

コンクリート用再生骨材製造時の環境負荷と経済性

INVENTORY AND COST ANALYSIS ON A PROCESS OF RECYCLING AGGREGATE FOR CONCRETE

柳橋邦生*

by Kunio YANAGIBASHI

1. はじめに

砕石や砂利等の骨材は、わが国のマテリアルフローの半分近くを占めている。建設業からの廃棄物量は全産業廃棄物の約20%を占め、そのうち1/3が解体工事で排出されたコンクリート塊である。このように解体されるコンクリート構造物は、資源と廃棄物という現在の環境問題の核心に大きく係っている。現在の解体コンクリート塊の再利用率は96%であり、有効利用は進んでいる材料であるが、その用途のほとんどが路盤材である。構造物の建設量と寿命・除却期間との関係から、2010年には解体コンクリート総量は95年の年間3600万トンから1~2億トンへ増加することが予測されており、また、主要な用途である路盤材の需要量も減少している。その結果、今後のコンクリート塊の有効利用は困難となり、コンクリート塊から再度コンクリート用骨材としてリサイクルすることが必要となってくる。コンクリート用再生骨材の技術的かつ経済的な実現の可否は、今後必要とされる最終処分場の量や骨材資源の消費量に相当の影響を及ぼす。

従来、解体コンクリート塊から回収した再生骨材は、付着モルタルの除去が不十分であり、砕石のJISやJASS5・示方書の天然骨材の品質に適合するものを得るのが困難であった。そのため、この種の再生骨材を使用したコンクリートは、乾燥収縮や中性化が大きく構造成用コンクリートに必要な基本的品質を備えることができなかった。

本論文は、コンクリートからコンクリートへのリサイクルを実現することを目的として開発した偏心ロータ式処理装置を用いた再生粗骨材の高度処理技術の概要と、本技術により製造した再生粗骨材を利用する際の環境負荷と経済性についてまとめたものである。

2. 偏心ロータ式処理装置を用いた再生粗骨材製造プロセスの概要

骨材に付着するモルタルを効率よく除去するには、骨材の破碎を極力抑制し、骨材どうしの擦りもみ作

用を卓越させることによりモルタルを除去する機構が必要である。これを実現するものとして、筆者らは、偏心ロータ式の装置の研究を行った¹⁾。図1は、本装置の断面構成と擦りもみ処理の概念図、図2は、当該プロセスの処理フローを示す。装置の諸元は下記の通りである。

- ・ 外筒：内径720mm、高さ800mm
- ・ 内筒(ローター)：外径600mm、高さ800mm、偏心量11.7mm、標準回転数500rpm
- ・ 内外筒間の擦りもみ空間：約0.1m³
- ・ 処理能力：30t/h

製造は、図2のフローに従い、解体コンクリート塊をジョークラッシャーで40mm以下に破碎し、5mmふるいに留まるものを偏心ロータ式の装置で処理し、処理したものを再度5mmふるいにかけて、ふるい目に

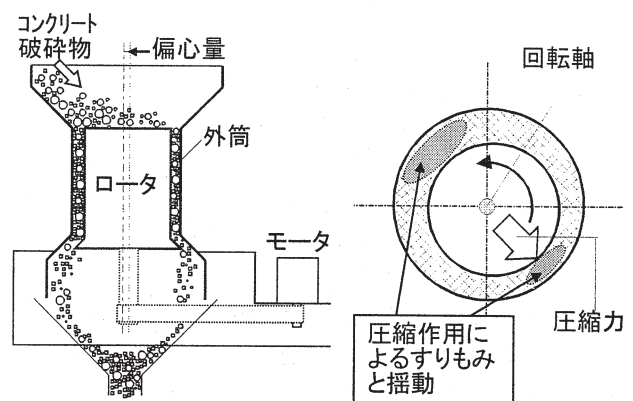


図1 偏心ロータ式処理装置の断面と処理原理

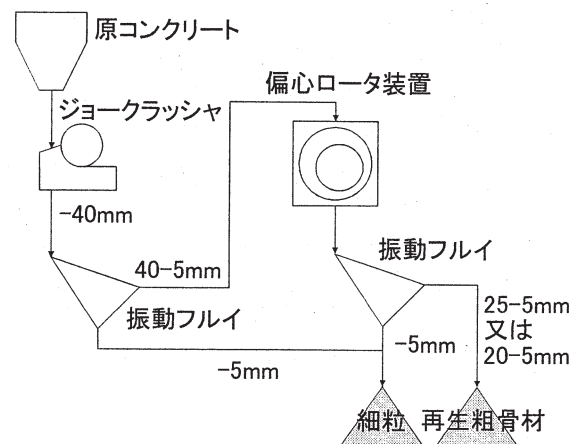


図2 再生粗骨材の処理プロセス

* (株)竹中工務店 技術研究所 先端研究開発部主任研究員(〒270-1395 千葉県印西市大塚1-5-1)

