

建築物解体時における 未回収建設資材の推計に関する研究

稲垣さや香¹・谷川 寛樹²・橋本征二³

¹学生会員 和歌山大学大学院 システム工学研究科 (〒640-8510 和歌山市栄谷930番地)

E-mail: s084005@sys.wakayama-u.ac.jp

²正会員 和歌山大学助教授 環境システム学科 (〒640-8510 和歌山市栄谷 930 番地)

³正会員 国立環境研究所主任研究員 (〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2)

本研究では、建設部門における未回収資材量の把握を目的とする。未回収資材とは解体時に回収されずに地中に取り残された建設資材である。本稿では建築物を取り上げ、未回収となりうる建築物の基礎に着目する。未回収資材の定量化のため設計図面を用いた資材重量の算出や、ヒアリング調査に基づく基礎部分の未回収量の把握を行う。推計方法は、ヒアリング調査をもとに地中の部材の回収率を建て替えのパターンごとに場合分けし、それぞれのケースの基礎未回収率を構造別に求めた。また未回収率は資材別に全資材重量に対する未回収資材重量の割合で示した。その結果、未回収資材についてその材質や、資材の未回収率が基礎未回収部分の違いにより大きく変化することが把握できた。

Key Words : material flow analysis, un-collection materials, foundation of the building, ground line

1. はじめに

日本は戦後、都市機能を向上、維持、更新のため大量の資材を投入・消費・廃棄する物質代謝を繰り返している。我が国におけるマテリアルフローを俯瞰すると1980年から2003年まで天然資源投入量に占める蓄積純増の割合は63%から53%の間で推移している¹⁾。今後、高度経済成長期やバブル期にストックされた大量の建設資材が、耐久年数を迎えた建築物を解体することにより建設副産物として排出されることが予想される。大量の建設副産物の排出は社会全体のマテリアルフローに大きな影響を与える。建設部門のマテリアルフローの推計に際し、建設資材の投入と排出の統計値の差は大きい²⁾。投入量やストック量などの統計値より廃棄量の推計を行うが、推計により算出された推計値と実際の統計値にも大きな差が見られ、統計値は推計値の約50%²⁾である。これはストックされたまま回収されない未回収資材があるためであるといわれている。未回収建設資材は、社会に滞留していながら統計上では蓄積として扱われないことが多いため、建設部門のマテリアルフローの推計を複雑にする一因となっている。解体時における建築物の基礎の回収は、その代表例であるが、回収するか否かはケースバイケースであ

ることが多い。

本研究では、建設部門のマテリアルフローを精密化するため、未回収建設資材に焦点を当て、未回収資材原単位の推計を行うことを目的とする。具体的には、設計図面やヒアリング調査をもとに建築物解体時における未回収建設資材量の推計を行い、その回収のパターンを明らかにする。

2. 未回収建築資材量の推計

(1) 推計方法

建築物について全資材重量と建設副産物の予想発生量の差、すなわち未回収資材量を算出し、建築物の全資材重量に対する未回収資材量を未回収率とする。本研究では未回収率の定量化を行うことで未回収資材量を把握する。未回収率計算は式(1)に示す。

$$\text{未回収率} = \frac{\text{基礎の未回収資材重量}}{\text{建築物の全資材重量}} \times 100 \quad (1)$$

資材投入量は建築図面^{3) - 9)}に基づき、各部材の積算を行い資材別の全重量を推計する。建設資材の予

想発生量は建築物解体時に未回収となる可能性のある部分の資材量を建築図面より抽出し、副産物の発生量を推計する。本研究において対象とした構造はRC造（Reinforced Concrete structure：鉄筋コンクリート造）（住宅、学校、ビル）、木造（事務所、住宅（在来工法、2×4工法））、S造（Steal structure：鉄骨造）（工場、住宅、ビル）の9種である。また、和歌山市内の5社の解体業者に対して行ったヒアリング調査に基づき解体時において未回収となる可能性のある基礎部分を以下のようにする。全ての構造につき①GL（Ground Line:地面）以下、②基礎下部以下、③捨てコンクリート以下の3通り、さらにRC造ビル、S造ビルにおいては④基礎杭以下を追加する。以上の分類で基礎の未回収率の把握、さらに比較を行う。図-1に未回収部分の概念図を示し、計算に用いた設計図面の一部を図-2に示す。

