

# 報告 コンクリート用粒状化再生骨材の原コンクリートの配合および製造方法の違いによる品質への影響に関する検討

船尾 孝好\*1・小山 明男\*2・白岩 誠史\*3・土井 雅裕\*4

**要旨：** 戻りコンクリートに高分子系等の粒状化材料等を投入して粒状化し、硬化させたコンクリート用骨材「粒状化再生骨材」の JIS 化を目標に、粒状化再生骨材の品質に与える影響因子を把握するため、大阪のレディーミクストコンクリート工場で複数の配（調）合により室内実験を実施した。その結果、粒状化再生骨材の品質は、製造方法の違いによって生じる付着セメントペースト量の違いや原コンクリート中の単位セメントペースト量又は単位粗骨材量による影響が大きいことが確認できた。

**キーワード：** 戻りコンクリート, 粒状化再生骨材, 原コンクリート

## 1. はじめに

コンクリート工事現場で使用されずにレディーミクストコンクリート工場（以下、生コン工場）に戻ってくる戻りコンクリート（以下、戻りコン）は、レディーミクストコンクリート（以下、生コン）出荷数量の3~5%存在するといわれている。一部の生コン工場では自ら再生砕石や大型のコンクリートブロックを製造しリサイクルしているが、そのほとんどは硬化させた後に小割にしてコンクリート塊とするか、洗浄して回収骨材とスラッジケーキに分離し中間処理場または最終処分場へ処理委託している。戻りコンの廃棄量は、日本全体で年間約3百万 m<sup>3</sup>にもなり、生コン業界ばかりでなく、建設業界全体の環境負荷や資源循環の観点で廃棄物の抑制は大きな課題となっている。

このような背景から、（一社）生コン・残コンソリューション技術研究会（以下、RRCS）では、これらの課題に取り組み、令和5年度経済産業省 国際ルール形成・市場創造型標準化推進事業により粒状化再生骨材の JIS を作成する委員会（以下、粒状化再生骨材 JIS 委員会）を立ち上げ、令和6年度も引き続き粒状化再生骨材の品質に関する検討を行った。

本稿では、前年度の試験結果より、原コンクリートの配（調）合が粒状化再生骨材の品質に及ぼす影響が大きいことが判明したことから、それをより詳細に検討した結果について報告する。

かった。今回の試験は、原コンクリートの配（調）合条件のうち単位セメントペースト（以下、ペースト）量および単位粗骨材量の影響をより顕著に確認することとし、表-1に示す配（調）合条件を設定した。単位ペースト量の影響の確認では、水セメント比（以下、W/C）65, 50, 35%の目標スランブ 8, 15, 21cm の3水準を比較することとし、単位粗骨材量の影響の確認では、W/C50%のスランブ 8, 15, 21cm の3水準を比較することとした。

## 2.2 試験項目

表-2に原コンクリートの試験項目および試験方法を示す。目標値は JIS A 5308 に品質に規定される許容差に従った。

表-3に骨材の試験項目および試験方法を示す。今回の試験では、粒状化再生骨材の品質を再生骨材 L 相当と考え目標値を設定した。

なお、粒状化再生骨材の絶乾密度・吸水率および微粒分量試験は、JIS A 5023 附属書 A A.5.3 および A.5.4 に従った。なお、微粒分量の多い再生細骨材 L では、表面乾燥飽水状態の判断が難しいため、JIS A 5023:2018 において洗った再生細骨材 L を試料とすることができると規定されていたが、粒状化再生細骨材の試験では洗った骨材を試料として用いないこととした。粒度は、JIS A 5023 附属書 A A.3.4 表 A.6 の粒度による区分に従い、再生細骨材 L および再生粗骨材 L2505 の粒度範囲と比較した。

表-1 配（調）合条件

W/C (%)	スランブ (cm)		
	8	15	21
65	○	—	—
50	○	○	○
35	—	—	○

## 2. 試験概要

### 2.1 試験の目的

既往の研究<sup>2) 3)</sup>より粒状化前の生コン（以下、原コンクリート）の配（調）合および、粒状化骨材の製造方法が粒状化再生骨材の品質に影響する因子であることが分

