



# 強震観測点周辺の被害データを用いた地震動の性質と 建物被害の関係の検討

境有紀

正会員 筑波大学大学院システム情報工学研究科，助教授，工博  
e-mail: sakai@kz.tsukuba.ac.jp

## 要約

1995年兵庫県南部地震以降，強震観測網が整備され，数多くの震度6弱以上の高震度を記録した地震が発生した．その結果，強震観測点周辺の建物被災度の調査を行うことにより，地震動の性質と建物被害の関係を検討するために必要な強震記録およびその周辺の建物被害データを蓄積していくことが可能になった．ここでは，強震観測網が整備されて以降，蓄積された建物被害データおよび強震記録を用いて，地震動の破壊力，地震動の性質と建物被害の関係の検討を行い，更に，弾塑性地震応答解析を行って実際に被害との対応について考察した．

キーワード：地震動の破壊力，強震観測網，震度，建物被害，弾塑性地震応答解析

## 1. はじめに

1995年兵庫県南部地震以降，防災科学技術研究所のK-NET, KiK-net<sup>1)2)</sup>，気象庁<sup>3)</sup>，震度情報ネットワーク<sup>3)</sup>などの強震観測網が整備され，強震観測点周辺の建物被災度の調査を行うことにより，地震動の性質と建物被害の関係を検討するために必要な強震記録およびその周辺の建物被害データを収集していくことが可能になった．そして，1997年鹿児島県北西部，2000年鳥取県西部，2001年芸予，2003年三陸南（宮城県沖），宮城県北部，十勝沖，2004年新潟県中越，2005年福岡県西方沖，宮城県沖など数多くの震度6弱以上の高震度を記録した地震が発生し，その結果，多くの強震記録およびその周辺の建物被害データが蓄積されてきた．

ここでは，強震観測網が整備されて以降蓄積されたものを対象として，主として筆者自ら被害調査を行った強震観測点周辺の建物被害データおよび強震記録を用いて，地震動の破壊力，地震動の性質と建物被害の関係について検討し，弾塑性地震応答解析を行って，応答解析と実際に被害との対応について考察した．

## 2. 対象とした強震記録および周辺の建物被害

対象としたのは、主として筆者自ら被害調査を行った K-NET, KiK-net, 気象庁, 震度情報ネットワークなどの強震観測網で震度 6 弱相当以上を記録し, かつ, 周辺 (観測点から半径 200m 以内) に 100 棟程度以上の建物が存在する 10 地震, 29 観測点である (表 1). 調査対象範囲である「観測点から半径 200m 以内」は, 観測点と同程度の揺れと見なすためにできるだけ観測点近傍に限定することと, 被害率を算出するだけの十分な数 (100 棟程度) の建物が存在すること, という相反する 2 つの条件のバランスから決めた. 1997~2005 年の 9 年で計 10 回もの対象地震が発生しており, 観測点周辺に多くの建物がいないケースや余震を含めれば, 最大震度 6 弱以上を記録した地震は更に増える. 強震観測点周辺の様子を, いくつかを例として写真 1~14 に, 被害調査例を 2004 年新潟県中越地震の川口町震度計観測点を例として, 図 1, 2 に示す.

