

伝統木造構法住宅の耐震性向上に関する研究

学籍番号：1130065 氏名：河野 あすみ

高知工科大学システム工学群 建築・都市デザイン専攻

近い将来必ず起こるといわれる南海大地震に備え、柔軟で地震に強い伝統木造構法で造られる住宅を、より耐震性の高い建物にするべく、異なる寸法の柱梁や仕口を持つ複数のモデルに加振を行い倒壊の有無について解析した。地震に強い建物であるとされる基準を満たすためにはどのような条件が必要であり、それが建物の耐震性の向上にどう影響するかということについて研究を行った。

key word 伝統木造構法 wallstat 耐震等級 部材寸法

1. はじめに

日本に古くからある伝統木造構法は軸組や土壁等によって構造が造られている。木材自体が軸組となり柱や梁の接続部分である仕口が揺れに対し柔軟であるため、地震動に対し柔軟に粘り強く抵抗することが出来る。伝統木造構法は本来地震に非常に強い構法である。神社や仏閣が今もなお残存しているのを見てもよくわかる通りである。

また、高知県には土佐漆喰壁という台風や降水量の多い高知の気候に大変適した材料がある。これは耐久性に優れ、全国的な漆喰に比べ収縮率が低いため厚塗りで強度の高い壁を施工することが可能である。この他にも既往の研究で漆喰の利点は多く述べられている。

近年では木造住宅の殆どが筋交いや金物を用いた在来軸組構法によって造られている。在来軸組構法とは戦後に伝統木造構法を簡略化し、施工の速さと安さのために急増した構法である。伝統木造構法と反し接合部を金物で緊結することで剛性の強さによって地震に耐えようとする構法である。

在来軸組構法については金物金欠等の基準が明確にされているのに対し、伝統木造構法については殆ど触れられていないのが現状である。そこで、伝統木造構法の特性を明らかにし、今後新たに造られる住宅にが地震に耐えうるよう耐震性を向上させることを本研究の目的とする。

2. 耐震等級

住宅の品質確保の促進に関する法律「品確法」とは日本の住宅の性能に関し表示すべき事項及びその表示の方法を定めたものであり、住宅の地震に対する構造躯体の倒壊、崩壊等のし難しさに関わる規定がある。品確法では、建築基準法で数百年に一度発生する地震（東京では震度6強から震度7程度）の地震力に対して倒壊、崩壊しないとされている建物の性能を耐震等級1とし、その1.25倍の震度に耐え得る建物を耐震等級2、1.5倍の震度に耐え得る建物を耐震等級3としている。1.5倍の震度とは1995年の阪神淡路大震災の際に神戸海洋気象台で観測された地震動JMA神戸と同等程度である。

近年ハウスメーカー等の住宅には耐震等級3を満足するといわれる建物が施工されている。伝統木造構法でも耐震等級3の建物を実現することは可能であるかどうか、任意の建物モデルに下記に示すwallstatを用いた解析によって検討を行う。

3. wall stat

伝統木造構法の耐震性を判断するために建築研究所開発のwallstat(ver.1.12.4)を用いて解析を行った。wallstatはパソコン上で数値解析モデルを作成し、振動台実験のように地震動を与えた場合の挙動をシミュレーションすることで、変形の大きさや倒壊の有無を視覚的に確認することが可能なソフトである。

その評価精度は伝統的構法の設計法作成及び性能検証実験検討委員会が行った、木造建築物の実大振動台実験の結果と3次元詳細解析の比較において検証されている。

4. モデル概要

解析には、伝統的構法の設計作成及び性能検証実験検討委員会が実施した「伝統木造住宅実大実験」に用いた試験体 No. 1 の平屋建てを参考に作成したモデルを使用する。以下がそのモデル概要である。モデルごとの寸法を表1に示し、耐震等級1と耐震等級3の各壁量の壁配置及びモデル図面を図1に示す。壁は土佐漆喰壁とした。

壁：土佐漆喰壁(厚さ:8.6mm)

2P(1P=910mm)

延べ面積：4間×6間、79.49 m²

軒高：3.43m

最高の高さ：3.46m

屋根：瓦葺き屋根

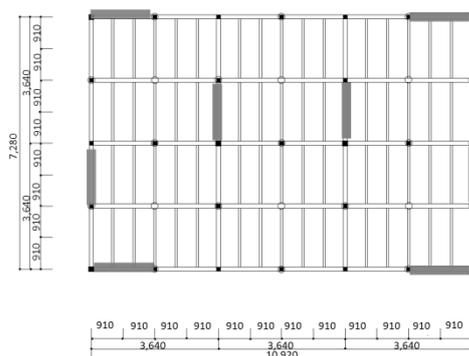
床：杉板

柱：杉 (E=8.5 kN/m²)

