

粒状化再生骨材を用いた再生骨材コンクリートの研究

その1 実験概要

正会員 ○徳増 俊彌*1 同 船尾 孝好*2
 同 山崎 順二*3 同 平田 孝博*4
 同 鈴木 峰人*5 同 谷村 賢一郎*6

粒状化再生骨材 粒状化材料 再生骨材コンクリート
 再生骨材 残コンクリート 戻りコンクリート

1. はじめに

2020年8月に設立された一般社団法人生コン・残コンソリューション技術研究会（以下、RRCS研究会）では、生コンクリート工場における残コンクリートおよび戻りコンクリート（以下、残コン）の有効利用技術として、「粒状化再生骨材」の利用推進を掲げている。本報その1では、RRCS研究会が主体となり実施した全国共通試験のうち、大阪兵庫地区で実施した実験概要について報告する。

2. 概要

表-1に実験を実施した生コンクリート工場のそれぞれの記号、使用した粒状化材料の記号および、粒状化の方法を示す。また、写真-1に粒状化再生骨材の状態の一例を示す。なお、OK工場については、残コンを工場内のヤードに広げ重機による一次破碎を行い、その後、ジョークラッシャーで破碎した粒状化再生骨材である。

表-2に粒状化する残コンの調合を示す。それぞれの工場が発生した残コンを用い、表-1に示す粒状化方法

により粒状化再生骨材を製造した。

表-3に粒状化再生骨材の試験材齢を示す。粒状化材料を用いた粒状化は、生コンクリート工場に残コンが持ち帰られた後、直ちに粒状化を行った。また、今回の実験では、コンクリートの調合設計に必要な骨材の物性値を測定し、その値を用いてコンクリートの調合設計を行った。

3. 粒状化材料

今回の実験で使用した粒状化材料の成分と、粒状化材料の製造メーカーが推奨する標準使用量を表-4に示す。粒状化材料C・Rと粒状化材料Sの標準使用量に大きな違いがある。

4. 使用材料

表-5に実験に用いた使用材料を示す。粒状化再生骨材以外は、実験工場が一般的なコンクリートに使用している骨材（以下、バージン骨材）を用いることとした。なお、粒状化材料は、成分の違いによりC・Rは高分子系、Sはセルロース系と区分する。

表-1 工場記号および粒状化の記号と方法

工場記号	粒状化材料の記号	粒状化の方法
OK	使用しない	重機・破碎機
KU	C	アジテータ車
HS	C	重機
HE	R	アジテータ車
SW	S	アジテータ車

表-2 残コンの調合

工場記号	残コンの調合
OK	普通 36-21-20N SP*1
KU	普通 27-18-20N SP*2
HS	普通 18-15-20N AE
HE	普通 27-18-20N SP
SW	普通 27-15-20N AE

*1: 高性能AE減水剤

*2: AE減水剤(高機能タイプ)



写真-1 粒状化再生骨材の一例

表-3 試験時の粒状化再生骨材の材齢

工場記号	粒状化再生骨材の試験材齢		
	粒状化	骨材試験	コンクリート試験
OK	2	7	9
KU	0	7	9
HS	0	7	9
HE	0	7	9
SW	0	3	5

表－４ 粒状化材料の成分と標準使用量

粒状化材料の記号	成分	標準使用量
C	アクリル共重合体と炭酸塩の化合物	0.5～1kg/m ³
R	高吸水性高分子ポリマーと硬化促進材で構成された特殊混和材	0.5～1kg/m ³
S	リサイクル紙を微細加工したセルロース	10kg/m ³

表－６ 骨材試験方法

試験項目	試験方法
絶乾密度(g/cm ³)	JIS A 1109, JIS A 1110
吸水率(%)	JIS A 5023 附属書A A.5.3
微粒分量(%)	JIS A 1103
粗粒率	JIS A 1102
粒度	JIS A 5023 附属書A A.3.4

