

金沢市主計町における伝統木造住宅の耐震性能

Seismic performance of traditional wooden houses in Kazue-machi of Kanazawa city

河原大¹・後藤正美²・須田達³・鈴木祥之⁴

Hiro Kawahara, Masami Gotou, Tatsuru Suda and Yoshiyuki Suzuki

¹金沢工業大学大学院 工学研究科建築学専攻 博士前期課程 (〒924-0838 石川県白山市八東穂3-1)

Graduate Student, Kanazawa Institute of Technology

²金沢工業大学 環境・建築学部建築学科 教授 (〒924-0838 石川県白山市八東穂3-1)

Professor, Dep. of Architecture, College of Environment Engineering and Architecture, Kanazawa Institute of Technology

³立命館大学 グローバル・イノベーション研究機構 准教授 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

Associate Professor, Global Innovation Research Organization, Ritsumeikan University.

⁴立命館大学 グローバル・イノベーション研究機構 教授 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

Professor, Global Innovation Research Organization, Ritsumeikan University

In order to analyze the seismic performance of the traditional wooden houses in Kazue-machi of Kanazawa City, where is one of important preservation districts for groups of traditional buildings recognized by the Agency for Cultural Affairs, structural investigations for five traditional wooden houses were carried out. Based on distributions of seismic structure elements, the seismic performance of the traditional wooden houses were evaluated by an approximate seismic response analysis. It is pointed out that there are some problems of their seismic performances that the deformation in longitudinal direction and relative deformation in each story are out of balance.

Key Words : *Traditional wooden house, Structural investigation, Seismic performance,*

1. はじめに

我が国には多くの伝統的木造建築物が現存しており、各地域における文化的価値を担っている。現在までもこの伝統的木造建築物を保存・活用するための活動は行われてはいるが、災害に対する安全性を評価することには多くの課題が残っている。伝統的構法は地域の特色を色濃く反映しており、一律的な設計や改修ではなく、地域の特色や構法に適する評価が必要である。

城下町である金沢市の中でも特に伝統的建築物が数多く残り、重要伝統的建造物群保存地区に指定される主計町を対象に、構造調査およびその耐震性能に関する分析を行ったので、その結果および今後の課題について報告する。

2. 対象地域および対象建物

本報で対象とする主計町は、金沢市を三分する河川の一つである浅野川河岸に位置し、加賀友禅流しなどの伝統文化とともに、情緒を残す町並みである。2008年6月9日に重要伝統的建造物群保存地区に指定され、対岸付近に位置する東山ひがしとともに、茶屋町として金沢市における文化的価値を形成している。

図1に金沢における主計町の位置を、写真1に主計町の前景を示す。



図1 主計町の位置



写真1 主計町の前景

主計町には約50棟の建物があり、その多くは間口の狭い町家形式の建物である。これらは空間的に連続して建てられているものが多いが構造的には離れている。(写真1)階数は3階建てのものが多く、町全体の平均の階高は、3階が2.4m、2階が2.3m、1階が2.2mと、下層階になるほど低くなる¹⁾。また、ほとんどの屋根のかりかたは平入り形式であり、間口方向(けた行方向)が短手方向となっている。

3. 構造調査

本報では、上述の特徴を有し、調査地域における標準的な建物5棟を選定し、耐震性能評価の対象とした。対象建物の一覧を表1に示す。構造調査は2008年12月5～6日に行い、主に構造要素の配置、仕様の調査を目的とした。構造要素は主に土壁を対象とし、コンベックスを用いて高さと幅を実測、野帳に記入した。また、各部の写真撮影を行い、それらから平面図及び耐震要素の配置図を作成した。写真2に調査の様子を示す。構造調査から各部の土壁の高さは、床レベルから天井レベルまでが土壁の全面壁に対して、およそ1/2と1/5に区分できると判断された。図2に調査結果から作成した壁面の構成図を、2面(A、B)例示する。図3に各部の土壁を「全面」、「1/2」、「1/5」と色分け表現した耐震要素配置図を示す。また図3では、図2A、Bの位置が表されている。

