[木材学会誌 Vol. 55, No. 6, p. 356-362 (2009)]

木造住宅の構造部材に生じる各種応力の 許容応力度に対する割合 (第3報)[†] 多雪区域に建設された住宅の柱と土台^{*1}

青井秀樹^{*2}, 宮武 敦^{*2}, 神谷文夫^{*2}

The Ratio of Working Stress to Allowable Stress of Structural Members of Wooden Houses III.[†] Columns and sill plates of houses built in a heavy snow area^{*1}

Hideki AOI^{*2}, Atsushi MIYATAKE^{*2} and Fumio KAMIYA^{*2}

The ratio of working stress to allowable stress on columns and sill plates in three wooden houses, which were built in a heavy snow area, was investigated. Calculated stresses for columns and sill plates are buckling stress and compression stress perpendicular to the grain, respectively. The results of the investigation suggest that the load-bearing ratio (working stress/allowable stress) on columns and sill plates at each combination of load and duration was significantly low except some cases. The results also clarified that for long term load (dead and live loads) and long term load from snow, those columns and sill plates which support a longer beam for a large space, have relatively lower safety margins, and for short term load (seismic and wind loads), those columns and sill plates which compose a stronger shear wall, have relatively lower safety margins.

Keywords: working stress, allowable stress, load-bearing ratio, heavy snow area.

多雪区域に建設された3棟の木造住宅の柱および土台について、柱の座屈応力および土台へのめり込み応力を算出し、許容応力度に対する割合を調べた。調査の結果、柱および土台の負担率(=実在応力/許容応力)は、一部の例外を除くと、荷重と継続期間のいずれの組み合わせにおいても十分に小さいことが示唆された。また、長期荷重および長期積雪荷重においては広い空間を確保するための長い梁を支える柱および土台で相対的に余裕が少ないこと、短期荷重においては大きな耐力を持つ耐力壁を構成する柱および土台でその余裕が少ないことが明らかになった。

1. 研究の背景と目的

本報は、多雪区域(垂直積雪量が1 m以上の地域、または積雪の初終間日数(当該地域中の積雪部分の割合が1/2を超える状態が継続する日数を言う。)の平年値が30日以上)の地域を指す。)に建設された

木造住宅の柱および土台の強度的な余裕度を調査したものである。

本報を含めた一連の研究の最終目的は、曲げ以外の基準強度を引き下げた特定対称異等級構成集成材(例えばME85-F255)を用いた場合や、これまでよりも低い基準強度を持つ材料を用いた場合等の余裕度の把握であり、既報¹⁾、前報²⁾および本報は現状の余裕度の把握を狙いとしている。

既報¹⁾では一般区域(多雪区域以外を指す。)に建設された木造住宅の柱および土台を対象として強度的な余裕度を調査した。その結果、柱については全体の83%が負担率4割以下(短期荷重)、土台に

[†] Report II: This journal 55, 37-44 (2009).

^{*1} Received July 2, 2008; accepted January 19, 2009. 本研究の一部は第58回日本木材学会大会(2008年3月、つくば)で発表した。

^{*2} 独立行政法人森林総合研究所 Forestry and Forest Products Research Institute, Tsukuba 305-8687, Japan

については全体の71%が負担率4割以下(短期荷重)であることから、いくつかの例外を除いて非常に大きな余裕があることが明らかになった。また長期荷重や積雪荷重に対して、バルコニーを支持する場合や広い空間を確保するために長いスパンの梁を用いた場合には余裕が少なくなる傾向にあることが分かった。短期荷重に対しては、壁倍率が大いほど、耐力壁を構成する柱・土台では、耐力壁を構成しないそれらに対して相対的に余裕が小さくなる傾向にあることが明らかになった。

なお過去の調査報告では、既報¹⁾を除くと、調査対象が多雪区域か否かを問わず1981年(昭和56年)6月1日の建築基準法施行令改正(新耐震)以降において、実際のデータに基づいた構造部材の強度的な余裕度についての報告は皆無である。