\*1 大阪兵庫生コンクリート工業組合（正会員）

\*2 明治大学 理工学部 建築学科 教授 工博（正会員）

\*3 （株）安藤・間 技術研究所 脱炭素技術開発部 工博（正会員）

\*4 （一社）生コン・残コンソリューション技術研究会 事務局

## 2.3 試験手順

表-4 に実験概要を示す。粒状化再生骨材は、試し練りミキサを用いて30Lの原コンクリートを製造し、フレッシュコンクリートの試験後に、それぞれの製造方法および粒状化材料を用いて製造した。

A工場ではアジータ車による製造の再現として、フレッシュコンクリート試験実施後の試料を傾胴式ミキサに全量投入後、粒状化材料を添加し2分間程度練混ぜた。

B工場では重機による製造の再現として、フレッシュコンクリート試験実施後の試料を練り舟に戻し、粒状化材料をまんべんなく散布した後に人力により5分程度試料を切り返した(以下、手練り)。

粒状化した日を材齢0日とし、骨材同士の固着を防止するために材齢1日目で人力により再攪拌を行い、材齢7日の骨材試験までブルーシート等で覆い養生を行った。

なお、粒状化再生骨材は細・粗骨材が混在した状態となるため、骨材試験時には5mmの木枠ふるいを用いて細・粗骨材を分級し骨材試験用の試料とした。

また、骨材の分級時には、ふるい前の粒状化再生骨材の全質量と、ふるい後の粒状化再生粗骨材の質量を測定し、粒状化再生骨材中の細・粗骨材の混合割合を求めることとした。

## 3. 使用材料

### 3.1 原コンクリートの使用材料

表-5 に原コンクリートの使用材料を示す。実験で使用した材料は、各生コン工場で標準化しているものを使用し、原コンクリートを製造することとした。

セメントは同一生産者の普通ポルトランドセメントを用い、練混ぜ水はそれぞれの工場の上水道水を使用した。

細骨材はそれぞれの工場で異なる産地のコンクリート用砕砂を使用し、粗骨材は同一産地のコンクリート用砕石1505および2005を使用した。

化学混和剤は、コンクリートの配(調)合に応じてAE減水剤および高性能AE減水剤を使用した。

### 3.2 普通骨材の物性値

表-6 に原コンクリートに使用した普通骨材の物性値を示す。全ての試験項目において、JIS A 5308 附属書AおよびJIS A 5005の品質に適合することがわかる。

細骨材は異なる生産者のものではあるが、安定性、粒径判定実積率および粗粒率以外の物性値はほぼ同じ品質であることがわかる。粗骨材は同一生産者であることから、ほぼ同じ品質であることがわかる。なお、粗骨材合成値は、両工場ともに粗骨材1と粗骨材2を50%ずつ混合した計算値で求めた。

表-2 原コンクリートの試験項目および試験方法

試験項目	試験方法	目標値
スランプ(cm)	JIS A 1101	8, 15 ± 2.5 21 ± 2.0
空気量(%)	JIS A 1128	4.5 ± 1.5
コンクリート温度(°C)	JIS A 1156	—

表-3 粒状化再生骨材の試験項目および試験方法

試験項目	試験方法	粒状化再生骨材の目標値	
		細骨材	粗骨材
表乾密度(g/cm <sup>3</sup> )	JIS A 1109	—	—
絶乾密度(g/cm <sup>3</sup> )		—	—
吸水率(%)	JIS A 1110	13.0以下	7.0以下
微粒分量(%)	JIS A 1103	10.0以下	3.0以下
粒度(粗粒率)	JIS A 1102	—	—

表-4 実験概要

実験工場名	所在地	製造方法	粒状化材料		
			形状および作用効果	標準使用量(kg/m <sup>3</sup> )	記号
A工場	大阪府摂津市	傾胴式ミキサ	綿状セルローズ繊維	20	S
B工場	大阪府大阪市	手練り	粉状 吸水性高分子	0.5	K

表-5 原コンクリートの使用材料

材料	記号	種類	生産者又は産地	
			A工場	B工場
セメント	C	普通ポルトランドセメント	T社	T社
水	W	上水道水	—	—
細骨材	S	コンクリート用砕砂	大阪府高槻市産(硬質砂岩)	京都府亀岡市産(硬質砂岩)
粗骨材1	G1	コンクリート用砕石1505	京都府亀岡市産(硬質砂岩)	京都府亀岡市産(硬質砂岩)
粗骨材2	G2	コンクリート用砕石2010		
化学混和剤	AD	AE減水剤 標準形	F社	M社
	SP	高性能AE減水剤 標準形	F社	M社