(2) 結果

表に基礎の未回収部分でまとめ、全資材の未回収率を構造別に示す。基礎の捨てコンクリート以下が回収されないと仮定した場合の副産物予想発生量と未回収率を表-1に示す。また、GL以下の基礎部分が全て回収されないと仮定した場合のものを表-2に、構造用途別に未回収部分を仮定した全資材合計の未回収率を表-3示す。表-1、表-2において木材、ガラス、陶磁器、アルミなどの砂利・石材、セメント、鉄以外の建設資材は基礎部分に含まれないことが多いため、本研究において数値にほとんど変化が見られない。そのため、表-1、表-2、図-3、図-4中ではこれらの資材をその他としてまとめる。

表-1、表-2より建築物における基礎の占める重

量の大きさが分かる。表-2では木造事務所の全資材における未回収率が特に大きく68%となる。また、未回収率が最小であるRC造の学校でも10%となる。これは建築物における建設資材の中で比較的比重の大きいコンクリートや鉄筋が基礎に使用されているためである。さらにこれは本研究における未回収の主な建設資材は砂利・石材、セメントと鉄であると推測されることにもなる。

砂利・石材、セメントに関しては、建築物におけるコンクリートの使用の大部分がRC造以外では基礎部分であることが多いため基礎に多く使用されている。特に木造では使用される砂利・石材、セメントのほぼ100%が基礎部分である。木造住宅においては捨てコンクリート以下を残しただけでも50%を超える砂利・石材が取り残される事になる。

鉄に関しては、ビル以外の基礎杭を使用していない建築物において、捨てコンクリート以下のみが回収されていない場合、ほぼ100%が回収されていることになる。ただし、解体業者のヒアリング調査よ

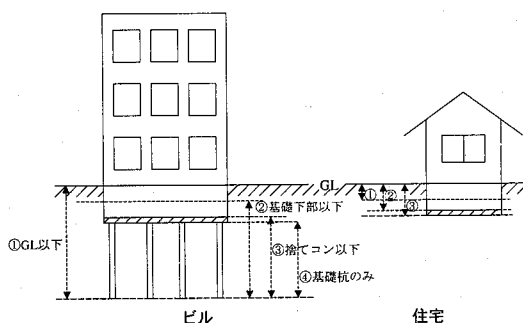


図-1 未回収部分の設定

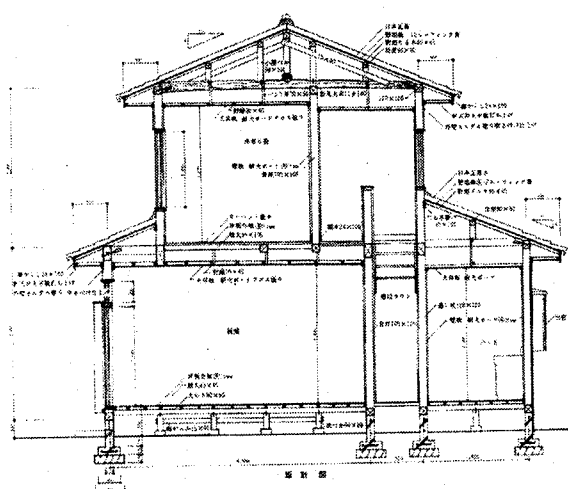


図-2 推計に用いた設計図面の例（木造住宅）

りビルの杭は回収されず地中に残るという意見が多かった。本研究で使ったビルの図面では RC 杭を使用している。そのため、RC 造ビル、S 造ビルにおける鉄の未回収率が図-3、図-4 の数値を上回る可能性はかなり高いと考えられる。また捨てコンクリートより上部の基礎にはどの構造でも多くの鉄筋が使用されているため、基礎をどの程度回収するかが鉄の未回収率に大きく影響する。特に建設資材として使用される鉄のうち、木造事務所ではほぼ 100%、木造住宅（在来工法）では 60%以上、木造住宅（2×4 工法）では 80%が基礎に使用されている。鉄もコンクリート同様マテリアルフローにおいて未回収資材を考慮しなければ実際の数値と大きな誤差が生じると考えられる。

