

建築材料分野における廃棄物発生抑制への技術的な取り組み

- RC 造建築物と木造住宅の再資源化 -

材料研究グループ 上席研究員 棚野博之 中島史郎

目 次

はじめに

鉄筋コンクリート造建築物の再資源化技術の開発

- 1) 技術開発の経緯と概要
- 2) 研究の概要
- 3) 骨材に関する試験結果
- 4) 実験室内でのコンクリートに関する試験結果
- 5) 実機練りでの実大暴露試験結果
- 6) まとめ

木造住宅の再資源化技術の開発

- 1) 技術開発の経緯と概要
- 2) 分別・解体を容易にするための新しい設計・施工方法
- 3) 建設発生木材の再資源化技術
- 4) 再資源化の促進による環境負荷低減効果
- 5) まとめ

はじめに

建設廃棄物の排出量は、昭和40年代以降に建てられた建築物が今後更新期を迎え、ますます増大することが予測される。しかしながら、現在年間1億トン以上排出されているコンクリート・アスファルト塊の建築分野での再資源化率は1%に満たない。また、建設発生木材の再資源化率は約60%であるが、再資源化の用途は依然として限定されている。建築研究所では、この5年間にコンクリート塊と廃木材の利用促進に関する多くの研究を実施してきた。本講演会では、再生骨材コンクリートの現状動向と基本特性、分別解体容易性を考慮した木造住宅の設計施工、木質系解体材の構造材利用を中心に研究開発の成果について報告するとともに、今後の展望について解説する。

鉄筋コンクリート造建築物の再資源化技術の開発

1) 技術開発の経緯と概要

民間シンクタンクの建設廃材動向調査によると、2001年度のコンクリート・アスファルト塊は7000万トンであるが、2004年に1億トンを超え、建設リサイクル法の目標年度である2010年には1億6000万トンに達し、ピークとなる2030年には2億2000万トンを超える。これにより、今後追加的に生じる処理需要は、既存の処理レベルが継続した場合と建設リサイクル法が求めるレベルとの差分は2010年で1億2000万トン程度となり、その後も緩やかに増加し続けることが予測されている。

これまで再生骨材に関する公的な技術基準としては、主に土木事業を対象とした平成6年の旧・建設省技術調査室通達（第88号：以下、技調通達）しかなく、建築基準法37条等の規制によって建築分野での利用率は極めて低い状態にあった。しかし、2003年度から総理府主導のもと再生骨材のJIS化作業が始

まり、既存の普通骨材と同様の性能、品質を想定した JIS A 5021 (コンクリート用再生骨材 H) が 2005 年度に制定され、続いて再生骨材 M、L とこれらを使用した再生骨材コンクリートの JIS 原案も完成に近づいている。更には、指定建築材料 (法 37 条) に指定されている JIS A 5308 (レディーミクストコンクリート) への再生骨材の導入なども検討が始まろうとしている。

その一方で再生骨材コンクリートを建築構造用材料として使用するの法 37 条関連告示の改正や技術基準作成等の準備や検討が切望されている。

再生骨材は複数の建設構造物から発生したコンクリート塊を使用するため、原骨材の種類や付着するモルタルやペーストの性能が異なる。そのため、技調通達 1 種や上記 JIS A 5021 に規定される H クラスの再生骨材など、現状において最も品質が高いと考えられている再生骨材においても品質のバラツキが既存普通骨材の数倍あり、測定方法によっては基準値を満たさない事も予想される。また、品質のバラツキが大きい骨材を使用した場合、コンクリートとしての所要の性能を得るための調合設計や施工管理は、既存普通骨材を使用する場合よりも過大設計・管理となり、実用性に乏しいものとなる恐れがある。

更に、2003 年に小改定した JASS5 には既存普通骨材と同等の性能、品質を想定した再生骨材 (前述の JIS A 5021 や技調通達 1 種とは性能、品質が若干異なる) が取り入れられたが、平成 16 年度改定の公共建築工事標準仕様書や建築工事監理指針では再生骨材の使用が見送られ、再生骨材コンクリートの調合設計や施工管理を含め、建築分野においてはその利用方法に関する標準的な技術マニュアルがいまだ未整備の状態である。

建築研究所では、旧・建設省総合技術開発プロジェクト「建設副産物の発生抑制・再生利用技術の開発 (H4 ~ H8)」の終了以降、急速に技術開発が進んだ JIS A 5021 や技調通達 1 種に規定される高品質の再生骨材、および技調通達 2 種や前記 JIS 化作業で検討中の M クラスの再生骨材とそれらを使用した再生骨材コンクリートを活用するための技術的支援を目標とした重点研究課題「川砂・川砂利を原骨材とする構造用再生粗骨材の品質管理ならびにそれら再生粗骨材を使用したコンクリートの調合と品質・評価に関する研究 (H16 ~ H18)」を実施してきた。

この研究課題では、以下の 3 項目に関する技術的検討と提案を目的としている。

- (1) 再生骨材の用途別品質基準
- (2) 再生骨材コンクリートの用途区分
- (3) 再生骨材コンクリートの調合設計方法

表 - 1 実験の要因と水準

	要因	水準
	コンクリート塊の種類	2種類
骨材試験	再生骨材の製造方法	4種類 (偏心ロータ法、比重選別法、スクリュウ摩砕法、加熱すりもみ法)
ラボ試験	再生骨材の製造方法	同上
	W / C	3水準 : 45%、55%、65%
実大暴露試験	再生骨材の製造方法	同上