表 1 強震記録と観測点周辺の建物被害率

地震	観測点	PGA	PGV	SI	I <sub>JMA</sub>	V <sub>1-2</sub>	I <sub>1-2</sub>	da
1997年鹿児島県北西部地震(3/26)	K-NET宮之城	544.0	36.34	96.18	5.52	51.68	4.72	0.0 *1
	K-NET阿久根	295.9	43.83	135.62	5.68	137.15	5.64	0.0 *1
1997年鹿児島県北西部地震(5/13)	K-NET宮之城	976.6	45.46	138.43	5.93	64.89	4.94	0.0 *1
2000年鳥取県西部地震	JMA境港	762.8	84.93	212.02	6.01	184.25	5.92	1.4 *2
	K-NET米子	441.5	53.85	164.01	5.81	156.10	5.76	0.0 *1
2001年芸予	K-NET大野	465.7	33.58	102.39	5.63	57.31	4.82	0.0
	K-NET東予	514.7	33.94	103.80	5.59	52.43	4.74	0.0
2003年三陸南	JMA涌谷	445.6	42.76	121.63	5.56	112.27	5.45	0.0
	JMA石巻	978.8	27.64	77.79	5.56	33.79	4.32	0.0
	JMA大船渡	1106.9	34.53	110.17	5.84	52.32	4.73	0.0
2003年宮城県北部地震	JMA涌谷	594.1	54.17	155.27	5.83	91.15	5.26	0.0
	鹿島台町震度計	1615.0	43.83	126.15	5.85	58.44	4.84	0.0
2003年十勝沖地震	K-NET広尾	972.7	48.81	128.70	6.06	63.40	4.91	0.0
	K-NET標津	583.7	65.21	207.77	5.91	173.98	5.87	1.1
	K-NET池田	671.0	59.59	176.04	5.94	144.63	5.69	0.0
	K-NET釧路	410.2	43.62	135.36	5.61	89.69	5.24	0.0
	KiK-net本別	497.4	34.86	86.39	5.49	36.94	4.40	0.0
2004年新潟県中越地震	川口町震度計	1667.9	144.66	378.87	6.51	382.77	6.61	17.9
	K-NET小千谷	1500.7	133.36	404.53	6.73	271.43	6.29	0.0
	JMA小千谷	975.0	93.61	274.11	6.33	206.84	6.03	1.2
	十日町市震度計	1339.7	58.32	149.62	5.92	74.91	5.07	0.0
	K-NET長岡	542.8	50.98	105.08	5.50	72.57	5.04	0.0
	JMA長岡	436.2	38.30	98.43	5.49	70.12	5.01	0.0
	中里村震度計	768.8	71.87	202.22	5.96	106.25	5.40	0.0
	KiK-net加茂	412.0	28.79	98.37	5.65	44.31	4.58	0.0
	栃尾市震度計	1012.3	34.24	98.41	5.49	48.39	4.66	0.0
	K-NET小出	639.3	39.69	116.75	5.54	94.34	5.29	0.0
2005年福岡県西方沖地震	福岡舞鶴震度計	342.8	70.29	152.18	5.72	128.51	5.58	0.6
2005年宮城県沖地震	宮城川崎町震度計	1143.2	44.52	114.52	5.59	42.18	4.53	0.0
1995年兵庫県南部地震	JR鷹取駅	742.7	157.17	412.29	6.48*	391.67	6.63	34.9 *3
	大阪ガス葺合供給所	834.0	130.77	376.85	6.49*	305.64	6.40	15.3 *3
	神戸海洋気象台	849.3	104.99	305.37	6.43*	220.83	6.09	2.5 *3
1993年釧路沖地震	釧路地方気象台	1106.9	34.54	110.18	5.84	52.50	4.74	0.0

PGA: 地動最大加速度 (cm/s<sup>2</sup>), PGV: 地動最大速度 (cm/s), SI: スペクトル強度 (cm), I<sub>JMA</sub>: 計測震度, V<sub>1-2</sub>: 減衰定数 5% の 1-2 秒平均速度応答 (cm/s), I<sub>1-2</sub>: V<sub>1-2</sub> を用いた算定法<sup>(6)7)</sup> による震度, da: 強震観測点から 200m 以内の全建物の大破・全壊率 (%), ただし, \*1: 文献 4) による, \*2: 建物総数が不明のため代わりに世帯数を用い, 被災度判定は自治体によるものであり, 建物全壊・大破率は研究者が行う調査の約 2 倍である<sup>(8)</sup> とされているので, 被害率を 2 分の 1 にして用いた. \*3: 半径 200m の円にかかる町丁目による値<sup>(6-9)</sup>. \*: 水平 2 方向による値. 黄色は, 地震動強さ指標はその値が特に大きいもの, 被害率は被害が発生しているものを指す.



