

2018年, 2019年に発生した地殻内地震の観測記録による木造建物の最大応答変形角の評価

西川 隼人¹・野口 竜也²・池本 敏和³・梅田 貴仁⁴・杉山 敬亮⁴
宮島 昌克⁵・香川 敬生⁶

¹正会員 福井工業大学工学部建築土木工学科 准教授 (〒910-8505 福井県福井市学園3丁目6番1号)
E-mail: nishikawa@fukui-ut.ac.jp

²正会員 鳥取大学工学研究科社会基盤工学専攻 助教 (〒680-8552 鳥取市湖山町南4丁目101番地)
E-mail: noguchit@cv.tottori-u.ac.jp

³正会員 金沢大学理工研究域地球社会基盤学類 講師 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail: tikemoto@se.kanazawa-u.ac.jp

⁴非会員 福井工業大学工学部建築土木工学科 (〒910-8505 福井県福井市学園3丁目6番1号)

⁵正会員 金沢大学理工研究域地球社会基盤学類 教授 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail: miyajima@se.kanazawa-u.ac.jp

⁶正会員 鳥取大学工学研究科社会基盤工学専攻 教授 (〒680-8552 鳥取市湖山町南4丁目101番地)
E-mail: kagawa@cv.tottori-u.ac.jp

本研究では2018年, 2019年に発生したM6クラスの地殻内地震の地震観測記録を用いて, 木造建物の最大応答変形角を評価し, 被害状況との対応を考察した. 解析の結果, 震度7を記録した2018年北海道胆振東部地震の地震観測記録から得られた最大応答変形角は1/30を超える大きな値であった. また, ベースシア係数ごとに断層最短距離と最大応答変形角の対応を調べた結果, ベースシア係数が大きいほど, 距離減衰の勾配が大きくなる傾向が見られた.

Key Words: crustal earthquake, wooden building, maximum response deformation angle

1. 序論

2018年から2019年にかけて, 4つのM6クラスの地殻内地震(2018年島根県西部の地震, 2018年大阪府北部の地震, 2018年北海道胆振東部地震, 2019年山形県沖の地震)が発生し, 地震によって被害程度が異なるが, 木造建物などに多数の被害が生じた^{例えり}4). 特に2018年北海道胆振東部地震では震度7の揺れを観測し, 震源付近では地震動により倒壊, 全壊した木造建物が複数見られた^{例えり}5). 今後の木造建物の地震被害予測を行う上で上記の地殻内地震の地震動と木造建物被害の対応を調べることは極めて重要であると考えられる.

本研究ではM6クラスの地殻内地震における木造建物被害予測の基礎的な研究を行うために, 地震観測記録を用い, 性能等価加速度応答スペクトル⁶⁾により木造建物の被害指標の一つである最大応答変形角を求め, 被害状況との対応を考察した. また, 各解析対象地震に対して,

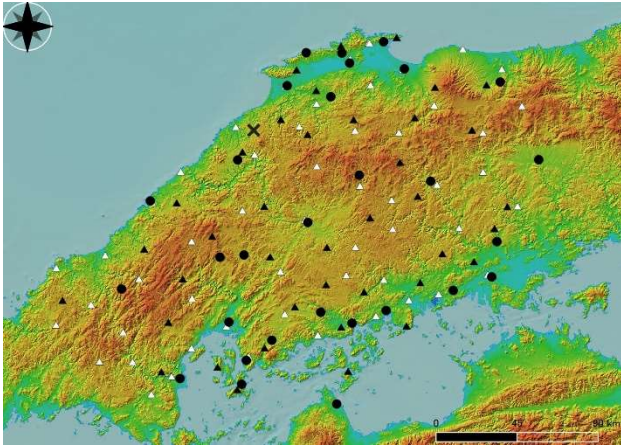
断層最短距離と最大応答変形角の関係を調べることにより, 木造建物の耐震性に応じた最大応答変形角の距離減衰特性を考察した.

2. 解析対象地震と地震観測記録

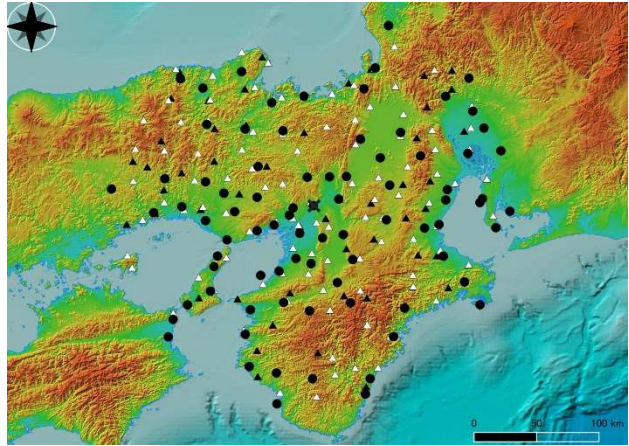
表-1に解析対象とした地震の情報と解析対象の気象庁, K-NET, KiK-net観測点の内訳, 図-1に解析対象とした地震の震央と地震観測点の分布を示す. 表-1の最大震度は本研究で対象としなかった自治体観測点を含めた場合の最大の気象庁震度階である. また, 表-1の解析対象範囲は各地震で対象とした断層最短距離の上限値であり, 上限値は福島・田中の距離減衰式⁷⁾から計算した最大地動加速度が 10cm/s^2 に対応する距離とした. 計算に必要なモーメントマグニチュード M_w はF-net⁸⁾で公開されている値を用いた. なお, 解析対象とした地震観測点の断層最短距離として, 2018年島根県西部の地震

表-1 解析対象地震

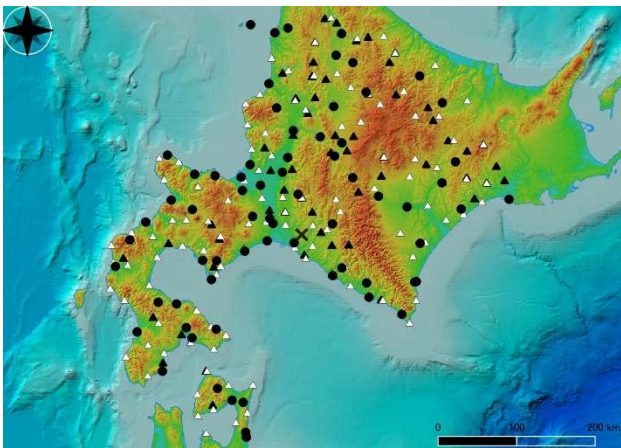
震央地名	地震発生日時	緯度 (°)	経度 (°)	深さ (km)	M_{JMA}	M_w	最大震度	気象庁	K-NET	KiK-net	解析対象範囲(km)
島根県西部	2018/4/9 32:30.8	35.1847	132.5867	12	6.1	5.6	6弱	29	60	40	132
大阪府北部	2018/6/18 58:34.1	34.8443	135.6217	13	6.1	5.5	6弱	82	110	52	125
胆振地方中東部	2018/9/6 3:07:59	42.6900	142.0067	37	6.7	6.6	7	68	140	62	200
山形県沖	2019/6/18 22:22:20	38.6067	139.4783	14	6.7	6.4	6強	80	108	67	185