表1 対象建物一覧

名称	階数	1階 床面積 m ²	2階 床面積 m ²	3階 床面積 m ²	延べ面積 m ²	けた行 方向長さ m	張り間 方向長さ m
EN邸	3	41.1	41.1	36.5	118.7	4.3	9.7
TS邸	3	53.7	55.4	20.9	130.0	4.6	11.9
HT邸	2	66.3	57.5	—	123.8	6.1	10.2
TC邸	3	64.6	64.6	13.2	142.4	5.5	11.8
ON邸	3	34.0	32.7	20.3	87.0	3.6	12.3



写真2 調査の様子

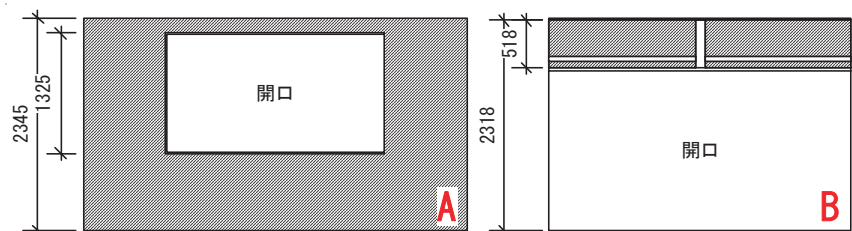


図2 調査結果(壁面構成)

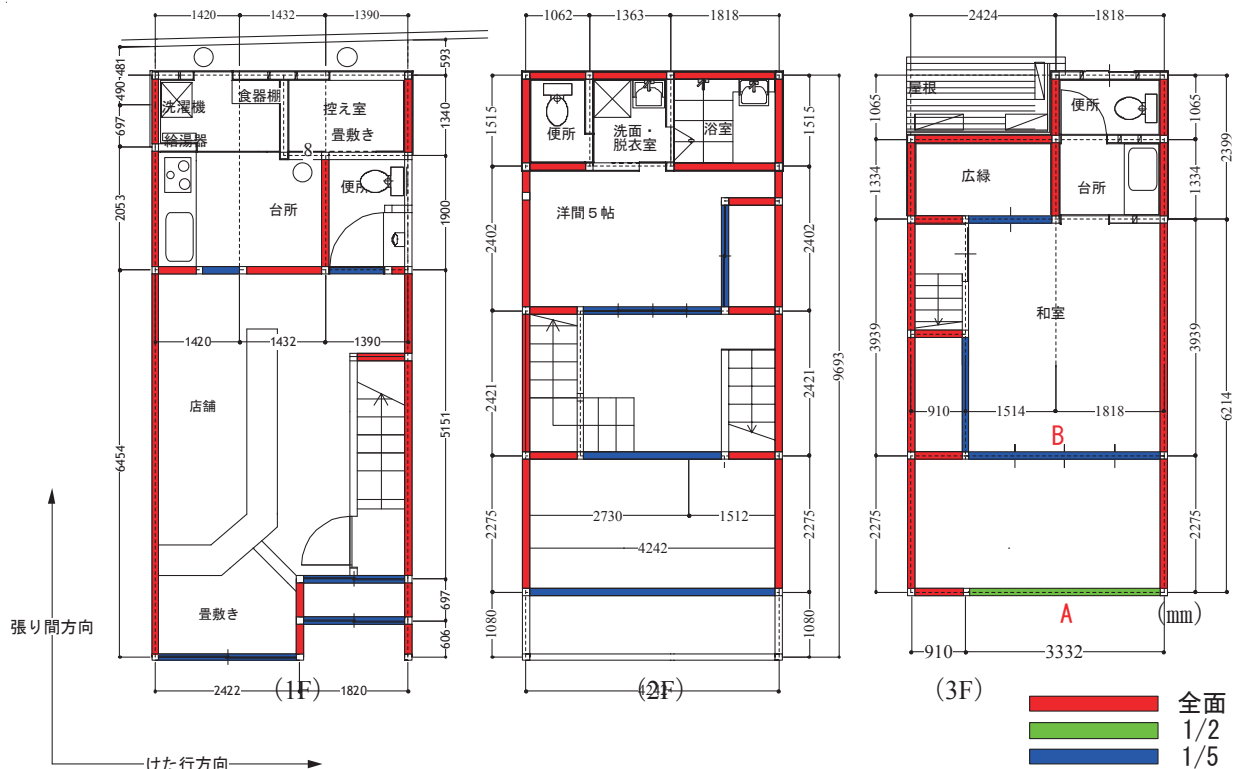


図3 耐震要素配置図 (EN邸)