基礎の未回収率は特に木造においてマテリアルフ

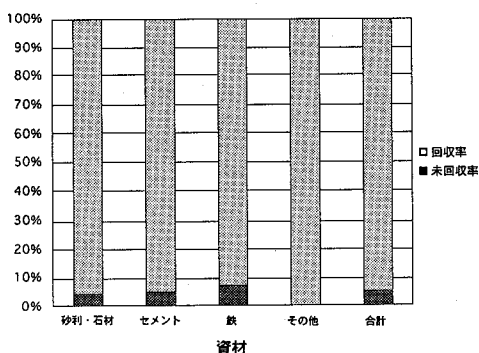


図-3 RC 造ビル 基礎杭のみ未回収

表-1 捨てコンクリート以下が回収されない場合の

建設資材投入量、副産物予想発生量(t) 3) 4) 5) 6) 7) 8) 9)

構造名	資材	砂利・石材	セメント	鉄	その他	合計
RC造住宅	投入量(t)	145	22	7	5	180
	発生予想量(t)	123	20	7	5	169
	未回収率	15%	9%	0%	0%	13%
RC造学校	投入量(t)	30000	5170	972	252	36500
	発生予想量(t)	29100	5130	972	252	35500
	未回収率	3%	1%	0%	0%	3%
RC造ビル	投入量(t)	762	137	37	6	942
	発生予想量(t)	694	128	34	6	863
	未回収率	9%	7%	8%	0%	8%
木造事務所	投入量(t)	81	8	1	43	133
	発生予想量(t)	38	7	1	43	89
	未回収率	52%	20%	0%	0%	33%
木造住宅 (在来工法)	投入量(t)	25	3	2	28	58
	発生予想量(t)	12	2	2	28	45
	未回収率	51%	23%	0%	0%	23%
木造住宅 (2×4 工法)	投入量(t)	34	5	1	20	59
	発生予想量(t)	25	5	1	20	50
	未回収率	27%	8%	0%	0%	16%
S造工場	投入量(t)	205	22	47	16	289
	発生予想量(t)	200	210	47	16	283
	未回収率	2%	4%	0%	0%	2%
S造住宅	投入量(t)	75	13	15	10	113
	発生予想量(t)	65	12	15	10	102
	未回収率	14%	4%	0%	0%	10%
S造ビル	投入量(t)	189	25	52	9	276
	発生予想量(t)	130	20	50	9	208
	未回収率	31%	20%	4%	0%	25%

ローに大きな影響を与える。これは木材の比重がコンクリートや鉄より小さく、木造ではコンクリートの 80%以上、鉄の 60%以上が基礎に使用されており木造建築物における基礎の占める重量大きいのである。

RC 造、S 造は GL 以下が未回収の場合、捨てコンクリート以下が未回収の場合に比べ、3 倍以上の未回収率を示す。S 造工場においては未回収率が捨てコンクリート以下の場合 2%であるのに対し、GL 以下の場合 23%である。木造では約 2 倍の未回収率を示し、木造事務所では捨てコンクリート以下の場合 33%であるのに対し、GL 以下の場合 68%と 30%以上の増加が見られる。これらのことより基礎の未回収部分の違いによる資材未回収率の変化の大きさが分かる。

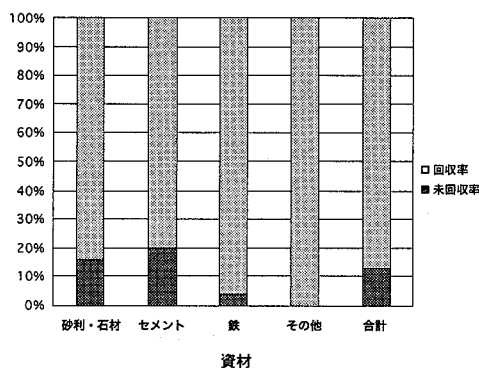


図-4 S 造ビル 基礎杭のみ未回収

表-2 GL 以下が回収されない場合の建設資材投入量、

副産物予想発生量(t) 3) 4) 5) 6) 7) 8) 9)

