【 論 文 】

住宅解体廃木材の有効利用をめざした手壊し解体工法の提案

宮 崎 博 文*・田 中 圭**・井 上 正 文**
高 梨 啓 和***・平 田 誠**・羽 野 忠**

【要 旨】 木造軸組構法住宅の解体工事から発生する廃木材について、建築用材等として有効利用を図るため、作業効率性の高い手壊し解体工法を考案した。この工法を用いて実際に住宅解体工事を行い、発生する廃木材の部材ごとの数量および品質を調査するとともに、作業工程ごとの手間数を計測し作業効率性の検証を行った。この結果、建築用材等として有用な廃木材が単位床面積（1 m²）あたり 0.071 m³ 得られることがわかった。また、作業手間数は、同一条件の分別解体と比較して単位床面積あたり 0.98 人・時多く必要であったが、廃棄物の発生量が減少することを差し引きすると、環境効率性および経済効率性の高い工法システムであることがわかった。

キーワード：手壊し解体、分別解体、木造軸組構法、解体廃木材、環境効率性

1. 緒 言

これまで、木造軸組構法（在来工法）住宅（以下、単に「木造住宅」という。）の解体工事の多くは、機械を多用する解体工法（いわゆるミンチ解体）により行われており、廃木材は、ガレキ類とミンチ状に混在して発生するため資源化・リサイクルの障害となっていた¹⁾。

平成 12 年 5 月に公布された「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律」（以下、「建設リサイクル法」という。）により、解体廃木材の再資源化が義務付けられることになり、解体工法も、機械解体から分別解体へと移行しつつある。分別解体は、ガレキ類と廃木材とを分別し再資源化を促進するのが目的であり、瓦、建具、石膏ボード等は、手作業によって分別されるが、小屋組み、壁組み、床組み等住宅の主要構造部分は、依然として機械により解体されることから、柱、桁、梁などの有用な部材に折れ、裂け等の破損を生じ、建築用材等とし

て有効利用することを妨げている。

分別解体により発生した廃木材は、比較的断面の大きなものを機械で取り出し木材チップ等として利用しているが、端材の多くは単に焼却処分されている。最近では、木材チップの需要が低迷してきており、廃木材の新たな有効利用法を開発する必要に迫られている。

また、平成 12 年 1 月に施行された「ダイオキシン類対策特別措置法」により、ダイオキシン類の発生抑制のため廃棄物焼却基準が強化されたことから焼却処分にかかる経費が増大した。さらには、平成 14 年 5 月 30 日をもって建設リサイクル法が本格施行されたこともあり、廃木材の一層の有効利用が求められている。

これまで、住宅解体廃棄物の実態についていくつかの先駆的な調査報告²⁻⁷⁾がなされている。これらの調査報告は、廃棄物の種別ごとの数量を計測したものが多く、その種別分けや計測方法に統一性がなく、廃棄物ごとの発生量の原単位を求めるなど一般的傾向を見出すのは困難である。また、廃棄物の種別分け調査は、ごみ処理を適正に行うためには有用であるが、廃木材を有効利用する目的で行う調査は、廃木材を破損せずに取り出しその品質や数量を調査するとともに、解体工事に要した手間数の計測等を行い、有効利用の経済的効率についても検討する必要がある。

本多らは、木質系廃棄物の再資源化の考え方として、

原稿受付 2002. 10. 7 原稿受理 2003. 5. 15

* 大分県衛生環境研究センター

** 大分大学工学部

*** 鹿児島大学工学部

連絡先：〒 870 - 1117 大分市高江西 2 丁目 8 番

大分県衛生環境研究センター 宮崎 博文

E-mail : miyazaki-hirofumi@pref.oita.lg.jp

表1 廃木材の付加価値の高い有効利用法

用途	加工法	使用例	流通経路
古材	材表面洗浄後有窓のまま、もしくは継手・仕口を修整加工	簡易建築、古材の質感を生かしたデザインの住宅・店舗建築	解体業者から建築工務店またはネット販売
製材	材の狂いや表面の劣化を除去するため製材し直す	JAS規格に準じた一般建設および個人ユーザー向け製材品	解体業者から製材業者を経て木材市場、材木店、DIY店
集成材	集成材に加工	中小断面の集成柱、集成梁	解体業者から集成材製造業者を経て木材市場、建築工務店