留まるものを再生粗骨材として回収する。回収した再生粗骨材は、コンクリート用骨材の品質基準を満足する品質のものが得られる¹⁾。天然骨材の5mm以下の細粒は、セメント水硬物及び細骨材を含むため、コンクリート用の細骨材としては品質の低いものであるが、埋戻し材や路盤材、成分によってはセメントクリンカーの焼成原料として利用できる²⁾。

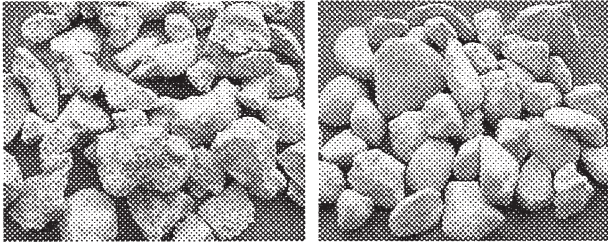


図3 処理前(左)および処理後(右)の再生粗骨材

3. 再生粗骨材製造時の環境負荷

3.1 再生粗骨材の利用方法と検討ケース

再生粗骨材の製造拠点で考えると、図4のように現場内に装置を設置して運用する方法と、ある範囲の地域を担当する処理センターとして事業所を建設

表1 検討ケース

Case1	解体後のコンクリート塊を破碎処理して路盤材に利用し、コンクリートを天然の骨材で製造するケース
Case2	解体後のコンクリート塊を高度処理してコンクリート用再生粗骨材を製造して利用するケース
Case3	解体後のコンクリート塊を高度処理してコンクリート用再生粗骨材を製造し、さらに細粒分をセメントクリンカー原料に利用するケース

する方法がある。いずれの方法においても、モルタル分を除去することにより高度処理した再生粗骨材の回収率は、コンクリート中に元々含まれている粗骨材の量が体積で約30~35%であるため、回収できる粗骨材量はこれを超えることはできない。コンクリート用再生粗骨材を実際の工事に適用するためには、残りのモルタル分を含めた利用方法を検討する必要がある。今回、表1の3つのケースについて検討することとした。図5に示すようにコンクリート

