

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 2013～

谷畑伸一郎*

Development of the next-generation multiuse house using the Kishuu wood

～ Development of Honey Lodge 2013～

Shinichiro TANIHATA

要約

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、この企業が開発した木造の柱が斜め（妻側壁が五角形）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、2010年度は、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改善を図り、壁倍率を推定する目的で実施した。以降2011年度では、このサニーロッジを継承した新たなサニーロッジの展開を図り、2012年度には実スケールによる施工によって各種検証を実施し、2013年度には2層化モデルに取り組んだ。また、本研究は応用課程開発課題も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）

2010年度、共同研究として有限会社 溝口工業所（以下、溝口工業所という）とともに紀州材を使用したサニーロッジの開発に取り組んだ。サニーロッジとは、図1の通り、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2）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った。



図1 サニーロッジ



図2 サニーロッジのフレーム

2011年度は、この共同研究を継承し、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、2011年度は、1/2スケールモデル（断面寸法は1/1スケール）の施工（図3）を通した施工性の確認（施工要領書作

成）・金物図の作成・既存サニーロッジとの複合化の検討（図4）について取り組み、2012年度に実大モデルの施工を行うこととした。この新たなモデルは、サニーロッジと区別するためにハニーロッジと命名した。



図3 ハニーロッジ 1/2 施工

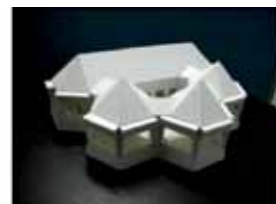


図4 ハニーロッジ複合型

2012年度は、計画通り実大スケールモデルの施工に取り組む（図5・6）、躯体軸組の作成を行い雨仕舞いのための防水処理まで行った。併せて新たなモデルの検討（図7～10）も行った。



図5 大引き施工



図6 外壁施工

本共同研究は、応用課程開発課題としても取り組

*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

み、学生主体で実施したものである。開発課題としての取り組みとしても併せて報告する。なお、本研究は、紀州材の使用促進を目的としたフェンド事業でもある。



図7 平面形変更モデル



図8 二層モデル検討①



図9 複合型モデル検討②



図10 複合型モデル検討③

2. 研究の目的

2012年度に取り組んだ新たなモデルの中から図8の2層化に着目し(図9⁺)、商品開発を目指した。単年度での完結が困難であることから、2カ年計画とし、最初の1年で金物の開発、1/2スケールの施工を通した金物の検証・施工(図9⁺)、2層模様の確認、施工要領書の作成を目指し、2年目において実大スケールの施工・施工性向上を目指すこととした。2013年度の目的は、以下の3点となる。

- (1) 複合型2階建検討：金物検討・施工計画
- (2) フレームの面内せん断試験
- (3) 複合型2階建1/2スケール施工・施工要領書作成

3. 複合型2階建検討

今回取り組むモデルは2階建てのため、従来の金物が使用できない。また、これまでになく複雑な形状となることから2Dによる検討が困難と判断し、3Dツールを活用し立体的な検討(図10⁺~13)を行った。

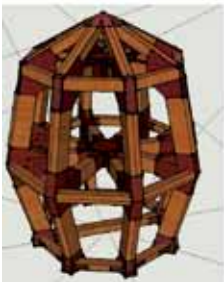


図10⁺ 図面の3D化

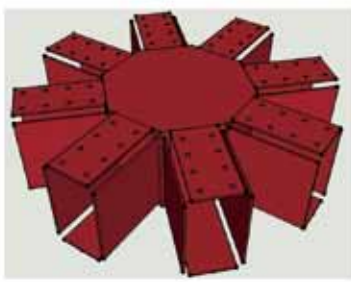


図11 金物検討①

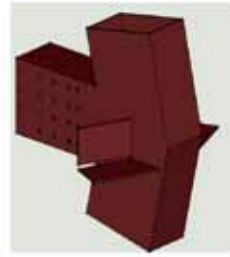


図12 金物検討②

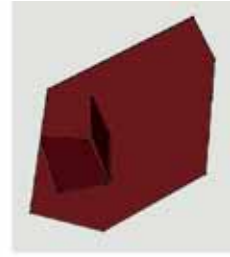


図13 金物検討③

また、3D化することで金物の検討と同時に木部の複雑な形状も木材加工図作成に向け活用できる。

金物形状の最終的な良し悪しおよび施工性は、パソコン上では判断できないため、1/2スケールの施工を通して結論付けることとした。

検討した金物は、溝口工業所により製造された。(図14・15)