第一義的に住宅構造材として利用し、直接チップ化してパルプにしたり、燃料化したりしないようにすることとしている⁸⁾。今日の地球環境問題を考慮するに、環境効率性の高い資源循環のあり方としては、住宅解体廃木材は、再び建築用材として住宅にストックし、廃棄物の処理処分量を削減するとともに、CO₂の排出をできる限り抑制するのが理想的である。しかしながら、現実的にはいろいろな問題が立ちはだかり、資源循環の障害となっている。

筆者らは、解体廃木材を建築用材等に活用する方策を検討する中から、作業効率の高い独自の手壊し解体工法を考案し、本工法を用いて木材を生かし取りすることによって、表1に示すような古材、製材、集成材等への有効利用を行う一連の住宅解体システムを開発した。また、手壊し解体工法が有すると考えられる廃棄物の発生抑制効果、環境効率性、経済効率性等を明らかにする目的で、本工法に基づき実際の住宅について実証的な試験を行った。

2. 木造住宅解体工法についての検討

木造住宅の解体の仕方やその呼称については、現在のところまだ統一されたものはないため、(社)全国解体工事業団体連合会、本多ら⁸⁾、建設リサイクル法の呼称や分類を参考にしたうえで、本調査においては、解体工法の種別とその内容について表2のとおり定義することとする。

筆者らは、これまでに多くの住宅解体工事の現場を見てきたが、住宅解体廃木材の有効利用を阻害している主な要因は次の2点にあると考えた。

- ① 機械を使用する解体工法では、発生する廃木材に折れ・裂け等の破損を生じ、建築用材として利用できない。
- ② 古材を取り出すための従来の生かし取り工法は、工事の手間がかかるため経済的に採算ベースに乗

表2 木造住宅の解体工法の比較

種別	解体工法の内容	発生する廃木材の状態
機械解体	ほぼ全工程を機械により解体する工法。発生する廃棄物のほとんどが混合状態で発生することから、ミンチ解体とも呼ばれる。解体作業は短時間で済むが、混合廃棄物の分別や処分に困難をきたすことから、不適正処分の要因とされている。	ほとんどの廃木材に折れ、裂け等の破損が生じている。廃木材は、ガレキ類等の廃棄物と混在しており、分別は困難をきわめる。
分別解体	屋根瓦、建具類、石膏ボード等をあらかじめ手壊して除去したうえで、建物の主要構造を機械により解体し、廃木材とガレキ類を可能な限り分別する工法。建設リサイクル法の本格施行後、解体業界の推奨する標準的な工法となっている。	廃木材には破損が見られるが、チップ・ボード材等により有効利用できる。混合廃棄物の仕分けに手間がかかる。
手壊し解体	建物の主要構造を含めて大部分を手壊して解体する工法。断面の大きな廃木材を付加価値の高い用材として有効利用するのが目的で、作業効率を考慮して適所に動力工具や機械を使用する。	目的とする廃木材を健全な状態で取り出す。廃木材の状態に応じてカスケードの有効利用ができる。
移築解体	建物の全面改築（住宅再生）や移築を目的とした解体工法。使用可能な部材をすべて、破損しないように丁寧に取り外し再使用するもので、高度な解体技術と相当な作業日数を要する。	再使用する部材はすべて、仕口・継手の形状を保存し、健全な状態で取り出す。

(注) 手壊し解体は、本稿で述べる工法を指す。

表3 手壊し解体工法の要点

技術的側面	作業は、手順書に基づき画一化され、特別の技能を必要としない。建設機械や動力工具を適宜使用し作業効率を高める。主要部材を無傷で取り出し、付加価値の高い有効利用を行う。解体作業と並行して発生材を区分けし、運搬・処分の効率化を図る。釘・付着物の除去、汚損・腐朽の点検を行い、品質を確保する。
経済的側面	有用材の数量、廃棄物の処分費用を考慮し本工法の採否を判断する。主要部材の品質を評価し、最も費用対効果の高い用途を選択する。古材の一時保管場所を確保し、現場作業の効率化を図る。

りにくい。

そこで、木材の生かし取りが可能でしかも高い作業効率を有する独自の解体工法を考案し、従来法⁹⁾とは異なる「手壊し解体工法」と呼ぶこととした。以下に述べる解体工事の調査のうち「手壊し解体工法」とあるのは、本工法を指したものである。本工法は、木造住宅の解体を目的として25工程69項目にわたる実用的な工事手順書として標準化したもので、表3は、その要点を整理したものである。また、表5には、全25工程に通し番号を付けて示している。

