

粒状化再生骨材の製造方法の違いによる 骨材品質に及ぼす要因の確認試験

○ 柄安 一高*1 船尾 孝好*1 久世 武*1 高橋 亨*1 鈴木 峰人*1

要旨：現在、資源循環の観点から戻りコンクリートへ粒状化材料を添加し、再生骨材状に改質する検討が活発に行われている。生コンクリート工場においては、戻りコンクリートの処理に苦慮しており、処理方法の一つとして粒状化再生骨材への関心が高まっている。今回の試験では、粒状化再生骨材の製造方法の違いによる骨材品質への影響について、アジテータ車攪拌と重機攪拌で製造した粒状化再生骨材の物性値を確認した結果、粒状化再生骨材の物性値が異なることがわかった。

キーワード：戻りコンクリート、粒状化再生骨材、粒状化材料、資源循環、製造方法

1. はじめに

戻りコンクリート（以下、戻りコン）は、生コンクリート工場（以下、生コン工場）へ持ち帰り処理され産業廃棄物として処分される。そして、持続可能な社会を実現するために、資源循環は必要不可欠なものと考え、大阪兵庫生コンクリート工業組合のリサイクル検討WGでは、粒状化再生骨材に着目し、資源循環型コンクリートへの適用性について検討を進めている。

今回の実験では、液体タイプの粒状化材料を使用し、①アジテータ車のドラム内で粒状化材料と戻りコンを攪拌する方法（以下、アジ車攪拌）②戻りコンを生コン工場内のピットに排出後、重機によって攪拌する方法（以下、重機攪拌）で製造される粒状化再生骨材が品質に及ぼす影響について確認することとした。

2. 実験概要

2. 1 粒状化再生骨材の製造方法

粒状化再生骨材の製造方法の概要を表-1に示す。納入先で0.5m³のコンクリートが余り、帰社する際にアジテータ車のホッパを洗浄した洗剤水の混入を想定して、0.5m³の実機練りコンクリートをアジテータ車に積み込み直後、ホッパより7Lの洗浄水を投入し、模擬的に粒状化再生骨材の原材料となる戻りコン（以下、原コンクリート）とし、アジ車攪拌と重機攪拌によって粒状化再生骨材を製造した。なお、今回の実験では、粒状化再生骨材の製造日を材齢0日とし、材齢7日で試料を採取し骨材試験を行うこととした。

実験で使用した粒状化材料を表-2に示す。今回の実験では市販品の高分子の液体状の粒状化材料を使用した。一般的には粉状の粒状化材料を多く見かけるが、攪拌時の飛散や可溶性の袋にパッケージングされており、少量の戻りコンを粒状化する際のハンドリング性が懸念されることから今回の実験では液体状のものを使用することとした。

*1 大阪兵庫生コンクリート工業組合 リサイクル検討WG

表-1 粒状化再生骨材の製造方法の概要

製造方法	製造量 (m ³)	洗浄水の量 (L/0.5m ³)	骨材試験材齢 (日)
アジ車攪拌	0.5	7	7
重機攪拌			

表-2 粒状化材料

種別	形状	標準使用量 (L/m ³)
高分子 吸水性ポリマー	液体	1.0

粒状化再生骨材の製造状況を写真-1に示す。アジ車攪拌では、粒状化材料のメーカーが推奨する標準使用量の 500mL/0.5m³ をアジテータ車のドラム内の原コンクリートに添加し、90 秒間高速で攪拌し目視したところ骨材状に改質されていなかった為、粒状化材料をさらに 250mL 後添加し、合計 120 秒間の高速攪拌を行い骨材状に改質されたことを確認した後に工場の土間に排出した。

重機攪拌では、原コンクリートを土間に排出した後、粒状化材料（アジ車と同量）750mL/0.5m³ を万遍なく散布した後、重機によって骨材状に改質されるまで 5 分程度、攪拌を行った。

いずれの方法でも粒状化後は、厚み 15cm 程度に敷均し、乾燥や雨水の混入を防ぐためにシートで覆い養生を行った。また、粒状化再生骨材同士の固着を防ぐため、翌日にスコップなどを用いて手作業にて解砕を行い、網目が 5mm の振動振るい機を用いて粒状化再生細・粗骨材に分級し、材齢 7 日まで再びシートで覆い養生することとした。



アジ車攪拌



重機攪拌



写真-1 粒状化再生骨材の製造方法

2. 2 使用材料

表-3 に原コンクリートの使用材料を示す。今回の実験で使用した材料は、実験工場が標準化しているものを使用することとした。セメントは、普通ポルトランドセメントを用い、練混ぜ水は上澄み水を使用した。細骨材は異なる産地の砕砂を 2 種類混合して使用し、粗骨材は同一産地の異なる粒度の砕石を混合して使用した。