3. 耐震性能評価

構造調査の結果に基づいて、限界耐力計算²³⁾により耐震性能評価を行った。建物の復元力特性を作成するにあたり、図3で色分けされた各種土壁、ほぞ差し接合部による軸組の荷重変形角関係を見込んだ。土壁の復元力特性は既往の研究によって明らかにされた金沢仕様のものである⁴⁾。対象とした金沢仕様の土壁は、小舞に割竹でなくヨシが用いられており、貫の段数は5段、その断面は15mm×75mmである。

各種土壁とも、基準となる復元力特性を柱間の壁長さに比例させ、1/2と1/5の土壁についてはさらに壁の高さに比例させている。さらに柱間を1スパンとし、そのスパン数分を足し合わせて層全体の復元力特性を算出している。図4に耐震要素の基準となる復元力特性を示す。また固定荷重は単位面積あたりの荷重⁵⁾に当該箇所の面積を乗じて算定した。積載荷重は建築基準法施行令における地震時の値を、積雪荷重は金沢市建築基準法施行規則⁶⁾に基づいて垂直積雪量を1.5m、積雪単位荷重を29N/m²/cmとしている。図5に各層の重量及び建物全体の重量を示す。

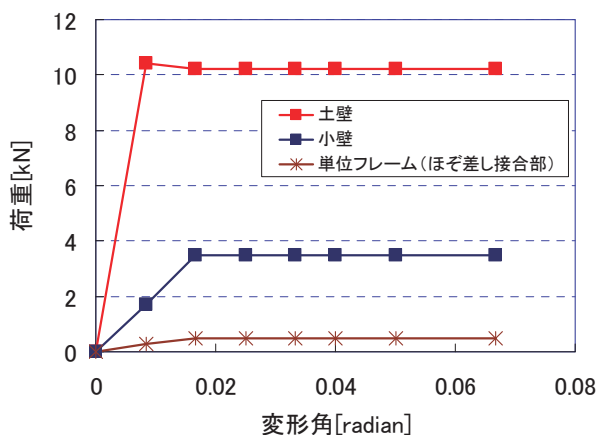


図4 構造要素の復元力特性

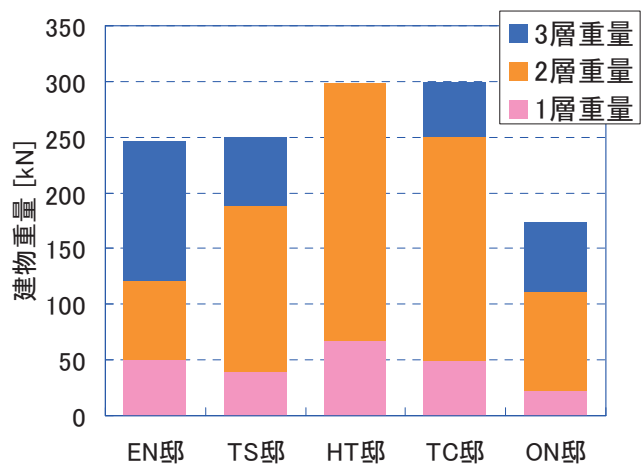


図5 建物重量

図5より、建物全体の重量において、建物上階の重量が占める割合が大きい。上階ほど床面積が小さくなるにも関わらず上階の重量が大きくなっている。この地区は多雪区域であり、それが積雪荷重の占める割合が大きいことに起因し、耐震的に不利な状態と言える。

