

紀州材を用いた次世代多用途ハウスの開発 ～ ハニーロッジの開発 2014 ～

谷畑伸一郎^{*1}

Development of the next-generation multiuse house using the Kishuu wood
～ Development of Honey Lodge 2014 ～

Shinichiro TANIHATA

建築施工システム技術科では、2010年度に企業(有限会社 溝口工業所^{*2})との共同研究として紀州材を使用した“サニーロッジ”の開発を始めた。サニーロッジとは、本企業が企画した木造の柱が斜め(妻側壁が5角形)というユニークなデザインが特徴の建築物である。しかし、木造建築物としてこのような形態の壁には法的に保有する耐力として検討できる数値を持たないため、サニーロッジの壁フレームに関して部材断面・金物について実験を通し確認・改善を図った。以降、全5年度にわたり開発に携わってきた。ここに取り組み概要を報告する。また、本研究は応用課程開発課題を絡めて実施しており、学生の取り組みについても報告する。

1. はじめに(共同研究の背景・経緯)

有限会社 溝口工業所(以下、溝口工業所という)は、2006年度に和歌山工業高等専門学校「紀州材を用いたデザインセミナー」において「ムーンロッジ」を考案した。ムーンロッジは、図1のように壁に勾配があることが特徴で、図2のように5角形のフレームを連立させる構造となっている。



図1 ムーンロッジ

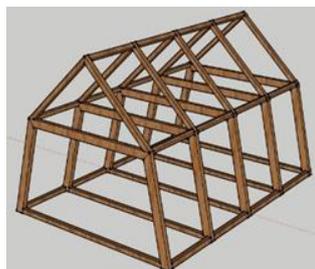


図2 ムーンロッジ構造

その後、溝口工業所からムーンロッジの規模の拡大に併せて強度の測定について協力の依頼を請け、2010年度から近畿職業能力開発大学校と溝口工業所による研究開発を開始した。

この拡大版ムーンロッジ(以下、サニーロッジという)の研究を皮切りに、実施工を通した施工性の確認・仕様のモデルチェンジ(以下、ハニーロッジという)など全5年に渡り研究を重ねてきた。各年度の取り組みは以下の通りである。

- ・ 2010年度：サニーロッジの開発
- ・ 2011年度：ハニーロッジ(六角型)の開発、ハニーロッジ(六角型)強度実験、ハニーロッジ(六角型)の1/2スケール施工
- ・ 2012年度：ハニーロッジ(六角型)の1/1スケール施工
- ・ 2013年度：ハニーロッジ(八角型)の二層化開発、ハニーロッジ(八角型)の1/2スケール施工、八角型の変化に伴う金物の検討開発
- ・ 2014年度：ハニーロッジ(八角型)の1/1スケール施工、耐力壁開発と強度実験

2. サニーロッジの検討

サニーロッジとは、ムーンロッジ同様に壁に勾配が付いている点の特徴であり、一般的な木造建物と異なる造りとなっている。構造的には、木材及び接合金物によって形成したフレーム(図4)により水平力に抵抗しており、この強度を測定し検証するのが研究の狙いである。

2010年度に強度実験を重ね、部材断面・建築金物を決定した(図3・4)。

成果としてモデルハウス(図5)が建築され、商標登録証(図6)を取得した。現在は和歌山県を中心に販売されている。

*1 建築施工システム技術科

*2 有限会社 溝口工業所
〒644-0025 和歌山県御坊市塩屋町北塩屋 714
代表取締役社長 溝口勝己



図3 実験風景①



図4 実験風景②



図5 サニーロッジ(モデルハウス)



図6 商標登録証

3. ハニーロッジの検討

2011年度は、新たなサニーロッジの開発・企画を行った。サニーロッジのフレームを活用し、平面形が正六角形となるモデル(学生によりサニーロッジとハニーロッジと命名された)とした。難解な木材加工とともに、接合金物もより複雑となるため、2年度に渡る計画とした。初めの2011年度は、金物検討と木材加工図・施工性(施工要領書作成)を確認するために材長1/2スケールモデル(断面寸法1/1スケール)を施工した(図7~10)。加えて、既存サニーロッジとの複合化の検討(図11)について取り組んだ。