表－８ 配合記号と粒状化再生骨材置換率の組合せ

調合番号	種類 調合記号	粒状化再生骨材置換率(%)	
		細骨材	粗骨材
1	0:0	0	0
2	5:5	5	5
3	20:20	20	20
4	0:50	0	50
5	30:0	30	0
6	0:100	0	100
7	50:0	50	0
8	50:50	50	50
9	100:100	100	100

表－５ 使用材料

材料	種類
セメント	普通ポルトランドセメント
水	地下水, 工業用水
細骨材	海砂, 砕砂, 石灰石砕砂 粒状化再生細骨材
粗骨材	砕石, 石灰石砕石 粒状化再生粗骨材
化学混和剤	AE減水剤(高機能タイプ) 標準形 高性能AE減水剤 標準形 AE剤, 消泡剤
粒状化材料	高分子系:C・R, セルロース系:S

表－７ コンクリートの試験方法および許容値

試験項目	試験方法	許容値
スランプ(cm)	JIS A 1101	目標値±2.5
スランプフロー(cm)	JIS A 1150	測定のみ
空気量(%)	JIS A 1128	4.5±1.5
コンクリート温度(°C)	JIS A 1156	測定のみ
圧縮強度(N/mm ²)	JIS A 1132 JIS A 1108	測定のみ

表－９ コンクリートの配合の概略

工場記号	粗骨材の最大寸法(mm)	スランプ(cm)	空気量(%)	W/C(%)	s/a(%)	単位水量(kg/m ³)
OK	20	18	4.5	50	50.8	180
KU	20	18	4.5	55	48.7	180
HS	20	18	4.5	50	47.3	180
HE	20	18	4.5	55	48.6	180
SW	20	18	4.5	50	49.2	180
	20	15	4.5	53	46.8	180

5. 試験項目

粒状化再生骨材は、写真－１に示す様に粗骨材と細骨材が混合された状態で製造されるため、今回の実験では、5mmの木枠ふるいを用いて、粗骨材と細骨材に人力で分級した。

骨材の試験方法を表－６に示す。粒状化再生骨材の絶乾密度および吸水率の試験は、JIS A 1109 または JIS A 1110 に準じ、試験の結果は JIS A 5023 再生骨材コンクリート 附属書 A コンクリート用再生骨材 L (以下、再生骨材 L) A.5.3 に示す通り、3 回の試験結果の平均値を用いることとした。なお、バージン骨材の絶乾密度および吸水率試験は、JIS A 1109 または JIS A 1110 に準じて行った。

コンクリートの試験方法および許容値を表－７に示す。スランプの許容値が満足しない場合は、化学混和剤の添加率の増減により許容値を満足するようにした。また、空気量の許容値が満足しない場合は、AE 剤または消泡剤

により許容値を満足するようにした。

圧縮強度は材齢 7 日および 28 日の供試体をそれぞれ 3 本ずつ採取し、標準養生を行った後に試験を行った。

6. 配合

表－８にバージン骨材に対する粒状化再生骨材の置換率を示す。配合番号 1 はベースコンクリートとし、配合番号 2～9 が粒状化再生骨材を用いた配合である。

表－９に実験工場におけるコンクリートの配合の概略を示す。大阪兵庫地区では W/C55%～50% に対する呼び強度は 24～30 程度である。

7. おわりに

本報では、粒状化再生骨材を用いた再生骨材コンクリートの実験概要についてとりまとめた。粒状化再生骨材の物性値の試験結果および粒状化再生骨材を用いた再生骨材コンクリートの試験結果をその 2 とその 3 で報告する。

*1 報栄生コン

*2 大阪兵庫生コンクリート工業組合

*3 浅沼組 *4 千石

*5 岡本生コンクリート *6 新関西菱光

*1 Houei Readymixed Concrete Co.,Ltd

*2 Osaka-Hyougo Ready-Mixed Concrete Industrial Association

*3 Asanuma Corporation *4 Sengoku Corporation

*5 Okamoto Concrete Corporation *6 Sinkansairyoko Corporation

粒状化再生骨材を用いた再生骨材コンクリートの研究

その2 粒状化再生骨材の物性値

正会員 ○平田 孝博*¹ 同 徳増 俊彌*²
 同 船尾 孝好*³ 同 中野 慶*⁴
 同 中尾 陽一*⁵ 同 高橋 亨*⁶

粒状化再生骨材 粒状化材料 再生骨材コンクリート
 再生骨材 残コンクリート 戻りコンクリート

1. はじめに

本報その2では、RRCS 研究会が主体となり実施した全国共通試験のうち、大阪兵庫地区で実施した実験データより、コンクリート用の一般的な骨材（以下、バージン骨材）と粒状化再生骨材の物性値の試験結果の比較および粒状化再生骨材の粒度について報告する。