表 - 2 粒度調整後の骨材物性の一覧

骨材種類	絶乾密度	表乾密度	吸水率	粗粒率	単位容積質量	実積率	骨材補正係数
A	2.65	2.64	0.68	6.71	-	0.584	0.0
B	2.57	2.61	2.16	6.85	1.72	0.674	0.2
C	2.56	2.61	2.18	6.17	1.67	0.654	0.6
D	2.51	2.57	2.57	6.80	1.69	0.673	0.5
E	2.50	2.57	2.86	6.77	1.58	0.646	0.4

表 - 3 粒度調整後の骨材物性一覧

骨材種類	W/C (%)	かさ容積	単位量 (kg/m ³)					SL (cm)	Air (%)	
			W	C	S	G	Ad1			Ad2
A	65	0.61	180	270	854	941	2.8	0.4	19.5	4.2
	55			328	797	956	3.3	0.5	17.5	3.6
	45			400	738	956	4.0	0.8	19.0	3.8
B	65	0.53	180	277	854	915	2.8	0.4	20.5	4.0
	55			328	813	915	3.3	0.7	20.5	4.3
	45			400	753	915	4.0	1.0	20.0	4.5
C	65	0.55	180	277	854	911	2.8	0.4	18.0	4.8
	55			328	813	911	3.3	0.7	19.0	4.7
	45			400	753	911	4.0	1.0	18.0	4.6
D	65	0.53	180	277	854	893	2.8	0.4	19.5	4.3
	55			328	813	893	3.3	0.7	20.0	4.2
	45			400	753	893	4.0	1.0	19.0	4.2
E	65	0.55	180	277	854	889	2.8	0.6	20.0	4.1
	55			328	813	889	3.3	0.8	20.0	4.2
	45			400	753	889	4.0	1.2	19.5	4.7

本章では、同研究課題において得られた成果のうち、JIS A 5021 に相当する高品質の再生骨材とそれらを使用した再生骨材コンクリートの基本的性能の一部について報告する。

2) 研究の概要

JIS A 5021 の規格品に相当する製造方法の異なる 4 種類の高品質再生粗骨材と比較用の普通骨材 (A : 岩瀬産硬質砂岩砕石) の基本物性を確認する試験、ならびにそれらを使用した再生骨材コンクリートのフレッシュ時の物性、硬化後の特性等を確認するための試験 (ラボ試験, 実大暴露試験) を行った。表 - 1 に各試験の要因と水準を示した。

3) 骨材に関する試験結果

再生骨材の起源は、B ~ D は全量砂利であるが、E は一部砕石

を含むものである。また、B～Dは2種類のコンクリート塊から製造されており、各試験に供する前に標準粒度に収まるよう粒度調整を行った。表-2に、粒度調整後の各粗骨材の物性を示した。絶乾密度、吸水率ともJIS A 5021の規定を満足するもので、不純物量やすりへり減量、アルカリシリカ反応性等その他の物性については、コンクリート塊採取時の事前調査で確認した。

4) 実験室内でのコンクリートに関する試験結果

フレッシュコンクリートの結果および考察

スランブならびに空気量の試験結果を表-3に示した。スランブおよび空気量は全てのコンクリートで目標値が得られたが、総じて、普通骨材を使用した普通コンクリートよりも骨材実積率の高い再生骨材コンクリートの方が良好なワーカビリティが得られた。また、再生粗骨材を使用したコンクリートのブリーディング量(図-1)は、何れも普通コンクリートと同程度あるいはそれ以下であり、水セメント比の低下に伴い概ね減少する傾向にあった。単位水量やモルタル量がほぼ同一であるにもかかわらず粗骨材の種類によってブリーディング量が異なっているが、これは再生粗骨材の吸水量の影響によるものと考えられる。

硬化コンクリートの結果および考察

(1) 圧縮強度とヤング係数

水セメント比ごとの材齢4, 13, 26週時の圧縮強度を図-2に示した。何れの水セメント比でも、再生骨材コンクリートは普通コンクリートに比べ圧縮強度が小さく、低水セメント比ほどこの傾向は顕著に認められた。ただし、その差は骨材の種類によって異なっており、今回の実験では5～20%の差が認められた。また、封緘養生した場合の普通コンクリートに対する再生骨材コンクリートの圧縮強度比は材齢26週で最も小さいものは約70%で、骨材の種類による差がより顕著に認められた。

圧縮強度とヤング係数の関係を図-3に示した。大凡、水中養生した場合は“NewRC式”より上部に、封緘養生した場合は下部に分布していた。この傾向は普通コンクリートよりも再生骨材コンクリートの方がより明確に認められ、上記圧縮強度の場合も含め、再生骨材コンクリートの強度発現とその管理については、普通コンクリートの場合よりも養生方法による影響を十分に考慮する必要がある。なお今回、再生骨材の種類による差は確認できなかった。