写真1 K-NET 大野（震度6弱）周辺の様子  
（2001年茨予地震）



写真2 JMA 大船渡（震度6弱）周辺の様子  
（2003年三陸南地震）



写真3 JMA 涌谷（震度6弱）周辺の様子  
（2003年宮城県北部地震）



写真4 K-NET 広尾（震度6強）周辺の様子  
（2003年十勝沖地震）



写真5 K-NET 標津（震度6弱）周辺の様子  
（2003年十勝沖地震）



写真6 K-NET 標津（震度6弱）付近の大きな  
被害を受けた店舗（2003年十勝沖地震）



写真7 K-NET 長岡（震度6弱）周辺の様子  
（2004年新潟県中越地震）



写真8 JMA 小千谷（震度6強）周辺の様子  
（2004年新潟県中越地震）



写真9 JMA 小千谷（震度6強）付近の  
倒壊した木造建物  
（2004年新潟県中越地震）



写真10 川口町川口震度計（震度7）周辺の様子  
（2004年新潟県中越地震）



写真11 川口町川口震度計（震度7）付近の  
倒壊した木造建物  
（2004年新潟県中越地震）



写真12 福岡舞鶴震度計（震度6弱）周辺の様子  
（2005年福岡県西方沖地震）



写真13 福岡舞鶴震度計（震度6弱）付近の大きな被害を受けて取り壊される木造建物（2005年福岡県西方沖地震）



写真14 宮城川崎町震度計（震度6弱）周辺の様子（2005年宮城県沖地震）

地震動強さ指標、被害率（建物の大破・全壊率）を1995年兵庫県南部地震などの既往の強震記録と比較して表1に示している。地震動強さ指標は、計測震度以外は水平2成分ベクトル和を対象として算定した。またノイズ除去のため地震動は、0.05~20Hzのバンドパスフィルタをかけて使用した。ただし、地動最大加速度は加速度データ全長の平均値を引いた値の最大値とした。

いずれも非常に大きな地動最大加速度を記録しており1Gを超えるものが7点もある。地動最大速度を見ても2004年新潟県中越地震の川口町震度計、K-NET小千谷の2点で100cm/sを越えている。ただし、K-NET小千谷は、10月27日の最大余震記録によれば、小千谷市内は表層地盤の変化が大きく、K-NET小千谷から数百m離れた地点の地震動は大きく異なることが指摘されていて<sup>10)</sup>、K-NET小千谷はごく局所的に大きく揺れた可能性もある。一方、被害率を見ると、全て震度6弱以上を記録しているにも関わらず、周辺に大破・全壊建物が存在するケースは29点中5点しかないが、その一方では、震度6弱でも大破・全壊建物が存在するケースもあることがわかる。

全ての強震記録について減衰定数5%の弾性加速度応答スペクトル（水平2成分ベクトル和）を図3(1)に示す。0.5秒以下の極短周期が卓越した地震動が多い中で、建物の大きな被害を引き起こす1-2秒の周期帯<sup>89)</sup>に大きなパワーをもつ地震動もいくつかあり、それらはほぼ観測点周辺に大破・全壊建物があるもの（赤線）と対応していることがわかる。いくつかの強震記録と甚大な被害を引き起こした1995年兵庫県南部地震のJR鷹取、大加速度を記録したが周辺に大きな被害がなかった1993年釧路沖地震のJMA釧路を比較すると（図3(2)）、大きな被害を引き起こした川口町震度計は、JR鷹取と同様に1-2秒応答が大きく、一方、周辺に大きな被害がなかったJMA大船渡、鹿島台震度計は、0.5秒以下の極短周期応答は大きい、1-2秒応答は小