表-6 普通骨材の物性値

工場名	試験項目	表乾密度 (g/cm <sup>3</sup> )	絶乾密度 (g/cm <sup>3</sup> )	吸水率 (%)	微粒分量 (%)	粗粒率 (FM)
	材料					
A工場	細骨材	2.64	2.59	1.85	4.0	2.77
	粗骨材1	2.68	2.66	0.86	0.9	6.31
	粗骨材2	2.68	2.67	0.65	0.6	7.07
	粗骨材合成	2.68	2.66	0.78	0.8	6.68
B工場	細骨材	2.64	2.59	2.06	4.3	2.94
	粗骨材1	2.68	2.66	0.88	0.8	6.32
	粗骨材2	2.69	2.67	0.59	0.7	7.09
	粗骨材合成	2.69	2.67	0.74	0.8	6.69

表-7 原コンクリートの配(調)合

工場名	呼び方	配(調)合 記号	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )								
					C	W	S1	G1	G2	ペースト量	粗骨材量	AD	SP
A工場	W/C65-8-20 N	65-8	65	45.3	269	175	835	511	511	444	1022	0.54	—
	W/C50-8-20 N	50-8	50	42.8	350	175	758	515	515	525	1030	0.70	—
	W/C50-15-20 N	50-15	50	45.9	350	175	814	487	487	525	974	—	1.40
	W/C50-21-20 N	50-21	50	51.0	350	175	904	441	441	525	882	—	2.80
	W/C35-21-20 N	35-21	35	46.0	500	175	758	452	452	675	904	—	4.75
B工場	W/C65-8-20 N	65-8	65	46.6	270	175	862	499	499	445	998	1.08	—
	W/C50-8-20 N	50-8	50	44.5	350	175	793	499	499	525	998	1.75	—
	W/C50-15-20 N	50-15	50	48.9	350	175	870	460	460	525	920	—	1.93
	W/C50-21-20 N	50-21	50	53.2	350	175	947	421	421	525	842	—	3.15
	W/C35-21-20 N	35-21	35	49.7	500	175	822	421	421	675	842	—	5.75

4. 原コンクリートの概要

4.1 原コンクリートの配(調)合

表-7 に原コンクリートの配(調)合を示す。今回の試験では各実験工場の標準配(調)合は用いずに、W/C、目標スランプおよび単位水量 175kg/m<sup>3</sup> を指定しコンクリートの配(調)合設計を行った。なお、単位粗骨材のかさ容積は各実験工場の裁量で設定した。

配(調)合記号 65-8, 50-15, 35-21 はペースト量による影響を比較する配(調)合とし、配(調)合記号 50-8, 50-15, 50-21 は同じペースト量とし単位粗骨材量による影響を比較する配(調)合とした。

4.2 原コンクリートの試験結果

表-8 に原コンクリートの試験結果を示す。スランプおよび空気量は、全ての配(調)合で目標値を満足した。

A工場は予備試験において、標準使用量の粒状化材料を用いて傾胴式ミキサで粒状化再生骨材を製造したところ、粒状に改質できたが、粒状化再生骨材に水分が多く残っていたため、本試験では標準使用量よりも 5 kg/m<sup>3</sup> 多く粒状化材料を使用した。粒状化材料 S は物理的に吸水することから、スランプの違いによる粒状化材料の使用量の違いは認められない。

表-8 原コンクリートの試験結果

工場名	配(調)合 記号	スラ ンプ (cm)	空気 量 (%)	コンク リート 温度 (°C)	粒状化材料 使用量 (kg/m <sup>3</sup> )	
					S	K
A工場	65-8	8.0	4.6	24	25	—
	50-8	10.0	5.4	26	25	—
	50-15	16.0	4.9	26	25	—
	50-21	21.0	4.6	26	25	—
	35-21	22.0	3.5	27	25	—
B工場	65-8	8.0	4.0	25	—	1.0
	50-8	9.5	5.5	25	—	1.0
	50-15	15.0	4.5	25	—	1.0
	50-21	21.0	4.2	26	—	1.0
	35-21	22.5	3.3	26	—	1.5

B工場は配(調)合記号 35-21 で標準使用量の 3 倍、それ以外の配(調)合では 2 倍の粒状化材料を使用した。原コンクリートに対して標準使用量では粒状に改質できなかったため、使用量を増やして製造した。手練りのため攪拌能力が低く、粒状化材料の反応が緩やかになるため、標準使用量より多くなったと考えられる。