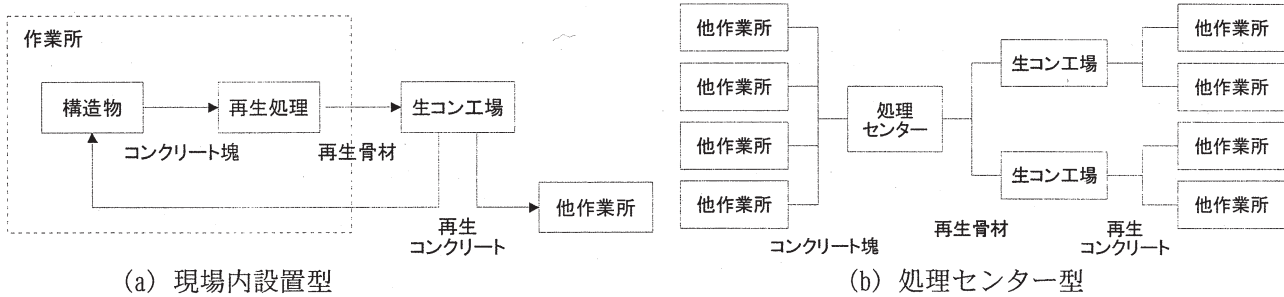


図4 再生粗骨材製造技術の運用方法

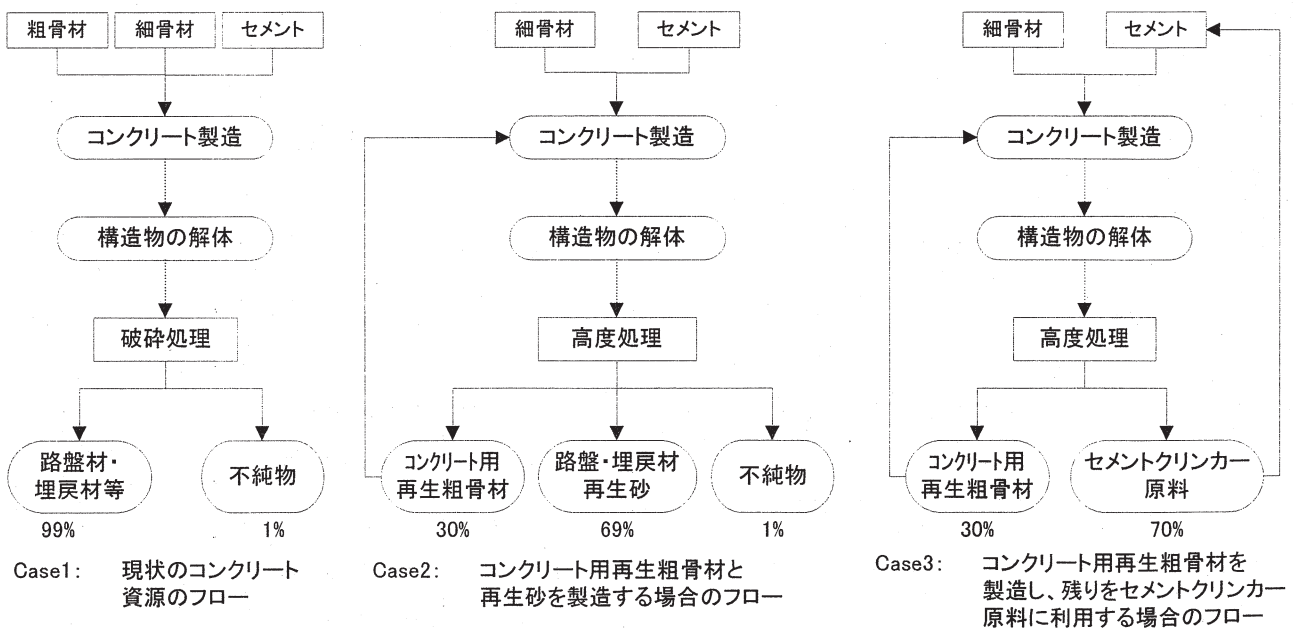


図5 コンクリート資源のマテリアルフロー

資源のマテリアルフローで見ると、Case2 では粗骨材が、Case3 では粗骨材とセメント原料の一部がコンクリート用資源として循環利用される。なお、Case1 は比較のため、路盤材を製造するフローを検討に加えた。図5中の百分率は、これまでの製造実験での回収率の実績をもとに、コンクリート塊発生時を100%としたときの回収物を表したものである。

3. 2 再生骨材の製造に伴う環境負荷

再生骨材の製造に伴う環境負荷を検討するため、以下のインベントリを分析した。

(1) リサイクル率および廃棄物発生量

図5に示したCase1~Case3のいずれもリサイクル率は99%以上であり、廃棄物発生量は1%以下となるが、その内容は大きく異なっている。Case1では資源は循環していないことに対し、Case2では再生コンクリートを通じて骨材資源の循環化が図られる。また、Case3ではこれに加えてセメント原料も資源循環化に貢献できる。ただし、これらはリサイクル率や廃棄物発生量としては、数値に表れない。

(2) コンクリートの製造に伴う天然資源消費量

現状では、資源循環化に関する指標は、リサイクル率および廃棄物発生量が同程度の場合に天然資源消費量の差によって評価できると考えられる。

Case1では、コンクリートの製造は全て天然資源

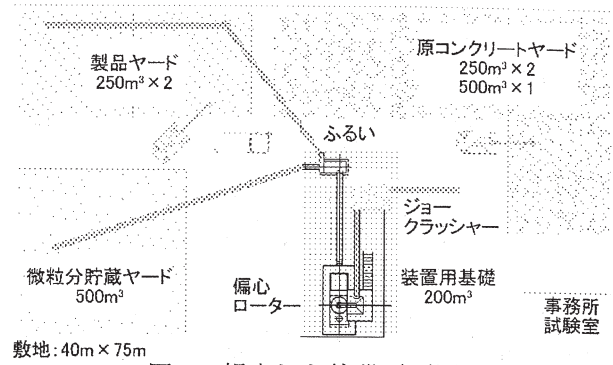


図6 想定した施設平面図

で製造することになるが、Case2では、粗骨材に再生粗骨材を使用することによりコンクリート1m³あたり900~1,000kgの天然の骨材資源の消費を抑制することができる。