(2) 乾燥収縮

図-4と図-5に、乾燥収縮と質量減少率の収束予測値を、骨

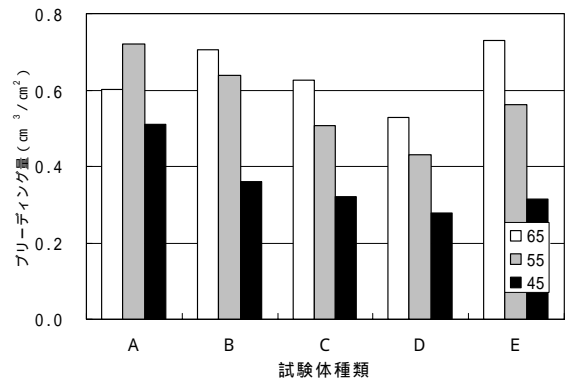


図-1 ブリーディング量

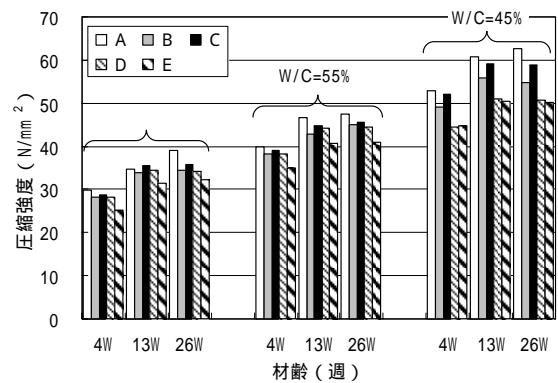


図-2 材齢ごとの圧縮強度

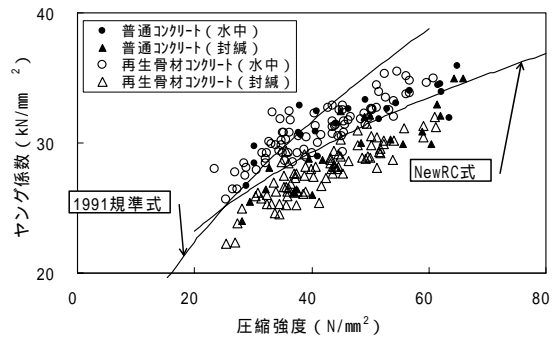


図-3 圧縮強度とヤング係数の関係

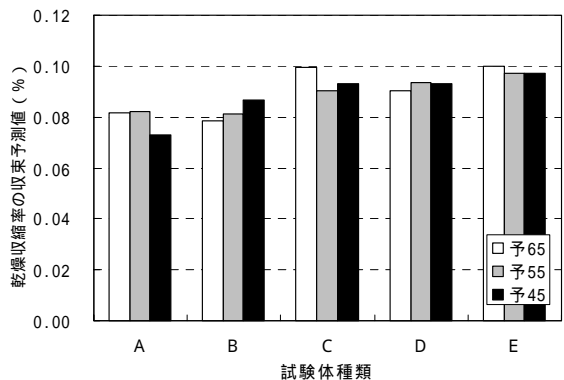


図-4 長さ変化率の予測値

材種類別に示した。単位水量を 180kg/m^3 一定とした場合、長さ変化率は $0.09\sim 0.1\%$ で、再生骨材コンクリートは普通コンクリートよりも $5\sim 25\%$ 大きくなった。しかし、吸水率や密度など骨材物性と長さ変化率との間に直線的な相関関係を確認するまでには至らなかった。一方、質量変化率は大凡 $2.5\sim 4.5\%$ で、水セメント比による差異が確認された。なお、骨材種類間での差が比較的小さかったのは、粗骨材の絶対容積を一定にしたためと考えられる。

(3) 促進中性化

図 - 6 に、促進中性化試験における材齢 26 週時の中性化深さを水セメント比別に示した。再生骨材コンクリートの中性化深さは普通コンクリートよりも大きく、水セメント比 65% のもので約 5mm 、水セメント比 55% と 45% では $25\sim 30\%$ 増加した。

(4) 凍結融解抵抗性

図 - 7 に、凍結融解抵抗性試験による 300 サイクル経過後の相対動弾性係数を水セメント比ごとに示した。水セメント比 45% の場合には何れのコンクリートも 95% 以上で骨材種類による違いは認められなかった。しかし、水セメント比 55% の場合には再生粗骨材 (B, D, E) コンクリートの相対動弾性係数は大きく低下し、特に再生粗骨材 B では 60% を下回った。B と C の相違の原因は、混練直後のコンクリート中の空気量の差 (C は $4.6\sim 4.8\%$ で、他のコンクリート試料より約 0.5% 多い) によるものと考えられる。

5) 実機練りでの実大暴露試験結果

実大暴露試験体の概要

図 - 8 に、実大暴露試験体の形状および寸法を示した。高さ $1,500\text{mm}$ × 幅 $2,000\text{mm}$ × 厚さ 120mm の壁型試験体で、周囲の柱、梁、スラブ部分を密配筋とし、試験部分の拘束効果を高めた。材齢 13 週まで実験施設内で静置し、以後当研究所内の屋外暴露試験場に移設し、ひび割れ等の経過観察を行っている。

フレッシュコンクリートの結果および考察

フレッシュ時の物性試験結果を表 - 7 に示した。室内実験の結果と同様、再生骨材コンクリートのスラブ、フローは普通コンクリートよりも若干大きくなった。図 - 9 に、スラブの経時変化を示した。再生骨材コンクリートでは、練上がり後 90 分までは顕著なスラブルロス認められなかった。これは、普通粗骨材の実積率 (58.4%) に対し、再生骨材の実積率が $64.6\sim 67.4\%$ と比較的大きかったことが原因の一つと考えられる。