2. 粒状化再生細骨材の物性値

図-1 にバージン骨材と粒状化再生細骨材の試験結果を示す。絶乾密度の図中には、JIS A 5022 附属書 A（以下、再生骨材 M）に規定される、再生骨材の物理的性質の規格値を示す。また、吸水率および微粒分量の図中には、再生骨材 M の規格値に加え、JIS A 5023 附属書 A（以下、再生骨材 L）の物理的性質の規格値を示す。

絶乾密度は、全工場でバージン骨材より小さくなった。OK・SW 工場は他の工場よりも低下量が大きい。なお、HE 工場のみ再生骨材 M の規格値 2.2g/cm^3 を満足した。

吸水率は、全工場でバージン骨材より大きくなる。さ

らに、HE 工場は、再生骨材 M の規格値 7.0%および再生骨材 L の規格値 13.0%の両方を満足した。一方、OK 工場については再生骨材 L の規格値を満足しない。

微粒分量は、バージン骨材と比較して OK・KU・HE 工場でより大きくなり、HS・SW 工場は小さくなる。なお、全ての工場で再生骨材 M の規格値 8.0%，再生骨材 L の規格値 10.0%を満足した。

粗粒率は、バージン骨材と比較して全工場大きくなる。

3. 粒状化再生粗骨材の物性値

図-2 にバージン骨材と粒状化再生粗骨材の試験結果を示す。図-1 と同様、図中に再生骨材 M および再生骨材 L の物理的性質の規格値を示す。

絶乾密度は、全工場でバージン骨材より小さくなるが、再生骨材 M の規格値 2.3g/cm^3 を満足した。

吸水率は、全工場でバージン骨材より大きくなるが、再生骨材 L の規格値 7.0%を満足する。OK・HS・SW 工場は再生骨材 M の規格値 5.0%を満足した。