さらに、Case3では、粗骨材回収後のモルタルをセメントクリンカー原料として利用する量に依存するが、粗骨材分の天然資源の消費抑制に加え、セメント製造時の天然資源消費の削減に寄与する。セメント1tを生産する際の石灰石の資源消費量は約1.1tであるが、再生粗骨材を製造した残りの細粒にはカルシウムが13.5~18.1%と石灰石の1/3程度が含まれており²⁾、セメント製造時に石灰石の代替資源として使用すれば、ある程度量石灰石の消費量を削減することが可能と考えられる。

表2 装置製作および施設整備に関する炭酸ガス排出量

種別	内容	数量	CO ₂ 原単位	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂)
基礎コンクリート打設	鉄筋コンクリート	40 m ³	475.11 kg-CO ₂ /m ³	19,004
骨材仕切りコンクリート	鉄筋コンクリート	20 m ³	475.11 kg-CO ₂ /m ³	9,502
コンクリート資材運搬	10t車, 20km, 60m ³ ×2.35t/m ³	2,820 t・km	0.178 kg-CO ₂ /t・km	502
コンクリート運搬	ミキサ車, 10km, 60m ³ ×2.35t/m ³	1,410 t・km	0.178 kg-CO ₂ /km台	251
コンクリート打設	ブーム車	60 m ³	0.66 kg-CO ₂ /m ³	216
鉄筋運搬	10t車, 20km, 60m ³ ×0.2t/m ³	240 t・km	0.178 kg-CO ₂ /t・km	43
敷地整備重機作業	バックホウ	30 h	56.46 kg-CO ₂ /h	1,634
プラント製造	鋼材量	10 t	1250 kg-CO ₂ /t	12,500
プラント据付重機作業	22tトラッククレーン	18 h	24.28 kg-CO ₂ /h	437
計				44,089

表3 再生粗骨材製造に伴う炭酸ガス排出量 (運転時間1時間あたり)

種別	内容	数量	CO ₂ 原単位	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /h)
再生粗骨材製造	電力消費	180 kWh	0.371 kg-CO ₂ /kWh	66.78
コンクリート塊投入	バックホウ 0.6m ³	1 h	56.46 kg-CO ₂ /h	56.46
再生粗骨材積込み	バックホウ 0.6m ³	1 h	56.46 kg-CO ₂ /h	56.46
計				179.7

表4 炭酸ガス排出量の試算結果(現場内設置型 Case1)

内容		原単位 (kg-CO ₂ /t)	比率・回収率	炭酸ガス排出量 (kg-CO ₂ /t)
コンクリート塊の処理	破碎処理	2.77	1	2.77
再生骨材の運搬	距離 20km	3.56	0.99	3.524
不純物	距離 50km	8.90	0.01	0.089
計				6.383

表5 炭酸ガス排出量の試算結果(現場内設置型 Case2)

内容		原単位 (kg-CO ₂ /t)	比率・回収率	炭酸ガス排出量 (kg-CO ₂ /t)
コンクリート塊の処理	高度処理	3.681	1	3.681
再生骨材の運搬	距離 20km	3.56	0.3	1.068
モルタル分の運搬	距離 20km	3.56	0.69	2.456
不純物	距離 50km	8.90	0.01	0.089
計				7.294

表6 炭酸ガス排出量の試算結果(現場内設置型 Case3)

内容		原単位 (kg-CO ₂ /t)	比率・回収率	炭酸ガス排出量 (kg-CO ₂ /t)
コンクリート塊の処理	高度処理	3.681	1	3.681
再生骨材の運搬	距離 20km	3.56	0.3	1.068
モルタル分の運搬	距離 50km	8.90	0.7	6.23
計				10.979

表7 炭酸ガス排出量の試算結果(処理センター型 Case1)

内容		原単位 (kg-CO ₂ /t)	比率・回収率	炭酸ガス排出量 (kg-CO ₂ /t)
コンクリート塊の運搬	距離 10km	1.78	1	1.78
コンクリート塊の処理	破碎処理	2.77	1	2.77
再生骨材の運搬	距離 10km	1.78	0.99	1.762
不純物	距離 50km	8.90	0.01	0.089
計				6.401

表8 炭酸ガス排出量の試算結果(処理センター型 Case2)

内容		原単位 (kg-CO ₂ /t)	比率・回収率	炭酸ガス排出量 (kg-CO ₂ /t)
コンクリート塊の運搬	距離 10km	1.78	1	1.78
コンクリート塊の処理	高度処理	3.681	1	3.681
再生骨材の運搬	距離 10km	1.78	0.3	1.76
細粒の運搬	距離 10km	1.78	0.69	1.228
不純物	距離 50km	8.90	0.01	0.089
計				8.538

表9 炭酸ガス排出量の試算結果(処理センター型 Case3)