構造名	資材	砂利・石材	セメント	鉄	その他	合計
RC造住宅	投入量(t)	145	22	7	5	180
	発生予想量(t)	82	18	6	5	112
	未回収率	44%	19%	19%	0%	38%
RC造学校	投入量(t)	30000	5170	972	252	36500
	発生予想量(t)	26900	4750	964	267	32900
	未回収率	10%	8%	1%	0%	10%
RC造ビル	投入量(t)	762	137	37	6	942
	発生予想量(t)	504	92	24	6	625
	未回収率	34%	33%	36%	0%	34%
木造事務所	投入量(t)	81	8	1	43	133
	発生予想量(t)	0	0	0	43	43
	未回収率	100%	100%	100%	0%	68%
木造住宅 (在来工法)	投入量(t)	25	3	2	28	58
	発生予想量(t)	4	1	1	28	33
	未回収率	85%	77%	65%	0%	43%
木造住宅 (2×4 工法)	投入量(t)	34	5	1	20	59
	発生予想量(t)	19	4	0	20	43
	未回収率	42%	27%	87%	0%	27%
S造工場	投入量(t)	205	22	47	16	289
	発生予想量(t)	150	12	46	16	223
	未回収率	27%	45%	2%	0%	23%
S造住宅	投入量(t)	75	13	15	10	113
	発生予想量(t)	41	10	14	10	75
	未回収率	45%	19%	8%	0%	33%
S造ビル	投入量(t)	189	25	52	9	276
	発生予想量(t)	82	10	46	9	148
	未回収率	57%	59%	10%	0%	46%

表-3 未回収部分を仮定した場合の全重量の

未回収率 3) 4) 5) 6) 7) 8) 9)

構造・用途	表-4 との対応	① GL以下	② 基礎下部以下	③ 捨てコン以下	④ 基礎杭のみ
RC造住宅	(ii)	38%	36%	13%	-
RC造学校	(ii)	10%	6%	3%	-
RC造ビル	(i)	34%	16%	8%	5%
木造事務所	(ii)	68%	55%	33%	-
木造住宅(在来工法)	(ii)	43%	35%	23%	-
木造住宅(2×4工法)	(ii)	27%	24%	16%	-
S造工場	(ii)	23%	-	2%	-
S造住宅	(ii)	33%	21%	10%	-
S造ビル	(i)	46%	35%	25%	13%

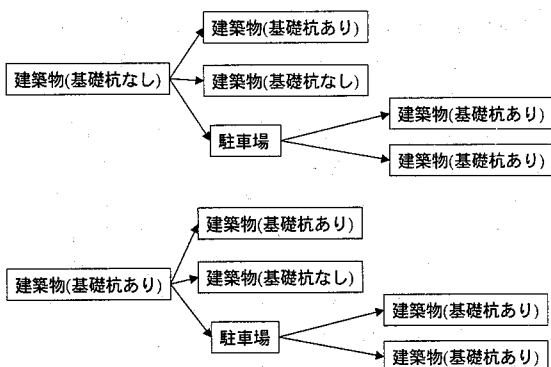


図-5 建築物解体後の土地利用の変化

表-4 土地利用変化に伴う未回収資材対応表

解体後 解体前	建築物(基礎杭あり)	建築物(基礎杭なし)	駐車場→建築物(基礎杭あり)	駐車場→建築物(基礎杭なし)
(i) 建築物 (基礎杭あり)	コスト優先 所有変更 ○ ×	コスト優先 所有変更 ○ ×	コスト優先 所有変更 ○ ×	コスト優先 所有変更 ○ ×
(ii) 建築物 (基礎杭なし)	コスト優先 所有変更 ○ ×	コスト優先 所有変更 ○ ×	コスト優先 所有変更 ○ ×	コスト優先 所有変更 ○ ×