図14 実金物①



図15 実金物②

4. 面内せん断試験

(1) 目的

2012年度までは、フレームの頂部(小屋組の上り梁)も強度を担うことから図2の形状として強度試験を行ってきた。しかし、屋根勾配を変更した際には強度の証明ができない、2層建物の1層部にフレームを使用すると頂部がないため、実験で得た壁倍率が使用できないという問題が生ずる。そこで、安全側でもあることから、頂部を除いた形状により強度実験することとした。試験体は、図16の逆台形型フレーム(1層部)、図17の台形型フレーム(2層部)、図18の柱垂直型フレームの3タイプとする。柱垂直型フレームについては、これまで検討してきた複合化には柱が垂直となるフレームも存在することから強度の確認を行うこととした。(図19)

(2) 実験方針

実験は以下の方針で行う。

- ・ 今実験では、実験機材の関係上1/1サイズのフレームでの実験は不可能である。したがって実験は、木材長さを1/2・2/3・3/4に変更した3種類のフレームで実験を行う。

- ・ 今回の検討対象の建物は2階建てのため、1階部分のフレーム（逆台形型）と比較対象として柱垂直型のフレームも既存のフレーム（台形型）と同じ条件で実験を行う。
- ・ その後各サイズの実験で得られたデータからそれぞれの壁倍率を算出し、そこから1/1サイズの壁倍率を推定する。



図16 逆台形型



図17 台形型



図18 柱垂直型



図19 実験風景

(3) 壁倍率算定

実験データ解析し、4つの指標ごとの壁倍率を算定した結果を表1にまとめた。3タイプいずれも120rad変形時の耐力で決まった。

表1 4つの指標ごとの壁倍率一覧

	降伏耐力 P_y	$P_u*(0.2/D_s)$	$P_{max}*2/3$	P120
柱垂直	1.24	0.72	2.21	0.53
逆台形	1.18	0.53	1.69	0.51
台形	1.04	0.68	1.73	0.67

5. 壁量計算

建築基準法施行令46条の壁量計算規定に従い算定した。表2の通り、存在壁量として対地震時には壁量は満足したが、対風圧時には大幅に耐力が不足している。

表2 壁量検定まとめ

X方向						
階	必要壁量 (cm)		存在壁量 (cm)	壁量充足率		検定 (壁量充足率1.0以上を確認)
	地震	風圧		地震	風圧	
3	0	0	0	-	-	OK
2	264.11	492.66	667.33	2.53	1.35	OK
1	299.23	1,157.73	388.60	1.30	0.34	NG

Y方向						
階	必要壁量 (cm)		存在壁量 (cm)	壁量充足率		検定 (壁量充足率1.0以上を確認)
	地震	風圧		地震	風圧	
3	0	0	0	-	-	OK
2	264.11	492.66	667.33	2.53	1.35	OK
1	299.23	1,157.73	388.60	1.30	0.34	NG

不足している耐力は、外壁8面のうち4面に面材を張ることで補うこととし、必要な壁倍率を逆算した。逆算すると、2.64倍以上の壁倍率を有する面材

を使用することで求められる壁量を満たすことが出来ることがわかった。ただし、要求を満たすよう建物の仕様に合わせた面材を検討し、面内せん断試験で強度確認する必要がある。これは次年度の検討事項である。

6. 複合型2階建1/2スケールの施工

次年度の実大スケールの施工を目指し、2013年度は、長さのみ1/2スケールで施工した。1/2スケールの目的は、検討した金物に問題がないかの確認である。そのため、断面サイズは1/1である。併せて、1/2スケールにおける施工性を確認し、施工要領書の作成も行った。形状は昨年度までの6角形から8角形とし、屋根勾配を45度から30度に変更した2階建てとする。

