梁通し型木造住宅における新築・解体・再築施工実験の結果と考察

CONSIDERATIONS IN CONSTRUCTION, DEMOLITION AND RE-CONSTRUCTION OF EXPERIMENTAL WORKS FOR TIMBER HOUSE WITH CONTINUOUS BEAM

松野浩一 ——— *1 高橋祐作 ——— *2
櫻井俊介 ——— *2

Koichi MATSUNO ——— *1 Yusaku TAKAHASHI ——— *2
Syunsuke SAKURAI ——— *2

キーワード：
梁通し型木造住宅, 新築, 解体, 再築

Keywords:
Timber house with continuous beam, Construction, Demolition, Re-construction

Recently, our action against global environmental concerns including global warming is high priority issue. Then an energy saving, effective use of the resource, the reduction in the construction waste and the reuse of the material are important problems in the architectural production field. In a word, it is necessary to review the architectural production method. The authors are researching the timber house rebuilding system that uses the used structural members again. This rebuilding system dose not apply the steel joint to raise the reuse rate of wood members. To facilitate the construction work, the demolition work and rebuilding of the timber house, a built up system with continuous beam is adopted. The case study house was constructed to clarify the effectiveness of this system. In this paper, the outline of this rebuilding system, the results of construction, demolition experiments and re-construction are described.

1. はじめに

地球温暖化対策が急務となっている今日にあって、資源の有効活用、建設廃棄物の削減と再利用など様々な分野で持続可能な社会の実現に向けた対策が進められている。建築分野にあっては大量の資源を投入しながら社会の発展に寄与してきたが、その生産形態の見直しが必要であると考えられる。木質戸建て住宅にあっては戦後の極端な住宅不足を補う為に住宅を含めた建築物が大量に建てられ多くのストックが蓄積されてきた。そして、これらの建築物はこれから建て替えの時期を迎えると予想され住宅の解体が進めばそれに伴い大量の建設廃棄物が発生し、処分場所、処分方法が問題となる。

このような社会背景の中、筆者達は木質住宅の解体に伴って発生する解体木材を廃棄物として処分するのではなく、再利用、再資源化などの循環利用を促進する手法の提案とその環境改善効果の評価法の構築を進めている。^{1)、2)、3)}

この一連の研究プロジェクトにおいて、筆者達は再築を考慮した梁通し型木造実験住宅を東洋大学川越キャンパス内に設計施工し、新築施工実験²⁾、竣工後の静的引張り・圧縮実験、自由振動実験、解体施工実験、再築施工実験を実施してきた。

本研究報告では新築、解体、再築施工実験の概要とそこで得られた施工データおよび新たな知見を報告する。

なお、本研究では新築時に投入された木材を住宅解体後に再使用して住宅を建設することを再築と定義している。また、使用木材は角材、板材ともに製材品のみを使用した住宅システムであることから木造住宅と呼んでいる。

2. 梁通し型木造実験住宅の概要

2. 1 建築概要

梁通し型木造実験住宅の建築概要を表1に示す。使用木材種は埼玉県産すぎの西川材を用いた。各階平面図、東側、南側立面図、梁間方向断面図を図1～3に、竣工時の状況を写真1～3にそれぞれ示す。

表1 梁通し型木造実験住宅の建築概要

建物名称	東洋大学地域産業共生研究センター 梁通し型木造実験住宅
所在地	埼玉県川越市鯨井 2100
建築面積(m ²)	1階: 46.27、2階: 28.09 延べ床: 74.36
建築高さ(mm)	1階: 3,327、2階: (軒) 2,575
階数	2階建て
主な外部仕上げ	屋根: 三州陶器瓦和型 壁: 1階 木小舞荒木田土塗り＋ 杉5分板南京下見張り 2階 木小舞荒木田土塗り
主な内部仕上げ	壁: 木小舞荒木田土塗り＋漆喰塗り 床: 杉5分板二重張り
竣工年月	2005年3月
設計	建築: 丹呉明恭建築設計事務所 構造: 松野研究室、山辺構造設計事務所
施工	監理: 松野研究室 新築・再築: 丹呉明恭建築設計事務所 解体: クワバラパンぷキン

*1 東洋大学工学部建築学科 教授・博士(工学)
(〒350-8585 埼玉県川越市鯨井2100)

*2 東洋大学大学院工学研究科 博士前期課程・大学院学生

*1 Prof., Dept. of Architecture, Toyo Univ., Dr. Eng.