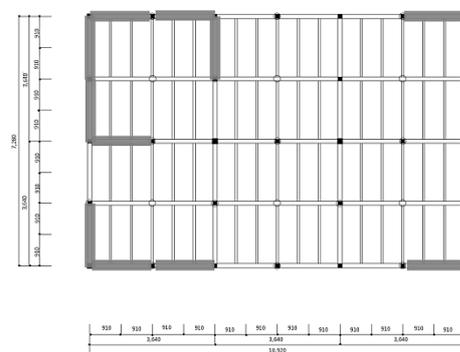
梁：杉 (E=12.0 kN/m²)

表1 各モデル寸法

| モデル | 壁(枚) | 柱(mm) | 梁(mm×mm) | 仕口 | JMA神戸 | JMA神戸×1.5 |
|-----|------|--------------|-------------------------------|------------------|-------|-----------|
| ① | 8 | 120角 150角 | 120×150 120×240 150×240 | a-1 b-1 c-1 d | × | |
| ② | 14 | 120角 150角 | 120×150 120×240 150×240 | a-1 b-1 c-1 d | × | |
| ③ | 14 | 120角 150角 | 120×240 120×270 150×270 | a-1 b-1 c-1 d | × | |
| ④ | 14 | 150角 180角 | 150×240 150×270 180×270 | a-1 b-1 c-1 d | × | |
| ⑤ | 14 | 150角 180角 | 150×150 150×240 180×240 | a-2 b-1 c-1 d | ○ | |
| ⑤* | 14 | 150角 180角 | 150×150 150×240 180×240 | a-3 b-1 c-1 d | ○ | |
| ⑥ | 14 | 150角 180角 | 150×240 150×270 180×270 | a-2 b-2 c-2 d | ○ | ○ |
| ⑥* | 14 | 150角 180角 | 150×240 150×270 180×270 | a-3 b-3 c-2 d | ○ | ○ |
| ②* | 14 | 120角 150角 | 120×150 120×240 150×240 | a-2 b-1 c-2 d | ○ | ○ |

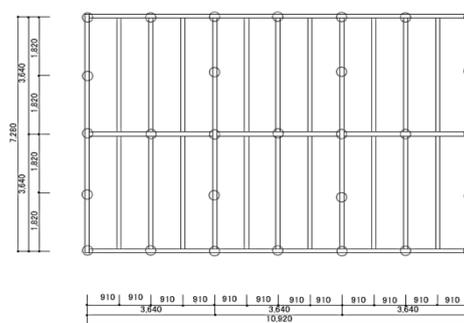


耐震等級1の壁量

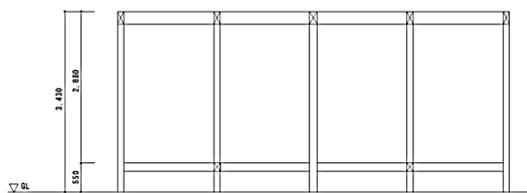


耐震等級3の壁量

モデル床伏図



モデル小屋伏図



モデル断面図

図1 壁配置図及びモデル図面

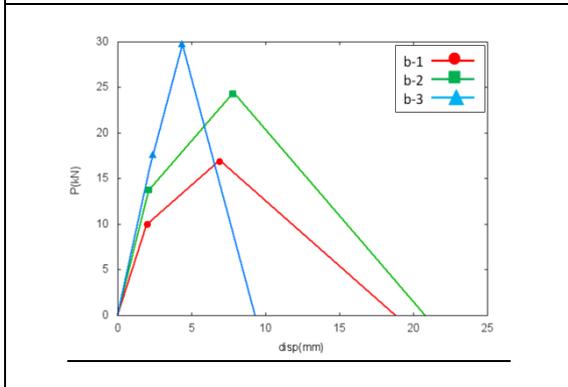
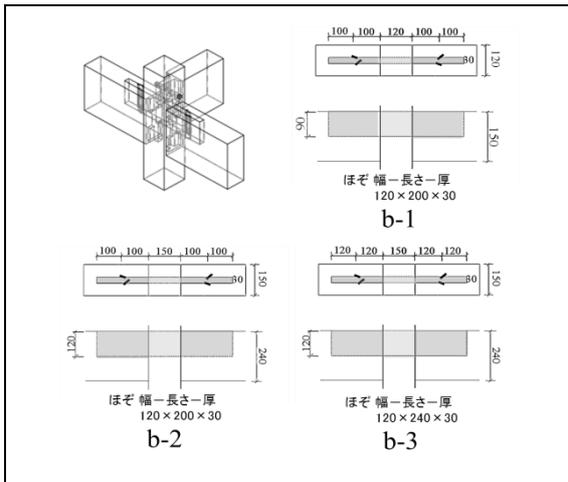