2. 調査および解析の方法

2.1 住宅および部材の詳細

在来軸組構法で建設された木造二階建て住宅3棟の図面、構造計算書(有木造舎製の構造計算ソフトKIZUKURI ver. 5.22を使用。なお既報¹⁾では同 ver. 5.1を使用。)を入手した。図面を元に各邸の1, 2階の部屋、柱および耐力壁の配置図を作成した。これらをFig. 1に示す。各物件の所在地はそれぞれ山形県山形市(I邸, 132.07 m²)、秋田県潟上市(S邸, 94.66 m²)、新潟県新潟市(Y邸, 186.01 m²)であった。()内は各棟の呼び名と床面積である。これらの建設地はいずれも多雪区域である。

各邸の管柱には4寸角(断面積: 12×12 cm)のスギ、通し柱には4寸角のヒノキが用いられていた。土台には4寸角のベイヒバが用いられていた(基準強度は「べいひ」扱いであった。)。これらはいずれも乾燥材であった。

これらの部材には無等級材(日本農林規格に定められていない木材)が使用され、その基準強度 F には、平成12年建設省告示第1452号および平成13年国土交通省告示第1024号に記された値が使用されていた。

従って柱については、長期許容応力度(以下、長期と略。)、積雪時長期許容応力度(以下、長期積雪と略。))および短期許容応力度(以下、短期と略。)は該当の基準強度 F をそれぞれ、1.1/3倍、1.43/3倍、2/3倍した値となる。

土台へのめり込み許容応力度は、平成20年国土交通省告示第117号に従って算出されていた。すなわち、長期および長期積雪に対してはめり込みの基準強度 F_{σ} を1.5/3倍、および短期に対しては同2/3倍

した値が使用されていた。

ただし既報¹⁾では基準強度から導出しためり込みの許容応力度に更に1.5を乗じる割り増しが行われていたことを付記する必要がある。その背景には、土台への柱のめり込みが建物の倒壊に直接結びつくものではないことを考慮し、当該部材のめり込みによって他の部材の応力に変化が生じない場合にはこれを許容してきた経緯がある。ただしこれは正式に法的に認められたものではなく、あくまで設計側の判断であった。これに対して、平成20年国土交通省告示第117号が示されたことにより、既報¹⁾に記した割り増し方法は行われなかったこととなった。

2.2 設計荷重

各邸の固定荷重および積載荷重をTable 1に示す。また各邸の風圧力および地震力をTable 2およびTable 3にそれぞれ示す。なお各邸のいずれの階・方向においても地震力が風圧力を上回っていたため、短期荷重は地震力によるものとなる。

2.3 柱の軸力と土台のめり込み応力の算出

風圧力および地震力による柱の軸力はN値計算により行われていた。なお各邸の階高は1階2.92(m)、2階2.67(m)であった。

めり込み応力は、柱の軸力を柱と土台の接地面積(12×12-3×9=117 cm²、ただし3×9はほぞ穴)で除して算出されていた。

2.4 負担率の算出

負担率を以下に定義し、応力度と許容応力度から算出した。なお柱の負担率は、柱を長柱として扱ったので座屈に対する負担率となる。また土台のそれは、めり込みに対する負担率となる。

$$\text{負担率}(\%) = \{(\text{応力度}) \div (\text{許容応力度})\} \times 100$$

つまり負担率が0に近いほど、実際の応力度が小さいことを意味する。例えば負担率10%では許容応力度の10%の応力しか発生していないことになる。反対に負担率100%では許容応力度一杯の応力を負担し、余裕が無いことを意味する。

2.5 最大負担率

各柱および各土台において、それぞれの荷重・外力の組み合わせ毎の負担率を算出するが、そのうちで最大の負担率を「最大負担率」と定義する。

3. 結果および考察

3.1 柱の座屈に対する最大負担率

Fig. 2に、各邸1階柱における座屈に対する最大負担率を示す。なお2階柱の負担率は直下の1階柱のそれを下回ることから、2階柱についての考察は

Table 1. Design load.