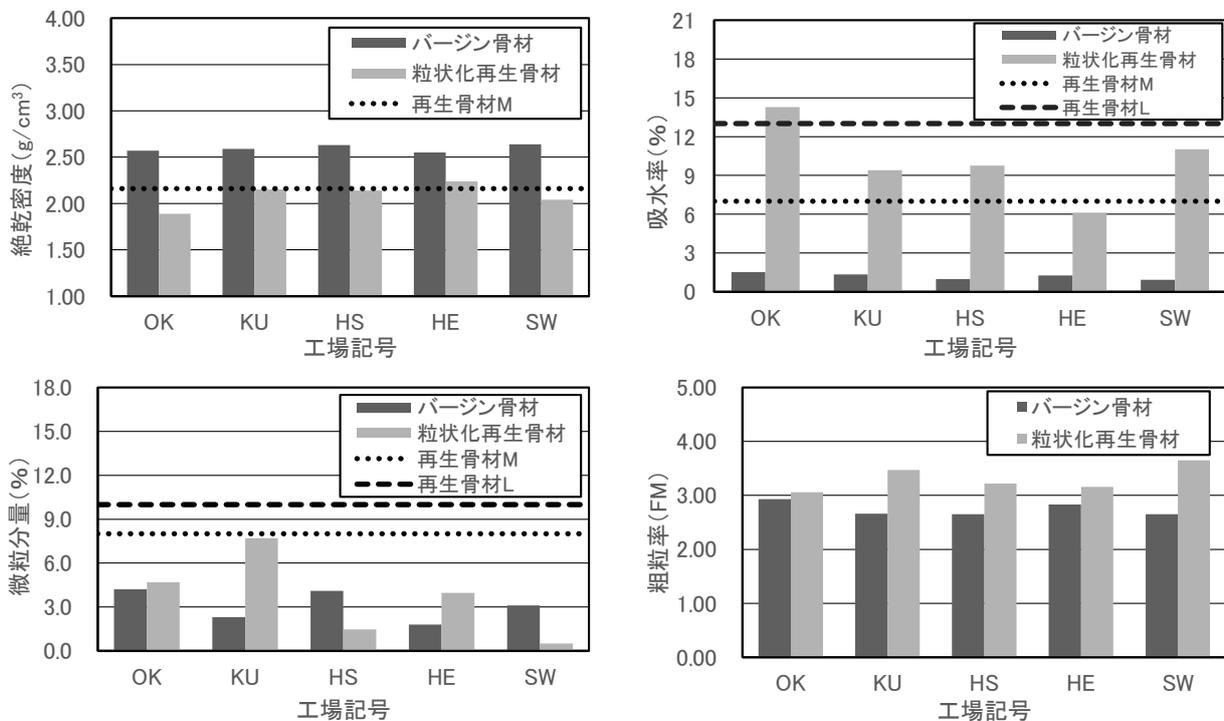


図-1 バージン細骨材と粒状化再生細骨材の試験結果

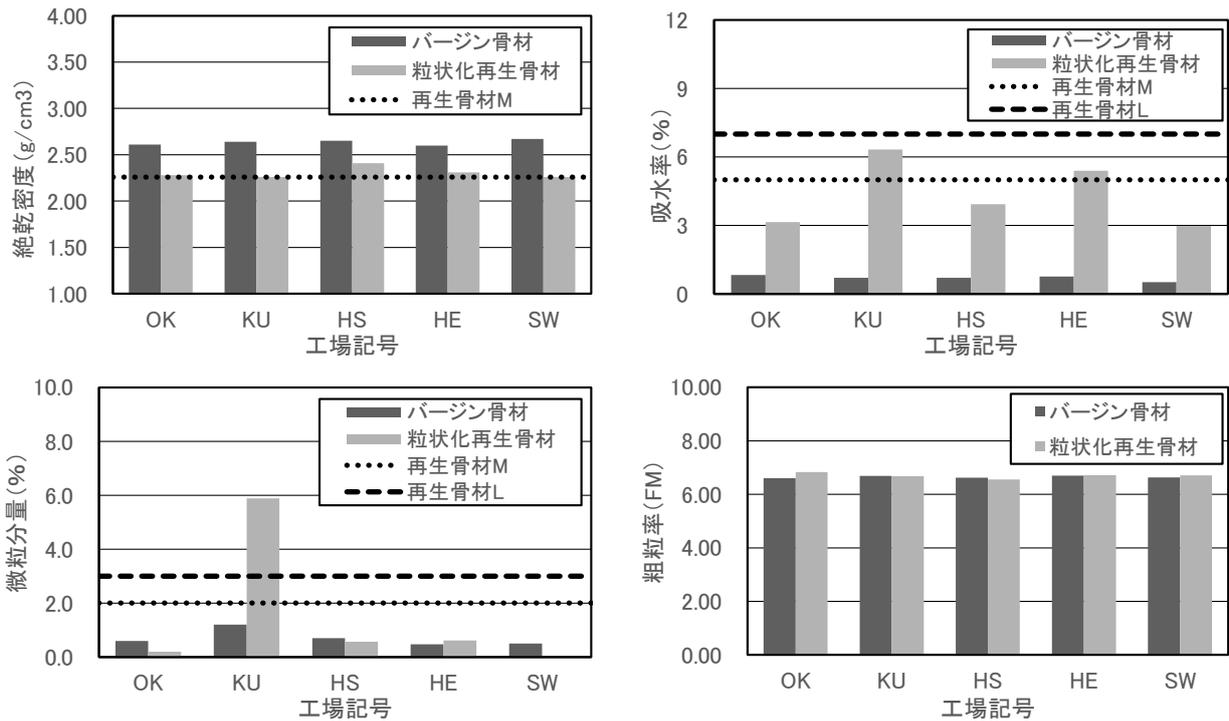


図-2 バージン粗骨材と粒状化再生粗骨材の試験結果

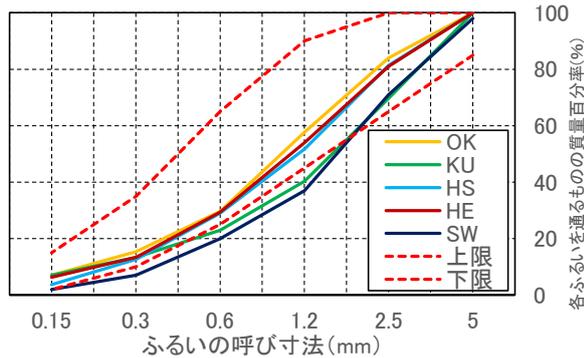


図-3 粒状化再生細骨材の粒度

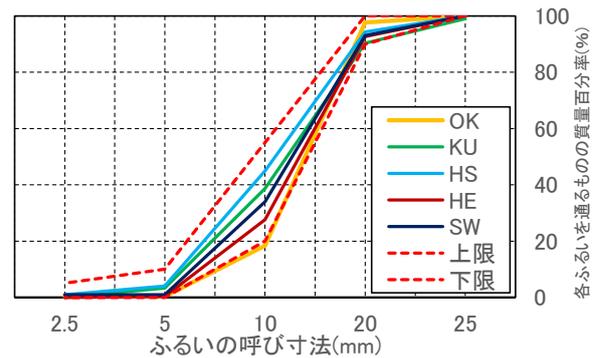


図-4 粒状化再生粗骨材の粒度

微粒分量は、バージン骨材と比較して KU 工場が大きくなったが、他の工場はほぼ同等の値とある。また、KU 工場のみ再生骨材 M の規格値 2.0%、再生骨材 L の規格値 3.0%を満足しない。なお、SW 工場はバージン骨材のみ測定を行った。

粗粒率は、全工場でバージン骨材と同等の値となる。

4. 粒状化再生骨材の粒度

図-3 に粒状化再生細骨材の粒度を示す。図中に再生骨材 L の粒度範囲の上・下限値を示す。

KU・SW 工場では、ふるいの呼び寸法 1.2~0.3mm の粒度が、再生骨材 L の粒度範囲の下限値側に外れた。

図-4 に粒状化再生粗骨材の粒度を示す。図中に再生骨材 L の L2005 の粒度範囲を示す。

KU 工場はふるいの呼び寸法 25mm、OK 工場はふるいの呼び寸法 10mm の粒度が若干下限値側に外れた。

5. まとめ

- (1) 粒状化再生細骨材の物性値は、再生骨材 L の規格値を概ね満足することが分かった。ただし OK 工場の吸水率のみ再生骨材 L の規格値を満足しない。