図2 雇いほぞ車知込栓

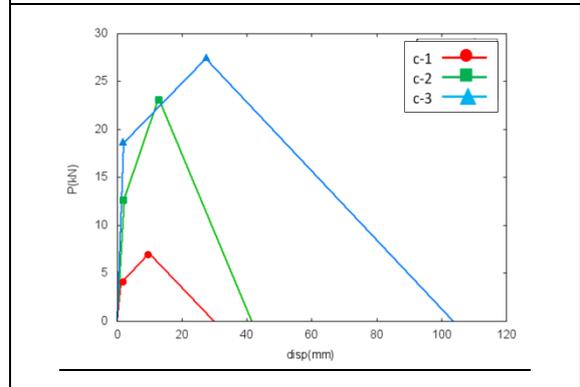
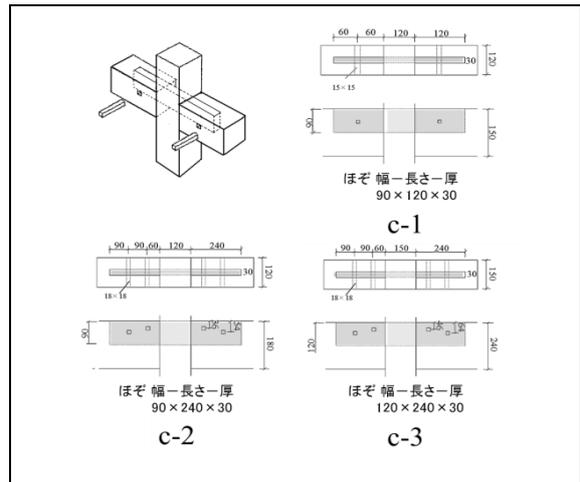


図3 雇いほぞ差込栓

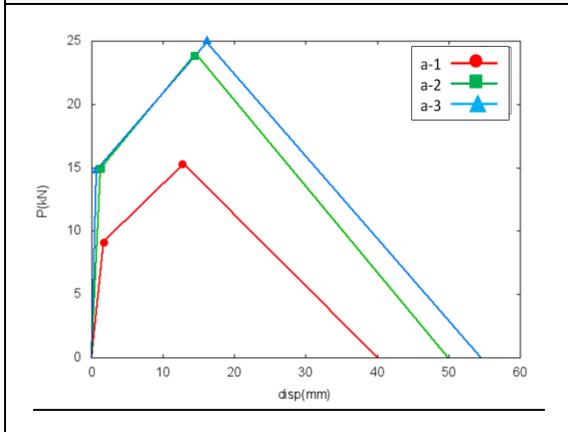
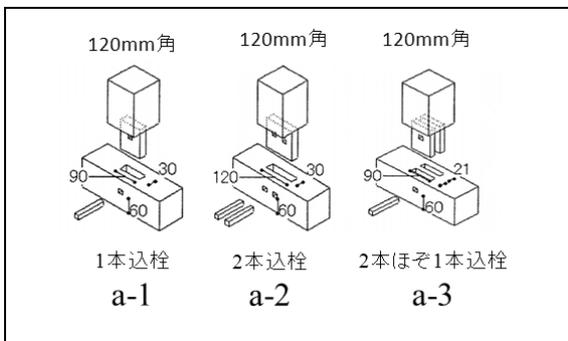


図4 長ほぞ差込栓

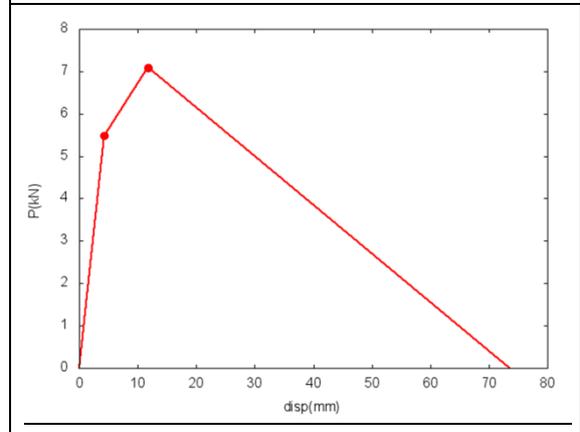
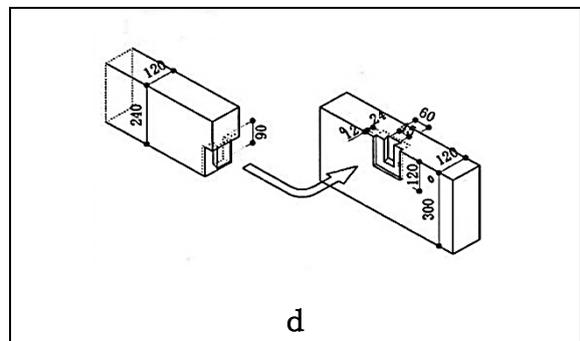