	Roof		2 nd Story		1 st Story	
	Dead load (N/m ²)	Snow load (N/m ²)	Dead load (N/m ²)	Live load (N/m ²)	Dead load (N/m ²)	Live load (N/m ²)
Floor	745 for House I 735 for Houses S and Y	2520 for Houses I and Y 2100 for House S	920	1800	280	1800
Column, Beam	745 for House I 735 for Houses S and Y	2520 for Houses I and Y 2100 for House S	920	1300	280	1300
At Earthquake	745 for House I 735 for Houses S and Y	1260 for Houses I and Y 1050 for House S	920	600	280	600
At Snow	745 for House I 735 for Houses S and Y	3600 for Houses I and Y 3000 for House S	920	1300	280	1300

Note: Unit weight of a balcony is 1570 (N/m²).

Table 2. Wind force.

House	Story and Direction	
I	X at 2 nd Story : $wQ_{2x} = 23.82$ (kN)	Y at 2 nd Story : $wQ_{2y} = 22.22$ (kN)
	X at 1 st Story : $wQ_{1x} = 54.37$ (kN)	Y at 1 st Story : $wQ_{1y} = 47.47$ (kN)
S	X at 2 nd Story : $wQ_{2x} = 12.04$ (kN)	Y at 2 nd Story : $wQ_{2y} = 19.19$ (kN)
	X at 1 st Story : $wQ_{1x} = 32.27$ (kN)	Y at 1 st Story : $wQ_{1y} = 51.69$ (kN)
Y	X at 2 nd Story : $wQ_{2x} = 15.25$ (kN)	Y at 2 nd Story : $wQ_{2y} = 20.56$ (kN)
	X at 1 st Story : $wQ_{1x} = 48.09$ (kN)	Y at 1 st Story : $wQ_{1y} = 60.16$ (kN)

Table 3. Seismic force.

House	Story	
I	2 nd Story : $Q_{e2} = 51.09$ (kN)	1 st Story : $Q_{e1} = 93.04$ (kN)
S	2 nd Story : $Q_{e2} = 37.03$ (kN)	1 st Story : $Q_{e1} = 64.95$ (kN)
Y	2 nd Story : $Q_{e2} = 58.23$ (kN)	1 st Story : $Q_{e1} = 120.77$ (kN)

省略する。

また Fig. 3 に, Fig. 2 中に示した最大負担率の荷重継続期間別の割合を示す。

Fig. 3 から最大負担率の決定要因は長期積雪と短期が支配的であることが分かる。従って長期積雪と短期について検討するものとする。

まず長期積雪において最大負担率を示した柱を見ると, 例えば最大負担率が70%弱に達するなど相対的に大きいのは, 広い空間を確保するために長い梁を架けた柱であった (例えば I 邸: X7.5Y3.5, X5Y6, S 邸: X11Y5.5, Y 邸: X9.5Y10.5, X9Y7, X5Y3, X5Y6)。ただし全体として見れば, 十分な余裕を持っていることが分かった。

次に短期において最大負担率を示すケースでは, 耐力壁の真上に壁倍率の大きい耐力壁が配置された場合においていずれも相対的に最大負担率が大きくなる傾向にあった (例えば I 邸: X3Y1.5, X2Y7, X2Y10, Y 邸: X1Y4, X1Y7, X1Y10)。

ただしこれらの建物では, いずれの柱も位置や管

柱と通し柱の区別に関わらず, 断面と等級が同一であった。つまり同一断面の無等級材でも充分に対応できていることが示唆された。

3.2 土台へのめり込みに対する最大負担率

Fig. 4 に各邸の土台へのめり込みに対する最大負担率を示す。Fig. 5 に, Fig. 4 中に示した最大負担率の荷重継続期間別の割合を示す。

Fig. 5 から, 最大負担率の大部分は長期積雪時と短期時によって生じることが示唆されるため, これらについて考察する。

まず長期積雪時を見ると, 3.1と同じく, 広い空間を確保するために長い梁を架けた柱の土台では負担率が大きくなる傾向にあった。この時の最も大きい最大負担率は92%であった (Y 邸: X5Y3)。

次に短期時では, 壁倍率の大きい耐力壁を構成する柱および土台では負担率が大きくなる傾向にあった。とりわけ最大負担率が短期時に95%に達する場合があることから, 柱や土台の断面を描える場合はこの土台が断面や等級の決定因子となると考えられ

Fig. 2. The maximum load-bearing ratio on columns.