*2 Graduate Student, Graduate School of Engineering, Toyo Univ.

図1 各階平面図

図2 立面図

図3 梁間方向断面図

写真1 建物全景・竣工時

写真2 2階小屋・竣工時

写真3 渡りあご構法

2. 2 構造概要

本実験住宅の敷地は東洋大学川越キャンパス敷地内で、支持地盤は安定した関東ローム層、基礎は鉄筋コンクリート造布基礎で計画した。木造架構は日本の伝統的な架構法のひとつである渡り腰構法を採用して梁通し型となる木造架構とした。渡り腰構法は直交する桁・梁同士を渡り腰で組み、その桁・梁上下の柱または屋根束を長ほぞ差しにして込み栓で留める木造構法である。桁、梁の継ぎ手は追っ掛け大栓継ぎを使用する。連続梁を形成するため鉛直荷重の荷重伝達が明確である。1階柱脚は柱頭と同じ長ほぞ込み栓留めで土台に連結する。木部材仕口部には接合金物を使用しない伝統的接合法を採用している。これは解体、再築時に木部材を傷めず容易に施工できることに配慮したためである。耐力壁は通し貫併用木小舞下地による土塗り壁を採用した。1階外壁は杉板による下見板壁を併用している。壁量は壁倍率により必要壁量を満たすよう構造設計している。

3. 新築・解体・再築施工実験の概要と結果

3. 1 実験計画

日本の一般的な戸建て木質住宅は築20年程度経過後から解体され始める。⁴⁾そこで、施工実験では実験住宅竣工後1年、2年後に

木質住宅が住宅として使用される期間中に遭遇する地震規模を想定した引張り载荷実験、自由振動実験を3回繰り返して実施し、実験住宅に負荷を与えた。最大負荷は層間変形角1/15radである。これにより耐震壁、木造架構に損傷を与えた。また、竣工後約3年間の期間を設けて乾燥収縮による木部材の変形を許容することを考慮した。一連の実験期間を表2に示す。

表2 実験住宅の新築・解体・再築実験期間

実験項目	実験期間	備考 (単位: rad)
新築施工実験	2004. 11～2005. 03	
構造実験	第1回 2006. 7～8	最大層間変形角 1/120
①引張り载荷	第2回 2006. 11	最大層間変形角 1/60
②自由振動	第3回 2007. 07	最大層間変形角 1/15
解体施工実験	2007. 09	
再築施工実験	2008. 01～02	

3. 2 施工計画

本住宅の建設には積層構法を用いる。この構法は新築時、再築時は1階柱、2階床レベル桁、梁、2階柱と木造部材を下から上に積み上げていくことで架構の建て方が容易となる特長がある。解体時は新築工程の逆工程で行い順次、上から下に部材を取りはずせるため簡易な解体施工となる。これを実現させるため通し柱は用いず、すべての柱は管柱で計画する。このため柱長さは各階で一定となり、階高を木造住宅の一般的な高さで設計すれば柱部材の再築時の再利用率が向上する。筆者達はこの構法を積層構法と定義した。解体後に柱脚などに腐朽、割れなど傷みが発生していなければ再築時に解体部材を構造部材としてそのまま再利用する。仕口部分が損傷している場合には、その部分を切除して同等木材を継ぎ足して必要長さを確保する。梁部材についても同様に考えられる。損傷が大きい場合や、部材自体が短い場合はその部分に限り新しい部材に取り替える。木部材の仕口、継ぎ手は比較的単純なものとし、種類を少なくすることで架構の建て方、解体が容易となるように留意した。従来の伝統構法に比べ木材の刻み、架構の建て方など熟練した大工技術をさほど必要としない木造住宅システムと考えられる。新築・再築、解体における特徴的な木造架構の作業フローを次ページ図4に示す。