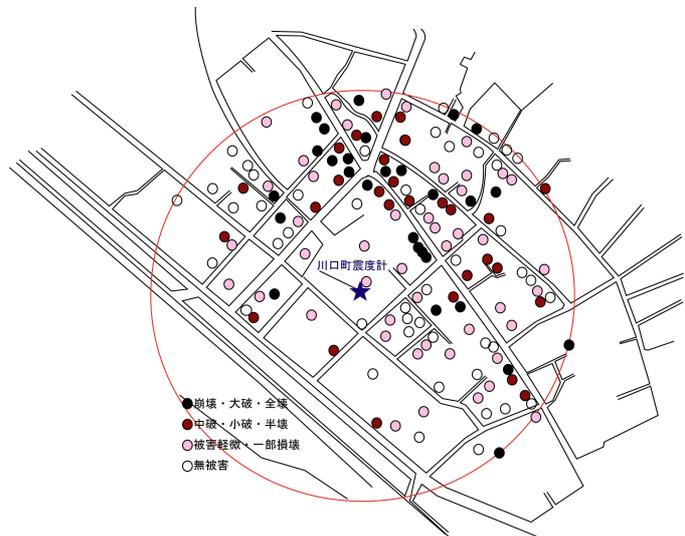


図1 川口町震度計周辺の建物被害分布

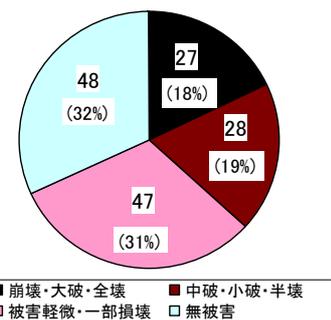


図2 川口町震度計周辺の被害レベルの割合(全建物)

さい。そして、1-2 秒応答が大きいほど被害率が大きくなっていることがわかる。

### 3. 既往の地震動強さ指標と被害の関係

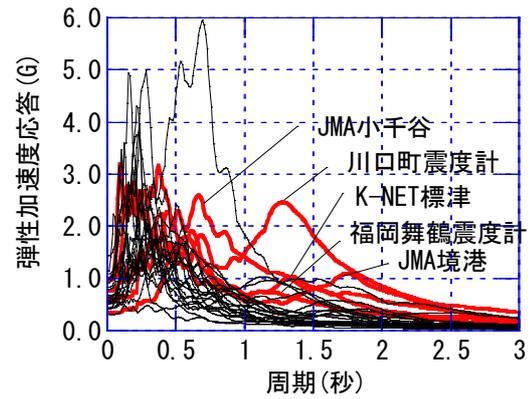
定量的な検討を行うために、まず既往の地震動の破壊力指標と建物被害率との相関性について相関分析により検討した。当てはめ関数としては、標準正規分布の累積確率を用いることが多いが、その場合は被害率0の点を除かねばならない。建物被害率と地震動強さ指標の相関の高低を検討するためには、建物被害率が0なのに地震動強さ指標が大きい場合も考慮に入れるべきであり、ここでは相関係数の算出に当てはめ関数として直線を採用した。建物被害率は、建物全体の大破・全壊率とした。

既往の地震動の破壊力指標としてよく用いられる地動最大加速度、地動最大速度、スペクトル強度、計測震度について建物被害率との関係を図4に示す。なお、計測震度は地動最大加速度や速度に対して対数関係にあるので、横軸に計測震度の指数をとり、対応する計測震度の値を図中に矢印で示している。

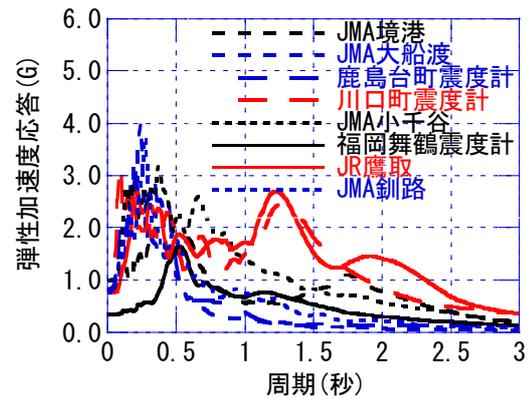
いずれの既往の地震動の破壊力指標も実際の建物被害との相関はよくない。最も相関係数が高い地動最大速度でも0.65であり、既往の検討<sup>97)</sup>と同様に、これらの指標では建物被害を的確に予測できないという結果となった。また、今回の解析に用いた強震記録の中には、5秒以上の長周期にパワーをもった地震動が含まれていないことに注意する必要がある。そのような地震動が発生すると、1999年台湾集集地震による解析<sup>6)</sup>で示されたように、地動最大速度やスペクトル強度では被害を適切に予測することはできない。地動最大加速度は、剛体(周期0秒)の加速度応答、地動最大速度は、地震動の5秒以上の長周期成分の影響を強く受けること<sup>11)</sup>、スペクトル強度は、0.1~2.5秒という非常に広範囲の速度応答の平均値、計測震度は、0.1~1秒という短周期の応答と相関があり<sup>89)</sup>、これらの指標の対象とする地震動の周期帯が建物被害と相関のある周期帯とずれていることが原因であると考えられる。