3. 調査方法

3.1 調査対象

調査対象は、表4に示すとおり、大分県内において平成12年から14年にかけて行われた公共、民間あわせて7件の木造住宅の解体工事である。このうちA、Bについては、2の工事手順書に基づき手壊し解体工法にて、C、D、E、F、Gについては、分別解体工法にて行われた。解体工法ごとの作業手順を表5に示した。

3.2 調査項目

調査の内容は、表4に示すとおりで、手壊し解体のA、Bについては、解体前の主要部材等の計測から、解体中の作業時間および解体後の発生物の計測について調査を行った。分別解体のC、D、E、F、Gについては、解

表4 調査対象住宅の概要

記号	工法	年数	階数	延床 (㎡)	外 壁	調査項目			
						解体前 部材	解体中および 部材	発生物	手間数
A	手壊	30	1	67	モルタル	○	○	○	○
B	手壊	15	2	97	サイディング	○	○	○	○
C	分別	49	2	152	土壁・漆喰	○			
D	分別	51	2	101	土壁・漆喰	○			
E	分別	45	1	42	板壁	○			
F	分別	31	1	55	板壁	○			
G	分別	30	1	84	モルタル	○		○	○

表5 解体工事手順および作業方法の違い

区分	工 程	手壊	分別
調査	①事前調査、②工事設計、③作業打合せ	共通	
準備	④車寄せ整備、⑤付帯設備撤去、⑥生活用具搬出、⑦足場工事、⑧養生シート工事		
内部	⑨家具、建具、⑩内壁、石膏ボード	手作業	
	⑪胴縁、間柱、⑫天井、造作	手作業 (注1)	
外壁	⑬モルタル、⑭サイディング、⑮ラス板		
	⑯建具枠、庇、戸袋	手作業	
屋根	⑰瓦、屋根材		
	⑱ルーフィング、野地板、⑲垂木	手作業 (注2)	
軸組	⑳小屋組み、㉑梁、桁、㉒柱、鴨居		
床組	㉓床板、根太、㉔大引、土台	機械使用	
	㉕基礎コンクリートばらし、整地		

(注1) 一部機械使用、(注2) クレーン使用

体前の主要部材量の調査を行った、Gは、Aと全く同一の建築様式（床面積は異なる。）で、しかも一体の請負工事であったことから、解体工法の違いを比較するために全発生物および作業時間の調査を行った。

なお、柱、母屋、大引、土台、梁、桁は、手壊し解体により建築用材等への有効利用が可能なことから、本稿では、これらを総称して「主要部材」という。

3.3 解体前の調査

解体前の住宅について主要部材・資材の調査を行った。特に、分別解体においては、主要構造の解体に機械を使用するため、解体前にこれらの調査を行う必要があった。調査は、屋根裏や床下に入り主要部材の寸法、数量を計測し、建築図面で確認を行った。また、建築図面が散逸している場合は、調査結果を元に平面図、屋根伏せ図、床伏せ図を作成し、柱、梁、桁等の主要部材の数量や建具、畳、床板、石膏ボード、内外壁、屋根瓦などの数量を計測した。数量の計測は、建材や部材の種別ごとに、おおむね表6に示す方法に基づき行った。

3.4 解体後の調査

手壊し解体のA、Bについて、主要部材の数量、品質およびその他発生物の数量を表6の方法により計測した。また、Gについて、3.2に示した理由により、解体後の全発生物の数量を計測した。発生物は、木くず、瓦など6種類に分別したうえで、さらに、有効利用できるものを選別し、トラックスケールにて計測を行った。

Aについて、主要部材のすべてを対象に、構造用製材の日本農林規格（JAS）の目視等級区分製材規格に基づき、割れ、腐朽の程度について目視による材質判定を行うとともに、柱および梁の中から無作為に各10本の試験体を選び、釘等の付着金物の計数を行った。

