

## 木造軸組構法住宅の施工省力化に向けた軸組複合壁パネルの施工性検証

## 部分的実大モデルによる施工性の評価と施工時間の比較

大澤朋子<sup>1, 2</sup>, 中村昇<sup>1, 3</sup><sup>1</sup> 秋田県立大学木材高度加工研究所<sup>2</sup> 岩手県立大学盛岡短期大学部\*<sup>3</sup> 岡山大学学術研究院環境生命科学学域\*

今後、急速に進むと予想されている大工人口の減少、高齢化に対応できる、住宅施工の合理化・短時間化、重労働・危険作業の削減等が喫緊の課題となっている。また、東北地方における豊富な森林資源を活かした付加価値の高い住宅部材の供給が求められている。そこで本研究においては、将来的に東北から発信できる新しい住宅壁パネルを開発・検討することを目的とした。手法としては、軸組部材を含めた大型壁パネル化であり、既存のプレカット加工と住宅用接合金物（梁受金物・ほぞパイプ）を利用して軸組部材と耐力壁面材を含めた壁パネル化し、施工の実現可能性を検証した。本報告では、部分的な実大壁モデルを通常の金物工法タイプと軸組複合壁パネルタイプの2種類施工し、施工性の評価、施工時間の比較を行った。その結果、軸組複合壁パネルは通常金物工法と遜色なく施工が可能であり、施工時間についてはパネル化することで約半分となることが確認できた。引き続き壁パネルの仕様検討や施工検証を行う予定である。

**キーワード：**木造軸組構法、プレハブ、プレカット、金物工法、壁パネル、スギ

わが国における人口減少・少子高齢化問題はすでに共通認識であるが、大工人口の減少・高齢化は以前にも増して喫緊の課題となっている。国勢調査に基づく大工人口は、1950年の501千人から住宅需要増加に伴い上昇し1980年に近年最多の937千人となったが、その後減少に転じ、2015年には315千人まで落ち込んだ（国土交通省, 2015）。2015年においては大工人口の約40%が60歳以上となり（国土交通省, 2015）、このままのペースで大工人口が減り続ければ、2030年には15万人、2065年には5万人にまで落ち込むとの予測がある（蟹澤, 2021）。民間シンクタンクの調査では、大工一人当たりの新築住宅着工戸数の実績として、2030年には2010年基準の1.4倍の生産性の向上が必要と試算している（野村総合研究所, 2018）。

一方、木造住宅の建築生産の合理化は昔から行わ

れてきた。1960年頃から一般に普及し始めたプレハブ工法や1974年に建築基準法告示化されたツーバイフォー工法が顕著な例である。後れを取っていた中小工務店を中心とする木造軸組構法についても徐々に施工の合理化は進み、例えば木造住宅合理化認定システムの認定概要調査で見られるように、壁・床・屋根のパネル化や部材のプレカット、継手・仕口を単純化する特殊接合金物の使用が一般的になりつつある（西成田と吉田, 2002）。特に梁受金物に代表される特殊金物を使用した接合様式は金物工法と呼ばれ、プレカット仕口に羽子板ボルト等の金物を用いる在来工法と比べて施工が簡便で性能が担保しやすく注目されている（山田と穂積, 2009）。しかし、今後の大幅な大工人口の減少を考えると、従来の合理化のみでは限界があり、住宅生産の担い手の高齢化にも対応する必要がある。

\* 現所属

責任著者連絡先：大澤朋子 〒020-0693 岩手県滝沢市菓子 152-52 岩手県立大学盛岡短期大学部生活科学科。E-mail: osawa\_t@iwate-pu.ac.jp

そこで本研究において着目したのが、木造軸組構法を構成する軸組部材を含めた大型壁パネル化である。従来の壁パネルは、軸組施工後に構造用面材や断熱材を一体化した壁パネルを現場施工するものが一般的であるが、本研究でのパネル化は、軸組の建て方と同時に壁の施工も完了させ、より施工時間を短縮するものである。既存のプレカット製材と住宅用接合金物を利用した軸組フレームに構造用面材を打ち付けてパネル化し、将来的には断熱材、サッシ、一次防水、外壁等を複合したパネル化を目指す。大型パネル化してクレーン吊りで住宅躯体施工を完了させることで、重量物であるサッシ施工の作業軽減や、軸組施工時の高所作業の軽減を見込んでいる。