### 4. 建物被害と相関をもつ地震動の周期帯

建物被害率とより相関性の高い地震動の破壊力指標、地震動の周期帯を探すことを目的として、文献6)-9)と同様に弾性応答スペクトルのどの周期の値が建物被害と相関があるかについて相関分析を用いて調べた。横軸に弾性速度応答スペクトル(減衰定数5%, 水平2



(1) 対象とした強震記録



(2) 既往の強震記録との比較

図3 弾性加速度応答スペクトル

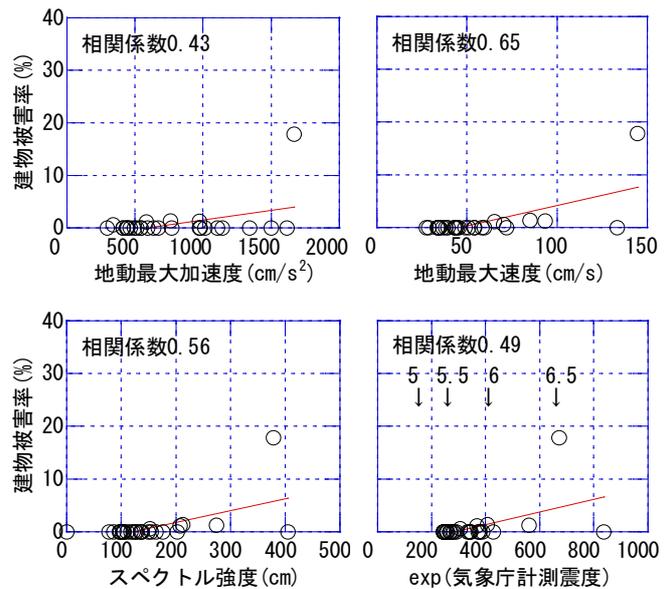


図4 既往の地震動の破壊力指標と建物被害率の関係

成分ベクトル和)の弾性周期,縦軸にその周期における弾性速度応答と建物被害率の相関係数をとって図5(1)に示す.ここでは速度応答の結果のみを示すが,加速度応答を用いた場合も結果はほとんど同じだった.また比較のため,1995年兵庫県南部地震などの過去の地震の強震記録と周辺の大破・全壊以上の建物被害データを用いた同様の解析結果<sup>7)-9)</sup>を図5(2)に示す.

今回の解析結果(図5(1))は,過去の日本の被害地震を対象とした場合(図5(2))と非常に似た傾向になった.即ち,建物の弾性周期(日本の建物の場合,その大部分が0.2~0.5秒程度<sup>6)</sup>)における弾性スペクトルは建物被害との相関は低く,その3~4倍の1-2秒程度の等価周期に対応する周期帯における弾性スペクトルの値が建物被害と相関をもつ結果となっている.

1-2秒平均速度応答(1-2秒応答)と建物被害率の関係を図4と同様に図6に示す.図6には,1-2秒応答を基に被害と対応するように提案した<sup>8)9)</sup>式(1)による震度(1-2秒震度)も示しており,各強震記録の1-2秒応答,1-2秒震度の値も表1に示している.

$$I_{1-2} = 2.171 \cdot \log(V_{1-2}) + 1.002 \quad (1)$$

ここで,  $I_{1-2}$ : 1-2秒震度,  $V_{1-2}$ : 1-2秒平均速度応答 (cm/s).