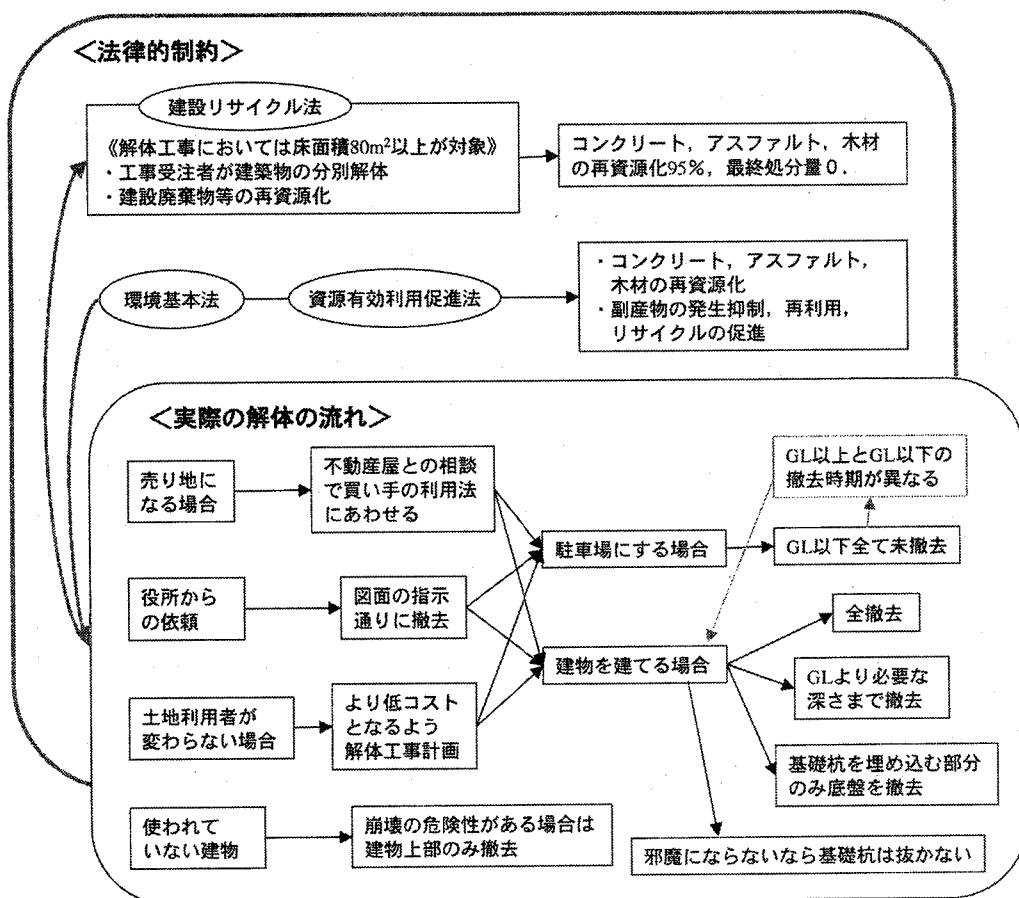


図-6 基礎解体に関するフローチャートと法的制約¹⁰⁾

3. 基礎の回収に関するヒアリング調査

(1) ヒアリング調査方法

和歌山市内の解体業者、建設業者、役所にヒアリング調査を行い、どのような場合にどのような基礎の回収を行うのかを調査する。より多くのヒアリング調査を行うことにより、どれほどの確率でどのような基礎回収方法がなされるのかを把握する。本稿は5社の解体業者へのヒアリング調査の結果をもとにまとめた。

(2) 結果

調査結果をフローチャートにまとめたものを図-6に示す。ヒアリング調査より以下のことが確認できた。基礎の回収にはその土地のその後の利用法を考慮した上で基礎撤去にかかる費用が大きく影響する。解体と次の利用法の両方を考慮してより小さなコストとなる解体方法がとられる。

次の利用法が決まっていないため一時的に駐車場にするという例は多い。次の利用法が駐車場の場合、GL以下全未回収とすることがある。駐車場の地表面がGLより高くても問題が無い。GL以上の資材は駐車場建設前に回収、GL以下の資材は駐車場解体時に回収され、一つの建築物でも資材回収の時期に誤差がある場合もある。図-5に示すように、土地利用の流れをさらに細かく仮定し、回収時期のずれを考慮した上で基礎の未回収率についての推計を行う必要があると考えられる。

基礎の回収は一つの解体において必ずしも全て同じ深さまで回収するとは限らない。一つの土地であっても一部を駐車場として利用、一部に建築物を建てるというような場合は一部全撤去、一部全未撤去ということもある。