硬化コンクリートの結果および考察

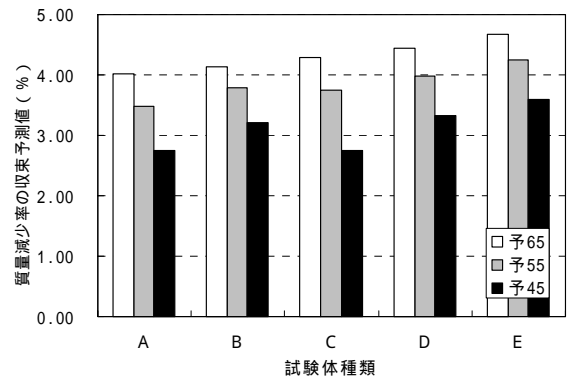


図 - 5 質量減少率の予測値

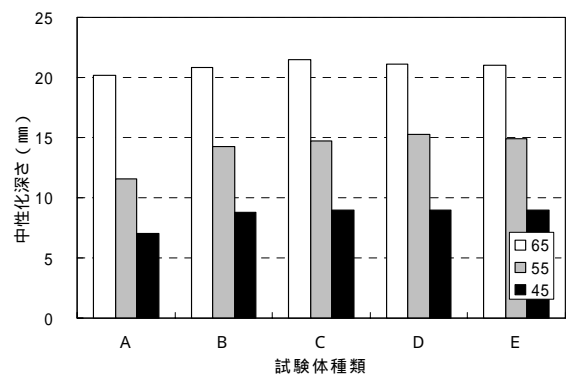


図 - 6 促進中性化試験による中性化深さ

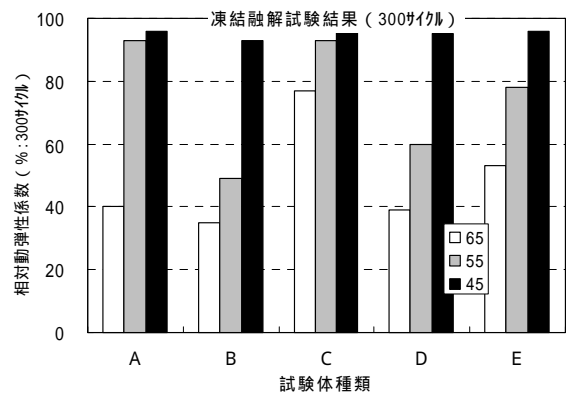


図 - 7 凍結融解試験による相対動弾性係数

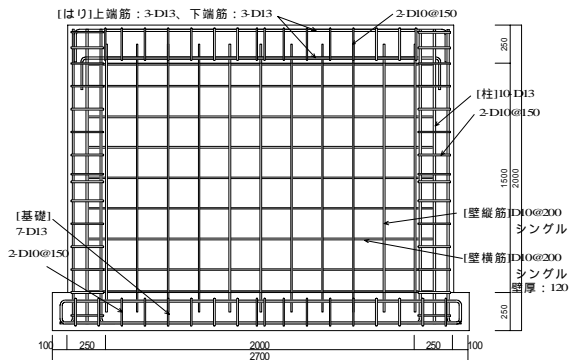


図 - 8 実大暴露試験体の形状および寸法

(1) 圧縮強度とヤング係数

図 - 10 および図 - 11 に、圧縮強度とヤング係数を骨材種別ごとに示した。再生骨材コンクリートの圧縮強度は、何れの材齢においても普通コンクリートの約±5%の範囲であった。また、ヤング係数についても、再生骨材 E を除き、何れのコンクリートもほぼ同等であった。

(2) 乾燥収縮

図 - 12 に、材齢 1 年時の実測長さ変化率と収束予測値を、骨材種類ごとに示した。収束予測値は何れのコンクリートも約 0.1%で、普通コンクリートと再生骨材コンクリートに明確な差は認められなかった。

(3) 実大暴露試験体のひび割れ性状

屋外暴露場に移送する前の材齢 13 週目では、使用骨材によるひび割れ性状の違いは少なく、特異なひび割れ発生は確認されなかった。屋外暴露場に移送した後は、普通コンクリート(A)と再生骨材(B)コンクリートでは顕著な変化は認められなかったが、再生骨材(C, D, E)コンクリートの壁中央部分に微細なひび割れが発生し、材齢約 1 年の段階でひび割れ幅は約 0.1 mm、長さは壁高さ方向の約半分程度に達しており、今後も継続して観察する予定である。

6) まとめ

今回の実験結果をまとめると以下のようである。

- (1)今回使用した再生骨材はJIS A 5021 の規格に相当する良質のものであった。
- (2)普通骨材に比べ再生骨材の実積率が約 0.08 大きく、フレッシュ性状で良好な結果が得られた。
- (3)室内試験では、再生骨材コンクリートの圧縮強度は普通コンクリートより低下し、この傾向は水中養生よりも封緘養生の方が顕著であった。
- (4)長さ変化、中性化深さ、凍結融解抵抗性についても、再生骨材コンクリートは普通コンクリートよりも劣る傾向が認められた。ただし、その差は、再生骨材の種類によって異なり、普通コンクリートとほぼ同程度の性能を有するものもあった。
- (5)実機試験では、フレッシュ時の物性、硬化後の特性とも、普通コンクリートと同等であった。
- (6)一部の再生骨材コンクリートで実大暴露試験体に微細なひび割れが確認された。