Bについて、主要部材のすべてを対象にJASに規定する音響振動法によるヤング率および高周波含水率計による含水率の測定を行った。

3.5 解体作業所用時間数の計測

AおよびBについて、作業工程ごとに投入された作

表6 発生物の数量の計測方法

種 別	時期	方 法
主要部材	解体前	個々の寸法から容積を求め積算する。
屋根瓦、畳、建具類		個数を計数し、単位重量（容積）を乗じる。
外壁、壁板、床板、石膏ボード		施工面積を計測し、単位面積あたりの重量（容積）を乗じる。
窓ガラス片、内壁プラスター		袋詰したものの重量を直接測定する。
木くず（端材）	解体後	積み上げられた状態で容積を計測し、嵩計数を乗じる。
コンクリート片、混合廃棄物		運搬量をトラックスケールで計測する。

業員の人数および作業時間の計測を行った。外壁モルタルばらし、タイル内壁ばらしの2工程については、特に、単位面積あたりの作業時間の計測を行い、基礎コンクリートばらし、整地作業工程は、機械使用により行われたので集計から除外した。また、解体作業は、作業効率および安全性を考慮し、すべての作業員が常に同一工程の作業に就くこととし、次の工程に移るごとに工事監督者が作業員と調査員とに確認の合図を出した。

なお、作業手順書どおりに作業を進めて不都合な点がないか工事監督者の意見を聴き、手順書の内容に関する評価を行った。

4. 調査結果および考察

4.1 木材発生量の計測結果

表7は、A、Bについては解体後の調査で、C～Gについては解体前の調査で得られた主要部材の数量を各部材ごとに集計したものである。これらの値からすると単位床面積あたりの発生量については、調査法の違いによる差異はほとんどないといえる。

木造住宅の建築時における木材使用量については、建設物価調査会が単位面積あたりの投入原単位を0.212 m^3/m^2 としており、一方、クリーン・ジャパン・センターは、この15%にあたる0.032 m^3/m^2 が工事中に発生する端材などの廃木材の原単位量に相当するとしている⁸⁾。したがって、建築物にストックされている木材量、すなわち解体廃木材は、その差をとって0.18 m^3/m^2 と見なすことができる。

また、㈲日本住宅・木材技術センターの調査¹⁰⁾によれば、2階建ての在来工法住宅における単位床面積あたりの木材使用量を0.191 m^3/m^2 としており、ほぼ近接した値となっている。なお、この数値は、全国の平均値で、都道府県ごとの木材使用量は、徳島県の0.2718 m^3/m^2 から大分県の0.1588 m^3/m^2 までかなりの幅がある。さらに、本調査と同様の手壊し解体を行い発生した木くず

を計測したものとしては、埼玉県解体業協会が行った単位床面積あたりの木くずの発生量0.202 m^3/m^2 がある。

本調査における全木材発生量は、AおよびBについて計測した結果、それぞれ0.156、0.189 m^3/m^2 、平均すると0.173 m^3/m^2 であった。主要部材に限った発生量は、A～Gの値を平均すると、0.071 m^3/m^2 であった。主要部材の全木材に対する発生量の比率は、それぞれ40.9%、38.2%と近接しており、この結果から、一般的な住宅についてもおおむね40%前後と推測される。

木造住宅で用いる各部材の全木材に占める使用割合について、製材工場から得た35件の木拾い表を元に集計した報告¹¹⁾によると、柱11.1%、母屋5.3%、大引2.3%、土台4.6%、梁・桁28.3%（以下省略）とされており、主要部材の占める比率は、全木材の51.6%に相当する。本調査におけるAおよびBの主要部材は、平均して39.6%であり、損失分は、解体工事中の逸失分や計測時に寸法不足や破損・腐朽のため除外した材に相当するものと思われる。

4.2 解体発生物の種別と数量

4.2.1 解体工法の違いによる発生比率

手壊し解体によるAと分別解体によるGとの解体発生物の数量を比較することにより、手壊し解体において新たに分別回収が可能となる発生物の種別と数量を明らかにすることができた。AおよびGについての計測結果を、木くず、瓦、コンクリート片（CO片と表示）、石膏ボード（石膏Bと表示）、金属等（ガラスくず、廃プラスチック類を含む）、混合物（分別不可能な物）の6種別に区分して表8に示した。手壊し解体により木くずの26%、コンクリート片の69%を新たに分別回収することができ、結果として適正処理の困難な混合廃棄物の比率は、39%から10%へとほぼ4分の1に減少する結果が得られた。