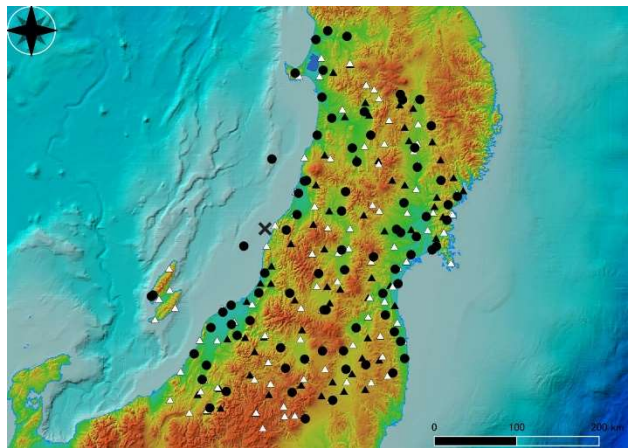
(1) 2018年島根県西部の地震



(2) 2018年大阪府北部の地震



(3) 2018年北海道胆振東部地震



(4) 2019年山形県沖の地震

図-1 解析対象地震の震央と地震観測点の分布 (●: 気象庁, △: K-NET, ▲: KiK-net)

は震源距離, 他の3つの地震は文献9~11)の断層モデルをもとに計算した断層最短距離を用いた。

図-2~図-5に各解析対象地震の計測震度上位3つの観測点の加速度波形を示す。加速度波形の特徴を見ると, 2018年島根県西部の地震のKiK-net 邑智 (SMNH04) はNS成分とEW成分の最大加速度が大きく異なっている。2018年大阪府北部の地震の加速度波形は主要動部が他の3地震に比べて短い傾向にあるが, 主要動部の後に周期の長い後続波が見られる。2018年北海道胆振東部地震において計測震度が6.7のKiK-net 追分 (IBUH01) は最大加速度が 1000cm/s^2 を超える大きな値となっている。一方, K-NET 鶴川 (HKD126) は加速度はKiK-net 追分 (IBUH01) と比較して小さいものの, EW成分に明瞭なパルス波が見られる。2019年山形県沖の地震の波形を見

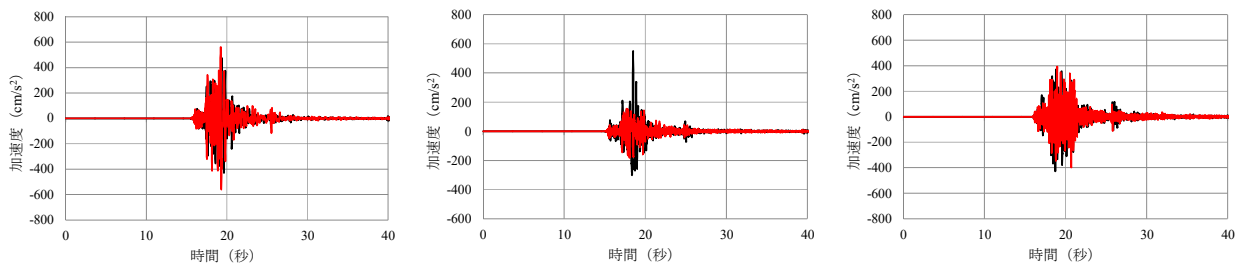
ると気象庁の鶴岡市温海川とK-NET温海 (YMT004) では短周期成分が卓越しているが, K-NET鶴岡 (YMT003) は短周期成分が少ない。

3. 木造建物の最大応答変形角の評価と分析

(1) 性能等価加速度応答スペクトル

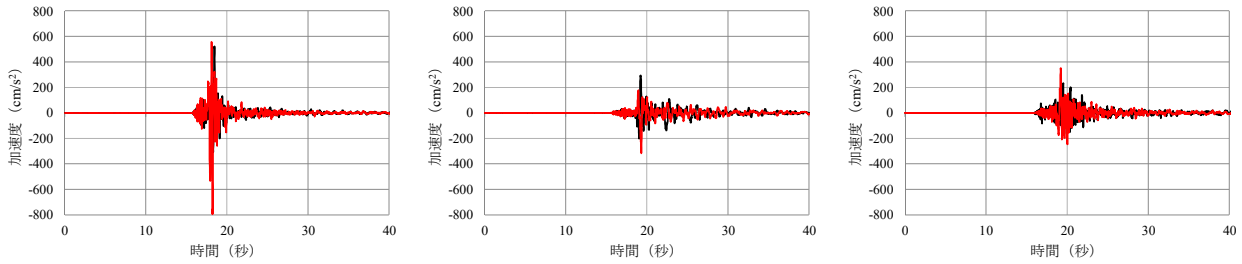
最大応答変形角 R の評価には林⁹⁾が提案した性能等価加速度応答スペクトル S_{ae} を用いた。性能等価加速度応答スペクトルは限界耐力計算¹²⁾に基づいて建物の耐震性能を等価な地震動で表したものであり, 地震観測記録から求めた加速度応答スペクトル S_d との対応から簡便に木造建物の最大応答変形角を求めることができる。

図-6に示す固有振動数 f_e でバイリニアの復元力特性を



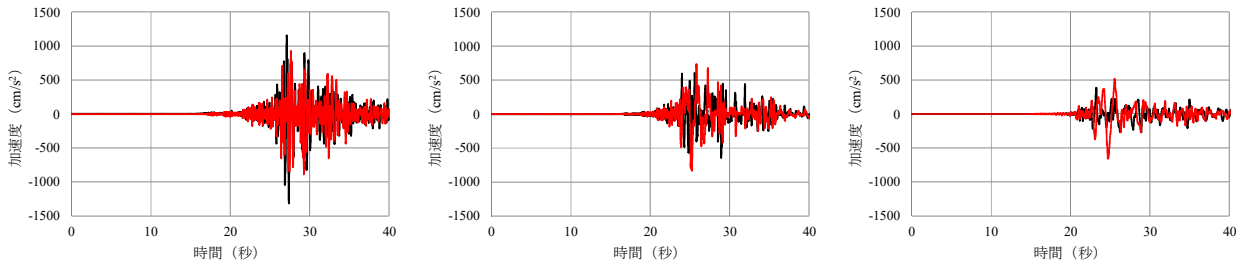
(1) K-NET 大田 (SMN006, 5.5) (2) KiK-net 邑智 (SMNH04, 5.3) (3) K-NET 邑智 (SMN007, 5.1)