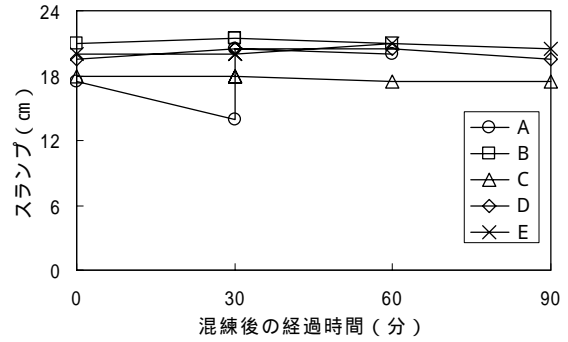


図 - 9 スラブの経時変化

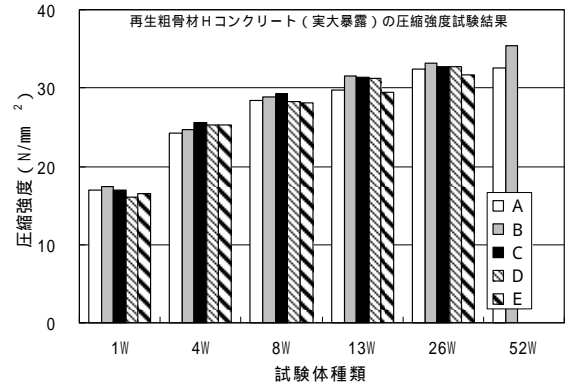


図 - 10 材齢と圧縮強度の関係

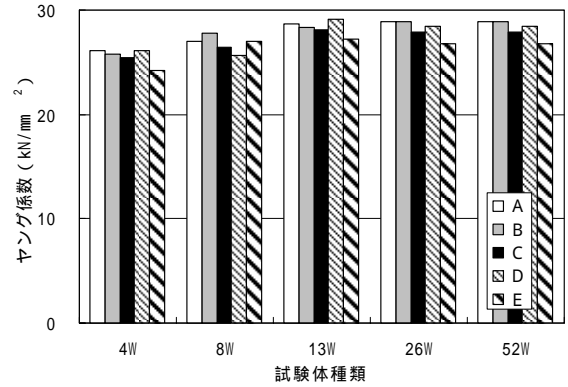


図 - 11 材齢とヤング係数の関係

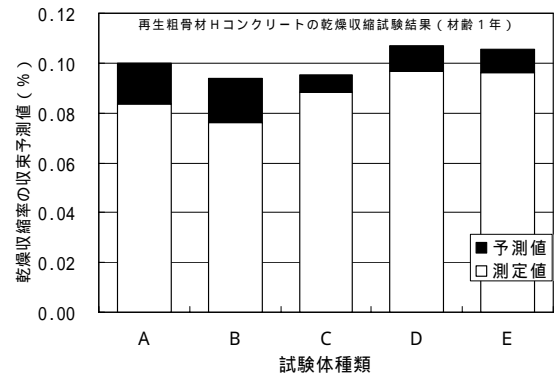


図 - 12 試験体種類別の乾燥収縮率

木造住宅の再資源化技術の開発

1) 技術開発の経緯と概要

建設副産物実態調査によると建設発生木材の排出量は、平成12年度の調査時において500万トンであり、再資源化率は38%であった。また、38%を占める再資源化の方法についても、再生ボードの原料にするなど、限定されていた。

建築研究所では平成13年度から平成17年度の5カ年の間に、研究課題「木造建築物の再資源化・資源循環化技術の開発」(平成13~14年度)並びに「木造建築物由来の再生軸材料の製造技術と性能評価技術の開発」(平成16~17年度)を実施し、主として木造住宅の解体に伴って排出される解体材の再資源化を促進するための技術開発を様々な視点から実施してきた。

上記の研究課題では主に以下のテーマについての技術開発を実施してきた。

(1) 分別・解体を容易にするための新しい設計・施工方法

(2) 建設発生木材の再資源化技術

(3) 再資源化の促進による環境負荷低減効果の算定方法

本章では、両研究課題において得られた成果のうち、枠組壁工法を対象として行った技術開発の成果を抜粋して報告する。

2) 分別・解体を容易にするための新しい設計・施工方法

概要

自動車や家電製品など工業製品では、使用し終わったときの分解・リサイクル容易性に配慮して設計・製造されているものが増えてきている。しかしながら、現在一般的に建てられている木造建築物の多くは建物が解体されるときのことを考慮して設計されていないのが現状である。建築研究所では社団法人日本ツーバイフォー建築協会と共同で、これから建てる枠組壁工法住宅について将来解体されるときに解体手間を軽減し、解体材の再資源化率を向上させるために必要な設計・施工技術を開発し、実大実験を通じてその有効性についての検証を行った。解体のしやすさ、再資源化の容易性を考慮して木造住宅も設計や施工を行い、解体による環境負荷を低減する必要性が将来的に発生するであろうという視点に立った取り組みである。

要素技術の提案

枠組壁工法は枠材に面材を釘打ちした工法であり1棟の住宅に約4万から約5万本の釘が使われている。このため、枠組壁工法による木造住宅は一般に軸組構法による木造住宅よりも解体と分別に手間がかかると言われている。部材間の接合方法、使用する材料などを工夫することによって、このような解体手