内容		原単位 (kg-CO ₂ /t)	比率・回収率	炭酸ガス排出量 (kg-CO ₂ /t)
コンクリート塊の運搬	距離 10km	1.78	1	1.78
コンクリート塊の処理	高度処理	3.681	1	3.681
再生骨材の運搬	距離 10km	1.78	0.3	1.76
モルタル分の運搬	距離 50km	8.90	0.7	6.23
計				13.451

(3) コンクリート塊の処理に伴う炭酸ガス排出量

①再生骨材製造に伴う炭酸ガス排出量の原単位

Case2 および Case3 の炭酸ガス排出量の試算を行

うため、図6に示す施設を想定して検討を行った。
敷地面積は、再生骨材処理装置基礎部分 200m²を含む
3,000m²とし、中央部に再生粗骨材製造装置を配

した。本施設の建設や必要な装置の製作や据付に伴う炭酸ガス排出量の試算結果を表2に示す。試算には、機械基礎および骨材ヤード仕切りコンクリートと必要な装置類の鋼材量を計上した。コンクリート量は、再生骨材処理装置基礎部分で厚み20cmとし、これに壁厚15cm骨材ヤード仕切りの壁を加えた量を見込んだ。鋼材量はコンクリート量に対して0.2t/m³を見込んだ。また、主な重機作業に必要な燃料も計上した。各炭酸ガスの原単位は、土木学会コンクリート技術シリーズ44「コンクリートの環境負荷評価」³⁾を、運搬に関しては国土交通白書⁴⁾の貨物・旅客輸送機関の二酸化炭素排出原単位(平成12年度)を参考とした。

装置の処理効率はこれまでの運転実績から50t/hとし、1日6時間、年間240日間稼動すると仮定すると、年間処理量は72,000m³となる。償却期間を7年として7年間で504,000m³処理できるので、表2の装置製作および施設整備に関する処理量あたりのCO₂発生量は0.087kg-CO₂/tとなる。

本施設の運転時の炭酸ガス排出量の試算結果を表3に示す。処理プラントの定格消費電力は偏心ロータが110kW、ジョークラッシュャが55kW、ベルトコンベア等付帯設備が135kW、合計300kWとし、平均消費電力は、定格電力の60%であると仮定して180kWを計上した。表3の結果に装置の処理効率50t/hを反映させると、施設運用に伴う処理量あたりの炭酸ガス排出量は、3.594kg-CO₂/tとなる。以上のことからCase2およびCase3における再生粗骨材製造時の炭酸ガス排出量は、コンクリート塊の処理量1tにつき、3.681kg-CO₂/tということになる。

原単位の参考とした土木学会コンクリート技術シリーズ44「コンクリートの環境負荷評価」³⁾では、Case1に相当する炭酸ガス排出量は、2.77kg-CO₂/tとCase2やCase3のコンクリート用再生粗骨材を製造する場合よりも少なくなっている。これらの違いは、偏心ローター式装置の処理能力が50t/hであることに對し、一般的な路盤材製造プラントの処理能力が80~100t/h程度といった処理能力の差に起因していると考えられる。

②コンクリート塊処理時の炭酸ガス排出量の試算

現場内設置型では、再生骨材等の運搬距離を20km、セメント工場までの運搬距離を50km、処理センター型では、現場の生コン工場の中間の位置にあると想定して、処理センターまでの距離および再生骨材の運搬距離を10km、セメント工場までの運搬距離は、現場内設置型と同じ50kmとした。炭酸ガス排出量の原単位は、上記①と同じ文献を参考とした。

炭酸ガス排出量の試算結果を表4~表9に示す。

各表内の数値を見ると、コンクリート塊の処理に伴う炭酸ガス排出量と運搬に伴う炭酸ガス排出量は同程度の影響があり、製造に過大なエネルギーをかかせる場合や運搬距離が極端に長い場合は、数値が大きくなる。コンクリート用再生粗骨材の製造を伴うCase2やCase3は、路盤材を製造するCase1より炭酸ガス排出量が1.3~2.1倍に増加する傾向にあった。処理センター型は、現場内設置型に比較して、処理センターへの運搬に伴う炭酸ガス排出量が増加する。また、Case3はセメント工場への細粒の運搬に伴う炭酸ガス排出量が増加する。

