

回収骨材に関するアンケートおよび実験結果

回収骨材の有効利用マニュアルー回収骨材編ーより

栗延正成

1. はじめに

平成26年3月20日に、JIS A 5308：2014が改正公示され、8.5に“回収骨材の取扱い”が新設された。

これまで工場で回収された骨材は一部路盤材などに再利用されることはあったが、ほとんどが産業廃棄物として処理されてきた。今回のJIS改正により、レディミクストコンクリート工場で回収された骨材は、一定の条件を満たすことにより、JIS規格品としてコンクリート用骨材に使用できるようになった。なお、回収骨材の主な管理項目を示す。

A方法：一定の割合で新骨材に回収骨材を添加し、置換率が5%以下となるようにする。

B方法：回収骨材を専用の設備で貯蔵、運搬、計量して使用する場合は、置換率の上限を20%にすることができる。

置換率：新骨材と回収骨材とを合計した全使用量に対する回収骨材の質量分率で、置換率として表す。

回収骨材とは、戻りコンクリート並びにレディミクストコンクリート工場において、運搬車、プラントのミキサ、ホッパなどに付着及び残留したフレッシュコンクリートを、清水又は回収水で洗浄し、粗骨材と

細骨材に分別して取り出した骨材と定義されている。

大阪兵庫生コンクリート工業組合（以下、大阪兵庫工組）では、回収骨材のJIS新設への取り組みに合わせて、平成22年3月に「回収骨材の有効利用検討ワーキンググループ」を立ち上げ活動を行っている。その成果として、平成27年3月に回収骨材の有効利用マニュアルー回収骨材編ーを発行した。ここでは、マニュアルからアンケートおよび実験結果を紹介する。

2. 回収骨材および工場設備についてのアンケート結果

当地区における回収骨材の実態を把握するため、戻りコンクリートおよび残水処理などを行った際に発生する回収骨材および工場設備について、平成22年にアンケートを実施し、大阪兵庫工組加盟217工場中70工場の回答が得られた。

アンケートの項目を以下に示す。

- 使用材料の種類
- 生コン出荷量と回収骨材の年間発生量
- 骨材の回収設備
- プラント設備
- 回収骨材の利用または廃棄方法

2.1 使用材料の種類

各工場が使用している骨材の混合状況を把握する目

筆者：（くりのぶ・まさなり）大阪兵庫生コンクリート工業組合
回収骨材の有効利用検討ワーキンググループ主査

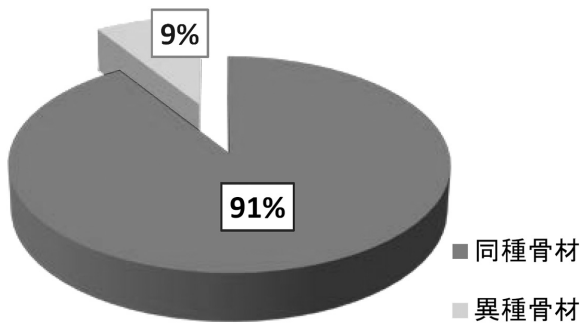


図-1 使用粗骨材

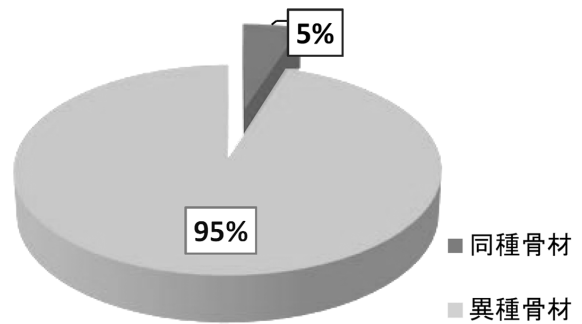


図-2 使用細骨材

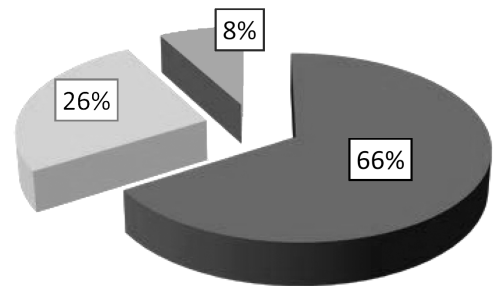
表-1 年間出荷量と回収骨材発生量

	年間出荷量 (m³)	細骨材 (t)	粗骨材 (t)
最大	55,000	1,800	1,800
最小	8,000	10	10
平均	27,000	400*	400*