間を幾分か軽減し、再資源化できる状態で排出される解体材の比率を増やすことができる。このような考えのもとに、現行の枠組壁工法の設計・施工法を見直し、改良できる点を検討した。

設計・施工上の改良点としての主な提案を以下に示す。

- a) 枠材間の接合、面材の留め付けにビス釘を使用する。
- b) 枠材、金物の接合にダブルヘッド釘又はビスを使用する。
- c) 板の留め付けにダブルヘッド釘又はビスを使用する。
- d) コーナー部の3-202を404と2-204により構成する。
- e) 床根太に404材と実合板を用いる。
- f) パネル化する。
- g) 瓦、瓦棧の留め付けにビスを使用する。
- h) 屋根防水紙の留め付けにステーブルを使用しない。



写真1 ビス釘による枠材間の接合



写真2 404材の床根太と実合板による床の施工



写真3 ビスによる屋根葺き材の留め付け



写真4 ワッシャーネールによる屋根下葺き材の接合



写真5 ワッシャーネールによるラスの留め付け



写真6 ビス頭のテーピング



写真7 比較用の試験棟



写真8 分別・解体容易な枠組壁工法建物のプロトタイプ

- i) 天井石膏ボードの留め付けに金物を使用する。
- j) 石膏ボードのビス頭にテーピングを行い、解体時にビス頭が容易に露出するようにする。
- k) 剥がしやすい壁紙を使用する。
- l) ステープル留めを必要としない断熱材を使用する。
- m) カーペットの施工にメッシュゴムを使用し、接着・ステープル留めしない。
- n) はめ込み式のフローリングを使用する。

改良による効果

改良による効果を検証するために、比較用の試験棟 2 棟（従来の方法によって建てた建物と改良型工法によって建てた建物；ともに平屋建て、床面積 7.5m²）を建設し、解体した。また、比較用の試験棟の施工・解体実験によって得られた知見をもとに、分別・解体容易な枠組壁工法建物のプロトタイプ（総 2 階建て、のべ床面積 30m²）を試作し、解体を行い、解体材のリユース性・リサイクル性についての検証を行った。

解体時間は改良を加えた建物の方が従来の方法によって建てた建物よりも 15%ほど短くなった。改良を加えることによって、解体時間を短縮できる可能性が示唆された。なお、両試験棟とも同じ職人による手解体によって解体した。

一方、改良を加えることによって、床下地合板・屋根下地合板・壁合板への付着物をなくすることができる、石膏ボードへのクロスへの付着を低減できる、石膏ボードを大きな形状で取り外せる、瓦・スレート板を痛めることなく取り外すことができる、木材を痛めることなく取り出すことができるなどの効果が得られ、解体材に占める混合廃棄物の量を削減することが可能であることが確認できた。また、木材などの再資源化方法の選択肢を増やすことが可能であることが示唆された。

今後の課題

様々な要素技術の組み合わせによって、木造建築物は解体しやすくなり、解体材の再利用の可能性は高くなるが、提案した要素技術の中には認定を取得しないと使えないものもある。解体するときのことを考えて作るという発想は建築分野には定着していないが、資源の有効利用という視点から、開発した技術は徐々に普及してゆく可能性が高い。認定取得、普及啓発などの動きが徐々に始まっているからである。

3) 建設発生木材の再資源化技術

概要

木造住宅の解体に伴って排出される解体材の再資源化率を高

めるためには解体材に対する様々な再資源化メニューを用意し、解体材の特性や地域特性等に応じた最適な再資源化が行える環境を整備する必要がある。木造住宅由来の解体木材に対する再資源化の方法としては、「チップ化してパーティクルボードを製造する」、「炭化して炭を製造する」、「燃料として利用する」など解体材を比較的小さなエレメントに加工して再利用する方法が現在のところ中心であり、解体材をより大きなエレメントのまま再利用することはあまり行われていない。建築研究所では、枠組壁工法住宅の解体木材を再利用する上で必要が技術的な知見を収集した。解体木材を大きなエレメントのまま再利用するための取り組みである。

シナリオ

解体木材を構造材として再利用するにあたっては、解体現場から収集される解体木材の品質と性能についての確認が必要である。構造用製材は建物建設前（バージン材の状態）で一度格付けされているが、建設時・解体時に生じた損傷、使用期間中に発生した乾燥割れなどが製材の強度・剛性等に与える影響について明らかにしておく必要がある。枠組壁工法住宅の構造材に使用されている製材は北米で厳格な格付けが行われたものであり、その強度特性等については幾度か実施されたイングレードテストにより得られた膨大なデータによって保証されている。解体木材（Salvaged Lumber）についてもバージン材と同様のプロセスを経たのちに構造用として利用すべきである。

解体木材を構造材として利用するためのシナリオとしては以下の3つのものが考えられる。

- [1] 目視等級区分により解体木材を再格付けし、各等級に対する解体木材の強度特性値等をイングレードテストによるデータに基づいて誘導する。
- [2] 機械等級区分により解体木材を再格付けし、各等級に対する解体木材の強度特性値等をイングレードテストによるデータに基づいて誘導する。
- [3] プルーフローディングにより解体木材を再格付けする。