(4)コンクリート製造時の炭酸ガス排出量の試算

Case1の単位水量を175kg/m³と仮定し、再生骨材を用いたコンクリートの練混ぜ実験における単位水量の差¹⁾を考慮して、Case2およびCase3の単位水量を170kg/m³とした。水セメント比は50%で同一とし、Case2およびCase3で単位水量の減少よりセメント量が減少した体積分は、細骨材で補うこととした。天然骨材等の運搬距離を一律20kmと仮定し、再生骨材の運搬は(3)で計上済みのため除外した。また、混和剤の製造に伴う炭酸ガス排出量の原単位は不明のため、プラスチック製品の値を代用し、水の炭酸ガス排出量は無視した。

表10に天然骨材のみ使用したCase1のコンクリート製造時の炭酸ガス排出量の試算結果を、表11に再生粗骨材を使用したCase2およびCase3のコンクリート製造時の炭酸ガス排出量の試算結果を示す。コンクリート用再生粗骨材を利用する場合、コンクリート製造時の炭酸ガス排出量は、天然骨材のみでコンクリートを製造する時より5%程度減少した。

(5)環境負荷量についての考察

以上の(1)~(4)に述べたインベントリ分析結果を表12にまとめる。表中、1m³(2.3t)のコンクリート廃材から製造した粗骨材量で再び1m³の粗骨材を賄うことができることとし、1m³のコンクリートを製造するために必要な再生骨材製造段階とコンクリートの製造段階の炭酸ガス排出量の総量を計算した。その際、Case3の細粒をセメントクリンカー原料に一部利用した場合、セメント原料の石灰石を10%削減できると仮定した。

Case1に比較してCase2やCase3は、リサイクル率や廃棄物発生率の差はほとんどないが、コンクリート製造時の天然資源消費量は、Case1>Case2>Case3の順で大きくなっている。

Case2やCase3のCO₂排出量は骨材製造時ではCase1に比較してが大きくなっているが、総量で比較するとCase1より僅かに小さくなる。

総合的に判断すると、Case2 や Case3 は、炭酸ガス排出量が Case1 と同等以下で、かつ、天然資源消費を抑えており、環境にやさしい再生骨材の利用方法であると言える。

4. 再生粗骨材製造時の経済性

4.1 現場内処理の場合

図2に示した再生骨材製造装置1式の販売価格は装置メーカーにヒアリングしたところ約1億円との返答があった。そこで本装置をリースした場合の単価を20万円/日と仮定し、図5のcase2で処理効率を200t/日として以下の試算を行った。

表13は想定処理量を5,000m³とした場合の試算結果の例である。当該装置を設置するための敷地整備費と撤去費は固定費として、その他は運用費として計上した。図7は処理量を変化させて同様の試算を行ったときの処理コストへの影響を示したものである。東京近郊のコンクリート塊の運搬と処分に要

する費用の実勢価格は2,000~3,000円/程度であり、3,000~5,000t以上処理すれば、従来と同等のコストでCase2の再生骨材を製造することができる。ただし、再生骨材の製造に伴って発生する細粒は、別途コストをかけずに現場内の埋め戻しや地盤改良材への利用など有効利用を図る必要がある。

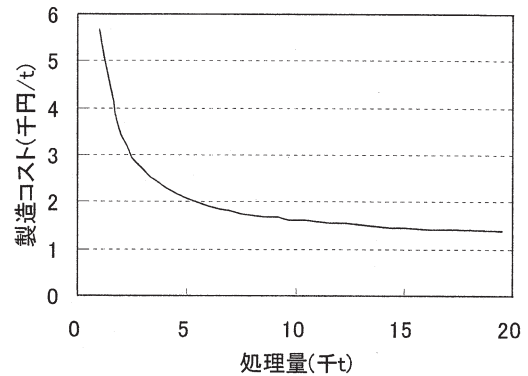


図7 現場内処理時の処理量とコストの関係

表10 天然骨材を使用したコンクリート製造時の炭酸ガス排出量(Case1)

	製造に伴う 炭酸ガス排出量 (kg-CO ₂ /kg)	運搬に伴う 炭酸ガス排出量 (kg-CO ₂ /kg)	コンクリート配合 量 (kg/m ³)	炭酸ガス排出量 (kg-CO ₂ /m ³)
セメント	0.7579	0.00356 (20km 運搬)	350	266.511
砂	0.0035		850	6.001
砕石	0.0028		900	5.724
計				278.236

表11 高品質の再生粗骨材を使用したコンクリート製造時の炭酸ガス排出量(Case2, Case3)

	製造に伴う 炭酸ガス排出量 (kg-CO ₂ /kg)	運搬に伴う 炭酸ガス排出量 (kg-CO ₂ /kg)	コンクリート配合 量 (kg/m ³)	炭酸ガス排出量 (kg-CO ₂ /m ³)
セメント	0.7579	0.00356 (20km 運搬)	340	258.907
砂	0.0035		858	6.057
砕石	0	0	900	0
計				264.964

