

伝統木造建築物の耐震性能評価に及ぼす下屋の影響

重政 有希

1. はじめに

近年、文化的価値の高い伝統木造建築物の保存や再活用が活発化しており、それらの耐震性能の確保は重要課題の一つである。

伝統木造住宅では、建物の規模を大きくする手法の1つとして主屋に下屋を差し掛けてきた歴史的背景があり、現存する伝統木造住宅に下屋を有するものは多い。下屋であっても規模の大きいものや耐力要素が多く含まれている場合は住宅の耐震性能に大きな影響を及ぼす可能性がある²⁾。一方で、適切に主屋との一体化がはかれれば耐震性能の向上を見込める可能性もある。

そこで、本研究では、伝統木造住宅の耐震性能に下屋が及ぼす影響を検討することを目的として、まずはいくつかの地域・構法の伝統木造住宅を例として、下屋の規模や重さ、耐力がどの程度であるかの実態把握を試みる。本検討では、町家の例として、奈良県五條市五條新町の町家1棟⁹⁾を対象として、下屋の特徴及び重量・耐力について考察する。さらに、下屋の床面積が大小様々になるように選択した他地域・他構法の伝統木造住宅との比較を行い、下屋が耐震性能に及ぼす影響について分析する。なお、検討対象住宅は主屋の他に付属屋を有し、本研究では、下屋を主屋・付属屋に付属して、棟がない部分と定義することとした。

2. 五條市五條新町の町家に対する検討

2.1. 検討対象住宅

検討対象住宅は、奈良県五條市五條新町にある2階建ての伝統木造住宅である。外観、内観は写真1に記す。また住宅の各階平面図を図1に、断面図を図2に、屋根伏せ図を図3に記す。築年数などの基本的な建築物の情報は表1に記す。構造に詳細については、文献4)を参考するものとする。

以降の検討では、建物を構成する主屋・付属屋・下屋ごとに耐震性能評価を行うために、一定の規則を定め、検討対象住宅をゾーニングする。1.で述べたように、主屋・付属屋に付属する形で棟がない部分を有し、それらを下屋と呼ぶこととし、また、屋根がひと続きになっている箇所がみられるが、それらは同一の下屋としてみなすこととする。

基本的に屋根形状に従ってゾーンを区分し、以降このゾーニングによって耐震性能評価を行なった。ゾーニング結果は図3に記す。また、各下屋の構造的特徴などをまとめたものを表2記す。

下屋①は全面道路に面した下屋で、庇の役割と一部縁側と

しての用途で用いられており、床面積に対して屋根面積が大きい特徴がある。また、下屋②、下屋③と違い下屋①では屋根が本瓦葺になっていることも特徴として挙げられる。

下屋②は、床面積自体は下屋の中で一番大きいものの、縁側としての用途として使われており、妻壁側に面していないことから、壁が入っていないことが特徴として挙げられる。

下屋③は、水回りの用途として用いられており、下屋①と同様に床面積に対して屋根面積が大きいことが特徴である。また、他の下屋に比べ、妻壁側に大きく面しているため壁が多く入っていることが特徴として挙げられる。



写真1

2.2. 降伏ベースシア係数 C_y の算定方法

降伏ベースシア係数 C_y とは、降伏ベースシア Q_y を建物の全重量 W で割った値で、設計上の耐震性能などを代表する値として見る事ができる。以降、各ゾーニング別に重量 W 、降伏ベースシア Q_y 、降伏ベースシア係数 C_y を算定し、ゾーニングごとの耐震性能評価を行う。

重量算定において、住宅の1階重量は1階階高の上半分から2階階高の下半分までの重量、2階重量は2階階高の上半分から軒天端までの重量とする。重量の算定には建築基準法施行令84条の固定荷重、85条の積載荷重及び参考文献2)の数値を用いる。なお、積載荷重には住宅の居室の地震力を計算する場合の600N/mを用いる。上記より定められた単位面積あたり重量(N/m²)に部材面積を乗じて算出した。また、ゾーニングごとに他との境界部分の重量(全壁、垂壁の重量)については、主屋と付属屋では主屋に、主屋と下屋では主屋に、付属屋と下屋では付属屋に含めるとする。

降伏ベースシア Q_y (kN)は桁行、梁間方向別に求める。

表1 建築物基本情報

築年数(年)	1854-1860	
屋根瓦	本瓦	
階数	2階	
間取り	2列4室	
階高(m)	1階	2.7
	2階	2.4
床高(mm)	380	
1階床面積(m ²)	163	
2階床面積(m ²)	80	
1階柱本数(本)	72	
標準柱寸法(m)	125	
1階全壁長さ(m)	桁行	4.9
	梁間	28.3