## 5. 粒状化再生骨材の試験結果

### 5.1 絶乾密度

図-1 に単位ペースト量および単位粗骨材と絶乾密度の関係を示す。

A 工場では単位ペースト量が多くなるに従い、細・粗骨材の絶乾密度は大きくなる傾向が認められ、単位粗骨材量が多くなるに従い、細・粗骨材の絶乾密度は小さくなる傾向が認められる。

B 工場では単位ペースト量が多くなるに従い、細骨材の絶乾密度は若干小さくなり、粗骨材の絶乾密度は大きくなる傾向が認められ、単位粗骨材量が多くなるに従い、細骨材の絶乾密度は若干大きくなる傾向が認められるが、粗骨材への影響は小さいことがわかる。

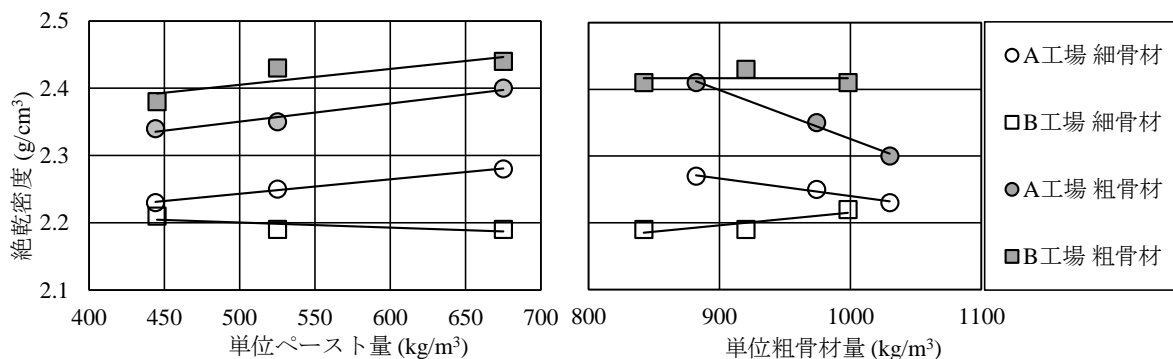


図-1 単位ペースト量および単位粗骨材量と絶乾密度の関係

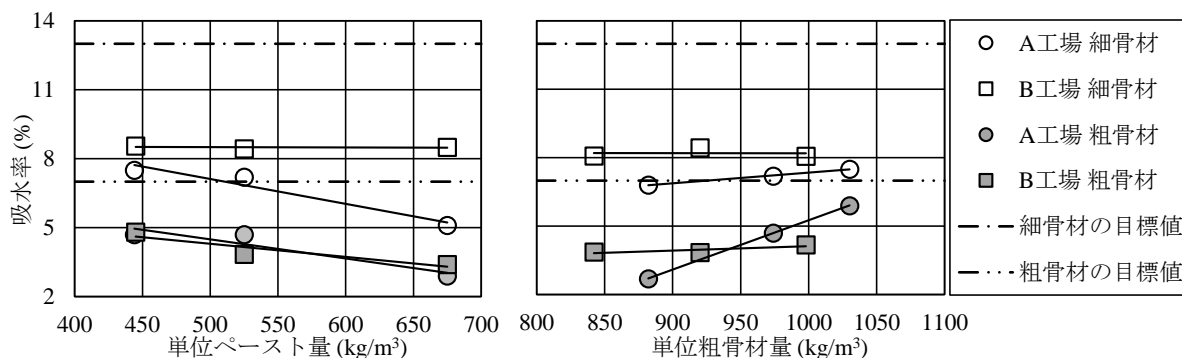


図-2 単位ペースト量および単位粗骨材量と吸水率の関係

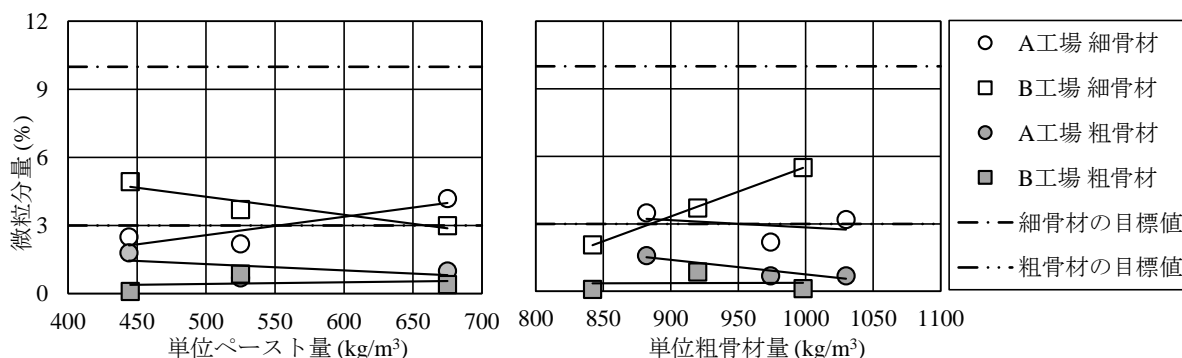


図-3 単位ペースト量および単位粗骨材量と微粒子量との関係

### 5.2 吸水率

図-2 に単位ペースト量および単位粗骨材と吸水率の関係を示す。細・粗骨材ともに目標値を満足する結果となった。

A 工場では単位ペースト量が多くなるに従い、細・粗骨材の吸水率は小さくなる傾向が認められ、単位粗骨材量が多くなるに従い、細・粗骨材の吸水率は大きくなる傾向が認められる。

B 工場では単位ペースト量が多くなるに従い、細骨材の吸水率は小さくなるが、粗骨材への影響は小さいことがわかる。また、単位粗骨材量が多くなっても細・粗骨材の吸水率の変化が小さいことから、吸水率は、単位粗骨材量による影響は小さいことがわかる。

### 5.3 微粒分量

図-3 に単位ペースト量および単位粗骨材と微粒分量の関係を示す。細・粗骨材ともに目標値を満足する結果となった。

A 工場では単位ペースト量が多くなるに従い、細骨材の微粒分量は大きくなり、粗骨材の微粒分量は小さくなる傾向が認められ、単位粗骨材量が多くなるに従い、細・粗骨材の微粒分量が小さくなる傾向が認められる。