4.2.2 解体工法の違いによる有効利用率

4.2.1の計測結果から、手壊し解体を行うことにより新たに有効利用が可能となった解体発生物の種別と数量を表8に示した。すべての種別を合わせた有効利用率は、分別解体では25%であったが、手壊し解体では、50%に増大した。特に、木材は、3%から12%に増大した（図1）。本調査において分別解体の有効利用率が低いのは、外壁や軸組が機械により解体されたことにより、外壁モルタルくずにラス板の木くずが混在し、路盤材等への有効利用ができず処分に回されたり、接合金物や電線が付着し互いに絡み合った木材の一部が、チップ材用に仕分けができず焼却処分されたりしたことによるもので、手壊し解体によりこれらの問題が解決できリサイクル率の

表7 部材ごとの木材発生量（単位： m^3 ）

調査対象住宅	A	B	C	D	E	F	G
延床面積（ m^2 ）	67.06	97.47	151.8	101	42	54.5	84.46
階数	1	2	2	2	1	1	1
柱	1.244	1.896	3.251	1.881	0.891	1.122	1.244
母屋	0.596	0.5	1.234	0.416	0.32	0.543	0.894
大引	0.368	0.304	1.235	0.64	0.352	0.373	0.368
土台	0.579	0.658	1.544	0.528	0.396	0.539	0.613
梁	0.763	0.973	3.26	2.88	0.624	0.922	0.916
桁	0.735	2.713	1.967	0.704	0.576	0.648	1.131
合計	4.285	7.044	12.491	7.049	3.159	4.147	5.166
単位床面積あたり発生量	0.064	0.072	0.082	0.07	0.075	0.076	0.061
平均 0.071 (m^3/m^2)							

表8 解体工法の違いによる解体発生物の数量と有効利用量

発生物の 種別	A (手壊し解体)						G (分別解体)					
	発生量		有効利用		処理処分		発生量		有効利用		処理処分	
	ton	%	ton	%	ton	%	ton	%	ton	%	ton	%
木くず	5.2	13.9	4.3	11.5	0.9	2.4	4.8	11.0	1.3	3.0	3.6	8.3
瓦	3.9	10.5	0	0	3.9	10.5	4.4	10.1	0	0	4.5	10.3
CO片	23.3	62.5	14.1	37.8	9.3	24.9	16.1	36.9	9.3	21.3	7.5	17.2
石膏B	0.7	1.9	0	0	0.7	1.9	0.9	2.1	0	0	0.8	1.8
金属等	0.6	1.6	0.3	0.8	0.3	0.8	0.4	0.9	0.2	0.5	0.2	0.5
混合物	3.6	9.6	0	0	3.6	9.6	17.0	39.0	0	0	16.0	36.7
合計	37.3	100	18.7	50.1	18.7	50.1	43.6	100	10.8	24.8	32.6	74.8

図1 解体工法の違いによる廃棄物の減量化の効果

表9 工法の違いによる発生物の処分量と処分費用
(単価、費用：千円、処分量：ton)

種別	単価	手壊し解体		分別解体	
		処分量	費用	処分量	費用
木くず	15	0.9	13.5	3.1	46.5
瓦	5	3.9	19.5	3.9	19.5
CO片	5	9.3	46.5	5.6	28.0
石膏B	10	0.7	7.0	0.7	7.0
金属等	5	0.3	1.5	0.2	1.0
混合物	20	3.6	72	14.1	282
計	—	18.7	160	27.6	384

(注) 単価は事業者からのヒアリングによる。

向上が図られた。

4.2.3 解体工法の違いによる処分方法および処分量

4.2.1の結果から解体工法別の処理処分比率が求められたので、延床面積の異なるGの解体発生物の総量をAの総量に換算したうえで、種別ごとの処分方法および処分量を比較し、標準的な単価を元に処分費用を試算し、結果を表9に示した。

この結果を、床面積135m²(41坪)の標準的規模の住宅(以下、「標準的規模の住宅」という。)に換算すると、分別解体に要する発生物の処分費用は、手壊し解体と比較して451千円余分に必要であるという結果が得られた。すなわち、分別解体では、手壊し解体に比較して、処分量で約50%多く発生し、処分費用で1.4倍多く要することがわかった。

4.3 主要部材の性状

4.3.1 目視による材質判定

Aの柱44, 母屋18, 大引14, 土台17, 梁10, 桁13本の合計116本からなる主要部材の試験体について、貫通割れによる欠点はすべての部材において見られなかったが、顕著なまたは軽微な腐朽が柱で16%, 土台で24%の割合で見られた。腐朽の原因は、水周りに使用された部材が湿気に晒されたことおよびサッシ窓の結露を受けたことによるものであった。