表12 各ケースの環境負荷量

環境負荷の指標		Case1	Case2	Case3	
リサイクル率(%)		99	99	100	
廃棄物発生率(%)		1	1	0	
コンクリート製造時の天然資源消費量* (kg/m ³)		2,135	1,232	1,195	
CO ₂ 排出量	現場内 設置型	処理時(kg-CO ₂ /t)	6.38	7.29	10.98
		コンクリート製造時(kg-CO ₂ /m ³)	278.24	264.96	264.96
		総量**(kg-CO ₂ /m ³)	284.62	272.25	275.94
	処理 センター型	処理時(kg-CO ₂ /t)	6.40	8.54	13.45
		コンクリート製造時(kg-CO ₂ /m ³)	278.24	264.96	264.96
		総量**(kg-CO ₂ /m ³)	284.64	273.5	278.41

* セメントの製造に必要な石灰石(セメント量の1.1倍)と骨材量の合計

** コンクリート1m³に必要な再生粗骨材量を製造できるコンクリート塊(2.3t)処理時とコンクリート製造時の総量

表 13 現場内設置型でのコスト試算例(処理量 5,000t の場合)

		単価	数量	金額(円)	
固定費	敷地整備費	機械基礎コンクリート等	2,000,000	1 式	2,000,000
		電源引き込み	300,000	1 式	300,000
	撤去費	基礎コンクリート解体	1,000,000	1 式	1,000,000
		装置搬出	1,200,000	1 式	1,200,000
小計(A)				4,500,000	
運用費 1500t あたり	再生骨材製造装置リース費	本体等一式	200,000	5 日	1,000,000
		骨材試験装置リース費	乾燥炉, 天秤	3,000	5 日
	重機類リース費	ホイールローダー	10,800	5 日	54,000
		電気代	12	4,375 KWh	52,500
		燃料代(軽油)	80	300 L	24,000
	製造作業人件費	運転員(装置)	20,000	5 人日	100,000
		運転員(ホールローダー)	20,000	5 人日	100,000
		骨材試験員	30,000	1 人日	30,000
	試験 不純物処分費	アルカリ骨材反応試験等	600,000	0.25 回	150,000
		混合廃棄物収集運搬	15,000	15 m3	225,000
	小計(B)				1,750,500
想定処理量(M) 5,000 t					
運用費(C=B×M/1,500)				5,835,000	
全費用(A+C)				10,335,000	
処理量あたりの費用(円/t)				2,067	

表 14 処理センター型の試算条件

項目	試算条件
事業方式	民間経営
販売品目	プロジェクトファイナンス
事業性成立条件	E-IRR(出資に対する内部収益率) 10%以上, DSCR(キャッシュフローの担保力)1.4 以上
融資方法	プロジェクトファイナンス
敷地面積	5,000m ²
固定費	機械装置費 1.0 億円, 敷地整備費 1.1 億円
資金調達方法	資本金 7,000 万円, 銀行融資 14,000 万円
受け入れ価格	1,500 円/m ³
販売価格	高品質再生粗骨材 2,700 円/m ³ , 再生砂 2,100 円/m ³ (運送費 1,500 円/m ³ を含む)
年間維持管理費	ハウス等リース 240 万円, 骨材試験費 342 万円, 光熱費等 2,400 万円, 装置補修費 300 万円
土地代	6,900 円/m ² 月 (江東区工専地域の地代×3%で想定)
人件費	経営者, 技術者は兼務. 運転員, 事務員を含む人件費を年間 1,963 万円と想定
福利厚生	人件費の 25%を計上
保険料	初期投資額の 0.5%
不純物処分費	15,500 円/m ³ と推定
公租公課	固定資産税 評価額の 1.4%, 評価額は初期投資額の 70%
減価償却期間	8 年 (破碎装置相当)
法人税など	実効税率として 40%と推定

4. 2 処理センター型の施設における経済性

処理センターとして事業化する場合を想定し, 表 14 の条件で年間の処理量を変化させて, 図 6 の Case2 を事業として行うときの収支計算を行い, E-IRR (事業の内部収益率) と DSCR (キャッシュフローの担保力) を算出した. 表 14 のうち敷地面積は, 図 7 の想定面積よりストックヤードに余裕を持たせた. また, 販売価格や受け入れ価格は, 東京地区のコンクリート用骨材や再生砂の実勢価格と同程度とした.