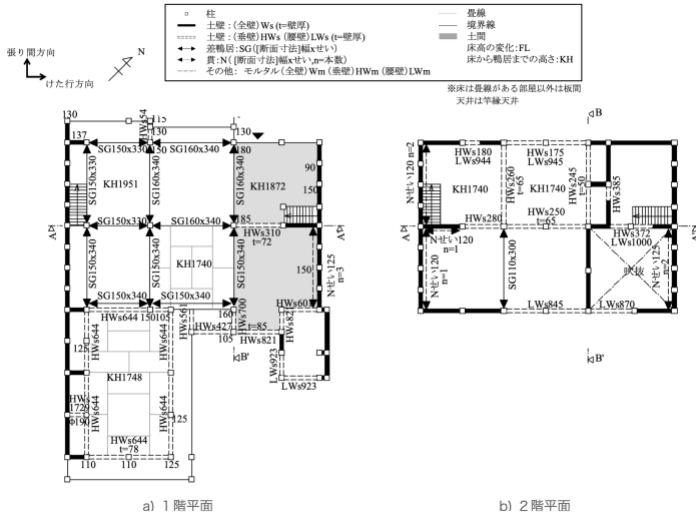


図1 平面図

表2 下屋の特徴

	下屋①	下屋②	下屋③
床面積(m ²)	7.6	14.5	11.6
各床面積の1F床面積に対する割合(%)	4.6	8.9	7.1
屋根投影面積	20.7	19.0	25.0
屋根仕様	本瓦葺	瓦(葺き土あり)	瓦(葺き土あり)
使用用途	庇	縁側	水回り

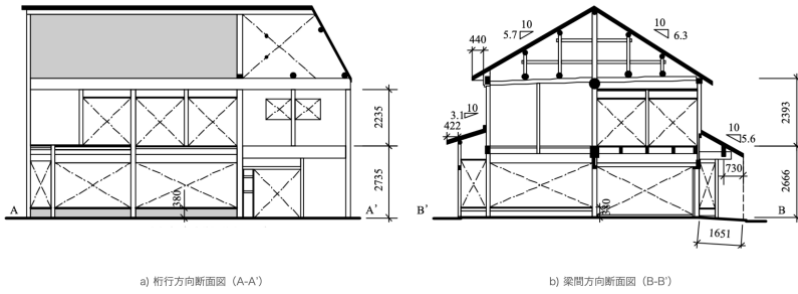


図2 断面図

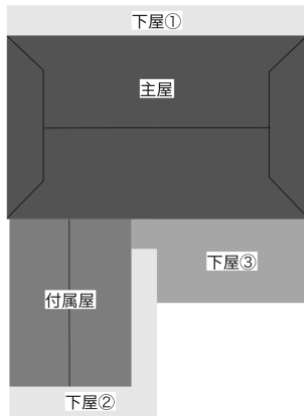


図3 屋根伏図

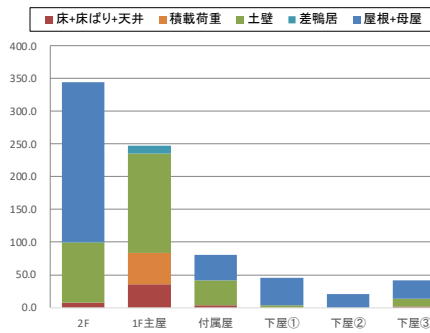


図4 ゾーニング別重量 (kN)

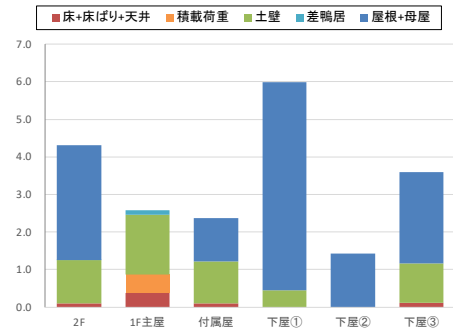


図5 床面積あたり重量 (kN/m²)

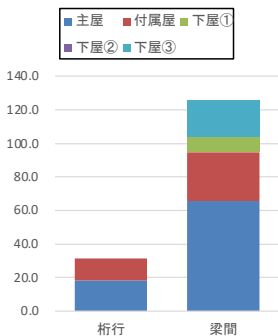


図6 降伏ベースシア Q_y (kN)