B 工場では単位ペースト量が多くなるに従い、細骨材の微粒分量が大きくなるが、粗骨材への影響は小さいことがわかる。また、単位粗骨材量が多くなるに従い、細骨材の微粒分量が大きくなる傾向が認められ、粗骨材への影響は小さいことがわかる。

### 5.4 粒度

#### (1) 粒度曲線

図-4 に粒状化再生細・粗骨材の粒度曲線を示す。

粒状化再生細骨材の粒度は両工場ともに下限側に外れることから、細骨材が粗くなっていることがわかる。

粒状化再生粗骨材の粒度はA工場において、ふるいの呼び寸法 20mm で上限側に外れるが、ふるいの呼び寸法 15mm 以下は粒度を満足する傾向が認められる。B工場においては、配(調)合記号 50-21 以外、ほぼ粒度を満

足した。

なお、JIS A 5023 附属書 A A.3.4 表 A.6 の粒度による区分の再生粗骨材 L2505 には、ふるいの呼び寸法 20mm に粒度の範囲が規定されていないため、おおよそ全ての粗骨材が粒度を満足する結果となった。

#### (2) 粗粒率

図-5 に普通骨材と粒状化再生細・粗骨材の粗粒率の粗粒率の関係を示す。

粒状化再生細骨材の粗粒率は、普通骨材より 1~1.5 程度大きくなる傾向が認められ、粒状化再生粗骨材の粗粒率は、普通骨材とほぼ同じか 0.5 程度、大きくなる傾向が認められる。粒状化再生細骨材の粗粒率は普通骨材よりも大きく、粒状化再生粗骨材への影響が小さいことから、粒状化による骨材表面へのセメントペーストの付着は細骨材の方が多いと考えられる。

### 5.5 粗骨材の割合

図-6 に粒状化後の粗骨材の割合と普通粗骨材の割合を示す。全ての配(調)合において、粒状化後の粗骨材の割合が多くなる傾向が認められる。配(調)合記号 50-21 のB工場においては、粗骨材の割合が極端に多くなる傾向が認められる。これは、粒状化再生骨材の製造時の手練りが不十分であったことが影響したと考えられる。

