

木質複合建築構造技術の開発

—中層木造建築物用の高耐力耐力壁—

正会員 ○山口修由*、山竹美尚**
同 岡部 実***中層建築物 集成材構造 耐力壁
水平加力実験 構造計算 合板

1. はじめに

(独) 建築研究所と国交省国総研は、平成11年度から15年度にかけて、「木質複合建築構造技術の開発」(木質ハイブリッド総プロ)を実施し、(独) 建築研究所では、さらに17年度までそのフォーアップ研究を実施している。[1] この木質ハイブリッドの研究では、防火上の制限により実現が難しかった中層木造建築物を、耐火性能を持つ木質部材を用いることによって、実現可能にすることを目標の一つにしている。耐火性能を持つ木質部材としては、石こうボード等により被覆した木質部材がある。枠組壁工法では、認定を受けた耐火構造仕様の耐力壁等を用いて、耐火建築物の建設が始まっている。本研究では、耐火被覆を施すことを前提に、大断面集成材軸組部材と合板耐力壁を用いた中層建築物を実現するために、モデル建物の試設計等を行い、その実現可能性を検討した。本報では、耐力壁の要求性能の計算、必要性能を持つ耐力壁の設計、耐力壁の性能検証用水平加力実験の結果、構造計算により求めた耐力値の妥当性について報告する。

2. 耐力壁の必要性能

5階建程度の中層木造建築物において必要となる耐力壁の性能を把握するため、5階建て事務所建物を木造で設計する試設計を行った。試設計仕様は、耐力壁付きラーメン構造で、地震時設計用荷重は、 3.8kN/m^2 (標準階、木床 0.98kN/m^2 、積載 0.784kN/m^2 を含む) とした。柱梁の材料は、LVL(120E)。柱寸法 500×500 。梁寸法 300×700 、 300×800 。柱梁接合部は、鉄筋挿入拘束接合 (RH工法、梁端剛性 $112,700\text{kNm/rad}$ 、柱端剛性 $75,920\text{kNm/rad}$) とし、耐力壁は仮仕様としてLVL(3~5階は $t=20$ 、1~2階は $t=30$)、パネルの剛性を直接ブレース置換とした。地震時応力によると、耐力壁は 55kN/m の水平力を負担する性能が必要となる。これは、倍率(1.96kN/m)換算で28倍程度である。

3. 耐力壁の試設計

戸建て規模の木造建築に用いられる耐力壁は、通常 10kN/m (壁倍率 5) 程度である。試設計では、耐力壁は 55kN/m (壁倍率 28) 程度の性能が必要となっており、中層木造建築物用の耐力壁では、従来の耐力壁を大幅に上回る耐力性能が必要である。このような中層木造建築物用の高性能耐力壁を実現させるために、2章における耐力壁とは別に、接合部を含めて 40kN/m (壁倍率 20) 程度の性能を持つ耐力壁の設計を行い、耐力壁各部の寸法、仕様等を定めた。

4. 耐力壁の水平加力実験

4.1 試験体

3章で設計した耐力壁の性能を確認するために、水平加力実験を実施した。3章で設計した耐力壁の寸法、仕様を満たす試験体を図1に示す。試験体仕様は、集成材 (ベイマツ E105-F345、平均含水率 12~13%) の軸組構面の内部に縦横の受け材 (SPF, LS12@300) を設け、受け材の両面に 18mm 厚の JAS 2級針葉樹合板 (910×2420×18、カマツ、平均含水率 6%) を CN65 (外周縦@50、外周横 3列@50、内部@100) で釘打ちした、真壁方式の耐力壁とした。ただし、予算の関係で試験体軸組の柱梁は、2章の試設計で想定された部材よりも小寸法とし、柱の上下端は鋼製ダボ ($4-\phi 20$) で水平方向の動きを拘束し、柱の引き抜けは、タイロープ ($\phi 24$) で拘束した。