3. 3 実験状況

一連の施工、構造実験の内、特徴的な実験状況について述べる。

(1) 新築・再築施工実験

積層構法の施工状況を写真4～6に示す。新築、再築ともに同じ工程で実施した。

写真4 1階木造架構の建て方終了

写真5 2階木造架構の建て方終了

図4 新築・再築、解体における木造架構の特徴的な作業フロー

写真6 小屋組み・母屋・垂木建て方終了

図6 1階層せん断力と層間変形角の関係

(2) 一方向引張り載荷・自由振動実験

新築施工実験の後、表2に示した構造実験を実施した。図5に載荷方法、図6に1階の層せん断力と層間変形角の関係を示す。設計用地震力のレベルを破線で併記した。設計用地震力の2倍程度の水平載荷で層間変形角1/15rad程度に達することが確認できた。

図5 載荷方法

(3) 解体施工実験

木造架構以外の屋根、壁、床、建具の撤去工事を1次解体、木造架構の解体を2次解体と区分して実施した。1次、2次ともに手解体作業で行い、木部材の損傷状況を確認し写真撮影による記録を同時に行った。2次解体は写真6から写真5、4の手順で実施した。解体作業状況を写真7、8に示す。

屋根野地板撤去

床板撤去

土壁撤去

写真7 1次解体作業の状況

軒桁撤去

梁・火打ち撤去

柱・貫撤去

写真8 2次解体作業の状況

3. 4 結果と考察

(1) 木材投入量

新築施工実験時の木材投入量を表3に示す。日本国内の木質住宅への木材投入量が概ね0.144~0.239m³/m²程度^{2), 5)}であるのに対して本住宅は0.248m³/m²であった。木材投入量が多い理由は床板の小幅板二重張り、木小舞下地とした事が挙げられる。

表3 新築施工実験時の木材投入量

部 位	断面寸法:mm	数量:本	材積:m ³
柱 1階	120×120	38	1.642
2階		25	1.080
梁、母屋	120×270, 240, 210	65	5.097
	120×180, 150, 120, 105		
土台	120×120	14	0.806
大引き	105×105	4	0.176
火打ち梁	120×150	8	0.576
小計			9.377
垂木 1階	45×105, 120×105	32	0.808
2階		50	0.897
根太 1階	45×105	56	0.697
2階		29	0.412
小計			2.814
野地板	180×12, 105×12	74	2.648
床 1階	120×15		0.919
2階			0.745
板壁	180×15		0.889
小計			5.201
木小舞	1階		0.547
貫、下地	2階		0.287
小計			0.834
総計			18.226

(2) 木部材の損傷状況と再使用率

木造架構部材においては、解体作業時に下屋の梁端部を破損させた以外は健全な状態で解体撤去することができた。1階柱頭、柱脚、土台は構造実験で建物に強制変位を与えた影響が懸念されたが、顕著な損傷は認められなかった。状況を写真9に示す。隙間ゲージで柱脚の土台へのめり込み量(mm)を計測した結果、下地材である間柱によるめり込みも確認された。めり込み量を図7に示す。これら解体部材を再利用して再築施工実験を実施し、新築時と同じ状態に上棟させた。板材は損傷が無かったため解体材をそのまま再利用した。木小舞は損傷させないように解体できたのでそのまま再利用した。板材、木小舞は設置期間が3年程度なのでほぼ100%再利用できたが、築20年を超えた住宅では再利用方法を検討する必要がある。

1階柱頭

1階柱脚

土台

写真9 解体された部材の状況

図7 土台のめり込み量(mm)