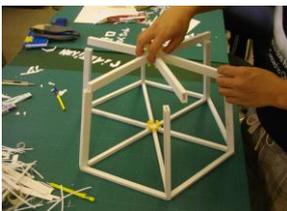


図7 スタディ模型



図8 デイテール検討模型



図9 部材加工



図10 ハニーロッジ 1/2 施工

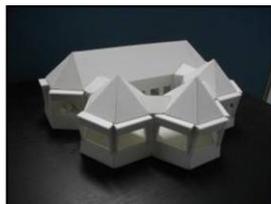


図11 ハニーロッジ複合型

翌2012年度に実大スケールモデルの施工に取り組んだ(図12・13)。併せて新たなモデルの検討(図14・15)も行った。



図12 大引き施工



図13 外壁施工



図14 平面形変更モデル

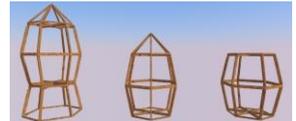


図15 2層モデル検討

4. ハニーロッジモデルチェンジの検討

2012年度に検討した新たなモデルの中から2層化に着目した。併せて、六角形に比べベッドスペースの少なくなる八角形を検討した(図16・17)。

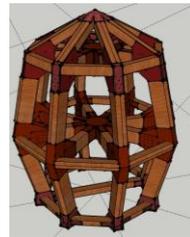


図16 2層型構造

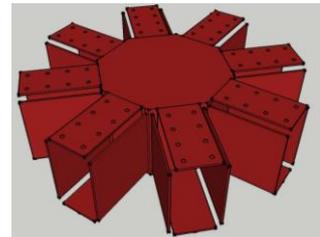


図17 金物検討

これまでのハニーロッジよりも金物と木材加工がさらに複雑となるため2年度に渡る計画とした。2011年度時と同様に始めの2013年度は、金物検討と木材加工図・施工性(施工要領書作成)を確認するために材長1/2スケールモデル(断面寸法1/1スケール)を施工した(図18~21)。

同時に、フレームの強度実験を行い、得られたフレームの壁倍率を基に壁量計算を行ったところ、風圧力に対して2層型の1層部でNGの結果となった。不足する壁量は、外壁で補うこととし、耐力壁としての仕様を検討した。詳細は後述する。



図18 柱・梁接合



図19 廻り梁接合



図 20 昇り梁接合



図 21 軸組完成

2年目となる2014年度に、2層型のうち2層部の実大スケールの施工(図22~25)を行い、施工要領書を作成した(図26)。

なお、平面が八角形となったためハニーロッジの名称は適さないが、新名称は決まっていない。

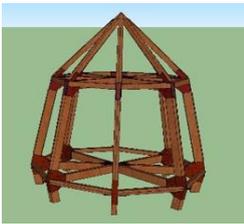


図 22 2層部構造



図 23 外壁施工



図 24 防水シート施工



図 25 内装施工

<p>※完成後 で方 2層部中央 部物吊り 上げ</p> <p>図 9 2層部中央部物吊り作業</p>	<p>※完成後 で方 2層部中央 部物吊り 上げ</p> <p>図 10 2層部中央部物吊り作業</p>	<p>※完成後 で方 2層部中央 部物吊り 上げ</p> <p>図 11 2層部中央部物吊り作業</p>	<p>この時に2層部中央部物吊り作業を行う。この時に2層部中央部物吊り作業を行う。この時に2層部中央部物吊り作業を行う。</p>	<p>この時に2層部中央部物吊り作業を行う。この時に2層部中央部物吊り作業を行う。この時に2層部中央部物吊り作業を行う。</p>
---	--	--	--	--

図 26 施工要領書(抜粋)

5. 強度実験および壁量計算

(1) 実験の方針

共同研究の中で各種検討・施工の他に、耐力についての実験と計算を行ってきた。

主な実験は、面内せん断試験であったが、当校の試験機の大きさの都合でほとんどの実験において、実大スケールの試験体が試験機に納まらない。そこで、試験体のスケールを断面は変えずに長さのみを1/2, 2/3, 3/4 スケールとしたモデルを実験し、得られた値から実大スケールの耐力を推定することと

した。具体的には、4つの指標【降伏耐力 P_y , $P_u \cdot (0.2/D_s)$, $P_{max} \cdot 2/3$, P_{120} 】ごとに各スケールで得た値をグラフ上にプロットし、近似曲線から1/1スケール時の値を推定した。採用値は4つの指標から最も安全側となる最小値とした。

(2) 試験体タイプ

壁の形状は、通常の台形型(図27)、2層型の1層目に当たる逆台形型(図28)、組み合わせとして生じる可能性のある柱垂直型(図29)の3タイプについて実験(図30)を行った。

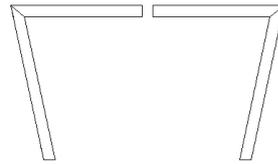


図 27 台形型



図 28 逆台形型



図 29 柱垂直型



図 30 実験風景

(3) 実験結果

得られた耐力を基に壁倍率を算定し、建築基準法施行令第46条により規定される壁量計算を行う。設計壁量 \geq 必要壁量を満たしているかを確認する。2012年度までのモデルではこの基準は満たしていたのだが、2013年度仕様の2層型モデルにおいては1層部で表1の通り、NGの結果となった。

表 1 従来壁充足の判定

階	必要壁量 (cm)	存在壁量 (cm)	検定 (充足率1.0以上を確認)
3	0	0	OK
2	492.66	667.33	OK
1	1,157.73	388.60	NG