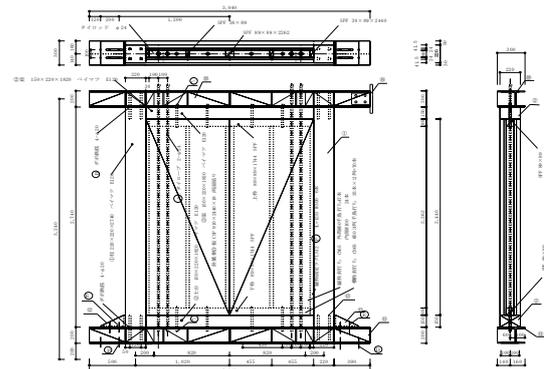


図1. 耐力壁試験体図

4.2 実験方法

建築研究所において、正負交番繰り返し水平加力実験を行った。加力手順は、指定認定機関が定めた試験業務方法書に準拠して、以下の手順とした。なお、加力速度は 0.4mm/sec とした。加力は変位制御とし、真のせん断変形角で、 $1/600$ 、 $1/450$ 、 $1/300$ 、 $1/200$ 、 $1/150$ 、 $1/100$ 、 $1/75$ 、 $1/50$ 、 $1/30$ の3回繰り返しとした。

4.3 実験結果

試験体は、 $1/30$ の3回繰り返し加力を行った後、 $1/20$ 、 $1/15$ の1回繰り返しを行い、その後の手動制御による強制変形を加えた。最終的に、合板の上下梁へのめり込みが顕著となり、 273mm 変形時に合板を上枠に釘打ちした付近で、合板が横一線にちぎれるように破断した。荷重変形曲線を図2に示す。実験結果のまとめを表1に示す。最大耐力の正負平均

値は 187.98kN、許容耐力は 1/200rad 変形時の耐力を用いた場合 61.39kN、1/150rad 変形時の場合 73.43kN、1/120rad 変形時の場合 85.35kN であった。壁倍率に換算すると 1/200rad 変形時の耐力は $61.39/(1.82*0.2*9.8)=17.2$ である。ただし、許容耐力を 1/120rad 時の変形から計算すると、 $85.35/(1.82*0.2*9.8)=23.92$ である。これらの許容耐力値は、最大耐力の 1/3 および 1/2.2 であり、余裕のある数字である。また、構造特性係数 D_s は 0.38 で、高耐力のわりには比較的「ねばり」のある耐力壁といえる。

表 1, 水平加力実験の結果

見掛けのせん断変形	正負繰り返し加力		
	正	負	平均
① 降伏耐力 P_y (kN)	141.28	-99.88	120.58
降伏変位 D_y (mm)	38.57	-35.91	37.24
剛性 K (kN/cm)	36.63	27.82	32.23
終局耐力 P_u (kN)	189.75	-151.46	170.61
終局変位 D_u (mm)	273.10	-167.92	220.51
塑性率 μ	5.27	3.08	4.18
構造特性係数 D_s	0.32	0.44	0.38
② $0.2P_u \times \sqrt{2\mu-1}$ (kN)	117.13	-68.85	92.99
③ $2/3 \times P_{max}$ (kN)	137.76	-112.87	125.32
P_{max} (kN)	206.64	-169.31	187.98
1/300 (rad.) 耐力 (kN)	57.99	-39.74	48.87
1/200 (rad.) 耐力 (kN)	70.24	-52.53	61.39
1/150 (rad.) 耐力 (kN)	82.58	-64.27	73.43
④ 1/120 (rad.) 耐力 (kN)	95.33	-75.37	85.35
1/60 (rad.) 耐力 (kN)	145.31	-109.15	127.23
短期基準せん断耐力 P_0			85.35