軸組部材を含めた住宅部材の大型パネル化は、2018年には事業として立ち上げた企業も出現した(中村, 2019)。しかし先行事例のパネル化は、現状では既存の大手プレハブメーカーのパネル工場の利用が前提となっており、パネル化設備およびノウハウのない新興企業が参入することは難しい。本研究では、地場の工務店、プレカットメーカーでも大きな設備投資なく対応可能な大型パネル化を目指す。また、豊富な森林資源がありながら、現状では素材生産の役割が主である東北地方から、新しい付加価値を持つ住宅部材の生産を目指す。

本研究では、大型壁パネルの開発・検討のため、既存の金物工法住宅で使用される接合金物を利用し、軸組部材と耐力壁面材を複合したパネル化が実現可能であるかを部分的実大モデルの施工試験により検証し、既報(大澤と中村, 2020)においてその概要を報告した。本報告では既報を基に詳細な記録を加え、今後の課題をまとめた。

## 実験方法

### 試験体

試験体は、同一床面積、同一高さの2種類の部分的な実大壁モデルとした(表1)。試験体1は通常の金物工法の仕様、試験体2は金物工法と同じ部材を使用して軸組部材と耐力壁面材を壁パネル化した仕様である。通常の金物工法では、梁受金物(図1)を取り付けた柱を先に立て、柱の梁受金物

に梁を落とし込んで施工する。梁には先行ドリフトピンを打ち梁の落下防止とし、梁を架けてから残りのドリフトピンを打つ。軸組が組み上がったなら耐力壁面材を施工する手法である。一方、本研究での軸組複合壁パネルは、柱・梁を耐力壁面材と共に一体化しておき、面材と同時に軸組み材も施工する手法である。そのため、梁受金物を取り付けた柱付パネルを別のパネルの梁部分に落とし込んで施工する必要がある。ドリフトピンは、双方のパネルを組んだ後に全て打ち込む。このように試験体2は通常の金物工法の施工方法とは異なるため、壁パネル相互の連結を最低限確認できる試験体仕様とした(図2, 3)。試験体の一部は2階の壁を立ち上げた形状とし(図2のAおよびC)、試験体2の出隅の壁の一部(図2のA)は柱を壁の中央に設け、パネルの側面に柱を持たない仕様とした。

表1 試験体の仕様

試験体名称	試験体 1	試験体 2
種別	通常金物工法	パネル化タイプ
壁パネル寸法		
1階 階高 2800 mm	—	幅 910 mm × 2 幅 1820 mm × 1
2階 階高 2800 mm	—	幅 910 mm × 2
部材仕様		
土台・柱・梁	スギ製材 105 × 105 mm	
間柱・椽材	スギ製材 45 × 105 mm	
床	合板 24 mm 木ねじ@200	
耐力壁面材	OSB 9 mm 木ねじ@150	
接合金物	梁受金物 HSS-10, ほぞパイプ HSP-100, ドリフトピン HSD-103 (ストローグ)	

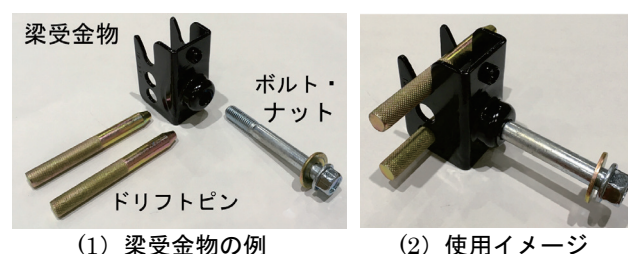


図1 使用した梁受金物

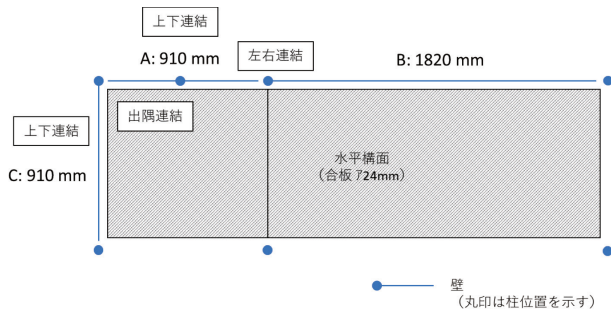
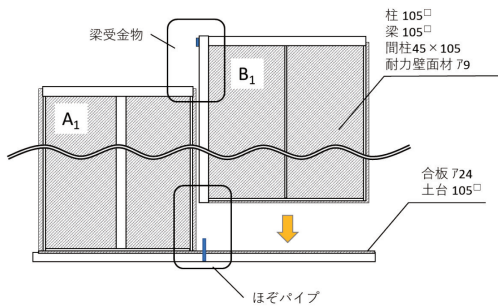
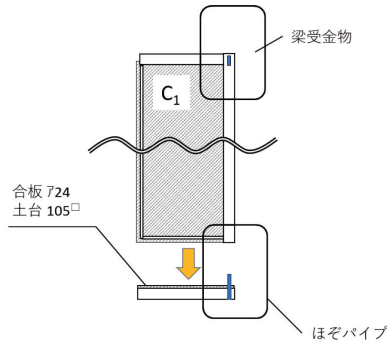