4.3.2 付着金物の数量

古材を建築用材等に有効利用するにあたっては、木材に付着する釘等の金物は著しい障害となるため、あらかじめ手作業による除去作業が必要となる。Aの柱および梁の付着物を調査するため無作為に各10本抽出し計数した結果、一本あたり平均して柱では31本(11本/m)の釘が、梁では3.4本(1本/m)の釘と1本のかすが付着していた。建設省が行った調査⁸⁾では、柱で17, 梁で2.5(本/m)であり、本調査は、これよりやや少ない結果となった。この他、計数の対象とはしなかったが、モルタル壁のメタルラスシートを止めるステーブルが多数付着するものがあり、集成材用材に供する際にフィンガーカットソーの歯を傷めるため除去する必要がある。

表 10 主要部材の曲げヤング係数および含水率

部 材	曲げヤング係数		含水率	
	平均値 (tf/cm ²)	等級区分 (JAS 規格)	平均値 (%)	乾燥区分 (JAS 規格)
柱	74	E 70	14.6	D 15
母屋	80	E 90	9.7	D 15
大引	71	E 70	17.6	D 20
土台	80	E 90	16.8	D 20
梁	92	E 90	14.5	D 15
桁	88	E 90	14.7	D 15
計	79	E 70	14.5	D 15

4.3.3 ヤング係数および含水率の計測

古材は、その用途の経歴が不明であったり、継手や仕口の加工跡が残っていたり、腐朽等による材の劣化のおそれがあったりすることから、建築用材として有効利用するにあたっては、木材の強度を判定しておく必要がある。表 10 に曲げヤング係数の平均値を示したが、すべての部材において、機械等級区分製材の規格（JAS）における曲げ性能基準の 40 tf/cm² 以上を満たしていた。

木材の乾燥は、製品の品質、寸法の安定および強度の増加等の利点が多く、近年、需要サイドからも乾燥材の供給が強く望まれている¹²⁾。高周波含水率計による含水率の測定の結果、表 10 のとおり、古材は、良好な乾燥状態にあり、建築用材や集成材の用材として優れていることがわかった。

4.4 解体工事手間数の計測結果

4.4.1 手壊し解体の工程ごとの手間数

A および B について投入された作業員の人数および作業時間を計測し、比較のために単位床面積（1 m²）あたりに換算した所要手間数（人工数）を表 11 に示した。建築物の構造の違いにより作業手順や解体手法が異なるので A、B の単純な比較はできないが、単位床面積あたりでは、2 階建ての住宅 B の手間数が少ない結果となっている。また、工程の区分ごとに比較すると、外壁工事では、モルタル施工の A は、サイディング施工の B よりかなり手間数が多く、床組工事では、化粧合板の床板を根太に接着施工していた B は、手間数が多くなっている。

表 11 工程ごとの手間数

(人・時/床面積 1 m²)

工程区分	住宅 A		住宅 B	
	手間数	%	手間数	%
内部	0.55	32	0.51	40
外壁	0.30	22	0.10	8
屋根	0.19	14	0.20	15
軸組	0.32	23	0.27	21
床組	0.12	9	0.21	16
合 計	1.48	100	1.29	100

延作業時間数は、A、B の単位床面積あたりの合計値に床面積を乗じて、それぞれ 99.2、125.7 人・時、1 日あたりの正味作業時間数を 6 時間とすると、それぞれ 16.5、21.0 人・日となる。また、一般に手壊し解体工法を採用した場合の手間数を推定するために、A、B の単位床面積あたり手間数の平均 1.39 人・時/m² をベースに計算すると、標準的な規模の住宅 1 戸あたりの手間数は、31.3 人・日となる。この数値には、足場仮設などの準備作業、基礎の解体作業、整地作業は含まれない。

これまで、住宅解体工事の手間数について調査した報告は少なく^{13, 14)}、いずれも、解体工法、住宅の建築様式、周辺環境等が異なり、これらの調査結果から標準的な手間数を求めるのは困難である。

4.4.2 手壊しと分別解体との手間数の比較

A および G は、3.2 に示した理由により、それぞれ手壊し解体および分別解体と異なる解体工法により工事を行い、その手間数を計測し比較を行った。（準備作業、基礎解体作業は、同一方法で行われるので比較の対象工事から除外した。）この結果から手壊し解体は、分別解体に比べ、単位床面積あたり 0.98 人・時の手間が余分に必要であることがわかった。この値は、標準的な規模の住宅に換算すると、22 人・日に相当する。