*平均的な出荷量 (2.5~3万m³)

表-2 プラント設備

項目	有り (%)	無し (%)
骨材ヤードの予備	45	55
プラント貯蔵ビンの予備	34	66
プラントへの直送設備	37	63



■ 細・粗骨材に分級して回収 ■ 回収できない
■ 細・粗骨材混合での回収

図-3 骨材の回収設備

的で行った。使用粗骨材および細骨材の結果を、図-1および図-2に示す。なお、ここでは、同一産地を同種骨材としている。

粗骨材は同種で粒度が違うものを混合使用している工場が大半であった。細骨材では逆に90%以上の工場が異種類を混合して使用している。

2.2 生コン出荷量と回収骨材の年間発生量

生コン工場での年間出荷量と回収骨材発生量の関係を表-1に示す。

年間出荷量は最大で55000m³、平均で27000m³となり、回収骨材の発生量は、細骨材および粗骨材ともに最大約1800トンであった。生コン1m³あたりの骨材使用量を1.8トンと仮定し、回収骨材発生量を生コンに換算すると年間2000m³分に相当し、出荷量に対する割合は約3.6%であった。

それぞれの結果を平均すると、回収された細骨材は約400トン、粗骨材は約300トン、年間出荷量は約27000m³となり出荷量に対する割合は約1.4%となった。

2.3 骨材の回収設備

各工場の骨材の回収設備についての結果を図-3に

示す。

洗浄設備により、細骨材および粗骨材に分別して回収できる工場が全体の66%で最も多く、回収できない工場は26%であった。

今回のJIS改正により回収骨材を使用できる条件の工場は2/3にあたり、回収できない、または細骨材および粗骨材混合での回収を合わせた1/3の工場は、設備等の改造または設置が必要となる。

2.4 プラント設備

プラントの骨材輸送および貯蔵設備についての結果を表-2に示す。

骨材を貯蔵するための設備として、主に骨材ヤード(骨材サイロ含む)およびプラント貯蔵ビンが設置されている。その骨材ヤードおよびプラント貯蔵ビンに予備のある工場は、それぞれ45%および34%となった。また、プラント貯蔵ビンへ直送できる設備を備えている工場もある。これらの設備は、回収骨材を使用するためには必要で、特にB方法を採用する場合は、骨材ヤードまたはプラント直送設備およびプラント貯蔵ビンの予備が必要となる。

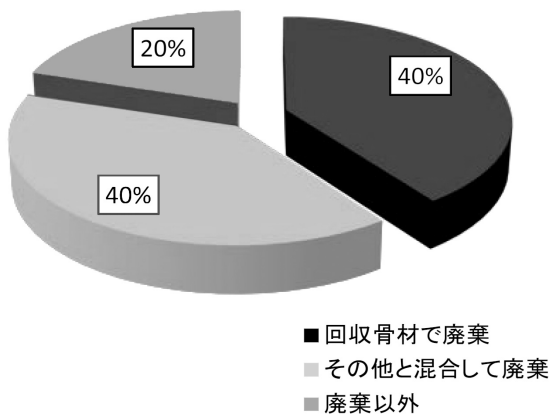


図-4 回収骨材の利用または廃棄方法

プラントの設備だけを考慮すると、約半数の工場がA方法を採用でき、B方法では2～3割程度の工場にとどまると考えられる。

2.5 回収骨材の利用または廃棄方法

回収骨材の利用または廃棄方法についての結果を図-4に示す。

戻りコンクリートから回収した骨材をそのまま廃棄している工場が全体の40%で、工場脱水ケーキやコンクリート塊と混合して廃棄している工場が40%となり、廃棄している工場は全体の80%となった。また、廃棄以外の工場は20%で、利用方法としては、以下の回答が得られた。