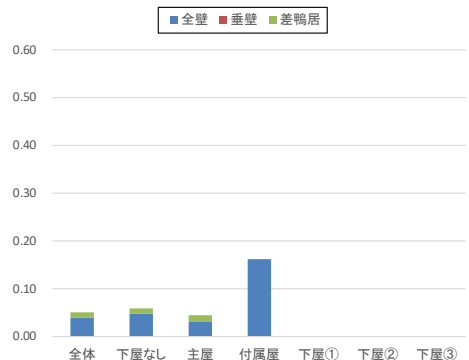


図7 降伏ベースシア係数 C_y (桁行)

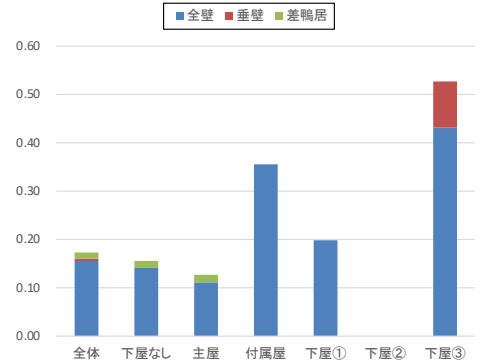


図8 降伏ベースシア係数 C_y (梁間)

ここで Q_y は層間変形角 $1/30\text{rad}$ 時の降伏ベースシアとする。 Q_y は各方向別に耐力要素の復元力特性を単純加算して求める。剛床仮定を用い、ねじれがないと仮定する。

耐力要素は、全壁、垂壁、差鴨居を考慮し、それぞれの復元力特性は参考文献3)を参照する。全壁は壁厚・柱間寸法に比例したものとして算出する。垂壁は 900mm 以上のもは耐力要素とし、 900mm 以上の垂れ壁せいでも割増をせずに最大 4kN で一定とする。差鴨居は架構高さに反比例し、ほそ幅×柱径に比例したものとして算出する。

以上より求めた重量 W 、降伏ベースシア Q_y から、各方向別に降伏ベースシア係数 C_y を算出する。

2.3. 算定結果

各構成要素別及びゾーニング別重量(kN)、床面積あたり重量(kN/m^2)をそれぞれ図4、図5に示す。下屋①と下屋③は軒の出が大きく、床面積あたりの屋根重量が大きくなっている。また、2Fと下屋①は本瓦葺になっており同様に床面積あたりの屋根重量が大きくなっていた。

図6に各方向別に降伏ベースシア Q_y を示す。主要な耐震要素は全壁で、桁行方向の Q_y は 39kN 、梁間方向の Q_y は 135kN である。梁間方向に関しては、下屋全体では付属屋と同等の Q_y 、付属屋・下屋を合わせた Q_y で見ると全体の 44% を占めている。全壁が梁間方向の妻壁に多く入っていることが、結果に顕著に表れている。

桁行方向、梁間方向それぞれ図7、図8に示す。梁間方向に着目し、ゾーニング別に比べると、付属屋・一部除いた下屋には主屋より降伏ベースシア係数があることが確認できる。最も C_y が大きい下屋③は主屋の 4.1 倍となっていた。また、下屋ごとにも C_y に大きく差があることもわかった。さらに、下屋を含めた場合を含めない場合を考えてみると、含めない場合に対して含めた場合の降伏ベースシア係数 C_y は桁行方向が 17% 低下、梁間方向が 13% 増加していた。

3. 他地域・他構法の伝統木造住宅との比較

本章では、他の伝統木造住宅における下屋を含む場合と含まない場合の耐震性能評価結果を比較対象として引用し、比較検討し伝統木造住宅における下屋の影響にどのような傾向があるのか調べた。

3.1 比較対象住宅

今回比較対象として、前章までで述べた奈良県五條市にある町屋型の住宅に加え、福岡県うきは市にある茅葺屋根を有する農家型の住宅、福岡県福津市にある平行二棟造りの住宅、熊本市新町にある通し柱架構の住宅、福岡県福津市にある鉤屋造りの住宅、福岡県福津市にあるくど造りの住宅、熊本県熊本市にある平家建ての住宅の計7棟とする。各建物の床面積等をまとめたものを表2に、床面積と重量