土地の次の利用者もしくは持ち主が変わる場合、現利用者は建築物解体の際に基礎を全撤去するとは限らない。次の利用者の利用方法に応じて次の利用者と建設業者、解体業者との相談によって基礎の解体、撤去を行う。

ビルの解体に関しては、基礎杭の撤去はその後の土地利用で障害とならない限り撤去されないため地中に残り残されることが多い。

ヒアリング調査の結果と未回収率の算出結果より構造を建築物（基礎杭あり）、建築物（基礎杭なし）のグループに分け図-5、表-4を作成した。表-4については表-3と対応させることによって土地利用の変化による資材の未回収率を読み取ることを可能にした。

4. まとめと今後の課題

本研究では建築物解体時における未回収建設資材の発生率を明らかにし、得られた知見は次の通りである。1) 木造建築物では、基礎部分が全重量の70%を占めるため、回収の有無がマテリアルフロー推計に与える影響は大きい。2) 基礎の未回収部分の大きさにより回収率は大きく変化し、GL以下が未回収の場合は、捨てコンクリート以下が未回収の場合に対しRC造、S造では3倍以上、木造、2×4工法では約2倍の未回収率を示す。

ヒアリング調査においては基礎撤去には工事の費用が大きく関わっていることが確認できた。次の土地利用法が決まっていない場合、一時的に駐車場として土地を利用するということが多いことが確認できた。

今後の課題は次の通りである。基礎は建物の階層によりその大きさが異なるための未回収率のより高いレベルで把握するために構造別の比較に加え、階層別の比較が必要である。ヒアリング調査においてはさらに調査件数を増やし、より精度の高いフローチャートを作成する。フローチャートにはより正確な未回収率、その未回収率で基礎が撤去される確率を示し、建設部門における副産物発生量の将来予測に利用できるものを目指す。

参考文献

- 1) 環境省：平成18年版 環境白書、株式会社ぎょうせい、2006
- 2) 橋本征二、谷川寛樹、森口祐一：建設資材のマテリアルバランス～失われるマテリアルストックと再生砕石の需給に関する検討、第31回環境システム研究論文発表会講演集、2003
- 3) 建築工程図編集委員会：絵で見る建築工程図シリーズ② 木造在来工法2階建て住宅、建設資材研究社、1998
- 4) 建築工程図編集委員会：絵で見る建築工程図シリーズ③ 鉄骨造平屋建て工法（屋根：折板）、建設資材研究社、1998
- 5) 建築工程図編集委員会：絵で見る建築工程図シリーズ⑤ 鉄骨造2階建て住宅（外壁：モルタル刷毛引）、建設資材研究社、1998
- 6) 建築工程図編集委員会：絵で見る建築工程図シリーズ⑥ 鉄筋コンクリート造3階建てビル、建設資材研究社、1998
- 7) 建築工程図編集委員会：絵で見る建築工程図シリーズ⑦ 鉄骨造3階建てビル（外壁：ALC版）、建設資材研究社、1998
- 8) 建築工程図編集委員会：絵で見る建築工程図シリーズ⑨ 2×4工法2階建て住宅、建設資材研究社、1998
- 9) 新建築設計ノートシリーズ 学校・幼稚園、彰国社、1998
- 10) 環境省：循環型社会白書 平成14年版、株式会社ぎょうせい、2002

A STUDY ON ESTIMATING OF UN-COLLECTION CONSTRUCTION MATERIALS OF DEMOLISHED BUILDINGS

Sayaka INAGAKI, Hiroki TANIKAWA and Seiji HASHIMOTO

The objection of this study is to quantify volume of “un-collection materials” that left mainly underground of demolished buildings. “Un-collection materials” of buildings have used as basement structures, these materials remain after changing land use because of expensive work to collect these materials, and of safe to remain in the ground. But MFA (Material Flow Analysis) of construction sector needs to quantify volume of “un-collection materials” in order to 1) having consistency between volume of In-flow and Out-flow of materials, 2) grasping existing volume of various materials.

Weight of “un-collection materials” by structure types, way of structure use, are estimated by using blueprints of buildings and hearing surveys. We found some patterns of demolishing activities by economical factors. For example, 34% weight of building material is remained underground in the case of changing land use to car parking from multi-floor office buildings.