ただし、アンケートは工場数での割合であり、廃棄量にすると80%以上になると考えられる。

- ① 戻りコンクリートからブロックを作製
- ② 納入業者に引き取ってもらう
- ③ 路盤材として業者に引き取ってもらう

2.6 まとめ

回収骨材および工場設備についてのアンケート結果を要約して以下に示す。

- (1) 使用骨材としては、粗骨材は同一産地を使用している工場が多く、細骨材は異種類の骨材を使用している工場が大半であった。
- (2) 回収骨材発生量の全体の平均では、細骨材は約400トン、粗骨材は約300トン、年間出荷量は約27000m³となり、回収骨材を生コンに換算すると、出荷量に対する割合は約1.4%となった。
- (3) 洗浄設備により、細骨材および粗骨材に分別し

表-3 配合の組み合わせ (9水準)

セメント	呼び強度	スランプ	混和材
普通	18・24・30	15	AE減水剤
	24・36・45	18	高性能AE減水剤
高炉	18・24・30	8	AE減水剤

表-4 回収骨材の置換率 (7水準)

回収骨材	細骨材のみ	粗骨材のみ	細・粗骨材
置換率	0% (ベース)		
	5%	5%	5%
	20%	20%	20%

て回収できる工場が全体の66%であり、今回のJIS改正により回収骨材を使用できる条件の工場となる。

- (4) 工場設備の条件では、約半数の工場がA方法を採用でき、B方法では2～3割程度の工場にとどまると考えられる。
- (5) 回収骨材を廃棄している工場は全体の80%となり、廃棄以外の工場が20%であった。

3. コンクリートの実験結果

JIS A 5308:2014の解説によると、回収骨材置換率を20%としても、スランプ、空気量および圧縮強度などコンクリートの基礎物性は基準コンクリート(回収骨材を使用しないコンクリート)に対して劣らないことが示されている。

当地区においても、回収骨材を使用した場合のコンクリートの基礎物性を確認するため実験を実施した。

3.1 実験概要

実験は、ベースコンクリート(基準コンクリート)と回収骨材を使用したコンクリートのフレッシュおよび硬化性状を比較するため、回収骨材の置換率を5%および20%とし、室内試練りによりコンクリートのフレッシュ性状、圧縮強度および長さ変化の試験を実施した。試練りの実施工場は、大阪兵庫工組加盟18工場を選定し、平成26年1月～2月の期間で実施した。

(1) 試練り配合と回収骨材置換率

呼び強度、スランプ、混和剤およびセメントの組み合わせを表-3に、回収骨材と置換率の組み合わせを

表-5 試験項目

	試験項目	試験方法	備考
フレッシュ コンクリート	スランプ	JIS A 1101	目標値* ±2.5cm
	空気量	JIS A 1128	4.5±1.5%
	コンクリート温度	JIS A 1156	実測値 (15℃以上)
	単位水量	高周波加熱乾燥法	参考値
	単位容積質量	JIS A 1116	参考値
	塩化物量 (回収SG20%混合のみ)	JASS 5T-502	0.30kg/m ³ 以下
硬化 コンクリート	圧縮強度 (材齢7日, 28日)	JIS A 1132 JIS A 1108	参考値
	長さ変化試験**	JIS A 1129	参考値

* :スランプの目標値は、指定スランプ+1.5cmとする。

** :呼び強度24の3配合で回収細骨材および回収粗骨材ともに20%混合した配合およびベースを含め測定する。

表-4に示す。セメントは普通セメントおよび高炉セメントの2種類、普通セメントでは混和剤の種類をAE減水剤および高性能AE減水剤の2種類、高炉セメントではAE減水剤のみとした。実験配合の組み合わせは9水準となる。

回収骨材の置換率は、A方法およびB方法それぞれの上限值である5%および20%とした。また、ベースコンクリート（基準コンクリート）と回収骨材を使用したコンクリートの性状を比較するため、ベース配合と細骨材のみ、粗骨材のみ、および細・粗骨材に回収骨材を置換した3水準に対して、回収骨材の置換率をそれぞれ5%および20%とした。従って、1配合あたりベース1水準および回収骨材を置換した6水準の合計7水準となる。

実験は18工場が実施し、実験配合の9水準に対して各工場が一つの配合を受け持つことから、各水準につき2工場が実験を実施した。なお、各工場が回収骨材置換率の組み合わせ7水準の試し練りを実施したことから、18工場で実施した試し練りは合計126バッチとなる。