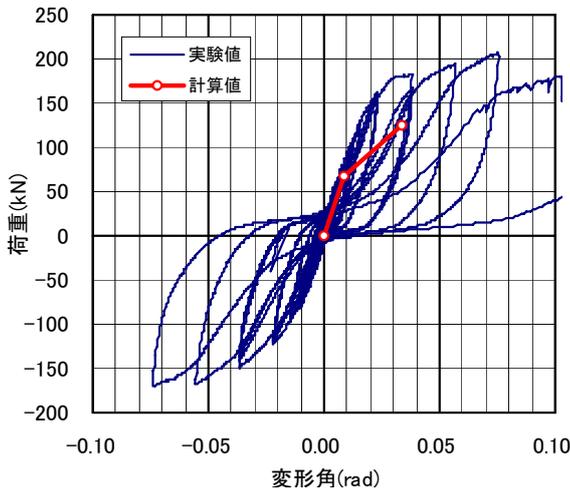


図 2, 耐力壁の荷重変形曲線

5, 耐力壁の耐力と変形の計算

真壁方式の耐力壁を対象とした耐力と変形の計算法が提案されている。[2] この計算法は、木造軸組工法住宅を対象としているために、本実験のような集材材構造で、高耐力の耐

力壁に対して適用可能か検討を行った。本実験では、910mm 幅の 2 枚の合板を連続した耐力構面を、両面張りとして使用した。表 2 に耐力と変形の計算に使用した主要パラメータを示す。耐力壁の計算値は、耐力壁の周囲に打たれた「接合具」による耐力と、周辺枠に対する「面材のめり込み」による耐力の加算値となり、図 3 中の「構面」および図 2 中の「計算値」として示す。

計算による 1/150rad 時の耐力、降伏耐力、終局耐力は、それぞれ 50.9kN、68.2kN、125.4kN で、実験値はそれぞれ 73.43kN、120.58kN、170.61kN であった。計算耐力は実験値の 55～70% 程度を示し、計算によって安全側の耐力評価が可能であることが明らかになった。

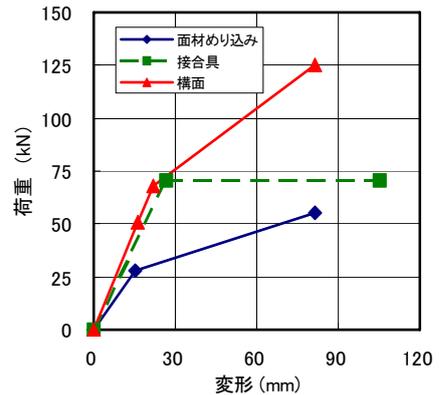


図 3, 耐力と変形の計算値

表 2, 耐力・変形計算用主要パラメータ

面材	樹種	厚さ t (cm)	短辺寸法 W (cm)	長辺寸法 H (cm)	せん断剛性 C_B (N/cm ²)	隙間係数 λ
	カラマツ		1.8	91	242	39,200
受材	樹種	幅 B (cm)	奥行 Z_0 (cm)	めり込み降伏応力度 F_m (N/cm ²)	全面横圧縮ヤング係数 /50, ET (N/cm ²)	繊維直交方向を置換する係数 n
	スプルース	3.8	8.9	588	13,720	5
軸材	パイン	22	22	882	19,600	7

6, 謝辞

本研究は国土交通省総合技術開発プロジェクト「木質複合建築構造技術の開発」(委員長:坂本功 東京大学教授)の木質システムWG(主査:有馬孝禮 宮崎県木材利用技術センター長)における研究の一環として実施されたものである。WGの工学院大学の宮澤健二先生はじめ各委員及び近畿大学の村上雅英先生に深甚なる謝意を表す。

7, 参考文献

- [1] 木質複合建築構造技術の開発、平成15年度報告書、構造分科会、平成16年3月、(独)建築研究所。
- [2] 村上雅英、地震に強い木造住宅パフェクトマニュアル、2003年1月17日、(株)エクストレッジ

* 独立行政法人建築研究所 主任研究員
 ** (株)RHS技術研究所 代表取締役
 *** (財)ベターリビング筑波建築試験センター 主席研究員

*Senior Research Engineer, Building Research Institute
 ** President, RHS Technical Laboratory Inc.
 *** Chief, Center for Better Living.