EW 方向)を入力し、上部構造の応答解析を行った。図 19 に、2 階および 3 階の応答加速度波形と観測波形の比較を、図 20 には各階の応答履歴(層せん断力と層間変位の関係)の比較を示す。観測における各階の変位は、FFT を用いて加速度波形を積分して求めた。観測記録では各階で同期が取れていないため、各階の UD 方向の加速度波形が整合するように時間軸の調整を行った。加速度波形では振幅や周期特性が概ね対応しているとともに、2 階の応答履歴は良い対応を示しており、上部構造のせん断特性には、構造用合板、サイディングおよび石膏ボードの特性が寄与していることが確認された。1 階の応答履歴では解析モデルの剛性が若干低くなっており、復元特性に寄与する部材の再検討が必要であるが、低コスト地震計による観測結果は建物の応答分析に十分に活用可能なことが確認された。

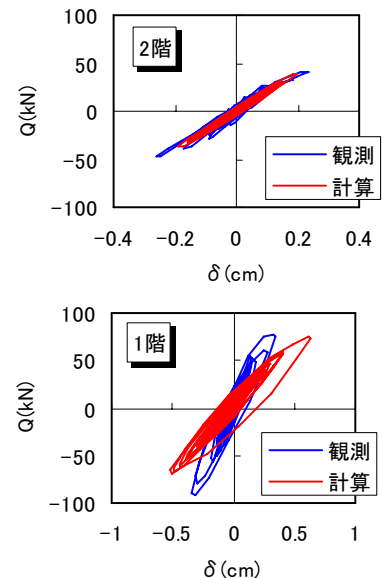


図 20 1 階と 2 階の層せん断力と層間変位の関係

7. まとめ

低コスト地震計の記録精度の検証と戸建て住宅での観測結果について検討を加えた。得られた結果をまとめると、以下ようになる。

- 1) 地震計のコストをできる限り抑えることで、多くの観測が可能となる。そのためには、地震計の性能を十分に確認する必要がある。
- 2) 振動台実験と実建物での地震動観測により、低コスト地震計の記録精度の検証を行った結果、低コスト地震計は、十分精度のある振幅特性および位相特性を有することが確認された。
- 3) 低コスト地震計の製作から約 4 年経過し、現在も観測が継続されている。機器が正常に稼働していることから、現段階では十分な耐久性を有している。
- 4) 低コスト地震計を戸建て住宅に設置し、3 年に近い期間が経過した。この間に、地震動の特徴・特性を分析するに足りる多くの地震動記録が収集できた。
- 5) 住宅の各階の記録を用いて、住宅の上部構造の振動特性や地震時挙動が把握できた。短辺(NS)方向では、震央距離が大きい場合に、最大加速度の増幅比が大きくなる特性が確認された。

謝辞

本論文中の図の作成にご協力いただきました、独法建築研究所・鹿嶋俊英氏および日本システム設計・石井渉氏に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 飯場正紀、阿部秋男：小規模建築物のための低コスト強震計の開発(その1)・(その2)、日本建築学会大会学術講演梗概集、B-2、構造II、2002.8、pp.101-104
- 2) 福和伸夫、小出栄治、糸魚川貢一：建物観測用の普及型低コスト地震計の試作、日本建築学会学術講演梗概集、B-2、構造II、2003.9、pp.871-872
- 3) 中村豊：自主防災に役立つ超小型デジタル警報地震計AcCoの機能と活用法、リアルタイム災害情報検知とその利用に関するシンポジウム論文集、2004.6、pp.109-116
- 4) 鷹野澄、伊藤貴盛、原徹夫：IT 強震計—その概念と試作—、日本地震学会予稿集2004 年度秋季大会、No.P001、2004.10
- 5) 小出栄治、福和伸夫、正木和明ほか：建物観測のためのインターネット活用型低コスト地震計の開発、日本建築学会技術報告集、第23号、2006.6、pp.453-458
- 6) ソフトプライムホームページ(<http://www.sprime.co.jp>)
- 7) 飯場正紀、緑川光正、山内泰之ほか：免震住宅委実験棟の基本特性試験と地震観測結果、第2回日本制震(振)シンポジウム論文集、日本学術振興会、2000.11、pp.161-166
- 8) 国土交通省建築研究所：改正建築基準法の構造関連規定の技術的背景、ぎょうせい、2001.3、p.53

(受理：2006年4月5日)
(掲載決定：2007年1月9日)

Performance Verification of Low-cost and Compact Seismometer and Its Application to Earthquake Motion Observation of Detached House

IIBA Masanori¹, ABE Akio², HANAI Tsutomu³ and MINAGAWA Takayuki⁴

- 1) Member of JAEE, Chief Research Engineer, Building Research Institute, Dr. Eng.
- 2) Head, Tokyo Soil Research Co., LTD., Dr. Eng.
- 3) Representative, Ebisu Building Laboratory Co., LTD., Dr. Eng.
- 4) General Manager, Ebisu Building Laboratory, Co., LTD.

ABSTRACT

In order to investigate behaviors of buildings during earthquake due to accumulate observation data, low-cost seismometers are produced and checked. Using data by shaking table test results and observed earthquake motions, the accuracy verification of low-cost seismometer is conducted through comparison with servo-type seismometer. The low-cost seismometers were installed in a detached house and earthquake motions have been observed since about three years ago. In these periods, many earthquake motions have been obtained to discuss characteristics of the earthquake motions at the site and characteristics of dynamic behavior of the detached house. The low-cost seismometer has been operational for about four years since the low-cost seismometer was produced. From the result, it is confirmed that the low-cost seismometer has enough durability.

Key Words: Low-cost, Seismometer, Accuracy Verification, Detached House, Observation, Simulation