図-2 2018年島根県西部の地震の加速度波形 (NS: 黒線, EW: 赤線)



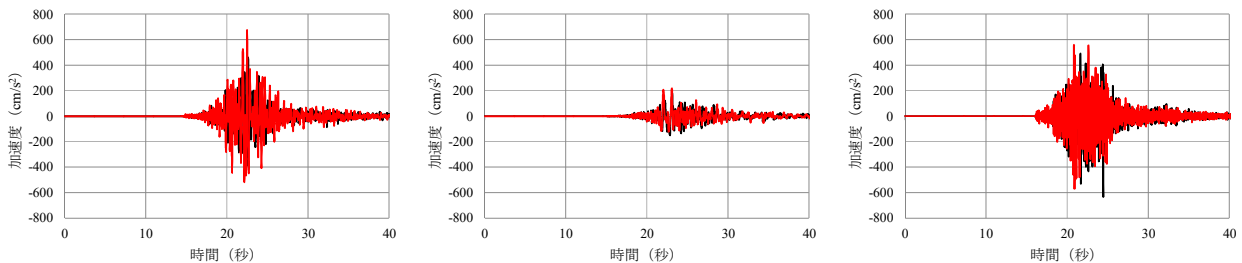
(1) K-NET 高槻 (OSK002, 5.6) (2) K-NET 豊中 (OSK003, 5.1) (3) K-NET 四條畷 (OSK004, 5.0)

図-3 2018年大阪府北部の地震の加速度波形 (NS: 黒線, EW: 赤線)



(1) KiK-net 追分 (IBUH01, 6.7) (2) 厚真町鹿野沼 (6.5) (3) K-NET 鶴川 (HKD126, 6.4)

図-4 2018年北海道胆振東部地震の加速度波形 (NS: 黒線, EW: 赤線)



(1) 鶴岡市温海川 (5.8) (2) K-NET 鶴岡 (YMT003, 5.3) (3) K-NET 温海 (YMT004, 5.2)

図-5 2019年山形県沖の地震の加速度波形 (NS: 黒線, EW: 赤線)

持つ木造建物モデルの性能を等価な地震荷重に換算した性能等価加速度応答スペクトル S_{ae} ¹³⁾は次式で表される。

$$S_{ae} = \frac{C_y g}{\mu F_h} \quad (1)$$

C_y はベースシア係数, g は重力加速度, μ は有効質量比であり 0.9¹³⁾とした。加速度低減率 F_h ⁹⁾は式(2)で表される。

$$F_h = \frac{1.5}{1 + 10\{\lambda(1 - \sqrt{R_y/R}) + 0.05\}} \quad (2)$$

λ は既往研究⁹⁾をもとに0.2とした。 R_y は降伏変形角であり、本研究では R_y の値を既往研究⁹⁾で複数の構造要素実験を元に設定された値(1/100)にした。また、固有振動数 f_{el} は以下の関係式¹³⁾により求めた。

$$f_e = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_y g}{\mu H_e R_y \{(1 + 9(R/R_y)^{0.7})/10\}}} \quad (R \leq R_y) \quad (3)$$

$$f_e = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_y g}{\mu H_e R}} \quad (R > R_y) \quad (4)$$

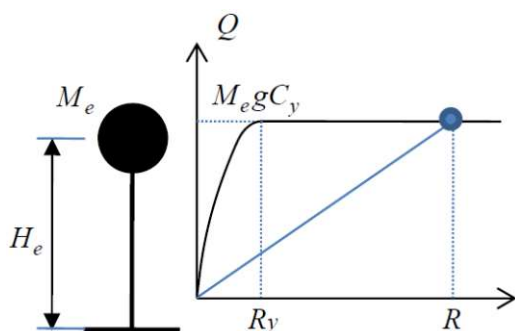


図-6 木造建物モデルと復元力特性¹³⁾

H_e は建物の等価高さであり、 $4.5\text{m}^{13)}$ とした。

(2) 最大応答変形角の評価

図-7～図-10にある固有周期 T_e ($1/f_e$) に対する性能等価加速度応答スペクトル S_{ae} (凡例の $C_y=0.1\sim 1.0$) と図-2～図-5の加速度波形から求めた加速度応答スペクトル S_a を示す。 S_a は加速度波形の全区間を対象に計算した。 S_{ae} は最大応答変形角 $R=1/100\sim 1/5$ に対応する値であり、 S_a との交点から R を求めた。キャプションの括弧内は観測点コード (K-NET, KiK-netのみ) と計測震度である。

図-7の2018年島根県西部の地震の S_{ae} と S_a を見ると、最大震度を記録した K-NET 大田 (SMN006) は $C_y=0.1\sim 1.0$ の範囲で最大応答変形角が $1/100\sim 1/60$ となっており、本研究で設定した降伏変形角 R_y ($1/100$) を上回っている。KiK-net 邑智 (SMNH04) は NS 成分と EW 成分の加速度応答スペクトルの振幅が大きく異なっており、EW 成分に対して $C_y=0.4\sim 1.0$ では最大応答変形角が $1/100\sim 1/60$ である。K-NET 邑智 (SMN007) は S_{ae} と S_a が交わっておらず、最大応答変形角が $1/100$ 未満である。

図-8を見ると2018年大阪府北部の地震で震度6弱を記録した K-NET 高槻 (OSK002) では EW 成分が NS 成分よりも振幅が大きく、 $C_y=0.1$ では最大応答変形角が $1/60\sim 1/30$ 、 $C_y=0.2$ 以上では $1/100\sim 1/60$ である。K-NET 高槻周辺では木造建物の瓦屋根の被害が報告されている¹⁴⁾。K-NET 豊中 (OSK003) は $C_y=0.1$ では最大応答変形角が $1/60\sim 1/30$ 、 $C_y=0.2\sim 0.5$ では $1/100\sim 1/60$ 、 $C_y=0.6$ 以上では $1/100$ 未満である。K-NET 四條畷 (OSK004) は周期 $0.3\sim 2$ 秒で EW 成分の加速度応答スペクトルが NS 成分よりも大きく、EW 成分に対する最大応答変形角が $C_y=0.1\sim 0.5$ では $1/100\sim 1/60$ である。

図-9の2018年北海道胆振東部地震の S_{ae} と S_a を見ると、KiK-net 追分 (IBUH01) の NS 成分の加速度応答スペクトルが周期 0.5 秒で 50m/s^2 に近い非常に大きな値だが、周期 1 秒前後の応答スペクトルは極端に大きくないため、最大応答変形角は最大でも $1/30$ 程度である。既往の調査でも観測点周辺の建物に大きな被害は報告されていない⁵⁾。気象庁の厚真町鹿沼と K-NET 鶴川 (HKD126) は