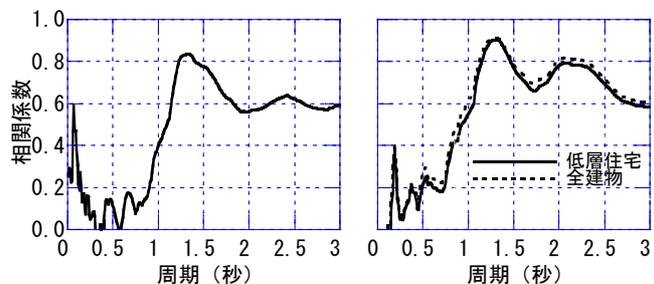
1-2秒応答は,既往の地震動の破壊力指標よりも建物被害と相関が高く,建物被害を予測する指標としてより適していることが今回の解析でも確認される.この1-2秒という周期帯は,建物の塑性化による周期の伸びを考慮に入れた等価周期に対応していると考えられる.

なお,以上のような日本各地の様々な記録と被害データをまとめて検討を行うということは,地域による建物の耐震性能の差異があまりないということが前提となっていることに注意する必要がある.建物の耐震性能の地域性については様々な検討がある.例えば,鉄筋コンクリート造については,地域性はほとんどないことが指摘されている<sup>12)</sup>.一方,木造については,地域差があることを指摘している研究もあるが,十分なデータをもって示しているものは少ない.その中で,文献13)の全国8000棟余りの耐震精密診断結果を地方別に整理したデータ見ると九州ではやや評点が大きくなっているが,それ以外では累積相対度数で見たときに評点にして0.1~0.2程度の差異しか見られず,耐震性能の地方性はあまりないと見こともできる.ただし,耐震性能の地域差を指摘した研究もあるので,今後の検討を行っていく必要があるだろう.

## 5. 弾塑性地震応答解析

1-2秒応答と建物の塑性化による周期の伸びを考慮に入れた等価周期の対応を確かめるために,復元力特性をBilinearモデル,Takedaモデル<sup>14)</sup>とした一自由度系の弾塑性地震応答解析を行い,応答塑性率をある一定値に収める必要耐力(必要ベースシア係数)スペクトルを求めた.降伏後の剛性は弾性剛性の1/100,Takedaモデルのスケルトンカーブは,降伏点剛性低下率を0.25,ひび割れ耐力/降伏耐力を0.3,除荷剛性低下指数を0.5とした.入力地震動は水平2成分をベクトル合成し,最大方向を用いた.

大破レベルの被害を想定し,復元力特性がBilinearモデルで許容塑性率が8,Takedaモデルで許容塑性率が4の場合について,必要耐力スペクトルをいくつかの強震記録と既往のものを比較して図7に示



(1) 対象とした強震記録 (2) 既往の被害地震<sup>7)-9)</sup>

図5 弾性速度応答の周期と建物被害率の関係

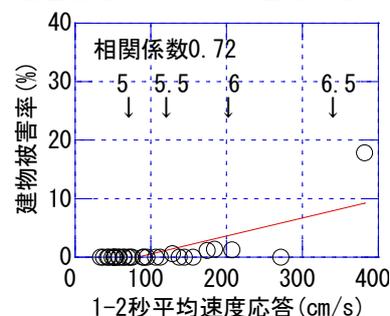


図6 1-2秒平均速度応答と建物被害率の関係

す。大半の建物（木造家屋および中低層建物）の弾性周期が属する 0.2～0.5 秒という周期帯を見ると、大きな被害を引き起こした 2004 年新潟県中越地震の川口町震度計は、1995 年兵庫県南部地震の JR 鷹取に匹敵する値となっているが、極短周期が卓越し、1-2 秒応答が小さかった JMA 大船渡、鹿島台震度計、JMA 釧路は、大半の建物の弾性周期が属する 0.2～0.5 秒という周期帯で小さな値となっている。つまり、0.2～0.5 秒という弾性周期は、大きな被害に対応する塑性化による周期の伸びを考慮に入れると 1-2 秒と対応しており、弾性加速度応答スペクトルの 1-2 秒応答の大小関係がそのまま必要耐カスペクトルに当てはまることがわかる。よって 1-2 秒応答は、塑性化による周期の伸びという建物の弾塑性性状と整合するものであることがわかる。