- (2) 粒状化再生粗骨材の物性値は、再生骨材 L の規格値を概ね満足することが分かった。ただし、KU 工場の微粒分量のみ再生骨材 L の規格値を満足しない。
- (3) 粒状化再生細骨材の粒度は、KU・SW 工場で再生骨材 L の粒度範囲から一部、下限値側に外れることが分かった。
- (4) 粒状化再生粗骨材の粒度は、KU・OK 工場で再生骨材 L の L2005 の粒度範囲から一部、下限値側に外れることが分かった。

*1 千石 *2 報栄生コン

*3 大阪兵庫生コンクリート工業組合

*4 藤原生コン *5 関西宇部 *6 三和生コン

*1 Sengoku Corporation *2 Houei Readymixed Concrete Co.,Ltd

*3 Osaka-Hyogo Ready-Mixed Concrete Industrial Association

*4 Fujihara Namakon *5 Kansai Ube Co.Inc *6 Sanwanamakon

粒状化再生骨材を用いた再生骨材コンクリートの研究

その3 再生骨材コンクリートの性状

正会員 ○中野 慶*1 同 山崎 順二*2
 同 平田 孝博*3 同 船尾 孝好*4
 同 西邨 知之*5 同 徳増 俊彌*6

粒状化再生骨材 粒状化材料 再生骨材コンクリート
 再生骨材 残コンクリート 戻りコンクリート

1. はじめに

本報その3では、RRCS 研究会が主体となり実施した全国共通試験のうち、大阪兵庫地区で実施した実験データより、粒状化再生骨材を用いた、コンクリートのフレッシュコンクリートおよび圧縮強度の試験結果について報告する。

