

間伐材を用いたログハウスの開発

— 環境にやさしいエコマテリアルの利用 —

近畿職業能力開発大学校 建築施工システム技術科 古本 勝則・望月 孝則

1. はじめに

応用課程の建設施工システム技術科における「総合施工・施工管理課題実習（開発課題）」26単位と「応用課題実習」12単位において、平成20年度に取り組んだ「間伐材を用いたログハウスの開発」について紹介する。

建築施工システム技術科の開発課題のテーマ設定は、学生自らがテーマ設定とグループ設定を行い、教職員がその内容を検討して、指導できるかどうかで決定している。しかし、具体性や予算等の問題もあり、学生側の提案をそのまま実施することは難しいことがある。

本報告の「間伐材を用いたログハウスの開発」は、和歌山県中小企業団体中央会からの紹介で、「すさみトライ・ウッド協同組合」から小規模ログハウスの施工法開発についての依頼があり、内容的に開発課題に相応しいと思われ、学生に提案して実施することとした。

このログハウスは、紀州産の間伐材の利用促進を目的として開発されたものであり、すでに和歌山市磯ノ浦の海水浴場の「海の家」や上富田町の「簡易郵便局」などの実績がある。さらなる間伐材の利用促進とログハウスの普及を行うためには、建築確認の不要な10m²以下の倉庫などを素人が日曜大工程度の技術で建てることのできる施工法の改良や施工手順のマニュアル化などが必要である。デザインのバリエーションの検討も依頼されたが、本年度はこ

の工法の理解と施工法の改良に重点を置くこととした。そこで、現地視察により施工法の把握し、実際に施工することで安全でかつ簡単な施工法のマニュアルを提案することにした。

「応用課題実習」では、構造耐力を壁倍率として評価することで、耐震性能について検討を加えることとした。また「建築生産環境論」2単位において、地球環境問題・CO₂排出・建設物副産物・産業廃棄物などについて学習しており、産業廃棄物処理場見学を通して、建築生産と環境問題についての高揚を図っている。

2. 間伐材について

樹木は太陽の光を葉に受けることで成長し、その木の成長によってCO₂を固定し、O₂を供給する。ところが、木の成長に伴い密集しすぎると、繁茂した木の葉によって日光がさえぎられ下草が育たなくなる。すると地表が荒れて土がやせ、木が育たなくなる。豊かな森林を育てるためには間引き（間伐）をして、太陽の光をあてることが重要である。

間伐材利用は、その対費用効果から伐採されてもほとんど利用されず、朽ち果てるまで山に放置されているのが現状である。木材需要の低迷等から間伐が円滑に利用されないため土壌が流出しやすく、気象災害を受けやすい過密化した森林も多くなり健全な森林の育成が大きな課題となっている。また現在、大きな問題とされている地球環境問題について、森林資源はCO₂排出ガスを吸収固定化する機能

として有効である。木材は資源循環型社会を目指すうえでも、その製造の際に要する消費エネルギーや大気中に放出されるCO₂が、鉄やコンクリートと比べると格段に少なく、地球環境への負荷のきわめて小さいエコマテリアルである。

3. 開発課題と応用課題のスケジュール

「開発課題」ではグループ作業で研究開発等を行うこととし、「応用課題」は開発課題等について、さらに掘り下げた内容を各学生がまとめる卒業研究の位置づけとしている。そこで、本課題について目標設定を行い、大まかな年間スケジュールを作成した。

表1 スケジュール概要

4月	開発課題テーマの検討
5月	テーマ決定・予備調査
6月	年間計画書作成
7月	現地調査
8月	調査報告書作成
9月	模型作製と施工法検討
10月	施工計画書作成
11月	実大ログハウス施工
12月	実大ログハウス施工とまとめ
1月	開発課題発表・応用課題検討と実施
2月	応用課題まとめと発表
3月	報告書提出