EW 成分の周期 $1\sim 2$ 秒の加速度応答スペクトルが大きく、 C_y によっては最大応答変形角が $1/10$ を超えている。むかわ町に位置する K-NET 鶴川 (HKD126) 周辺では複数の木造建物で倒壊や全壊の被害が報告されている⁵⁾。

図-10の2019年山形県沖の地震の S_{ae} と S_a を見ると、気象庁の鶴岡市温海川はEW成分の加速度応答スペクトルがNS成分より大きい傾向にあり、いくつかの C_y で最大応答変形角が $1/60$ 以上となっている。K-NET 鶴岡 (YMT003) は $C_y=0.1\sim 0.3$ で最大応答変形角が $1/100$ 以上となっている。K-NET 温海 (YMT004) は加速度応答スペクトルの周期 $0.1\sim 0.2$ 秒の振幅が大きい、全体的に見て木造建物に被害をもたらす周期の振幅が小さいことから、 $C_y=0.1$ を除き、最大応答変形角が $1/100$ 未満となっている。これらの地震観測点周辺では建物の大きな被害がなかったことが報告されている¹⁵⁾。

(3) 最大応答変形角の分布と距離減衰特性

図-11～図-14に各地震の $C_y=0.1, 0.3, 0.6, 1.0$ の場合の最大応答変形角の分布図、図-15に各地震の断層最短距離 (2018年島根県西部の地震は震源距離) と最大応答変形角の対応を示す。最大応答変形角はNS成分、EW成分の大きい方の値とした。

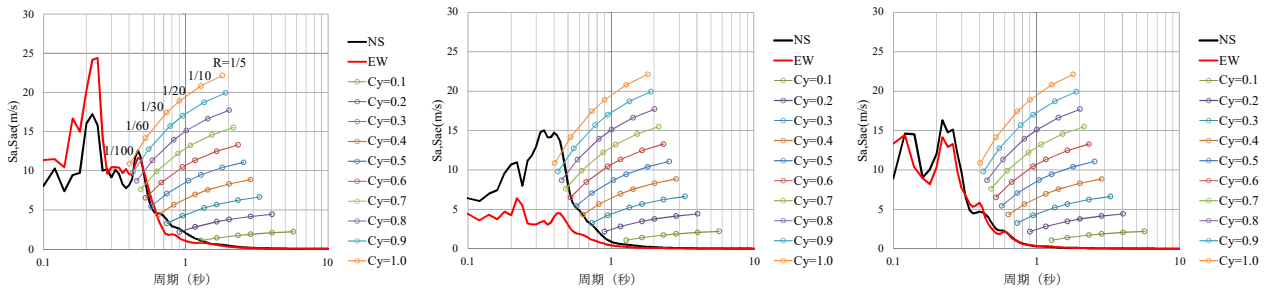
図-11の2018年島根県西部の地震の最大応答変形角の分布を見ると、 $C_y=0.1$ の場合は震央北東の出雲平野の2地点で最大応答変形角が相対的に大きく、 $1/100$ 以上となっているが、 $C_y=0.3$ 以上では震央の西側で最大応答変形角が $1/100$ を超えている。

図-12の2018年大阪府北部の地震では震央付近の地点で最大応答変形角が大きく、 $C_y=0.1$ の場合は最大応答変形角が $1/60\sim 1/30$ の地点も見られる。 $C_y=0.3$ 以上の特徴を見ると、 C_y が大きくなるにつれて、最大応答変形角が $1/100$ 以上の地点が減っていることが分かる。

図-13の2018年北海道胆振東部地震の最大応答変形角分布の特徴を見ると、いずれの C_y でも最大応答変形角 $1/30$ を超える地点が見られる。また、 $C_y=0.1$ では震央の北西から南東の地域において最大応答変形角が $1/60\sim 1/30$ の地点が複数見られる。 $C_y=0.3, 0.6$ でも $1/60\sim 1/30$ の地点が複数あるが、 $C_y=0.1$ に比べると数が減っており、 $C_y=1.0$ では1地点となっている。 $1/100\sim 1/60$ の地点も C_y が大きくなるにつれて減少している。

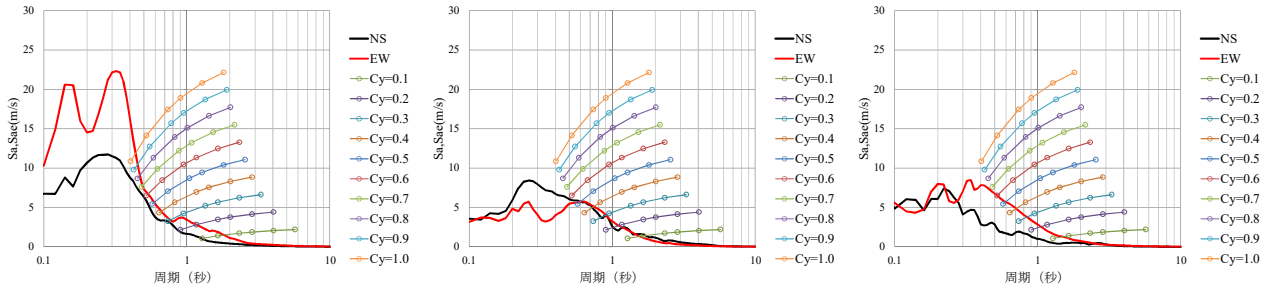
図-14の2019年山形県沖の地震の最大応答変形角分布を見ると、震央の東から北東の地域で最大応答変形角が $1/60$ 以上の地点が見られるが、数は多くない。また、 C_y が大きくなるほど、最大応答変形角が $1/100$ 以上の地点が減少していることが分かる。

続いて、図-15の断層最短距離と最大応答変形角の対応を見ると、 $C_y=0.1$ の場合、地震によって程度が異なるが、遠方でも最大応答変形角が相対的に大きいデータが



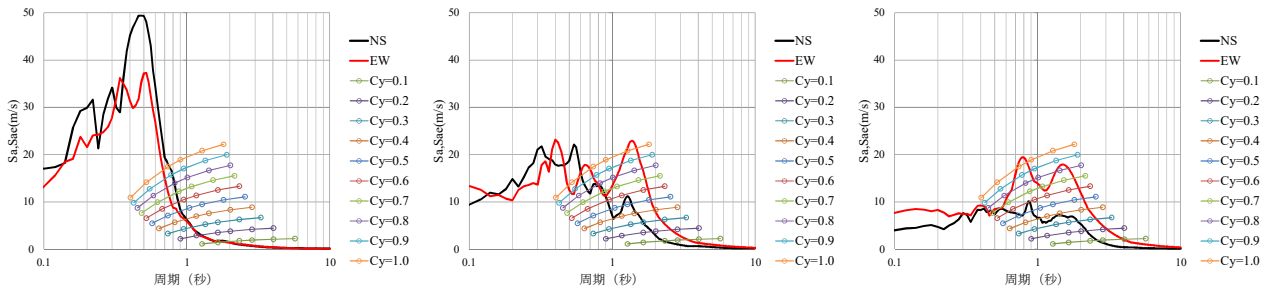
(1) K-NET 大田 (SMN006, 5.5) (2) KiK-net 邑智 (SMNH04, 5.3) (3) K-NET 邑智 (SMN007, 5.1)