平成 13 年の屋外労働者職種別賃金調査¹⁵⁾（厚生労働省）における建設業技能職種（とび工）の 1 日平均賃金（北九州）11,910 円を元に工事に要した人件費を算定すると、A で 197 千円、住宅 B で 250 千円となる。（1 人・日 = 6 人・時とし、直接人件費のみを算定した。）また、手壊し解体に要する余分な人件費は、同様な計算で、標準的な規模の住宅において 263 千円となる。

4.4.3 手間のかかる工程についての検討

4.4.1 に示した工程ごとの手間数を分析すると、特別に手間のかかるモルタル外壁ばらし、タイル壁ばらし、床板ばらし、野地板・垂木ばらし等の工程があった。このうち、モルタル外壁およびタイル壁ばらし作業について、単位時間あたりの作業量（原単位）を実測により求めた結果、モルタル壁で 12 m²/人・時、タイル壁で 6 m²/人・時であった。

この原単位から計算すると、外壁をモルタル施工した A の場合、施工面積は 61 m² あり、単純に計算しても約 5 人・時を要する。また、台所、浴室など水周りの壁をタイル施工した B の場合、施工面積は 18 m² あり、同様に、約 3 人・時を要する。この他、床板や野地板をそれぞれ根太や垂木に接着剤等を使用して強固に張り付けている施工の場合、通常の手作業による方法では困難でエンジンカッター等の動力工具を必要とした。

主要部材の有効利用には、付着金物が障害になるため

除去しなくてはならないが、接合金物は解体時に取り外すので、4.3.2に示したとおり主として外回りの柱に付着する釘やステーブルの処置をする必要がある。これらの数量は、主要部材の全数から見れば多くはなく、釘仕舞いの作業量は、標準的な住宅に換算すると3人・時となった。

4.5 環境効率性および経済効率性の評価

手壊し解体工法は、分別解体と比較して解体発生物の処理処分量が少ないことから、廃棄物の焼却や埋立処分にかかる環境負荷削減の効果が顕著である。また、解体工事、発生物の運搬、仕分け作業に要するエネルギー消費量が少ないこと、有効利用率が高く資源の循環に寄与することなど、環境効率性の面から優れた効果を期待できるものである。特に、木材を建築用材として住宅に再ストックすることが期待されるため、森林資源の保全に寄与するものと考えられる。

一方、手壊し解体は分別解体と比較して発生する廃棄物の処分費用が標準的規模の住宅で451千円少なく、手間数がかかることによる人件費が同じく263千円多くかかることを差し引いても、総経費が188千円少なくて済み、経済効率性の面でも優れていることがわかった。

5. 結 言

筆者らは、住宅解体廃木材の効果的な有効利用を図るため、独自の手壊し解体工法を考案し、この工法を用いて実際に住宅解体工事を行い、発生する廃木材の数量、品質等を調査するとともに、作業工程ごとの手間数を計り作業効率の検証を行った結果、次のことが明らかに

なった。

- (1) 建築用材等として利用が可能な主要部材が単位床面積(1m²)あたり0.071m³得られ、全木材発生量の約40%に相当することがわかった。
- (2) 分別解体と比較すると、適正処理が困難な混合廃棄物の比率が39%から10%に減少し、発生物のすべての種別を合わせた有効利用率は、25%から50%に増大し、特に、木材の有効利用率が3%から12%へと大幅に増大した。また、廃棄物処分費用は、標準的な規模の住宅に換算すると、451千円分少なくて済むことがわかった。
- (3) 主要部材の品質は、腐朽が柱で16%、土台で24%見られた他は貫通割れ等の欠点は見られず、曲げヤング係数はすべての部材において70tf/cm²以上、含水率は大引、土台で20%以下、その他の部材で15%以下と良好であった。
- (4) 作業手間数を分別解体工法と比較すると、単位床面積(1m²)あたり0.98人・時多く必要であり、標準住宅に換算すると、22人・日に相当し、作業員の直接人件費で263千円となった。

これらの結果から、手壊し解体工法は、廃木材の有効利用や発生物の処理・処分を考慮した場合、現状の分別解体工法と比較して、環境効率性および経済効率性の高い工法システムであることがわかった。