の関係を表したものを図9、図10に記す。また、通し柱架構の住宅では通し柱を考慮しない算定結果とする。

3.2 比較方法

大きく主屋と下屋にゾーニングし、1つ目は重量比(下屋/主屋)と降伏ベースシア(下屋/主屋)による比較、2つ目は下屋がある場合とない場合における降伏ベースシア係数による比較をそれぞれの方向別に行う。

3.3 比較結果

重量比と降伏ベースシア比の関係を表したものを各方向別に図11、図12に記す。下屋がある場合とない場合における耐力を基準化した降伏ベースシア係数の関係を表したものを各方向別に図13、図14に記す。下屋を含めることで床面積あたり重量が下がっている下屋があることがわかる。

図11、図12より、建物の特徴によっても耐力比にばらつきがあるが、ほとんどの建物において、下屋は耐力の影響の方が重量への影響より大きいことがわかる。また、方向別に見ると、桁行方向では傾き2~3の住宅が多いが、梁間方向では傾き3~の住宅が多いことがわかる。

さらに、図13、図14でも同様にほとんどの建物で下屋を含めると降伏ベースシア係数が向上する可能性があるが、 2.45 倍も増加している建物から 0.83 倍に減少している建物までデータの範囲に幅があることがわかる。

4. まとめ

本検討より、以下の知見が得られた。

- ・五條市の住宅は、最も大きい下屋で主屋の 4.1 倍の降伏ベースシア係数が確認されたが、下屋ごとの降伏ベースシア係数にばらつきがあった。
- ・比較検討によると、ほとんど建物において下屋による降伏ベースシア係数の増加が見られたが、建物の構造的特徴によって下屋の影響に約 $1\sim 2.5$ 倍もの差があることもわかった。

算定結果からはほとんどの住宅において下屋によって耐震性能が向上することが、本検討では下屋に水平力を十分に伝達できることを前提にしており、下屋の水平構面の安全性について今後検討が必要である。また、今回の耐震性能評価では降伏ベースシアの算定によって行ったが、他の耐震要素である偏心の影響についても検討が必要である。

【参考文献】

- 1) 坂本功ら：図説 日本木造建築事典-構法の歴史、朝倉書店、p.229~、2018
- 2) 南部恭広、阪口友貴、谷川海豊、立花拓朗、杉野未奈、林康裕：くど造り住宅の現地調査と耐震性能評価
- 3) 阪口友貴、南部恭広、蛭川利彦、北原昭男：2016年熊本

地震で倒壊しなかった伝統木造住宅の耐震性能評価 -熊本市南区の住宅 -

- 4) 林康裕、渡辺千明、多幾山法子、杉野未奈、南部恭広、小林素直：奈良県五條新町における伝統木造住宅の現地調査と耐震性能評価、p2,3（一部修正して引用）
- 5) 伝統的構法木造建築物設計マニュアル編集委員会:伝統的構法のための木造耐震設計法 石場建てを含む木造建築物の耐震設計・耐震補強マニュアル、学芸出版社、2019.6.
- 6) 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、学芸出版会、

2004. 3.

- 7) Y.Nambu, H.Tabata, T.Sato, T.Ninakawa : Vibration Investigation and Eigenvalue Analysis of the Traditional Wooden House with Thatched Roof in Japan, WCEE, Sendai, 2020.9.
- 8) 谷川海豊：平行二棟造り住宅の構造調査と耐震性能評価に関する研究
- 9) 福田航麻：2016年熊本地震で倒壊しなかった町家の構造性能評価 -熊本市新町にある通し柱架構を有する町家-
- 10) 折戸俊介：地域特有の形態をもつ伝統木造民家の耐震性能評価 鉤屋造り民家について

表2 比較対象住宅

対象	床面積(m ²)		重量(kN)		降伏ベースシア(kN)				降伏ベースシア係数					
	主屋	主屋+下屋	主屋	主屋+下屋	桁行		梁間		桁行			梁間		
					主屋	主屋+下屋	主屋	主屋+下屋	主屋	主屋+下屋	増加率	主屋	主屋+下屋	増加率
町屋(五條市)	130	163	672	780	39.6	39.6	104	135	0.06	0.05	0.83	0.15	0.17	1.13
農家(うきは市)	58.8	107	182	282	74.6	176.6	62	166	0.41	0.63	1.54	0.34	0.59	1.74
二棟造り(福岡市)	127	139	213	245	142.6	207.8	68	109	0.67	0.85	1.27	0.32	0.45	1.41
通し柱架構(熊本市)	67.6	67.6	307	341	23.0	27.8	102	135	0.07	0.08	1.14	0.33	0.40	1.21
鉤屋造り(福岡市)	68.6	100	167	213	69.0	130.1	117	199	0.41	0.61	1.49	0.70	0.93	1.33
くど造り(福岡市)	91.0	185	311	457	83.0	174	63	225	0.27	0.38	1.41	0.20	0.49	2.45
平家建て(熊本市)	118	242	170	336	108.0	214	69	195	0.64	0.64	1.00	0.41	0.58	1.41