年間処理量が事業収支へ与える影響を図 8 に示す. 試算の結果, 年間 51,850t 以上処理すれば, 表 14 で事業成立条件とした収支結果 (E-IRR \geq 10%かつ DSCR \geq 1.4) となった. この条件は高品質再生粗骨材の製造能力 (50t/h \times 6h \times 稼働日数 240 日/年, 年間最大処理量 72,000t/年) から見て余裕があり, コンクリート塊の受け入れ価格やコンクリート用骨材の価格, 細粒の価格が現状の実勢価格のもとで, コンクリート用再生粗骨材の製造事業を行うことが可能

であることを示している。

なお、同様の試算を Case3 について行うことも可能であるが、現状では細粒のセメント工場での受入れ価格が高額であり、収入より支出が上回るため、具体的な検討は行わなかった。

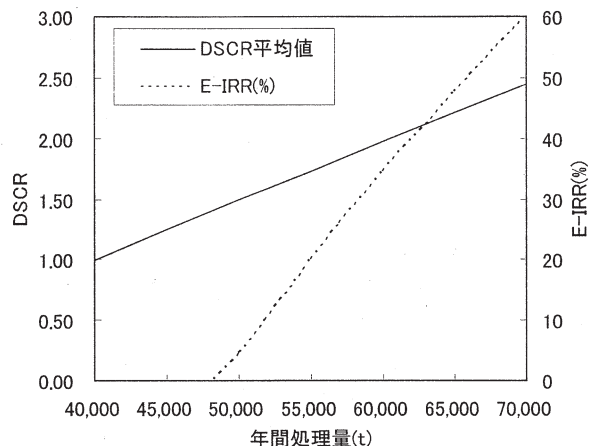


図8 年間処理量とDSCR、E-IRRの関係

5. まとめ

以上のように、コンクリート用再生粗骨材の製造技術の概要とともに、現状のコンクリートのマテリアルフローに相当する解体後のコンクリート塊を破碎して路盤材を製造し、コンクリート製造時はすべて天然の骨材資源を用いる Case1 と、偏心ロータ式処理装置を利用したプラントでコンクリート用の再生粗骨材を製造し、コンクリート製造時に粗骨材として循環利用する Case2、粗骨材を循環利用した上でさらに副産物の細粒をセメント原料とする Case3 について、環境負荷に関する各種インベントリの分析と経済性の検討を行った結果、以下の事項が明らかとなった。

- コンクリート塊の主要なリサイクル用途である路盤材を製造する Case1 に比較して、コンクリート用再生粗骨材の製造する Case2 や Case3 は、リサイクル率や廃棄物量は差がないが、天然資源消費量を少なくすることができる。
- 上記の Case2 や Case3 の再生骨材の製造段階では炭酸ガス排出量が増加するが、コンクリートの製造段階では炭酸ガス排出量を抑えることができる。両段階の総量を比較すると、各ケースの炭酸ガス排出量はほぼ同じとなる。
- 上記(1)および(2)を総合的に判断すれば、路盤材を製造する Case1 よりもコンクリート用再生粗骨材を製造する Case2 や Case3 の方が環境にやさしいリサイクル方法と言える。
- 現場内に処理プラントを設置してコンクリー

ト用再生粗骨材を製造する場合のコストは、処理量が多いほど低くなり、3,000t~5,000t 以上処理すれば、場外の処分場に収集処分費を支払う場合と同等以下になる。

- 処理センターに処理プラントを設置してコンクリート用再生粗骨材を製造する事業において、現状と同等のコンクリート塊の受入処分費、粗骨材販売価格、および埋戻用再生砂の販売価格で事業を実施する場合、年間約 52,000t 以上受入を行えば事業収益を確保でき、運用可能となる。

今後は、本検討結果をもとにコンクリート用再生粗骨材の事業化の促進と、実際の解体工事や建設工事におけるインベントリや製造コストと比較、検証を行っていきたい。

参考文献

- 米澤敏男, 神山行男, 柳橋邦生, 小島正朗, 荒川和明, 山田優: 高品質再生粗骨材の研究, Vol. 50, No. 8, pp. 835-842, 材料 (2001年8月)
- 柳橋邦生, 海野健一, 徳永一喜, 堤博文, 北九州エコタウンにおけるコンクリートの完全リサイクル: 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1370, pp. 739-740 (2001年9月)
- コンクリートの環境負荷評価, 土木学会コンクリート技術シリーズ, 44, (平成14年5月13日)
- 平成15年度版国土交通白書

(2004年7月2日受付 2004年9月2日受理)