冒頭に述べたように、現状の分別解体工法は、機械に依存しつつ可能な限り木材とガレキ類とを分別し有効利用するのが目的であり、廃木材の実際的な有効利用に考慮した工法であるとはいい難い。これに対して、筆者らが考案した手壊し解体工法は、廃木材のうち、まだ価値を温存している主要部材について、そのものの有する機

図2 新しい住宅解体システム

能を活かし、建築用材等に有効利用をすることを目的に考案された工法システムである。図2は、この新しいシステム像の概略を示したものであり、このシステムの実現により、環境効率性・経済効率性の向上と、新産業の創出とを期待できるものと考えている。

[謝 辞]

本研究を行うにあたり、(財)住宅総合研究財団の平成14年度研究費助成を受けた。記して感謝する。

参 考 文 献

- 1) 建築解体廃棄物対策研究会：解体・リサイクル制度研究会報告，大成出版社，pp.10-15 (1998)
- 2) 建設省建設研究所：廃棄物の建設事業への利用可能性に関する研究，pp. 5-10 (1983)，同題，pp. 4-6 (1984)
- 3) 渡部護弥，菊地雅史，紅谷 裕，大島正明：住宅副産物の発生量等に関する調査・研究，日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道），第1406号-第1408号，pp. 811-816 (1995)
- 4) 埼玉県解体業協会：解体廃棄物の組成分析，pp. 30-54 (1996)
- 5) 住宅産業解体処理業連絡協議会：資源循環型解体試験解体工事報告書，pp. 1-16 (1999)
- 6) 橋本征二，寺島 泰：建築解体廃棄物の原単位設定，廃棄物学会誌，第10巻，第1号，pp.35-44 (1999)
- 7) (財)全国解体工事業団体連合会：木造建築物解体工事の現場「木造（軸組）住宅解体組成分析調査報告」，pp. 32-54 (2000)
- 8) 本多淳裕，山田 優：建設副産物・廃棄物のリサイクル，省エネルギーセンター，pp.185-188 (1994)
- 9) 例えば，(財)全国解体工事業団体連合会：木造建築物分別解体施工指針(案)，pp. 2-6 (1998)および前掲書4)など
- 10) (財)日本住宅・木材技術センター：在来工法木造住宅の木材使用量調査，pp.25-28 (1994年)
- 11) 中谷 浩，大森幹夫：富山県における在来工法住宅の木材使用実態調査，富山県林業技術センター研究報告，第8号，pp.43-48 (1994)
- 12) (財)全国木材組合連合会：針葉樹の構造用製材の日本農林規格並びに解説，pp.86-88 (1999)
- 13) 住宅産業解体処理業連絡協議会：資源循環型解体——試験解体工事報告書，pp. 5-10 (1999)
- 14) 野城智也：解体される住宅の構成材の再利用のための工法システム開発に関する基礎的研究（1），住宅総合研究財団研究年報，第20号，pp.369-379 (1993)
- 15) 厚生労働省：平成13年屋外労働者職種別賃金調査結果速報（建設業技能職種），http://www.mhlw.go.jp/toukei/itiran/roudou/chingin/okugai/01_gaiyo/index.html (2002)

Proposal for Hand Demolition of Wood Houses for Effective Use of Wood Materials

Hirofumi Miyazaki*, Kei Tanaka**, Masafumi Inoue**, Hirokazu Takanashi***
Makoto Hirata** and Tadashi Hano**

* Oita Prefectural Institute of Health and Environment

** Faculty of Engineering Oita University

*** Faculty of Engineering Kagoshima University

[†] Correspondence should be addressed to Hirofumi Miyazaki :
Oita Prefectural Institute of Health and Environment
(2-8 Takaenisi Oita-city, 870-1117 Japan)

Abstract

An efficient hand demolition system for wooden houses is proposed in this study for the effective recovery of wood materials.

The amounts of reusable wood building materials obtained from demolished wooden houses and the labor times for each demolition process were investigated. The amount of wood material (0.071 m³) recovered per unit of floor area (m²) was also obtained in this research. Demolishing a wooden house required 0.98 working hours (laborer • hours) per unit of floor area (m²). By reducing the amount of wasted wood, the hand demolition system is very efficient from the considerations of both environment and economy.

Key words: hand demolition, classified demolition, conventional wooden structure, wasted wood building materials, environmental efficiency