図2 パネル化タイプ平面概要

(1) 横連結



(2) 出隅連結



(3) 上下連結

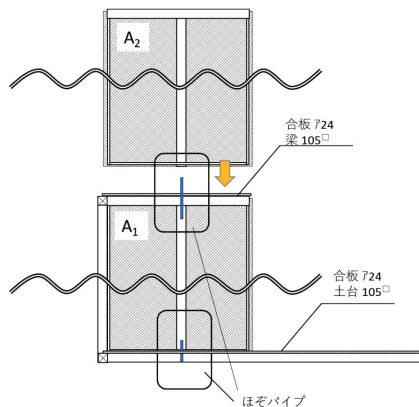


図3 パネル化タイプ連結概要

施工手順

施工は2020年2月3日～2020年2月4日に秋田県立大学木材高度加工研究所試験棟内にて行った。施工手順は表2のとおりである。施工試験は先に試験体1を、続いて試験体2を施工した。原則として大工経験者1名が作業し、パネル施工には天井クレーン

ン（揚重能力2.8t）を使用し、クランプを用いてパネルを揚重した。クレーン操作および玉掛作業は有資格者が当たった。

試験体材料はプレカット会社にてプレカット加工されたものを用いた。接合金物については、試験体1はプレカット工場にて試験体施工と同じ作業者が取り付け、試験体2は施工現場で取り付けた。

表2 施工手順

試験体名称	試験体1	試験体2
種別	通常金物工法タイプ	パネル化タイプ
工程		
部品製作	(プレカット) → 金物取付 → 現場納品	(プレカット) → 現場納品 2階パネル製作 1階パネル製作
1階施工	土台 → 1階柱 → 梁 → 1階床 1階床スペーサー → 間柱 → 1F壁	土台 → 1階床 1階壁
2階施工	2階床 2階柱 → 梁 2階床スペーサー → 間柱 → 2階壁	2階床 2階壁

施工性の評価および施工時間の記録

施工性の評価は、施工に当たった作業員への聞き取りによった。

施工時間は、タイムラプスカメラ（TLC200, Brinno Inc.）によって5秒間隔で記録し、両試験体の施工時間の比較に用いた。

結果と考察

施工性の評価

試験体1の施工写真を図4～6に、試験体2の施工写真を図7～10に、両試験体の完成写真を図11に示す。

試験体1の金物工法は比較的新しい工法であるが、今回の試験施工に当たった作業員は金物工法の施工経験があり、試験体1の施工は問題なく進んだ。

試験体2は合理的な金物工法にさらに改良を試みたものであるが、パネルの製作手順としては通常金物工法と同様であるため、作業に支障はなかった。図7, 8に示すように、今回の施工試験では水平に寝かせてパネルを製作したが、下向きで作業をする

必要があること、大判パネルであると中央付近の留め付けの際に足場の確保が必要なことなどから、将来的にはパネルを直立状態で施工することも考えられる。試験体2の組み立てについては、幅1820mmのパネルでは重量110kg程度となるが、クレーンで吊り上げて作業をすれば施工に支障はなかった(図9, 10)。また、試験体2の場合、耐力壁面材を軸組に打ち付けた状態でパネルを連結させる必要があるため(図10)、軸組を接合する金物留め付けのためのドリフトピンは外壁側から打てなくなる。よって今回は軸組材にプレカットされたドリフトピン用の孔をガイドに面材にインパクトドライバーで孔をあけ、外壁側からドリフトピンを打って固定した。



図7 試験体2パネル製作(軸組)



図8 試験体2パネル製作(耐力壁面材留め付け)