4. 開発課題の取組み

4.1 現地調査

開発方針の打ち合わせと現地調査を実施し、併せて和歌山の森林も視察することとした。

日時：平成20年7月12（土） 11：00～15：00

場所：和歌山県すさみ町

会社団体：すさみトライ・ウッド協同組合

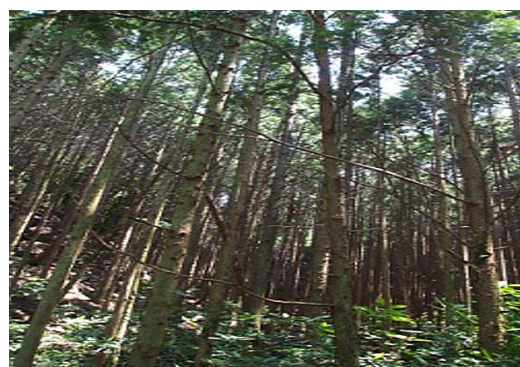


写真1 和歌山の森林



写真2 協同組合敷地内のログハウス



写真3 民家の物置小屋

4.2 開発するログハウスの特徴

すさみトライ・ウッド協同組合で開発されたログハウスは、丸太材を積み上げる一般的なログハウス工法とは異なり、在来構法の柱に溝加工を施して、柱間に間伐材の壁材を落とし込んだピーセンピース構法であり、施工手順を写真4に示す。

その特徴は、①柱や梁材は4寸（120mm）を基本とし、②柱面に溝を加工して間伐材の壁を挿入する（写真5）。③壁材は対角方向に背割を入れた90mm角を使用する。④背割方向にほぞ加工して柱溝に積み上げる（写真6, 7）。⑤900mm間隔で柱



写真4 ログハウス施工手順



写真5 柱と溝の寸法



写真6 ログ材の形状と重ね方



写真7 ほぞの形状

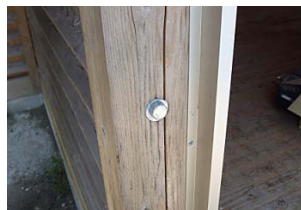


写真8 コーチスクリューでの緊結



写真9 模型製作状況

と壁材をコーチスクリューで緊結する（写真8）。
⑥梁材は壁材を組み上げた後に掛け渡す。

4.3 模型製作と施工法の把握

軸組は在来軸組構法とし、柱および開口部の間柱に溝加工を行い、背割加工したログ壁材を挿入する2分の1の模型を製作して施工法を把握した（写真9）。

4.4 実大ログハウス製作

「すさみトライ・ウッド協同組合」から紀州産の杉間伐材で製材された土台・柱・梁等の軸組材と、背割りされた壁材を納品してもらい、4.5帖（7.4529 m²）のログハウスを計画することとした（図1）。搬入時の間伐材の含水率は、高周波式含水率計で測定すると平均75.72%と高含水率であり、模型製作での検討を加えて、以下のような改良や検討を行うこととした。

- ① 柱・梁等の軸組を3寸5分（105mm角）とした。
- ② 壁材の乾燥変形と重量を考慮して、壁材の長さを3尺（910mm）とした。
- ③ 壁材の長さを2mm程度小さくし、落とし込みやすく改良した。
- ④ 柱材を垂直に固定するため、柱に頭繫ぎを設けて仮筋かいで固定した。
- ⑤ 梁材を壁材より先に組む工法も検討した。
- ⑥ 出入口・開口部の納まりを検討した。
- ⑦ 簡易な脚立足場について検討した。

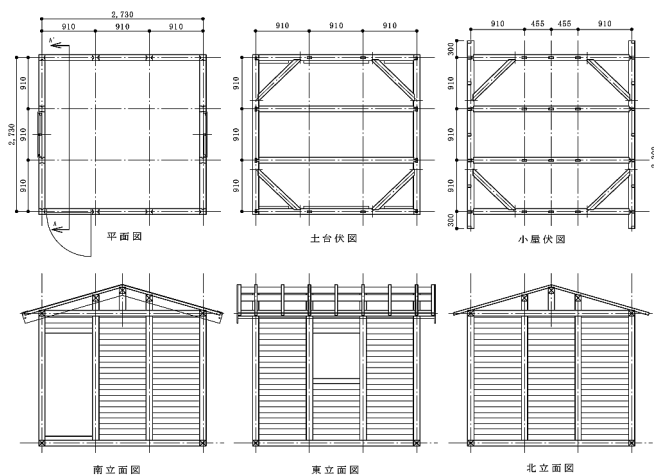


図1 実大ログハウス図面

部材の加工については、1年次の標準課題において木造2階建てを建設した経験から、施工図や墨付け・加工法は十分把握しているので、安全面を特に注意して行った。また、リーダーや各自の作業分担を明確にし、常に作業工程や施工法の確認を行うよう心がけた。