2. コンクリートの試験結果

各工場で試し練りを実施し、フレッシュコンクリートの試験および圧縮強度用の供試体を採取した。

OK・KU・HS・HE 工場は、それぞれ1種類の W/C を設定し、粒状化再生骨材の置換率の異なる9パターンを練り

混ぜた。SW 工場は2種類の W/C を設定し、粒状化再生骨材の置換率の異なる5パターンを練り混ぜた。

OK・KU・HS・HE 工場および SW 工場の W/C50%のスランブの目標値は 18±2.5cm とした。また、SW 工場の W/C53%のスランブの目標値は 15±2.5cm とした。なお、空気量の目標値は全て 4.5±1.5% とした。

それぞれの工場で実施したフレッシュコンクリートの性状および圧縮強度の試験結果を表-1～表-6に示す。なお、表中の調査記号は、バージン骨材に対する、粒状化再生細骨材置換率：粒状化再生粗骨材置換率を示している。

表-1 OK 工場の試験結果

調査記号	フレッシュコンクリートの性状				圧縮強度(N/mm ²)	
	スランブ (cm)	スランブ フロー(cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度(°C)	7日	28日
0 : 0	18.5	32.0	4.3	17	39.8	51.8
5 : 5	19.0	33.0	4.1	17	39.8	54.2
20 : 20	18.5	31.0	4.5	17	37.8	49.1
0 : 50	19.0	32.5	4.1	17	40.4	51.8
30 : 0	19.0	32.0	4.6	17	38.5	49.6
0 : 100	19.5	38.5	4.5	17	36.7	47.7
50 : 0	18.0	30.5	4.6	17	32.9	42.9
50 : 50	19.0	32.0	4.3	17	32.8	42.7
100 : 100	18.5	34.0	4.8	17	27.7	35.1

表-2 KU 工場の試験結果

調査記号	フレッシュコンクリートの性状				圧縮強度(N/mm ²)	
	スランブ (cm)	スランブ フロー(cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度(°C)	7日	28日
0 : 0	18.5	32.5	4.0	19	34.8	43.9
5 : 5	19.5	33.0	3.8	19	30.4	41.4
20 : 20	19.0	31.5	4.2	19	29.3	38.9
0 : 50	18.5	31.5	4.0	19	30.0	40.2
30 : 0	19.5	34.5	3.9	19	29.9	38.8
0 : 100	18.0	30.0	4.5	19	28.5	38.7
50 : 0	20.0	36.5	3.9	19	27.3	37.4
50 : 50	20.5	37.0	3.9	19	26.3	37.0
100 : 100	20.5	37.0	4.5	19	17.7	26.6

表-3 HS 工場の試験結果

調査記号	フレッシュコンクリートの性状				圧縮強度(N/mm ²)	
	スランブ (cm)	スランブ フロー(cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度(°C)	7日	28日
0 : 0	19.0	33.5	4.7	19	34.6	48.2
5 : 5	19.0	34.0	5.4	20	35.6	48.1
20 : 20	19.5	34.0	4.5	20	36.3	48.1
0 : 50	19.0	33.5	3.6	19	37.7	49.2
30 : 0	19.5	32.5	4.3	20	37.0	47.2
0 : 100	18.5	31.0	5.5	20	34.4	44.7
50 : 0	19.0	32.0	4.3	20	35.1	47.5
50 : 50	19.5	35.0	4.8	20	34.3	44.3
100 : 100	17.5	—	5.9	20	31.4	40.4