(2) 試験項目

フレッシュコンクリートおよび硬化コンクリートの試験項目を表-5に示す。

(3) 試し練りの留意事項

- ①使用材料は、各工場通常使用材料とする。
- ②回収骨材は、各工場で回収した骨材とする。
- ③回収骨材は、微粒分量試験を実施し、新骨材の規

格範囲内であることを確認する。

ただし、試験値が大きい場合は、水洗いなどにより規格値を満足するように調整する。

④回収骨材を20%置換した密度は、新骨材の表乾密度を理論合成した値とする。

⑤混和剤（AE助剤含む）は、ベースと同一とするが、試験値が範囲を外れる場合には使用量で調整し報告する。

3.2 試し練りの結果

(1) 回収骨材置換率と混和剤添加率およびスランプの関係

混和剤（AE助剤含む）は、ベースコンクリートと同一とすることを基本にしているが、許容範囲を超える、または超えることが予想される場合は調整している。

回収骨材の置換率が増加すると、スランプはやや大きくなる傾向が認められたが、スランプの管理は新骨材と同様に混和剤添加率の増減により管理できる範囲である。

(2) 回収骨材置換率と空気量の関係

空気量はAE助剤で調整を行い、ベースコンクリートと同一タイプを基本にしているが許容範囲を超える、または超えることが予想される場合は調整している。今回の実験結果では、AE助剤の使用量が9工場で同一量、5工場が減少傾向となり、4工場が増加した。AE助剤の増減は、ほとんどが0.5~1.5Aの範囲となり、大きい場合でも3.0Aであった。

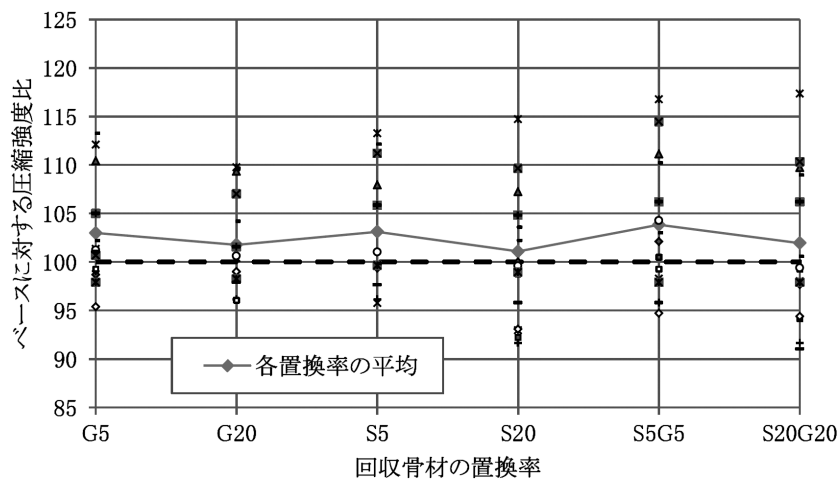


図-5 置換率と圧縮強度の関係 (強度比)

高性能AE減水剤を使用した空気量の結果のバラツキは大きくなったが、AE減水剤ではバラツキは小さかった。また、回収骨材の置換率が増加すると空気量は、やや増加する傾向となったが、空気量の調整は新骨材と同等にAE助剤の添加量で管理できる範囲である。

(3) 回収骨材置換率と測定単位水量の関係

試し練り時の骨材の表面水率は、表乾状態または±0.2%以内とし、回収骨材の置換率による配合修正は行っていない。従って、測定水量の結果は、測定による誤差および回収骨材を使用したことによる差として評価することができる。なお、単位水量の測定方法は、高周波加熱乾燥法を採用した。

単位水量の管理として、国土交通省では配合設計単位水量を中心にして±15kg/m³を管理値とし、±20kg/m³を超える場合はコンクリートを返却するよう同省内部の事務連絡で指示されている。

今回の実験結果では、配合設計と測定水量の差は、ほとんどが国土交通省で示されている管理値の3分の1にあたる±5kg/m³の範囲にあり、測定の誤差範囲と推察され回収骨材の影響は小さいと判断できる。しかし、AE減水剤の結果では、回収骨材を使用するとやや増加の傾向がみられた。