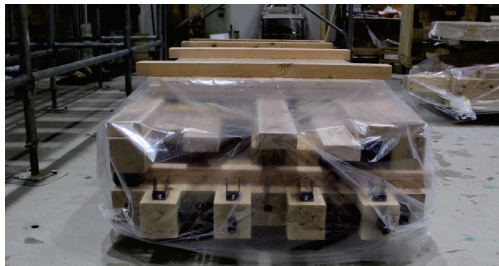


図4 試験体1納品時(接合金物取り付け)



図5 試験体1梁の施工



図9 試験体2パネル吊り上げ



図6 試験体1耐力壁面材の施工



図10 試験体2パネル横連結



図11 試験体1, 2完成時

(左：試験体2※, 右：試験体1)

※試験体2には一部せこうボードが張られているが、施工時間の集計には含めていない。

### 施工時間の比較

表2の施工手順の分類ごとに所要時間を集計したものを表3に示す。試験体1の金物取付時間は作業員からの聞き取りによる。試験体の施工に係る総時間は、試験体1で5時間10秒、試験体2で5時間14分20秒で、ほぼ同じであった。部品製作時間を除く1, 2階部分の作業時間で言えば、試験体1が4時間30分10秒、試験体2が2時間11分20秒となり、パネル化した試験体2の方が作業時間が半分以下となった。試験体2のパネル製作時間については合計で3時間3分であり、パネルごとの製作時間では、910mm幅(半間)パネルで約30分、1820mm幅(1間)パネルで約40分であった。試験体2のパネル部分の施工時間については、半間パネルでは約10分、1間パネルでは約30分であった。

表3の施工時間の比較より、通常の金物工法と比べ、軸組複合壁パネル化した仕様でも遜色ない施工時間で施工が可能であり、部品製作を除く現場作業時間は約半分となることが確認できた。壁パネルの製作時間や組み立て時間は、慣れてくれば更なる短縮も可能であると考えられる。また、今回の施工試験では解体を考慮して木ねじ(コーススレッドビス)を用いたが、建築基準法における面材壁倍率の仕様規定ではくぎを用いることとされており、ネイラーを用いれば大幅な作業時間短縮が可能と考えられる。作業員の話によれば、半間幅の壁で1枚約1分でくぎ打ち可能であるとのことである。

表3 施工時間の比較

工程	試験体1	所要時間 (h:m:s)	試験体2	所要時間 (h:m:s)
部品製作	金物取付	(0:30:00)	2階 <sup>ハ</sup> 礼 (半間×2)	1:15:30
			1階 <sup>ハ</sup> 礼 (半間×2)	1:06:10
			1階 <sup>ハ</sup> 礼 (1間×1)	0:41:20
小計		0:30:00	3:03:00	
1階部分	土台, 1階柱・梁, 1階床	0:53:25	土台	0:11:40
			1階床, <sup>ス</sup> ハ <sup>-</sup> サ <sup>-</sup>	0:19:00
			1階壁( <sup>ス</sup> ハ <sup>-</sup> サ <sup>-</sup> , 間柱, 面材)	0:24:25
			1階壁(面材)	0:27:25
小計		3:01:25	1:22:30	
2階部分	2階床, 2階柱, 梁, 2階壁( <sup>ス</sup> ハ <sup>-</sup> サ <sup>-</sup> , 間柱, 面材)	1:10:20	2階床	0:29:30
			2階壁 (半間×2)	0:19:20
			小計	
総合計		5:00:10	5:14:20	
1, 2階施工合計		4:30:10	2:11:20	

### 今後の改良点と課題

今回の施工試験においては部分的な実大壁モデルの施工にとどまったが、最終的には人の居住する住宅を、極力仕上げ部分までパネル化して施工の合理化を図ることを目標としているため、いくつかの課題が明らかとなった。

パネルの施工方法については、まず壁パネルの納まりの検証のため、四周の連結や外壁と内壁の連結についても確認する必要がある。次に、内壁仕上げや外壁仕上げ、断熱材、防水層、サッシ等の複合を行う場合、化粧材を含めたパネルを傷つけずに楊重する工夫が必要である。何らかの治具が必要となる

可能性がある。接合金物にドリフトピンを用いる場合、化粧材を通してドリフトピンを打つ手法の検討が必要である。最後に、断熱層、気密層を含めてパネル化する場合、パネル間の気密性の確保の検討が必要である。