以上から算出された建物の重量及び復元力特性を用いて、建築基準法施行令第82条の5第五号より求めた地震力より最大応答変形角を算出する。なお、地盤種別は第2種地盤としている。EN邸の計算結果を図6、図7に例示する。全棟に対して算出された最大応答変形角を図8、9に示す。またその時のせん断耐力を建物重量で除してベースシア係数を算出した。各階の応答値とベースシア係数を表2に示す。図8で応答変形角が示されていないもの、表2で「応答値無し」とされているものは、図6のように建物全体の復元力特性と応答スペクトルによる交点が無く、真の応答値が算出できないものである。

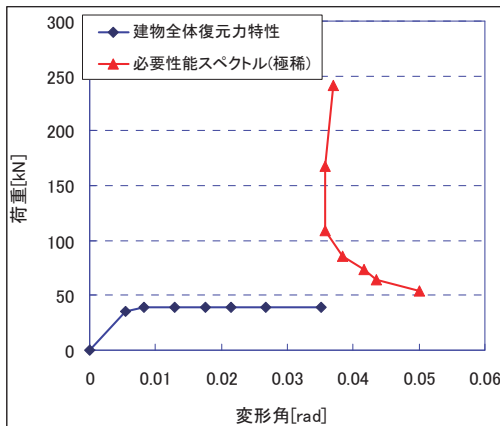


図6 けた行方向の応答値 (EN邸)

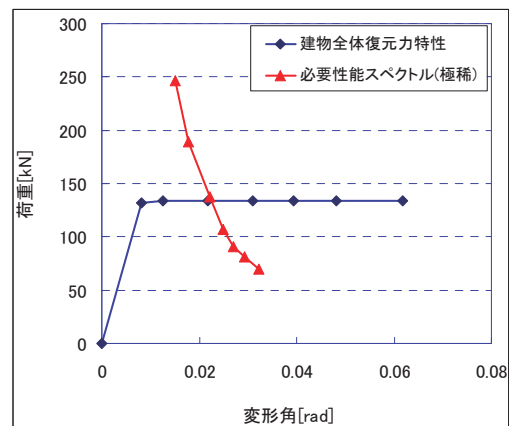


図7 張り間方向 (EN邸)

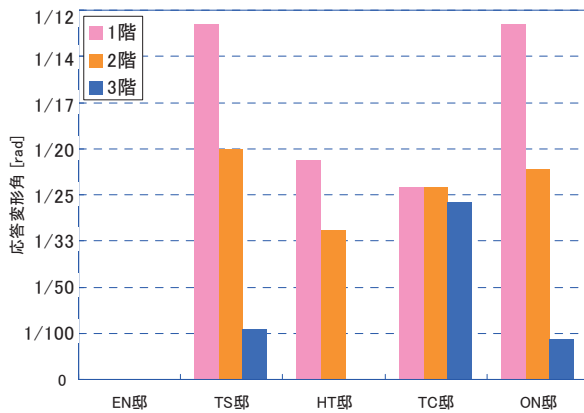


図8 各階の応答変形角 (けた行方向)

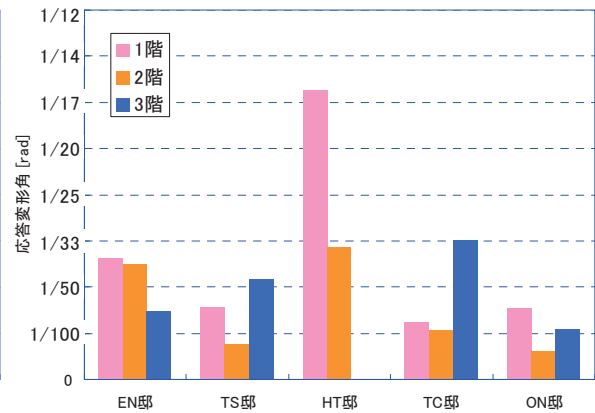


図9 各階の応答変形角 (張り間方向)