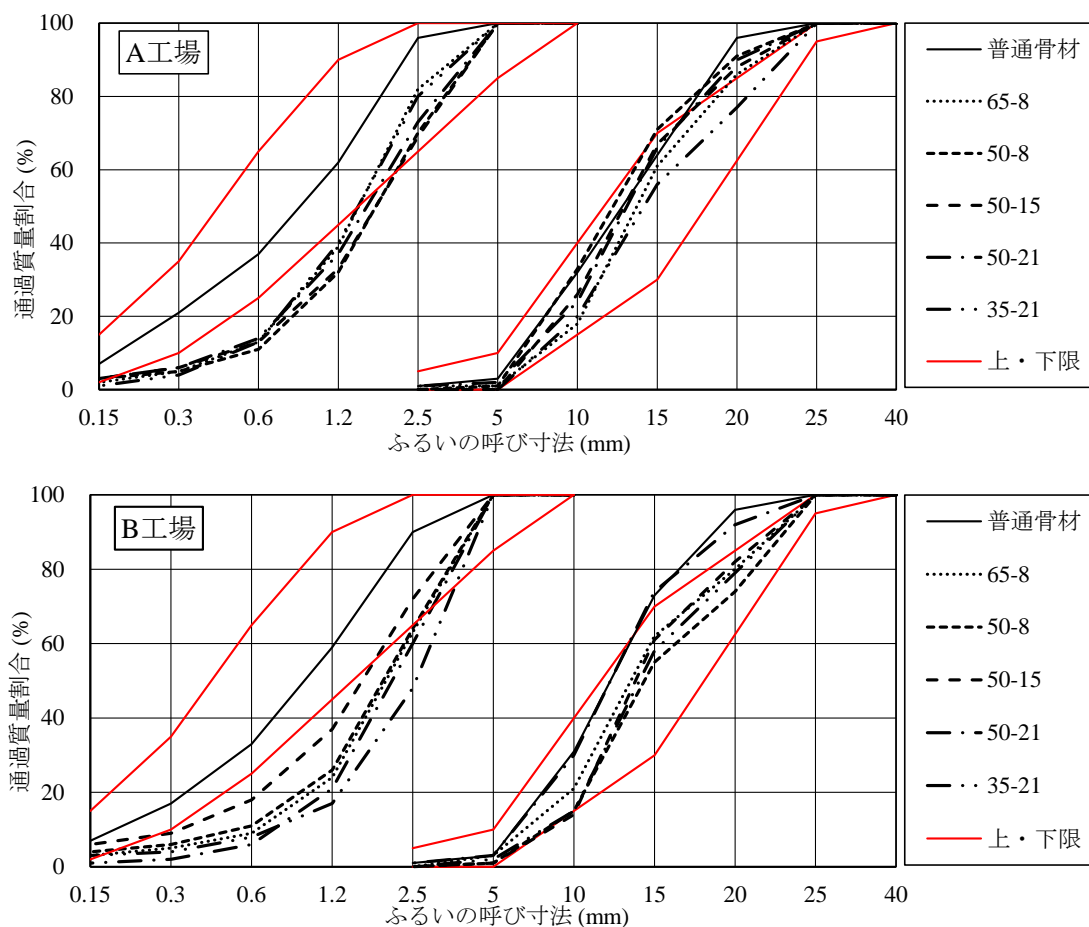


図-4 粒状化細・粗骨材の粒度曲線

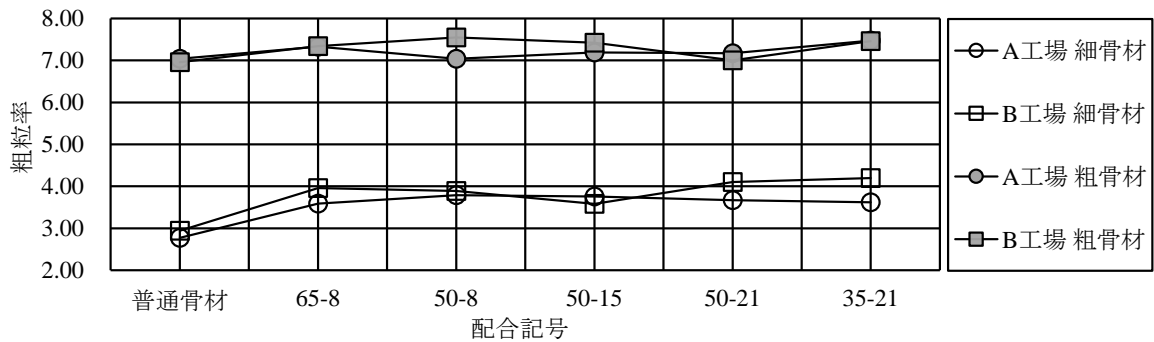


図-5 普通骨材と粒状化再生細・粗骨材の粗粒率

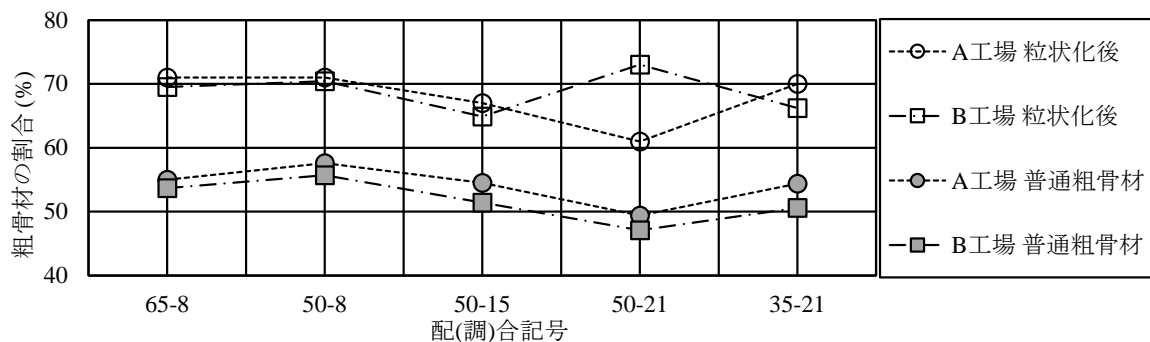


図-6 粗骨材の割合の変化

## 6. まとめ

### (1) 傾胴式ミキサによる製造方法

単位ペースト量が多い原コンクリートでは、細・粗骨材ともに絶乾密度は大きくなり、吸水率が小さくなることがわかった。今回の実験で設定した原コンクリートの配(調)合では、原コンクリートのW/Cが小さいためペースト分の組織が緻密化されたと考えられる。

単位粗骨材量が多い原コンクリートでは、細・粗骨材ともに絶乾密度は小さく、吸水率が大きくなることがわかった。単位ペースト量が同じ場合、単位粗骨材量と単位細骨材量の比率によって細・粗骨材に付着するペースト量が変化し、状化後の密度や吸水率に影響を及ぼすと考えられる。粒度については、細骨材の粗粒率が特に大きくなることがわかった。また、粗骨材の割合については普通粗骨材の割合よりも粒状化後は15%程度増加しており、粗骨材表面に粒状化された細骨材とペーストが付着したと考えられる。

### (2) 手練りによる製造方法

単位ペースト量が多い原コンクリートでは細骨材の絶乾密度は小さくなるが、吸水率への影響は小さいことがわかった。一方、粗骨材の絶乾密度は大きくなり、吸水率が小さくなることから、手練りでは普通粗骨材へのペーストの付着が少なく普通細骨材にペーストが多く付着すると考えられる。