(3) 工数

1次解体施工実験、2次解体施工実験、木造架構の再築施工実験の作業内容別の工数(人時)を表4から6に示す。また、1次解体施工工事の作業工数比率を図8に示す。

木造架構である構造体において新築施工実験の建て方の工数は123.0人時、解体施工実験では90.0人時、再築施工実験では120.5人時であった。新築と再築では同程度の工数となっている。また、2次解体は新築、再築工数と比較すると3/4程度となっている。木造架構では新築、解体、再築における施工性はさほど変わらないように思われる。1次解体施工実験では破損状況を確認しながらの手解体作業であったため多くの人工を要した。これは部位の種類が多いこと、土壁の解体に時間を要したことが理由に挙げられる。

表4 1次解体工数

工事種別	作業内容	工数(人時)
第1次解体 (非構造部材)	屋根(母屋・垂木)、小屋	48.7
	2階板壁、モルタル壁	32.8
	2階土壁	32.0
	2階天井板・床板	21.6
	1階板壁	27.7
	1階土壁	54.5
	1階天井板・床板	18.6
	その他(ベランダ、庇など)	20.5
	第1次解体手間数	256.4
	再築工数	120.5

表5 2次解体工数

工事種別	作業内容	工数(人時)
第2次解体 (木造架構)	屋根(母屋・垂木)、小屋	31.8
	2階梁・桁・火打ち	7.6
	2階柱・貫	7.1
	2階根太	1.8
	1階梁・桁・火打ち	14.9
	1階柱・貫	20.2
	1階根太	4.6
	土台・大曳	2.0
	第2次解体工数	90.0
	再築工数	120.5

表6 木造架構再築工数

工事種別	作業内容	工数(人時)
再築 (木造架構)	屋根(母屋・垂木)、小屋	20.0
	2階梁・桁・火打ち	29.5
	2階柱・貫	10.5
	2階根太	3.5
	1階梁・桁・火打ち	33.0
	1階柱・貫	15.5
	1階根太	4.5
	土台・大曳	4.0
	再築工数	120.5
	再築工数	120.5

図8 1次解体作業工数比率

4. おわりに

柱・梁仕口に接合金物を用いない梁通し型木造住宅の新築、解体、再築施工実験を約4年間の期間で実施した。対象とした木造住宅構法は伝統構法として既知の構法であるが、現代的な住宅に適用した時の施工性について裏付けるデータが極めて少ないのが現状である。ここで示された施工データは木造住宅の解体作業性と解体木材を再利用した再築構法の可能性を示す知見であると考えられる。

今後、再築後の住宅の構造性能と再利用部材の材料強度に関する検討を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 松野浩一：産・官・学・地域一体となった環境問題への取り組み、住宅建築、No362、pp.126-127、2005
- 2) 茂呂、松野、近藤、藤田、村野：地域産材による梁通し型木造住宅再築システムの環境改善効果に関する研究—埼玉県産すぎ材を使用した梁通し型木造実験住宅の木材投入量に関する調査研究、第22回日本建築学会建築生産シンポジウム論文集、pp71-76、2006
- 3) 松野、小島、村野、藤田、南、須田：関東一都六県における戸建て木質住宅の着工推移と解体廃木材発生量、木材需要量の将来予測、第23回建築学会建築生産シンポジウム論文集、pp.147-152、2007
- 4) 小松、加藤、吉田、野城：わが国における各種住宅の寿命分布に関する調査報告—固定資産台帳に基づく推計—、日本建築学会計画系文報告集 第439号、1992
- 5) 「建設資材・労働力需要実態調査(建設部門)業務 平成15年度工事実態調査」国土交通省総合政策局、2005年

謝辞

本研究は文部科学省私立大学学術研究高度化推進事業産学連携「東洋大学地域産業共生研究センター」、同オープン・リサーチ・センター「木と建築で創造する共生社会研究センター」の一連の研究として実施された。関係諸氏ならびに実施設計、施工実験の協力と貴重な助言をいただいた丹呉明恭氏、山辺豊彦氏に感謝の意を表します。

[2008年2月20日原稿受理 2008年4月25日採用決定]