建築研究所では [1] と [2] のシナリオを検証することを目的として、枠組壁工法住宅 2 棟を手解体し、解体材の力学的特性等についてのデータを収集した。

解体手間

良質な解体木材を得るためには手間をかけて解体しなければならない。解体木材を採取した 2 棟の建物を解体するのに要した時間は、建物 A（延べ床面積 94m²、1988 築）が 13 日、建物 B（延べ床面積 143m²、1986 築）が 25 日であった。物件 A の解体

時間の内訳を図 - 13 に示す。解体工事に要した時間のうち約 4 割は躯体の解体に要している。また、全解体時間の約 2 割は釘抜きに要しており、躯体の解体に全体の約 6 割の時間を要していたことが調査の結果明らかとなった。機械手併用解体による枠組壁工法住宅の解体日数が建物の規模にもよるが概ね 10 日であるので、再使用に適した解体木材を採取するには通常の約 1.5 倍から 2.5 倍の時間を要することになる。解体された材を再使用することによって解体手間に見合う処分費等の負担の軽減が図られるような仕組みを検討することも、解体材の再使用を考える場合の課題の一つである。

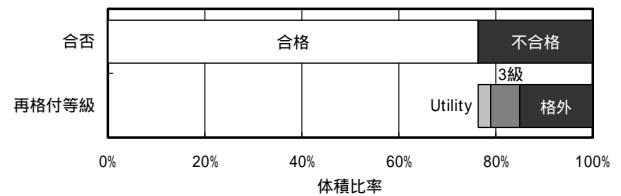
日本農林規格 (JAS) に準じた再格付け

解体木材の総量は建物 A が 10.0m³、建物 B が 16.5m³ であり、概ね 1m あたり 0.1m³ の解体材が採取できた。このうち 1600mm 以上の長さを有する材について、グレーダによる目視等級区分 (写真 9) を行った。このうち長さが 1600mm 以上のものについて日本農林規格に準じた再格付けを行った。なお、1600mm 以上の長さの材は全解体材の約 70% を占めた。

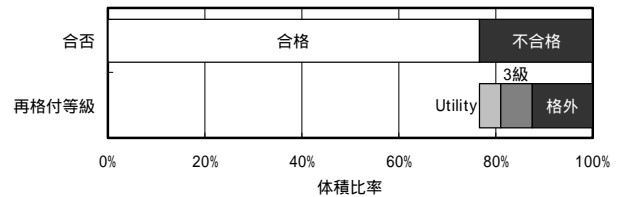
図 - 14 に再格付けの結果を示す。日本農林規格の甲種 2 級の基準をほぼ満たすと判断された材は約 75% である。また、基準を満たさないと判断された材のうち約半分は格外、残りの半分は Utility 又は甲種 3 級の基準を概ね満たすと判断された。基準を満たさなかった要因を図 - 15 に示す。木口割れ、丸身、加工不良、穴、割れなど施工時及び解体時に生じたと考えられる

欠点によって各付けが下がった材の割合が約 60%~70% であった。

一方、解体木材に商品価値を持たせるためには、その美観についても検討しておく必要がある。目視等級区分において、上記の日本農林規格の各付けの他に美観の確認を行い、美観が一定のレベルに達していないものを選別した。図 - 16 にその結果を示す。解体木材のうち約 40%~50% については、汚れや床下地板を根太に接着した際の接着剤の残存によって美的観点から不適当と判断された。汚れについては、解体時の施工条件、解体材の保管状態によって左右されるので、改善の余地はある。また、接着剤の付着については、設計・施工方法そのものを見直す必要がある。



(a) 建物 A



(b) 建物 B

図 - 14 目視等級区分の結果

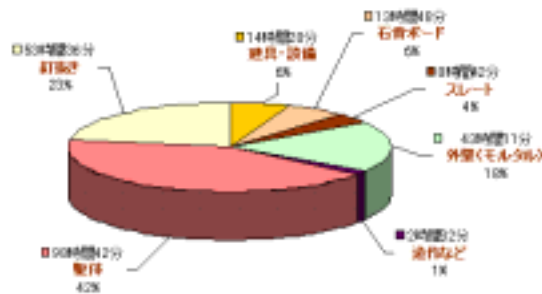


図 - 13 解体時間の内訳 (建物 A)