図-7 2018年島根県西部の地震の加速度応答スペクトルと性能等価加速度応答スペクトル



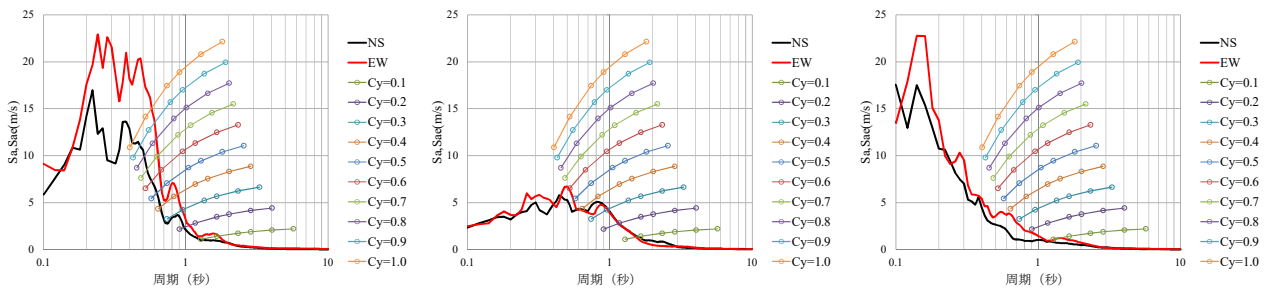
(1) K-NET 高槻 (OSK002, 5.6) (2) K-NET 豊中 (OSK003, 5.1) (3) K-NET 四條畷 (OSK004, 5.0)

図-8 2018年大阪府北部の地震の加速度応答スペクトルと性能等価加速度応答スペクトル



(1) KiK-net 追分 (IBUH01, 6.7) (2) 厚真町 鹿沼 (6.5) (3) K-NET 鶴川 (HKD126, 6.4)

図-9 2018年北海道胆振東部地震の加速度応答スペクトルと性能等価加速度応答スペクトル



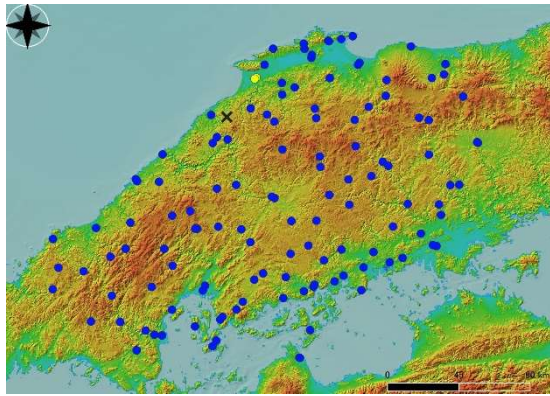
(1) 鶴岡市 温海川 (5.8) (2) K-NET 鶴岡 (YMT003, 5.3) (3) K-NET 温海 (YMT004, 5.2)

図-10 2019年山形県沖の地震の加速度応答スペクトルと性能等価加速度応答スペクトル

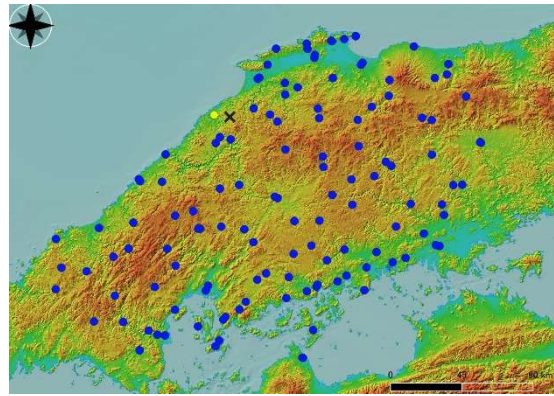
見られる。 $C_y=0.1$ の最大応答変形角は加速度応答スペクトルの長周期側の振幅の影響が大きいため、表面波による長周期成分の影響により、断層最短距離が大きい場合でも最大応答変形角が大きくなった可能性が考えられる。

また、 C_y が大きいほど（木造建物の耐震性が高くなるほど）、断層最短距離が大きい地点の最大応答変形角が小さくなり、その結果、距離減衰の勾配が大きくなる

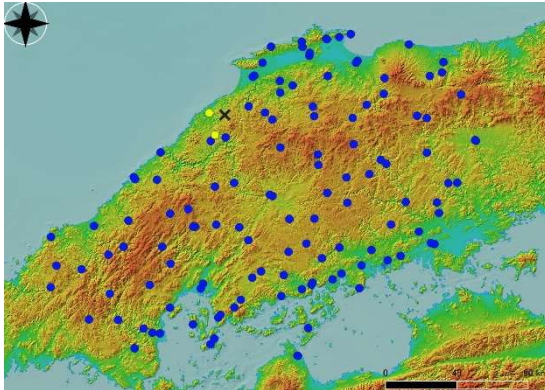
傾向が見られる。 C_y が大きいほど性能等価加速度応答スペクトルは短周期側にシフトするため、最大応答変形角には加速度応答スペクトルの短周期成分の影響が大きくなる。加速度応答スペクトルの短周期成分は距離が大きくなるほど、内部減衰や散乱減衰の影響によって減衰する。このような地震動の短周期成分の減衰特性によって、震源から遠方では C_y が大きい場合の最大応答変形