(4) 回収骨材置換率と圧縮強度の関係

回収骨材置換率と圧縮強度の関係を図-5に示す。ベースコンクリートの圧縮強度と回収骨材置換率による圧縮強度の結果を、ベースコンクリートに対する

強度比として表している。実験は18工場が実施していることから、置換率6水準に対してそれぞれ18個の結果が得られている。

①各置換率による差

回収骨材置換率6水準による圧縮強度のバラツキは、細骨材20%を置換した2水準(S20, S20G20)の結果が、やや大きくなる傾向を示している。

②強度の平均

図-5に示している各置換率による強度比を平均すると、全ての置換率において、ベースコンクリートの圧縮強度を上回っており、バラツキはあるものの回収骨材を使用しても強度への影響は小さいと考えられる。

③工場間の傾向

工場別による強度比では、ベースコンクリートの強度を全て上回っている、または下回っている工場を合わせると、18工場中13工場が該当するため、各工場より回収された骨材が、圧縮強度に影響を及ぼしている可能性がある。

回収骨材を使用する場合は、工場で回収された骨材を用いて、試し練りによりベース配合と目標置換率に応じた配合との強度差を確認しておく必要がある。

(5) 回収骨材置換率と乾燥収縮率の関係

乾燥収縮率は、長さ変化試験により測定し、呼び強度24-18-20N 高性能AE減水剤、24-15-20N AE減水剤および24-8-20BB AE減水剤の3配合を選定し、ベース配合および回収細骨材・粗骨材ともに5%および20%を置換した配合の3水準において実施し

た。

試験は外部試験機関に依頼しJIS A 1129-1モルタルおよびコンクリートの長さ変化測定方法により試験を行った。なお、供試体は試験翌日に搬入し標準水中養生を行い、基長は、材齢7日の時点で測定した。基長測定後は、保存期間が7, 28, 56, 91および182日において測定を行った。

配合別による回収骨材置換率と乾燥収縮率の関係を図-6に示す。

各図は配合別にベース配合と回収骨材置換率の違いによる乾燥収縮率に及ぼす影響を示している。

長さ変化試験の結果は、同程度の収縮傾向を示しており、試験値で判断すると、高性能AE減水剤配合ではベース配合より回収骨材を使用した方が小さくなり、AE減水剤の2配合では、逆に回収骨材を使用した方が大きくなった。

AE減水剤の2配合で大きくなっているが、回収骨材置換率20%よりも置換率5%の方が長さ変化率は大きくなり、回収骨材使用による影響は小さいと考えられる。また、3水準ともベース配合との試験差は、 $20 \sim 50 \times 10^{-6}$ 程度で、バラツキを絶対値で平均すると 30×10^{-6} 程度となり、試験誤差範囲内と考えられる。

4. 今後に向けて

平成18年9月に国交省総合政策局が「残コン・戻りコンの発生抑制、有効利用に関するアンケート調査の結果概要について」を公表し、残コンおよび戻りコンの発生率は、製造量の1.6%と報告している。大阪兵庫工組地区においては、年間約10万 m^3 に相当する。

戻りコンクリートの多くは産業廃棄物となり、その処理費用による経費の圧迫や、環境面での問題が懸念される。コンクリート用骨材は、国内で生産できる数少ない資源のひとつではあるが、有限であるため廃棄物としての排出をできる限り抑制しなければならない。