表2 各階の応答値(rad)とベースシア係数

		EN 邸	TS 邸	HT 邸	TC 邸	ON 邸
けた行方向	3 階	応答値 無し	1/93	—	1/26	1/112
	2 階		1/20	1/31	1/24	1/22
	1 階		1/13	1/21	1/24	1/13
	ベースシア係数		0.23	0.31	0.29	0.22
張り間方向	3 階	1/68	1/46	—	1/33	1/91
	2 階	1/40	1/129	1/35	1/93	1/162
	1 階	1/38	1/64	1/16	1/80	1/65
	ベースシア係数	0.56	0.66	0.27	0.58	0.75

図8、9、表2から全体としてけた行方向の応答変形角が大きく、ベースシア係数も低いことがわかる。これは細長い建物であるために短手方向の耐震要素が少ないことに関係する。また、1階の応答変形角が大きい傾向があり、上階と下階の耐震要素のバランスが悪いことや、上階の質量が大きいことが原因と考えられる。これらの傾向が比較的顕著に表れているTS邸とON邸の平面図および耐震要素の配置図を図10、11に示す。各階ともけた行方向の耐震要素は張り間方向に比べて少ないが、建物1階の前面部分は玄関や開口を配置するため、耐震要素が極端に少ない。張り間方向は隣家と密着して建てられているために無開口であり、外壁のほとんどが全面壁である。