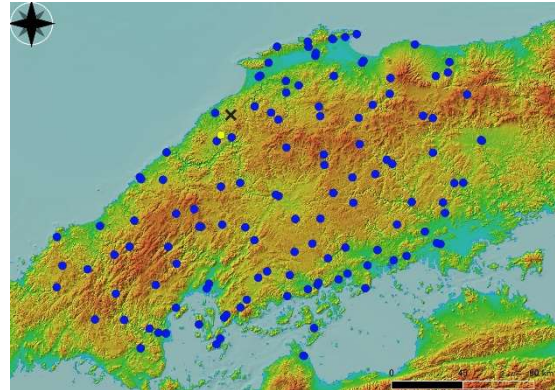
(1) $C_y=0.1$



(2) $C_y=0.3$

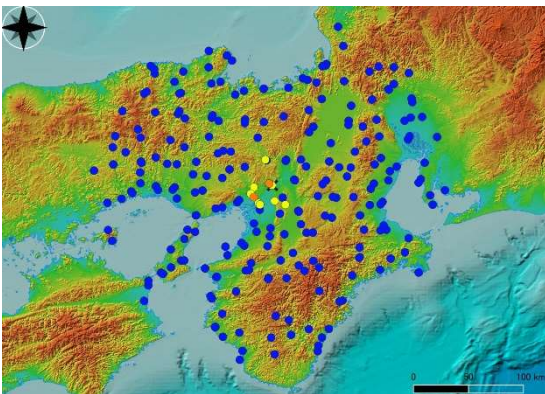


(3) $C_y=0.6$

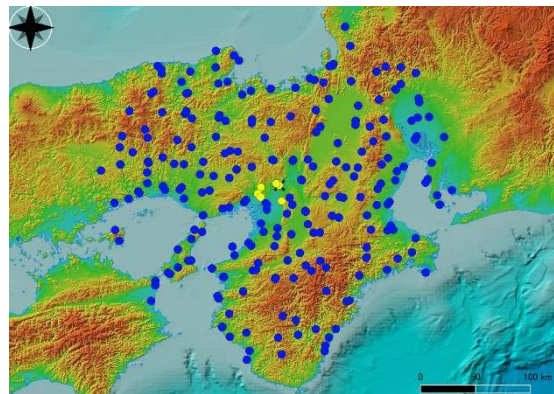


(4) $C_y=1.0$

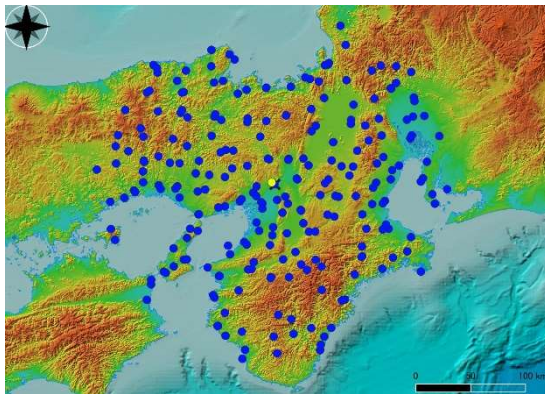
図-11 2018年島根県西部の地震の最大応答変形角分布 (●1/100未満, ●1/100以上1/60未満, ●1/60以上1/30未満, ●1/30以上)



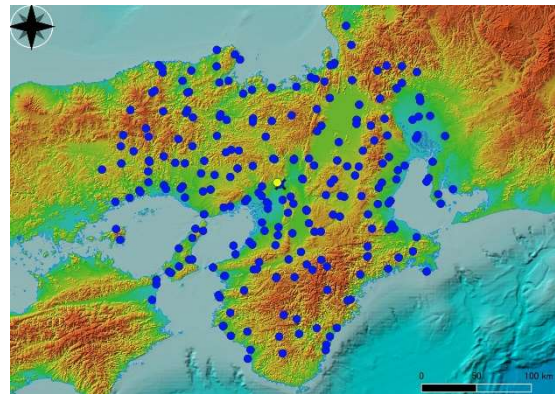
(1) $C_y=0.1$



(2) $C_y=0.3$

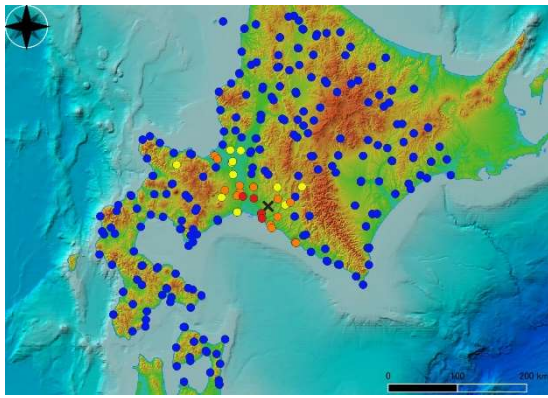


(3) $C_y=0.6$

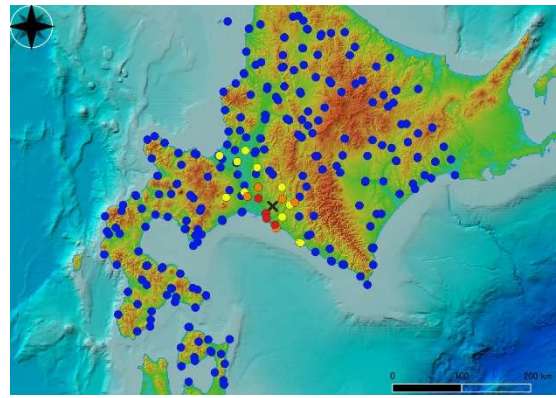


(4) $C_y=1.0$

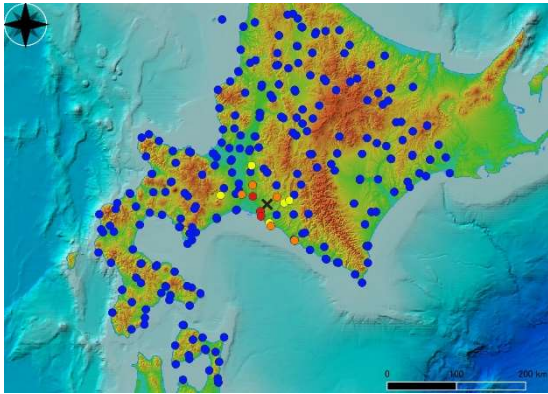
図-12 2018年大阪府北部の地震の最大応答変形角分布 (●1/100未満, ●1/100以上1/60未満, ●1/60以上1/30未満, ●1/30以上)