表-3 使用材料

記号	材料	種類又は産地
C	セメント	普通ポルトランドセメント
W	水	回収水(上澄み水)
S1	細骨材	石灰砕砂 大分県津久見市産
S2		砕砂 大阪府箕面市産
G1	粗骨材	砕石2010 兵庫県西宮市産
G2		砕石1505 兵庫県西宮市産
AD	化学混和剤	高性能AE減水剤

2. 3 コンクリートの配合

表-4 にコンクリートの配合を示す。配合は、実験工場が標準化している普通 27-18-20N 高性能 AE 減水剤の配合を用いることとした。

表-4 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単用量(kg/m ³)						
		C	W	S1	S2	G1	G2	AD
54	54.0	334	180	289	675	488	325	2.91

2. 4 試験項目および試験方法

表-5 に原コンクリートの試験項目、試験方法および目標値を示す。原コンクリートの試験は、練混ぜ直後と洗浄水投入後に行うこととした。なお、目標値については、練混ぜ直後のフレッシュコンクリートにのみ適用することとした。

表-6 に粒状化再生骨材の試験項目、試験方法および目標値を示す。粒状化再生骨材の品質の目標値は、JIS A 5023 附属書 A コンクリート用再生骨材 L（以下、再生骨材 L）の規格値を設定した。

表-5 原コンクリートの試験項目、試験方法および目標値

試験項目	試験方法	目標値
スランプ (cm)	JIS A 1101	18 ± 2.5
空気量 (%)	JIS A 1128	4.5 ± 1.5
コンクリート温度 (°C)	JIS A 1156	—

表-6 粒状化再生骨材の試験項目、試験方法および目標値

試験項目	試験方法	目標値
絶乾密度 (g/cm ³)		—
吸水率 (%)	JIS A 5023 附属書A.5.3 (3回の試験結果の平均)	細骨材 13.0以下 粗骨材 7.0以下
微粒分量 (%)	JIS A 1103	細骨材 10.0以下 粗骨材 3.0以下
粒度	JIS A 1102	再生細骨材L 再生粗骨材L 2505

3. 試験結果

3. 1 原コンクリートの試験結果

図-1 にスランプと空気量の試験結果を示す。スランプ、空気量ともに練混ぜ直後は目標値を満足している。なお、スランプは洗浄水投入後、1.5~2cm 程度大きくなり、空気量は洗浄水投入後、1.0%程度小さくなる傾向が認められる。

コンクリート温度は、アジ車攪拌時は練混ぜ直後、洗浄水投入後ともに 25°Cであり、重機攪拌時は練混ぜ直後が 29°C、洗浄水投入後 28°Cであった。アジ車攪拌と重機攪拌は別日で実施したため、外気温の影響によりコンクリート温度が変化したと考える。

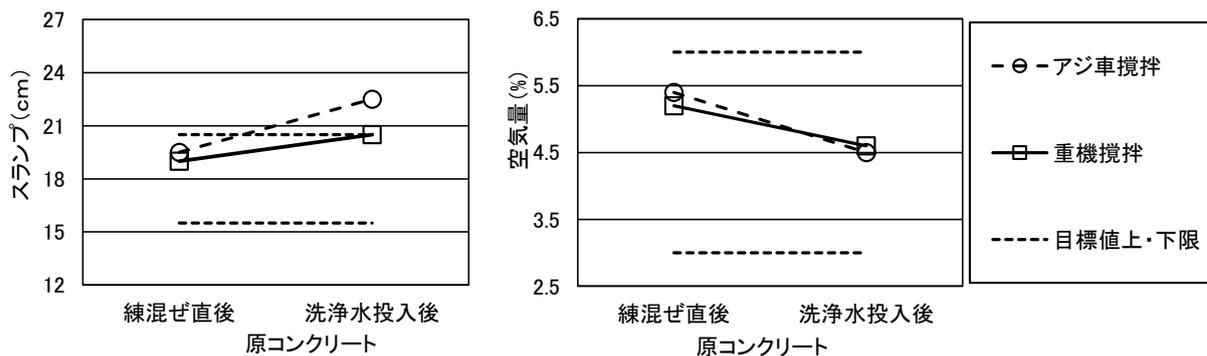


図-1 スランプと空気量の試験結果

3. 2 粒状化再生骨材の試験結果

今回の実験で製造した粒状化再生骨材の容姿を写真-2 に示す。アジ車攪拌の粒状化再生骨材は普通骨材の周りにセメントペーストが満遍なく付着し粒状化再生細・粗骨材ともに丸みを帯びた粒径となることからわかる。これは、アジテータ車のドラムが回転する際に生じる遠心力による効果であると考えられる。