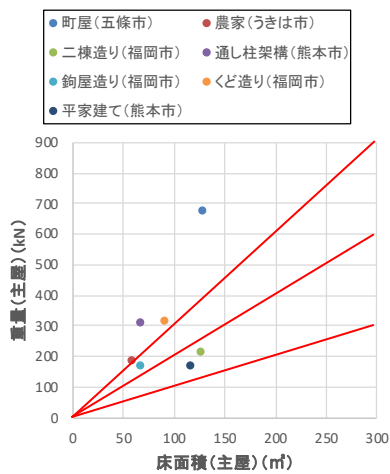


図9 床面積・重量 (主屋)

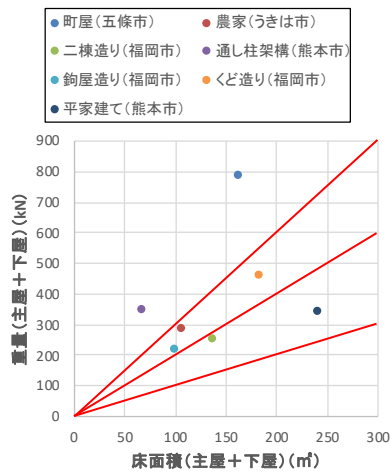


図10 床面積・重量 (主屋+下屋)

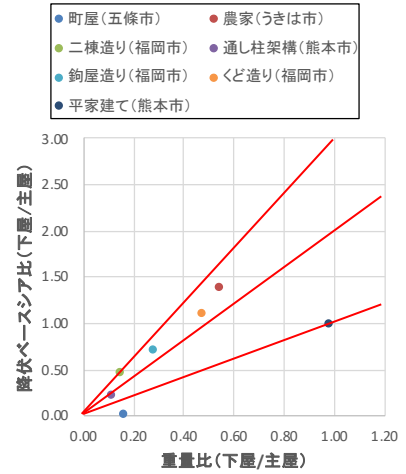


図11 重量比・降伏ベースシア比 (桁行)

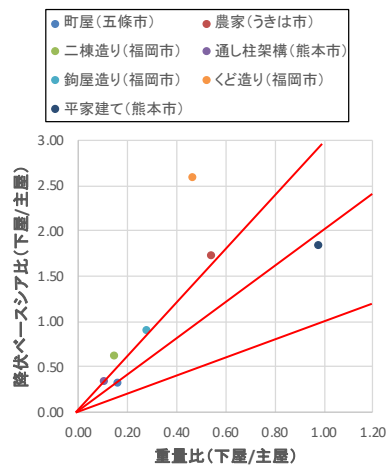


図12 重量比・降伏ベースシア比 (梁間)

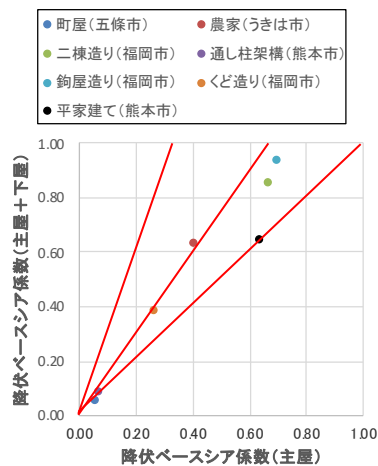


図13 降伏ベースシア係数比 (桁行)

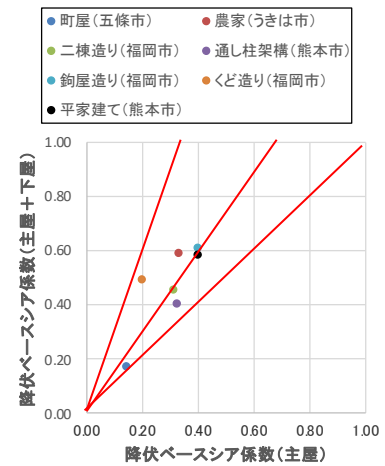


図14 降伏ベースシア係数 (梁間)