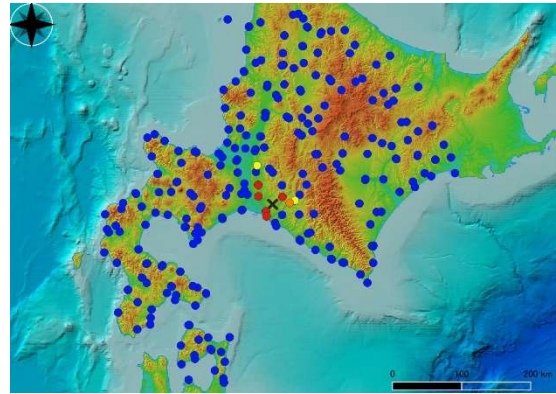
(1) $C_j=0.1$



(2) $C_j=0.3$

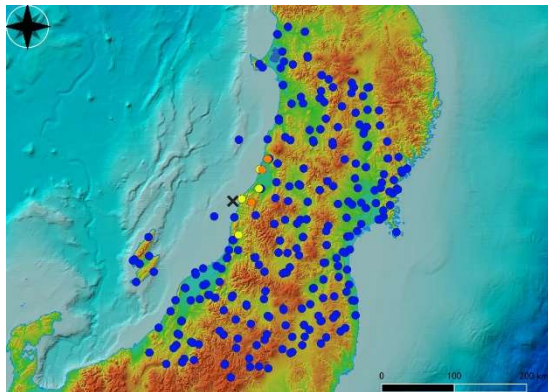


(3) $C_j=0.6$

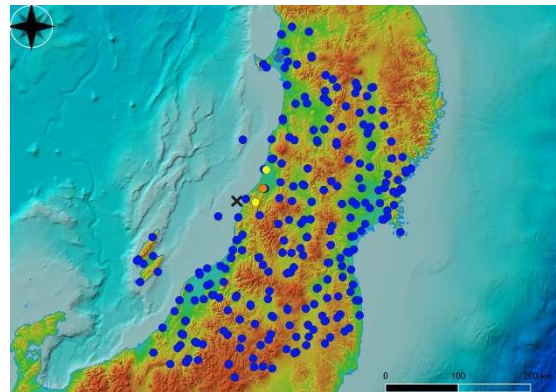


(4) $C_j=1.0$

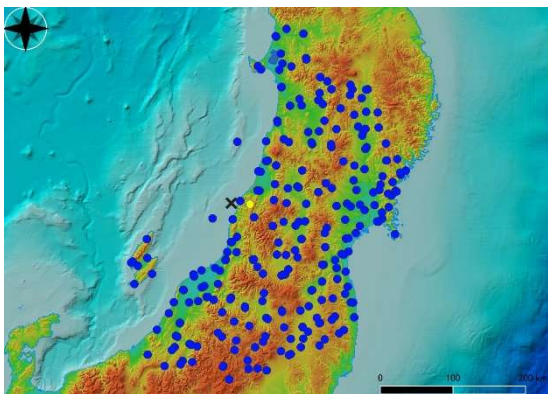
図-13 2018年北海道胆振東部地震の最大応答変形角分布 (●1/100未満, ●1/100以上1/60未満, ●1/60以上1/30未満, ●1/30以上)



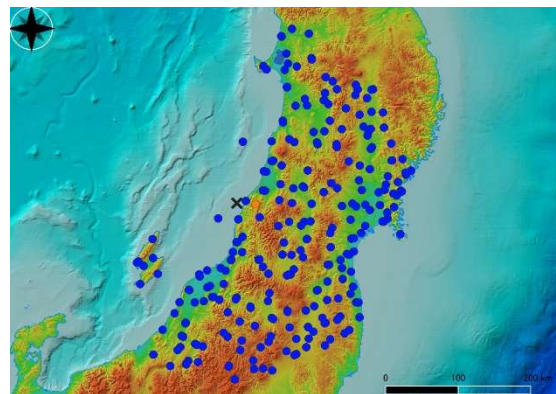
(1) $C_j=0.1$



(2) $C_j=0.3$

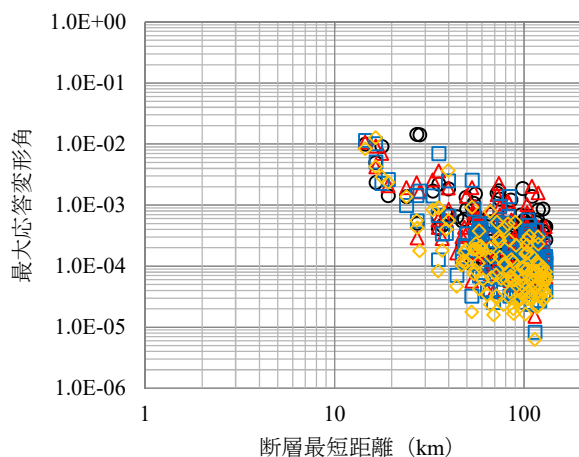


(3) $C_j=0.6$



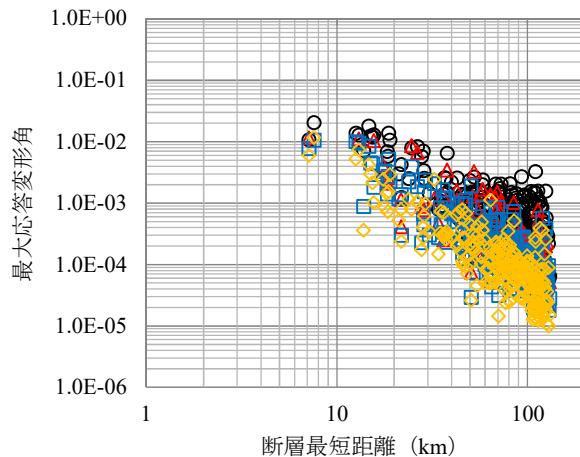
(4) $C_j=1.0$

図-14 2019年山形県沖の地震の最大応答変形角分布 (●1/100未満, ●1/100以上1/60未満, ●1/60以上1/30未満, ●1/30以上)



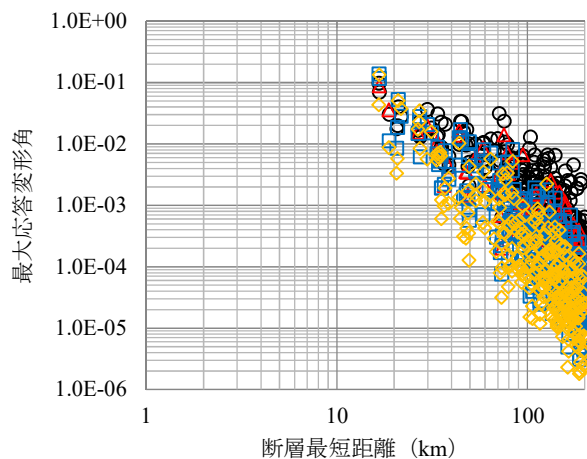
○Cy=0.1 △Cy=0.3 □Cy=0.6 ◇Cy=1.0

(1) 2018年島根県西部の地震



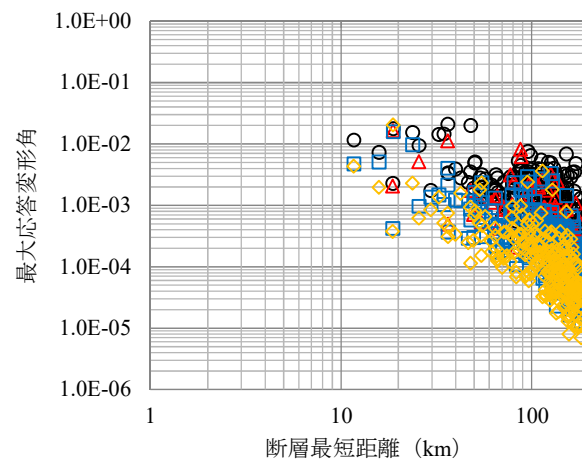
○Cy=0.1 △Cy=0.3 □Cy=0.6 ◇Cy=1.0

(2) 2018年大阪府北部の地震



○Cy=0.1 △Cy=0.3 □Cy=0.6 ◇Cy=1.0

(3) 2018年北海道胆振東部地震



○Cy=0.1 △Cy=0.3 □Cy=0.6 ◇Cy=1.0

(4) 2019年山形県沖の地震

図-15 断層最短距離と最大応答変形角の対応

角の低下が大きくなり、図-15のような距離減衰特性が見られたものと推測される。

4. まとめ

本研究では2018年、2019年に発生したM6クラスの4つの地殻内地震を対象に、性能等価加速度応答スペクトルを用いて、木造建物の最大応答変形角を評価し、実被害との対応を考察するとともに、断層最短距離に対する最大応答変形角の傾向を調べた。