図5 兜蟻

5. 復元力特性

土佐漆喰壁の復元力は高知高専により行われた「土佐漆喰壁の繰り返し载荷実験」で得られた荷重・変位の値を独立行政法人森林総合研究所の軽部正彦氏が作成した特徴点抽出ツール pic point を用いて求めた。図 6 に土佐漆喰壁の復元力のグラフを示す。

接合部仕口は

柱頭柱脚：長ほぞ差込栓

床梁（x 方向）：雇いほぞ差込栓

床梁（y 方向）：雇いほぞ車知栓

根太・天井梁：兜蟻

である。モデルによって異なる柱梁寸法ごとに仕口寸法も異なるものを用いる。図 2 から図 5 に仕口寸法と復元力のグラフを示す。

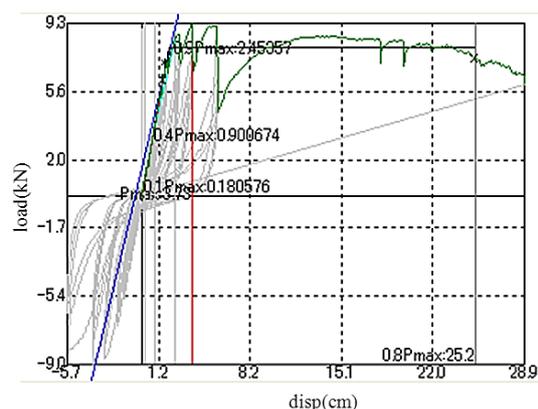


図 6 土佐漆喰復元力特性

6. 解析と結果

モデル①の 2P 壁 8 枚という壁量は、耐震等級 1 の必要壁量に匹敵する。モデルを耐震等級 3 の建物とするためには、計算上壁量は 2P 壁を 8 枚から 14 枚に増やす必要がある。そこで、14 枚の 2P 壁を配置し直したモデルを表 1 の②～②´とする。

②～②´においては、部材寸法や仕口復元力を変えることで、どのような条件であれば大きな揺れに耐え得るのかを検討するため、それぞれ柱梁寸法や仕口の復元力の組み合わせが異なるものとする。解析方法はモデル全てに加振(JMA 神戸 3 方向)を行い、それによる倒壊の有無について検討する。

モデル①と壁量を増やしたモデル②を比較すると、耐震等級 1 に相当するモデル①が倒壊しなかったのに対し、壁量を増やし耐震等級 3 の基準に満たしたはずのモデル②が倒壊した。梁寸法を上げたモデル③と柱梁寸法を上げた④はどちらも倒壊し、柱仕口寸法を上げたモデル⑤も倒壊した。柱梁仕口寸法を上げたモデル⑥は倒壊に至らなかった。柱梁寸法はモデル②と同じく仕口寸法のみを上げたモデル②´に加振を行ったが倒壊に至らなかった。全モデルの内、倒壊しなかったのは梁部分の仕口寸法を上げたモデル⑥②´であった。倒壊しなかったモデル⑥②´に JMA 神戸のさらに 1.5 倍の大きさの加振を行うと柱梁寸法を上げたモデル⑥は倒壊しモデル②´は倒壊に至らなかった。しかし⑤⑥の仕口寸法をさらに上げたところ⑤´⑥´は倒壊に至らなかった。

7. まとめ

解析の結果、壁量を増やした場合壁からの荷重を多く受けるのは接合部であり、接合部である仕口の寸法が倒壊に影響を与えることが分かった。伝統木造構法の建物であっても耐震等級 3 とすることは可能であるが、耐震等級の向上に伴い壁量が増えることで仕口寸法も上げる必要がある。また、柱梁に太い材を使用する場合には仕口寸法も太さが必要となる。本研究では仕口寸法を大きくする他に込栓やほぞの本数、雇いほぞの長さ等を変えても仕口の接合を強くした。

参考文献

- [1] T. Nakagawa, M. Ohta, et. al. "Collapsing process simulations of timber structures under dynamic loading III: Numerical simulations of the real size wooden houses", Journal of Wood Science, Vol. 56, No. 4, p. 284-292 (2010)
- [2] 村本真, 小田憲史, 西岡建雄土佐漆喰壁の繰り返し载荷実験
- [3] 伝統的構法木造建築物の実大振動台実 2010 年度報告書
- [4] 建築関係法令集 法令編(平成 25 年度版)