重機攪拌の粒状化再生骨材は普通粗骨材の周りにセメントペーストの付着が少なく、粗骨材の表面が確認できるものもある。また、全体的に尖った印象となり骨材としての形状は粒状化再生細・粗骨材ともに悪くなることからわかる。

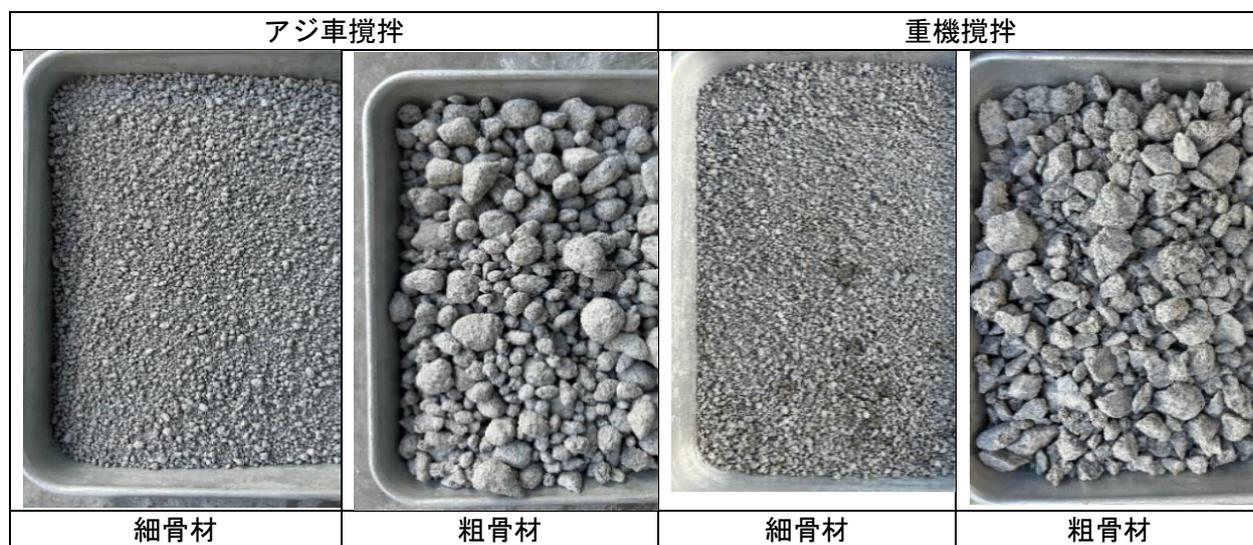


写真-2 粒状化再生骨材の容姿

(1) 絶乾密度

図-2 に粒状化再生骨材の絶乾密度の試験結果を示す。粒状化再生細骨材の絶乾密度は、普通骨材よりも小さく、アジ車攪拌と重機攪拌を比べると、重機攪拌の方が小さくなることからわかる。

粒状化再生粗骨材の絶乾密度は、普通骨材よりも小さく、アジ車攪拌と重機攪拌を比べると、重機攪拌の方が大きくなることからわかる。細・粗骨材の絶乾密度を比較すると、アジ車攪拌では攪拌の遠心効果により骨材の周りにセメントペーストが満遍なく付着したことで粒状化再生細・粗骨材ともに普通骨材よりも密度が小さくなり、重機攪拌では粗骨材のセメントペースト付着量の割合が小さくなったことで、粗骨材の密度が大きくなり、細骨材側に普通骨材を含まないセメントペースト分

の割合が増えたことにより、細骨材の密度が小さくなったものと推測する。

(2) 吸水率

図-3 に粒状化再生骨材の吸水率の試験結果を示す。粒状化再生細骨材の吸水率は、普通骨材よりも大きく、アジ車攪拌と重機攪拌を比べると、重機攪拌の方が大きくなるのがわかる。粒状化再生粗骨材の吸水率は、普通骨材よりも大きく、アジ車攪拌と重機攪拌を比べると、重機攪拌の方が小さくなるのがわかる。なお、重機攪拌の粒状化再生細骨材のみ吸水率の目標値を満足しない。