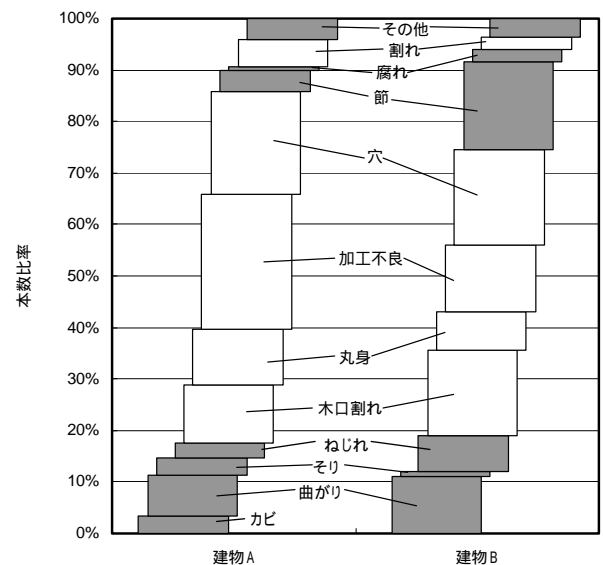


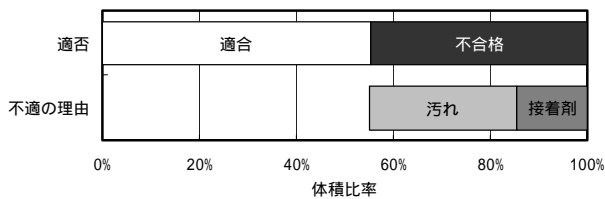
図 - 15 甲種 2 級の基準を満たさなかった要因



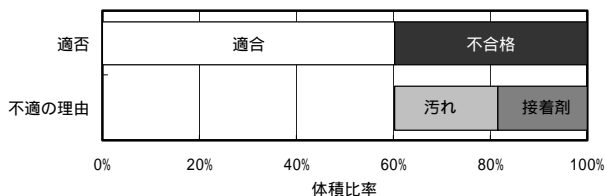
写真 9 目視等級区分



写真 10 機械等級区分



(a)建物A



(a)建物B

図 - 16 美観による適否の結果

グレーディングマシンによる弾性係数の測定

長さが3640mmのいわゆる定尺材（主として縦枠材）約600本の弾性係数をグレーディングマシンによって測定した（写真10）。弾性係数は材の長さ方向約13点について測定し、その平均値、最小値、並びに最大値を算定した。図-17に弾性係数（13点測定点の平均値）の分布を示す。弾性係数の平均値は11.8GPaであった。グレーディングマシンによって測定した弾性係数（13測定点の最小値）が甲種2級の基準弾性係数9.6GPa以上であり、かつ目視等級区分によって甲種2級相当と判断された材は、グレーディングマシンによる測定を行った全材のうち5割強を占めた。

4) 再資源化の促進による環境負荷低減効果

延べ床面積100㎡の枠組壁工法住宅について、解体方法と解体木材の処理方法に関する2つのシナリオを作成し、炭素の収支

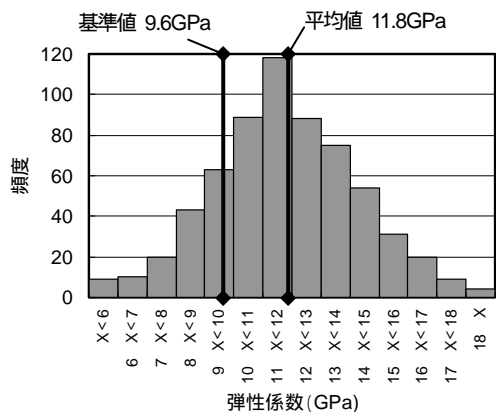


図 - 17 弾性係数の分布

を試算した。シナリオは以下の通りである。

[シナリオ1]

- (1) 解体方法：手解体（20日間、職人3人/日）
- (2) リユース方法：長尺材（長さ1.6m以上、全解体材の70%を占める）の50%をリユース
- (3) リサイクル方法：残りの材をパーティクルボード原料としてリサイクル

[シナリオ2]

- (1) 解体方法：機械手併用解体（10日間、職人3人/日）
- (2) リユース方法：解体材のうち80%をパーティクルボード原料としてリサイクル
- (3) 処理方法：解体材のうち20%を最終処分

なお、計算にあたっての諸条件は以下の通りとした。

- (a) 解体材の排出量は10m³
- (b) 解体職人は自家用車で片道30km通勤
- (c) リユース時の歩留まりは90%
- (d) パーティクルボード製造時の原料チップの利用可能率は、シナリオ1が100%、シナリオ2が80%
- (e) パーティクルボード製造時の端材（耳材）発生率は10%

以上のシナリオと前提条件のもとに炭素の収支を算定した結果を図-18に示す。シナリオ1の炭素排出量は約940kg-C、炭素ストック量は約2475kg-Cであり、約1500kg-Cの炭素ストックとなる。一方、シナリオ2の炭素排出量は約1650kg-C、炭素ストック量は約1600kg-Cであり、炭素収支は0となる。両者の炭素収支の差はシナリオ2がシナリオ1よりも+1500kg-Cとなる。解体材を再生資源としてリユースする効果である。

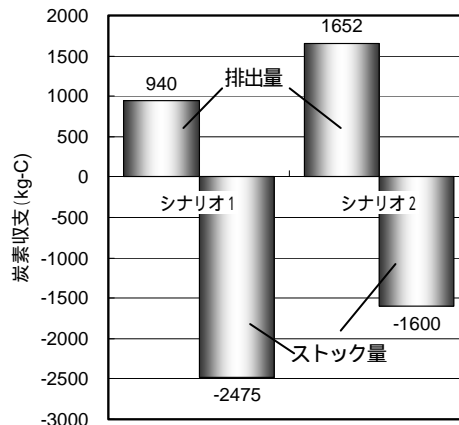


図 - 18 炭素収支

5)まとめ

以上、研究課題「木造建築物の再資源化・資源循環化技術の開発」並びに「木造建築物由来の再生軸材料の製造技術と性能評価技術の開発」において実施した研究の一部を紹介した。ここで、紹介した内容は、資源の有効利用という観点から、木造住宅における木材利用の一つの方向性を示したものであるが、開発した技術の中には実用化に向けた作業が既に進められているものもある。すなわち、分別解体を容易にする設計施工技術については、関連技術の中で既に認定を取得したのものもある。今後、実用化に向けた更なる取り組みが行われることを期待する。