パネルの製作については、本研究で目指しているのは大規模な設備投資なしにパネル製作を行えることであるため、既存のプレカット工場や地場工務店の下小屋でも製作ができるか検討する必要がある。パネルが大型になると重量が大きくなるが、工場の種類によっては天井クレーンの設置は一般的でないため、移動式小型クレーンなどを利用することも有効ではないかと考えられる。

本研究において開発している軸組複合壁パネル工法は、住宅構造部材を壁パネルの面ごとに構成することができ、施工が容易となるだけでなく、解体も容易となることが期待できる。今後必須となる低炭素社会の実現に向け、再利用・分別廃棄のしやすさについても着目しながら開発を進めていく。

## まとめ

軸組複合壁パネルの部分的な実大施工試験により、既存の住宅用接合金物を用いて、軸組材と耐力壁面材を含めた軸組複合壁パネルの施工が問題なくできることが確認できた。つまり、パネル化することで作業がしづらくなることはなかった。全体的な施工時間は既存の金物工法タイプとパネル化タイプで同じであったが、パネル化タイプでは現場での施工時間が約半分となることが確認できた。

## 謝辞

本研究は、2019年度秋田県立大学部局提案型研究推進事業によって行われました。また、試験体のプレカット加工および施工においては株式会社角繁、施工における足場作製においては大高建設株式会社の協力を得ました。関係各位に謝意を表します。

## 文献

- 大澤朋子, 中村昇. (2020). 「木造軸組構法における軸組複合壁パネルによる施工省力化の可能性」. 『日本建築学会大会学術講演梗概集』, 379-380.
- 蟹澤宏剛. (2021). 「伝統技能と職人のあり方と現在地」. 『建築雑誌』, 136 (1750), 13-14.
- 国土交通省. (2015). 「木造住宅・建築物の現状」. Retrieved July 25, 2021, from <https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/mokuzou.top.html>
- 中村昇. (2019). 「住宅業界様変わり（その4）これからの住宅業界」. 『木材情報』, (335), 20-23.
- 西成田直人, 吉田倬郎. (2002). 「建築評価に関する研究：木造軸組構法におけるプレファブ化の現状について」. 『日本建築学会大会学術講演梗概集』, 1255-1256.
- 野村総合研究所. (2018). 「2030年の住宅市場と課題 ～人手不足の深刻化により、飛躍的な生産性向上が求められる建設現場～」. Retrieved July 25, 2021, from <https://www.nri.com/jp/knowledge/report/lst/2018/cc/mediaforum/forum266>
- 山田墨史, 穂積秀雄. (2009). 「金物工法木造住宅用金具（梁受金物）の各種性能に関する研究」. 『日本建築学会北陸支部研究報告集』, (52), 103-106.

〔 令和3年7月30日受付  
令和3年9月1日受理 〕

# Feasibility of a Construction Method with a Frame Complex Wall Comprising Timber Frame and Structural Panels for Labor Saving in Constructing a Wooden House

Verification of Construction Ease and Time Saving with a Part of a Wall Mockup

Tomoko Osawa<sup>1,2</sup>, Noboru Nakamura<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Wood Technology, Akita Prefectural University*

<sup>2</sup> *Morioka Junior College, Iwate Prefectural University\**

<sup>3</sup> *Graduate School of Environment and Life Science, Okayama University\**

A novel residential construction method with high productivity and less heavy labor is required because of the recent rapid decrease in skilled carpenters and young carpenters in Japan. Furthermore, a competitive residential product using rich forest resources in the Tohoku area must be developed and manufactured. Thus, we developed a frame complex wall that can simultaneously construct structural walls and timber frames. In this study, two partial wall mockups were constructed to verify the easiness and time merit of construction. One was constructed via the current labor-saving construction method using precut timbers and special hardware joints using drift pins. The other was constructed using the frame complex wall method under development, comprising the same members as the current method's model. Consequently, the frame complex wall model maintained the same workability as the current method's model and reduced the construction time to half. The development is ongoing.

**Keywords:** timber frame construction method, prefabrication, precut timber, hardware joint using drift pins, wall panel, Sugi (Japanese cedar)

---

\* Present Address

Correspondence to: Tomoko Osawa, Department of Life Science, Morioka Junior College, Iwate Prefectural University, 152-52 Sugo, Takizawa-shi, Iwate 020-0693, Japan. E-mail: osawa\_t@iwate-pu.ac.jp