施工要領書は、事前に1/2スケールとしての仮作成し、施工後に気づいた点を加筆し写真を挿入しまとめた。また、実大スケールの施工要領書の叩き台となるよう、施工性は大きく異なるものの想像を加えながら記載した。建て方の流れをまとめると以下の通りである。

(1) 地組み

- ・ 柱を柱脚金物にはめ込み、コーチボルトを打つ。
- ・ 梁に金物を取り付ける。
- ・ 梁中央金物に梁を2本取り付け、対角長さ寸法・水平の確認をする。
- ・ 同様に、その他の梁を含めて上下面、側面をボルトで締め付ける。
- ・ クレーンで吊り上げた梁を柱に取り付けた金物にはめ込み、1フレームを完成させる。

(2) 建て方作業

- ・ クレーンでフレームを建て込む。(図20・21)



図20 フレームの移動 図21 フレームの設置

(3) 梁の取り付け

- ・ 梁を差し込み金物の墨に合わせ、水平、長さを確認した後に柱中央金物のボルトを締める。

(4) 柱の設置

- ・柱の梁用金物に梁を差しこむ。
- ・梁と柱の調整を行う。(図 22・23)
- ・対角線の寸法(ゆがみ確認)、柱脚間の寸法(柱の開き確認)を確認する。

(5) 残りの梁・柱の設置

- ・残っているすべての梁・柱を建てる。



図 22 柱・梁調整 図 23 梁ボルト取付け

(6) 土台の取付け

- ・柱と柱の間に土台を入れる。

(7) 建ちの精度確認と修正

- ・柱脚間の寸法の再確認。(図 24)
- ・寸法違いがあればターバックルを用いて、対角にある柱脚間の寸法を強制的に修正する。(図 25)



図 24 寸法の確認 図 25 ターンバックル取付け

(8) 土台金物

- ・土台と金物をコーチボルトで締めていく。

(9) 廻り梁の取付け

- ・寸法の確認を行い、はめ込む。(図 26)
- ・金物の余盛りが当たる部分は鑿で角をかきとる。(図 27)

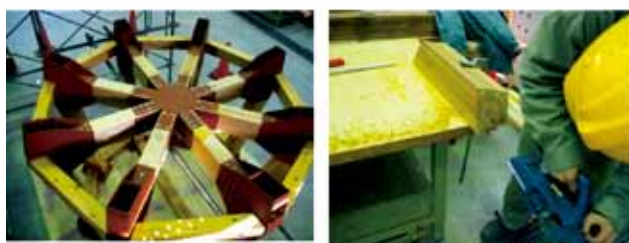


図 26 1階廻り梁取付け 図 27 かな削り

(10) 2階柱

- ・1階の柱と梁の入っている金物にはめていく。

(11) 2階梁

- ・地面で金物に梁を差し、ボルトで固定した後クレーンで梁を柱の位置まで下ろし梁と柱を金物で固定

する。

(12) 2階廻り梁の取付け

- ・廻り梁を金物にはめ込み、金物の隅肉が当たる部分は鑿で角をかきとる。

(13) 上り梁の取付け

- ・上り梁の下部を受け金物にはめ込む。
- ・上り梁の上部に頂点金物を取り付ける(図 28・29)



図 28 上り梁取付け 図 29 頂点金物取付け

(14) 床張り

- ・根太を取り付け、床合板を張る。

(15) 建て方作業終了(図 30)



図 30 1/2 スケール施工の完成

7. 終わりに

学生は、本共同研究を開発課題として取り組んだのだが、これまでに標準課題を経験しておりグループ学習としては本課題が集大成であった。標準課題と異なり正解がないため、あらゆる場面で多くの問題が生じ、その都度解決策を検討できたことも開発課題テーマとして適していたと感じる。学生は、制約のある期間と制限のある人数の中で、手戻りが生じないような事前検討・確認など、一人ひとりの役割と責任感が十分に発揮されたものと感じる。

2014年度は、本成果を踏襲し、施工性と強度を有する壁開発とパネル化に取り組み、実大スケールの施工を中心に行う予定である。

末筆ながら、本研究に際し溝口工業所関係の皆様には多くの助言・技術指導を賜りました。感謝申し上げます。