単位粗骨材量が多い原コンクリートでは、細・粗骨材ともに絶乾密度および吸水率への影響は小さいことがわ

かった。単位ペースト量が同じ場合、普通骨材に付着するペーストは細・粗骨材ともに同程度と考えられる。粒度については、傾胴式ミキサによる製造方法と同様に、特に細骨材の粗粒率が大きくなることがわかった。また、粗骨材の割合については普通粗骨材の割合よりも15%程度増加することがわかった。

**謝辞:** この成果は「令和6年度 経済産業省 国際ルール形成・市場創造型標準化推進事業費(戦略的国際標準化加速事業:産業基盤分野に係る国際標準開発活動)」における委託業務の結果得られたものです。ご協力いただいた関係各位に感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 白岩誠史, 船尾孝好, 小山明男, 土井雅裕: 戻りコンクリート由来の粒状化再生骨材の品質に関する全国共通試験結果, コンクリート工学年次論文集, Vol.45, No.1, pp.940-945, 2023.7
- 2) 齊藤辰弥, 船尾孝好, 三本巖, 小山明男: 粒状化再生骨材の品質に影響を及ぼす要因に関する報告, コンクリート工学年次論文集, Vol.46, No.1, pp.73-78, 2024.7
- 3) 船尾孝好, 白岩誠史, 小山明男, 土井雅裕: 複数地域における粒状化再生骨材の品質に及ぼす影響因子の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.46, No.1, pp.1111-1116, 2024.7