表-4 HE 工場の試験結果

調査記号	フレッシュコンクリートの性状				圧縮強度(N/mm ²)	
	スランブ (cm)	スランブ フロー(cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度(°C)	7日	28日
0 : 0	20.0	35.0	4.5	17	32.3	44.5
5 : 5	20.5	36.0	5.4	17	32.2	41.9
20 : 20	20.5	36.5	4.8	17	31.6	42.4
0 : 50	20.5	36.0	5.0	17	32.6	42.7
30 : 0	20.0	33.5	4.9	17	30.0	41.3
0 : 100	20.5	35.5	5.9	17	30.3	39.8
50 : 0	20.5	37.0	5.0	17	30.2	40.8
50 : 50	20.5	34.0	5.9	17	29.0	39.0
100 : 100	20.5	40.0	5.9	17	24.3	32.7

表-5 SW 工場の試験結果 (W/C50%)

調査記号	フレッシュコンクリートの性状				圧縮強度(N/mm ²)	
	スランブ (cm)	スランブ フロー(cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度(°C)	7日	28日
0 : 0	19.5	32.5	5.6	18	30.4	42.6
5 : 5	19.5	32.0	5.5	18	30.8	42.2
20 : 20	19.0	32.5	5.6	18	29.1	39.4
0 : 50	19.0	33.0	5.6	18	30.3	40.3
30 : 0	18.5	32.0	5.6	18	28.9	37.3

表-6 SW 工場の試験結果 (W/C53%)

調査記号	フレッシュコンクリートの性状				圧縮強度(N/mm ²)	
	スランブ (cm)	スランブ フロー(cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度(°C)	7日	28日
0 : 0	16.0	27.5	5.2	18	27.4	38.2
5 : 5	16.5	28.5	5.2	18	27.0	37.5
20 : 20	16.5	28.5	5.3	18	26.7	34.5
0 : 50	16.0	28.0	4.6	18	26.8	37.0
30 : 0	16.0	28.0	4.6	18	26.4	34.7