ここではこのNGに対する対応について記述する。壁量計算の式を「壁充足率 = 設計壁量 / 必要壁量」の式に置き換えると壁充足率 ≥ 1.0 を満たす必要がある。数値の大小の加減でどの程度満たされているかの判断となる。表2の通り、暴風時において、壁充足率0.34と大きな壁不足の評価となった。

表 2 従来壁充足の判定

階	必要壁量 (cm)		存在壁量 (cm)	壁量充足率	
	地震	風圧		地震	風圧
3	0	0	0	-	-
2	264.11	492.66	667.33	2.53	1.35
1	299.23	1,157.73	388.60	1.30	0.34

対応としては、フレームの仕様変更を行うとこれまでの実験の積み重ねが無と化してしまうため、フレーム以外の耐力要素として外壁に着目した。もともと外壁は施工性向上のためのパネル化を検討していたため、同時に強度を持たせるパネルとなるよう検討した。8面ある外壁のうち半分の4面は開口部とし、残る4面を耐力壁として評価することとした(図 31・32)。パネル化した外壁の実験結果をこれまでのフレームに加えると、表3の通り、壁充足率は1.0を越えたため、壁量計算の規定はクリアすることができた。

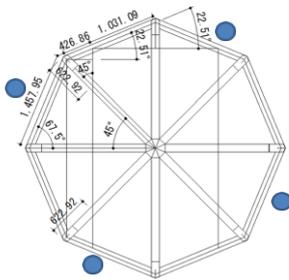


図 31 耐力壁追加箇所

図 32 実験風景

表 3 再計算後壁充足率の判定

階	必要壁量 (cm)		存在壁量 (cm)	壁量充足率	
	地震	風圧		地震	風圧
3	0	0	0	-	-
2	264.11	492.66	657.37	2.49	1.33
1	299.23	1,157.73	1,440.45	4.81	1.24

することができず、多くの作業が応用的な取り組みとなった。必要な情報を平面図・断面図の2次元図面から読み取るのは難解であり、作成するのはさらに難解である。そのために3次元で検討しようやく立体的なイメージに繋がることになる。また、複雑がゆえに施工するたびに新たな問題に気づき、その都度問題解決を図ってきた。5年間の継続した共同研究とはいえ、学生にしてみれば、毎年メンバーが変わるため初めての経験となる。そのため、毎年先輩の作成した図面の読み方や加工技能を理解することから始まる。過去1年間で得られた技能・技術を短時間で習得するのは大変であったと思われる。

しかしながら、机上の検討に留まらない実施工を行うことと数多く発生する問題を解決することで大きな達成感は得られたと思う。特に、成果物が市場に出るというモチベーションは他には得られないのではないかと考える。

ポリテックビジョン 2015 においては、最優秀作品賞を得ることができた。5年間の各年度のゼミ学生には労いととも感謝申し上げる。



図 35 2014 年度完成 図 36 PV 最優秀作品賞記念

6. プラン集

サニーロッジ・ハニーロッジの組み合わせによる建築例を検討した。一部を掲載する。

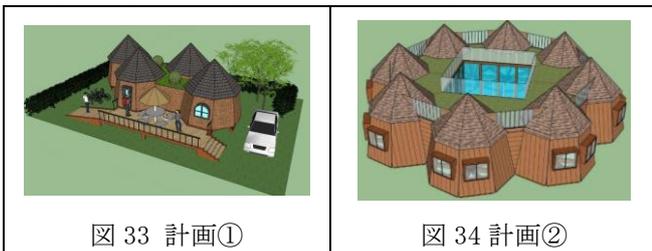


図 33 計画①

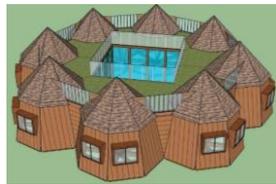


図 34 計画②

7. 学生の取り組み

建築施工システム技術科では、標準課題において、鉄筋コンクリート・木・鉄骨の各構造の施工実習を行っている。本共同研究では木造ではあるものの壁に傾斜があることからあらゆる部材に勾配が生ずるため非常に複雑となる。標準課題の経験を直接生か

8. まとめ

本紀要は、2014 年度に5年間の共同研究を総まとめとして整理してくれた学生の報告書を基に加筆している。その報告書の結びには、「総まとめを通して共同研究の一連の流れを理解することができ、共同研究の全貌を理解することができた」とある。年度ごとに一定の成果として区切ってきたものの年度ごとの活動は連動している。その流れが整理しないと見えないほど長きに渡った研究だったのだと感じる。

本研究に際し、溝口工業所関係の皆様には多くの助言・資材提供・技術指導を賜りました。学生にとっても、企業とのミーティングや議事録作成などは社会と接する貴重な機会でありました。感謝申し上げますとともに共同研究で取り組んだサニーロッジ・ハニーロッジがより広く普及することを願っております。