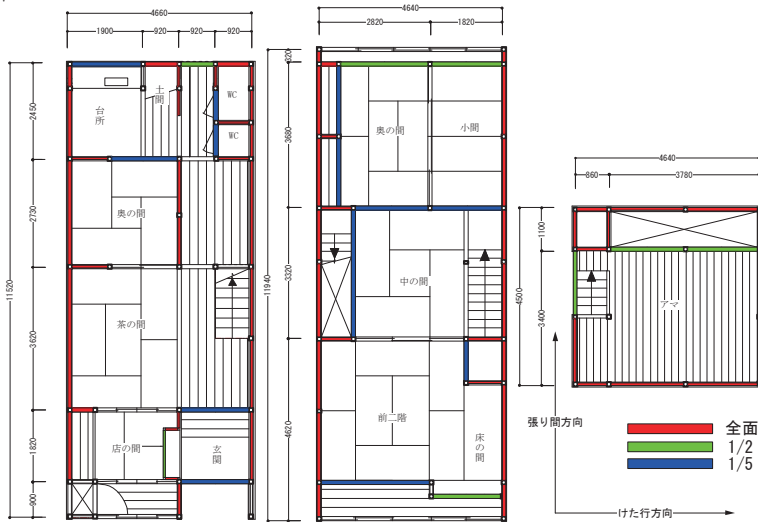


図10 TS邸耐震要素配置図

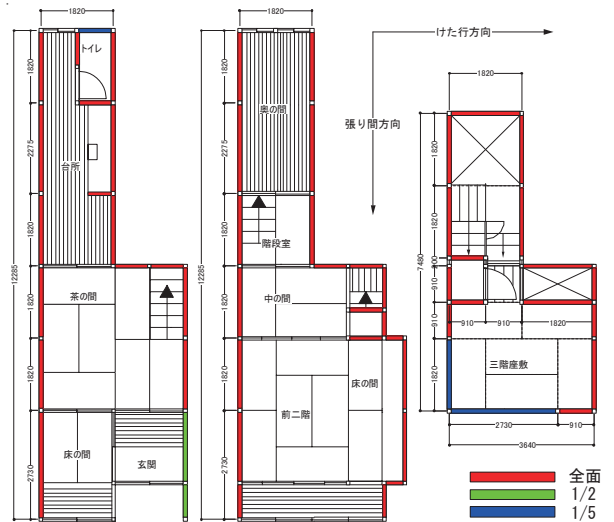


図11 ON邸耐震要素配置図

4. 細分化による各部の耐震性能

前項から、建物1階の前面部分に耐力壁が少なく、構造要素の平面的な配置バランスに偏りがあることや、主要な構面が各階で一致していないため、水平力による応力を十分に伝達されないことが考えられる。そのため建物の耐震性能を分析する上で、建物の全体的な耐震性能評価に加えて、構面ごとの耐震性能を評価する必要がある。そこで建物全体を張り間方向（長手方向）に分割し、各部の最大応答変形角を限界耐力計算によって算出する⁷⁾。分割においては、外壁部分と内壁部分の耐震性能を明らかにするため、張り間方向に建物を5等分し、外側から5分の1を1-2領域あるいは3-4領域とし、内側で5分の3を2-3領域とする3つの領域を考える。HT邸、TC邸を例として分割の方法を図12、13に示す。細分化しての耐震性能評価では、第2種地盤を用いると応答値が算出されない建物が多くなる。文献7)では、相対的に応答変形角を比較するため、応答値が算出され易くなるよう、地盤種別を第1種地盤として計算を行っている。本報でもその方法を参考にし、耐震性能評価を行っている。

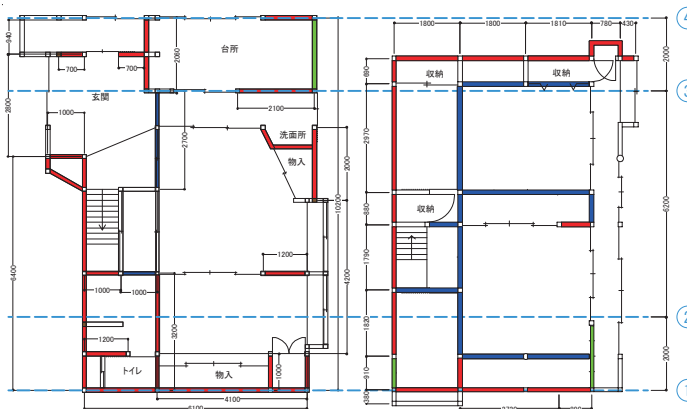


図12 HT邸（分割線記入）

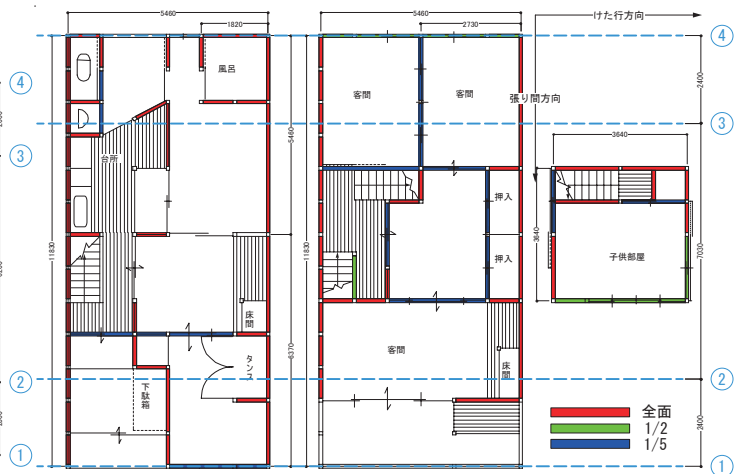


図13 TC邸（分割線記入）

分割して評価した結果を図14に示す。同図より、内側部分の応答変形角が例外なく大きいことがわかる。また建物前面の1-2領域の応答変形角は、奥側の3-4領域に比べて大きく算出されている。これは、前項にて指摘したように建物前面の耐震要素の少なさに関係していると考えられる。ON邸に関しては、図11を見てわかるように奥に進むに連れて幅が狭くなっており、他の建物と同様の理由から奥側3-4領域の変形角が大きく算出されていると考えられる。

以上より、対象とする建物のほとんどには平面的な耐力偏心が起こっているといえ、耐震要素を付加し、平面的な耐震性能のバランスを整えることが必要である。さらに、図8、9で示したように高さ方向でも応答値にばらつきがあるため、平面的な耐震性能のバランスに加えて、立面的な耐震性能のバランスを整えることも必要である。

5. まとめ

本報では、金沢市主計町における伝統木造住宅の構造調査から、この地区の標準的な構造特性を明らかにした。また、構造要素の種類やその配置を明らかにし、構造要素の平面的な偏りがあることや、上下階において構面が一致しないことなど、構造的な問題点を指摘した。