回収骨材は、生コンクリート用骨材として受け入れ製造したものが、戻りコンクリートとなり、洗浄設備によって細骨材と粗骨材に分別して取り出したものである。

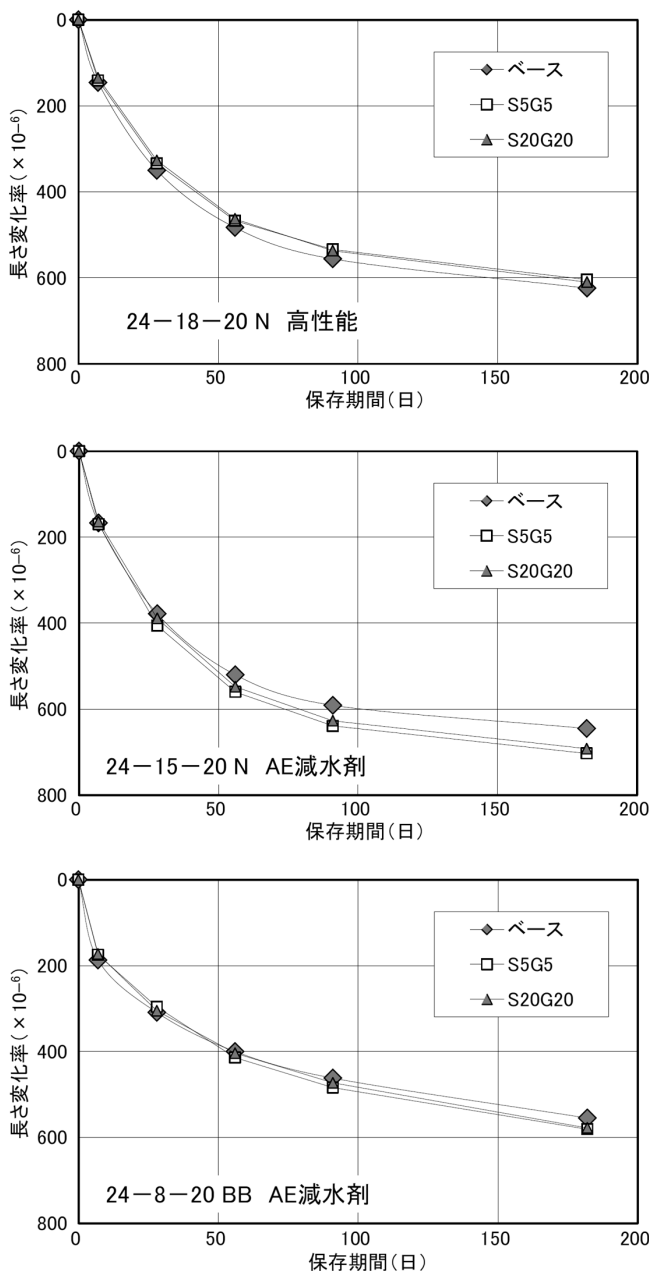


図-6 回収骨材置換率と乾燥収縮の関係

全生連で実施した実験および大阪兵庫工組ワーキンググループで実施した実験では、回収骨材を置換したコンクリートでも、フレッシュおよび硬化性状は新骨材を使用したコンクリートと同等である結果が得られている。これは前述している通り、回収骨材も新骨材も同じものであり、違いは生コンクリートを製造する練混ぜおよび洗浄工程が加わったにすぎず、生コンクリートの性状変化に起因する影響は非常に小さいことが推察できる。

また、回収骨材の発生量は生コンクリートの製造に対して1~3%程度であり、実際に回収骨材を日常的

に使用するには、置換率を2～3%に抑える必要があり、生コンクリートへの影響はさらに小さくなる。

このように、回収骨材を生コンクリートに使用した場合でも品質への影響は非常に小さく、環境への配慮も含めて使用することが望ましく、需要家からの理解

が得られることに期待している。

また、生コン工場が積極的に回収骨材を利用できるように、大阪兵庫工組ワーキンググループでも推進していきたいと考えている。

土木ブロック協会が 大阪府と協定

全国土木コンクリートブロック協会（本間丈士会長）は大阪府と「災害時における応急対策業務の協力に関する協定」を締結した。協定は地震や津波、風水害による災害などの際に、緊急時の措置としてコンクリートブロック資材に関する同協会の協力方法を定めたもの。同協会が地方自治体などと災害協定を締結するのは初めて。本間会長は「災害時の資材確保に関する発注者の考え方が変化したことにより、今回の協定締結に至ったのだと思う。公益社団法人として、今後も地

方整備局や自治体などから要請があれば災害協定を締結していきたい」と述べている。

1日に大阪府都市整備部部長室で行われた協定締結式では、本間会長と大阪府都市整備部の竹内廣行部長と協定書を取り交わした。

竹内部長は「幸い大阪府では大規模な被害を受けていないが、全国的に見て毎年のように洪水・土砂災害が発生している。災害発生後に迅速かつ的確に応急対応を行うには、行政だけでなく民間企業も含めた総力戦の体制が不可欠。協定締結は災害対応力の強化に結び付く大変意義のあるものだ。日頃から顔の見える関係を構築し、いざというときにしっかりと備えたい」と話した。