学生6人での工程は、壁材加工（3日）、土台・梁・小屋加工（4日）、柱加工（2日）、仮組調整（1日）、墨出し・レベル調整（1日）、土台・足場組立（1日）、柱・壁・小屋組立（2日）、屋根・床組立（1日）で、15日間での施工となった（写真10～17）。



写真10 柱の頭繋取り付け



写真11 壁材の取り付け



写真12 コーチスクリューの取り付け



写真13 桁の取り付け



写真14 梁の取り付け



写真15 母屋・棟の取り付け



写真16 野地板の取り付け



写真17 完成

4.5 実大ログハウスの考察

◆含水率

搬入時の含水率は平均75.72%であったが、建て方時には平均45.83%となり、約1ヵ月で30%ほど低下していたが繊維飽和点の含水量を超えていた。今後も乾燥して気乾状態の15%前後になると、収縮して乾燥割れを生じるが、背割りを施しているため、背割り部が広がることになる（写真18）。背割りの開きによる押し上げが考えられることから、柱と壁をコーチスクリューで900mm内外に固定している（図2）。乾燥させた間伐材を使用すると、軽量になり施工時の負荷が少なくなり精度も向上するが、その分手間や経費がかさむことになる。



写真18 背割りの変形

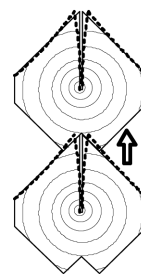


図2 乾燥収縮と変形

◆作業用足場

今回の足場は、2方向を杵組足場とし、残りの2方向を脚立足場として、素人でも作業が可能かどうか検証することとした。物置等の小屋を想定しており、軒高さを2,300mm程度としているので脚立足場でも作業は行うことができるが、小屋組作業の安全には十分に注意を払う必要がある。



写真19 脚立足場

◆壁施工法（落とし込み）

桁行方向は、頭つなぎ材（45mm角）で固定して仮筋かいを用いて柱を垂直に立ててから壁材を落とし込んだ（写真20）。最上部から落とし込むと作業性が悪いので、中段から斜めにして叩き入れ、水準器で確認しながら作業を進めた（写真21）。



写真20 頭つなぎ取り付け



写真21 水準器でのレベル確認

◆壁と梁の隙間

柱長さは設計上、加工と組立精度を考慮して、上部隙間を4mmとしていたが、柱の加工前に壁材を横に組合せて確認すると、設計寸法より22mmほど長くなっていたので、その分追加した(写真22)。しかし、実際に施工すると15～25mm程度の隙間が生じ、また面によっても大きさにばらつきがある(写真23)。要因として、今回使用した木材の施工時に生木であったための乾燥収縮と、壁材の加工精度の問題と考えられる(写真24と図3)。加工精度を向上させ、品質検査をしっかりと行えば、ばらつきが小さくなると思われる。



写真22 壁高さの確認



写真23 壁と梁の隙間



写真24 壁の隙間

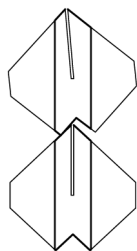


図3 ほぞの加工精度

◆作業人員

今回の作業は6人で施工したのだが、3人で十分施工できると思われる。しかし、スムーズに作業を行うためには5人以上の人数が必要である。今回の課題である「素人でも作業は可能であるか」については、作業手順を確立すれば可能と思われる。しか

し、工事に必要な資材や道具は、日曜大工程度のもではなく、安全面のことや不具合等が生じた場合の修正には、専門家の指導が必要である。また、今回は工事をしていない基礎工事・建具工事・屋根工事などは、どうしても素人には難しい作業なので、専門業者に依頼するという手段も残されている。

4.6 屋外ログハウス建設

雨仕舞い等を検証する目的で、45帖のログハウスを解体し、屋外に1坪で建設した(写真25)。基礎は施工せず土間コンクリートに設置した。屋根はアスファルトのシングル葺きとし、アルミサッシの窓と木製ドアを取り付けた。今後は、雨漏り・乾燥割れ・断熱効果等を検証していきたい。