Fig. 3. Dominant duration of load on columns.

る。

3.3 荷重継続期間別・負担率別の頻度

Fig. 6 および Fig. 7 に、各邸の柱および土台の荷重継続期間別・負担率別の頻度をそれぞれ示す。なおここで言う「頻度」とは、柱あるいは土台の負担率がある特定の負担率に当てはまった度数の全体に

対する割合 (%) と定義する。

柱での各荷重継続期間における頻度は、いずれも各邸ともに負担率 0～10% または 10～20% に最も多く、負担率が大きくなるに連れて頻度も低下する傾向にあることが明らかになった。この結果をまとめると、92% の柱では長期荷重に対する負担率が 30%

Fig. 4. The maximum load-bearing ratio on sill plates.

Fig. 5. Dominant duration of load on sill plates.

以下、79%の柱では短期荷重に対する負担率が30%以下、83%の柱では長期積雪荷重に対する負担率が30%以下であることから、一部の柱を除くと、多雪区域においても充分すぎる程の応力的な余裕が確保されていることが明らかとなった。

一方で土台では、長期および長期積雪において負

担率の増加と共に頻度が漸減する傾向にあった。しかし短期での頻度は負担率30~40%あるいは40~50%でピークを示したことから、柱と比べると相対的に高い負担率にあることが分かる。この結果を総括すると、92%の土台では長期荷重に対する負担率が30%以下、79%の土台では短期荷重に対する負担率

Fig. 6. Histogram of load-bearing ratio for each duration of load on columns.

Fig. 7. Histogram of load-bearing ratio for each duration of load on sill plates.

が50%以下、83%の土台では長期積雪荷重に対する負担率が30%以下であることから、一部の土台を除いて、多雪区域においても大きな余裕が保持していることが明らかになった。

ただし、Y邸では負担率70%以上の土台が全体の8%を占めることから、位置によっては応力的な余裕が少ないものもあることに留意する必要がある。

4. ま と め

以上の結果および考察を以下にまとめた。

多雪区域における木造住宅の柱および土台について、いずれの各荷重継続期間における柱の圧縮、および土台へのめり込みに対する負担率は、その許容応力度に対して十分な余裕が確保されていることが確認された。以下、根拠として、柱の圧縮および土台へのめり込みでの各荷重継続期間に対する負担率を示す。

1. 長期荷重に対しては、全体の92%の柱で負担率が30%以下、および全体の92%の土台で同30%以下であった。
2. 短期荷重に対しては、全体の79%の柱で同30%以下、および全体の79%の土台で同50%以下であった。
3. 長期積雪荷重に対しては、全体の83%の柱で同30%以下、および全体の83%の土台で同30%以下であった。
4. 長期積雪荷重に対しては、広い空間を確保するために長い梁を架けた柱・土台で相対的に余裕が少なくなる傾向にあった。
5. 短期荷重に対しては、壁倍率が高いほど耐力壁を構成する柱・土台で余裕が相対的に少なくなる傾向にあった。

謝 辞

本研究は(独)森林総合研究所における運営費交付金プロジェクト「スギ等地域材を用いた構造用新材料の開発と評価(課題番号:200503)」によって実施した。

データ提供と検証に多大なるご協力を賜りました住宅メーカーに、心より御礼申し上げます。

文 献

- 1) 青井秀樹, 三井信宏, 宮武 敦, 神谷文夫: 木材学会誌 54(4), 208-215 (2008).
- 2) 青井秀樹, 三井信宏, 宮武 敦, 神谷文夫: 木材学会誌 55(1), 37-44 (2009).