(3) 微粒分量

図-4 に粒状化再生骨材の微粒分量の試験結果を示す。粒状化再生細・粗骨材の微粒分量はいずれも目標値を満足し、製造方法の違いによる差は小さいことがわかる。

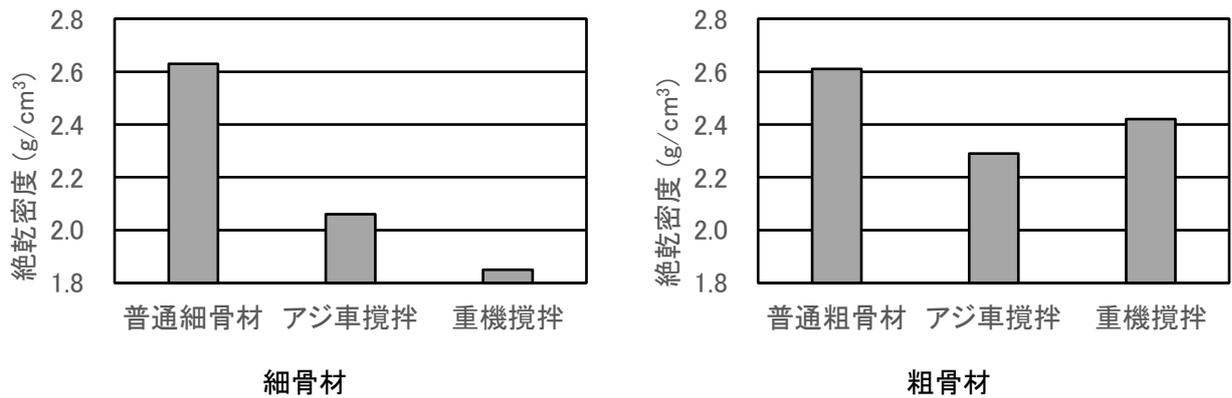


図-2 粒状化再生骨材の絶対乾密度

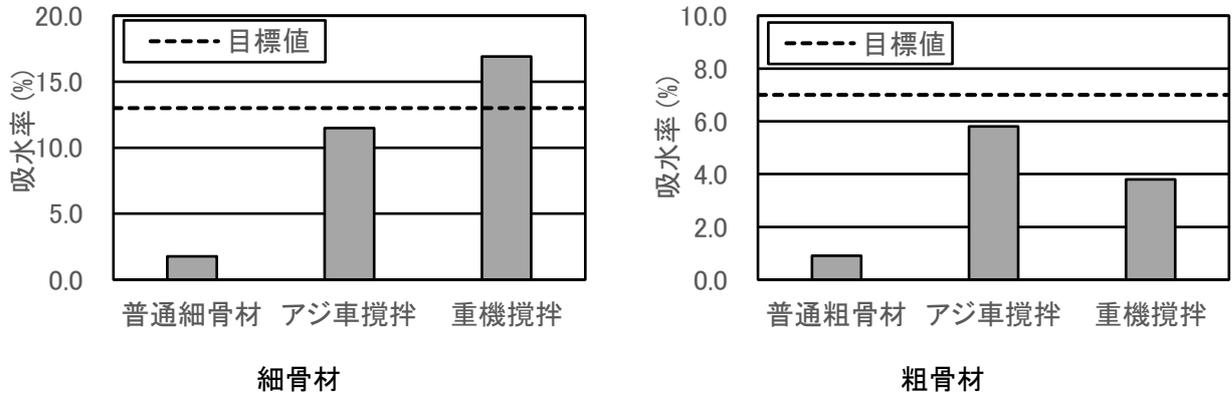


図-3 粒状化再生骨材の吸水率

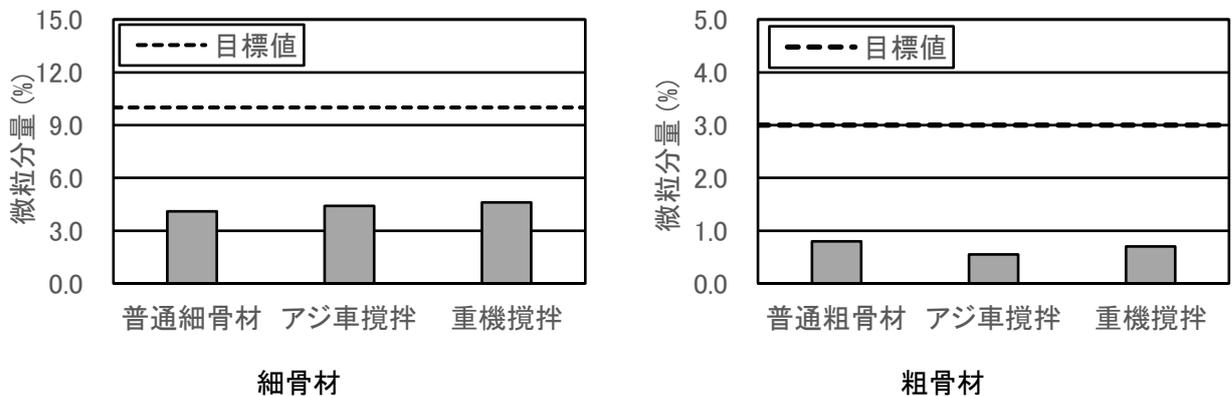


図-4 粒状化再生骨材の微粒分量

(4) 粒度分布

図-5 にふるい分け試験から得られた粒状化再生骨材の粒度分布を示す。粒状化再生細骨材の粒度分布はアジ車攪拌では普通骨材よりも下限値側（粗く）となり、目標値とした再生細骨材 L の 0.6mm のふるいを通るものの質量分率のみ若干ではあるが下限値を外れることがわかる。また、重機攪拌では 2.5~0.6mm のふるいを通るものの質量分率が普通骨材よりも上限値側（細かく）なる傾向が認められるが、粒度分布に大きな違いは認められない。

粒状化再生粗骨材の粒度分布は、アジ車攪拌および重機攪拌ともに普通骨材よりも上限値側（細かく）となり、再生粗骨材 L2505 の 20mm のふるいを通るものの質量分率の上限値側に外れることがわかる。これは、解砕時に大きな粒を重機で踏んだり、バケットで叩いたりしたことによって、粒が小さくなったことが原因と考える。