## 6. まとめ

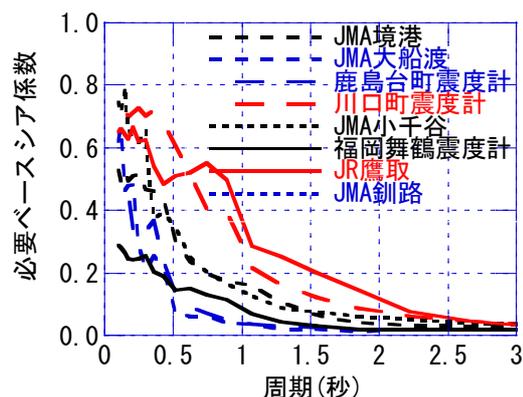
1995 年兵庫県南部地震以降整備された、防災科学技術研究所の K-NET, KiK-net, 気象庁、震度情報ネットワークなどの強震観測網で得られた強震記録、および、強震観測点周辺の建物被災度の調査を行うことにより得られた建物被害データを用いて、地震動の性質と建物被害の関係の検討を行った。その結果、建物の塑性化による周期の伸びを考慮に入れた等価周期に対応する 1-2 秒応答が実際の建物被害と対応するという従来の結果が再確認された。

## 謝辞

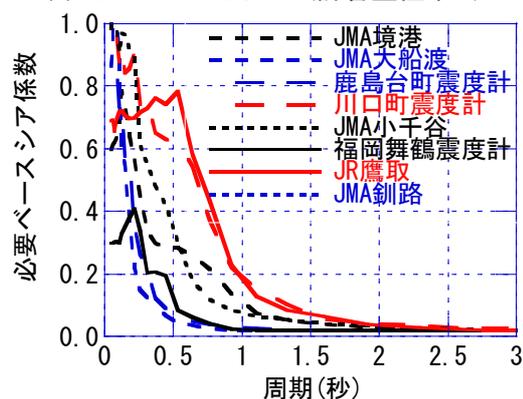
強震記録は、防災科学技術研究所、気象庁、新潟県川口町、鉄道総合技術研究所<sup>15)</sup>、大阪ガス、東京大学地震研究所工藤一嘉先生、北海道大学理学部笹谷努先生、東北大学大学院理学系研究科地震・噴火予知研究観測センター海野徳仁先生、岡田知己先生より提供を受けました。地震被害調査の際には、現地の方々には、被災されているにもかかわらず、快く様々なデータを提供していただきました。被害調査は、東京大学地震研究所瀧澤一起先生、三宅弘恵先生、坂上実先生、新潟大学工学部中村友紀子先生、東京理科大学藤井賢志先生、筑波大学大学院小杉慎司氏、大月俊典氏らと共同で行ったもので、筑波大学大学院小杉慎司、大月俊典の両氏にはデータ整理を手伝ってもらいました。気象庁計測震度を求めるプログラムは、文献 16) の巻末のリストを基に早稲田大学山田真先生、中村操先生がコーディングし、東京電力植竹富一氏が修正したものに手を加えて使わせていただきました。2000 年鳥取県西部地震境港測候所周辺の被害データは、愛媛大学森伸一郎先生に提供していただきました<sup>17)</sup>。各位に心より感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) Kinoshita, S.: Kyoshin Net (K-net), Seim. Res. Lett., Vol. 69, 309～332, 1998.
- 2) Aoi, S., Obara, K., Hori, S., Kasahara, K. and Okada, S.: New strong-motion observation network: KiK-net, EOS. Trans. Am. Geophys. Union, Vol. 329, 2000.
- 3) 西前裕司: 気象庁、地方公共団体における震度観測および強震観測について、日本地震工学会大会—2003 梗概集, 特 58-59, 2003.
- 4) 翠川三郎, 藤本一雄: 計測震度と住家被害率の関係—罹災調査結果を用いた検討—, 日本地震工学会論文