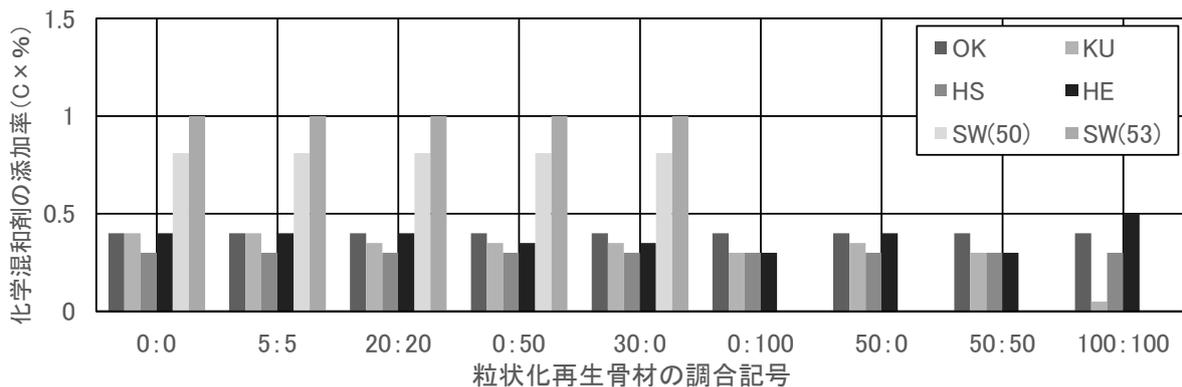


図-1 粒状化再生骨材の置換率と化学混和剤の添加率の関係

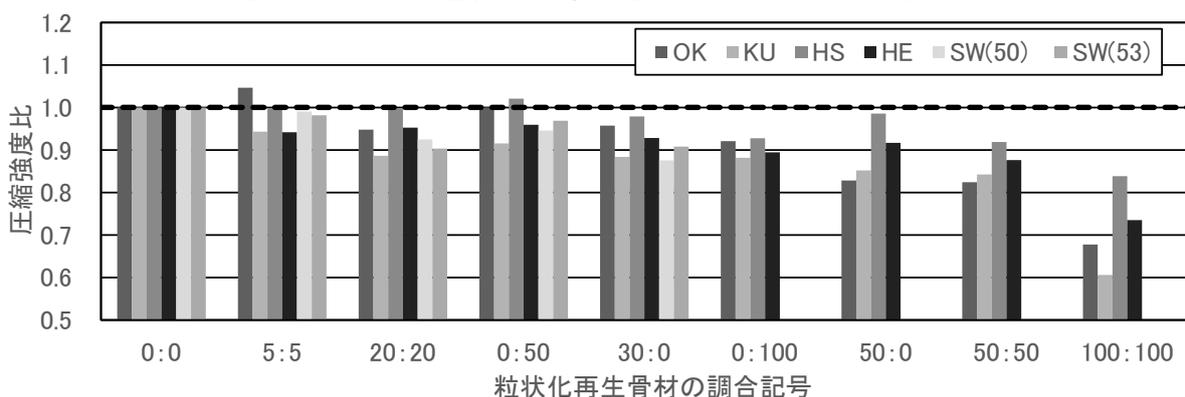


図-2 28日圧縮強度のベースコンクリートに対する圧縮強度比

3. 化学混和剤の添加率

図-1に粒状化再生骨材の置換率と化学混和剤の添加率の関係を示す。OK・KU・HS・HE・SW(50)は高性能AE減水剤の添加率である。SW(50)のみ若干大きな値となった。SW(53)はAE減水剤(高機能タイプ)のため高性能AE減水剤の添加率より大きくなる。いずれにおいてもベースコンクリート(0:0)と大きな変化は認められないが、置換率100:100になると、KU工場で小さくなり、HE工場で大きくなる。

4. 圧縮強度の試験結果

図-2に28日圧縮強度のベースコンクリート(0:0)に対する圧縮強度比を示す。

細・粗骨材を粒状化再生骨材で置換すると5:5と20:20での圧縮強度比の低下は小さいが、50:50では0.8~0.9、100:100では0.6~0.8と置換率が大きくなるにつれて圧縮強度比の低下が大きくなる。

粗骨材のみを粒状化再生骨材で置換すると0:50で0.9~1.0、0:100は0.9前後と圧縮強度比の低下は小さい。細骨材のみを粒状化再生骨材で置換すると30:0は0.9前後~1.0未満となり、50:0は0.8~1.0未満と粗骨材のみ置換した場合より圧縮強度比の低下が大きい。

5. まとめ

- (1) 粒状化再生骨材の置換率を変えてもフレッシュコンクリートの性状を確保し、スランプ及び空気量の目標値を満足することが分った。
- (2) 粒状化再生細・粗骨材を置換しても、化学混和剤の添加率は大きく変化しないことが分った。ただし、粒状化再生骨材を100:100置換率すると、化学混和剤の添加率の増減が生じる。
- (3) 粒状化再生骨材を使用すると圧縮強度は低下する傾向が認められた。細骨材のみ置換した30:0、粗骨材のみ置換した0:50、0:100および細・粗骨材の両方を置換した20:20では、圧縮強度比が0.9程度となり、圧縮強度の低下量を考慮することで再生骨材コンクリートとしての適用が可能と考える。

6. おわりに

今回の実験より、粒状化再生骨材の物性値は再生骨材Lと同程度の品質であると考えられる。また、粒状化再生骨材をバージン骨材に置換した調査でもコンクリートの性状が確保できることが分った。

謝辞 今回、実験にご協力頂いた生コンクリート工場および関係者の方々に対し、ここに感謝の意を表します。

*1 藤原生コン *2 浅沼組 *3 千石
*4 大阪兵庫生コンクリート工業組合
*5 稲田已建材 *6 報栄生コン

*1 Fujiwaranamakon *2 Asanuma Corporation *3 Sengoku Corporation
*4 Osak-Hyogo Ready-Mixed Concrete Industrial Association
*5 Inadamikenzai *6 Houei Readymixed Concrete Co.,Ltd