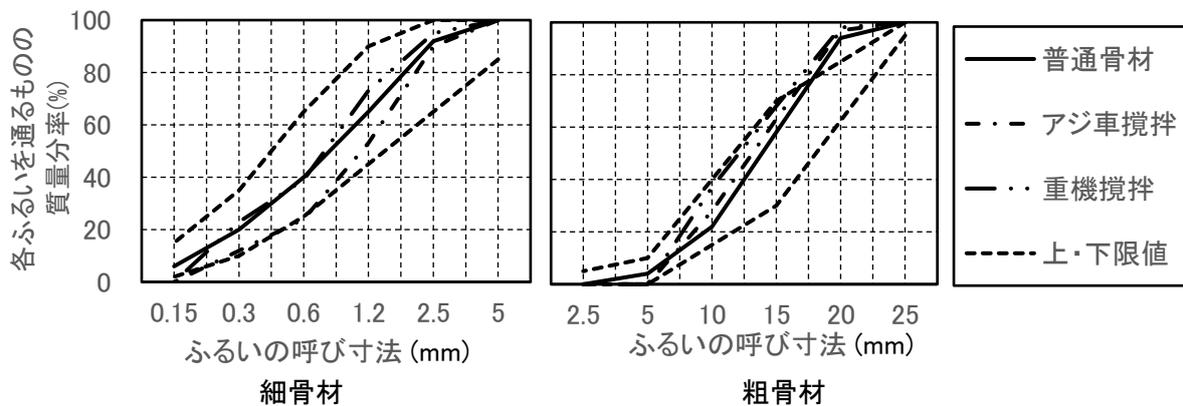


図-5 粒状化再生骨材の粒度分布

4. まとめ

今回の実験では、粒状化再生骨材の製造方法の違いが粒状化再生骨材の品質に及ぼす影響について以下のことが確認できた。

- ・今回の実験で使用した粒状化材料は、標準使用量の約1.5倍の使用量となった。これは、原コンクリートのスランプや洗浄水による影響であると考えられる。なお、洗浄水を 7L/0.5m³ 混入した原コンクリートでも、アジ車攪拌、重機攪拌ともに粒状化再生骨材の製造が可能であることがわかった。
- ・粒状化再生骨材の製造方法が品質に及ぼす要因として、絶乾密度、吸水率および粒度分布に影響することがわかった。いずれも、アジ車攪拌では普通骨材にセメントペーストが多く付着し、重機攪拌では普通骨材へのセメントペーストの付着が小さいことが要因であると考えられる。
- ・今回の試験では、粒状化再生骨材の品質の目標値として再生骨材 L の規格値を用いた。吸水率においては重機攪拌の粒状化再生細骨材のみ目標値を満足できなかったが、その他は、アジ車攪拌、重機攪拌でも目標値を満足することが確認できた。

今後、重機攪拌による製造方法において吸水率を改善する検討や、原コンクリートの配合が粒状化再生骨材の品質に及ぼす影響について確認したい。

謝辞

今回、実験にご協力頂いた関係各位の皆様に、ここに感謝の意を表します。