(1) Bilinear モデル (許容塑性率 8)



(2) Takeda モデル (許容塑性率 4)

図 7 必要耐カスペクトル

- 集, 第2巻, 第2号, 15-22, 2002.
- 5) 山口直也, 山崎文雄: 1995年兵庫県南部地震の建物被害率による地震動分布の推定, 土木学会論文集, No.612/I-46, 325-336, 1999.1.
  - 6) 境有紀, 吉岡伸悟, 瀧瀬一起, 壁谷澤寿海: 1999年台湾集集地震に基づいた建物被害を予測する地震動の破壊力指標の検討, 日本建築学会構造系論文集, 第549号, 43-50, 2001.11.
  - 7) 境有紀, 瀧瀬一起, 神野達夫: 建物被害率の予測を目的とした地震動の破壊力指標の提案, 日本建築学会構造系論文集, 第555号, 85-91, 2002.5.
  - 8) 境有紀, 神野達夫, 瀧瀬一起: 建物被害と人体感覚を考慮した震度算定方法の提案, 第11回日本地震工学シンポジウム論文集, CD-ROM, 2002.11.
  - 9) 境有紀, 神野達夫, 瀧瀬一起: 震度の高低によって地震動の周期帯を変化させた震度算定法の提案, 日本建築学会構造系論文集, 第585号, 71-76, 2004.11.
  - 10) 山中浩明, 元木健太郎, 福元俊一, 高橋寿幸: 2004年新潟県中越地震の余震および微動の観測, 平成16年新潟県中越地震被害調査報告会梗概集, 日本地震工学会, 35-38, 2004.12.
  - 11) 渡部丹, 大橋雄二, 長谷部廣行: 高層建築物の耐震設計用入力地震動について(その1), 日本建築学会大会学術講演梗概集, B構造I, 135-136, 1985.
  - 12) 中埜良昭, 岡田恒男: 信頼性理論による鉄筋コンクリート造建築物の耐震安全性に関する研究, 日本建築学会構造系論文報告集, 37-43, 1989.12.
  - 13) 小檜山雅之, 山崎文雄: 耐震診断結果に基づく木造住宅耐震評点の地域性, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造II, 31-32, 2002.8.
  - 14) Takeda, T., Sozen, M.A. and Nielsen, N.N.: Reinforced concrete response to simulated earthquakes, Journal, Structural Division, ASCE, Vol.96, No.ST5, 2557-2573, 1970.
  - 15) 中村豊, 上半文昭, 井上英司: 1995年兵庫県南部地震の地震動記録波形と分析(II), JR 地震情報, No.23d, 1996.3.
  - 16) 気象庁: 震度を知る 基礎知識とその活用, ぎょうせい, 1996.9.
  - 17) 森伸一郎, 圓井洋介, 盛川仁: 2000年鳥取県西部地震における境港および米子のアンケート震度, 第36回地盤工学研究発表会講演集, 2127-2128, 2001.6.

(受理: 2006年3月28日)

(掲載決定: 2006年10月23日)

# **Investigation of the Relationship between Characteristics of Strong Ground Motions and Damage to Buildings by Using Building Damage Data around the Strong Ground Motion Observation Sites**

SAKAI Yuki

Assoc. Prof., Graduate School of Systems and Information Eng., Univ. of Tsukuba, Dr.Eng.

## **ABSTRACT**

Strong ground motion observation networks were established after the 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake, and many earthquakes occurred. It makes it possible for us to accumulate building damage data around the strong ground motion observation sites to investigate the relationship between characteristics of strong ground motions and damage to buildings. I investigated the destructive power of strong ground motions and the relationship between characteristics of strong ground motions and damage to buildings by using accumulated building damage data around the strong ground motion observation sites and strong ground motion records after the establishment of the strong ground motion observation sites. Additionally, I examined the correspondence of strong ground motions and actual damage to buildings by performing elasto-plastic earthquake response analyses.

*Key Words: destructive power of strong ground motion, strong ground motion observation network  
JMA seismic intensity, building damage, inelastic earthquake response analysis*