木造建物の最大応答変形角を評価した結果、2018年北海道胆振東部地震では最大応答変形角が1/30を超える観測点が複数見られ、K-NET 鶴川では周辺の木造建物の被害と対応する結果となった。他の3つの地震については対象とした地震観測点の最大応答変形角が1/30を超えた地点はなく、倒壊や全壊のような大きな被害に

対応する最大応答変形角の地点は見られなかった。また、今回対象とした全観測点を調べたわけではないが、計測震度の大きい主要な観測点の実被害は最大応答変形角の値と調和的なものであった。今後は今回対象としなかった自治体観測点についても同様の検討を行い、地震動と木造建物の最大応答変形角の対応、および、実被害との対応を調べる予定である。

また、断層最短距離と最大応答変形角の対応を調べた結果、ベースシア係数によって最大応答変形角の距離減衰特性が異なることが明らかになった。今後は断層最短距離だけでなく、表層地盤の平均S波速度などの地盤特性を表す指標と最大応答変形角の関係についても調べる予定である。

謝辞：本研究では気象庁、国立研究開発法人 防災科学技術研究所のK-NET、KiK-net 観測記録を使用させて

頂きました。一部の図の作成において、QGIS¹⁶⁾、国土地理院の地理院タイル¹⁷⁾を利用して頂きました。標高図の海域部は海上保安庁海洋情報部の資料を使用して作成しました。また、本研究は JSPS 科研費 JP18H01677 (研究代表者：宮島昌克) の助成を受けたものです。記して御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 総務省消防庁ホームページ：平成 30 年 04 月 09 日 島根県西部を震源とする地震 (第 17 報), <https://www.fdma.go.jp/disaster/info/items/190820simanekennseibujiisinn17.pdf>, (2019 年 9 月 10 日閲覧)。
- 2) 総務省消防庁ホームページ：平成 30 年 06 月 18 日 大阪府北部を震源とする地震による被害及び消防機関等の対応状況 (第 32 報), <https://www.fdma.go.jp/disaster/info/items/190820osakafuhokubujisinn32.pdf>, (2019 年 9 月 10 日閲覧)。
- 3) 総務省消防庁ホームページ：平成 30 年 09 月 06 日 平成 30 年北海道胆振東部地震による被害及び消防機関等の対応状況 (第 35 報), <https://www.fdma.go.jp/disaster/info/items/190820hokkaidoujissinn35.pdf>, (2019 年 9 月 10 日閲覧)。
- 4) 総務省消防庁ホームページ：令和元年 06 月 18 日 山形県沖を震源とする地震による被害及び消防機関等の対応状況 (第 16 報), <https://www.fdma.go.jp/disaster/info/items/yamagataoki16.pdf>, (2019 年 9 月 10 日閲覧)。
- 5) 筑波大学 構造エネルギー工学専攻 構造動力学研究室ホームページ：北海道胆振東部地震で発生した地震動と被害調査速報, <http://sakaiy.main.jp/hit.htm>, (2019 年 9 月 10 日閲覧)。
- 6) 林 康裕：性能等価応答スペクトルに基づく建築物の地震荷重評価, 第 11 回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.651-656, 2002.
- 7) 福島美光, 田中貞二：新しいデータベースを用いた最大加速度の距離減衰式の改訂, 地震学会 1992 年秋季大会講演予稿集, p.116, 1992.
- 8) 広帯域地震観測網 F-net ホームページ：<http://www.fnet.bosai.go.jp/top.php?LANG=ja>, (2019 年 9 月 1 日閲覧)。
- 9) 地震調査研究推進本部ホームページ：2018 年 6 月 18 日大阪府北部の地震の評価, https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2018/20180618_osaka_2.pdf, (2019 年 6 月 17 日閲覧)。
- 10) 国土地理院ホームページ：平成 30 年北海道胆振東部地震の震源断層モデル (暫定), <https://www.gsi.go.jp/cais/topic180912-index.html>, (2019 年 8 月 28 日閲覧)。
- 11) 国土地理院ホームページ：2019 年 6 月 18 日山形県沖の地震の震源断層モデル (暫定), https://www.gsi.go.jp/cais/topic180912-index_00001.html, (2019 年 8 月 28 日閲覧)。
- 12) 建設省：平成 12 年建設省告示第 1457 号, 2000.
- 13) Hayashi, Y., Nii, A. and Morii, T. : Evaluation of building damage based on equivalent-performance response spectra, Proceedings of the 14th WCEE, Paper ID 05-01-0407, 2008.
- 14) 京都大学防災研究所ホームページ 災害調査報告：大阪府北部の地震の被害調査速報, <http://www.eqh.dpri.kyoto-u.ac.jp/~masumi/eq/osaka2018/>, (2019 年 9 月 10 日閲覧)。
- 15) 山形大学 汐満研究室のホームページ：山形県沖の地震における強震観測点周辺の被害調査, <http://shiomitsu.site/eq/1906ymgt.html>, (2019 年 9 月 10 日閲覧)。
- 16) QGIS ホームページ：<https://www.qgis.org/ja/site/index.html>, (2019 年 9 月 2 日閲覧)。
- 17) 国土地理院ホームページ, 地理院タイル一覧：<https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>, (2019 年 9 月 3 日閲覧)

EVALUATION OF MAXIMUM RESPONSE DEFORMATION ANGLE OF WOODEN BUILDINGS BASED ON OBSERVATION RECORDS OF CRUSTAL EARTHQUAKES IN 2018 AND 2019

Hayato NISHIKAWA, Tatsuya NOGUCHI, Toshikazu IKEMOTO, Takahito UMEDA, Keisuke SUGIYAMA, Masakatsu MIYAJIMA and Takao KAGAWA

In this study, the maximum response deformation angle of wooden building was evaluated using earthquake observation records of M6 class crustal earthquakes that occurred in 2018 and 2019, and the the relationship between the maximum response deformation angle and the damage situation was considered. As a result of analysis, the maximum response deformation

angles evaluated from the seismic observation records of the 2018 Hokkaido Eastern Iwate Earthquake, which recorded JMA seismic intensity of 7, were larger than $1/30$. In addition, we examined the relation between the closest distance to fault and the maximum response deformation angle for each base shear coefficient, the attenuation slope tends to increase as the base shear coefficient increases.