写真25 1坪ログハウス完成

4.7 施工マニュアル

これまでの加工および施工を踏まえ、素人向けとして部材名や専門知識を含めての図や写真を豊富に使用した施工マニュアルを作成した。

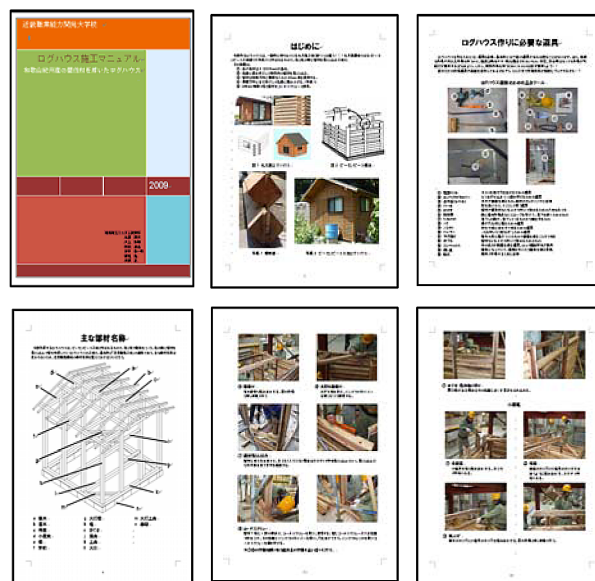


図4 施工マニュアル抜粋

5. 応用課題（卒業研究）

開発課題で『間伐材を用いたログハウスの開発』を行ってきたが、この構法はピーセンピース構法であり、在来軸組構法にログ壁を挿入する構法となっている。そこで応用課題にてログ壁の耐力を評価することで、丸太組構法の基準によらずとも一般の木造住宅での計画が可能となる。

5.1 試験方法と試験体

日本住宅・木材技術センターの試験方法に基づき、柱脚固定式の3回正負交番繰り返し加力とし、荷重－変位曲線から、降伏耐力 P_y や終局耐力 P_u 等を求め、壁倍率として評価する。

試験体は①開発課題に用いた900mm間隔にコーチスクリューで固定したもの、②固定されていないもの、③栈木を用いてビスで固定したものの3種類とした。

5.2 試験結果

試験結果の $P-\delta$ 曲線（図5・6・7）から1/15rad側で壁倍率を評価すると、それぞれの壁倍率は①コーチスクリュー固定（1.26倍）、②固定なし

表2 ①コーチスクリュー固定壁倍率評価

	Pmax	11.483
	塑性率	4.173
	Ds	0.369
	P_y	5.031
	$P_u \times (0.2/D_s)$	4.494
	$P_{max} \times 2/3$	7.655
	P120	4.733
	P_o	4.494
	P_a	4.494
	壁倍率	1.260

図5 ① $P-\delta$ 曲線

表3 ②コーチスクリュー固定なし壁倍率評価

	Pmax	10.190
	塑性率	4.607
	Ds	0.349
	P_y	5.153
	$P_u \times (0.2/D_s)$	4.501
	$P_{max} \times 2/3$	6.794
	P120	4.972
	P_o	4.501
	P_a	4.501
	壁倍率	1.262

図6 ② $P-\delta$ 曲線

表4 ③栈木とビスで固定壁倍率評価

	Pmax	12.554
	塑性率	1.646
	Ds	0.661
	P_y	6.054
	$P_u \times (0.2/D_s)$	3.260
	$P_{max} \times 2/3$	8.369
	P120	4.318
	P_o	3.260
	P_a	3.260
	壁倍率	0.914

図7 ③ $P-\delta$ 曲線

（1.262倍）、③栈木ビス固定（0.914倍）となり、終局耐力 P_u からの値で決まったことになる（表2・3・4）。

5.3 壁耐力試験の考察

壁倍率では、栈木ビス固定が若干低い値を示したが、3種類とも1倍程度の壁倍率を示した。すべてにおいてログ壁の滑りが生じ、初期剛性とせん断抵抗力が小さいことがわかった。しかし、1/15radまで耐力は上昇していることは、倒壊に至りにくいと思われる。壁倍率を向上させるには、初期剛性とせん断耐力を高める必要がある。

6. おわりに

今後の課題としては、施工法のさらなる改良を行い、壁耐力の向上を図らなければならない。最後に平成20年度の開発課題および応用課題に真剣に取り組んでくれた学生諸君に感謝いたします。

<参考文献>

- ・「丸太組構法技術基準解説及び設計例」日本建築学会
- ・「ログハウス入門」菅井康司（株）地球丸
- ・「小さなキットハウス超入門」菅井康司（株）地球丸
- ・「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」日本住宅・木材技術センター
- ・「すさみトライ・ウッド協同組合」
<http://www2.ocn.ne.jp/~susami/yubokukan/kit/kit.html>