主計町において標準的な特徴を有する建物を対象に限界耐力計算に基づいて耐震性能評価を行った結果から、けた行方向の耐震性能が低いこと、下階については耐震要素が少なくその上階における積載荷重が大きいために応答値が大きく算出されることを示した。また算出された応答変形角は、一般的に伝統木造建物の変形限界とされる $1/20[\text{rad}]$ を超えるものもあり、極希に起こる地震に対して倒壊の危険性が指摘される。

建物の細分化による分析として、張り間方向に建物を分割して分析した結果、建物前面部分は奥側と比べて、耐震要素が少なく耐震性能が低いことを示した。

これらの結果をもとに今後は、平面的かつ立面的にバランスの良い耐震補強の方法を検討するとともに、常時微動計測等を用いて各部の挙動について分析を進める。

謝辞：本研究は文部科学省科学研究費補助金（基盤研究(S)、課題番号19106010）による成果の一部である。また、構造調査を実施するにあたり、金沢市都市政策局、金沢工大後藤研究室学生（当時）、対象建物の住民の方々から、多大なるご協力を頂きました。ここに記して謝意を表します。

- 1) 金沢市：金沢市主計町伝統的建造物群保存対策調査報告書，pp.7-18，2002年3月。
- 2) 木造軸組構法建物の耐震設計マニュアル編集委員会：伝統構法を生かす木造耐震設計マニュアル-限界耐力計算による耐震設計・耐震補強設計法-，学芸出版社，2004年3月。
- 3) 鈴木祥之，斎藤幸雄，樫原健一，五十子幸樹，野島千里：木造軸組の耐震性能評価法-小変形から大変形・倒壊の領域まで評価する限界耐力計算，第11回日本地震工学シンポジウム，pp.1523-1528，2002年11月。
- 4) 河原大，須田達，後藤正美，鈴木祥之：金沢市域における伝統木造建物の耐震性能に関する研究，
- 5) （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（2008年版），（財）日本住宅・木材技術センター2008年12月。
- 6) 特定行政庁 金沢市：金沢市建築基準法施行規則，<http://city.kanazawa.ishikawa.jp/reiki/>
- 7) 須田達，鈴木祥之，奥田辰雄，小笠原昌敏：京町家の耐震性能評価と耐震補強設計法，日本建築学会構造系論文集(616)，149-155，2007年6月

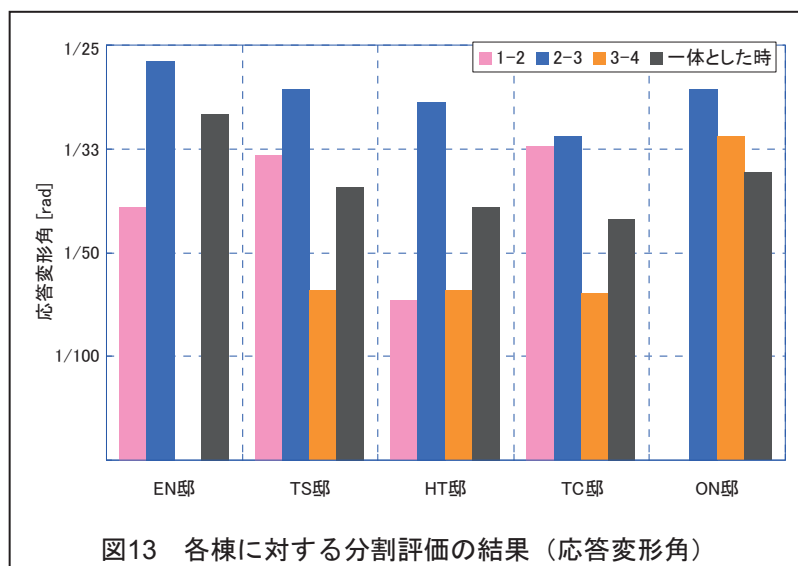


図13 各棟に対する分割評価の結果（応答変形角）